

第3章 ヒアリング等調査報告

本章の概要

本章には、ヒアリング調査による調査、もしくはHPなどの公開資料からの情報収集による調査の結果・検討を掲載している。本章は以下のような構成となっている。

第1節 これまでに行われてきた数学・数理科学に関する活動に関する調査

- 1.1 過去20年程度の研究や教育等の活動等について
- 1.2 数学・数理科学に関する研究資金制度の運営方法等について
 - 1.2.1 戦略的創造研究推進事業に研究領域「数学と諸分野の協働によるブレークスルーの探索」
 - 1.2.2 科学研究費補助費
- 1.3 先行事例として取り上げるべき研究活動や教育活動について
 - 1.3.1 積極例
 - 1.3.2 先行例
 - 1.3.3 グローバルCOE
 - 1.3.4 数物連携宇宙研究機構
 - 1.3.5 インターンシップ

第2節 数学的・数理科学的知識及び数学者との連携・教育に関する需要調査

- 2.1 他分野
- 2.2 産業界
- 2.3 来日研究者

第3節 海外（欧米）ヒアリング調査

第4節 数学・数理科学の他分野への多大なる応用・影響例、また予期しえなかった数学研究の重要性について

第1節 これまでに行われてきた数学・数理科学に関する活動に関する調査

1.1 過去20年程度の研究や教育等の活動等について

応用数学会（三井斌友氏）、京都大学数理解析研究所（高橋陽一郎氏）にヒアリング調査を行った。それぞれに対するヒアリング設問は次の通りである。

●ヒアリング項目：

【応用数理学会】

- ① 学会の目的と現状
- ② 活動概要（出版活動、啓蒙活動など情報発信も含めて）
- ③ 今後の活動計画
- ④ 将来の組織像

【数理解析研究所】

- ① 設置目的
- ② 設立からの変遷（研究動向など、とくに応用数学の振興について）
- ③ 活動状況（研究資金概要を含む）
- ④ 他分野との協働への取組（重視する方向にあるか）
- ⑤ 将来の組織像

● 三井 斌友氏（応用数理学会前会長、同志社大学教授）

ヒアリング対象者：三井斌友氏

役職名：応用数理学会前会長、同志社大学教授

場所：京都ホテルグランビア

日時：2009年11月11日

ヒアリング調査員：室田一雄教授

① 日本応用数理学会は、1990年4月1日に設立された。英文名称を The Japan Society for Industrial and Applied Mathematics（略称：Japan SIAM または JSIAM）という。学会会員数は2000人弱で安定しており、近年は僅かながら増加の傾向にある。応用数理関連学会の国際組織である International Council for Industrial and Applied Mathematics (ICIAM) のメンバー学会である。

学会の目的は、定款の第4条に以下のように謳われている：

本会は、学界産業界における応用数学あるいは数理工学の研究と実践を含む応用数理に関する学問研究の興隆をはかり、会員相互間および関連学協会との交流の場を提供し、我国の応用数理にかかわる学問および産業の向上発展に貢献するとともに、この領域の教育の振興と研究成果の普及をはかり、国際的活動を通して、世界のこの分野の進歩に貢献することを目的とする。

事業内容は、定款第5条により、以下の通りとなっている：

- 1) 研究発表会および講演会の開催。
- 2) 学会誌、研究報告書、研究資料およびその他の刊行物の発行。
- 3) 国内外の関連学会、諸団体との連絡および協力活動。
- 4) 調査および研究。
- 5) 研究の奨励および研究業績の表彰。
- 6) 研究者養成および研究成果普及を目指した諸活動。
- 7) その他、本会の目的を達成するために必要な事業および諸活動。

②

1. 刊行物

会誌・論文誌として以下の4つの定期刊行物がある。

- ・応用数理（会誌、和文）年4回発行（1991年より）
- ・日本応用数理学会論文誌（和文）年4回発行（1991年より）
- ・Japan Journal of Industrial and Applied Mathematics (JJIAM)（英文論文誌）年3回発行（発行はJJIAM刊行会からの形をとっているが、学会の official journal に指定して、編集に参与している）
- ・JSIAM Letters(電子英文速報誌) J-STAGE で公開（2009年より）

2. 情報発信

会員のために有用と思われる情報を積極的に収集し、学会 web ページ およびメーリングリストを通じて会員に広く知

らせる活動を行っている。これには、応用数理学会の活動だけでなく、他学会や他研究会等の行事に関する情報や人事情報も含まれている。研究集会情報や人事情報については、会員の投稿の形をとっており、これは会員からの情報発信の場の提供という意義も有している。ML ダイジェストと称するメールマガジンを2005年7月に開始し、以後、毎週月曜日に定期的に発信していることは特筆に値する。

3. 研究部会

現在、以下の17部会がある。部会の活動形態はさまざまであるが、学会の中心的な研究活動の場となっており、その成果は、部会ごとの講演会や研究部会連合発表会において報告される。また、研究部会連合発表会における発表から優れたものを選んで邦文論文誌の特集号を組むことを継続している。

- ・ ウェーブレット研究部会
- ・ 応用カオス研究部会
- ・ 応用可積分系研究部会
- ・ 折り紙工学の数理解部会
- ・ 科学技術計算と数値解析研究部会
- ・ 行列・固有値問題の解法とその応用研究部会
- ・ 計算の品質研究部会
- ・ 数理医学研究部会
- ・ 数理政治学研究部会
- ・ 数理設計研究部会
- ・ 数理的技法による情報セキュリティ研究部会
- ・ 数理ファイナンス研究部会
- ・ 数論アルゴリズムとその応用研究部会
- ・ 特異性をもつ連続体力学研究部会
- ・ メッシュ生成研究部会
- ・ 離散システム研究部会
- ・ 環瀬戸内応用数理解部会

4. 研究発表会

学会全体の行事としての研究発表会には次の2つがある。

- ・ 年会（研究発表会） 年1回
（例年9月に通例3日間で、参加登録者は300から400名程度）
- ・ 研究部会・連合発表会：年1回（例年3月）

5. 学会賞

応用数理の理論とその応用、実用の発展を奨励することを目的として、「応用数理学会論文誌」とJJIAMの優秀な論文に対して授与する論文賞（毎年1編）を1994年から設けている。さらに、2004年より、学会誌「応用数理」に発表された論文とインダストリアルマテリアルの著者の中からベストオーサー賞を、また、年会の一般講演登壇者ならびにオーガナイズドセッション講演登壇者の若手の中から「若手優秀講演賞」を表彰している。

③

1. 社会への発信

出版啓蒙活動として、応用数理学会の編集で学部の教科書をイメージした本および応用数理の事典を出版する計画が進行している。また、「応用数理教育」を目指すカリキュラムの事例を学会webに掲載している。

2. 他学会との連携

分野横断性をその本質的性格とする応用数理学会にとって、関連諸学会との連携は重要であると認識している。関係の深い学会としては、日本数学会、日本計算工学会、シミュレーション学会などがある。日本数学会とは、毎年1度、理事同士の懇談会を開催しており、また、それぞれの年会において、相互に招待講演を推薦している。シミュレーション学会から、本年より、JJIAMの編集委員会に編集委員1名が出席することとなった。

3. 国際活動

既に述べたが、応用数理関連学会の国際組織である International Council for Industrial and Applied Mathematics (ICIAM 評議会) のメンバー学会である。2009 年には、応用数理学会から 2 名、日本数学会より 1 名の委員が ICIAM 評議会のメンバーとなっている。4 年に 1 度開催される International Congress for Industrial and Applied Mathematics (ICIAM 国際会議) についても継続的な参加実績があり、今までは、必ず日本から招待講演者が出ている。なお、毎回、日本人が International Program Committee (IPC) のメンバーとして関与しているという実績もある。2015 年の ICIAM 国際会議の東京での開催にむけて積極的な招致活動を行ったが、最終投票において北京に僅差で敗れた。再

度の招致活動を検討中である。

なお、2008 年より、米国 SIAM と相互会員協定を結んだ。

④ 応用数理学会は現在は任意団体であるが、公益法人制度改革に伴い、法人化が喫緊の課題であり、一般社団法人を目指して具体的な準備を進めている。

企業との関係は、応用数理学会の基本理念にかかわるものであり、これを維持していく方針である。大学(academia)と企業(industry)が学会の両輪であることを象徴的に示す慣習(不文律)として、会長の任期を 1 年として、大学と企業から交互に選出している。会誌「応用数理」においても「インダストリアル マテリアル」と称する場を設けるなど、企業からの情報発信を重視する形を継続する予定である。

● 高橋陽一郎氏 (京都大学 数理解析研究所教授、元研究所長)

ヒアリング対象者: 高橋陽一郎氏

役職名: 京都大学 数理解析研究所教授 (元研究所長)

場所: 東京大学数理科学研究科 研究科長室

日時: 2009 年 12 月 8 日 10 時~11 時

ヒアリング調査員: 大島利雄教授、室田一雄教授

① 数理解析研究所の設置目的や設立からの変遷については、持参した「京都大学 70 年史」第 11 章 数理解析研究所のコピーの他、数理解析研究所長室に収集されている資料として『日本科学技術史体系』第 12 巻の該当箇所のメモ、学術会議「要望」等の資料が転載されています。また、数理科学懇談会「数理科学ニュース」1、2 号 1959、「数学の歩み」3 巻 1 号、5 巻 4 号、6 巻 3

号からの抜粋があります。この他、京都大学文書館に、京大附置案が出てきて以後の、京大で開催された諸会合の出張依頼、出張記録があります。客観的には「京都大学 70 年史」が一番信用できるでしょう。

設置目的は数学の応用の充実です。昭和 33 年に学術会議第四部、第五部合同で設置を計画し、最初は科学技術庁に持って行きました。当初案は計算機関連が多くを占めました(技官が 50 何人)。後に文部省に持って行き、計算機関係を減らしました。国内最大の計算機を作ろうということだったと思います。

当初の名前は数理科学研究所。文部省により、大学附置となることが決まりました。最初は東大に話が行きましたが、東大は多すぎるのでと断りました。名古屋、京都、大阪にも話が行きましたが断りました。京

都は最初は断りましたが、正田と秋月が総長に直談判しました。

純粋数学以外には、理論物理、流体力学、計算機関係がいました。しばらくはこの流れで続きます。後から変わってきて、荒木先生定年後、理論物理系の代わりに最適化理論を充実させました。

② **室田**：94年に室田が一松先生退官後に着任しました。その数年後に荒木先生、中西先生が退官されました。

高橋：一松先生は立教からいらしたはずで、必要なら所員のデータはあります。吉田先生は設置にも携わっています。所長を勤められていたこともあり、今回の整理(耐震工事関係)で、吉田文庫が出てきました。そのほか、テープなどいろいろ出てきたので、麻生氏にお願いしました。十周年記念のテープ(映像+音声)もその一つです。

理論物理が段々と減ってきました。現在離散最適化の教授が二人です。純粋数学と応用数学は最初は分かれていましたが、ある時に一つになりました。

図書については、研究所が出来て2、3年で、プレプリントを集めて公開を始めました。日本初です。松永賞(だったかな?)を図書室がもらいました。通常個人に与えられるものですが。

室田：古い応用数学の本があつてびっくりしました。室田が始めて手にとったような本もありました。

高橋：誰が買ったのかは知りません。人は半分応用、半分純粋だったので、どちらも買っていました。ある時から純粋数学が主導を握るようになりました。資金はあつたので、古い図書も含めて結構買いました。計算機にも使いましたが。今も図書は買っていますが、段々と厳しくなっています。

理論計算機科学のスタッフは常にいました。この分野の研究者は、ほとんど数理解析研究所で育てていました。IBM 賞受賞者

の1/3以上はRIMSにいたことがあります。

室田：設立時の計算機のイメージは今のそれと違い、科学技術関連だったのだろう。

高橋：数学に特化したものをしていました。LISPを開発しました。後から今のコンピュータ・サイエンスに近いものになったのだと思う。

室田：当時の人は数値解析をしていました。

高橋：当時は数値解析しかありませんでした。数式処理という名前もなかったので、記号処理と書いていました。必要性が出てきて、段々変わっていきました。数値計算や他にも出来てきました。

室田：数学者の実験道具の意味合いが強かった。流体の方はかなりそこで計算をしていたと思うのです。コンピュータ・サイエンスの深い部分、基礎論に近い部分の発展もした。

高橋：コンピュータの利用は、最初共同利用の一種目としてあった。全国各地の大型コンピュータ機センターができてきて、不要になり、無くなった。無くなった後でも公募には書いてあった時期が暫くありましたが。

③ **高橋**：所員の活動と、共同利用事業の二つで研究活動をしています。

昔は、長期研究員、短期研究員、研究集会でしたが、今は長期研究員、RIMS 共同研究員、RIMS 研究集会、国際プロジェクト研究、一昨年からRIMS 合宿型セミナーなどです。

大島：昔の研究集会の役割は大きかったと思います。学生にも援助が出ていて助かった。

高橋：20代の頃から先輩につきあえました。

室田：私には数学との唯一の接点でした。

大島：図書も非常にオープンです。

高橋：そういうところの窓口になってくれたのが一松先生でした。

大島：宿舍の世話から全てしていました。当時旅費は今ほどなく、学生がどこかに行

くのは大変だった。

高橋：名目は話す人のみ。講演する人＝研究者。学生でも話すならば研究者だから金を出す。ある頃までは代表者が一筆書く必要があった。ある頃から format が出来ていた。

大島：研究集会は他になかった。他の分野にもきてもらったりしていました。耐震工事の関係で、今年は大変ですか？

高橋：居場所はバラバラです。

大島：RIMS は研究集会の model を作った。他には、一つの分野で何かやるというのはあったけれど、他とやっていたのはあれくらい。

室田：model はどちらから？ Oberwolfach 数学研究所あたり？

高橋：それより早い。共同利用に関しては基礎物理研究所が先です。数は少ないけどやっていたはず。

大島：実質的な活動だったのでよかった。誰が発案したのでしょうか？

高橋：京都大学に作るようになったときから決まっていた。共同利用掛は設立時からあった。設立時からあったのは大きな強みです。法人化の時にも不要じゃないかと言われたが、最初からあったと主張。

大島：先生らと知り合うよい機会だった。

高橋：年間 70 いくつもやっていた。支援体制があってこそだと思う。

大島：きちんとした体制が最初からできていた。

室田：海外との交流も盛ん。外国人研究者もたくさんくる。年間 300、400。

大島：長期の人も多い。

高橋：外国人客員教授の制度は比較的新しい。昔は学振の招聘にはいつも一人か二人はいました。受け入れ体制も出来ていたのです。その頃先輩が話していたのを聞いたのですが、受け入れられるのはここくらいだった。

大島：共同利用宿舎に泊まっていたのですか？

高橋：北白川は若い人だけです。

室田：最初は相部屋。後から個室になりました。

高橋：今は若い人が主に使っている。殆ど個室。上に少し相部屋があります。

大島：大島が最も頻繁に行ったのは 1970 年代です。

高橋：宿舎を東大より（全体の比率で）持っている。京大の方が楽。今は厳しくなってきた。

大島：共同利用が宿舎を押さえていた。

高橋：京大国際交流会館は RIMS がかなり押さえていた。最近はウィークリーマンションなんかもある。最初の頃はホームステイなんかもしていた。途中から、一定期間で帰って行くのがわかっているのは向こうにもメリットがあるので、大家さんが売込みにも来ていた。

室田：外国人を呼んだのは大事だった。RIMS は分野を深めた。

大島：project 研究はいつ頃から？

高橋：ICM 京都（1990）を契機に。最初は年一つだった。今はいくつもある。それのような予算があるわけではない。予算は年間 150 万円程度しか研究所としては出していない。外国人を呼ぶのは別の資金。一つか、一つ半か。

室田：客員部門で文科省からついているのがあるので、その一つか一つ半は使わせてもらえた。若い doctor の学生には大きなメリット。

大島：研究集会に出るといよりも、研究に巻き込まれて、一緒にやっている感じ。発想が分かる。勉強になった。研究所の学生の今後の予定などは？

高橋：20 年くらいしてから、数理解析専攻という独立専攻ができた。

室田：今は数理解析と数学教室が一緒にな

って、数学・数理解析専攻となっている。形としては、理学研究科の下に一つ。最初は別々に二つあった。

大島：卒業したら皆研究者に？

高橋：昔はそうだった。受験生 100 人で、合格者 10 人くらい。レベルは高かった。試験会場がなくて、農学部に借りていた。最近は大大学の囲い込みがある。人数が減ってきた。願書の提出が 40 くらいで、実際の受験者が 30 人くらい。研究者になる人もいるけど、残したい人がいなくなることもある。

室田：工学部では昔からあったこと。バランス感覚のある有能な人は博士課程に行かないことも多い。

高橋：30 年くらい前の話。学生を 4、5 人で教授らが囲んで説得した。

大島：研究者にならなかった人はどちらへ？

高橋：企業関係も多い。最近、数は少ないけど、高校教員になる人が出てきた。昔はいなかった。修士試験を受けるときに高校教員になることを決めている人も。

大島：今後は？他分野との関わりなど？

高橋：よいか悪いかは別にして、しばらくは現状維持だろう。wing を広げて、応用面もある程度はやってきているけれど、更に広げるといふ話はない。プロジェクト研究の複線化とか合宿型セミナーは高橋が所長の時にお金をとってきて始めた。

大島：外国からの学生はアジア関係が多いけれど、RIMS はそんなことはないですね？

高橋：ベトナム系、韓国の大学院生もいます。最近では KIAS と共同で若手の交流会もやっている。

大島：それは京大の数学教室と一緒に？

高橋：昔は違ったが、COE があって一緒にやった。若手の交流が行われている。韓国としても、RIMS が相手だと予算が手に入

りやすい。

大島：プロジェクト研究は純粋数学以外にもありますか？

高橋：純粋が一つ、応用が一つ。来年度は一つは数論+確率論。もう一つは前田さんが。タイトルは非可換なんか。今年では数理ファイナンスがあった（応用）。

大島：二つというのは並行しているのですか？

高橋：予算の兼ね合いがあるので……。変わったこと一つ。通年じゃなくて半年でもできるようになった。結局実質通年でやっています。今年の数理ファイナンスの場合、7~8月に大と中くらい三つ連続して国際シンポジウム。9月に school。3月に小さいのをやっていた。これからもやっていく。

予算は、今年度は一つは(G)COE。もう一つ（数理ファイナンスの方）は寄付研究部門から。とりあえず財源はありました。なくなったときどうしようか？今年度まで財団に行く必要はなかった。来年度は必要がありそう。数理ファイナンスは、海外では financial mathematics で、数学の一部と見なされている。リーマンショックの後では数学者が非難された。日本では金融工学。名前が変だろうという話も。

大島：日本唯一の研究所で、役割は大きい。

室田：最初は外から来た人がやっていた。今は中で育った人が多い。

高橋：中で育っている人には、ありがたいかもしれないのかもしれませんが。

室田：自分としては、数学との唯一の接点だったのが大きかった。

高橋：最近では、自分の分野以外の面倒を見るのは面倒だと思っているのかも。

大島：私は RIMS のおかげで研究の方向を決めました。いろいろな知り合いができました。大学だとやりにくい。研究集会の方が話しやすかったりします。

高橋：今は、自分の大学を離れると時間が

できるようになっちゃった。統数研は、色々やっていたけど、ちょっと変わってきて、商品とペアじゃないとだめになってしまいました。

以下の④ ⑤ については、現所長も確認済みの数理解析研究所からの回答となります。

④ 所員の研究活動に関しては、計算機科学、流体力学から数理工学までウィングを広げてきており、また共同利用事業に関しても、

国際プロジェクト研究その他において、それぞれに協働は既に実施されている。現時点で、他分野との協働をさらに重視する方向にはないと判断している。

⑤ 今年度、共同利用・共同研究拠点の認定を受け、実施されたところであり、現時点で新たな組織像の検討は行っていない。当面（少なくとも、第2期中期目標・中期計画期間中）は現状維持となるものと見込まれる。

1.2 数学・数理学に関する研究資金制度の運営方法等について

1.2.1 戦略的創造研究推進事業に研究領域「数学と諸分野の協働によるブレークスルーの探索」

研究領域総括（西浦廉政氏）、創設時の文部科学省関係者（大竹暁氏）、領域アドバイザー（織田孝幸氏、宮岡礼子氏、長井英生氏、津田一郎氏）、CREST 代表（小谷元子氏、小林亮氏）、CREST 分担者（尾畑伸明氏、野呂正行氏）、さきがけ研究者（新井仁之氏、吉田朋広氏、小磯深幸氏、長藤かおり氏、西成活裕氏）に以下のようなヒアリング設問によるヒアリング調査を行った。

●ヒアリング項目：

【研究領域総括】

- ① 戦略的創造研究事業の研究領域として「数学と諸分野の協働によるブレークスルーの探索」を設定した理由について
- ② 目指すブレークスルーにはどのようなものがあるか？ 可能性は？
- ③ 全体のマネジメント（領域運営体制、研究運営体制など）について
- ④ 領域アドバイザーの選定について（選考基準、選考方法など）
- ⑤ CREST、さきがけ選考の一般の方針について
- ⑥ 選考時に重視した点
- ⑦ 選考時にとくに気づいたこと
- ⑧ 応募状況の経年変化についての印象
- ⑨ 研究資金配分について（総額の妥当性、各 CREST、さきがけへの配分方法、運用方法の問題と改善点など）
- ⑩ 数学・数理学に関連するさらなる研究領域の設定の必要性について。可能であれば、具体的なテーマの例示。

【創設時の文部科学省関係者】

- ① JST の研究課題で数学領域を始めた理由など

- ② 今後の数学の振興進行などについて
- ③ ヒアリング調査員との対話

【領域アドバイザー】

- ① 領域アドバイザーの役目（職務）として重要なものについて
- ② CREST、さきがけ選考の一般的方針
- ③ 選考時に重視した点
- ④ 応募状況の経年変化についての印象
- ⑤ 選考時にとくに気づいたこと
- ⑥ 戦略的創造研究事業として数学研究領域が果たす意義と設立された意義について
- ⑦ 本研究領域設定の成否について
- ⑧ 数学・数理科学に関連するさらなる研究領域の設定の必要性について。可能であれば、具体的なテーマの例示。
- ⑨ 研究資金額について。金額の妥当性と運用方法の問題点について
- ⑩ 領域運営体制、研究運営体制について改良点などについての意見

【クレスト代表・分担者】

- ① 目指しているブレークスルーについて
- ② マネージメントに当たっての問題点・改良点について
(対応済みのものも。グループ研究の面、資金面、大学・部局等によるサポート体制など)
- ③ 他分野との連携・共同研究の推進形態について
- ④ CREST に採択されて実現できたことについて（研究面、待遇面、波及効果他）
- ⑤ 他の研究資金（科研費、受託研究など）ではなく CREST として研究を行う意義について

【さきがけ研究者】

- ① 目指しているブレークスルーについて
- ② マネージメントに当たっての問題点・改良点について
(対応済みのものも。グループ研究の面、資金面、大学・部局等によるサポート体制など)
- ③ 他分野との連携・共同研究の推進形態について
- ④ さきがけに採択されて実現できたことについて（研究面、待遇面、波及効果他）
- ⑤ 他の研究資金（科研費、受託研究など）ではなくさきがけとして研究を行う意義について

【研究領域総括】

● 西浦 廉政氏（JST 研究領域総括、北海道大学電子科学研究所教授）

ヒアリング対象者： 西浦廉政氏
役職名：北海道大学 電子科学研究所 教授

場所：東京大学数理科学研究科研究科長室
日時：2009年12月14日12時～13時

ヒアリング調査員：大島利雄教授、坪井俊教授、儀我美一教授、中川淳一氏

① これはHPにも書いてありますが。

1. 社会的ニーズ。いろいろな分野、諸科学、産業を通じて強い連携を図る。
2. 日本の数学の活動をより開かれたものにして、数学 society をどのように豊かにし、社会的に開かれた学問にするか。
3. 個別の問題を解くのも大事ですが、人類の抱える問題に対峙できる数学者を育てたい。

今生きている世の中は、非常に数学化しています。例えば、mail、携帯電話、ものを買うときも全て数学が関わります。デジタル化によるものだけではなく、社会的基盤となっています。普通の世の中の人知らない面もありますし、数学者ももっと認識していいと思う。

② この領域の特色でもありますが、非常に多岐にわたります。個別の分野、例えば材料科学、医療、輸送、生命、金融、環境、情報通信、計算機科学、統計、などでは、それぞれに大小さまざまなブレイクがあると思います。先に選考したさきがけの方では、医療の水藤さんは動脈瘤や脳脊髄液などで研究されていますし、CRESTはまだ始まったばかりで、まだこれからですが、鈴木チームは癌の研究を行っています。

実際やっている方と話して感じることは、例えば医療などで、医者が何を見ているか、何を欲しているかを、医者がわかる言葉で数学者がどう提示できるかが重要です。それができないとすれ違いになってしまう。具体的には動脈瘤にしても、血液が血管内で流れるので、ナビエ・ストークス方程式ということになりますが、ことはそう単純ではない。血管、心臓は拍動している。血管自体も三次元の中で曲がっている、ねじれている。そういう動的環境の中で、ステ

ントを改良していく必要がある。流れを表示したからといっても医者は分からない。具体的にどういう風に圧力分布が時間的に変わるか明確に示さないと分からない。どうすればいいかは、多少経験があっても分からない。共通土俵まで行って、コミュニケーションができれば、後は餅は餅屋という感じで、自然に進むと思うのです。

西成さんの渋滞の話。具体的に社会政策に関わってくる。もともとは可積分系での離散的なモデルの話ですが、そこから渋滞へ。いろいろと、環境問題にも、流れるところ、動くところに関係する。車だけでなく、在庫、パニックの時の人の流れとかに適用できるわけです。実際の社会政策はそのように設計されているわけではないので、社会の設計に数学がどのくらいかわれるかということで、チャレンジングかなと思っています。

金融などでも、金融工学だけでなく、例えば、保険の額などというのは根拠がないのですよね。数学的なバックグラウンドは、あるようでない。全体の金融政策などでも、動きを解明する仕事が多いのですけれども、そもそもどのような言葉で語れるのか、そういうところに入っていけるのかなと思います。

廃棄物処理の話も面白いのですが。情報通信、計算機科学、統計も、代数とかもかわってくる面がありますが。時間もあまりないので、割愛して先に進みたいと思います。

③ HP やパンフレットにも書いてありません。基本的にはJST本部のメンバーが二人、一人は事務参事ですが。後は、技術参事、西浦、それと事務補助員が一人います。この五人が核となっています。予算の管理や、採択者との連絡は五人がやっています。JST サイドでは、上に課長や部長など.....がいますが、直接領域に係っているのはこ

の五人です。アドバイザーは外していますが。

事務参事は複数の領域を管理しています。二つか三つ。技術参事と西浦、それと事務補助員は一領域の専任です。

④ アドバイザーの選定ですが、決定が遅れましたので急がされました。最大限知る範囲内で、いろいろな人に会いました。ここ東大数理の儀我先生にも会いました。他にも解析、幾何、代数、応用、計算機関連…。色々聞いてリストアップし、引き受けてもらえるか聞きました。最終的には西浦が決めていきます。

⑤ アドバイザーで間に合わない場合は、必要ならば外部評価者にもお願いをしていますが、最終決断はアドバイザーと西浦です。

領域の趣旨を最優先しました。後は、双方向性、すなわち諸分野との協働によると書いていますので、数学から諸分野へ、可能であれば諸分野から数学へと言う双方向性。科研費と違うので、数学がすばらしいだけではなく、それをふまえて、先の方向性につながるかを考慮しています。

こちらの宣伝不足かもしれませんが、十分理解されていない提案もありました。かなりよい提案も多くありました。半分以上は理解していただいたものでした。工学、物理などからも多くあった。情報通信などは数学科以外からも多くありました。年度の経過に伴い、いろいろな人に出してもらいました。最初は数学しか出せないと思ったようですが、二年次、三年次、拡がりを感じています。来年度は CREST 最終公募もあります。

⑥ さきがけでは、一つの提案に応じて、3～5 人の査読者。アドバイザーが主です、中には外部の人も。書類で 2、2.5 倍に絞って、面接をしました。面接は 5 分のプレゼンテーション、15 分の discussion、質疑、

残り 5 分で面接者には出ていってもらって全員で協議をしました。既に提案書は読んでいたので本人のプレゼンテーションは 5 分。延びてしまうことが多いですが。

西浦としては面接を重視しました。書いていることと、実際にやりたい事とは違うことがあり、書けていない、書き切れない部分を聞きました。15 分は貴重だったと思います。出されている方の背景がそれで分かります。

⑦ 面接内容は、勉強することも多かったということがあります。書類に現れ出ない意図や希望などが、質疑の中で明らかになります。

年度を経るに連れて、数学を背景とする人以外の人も増えました。前年、前々年度の情報から、私も出せるかなと思う人が出てきたのではないのでしょうか。

一方、数学専攻にいて、もしかして自分のやっている数学とつながるのではないかという野心的なものがもっと出て欲しいと思いました。ただこれは数学者のメンタリティもあるので、難しい問題かなと思います。査読の点数のみでなく、そういうゆらぎを入れるのが面接の目的だったのです。数学の人からももっと出て欲しかった。宣伝不足、努力不足かもしれませんが。どういうふうにして、諸分野、産業と、数学の学生は、具体的にどういうふうに勉強し、どういうふうに人と接するのかといった生の情報はなかなか難しい。

⑧ 前項で触れました。多様化が主なことです。

⑨ Web でも見られますが。さきがけは三年半で、3000 万 (1000 万×3 年) これは実験系の場合で、数学の場合は、もう少し低め。500 万から 1500 万。個人研究なので、大規模なものはできないけれど、実験をする人もいて、そういう人は多くなる。

CREST では 5 年で 2 億から 2 億 5 千万。

実験系では年間1億を超える人も多い。大きいと出しにくく、逆にお金に使われるという本末転倒になることがあります。適した額を検討する必要があります。第一期が始まり1年少々なので、様子を見る必要があります。

科研費と大きく違うのは、flexibility。毎年度計画を出してもらい、状況を教えてもらい、西浦がsite visit を行って予算的な相談をする。たとえば、大きな国際研究集会所が、最初の予定にはなくても、国際化支援という枠組みを使って必然性があればOK。領域全体の総額はもちろん決まっていますが、その中ではflexible。増えるも減らすも。

儀我：毎年の予算額を確約しているわけではない？

西浦：最初に出してもらいます。CRESTは中間評価があるので、とりやめということはないでしょうが、悪いと減るということもあると思います。増えることもあるかもしれません。

JSTは最近色々やっている。CRESTの5年以外に、スポットでいろいろ出してもらっています。さきほどの国際強化支援策というのもそうですし、人を派遣したり、外国から人を呼んだり。内容が良ければ結構当たるので、いろいろと応援しています。全体の研究資金は、科研費に比べflexible。一方書類は多い。やむを得ない面もある。

理論の方で困ったのは、人を招聘する件です。数学の方で実験に対応するものは面と向かってのdiscussionです。人を招くのは難しい。個人研究なので…。その辺が最初は理解してもらえなかった。今はかなり改善されました。次の新規数学領域においてはそれらを生かしてください。制度改革ができるのはその時でしょう。今回の問題点をピックアップして、理論系に合う制度に。さきがけの全体の枠組みに影響するの

で、変えてもらえなかった。理解はしていただいたので、変わる可能性は大いにあると思います。

総額の妥当性ですが、さきがけの場合は年間一千万以下ならよく、それぞれに応じた申請なので、心配はないと思います。CRESTは始まったばかりでまだ分からないし、額も大きいので、注意して見ていかないと、と思います。数学のみでないチーム編成もあります。どう機能するかは様子を見なければならぬと思います。

⑩ 研究領域の設定は絶対に必要。疑問はない。発展、継続は不可欠。

どうテーマ設定するかは非常に難しい問題。今やっているのは数学で一領域しかない。フォーカスされていなくて、材料、金融、統計、計算機、物理、渋滞までということ、バラバラともいえるが、やや広い領域の面白さというのは、違う領域の研究者のクラスターができてきていることです。年2回の領域会議や、個別のワークショップもいくつか開催しています。例えば、圏論という抽象的な広い数学概念がありますが、量子通信、計算機科学、力学系をやっている人たちがそのラインでつながるといことがspontaneousに起こっている。これは領域の広さのメリットであると思う。集中することも大事だけど、広いのもメリットがある。ただし、完全に放っているわけではなく、種をまいたりする努力はしている。基本的には研究者間のspontaneousな横のつながりが出てきている。

昨年度から、さきがけ数学塾を開催している。大学生、院生を対象に、個別指導に近い塾形式で、次は3月です。さきがけの人にも、参加者にも評判は良い。

一昨日は、岡山で講演会を行いました。本部、CRESTを含めて、成果を知ってもらおうということで、研究発表ではなく、高校生を対象に話してもらおう。岡山では100人

以上参加者がありました。いろいろな人が来ました。アンケートをとりました。年齢層は、面白いことに、高校生と50、60代以上の人にわかれしました。院生から30、40代の人ほとんどいませんでした。忙殺されている？高校生は元気です。数学が面白い、好きでも役に立たないと思っていたのだけど、実は違ったのでやってみようかと思ったというアンケートもありました。サンプリングしてそういう人がパラパラ出てくるくらいなので、全体では結構いるのかと思います。メッセージを適切に送れば反応があると自信ができました。研究者相手ではない講演会も今後の数学領域活動のテーマにしたい。岡山（数理科学と諸科学の融合に向けて）のもよい結果になりました。

今後の領域の設定は、なかなか難しいと思っています。hybridにするのか？しないのか？数学が核の領域設定になるのか？または、～連携、～融合という形で、数学は核の一つで、数学と何かというhybridなもので考えるのか、で大分違う。昔から文理融合は言葉、スローガンで沢山言われているけれど、本当のところ。なかなかうまくいかない。一方、数学は最も高いpotentialityを持っていることは疑いのない事実と思う。社会科学、人文科学のように、第一原理がない、そういうところで、scientificな土俵に乗せる力を持っているのは数学しかないと思う。ただ我々の準備がどこまでできているかも考えないといけない。できるというだけではダメ。我々の努力も必要ですが、potentialityとしては非常に高い。

領域設定は複数していただけたらうれしい。広いメリットが十分にあるのはやってみて初めてよく分かりました。focusされたものも大事で必要であるけれども、それと対をなす形ということ中領域も同時並行で

やるべきと思います。何かを作るのではなくて、物作りという前に人作りがあるとすれば、生きていく元気、勇気を与えてくれる学問が数学かなと考えています。社会的ニーズというとき、現場として実験的なもの、産業的なものというのが事実としてありますが。普通の人たち、これから数学やサイエンスに行こうという人や、60代以上の人たちに力を社会還元してもらおうという時に、数学は実験系とは違う形の貢献ができるのではないかと。

その他

大島：領域会議というのはどういうものでしょうか？

西浦：さきがけの方で年2回実施。大学以外の場所でやる。advisorと採択者全員が来る。ほぼ義務です。特許や実験系の場合は、微妙なデータが出せずclosedです。数学はいいのですが。3泊4日で、三十何人いるので、全員が話すのは難しい。3期生のみ話してもらって、後はポスターとか。研究者からbottom upで出てきたのは、しゃべりっぱなしはよくないのでdiscussionしたい。分野が多岐にわたるので、なぜその問題を考えるのかから話さなければならぬ。次世代を担う人のnetwork構成、今すぐ出ない結果として役立っていると思う。軽井沢プリンスホテルで、2泊3日で行いました。

領域間ではまだあまりないのだけど、要望はあるので関連する領域間でやってみようと思っている。今後の宿題。日程のintersectionをとるのが大変。一年前にとっています…。

儀我：応募の年齢層は？

西浦：比較的高めでした。数学会では宣伝しているのですが。職なしでもよいので、もっと野心的な提案を出してほしい。ある程度成功経験をもった人が多い。どうころぶかわからないけれど、直感的に、という

人が増えてほしい。今は 5%くらい。もっと増えてほしい。20 代後半から 30 代初めの PhD を取得して直ぐの人に出してもらいたい。研究費以外も、給料とってよいでしょうか、それも出せるので。

儀我：小さい大学で採択されると忙しくなりすぎるといえることは？

西浦：site visit に行ったときに、直属の上司、研究科長と同時に、大学執行部というか、出来れば総長・学長などに会うようにしている。backup を直接にお願いしている。上層部は OK だけど、下まで降りて行くといろいろと個別に問題があることが多い。海外出張をフレキシブルに考えて欲しいとか、実験系にはスペースを配慮して欲しいとか。数学教室では、特別扱いはなかなかできない面もあり、JST の活動は、まだいろいろな意味で周知されていない。他の分野では若手の登竜門的な側面があり、大学の宣伝にもなる。岡山大学はよく分かっている、結果的に数学教室全体の押し上げにもなっている。そのようなことから、西浦は出来れば学長にも会う。25 日も某学長に会うのですが、それも数学よろしく、と。数学にも宣伝に使ってもらって欲しい。いろいろ努力しなければなりません。

儀我：領域設定のことですが、儀我は 2008 年文科省の service science の検討会で JST と組んで出来るか検討した。社会的な課題が縦で、学問の方は数学や物理などが横にあって cross しないとだめだろう。複数の領域の中に数学が入っていて、数理的側面を扱う。横に学問、縦に社会的 need と分離する。社会的課題と学問とは異なる。例えば縦に医療とか環境とかで、横に数学がある。縦と横のグループがあり、横のグループとして数学が集まるが、縦のグループに、たとえば環境問題にも入る。どちらかというと今の JST は社会的課題に関して領域を作った感じですが、横に通るものが出る

としたら、数理だと思いますが、その辺はどうでしょう？

西浦：悩んでいたのですが、今のはヒントになりました。主語的ではなく、たとえば医療の問題に数学が関係して入る、というような述語的なからみですね。

儀我：横がないと、医療に数学が、環境に数学がちょっと入って、勝手にやっているだけで、あまり意味がないので。さきほどの領域会議のように、関係ないけれどつながると。

中川：応募のあった数学者の分野はどこが多いのですか？ 純粋？ 応用？

西浦：代数の符号、微分幾何、力学系、… 確率過程、統計まで広がっている。

中川：応用だけではない？ 純粋もある。

西浦：一定の割合は入っています。採択するときに、純粋の人がどういう問題設定をするか苦労しているのは、提案書を読めば分かり、面接ではさらに分かる。純粋の方のみをとるわけにはいかない。双方向性を重視しているのだから。一定の割合はとっているけど、全体の半分を越えるということにはならなかった。バックグラウンドが純粋系でも、テーマは応用につながるのが多い。

大島：応用の数学者ではないけれど、テーマは応用というのが多いですね。

西浦：それでも、ゆらぎというか、提案書ではこうだが、ちょっとやってみようというのは、何パーセントかはとっている。

大島：分野をかなりカバーしていますが、これは配慮しているのですか？

西浦：ある程度は。十分ではないでしょうが、純粋系が入るのはプラス。いるかいないかで全然違う。その定義は何、というときに誰か答えると雰囲気は全然違う。

大島：宣伝も苦労されていると思います。大事ですが。活動している人も含めて。

西浦：個別にやり始めている方もいる。君と僕とは関係するよね、ということになれば

ば、我々はもう感知しない。いくつかは、知っていますが、知らないのもたくさんあると思います。

大島：人のつながりで広がっていくのが一番自然でいいですね。

西浦：何にも代えがたいことです。パンフレットの作成、The Japan Journal に JST の宣伝を英語で書きました。岩波の「科学」にも書きました。これはちょっと私の専門にも近いですが。

中川：産業の方はどのくらいいますか？

西浦：本当に産業に根を下された方はそれほど…

大島：企業の方は？

西浦：応募ではありましたが、少なかった。

中川：今後としてはどうしますか？ 企業、産業も含める？ もう少しアカデミック？

西浦：少し難しい。産業とのつながりも求めていきたいけれど。領域が一つしかないという問題。二つか三つくらいは欲しい。述語的にやるとしても、一つしかない、広い領域設定のみではどれも中途半端になる。それは避けたい。少し focus されたのと、spontaneous に人的ネットワークのできる中領域設定があって、両者のバランスが取れているのが理想。その中に産業とつな

がっている focus されものが一つあるというように。なんとか複数領域を立ち上げたい。

坪井：さきがけは個人、CREST はチーム。その中で、大学院生などの若い人を巻き込んでやるとよいのではないか。若い人のキャリアアップにつながる。こういうことは実際にできそうでしょうか？

西浦：キャリアパスは、なかなか難しい。制度設計的な問題。今後生まれる領域でやってほしいのは、企業を含めて、社会全体で数学をしている人を受け入れる素地をちゃんともっていて、そういう人を育てました、ということで、その実績を作るのには貢献できると思う。採択者には個人的には言っている。

単に研究をやったのではなくて、メッセージ性が欲しい。academic society のみでなく、企業や一般の人に、数学は大事と。それを受けて政府も変わりますから。

大島：今の話は義務ではない？

西浦：義務ではないです。そこまで強くは言えない。若い人を一つのテーマで沢山雇い協働して行くという経験をした数学者はあまりいないので、今後を見守りたいと思います。

【創設時の文部科学省関係者】

● 大竹 暁氏（宇宙航空研究開発機構 総務部長、前・文部科学省研究振興局基礎基盤研究課長）

ヒアリング対象者： 大竹暁氏

役職名：宇宙航空研究開発機構 総務部長、前文部科学省研究振興局基礎基盤研究課長

場所：東京大学大学院数理科学研究科

日時：2009年12月17日10時～12時

ヒアリング調査員：大島利雄教授、坪井俊教授、儀我美一教授、中川淳一新日

本製鐵株式会社先端技術研究所主幹研究員、山本昌宏准教授

① 2006年6月に出た政策研レポート「忘れられた科学—数学」に有馬朗人先生が注目した。有馬先生から「日本は、純粋数学には問題はなかったようだが、応用、統計分野は弱い。研究予算金も外

国と比べて少ない。しかしながら、数学は重要だ。」という意見を伺った。ちなみに有馬先生は総長時代に「東大数理科学研究科創設にも尽力された」と聞いている。

私は2006年7月に研究振興局基礎基盤研究課へ移った。振興局は横断的に基礎研究全般をみる部署であるが、私は科研費以外の物理、化学の分野を担当した。これは、どちらかというところ「その他」担当という感じで、焦点をしぼりづらかった。しかも、研究基盤は既存の大きな施設をフォローするばかりになりがちである。

前々々任者の川上伸昭氏は、在任中に科学技術基本計画に示された重点4分野することを懸念した。重点は4分野に固定するべきではなく、いつも新しいものが加わるべきと考えた。重点4分野の立て方自体も、ライフサイエンス、環境、情報科学が縦割りであるのに対し、ナノテクノロジーは分野横断的であり、分類が明確ではない。分野横断的サイエンスが重要と考え、その例として光科学はどうかと考えた。この点は、科学技術基本計画の策定に加わった当時から私も同じ懸念を抱いていた。4分野を立てたので研究現場がそれに縛られ過ぎた面もあった（たしかに、立てられた4分野は時流にのった、わかりやすいものであったが）。諸外国ではもちろん分野への政策誘導はあるが、これほど極端でなくうまくやっている。この背景には、日本の大学や研究者は分野ごとにまとまり、自分の分野しか考えないし、既得権重視も強いという点も影響した指摘しておきたい。従って、一度重点分野を設定すると全く変わらなくなる。

基盤研究課の私の前任者の任期も短かった。川上氏の発想した光関係で検討会もやったが、結局実現したのは大型施設

のみで光科学技術を重点化するという本来の目的は果たされなかった。私は新たに重点となるべき横断的な分野の振興は重要と考え、光科学技術に加え、数学を考えた。一方、私の着任以前に、政策研のレポート「忘れられた科学—数学」も出て、すでに7月には概算要求の諸手続きが色々進んでいたが、問題意識が明確に絞られておらず、とりあえず光科学技術、数学も含めた様々な分野に「コンバージテクノロジー」などの概念も一緒にして分野融合研究の推進として要求が進んでいた。新規に競争資金枠を提案しても対象が茫漠としているので科研費との差別化ができず、新味を打ち出せなかった、そのころも予算状況が厳しく、新しいものを入れる余地はなく、時間切れとなり平成19年度予算には間に合わなかった。

その過程で、当時の研究振興局長であった徳永保氏（現高等教育局長）の理解があった。徳永氏は大学との付き合いが長く、大学周辺の研究者の人的関係を職務上知っていたので、重点分野は時代とともに変わるべきことや分野横断研究の重要性などは徳永氏の理解を得られた。東京大学数理科学研究科の発足に文部省側で一役買ったのも同氏であった。同氏の理解と助力が得て、事態が進んだ。数学は単独での予算制度の要求の説明が困難な雰囲気（誰もが重要性はわかるとしながら、科研費以上の実績は上がらないと考えていた）だったので、政策研のレポートを基礎にし、まず実際に実社会を見た研究で有効性を示すことが重要と考えた。また、レポートが出た翌年度に何らかの手を打たないと、せつかくの数学に対するテコ入れの機運も失われることも危惧した。そこで、予算規模の小さいJSTに戦略創造事業の個人研究の枠組みを活

用することを考えた。戦略創造の予算はいわばブロック予算で、予算案が編成されたのち文部科学省が当該予算で実施すべき課題を JST に示して公募するので、夏から半年間の検討を踏まえ、平成 19 年度から実現するに最適だった。そこで、文部科学省が JST に提示する戦略目標に数学関連のものも加えることにした。(一方、光科学技術は対象を絞る必要があったので、懇談会で、議論を重ね、平成 20 年度に予算を盛り込んだ)。

私はそもそもほとんど数学の先生を知らなかったが、数学はすべての科学の基本であるという発想はあった。そこで、政策研の細坪氏などに意見をきいて、何人かの研究者を紹介してもらった。その中には、旧知の津田一郎氏もいた。同氏は、昔はシニカルだったので。連絡するときには不安があったが、北大に訪ねた時は関係する先生方を集めてくださり、良い議論ができた。10 月には桂前数理科学研究科長や高橋陽一郎氏、深谷賢治氏なども訪問して意見交換をしていた。心配したのは JST の慎重な意見であった。すなわち、提案が役所からきたこと、それに潜在的に数学は戦略的には向かない(実社会に結び付く成果でないのでは)という意見であった。そこでラドン変換、ウェーブレット解析などで数学の宣伝をした。時間も迫っていたので 2006 年 12 月 28 日に急遽関係者に集まってもらい、議論して JST でやることを決定した(かくして、数学を題材とする戦略目標が 19 年度に盛り込まれた。JST では「さきがけ」担当の白木沢課長(当時)等が大変努力をされ、JST 北沢理事(当時)も数学を取り上げることを前向きにとらえてくれた。そこで西浦廉政氏に研究総括が決定した。西浦氏も当初不安を表明し

たが、公募領域として数学と諸分野の協働をあげた。渋滞学の西成活裕氏の参加もよかった(理解を得る意味で)。永山雅晴氏(皮膚バリアー)も数学のイメージを変える端緒になった。JST の数学領域ではテーマが色々出たのでよかったと判断している。

役人側からの見地で戦略創造を担当する場合には問題がある。すなわち、実体験からの議論がしにくいし、深みのある議論がいつも役所でできるとは限らない。役所が提示する戦略目標も JST 側の思いつきといわれてしょうがない。また行った戦略目標を提示すると、事業は JST に任せっぱなしで、どこ行くかも役所は十分フォローしていない例もある。運営は JST がすべきだが、JST が不安に思うのも無理はない。数学は特にむずかしいから。

JST で始めてよかったことは、やってみようと相当いわないと動かない数学界が動いたことである。さらに予備知識がない数学にも JST の認識が深まった。

戦略創造をうまく進めるためにも丸投げではうまく事業は進まず、役所でケアすべきである。その意味で特に、数学と光科学技術は手を抜けなかった。そこで、フォローアップを続ける意味で OECD の Global Science Forum の Mathematics in Industry に加わり、2006 年のハイデルベルクの会議にも出席した。その場で、新日本製鐵の中川淳一氏とも知りあい、数学の応用の深さを再度実感した。その会議自身は問題もあったが、会議の成果報告書も出たので、まあよかったと判断している。その後、OECD の複雑系の会議にもつながった(会議には津田一郎氏なども出席した)。

② 政策研レポートには(欧米のような)研究拠点が無いとあるが、拠点作りはで

きなかった。理由は、箱物の議論になり、箱物作りの要求になってしまうのを危惧したためでもある、すでに京都大学の数理研や統数研とかがあるじゃないかとして反論され終わってしまう。数理研は、建前は共同利用機関であるので。それがうまくいっているとか、っていないかは別として、既存のものをうまく活用せよという論になる。また、制度的な問題もある。例えば、サバチカルシステムの仕組みがあるが、休職にするならその間の活動費は（米国などではグラントが取れる）、その間の業務を担う代理者の確保は、などなど、制度設計が必要だが、これが結構な課題である。そこで本委託調査になった。

統数研も立川に移り、共同利用施設が落成した。京都大学も数理研が理学部ともうまくやれば、建物も建つはずである。東大に次ぎ、京大には施設費が回っている。局所的な要求ではなく機関間で共通の構想を持って、もっと連携してほしい。

数学は、1人1人が家元で自治であるが、組織としての研究運営をもっと意識すべきである。科研費の研究を越えて進むならば、大学の先生たちも自分たちで大きいまとまりで提案してほしい。論文を書くのは当たり前なので。何か人々に感動を与え、社会にインパクトがあるようなもの、例えば、理学部なら、「先進国にふさわしい知的な国家を作るには、理性的な判断ができる国民が不可欠で、科学が社会に根付いてこそそれが可能になる。そのために、社会に開かれた数学の拠点形成する提案をするのである」というような意識でやってほしい。社会での正当な判断基準になるような科学技術への寄与を心がけてほしい。

こういう議論の際、ボトムアップは日本学術会議の仕事である。各コミュニテ

ィのリーダーがそのようなことを理解して提案してほしい。一方、総合科学秘術会議は、日本学術会議も含めた諸状況を含めて大局的に日本全体のための科学技術の在り方を示す、トップダウン型の存在で、それを個別の分野の綱引きや陳情の場にしてはいけない。

役所と一緒に考えることが大切である。ただただ新しい施設を作りたいという提案は駄目だ。政策に訴えるような研究の場合、多少なりとも科学と社会の関係を見据えたロジカルな予算要求が必要だし、当面こういう名目で予算をとり、数年後、予算が切れたらまた別の名目でというような焼畑農業的なのは駄目である。次々と新しいものを求めるのは、子供のおもちゃの要求と同じである（これが飽きたので新しいもの買ってとか）。しかし、そのような長期的な取り組みが容易ではないのは理解できる。

③ 山本：諸分野連携で重要なことは何でしょうか？

大竹：つきあいの幅を広げること、染み出して拡大していくことである。九大の行っている、組織として産業を付き合っていくようなインターンシップは良いと思う。

本業はキープしながら、新たな付き合いを広げる。意図とおりのところでやってしまうのではなく。それと、組織としての意思決定をしてほしい。どこかで妥協・同意して、個人プレーではなく進めてほしい。さらに、技術論ではなく、科学の真髓を語ってほしい。

大島：いろいろな連携は重要である。

大竹：東大が数学を駒場で一つにまとめたことには、先生方はユートピアができたと考えるかもしれないが、別の意見もある。例えば、東大で高級役人でも、科学技術のこと・人を知らない人もいるが、

これでは困る。東大は1学年で3000人中2500人ほどの学生は1、2年生次の教養課程が終わると駒場を去り、大学生活の多くを本郷で送るが、数学者は駒場にいるので、本郷では数学者との日常的な接触は少なくなる。これはまずい。食堂などで顔をあわせることも重要である。1959年にチャールズ・スノウ教授も「ロイヤルソサイエティの文系の先生は物理を知らない」と発言し、教養の幅のせまさを指摘している。

かつては、幅広い学問への興味があった。しかし、現在は、幅がせばまった。学生もそうである。複数のカルチャー双方に通じるべきである。科学者も社会で生きているので、社会科学などに通暁するのが理想である。そのような意味で駒場と本郷との分離は問題である。大学はバラエティが重要である。

話は戻るが、新しいことは既存の学部、組織を使って始めるべきであろう。自前でリソースを出してやってもらう。小さい規模で。先行例が大事だ。

儀我：競争的資金では小選挙区で、既得権で優劣が決定されやすい。

大竹：それはおかしい。研究費の獲得に関しては、ポストク人件費を継続的に確保することが目的となっている場合もある。アメリカではそうではなく、例えばグラントが切れた年は大学にブリッジファンドがあって、間をつなげている。日本でも間接経費で人件費の確保にあてるとかが可能なはずである。大学法人にしたのでうまくできるはずである。研究者だけではなくそのようなことを発想できる人材を入れれば良いのではないか。東大は大きいので金はあるが、迅速な意思決定がむずかしいかもしれないが。

いずれにせよ、役所や政治はうつろいやしやすいものである。根源的なところはコ

ミュニティがしっかりとケアしていくべきである。単なる予算陳情は駄目で、たとえば人々に科学の振興の重要性などを発信していくのが大事である。今ある現状を「お上が決めたので仕方がない」などでごまかしてはいけない。

コミュニティには学会間の反目がままあるが、それでは駄目だ。生物では日本生物学会のようなものがなく一体感がなく、ばらばらである。化学会ほうまくやっている。数学も、基礎、応用、数理統計で一体感がないと聞かすが、どうしてそのようなレベルで争うのか。数学で一体になろうという議論がない。他の人が一生懸命やっていると、そこに自ら協力しに行くのではなく、遠巻きにして問題点をささやき合っているように見える。一生懸命やる人も、自分の仲間でない人を巻き込んで仲間を広げていくべきである。

どこかでインターン制度を考えてもよいのではないか。他の社会に目をむけるべきである。どこかで強制的にでもすれば他の社会にも学生の目が向きそうである。はじめからそれのみを目指しては駄目だが（まず専門的知識の獲得）。

科研費欄のエフォートの問題点：ちなみに、研究費のエフォートに1件30%以上のもの数字を書く人がいるが、教育、研究、大学の業務もこなして、そんな大きな%を書けるはずはない。

大竹：大学内ならかなり自由にできるはずである。学部を超えてシステムティックに協働すべきである。大学というのは組織として施設や人件費など相当の金がかかっているのに、先生方は研究費の多寡ばかりにきをとらわれて、社会にきちんとしたものを残す観点がなく、会社では考えられない思考形式でやっている。国民への説明責任が重要である。

科学界で議論をオープンにしっかりし

てほしい。従来は科学を研究者が独占していた。寄らしむべし知らしむべからずである。医療分野でまず、それが変わってきた。科学も説明責任が必要である。研究の本質、意味を社会に問う説明が必要である。役所の担当者までの狭い関係する者だけの談合だけで、そのような説

明なしで予算獲得は無理である。

高校の先生には、大学院まで修了していることがとても重要である。自分が科学をなぜ勉強したのかを語れないといけない。社会に対する科学の重要性を言明すべきだ。

【領域アドバイザー】

● 織田 孝幸氏（東京大学大学院数理科学研究科教授）

ヒアリング対象者： 織田孝幸氏

役職名：東京大学大学院数理科学研究科教授

場所：東京大学大学院数理科学研究科 研究科長室

日時：2010年1月13日

ヒアリング調査員：大島利雄教授、宮岡洋一教授

① 研究計画の申請の審査が最初の大事な仕事です。ある程度総轄の方から今年は何件くらい採用するというように言われるのですが、書類審査と面接によって見込みのありそうな計画を選ぶというのが、第一の重要な仕事です。それは、さきがけであれCRESTであれ大事な仕事です。

アドバイザーは、10人くらいおり、そのうち所謂 pure math の人が3人です。私ともう一人のオダ（小田）さんと、そして宮岡さんです。

②、③ CREST、さきがけ選考は数学領域の場合は、タイトルとして数学と他分野との協働によるブレークスルーというので、もちろん数学として優れているというのもあるし、もう一つは他分野との協働というのがあるから、数学だけで閉じていなくて他分野とちゃんと一緒にやっけていけるか、他の分野に関連するのか、ということを見ております。それから科学技術振興機構JST 全体として、まず社会に役に立つということが、上の方から求められています。サイエンスだけではなくて、もう一つ技術というのがあると思うので、すぐに応用と

までは言っていないが、応用の可能性が全然ないというのは、やはり科学研究費とは違うので、応用の可能性があるかどうか、一つのキーポイントです。さきがけでは特に若い人が対象なので、将来どうなるか分からないという面もあるので、さきがけはCREST よりもそういう面は緩やかに考えています（すぐに応用にむすびつくかというよりは、そういうものへの芽があると）。CREST の場合はお金の額も多いし、組織も大きいので、もう少し実際に使えるというように視点が変わっていると思います。

採択は、全員で点数をつけて、その点数で重みをつけて書類をみて、出てきた結果を見てこの結果でよいかを検討する。またボーダーの人は少しは順位が変わるということはありません。そして書類で選んでから面接でもう一回点数をつけて、そこからまた協議します。

面接は、通る可能性のある人は全員にたいして行います。面接は、単純に点の上位から選ぶと言うのではなくて、面白い、あるいは変なことを言って、みんななかなか理解できないような人も、「この人は是非面接」という強力な意見があれば、その人が呼ばれます。そうでないと現時点でよく分からない人はみんな落選してしまう。そうではなくて、海のものとも山のものとも分からないような人も、エイヤでとってしまう。特にさきがけの場合はそういう趣旨で採択しています。現実には、皆さんの意見が割れた人も結果的に採用しています。私の感じでは割合うまく言っていると思います。

さきがけの初年度は数理科学研究科からも教授になっているような人がいってしまった。結局、自然に業績のある人を、(安全性を狙っているわけではないが)、結局はみんな、これがよいという風に思ってしまう。

書類の書き方が下手だというのはある。さきがけでとった人も初年度は話が下手です。でもみんな段々上手になる。2年目、3年目と成長します。だからそういうところは少し考えないといけない。特に最初の年はIBM科学賞をもらった人などもいて、落選した人たちや応募を出さなかった人たちは、少しハードルが高いといっていました。④ 個人的な意見だが、3年目は少しダレてきた。多分これは広報の失敗もあったのではないかと思う。結局選ばれた人はそんなにひどくはないと思うが、1、2年目に比べると、さきがけに関してはちょっと、「どうかな」と思うところがある。

同じ人が何度も応募してくるということはありません。1年目、2年目と落選して2回通らなかつた人は3年目には流石に出してこないと思います。それでも2年くらいは続けて応募する人はおり、それで通った人もいます。やはり、その場合は初年度で書類の書き方が悪かったり、さっき言った他分野との協働といったことがちゃんと書けていなかったりしています。落選したときに西浦先生がいろんなコメントを落選した人にだします。またアドバイザーからもいろんなコメントが出ますので、それらをまとめて西浦先生にフィードバックしていただきます。そういったことで改善が見られた人、とくに一年目でボーダーだった人などが結構通っています。

毎年泊まり込みで審査員と通った人たちで勉強会、発表会を行っています。この会でちゃんとした成果を発表したいということで、プレッシャーとはいわないが、励みにはなっているようです。僕等が競争をあおっているわけではないが、同じ年代の人が結構いるから競争意識みたいなものがあるし、一方で仲良くやっているがそういうのは当然あると思います。それは非常に意義があると思います。また、少し離れたことをやっているように見えても、わりに接点

があるわけです。そういうことにも気がつけるということが大切だと思う。そういうミーティングのときは、アドバイザーは自分で研究するわけではないから気楽なことをいって、でも背景はみんな色々だから、例えば企業の研究所、豊田の研究所とかの方々は我々とは違った見かたで色々言っていると思う。僕等の方はもちろん数学的な見方から色々いっています。それは話を聞いていると、もちろん若い人たちにはアドバイザーになるが、私個人にしても色々知らない世界のことを勉強出さるので、非常に有意義だと思っています。

⑤ 計画でやはり領域の性格を理解していない、ちゃんとこういう目的だと書いてあるんだけど、そういう書類がいくつかある。数学と他分野の協働とはっきり書いてあるのだけど、完全に科研費だと思っている人がいる。

それから他分野しかなくて数学がなかったりする。それだったらJSTのプロジェクトはいっぱいあるから、どうもこっちはないのではという人がいた。

⑥ JSTの基本ルールに沿ってというのが一つあると思うんですけど、それとは別に私自身は日本の数学は戦後非常にレベルアップしたとものがあると思いますが、最近少しマンネリ化しているというか、自己満足している。

また分野の垣根というのが随分高くなって、人間関係も随分決まっちゃっているところがある。すこしそういうのは変わった方がいいのではないかと思います。そういうことのキッカケになると思います。僕自身のやってきたことをいうと歴史的に先輩方がやってきたことを守るということがありますが、それだけだとどうしても狭くなっちゃうし難しくなってしまう。そういうのを少し変えるキッカケになればいいと思う。それと最近アカウントビリティといって説明責任ということがいわれているから、ダイレクトに役に立つということでもなく、少し数学以外のことにもみんな関心もったほうがいいと思います。

数学以外のアドバイザーがいるが、彼らも数学知らない人ではないわけです。統計

学とコンピュータ・サイエンスの人、それから数学と物理の中間のような人でみんな数学のバックグラウンドがある。だから数学はみんなある程度理解している。みんな色々知らない話が聞けていいという話もでている。後もう少し歴史的な話をすると20世紀初頭に統計学ができるときは生物系の人たちがほとんどやっていて、コンピュータ・サイエンスなんかにも pure math の人たちはほとんど寄与できなかった。それは当時の基礎論の危機とかいろいろな話があって自分のやっていることに忙しかつたというのもあるのだけれど。なにか新しい問題を見つけて数学としても新しいものの芽みたいなものを見つかるとう非常にいいのではないか。これは夢みたいなもの、なかなか簡単ではないと思います。

⑦ 今このところは、結果はどうかといわれても。僕は、これは pure math の問題としても意味があると思う。たとえば新井さんという私の同僚ですが、彼のやっているのは視覚の問題といわれるものですが、あれは wavelet を作る。できた wavelet というのは所謂直交関数系なので、それは新しい直交関数系をつくっていることになる。それは数学の問題に対する一つの回答で、それは数学プロパーとしても面白い。問題はそういった直交関数系をつくる時に今までやってきたのは、伝統的な数学の歴史的なきさつでみんな問題をやっていただけだけれど、関数系を見つかる時に計算機の人たちの言い方でいうと要求集合が違うわけ。どういう直交関数系が欲しいかという、そういうデマンドがちがう。デマンドがちがうけれども作った成果というのはまったくの数学なわけ。そういう問題って他のところにも色々あると思います。これはすごくうまくいった例です。それともう一つ、生物系のことに数学を使うというのは今までほとんどなかった。歴史的にいうとほとんど研究の蓄積がない。絶対にうまくいくとはいえないけど、聞いているとおそらく見込みのありそうな話がいくつか出てきている。それは非常に面白いと思う。それで僕は聞いていると統計のモデルとかという話しても多変数の超幾何関数が

出てくるなど、私自身、関心があるような話が出てくる。問題の最初の要求は違うのだけれど、得られた答えそのものは pure math になっているという結果。そういうのは双方に非常に有益なことだと思う。よくいわれるのは暗号で素数関係の話の思わぬ応用ができたというのがありますけど、そういう話は色々今後もある。そういうときに、数学の人と他の分野の人と話す機会がないとどうしようもない。そういうのが今までなかった。だから研究費をちらつかせて無理やりにでもみんなに発想させるというのは、それ自体は悪くないと思う。全員がうまくいくわけじゃないけど、そういう研究がでてくればよいと思う。

⑧ あまり最初から沢山に細分化してしまったら、必要な計画が出てくるかどうかというのは少し心配な面がある。たとえば数学と生物学で領域として成立するのかもしれないけど、あんまり細分化してしまったらいいことがあるかというのは、あまり確信できないところがある。たとえば数学と経済学にしたってあるかもしれないし、ないかもしれない。すこしそのあたりはよくわからない。たとえばさきがけなんかで、いくつか分割して必要な人がでてくるかというのはちょっとわからない。

現在1つ数学に関連する領域があるが、今後これが2つとかそれ以上増えるとしたら、たとえば、主として数学と物理化学系と数学と生物系という分け方はありうると思います。生物あるいはもうちょっと広げて経済とかと一緒にやってもいいと思う。それはどちらも確率微分方程式みたいなものを使うというのがあるので、そういう分け方はありうると思う。Schrodinger 方程式なんかで非常に高精度の数値解析つかって結果を出すというのは割に大きな仕事で、ひょっとしてこれも領域として成立するかもしれない。生物、経済といった今まで伝統的に数学を使わないと思われていたような分野は土台ができるまでは少し一緒にやるというのはあるかもしれない。

⑨ 僕は一つ分からないのは、実験につかう費用は数学と桁が違うので評価ができないところがあります。ただ運用方法につい

てはJSTのお金そのものが使い辛いという話があります。せめて科研費と同程度にもう少しフレキシブルに使えるようになるといい。特に科研費と混ぜて使えないというのは、同じ文部科学省なのに混ぜて使えないというのは、研究の進行そのものについて障害になっている。数学と他分野というのはよいのだが、数学の中で他の数学の人に協力してもらおうというのがあると思うのだけど、物理を研究している人でも物理ブローパーの人に助けてもらおうというのがあるとと思うけれど、そういうのは今のままではあまりできない。だからそれを頭ごなしにダメだというのではなくて、書く書類が増えてもいいからもうちょっとフレキシブルにやってもらいたい。

⑩ アドバイザーの僕は当事者ではないのと言えないところがあるが、とりあえずは今のお金の使い方ですね。ただ、数学の領域そのものは今例外的な運営体制になっていて、CRESTとさきがけを一緒にやっている。普通はそうしないわけです。そういう例外的な運営方針なので領域アドバイザーは非常に忙しい。一方でさきがけとCRESTの人でもオーバーラップしている人もいて、今まで数学の人がそうして他の分野の人と気合を入れて何かやるということがなかったのが、全体が見えるということは現時点では非常によかったと思う。今後どうするかという問題はもちろんあるが、あるいは数学内で領域二つ作ってということになったら、CRESTとさきがけ一緒にやるというのはもう少し続けてもいいのではないかと思います。それは数学というのは言語の学門なので、あちこちに出てきた言葉は他でも使える。これは実験の人と少し違う。

アドバイザーは一人9年ということで結構長い。時々忙しくなるけど、季節労働者なのです。応募があつて審査があつて、5月に応募を締め切つて審査が終わるのが7月です。だから一年通じて忙しいわけではないから、その時を乗りきればいい。ただ例えば入試の時期に重なったりするのはなかなか大変といえば大変です。僕自身は自分の科研費で研究しなければいけないし、それも少し大変かもしれない。特に数学の

場合は、領域アドバイザーは現職の人が何人かなっている。普通はリタイアした先生方がやっている。別にリタイアした先生が楽だとはしていないが、日常の仕事を兼ねてやるのは少し大変ですけど、私自身は話を聞いていて一方で楽しみの部分もあるので全然ネガティブに考えていません。ただ少し忙しいというのはあります。

その他

なにか改善点があればそれらを修正して、できれば続けていただきたいと思っています。生物の話について言うと、コンピュータを使ってやるデータベースとかそういったものは計算機の人がだいたいやっていて、そういうところはうまくいっているけれど、おそらく非常に複雑な問題なので、むしろ数学者みたいに違ったところに同じパターンを見つけやすい人というのは役に立つと思う。細胞内の反応だって非常に複雑なわけで、何か構造を見出してそれらをうまくラベルを貼らないといけない。おそらくそれは何億年も経っているから何層にもなっていると思う。そういったことを日常の言葉でやってしまうとどうにでも言えてしまう。つまり日常言語とは異なり、数学というのは言葉として融通の出来ないところがある。そういうものじゃないときちんと言えないと思う。普通の言語、英語とか日本語で蓄積できても、本当にそれが蓄積になっているのかどうかという疑問があつて、それは数学の場合は融通の出来ないところがあるから、かえって信頼できるものが作れる。こういっては何だけど、物理だって実験ができなくなってしまえば、結局は数学が頼りとなるわけだし、数学で合う、合わないというのが頼りになるところがある。だから反応なんかのロジックを見つけ出すというのは、数学は非常に特別な言葉だから、そういうのはうまくいくのではないかと思います。

統計で相関がわかって何かを予測する。それはそれでよいのだけど、もう少しそれを越えたものはどうやっていくか。データを集めて統計的なデータだけではどうしようもないわけで、構造を見ないといけない。構造をみるところで、これは難しいけど、

なにかちゃんと寄与できる人はいるのではないのでしょうか。私の師匠も言っていたけれど、数学者は離れたところに同じパターンを見つけるのが一番ハッピーな人間だからというのがあります。だからそういうのに当然向いている人がいるわけです。あっ、よく落ちるのだけれど、自分の理論で生物の世界も経済の世界も理解できると言っている人がいるけれど、そういう人は大体実体がないわけです。何が言いたいかというと、いまそれをグラフとかで説明できるとか言うともっともらしく聞こえるわけです。

でも生物も社会もみんな日本語で説明できるといっても誰も感心しないわけです。要するにグラフとかカテゴリーとかいってそれは新しいものだと思っているから、なんかもっともらしく言っているけれど、それは説明になってないわけです。それはグラフとかカテゴリーとかが説明するだけに十分に強い言葉だと言ってに過ぎない。逆に、違うってことを言わなければいけない。パターンが。なにが同じで何が違うかってこと。だからモデルの正当性とかをきちんと見抜けるというのが大事だと思う。

● 宮岡 礼子氏（東北大学大学院理学研究科教授）

ヒアリング対象者：宮岡礼子氏

役職名：東北大学大学院理学研究科教授

場所：福岡大学セミナーハウス

日時：2009年11月20日

ヒアリング調査員：佐伯修教授

① 現在の体制は、領域アドバイザー10人と総括1人。

〔選考〕

- 選考方針の検討
- 書類選考（1件を数人のアドバイザーが評価。採択件数の3倍程度にしぼり、面接。）
- 面接審査（質疑応答により、応募者の資質や意欲を見極める。）

【参考】

さきがけ1年目：169名の応募に対して12名の採択

さきがけ2年目：66名の応募に対して8名の採択

さきがけ3年目：73名の応募に対して12名の採択

CREST1年目：44件の応募に対して3件の採択

CREST2年目：30件の応募に対して5件の採択

〔領域会議への参加〕

● 年に2回（2月と8月）合宿形式の報告会、2泊3日。

● さきがけ：初年度は12名だったので全員が講演、2年目は20名に増えたので一期生はポスター発表。3期目は32名なので、研究発表は一人5分程度の予定で、半分の方はポスター発表。

〔メールリスト〕

● 日常的に何かあると事務局、採択者、アドバイザーの間で互いに送付。採択者への情報提供やアドバイス等。

②〔さきがけ〕

● 数学と他分野との連携融合を目指すプロジェクトなので、未知に挑む挑戦的、意欲的、斬新な企画を重要視。

● ポジション的に恵まれない人でも意欲を持つ若手の支援に力をおいている（地方大学の人等々）。

● 分野が偏らないようにする。

● 数学でも数学以外の方の人でも構わない。

〔CREST〕

● 適正な申請額。

● チームリーダーの実績。

● ブレークスルーを実現できる可能性

が高いこと。

③

- ブレークスルーにつながること。諸分野との協働でブレークスルーを目指し、たとえ純粋数学であっても従来とは異なる視点と、周囲を巻き込んで行くような取り組みである事を重視した。
- 奇抜なアイデア。さきがけの場合は将来性。
- ただし数学への「こじつけ」であるような他分野の申請は排除した。

④

- さきがけ 1 年目は当該事業の趣旨が浸透していなかった。申請者の中にはそれを理解せず、質が高くてもかなり「損」をした人が多かった。
- 時間が経つにつれ、趣旨がだんだん浸透していった一方、採用実績からか、さきがけ 3 年目は数学からの応募が減少し、物理等、他分野からの応募が目立つようになり、数学者からは残念という感想もでていた。実際は純粋数学部門の企画も採択されている。
- CREST については、特定課題調査対象（様子を見るための仮採択）というシステムがある。半年間に数百万円程度渡して、次年度申請に向けて準備をしてもらう。実際、それで採択に至ったチームもあった。JST に始めからそういうシステムがあった。

⑤

- いずれもよく練られた企画が多かったが、初年度は結果として、大きな大学所属者が多く採択され、さきがけ研究の趣旨（未知なものにかけて支援するという）にそぐわない面も多少見られた。
- さきがけ 2 年目で趣旨が浸透し、適正化された。
- CREST において、申請額が大きすぎ

るものがあった。

- とにかくいろいろな方がおられる。絶対に採択されるぞという意気込みの感じられる人、淡々とした人、等々。

⑥

- 純粋数学者がすぐに応用に手を出す事は不可能かもしれないが、他分野との連携、融合に関心を持ったり、共感をもったりする事は重要である。そのような理解が多少は得られつつあるという点で意義がある。数学サイドでない分野に対して、数学で出来る事を若手がアピールしていく事が重要である。
- 資金獲得の面で非常に良かった。
- さきがけの合宿形式の領域会議の成果が大きい。純粋も応用も、意外な所で役に立つことがわかり、新しい視点を得ることができた。こうした機会がもっと増えて欲しい。
- 純粋数学を、応用系或いは他分野の人が使う場合、数学的には非常に単純なことであることが多い。数学の知識が少しでもあればもっと高度なことができる。そうした意味で、他分野へ与えた良い影響が十分にあり、本事業の意義があったと言える。

⑦

- 医学、情報、金融経済、ロボット工学、環境、生命系、画像、皮膚の研究、海洋、気象、材料系等々、意外な所で数学が関係していることを再認識することができた。また、種々の分野から、数学領域へのニーズがたくさん寄せられている。そうした関係を再発見できたことは大きな成果の一つである。
- 数学はお金がかからない。費用対効果という面では、十分に大きな成果が得られたと考えて良い。
- ポジションがない、あるいは任期付ポジションの応募者もさきがけに採択さ

れたことにより、昇進や就職につながった人が多い。本事業が評価されていることの証明と考えることもできる。

- 数学者が、他分野への「シンパシー」を持つことができるようになった。(たとえば自分自身に関わらなくても、自分の弟子に関わらせる、等。) それだけでも、十分な成果があったと言える。
- 採択された方皆さんが、領域会議などを通して、とても仲良くなってきたのは、非常に良いことである。数学の人が、種々の他分野の人達とこうして交流できるのは、双方にとって良い刺激となり、とても良いことである。
- これまで、他分野の人が数学に期待する場合、その分野は計算機や情報関連分野に限られていた。本事業により、その範囲が大幅に広がり、数学の応用の可能性が大きく開けたことは大きな成果であったと言える。

⑧

- 継続、発展して欲しい。
- たとえば統計、環境、省エネ、高齢化に関わる問題の分野。
- 数学として社会のニーズに対応したものを進めるべき。JST が後押ししてくれれば、大学の理解も深まる。
- 数学・数理学に関連するさらなる研究領域の設定は必要である。

⑨

- 数学領域は JST として新しい試みであったわけだが、資金面では1件当たりの額が少ないという点から、採択件数についても JST が柔軟に対応してくれたのは良かった。
- 採択に当たって、資金計画も審査している。それにより、採択額が適正化されている。
- 運用面では、JST 事務局のアドバイス

が適切であり、自由に資金運用ができて良かった。

- CREST で助教を雇用することができるが、専念義務があり、教育に関わる業務を担当していただくことができない。大学のためというより、本人のためには、教育経験を積むことは必要である場合もある。この点、改善の余地があるのではないか。
- 大学のサポート体制が、大学によってまちまちであった。たとえば、採択された方の中には、そのような研究は数学ではない、と数学教室内で言われ、どうぞ勝手にやって下さいといった感じで、当初は教室内のサポートがほとんど得られないこともあった。間接経費の使い方についても、大学ごとにより異なっている。
- 実験系には資金を多めに配分したり、CREST チームのメンバーが分散している場合は旅費を多めに配分したりするなど、配慮した。それで運用上問題なかった。

⑩

- 総括が、採択された方が所属する部局の長に実際に会い、大学のサポートをお願いして回った。それにより、大学側が、サポートの重要性を認識してくれたこともあった。それでもサポート体制には大学間で差が大きかった。大学（あるいは専攻等の部局）のサポートをもう少し真剣に考えていただけたらより良かった。
- 科学研究において、基礎をおろそかにすることは良くない。足元から崩れてしまう。基礎を押さえた上で応用にも目を向けるべきである。文科省はそういうことにも目を向けて欲しい。

● 長井 英生氏（大阪大学大学院基礎工学研究科 教授、大阪大学金融・保険センター
— センター長）

ヒアリング対象者：長井英生氏

役職名：大阪大学大学院基礎工学研究科
教授、大阪大学金融・保険センター
センター長

場所：大阪大学 豊中キャンパス内
基礎工学研究科 I 棟 202 号室
金融・保険センター長室

日時：2009 年 12 月 11 日 15:00~15:50

ヒアリング調査員： 谷口説男教授

① まずは書類選考がある。それぞれの申請に、すべてコメントをつけることになる。選考の観点は、募集時に指定されたものがあり、それに則って審査する。募集要項にあるように、さきがけに関しては

- a. 戦略目標の達成に貢献するものであること
 - b. 研究領域の趣旨に合致したものであること
 - c. 提案者自身の着想であること(さきがけは若手の研究者が多いので)
 - d. 独創性を有していること
 - e. 研究構想の実現に必要な手掛かりが得られていること。
 - f. 今後の科学技術に大きなインパクト（新技術の創出、重要問題の解決等）を与える可能性を有していること。
 - g. 研究が適切な実施規模であること
- という審査の観点があり、CREST にかんしては、上の a、b に加え
- c. 先導的・独創的であり国際的に高く評価される基礎研究であって、今後の科学技術に大きなインパクトを与え得ること
 - d. 革新的技術シーズの創出に貢献し、

新産業の創出への手掛かりが期待できること

- e. 研究代表者は、研究遂行のための研究実績と、研究チーム全体についての責任能力を有していること
- f. 最適な研究実施体制であること。研究代表者の研究室以外の主たる共同研究者等は研究代表者の研究構想を実現するために必要であること
- g. 研究代表者および主たる共同研究者が所属する研究機関は当該研究分野に関する研究開発力等の技術基盤を有していること
- h. 研究代表者の研究構想を実現する上で適切な研究費計画であること。研究のコスト パフォーマンスが考慮されていること

が審査の観点である。書類選考後面接対象者を選考する。面接には領域アドバイザーも参加し、質疑・コメントを行った上採点を行う。これが選考に関する重要なものである。

さきがけについては、年 2 回領域会議があり、さきがけ研究者が研究の進捗状況の報告する。アドバイザーは、適宜質問、コメント、アドバイスをを行うが、評価は行わない。会議はクローズドであり、内容は外には発表しない。中には特許に関わる場合もあるからである。初年度はさきがけ研究者全員が発表した。直近の領域会議では、一部はポスターセッションを行い、新規採用のさきがけ研究者のみが講演を行った。

また、CREST の場合は、額が多いので、採択時に研究組織の編成へのコメントも行っている。さきがけは個人研究であるが、CREST はチーム研究なのでそのチー

ム編成についてもコメントする。はじめに、キックオフミーティングで研究の方針についての説明を受けている。総括はさらに深くコミットしているようだが、アドバイザーは研究チーム組織までのコミットで終わっている。CRESTはまだ始まったばかりでもあり、研究期間中のアドバイザーの役務についてはまだ経験していないのでコメントできない。

領域アドバイザーは、応募者が応募を考える段階でもアドバイスをを行っている。働きかけてチームを組むことを勧めたりもしている。また、面接時にも、関連する研究者の推薦、紹介等についてのサジェスションも行っている。

② 一般の方針は、上述の通りである。

③ JST のプロジェクトとしては、数学が採用されるのは初めてであり、他の領域とは性格が異なるようである。領域テーマは、数学と諸分野の協働による、ブレークスルーの探索ということで、具体的な現象に基づいて、解明すべき問題があつて、それを解析する数学的手法を研究するというものであるが、重視していることは、現象に密着した問題を取り扱っていても、「どこに数学があるか?」「大事な数学がどこかに見えているか?」ということである。ただ現象を説明するだけでなく、「数学を通じて見えなかったものが見えて、問題が解明されるか」という点を重視している。

④ さきがけに関しては、3年たったので若干傾向があるかと思う。初年度には既にエスタブリッシュした研究者がかなり入っていた。それ以外には特別に気がついた印象はない。

CRESTは2年目である。1年目はぐっと絞った採択になっている。

⑤ 領域アドバイザー、総括をあわせても人数がそれほど多くない。一方、数学

全体で一つの領域になっていてカバーする範囲が広いと、選考時に利害関係者を除くと、専門の近い人が選考時にいないことがおきる。専門を外れた方だけで選考を行う場合も起こり、公平さということではよいが、選考の難しさはあつたのではないかと思う。

選考の過程でアドバイザーにとって勉強になることも多々あつた。

⑥ このような研究資金を運営してよかつたと思つている。科研費ではできないようなことができる、一つの路線ではなく複数の路線があるということが、それだけでもよいと思う。研究者のタイプとしても、科研費にあうタイプと、このような戦略的資金にあうタイプがあると思う。

CREST/さきがけには、科研費研究にはない点、フィードバックがある、総括やアドバイザーとのやり取りがあるということは重要である。とくにさきがけは半年に一度領域会議での報告がある。負担は大きい、人間的なやり取りがあり、大切な役割を果たしている。さきがけ研究者同士の交流、総括・アドバイザーとの交流などがある。総括が、領域全体で研究を推し進めようと努めている。来年度は、領域として数理解析研究所の短期共同研究に応募し、CREST/さきがけ研究者による研究集会を開催する予定である。ここではオープンに成果を発表する予定である。

スクール活動も行っており、来年度はファイナンスをキーワードとするCREST/さきがけ研究者によるスクールを開く予定と聞いている。

科研費と比較すると、研究領域を育てるという、人間的な研究資金となっている。

⑦ 既に上がっている成果の例としては、

新井氏の錯視に関する著作などを挙げる
ことができる。さきがけの資金で、研究
が進んだと新井氏は述べている。数学領
域全体にわたっての成否を問うのはもう
少し時間がたってからであろう。現時点
ではいくつかの例を述べるができる
という程度であろう。

⑧ 数学全体で一つという現在の領域を、
狭い領域に限って行うことは可能であろ
う。しかし、領域の規模などを形式的に
設定するのは必ずしも適切ではなく、大
きなグループのある場合もあれば、小
きなグループがいくつか収まればよい場
合などもあってよく、適宜、規模を考
慮する必要はある。

領域の設定は難しい。誰が総括をする
のか、どのように立ち上げるのか、と
いうのは難しいであろう。テーマも、
今回の CREST/さきがけで参考になるもの
も出て来るであろう。数学の場合、対
象、方法という二つの観点があり、今
後の進行状況を見ながら考えるのがよ
いであろう。

⑨ 研究資金額は、JST と研究者の間の

問題であり、採択時の妥当性の検討を
除けば、アドバイザーは運用にはコミ
ットしていない。人件費の配分が数学
の場合多くなりがちであるから、他分
野よりも人件費の配分が多くなるよ
うに変更できてもよいのかもしれない。

額で困っているという話は聞かない。
使い方の問題についての難しさの話
を聞いている。多くの問題は、JST
でなく、大学の問題であろう。間
接経費を大学にオーバーヘッドされ
るため事務経費などを確保できない
場合の問題が大きい。

⑩ 今のところ、西浦総括やメー
リングリストを通じて積極的に参加
されるアドバイザーなどの努力によ
ってうまく運営できている。領域
会議の日程調整が難しいという問
題があるが、現時点では改良点は
特に思いつかない。総括の負担は
非常に大きいので、数学で、新た
に、さらなる領域を設定して行
う場合、総括を担当される方は
このことをよく認識しておく必
要があるであろう。どの領域も
総括の比重は非常に重いと聞
いている。

● 津田 一郎氏（北海道大学数学研究連携センター センター長、北海道大学電子科学研究所 教授）

ヒアリング対象者：津田一郎氏

役職名：北海道大学数学研究連携セン
ター センター長、北海道大学電子科
学研究所 教授

場所：北海道大学電子科学研究所 5 階
津田一郎教授室

日時：2009 年 12 月 9 日 14：10～15：00

ヒアリング調査員：谷口説男教授

①、②、③ 数学の CREST/さきがけは
初めてなので、大きく網をかけたという

ところがある。張り切っているところ
もあり、このタイプの戦略的競争資
金のひな形を作るという意気込みも
ある。純粹数学研究者も、応用数
学研究者も、他分野の数学愛好家
も、他分野で数学者と一緒に研究
したいという人にも、応募して欲
しいというような欲張った領域設
定になっている。このため審査は
大変であり、よい人を落としている
可能性、もしくは領域の意義をよ
く考えていない人を採択している
可能性もある。宣伝不足もある

が、今後も領域の意義を広く伝える努力をしていかねばならないであろう。

極力そのようなことがないように努力しているが、優秀だということで採択に至った人もいるかもしれない。JST のプロジェクトを科研費と余り違わないと思って応募している人もいると思う。しかしそれは違う。科研費は競争的資金ではあるが基礎的なところをカバーするものであり、研究者にとって空気や水のようなものである。それだけでは栄養失調になるから、パンにあたるものが必要であり、それがこの JST のプロジェクトであると思っている。応募してくる人は、このプロジェクトの意義をしっかりと考えて出してこない、採択後にミスマッチが起きてしまうことになる。西浦総括はこの点に関してはシビアであるので、難しいものがあると思われる。

数学のもつ潜在的な力を日本の科学者は最大限掘り起こしていないのではないかと思う。数学者もそうかもしれない。それは、色んな分野との相互作用にあると思っている。文部科学省はよく異分野融合という言葉を使うが、堅牢な構造をもつ数学には容易ではない。本当に融合した分野で新しいことができるためには非常に長い時間がかかってしまう。たとえば、数学と物理が融合して数理物理が出来上がるまでに何十年もかかっている。むしろ、化学反応のような相互作用というのが適切であろう。異なる分子が衝突して新しい分子ができる、すなわち新分野が創出されるというようなイメージが数学には適切である。当然、もとの分子が消えてなくなるわけではなく、もとの分子もエキサイテッド・状態になればこのような相互作用は起きない。

このような相互作用をコーディネートする人、コーディネートする組織、政策

を含めて仕組み・仕掛けに欠けていた。コーディネートできる人材育成がなされていないということが非常に大きい。これまでの異分野融合は、個別事例であり、個人プレーが中心である。それでは長続きしない。大学教育の強みを生かし、数学の基礎教育はしっかりと行った上で、他分野の研究者と渡り合えるような数学者の卵を育てる必要がある。

JST のこのプロジェクトは、大学に先駆けて、スモール・スクールとして、上の人材育成を遂行するものとなっている。西浦校長の下、領域アドバイザーが教師とまではいかないまでも臨時雇いのアドバイザーとして、若手の有力な研究者が集まってきているというのが「さきがけ」のよいところである。上に比してアドバンスではあるが、さきがけで上述の大学教育の果たすべき働きがなされれば、大学に戻ったさきがけ研究者を通じて次世代の学生が育ってくるであろう。

CREST は、業績のある人達が本当の意味で共同研究を行うものである。数学者がヘッドになっているところは周りに他分野研究者を集めて貰っている。現在多くのチームがこの形態を取っている。小谷元子氏とも話したのだが、この形態は非常に重要である。他分野研究者がヘッドであるチームにはできるだけ数学者が入るようにアドバイスしている。が、数学のプロジェクトであるから、数学者がヘッドになって他分野を引っ張る形態が好ましい。

九州大学が数学と産業の間のルートを作ろうとしていることへの理念はよいと思っている。同じことを他分野でできないか考えた。それがこの JST プロジェクトでもある。若い人の他分野へのキャリアパスを、新しいタイプの数学者としてのキャリアパスを確立できる。

④、⑤ 2年目は期待していたほど数学者研究者の応募がなかった。割合から見ると、周辺分野研究者の応募が多かった。さきがけは顕著で、非線形物理関係が非常に多かった。1年目の採択状況を見てそのようになったのかもしれないが、1年目も分野で採択したわけではない。実際、さきがけは、個人の力、意欲、領域趣旨の理解を審査の基準にしている。

昨年、物理関係の極めて優秀な人達の応募があったが、物理のプロポーザルであったので採択はしなかった。初年度は、このような趣旨を理解していない応募が多かった。2年目は若干そのような応募は減少し、比較的趣旨を理解した応募が増えた。しかし、1年目の採択状況を見て、自分たちも、という感じで出しているものが、とくにさきがけには多かった。CRESTはチームを作って応募するのでそのようなものは少なかった。1年目には物理系の応募が多かったが、すべて落ちた。

⑥ 数学者が中心となって行うプロジェクトはこれまででなかった。少なくとも、システムティックには行われていない。数学者がアイデアを持って他分野の人が協力するという体制が、遠目に見て今のところうまくいっているように見受けられる。これは重要であり、プロジェクトを遂行してよかったといえる。数学者の発案で動くプログラムが遂に始まった。これは画期的であり、継続しなければならない。CRESTに関しては現在の形態を継続すべきである。この継続により、ようやく、アメリカ、ヨーロッパの応用数学のレベルに近づくのではないかと思う。

日本では、純粋数学から見て応用数学のレベルが低いといわれがちだが、他分野から見れば応用数学は広すぎる。欧米風に、工学部で数理科学を利用している

人、数理物理研究者もすべて応用数学者に含めてしまえば、日本の応用数学のレベルは高いといえる。しかし、純粋数学者はそのように見ていない。それは、逆に純粋数学者の責任である。応用数学の分野を育てる意識、応用数学に資金・人材を投入することが必要である。数学科に入学した学生が応用数学に興味を持つ機会は非常に少ない。実際、数学のテリトリーの中にいる応用数学者の数が少ない。アメリカと比べれば倍近く違う。そういう点での底上げという意味も、このJSTプロジェクトにはある。数学会の中からはできないことを、JSTプロジェクトという外からの力で遂行することになる。数学会とは独立した組織で数学者を育てるということが機能し始めている。

⑦ 他分野への若い人のキャリアパスの確立ができているか、それができつつあるかというのもまた、本プロジェクトの評価基準となるであろう。

成否については、長い目で見なければならぬ。本プロジェクト立ち上げに際し、文科省の大竹氏の多大なる尽力があった。JST北沢理事長から電話で「数学で大丈夫か」という打診もあった。CRESTまでは想定していなかったようであるが、大竹氏と北沢理事長の英断でさきがけもCRESTも実行されることになった。モデレートな判断をして貰い、予算規模も他の領域よりは小規模の数学にとって適正なものを設定できた。大竹氏が、設立の経緯、目指すところについて、さらに成果主義を取らないということを書き残してくれた。これは非常に重要なことである。なぜなら、成果主義は理論家には馴染まないからである。

モデレートな予算額、数学者中心、過度の成果主義ではないということで、逆にしっかりとした成果が上がると期待し

ている。今のところ順調に進んでいると感じている。小谷グループは特許の絡みもあり、成果報告を控えているが、上手くいっているようである。物質系の人達の協働はうまく動いている。今年のCRESTはまだ何ともいえないが、昨年度のものは、日比グループは情報系の人材が配置されており、また、小林グループも粘菌、ロボットの研究者を交え、いずれも非常に興味深い研究が進んでおり、ある程度期待通りであるといえる。この意味で1年目は期待通りである。

⑧ 資金的には小振りでよいから、現在のプロジェクトからいくつかのサブテーマを選んでそれぞれ独立したCRESTなどを一度作ってみるのがよいと思う。「数学とこれこれ」、「数学と生物」、「数学と遺伝子」のようなもの、数理生物学のようなものが頭に浮かぶ。サブテーマで拮据して、その後また全体で、というような形で進めばよいと思う。一度焦点を絞って、そこを突破するという形がよいであろう。西浦プロジェクトでも画期的なブレークスルーは出て来ると思うが、出てきてない分野でもやればよいと思う。現在のテーマでうまくいっているもので次の領域を設定するのもよいと思う。

⑨ 資金は数学にとっては妥当な額である。他分野に比べれば規模は小さいが、

他分野からのチーム研究者は他の資金も取得しているので、数学のCRESTにさほど依存していない。数学研究には、研究集会の開催、旅費に加え、研究支援要員の雇用、ポスドクの雇用などと後はコンピュータ設備などが用意できれば十分であり、実験系の大きな装置一つにも満たないかもしれない。小谷チームについても、実験系メンバーから、自分たちの実験経費は別予算があるので心配いらない、数学のCRESTからは、むしろディスカッションの場の設定、出張旅費、招聘旅費の補助が望ましいという発言があったと聞いている。どのチームも上手くバランスがとれて、上手く資金が運用されているようである。資金の使い方のよいモデルケースになると思う。

⑩ 数学が主体となるチーム構成が望ましい。数学研究者が助力をするのではなく、アイデアを持ってリーダーシップを発揮できる体制が必要である。数学系で雇用したポスドクなどを物質系、生物系の実践的な問題解決に参加させることが大事である。これにより新しい雇用も生まれる可能性もある。

【CREST 代表・分担者】

● 小谷 元子氏（東北大学 理学研究科 教授）

CREST 「離散幾何学から提案する新物質創成・物性発現の解明」代表者

ヒアリング対象者：小谷 元子氏

役職名：東北大学 理学研究科 教授

CREST 「離散幾何学から提案する新物質創成・物性発現の解明」代表者

場所：東北大学理学研究科数学専攻

日時：2009年11月24日 14:15～15:00

ヒアリング調査員：金子昌信教授

① 我々は材料科学と数学がチームを組んで、タイトルの「新物質創成・物性発現の解明」を目指している。材料科学は日本、特に東北大学が強い研究分野であるが、経験科学、職人芸的な側面がまだ強い。そのような基盤に、数理的な視点を入れることで、包括的な、見通しのよい研究の可能性を見出すことが目標の一つである。昨今の技術の発展によってナノスケールで実験が出来るようになっており、数学に対するニーズが高まっているし数学でやれることがあると思われる。また、実験に巨額な経費がかかるようになって来ているので、複雑で経費がかかる実験を、理論で先に進めることができれば、資源の節約、効率化につながる。提案研究のキーワードはマイクロからメゾ、メゾからマクロ、という階層間のつながりを理解すること。スケール変換による現象の解析は数学が得意とすることなので、数学のアイデアを活かせる可能性がある。このキーワードにそった具体的な4つの課題を通して材料科学に数学が貢献することが当面の目標であるが、さらに長期的には、数学（離散幾何）の深化、展開、新しい展開のきっかけにしたい。数学が他分野に貢献するだけでなく、向こうからの刺激を受けて新しい深化がもたらされる事を望んでいる。

② 実験系の人と組んでみると、数学とは大分違う面がある。実験系では主任研究者を中心とした研究室がチームで動いている。所属する研究員の研究は必ず主任研究者の監督の下に行われ、数学のように個々の研究者が並列に自由な研究をしているスタイルとは異なる印象である。CRESTの提案の構造は、そのような実験系研究室を念頭において作られており、数学に合わないところもある。ただし、今回は数学領域ということ、また総括が

数学者であることから、数学者が使いやすいように申請書・計画書を書くことが許された。いくつか細かい不自由もある。例えば、CRESTからの連絡は、実験グループは主たる共同研究者からの情報伝達もうまく機能しているが、数学グループではそのような伝達システムがなく、個々の研究者に代表である自分が伝える必要がある。CRESTからの情報発信を共同研究者と申請した研究者以外にもいただけるとありがたい。

資金面については、東北大学では予算管理が部局単位のため、部局を越えての管理には難しいところもある。

CRESTの予算は本来科研費よりも研究者にとって使いやすく工夫されている。年度繰り越しや複数年度契約も自由、また、数学領域総括に相談することで、研究計画を柔軟に変更できるような感触をもっている。しかしCREST大学と委託契約の形式に最近変わったために、大学のルールにしばられて本来の柔軟性をフルに活用できないこともある。

③ ポスドクを数学で数名雇い、4つのテーマに沿った具体的な課題を与えている。課題解決型プロジェクトであるので、自由な研究というスタイルではなく、ディスカッションを頻繁に行っている。各テーマで実験系と数学系でペアを作り、そこでの議論を数学系ポスドクが自分に報告し、次の方向を指示する。また月二回クレストセミナーをチーム全体で行い、そのうちの半分はテーマに関するチュートリアル、残りの半分は外部の講師に講演してもらっている。グループ全員の集まりも二ヶ月に一回を目標にやろうとしている。

始まったばかりだが、今のところはポスドクを中心にうまく回っている。しかし実験系の人は一般的に数学の証明には

あまり興味がないので、「言葉が通じる」ようになるにはもう少し時間がかかるだろう。

④ 一番有り難いのは、数学と他分野融合について、数学が主導となる形でプロジェクトができたこと。これがなければ我々の共同は実現しなかった。(お互いに興味を惹かれても、なかなか共同研究の実現には至らない。しかし CREST でプロジェクトを開始したことで、共同研究が開始し、またその研究計画遂行を着実にこなすことになる。異分野融合はインセンティブがないとなかなか進まないのではないか。)

ポスドクは学振ポスドクと同様の労働条件にしている。また CREST-RA 経費(博士課程学生のための。年間 180 万円)もついてくる。CREST チームが応募できると国際研究集会や国際共同研究などの特別予算枠もある。

波及効果という点では、昨今は競争的資金獲得によって研究のアクティビティを測られることが多く、数学が他分野の研究に貢献できる可能性をアピールできた。新聞などのマスメディアにも、数学から提案する新物質ということで何度か取り上げられた。

⑤ CREST に数学領域が設定されたことで数学の visibility が向上した。他分野の研究者にも注目してもらえる。領域という塊があるために、予算や研究計画に自由が確保されている。また、数学領域全体のメーリングリストや、チーム全員が集まるキックオフミーティングなどもあり、情報交換の機会も多い。担当の方(JST の)と予算等について相談することができる。我々はホームページ

を作っているが、領域のホームページがあり、それを活用することもできる。

その他

繰り返しになるが、CREST のようなプロジェクト形式の予算があることは融合研究を進める上では非常に効果的。また、その時、「数学者が主体となって」ということが重要である。

実験系の人との共同研究に進展の芽を見出すのが、今回の領域の目標であるが、芽がでたものを延ばすためには、これに続く競争的資金が必要であると思う。5 年間でやっと言葉が通じるようになる。続きを本格的に共同研究としてやるためには今の予算規模では難しいだろう。飛躍を期待するのであれば、10 年物などの長期的なプロジェクトがあればよいと思う。

融合研究に若い人を参画させる場合に、もっとも大きな障害はキャリアパスである。2つの分野の接点となる研究の場合、それぞれの分野での研究としては弱く見える場合もあるし、成果発表する出版誌もお互いに馴染みがないところになりがち。そのような業績でポジションを得ることは中々難しい。新興分野の研究に若い研究者が参画しなくては意味がないが、新興分野の研究はそもそもリスクをかけて挑戦しているわけであるし、2倍・3倍の基礎知識獲得が必要となる。そのようなことを踏まえての業績の評価やインセンティブとなるキャリアパスを設けないと、若い人にはなかなか勧められない。

● **小林 亮氏** (広島大学大学院理学研究科 教授)

CREST 「生物ロコモーションに学ぶ大自由度システム制御の新展開」 代表

ヒアリング対象者: 小林亮氏

役職名: 広島大学大学院理学研究科・教授、CREST 「生物ロコモーションに学ぶ大自由度システム制御の新展開」 代表

場所: 広島大学理学部棟
(東広島キャンパス)

日時: 2009年12月7日

ヒアリング調査員: 栄伸一郎教授

① 自律分散制御の設計原理の確立、数学の記述としてのロボット(身体性を持った数理モデル、不確定な外部環境と相互作用する非線形力学系)。上記理論に基づいた、不確定な環境の中を生物のようにしなやかにタフに動くことのできるロボットの製作。

② 広島大の問題点: CREST の事務員は間接経費でしか雇えないが、間接経費は来年度から大学や部局が管理する率がかなり高くなりそうなので、事務員の雇用が保てなくなる可能性がある(大学や部局との交渉の余地は残っているので絶対に保てないとは断言できないが)。部局からのサポートとしては、実験用の部屋を一つ確保

できたこと。他には特にない。

③ 生物の実験とモデリング、生物運動の制御則の抽出、それを元にしたロボットの設計・製作。ほぼ月1回のペースで3研究室合同の定例ミーティングを行っている。必要に応じてテーマごとのミニミーティングもある。相互に学生や若手研究者を送り込んで、モデリング技法、シミュレーション技術、生物実験技術、ロボット製作技術などを相互に教えあっている。

④ ロボット製作のための設備が充実した(3Dプリンタなど)。ポストク雇用、CREST 専従学生で戦力が確実にアップした。ミーティングを定期的に開くこと(学生も含めて)が可能になった。

⑤ 科研費は分野が固定的なので、このような3分野が対等な関係で融合するようなチャレンジングなものは出しにくい。今回の数学 CREST のテーマは、まさしく我々がやろうとしていることのためにあるようなテーマであった。我々の研究は目標とアウトプットがはっきりしているので、プロジェクト研究になじみやすい。

● **野呂 正行氏** (神戸大学 理学部数学科 教授)

CREST 「現代の産業社会とグレブナー基底の調和」 分担者

ヒアリング対象者: 野呂正行氏

役職名: 神戸大学 理学部数学科 教授
CREST 「現代の産業社会とグレブナー基底の調和」 分担者

場所: 神戸大学理学部数学教室

日時: 2009年12月8日 10:15~11:00

ヒアリング調査員: 金子昌信教授

① 自分が担当しているのは計算系グループの中の、ソフトウェアを作る部分。何らかの意味でテーマに沿ったことを目指さねばならないと思っている。ここまでする計算できるということ、ここまでする計算できないということを示す両方が重要。

統計への応用を目指した計算など。何がブレークスルーかは正直よく分からない部分があるが、これまで出来なかったことが出来るようになる可能性はある。

② まだ始まって間もないのでよく分からない。お金の使い方については、監査などは科研費などに比べて一般的に厳しい。ポストドクを一人フルタイムで雇っていて、それは有り難い。とりあえず問題点は今のところ発生していない。

③ 統計を他分野と呼ぶならば、スクールの開催、勉強会、会いにいって話を聞く、等、まだ共同研究までには至ってない。

④ 個人的には、テーマが重たいとは感じるが、逆にやりやすくなつた。ずっとマイナーなことを地味にやっているつ

もりであった。それが大きくぶちあげられて、オーソライズされた気がする。責任も大きい、意識としては気合いが入ったという面がある。

ポストドクを雇えたのも大きい。

⑤ 分からない（代表者に聞いてもらいたい）。

その他

前のクレスト（穴井プロジェクト）の経験もあるが、どちらも分担で割と気楽にやっけてこられている。クレストのキックオフミーティングで色々な研究総括やアドバイザーに、Risa/Asir よりももっと良いものを作って下さいと言われた。何かやらないといけませんが、Knoppix プロジェクトでやっている仮想マシンは生かせる。

● 尾畑 伸明氏（東北大学 情報科学研究科 教授）

CREAST 「離散幾何学から提案する新物質創成・物性発現の解明」分担者

ヒアリング対象者：尾畑伸明氏

役職名：東北大学 情報科学研究科 教授

CREAST 「離散幾何学から提案する新物質創成・物性発現の解明」分担者

場所：東北大学理学研究科数学専攻

日時：2009年11月24日 15:00～16:00

ヒアリング調査員：金子昌信教授

① 研究面では、ダイヤモンドの結晶格子の理論研究から、本当に新しい物質を合成する。物を作ってみせる、というのがインパクト。もう一つ興味深いのは「相分離」の様子を観察する技術が進んで、実際に観察してみるとこれまでの理論では説明できない。そこに新しい数学モデルを作ることが出来れば非常に面白い。

これまで付き合ったことのない研究者

と一緒にやってみる、ということにも意義がある。

② 経理が一元化されてない。部局毎に会計を閉じなければならず、部局毎のローカルルールが違ってやりにくい。

一つの所に集まって研究者がいない（違うキャンパスに分散している）ことはやはりマイナス。たまにしか会わないのと、常に近くにいてつまらないことでも話が出来るというのは違う。

お金をとってきて若手研究者を雇用しても、若手の居場所がない（スペースがない）。大学もそこまではサポートしてくれない。

資金の使い道が結構厳しく限定される。科研費より厳しい感じ。年に二回報告書を出さないといけない。計画書通りに使っているかということ科研費よりは厳

しくチェックされる。

③ 定期的にセミナーをやって顔を合わせる努力をしている。あと、初めて聞くような話が多いので、勉強会をやっている。若いポストドク中心に論文紹介など。

④ CREST やさきがけを統括する領域会議があるが、そういう機会を通して、他大学でどういうことが進行しているとか、数学を基軸とした広がりの方性とか、overview を知る機会が増えたことはメリット。

若手研究者をよい待遇で雇用できていることも重要。

学内的に、大きな研究費を取っているところが目立つ中で、個人研究が主である数学は埋没しがちであるが、CREST という名前があると大きいということはある。

数学という名前がついた課題が走っているとすることで、将来的に数学によいことがあるなら、波及効果と言えるだろう。

⑤ 研究資金は受け取る側からすればどれも同じという気がする。ただ出す側からして、これまで「科学技術」にお金を出してきた JST から見て、数学という分野にお金を出していいということになったのなら、こちらもそれに応えていくことで相互作用が生まれ将来に対する意義があるのかと思う。

その他

この CREST の母体となったとも言える、「応用数学連携フォーラム」の活動について

「応用数学連携フォーラム」は 2007 年 9 月に発足。丁度その時分、有名な「忘れられた科学」の報告があり、それを承けて色々な人と議論する中で、数学以外の多くの人が実際は数学を使っているにもかかわらずお互いによく知らない、と

いうことから、学内のネットワークを作るようなことを模索する中で出来た。自分が代表、小谷さんが副代表。2007 年 9 月に第一回のワークショップを行った。学内の経済、医工連携の人（医学部と工学部の狭間にあるような人）、金属材料研究所の人などが集まった。主に学内の数学のネットワークを作ることをメインとする（学外を排除するわけではないが）。

2 年経って、それなりの広がりが出てきている。ワークショップも 9 回を数える。生物生命系の話は聴衆も多く、潜在的なニーズもあるようだ。

運営はボランティアベース。国際高等研究教育機構という所（金属材料研究所が中心となって作られた、学際、融合を標榜するセンター）に事務局をおいている（2008 年 4 月より）。助教一人、総長裁量経費でつけてもらっている。運営のお金は機構のわずかな分の他は主要メンバーの科研費等。近未来的には資金的な裏付けをもったしっかりした組織にしたと思う。

国際高等研究教育機構の中に教育院という教育部門があり、大学院生を取る。数学の基礎の講義科目を提供。数学とは限らずもう少し幅広い分野の人を対象とする。この教育院は学内ではエリートコース、選抜は厳しい。

活動はワークショップの他、Web ページで情報発信。CREST の分担者もこのフォーラムに参加されていて、それが共同研究に発展している。他にも半導体デバイスの人とか、共同研究の芽がいくつかありそうである。将来的には、東北大が力を入れている生命科学の分野、例えば数学出身の医学部の先生がいるが、そういう方面とのコラボレーションが生まれるとよいと考えている。

東北大は大学規模の割には数学出身者

が少ない。またその活動が全学的に見えない。もう少しアピールしてもよいのではないか。学内の色々な人で数学に興味を持っている人たちの間の「糊」の役割を果たしていければよいのではないか。

若手研究者にどうやって働きかけるか、は課題。若い人は複数にまたがる研究をしていると、中途半端になってどちらの人からも評価されないという危険がある。そうなるのはキャリアパスが切れてしま

うので、そのへんのやりくりというか、理想通りには行かない面がある。

学内の数学ネットワークづくりが出发点であったが、学内だけでやっている煮詰まってしまう危険性がある。数学と他分野の協働を先導している北大数学連携センター、明治先端数理科学インスティテュート、あるいは九大数理学研究院など学外組織との連携を深めてゆきたい。

【さきがけ研究者】

● 新井 仁之氏（東京大学大学院数理科学研究科 教授）

さきがけ「ウェーブレットフレームを用いた視覚の数理モデル」

ヒアリング対象者：新井仁之氏

役職名：東京大学大学院数理科学研究科

教授、さきがけ「ウェーブレットフレームを用いた視覚の数理モデル」代表

場所：東京大学数理科学研究科 野口研究室（駒場数理棟 463号室）

日時：2010年1月8日

ヒアリング調査員：野口潤次郎教授、関口英子准教授

① 視覚のメカニズムの解明は今世紀に残された科学上の非常に重要な研究テーマの一つである。視覚の各機能が脳のどの領野で起こっているかは、これまでにfMRIなどを用いてさまざまな研究が行われてきた。しかしその領野でどのような情報処理が行われているのかは未知の部分が多く、その解明は種々の観点から重要な研究課題である。新井教授はこの課題に先端的な数学を用いた新しい独自のアプローチで研究を進めている。その際に着目した現象が錯視である。錯視とは視覚系が引き起こす錯覚のことである。本研究では、視覚の数理モデルの構築を

目的としているが、もし設計した視覚の数理モデルが適切であれば、それを実装した計算機も人と同様に錯視を生み出すはずである。新井教授はまず大脳皮質のV1野の非線形数理モデルをウェーブレット・フレームを使って作成し、V1野で起こると考えられる錯視発生のコンピュータ・シミュレーションに成功した。これにより錯視の数学的解析を行った。また、新しいフレームレットの一種である「かざぐるまフレームレット」を開発し、それをもとにV4野での視覚情報処理の研究も進めている。さらに色の知覚の研究も進めている。新井教授は視覚と錯視の研究に数学（解析）的方法を本格的に導入することにより、視覚科学におけるブレークスルーを目指している。この研究は、心理学などの錯視の研究者からも大いに期待されている。

② 特になし。

③ 日本視覚学会での口頭発表、日本応用数理学会での総合講演、論文発表、可視化情報学会からの依頼論文の発表などを行うほか、脳科学の研究所での談話会、

錯覚科学の研究集会などの会議などに招かれ研究発表を行い、さまざまな分野の研究者と交流してきた。また錯視を研究している知覚心理学者とは特に密に学術的交流を行っている。

④ 数学以外の分野では、さきがけに採択されることが若手研究者の登竜門とされていることが多い。このため、さきがけに採択されていることにより、他分野の研究者から初対面でも、ある種の信頼を得られたように感じられ、また最初から関心をもって研究成果に耳を傾けてもらえた。

次の項目とも関連するが、分光測色計、ワークステーション、高性能のプロジェクター、カラープリンタなど研究に必要な高額な機器を自由に購入することができ、これにより研究を円滑に進めることが可能となった。また、研究発表用のカラー資料冊子も作成・印刷することができ、他分野の研究者との円滑な研究討論、研究成果の社会への発信を促進することが可能となった。

⑤ 他の研究資金との大きな、そして特徴的な違いは「領域会議」が設けられていることである。領域会議は年に2回、さきがけ研究者と領域総括、さきがけア

ドバイザーが集まって行われる完全にクローズドな集まりである。ここでさきがけ研究者は研究成果を発表し、これに対してアドバイザーからアドバイスを受けることができる。また数学のさまざまな応用をしている他のさきがけ研究者の講演も聴くことができる。講演時間外には、さきがけ研究者どうしの交流や研究討論も行われる。これは科研費にはない利点である。

また、研究が急に進展したり、方向修正をした際に、それに柔軟に対応した研究費の使い方ができる。

今年度で数学領域のさきがけの募集は終了したが、今後も応用数学関係のさきがけが何らかの形で新たに続くことが望ましい。応用数学ではさまざまな分野の情報を知ることが必要であるが、さきがけでは、領域会議のほかにはさきがけシンポジウムならびにさきがけ数学塾など、他分野の研究者との交流の場もあり、研究者にとってたいへん恵まれた環境が形成されてきている。そのため、さきがけをこれで終えるのではなく、このような土壌を活かし、さらに後続のさきがけプロジェクトが開始されることが切に希望される。

● 小磯 深幸氏（奈良女子大学理学部数学科 教授）

さきがけ「幾何学的変分問題の解の大域解析とその応用」

ヒアリング対象者：小磯深幸氏
役職名：奈良女子大学理学部数学科教授、
さきがけ「幾何学的変分問題の解の大域解析とその応用」代表
場所：奈良女子大学理学部
日時：2009年12月22日
ヒアリング調査員：白井朋之教授

① 「数学と諸分野の協働によるブレークスルーの探索」により目指しているものは他分野との双方向的な発展である。具体的には以下の2つである。(i) 幾何学的変分問題にあらわれる自身の研究の数学的に困難な点を、実際の物質の実験などにより知見を得ることでブレークスルーできないか？(ii) 物理や化学の実験的に

観測もしくは予想されていることを数学的に裏付けたり、理論的に新しい可能性を見いだして他分野への貢献をする。例えば、フラレン(C60)のように数学的に存在が予言されて、その後具体的に物質が見つかったのはよい例であろう。

② さきがけには2008年10月から3年半の期間で「幾何学的変分問題の解の大域解析とその応用」という研究課題で参画している。さきがけへ応募したきっかけは、応募時期に一般相対論(ブラックホール・ストリング)や、液晶(ソフトマター)などの他分野の研究者から自分の研究への問い合わせがあり、さきがけの「数学と諸分野の協働によるブレークスルーの探索」という領域のテーマに大きな可能性を感じたためである。また、さきがけに比べて Crest は小さい大学で応募するのは難しいことも一つの理由である。予算は各年1000万円程度の規模で行なっている。他分野の方にはなかなか理解しにくい点であるが、数学において重要なことは人との交流で、特に海外の研究者とEメールではなく実際に会って話をすることは必要不可欠である。研究分野を越えての研究ならばなおさらのことである。研究費の多くは自身の出張旅費と研究者招聘と、研究補助者2名の雇用にあてられた。研究補助者は1人は奈良女子大の情報科学の博士課程の学生、もう1人は大阪市立大の数学の博士課程の学生である。

マネジメントにあたってのサポート体制については奈良女子大の事務組織は非常に協力的であるが、実際には研究者自身がやることになる秘書的な仕事も多い。例えば、現在多くの数学研究者が実際にそうしているように、海外からの研究者招聘の際に航空券・ホテルの手配、研究会の準備などは時間を取られる。特

に科研費に比べて予算規模が大きいのでその負担も大きい。小さい大学の場合は事務員の数が少ないので、サポートしてもらうには事務側の負担も大きくなってしまう。本来ならば間接経費で秘書を雇用すればよいはずだが、個人で使える間接経費は1/4程度でありそれも難しい。研究補助者の時間給などの資金を運用するには所属機関のルールで行なわれる。研究補助者のひとは情報科学の学生で、ソフトウェアの開発などを行ってもらっている。さらに画像処理などに強い研究補助者を雇いたかったが、特に他分野から人材を捜すのは難しい。

数学的にやっていく際に一番重要なのは、集中して時間を取れること、精神の平穏である。そのためには、さらにきめ細かい事務的サポートが欲しいが、現在の状況では難しい。仕事内容を習得してもらうには、長期に渡って同じ人を雇用して仕事を覚えてもらう必要があるので、サポート体制などには改善の余地があると思う。

③ 現在、海外の理論物理や応用物理の研究者と共同研究を行なっているが、前述の通り共同研究者と実際に会って議論するのが一番効果的である。ただし、自身が出向いていくだけでは時間的にも厳しいので、自分の研究に極めて近い研究者のみを集めて、集中的に討論する場として奈良で研究会を開催した。現在、企業との連携は行っていないが、JSTの領域アドバイザーの方の中に豊田中央研究所の元所長がおられてお話ししたところ、トヨタの中でも基礎的な研究者グループがあり、そこでは自身の研究に近い研究も行なわれているようなので、将来的には企業との共同研究もありうるだろう。

④ さきがけに採択されて実現できたことの一つは、予算を特に気にすることな

く海外から数名の研究者を招聘できたことである。さきがけにおいて数学分野は新設されたもので、当初は自分の研究のために自分が他の研究者のところに出向くことはできるが、研究者を招聘することは認められてはいなかった。JST の方に数学分野の特殊性を説明することによって可能になった。また、その波及効果については、多くの他分野の研究者との交流によって自分の研究が他分野でも活用される可能性に気づいた。また、さきがけは元々若い研究者へ向けた研究支援であったので、若い方の研究に目を向けるようになり、さらに若い人を巻き込んで発展していきたいと思っている。マスコミなどからの取材を受けることもあるが、数学の研究について陳腐な形で情報発信して誤解を生まないようにする必要があり、そのことを考えつつ一般の人

に理解していただく形で情報発信するのはかなり難しい。相当の準備と慎重さが必要である。

⑤ さきがけ各領域は、領域総括のもと 10 人の領域アドバイザーとまた各種の違う分野の研究者 2、30 人のグループになっており、1 年に 2 回交流することにより、数学が様々な分野に繋がっていることを再認識した。その結果、他分野とのよい関係を持つことを意識してやるようになり、やり方も少しずつわかってきた。数学の個人研究としては最大規模の予算であるが、JST の方に相談すると事務的・技術的なことの双方に十分なサポートが得られたことも有り難かった。また、科研費に比べて大きなテーマに挑戦してのびのびと研究できることはさきがけで研究することの大きな意義である。

● 長藤 かおり氏（九州大学大学院数理学研究院 准教授）

さきがけ「科学工学モデルの安定性に関する計算機援用解析」

ヒアリング対象者：長藤かおり氏

役職名：九州大学大学院数理学研究院准教授、さきがけ「科学工学モデルの安定性に関する計算機援用解析」代表

場所：九州大学大学院数理学研究院（伊都キャンパス）

日時：2009 年 12 月 21 日

ヒアリング調査員：白井朋之教授

① 目指しているブレークスルーは、卑近な言葉で言えば「透明マント」の開発である。もう少し理論的に言うと、光子結晶における誘電率の分布と光の透過性との関連を厳密に調べる問題である。スペクトル論的にはある種の作用素のスペクトルギャップの存在性の問題であり、

この問題に計算機援用解析を適用するというのが目標である。将来的には理論的に得られた結果をそのような性質を持つ物質を実験的に作るために応用したいと思っている。現在、数学的定式化が成功した段階であるがコンピュータで実行するためには計算量などの面で困難があり、それを乗り越えるのが次の課題である。実際にこの計算が実行可能になった後も 3 次元のメタマテリアルを作ることにはさらにギャップがある。理論と現実の橋渡しをすることも重要な課題であろう。企業の研究者と話をすることもあるが、一般的に言って企業側は利益の上がないことにはあまり興味がなく、数学的なコミュニケーションも容易ではない。そ

のような問題を克服するのが実際のブレークスルーかもしれない。

② いわゆる研究補助者の位置付けは他分野とかなり異なる。例えば、実験系では試験管洗浄など専門知識が必要ない補助的な内容が中心となることもあるそうだが、数学では研究の性質上、研究補助者は共同研究が可能なレベルを要求する可能性が高い。実際、この研究では所属機関である九州大学の学生および研究員を雇用している。当初はその意味で研究補助者の定義について JST との間に認識の隔たりがあったが、少しずつ改善されてきている。また同様のことは代表研究者の海外出張は認められるが、研究補助者に対しては認められていないという点にもあらわれていた。この研究補助者の雇用の問題はさきがけのマネジメントについて苦労した点の一つである。

JST からの研究資金については、実際に執行するときは所属機関である九州大学の規定に従う必要があり、研究補助者に対する JST の支給上限額より九州大学の支給上限額が低いという問題点があった。一方で、九州大学では雇用研究員の海外出張は認められているのに JST の規定により実現できないという矛盾も生じている。

さきがけは個人研究のためのプログラムということもあり、当初は研究者の招聘自体も許されなかった。誤解を恐れずに言えば、数学では他の研究者と直接会って議論することが、他分野における実験にも相当するほど重要なことであるという認識が広まっていないように思える。

③ 企業の研究者と問題意識が違いと述べた。同じ研究のテーマであっても、どこまで理論的に厳密に研究を行なうかという点には相異がある。こちら側から見ると数学的にはラフだと思うこともある

し、企業側から見ればそこまで厳密にやる必要があるのかと感じるようで、その点には感覚のギャップがある。数学の厳密性と企業における実効的なソリューションのバランスが難しいと思う。このギャップを埋めるのが本研究の一つの大きな目的であろうが、それは現在のところ達成しているとは言えないだろうし難しい問題である。現段階ではいわゆる共同研究以外には他分野との連携は行っていないが、前述した通り一般的に言って、企業と大学の数学の研究の方向性にはまだ温度差があるので、企業との連携の前にさきがけの中での連携の方が容易なのではないのかと感じた。特に物性関係やデバイスをやっている人達は近いのではないかと思うが、さきがけにおける領域会議はオープンではなく、領域間でのインタラクションが少ないので、もう少しインタラクションがあってもよいのではないだろうか。

④ さきがけに応募した理由は、科研費等で設定する問題より意欲的な課題に取り組める可能性があったためであり、実際大きなテーマの基礎固めを行うことができた。また研究予算は、各年 900 万円～1000 万円と規模が大きく、そのおかげで予算の半分程度はプログラミングのための研究補助者に充てることができたし、海外への出張や研究者招聘が無理なく行うことができた。

⑤ 前述のように、さきがけプログラムでの研究の大きな意義は失敗を恐れずに意欲的な研究課題に取り組むことができることだと思う。また、従来の科研費との大きな違いは、数学の個人研究としては資金が潤沢にサポートされることである。そのおかげで海外の人とのディスカッションが十分できたし、ボランティアではなく研究補助者としてプログラム作

成に協力してもらうことができたのは大変ありがたいことであった。

● **西成 活裕氏（東京大学先端科学技術研究センター 教授）**
さきがけ「輸送と渋滞に関する諸現象の統一的解析と渋滞解消」

ヒアリング対象者：西成活裕氏
役職名：東京大学先端科学技術研究センター教授、さきがけ「輸送と渋滞に関する諸現象の統一的解析と渋滞解消」代表
場所：東京大学先端科学技術研究センター(東京都目黒区駒場)
日時：2009年11月24日
ヒアリング調査員：梶原健司教授

① 渋滞現象の数理と物理を解明し、社会に直接役に立てるところまでを自分の力でやりたい。従来渋滞現象については膨大なデータが蓄積され、さまざまなアプローチで解決が図られてきたが、経験と勘に頼る部分が大きかった。そこに数理と物理の光を当てて実際に有効な解決策を提示し、渋滞の解消や緩和を実現させたい。渋滞といってもさまざまなものがあるが、さきがけで取り扱いたいのは(1)車の渋滞(2)人の混雑(3)在庫・物流の効率化である。これまでこれらの現象を統一的に扱おうという研究はなかったが、それが可能になったのは数学的なアプローチで共通の構造が見えたからである。数学の抽象化の力である。

② さきがけから年間1千万円程度の研究費をいただいているが、大きな実験をやろうとすると足りず、少し中途半端な感じはする。また、研究が社会への応用に近づくと、マネージメントに割かなければならない時間が増えて、自分自身が研究する時間を取れないことが深刻な問

題である。例えば現在一日に迷惑メールを除いて約150通のメールが来るが、この処理だけで忙殺される。また、渋滞に関して一つの実験を行うだけで関係組織などとの折衝に大変な手間暇がかかる。例えば小仏トンネルでの車の走行実験を行った際は、警察、NEXCOなど多方面との折衝に半年かかった。本当に切実な必要を感じているのは、マネージメントの補助や調整を行ってくれる秘書で、マネージメントの問題点の9割が秘書の存在で解決されると感じている。しかし、さきがけで秘書の雇用は認められていない。一般に秘書の雇用は難しく、工学系では教員のポケットマネーで雇っている場合すら多くある。

大学や部局からのサポートは特別にはなく、個人経営者の感覚で頑張っている。現在の所属の先端科学技術研究センターからは研究室などに関して比較的恵まれたスペースをいただいている。本郷の工学部では企業の人と打ち合わせをするスペースすら不足して困っていたのでありがたく思っている。

③ 現在いろいろな分野の研究者と共同研究をしている。共同研究は大抵相手方から持ち込まれてくる。一般に異分野との交流は困難だが、一般向けの書籍を多く執筆しているので、先方がそれを読んで接触してくることが多い。土木や交通関連、また生物やロボット関連分野との共同研究では大学と企業が半々、物流関連ではほとんど企業との共同研究である。

内閣府や中小企業庁から委託される業務もある。企業との共同研究の際には、自由な議論や情報交換の必要性の一方で、権利関係の整備や機密保持に気を遣う必要がある。現在、いろいろな会社の研究者や管理職を集めて月に一度議論をするという形で交流を図っている。

④ 車や人を使った実験は一回 100 万円以上かかるので、年間 1 千万円の研究費をいただいて、普段できない実験ができたことが一番大きい。車の実験を行って渋滞解消が実証できたことの波及効果は極めて大きく、新聞を始めとするさまざま媒体で報道されただけでなく、成果は交通政策に反映され、免許講習などの基礎教育レベルで普及が図られている。逆に、そのように研究が加速度的に進んでしまっているので、研究費が 1 千万円で

は足りなくなっている側面もある。待遇面について、さきがけでは研究費以外に給料をいただいているが、予算化しにくいさまざまな細かい経費をそこから支出できるので大変助かっている。

⑤ さきがけのよいところは、まず、まとまった額のお金を使えるということである。例えば初年度に百分の一秒単位の高速度撮影が可能なビデオカメラを 500 万円で購入したが、人の渋滞の原因の解明に本質的な役割を果たした。そのようなお金の使い方は他のソースでは難しい。年度途中である程度の増額申請が可能など、柔軟であるところもありがたい。また、「失敗してもいいから前向きに倒れてくれ」という数学の気風を反映した自由なスタンスがとても気に入っている。

● 吉田 朋広氏（東京大学大学院数理科学研究科 教授）

さきがけ「確率過程の統計推測法の基礎理論およびその実装」

ヒアリング対象者：吉田朋広氏

役職名：東京大学大学院数理科学研究科教授、さきがけ「確率過程の統計推測法の基礎理論およびその実装」代表

場所：東京大学数理科学研究科

野口研究室（駒場数理棟 463 号室）

日時：2009 年 12 月 24 日

ヒアリング調査員：野口潤次郎教授、関口英子准教授

① 確率過程の統計学のための基礎理論と、確率過程のシミュレーション・統計解析ソフトウェアの開発を目指している。

確率過程はランダムに時間発展する変量のモデルとして、ファイナンスをはじめ様々な分野で利用されている。例えば株価の変動のような現象を考えると、そ

れを記述すると思われる確率微分方程式があったとしても、その方程式は未知のパラメータを含んでおり、実際のデータから情報を抽出するためには、データへのモデルの当てはめが必要になる。現象に対する統計モデルが定まると、それによって将来予測も可能になるし、さらには方程式の選択自体が統計学の範疇である。

確率過程の統計学を構築するためには、確率解析的に表現される汎関数に対する極限分布理論と、確率過程を包含する一般的な統計推測理論が必要になる。

最近の成果としては、マルチンゲールに対する混合型漸近展開および条件つき漸近展開の基礎理論、非同期共分散推定の基礎付け、統計的確率場に対する多項

式型大偏差不等式とその収束に関する研究が挙げられる。これらは確率過程の統計推測論において基本的な役割を果たすと期待している。漸近分布理論として本研究課題で特徴的なことは、無限次元解析の観点を導入し、新しい極限定理を作り出していることである。この方法で新たに解決される課題は数多くあり、発展に努めている。また、この研究は確率過程の統計推測の問題から必然的に現れてきたものであり、応用に直結している。たとえば混合型漸近展開は、ボラティリティの推定量の誤差分布の問題から出てきたものである。

確率過程の統計理論が与える手法は多いが、実行のためには複雑な計算が必要になる。R言語を用い、確率微分方程式のシミュレーション・統計解析ソフトウェアの構築を試みている。

このソフトウェアは、確率過程の統計推測論の専門家でなくても、最新の手法が手軽に利用できる環境を提供する。計算の対象が新しいばかりでなく、対象の表現が複雑なためオブジェクト指向のプログラミングを行っているが、このような形式と規模を持つ当研究は、Rの専門家からも興味を持たれているようである。

② ソフトウェアの開発は実際のところ多くの人の協力の上に成り立っている。コーディングのために早稲田大学の大学院生のグループが研究支援している。独自に得た幾つかの手法（幸いこれらははじめにコーディングすべき基本的なものが多かった）を実装しているが、他の研究者の支援を得て機能を広げていっている。ミラノ大学の研究者との連携によってITの側面では大いに助けられている。

遠方にいる支援者との開発会議を、インターネット会議システムを使って2週に1回程度開き、開発を進めている。この他、文献データベースの整備等、研究を進める上で必要な業務のために研究支援員を置き、作業スペースは研究科から提供を受けている。

③ ファイナンス、情報関係の研究者の支援を受けソフトウェア開発を進めている。理論研究の面では、国内では大阪大学、慶応大学、九州大学、神戸大学等、国外ではフランス、イタリアの研究者と共同研究を行っている。

④ 早稲田大学のチームをはじめ、数人の研究支援員に継続的に謝金を支払っている。また、ソフトウェア開発に関係して外国人研究者を招聘しているが、本研究の予算規模でこのようなことが可能になったと思う。

⑤ 理論研究には科研費の補助も受けていることは断っておくべきであろう。その上で、研究費の規模が、個人研究として対応すると思われる科研費基盤研究(B)の実質3倍程度あり、④に述べた通り、ソフトウェア開発をする上でそれは不可欠であった。さらに、ソフトウェア開発は、新たな理論的問題の発見に繋がり、また、数値実験を通して理論の検証に役立つという意味で、この研究において理論研究と切り離すことができない。ソフトウェア開発が理論の具体化以上の意味を持つことを理解して頂けるかどうか、他の研究資金でそれが可能であったかどうかはわからない。

1.2.2 科学研究費補助費

科研費プログラムオフィサー2名（石井志保子氏、前田吉昭氏）にヒアリング調査を行った。

●ヒアリング項目：

- ①プログラムオフィサーの役目（職務）について
- ②現在の数学系科研費の改良すべき点について
- ③現在の数学系科研費制度は、これからの他分野との協働による数学・数理科学の振興に耐えうるか？もし改良が必要ならば、どのような科研費細目の設定が必要か（審査員の審査方法も含め）？
- ④他分野との協働に向けて、数学系プログラムオフィサーの数、選出方法に改良すべき点はあるか？

● 石井 志保子氏（東京工業大学大学院理工学研究科 教授、日本学術会議会員）

ヒアリング対象者：石井志保子氏

役職名：東京工業大学大学院理工学研究科 教授、日本学術会議会員

ヒアリング調査員：前田吉昭教授

① 学術の各分野の動向を見据え、将来のあるべき方向を考慮しつつ研究費の適切な配分が図れるよう学術振興会をサポートするのが目的である。この目的をふまえつつ具体的には研究費補助金の審査員候補者の決定、審査結果の検証、学術振興会賞受賞候補申請書の査読など。

② 数学の発展に伴い常時細目、分割の見直しが必要になるが、このような現状に柔軟に対応していくことが重要である。プログラムオフィサーがこのような認識を常に持っているならば制度としての改良すべき点は、特に思い当たらない。

③ 他分野との積極的な協働も重要であるが、純粋に数学的な興味でなされた研究が後世多分野に役立つ例がしばしば見受けられることを考慮すると、これらのバランスが大切である。現在の制度を維持しつつ、「時限付き細目」などを柔軟に活用して他分野との協働を図るのが適切と思われる。

④ プログラムオフィサーの総数が変わらないのであれば、他分野とのバランス上、現行の数学系プログラムオフィサーの数は適切と思われる。選出方法に関しては、応用分野も視野に入れた多方面に造詣が深い人材を選ぶべきであるが、それは現行の制度の中で可能であると思われる。

● 前田 吉昭氏（慶応義塾大学理工学部数理科学科教授、日本数学会理事）

ヒアリング対象者：前田吉昭氏

役職名：慶応義塾大学理工学部数理科学

科教授、日本数学会理事

ヒアリング調査員：前田吉昭教授

① 学術振興会システムセンターが公表している業務

(http://www.jsps.go.jp/j-center/03_gyoumu.html をみてください)

1. 学術振興方策に関する調査・研究 (結果を日本学術振興会の事業運営に反映。)

2. 学術研究動向に関する調査・研究 (研究員の関連分野。主に審査・評価業務の実施に必要。)

3. 日本学術振興会事業の審査・評価に関する業務 (審査員の選定・割振り、審査会の進行・助言、中間・事後評価の実施への助言・参画、研究者へのアドバイス等)

※プログラムオフィサーは、審査の透明性・公正性の観点から、科学研究補助金、特別研究員事業、国際交流事業の審査・採択そのものには関わりません。

4. 日本学術振興会事業に対する提案・助言

5. 所長及び同一調査班の研究員との連絡調整

※1、4、5 は、主として主任研究員の業務。

プログラムオフィサーとしてやるべきことは、研究者や学会等現場の意見や考えを学術振興会へ伝えて相互のコミュニケーションがとれるための橋渡しが大きな役割であろうと考えています。また、数学と他分野との調和がとれるよう分野を代表して意見を述べていくことも役割であると思っています。

② 1) 細目の検討: 数学系での科学研究費申請にあたっての細目は、数物系にある数学、複合領域にある情報学 (数理情報、統計科学)、工学基礎、社会システム工学等がある。問題点はあるものの、他分野と比較してみると、それなりに機能しているとは思える。現在ある数物系分科では、中心が純粋数学 (代数学、幾何

学、基礎解析、大域解析、数学一般) であり、応用系の数学にとって申請しにくい部分があることは問題である。ただ、応用系の数学をこの分科細目にいれることがはたしてよいかどうかはこの分科の特性 (数物系として組み込まれているのは、物理、地球惑星、天文である) からみて適切かどうかはわからない。この分科細目は歴史的にみて、純粋数学系が主となってできている理学系の分科である。応用数学系として、複合領域分科の情報学や工学分科との関連の項目で検討する必要もあるかもしれない。応用系を中心にして数学細目の数学一般の細目は申請や審査において問題と考えている。この中には、基礎論、離散数学、数値計算、確率論、数理統計や応用数学一般、また工学、生物、経済等他分野の数学応用等が広く含まれており、審査員の選び方を中心にして困難な問題がある。ここは特に整理すべきであろうと考えている。また、解析系の細目である基礎解析と大域解析についても、数学一般とをふくめて検討したほうがよいという印象を持っている。これは特に、確率論の専門分野が解析系 2 細目と数学一般等、申請細目が多いことがやや目立った問題である。

(他の専門から見ると申請間口が広い)。細目は 10 年ごとに改定が行われる。今回は平成 25 年に予定されているのでここが細目の見直しの一つのチャンスである。改定にあたっては、数学だけについての議論ではなく、科学技術研究全体の方向や考えをみて、数学の方向を決めていく必要があると思っている。数学の将来のためにも、バランスがとれた細目改定が行われることを願っているが、これには相当の労力が伴う。今までの経験を見ると数学での議論は、大所高所にはなかなか立てず、最後は足の引っ張り合い

になる可能性がある。まずは、今後 10 年の数学の方向を見据えて、専門分野の利害を超えた議論に協力しあうことが一番のように思える。

2) 大型研究種目（特に基盤研究 S）や新種目の検討：基盤研究は「個人ベース」の研究として作られているが、その方向では大型プロジェクト研究を個人として数学が申請するのは難しい。特に、基盤研究 S の数学申請はかなり無理がある。数学としては、ぜひ研究ネットワーク型の研究種目を作ってもらいたいと思っています。数学は小さな規模の研究なので、個人として大きな金額がとれない。むしろ、専門が集まって、ワークショップや共同研究を行うために全国からの研究者をネットワークとして結べるような種目が必要だろうと思っています。特に、他分野との連携研究、新しい研究分野には、このような種目が必要であると考えています。

3) 応用系分野に対する検討：項目 1) のなかで述べたが数学応用系分野の申請は現在難しい状況にあると思う。特に、最適化、OR、数理ファイナンス、数理生命科学等はこれからの数学の新しさを強調できる部分だろうと思えるが、これらをどう扱っていくかが問題であろう。

4) 審査員の意識問題：それぞれの細目の問題点がいろいろあることは確かだが、審査にあたって審査員の方々が大所高所からの審査をお願いしている。かならずしも専門以外の審査もお願いしなければならない状況が生じるからである。審査委員の方々には、他分野との関係も十分考えて大局的な審査にご協力をお願いしたい。数学の性格上の問題であろうが、審査がやや狭く判断しがちな部分が見受けられることがある。

③ 現在の分科細目での数学は、理学の

中の数学として考えてきたもので、「数理科学」からの新しい流れには必ずしも適切に対応しているとは限らない。ただ、科学研究費の審査は、基本的には、「数」の論理である。つまり、申請件数とその申請内容（専門）で審査を行うという考えに立っている。（これがよいかどうかはご判断ください）。その点でいえば、いわゆる純粋数学ではない「数理科学」の件数は多種多様なことと件数的になかなか審査をまとめるのが難しい。他分野協働となると、他分野との協議になり、必ずしも数学が主導をとれるとは限らない。数理科学の振興という立場から、この部分に関係した方々が協力しあい、時限つき細目の提案や他分野との共同で複合領域等を使って申請を行うというような実績をこれから 10 年で作ってほしい。そのデータが、次の細目改定に結びついてくると思います。たとえば、数理ファイナンスを時限つき細目で提案はしていますが、申請件数が約 60 件では細目を立てることはできないというのが、全体会議（理学系だけではなく）での意見です。ほかの分野からみると、数学は数の論理には勝っていません。

④ 応用系の数学の方が入っていることが望ましいとは思っていますが、現在の数物系のなかではこれ以上を今望むのは無理のような気がしています。実際、私が委員になるときに、私学や女性を加えるということで数学が増えています。これもどこまで続くかわかりません。バランスとして、私学や女性委員が入らないと数学の委員は確実に減るでしょう。ただ今までの委員の方々には、応用系にも十分配慮をされてきています。先ほど申し上げましたが、問題は数学の中の考え方だと思います。数学が他分野協働という方向と実績が見えることが先のように

見えますが。他分野協働に向けてプログラムオフィサーとのコミュニケーションがとれていくことが大事ではと思っています

ますし、それにぜひ努力させていただきたいと思っています。

1.3 先行事例として取り上げるべき研究活動や教育活動について

1.3.1 積極例

近年の積極的例として、北海道大学数学連携センター、明治大学先端数理科学インスティテュート、大阪大学金融・保険教育研究センター、九州大学産業技術数理研究センター、大阪市立大学数学研究所、東北大学応用数学連携フォーラムにヒアリング調査を行った。

●ヒアリング項目：

- ①設置目的
- ②設置形態、規模、運営体制
- ③年間運営資金
- ④活動内容（成功例）
- ⑤改良すべき点
- ⑥今後の活動計画

● 津田 一郎氏（北海道大学数学研究連携センター センター長、北海道大学電子科学研究所 教授）

ヒアリング対象者：津田一郎氏

役職名：北海道大学数学研究連携センター センター長、北海道大学電子科学研究所 教授

場所：北海道大学電子科学研究所 5階 津田一郎教授室

日時：2009年12月9日 15：00～15：40

ヒアリング調査員：谷口説男教授

① 北海道大学数学研究連携センターは、北海道大学 21 世紀 COE プログラム「特異性から見た非線形構造の数学」をもとに、2008 年 4 月に北海道大学共同教育研究施設として設置された。

北海道大学数学研究連携センターは、他の研究分野における数学的問題を探索

し、解決するために、数学を共通の合意言語として形成し、科学の諸領域における「つながる知」の中核としての機能を担っている。そのために、学内外の様々な研究領域を関連付けるとともに、教育研究の成果を世界に発信し、さらには文理の枠を越えた横断的な思考力を有する人材を育成し、これをもって人類が対処すべき課題の解決に資することを目的としている。

② 設置形態は、現在は兼担教員だけからなっている。内訳は、センター長 1 名、理学研究院 12 名(教授 10、准教授 2)、電子科学研究所 5 名(教授 2、准教授 2、助教 2)、工学研究科 2 名(教授 2)、人獣共通感染症リサーチセンター 1 名(准教授 1)で

ある。センター長と7名の教授からなる運営委員会で、運営についての決定をしている。

③ 直接的な予算配分はないが、大学内の応募型経費、センターを母体として獲得した外部資金の間接経費により運営を行っている。発足時(2008年度)は、総長裁量経費から、センター新設に対する予算200万円強、また本年度は、学内の応募型施設整備費80万円程を受けている。センターの母体となったのは、電子科学研究所と数学教室であるが、数学教室からの経費支援は受けていない。これはセンターの研究機関としての独立性を保つためである。JSTの調査研究にセンター所属教員として応募し、それによる間接経費がセンターに配分されており、それを活動経費として使用している。今後もこのような、センター所属教員としての各種競争的資金への応募が、センター運営上必要である。

④ 北海道大学では、今春より、すべての研究所、センターが北海道大学創成研究機構所属となっている。今春より、創成研究機構に連絡会議が設置され、大学としてセンターに期待するミッションなどの議論が始まっている。昨年度の主なセンター活動は、研究集会の共催などであった。そのほかに、数学連携サロンを開催している。また、セミナー「数学連携サロン」の開催、研究集会の共催などを通じ、「孤立した知」から「つながる知」の横断的役割を果たし、長期的には革新的ブレークスルーを生み出す努力を行っている。数学連携研究センター固有の活動としては、21世紀COEプログラム「特異性から見た非線形構造の数学」から継続する他分野からの相談を受け付ける「先端研究のための数学センター(MCAS)」活動を行っている。これを「数

学クエスト」という名で呼んでいる。この活動を通じて、他分野、境界領域に現れる問題の解決を図り、他分野と数学・数理科学の協働の実体験による数学・数理科学の価値認識の浸透を目指している。数学と他分野の対等な協働関係の確立を図りたいと考えている。COE時には20件ほどの質問があったが、センターの認知度がまだ高いとはいえないこともあり、センターになってからはまだ学内の質問はない。企業からは、1件の質問があった。新日鉄の中川氏がセンターの数学サロンにおいて投げかけた焼結工程のモデル解析を現在センターの兼務教員である中村玄教授が共同研究を行っている。新日鉄はこれまで工学的手法では解決できなかった問題に数学的手法を適用し問題解決の糸口を見出すことに強い関心を持っているようだ。製鐵関係は、基礎理論、基礎知識の共有に関してはかなりオープンであるように思える。

学外の研究機関との情報交換のために、明治大学先端数理科学インスティテュート(MIMS)、公立ほこだて未来大学、稚内北星学園大学情報メディア学部、東北大学応用数学連携フォーラムとの連携している(センター・ホームページのリンクページ参照)。他にも東京大学の研究所とも連携を図る交渉を行っている。

⑤ センターの今後の活動のためには、センターに専任教員がつくことが不可欠である。センターの教員がすべて兼担であるため、センター運営に関わる戦略的な議論・努力に費やす時間がどうしても限られている。創成研究機構内における、数学的側面の受け皿にセンターを育てるということに関しても、兼担教員からなるということによる制限は多い。また、専任教員に伴う直接予算獲得もセンター運営には重要である。大学に、本センタ

一の必要性、数学を定常的にサポートする体制の必要性を認めて貰うことが大切である。そのためには、大きな戦略的競争資金を獲得することが必要である。

⑥ 北海道大学の創成研究機構の中に入っているが、センターで中心的役割を果たしている電子科学研究所は、5 研究所

アライアンスという形で全国共同利用となっている。センターは電子科学研究所と強くリンクし、電子科学研究所が5 研究所アライアンスとして活動する際の、数理部門の受け皿としての役割を果たすことが、今後重要となるであろう。

● 杉原 厚吉氏（明治大学 研究・知財戦略機構 特任教授）

ヒアリング対象者：明治大学先端数理科学インスティテュート

役職名：明治大学 研究・知財戦略機構 特任教授

調査者：杉原厚吉教授

① 明治大学先端数理科学インスティテュート（英語名 Meiji Institute for Advanced Study of Mathematical Sciences；略称 MIMS）は、2007 年 7 月に、明治大学研究・知財戦略機構の下に設置された。

その目的は、社会および自然に関わる現象の数理解析を課題とする国際的研究拠点として機能し、社会とのかかわりを重視した数理科学の普及・発展を図ることである。この目的のために、研究活動の推進、数理科学研究者および高度専門職業人の養成、全学および地域社会からのニーズに基づく研究支援活動および啓発教育活動、学内外の研究機関等との連携活動などをおこなう。

② 設置形態は、現在は、所長 1 名、副所長 3 名（うち特任 1 名）、所員 23 名（うち特任 2 名）、および研究員・客員研究員 42 名を構成員とし、基盤数理部門、現象数理部門、教育数理部門、先端数理部門から構成されている。また、所長・副所長・運営委員 4 名から成る運営委員会が

置かれ、事業計画、予算などの運営事項を決定している。

③ 年間予算は、今年度は、政策経費 1780 万円、プロジェクト研究費 460 万円の合計 2240 万円である。

④ 研究活動では、MIMS プロジェクト研究を公募し、採択されたものに対して研究費を支援している。本年度は、「量子ウォークの理論展開と応用 -- 離散幾何解析の観点から --」、「特異点の可換環論 -- 環太平洋研究ネットワーク」の形成を目指して、「国際研究集会「2nd Chile-Japan Workshop on Nonlinear Elliptic and Parabolic PDE」の開催」、「多種共存メカニズムを拡散 Lotka-Volterra 系の解析により解明する」、「錯覚の数理モデリングとその応用」の 5 つのプロジェクト研究が実施されている。

人材養成活動では、現在 3 名のポストドクを雇用し、数理科学研究者として先端的研究を実践する研究環境を提供している。さらに、教育活動では、本年度から大学院博士後期課程において、経済的支援を伴った MIMS Ph.D. プログラムを設け、入学者 6 名に対して人材養成を行っている。また、MIMS における先端的研究成果を大学院教育に活用し、大学院博士後期課程における若手研究者育成機能の強化に資するため「大学院博士後期課

程プロジェクト系科目」を2008年度より設置し、博士後期課程横断科目として毎年4科目(先端数理科学I・II、Advanced Mathematical Sciences I・II)を実施している。そのうち2科目は英語による講義である。今年度の4科目のテーマは、「時系列からの新しい発見」、「社会と生態系の数理」、「Mathematical Modeling and Analysis in Neuroscience」、「Mathematical Modeling of Cancer Growth and Treatment」であった。

MIMS プロジェクト研究を中心として、国際研究集会も行っている。今年度の主なものは、The Japan-France CNRS Laboratory ReaDiLab (LIA197) Reaction-Diffusion systems: Modeling and Analysis (2009年6月2日～5日)、International Workshop on Self-organization in Chemical and Biological Systems: Modeling, Analysis and Simulation (2009年7月7日～9日)、The second Chile-Japan Workshop on Nonlinear Elliptic and Parabolic PDEs (2009年12月1日～4日)、International Workshop on Energy Network Design (2010年1月14日)などである。さらに、国内の研究集会も、今年度は、「散逸系の数理—パターンを表現する漸近解の構成—」(2009年6月24日～26日)、「錯覚ワークショップ—横断的錯覚科学は成立するか—」(2009年9月9日～10日)、現象数理学：冬の学校「パターンダイナミクス1-2-3」(2009年12月9日～11日)などを開催している。定期的なセミナーとして、現在、Mathematical Sciences based on Modeling, Analysis and Simulation Seminar (MAS Seminar)、Mathematical Ecology & Evolution Seminar (MEE Seminar)、Reaction Diffusion Systems Seminar (RDS Seminar)などが開催されている。

MIMS は国際研究拠点を目指し、海外の研究機関との連携を積極的に進めている。これまで、フランス国立科学研究センター (CNRS) との間で日仏共同事業の協定、イタリア学術研究会議応用数学研究所 (IAC、CNR) との協定を結び、ベトナム・ハノイ数学研究所 (IMVAST)、フランス国立社会科学高等研究院社会数理解析センター (EHESS)、台湾国立交通大学数学建模・科学計算研究所 (IMMSC)、マドリード・コンプルテンセ大学学際数学研究所 (IMI、スペイン) との間では覚書を交わしている。

国内においては、明治大学と広島大学、龍谷大学との間に大学間交流に関する包括協定・覚書を結んでおり、その下で、両大学とは密接な教育・研究の連携・協力を行っている。

MIMS は、平成20年度採択の明治大学グローバル COE プログラム「現象数理学の形成と発展」の推進母体としても機能している。この活動については、別項目での調査があるので、ここでは省略する。

⑤ 所員・研究員の増加などに伴い、スペースが不足することが見込まれるので、スペース確保が重要課題のひとつである。また現在は、教育数理部門が手薄なので、早急に体制を整える必要がある。

⑥ 今後も、MIMS プロジェクト研究、MAS Seminar、MEE Seminar、RDS Seminar を中心とする研究活動、MIMS Ph.D. プログラム、大学院博士後期課程プロジェクト系科目、MIMS ポスドクの雇用などを中心とする人材養成活動、海外諸研究機関との協定、覚書に基づく国際研究交流および国際拠点形成活動を推進していく。

⑦ 明治大学は2013年度中野新キャンパスの展開を計画しており、MIMS は同

キャンパスへ移転し、国際教育研究拠点としてのいっそう充実した設備を整える。また、2011年度開設予定の先端数理科学に関する研究科も同キャンパスに移転す

ることから、その推進母体としての役目も果たすことになっている。さらに、先端数理科学に関する国内共同研究機関としての機能も視野に入れている。

● **長井 英生氏 (大阪大学／金融・保険センター センター長、大阪大学大学院基礎工学研究科 教授)**

ヒアリング対象者：長井英生氏

役職名：大阪大学金融・保険センター センター長、大阪大学大学院基礎工学研究科教授

場所：大阪大学豊中キャンパス内 基礎工学研究科 I 棟 202 号室 金融・保険センター長室

日時：2009年12月11日 15:50～16:30

ヒアリング調査員：谷口説男教授

① 金融と保険に関する新しい文理融合型教育プログラムの開発を目指し、平成18年4月に設置した。金融・保険センターのホームページ

<http://www-csfi.sigmath.es.osaka-u.ac.jp/>

に詳しい。ホームページ「CSFI 設立の理念」より抜粋：

保険・年金数理をファイナンス・金融工学と一体で捉えた学際的な文理融合型教育プログラムを開発・実施するために、大阪大学では学際的・部局横断的なスタッフ陣を編成し、金融実務界からの協力も得て、「金融・保険教育研究センター (CSFI)」を設立いたしました。これは、科学技術基本計画の基本理念にある、自然科学と人文社会科学の総合化、社会のための社会の中の科学技術、を謳う科学技術政策の総合性と戦略性に沿うものにもなっています。また、デリバティブなどの金融商品、保険・年金制度の設計に際して

は、金融システム（金融市場・金融政策）の役割、経済活動、ライフサイクルにおける保険・年金制度の役割、などについての深い理解が社会的にも求められていますが、CSFI で開発・提供される教育は、この要求に応えることを目指しています。CSFI は、金融面に関する安心・安全社会の構築と少子高齢化社会における安心なライフサイクルの実現に向けて、社会に貢献していきたいと考えています。

② センターは、文部科学省平成18年度「特別教育研究経費」をもとに、経済学、基礎工学、理学、および情報科学の4研究科が共同で設立した組織であり、真の意味で学際融合である他に類をみない新しい大学院教育と研究の組織である。

規模は、兼任23名、専任3名(常勤特任教員、講師1名、助教2名(うち1名は大阪証券取引所寄付研究部門))、非常勤特任教員2名(教授2名、うち1名は大阪証券取引所寄付研究部門)、月単位で雇用する外国人特任教員(年2名程度)からなる。さらに、多く非常勤講師(企業関係者を多数含む)も雇用している。特任教員の経費は、上述特別教育研究経費による。

センターの運営には、運営委員会(正副センター長、4研究科長、前副学長)と教育研究実施専門委員会があたっている。

③ 運営資金は、文部科学省「特別教育研究経費」(平成18年から5年間)による。

予算額は、初年度は 3,800 万円、昨年度から 3,600 万円となっている。18 年度のセンター立ち上げ時には大学から支援を受けた。平成 18 年度の終わりに大阪証券取引所から寄付を受け、平成 19 年 6 月から寄付研究部門『デリバティブ取引とリスク・マネジメント』を開設した。委任経理金として、人件費以外にも適宜使用している。寄付研究部門は、デリバティブ取引とリスク・マネジメントに関する講義、研究員の受け入れ、セミナー・シンポジウムの開催を行っている。住友経営テクノロジー・フォーラムから、平成 20 年に寄付を受け、ワークショップ開催に利用している。また、三井住友銀行からも寄付を受けている。

④ センターは、そもそも教育プログラムの実施母体であり、教育プログラムの開発・実施が活動内容となる。大学院の教育プログラムで 2 学年にわたっており、現在の登録者数は 167 名、したがって 1 学年 80 名見当である。昨年度は 163 名であり、4 年目に至って安定してきている。どの科目も他のどこかの研究科の科目と共通のものとなっているが、これらは元々当該研究科にあった科目に加え、センター発足により新たに開講された講義もあり、それらをあわせて一つの教育プログラムとして運営している。

修士レベルのスタンダードプログラムと博士レベルのアドバンスドプログラムがある。それぞれを専門に応じ、数理計量ファイナンスコース、金融経済・工学コース、インシュアランスコースの 3 コースに分け、しかしながら一体的な教育に当たっている。

金融保険セミナーシリーズ(月単位)、中之島ワークショップ(産学連携、毎年 12 月)、国際ワークショップ(2 年に 1 度、20 名近い海外招待講演者)を開催してい

る。また、VOLATILITY INDEX JAPAN により、日経 225 オプション価格のモデルフリーなインプライド・ボラティリティを週単位で計算し公開している。このような活動は日本では初めてであり、情報の提供を金融情報サイト「ブルームバーグ」から求められている。

外国人特任教員(月単位で雇用)による英語講義(1 ヶ月～3 か月で集中的に 12、3 回講義)をしているが、それをレクチャーノートシリーズとして大阪大学出版会より刊行している。

特任教員(外国人特任教員ではない)を発足以来 3 年半の間に 8 人雇用したが、既に 5 人がパーマネントの職を取得してセンターを離れた。東北大学、東京工业大学、大阪大学、レスター大学(イギリス)、中央大学へ講師もしくは准教授として着任している。特任教員は常時 3、4 人がいるが、非常に流動性が高い。大学院教育プログラムとしてスタートしたが、結果的に教員人材養成の役割も果たすという成果も上げている。

Kohatsu 氏をチームリーダーとする、センターの兼任・専任教員からなるメンバーのプロジェクトが CREST に応募し、採択された。

センター科目受講生は、修了すればセンター修了認定証を受け取る。昨年からは、大阪大学独自の教育システムとしての副プログラムという位置づけとなり、総長とセンター長連名の修了認定証となっている。学生達はそれぞれの研究科の修了証とともにセンター修了認定証を受け取ることになる。必要科目数が 8 科目と多いこともあり、修了認定に至る学生数は 20 を切っている。詳細は、センター活動報告書参照。

⑤ 大学院教育プログラムとして、特任教員が行うコンピュータを使った演習付

き講義もあったが、その比重は重くなかった。今後は、金融に必要な IT 教育の強化を図りたい。学部段階からの IT 教育が必要である。

⑥ 学部専門教育において、コンピュータ・スキルをつけながら金融・保険の導入教育を行いたい。これにより、大学院教育の裾野を広げ、同時に内容の高度化も図れるであろう。

若干の科目等履修生を受け入れているが、大阪で講義を行っているために、本当に受講を希望する人の集中する東京近辺からの希望に答えられていない。この問題をクリアしたい。他大学、他機関との連携も一つの課題となるであろう。外

国大学からジョイントプログラム開設の働きかけもあるが、対応は今後の問題である。

⑦ 学内での位置づけが不透明である。大阪大学は、学際融合教育のために組織を改編することはせず、平成 23 年度から副専攻制度を導入しようとしている。この副専攻制度に金融・保険プログラムを組み込むことを考えている。大学の中で、教育プログラムとして市民権を得ていると思われるので、このような方向で進むと思われる。組織そのものをどのように維持、もしくは発展させるかは難しい問題である。

● 中尾 充宏氏（九州大学産業技術数理研究センター センター長、九州大学大学院数理学研究院 教授）

ヒアリング対象者：中尾充宏氏

役職名：九州大学産業技術数理研究センター センター長、九州大学大学院数理学研究院教授

ヒアリング調査員：中尾充宏教授

① 九州大学産業技術数理研究センターは、九州大学 21 世紀 COE プログラム「機能数理学の構築と展開」の事業の一環として 2005 年 2 月数理学研究院内に設置した「機能数理学基盤センター」を発展的に改組することにより、2007 年 4 月に九州大学学内共同教育研究施設として設置された。

21 世紀 COE プログラム「機能数理学の構築と展開」では、数学の基礎研究を基盤に、社会における数学の機能面に力点をおき、積極的に産業および科学技術の中に存在する数理構造に目を向け、広く研究活動を展開し、さらにそれを通し

た有為な人材の育成・輩出ができるような拠点の形成を旨とし努力を続けてきた。本センターは、この理念をさらに進化させ、公的研究機関や産業界を含め広く学内外の他分野との連携を図り、学際性・国際性にも優れた研究教育基盤を確立し、数学研究を格段に幅広いものとするを目的としている。このことによって、数学自体が高度な深化を遂げるのみならず、諸科学技術のための数理的基盤の構築・提供が実現され、それを通じ、産業や他の科学技術の発展に対しても大きく貢献できる数学を創出することを旨としている、

② 設置形態として、現在は兼任教員のみから構成されている。内訳は、センター長 1 名、副センター長 1 名、招へい教員 1 名（教授、民間企業）、複担教員は数理学研究院 12 名（教授 8、准教授 3、助教 1）、システム情報科学研究院 2 名（教授）、

工学研究院 1 名(教授)である。このほかに九州大学内部からの協力教員 2 名(教授) および学外からの客員教員として、他大学より 4 名(教授、内 1 名は海外)、民間企業から 2 名(教授)が就任している。この中、招へい教員は、九州大学の教育組織である大学院数理学府の教授会に出席し、大学院生も直接指導するなど、大学院教育に関しては専任教員と同等の職務を遂行するものである。運営については、センター長、副センター長と 14 名の複担および協力教員からなるセンター運営協議会で、運営方針を審議し決定している。

③ 直接的な予算配分は受けておらず、本センターの母体である数理学研究院に配分される予算を移算する形で運営経費を支出している。このほか、一部は外部資金獲得にともなう間接経費も充当している。各年度の予算(移算)額は発足時(2007 年度)800 万円、2008、2009 年度はそれぞれ 1、000 万円である。このほか、外部資金の間接経費によって事務補佐員を雇用している。

④ 数学者と産業界および工学系研究者との間での情報交換を緊密にし、産業界に新たな数理的研究テーマを求めて、2007-2009 年度の 3 年間に、センター主催で 9 回のワークショップ(内 3 回は国際研究会)を開催した。これらのワークショップでは、産業界をはじめ他分野の研究者が数理的手法の活用に多くの期待を抱き、共同研究等を含め数学サイドからの貢献を強く望んでいることがあらためて認識され、今後の本格的な共同研究への手掛かりが得られている。このほか、2008 年に始まる九州大学グローバル COE プログラム「マス・フォア・インダストリ」と共催する形で、産業技術数理に関するフォーラムおよび国際シンポジウムの開

催支援を行っている。

一方で、21 世紀 COE プログラムの人材育成構想と関連して、大学院数理学府博士後期課程には、3 ヶ月以上の企業等への長期インターンシップを必修単位とする「機能数理学コース」が 2006 年 4 月からスタートしているが、本センター発足後は研究教育支援部門がその活動を引き続きサポートしている。これまでの実績は 2006-2009 年の 4 年間に 29 件(受け入れ企業: 15 社)に上り、内 3 社(マツダ、日新火災、新日鐵)とはインターン実施をきっかけとして数理学研究院教員との間での共同研究にまで発展する成果を上げている(研究経費総額: 約 3、500 万円)。また、インターン実施中に共著論文の執筆や特許申請に至った例も複数報告されており、これらの成功例は数学以外の専攻分野を含め、産官学から大きな注目を集めるに至っている。

また、2007 年度後半からは技術相談窓口を開設し学内外からの数理的相談に対応している。これまでに 6 件(内 1 件は学内)の相談を受け、その中で企業からの相談の中には教員との共同研究にまで進展しているものもある。さらに、2008 年度からは、我が国における企業と大学との間で数理的側面からの連携強化を図るため、産業技術数理コンソーシアムをスタートさせ、現在 5 社が加入している。

⑤ センターのスタッフがすべて兼任であるため、センターの活動には内容、時間ともに制約が多いので、専任教員を配置することが望まれる。技術相談窓口の利用とコンソーシアム加入が伸び悩んでいるので、改善策を検討することが必要であろう。

⑥ ワークショップの開催については、単発的に終わることなく、関連テーマごとの継続的な開催を図ることによって、

センターを介した一層の産学連携研究を進展させ、新たな連携の萌芽を見いだすことを目指す。長期インターンシップの企画運営にあたっては、大学院数理学府教育とも関連して一層の充実を図るとともに、今後海外にもその範囲を広めることを計画している。技術相談およびコンソーシアムについては、長期インターンシップの成果による共同研究の広がりとともに今後件数の増加が期待される。また、関連する研究施設（例えば、九州先端科学技術研究所（ISIT）など）との連携活動も企画されている。

⑦ 現在数理学府で推進中のグローバル COE プログラム「マス・フォア・インダストリ」には「MI 国際研究所」との名称による、九州大学付置の共同利用・共同研究拠点の設置構想が計画され

ている。その具体的計画は今後詳細化され、概算要求として実施に移されていくことになる。それが実現すれば本学数理学府のみならず、我が国の数学の研究教育のあり方にも大きなインパクトを与えるものと期待される。このように、2003 年の 21 世紀 COE プログラムから始まり、2008 年のグローバル COE プログラムへと継承され、産業界をはじめとした社会連携の上にその特徴を置く本学の数学教育研究体制への評価は、我が国において次第に定着しつつあるように思われる。いずれにせよ、本センターはこのような研究所設置とそれともなう数理学府・数理学府の改組計画とも関連し、今後その構想実現に向けて必要となるタイムリな整備を経て、発展的改組がなされていくものと思われる。

● 河内 明夫氏（大阪市立大学数学研究所 所長、大阪市立大学大学院理学研究科 教授）

ヒアリング対象者：河内明夫氏

役職名：大阪市立大学数学研究所所長、
大阪市立大学大学院理学研究科教授

場所：大阪市立大学数学研究所

日時：2010 年 2 月 10 日 11:00～12:30

ヒアリング調査員：小磯深幸教授

① 大阪市立大学数学研究所は、大阪市立大学大学院理学研究科数物系専攻 21 世紀 COE プログラム「結び目を焦点とする広角度の数学拠点の形成」採択を契機の一つとして、平成 15 年 9 月に開設された。結び目研究の伝統を持つユニークでハイレベルの、数学の真理と美を深く追求する、数学全体を視野に入れた研究の発展と若手研究者の育成に貢献する（特に、将来有望な若手研究者を勇気づ

ける）数学研究の拠点になることが設置目的である。

② 本数学研究所の詳細は、数学研究所規定を含め、数学研究所ホームページ <http://math01.sci.osaka-cu.ac.jp/OCAMI/index.html> で公開されている。設置形態、規模、運営体制の概要は次のとおりである。

1) 所長 1 名、副所長 2 名がおり、常任委員会を構成している。運営会議委員 10 名で運営会議、数学研究所所員全員で全体会議を構成している。

2) 本数学研究所は、設立以来、理学研究科数物系専攻に所属していたが、平成 21 年度に専攻から独立して理学研究科直属になった。

3) 現在、専任教員 2 名（教授 1 名、

准教授1名)、特任教員2名(特任准教授1名、特任助教1名)がいる。

4) 理学部数学科教員全員と数理物理関係教員2名も数学研究所に所属する。

5) 専任数学研究所員10名程度(平成21年度は11名)、兼任数学研究所員5名程度(平成21年度は9名)、外部資金による数学研究所員若干名(平成21年度は4名)、客員数学研究所員(平成21年度は1名)が所属している。

③ 本年度(平成21年度)については次のとおりである。大阪市立大学重点研究から760万円の活動支援及び人件費(数学研究所事務職員1名、特任教員2名)の補助を得、これを基礎に活動している。また、大阪市立大学教育支援経費からも55万円の補助を受けている。科研費基盤研究(A)(代表河内明夫)の直接経費730万円からも、科研費のプログラムの主旨と合致するものについては補助している。

④ 1) 国外からの訪問者は、数学研究所の活動(国際・国内の種々の研究集会、談話会、セミナー)のための重要なファクターである。設立以来、毎年概ね70-80名前後の訪問者を迎えている。

2) 特任教員や専任・兼任数学研究所員のほとんどは、研究機関等での就職を希望している。数学研究所の活動への参加、ホームページ上での業績の公開、大阪市立大学数学研究会特別賞の受賞候補となれること、国外の研究機関に就職した場合も兼任研究員に応募可能であること、等の研究支援体制がある。また、自由な研究活動が行える環境でもある。このような中から、毎年数名の研究者が、国内の大学・高等専門学校その他のパーマネントな職を得ている。また、非常勤講師や期限付き研究員等の職も含めると、ほとんどの研究者が国内外の研究機関等に就職している。なお、研究者が本研究所

を出た後の追跡調査を行っている。

3) 国際研究集会やセミナーの開催、研究者や大学院学生の研究交流、研究情報の交換、訪問者の研究施設利用について、次の数学研究所と研究協力協定を締結している。・韓国慶北国立大学 BK21 Mathematical Computation Division、・韓国釜山国立大学 BK21 Dynamic Math Center、・韓国科学技術院(KAIST) BK21 Development Project of Human Resources in Mathematics、・中国大連理工大学数学研究所、・国立台湾大学国家理論科学研究中心及び台湾大学数学科学中心の数学研究所、・中国南開大学 S. S. Chern 数学研究所。これらの提携により、本数学研究所の恒常的な活動範囲について、欧米との従来からの研究交流活動や Pacific Rim Mathematical Association 加盟に加え、東アジアとの研究交流活動が活発になり始めている。また、京都大学数理解析研究所と研究協力協定を締結し、近隣する地域に立地する数学の研究所として互いに連携して研究活動を展開実施し、より大きな国際的研究成果をあげることを目指している。

4) 大阪市立大学数学研究所、釜山大学 K21、慶北大学 BK21 合同の大学院学生ワークショップを毎年開催している。本学大学院学生15名、日本の他大学大学院学生5名、釜山大学大学院学生10名、慶北大学大学院学生10名が、英語で各15分程度の数学の講演を行う会合である。大学院学生の研究に対する自覚と国際感覚を育てることに効果を上げている。

5) 数学研究所の数学教育への取り組みとして、高等学校・大阪市立大学連携数学協議会を立ち上げ、毎年、会合を開いている。高等学校教員をはじめとする教育関係者との交流の機会は、大学の数学の教育・研究にとって意義がある。

- ⑤ 恒常的な国際的教育研究活動が多くなっており、年間運営資金や研究支援者の確保をより安定化させる必要がある。
- ⑥ 日本学術振興会・組織的な若手研究者等海外派遣プログラム「数学研究所がリードする数学・数理科学の国際的若手研究者の育成」が3年間の助成期間として採択され、今年度末までに活動を開始する。現在の活発な活動に加え、若手の数学研究所員の海外派遣が増えることになる。
- ⑦ 数学研究所の施設は、現在、大阪市

立大学学術総合情報センター5階に設置されているが、近い将来、整備計画中の理系学舎に施設を移す予定であり、より広い施設となる。

本数学研究所の教育研究活動については、大学から、自主的・恒常的に継続することに問題は生じないとの文言を得ている。将来有望な若手研究者を勇気づける恒常的な施設として、必要ならば軌道修正を行いつつ実績を積み上げていき、国内外の数学者から信頼されるユニークな研究施設であり続けたいと願っている。

● 尾畑 伸明氏（東北大学応用数学連携フォーラム代表、東北大学大学院情報科学研究科 教授）

ヒアリング対象者：尾畑伸明氏

役職名：東北大学応用数学連携フォーラム代表、東北大学大学院情報科学研究科 教授

ヒアリング調査員：尾畑伸明教授

- ① 東北大学応用数学連携フォーラムは、主に学内において数学・数理科学と他分野の連携協力を推進することを目的に2007年9月に発足した。東北大学においてこのような連携の仕組みを求める声が高まっていたことと、2006年の文科省科学技術政策研究所「忘れられた科学—数学」報告書や日本学術会議の提言「ネットワーク型科学技術数学研究拠点構想」に触発されたものである。
- ② 情報科学研究科と理学研究科の数学系の教員数名を運営メンバーとするボランティアベースの活動として始まった。2008年2月から総長裁量経費による助教が1名、東北大学・国際高等研究教育機構・融合領域研究所（学際・融合を標榜する先端研究のための独立した組織）に

配置され、フォーラムの代表者と副代表者の2名が同研究所を兼務し、応用数学連携フォーラム事務局を運営している。この意味では学内の正式な活動として認知されている。フォーラム活動に積極的に賛同する学内の研究者をフォーラムメンバーとして登録し、情報交換やさまざまな企画立案をしている。現在、フォーラムメンバーは約30名おり、所属は情報科学研究科・理学研究科・経済学研究科・生命科学研究科・医学研究科・附属病院・金属材料研究所・流体科学研究所・多元物質科学研究所・融合領域研究所など学内の多くの組織に及んでいる。

③ 応用数学連携フォーラム事務局長を務める助教の人件費が総長裁量経費から、その助教の研究費が少額ながら国際高等研究教育機構から配分されている。フォーラム活動にかかわる経費の大きな部分はフォーラムの運営メンバーの個人的研究費からの拠出による。

④ 活動は、ワークショップの開催、ウェブによる情報拠点、国際高等研究教

育機構・国際高等研究教育院（融合領域研究所と併設されている一種のエリートコース）の共通基盤科目のアレンジ、などが中心である。そのような活動を通して、研究シーズの発掘や共同研究の促進を図っている。

ワークショップでは、数学の応用や数学者との連携に関心をもつ他分野の研究者の講演を中心に、毎回2～3講演をアレンジして、これまでに11回開催している。情報・流体・生命・物性・材料・医学などさまざまな分野を取り上げてきたが、生物・生命系のワークショップは特に人気が高い（60～80名の参加者）。また、第8回は「数学と脳科学」と題し、東北大学GCOE「脳神経科学を社会へ還元する研究教育拠点」、北海道大学数学連携研究センターと共同開催した。これを機に、北海道大学数学連携研究センターとはウェブページの相互リンクなど情報交換の提携を始めた。

ウ ェ ッ プ ペ ー ジ (<http://www.dais.is.tohoku.ac.jp/~amf>) を運営し、フォーラムメンバーの紹介、ワークショップや関連研究会情報、講義録などを掲載している。数学相談窓口を開設したが、運用には改善を要する状況にある。

国際高等研究教育機構・国際高等研究教育院では、高度な研究者を目指す大学院生のためのカリキュラムを提供してい

る。その中の「大学院共通科目」5科目のうち、「離散数学」と「確率モデル論」の2科目の提案とアレンジを行った。確率モデル論では、情報科学研究科・工学研究科・理学研究科・文学研究科などから60名ほどの受講者があった。

このような他分野と数学を連携させる活動から研究シーズ発掘や共同研究の芽が育ってきている。応用数学連携フォーラムメンバーを主要な研究メンバーとするCREST「離散幾何学から提案する新物質創成と物性発現研究」（平成20年度採択）が走っている。また、学内のいくつかのGCOEとの連携が始まっている。

⑤～⑦ ワークショップの充実を図り、学内はもとより学外にもより積極的に広報してゆきたい。学内から要望がある応用数学関連の短期講座や若手研究者との連携を企画してゆきたい。これまでの広報に加えて、研究成果の公表が必要である。より組織的な活動のためには、国際高等研究教育機構・融合領域研究所に配置されている「事務局」を、「研究組織」として公式に組織化することが不可欠であり、目下、その方向で努力している。他研究科や研究所と独立して運営できる公式な組織をもつメリットは大きく、学外の類似組織との提携や各種競争的資金への応募の母体としての役割が期待できる。

1.3.2 先行例

先行例として、2つの数理工学系教室（東京大学工学部計数工学科、京都大学工学部数理工学教室）にヒアリング調査を行った。

●ヒアリング項目：

- ① 設置目的・人材育成目的
- ② 設置形態、規模、運営体制

- ③ 研究資金の概要
- ④ カリキュラム（変遷、現状、インターンシップ、学位取得制度）
- ⑤ 工学研究から生まれた・発展した新しい数学の例
- ⑥ 工学部・工学系研究科における数学研究の現在と将来について

● **杉原 厚吉氏（明治大学 先端数理科学インスティテュート副所長、東京大学名誉教授（情報理工学系研究科数理情報学専攻））**

ヒアリング対象者：杉原厚吉氏

役職名： 明治大学 先端数理科学インスティテュート副所長（東京大学名誉教授（情報理工学系研究科数理情報学専攻））

場所：山の上ホテル(東京都千代田区)

日時：2009年11月19日

ヒアリング調査員：室田一雄教授

以下の記述は、ヒアリングの内容およびその後の調査の結果をまとめたものである。

① 東京大学工学部数理工学教室は、「工学諸問題の数理的側面を横断的にとらえ、統一的な理論を構築するとともに、現代数学の新しい応用分野を積極的に開拓して広い視野をもった新鮮な工学者・技術者を育成すること」を目的として、1946年（昭和21年3月）に新設された応用数学科に遡る。現在では、工学に限らず、社会・経済・科学などを含むより広い範囲における数理的な方法を対象としている。

応用数学科は、時代を先取りする形で、応用代数、応用幾何学、解析工学、統計工学、機械計算学（現在のコンピュータ科学や数値解析学に相当）などの研究と教育を行い、時代に即した、あるいは時代を先取りする形の新しい応用数学を確立し、1954年（昭和29年）までに9回、

計114名の卒業生を送り出した。その後、学科組織の変遷（次項に述べる）を経ながら、数理工学教室は、現在までに、約1300名の卒業生を送り出した。

② 既に述べたように、数理工学教室は、1946年に応用数学科として発足したが、現在は、計数工学科の一部となっている。

「計数」は「計測」と「数理」を表す造語で、1962年の学科設立時に作られたものであるが、現在では、学科名として広く定着している。以下、「東京大学百年史」の記述も参考にしながら、学科変遷の概略を述べる。

第二次世界大戦の末期、東京帝国大学第一工学部に計測工学科が新設され、1945年（昭和20年）4月に40名の第1回生が入学した。設立趣意書によれば、計測工学科の目標は、(1) 広い物理的知識とこれを自由に応用し得る能力を持ち、(2) 現象を抽象化して論理的な体系を構成し、これを数理的に表現する能力を持ち、(3) 総合的な立場から最も適切な計測方式を考案し、かつこれに応ずる計測機器を開発することができる工学技術者を養成することであった。この時点（応用数学科の設立前である）で「数理的に表現する能力」への言及があることは注目すべきことである。計測工学科は、計測器材料学、計測原論、電気磁気計測、光学計測、力学計測、計測数学および熱

学計測を担当する 6 講座から構成されていた。

一方、第二次大戦終戦に伴って廃止された航空学科のうち最終的に 3 講座が転換され、1946 年（昭和 21 年）3 月に応用数学科が新設された。この学科の目標は、工学諸問題の数理的側面を横断的にとらえ、統一的な理論を構築するとともに、現代数学の新しい応用分野を積極的に開拓して広い視野をもった新鮮な工学者・技術者を育成することであった。

1951 年（昭和 26 年）、新制大学への移行に伴い、3 コース 11 講座から成る応用物理学科が新設された。応用数学科は数理工学コースと改称、計測工学科は計測工学コースと改称、応用物理学実験室と数学および力学教室は物理工学コースとして、新たに固有の学生を教育することになった。

その後、産業の飛躍的な発展に伴って工学部も大きく拡張し、1962 年（昭和 37 年）に応用物理学科が改組拡充されて、計数工学科と物理工学科の 2 学科になった。そして計数工学科には数理工学コースと計測工学コースが、物理工学科には物理工学コースと物理計測コースとが設置された。引き続いて、講座の新設や移行などがあり、1966 年（昭和 41 年）には、数理工学コース、計測工学コースの各 5 講座、計 10 講座となった。1972 年（昭和 47 年）、工学系大学院にいわゆる横型専門課程として情報工学専門課程が新設され、情報処理工学講座が計数工学科に附置された。その結果、計数工学科は合計 11 講座から構成されることとなり、この形態が約 30 年間続いた。なお、1993 年（平成 5 年）には、大学院重点化に伴って大学院が部局化され、計数工学科の教官は、大学院工学系研究科の計数工学専攻に所属して工学部を兼担すると

いう形になった。また、1999 年（平成 11 年）には、大学院新領域創成科学研究科の新設に伴い、複雑理工学専攻に移行した講座も

あったが、計数工学科としての運営体制は維持された。

2001 年（平成 13 年）、大学院情報理工学系研究科が新設された。従来、理学系研究科と工学系研究科に分かれて行われていた理系の情報に関連する研究・教育をより充実させるためである。これに伴い、計数工学専攻は、数理情報学専攻とシステム情報学専攻の 2 つに分かれて大学院情報理工学系研究科に移行した。数理情報学専攻は

数理情報学原論大講座と数理情報学応用大講座の 2 大講座制となったが、運営の実態は、教授 1 と助教授 1 と助手からなる研究室（従来の小講座）が維持された。また、組織変更に対応して、工学部計数工学科のコース名称を、数理工学コース、計測工学コースから、それぞれ数理情報工学コース、システム情報工学コースに変更した。なお、2005 年（平成 16 年）には、東京大学が国立大学法人に移行した。

現在では、情報理工学系研究科数理情報学専攻を中心として、創造情報学専攻、新領域創成科学研究科複雑理工学専攻、生産技術研究所、先端科学研究センター、情報基盤センターなどに所属する教員

（11 研究室）が数理工学教室の教育と運営に関与している。

③ 基本的には、各教員がそれぞれ科学研究費などの競争的資金を獲得している。教室としては、平成 14 年度～18 年度に、東京大学情報理工学系研究科を中心とする 21 世紀 COE プログラム「情報科学技術戦略コア」に参画すると同時に、科研費基盤 S を獲得した。

④ 東京大学の教育体制により、第1学年次～第2学年次前期は、教養学部で、外国語、数学、力学・物理学、情報関係の基礎を学び、第2学年次半ばに、学生の志望に沿って学科振分けが行われる。第2学年次後半は、一般教養科目と専門科目が並行する形のカリキュラムとなる。計数工学科に進学した学生は、第2学年次後半に、計数工学科、物理工学科の両学科の講義を受ける。したがって、数値解析や最適化手法といった数理工学のコアとなる内容の講義だけでなく、計測、制御、量子力学等々の、幅広い講義を受けることになる。

第2学年次の終わりに、数理工学コース、計測工学コース（現在の名称は、数理情報工学コース、システム情報工学コース）への振分けが行われ、第3学年次から、数理工学の授業が本格化する。特に、数理工学の基礎科目として、代数数理工学、解析数理工学、幾何数理工学、確率数理工学、算法数理工学があり、応用を指向した数理の基礎を固める。その一方で、工学諸分野における数理工学的手法を紹介する科目として、数理計画法、情報理論、プログラム理論、応用幾何学、経済工学、制御理論、回路学、信号処理などがある。数理工学の講義科目については、10年に一度、見直しが行われ、個々の講義内容は変更されてきたが、基本的な構造は40年間変わることなく続いている。

実験・実習・演習に、多くの時間を割いているが、その内容は、時代とともに変遷した。古くは、工学部の伝統的な技術として、製図と実験に大きな比重が置かれていた。製図については、1990年代以降、コンピュータを利用した技術

(CADやNC(数値制御))へと移行した。また、実験については、従来、工学部共

通講座が担当する工学部共通の科目としての物理実験があったが、2000年代半ばには、各学科が担当することとなり、事実上、縮小された。その一方で、コンピュータ利用技術の教育は、時代とともに、拡充されてきた。現在では、演習として、プログラミング、統計手法(I,II)、数値手法、離散手法などがある。

第4学年次の後半には、研究室に配属となり、「卒業研究」を行い、卒業論文を提出する。これにより、「研究」とは何かを学ぶ。

以上が学部のカリキュラムの概略である。

最後に、大学院のカリキュラムについて、簡単に述べる。数理工学教室の教員が関連する専攻は複数あるが、ここでは、情報理工学系研究科の数理情報学専攻について記述する。

大学院修士課程への進学者が大幅に増えた近年の状況に対応すべく、2005年頃に、修士課程のカリキュラムの抜本的な見直しを行い、必修に準ずる科目として、線形数理要論、解析数理要論、確率数理要論、算法設計要論を新設した。これは、先端研究に必要な知識を体系的に提供するためであるが、同時に、計数工学科以外の学部（東京大学の計数工学科以外の学部や他大学）の出身者で、数理工学の基礎科目（代数数理工学、解析数理工学など）を受講していない学生に配慮したものである。

他に大学院の授業として重要なものに専攻の輪講がある。ここでは、院生が自から興味ある論文を読み、その内容を発表したり、自分の研究を発表したりする。幅広い分野を俯瞰できる機会であると同時に、自分とは専門を同じくしない聴衆に研究内容を如何にプレゼンするかを訓練の場として機能している。

インターンシップについて：従来、夏休み期間に約3週間程度の工場実習が行われてきた。実質的な必修扱いであり、数理の学生が現場の雰囲気を経験する貴重な教育機会であったが、企業側の受入れが減少し、学生側の希望も減少したことから、2000年頃からは行っていない。現在、インターンシップは、数理工学教室として組織的な世話を行っておらず、情報理工学系研究科での枠組みを利用している。また、学生が個別に機会を得る場合も多い。

学位取得について：例年10名程度の博士課程修了者がある。学位請求論文の提出に先立ち、予備審査会を設け、指導教員を含めた数名の教員により内容的な助言を行うことによって、学術的なレベルを保つようにしている。学生は、その助言を踏まえて数ヶ月間、研究内容の充実を図り、学位論文を完成させて学位審査に臨むこととなる。学位審査においては、論文発表数などの形式的な要件は課していない（しかし、実態としては、数件の既発表論文があるのが普通となっている）。学術振興会の特別研究員などの採用者も多く、学術的に高いレベルにある。なお、いわゆる論文博士は縮小の方向にある。

⑤ 応用数学科の設立当初から、広い意味での工学分野（社会工学や生体現象などをも含む応用諸分野）に数理を見出し、それを発展させ、さらにそれを応用分野にフィードバックするという学風がある。このような学風ゆえ、数理工学教室発の、応用研究から生まれ発展した数学の例が数多くある。

(a) 古くは、神経方程式（FitzHugh-南雲方程式と呼ばれる）の発見や神経回路網の理論の構築。それが発展して、現在「脳

数理科学」と言ってもよい分野ができている。

(b) 電気回路方程式の中にある数理を抽象化し、その本質を抜き出したマトロイド理論の応用研究。さらにそれを発展させた劣モジュラー関数の理論と応用とアルゴリズム。また、その方向性を、凸解析とよばれる最適化理論と比肩され得る形に昇華させた離散凸解析。離散凸解析は、在庫管理や数理経済学といった分野にも応用されている。

(c) 情報幾何学の創始。本教室では、普遍性、もしくは幾何学的観点から物事を見ることの重要性が強調されており、その観点から、古くは非リーマン幾何学を用いた塑性論が展開された。この伝統の上に、幾何学的観点から統計学を見る統計幾何学の研究が始まり、さらには、統計学のみならず情報理論、学習理論、システム科学、最適化等をも幾何学的観点から見る情報幾何学と呼ばれる分野が現在できている。

(d) 誤差がある環境下で、問題の解の精度を保証する方法論（精度保証理論および精度保証技術と呼ばれる）の開発。精度保証と密接に関係するが、高速自動微分と呼ばれる従来の数値微分法とは全く異なる関数の微分値評価法の開発。高速自動微分の考え方は甚だ自然なものであり、様々な方法、例えば、気象計算に用いられる4次元同化法なども高自動微分として理解できることが知られている。

(e) 超ロバスト幾何計算の提唱。位相情報を活用することによって、数値誤差が混入しても破綻することのない計算幾何学アルゴリズムの設計法が開発された。総称して、超ロバスト幾何計算アルゴリズムと呼ばれる。ボロノイ図を軸とした幾何工学の研究の世界的中心となった。

⑥ 工学系の学部・大学院における数学

の教育は、工学部各学科に共通の基礎教育の部分と、専門分野としての数理工学の教育に分けて考えるべきである。ここでは、後者を考える。

数理工学は、その名のとおりに工学（広い意味の工学）であり、数学を道具に用いて現実の諸問題に取り組む学問である。そのための、数学の素養と応用のセンスを身につけさせること、あるいは、理論と応用のバランスの上にとって問題認識力、数理的思考力、問題解決力を身につけさせることが数理工学教育の中核である。そのためには、数理的手法の有効性を、いくつかの代表的な例を通して学生に提示することによって、数学を道具として用いるとはどういうことかを理解させることも重要であろう。

以下、数理工学の学問としての性格を改めて述べることによって、数理工学教育の目指すべき姿を考える一助としたい。

[数学世界と現実世界] 単純化しすぎた言い方かもしれないが、数学は、数理的な言葉で明確に表された対象の性質を、証明とよばれる確認手続きを積み重ねながら理解しようとする学問体系である。たとえば、素数の分布の様子を調べたり、微分方程式の解が存在する条件を調べたりする。ここでの対象は、はじめから数学の言葉で記述されているという特徴をもつ。そしてこのことが数学の大きな強みとなっている。その理由は、このようにして作られた世界は、曖昧いところがなく、何が真で何が真でないかがはっきりしているからである。その結果、何ができて何ができないかもはっきりしており、与えられた問題が解けたかまだ解けていないかも明確に言うことができる。

一方、解決したい現実世界の課題は、普通は、数学の姿をしていない。現実世界は、数学のような閉じた世界ではなく、

必ずしも全貌のつかめていない非常に多くの要素が複雑に絡み合った、境界のない世界である。だから、そこでの課題を言葉にしようとしても、数学の問題を述べる場合のような綺麗な形では言葉にできないのが普通である。したがって、数学という閉じた世界を道具に用いて、その外の現実の世界の諸問題に役立てようとする、数学の世界と現実の世界を結びつける橋渡しが必要となる。このあたりの状況を模式的に示したのが下の図である。

この図では、右側が数学の世界を表し、左側が現実の世界を表す。右側の数学の世界の中では、数学の問題に対してその答を見つける解法がたくさん蓄積されている。

一方、図の左側に示すように、現実の世界にも解決したい課題はたくさんある。うまくいかなくて困っていること、もっと改善したいと思っていること、改革したいこと、新しく作り出したいもの、ほしいものなどである。そして、それらの課題の背後には、ものごとをいっそう複雑にしている要因がたくさん控えている。たとえば、情報を伝送する際に発生する雑音などの外乱、機械の故障などの不測の事態、データの欠落などによる情報の不足、生命現象のように、非常に複雑で科学的解明の難しい未知のものなどである。これらは、数学から見ると状況を不明確にし、対象をより扱いにくくしている「邪魔もの」である。このように、解決が望まれている現実世界の課題は、多様な側面をもった複雑なもので、数学の言葉で記述できる綺麗な問題からはほど遠いところにある。

[数理モデリング] 現実世界の問題を数学の世界で解決するときには、まずその問題を数学の言葉で数学の問題として

記述し直さなければならない。この作業は、「数理モデリング」とよばれ、得られた問題の記述は、現実の課題の「数理モデル」とよばれる。そしてこれは、一般にとっても困難な作業である。複雑な現実の中に埋もれた汚い問題を、綺麗な数学の問題に書き換えるためには、多くのことがらを切り捨てて、本質的なことだけを残す抽象化をしなければならないが、これを不用意にやると、本質的な部分も切り捨てられて解決したい課題から遊離してしまうという危険を伴う。

そのような危険があるにもかかわらず、数理モデルを作ることには魅力的な側面も多い。本質をうまく抽出したモデル化は、現象を単純化し扱いやすくする。情報が不足している場面では、適切なモデル化によって、欠落した情報を推測することもできる。未知のことがらに対しては、全く新しいモデルを創造し、それと現実をつき合わせることによって、対象の新しい理解が得られる可能性もある。

課題の本質を逃さない数理モデリングに成功し、数学の世界で問題を解くことができれば、その答を現実の課題の解決へ適用することは、比較的スムーズに行える。逆に、数理モデリングの際に、大切な本質を見落としてしまっていたのでは、それを解いて得られた答を現実世界へ適用しようとしても上手くいかない。

したがって、現実世界を数学の世界で記述しようとする数理モデリングと、数学の世界で得られた答を現実の世界に適用しようとする応用とでは、圧倒的に前者の方が大切である。数理モデリングは課題解決のための単なる前処理などではなくて、課題が真に解決できるか否かの鍵を握るという意味で、数理工学の最も重要なステップである。

東京大学数理工学教室が貢献してきた

新しい分野においても、この数理モデリングが重要な役割を果たしてきた。例えば、上述の(a)~(e)について具体的には次のような点が重要であった。

(a)の脳数理科学では、自然科学において未知の部分が最も多く残っている脳という対象の数理モデルをその構成要素である神経細胞に着目して作っている。

(b)の離散凸解析では、離散的な世界の中で最適化に役立つ構造を抽出しモデル化している。

(c)の情報幾何学では、不確定性が避けられない現実の問題を幾何学の視点から眺めることにより、確率分布族を用いた有効なモデル化を行っている。

(d)の精度保証技術と(e)の超ロバスト幾何計算では、計算が無限精度で正しくできることを仮定した理論は破綻するという現実に正面から向き合い、計算が有限の精度で行われるという現実を適切にモデル化して、現実に即した手法を構築している。

[新しい数学の構築] 着目する現実の課題を、その本質を逃さないように数理モデルへ翻訳することに成功したとして、次に行うべきことは、数理モデルという形で記述された数学の問題を解くことである。しかし、これも簡単ではない。なぜなら、数学という学問の体系作りは、それ自身で閉じた美しい世界を作ること为目标にして行われてきていることが多く、その中に現実から生じた問題を解くための道具が揃っているとは限らないからである。

現実の課題の適切な数理モデリングは、現実世界に対する新しい認識や新しい見方の上に得られるものである。その結果得られた数理モデルに対する問題は、従来の数学の枠組みの中では扱われていなかったという場合が多い。これは

すなわち、その問題を解くための数学自体も新しく作らなければならないことを意味している。これが、数理工学のもう一つの重要な側面である。

新しい問題の新しい解法をどのような方針で開拓しようとしているのかという点を上述の(a)~(e)について述べると次のようになる。

(a)の脳数理学では、脳を構成する神経細胞の働きをいろいろな側面から微分方程式や差分方程式として記述し、従来の解析学になかった問題意識に基づいた解析を行っている。

(b)の離散凸解析では、最適化が従来から比較的うまくいっている連続の世界と対比することによって、離散世界の最適化がうまくいく場合といかない場合を明確にしようとする壮大な構想に基づいて、新しい数学理論を構築している。

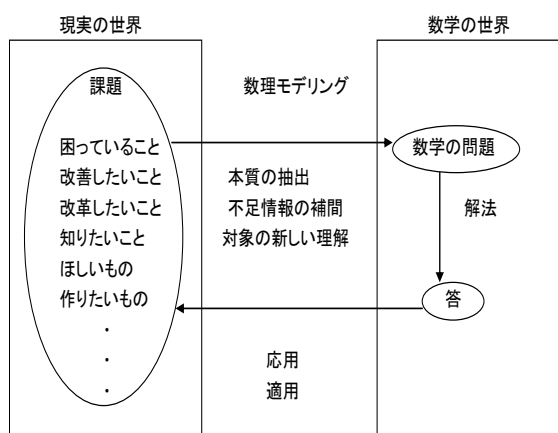
(c)の情報幾何学では、現実のデータを扱う統計学の問題意識から、情報の世界で本質的な役割を果たすような新しい微分幾何学を創造している。

(d)の精度保証技術では、有限桁精度の計算に基づきながらも、数学の定理を援用することによって、誤差の影響を受けないような数学的な言明が可能であることを示している。

(e)の超ロバスト幾何計算では、計算はいつも正しくできるという前提のもとで作られてきた従来の図形処理手法を現実の世界に合うように改良しようとすることを大胆に放棄して、計算精度はそもそ

も有限であるとの認識から出発して理論を作り直して、有効な手法を開発している。

[方法論の確立] 以上のように数理工学は、現実世界の課題に挑戦する学問であり、したがって、現実の課題をその本質を逃さないように抽象化して数理モデルへ変換すること、そしてその数理モデルで記述された問題を解くための数学を作ることが主な活動範囲である。これに加えて、数理工学にはもう一つ大きな特徴がある。それは、現実の課題を解決しようとする、ともすれば個別の工夫で済ませて解決する場合も多い中で、それで満足することなく、できるだけ汎用性のある方法論を確立しようとする精神である。数理工学の教育は、この精神を育む形で行うことが肝要である。



図。数学と現実世界の橋渡し。

● 中村 佳正氏（京都大学大学院情報学研究科長）

ヒアリング対象者：中村佳正氏
 役職名：京都大学大学院情報学研究科長
 場所：京都大学工学部8号館・大学院情

報学研究科長室(京都市左京区)
 日時：2009年12月9日
 ヒアリング調査員：梶原健司教授

① 京都大学工学部数理工学教室は1959年(昭和34年)4月に「豊かな数学的・物理的知識を備え、各専門分野の共通領域を総合的に研究すると同時に、工学全般にわたって広い視野に立つ技術者及び研究者を養成する」ことを目的として設立された。その重要性は現在でも失われておらず、数理工学教室では、高度な数学と物理学を基礎に、諸問題の解決を図るための手法を提供できるように、最適化・制御・情報・アルゴリズム・離散数学など幅広く最先端の数理科学の教育・研究を行ってきた。その結果、数理工学教室出身者の社会的ニーズは非常に高く、大学・企業の研究・教育職、電気、通信、コンピュータなどの先端企業、鉄鋼、化学、重機械工業などの基幹産業、銀行、証券、保険などの金融関係などに多方面に進出して、大いに活躍している。

② 創立当初は工学部の共通講座として存在していた数学と物理学の講座(3講座)に機械系や電気系の学科から制御とオペレーションズ・リサーチ、計算機工学などの講座を移し、9講座で工学部数理工学科を構成した。その後、平成7年(1995)に工学部の改組に伴い、数理工学科と情報工学科が統合されて情報学科となり、情報学科数理工学コースとなった。また、大学院は平成10年(1998)に情報学研究科が創設され、数理工学教室の講座は数理工学専攻、システム科学専攻、複雑系科学専攻に以下のように分かれて運営されている。

- ・数理工学専攻：応用数学講座(数理解析分野、離散数理分野)、システム数理講座(最適化数理分野、制御システム論分野)、数理物理学講座(物理統計学分野、力学系理論分野)
- ・システム科学専攻：システム構成論講座(適応システム論分野、数理システ

ム論分野)、システム情報論講座(情報システム分野)

- ・複雑系科学専攻：複雑系力学講座(非線形力学分野、複雑系数理分野)、応用数理学講座(計算力学分野、知能化システム分野)

学生定員は、工学部情報学科数理工学コースが40名、大学院情報学研究科の数理工学専攻が修士課程22名、博士後期課程6名、システム科学専攻が修士課程32名、博士後期課程8名、複雑系科学専攻が修士課程20名、博士後期課程6名である。平成21年度の段階で、数理工学教室創設以来、工学部数理工学科および工学部情報学科数理工学コースの卒業生は1867名を数える。

他分野との連携・共同研究の推進形態について：数理工学教室創設以来、研究・教育に関して数学・物理学・制御・OR4つの分野の独立性は高い。共同研究の推進形態について特筆するようなことはなく、各分野で関連分野との共同研究を、その分野に応じたやり方で行ってきている。例えば、数学・物理学系の講座では理学系の数学・物理学と同様の形態での研究が多かった。また、制御とORについては政府系機関からの委託研究や企業との共同研究が多い。最近では「情報学」という共通概念が浸透し、それに応じて数学・物理学系の講座でも社会からの要請に応じて委託研究や企業との共同研究が増えつつある。

③ 平成20年度の資料では、情報学研究科全体で科学研究費が約4億5千万円(32.1%)、委託研究費がほぼ同額の約4億5千万円(32.9%)、運営費交付金の研究関連の経費が約2億円である。数理工学教室に特化した資料はないが、科学研究費と委託研究費の割合はほぼ2:1程度ではないかと思われる。

④ 数理工学科のカリキュラムはその創立の経緯を反映して、数学・物理・制御・OR、4つの分野がそれぞれの分野の科目を提供し、各講座が自分たちの科目の責任を持つという形で運営されてきた。多分80年代半ばから次第に数理工学としての共通認識ができるとともに、学部カリキュラムは統一感がでてきている。大学院では情報学研究科創設以来、数理工学教室の研究室は3専攻に分かれており、各専攻独自のカリキュラムを縦糸、研究科共通科目を横糸とした教育が行われている。

学位取得については、制度として特に変わったことをしているわけではない。特色としては、修士のレベルで論文をほとんど英語で書かせている。学術雑誌への論文発表や国際会議での発表を在学中に経験させ、それをまとめて修士論文とする例が多く、論文としての完成度はかなり高い。博士については、学術雑誌論文3篇の内容をまとめることを提出基準とし、標準年限3年間での学位取得率が数理工学教室で80%（京大全体の平均が39%、情報学研究科の平均が50%前後）と高く、結果としてポストクが少ないことが特徴である。

インターンシップについては、学生が独自に見つけてきて勝手に行くという風潮が強く、学科や研究科で組織的に行うことはこれまでなかった。

数理系と情報系が一緒に学科を運営すると、ややもすると学生が情報系に流れやすいと言われるが、情報学科の場合も例外ではなかった。1年次の専門科目として設置されている数理工学を紹介する概論講義に力を入れ学生に数理工学の周知を図る、数学・物理学の基礎科目を数理工学コース教員が担当するなどの努力をした結果、現在では情報学科1年生の

間に数理工学コースを志望する学生を安定的に確保できている。

⑤ 設立当初の経緯から、少なくとも80年代中盤までは、数学・物理学・制御・ORの各分野が独自に自分たちの分野の研究と人材育成を行ってきたように思う。数学系の講座は数学会で活動して数学者を養成し、物理系の講座は物理学会で活動して物理学者を養成する、というように。したがって、工学研究から生まれた・発展した新しい数学の例はあまり思い当たらない。しかし、工学部出身だからこそ発展した数学の例として、三村昌泰氏（明治大学教授・明治大学グローバルCOEプログラム「現象数理学の形成と発展」拠点リーダー）の進めてこられた反応拡散系の研究を挙げたい。三村氏の研究は偏微分方程式の分野をリードする大きな流れとして成長してきた。三村氏の数学では大胆なモデリングや方程式の取り扱いが特徴的である。また、厳密な証明だけでなく、予想を入れてみたりコンピュータシミュレーションでつないだりしつつ全体としてストーリーを組み上げるというスタイルは、伝統的な数学で育った数学者ではなかなか発想できないものであろう。

⑥ 数理工学教室は今年創設50周年を迎えたが、その活動の様子は前半25年と後半の25年に分けられると思う。前半の25年間は、前項でも述べたように数理工学教室は4つの分野を担当する講座の研究・後継者育成の独立性が高く、共通した「数理工学」という認識は薄かったように感じる。それが25年ほど前の80年代中盤から90年代にかけて、徐々に数理工学という共通概念が浸透し、それに応じて研究や教育の方向も徐々に統一化され、さらに現在は情報学というキーワードでより大きくまとまりつつあるところ

だと思う。変わってきた要因として、まず第一に、数理工学教室で育った教員が教授となって中核の意志決定を担うようになったことが大きい。第二に、学生の自主性や資質を尊重するという京都大学の伝統的な風土が挙げられる。4年生となって研究室に配属された学生に対し、教員がテーマを「与える」のではなく、まず学生のやりたいことを聞いて、それに応じてテーマを設定するという指導をする。そのため、社会や学生の意識の変化に応じて研究・教育の方向がゆっくりと変わっていく。最近では、教授の採用も公募によるようになってきたので他大学や他分野出身の教授が増え、変化が加速し、数学・物理学・制御・ORの4分法では簡単に括れなくなっている。

情報学研究科が創設されてから10年経ち、最近では工学という意識がやや希薄になり、代わりに情報学という意識が強くなっている。山口昌哉先生の言葉をお借りして「『コト』の科学」を情報学とするならば、「コト」を扱う以上、そこには背景を離れてある種抽象化したモデルの世界がある。モデルを扱うためにいろいろな理論があり、強力な武器として数学やコンピュータなどいろいろなものがある。そのように情報学を広く見るならば、もはや工学に押し込めておく必要もなく、人文系など他の分野でも有用

な方法論になり得ると思う。では具体的に何をどうすればいいのかということになると、現時点では組織としての共通認識があるわけではない。個人的には、「Analysis and Design」が情報学の共通キーワードだと考えている。数理工学も本来まさにそういうものだし、対象や目的は数学・物理・シミュレーション・情報処理・データベースなど各分野で変わるだろうが、Analysis and Designを一貫してやりきる、という点では共通だと思う。各分野で、Analysis and Designをその分野のピークになるような高いレベルで行っていれば、全体として強さの中での一体感が出てくるだろう。その中からうまくいったり残ったりするものが現れ、50年後には情報学や数理工学とはこういうものだという再定義が可能になると思う。応用数学研究をこのような枠組みでとらえていいなら、まさに我々がやっていることが情報学における応用数学研究の現在であり将来であると考えている。Designまで一貫して行い、実際の社会や人間に結びつけようとしている部分に、工学という問題意識が残っていて、それが工学部に足を残している積極的な理由かも知れない。Analysisだけだと、それはそれで面白いかも知れないけれど、情報学としては完結しないと思う。

1.3.3 グローバル COE

数学関連グローバル COE プログラム (括弧内は中核となる機関)

- 物質階層を紡ぐ科学フロンティアの新展開 (東北大学)
- 数学新展開の研究教育拠点 (東京大学)
- 計算世界観の進化と展開 (東京工業大学)
- 現象数理学の形成と発展：モデル構築における新たな展開 (明治大学)
- 数学のトップリーダーの育成 —コア研究の深化と新領域の開拓 (京都大学)

○マス・フォア・インダストリ教育研究拠点（九州大学）
に対して、

- ◎拠点形成の目的
- ◎人材育成の方針
- ◎人材育成の方策

について情報収集による調査を行った。掲載文は当該機関の確認を得ている。

● 物質階層を紡ぐ科学フロンティアの新展開（東北大学）

機関・中核となる専攻等：東北大学・理学研究科物理学専攻

事業推進担当者：（拠点リーダー）井上邦雄 外 25 名（数学系は、小菌 英雄、小谷 元子、宮岡 礼子、柳田 英二、塩谷 隆、小川 卓克）

拠点形成の目的（概要と特徴）：

宇宙の創生・進化の過程において形成された素粒子、原子核、凝縮系物質、天体・宇宙という物質階層固有の研究を進展させつつ階層間の連携を格段に深め、物質階層を紡ぐ科学フロンティア研究を展開する国際研究教育拠点を構築する。

ニュートリノ物理学に関する国際的ネットワークが基盤。キーワードは「サイエンスウェブ」、「グローバルエデュケーションハブ」の構築。

人材育成の方針：

国内では理科離れや数学能力低下のなか、基礎科学の進展と社会との乖離が顕在化しつつある。この状況を打破するため、社会との関係を意識した研究展開とともに、研究成果を平易に社会に伝えオピニオンリーダーとして活躍する人材の育成を行う；社会に適応した優秀な理系人材・科学リテラシーを有する文系人材を育成。

拠点が主導する世界的な基盤研究施設や高精度測定装置・技術を活用する。

○物質階層を鳥瞰する自然観を持ち、異

分野も見渡せる能力、○新しい物を生み出す発想力・忍耐力、○国際的研究環境下での責任感・リーダーシップ・協調性、○科学倫理観を持ち、科学の活用・普及をする能力

人材育成の方策：

○研究参加プロジェクト：広域かつ創造的なサイエンスウェブ上の最先端研究への大学院生や若手の主体的参加により新分野創出を体験させる。[基礎学力と創造性の涵養]

〈数学の例〉・流体やうずの数学的取扱いによる太陽問題（ニュートリノ天文学）、
・結晶成長に対する平均曲率研究の応用、
・核スピントロニクスと非可換幾何、

・幾何学形状に関する励起スペクトルの分類とナノ・新機能物質開発

○国際協働プロジェクト：関係の深い国際基盤研究拠点と海外協働拠点校を中心として双方向国際協働教育を展開し、国際社会で主導的な役割を果たす人材を育成。[国際化]

「グローバルエデュケーションハブ」の構築：協定校（33 部局以上）と連携して人材・教育・研究。特にダブルディグリー制度：清華大（理学）、エコールノルマル（理学）

○広域教育プロジェクト：階層融合教育により他階層の思考・手法を理解し、物質階層全体に亘る視野を身につける。さ

らに、科学哲学・科学倫理教育を導入し、自然観の形成と科学技術を活用・普及する能力を養成する。[自然科学と人文科学の融合]

○社会交流プロジェクト：社会交流への参加により自身の研究の学問的・社会的な位置づけを認識させ、多様なキャリアパスを形成する。[キャリアパス創生]

● 数学新展開の研究教育拠点（東京大学）

機関・中核となる専攻等：東京大学・数理科学研究科数理科学専攻

事業推進担当者：（拠点リーダー）川又雄二郎 外 20 名

拠点形成の目的（概要と特徴）：

数学は「科学の言葉」で、科学技術立国のインフラとして不可欠である。当専攻は数学系の人材供給基地としての責任を自覚し、一級の人材を育てることを目標とする。数学研究の次世代リーダーと数学イノベーションの担い手を育成するとともに、数理的思考力を生かして社会に役立つ人材の供給を目指す。代数学、幾何学、解析学、応用数学の 4 研究部門と、ファイナンス、情報数学、数論幾何学、複素幾何学、無限次元表現、数理物理学、統計解析計算、非線形現象、視覚などの研究班の活動を通して、研究者間の相互作用を高め、研究を活性化させる。

人材育成の方針：

博士課程の学生に対しては、抽象的思考のトレーニングを行い、しっかりした数学知識の基盤を確立させるとともに、国際的な研究環境において国際舞台で実力を発揮できる人材に育てる。数多くの多様な外国人研究者たちとの交流を通じて、広く社会の多分野で活躍できる人材の育成を目指す。抽象的思考の習慣は、数学研究はむろんのこと、企業人となっても役立つ。

人材育成の方策：

○若手研究者：・国際的に著名な研究者を特任（准）教授として雇用する。

・優秀な国内外の若手研究者を特任助教や PD として雇用する。

・欧米などの優秀な若手研究者を招聘する。

（多くの外国人訪問者が滞在し国際的雰囲気にあふれる研究環境→大学院生に刺激）

若手研究者教育コーディネーターが特任助教や PD など若手研究者のキャリア形成のための指導を行う。アカデミックな研究職につき、研究者として生きていくことの手助けを行う。

○大学院生：・大部分の学生を RA または TA に採用する。

・短期間海外に派遣する：研究発表しアドバイスを受ける。サマースクールに参加。

・「社会数理特別講義」の開設：官公庁、民間会社など数学を使って仕事をしている研究者によるオムニバス講義。実際に活躍中の方々の話から広い識見を身につける。

人材育成コーディネーターが若手人材のキャリア形成を支援する。

○経済学研究科と連携してファイナンス研究班を立ち上げる。外部の実務家を交えた共同研究により、実効性のある金融理論の研究を行い、実務家を養成する。

○情報理工学研究科と連携して情報数学

研究班を立ち上げる：最適化の構造と
計算技術、暗号・符号理論をはじめと
するインターネット数学の基礎理論

● 計算世界観の深化と展開（東京工業大学）

機関・中核となる専攻等：東京工業大
学・情報理工学研究科数理・計算科学
専攻

事業推進担当者：（拠点リーダー）渡辺
治 教授 外 22 名（数学系は、石井
志保子、小島定吉、佐藤孝和、志賀啓
成、二木昭人、西畑伸也）

拠点形成の目的（概要と特徴）：

計算世界観とは、「計算ならざる物の客
観的・確証的な解明は人知を超えている」
という立場に立ち、科学的に解明可能な
ものすべてを計算とみなす世界観である。
この考え方のもと、計算中心の科学を実
践する**計算数理科学者**を育成する。研究
面では、計算世界観の数理科学的深化、
その新世代大規模スパコン/HPC（高
性能計算）への適用、さらに科学の新た
な手法としての展開を目指す。

対象となる数学分野の例は、公開鍵暗
号（計算という概念から生まれた新概念）、
バイオインフォマテクス（計算効率のよ
いモデル化・データ分析法）、最適化手
法による革新的なアルゴリズム（脱ラン
ダム化）など。

人材育成の方針：

計算世界観に基づく科学を実践する計
算数理科学者を本拠点の博士課程修了者
から多数輩出し、大学だけではなく企業
も含めた多くの分野へ進出させる。その
ために、一貫したプログラムを組んで計
算数理科学者の発掘から育成・輩出ま

でを行う。

人材育成の方策：

○**計算世界観教育プログラム**として、数
理的解析と高性能計算を駆使できる科
学のジェネラリストたる博士育成を行
う**計算世界観・特別教育研究コース**を
設け、一貫した教育を実施：

- ・数理に強い人材の国内外からの発掘
（人材発掘スクール・GCOE 紹介セ
ミナー）→ 要素技術・知識のスク
ーリング（技術修得スクール）→ 研
究室間派遣（**出向修行制度**）→ 学
生・ポスドクの発表（**数理科学フォ
ーラム**）、研究派遣（**研究インター
ンシップ**）

※準備コースとして、博士課程1年前
期に「**数学速成コース**」と「**プログ
ラミング速成コース**」が用意されて
おり、講義の前提となる数学やプロ
グラミングの基本的な知識・考え方
を修得・復習できるようになっている。

○達成すべき数値目標：

- ・世界をリードする若手計算数理科学
者を拠点から5名以上輩出。
- ・本拠点で提案する各種教育プログラ
ムを大学の教育システムとして制度
化・組織化。

● 現象数理学の形成と発展：モデル構築における新たな展開（明治大学）

機関・中核となる専攻等：明治大学先端数理科学インスティテュート(MIMS)、広島大学大学院理学研究科数理分子生命理学専攻

事業推進担当者：(拠点リーダー)) 三村 昌泰 教授 外 14 名

拠点形成の目的(概要と特徴)：不確定なゆらぎを経て自己組織化しダイナミックに変化しながら発展していく複雑なシステムは、生物界のみならず発展する社会や変化する自然界においても現れる。このような非線形現象の本質を見抜き理解する抽出モデルの構築をかなめとする新しい現象数理学の形成を目的とする。現象数理学の国際的な研究拠点となるとともに、複雑化する社会において本質を見抜く能力と、数理科学的技術を身につけた人材を育成・輩出する教育拠点の形成を目指す。その成果は、複雑化する21世紀社会に貢献する数理科学の発展へとつながる。さらに、数学界へのフィードバックにより、現代数学の新たな発展と裾野の拡大を促し、数学から社会への掛け橋となるものである。

人材育成の方針：複雑化する社会において本質を見抜く能力と、数理科学的技術を身につけた人材を育成・輩出する教育拠点の形成を目指す。先端数理科学インスティテュート(

○ MIMS) を教育研究の基盤として、広島大学大学院理学研究科数理分子生命理学専攻、海洋研究開発機構・地球シミュレータセンターと相補融合し、現象数理学の方法と技術を習得した人材を輩出する。また海外研究機関と連携し、国内外から優れた人材を集め、国際的な教育研究拠点を形成する。現象数理学の若手研究者育成のために、MIMS 専従の教員を採用している。実績：

2008年度(准教授1名)、2009年度(教授1名、講師1名)、2010年度(准教授1名、講師1名)

人材育成の方策：

○現象の理解および現象のモデル構築を高いレベルで習得し、現象数理学の国際的なリーダーを育成する「MIMS PhD プログラム」を展開している。受講する学生に十分な経済的支援、研究環境を保障するため、MIMS 特別研究員制度を実施している。

○指導方法はチームフェローによる複数指導体制をとる。「現象の数学的記述であるモデリング」、「その解析であるシミュレーション」、「数理解析」の相補融合的な連結教育が不可欠。学研究テーマに応じて MIMS においてモデリング、シミュレーション、数理解析分野の所員/研究員から各1名がフェローとして選出、3名が組んだチームによる研究指導を行っている。

○若手研究者自らがコーディネーターとなって、現象数理学分野の研究者を巻き込んで実施する現象数理若手プロジェクトを公募し、自立した研究者の育成を推進している。さらに、国内外の現象数理学の多様な研究者を講師として招聘し、国際現象数理学スクールを年2回開催している。

○現象数理学の大学院教育として2011年度先端数理科学研究科を開設、さらに若手研究者が研究に専念できる環境として、2013年度新研究科とともに MIMS を明治大学中野新キャンパス内に展開する。

○現象数理学の国内外の優れた人材を雇用・招聘するとともに、卓越した若手人材を集めるため MIMS スーパーPD 制度

を実施し、優れた業績をあげた者を専任教員として雇用するテニュアトラック

制を導入している。

● 数学のトップリーダーの育成 —コア研究の深化と新領域の開拓（京都大学）

機関・中核となる専攻等：京都大学・理学研究科数学・数理解析専攻

事業推進担当者：（拠点リーダー）深谷賢治 教授 外 18 名

拠点形成の目的（概要と特徴）：

数学は科学全体の基盤であり、数学の教育・研究はわが国の発展に不可欠である。わが国の数学研究の次世代の指導者となるべき若手の層が薄くなりつつある。また、高度科学技術社会では数学的素養をもった社会人や研究者が今以上に必要とされる。数学の世界的リーダーの輩出を続け、国際数学研究拠点をより発展させる一方、高度な数学的能力をもった人材を多様な分野で育成し、社会・他分野へ供給する。

人材育成の方針：

(1)[トップリーダーの育成] 博士後期課程やポスドクとして研究テーマを模索する時期に国際的な研究交流の中で大きな進歩が生まれる現場に立ち会う事は、その才能を開花させる絶好の機会である。

(2)[多様な分野での人材の育成] きめ細かい教育により高度な数学的能力を育てると同時に、コミュニケーション能力や社会でのニーズに応えられる柔軟性を養う。

(3)[国際数学拠点] 京都大学で常に国際的な数学研究が行われている状況を継続発展させ、国際的な優れた研究環境を人材育成にも活用する。

人材育成の方策：

(1)[トップリーダーの育成]：(i)国内外の

優秀な若手を次世代リーダー候補とし、特任助教・上級研究員に雇用して自由に研究させる。特に優れた者はテニュアトラックの特任准教授とする。これ以外の研究員も雇用して研究者層の充実を図る。

(ii)(i)で雇用した者を含む若手研究者を海外に派遣し、国際的な研究経験を与える。

(iii)海外の優秀な大学院生を受け入れ、国内の院生と刺激し合い研究意欲の高揚を図る。

(2)[多様な分野での人材の育成]：(i)企業や他分野の第一線の研究者からなるアドバイザーリーボードを設置し、多様な分野でリーダーとなる数学人材養成のモデルを作る。

(ii)社会の最先端で活躍している人々を特任教員や講師として招聘し、博士号取得者の多様なキャリアパスの拡大に役立てると共に、数学的人材が有用であるという認識を図る。

(iii)狭い意味での数学の研究者以外のものが学位を取得できるように、従来とは異なった学位取得の基準を設ける。

(iv)学位をもつ若手研究者を特任助教として雇用し、経験を積んだ教員の指導のもとに、学部における教育の経験を積ませる。

(3)[国際数学拠点]：(i) [G1] 数論と代数幾何の融合、[G2] 無限と大域の対称性、[G3] 複雑現象の数理解析、[G4] 計算と最適化の応用数理、の4つの研究グ

ループを作る。

(ii) トップレベルの研究者を特任教授として雇用して、研究と人材育成に役立てる。

● マス・フォア・インダストリ教育研究拠点(九州大学)

機関・中核となる専攻等：九州大学・数
数理学府数理学専攻

事業推進担当者：(拠点リーダー) 若山
正人 外 21 名

拠点形成の目的(概要と特徴)：

マス・フォア・インダストリ(MI)とは、純粋・応用数学を流動性・汎用性をもつ形に融合再編しつつ産業界からの要請に応えようとすることで生まれる、未来技術の創出基盤となる数学の新研究領域である。数値解析、統計を計算代数、学習理論により強化し、広範な数学領域を統合再編し、可視化研究、数値/数式計算、統計科学の世界的拠点構築をはかる。「数と式」、「不確定性」、「形と流れの機能数理」およびその基礎の4ユニットを編成し、MIの教育研究の推進し、技術の未来をになう国際的な若手 MI 研究人材を育成する。これによって、技術のブレークスルーを生む可能性を向上させる。

人材育成の方針：

世界の数学研究をリードする研究者を持続的に輩出し、同時に、国内の民間企業開発部門において大きく不足している数学的基礎をもつ人材養成システムを確立する。数学博士の新しいキャリアパスを開拓する。長期インターンシップ制度の拡充をはかり、産業技術数理研究センターを通して産学連携を推進し、海外研究機関との交流を推進、さらに、神戸大学やシステム情報科学府と連携し、広い視

野と国際性を持ち、独創的研究を遂行できる人材を育成する。

人材育成の方策：

○博士後期機能数理学コース：・長期インターンシップ(3か月以上)の拡充をはかっている；オランダや米国などの海外企業を実施先として開拓している。

・カリキュラムを整備し、新しい学位「博士(機能数理学)」授与システムを構築した。

○大学院生：博士後期課程学生を RA に雇用、とくに優れた院生を各学年から2割程度選抜し、時間単価の高い TRA に雇用している。TRA は新修士課程 MMA コースのセミナーレポートの添削を行う。

○若手研究者：・とくに優秀な若手を MI 助教に採用し、教育経験も積ませて将来の国際的研究リーダーとして育成している。

・新しいタイプのポストドク MI リサーチャーを創設した；企業等の研究所・研究開発部門への就職を希望する人を対象で、企業との共同研究を行っている。

○産学連携：・富士通研究所から招へい教授を任用したほか、企業から数学研究者を客員教員や非常勤講師として任用して、集中講義やセミナー指導を行っている。

・産業技術数理研究センターを窓口と

して、いくつかの民間企業と本格的な共同研究を実施している。ポストドクやRAも雇用して、人材育成にも役立てられている。

○**英語講義**:外国人講師を招聘して英語による講義を実施し、国際性の涵養をはかっている。講義ノート**MI**レクチャーノートシリーズの中に収めて

いる。

○**欧文学術誌**:査読付 e-Journal Journal of Math-for-Industry を創刊。数学上の新発見の他、数学による技術の新しい進展についても掲載する学位論文の核心部分を発表することもできる。

1.3.4 東京大学数物連携宇宙機構

東京大学数物連携宇宙研究機構に以下のヒアリングを行った。

● ヒアリング項目：

- ① 数学に対する期待（“数物連携”の目指すところ）
- ② 数学・数理科学との連携・協力の観点からの活動状況
- ③ 数学・数理科学との協働ならびに人材育成に関わる方針と成果
- ④ 将来の組織像

● 村山 斉氏（東京大学数物連携宇宙研究機構 機構長）

ヒアリング対象者：村山斉氏

役職名：東京大学数物連携宇宙研究機構 (IPMU)機構長

場所：東京大学数理科学研究科長室と村山研究室（バークレー）とのテレビ会議

日時：2010年1月29日

ヒアリング調査員：大島利雄教授、河野俊丈教授

① 数学に対する期待ということだと、物理学者から見た場合、数学はやはり全ての物理理論の定量的な基盤ですから、数学がないと本当に物理はできないと思っています。例はもちろん沢山あるわけで、そもそもニュートンは木から落ちる林檎を理解するためにどうしても微積分が必要なので作ってしまったという事もありますし、もっと現代のものを見るとアインシュタインの

重力理論はリーマン幾何学がなければ出来なかった。それからディラックをはじめ量子力学が使われるときというのは、非可環代数が突然必要になってきて、これなしにはやはり理論を作ることはできなかった。それから超関数であるとか、それからもっと最近のゲージ理論になると、トポロジー、ファイバーバンドルであるとかいったものがやはり出てきます。ということで、やはり数学の言葉がないと物理もできないということが実際沢山あったわけです。ですから今後もそういったことを期待します。新しい物理法則を見つけていくときには、おそらく物理学者のまだ知らないような新しい数学、もしかするとまだ存在していないような数学が必要になる可能性というのは十分にあると言えるわけで、そこが物理学者から見たときに数学に対する非常に大きな

期待です。特に、宇宙の問題という事に限ると、物理法則が宇宙を記述できない、破綻するというのはビックバン自身ですね。宇宙はどんどん大きくなって薄まっているわけですが、元にもどればいずれ全宇宙が点になってしまう。エネルギーは無限大になる。そうするとそれは特異点ですから、物理法則を今のアインシュタインの重力法則を適用することはできない。それをなにか回避するようなものを考えようといったときには、やはり数学が出てくるのではないかという風にすごくナイーブに思っています。例えば特異点の解消問題というのは、それこそ広中さんをはじめ代数幾何では非常に自然な問題ですし、無限大というものそのものを数学ではアレフ0、アレフ1など、無限大にもいろいろな規模があって、そういうものをキチンと分類していくとか、ちゃんと定義して扱っていくということが行われてきているわけですから、そういう進展を使ってビックバン自身の特異点を解消するというような理論が作れるのではないかと、思います。それからこれは私自身がやっている事ではないのですが、大栗さんのように紐理論を研究されている方は、元々10次元の時空の中に住んでいて、6次元を非常に小さくコンパクト化する。で、そのコンパクト化された6次元の幾何学が4次元の物理法則にモロに跳ね返ってくるという形で理論ができていますので、6次元の幾何学というのが当然非常に重要になる。そこで最近では6次元の幾何学の人が、特にカラビ-ヤウ多様体とシンプレクティック多様体の間のミラー対称性みたいなものに、物理学者が何か試行錯誤でやっているうちに何となく気がついた。それが数学のほうでも非常におもしろいということであるということで、研究の触発になったというのがありますから。そういう格好で物理法則を作るためにどうしても

数学がいると、そのニーズが数学の人にとってもベネフィットになるかのような形があれば、機構としては理想だと思っているわけです。そういう意味で本当に互いにキャッチボールしながら、お互いの利益になるように一緒に進んでいくということがIPMUとしては理想と思っているところです。

物理にとってもう一つインパクトが大きかったのは群論です。もともとは数学者のなかでもあまり役に立たない分野だという風に言われていたと思うのですが、物理学でとくに量子力学ができてからは系の対称性といったものを議論するようになると、当然対称性ですからそれは群を作ることによって本当に欠かすことのできないツールになってしまっています。

② 数学の人と物理の人が一緒にいて共同研究をするというよりはむしろ、互いの興味を触発するような環境を作るというのが機構の果たしている役割だと思います。むしろ河野先生に補っていただきたいんですけども、例えば数学の人と、紐理論の研究者は同じセミナーを共有しており、最初の30分は講演をする人にできるだけ一般的に話が通じるように話してくれと無理なお願いをしています。そして、30分経った後もっと深いテクニカルな部分を知りたい人は残るけれど、居たくない人は出て行って構いませんよ、失礼じゃありませんよという、そういう理解で斎藤恭司さんがセミナーを引っ張ってくれています。それは非常に評判がよくて、物理の人もこの数学というのはこのためにやっているのかということが分かったり、数学の人も同じように思うことがある。多分テクニカルの話の中で一番得にくいものというのは、話が突然テクニカルになってしまうと何故そんなことがやりたいのか、何に興味があるのかということ、ビックピクチャーといいます

か、大きな目で見たとその仕事の位置づけからあまり話をしないことが多いわけですが、特にそれをやってくれという風にやっているわけで、それはすごくコミュニケーションを助けていると思います。それからいくつか実際に物理学者と数学者が共同で論文を書いたという例も出ています。駒場のポストドクをしていた戸田さん、彼はIPMUの准教授ですが、同じように本郷の理学部で物理学の助教をしていた渡利さんが准教授でIPMUに来ています。その二人は共著で論文を書いています。何をやるかとしたかという、物理学の紐理論から出てきたことですが、紐理論をつかって何か定量的な予言をしたいと思った場合には、先ほどもいったようにやっぱり6次元の幾何学が問題になり、特に最近さらさら紐理論の発展版でF理論というのが少し流行っていて、そうすると実は複素4次元のカラビヤウ多様体を考えなければいけない。そしてその上でのインターセクションナンバーであるとか具体的な計算をすることが素粒子の性質に跳ね返るといふ仕組みになっていて、その計算をするのがなかなか難しい。物理学のコミュニティではできた人がいなかった。それでたまたま二人共同の研究所にいて、話をしているうちに戸田さんが私の理解ではこうすれば解けるというような助言をしたのだと思います。その結果、共著論文としてそれが出版されています。二人とも30代前半だとも思います。それから、ちょっと違う例ですけどもポストドクの二人、ドイツ人のSusanne Reffertとイタリア人のDomenico Orlandoという人がIPMUにいて、IPMUの諮問委員会というものがあって、諮問委員会が毎年来て総長に対してここはこういう風にうまくやっているとか、ここはもう少し改善した方がいいとかいうレビューをしてくれます。その中にバークレイのレシェテヒ

ンを呼んでいまして、彼が毎年来る。それで共同研究になりました。ストリングの研究をしているポストドク二人と、ニコライ・レシェテヒンの共著の論文がでています。ですからお互いが触発し合うというソフトな、環境面だけじゃなくて、具体的な共著の論文という例もいくつか実際に挙がっている、なかなか稀に見る環境なんじゃないかと思っています。

外国の研究者も長期とか短期とかいろいろな人がいます。

(河野氏の補足) 数学とストリングの共同のセミナーだけではなくて、ワークショップとかいう形でも数学と物理の参加者がちょうど同じぐらいというような研究会が最近ずいぶん見られ、お互いにイントロダクトリーなトークというのを必ず入れています。そこで共同研究だけでなく共通理解を深めている。とくに同じ概念に対する理解の仕方が随分違うことがありますので、それを、ティータイムなどを通じて埋めていくというようなことをやっています。

③ 人材育成に関する方針ということだと、とにかく物理学者と数学者が話をする環境を無理やりつくろうというのが基本的な方針ですから、今お話ししましたけれどもお茶の時間というのは結構重要で、自然にやはりみんな話をしています。よく見る光景はお茶の時間にわいわい世間話をしている間に、どうせ研究者だからみんな頭の中は研究でいっぱいなので自分の考えている話なんかをすると、その辺の黒板で物理学者と数学者が議論をしているという風景を毎日のように見ますから、単に同じ場所にいるというだけで随分違うんだなあということは感じさせられます。これは先ほどでてきた渡利君が実際に言った言葉なのですが、組織に壁がないというだけでこんなに違うのかという風にしみじみ言っていました。それからIPMUの中に数学部門とか物理部

門というものを作ることを極力避けていて、全員で一つの研究所である、みんな一つのグループなのだというスタンスでやっているの、それは随分役に立っているようです。それから人材育成に関してですが、助教以上の人を採用する場合には、IPMUの助教以上の方は基本的にインタビューに参加するというので、物理の人に対しても数学の人が話をし、数学の人に対して物理の人が話をし、その時の印象をもとに採用するというをやっていますから、そのプロセスについても全員で共有しているということではないでしょうか。そこで個人的におもしろかったことなのですが、採用するにあたって、先ず推薦状を読むところからもちろん始めるわけですが、推薦状のスタイルというものが非常に違うということに気がつきまして、すごく面白かったです。数学の推薦状は私から見ると基本的に、この人はこういう定理を証明したということが羅列されていて、なぜそれが素晴らしいことなのかというようなコメントがあまり見られないです。事実だからこれで間違いない、それ以上の主観的なコメントをむしろ避けるというスタイルのように感じられます。物理学はまた違うわけ、この人は世界で何番目くらいだというような、適当なことが一杯書いてある。そこら辺りの推薦状の読み方から文化の違いを考えなければいけないということを学ぶわけで、そういうことを積み重ねていくと、互いに会話をするときはどういうところに気をつけていったらいいのか。いわば外国人と会話するとき文化が違うから、どういう風に接していったらこの人と会話ができるか、やはり考えながらしゃべるとい、それと同じようなものだと思います。そういう普通の研究の内容だけではなくて、推薦状であれ、採用の仕方であれ、セミナーの仕方であれ、そういうものを共有して

いると、段々こういう風に会話をすれば意味が通じるのだなということをお互い学んでいるのだと思います。まだまだ学ぶところは多いわけですが、ほとんど無理やりやっているということで、文化のバリエーションを越えて同じ研究所の同僚として一緒にやっていくような人材が育ってきているように思うので、それも人材育成にはすごくインパクトがある、実際意識してないですけど、すごいことだと思います。

新しい建物のコンセプトは文字通り分野を越えた融合を進めるためという建物になっています。五階建ての建物です。3、4、5階がオフィス、研究者の居室があるところなのですが、多分伝統的な建物だと、3階に例えば数学部門がいて、4階に物理部門がいて、5階に天文部門がいるというような感じになると思います。でもそれをやってしまうと、3階と5階の人はもう絶対に顔を合わせない。たまに合わせるのもエレベーターの中で一緒になって、やあこんにちは、というぐらいであるということになってしまう。それは絶対に避けなければいけない。それで私自身も建築委員長をして下さった柳田さんも色々アイデアを出したし、最終的には大野先生という環境棟の、新領域の先生がデザインされたのですが、どうやってそれを避けるか。その答えは3階から5階のオフィスが外周にあるわけですが、螺旋にする。そうすると3階から5階というのは基本的に一つの階であるという形になるわけです。その真ん中に大きな穴が開いていて、天窓がついていて、その下に大きな交流エリアがある。そうするとオフィスはみんな交流エリアを囲む恰好で存在している。それで中で何かすごく活発に議論が行われているようであったら、覗いてみればどのオフィスからもその様子がわかるわけです。そういう恰好で自然にみんなが同じところを向いているような配置

にする。で、全員が基本的に同じ階だという風に考えることができる。そこら辺が今いったような思想を実現するために工夫してもらったところです。

④ もちろん恒久化を一番最初から心配していたわけで、なんとか東大の中に、今は外部資金からきたお金で東大のなかに作ったわけですが、東大の組織の中に組み入れられてない感じがするわけですから、ひどいいいかたをすると鬼っ子であるという位置づけなのだと思います。それが徐々に東大のなかで認知され、価値があると思われて、それが段々定着して行って東大としてこれは恒久化しようという風に動いていくという筋書きだと思いますので、東大のなかでこれが十分いいところであるということを知ってもらうことが非常に大事だと思っております。土屋さんとか斉藤さん、それから河野さんを通じて数理と連携を図っているというのは、それは非常に大事なことだと思います。それから最近始めたのですが、IPMU の研究者に集中講義を理学部でもらうということがあって、そういう形も今後増えていくといいのではないかなと思っています。それから学生を指導すると、そういうところから徐々にIPMU が東大のなかに浸透していく。そういうことをベースにして最終的に東大のなかに組み入れられた組織になるということだと思います。で、組み入れられるときに、また IPMU をバラバラにしてこの人は数学だから駒場、この人は物理だから本郷ということになると、またまったく意味がなくなってしまうから、今の不思議な組織のあり方をなんとか維持しつつ東大の中の一員として迎えられるというような事になっていくことが必須です。これはしばらく手探りしてどうにかたちがいいのか本部と相談しながらやっていくということです。

その他 (ヒアリング後)

村山：数学に要望とっては変ですけども、IPMU で一般向けの講演会などを企画して、やはり国民に研究の内容を伝えていくというのが大事だと思っています。もともと IPMU を提案した時に公約していたんですが、このプログラムは世界のトップレベルの研究プログラムで5つ採用されたのですが、4つは本当に応用がある研究テーマです。それこそ iPS 細胞であるとか、新しい材料をつくるとか。で、宇宙の研究も、理論物理の研究も、数学の研究もそういう意味では役に立たないので、役に立ちませんとはっきり言いました。役に立たないのなら何をするかというと、役に立たないのだけれども実はこういう研究というのは一般の人の関心があるもので、その研究内容を還元していく。そういう恰好で間接的だけれども、国民のお役に立つ。うまくいけば高校生とかを中心に科学離れを食い止めて、優秀な若者がこういう分野に入ってくる。興味として宇宙は面白そうだなと理系に入っても、そのあと技術者になる人もいるでしょうし、数学者になる人もいるでしょうし、いろんな人がいると思うので、まず入り口のところで拒絶反応を示さないでほしいということが鍵だと思います。だからそういうことで貢献したいということを行いました。実際に一般の講演会を開いたり、今度は高校生のための数学のスクールを今度の3月にやりますけれども、そういうことで貢献しようとしています。そこで今ネックになっているのは、一般講演を企画するときに、数学で一般の人にわかりやすく楽しんでもらえるような話をしてくれるような人が今のところ IPMU では候補者が見つかりませんでした。どなたか良い方を紹介していただくと非常にありがたいです。

大島：数理でもそういうものはやっています。玉原に我々の研究施設があるんですが、

地元のためということで中学生に向けて講演をしたり、高校生は特に2泊3日でやってたりするのもあるし、それからここでは公開講座もあったり、段々数学の人もそういうのが必要だということが分かってきたので、ああいうのも経験がありまして何回かやると、かなりどういふのがいいのか分かってきます。中学生にはこういう話と、なかなか最初は難しいのですが。そういう人材はこれからもでてくると思います。

河野：IPMUにも講演の上手な方がいますし、特に若い方にやってもらいたいと思います。

村山：IPMUの方からも数学がどうしてそんなに大事だと思っているのかという話をする人を派遣することもできますので、いいかもしれません。後もう一つは特にポストドクなのですが、外国人のポストドクの場合教えた経験があるかどうかというのが、次のポジションを見つけるときに随分重要になってくる。ですからポストドクレベルでなにか正式にこれを教えましたという実績を作る機会がもしあれば、非常にありがたいと思っています。これについては、どうでしょうか。

大島：今グローバル30ということで東大として英語で講義をしなくてはいけなくなってきた、特に一年生ですよね。数理の中にも外国人の教官もいますし、そういう人をお願いしています。そういったところで協力していただくということはあるかと思います。

村山：それはポストドクレベルでも可能ですか。

大島：そこはまだ分かりませんが、これから考えなければいけないところです。演習

とかそういうケースもあるのかもしれませんが。

河野：どれほどまでのことをすると実績として認められるかということが問題だと思います。実際誰かの名前を出しておいて、講義をしていただくということは技術的には可能です。それがキャリアとして残るかということですね。

村山：履歴書に書く時点では自己申告ですから、問題はないと思いますが。

大島：数学とか物理でも同じですが、研究会などはお互いのコミュニケーションに役に立つと思いますが、IPMUの場合は集会をしたり、あるいは何日間かやると宿泊がいますね。そういうのは何か近くに宿泊施設などはあるのでしょうか。そういうのがあると東京から通うのではなくて便利になると思います。

村山：キャンパスのすぐ横にホテルができるという話があります。またつくばエクスプレス柏駅にも3年後にホテルができるそうです。数理にとって、もし一緒にやるのがメリットとなるとすれば、IPMUには国際交流係というのは結構人数がいて、外国人ひとりひとりに対してかなりまめに対応して、それぞれ違うスケジュールであるとかニーズであるとかに対応していますから、そういう意味で人的な貢献は十分できると思います。

河野：実際にビジターを呼ぶときの事務方のサポートは素晴らしいですね。ビザの手配とはすべてやってくれます。

1.3.5 インターンシップ

九州大学大学院数理学府博士課程機能数理学コースで進められている長期インターンシップについて、大学院数理学府川崎英文氏から以下のように報告を受けた。

(1) 概要

平成 18 年 4 月に設置された博士課程機能数理学コースはまもなく 4 年目を終えようとしている。本コースでは、産業界が求める高度な数理的人材を育成すべく、また博士号取得者の社会進出を支援すべく、3 か月以上の長期インターンシップを必修科目として学生に課しており、これまでに 27 名が実習を無事終了した。

当初は、博士課程の学生の受け入れに戸惑いを見せる企業も多く、送り出す側にも多少の不安があったが、それが杞憂であったことは、1 年目の終了時点で明らかになった。すなわち、多くの企業に数学出身者に対する需要があり、本コースの学生がその需要に応える能力を有することが判明した。実際、この 3 月までに学位取得もしくは学位取得見込みの実習生 19 名のうち、14 名が企業に就職もしくは内定を取っており、うち 4 名は実習先企業に採用された。この 4 名以外にも実習先企業から就職の誘いを受けた学生がいるなど、多くの大学が博士やポストクの就職問題を抱える現状にあつて、長期インターンシップに組織的に取り組むことが問題解決のための極めて有効な手段であることが実証されたと言える。また、実習を契機に 4 件（日新火災、マツダ、新日鐵、富士通）との共同研究が始まり、統計数学の教員 3 名、確率論の教員 1 名が研究を担当している。さらに情報通信系企業との暗号に関する共同研究を現在調整中である。このように、産業界からの要請に応える上でも、長期インターンシップは重要な役割を担っている。

(2) 4 年間の実績

平成 18 年、19 年度にそれぞれ 9 名、平成 20 年度に 6 名、平成 21 年度に 3 名の計 27 名が実習を体験した。加えて、平成 22 年 4 月から 1 名が実習に入る予定である。最初の 2 年間の実習生数が多い理由は、機能数理学コース設置前に入学した学生の潜在的需要を掘り起こしたことと、初年度の成功が学生の関心を引いたためで、平均的な学生数は 5,6 名程度と考えられる。

また、受け入れ企業は、メーカー、情報・通信、化学工業、金融等の広範な分野の 15 社にのぼる。実習期間は、ほとんどの学生が 10 月前後からの 3 ヶ月であるが、半年の学生が 2 名いる。（修士の短期インターンシップは夏休みに実施される。）その他、外資系企業である ING 保険において、1 名が英語による実習を半年間おこなった。

受け入れ企業と実習生の大学での専門は下の表の通りである（カッコ内の数字は学生数）。東芝 (6)、NTT (5)、宇部興産 (2)、Panasonic (2)、DIC (2)、日立 (2)、新日鐵 (1)、ゼッタテクノロジー (1)、日新火災 (1)、富士通 (1)、マツダ (1)、三井造船 (1)、日本 IBM (1)、ING 保険 (1) 統計数学 (6)、数値解析 (3)、作用素環論 (3)、代数幾何 (3)、流体力学 (2)、整数論 (2)、計算機科学 (1)、ゲーム理論 (1)、数理物理 (1)、微分幾何 (1)、表現論 (1)、組み合わせ論 (1)、微分方程式 (1)、トポロジー (1)、確率論 (1) 統計数学に対する需要は多く、数値解析や現象の数理がそれに次ぐ。代数の学生にとって暗号は絶好のテーマであり、大学とほぼ同じ研究環境で実習生活を送った実習生もいる。

その他、データ圧縮も数学の学生が専門を生かせるテーマである。画像認識、画像処理は数学の多くの学生が対応可能なテーマである。また、専門と無関係な実習テーマに取り組んだ学生も少なくないが、これまで培った数学の普遍性と堅牢な論理的思考力、数式に対する洞察力で対応している。場合によっては、実習期間中に数理の教員が相談にのることもある。非常に優秀な学生は、専門外のテーマでも極めて優れた成果を上げている。

(3) 数学の強みと求められるスキル

数学の普遍性を身につけた学生は、多様な問題に対応でき、複雑な数式にも臆することなく、日頃鍛えた論理的思考力を発揮して問題解決に当たっている。ブラックボックス化したシミュレーターへの対応、複雑、大規模化した実問題の解決のための共通言語は数学しかないとの認識が産業界でも広がりつつある。加えて、工学出身者の数学力の低下を憂慮する声が企業サイドから聞こえてくる。これまで数学出身者に縁のなかった企業が数学出身者を採用し始めたことは、その表れであると考えられる。

一方、数学出身者は企業や工学などの異文化を理解する必要がある。機能数理学コースでは企業から講師を迎えた機能数理学講義を必修としている。講義内容は、企業における数学の役割、実習の心構え、企業人としての常識等である。数学出身の企業人や数学を用いて問題解決をおこなっている企業研究者による講義は、未知の世界への扉の役割を果たしており、受講生に大変好評である。

また、企業ではチームで問題解決に当たるため、コミュニケーション力が要求される。コミュニケーションの補助手段である発表ソフト、表計算ソフト、ワープロソフトを使いこなすことができるよう指導をおこなっている。

(4) まとめと今後の課題

多くの企業に数学の需要があり、共同研究や数学出身者の採用に積極的な企業が少なくないことが明らかになった。長期インターンシップはこの需要と供給の橋渡しをする非常に有効な方法である。また、引き続き受け入れを希望する企業も多く、学生が不足気味である。これを含めて以下の問題が浮かび上がってきた。

1. モチベーションとコミュニケーション：多くの実習生が高い評価を得た反面、実習に対するモチベーションの低い学生や、コミュニケーション力の劣る学生に対する評価は低い。日常のセミナーや研究発表の場などでコミュニケーション力を磨くほか、他分野の人々との交流により異文化を学ぶ必要がある。モチベーションの低い学生に対して実習を実施することは、産学双方にとって不幸なことであり絶対に避けたい。そのためには、指導教員がこの点に関して問題意識を共有することが必要である。
2. 経済負担：長期間地元を離れるため、高校や塾の講師のアルバイトを引き受けづらく、留守宅の家賃負担も重い。産学連携の重要な役割を担う実習生の経済負担を軽減するために、産学両サイドからの支援が必要である。
3. 実習後の指導：充実した実習を終了し目を輝かせて大学に戻って来たものの、時間の経過とともに元に戻ってしまう学生がいる。モチベーションを維持する指導をおこなうために、大学教員の意識改革が必要である。
4. 周辺知識：実習テーマによっては、物理や工学の基礎知識が十分でないことがある。

また、プログラミング力が全般的に低い。

5. インターンシップの普及：本学数理学研究院は統計数学や計算数学等の伝統的な応用数学の教員を多く擁しているため、インターンシップの実施にあたって、ある程度の成果を期待できた。一方、インターンシップに関心を持ち始めた他大学の数学組織では、教員の専門性により、限定した実習テーマにしか対応できていない。金融危機により受け入れ数を激減させた業種もあり、インターンシップの安定的な運営のためには伝統的な応用分野の充実が欠かせない。

第2節 数学的・数理科学的知識及び数学者との連携・教育に関する需要調査

他分野研究者、産業界関係者、来日研究者にヒアリング調査を行った。

2.1 他分野

合原一幸氏（東京大学生産技術研究所）、青木玲子氏（一橋大学経済研究所）、神谷和也氏（東京大学大学院経済学研究科）、木村英紀氏（理化学研究所）、谷口克氏（理化学研究所）・小原収氏（かずさディー・エヌ・エー研究所）、宮地充子氏（北陸先端科学技術大学院情報科学研究科）、宮野悟氏（東京大学医科学研究所ヒトゲノム解析センター）、柳川堯氏（久留米大学バイオ統計センター）にヒアリング調査を行った。

●ヒアリング項目

- a. 先生の研究グループにおいて、数学をバックグラウンドにもつ（数学系の修士号以上）者がいらっしゃいますか？いらっしゃらない場合、そのような研究者を今後加えたいとお考えでしょうか。

【先生のご研究と数学との関わりについてうかがいます】

- b. 数学的手法が不可欠な研究課題をお持ちでしたら（もしくは過去にそのような研究をされておられましたら）差し障りのない範囲で具体的にご教示下さい。また、既発表の論文等がありましたら、ご紹介ください。
- c. 数学的手法が有効であろうと思われる解きたい課題はあるものの、実際にどのような数学的手法が使えるかがよく分からない、というような場合はおありでしょうか？差し障りのない範囲でご教示下さい。またもし、このような状況に遭遇されたときには、どのように対処されましたでしょうか？
- d. 先生のご研究分野でどの程度の数学のニーズがおありですか？現時点でニーズは満たされていますか？またニーズの高い数学は何でしょうか。（※数学的手法の利用が有効である、もしくは有効であると考えられる課題の有無や、そのように考えている研究者の有無などをお答え下さい。）
- e. 数学者との共同研究の経験はおありですか？お持ちでしたら、どのような形態の

ものが多いでしょうか？差し障りのない範囲でお答え下さい。たとえば、規模、期間、会合の頻度、共同研究の相手は国内であるか国外であるか、また国外との共同研究の場合その理由などについてお答え下さい。

【先生の研究分野と数学との今後のあるべき姿についてうかがいます】

- f. 数学研究者との共同研究を含め、数学研究者への期待は何でしょうか？
- g. 数学系大学・大学院に対する期待と要望をお話し下さい。
- h. 先生のご研究分野で、今後、数学的手法を駆使した研究テーマは増える、もしくは益々重要になると思われますか。潜在的なニーズも含め、具体的にはどのようなものがあるとお考えでしょうか？
- i. 欧米では諸科学や産業への数学の応用、ならびに新しい数学・数理科学の発掘・展開をめざした研究所・研究機関等の拠点整備が進んでいます。日本はこの点でたち遅れているという指摘がありますが、そのような教育研究拠点の整備は急務であるとお考えになりますか。さらに、そのような拠点に期待するものは何ですか？

● 合原 一幸氏(東京大学生産技術研究所 教授)

ヒアリング対象者：合原一幸氏

役職名：東京大学生産技術研究所 教授

場所：東京大学生産技術研究所 合原研究室

日時：2009年12月22日

ヒアリング調査員：織田孝幸教授（東京大学数理科学研究科）

質問者織田の補足質問を、{O：補足質問の本体}のように記す。

質問事項 a

准教授の鈴木秀幸さんは学部は数学科卒ですが修士号以上の数学科卒という人はいません。多くの人は数理工学から来ています。

{O：東大に情報系の人で、学部では計数の人が多いのですか？}

うちの研究室は計数出身者が多いです。そういう意味では普通の工学部より数学のバックグラウンドのレベルは非常に高い。数理工学は学部でも数学の教育カリキュラムはしっかりできているので、そ

こから来る学生については非常にすんなりと数理モデルの研究に入っていきます。

質問事項 b

現象の数理モデルを作るというのが我々の研究なので数学的手法は不可欠です。より具体的に言えば、力学系理論が一番重要です。主として微分方程式や差分方程式を用いて数理モデルを作るので、手法としては力学系理論が大切になります。

質問事項 c

我々にとって、それはあまりありません。ただ、例えば力学系理論でも数学科の力学系の方がより詳しく知っている点が多いので、いろいろ議論をしてもらったりということはありません。

質問事項 d

なし：この質問は、合原さんには無意味なので飛ばす。

質問事項 e

「数学者」の定義は分かりませんが、たとえば京産大の藤井宏さんとか、北大の津田一郎さんとは脳のモデルと一緒に

研究しています。彼らとは今も共同研究をやっている10年以上になります。それと横浜国大の今野紀雄さん。彼は確率の方なんですけど感染症のモデルなどのテーマで協力していただいています。

質問事項 f

数理工学と数学の関係になりますね。僕らは数理工学なので常に現象と接触しながらモデルを作っていきます。一方で数学の方たちは個々の数学テーマを非常に深く研究されているので、我々の研究にとって数学者が共同研究者でいることは、ありがたいことです。

今やろうとしているようなハイブリッド力学系の制御のような話では、ダイナミクスの研究を数学の方は力学系理論としてやっている。一方で工学の方だと制御理論の人たちがダイナミクスを精力的に扱ってきています。ところが、この二つというのは、ともにダイナミクスを扱っているのですが観点がかなり違って、一つには制御理論は基本的には線形の非常にきれいな体系をつくっていて、他方力学系理論は非線形も当然正面から扱っているわけで、カオスとかリミットサイクルとかいろいろ深い研究があって、互いに相補的です。

{O: 制御はコントロールパラメータに対応して増減させる。。}

線形・非線形というのが一つの論点ですが、もう一つ元々の力学系理論の起源というのはニュートンから始まっているので「天体力学」なのです。したがって、制御入力という概念が基本的にない。制御理論というのは他方でまさに入力をどうするかという話なので、制御入力のあつなしというのが、また非常に対比的になっている。

さらに、制御理論で一番大切なのは、安定性をどうやって確保するか、安定を

どうやって保つかという話です。一方で力学系理論は不安定な系も正面から扱うわけで、不安定状態への変化の仕方、分岐理論や、カオスなども問題にする。

このように、力学系理論と制御理論は似たような対象を扱いますが、相補的なのです。そこをうまく融合すると非常にパワフルな体系が作れると思っていて、今それをハイブリッド力学系を例にしてまずやろうとしています。制御理論の人は工学の世界に大勢いますが、力学系理論は数学の分野なので、数学者と工学を数理工学者がつなぐという役割を果たしたいと思って計画しています。

質問事項 g

僕は今のままでよいと思います。「深み」をきちんと学んでくることを期待します。それを知っていれば応用の方は我々が教えることができる。そういう素養がある、例えば、鈴木秀幸さんみたいに学部で数学を学んで大学院に入ってくれば、基礎はきちんとできているので、そうした人たちに数理工学を教えるのは割と楽です。逆に数学的な深いバックグラウンドのない人に数理工学を教えるのは大変です。ですから僕の考えだと、あんまり数学の学生が応用とか言わずに従来の純粋数学の深みの基盤を学ぶということでのいいかなと思っています。

{O: 以前に数学の人たちに数学と他分野の協力の話で歩み寄るとしたら、どっちがいいか 質問した: 「数学の人が他分野のやっていることを分かるのと、その逆では」と、実際にやっているかどうかは別にして、みな数学者と答えた。数学は言葉の世界だから外国語とおなじで。}

言葉と概念と、やっぱりちょっと違うところがあるので、むしろこちらからお願いして歩み寄ってもらおうということかな。だからオープンマインドの部分が大

切でしょうね。

{O: 若いときは専門の分野で目立たないといけないので非常に特別なことをちゃんとやらないといけない。だがそれだけだと問題がある?}

深いことをやること自体は大切に、その上でさらに他分野にも興味を持つということがあればいいと思います。

質問事項 h

これは数理工学では昔から多かった。今も多いしこれからも多い。常に非常に多い、と思います。

質問事項 i

必要だと思います。

理論研究というのは、いろんな分野の人が一か所に集まって議論をしょっちゅうすることによって互いに触発されて向上していくというところがすごく重要で楽しいので、そういう場が必要です。そ

れを理研なんかやりかけています。僕の場合であれば、ERATO 研究のときに、数学だけでなく様々な数理系の人たちを集めて、それをやりました。

今年の3月まで JST の ERATO プロジェクトを総括しました。ポスドク 33 名をトータルで雇用し、一か所に集めてしょっちゅういろんな議論をするという環境を作りました。その中でテーマが広がっていくし研究としても進展していくという経験をしました。個人と個人が相互作用して、他分野のことをちょっとずつ聞きかじって成長していく、そういう場があることは重要です。

一か所では足りないので、日本に数ヶ所は欲しいです。

● 青木 玲子氏 (一橋大学経済研究所 教授)

ヒアリング対象者: 青木玲子氏

役職名: 一橋大学経済研究所教授

場所: 一橋大学 第2研究館522号室

日時: 2009年11月30日

ヒアリング調査員: 山本昌宏准教授、中川淳一主幹研究員

質問項目 a

博士1名: 世代間問題機構 (経済研究所内): 稲垣 誠一・教授。経済研究所には、他2名在籍 (水野貴之・講師、斎藤有希子・特任准教授)

ちなみに、経済研究所の職員は、約30名 (修士修了者を含む)。終身雇用職員: 任期付き職員比=2:1

質問項目 b

経済学の数学は、「拘束条件付き最適化」

や「ゲーム理論」といえる。

私個人の数学は、「ゲーム理論」の応用なので、紙と鉛筆による理論解析的な研究が中心で、シミュレーションはしていなかった。しかし、最近はモデルが複雑化し、連立方程式の数が多い問題を扱うので、解析解のような厳密解だけで対処できず数値解析で解を求めるということをしている。

経済学で行われている数学に関してはミクロ経済学モデルとマクロ経済学モデルという2通りのアプローチがある。複雑な問題を扱うモデルでは、モンテカルロ法を使ったシミュレーションが主体になる。たとえば、「世代間問題」では、年金で徴収する保険料をどれぐらい上げたら将来の年金の手取りがいくらになるか

は、30~40年分を計算しなければならぬので、シミュレーションでないと解けない。もうひとつは、解析的に解を求めるというアプローチで、私のやっているような産業組織論や労働経済等がある。労働経済の場合だと、労働者と企業経営者間のゲームになり、解は賃金や労働時間などである。これらは、ミクロ経済学の一部であり、たとえば、経済学の重要なパラダイムのひとつである一般均衡理論は、数学そのものともいえる。

いずれにせよ、経済学におけるモデル・システムの解が存在すること（または解が一通りに存在すること）を数学的な手法で証明して数値計算で解を近似的に求めるというやり方が主流であるといえる。

質問項目 c

そのような場合はある。

一橋大学には数学の研究室があるが、数学者との接触が少ない。経済学研究科には、何人か数学で博士号を取られた方がいるが、数学者集団としてまとまっておらず、数学者がいるという存在感が小さい。また、どのような研究をされているのかも知らない。

経済学では、数学を知らないと困ることが多い。拘束条件付き最適化のように。また、エコノメトリックスをやる場合は確率論や統計論を知らなければいけない。しかし、数学科の講義をとりに行きなさいとなると、数学の一分科として主に理論的な基礎を徹底的に講義することが多く、経済学で必要なものにたどり着くまでに大変時間がかかってしまう上にどのようなように応用していくかを理解しづらいという経験が多かった。

米国では、応用に重点をおいた数学の講義が充実しており、**Mathematics for Economist** という教科書が昔からいくつ

もあって、あつという間に、拘束条件付き最適化の解き方や確率論の経済学における応用の解説にたどりつく。経済学者から言わせると、数学科の講義は、余計なものをやりすぎると印象があるようだ。以前にいたアメリカの大学（アメリカ：ニューヨーク州立大学ストーニブルック校、オークランド大学、オハイオ州立大学）では、同僚に数学者（ヘブライ大学の数学科の教授を兼任していたりしたが、ゲーム理論が専門）がいたこともあり、数学者との交流があった。数学科の風通しが良かった。オークランドでは数学者が御用聞きのような形で相談窓口になっていた（経済でも数学の単位が必要）。さらに数学科が、必要に応じたカリキュラムの変更について数年に1回の割合で委員会で協議していた。背景には数学科が、例えば経済学者の必要としている数学を教えないと、経済学部自体で数学を教えるということになり、数学科の講義数を減らされるという危機意識があったようだ。数年に1回レビューをやって、具体的にカリキュラムとか役立つ問題集の見直し等を、委員会で協議していた。

質問項目 d

最適制御論、確率、統計、線形代数、一般均衡論。

基礎をやるだけではなく特論的に応用面も取り上げるべき。

そのような課題に対するニーズは満たされていない。なぜなら数学を、専門家でない人にも分かり易く最初から説明し、問題ごとに具体的に説明してくれることが必要であるが、そういう数学者を見つけないのがむずかしい。数学科の授業は、専門的すぎるように思える。例えば測度論に関連した課題を数学者は1つの理論体系ととらえて最初から説明する傾向があるが、異分野連携のためのツールの観

点として専門外の人にも解説してほしい。

そのような異分野連携を視野にいれ、経済数学を含む研究・教育拠点が将来、わが国にできることを大いに期待している。

質問項目 e

ない。

質問項目 f

わかりやすく説明してくれること。

必要とされる知識などについて相談に乗ってくれること。

質問項目 g

ロースクールの人達が法律の相談所をやっているように、ポストクや院生が相談者になっているような数学の相談所を設ければ、彼らの訓練にもなり、お互いの勉強になると思う。

日本の大学で学部の数学教育を受けていたので、数学の基礎は本当に世界的な水準の教育を受けたと思った。唯一衝撃だったのは、スタンフォード大学で受けた統計の授業には感激したこと。統計学の目的を教えてくれた。データから、背後にある情報をどのように抽出するのかというのが、常に問題提起としてあって、これが統計学の意味なのだとなり感動した。一方、日本の大学で受けた講義からは統計学の目的が明らかにはならなかったような気がする。現実の問題指向の講義ではなかったようで、数学手法の解説ばかりだったように記憶している。

質問項目 h

経済学が取り込もうとしている数学以外の分野としては、心理学。

数学関係では、カオス、複雑系。

国自体の経済活動と個人の上手く説明できるようなモデルが必要であり、マクロ経済とミクロ経済をうまくつなぐ

ような理論ができれば素晴らしい。これはマルチスケールモデルの概念に相当しているようだ（経済では、ミクロなモデルをたくさん積み重ねるとマクロ・モデルになるという発想が一時期あって熱力学的な手法を使ったが、結局はうまくいかなかった）。

質問項目 i

あらゆる数学の応用分野を含めて、常時それらの研究をやることはできないと思うが、いわゆる special semester, special year のように年度または学期ごとにテーマを決めて、院生・若手向けの講義や数学者でない人が参加できて報告が出来るようなワークショップを有機的に組み合わせることは大事である。経済学に関連したテーマがあれば、そのような実施形態は我々にとって非常に有意義であると思う。数学者だけのための拠点ではなく、異分野の研究者にとって有用な拠点が出来ることに期待している。

経済学は、アメリカ主導で、その点で一元化、一様化されており、海外の研究者との連携も、類似した学派の人同士がつながる傾向にある。拠点が出来ることで、数学との異分野連携ができて全く異なる発想が導入できればおもしろいと思う。必要とされる数学の専門知識について、こちらの問題意識にあわせて解説・対応してくれる窓口相談者のような方を数学界に強く望み、そのような機能をもつ拠点形成は、経済学のみならずわが国の科学技術の発展のためにもたいへん有意義であると思う。

● 神谷 和也氏（東京大学大学院経済学研究科 教授）

ヒアリング対象者：神谷和也氏

役職名：東京大学大学院経済学研究科教授

場所：東京大学大学院経済学研究科

日時：2009年11月25日11:00~12:00

ヒアリング調査員：楠岡成雄教授、鎌谷研吾助教

質問項目 a

研究グループはない。かつて、数学科を卒業し経済学研究科に進学した人の修士論文を基にした（3人共著）論文を書いたことがある。また、オランダのORの専門家である Dolt Talman 教授とは3本の共著論文がある。

なお、論文は若い時に書いたものはほとんど単著で最近2人の共著が増えたが、3人共著論文は先に述べたもの1本のみで4人以上の共著論文は書いたことはない。

質問項目 b

論文は数学なしには書けない。かなり高度な数学を使った論文と感ずるものは・あるクラスの非線形方程式系で、大域解析学を用いて Whitney 位相の意味で generic に効率的なアルゴリズムが存在することを示した論文 Math. Operation Res.1990

・ Scarf の均衡計算法に関連する問題で、境界上のほとんどすべての点から出発して均衡解に収束する微分方程式を Smale が提示したが、ほとんどすべての内点から出発して均衡解に収束する微分方程式を提示した論文 Econometrica 1990

凸性がない場合の均衡解存在がある条件の下 Morse 理論を用いて示されていたが、その条件がない場合は均衡解が存在しない例があることを示した論文

Journal of Mathematical Economics 1988 などがある。

最近は動的計画法や微分位相幾何学を用いた論文をよく書いている。

質問項目 c

昔はよくあった。数学的に面白い問題が面白いと考えていた。しかし、最近では考えが変わってきた。昔、特に海外にいた時は、よく何人かの親しい数学者に考えている問題を解くにはどのような数学が使えるか質問したことがあった。役には立ったがそれによって直ちに問題が解けるわけではなかった。

質問項目 d

数学理論は必要があればもちろん使う。経済学で用いられた数学は多種多様であり、どのような数学のニーズが高いとは一概に言えない。

質問項目 e

これについては a. で既に述べた。

質問項目 f

自分の世代の経済学者は基本的に数学は自分で勉強した。数学者にはどのような数学があるか、どのような教科書があるかについての情報をもらい勉強した。まず問題を考えて、それについて聞いて勉強し、また考えての繰り返しであった。

c. でも述べたが特にアメリカでの大学院生時代に様々な数学の人たちとの交流があり、色々な情報をもらったが、それが直ちに問題解決につながることはなかった。質問した数学者には数学全般について広範な知識を持つ人もいたが、自分の専門以外何も知らないという人もいた。

質問項目 g

経済学部・大学院の学生に対する数学教育に力を貸してほしいと考えている。そ

の際に教えてほしい数学は、もちろん経済学でよく用いられている数学である。

数学を専攻した学生が経済学の研究をする場合、経済学の知識だけでなく考え方や感覚が必要だと思う。自分は一時、物理学を勉強したことがあったが、感覚が違ふとあきらめた。こういった感覚は若い時に学ばないとだめだと思う。

経済学を研究する場合に限らないと思うが、目的意識が重要である。経済学的に面白いことと、数学的に面白いことは異なる。何であれ経済学のあるテーマが大事な問題であるという意識がないと共同研究も成立しない。

質問項目 h

数学的手法を駆使するのが必要となる

場合も多く出てくるとは思うが、高度な数学を使えば経済学の問題が直ちに解けるというものではない。

従来は、経済モデルを解析する場合、解析解を求めるということが主流であったが、今日では、特にモデルが複雑な場合は、数値計算で解析するということが主流となりつつある。数値計算や数値シミュレーションが今後は重要であると思う。

質問項目 i

数学は重要であり数学者には頑張っしてほしいと思うが、教育研究拠点についてはよくわからない。

● 木村 英紀氏（理化学研究所 BSI トヨタ連携センター戦略ユニットリーダー）

ヒアリング対象者：木村 英紀氏

役職名：理化学研究所 BSI トヨタ連携センター戦略ユニットリーダー

場所：理化学研究所 BSI トヨタ連携センター

日時：2009年12月18日

ヒアリング調査員：俣野博教授、時弘哲治教授

質問事項 a

自分自身が工学部計数工学科出身。また（理研 BSI-豊田連携センターの）スタッフに計数出身者が一人いる。理学部数学科出身者はこれまでもいなかった。

質問事項 b

どこまでを数学的手法と呼ぶかわからないが、過去にも現在にもそのような研究課題を持っていると思う。（自分の専門とする）制御理論では、論文を定義、定理、証明の形で提出することは普通であ

る。具体的に用いている数学は教養課程あるいは工学部 3、4 年次で修得する数学以外に、最適化問題のための線形・非線形解析および統計的手法、確率微分方程式、逆問題、パラメータ推定などを用いる。

たとえば、1975 年頃システム理論において困難な問題が検討され、これまでの手法では解決しなかったが、最終的に代数幾何的な手法により解けることがわかり、数学的システム理論が生まれた。また、1980 年ごろロバスト制御の問題において不確かなモデルの不確かさを数学的に捉える（定義する）ことが必要になった。これは自分を含む数人の研究者が解決した。

質問事項 d

制御論においては数学のニーズは高い。数学的センスが必要な理論・システム系は日本は海外に比較して弱く、これが現

在の日本の技術力の低下を招いている。

質問事項 f~h

現代の高度な先端技術開発においては、普遍性のある「理論」「システム」「ソフトウェア」への理解が必須であり、これまで日本が得意としてきた個々の生産現場での技術改良を積み重ねる「ものづくり」のノウハウだけでは対応できない段階に達している。日本が技術分野での世界の最先端からの遅れを取り戻すためには数学教育を盛んにすることが必要である。工学の問題は考察すべき要素が多く、解くことが難しい。数学力の低下が日本におけるエンジニアリングの問題の解決能力の低下につながっている。

日本は文化としての数学が劣っている。また、数学と社会との接点が切れていることに問題がある。数学研究者はもっとオープンマインドに、数学以外の事柄に

興味を持っていただきたい。制御では、モデリングが非常に重要で数学的な思考を必要とする。他分野でもモデリングは非常に多様であり、日本経済のモデルなどもある。数学系大学・大学院で工学系の講義、たとえばモデリングの実例、苦労話などの講義をしてはどうか。自分の経験では、最近、自動車のサスペンションのモデルを連立 24 次の微分方程式として定式化したがあかなかうまくゆかなかった。最尤法などを用いて、半年以上苦労して最終的には自動車本体を剛体としてではなく内部自由度をもつ系と捉えることで実用に耐えるモデルを構成できた。こうした苦労話は、各界誰もが経験することであり、こうした実例を学生に伝えることで工学・技術への興味を開かせ関心を高めることができるのではないかな。

- 谷口 克氏 (理化学研究所・横浜研究所免疫・アレルギー科学総合研究センター長)
- 小原 收氏 (財団法人かずさディー・エヌ・エー研究所副所長 ヒトゲノム研究部長)

ヒアリング対象者：谷口克氏、小原收氏

役職名：理化学研究所・横浜研究所免疫・アレルギー科学総合研究センター長、
財団法人かずさディー・エヌ・エー研究所副所長 ヒトゲノム研究部長

場所：理化学研究所・横浜研究所

日時：12月14日(月) 14:00~15:30

ヒアリング調査員：織田孝幸教授、稲葉寿准教授

質問項目 a

現在のコア研究グループ(センター)には約100名の研究者が属しているが、数学をバックグラウンドとする研究者はいない。物理出身出身はいる。ただし、

システムズバイオロジーのオープンラボを設けて、そこで外部の研究者との交流をおこなっている。そこには制御工学、数理工学や数学を専門とする研究者が所属しているが、数学専攻は1人だけである。チームの階層では、数理、特に応用数学や制御工学的な背景を持つ研究者が増えた方がいい。生物学サイドからの問題提起を受けて、実学的な側面で、数学がどのように役立つかを示してほしい。そこには相互作用が必要である。大量のデータが出てきているから、近未来的にバイオロジストが求めているのはコンピュータバイオロジーのようなものだろうが、機能的なアプローチだけでいいのか疑問がある。数理的なアプローチ、思

考実験の役割が重要になってきている。そのロジックにもとづいて要素を人工的に合成して生物現象が再現できるのかを見ていくことも必要であろう。

質問項目 b

数学的な手法が必要な課題として、制御工学的なモデリングはすでにおこなっている。この研究センターのミッションは生命現象の工学的な制御（正常な機能の破綻としての「疾患」の克服）だが、そのためには生命現象の基本的な理解が前提になる。その場合、分子レベル、細胞レベル、多細胞レベル、個体レベルという階層性、マルチスケール現象をどのように結びつけるか、数学的に一貫したフォーミュラで記述できるのが問題である。個別のレベルのデータはあるが、それらをリンクする計測学がないし、測るべきパラメータは何かかわかっていない。

質問項目 c

数学的な手法が必要な状況においては、オープンラボを活用して、外部の研究者に相談している。システムバイオロジー関係ではテーマに応じて海外拠点とのコラボレーションをおこなっている。国内でもやっている。ただしこれらは個人的なレベルでおこなっているわけで、国として世界をリードするような拠点の仕組みをつくらないとダメであろう。世界レベルの核になるところが必要である。

質問項目 d

数学のニーズとしては、制御工学的なものや、時系列的ないし空間的な大量のデータを解釈できるような仕組みが必要で、そのためには数学とのコラボレーションは必要であろう。統計的に何を測定すればいいのか、あるいは大量の細胞の相互作用などを理解する概念を作っていくことが必要である。

質問項目 e

現在では数学者との共同研究は、オープンラボを通じた1件だけである。そもそも数学の人がもっと若いときから生物学、医学の勉強をしてアフィニティのある人材が育ってくる必要がある。

質問項目 f

数学者への期待としては、バイオロジストが曖昧なままもっている課題を数式やイメージとして定式化してほしいということである。

質問項目 g

数学系大学・大学院教育への期待としては、前に挙げたように若い頃から生物学を勉強してもらうことである。一般に専門化が進んだ研究領域の研究者は異分野とのコミュニケーションが不得意のようであるから、第三者の情報をいかに取り込むか、そうした点を改善してほしい。

質問項目 h

計算的(computational)なアプローチはたくさんあるが、次の課題を目指して欧米とのギャップを埋めるために必要な人材を作っていく、タレントを発掘する必要がある。これはシステムの問題で、個人の努力では限界がある。そのために拠点、プラットフォームをつくる必要がある。

質問項目 i

教育研究拠点の整備は本質的に必要である。個人の努力では不足であり、次に何がくるのかを考えていくうえで、情報の面でも立ち後れている。その場合、どのような評価をおこなうかが大事だが、外部からの成果主義では難しい。内部から明確に、国民に見える形で提起していく必要がある。大容量のデータサイエンスとともに、概念的なものからブレークスルーする必要がある。言葉を作ることが必要。数学との対話がこれまであまり

なかったが、階層構造を理解していくためには数学が必要であろう。現実的に実学にどう結びつくのか、という点も重要

である。

● 宮地 充子氏（北陸先端科学技術大学院大学大学院情報科学研究科 教授）

ヒアリング対象者：宮地充子氏

役職名：北陸先端科学技術大学院大学大学院
情報科学研究科 教授

場所：学術総合センター(一橋記念講堂、
東京都千代田区一ツ橋 2-1-2)
(及び羽田空港から学術総合センターへ
向かうタクシー内)

日時：2009年12月7日 13:50~15:00

ヒアリング調査員：金子昌信教授

質問項目 a

自分の研究グループで数学出身者は自分だけ。是非追加したいと思っている。

質問項目 b

自分は暗号を研究分野としているが、これには色々な数学が必要。暗号研究は公開鍵暗号と共通鍵暗号に分けられるが、公開鍵暗号ならば楕円曲線を用いた暗号や、そこでのスカラー倍算の高速化には数学が必須。共通鍵暗号ならば暗号の解読にマルコフ過程を利用したり、解読に必要な平文の数の計算に確率空間を用いたり等。自分たちは両方（公開鍵、共通鍵）の研究を行っている。論文は、既発表のものすべてが、数学的手法が不可欠なものと言える。

質問項目 c

今のところ何を使ったらよいか分からないということはない。常に本を読んで勉強している。輪講では学生に確率の勉強と代数の勉強をしてもらっている。ただ、自分のところは大学院大学で、学部で数学をきちんと勉強してきた学生がい

ないので、一つの本をきちんと読むということが難しい。そこは非常に苦勞するところである。

質問項目 d

非常にある。学生で数学が出来る人が減ってきているので、それがニーズである。

質問項目 e

ある。大体は共著論文を書く。メールでやり取りをし、1年間くらいの期間で一つ仕事をする。数学者の論文を読んで気に入ってコンタクトを取り、共同研究が始まることが多い。国内、国外を問わない。Henri Cohen氏（計算数論の第一人者）とも共同研究をしている。彼はプログラミング能力も非常に優れている。

質問項目 f

融合することということもあるかも知れないが、自分は数学者は数学の研究をすればよいのではないかと思う。あえて応用とか考える必要もないし、時代に流されることも不要ではないかと思う。そうでないと、応用の部分はそれを研究している人がいるから、そういう人達が数学の本質的な研究を見て、それを理解して応用できるとかを考えるので、本質的な数学をする人が減ると他分野への影響も大きく、純粋に数学の研究をするのが重要かと思う。

質問項目 g

とは言え、色々な分野との融合はしたらよいと思う。そのときの融合とは、例えば学会などをジョイントで行うなど。

自分の研究分野をあえて応用よりにするのではなく、自分はいくまで純粋数学の研究をしていて、情報系の人には情報の研究をして、それらの人達がジョイントで学会をすることでお互いに刺激を受けたり情報を共有したりする。研究分野をジョイントとするのではなく、お互いの研究は別のベクトルで走らせておいて、互いを知る機会を設けることで融合を計る。

質問項目 h

これからも増えていくと思うが、どういふものが使われるかは分からない。分からないからブレークスルーが起こるし面白い。

質問項目 i

自分はアメリカのような自由なスタイルを好む。暗号分野でアメリカの第一線の研究者は MIT やハーバードなどの大学にいて、それぞれが自分たちのストロングな研究を行っている。「何とか研究所」などを作ってそこにお金を集中し目的を限定するとよい研究が出来ないと思うし周りへの弊害の方が多いと思う。日本では特にその懸念が大きいと思う。自由にやらせてもらうのが一番よい。ただ日本では企業の研究者が多いのでそこは難しいかも知れない。

● 宮野 悟氏（東京大学医科学研究所ヒトゲノム解析センター 教授）

ヒアリング対象者：宮野悟氏

役職名：東京大学 医科学研究所 ヒトゲノム解析センター教授

場所：東京大学医科学研究所 総合研究棟 8階 宮野研究室

日時：2009年12月7日

ヒアリング調査員：室田一雄教授、中川淳一主幹研究員

質問項目 a

教授1名、准教授2名、講師1名、助教1名、特任助教1名、ポスドク3名の在籍メンバーのうち、教授1名、准教授1名、講師1名、特任助教1名、ポスドク1名の計5名が、数学または統計数学に関する分野で博士号を持っている。定員ポジションは5名あるが、数理のできる人は不可欠である。

質問項目 b

「統計的モデリングアルゴリズム」および「(システム系の)時間軸の入った微

分方程式系による数理モデリング」が、研究に取り入れている数学的手法である。

私が、取り組んでいるのは、Computation Driven Systems Biologyである。NIH（アメリカ国立衛生研究所）から2003年に提示されたロードマップでは、「バイオロジーはインフォメーション・マネジメントの科学なのだ」とまで言い切っている。

従来のバイオロジーは、事実 (fact) を書き連ね、それを絵にしてナレーションを付けているだけで、いわば平家物語絵巻の世界と同じであり、数学的には13世紀と同じ状態にある。たとえば、The Biology of Cancer, Robert A. Weinberg 著 (2007) という本では、絵とナレーションをつけて、癌のシステムを一所懸命とらえようとしているが、科学的には、平家物語の時代と変わらない。これが、分子生物学の黄金時代とされている。

分子生物学ができて40年になるが、そ

のなかでは、「この機能を生み出しているのはこの遺伝子である」という対応関係を分子的に証明する。分子的に証明するというのは、「これが分子的に示されていれば証明されたことにしよう」というもので、分子生物学の分野では、数学の証明と同じようにとらえている。自分には「証明」というよりはむしろ「証拠」のように思え、これを証明というとは異和感を覚えるが、分子生物学の人達はそうは思っていない。表現されているものと、表現すべきものの間には大きなギャップがある。分子生物学の人達は、時間軸、空間軸の入ったシステムを、数学的ではなく、直感的にとらえているように思う。

我々がやってきていることは、計測データ・実験データから分子のネットワークを推定するということであり、ここには、統計的なモデリングを使う。それと、バイオロジカルなネットワークの数理モデリングとシミュレーションと可視化、およびシステムを理解するための実験データの出し方（実験の設計）に取り組んでいる。ネットワークのモデリングで、ベイジアンネットワーク (Bayesian network) と状態空間モデルを、生命システムをとらえるために使ってきている。

データというのは遺伝子発現データであるが、「一緒に、こういうデータを出しましょう」という格好で資金を集め、会社もつくて、データを入手している。

遺伝子の発現の背後でどのようなシステムが動いているかを動的ネットワークとして推定する。また、転写因子といって或る機能に命令を出す重要な遺伝子があるが、それをロックダウンして遺伝子発現を止めるとシステム全体にどのような影響が出るかを、ベイジアンネットワークにノンパラメトリック回帰

(nonparametric regression) を組み合わせて推定している。これらの手法は、単独では昔から使われている手法だが、これらを組み合わせたのは、我々が初めてである。通常、ベイジアンネットワークでは離散的な確率変数を使うが、遺伝子発現データはノイズを含む連続的な確率変数としてとらえることができるので、連続的な確率変数のネットワークとして、ベイジアンネットワークを定義し直した。

ケンブリッジ大学の医学部の人達と会社をつくった。HUVEC という臍帯のなかの血管内皮細胞を取り出して培養し、血管内皮細胞の制御に関わっている重要な遺伝子を RNAi という方法で発現を止めると、影響を受けている遺伝子の発現も止まる。そういったデータを集めて全体のネットワーク構造を推定する。データだけでなくバイオロジカルな深い知見に基づいて推定を行う。ネットワークの構造とパラメータの推定を、BNRC という情報量基準のスコアを最小化する最適化問題として定式化し、ネットワークを探索して、HUVEC の血管内皮細胞のなかにある遺伝子制御のネットワークの構造を明らかにする。

薬が制御のネットワークにどのように影響するかをみたくて、Fenofibrate という薬のターゲット探索をした。270 種類の遺伝子についてロックダウン操作をした。当時のスーパーコンピュータの能力の限界からノード (遺伝子) 数 1049 のネットワークをつくった。既存薬を使って、重要なネットワーク構造をみるのに成功した。驚くことに、Fenofibrate という既存薬を手掛かりにしてネットワーク構造をつくると、1049 のノード数でも、既に関連された他の薬の遺伝子がいくつも出てきた。生命システムも数理的にとらえることが可能であることが実感された。

ネットワークの構造自身を探索するアルゴリズムもつくっている。これは、最適なベイジアンネットワークを計算するアルゴリズムである。時間計算量はネットワークのサイズ n の指数関数的ではあるが、ヒトゲノム解析センターにあるようなスーパーコンピュータを利用して、ベイジアンネットワークを用いて、ノード数 31 の最適ネットワークが計算できた。これは、世界記録である。ネットワークの数をさらに増やすことも試みたが、実際にバイオロジカルな観点から関心があるのは、そのような大きなネットワークではないので、30 程度で十分である。データから最適なものを計算することによって、「データが語っているのは、このネットワークである」と強く言うことができる。最適なネットワークがバイオロジカルに真だとは必ずしもいえないが、最適なネットワークを計算してみないと、その議論もできない。昔、ノード数が 7 で、最適なネットワークを沢山計算して、バイオロジカルな解釈の部分を評価した。最適なネットワークは、バイオロジカルな情報を良く反映しているという証拠を得た。

薬を投与したときに、蛋白質のネットワーク、そのインタラクションのネットワークおよび転写因子のネットワークが時間的にどのように変化するかという課題にも取り組んでいる。

また、状態空間モデルを使って、肺がんの予後予測もしている。

さらに、バイオロジーの人を対象に、Cell Illustrator というソフトウェアをつくっている。これは、ペトリネットを連続量まで拡張し、さらに、文字列まで扱えるようにした Java のグラフィカルプログラム言語のようなものである。

データ同化といって、モデルに時系列

データを上手く同化させてパラメータを推定するという手法（気象学の分野でよく使われている手法）を生命システムに適用することにも取り組んでいる。

日本バイオインフォマテックス学会の会員数は約 500 名である。一方、分子生物学会が開かれると、ポスター展示が 10000 件となるが、日本バイオインフォマテックス学会で学会を開催すると、ポスター展示は多くて 150 件程度である。この分野での数理的な人口の少なさを示している。日本バイオインフォマテックス学会の会員のバックグラウンドは、情報系、数学系、バイオ系等さまざまである。

米国では、既に「数学で癌と戦う」というプロジェクトがスタートしている。私は、「数学とスパコンで癌のシステムを解明する」ということを目指している。

既発表の論文は、研究室の Web ページに掲載している。バイオインフォマテックス分野の専門誌が中心である。

質問項目 c

有り。私自身は計算理論がバックグラウンドなので、統計的モデリングの技術が必要だと感じて、人のリクルートを始めた。数学が役に立つというよりも、数学的な思考をしなければ生命は解けないだろうと思っている。数学とは、手法ではなく思考である。手法を持ってくるといような発想ではうまくいかない。

人のリクルートだけでなく、「イエスマン」になるように努めている、講演依頼があると、どこにでも手弁当で出かけ、全く関係のない分野の人達と触れ合うことを大切にしている。それで、自分の守備範囲を広げることができる。

質問項目 d

アルゴリズムに関係する数学、統計的モデリングおよびシステム科学のニーズ

が高い。システム科学と呼ばれる分野は広いが、状態空間モデルにあるようなモデリングの部分が該当する。

質問項目 e

国内では、あまり無い。ただ、数学にいる人に興味を持っていただいて、自分の活動の10%程度、生命について考えてみませんかというのが私のやっていることだと思う。

質問項目 f

生命を数学として思考していただくことを期待する。生命を理解するための新たな数学的概念があると思う。たとえば、対称性を記述するために群の概念が定義されたときは、新たな発見があったはずである。それと同じように、生命を理解するための数学の新しい概念は、必ずあると確信している。そのところを、数学の人達が考えることができたらと思う。それは、バイオロジーの人達には、決してできることではない。

質問項目 g

数学というディシプリン(discipline)を大切にしながら、それとは全く関係の無いものとのインタラクションをつくっていただきたいと思う。

質問項目 h

数学的な手法を駆使した研究テーマは

増えると思う。癌研究は、「数学とスパコンで癌を解く」というものである。今後、数学と生命科学のインタラクションは深くなっていく。私が数学に最も期待するのは、「生命を考えて、そのなかに数学をつくって欲しい」ということである。

質問項目 i

純粋数学で生命を考えて欲しい。前述の「概念をつくる」ということは、普通の応用をして欲しいというのではなく、その枠組み、パラダイムといった全然違うことを考えて欲しいということ、そして、切り口をつくってくれたらよいということである。たぶん、ほんの僅かの天才の人達がやるのでしょうか。

単に応用を開拓するという格好の、いわば出口側での拠点が果たして機能するのか疑問である。もし機能するとすれば、数学とか、社会科学とか、いろいろな分野をミックスしたもののなかで数学の応用を見出すという拠点は必要かもしれない。全く異分野の人達が交流しあう場をつくるというのは、とても重要だと思う。そのなかに数学が必要であることは間違いない。

● 柳川 堯氏 (久留米大学バイオ統計センター)

ヒアリング対象者：柳川堯氏

役職名：久留米大学バイオ統計センター教授 (九州大学名誉教授)

場所：久留米大学バイオ統計センター
久留米市旭町 67

日時：2009年12月22日 11:20~12:50

ヒアリング調査員：中尾充宏教授

質問項目 a

当センターのスタッフ7名中の6名が数学科の修士号以上の取得者である。

質問項目 b

これまで行ったほとんどすべての研究において数学が不可欠である。したがって、あえていくつかの論文を取り上げるまでもないと思う。

質問項目 c

現実の医学上のいろいろな問題に対しデータを採集して考察する場合、既存の数理的手法が使える場合はむしろ少ない。そこで新しい数理モデルとその解析法を自分で考えねばならない場合が多いが、その数学的正当性を示すことは必ずしも容易ではない。苦勞して自分で定式化して理論を構築することになるが、それを学会等で発表する場合、数学としては既に確立されたものである可能性があり、大いに気にかかる。実際、あとでその事実気づかされるという経験もしばしばである。そのようなとき数学とは素晴らしいものであるとあらためて認識させられる。

質問項目 d

もっと広い数学を知っていたらいろいろな応用ができたと思う。例えば、トポロジーや関数空間の理論なども必要になる。バイオ統計分野でも時系列解析を行う場合、例えば心臓の鼓動の時系列データを解析するとき、健康な人はカオス的な振る舞いが出るが、アルツハイマー症など脳疾患がある人の場合、単調なリミットサイクルが現れることが観測されている。この場合、無限次元で数学モデルを組み立てる方が見通しのよい議論ができる。生命科学分野では、既に数学がガン発現の研究に関して不可欠の道具となりつつある。バイオ統計でもリスク評価を通じて数学は多大な貢献ができると思う。数学は異なる分野の研究者が現象を説明する共通の言語としての意義も大きい。その意味でも数学のトレーニングはきわめて重要である。

質問項目 e

いくつもある。科研費を利用して関連シンポジウムを毎年開いており、それを通じて数学および医学関連研究者との共同

研究を多数進めてきた。多くの場合は確率論の研究者との間で共同研究である。10年以上続いている研究者もいる。海外については、米国の応用確率論ないし統計数学分野の研究者との間で留学時からの共同研究が続いており、教え子達もその関係での留学・共同研究を行っている。現在の所属場所では医学関係の研究者との共同研究が多い。理学部の数学教室に所属していた時代には、医学部の研究者との間には組織としてもまた物理的にも隔たっていたこともあり、それほど密接な交流がなかった。

質問項目 f

応用分野の数学を研究している人をもっと尊重し、エンカレッジして欲しい。あまりに抽象化の度が過ぎるところがある。もし本当に他分野の研究者との共同研究に貢献できる数学を目ざすならば、もっと他の理工学者や技術者が活用できる具体的な数学を開拓していただきたい。

質問項目 g

他分野の研究にも理解を示す柔軟な頭の数学者（人材）を育ててほしい。応用に使う数学は、必ずしも先端の高度な数学ではないと思う。したがって、例えば固有値・固有ベクトルなどもそれを使う意義と一緒に教えるなどの工夫が必要であろう。微積・線形代数はあらゆる数学の基礎であり、そこをしっかりと身につけた学生を育成することが大切であろう。

質問項目 h

ますます需要は増え重要になると言える。特に遺伝子の情報を臨床に活かしていくという方法は、全く未知な分野であり、数学者の協力なしには進展し得ないとさえ言える。生物学だけの知識ではその分野はブレークスルーできないと思う。

例えば患者からの病理に関する臨床データの処理には、代数学・解析学といった既存の数学の枠を超えた新しい数学概念、あるいは数学モデルの創出も必要となろう。

質問項目 i

米国では、そういった研究所を作り、新しいニーズを掘り起こしていくことが盛んに行われている。科学技術の世界は近年ますます複雑になっており、それに対処するために数学は大変重要な役割を

担っている。したがって日本でも、当然そのような研究機関の創設は早急に必要だと思う。九大の産業技術数理研究センターはその趣旨にかなったものであろうが、問題意識の明確な専任研究者が中核となるべきであろう。また、既存のカルチャーにとらわれない広い視野を持った数学研究者を育てることが肝要であり、日本の数学者はパイ（守備範囲）をもっと広げる努力をすべきであろう。

2.2 産業界

数理システム、NTT、日立製作所、富士通、第一生命、三菱東京UFJ銀行、BNPパリバ証券、インターネット総合研究所、パナソニック、宇部興産、東芝、マツダ、オー・エル・エム・デジタルの各社の、(研究開発部門の)シニアマネージャー、主任研究員クラスで、数学系出身研究者、または数学系出身でないが数学的手法に関心がある研究者・技術者に対し、ヒアリング調査を行った。

●ヒアリング項目：

【貴社についてうかがいます】

- 貴社では、数学系出身（※修士課程修了者）の学生を採用されていますか？採用されている場合は、どのような職場に配属されていますか？また現状と問題点、今後の見通しについて、さらに、博士号取得者（新卒・ポスドク）の処遇等について差し障りのない範囲でお話下さい。（会社レベル）
- 数学系の博士号を取得した者の（既に雇用されている場合は、さらなる）雇用に関心がありますか。（会社レベル）

【貴社の研究開発と数学との関わりについてうかがいます】

- 数学的手法が不可欠な、もしくは、想定される研究課題をお持ちですか？そのような研究課題がある場合、差し障りのない範囲で具体例を挙げて下さい。さらに、成功例があれば、差し障りのない範囲で挙げて下さい。また、既発表の論文等がありましたら、ご紹介ください。
- 貴社の研究開発現場において、数学に対するニーズは大きいとお考えですか。現時点でニーズは満たされていますか？
- 貴社の業界で、ニーズの高い数学分野にはどのようなものがあるとお考えですか。
- 数学研究者との共同研究の経験はお持ちですか？お持ちでしたら、どのような形態のものが多いでしょうか？差し障りのない範囲でお答え下さい。たとえば、規模、期間、委託研究と産学連携共同研究の区別、打ち合わせの頻度、共同研究の相手は国内であるか国外であるか、また国外との共同研究の場合その理由などについてお

答え下さい。

- g. 貴社主催（共催）の、数学研究者を交えたセミナー、研究集会、勉強会などを開かれた経験はお持ちですか？お持ちでしたら、差し障りのない範囲で、具体的にどのようなものか説明して下さい。
- h. 数学研究者との共同研究を含め、数学研究者に対しどのような期待をお持ちですか？また、共同研究を行うに際しどのような課題、あるいは問題点があるとお考えですか。

【産業界における研究開発と数学との今後のあるべき姿についてうかがいます】

- i. どのような数学分野の教育や研究を大学に期待されますか。また、どのようなスキル習得教育（例えば、他分野との連携に必要なコミュニケーション能力等）を大学に期待されますか。貴社が、数学系の学生を雇用する、または数学者との共同研究を行うというケースを想定し、お考えをお聞かせください。
- j. 貴社の業界で、今後、数学を応用した研究開発テーマは増えると思われませんか。増えるとすれば、どのようなものとお考えですか？さらに、潜在的ニーズについても、お考えをお聞かせ下さい。
- k. 欧米では産業や諸科学への数学の応用、ならびに新しい数学・数理科学の発掘・展開をめざした研究所・研究機関の整備が進んでいます。日本はこの点で立ち遅れているという指摘がありますが、そのような教育研究拠点の整備または新設は必要であると思われませんか。必要だとお考えの場合、貴社がそのような拠点に期待することは何でしょうか。拠点の整備を急ぐべきであると思われませんか。

● 山下 浩氏（株式会社数理システム 代表取締役社長）

ヒアリング対象者： 山下浩氏
役職名： 株式会社数理システム 代表取締役社長
場所： 東京大学数理科学研究科 野口研究室（駒場数理棟 463 号室）
日時：2009 年 12 月 18 日
ヒアリング調査員： 室田一雄教授、野口潤次郎教授、奈良光紀特任助教

質問項目 a

数学系の学生を毎年 1～2 名程度採用している。数学系の学生は、数理計画、データ解析、データマイニング、AI（人工知能）関係などの仕事に配置することが多い。従来より、数学系の学生は、ソフトウェアエンジニアとしては、役に立

っている。しかし、数学系の学生には、物理のバックグラウンドが必要な仕事は無理であり、これには物理出身の学生を配置している。

博士課程修了者へは、修士に比較し単純に 3 年分の昇給を上乗せするだけであり、それ以上は採用後の本人次第である。博士中退（単位取得退学）での入社も一応 OK としている。ちなみに、入社してから学位をとった人もいる。

質問項目 b

当然、関心がある。数学系博士を雇用するかどうかは、本人の資質次第であり、特に数学系であることにはこだわらず、平等に考えている。資質としては、数学的なバックグラウンドがしっかりしている人が

良い。大学で個別の知識を身につけていなくとも、自分で勉強して最終的に理解できることが大切である。

質問項目 c

数学的手法を使うことが業務である。既発表の論文、研究開発の成功例は数多くあるが、学術論文として発表することが目的でない研究開発については、論文の形では発表していない。成功例を挙げると、数理計画では、シフトスケジュール作成システム、線路保守計画、キーワード広告買付け、超大規模ネットワーク設備計画、年金システム、土木保守計画策定、学校最適配置計画、重要予測にもとづく取水・送水制御、などがある。また、データマイニングでは、商品の廃棄リスク算定、WEB アクセス解析、保険料率算定、通信需要予測、異常アクセス検出、などがある。

質問項目 d

数学あるいは数学的手法のニーズのなかで仕事をしている。

質問項目 e

ニーズの高い数学分野は線形計画法などの数理計画の理論とアルゴリズムである。有限要素法によるシミュレーションなら偏微分方程式が必要である。また、確率・統計などもニーズがある。線形代数は必須である。具体的な問題から、理論、解法、計算へという一連の流れにおいて数学が必要である。

質問項目 f

数学研究者との共同研究は、あることはあるが、数はごく少数である。非線形計画のアルゴリズムの専門家と共同研究をしている。

質問項目 g

社内教育によって体系的にすべてを学ぶことは難しい。そもそも、勉強すべき内容には限り無く、すべてを学ぶとい

うことが不可能である。

個人での勉強や個々の小グループでの勉強会によって、必要なときに必要なことを学んでいる。ニュートン法や種々の数値解法などが必要なときに自分で分かることが大切である。大学との共同研究としては、最適化の分野の研究者と仕事をしている。数学的な内容のセミナーはやっているが、いわゆる数学者が参加しているということではない。

質問項目 h

数学はきちんとやれば最終的には役に立つが、数学研究者との共同研究がすぐにビジネスに役に立つかという、それは少し疑問である。オペレーションリサーチ分野の大学教員がアルゴリズムを設計して開発したソフトウェアを4,5年前から直接製品にに入れて使用している。

数学研究者からは、Practical な成果に繋がるものを期待したい。そのような活動が評価されると社会にもプラスである。しかし、そのような成果で論文が書けるか、学位が取れるのか、という問題がある。これは大学の理学系分野における評価の問題、文化の問題であるだろう。

質問項目 i

学生の教育に求めることとしては、コンピュータが使えること、あるいは勉強して使えるようになる素養を身につけさせることは必須である。

コミュニケーション能力は、数学に限らず社会人としての一般的能力として大切である。20年前の学生と比較して、コミュニケーション能力に大きな違いがあるとは思わない。個性の問題ではないか。

現実のデータを元に、数学的解析をすることについての基礎教育が必要。統計学、フーリエ解析、偏微分方程式、離散数学などは分野によっては必須である。

質問項目 j

データマイニングはビジネスとして、今後、戦略的にとても大切である。現実の巨大データからの情報抽出には数理的アプローチが必須である。

質問項目 k

実用や応用を念頭に置いた研究の発展にプラスになるような教育開発拠点があると良い。しかし、拠点があるかないかよりも、むしろ、応用的研究や実用的な成果をどう評価するか、という問題の方が大きいと思われる。

その他

- ・ 以前から数学や物理で何かビジネスとしての成果を出したいと考えていた。1982年から現会社をやっている。
- ・ ビジネスとしては直接的ではない

が、汎用パッケージの開発など数理科学の汎用性からスタートする流儀である。その後、それを具体的な問題や世の中のニーズ、流行に合わせて展開する。汎用性に重点をおいている。

- ・ ベンチャー企業よりは落ち着いた形で、流行廃りに影響されない事業展開を行っている。
- ・ 数学の応用や実地的成果があれば、それを業績として評価する文化を望む。
- ・ 今後は、数学的意志決定プラットフォームの構築に関心がある。

● 岡本 龍明氏(日本電信電話株式会社 NTT 情報流通プラットフォーム研究所 岡本特別研究室 室長/京都大学大学院情報学研究科 客員教授)

ヒアリング対象者： 岡本龍明氏
役職名： 日本電信電話株式会社 NTT
情報流通プラットフォーム研究所
岡本特別研究室 室長
(京都大学大学院情報学研究科 客員教授)

場所： 日本電信電話株式会社 NTT 情報
流通プラットフォーム研究所
東京都武蔵野市緑町 3-9-11

日時：2009年11月5日 14:30～16:30

ヒアリング調査員：中尾充宏教授、重住
淳一学術研究員

質問項目 a

採用はしており、研究職が中心である。研究所においては、約8割が修士課程修了者で、学部卒と博士課程修了者が残りの約半分ずつとなっている。ポストクの採用もあるが、枠を決めて採用している

わけではない。学問的な業績や、研究グループに必要な人材かなど、総合的に判断して採用を決めている。

博士課程修了者の処遇については、日本独特のものだと思われるが、学部卒業後5年の人と同じである。つまり、学位による付加価値がない状態である。一方、アメリカを始め欧米においては、学位を持っていないと研究所には就職できない。学位は研究者としてのある種の資格となっている。日本で、博士課程を希望する学生が少ないのは、そこに原因があるのではないか。企業などで博士号取得者の処遇を上げるなど、社会全体で取り組まなければ博士課程の定員の充足は難しいだろう。どういう教育をすれば、社会における需要に応えることができるかなど、大学側と企業側の両方で考えていく必要

がある。

質問項目 b

関心はあるが、それぞれの能力次第である。(東京大学の数理学研究科で客員教授をやっていたとき、授業を受けていた学生を採用したことがあった。授業で研究に興味を持ってもらい、一方、学生の能力や人格などを判断することもでき、良い機会ではあった。)

質問項目 c

例えば、暗号は数学を利用する典型的な分野だと思う。整数論や代数幾何など、いわゆる代数系と関係している。数学の出身で整数論を専門にしていた人との共同研究の経験があるが、特に暗号の研究においては、専門知識をもっている人との共同研究は重要である。一方、応用数学会における見解によると、機械関係の構造計算などでは、数値解析など解析系が役に立つと言われている。

質問項目 d

NTT の研究所に関していえば、基礎的な研究に携わる者は数パーセントしかいない。(自分も含めて、)そこでは数学に対するニーズは大きく、必須だとも言える。その他の研究者にとっては、数学を勉強する上で身につける論理的思考やものの考え方が重要視されることがある。数学の出身者はよく勉強していると思うことが少なくない。きちんと勉強しなければ先に進めないということもある。特に(博士の)学位を取るためには、忍耐強く続けていかなければならない。論理的な思考に加えて、継続して一つのテーマに取り組んだという経験は、どのような分野に行っても何らかの形で役立つと思う。

質問項目 e

通信業界では、暗号・符号に対するニーズが高い。離散数学などは間接的に役

に立つ可能性が高い。

質問項目 f

設問 c で答えたように、経験はある。他に、委託研究として、首都大学東京の中村憲教授へのものがあった。国外では CRM (スペイン国立数学研究所) のプロジェクトに招待され参加した経験がある。また、カナダのウォータールー大学に 1 年間滞在し、暗号の研究を行っていた。広い意味での共同研究としては、東京大学、京都大学で連携併任講座を持ったことがあり、博士課程の学生も対象とした、暗号に関する先端レベルの講義を行ってきた。

質問項目 g

2009 年 4 月に「暗号の計算論的・記号的安全性証明に関する「スプリングスクール&ワークショップ」という数学基礎論系の国際会議を、NTT と産業技術総合研究所の共催で開いている。

質問項目 h

数学研究者には、企業で行われている研究などを知って欲しい。純粋数学に専念するというのも重要だが、そうではない人も居て良いのではないかと思う。

例えば、楕円曲線を暗号に応用しようと考えていたのは、N. Koblitz と V. Miller という数学者だった。数学研究者が視点を広く持ち、自分の研究がどのように使えるかといった関心を持つことで、ある種のブレークスルーが生まれる可能性がある。

質問項目 i

私の研究(暗号)に関しては、数論などが役に立つだろう。

分野という話では、特別な専門分野に就職すれば、特定の数学の分野が役に立つようなこともあると思う。例えば、暗号に関しては数論などが、構造解析をやっているところでは解析系など、保険業

界においては確率統計を使ったアクチュアリーなど。しかし、実際にはそういう専門分野に就職しない人の方が多い。そのときに数学の専門的な知識がどう役に立つかということを考えてみると難しい。

数学というのは、人類が何千年もかかって築いてきた文化の頂点であり結晶とも言える。それをしかるべき人にきちんと教育することも必要であると思う。しかし、同時に、いわゆる伝統芸能のようなものではなく、生きているもの、現在の社会を支えるものでもある

よく言われる話だが、日本の数学教室では、欧米に比べ応用分野のスペクトルが狭くなっている。広く研究をしているところもあるが、社会ではもっといろいろな研究が行われている。その意味で、視野をもっと広げると良いのではないか。

質問項目 j

暗号の業界では増えることは間違いない。通信業界全体では判らないが、個人的な意見としては数学の応用は増えていくと思っている。

セキュリティの中で、暗号やその周辺のプロトコルなど、コアな部分では安全性の保証を数学的に証明することなどが必要である。それ以外の普通のセキュリティでは運用の仕方など総合的に考えなければならず、数学などの理論的な部分がそれほど重要でなくなることもある。しかし、暗号などが保証できないとセキュ

リティは成り立たない。つまり、暗号などがしっかりしているから運用の方に専念できるという意味で、数学は貢献できると言えるかもしれない。

質問項目 k

応用数学の研究所を作るときには、研究者の採用などの運用が重要である。その際に、外国などから一流の研究者を集めることなども良いと思う。そこで教育を受けた（日本の）学生が次の時代を担っていくだろう。特に日本の大学では、外国人の比率（特に教授の）が少ない。例えば、アメリカでは、国籍に関係なく公平に採用をしていて、その結果世界中から一流の研究者を集めることに成功している。

また、中国やインドなどのアジアには優秀な人材が多い。それらの国からトップクラスの学生に奨学金など良い条件を与えて日本に来てもらうのも良い。特に数学では研究者が若いうちに実績を出すことも多く、それによって大学のステータスが上がることを期待できる。また、日本の学生が、留学生から刺激を受けることも良いことだろう。

その際に必要なことは、経済的な支援だけではない。例えば授業を英語で行うことで、外国から研究者や留学生を招くときに言語という障壁をなくすといったことも考える必要があるかもしれない。

● 宮田 健治氏 ((株)日立製作所、日立研究所 モータイノベーションセンタ モータシステムユニット 主任研究員)

ヒアリング対象者： 宮田健治氏
役職名： (株)日立製作所、日立研究所
モータイノベーションセンタ、モータシステムユニット 主任研究員

場所：(株)日立製作所、日立研究所
茨城県日立市大みか町 7-1-1
日時： 2009年12月8日 11:00~14:00

ヒアリング調査員： 中尾充宏教授、田
上大助准教授

質問項目 a、質問項目 b

日立製作所では、定期的に数学系出身の学生を採用している。数学系出身の学生は、特に、画像認識や画像処理といった情報制御関係の研究開発に従事している。一方、日立製作所全体でみると、工学系（特に機械系や電気系）や理学系（特に物理系や化学系）出身の学生の割合が多いが、最終的な採否は学生個人の能力によって判断しているため、大学院専攻の違いに起因した採用時における差異はない。実際、その教育・研究内容が“ものづくり”と直接には結び付かないと思われる素粒子物理などの実験物理系出身者が日立研究所にも配属され、活躍している。したがって、数学出身者の採用は今後も継続していく予定である。ただし、日立製作所は“ものづくり”の企業であるため、数学系出身者に限った話ではないが、学生が自身の研究内容だけに固執することなく、“ものづくり”に関連する常識などを含めた幅広い見識を持っていることが望ましい。

また日立製作所では、博士課程出身者を、より高い研究開発能力や深い専門性・見識を活かすことのできる人材として位置付けている。したがって、その待遇は大学院や博士課程を経ずに入社した同学年の学部卒業者や修士課程出身者と同等の処遇となっている。なお学位取得は奨励されているものの、単位取得退学を含めて、学位取得の有無による待遇面の差異はない。

質問項目 c

対象者が専門とする電磁界数値シミュレーションを行う際に必要となる高速高精度解析に向けたシミュレーション手法

の実用化において、数学的手法が必要となる研究課題の例として次のものが挙げられる：

1. 現実問題に現れる磁性材料は強い非線形性を持っている。この非線形特性を考慮した、時間発展非線形電磁界問題の定常状態を高速に求める手法の開発。

2. 電磁界問題では、計算に必要な記憶容量を削減するために、適切なゲージ条件の導入が望まれている。しかしながら、ゲージ条件の導入によって、数値シミュレーションを行う際に現れる連立1次方程式に適用する線形反復手法の収束特性が悪化する場合がある。この収束特性の悪化を回避し、高速に解を求める手法の開発。

3. 電磁界数値シミュレーションでは、しばしば材料のヒステリシス特性を考慮した現実の大規模モデルを扱う。このような大規模モデルを高速に実用に耐えうる時間内で解くことが可能な手法の開発。その成功例を挙げると、例えば材料のヒステリシス特性を考慮した電磁界数値シミュレーションに対して、日立製作所で開発したシミュレーション手法である ΔA 法を、ヒステリシスを含まない通常の磁界解析に

用いると、従来用いられていた手法と比較して、2次元回転機モデルのシミュレーションにおいて約1/3、また3次元回転機モデルのシミュレーションにおいて約2/3から1/2の時間で結果を得ることが可能になった。また、最近の10年間で電磁界シミュレーションにかかる時間は約1/300に短縮されているが、そのうち ΔA 法の導入といった、シミュレーション手法の改良による時間の短縮は約1/30であるのに対して、計算機資源の進歩による短縮は約1/10でしかない。このようなシミュレーション手法の改良において

は、数値実験を通じた経験的知見のみに頼るのではなく、数値解析学に基づく理論的知見の助けを借りる必要が生じる場合もある。

質問項目 d、質問項目 e

現在でも数学系出身の学生が多く配属されている画像認識・画像処理などの情報制御関係の研究開発や対象者が担当している数値シミュレーション分野などに数学の高いニーズがある。数学分野としては、広い意味での数値解析学が主体であろう。これらの分野において、より高度な数学的知見を得るための支援体制が整っていないために、ニーズが十分には満足されていない場合も考えられる。

質問項目 f

日立製作所と大学との共同研究は多く行っているが、その多くは、工学系との共同研究等である。現時点では、先に述べた数値シミュレーションなどに現れる連立1次方程式の並列計算ライブラリの構築に関して、情報・応用数学系の研究者との共同研究が行われているなどが挙げられる。現在のところ数学系との共同研究が活発に行われているとは言い難い。

質問項目 g

数値シミュレーションに用いるソフト開発に直接は必要ないが、その背景にある理論の構築には必要となる基礎的な数学(例えば Lebesgue 積分論など)について、数学系出身の社内講師による研修などを行った経験がある。

質問項目 h

対象者が関与する偏微分方程式の数値シミュレーションでは、例えば、一般に自由度数の増加に応じて得られた結果が実際の現象に近づき、誤差が減少していくことが期待される一方で、現象に特異性が存在する時に必ずしも期待通りの誤

差の収束が得られない場合が起こりうる。このような場合に、現象を記述する偏微分方程式の解の滑らかさとシミュレーション手法との関連性について、背景となる数学解析が整備されていれば、シミュレーション手法適用の是非を考える上で大変有用であることが期待できる。

同様に、背景となる数学解析の整備が、シミュレーション手法の現実問題への適用や結果の判断に対する指針を与えることが期待できる。この時、数学研究者による知見提供などの支援体制が確立していることが望ましい。しかしながら、そのような支援体制が現状では十分であるとは言えず、今後、確立されていくことを期待する。

質問項目 i

対象者の専門分野である電磁界シミュレーションで言えば、就職を目指す学生あるいは共同研究を行う教員に対して、数値解析学の基本をキチンと学んでいることを期待している。近年は、数値シミュレーションを行うための市販ソフトウェアも多く存在し、企業においても積極的に活用されている。したがってソフトウェア開発そのものだけではなく、市販ソフトウェアに完全に任せきりにならずに、シミュレーション結果が妥当なのか、シミュレーション手法の適用範囲にある物理現象なのか、といった問題に対して、数学的な知見を活用して答えることができるような人材が望まれる。

質問項目 j

これまでも述べたように、日立製作所の研究開発現場において、既に数学的知見が大いに役立っており、または今後役立つことが期待できるので、数学に対するニーズあるいは潜在的ニーズは高いと考えられる。例えば、長期インターンシップの際に行われた数学専攻博士課程

学生との研究が一定の成果を挙げており、また、数値シミュレーションの高速化の際に適用可能性や収束改善可能性を予め把握するためにも数学的知見が必要となる。さらに、均質化法に代表されるミクロスケールとマクロスケールの物理現象の融合を目指したシミュレーション手法は元々応用数学者のアイデアが基礎となっている。これらの点などからも、数学系との共同研究に対する潜在的ニーズは

大きいと考えられる。

質問項目 k

これまでに述べたことから見ても、数学者を育てるだけではなく、数学的知見を活用することによって産業界に貢献できるような、新しい数学あるいは数学者を育てることを視野に入れた機関の必要性は、今後増大するものと思われる。

● 穴井 和宏氏（株式会社富士通研究所 デザインイノベーション研部 主任研究員/ 九州大学大学院 数理学研究院 教授）

ヒアリング対象者： 穴井和宏氏

役職名： 株式会社富士通研究所 デザインイノベーション研部 主任研究員

九州大学大学院 数理学府 教授

場所： 九州大学 伊都キャンパス 数理学研究棟

日時：2009年12月2日 11:00~12:00

ヒアリング調査員： 川崎英文教授、重住淳一学術研究員

※富士通研究所デザインイノベーション研部に所属し、半導体やハードディスクなどの物作りを支える設計技術に関して、数理的な手法を使って新しい革新的な方法を模索する。

質問項目 a

富士通では研究所に限らず、数学出身者の採用は多い。研究所以外では、SEなどシステム作りの部署が採用する。

デザインイノベーション研部にも数学出身者が配属されている。セキュリティ部署では整数論や微分幾何の出身者、暗号関係はほとんどが数学出身である。

他に情報検索など情報関係出身の採用もある。それ以外の部署では、数学出身者をそれほど採用していない。

博士がその処遇において損をするということはない。最初の1、2年は、修士修了後3年経った人と比べられるため評価は厳しいが、その後は全く遜色なく活躍している。

質問項目 b

博士の採用枠は少なく、応募者の中で数学出身者が上に来るとするのは難しい。各分野の出身者をバランスよく採用したいという企業の意向がある。特に博士の場合は即戦力が要求され、専門が違うから採用に至らないこともあった。数学出身者のポテンシャルに期待しているが、採用する余裕がないという側面もある。社内の研究員の側では、博士を採用したいのだが、人事部等は修士を採用したがる。

質問項目 c

デザインイノベーション研部では代数や数値的な最適化が必要になる。最適化について、現場の技術者はソフトウェアなどのツールだと思っていることが多

く、それをサポートする私たち研究者としては、そこで用いられるアルゴリズムなどの知識が必須である。暗号の分野では代数などが使われ、データマイニングでは学習やサポートベクターマシンを使っている。さらに、製造現場で一番必要なものとしては、半導体の製造ばらつきなどに対応するために統計が多く用いられる。

質問項目 d

ニーズは大きい。暗号部署ではニーズは満たされていて、デザインイノベーション研究部は数学出身者を増やしたいと思っている。一般論として、専門に縛られない方が良いと思う。実際、インターンシップで来た数学の学生は結構評判が良い。例えば、数学的な質問に対して、自分の専門でなくても調べて答えてくれる。このような実績を積み重ねていけば、企業の数学出身者に対する期待が高まると思う。

質問項目 e

質問項目 cなどで答えた通り。

質問項目 f

横山和弘教授（立教大学）や野呂正行教授（神戸大学）との共同研究がある。海外の場合もある。形態は、奨学寄付金、委託研究、共同研究の3種類があり、委託研究の経験がある。横山教授や野呂教授の場合は奨学寄付金で、制約や特定の目的がなく、大学側としては使いやすいだろう。共同研究はないが、CRESTのチームに入っていて、JSTを介した形で共同研究はやっている。

最近の傾向として、奨学寄付金、委託研究より共同研究という形にして、まとまった研究資金を与えてしっかり成果を出してもらうという意識が高まっている。経済的に厳しいというのも1つの原因である。

国外の研究者との共同研究の理由は、QE（Quantifier Elimination、限量子消去）の手法を研究している研究所が日本では他に無く、海外の最先端の研究者と研究したいということである。アメリカとヨーロッパにそれぞれチームがあり、共同研究を行なっている。

質問項目 g

大学の数学の研究者を招いて社内でセミナーや勉強会を頻繁に行なっている。アルゴリズム研究会などの研究会を研究所員が主催し、会社が共催で開くこともある。

企業に招くときに、企業に滞在してもらうのは難しい。ネットワークを繋げないなど、企業の秘密に関わる問題がある。自分の場合は、立教大学（横山教授）に招いてもらい、大学の方に出向くか、あるいは会社の方にも来てもらって議論をするなどしている。

質問項目 h

他と差別化して、新しいものを生み出すには数学の力が必須であると思う。大学には産学連携を目指しているものもあるが、それにいち早く結び付けたいと思っている。数学能力が高い人が、柔軟に物事に興味を持って研究してくれると可能性が広がる。

専門外の研究をするのは、難しい部分もあるかもしれないが、視野が広がり専門と繋がってくることも少なくない。そういう意識で柔軟に研究に取り組んでもらえると良い。

質問項目 i

数学出身者は、修士、博士の間は数学をきちんと、また深くやって欲しい。自分の分野に深く専念するという経験は、能力を鍛えるためにも大事だと思う。

企業に就職を目指す場合、コミュニケーションが大切である。企業では、現場

に近い技術者と話をするとき、ロジックが違うために話がかみ合わないことがよくある。その中で、コミュニケーションを取り数学的本質を見抜き問題を定式化して、解かなければならない。

また、製造現場ではばらつきや誤差が出る。研究者はそれを気にせず、数式モデルからきれいな結果を出すことで満足する傾向がある。しかし、実データとのすり合わせは非常に大事で、それなしでは研究結果は使えない。そこでも、コミュニケーションが重要だ。

一方、現場の技術者から、数学の技術は敷居が高いとよく言われる。一般の技術者・研究者と数学出身者のギャップは大きい。そのギャップを埋める努力（話術、説明の仕方、見せ方など）が必要である。

インターンシップは、そのようなコミュニケーション能力を高める絶好の機会だと思う。特に、現場の技術者と直接対話する機会がもっと持てるようになれば変わってくると思う。

数学出身者が就職活動において、能力があるのに、人事面談やグループ討論などが苦手なために採用に結び付かないことがある。企業で研究をやる場合には、必ずチームで討論しながら研究をするので、この意味でもインターンシップは良い機会である。

数学の出身者はコンピュータに弱いと言われるが、基本的にはプログラム等における潜在能力は高いと思う。計算機を使うというのは、ソフトウェアを作るなど、数学のアルゴリズムなどのアイデアを表現する唯一の方法で、それができるかどうかで差が出てくる。

質問項目 j

障壁は、一般の技術者・研究者が数学の有用性を理解できていないことである。

そこで、有用性を伝える努力や営業、啓蒙活動などを粘り強くやる必要がある。

現場で使える数学技術があっても、そのことが知られていなかったり、使いこなすことができなかつたため、使われなかつたりすることも多い。問題を定式化して、数学技術を使えるようにするまでが難しい。現場の技術者の考える制約問題を、研究者が引き出して、定式化できるように助ける必要がある。

数学の学生の場合、式と現象を結び付けて考えていないことが少なくない。大学でモデル化に関する講義があれば良いと思う。実際のモデルを知れば、数学者であれば、もっと深いことができるかもしれない。一度体験することが大きいと思う。

質問項目 k

そういった研究所は、個人的にはあった方が良く思う。それよりも、大学・企業の双方で、数学がイノベーションの鍵になることについての意識を高めることが重要である。

インターンシップなどはお互いに重要だと思う。インターンシップから共同研究に発展することへの期待も大きい。もう一つ期待するのは、研究の中の数学的な部分について、インターンシップの学生に調べてアイデアを出してもらってから議論することで、いろいろな可能性が出てくることである。

研究所などで、数学的な問題について、サーベイして講義をしてもらえそうな仕組みがあると良いと思う。知らない分野の問題を使う場合は敷居が高いが、講義をしてもらって自由に質問ができる場があれば研究の初動が速くなることも期待される。いろいろな企業で需要は大きいと思う。

● 深谷 竜司氏（第一生命相互会社企画第一部部長 シニアクオンツアナリスト）

ヒアリング対象者： 深谷竜司氏

役職名： 第一生命相互会社企画第一部
部長 シニアクオンツアナリスト

場所： 第一生命相互保険会社 本社 12
階応接室

日時：2009年11月18日14:00～15:00

ヒアリング調査員： 楠岡成雄教授、吉
田朋広教授

質問項目 a

(1) 修士課程修了者を採用している。グローバル職(旧総合職)採用においては、修士課程修了者数/全採用数は

H21.4月入社： 16名/91名

H22.4月入社予定者 20名/109名

である。

(2) 配属について

・アクチュアリーコースで採用している者については、おもに主計部および企業年金数理室に配属している。

・金融工学コースで採用している者については、みずほ第一フィナンシャル・テクノロジー以下、資産運用部門に配属している。

・その他、オープンで採用している者については、本人の希望及び適性を総合的に判断した上で、限定せずに配属している。

(3) 現状と問題点、今後の見通しについて：アクチュアリーやクオンツに限らずリスク評価や論理的分析の観点から、不確実な事象を予測し数値化できる理系の素養の必要性は高まっており、コース別に限定することなく理系学生を積極的に採用する姿勢は今後も継続すると思われる。

(4) 博士号取得者の新規採用を行ったことがない。(国内留学で数理ファイナンスを専攻し博士号を取得した者は2名)

質問項目 b

博士号取得者については、専門性スキルを持った人材の採用である中途採用等の採用の中で検討している。

質問項目 c

・数理ファイナンスを用いた、ERM、リスク・コントロール、ALM、個別資産の評価、変額個人年金等の最低保証に係る料率計算に数学的手法を用いている。

・実際に業務に利用している技術としては、リスク量測定、EEV計測における資産価格変動モデル、ALMに用いる中長期ポートフォリオシミュレータ、各種派生商品の価格公式がある。

・発表論文は別添のとおり

質問項目 d

・複雑な派生商品の理論時価モデル、金利期間構造モデル、リスク計量化モデル等数学に対するニーズは大きい。今後益々重要性が増してゆくと考えている。

・より先端的な数理技術の応用が必要となってきた。

質問項目 e

確率論、統計学(死亡率統計、資産運用に係るパラメータ推計等)、確率解析、最適化、極値理論、数理ファイナンス

質問項目 f

・金融工学技術のレベルアップのため、みずほフィナンシャル・グループ、損保ジャパングループとみずほ第一フィナンシャル・テクノロジーを共同事業化。金融工学、数理ファイナンスの研究者に在籍していただき、研究・開発を行っている。

・最後に付けた一覧の論文作成において、国内研究者との共同研究を行った。

・この他、東工大 CRAFT に研究目的で寄付を行った経験がある。(1990～1998)

また、東京大学 CARF に対しても同様の趣旨で寄付を行った。

質問項目 g

- ・勉強会等の主催を行った経験はない。
- ・学会運営において企業から参加している者がご協力させていただいた事例がある。
- ・なお、大学からの依頼で、別添のように弊社から大学に講師を派遣。

質問項目 h

- ・上述のようなビジネス領域に応用できる数理技術を更に活用したいと考えている。
- ・共同研究に関しては、スケジュール管理、費用対効果などを検討する必要がある。

質問項目 i

- ・数学分野を限定せず、弊社が有する課題に数理的発想で問題解決策を追求できるだけの、幅広い数学的教養を有する人材を送り出していただけると、お願いするところ。
- ・個別領域としては、前述のような、確率論・統計学(死亡率統計、各種パラメータ推計)・確率解析・最適化・極値論・数理ファイナンスの重要性が増大。
- ・学生に期待するスキルとしては、数学的技術以外に、英語・IT 技術の習得がある。

質問項目 j

- ・数学を応用した研究開発テーマは増加すると思われる。
- ・金融機関において、リスク計量化技術の高度化が求められている。
- ・加えて、変額年金のように、派生商品性を組み込んだ保険商品も開発されるようになってきており、数理ファイナンスの発展を取り入れる必要性も日々増している。

質問項目 k

- ・弊社のリスク管理・資産運用において、確率論・統計学を始めとする数理科学をビジネスの根幹で利用しており、更なる技術の発展のため研究所・研究機関を整備されることは必要と考えます。
- ・金融機関のグローバルな競争において、金融技術の根幹を支える数理技術の発展は必須であり、急務であると考えているところです。

論文一覧

- 小守林克哉, 三木隆二郎, 「TOPIX は有効フロンティアにのっているか」, 日本証券アナリストジャーナル, 1992年8月号, P21-37, 1992
- 小守林 克哉, 星野 元伸, 原田 貴巳久, 飯田 貴史, 「日本国債市場における金利リスクプレミアムの推定」, 日本オペレーションズ・リサーチ学会春季研究発表会アブストラクト集, P164-165, 1995
- 小守林克哉, 剣義隆, 飯田貴史, 「将来の利益と割引率に不確実性を持たせた株式評価モデル」, 『日本証券アナリストジャーナル』, 1998年6月号, P55-67, 1998
- M.Kijima and K.Komoribayashi, "A Markov Chain Model for Valuing Credit Derivatives, Journal of Derivatives, 6, p97-108, 1998
- 長尾智晴, 佐藤友紀, 杉野泰亮, 原田貴巳久, 「自律エージェント群の進化的最適化に基づく株価変動モデル」, 電子情報通信学会総合大会講演論文集, D-8-21, 1998
- 佐藤友紀, 杉野泰亮, 原田貴巳久, 長尾智晴, 「エキスパートルールを用いた株価予測ニューラルネットワーク」, 電子情報通信学会総合大会

- 講演論文集, D-8-22, 1998
- 杉野泰亮, 佐藤友紀, 原田貴巳久, 長尾智晴, 「GA を用いた金融時系列データを対象とする関数近似式の係数推定」, 電子情報通信学会総合大会講演論文集, D-8-23, 1998
 - 原田貴巳久, 佐藤友紀, 杉野泰亮, 長尾智晴, 「GA を用いた株価予測に有効なテクニカル指標の選択」, 電子情報通信学会総合大会講演論文集, D-8-24, 1998
 - 山根裕明, 小山裕史, 原田貴巳久, 長尾智晴, 「GP を用いた人工株式市場の構築」, 1999 年電子情報通信学会総合大会講演論文集, D-8-19, 1999
 - 木島正明, 小守林克哉, 阿久津なぎさ, 「格付け変動を利用した債券ポートフォリオの最適化」, オペレーションズ・リサーチ, 46/11, P614-621, 2001
 - Fukaya, R. and Honda, T. Optimal Bond Portfolio for Investors with Long Time Horizons, Asia-Pacific Financial Markets, 8 (2001), 291-320
 - M.Kijima, K.Komoribayashi and E.Suzuki (2002), "A multivariate Markov model for simulating correlated defaults", Journal of Risk, 4, p1-32
 - N.Akutsu, M.Kijima and K.Komoribayashi (2004), "A portfolio optimization model for corporate bonds subject to credit risk", Journal of Risk, 6, p31-48
 - 深谷竜司, 状態依存効用を有する投資家の最適ポートフォリオ戦略における Stochastic flows の応用, 日本保険・年金リスク学会(JARIP)第2回大会発表アブストラクト集, 2004
 - 枇々木規雄, 小守林克哉, 豊田暢子, 「多期間最適化手法を用いた世帯の資産形成モデル」, 日本保険・年金リスク学会誌 (JARIP ジャーナル), 1/1, P45-68, 2005
 - Fukaya, R., Application of Stochastic Flows to Optimal Portfolio Strategies, Journal of Mathematical Sciences, the University of Tokyo, 12 (2005), 349-397
 - 枇々木規雄, 小守林克哉, 「多期間最適資産形成モデル—より実践的なモデルの構築—」, 日本オペレーションズ・リサーチ学会秋季研究発表会アブストラクト集, P44-45, 2006
 - 赤津さよ子, 小守林克哉, 「アンケートデータを用いた保険商品選好モデル」, 日本保険・年金リスク学会誌 (JARIP ジャーナル), 1/2, P21-33, 2006
 - Fukaya, R., Application of Stochastic Numerical Methods in Multi-period Optimal Portfolio Strategies, 数理解析研究所講究録 1462, RIMS 共同研究確率数値解析に於ける諸問題, VII,(2006), 100-115. ISSN 1880-2818.
 - Honda, T. and Fukaya, R. An application of multiperiod optimization methods to currency hedging strategies, Bachelier Finance Society 2006, アブストラクト集 Tokyo

● 青沼 君明氏（三菱東京UFJ銀行融資企画部/CPM グループ兼信用リスクグループ
上級調査役・チーフクオンツ）

出水 博章氏（三菱東京UFJ銀行融資企画部 CPM グループ次長）

ヒアリング対象者： 青沼君明氏、出水
博章氏

役職名：三菱東京UFJ銀行融資企画部
CPM グループ兼信用リスクグループ
上級調査役・チーフクオンツ（青沼氏）
三菱東京UFJ銀行融資企画部 CPM グ
ループ次長（出水氏）

場所：三菱東京UFJ銀行本社

日時：2009年12月4日11:00～12:00

ヒアリング調査員：楠岡成雄教授

質問項目 a

数学系出身（修士課程修了者）を積極採用しております。金融の世界では、金融商品の開発や、リスク評価などの局面で数理モデルが不可欠であり、それらの開発を担える人材、ハンドリングが適切に行える人材が不可欠となっております。そのため、理系院卒としての素養（数学、物理、システム、管理工学などを専攻）を持つ学生をプロとして育成することを前提とする、FTコースという専門職種採用も積極展開しております。

博士号取得者（新卒・ポスドク）の新人としては、20年に1名（理学博士・素粒子物理）の採用実績があります。また、入行後に博士号を取得したものは、現在5名在籍しております。

当行の人事制度の中に、専門性をより重視して人事評価をするプロ職という職域を用意する予定で現在準備を進めております。このプロ職では、高い実績が上げられれば収入に直接反映することを前提としており、博士号取得者についてはこのプロ職の中でより専門性を高めることを期待しております。

質問項目 b

今後の金融理論の高度化の中で、より高度なモデル開発や分析を行うためには、数学系の知識が不可欠となります。その意味では、数学系の博士号を取得した者の活用は重要と認識しております。一方で、ビジネスの中での研究と、アカデミックな世界との研究には大きなギャップがあることも事実です。現実としては、綺麗な理想世界で理論を展開することができず、理論の精度を上げて、データの誤差の方がはるかに大きいということもしばしばあります。また、現実のビジネスの中でモデルを作ろうとすると、企業会計、財務分析、経済、統計、システム、数値解析、数理計画などの幅広い知識が不可欠となります。過去の数学系博士号の学生を見ると、数学的知識はあっても、実務で色々な知識を総合的に用いることができるか？様々な部門との折衝、ニーズ把握を行い、多くのメンバーと共同開発ができるか？などという面でなかなか採用することが難しいという現実もあります。ですから、数学系の博士号を取得した者を採用するニーズはある。しかし、実務に適した人材は少ないというのが実情だと思います。

質問項目 c

金融商品の基本は、将来のキャッシュフローの現在価値の期待値で評価するのが一般的です。期待値の処理が必要ということは、金融商品を構成する確率変数のプロセスを表現することであり、確率論などの数学的フレームワークによってモデルを構築することになります。また、金融商品ごとに、構成される確率変

数が異なり、また、キャッシュフロー自体も何らかの条件で変化します。したがって、モデルを作成してその解析解を求める、あるいはシミュレーション・ツールを作成する、さらには、モデルによってリスクを評価するということが重要となります。その点では、新しい金融商品がでると、それが研究課題となります。また、リスク評価においてもモデルが必要となります。何をリスクとして捉えるか、どのような区分によってリスクを管理するかによって、ここでもモデルが必要となります。このように、金融分野では数理的な研究課題は山の様に存在します。ただ、その研究テーマは、アカデミックな世界という新規性を前提とした理論ではなく、実態に即した応用研究がほとんどということになります。また、博士号を持っているものを中心に、査読論文もあります。

質問項目 d

研究開発現場では、数学に対するニーズは極めて高く、数学が展開できないと実務が回らない分野も多くあります。しかし、研究開発は先にお話したように、数学の知識だけではなく、企業会計、財務分析、経済、統計、システム、数値解析、数理計画などの幅広い知識が不可欠になります。これらをバランスよく持った人材をどのように育成するのが大きな課題となっています。もっと積極的な言い方をすると、高度な数学の知識を持った人材は必要ではあるが、多くはいない。むしろ、幅広い知識をもって金融の中でのモデルが構築可能な実務クオンツは多く必要というのが実態です。

質問項目 e

数学分野ということになると、確率論、数値解析、数理計画などが上げられます。一方で、統計解析、システム（プログラ

ミング)などの知識も不可欠となります。これらについては、採用後の教育でカバーしている部分もありますが、大学教育の中で取り上げて欲しい課題でもあります。

質問項目 f

会社として数学研究者との共同研究に関する実績はありません。これは、実務での課題が基礎研究より応用研究に軸足があるためです。ただし、当行の研究者が個別に大学の研究者と共同研究をするということはありません。

質問項目 g

社内勉強会の講師として、数学研究者をお招きするという実績はありますが、共同研究に関する実績はありません。これは、実務での課題が基礎研究より応用研究に軸足があるためです。

質問項目 h

企業としての研究の目的は、実務で役に立つということが前提となります。その点では、応用研究、あるいは既存のモデルが数学的側面から整合的であるかどうかなどを示していただけることが企業にとっては重要であると思います。また、共同研究の難しさは、企業の時間軸が極めて短いということが上げられると思います。

質問項目 i

数学を専攻した学生のこれまでの傾向を見ると、数学は大好きだか、それ以外のことにはあまり興味が無いという者も多くいた事は事実です。実務では、企業会計、財務分析、経済、統計、システム、数値解析、数理計画などの幅広い知識が不可欠になります。特に、数学専攻の学生には、純粋数学だけでなく、統計、システム(プログラミング)、数値解析、数理計画は不可欠な素養であると思います。また、モデルを作るという経験、あるい

はプレゼンテーションするという経験、共同作業をするという経験も求められます。数学専攻の学生には、個人プレーを好む傾向が多く見られますが、これは企業の立場からはマイナス評価となります。

質問項目 j

今後の金融理論の高度化の中で、より高度なモデル開発や分析を行うためには、数学系の知識が不可欠と考えており、そうしたスキルを持った人材を積極的に採用したいと考えております。

質問項目 k

金融業界の立場では、以下のポイント

が上げられると思います。

- (1)新しい金融理論を作る
 - (2)新しい金融理論をビジネスで応用するための利点や問題点を明らかにする。
 - (3)新しい金融理論をビジネスで実装するための、ツールなどを作成、提供する。
- 実務の立場を前提とすると、実務で使えるということが絶対条件となってきます。その場合、実務上の実データの入手、データ解析とデータベースの構築など、難しい課題もあると考えます。

● 箴島 靖文氏 (BNP パリバ証券会社東京支社 クオンツリサーチ部長) Olivier Alvarez 氏 (BNP パリバ証券会社香港支社 主席クオンタティブアナリスト)

ヒアリング対象者：箴島靖文氏、Olivier Alvarez 氏

役職名：BNP パリバ証券会社東京支社 クオンツリサーチ部長 (箴島氏)、BNP パリバ証券会社香港支社 主席クオンタティブアナリスト (Alvarez 氏)

場所：東京大学数理科学研究科

159 号会議室

日時：2010 年 1 月 28 日 15：00～16：00

ヒアリング調査員：楠岡成雄教授

質問項目 a, b, c

現在、東京支社ではクオンツリサーチ部に日本人博士取得者が 2 名 (数学、物理) 修士取得者が 1 名 (物理)、リスク管理部に日本人博士取得者が 2 名 (数学、物理)、エキゾチックデリバティブトレーディング部に日本人修士取得者が 1 名 (物理)、ストラクチャリング部に日本人博士取得

者が 1 名 (物理)、投資調査部にも理系修士取得者が数名いる。

博士号取得者の採用は状況に応じて考えているが、博士取得者の方がより高く評価され、待遇面でも博士取得者の方が高くなるような給与体系となっている。

BNP パリバでは、Quantitative Research, Trading, Structuring Products 等において数学が重要である。必要な人材については、必ずしも博士号の取得者である必要はなく、数学的能力が高いかどうかを考慮される点である。

博士取得者は、クオンツリサーチ部においては、主として、エキゾチックデリバティブのプライシングモデルの開発とそのリスクマネージメントを両方担当することになる。

数学の研究に関しては、社内での研究は原則的に外部に対しては秘密であり、公表することはない。ただし、一般的

理論の研究や既に古くなった研究については公表することがある。公表された研究としては例えば以下のようなものがある。

・ Alan Bain: Fundamentals of Stochastic Filtering (Stochastic Modelling and Applied Probability)

出版社: Springer; 1 版 (2008/10/23)
ISBN-10: 0387768955

・ Shigeo Kusuoka, and Yasufumi Osajima, A remark on the asymptotic expansion of density function of Wiener functionals, Journal of Functional Analysis Volume 255, Issue 9, 1 November 2008, Pages 2545-2562

(Special issue dedicated to Paul Malliavin)

・ Yasufumi Osajima, General asymptotics of Wiener functionals and application to mathematical finance.

<http://faculty.ms.u-tokyo.ac.jp/users/preprint/preprint2007.html>

・ Yasufumi Osajima, The Asymptotic Expansion Formula of Implied Volatility for Dynamic SABR

Model and FX Hybrid Model, http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=965265

・ Deep Kumar, Andrew S. Lesniewski, Managing Smile Risk

<http://www.cmap.polytechnique.fr/~rama/da/sabr.pdf>

・ Andrew Lesniewski, WKB Method for Swaption Smile

<http://www.lesniewski.us/papers/presentations/Courant020702.pdf>

・ Salah Amraoui, Sebastien Hitier, Optimal Stochastic Recovery for Base Correlation

http://www.defaultrisk.com/pp_recov_45.htm

質問項目 d

現在の情勢においては エキゾチックデリバティブビジネスの今後の行方が不透明なため、Quantitative Research に対してどれだけの需要があるか将来の見通しが立たない。そのため数学の需要について答えられない。しかし、そういった状況を離れて一般論として考えれば、今後も需要があると考えられる。

質問項目 e

必要とされている数学分野は、確率解析、偏微分方程式論、数値解析、微分幾何が挙げられる。

質問項目 f、g、h

大学からはインターンを受け入れている。

(調査員註: 外資系金融機関におけるインターンは数ヶ月以上で、ほぼ毎日、終日働き、実際の業務に関連した仕事を行い、給与も相応に支払われる。就職セミナーのような類いではない。)

また、ロンドンでは数学者からコンサルタントとして様々な数学の一般的問題に対してアドバイスを受けている。しかし、真の意味での共同研究は行っていない。これは研究の具体的な詳細は社外秘であるためである。

同様の理由で、会社として公開された研究集会を主催することはない(できない)。

しかし、個人としては皆、様々な研究集会に参加したりしている。

大学に対しては講座等の寄付を行うことでつながりを持っている。また、博士論文の研究テーマなども提供している。

数学研究者に望むことはビジネスを理解してほしいということである。研究成果が実際の業務に役立つ形まで持っていく、プログラムとして実装できなければ使い物にならない。

質問項目 i

期待する研究分野は応用数学、特に、ファイナンス数学、プログラミングなどである。

質問項目 j

BNP パリバでは昨年、人が東京からロンドン、香港に異動した。しかし、これは一時的な現象であると考えている。様々な資産・証券を組み合わせた金融商品開発が重要と考えているが、この市場がどれくらい発展するかは金融庁の規制に強く影響される。

いま、為替や株、コモディティにおいてはアルゴリズムに基づくトレーディング

グに注目が集まっている。アジアではシンガポールで本格的に行われている。これについては、統計科学と IT 技術が重要と考えている。直近のデータを瞬時 (0.1 秒以下の単位で) に解釈して傾向を予測することが求められている。

質問項目 k

BNP パリバとしては研究所が必要とは考えない。

しかし、一般論としては応用数学の研究所があってもよいと思う。

● 藤原 洋氏 (株式会社インターネット総合研究所 代表取締役)

ヒアリング対象者：藤原洋氏

役職名：株式会社インターネット総合研究所 代表取締役

場所：東京大学大学院数理科学研究科

日時：2009 年 11 月 5 日

ヒアリング調査員：若山正人教授 (九州大学大学院数理学研究院)、桂利行教授 (法政大学理工学部)

質問項目 a、b、c、d

株式会社インターネット総合研究所グループ 5 社において何名か採用している。私たちはものづくりというよりはアルゴリズムを仕事としている。そういう意味では、抽象的な思考力が他の分野の出身者よりも高い所は数学出身者について特化したメリットといえる。数学を解くように抽象的な論理的な考え方に対して非常に強い認識を持っており、これは貴重なことだと思っている。

研究目的が数学の問題を解くのではなくてシステムを開発するという課題であ

るので、研究体制はチームプレイとなる。

研究開発投資がどのくらいできるかという問題もあるが、(ある限定された範囲ではあるが) 企業の競争力の厳選、新しいシステム開発能力は数学的な思考力と近いものがあるので重要だと考える。

質問項目 f

量子暗号・量子情報符号化というテーマで中江康晴さん (当時東大数理科学研究科研究員、現秋田大学工学資源学部助教) と行った。

質問項目 g

ある。単なる勉強ではなく、具体的な共同研究を目的として行った。

質問項目 h

アルゴリズム的な問題を解くのに、問題をどう設定するかという問題設定能力に期待をする。抽象的思考の中で最も重要なのは問題設定力だと思っている。私は数学者ではないが、ヒルベルト問題というものがあるように、彼が問題を残したことに非常に価値があると思う。問題

を残したヒルベルトの問題設定力はとても高い能力だと考えている。それは量子力学の数学的基礎にも発展しているし、波及能力がある。それは単に数学にとどまらず、物理学にも応用できるし、或いは計算幾何学、暗号論等にも波及していくかもしれない。数学的能力に対して私が最も期待するのは問題に直面したときに、一体どこに問題があるのかという問題設定力だと思っている。これは、数学を学んだり、研究したりする過程で備わってきたり、もともと素質があった人が磨かれたりするのだと思う。数学力とは科学技術における根幹をなす能力であり、純粋数学のみならず国の科学技術力の源泉だと考えている。

質問項目 i, j

一見乱雑そうに見えるデータに対して何らかの相関関係を生み出すという点で、統計学は重要だと考える。ただ、本当に新しいアルゴリズムに到達するには別の数学のセンスも役に立つのではと考えている。最適問題化かもしれないし、微分方程式を解くことかもしれない。社会では一意性の存在を証明するよりも、実際に解くということが大事になってくる。

質問項目 k

私はつくるべきだと考える。東大に物連携宇宙研究機構 (IPMU) があるが (こちらは宇宙に特化しているが)、宇宙だけではなく数学の応用分野は色々な所に広がっている。純粋数学、抽象的な思考が得意な人がそれを応用する人とふれあう場面というのが実は非常に大事だと考えている。いくつかの応用分野と数学者が交流する場、人が無理に純粋数学者、応用数学者を育てるのではなく、混成チームをつくるのがいいのではないかと考えている。大事なのは好奇心であって、「純粋数学ではなくて応用数学に興味持ちなさい」と突

然言っても無理な話である。むしろ興味を持っている、色々な分野 (例えば、遺伝子、宇宙論、コンピュータ・サイエンス、符号理論、通信など) の研究者が集まる IPMU 型のトライというのはあってもいいのではないかと考える。

(日本の数学教育において、現在は文部科学省にも一人もいない数学担当者について) 私も中央官庁側にそのような部署を置くべきだと思う。数学は自然科学系学問の基本であるので、日本の数学教育、研究が、世界のどのランクに位置しているのか常に把握し、戦略を考える人が必要である。多少数学、数理科学を理解している人がよいであろう。

その他

-ヒアリング項目とは別に-

若山：我々の G-COE プログラムの中で ccrh2009 という conference を予定している。Casimir という人物は物理学者で量子力学について研究していた。戦争があり、Leiden 大学の教授になった後、すぐに Phillips 研究所に行った。しかし、彼は Phillips に行った後も研究を続け、数学にも非常に貢献した。その中で、Casimir Force というものを発見したのだが、彼はそれをリーマンゼータ関数を使って予想をした。検証されたのは 21 世紀になってからである。ヨーロッパ物理学会を作ったのもこの人物である。彼自身は純粋数学にも非常に影響を与えたという非常に魅力的な人物である。

10 月の中旬に Scientific American にアメリカの国防総省が Casimir 効果についての研究に 2 年間で 10 億円を出すという記事が掲載された。今回の conference に講演者として呼ぶことになっている Capasso 氏はこういうこと

をやろうとしている。Casimir 効果を応用しようという動きはイエール、UCLA、ハーバードなどで起こっている。簡単に言うと軍事研究にあたるのだが、わりとファンダメンタルな問題、つまり将来何の役に立つかわからないような研究に対してアメリカであれば軍が顔を出してくる（お金を投資してくれる）。このようなことについてどのように考えられるか。

藤原：アメリカには NSF だけでなく、DARPA などもある。ダークエネルギーに関しての資金もエネルギー省から獲得している。軍事研究として獲得するのは日本では難しいかもしれないが純粋研究についてのポケット（資金源）は複数あるべきだと感じる。

桂：経済産業省の NEDO の風向きが（応用数学が主だが）ようやく数学に向いてきている。

藤原：経済産業省は産業応用のための予算。ただ、数学は応用数学だけが大事であるように思われているものの、一見純粋数学に見えるが応用数学に発展

していくような研究に経済産業省からの研究資金が得られるような仕組みはあったほうがよいと思う。厚労省のライフサイエンスの予算であっても、その資金が数学に流れていくようなことがあってもよいと思う。資金先が（文科省）1 本しかないというのは限界がある。DAPA のような機関（仕組み）が日本にもあってはよいのではないか。
桂：連携客員で来て頂いたが、どのような期待があって、結果的にどうだったのか。

藤原：中井さんはもう出て行かれたが、彼はコミュニケーション能力にも長けていた。彼に対しては、大変満足している。やはり数学をやっていた人にコミュニケーション能力がないというのは間違っている。その偏見は除去すべきだ。学生は、社会に対してもう少し広い視野を持って心を開いたらいい。また社会も数学者の卵の能力は高いんだと認識すべきだ。お互いがもっと知りあうべきである。

● 安達 和宏氏（パナソニック株式会社、エネルギーデバイスグループ、参事、主幹技師/九州大学産業数理技術研究センター 客員教授）

ヒアリング対象者：安達和宏氏
役職名：パナソニック株式会社、エネルギーデバイスグループ、参事、主幹技師
九州大学産業数理技術研究センター
客員教授
場所：九州大学伊都キャンパス数理学研究棟研究室
日時：2009年12月29日 10:00～11:00
ヒアリング調査員：川崎英文教授

質問項目 a、b、c
皆無ではないようだが、ほとんどいない。ただ、今後は期待できる。実は、自分の役以外に、社中で横断的な役もっており、そこで数学をアピールしている。会社の上層部や中堅どころでも、数学の有効性を認識して貰ってきている。
パナソニックは他企業に比べると、学歴、学閥にこだわらない。どんな人も、何らかの形で会社に貢献できるはずだという社風がある。大事なことは、工学出

身者が、数学を利用できそうな課題を与えて数学出身者をサポートすることだ。数学そのものを研究するというのはほとんどないだろう。ビジネスになればよいが。数学そのものでは、ないだろう。

横断的な部署のひとつは本社研究所の中に、もうひとつは京阪奈の先端研究所にあり、主に材料研究をおこなっている。その所長に、ある問題は数学者がいたらうまくいくことを説明したところ、そのことを理解してくれた。

質問項目 d、e

工学屋の中に、数学がなくても出来ると思っている人が多くいる。確かにできるのだが、効率が悪かったり、スピードが遅かったりする。数学に期待できることとしては、例えば、携帯にソフトを入れるとき、容量が制限されているので、数学の力でサイズを小さくすることがある。それが必要だと企業の人が思えば、数学は必要になる。その他、工学屋にチラッと気が付いている人がいるが、パラメータが多すぎるため、人の力では設計が難しくなっている。パラメータの最適化には数学が絶対必要である。また、良い最適化ソフトがない。力づくにやるようなソフトである。よくわからないので、とりあえず数週間ソフトに流しておこうということになる。

もうひとつ、工学分野で人材の質がどんどん落ちている。その理由は2つある。ひとつはシミュレーターが発達したせいで、技術者が頭の中でシミュレートしなくなり、考えなくて済むようになった。シミュレーターがなかったころは、頭の中でシミュレートしてモデルを構築していた。モデルを構築しないので、技術屋の質がそこで大きく落ちた。その上、技術が細分化されているので、全体が分かる人がいない。

もうひとつは理系離れである。しかし、数学者は今も昔もあまり変わらない。数学出身者に工学の教育をして設計者にする方がよいと、会社に提案している。

以前は数学が強い技術者がいたが、今は全然いない。Mathematica や Maple のせいでさらに悪くなっている。

今度就職する数学の博士には半導体デバイスの設計にも挑戦して貰う予定だ。そこで、工学出身の設計者と比較しようと思っている。

今回のインターンシップで、数学者の必要性の検証をおこなったが、確かに数学者がいないと出来なかったことがいくつかあった。実は、工学部の博士も同時にインターンとして同じ課題に取り組んで貰った。工学のインターン生はやはり数学でつかえるが、それを数学者がちょろちょろと解いてしまう。また、Mathematica で 100 行の出力があったとき工学のインターンはそれ以上何もできなかったが、数学者がそれをすっきりとまとめて使えるようにした。また、桁落ちや精度の問題を工学のインターンは認識していなかったが、数学者が算順序を考慮することによりきちんと計算した。

昨年のインターンシップでは数値解析を使った。近々では、3次元画像のデータ処理をいろんな企業が頑張っているが、まだまだ情報処理の効率が悪い。インターネットも今後3次元になると思われるから、数学が必要である。もう少し先になるが、リアルとバーチャルの世界の連携した技術が出てくるだろうから、その情報処理が必要になる。

質問項目 f

2件のインターンシップだけだが、実際には共同研究である。前の会社ではCADに関して社内の数学屋と共同研究した。イギリスにいたときも経験がある。

イギリスには数学が強い工学者がいるので、数学者に聞いた方が早いというような問題があれば、さっとメールで相談するなど、打ち合わせを頻繁におこなっていた（90年代）。イギリスはもともと工学と数学が一緒だった時代があり、工学も数学をかなり重視する。モノづくりと言うより、理論が重要なので、モノづくりはあまり良くない。良い人材を集めるのは非常に重要である。Math for Industryは昔から当たり前であった。モノづくりだけでは、ある側面でしか勝てないので長期的に見ると勝てない。だから、優秀な人は海外に出て行っている。

質問項目 g

今のところはないが、数学の博士が4月に入社したら、彼が声をかけてくれるようになると思う。

質問項目 i

工学で使われている数学は結構簡単なので特にない。むしろ工学の勉強してもらおうとよい。工学は広いが、電子工学、機械工学と言っても、使っている数学は共通部分が多いため。現象や見た目は違うが使っている議論は非常に似ている。簡単な微分積分、簡単な行列、ポアソンなど限られている。これらが電子工学、機械工学でどのように使われているかを教えるとよい。実は、応用が違うだけで数学屋には同じに見える問題が、工学屋には全く違うものに見える。この違いを数学屋に教えてやるとよい。工学屋には、同じであることに気がついていない人が多い。

質問項目 k

一般論として、日本のためにということであれば、モノづくりに役に立ててほしい。ユビキタスに役立つとよい。ユビキタス社会の技術を海外に売ることができる。人類のための環境問題に対して数

学屋が役立つ分野があると思う。地球上、宇宙からの観測をやっている。将来の見通し。地球規模のシミュレーターなどもあるが、精度やスピードが足りない。日本が科学技術の面でやらなければならない。国連もそのような貢献を日本に期待している。エネルギー問題でいえば、電気エネルギーに移行している。以前は大きな発電所が供給していたが、今後は小さな発電所や、太陽光発電、風力発電など分散してゆく方向である。そのため電気エネルギーのネットワーク化が起きてくる。ただ、アメリカで、ネットワークの一か所が誤動作したとき、ネットワーク全体が停電した。電力ネットワークの安全面に対する良いアルゴリズム開発はまだこれから。オバマ大統領がこれを国策としてシリコンバレーで研究させている。この問題で最も難しいのが、電気エネルギーを制御するアルゴリズムを含めた制御技術である。

理系離れは耳にするが、数学離れはあまり耳にしない。その辺りのデータを収集するとよい。工学はどんどん落ちている。日本に役立つと考えると、研究所はなかなか難しい。企業からの期待としては、数学が必要な場面がちょくちょく発生するが、大学の先生に問い合わせるには数学のレベルが低すぎて申し訳ない気がする。しかし、工学の人に尋ねても誰も答えてくれない。それを受け入れてアドバイスしてくれる人がいたらよい。また、相談したときに直ぐに解決できればよいが、相談する側の数学力に問題があるので、ちょっとした仕事を請け負ってくれると助かる。企業人だと1年かかるものが、数学屋だと1、2週間で終わることが多いと思う。学生でもできると思う。それから、企業人を教育してくれるとありがたい。

● 鈴川 一己氏 (宇部興産株式会社 研究開発本部・有機化学研究所・主席研究員
現 福岡大学工学部化学システム工学科 教授 2008年10月より)

ヒアリング対象者：鈴川一己氏
役職名：宇部興産株式会社 研究開発本部・有機化学研究所・主席研究員
(現 福岡大学工学部化学システム工学科 教授 2008年10月より)
場所：福岡大学工学部化学システム工学科
日時：2009年12月8日
ヒアリング調査員：福本康秀教授

質問項目 a

40年以上前から採用している。おそらく最初は京大数理工学出身者である(既に定年退職、当時は制御に重点あり)。当初は情報システム部門(コンピュータ部門/技術計算部門あり)で採用。数学科出身者は数年に一人の割合で採用している(実際は20年に1度、数学出身者がまとまって入る傾向にある)。現在、技術計算部門が独立したので、研究所や工場内の技術計算を行っている部隊が採用する方式に変わりつつある。

直近では、九大数理学府の2人、その前は間があいて、十数年前にお茶の水女子大数学出身者と東京理科大・応用数学科出身者、その前には京大の数理工学からも入社した。私は24年前に阪大数学から入社した。

博士取得者の処遇は「修士卒業後3年」という扱いで、特別扱いはない。

今後も引き続き採用は行う。九大に関しては、長期インターンシップを利用して引き続き採用活動を行いたい。

質問項目 b

正直なところ、「博士号をとった人に限る」ということはない。基本的には博士号取得者に対する拘りはない。修士号で

十分。理由は、化学会社/製造業なので、数学そのものを研究することはないからである。数学をベースに、工学を勉強してもらって役に立ててもらえばよい。実際のところ、博士号を取得してからではむしろ遅い。修士までを修了し、早く工学分野を勉強してもらいたい。

質問項目 c

化学会社では、次の分野で数学的手法を必要とする：流体力学(装置構造の最適化)、プロセス制御(プラントの制御)、操業の最適化(スケジューリング等)、品質管理(統計関係)、有限要素法(機器の強度計算、構造解析)。

【成功例】当社では構造解析・流体力学は成功したので定着しており、定常的に人材を補給する方針。プロセス制御と最適化の分野ではまだ中途の状態なので、今後引き続き可能性を検討する(いずれにせよ、数理に強い人材が求められる)。

内容は表に出せないなので、論文等は発表していない。私自身は数学セミナーに評論的な記事を書いた程度で、他に評論的な記事は書いていない。

質問項目 d

数学という切り口でのニーズは少ない。数学を応用する・利用する工学の分野では応用数学のニーズは大きい(上で挙げた分野)。

【ニーズは満たされているか?】先ほど挙げた課題は数学が強くないとできない。実際にいる数学科出身者2~4人では足りない。私は、ニーズは十分には満たされていないと考えている。しかし、経営者クラスの方は、そこまでの認識はないかも知れない。私自信、「現場で数学をもっと使えば、もっといろいろできるのに」

という思いはある。経営者には必ずしも理解していただけないので、弱い分野がそのまま残る。しかし、少人数でも数学出身者が活躍している点は経営者には見えているだろう（数学出身という意識はないかもしれないが）。

質問項目 e

（先ほどとオーバーラップするが）流体力学関連、プロセス制御（「制御」そのものは数学の理論）、操業の最適化、品質管理、これらはどこにおいても共通のニーズである。

質問項目 f

数学研究者との共同研究はない；数学出身者を採用しているので社内であっている。数学者に頼らなければいけないというほどの問題意識もない。

質問項目 g

数学研究者を交えたセミナーは開催した経験はない。工学研究者とはある。

質問項目 h

数学研究者との共同研究には期待は大きくない。理由の一つとして、当社では40年以上前から数学出身者を採用しており、企業としては数学の重要性を認識している方だと思うからである。また、国内の場合、「数学者」は純粋数学者を指し、応用そのものには関心を持っていないからである。数値計算の分野の研究者は考え方が違う。数値計算は応用数学であり、工学の一部でもあり、共同研究の可能性はある。

九大のチュートリアルに参加したのは、「精度保証付き計算」が今後重要になると思ったからで、この分野には期待している。今後は、数値計算の保証という問題が重要になる。保証ができればありがたい。

質問項目 i

学生に期待するのは、基本である「線

形代数」と「微積分」の習得である。これらの教育をきっちりやって欲しい。産業界と連携するためには他分野の言葉を理解しないとイケない。かつての教養課程での物理や化学の理解ができれば強い。その両方を身につけた学生を採用したい。

九州大学大学院数理学府修士課程に開設された MMA コースにおいて、数学科から進学した学生には、数学をベースに、他分野の勉強をして欲しい。これができる、産業界で活躍できる。数学科の学生 50 人いると、全員が必ずしも純粋数学に適しているとは思わない。半分の人には数理科学（応用数学）に適していると思う。そこで、彼らの目を数理科学（「数学」の外）に向けさせてやれば、もっと飛躍する機会が生まれるのではないかと？ 外部から、マスコミなどで話題の研究者などを講師として招へいすれば、違ってくるだろう。

[ヒアリング調査員：集中講義で企業から講師を招へいして啓蒙的な内容を教えているが、対象は大学院生や4年生。もっと早い時期が望ましいか？]

それもある。数学科 2 年生ぐらいで、「こういう分野で役に立っている」というところが見えると、数学の重要性に気付く、数学そのものにもっと集中できるのではないだろうか。3 年生が一番負荷が大きい、そのときにどうしても純粋数学がカリキュラムの中心に据えられる。少しでも偏微分方程式の講義で応用的なもの・世界を見せてあげられればよい（今、偏微分方程式の教育は3年よりも4年になっているかもしれないが）。3 年生までに教える内容は伝統的に変わらないだろうが、逆に、純粋系をやっていることにより学部を卒業したころ応用系で展開できるという側面もある。

質問項目 j

数学を応用した部分を工学分野も含めて考えると、工学分野はほとんど数学によって記述される。工学の人から見ると、数式が多ければ「数学」になる。コンピュータも発達しているので「数学」はもっと増加する。たぶん数学に対するニーズは表面化する。

この前の事業仕分けでスーパーコンピュータが話題になった。ものを作るのが目的であっても、実際ソフトウェアで動かすのは数学の計算である。コンピュータにかけるときには数学を必ず使う。潜在的ニーズも含めて、数学に対するニーズは増加する。顕在化すると思う。

今朝の NHK ニュースで「中国人留学生を企業が大量に採用する」という話を見た。当然、彼らがよく勉強しているという点があるが、もう1つは、今後の消費規模を考えると中国は重要である。その番組で、どういう分野で中国人が優秀かというリストが紹介された。一番最初に出ていたのは「数学」。中国では、「応用数学」は工学を含んでいる。昨今、数学が少しずつ話題の表面に出ているのを感じた。数理学の普及活動を日本できちんとやっておかないと、中国人に凌駕されるのではないかという危惧はある。

質問項目 k

まず、数学の活用・新しい応用を目指した研究施設は日本には必要である。早

く作らないといけない。産業の構造が変わりつつあるが、数学もそれに迅速に対応する必要がある。

ただし、入れ物を作った後の運営の仕方、あるいは、中に入る人が重要である。京都大学数理解析研究所（京大数理研）は、当初は応用数学が謳われていたが、今は純粋数学寄りになっている。京大数理研とは違って、最初から例えば工学分野の人が入るなど、完全に（産業への）応用を目指した形を表にしないと、新しい施設を作った意味がない。京大数理研とオーバーラップするような部分があると、同化してしまうような傾向が出るだろう。完全に違ったレベルの研究所にする方針を明確にして欲しい。

同時に、そのような分野の研究者・技術者をいかに増やすかという方策も必要である。MMA コースはこのような点に期待していたが、他分野の学生を「数学」に受け入れることが主となっている。逆に、「数学」の学生が他分野に進出する機会をつくるため課程なら、さらに役に立っし、特色が出る（私の研究室にも数学に強い学生が欲しい）。その上で、実際に実験をしてもっと広い視野を身につけて欲しい。そのような学生が育つ環境を作って欲しい、というのが要望としてある。研究拠点と一体化して人材育成も行うのが理想である。

● 山下 勝比拡氏（株式会社東芝 技術企画室 理事）

半田 恵一氏（株式会社東芝 研究開発センター システム技術ラボラトリー
主任研究員）

ヒアリング対象者：山下勝比拡氏、半田
恵一氏

役職名：株式会社東芝 技術企画室 理事
（山下氏）、株式会社東芝 研究開発セ

ンター システム技術ラボラトリー 主任研究員 (半田氏)

場所：株式会社東芝 研究開発センター
神奈川県川崎市

日時：2009年11月16日 13:30～15:30

ヒアリング調査員：金子昌信教授、重住
淳一学術研究員

質問項目 a

採用している。職場はいろいろあり、研究所などもある。昔の話になるが、ロジック開発を行う部署や、他にもOSを開発していたときには、その中のアルゴリズムを考えていくところで数学出身の研究者が多く配属されていた。

東芝の研究所では約8割が修士課程修了者で、学部卒業者と博士課程修了者が残りの半分ずつとなっている。

問題点としては、数学出身者に限ってという話ではないが、全体的に共通して言える話として、ゆとり教育などで基礎(的な学)力が落ちている印象がある。また、内向的で自分から「攻めていく」姿勢が弱い。プレゼンテーション能力が訓練されておらず、コミュニケーション能力も不足している傾向がある。ただし、それが採用に影響するというわけではない。

システム関係(システム設計)では、数学出身者に限らず、比較的博士の学位を持った研究者の割合が大きい。入社後取得する者もかなりいるが、博士課程修了者を採用する場合も結構多い。理論系が多く、純粋数学よりは理論物理学などで数学に近い分野の出身者が多い。大学では理論などの訓練をしてから、入社後に応用に取り組んでいく形で、多くが研究所の中で活躍している。その意味では、(中途半端に)修士課程までというよりは、博士課程まで徹底的に理論をやってから研究者になるのも良いのではないか

ということも考えて採用を行っている。他に数学出身の研究者が多い分野としては暗号などがある。

ある製造業では、この5年で約100人の数学出身者を採用していると聞いている。(少し珍しいケースではあるが、)本研究所に15の研究室があるが、その1つでは今年度の採用者2人が両方とも数学出身であった。

質問項目 b

基本的には、本人の能力次第である。その意味で、博士課程など特にこだわって採用しているわけではない。人物を見て能力を持っているかを判断して採用を決める。

博士課程修了者の場合には、特に柔軟性が必要である。「ビジネスは生きている」ものであり、「これしかやらない」といった姿勢では、企業の研究者としてはやっていけない(役に立たない)。

質問項目 c

システム関係(システム設計)では、OR(オペレーションズ・リサーチ)など最適化数理が用いられることが多い。組合せ論とグラフ理論なども使われる。画像処理などでも数学を使うことは多い。数学の分野からはなじみが薄いですが、取り組んでみると数学的に面白い部分が少なくない。

ケンブリッジ研究所では量子暗号を研究している。(ケンブリッジ研究所ではケンブリッジ大学の教授が所長を務めていて、研究者のほとんどは日本人でない(日本人は所内に1人だけ)。ヨーロッパやアジアなどの出身者が多い。)

とにかく、いろいろな問題に数学が使われており、大学で学んだ数学が役に立つことも少なくない。

[論文 1]

田中俊明, 半田恵一, 愛須英之, 山田尚

史, 國信茂太, 「実用性を重視した組合せ最適化技術の応用 —多様な解の出力と計算資源制約—」, オペレーションズ・リサーチ, Vol.54, No.4, 2009.

列車や飛行機等の乗換え案内サービスにおける経路探索や、DVD レコーダーにおける録画・再生資源の最適配分を行う際にグラフ理論などが適用されている。

また、鉄鋼業や石油化学工業などの工場では大規模な自家発電を行っており、発電機の組合せや電力会社からの購入などのスケジュールにおいては数学の最適化問題が用いられる。

(この雑誌は社団法人日本オペレーションズ・リサーチ学会の機関誌で、この論文が載っている 2009 年 4 月号では、特集「東芝の経営と顧客向け製品・サービスにおける OR」が組まれている。また、山下勝比広氏が巻頭辞を書いている。)

[論文 2]

K. Handa, K. Haruki, "A Reconfiguration Algorithm for Memory Arrays Containing Faulty Spares," IEICE Trans. Fundamentals, Vol.E83—A, No.6, pp.1123-1130, June 2000.

メモリ上の不良箇所を救済するアルゴリズムを開発したとき、そのアルゴリズムの主要なアイデアの正当性を証明するときグラフ理論や代数の知識などを用いた。(実際に用いたのは、60 年代に考案された「DM 分解(Dulmage-Mendelsohn decomposition)」という手法である。) 数学的なセンスが活かされた例である。

質問項目 d

現在は適度なバランスで数学出身者を採用している。数学に対して特別にニーズがあるという訳ではなく、他の分野(物理、化学や経営など)と同様に、1 つの分野として数学のニーズがある。

質問項目 e

(質問項目 c でも答えたが、)最適化や暗号が挙げられる。最適化についてはコンピュータの部品の配置や生産スケジュールの作成、また負荷配分など、いろいろな種類の最適化問題があり数学が用いられている。

本質を見抜くというセンスが数学の研究者には多くあると思う。無駄な部分を省き、抽象化して考えるところが得意だと思われる。

質問項目 f

工学系が多く、数学に近い分野としては情報科学、特に OR (オペレーションズ・リサーチ) 関係の分野で共同研究がある。純粋に数学の分野での共同研究はない。

金融工学で東京工業大の白川浩教授(故人)、情報科学の分野で同じく東京工業大学の小島政和教授などとの共同研究があった。

形態としては、基本的には共同研究が多い。最近では大学の研究者の方でも、間接経費が発生するなどの理由で委託研究を敬遠する場合も少なくない。企業側からの理由では、知的財産権が、共同研究だと共有になるが、委託研究の場合は基本的に大学側に帰属することになってしまうということがある。(ソフトウェアの開発においては、委託であっても、資金を出した側に著作権が帰属する。その点が不思議なところでもある。)

期間は最低でも 2, 3 年を考えている。打ち合わせは遠い場合は 2, 3 か月に一度、近い場合(都内など)では月に一度など。規模としては、いろいろあるが 100 万から 500 万円の規模が多い。1000 万円を超えることは少ない。

国内も国外もある。国内では、大学数で 5,60 の大学と共同研究を行っている。

国外でも、欧米、中国を中心に約 50 の大学との共同研究が行われている。

質問項目 g

主催（共催）という形では無い。（学会の組織委員などになるということはあるが。）

質問項目 h

これは、数学を研究している学生によく言っていることであるが、数学者は引き出しに多くの道具を持っている。一方で、技術者（エンジニア）は問題の発掘を常に考えていて、発掘、定式化してから道具を探し始める。数学者の場合は、道具は持っているけれども、問題に対する意識が低いということがある。（企業への就職を考える学生に期待することは、その引き出しに道具をたくさん詰めてくることである。）

問題解決能力は優れている（すばらしい）。問題の発掘・定式化について数学者は経験が少ないようだが、企業での研究の中ではそこが一番大変な部分である。

質問項目 i

社会の中の問題を定式化するような訓練をすると良いと思う。そうすれば学生の方も数学の問題により興味を持つようになるかもしれない。

（九州大学で2年間講義を行ってきた中で、例えば工場の自家発電所の図を見せて、何を最適にしたいかを言った後、どれを変数にして等式、不等式を用いた制約条件をどう表すかを尋ねたことがあった。そのとき学生は何も出来ず、ぼかんとしていた。授業後のアンケートでは、そういった問題の定式化などが、すごく新鮮に感じられたという感想が多くあった。少し訓練をするだけで、全く違ってくるのではないだろうか。）

プレゼンテーション能力（説明力）や

コミュニケーション能力を高めるような教育も期待される。どちらの能力も、社会に出たときには重要になる。きちんと説明できることが自分の研究内容を知ってもらうことや、研究資金を獲得するときにも必要である。プレゼンテーション能力では、例えば PowerPoint を使ったプレゼンテーションで、資料の作り方や話し方などの基礎訓練を約3日間、外部から専門の講師を招いて指導などするだけでも全く違って来るだろう。コミュニケーション能力としては、例えば学生をグループに分けて課題を与え、討議させるという方法も考えられる。（日本の学校教育の中では討議の経験が少ない。）そういう場をもっと設ければ良いのではないかと思う。（インターンに来た学生がよく言っていることだが、企業でグループで技術的な討論を精力的にやっていることが新鮮に感じるらしい。大学での研究の場合、一人で籠って研究をするということが少なくない。実験をやっている分野でもその傾向はある。特に数学の場合は、論文を読むことが多いということもあるだろう。）

説明する力を養うということでは、例えば家族に自分の研究の内容を説明して理解させることができるかを考えるというのも一つの方法である。まず、そこから始めるというのはどうだろうか。

また、例えば夏休みなどに中学生に自分の研究内容を説明するというのも一つの方法だろう。その場合、小・中・高など若い生徒に理工系や数学への関心を高めるという点でも良いだろう。若い研究者の言葉で話せば、伝わりやすいということもあるかもしれない。

博士課程を終了するまでには、学会に参加するなどして、国内・国外を含めて、それなりに人的なネットワークができて

いるのが当然だと思われる。そういう意識付けをすることも必要だと思われる。博士課程修了者を採用する場合には、コミュニケーション能力の意味で、そういったネットワーク作りという点でも期待をしている。

質問項目 j

一般的な話として、数学のニーズは増えていこう。自分の業界ではないが、金融においてデリバティブやオプションなどで数学的な研究がされている。また、ここ数年、社会ネットワーク（ロコミなど）という分野の研究が進んできているが、特徴あるネットワークの抽出や、ビジネスを活かせる仕組みの構築などで数学を活かすことも考えられる。

様々な研究分野で、極めていこうとすればするほど、数学などが必要になるだろう。最近は特に、いろいろな分野で問題が洗練（リファイン）されてきていることで、数学の必要性も高まっている。最適化理論の話もそうだが、現象の傾向を分析するのに統計的な手法が用いられることもある。そういったところに数学の研究者が出ていけば、新たな問題の発掘にもつながるのではないかな。

昔は、数学者にとって応用を考えることが汚らわしいといった感覚や、応用のあるものに価値はないなどという考え方があった。九州大学産業技術数理センターの設立では、そういった風習を破って、産業における数学の応用などを考えるというもので、技術者の側からみれば「今頃何を言っているんだ」という感じもあった。

イギリスなど伝統的なヨーロッパの社会では、科学（サイエンス）が技術（テクノロジー）よりも上だった。科学と言うのが世の中の不可思議なものの本質を見抜くようなものであるのに対し、技術

は現実の生活の問題を解決するものであるといった感じで見られる。実際に、ケンブリッジ大学やオックスフォード大学では工学部という学部は無かった。しかし、現在では両者の差は縮んできている。

質問項目 k

新しい研究所を作らなくても、現在ある大学・研究所を中心にやっていけば良いのではないかな。

統計数理研究所は、近いこともありよく利用している。OR 関係など、応用できる分野の研究所ならあったら良いと思うこともある。

数学出身者の理論的な考え方が役に立つことは多いが、特別に研究所を作って研究をして欲しいということではない。

現在は、問題を定式化した後、数学的な道具が見つからない場合、自分のグループで探すか、研究所で似た研究をやっている研究室に相談するなどして解決を図っている。

その他

現在、日本では少子高齢化が進んでいて生産年齢人口が減っている。日本が成長を続けるためには、日本全体がグローバル化していかなければならないだろう。日本に入ってくる異なる文化を持つ人を受け入れ、その人たちの視点で考えられること（内なるグローバル化）と、企業などが海外に進出する際に異なる文化を持つ国や地域で対応していけるようになること（日本人自身のグローバル化）の両方が必要である。

企業としては、ある程度異文化に交わって、異文化の人はどう対応していくかを経験で知っている人材が必要になってくる。そのための大学での教育としては、20歳前後の時期に語学研修などで、異文化の中に入って行かせるということが良いだろう。海外の大学との学々連携で、

海外の学生と同じテーマで研究をさせたり、(質の良いものを選んで)海外で活動している NGO・NPO に送り出したりすることでも良い。異文化の経験によって視野が広がり、それが学問の上でも視野の広がりに必ず繋がってくる。

東芝では 2003 年から、若手の情報科学の技術者にインドでの研修を行っている。インドの場合、欧米よりもカルチャーショックが大きい。研修を終えると者の見方ががらりと変わる様子が見て取れる。英語で話すことへのアレルギーも取れる。そういったグローバル化への取り組み

などは、大学から文部科学省や経済産業省などに提案すれば支援をもらうこともできるのではないかと。現在は、文部科学省などが支援プログラムを提案して(お金を出すよと言ったら)、大学側が応募していく形になっていて、大学の自主性などが見られない。逆に大学から提案するのも良いと思う。

この大学を出た学生は全てそういったグローバル化への対応ができていて、と言えるような取り組み、そして 500 人、1000 人といった規模を毎年送り出すくらいのことをやった方が良いと思う。

● マツダ株式会社 技術研究所

ヒアリング対象者：2名

役職名：マツダ株式会社 技術研究所

場所：マツダ技術研究所

日時：2009年12月4日 15:30~16:30

ヒアリング調査員：西井龍映

質問項目 a

採用しています。研究・開発の部署です。博士号取得者はそれなりの処遇が必要なので、将来的なことも考えて採用をしています。

質問項目 b

優秀な方の雇用には関心があります。

質問項目 c

シミュレーション解析、データ解析、制御ロジック、品質管理等の課題があります。

成功例：ディーゼル燃焼室の形状のシミュレーション、制御不具合のシミュレーション、時系列解析による運転者の状態予測

質問項目 d

新しい領域への数理手法についての適応について大きい期待がある。

技術革新のスピードが速いので社会ニーズに答える必要があるので、柔軟な思考法を持つ数学博士を期待する。

一方基礎的な技術を習得するというバランスも重要である。

質問項目 e

統計モデリング、最適化、偏微分方程式の解法

質問項目 f

AVL 社(オーストリア) 経由でダルムシュタット工科大

九大数理学研究院との共同研究

質問項目 g

九州大学統計グループの合宿に出席し、統計手法についての理解を深め、また統計学への期待について交流した

質問項目 h

市販のデータ解析ツールを上回る成果を期待する。

問題の記述方法や専門用語の違い・バ

ックグラウンドの違いがコミュニケーションを取るための障壁となっている。また相談に行くのは、個人的な知り合いがない限り、ハードルが高い。

質問項目 i

応用数学の充実を期待する。また少なくとも一つは計算機言語 (C, Fortran, Java) や GUI ソフトが使えるスキルが必要である。また応用先の基礎的な理解が必要である。

質問項目 j

生産プロセスのシミュレーション、マ

ーケティング、官能評価、感性の定量化
データマイニング、多次元データからの
情報抽出

質問項目 k

- ・産業界から共同研究の依頼し易い敷居の低い運営形態であって欲しい
- ・応用事例を含む講習会の開催を希望する
- ・講習会（セミナー）を動画でネット公開してほしい

● 安生 健一氏（株式会社 オー・エル・エム・デジタル 取締役 研究開発部門 工学博士）

ヒアリング対象者：安生健一氏

役職名：株式会社 オー・エル・エム・デジタル 取締役 研究開発部門 工学博士

場所：株式会社 オー・エル・エム・デジタル（東京都世田谷区）
〒154-0023 東京都世田谷区若林1-8-8 デ
ンス河野ビル 302

日時：2009年10月30日 14:00～17:00

ヒアリング調査員：若山正人教授、溝口佳寛准教授

質問項目 a

弊社は社員数が百数十人の小さな規模の会社です。このような小さな規模の会社でR&D(研究開発)部門があるのは珍しいかもしれません。採用については、出身分野を問わず基本的に新卒の採用はほとんどしておらず、経験者を中心に採用しています。映像制作のための技術(数学やコンピュータ)も重要なのですが、弊社の場合は教育機関を備えていないので、デザイナーに関しては、映像制作のため

の能力も備えた人を採用しています。具体的には、デジタルハリウッド (<http://www.dhw.co.jp/grand/>)等の講座を修得している程度を想定しています。

研究開発部門では、大学で画像処理・CG(コンピュータ・グラフィックス)系の博士号や修士号取得者で、プログラミング能力が高く、映像制作に強い興味をもった人材を採用しています。

アニメーション映画「トイストーリー」等を製作したピクサー・アニメーション・スタジオ社をはじめとするハリウッドの大手プロダクションでは、自社内に教育機関を備えています。また、数学系出身者の採用も少なくないと思われます。

質問項目 b

米国では、数学の学位取得者がCGの分野で活躍しています。映像に興味があれば、弊社でも映像作成経験がなくても数学系の人(論文を書いたことがある人)の雇用の可能性はあります。というのは、数学・プログラミング・映像の異なる分野の達人らによるコラボレーションによ

り、新しいアウトプットが期待されるからです。

質問項目 c

CG アニメーションの分野において、重要な技術の中に、映像の内挿(補間)と外挿(推定)があります。例えば、大河ドラマ「天地人」では、何千人もの兵隊の映像を数パターンの CG キャラクターのアニメーションを何層も重ねて作成しました。単純な複製ではリアル感が出ないので、そこに数学的なモデルによる定式化が必要となってきます。また、アニメ「ポケモン」などでは、キャラクターに陰影やハイライトをつける場合、アニメならではの人工的な形(星や十字形など)で表現することがあります。視聴者に印象的な陰影やハイライトのアニメーションは、必ずしも物理現象の忠実な再現ではなく、新たな概念の数学的定式化による内挿が必要になると考えられます。

質問項目 d

CG は新しい分野ですが、それでも 50 年～60 年の歴史があります。動きの特徴は何か? シルエットだけで対象(例えば怪獣)がわかるようにできるか? 映像作成のアルゴリズム等々、様々な研究がなされて来ました。CG の分野において数学は、Analysis(解析・分析)のために使われるのではなく、Synthesis(合成・設計)のために使われています。

ただ、これからは既存の数学技術を利用してデータ解析を行うだけでなく、データモデルとしての数学体系そのものを作っていくことが求められるようになると思います。「既存のデータを可視化して見る」のではなく、その先にある「見たいものを可視化する」ことを考えていくという意味です。

したがって、CG 分野から数学に対するニーズを提供するというよりは、CG

は数学とともに発展して行く分野であると考えられます。

質問項目 e

CG 分野における研究において、Support Vector Machine 等も使いますし、学習理論、神経回路網理論、数理統計学、最適化理論などを利用します。また、物理シミュレーションでは、偏微分方程式が重要になります。また、リアルな物理シミュレーションではなく、アニメーションにおける内挿や外挿には、多様体やベクトル場を用いた幾何学も利用します。

質問項目 f

ここ数年にわたって、国内外の CG 研究者との共同研究を行っています。海外では Weta Digital (ニュージーランド) の R&D 在籍兼 Victoria Univ. 講師の J.P. Lewis 氏と CG キャラクターの表情の研究等を行っています。国内では北海道大学の土橋宜典先生や東京大学の五十嵐健夫研究室の学生と映像処理やトゥーンシェーダの研究を行っています。

直接的な共同研究ではありませんが、カリフォルニア工科大学の Mathieu Desbrun 教授を紹介します。(九州大学主幹教授の制度で、再来年度招聘の予定：若山)

Energy-preserving Integrators for Fluid Animation、

Lie Group Integrators for Animation and Control of Vehicles、

Computational Electromagnetism with Variational Integrators and Discrete Differential Forms、

(cf. <http://www.geometry.caltech.edu/pubs.html>)

など幾何学の CG への応用に関する多くの著名な研究があります。

Mathieu Desbrun

Associate Professor

Dept of Computer Science, MS 305-16
California Institute of Technology
1200 E. California Boulevard, Pasadena, CA
91125
Tel : (626) 395 6230, Fax : (626) 792 4257
Email: mathieu@caltech.edu
<http://www.multires.caltech.edu/~mathieu/>

質問項目 g

米国の学会 ACM (Association for Computer Machinery) の SIGGRAPH (Special Interest Group on Graphics and Interactive Techniques) は 30 年以上の歴史を持つ、CG に関する研究グループです。米国では、多くの数学分野出身者が CG 分野で活躍しています。毎年夏の SIGGRAPH という国際会議を開催してきましたが、2008 年よりアジア地区でも SIGGRAPH ASIA と称して年に 1 度の国際会議を開催しています。その参加者数は、6 千人規模です。今年の SIGGRAPH ASIA 2009 は、日本(横浜)で、12 月 16 日から 19 日の間に開催されます。

(cf. <http://www.siggraph.org/asia2009/>)
その中で、私(安生健一)は、スケッチ&ポスタープログラムの委員長を担当します。

質問項目 h

具体的な分野というよりは、手法や経験が違う人たちと問題を共有し一緒にやれるチームワークが必要になります。

質問項目 i

映像分野においては、計算機科学(CS: Computer Science)をやっている人の需要が高いのは事実です。一方で、CS 分野を学んだ人は企業においても自分の背景を意識し、その技術にしがみつく傾向が強いです。一方で、数学分野の研究を行って来た人は、過去に学んだ事柄にこだわることなく、全く新しい姿勢で臨む点に逆に長所であると考えられます。も

ちろん、新しい分野に入りながらも過去に学んだ数学的手法や方法論は明示的でなくとも活かされて来ます。数学の知識というよりは、学んだ経験、センス、数式を見ても怖がらない態度、新しい事柄にも積極的に取り組んで行ける間口が広いことなどが期待されます。

質問項目 j

映像業界とゲーム産業を含めたデジタル映像業界は、現在の日本では大きな業界です。ゲーム分野においても多くの数学を応用した研究開発テーマが生まれて来ると想像します。具体的には、CEDEC2009 という、アカデミック分野との連携強化し、ゲームの領域に近い学術・研究領域を紹介し、未来のゲーム開発に役立てる技術やヒントを提供するためのゲーム開発分野の研究集会があります。

また、福岡市には、ゲーム開発会社である株式会社レベルファイブがあります。福岡でのゲーム産業を含めた研究開発が発展することを期待します。

質問項目 k

米国では、Stanford 大学などではハリウッドなどの映像制作会社との共同研究をしています。

国内においても、CG とのコラボレーションのなかで数学の論文が出て、CG に関する数学の学位論文が出てもおかしくないと思います。

また、米国の CG 分野で活躍している人たちには、物理よりも数学の学位を取得している人が多い気がします。それは、CG は創造的な対象であり物理現象だけを忠実に再現するのではなく、感覚に訴える新しい現象を創造する点が、数学理論の創造と通じているのかもしれませんが。そういう意味でも新しい研究拠点への期待は大きいと考えます。

補足

CEDEC2009:

<http://cedec.cesa.or.jp/2009/>

<http://cedec.cesa.or.jp/2009/contents/adviser.html>

html

グループリーダーのコーエーテクモホー

ルディングス株式会社代表取締役社長
松原健二さんは、安生さんと旧知の仲で
す。

2.3 来日研究者

2名の来日企業研究者 (Hang Li(Microsoft Research Asia)、Evgeny Verbitskiy(Philips Research))
にヒアリング調査を行った。

● ヒアリング項目：

1. MATH GRADUATES

- a. Numbers of employees
- b. Numbers of math graduates (BS, M, PhD)
- c. What percentage of the employees is math graduates?
- d. How many math graduates did you recruit in these 5 years?
- e. Do you have a plan to recruit math graduates?
- f. What kinds of business or services do they do in your institute?
- g. Do they frequently use math skill?
- h. When your institute employs math graduates, what do you make a point of, and what do you expect them?
- i. How are the employees, both math graduates and others, treated in evaluation of their achievements, pay and/or promotion?

2. COLLABORATION (COALITION)

- a. Do you have any collaborations with math departments? What are the contents of the collaboration agreements?
 - i) If yes, give us recent examples of collaborations.
 - ii) If yes, are you satisfied with the collaboration? If No, why?
- b. Do you have a plan to make agreement with math departments?
- c. Do you have a coordinator for industry-academic (including math) cooperation?
- d. Do you have any collaborations with organizations other than math departments? If yes, give us recent examples of collaborations, such as joint interdisciplinary research projects.
- e. Give us remarkable programmes (governmental or non-governmental) in your country for promoting interdisciplinary research activities involving mathematics.

3. INTERNSHIP

- a. Do you accept math students?
- b. How often and how many?

- c. What is the term of the internship?
(less than 1 month, 1-3 months, 4-6 months, 7-11 month, more than 1 year)
 - d. Can you show us a list of internship research themes for math graduates?
4. MATHEMATICAL SKILL and DEMANDS for MATHEMATICS
- a. What research areas in mathematics, as classified below, do you need or have an interest in?
Algebraic geometry and Number theory, Combinatorics and Group theory, Differential geometry and Topology, Complex analysis, Real analysis, Differential equations, Probability theory, Statistics, Numerical analysis, Computer science, Operations research, Mathematical Physics
 - b. What kinds of mathematical problems do you have? Give us recent examples.
 - c. What do you think about the demands for mathematics in the future? Select the areas in mathematics (classified above) you think necessary and/or growing demands for in the future.
5. FUNDS、 ORGANIZATION and ACTIVITY
- a. Rough percentages of funds for fundamental researches vs practical researches aiming at the real use
 - b. Rough percentages of funds of interior vs exterior origins.
 - c. Rough percentages of the exterior funds gained from commercial organizations (such institutes belonging to companies aiming at interests) vs non-commercial organizations (the government and such institutes belonging to the government)
 - d. Rough percentages of research partners: Commercial organizations vs non-commercial organizations
 - e. What is the rough structure of organizing your institute (managing system)?
 - f. Annual statistics of patent applications whose list of inventors include members of your organizations (latest 3 years).
 - g. Annual statistics of publications whose list of authors include members of your organizations (latest 3 years).

● **Hang Li 氏 (Senior researcher and research manager, Microsoft Research Asia)**

ヒアリング対象者: Hang Li 氏
 役職名: Senior researcher and research manager of Information Retrieval and Mining Group, Microsoft Research Asia
 場所: 九州大学大学院システム情報科学研究院
 日時: 2009年10月22日
 ヒアリング調査員: 竹内純一教授

- 1a. Microsoft Research Asia (MSRA)全体で 240 人程度。うち、Information Retrieval and Mining Group (IRM)は 10 人。
- 1b. 正確な数字は分からないが、MSRA 全体で 20 人程度。IRM には数学の Ph.D 所持者が 1 名在籍している。
- 1c. 約 10%。
- 1d. 正確な数字は把握していない。感覚

としては1割くらい。総数は、10~20人/年(MSRA全体)。

- 1e. はい。
- 1f. 機械学習応用のアルゴリズム、マルチメディア、自然言語処理などに関する研究に従事している。
- 1g. 半数程度の方は日常的に用いている。残りの半数については、プログラミング作業などがメインで、数学はあまり使わない。
- 1h. 他の分野の人と違いはない。プログラミング技術を持っているかどうかを少し気にかける。
- 1i. 違いはない。
- 2a. はい。
 - i) 北京大学の数学科(統計)と連携しており、連携講座を運営している。私はその連携教授を務めている。MSRA側は、学生の指導に責任を持ち、研究に対する寄付金を拠出している。2年に一度国際会議を開催する。また、外部講師による講義を企画している(最近では米UCBのBin Yu教授、元IBMのJ. Rissanen博士などを招聘)。
 - ii) はい。
- 2b. いいえ。
- 2c. 10人程度いるが専任ではない。
- 2d. 多くの事例がある。たとえばComputer Science分野。内容はmathの場合とほぼ同じ。
- 2e. ある。「北京国際数学研究中心」を拠点として、政府が推進している。国家としてフィールズ賞を取るという目標を掲げている。注力している様子は、国際数学会議(2002年北京)に江沢民主席(当時)が出席したことからも分かる。
- 3a. 受け入れている。
- 3b. 毎年入ってきている。IRMで受け入れる学生は年間13-15人だが、その

1/3程度が数学科の学生。MSRA全体では、年間300人程度を受け入れるが、その10%くらいが数学科の学生である。これらの多くは北京大学などの中国のトップ大学の学生である。プロパーの研究者は事業貢献のための仕事で多忙なため、アカデミックな貢献は、こうしたインターンの学生との共同研究に負うところが大きい。この形態により、トップコンファレンスやジャーナルに多数の論文を発表している。論文は学生と研究者の共著となるが、first authorは学生である(工学系の論文では、貢献度の高い者がfirst authorとなる)。その一方で、IPはマイクロソフトが確保する契約となっている。

3c. 3か月から3~4年。

3d. 以下にMSRの、インターンに関するページ

http://research.microsoft.com/en-us/jobs/INTERN/apply_asia-pacific.aspx#researchareas

を引用する。より具体的には、私のサイト

<http://research.microsoft.com/en-us/people/hangli/>

にある論文リストを見ていただければ良いと思う。これらのほぼすべてがインターン学生との共同研究である。

- Natural User Interfaces enable users to interact with a computer using speech, gestures, and expressions.

- Next-Generation Multimedia allows people to search for and to be immersed in interactive online shopping, education, meeting, and entertainment activities.

- Data-Intensive Computing explores the new infrastructures, algorithms, tools, and applications to collect, analyze, and mine results for data-intensive business in both

the consumer and enterprise sectors.

• Search and Online Ads take Web search and online advertising to the next level by applying data-mining, machine-learning, and knowledge-discovery techniques to information analysis, organization, retrieval, and visualization.

• Computer Science includes areas such as theoretical computer science (theory), systems, networking, and machine learning that will have an impact on multiple applications and products.

4a. 以下に興味がある。

Combinatorics、Topology、Real analysis、Probability theory、Statistics、Numerical analysis、Computer science

4b. IRM では、統計的推論一般。アルゴリズム。大規模最適化など。他のグループのことは分からない。

4c. 大規模最適化。

5a. 基礎研究が 30%。

5b. すべて内部。

5c. 外部資金はないので未回答。

5d. 18 グループからなる。また、所長の下に副所長 3 人がいる。

5f. IRM では、グループで年間 30 件。他のグループはもうちょっと少ないだろう。MSRA 全体では 200 件くらい。

5g. 年間 1 人 1 本以上。

その他補足： 最近北京大学で一番人気があるのは数学科。最優秀の学生が数学科に集まる。また、MS 全体としては、UCLA 応用数学センターとインタープログラムを持っている。math と CS とでチームを作って一つの課題に取り組むというスタイルである。

● Evgeny Verbitskiy 氏 (Senior Scientist, Philips Research (Eindhoven Area))

ヒアリング対象者： Evgeny Verbitskiy 氏
役職名： Senior Scientist, Philips Research (Eindhoven Area)

場所： 九州大学大学院数理学研究院
数理学研究教育棟 116 号室

日時： 2009 年 11 月 12 日 13:45~14:45

ヒアリング調査員： 谷口説男教授、福本康秀教授

フィリップスの一部であるフィリップス・リサーチについての話をする。フィリップス・リサーチは、6 つの研究所を持っている。アイントホーフェンに 1、ドイツに 2、イギリスに 1、中国に 1、インドに 1 である。アイントホーフェンが最大の研究所である。以下アイントホーフェン研究所についてのみ話をする。

1a. 3、4 年前の集計では、1,100 人。現在はたぶん 800 人程度。

1b. 3、4 年前の集計では 50 人の数学系修士・博士。現在はたぶん 40 人程度。学士はいない。

数学系修了者の数は余り重要ではない。上の 40 人がすべて数学関連の研究を行っているわけではないし、上の 40 人以外の研究者で数学関連の仕事をしている者もいる。たとえば物理学学位をもち暗号研究をしているなど。原則的に研究所で要求される数学のレベルは非常に高い。信号処理、画像処理、暗号セキュリティ、学習機械、アルゴリズムなど高度な問題を扱っているからである。さらに、バイオインフォマティクスなどの問題もある。オラン

ダでは、電気工学者や応用物理学者も数学を使っている。

また、一つの問題から次の問題へと次々とテーマを変えていくというフィリップスの研究形態にも依るところがある。数学者として採用されても、5年後には生物学を研究し、さらにその後化学の研究をすることもある。採用後5、6年後には新しい研究もしくは部署に異動することが想定されている。15~20%のみが生涯フィリップス研究所にとどまる。いわゆる幹部である。たとえばはじめは数学者であっても生涯フィリップスで数学研究を続けることは難しい。

数学出身者は非常によくやっている。実際、この7年間にいた20名の副所長のうち4名が数学出身者である。一人の副所長は私と同じ教員が学位主査である。

- 1c. 比率はおよそ5%程度で3、4年前も現在も同じである。
- 1d, 1e. 昨年は経済危機のため新規雇用をしていない。例年は50ないし60の新規雇用を行う。800名の研究所員の一部が転出した後を同数新規雇用で埋めている。数学というような形では募集せず、より具体的なテーマ、プロジェクトに応じて募集を行っている。フィリップスのホームページで募集の様子が分かる。たとえば、数学に関する計算機科学、物理学、電子工学である。
- 1f. 医療への応用から、バイオ医療工学、ライフサイエンスなどなどのあらゆる、フィリップスが関与する応用研究である。
- 1g. 状況による。より数学的である場合も、より数学的でない場合もある。問題にもよるし、問題に関わる期間にも

よる。新しい問題に取り組むとき、数学的な質問ができるようになるまで2年はかかる。考え方を見いださねばならないし、データも集めねばならないし、モデリングも必要である。数学的な考え方が有用である。数学者は特別な考え方をする。これはよいことであることが分かっている。フィリップス研究所のみならず、オランダでもそのことが見られる。SIAM レポートにもあるように、なぜ数学系修士・博士もしくは数学者が成功するかというと、分析的思考、複雑な思考、違う視点からの考察などに関しある種のスキルを持っているからである。彼らの成功のすべてが、数学的なバックグラウンドによっている。

- 1h, 1i. 数学者への期待は、工学者など他の分野の研究者の期待と同様である。数学者を電子工学者に比して特別に扱うということはない。前所長 Schuurmans 氏が講演で述べたように、フィリップスに入社すれば、応用プロジェクトに取り組むことを期待されており、よりビジネスに注意を払うことを求められる。あるアイデアについて5年間研究したとしよう。その成果はフィリップスで用いられるかもしれないし、もしフィリップスには小さすぎる話題であればスピノフの可能性が出る。暗号理論で画期的なアイデアを思いつき研究していた数理論物理学者の友人のためにフィリップスは会社を興し、彼は今その主任研究オフィサーとなっている。このようなキャリアパスがフィリップスでは可能であり、奨励されている。

よい研究者で、期待されている仕事をすれば、それに応じた給与を得る。20人中4人の副所長クラスを占めたた

ように、数学者の非常によく昇進している。

- 2a. 数学教室とさまざまな形で連携している。非常に伝統的であり、少なくとも 1970 年から 40 年以上続いている。連携は二通りの方法で行われている。ひとつは、大学から来るアドバイザーである。彼らは、週に 1 日、1 年に 25 日、もしくは月に 1 日来る。フィリップスで数学に関する話をしたりアドバイスをしたりする。結果的に、彼らはインターンシップのために学生を連れてくる。

つぎに、私はある大学に非常勤契約をしており、またオランダでゼロ・アポイントメントと呼ばれる無給契約を別のアイトホーフエンの大学と取り交わしている。大学に対するアドバイザーである。すなわち、よい問題が見つければ大学により学生をフィリップスに送るように連絡する。

フィリップスは、大学の博士学生、ポスドクに給与を払っている。ポスドクは 2 年間、フィリップスから給与を得る。フィリップスが博士学生達に支払った経費は免税となる。これにより半分以下の支払となっている。この経費として収益から除かれた上に、免税措置を受けるのである。これは企業が積極的に産学連携に関わることを奨励する非常に有効なシステムである。フィリップスに限らず、オランダのすべての企業がこのような免税に応募することができる。

我々は非常に緊密に連携している。強い大学を近くに持つことは非常によいことである。アイトホーフエンは非常に有益な大学である。もともとは、工科高校であった。フィリップスの会長は、伝統的にアイトホーフエン大

学理事会のメンバーとなっている。フィリップスの社長 (CEO) もまた、3、4 人の理事からなる理事会メンバーである。

大学が資金を得る方法として 3 通りある。1 番目は、学生数に応じて支払われる教員給与である。2 番目は、オランダ科学基金、ヨーロッパ基金のような科学基金などの競争的資金である。3 番目の資金が、企業からのものである。テクノロジーに関することで、2 番目の資金に大学が応募するとしよう。このためには、少なくとも 3 企業からの推薦書を大学は取り付けねばならない。その推薦書には企業が資金をサポートするということも盛り込まれている必要がある。さらに採択後も企業人からなる監査委員会を設けて適正さを審査される。もし大学がこのプロジェクトで特許を取れば、政府はそれをこの監査委員会に参加している企業に売却する。このようにしてオランダ産業を支える研究に企業が参画するのを奨励している。これは非常によい手法であると思う。

フィリップスやシェルのような大企業ばかりでなく、中小企業もオランダに限らず世界中で非常に重要である。中小企業は、十分な資金を持たず、イノベーションに関して非常に難しい状況にある。これに対し、政府はチェックを中小企業に与えている。彼らはこのチェックを大学に持ち込み、共同研究を依頼する。大学がこのチェックを受け取って初めてチェックを換金することができる。オランダ政府は何百万というチェックを給付し、これらは 1、2 週間でなくなってしまう。

フィリップスは、世界中の 200 以上の大学と連携している。人的交流のレ

ベルから協定を結んだものまでである。フィリップスはMIT、スタンフォード大学、ケンブリッジ大学などと契約している。これらの関係に満足している。アイントホーフェン大学からは、毎年修士学生を受け入れている。オランダの学生は、修士論文をフィリップスで書くことができる(審査は大学で受ける)。もし私が指導すれば、私が審査委員会のメンバーとなる。履歴として望ましいので学生自らがフィリップスの修士論文作成を希望している。工科大学では、このようなことが好ましいことと考えられている。フィリップス研究員は十分なレベルを持っているので、大学も信頼して、指導を依頼している。最終的には、大学が責任を持っている。

2b. すべてのオランダの工科大学とフィリップスは、5年、10年におよぶ大きな協定を結んでいる。学生を受け入れたいときに時間のかかる契約を結ぶ必要はない。もし私が学生を雇いたいと思えば、上司に頼み小切手を切っただけでよい。そして、大学に連絡をして直ちに学生を雇い入れることになる。

2c. チーフサイエンスオフィサーと呼ばれている副社長がおり、大学との連携を担当している。また、大学担当のディレクターがいる。

逆に、オランダでは、大学にもアカウントマネージャーがいる。アイントホーフェン大学にもフィリップスのためのアカウントマネージャーがいる。すべての学生は彼を通じて派遣され、彼がすべてに通じている。しかしマネージャーは数学者でなく、また数学の翻訳者でもなく、むしろビジネスマンである。

大学、企業のこれらのマネージャー達のおかげで、学生受け入れに伴うさまざまな雑務から解放されている。近頃フィリップスにきた博士学生は非常に優秀であり、マネージャー達の仕事に非常に満足している。

2d. はい。私個人はしていないが、フィリップスは多くの連携をしている。

2e. 今年は経済的に非常に厳しかった。来年もそうである。なぜなら、会計年度は1年ずれているからである。研究開発は非常に重要である。オランダ政府は企業がR&D要員を解雇し始めることを非常に恐れ、2010会計年度に向け、1年間およそ3,000人の給与の80%を支払うという企業への支援を行っている。

政府はさらに、国益になる研究を行っている企業への支援も行っている。食料、水、水力・風力・太陽光発電など持続可能なエネルギーなどの研究である。企業を直接にはなく、R&D部署を支援している。

3a. はい。問題があればいつでも受け入れています。

3b. 個人的には1年に一人受け入れている。期間は6~9ヶ月である。

3c. 効果的ではないので、6ヶ月以下のものは受け入れない。

ファンデルポール・ジュニアという名の独自の博士学生を持っている。これは4年間である。フィリップスは、給与+アルファを支払っている。学生はフィリップスで働き、学位は大学で取得する。大学はより多くの資金を必要としており、それをフィリップスが払っている。フィリップスにとってはより安いものとなっている。4年間の一時契約でフィリップスに雇われ、学位取得が職務であるともいえる。もし

学生のできがよければ、学位取得後フィリップスで正規雇用となることもある。

3d. リチウム電池のモデリング、情報理論(エントロピー)、バッテリー・ライフラインの信頼性のモデリング、信号処理、線形計画法、円周上の直交多項式、行列多項式(信号処理への応用)、指紋認識、暗号のための生体認識など。

フィリップスには、常に 100 人程度の学生がいる。

4a. すべての分野である。フィリップスは、どのような分野で学位を取ったかには興味がない。フィリップスは、よい人材を求めている。

SIAM レポートで述べられているように、必要なのは数学に関する広い興味、数学以外の分野に対する広い興味である。数学者は常に、少しは生物学の研究をする用意があるか、と問われる。そしてそれには、はいと答えねばならないのだ。そしてブルギニオンが **Clear Identity In One Field** と呼んだものが必要である。さらに会社で働く用意があることも示さねばならない。大学ではない、ビジネスへと進むのであるから、柔軟でなければならない。

フィリップスは、若い、国際的な、よい、野心的な、そして柔軟な人材を求めている。私がいつも面接で問うのは、何をしたかということである。典型的な問は、好きな定理を述べなさいというものである。

4b. 確率論、統計学、暗号理論、偏微分方程式、微分・代数方程式系、情報理論。多くはそんなに深いものではない。問題によりけりである。

4c. 企業に行けば、どこにでも数学がある。すべての人が問題を持っている。大学の仕事はすべての企業の問題を

解くことではない。よい問題、数学へのフィードバックのある問題を解かねばならない。企業に行けば、よい問題がたくさん見つかる。

私が博士学生であったとき、著名な教授から、数学で研究テーマを選ぶときは夕食の席で数学専攻でない隣の人に話せるものを選ばねばならない、と言われたことがある。企業にいればこのような心配をすることはない。企業と共同研究をしていれば何時でも何故これが重要であるかということの説明できる。私は、集中治療中の患者のグリコールのモデリングをしたことがあるが、この説明は容易である。

最近では、偏微分方程式の利用は減っており、確率統計モデルの需要が増えている。

5a. フィリップス研究所の資金の、70%はプロダクト部門により払われている。30%は役員会からのものである。すなわち、将来のための研究に支払われる資金である。しかしこれは基礎研究というよりは、やはり応用研究のためのものである。

5b. フィリップス研究所は多くの外部資金を持っている。ヨーロッパ資金、オランダ資金などである。割合は知らないが、ヨーロッパの企業は外部資金の上限が決められているので、その上限に近いものであると思う。

5c. 知らない。しかし、Phillips works for Phillips、というべきであろう。

5d. 私は知らないし、フィリップスに知っている者はいないであろう。200 の大学と協定を結んでいるが、企業との契約は分からない。

5e. 最近組織構成が変わり、マトリックス構造を取っている。行は、信号処理、物理、光学、化学、生物などの研究者

のグループであり、列は、ライフスタイル、ヘルスケア、テクノロジーなどのプログラムである。行と列の交わりに研究トピックがあり、同じグループの研究者が違うプログラムで研究を行う。

5f, 5g. フィリップスは、13,000 以上の特許を 100 年間ほどの間に取得してい

る。研究者一人が 1 特許を持っていることになる。650 以上の科学的出版物がある。2004 年のデータによれば、科学的出版物の引用度に関して、フィリップスはヨーロッパで第 4 位であり、ケンブリッジ大学よりも上である。

第 3 節 海外（欧米）ヒアリング調査

ヒアリング項目は来日研究者（2.3 節）と同じものを使用している。ただし、ラドン研究所、ワイエルストラス研究所（WIAS (Weierstrass Institute for Applied Analysis and Stochastic)）、オックスフォード、スミス研究所については以下の質問を追加した。

(i) What is the strategy of your organization for balancing the practical researches and the fundamental researches?

(How to recruit both (=practical + fundamental) categories of members, how to evaluate achievements of members - which standards for both categories, for such balancing, how is the leadership of the director?)

(ii) In your organization, how are the interplays between activities from both categories? (e.g., not-intersected? Or timely substantial collaboration contributing to solving subjects commissioned by outer organizations).

● J. Sprekels 氏 (WIAS (Weierstrass Institute for Applied Analysis and Stochastic) , Director)

ヒアリング対象者：Juergen Sprekels 氏
役職名：Director of the director of WIAS,
1992 年創立、<http://www.wias-berlin.de/>
場所：WIAS
日時：2009 年 11 月 16 日 14:00～15:30、
ヒアリング調査員：福本康秀教授、山本
昌宏准教授、中川淳一主幹研究員

1a. 技術者も含めて約 130 名。

1b. 100 人（内訳：外部の大学兼務の教授 8 名）、16 名の教授資格者 (habilitation)、44 名のポスドク (Ph.D.)。残りは修士号をもっている（分野：数学、工学、計算機科学など）

1c. 約 90%

1d. 約 30 名

1e. そうである。

1f. 数値シミュレーションも数学の一

部である。理論、モデリング、数値解法、シミュレーションを同時にやっているおり、これが WIAS が成功している理由だと考えている。

- 1g. もちろんである。
- 1h. まず、研究の質の高さ、次に数学を課題解決に使おうとするやる気があること、研究者として常に上を目指す意欲を重視する。数学研究の質の高さは重要だが、現実の世界の課題を解決するために現実を直視しなくてはならないので過度に理論的な洗練されたことばかりすることは好ましくない。
- 1i. ドイツの公的な機関での給与の評価システムでは結果と努力の双方を勘案することになっている。その結果で給与や昇進が決まる。評価の際の主な基準の 1 つは専門分野での成果である。WIAS 自体がこれまで外部評価を受けてきたが、高い評価を受けている。また、大学の教授職を得た WIAS のメンバーがこれまで 37 名いた。
- 2a. ドイツ内外の多くの数学科との連携がある。機関同士で成文化された契約によらないことが普通であるが、Scuola Normale Superiore di Pisa とは共同研究条項を結んでいる。ドイツの連邦文科省との共同プロジェクトもある。
 - i) 典型的なものとしてベルリンでの Matheon がある。これはベルリンの数学の研究機関との連携プロジェクトでありドイツの研究基金機関であるドイツ学術振興会 (Deutsche Forschungsgemeinschaft) の研究センターによるプログラム「キーテクノロジーのための数学」と連携しており、第 2 期は 2006–2010 年である。

アカデミックな共同研究と実用的な

ものの双方をやっている。実用的な課題の解決の際にも、理論面をおろそかにしていない。理論的な興味が皆無であるとすれば、我々はそのような問題を取り上げることはない。この点でフラウンホーファー研究所 (カイザー・スラウテルン) とは異なる。産業数学といえども数学的・理論的な研究が必要不可欠である。

- ii). そうである。
- 2c. 技術移転に関して WIAS を含む 8 つの研究機関が 1 名の法律の専門家を雇用している。
- 2e. 多くの企業と公的研究所を共同研究を実施している。一方向の共同研究は望ましくない。
- 2f. 外部の競争的資金額は増えており、2008 年で約 260 万ユーロであった。主なプロジェクトとしては、数学分野での 2 つの Center of Excellence プログラム、DFG の Matheon や Berlin Mathematical School プログラム (<http://www.math-berlin.de>) がある。DFG による産学連携プログラムにも参加している。
- 3a. もちろん。
- 3b. あまり多くはない。院生の能力は、現実の問題を解決するのは一般に十分ではないので、それを考慮しなくてはならない。また、インターンシップが有効な院生とそうでない院生もいることを考慮すべきである。
- 3c. 1~3 か月。
- 3d. 臨機応変に運営しているのでそのようなリストはない。
- 4a. 代数幾何と数論：まれ、組合せ理論、群論：まれ、微分幾何とトポロジー：時々、複素解析：まれ、実解析：よく使う、微分方程式、確率論、統計、数値解析、

計算機科学、数理解物理：きわめてよく使う。

オペレーションズ・リサーチ：あまり使わない。

その他の産業数学と関連した重要課題として、最適化、逆問題、偏微分方程式によるモデル化がある。

4b. 非線形偏微分方程式のシステム

4c. 益々重要になることは明らかである。同時に要求も複雑化するであろう。流体と弾性が組み合わさった現象や異なったスケールでのモデル化が必要な場合のマルチスケール・モデリングが将来的にも重要課題の 1 つである。

数学は自然を観察し理解するための高精度の顕微鏡である。さらに、数学の力でバーチャルな医療も可能で遠隔地での患者も救われる可能性が増えるであろうし、産業現場での自動化もより大規模に実現でき、社会のためにきわめて大きな寄与をすることができるであろう。そのためにも、数学と異分野連携の強化・多様化が必要である。数学を軸にして、異分野連携を図ることを常に目指している。そのためには、数学の内部での数学の異なった分野（トポロジストと確率論の研究者の間とか）同士の相互理解が極めて重要である。

5a. 既に述べたように、そのような 2 つの方向の研究を区別していないので目立った差はない。

5b. 3 分の 2：内部資金、残り：外部資金。

5e. 3 つの要素からなる：第 1 は偏微分方程式論とかのような数学の分野によって組織された研究者グループ、第 2 は、相転移などの応用重点分野で構築されるグループ、そして、3 つ目は

第 1、2 を適切にブレンドさせたものである。WIAS では運営の便宜のためもあり、合計 8 つの固定された研究グループがあるが、これらが第 1 の要素のグループである。異分野連携といってもみかけ上の課題だけ考えて解決を図ろうとしても駄目で、広範な理論面での支援も必要なのでこのように分野によって構成されるチームと課題に関して応用分野に重点をおいて構成されるチームを適宜、混合させて課題解決にあたることが重要である。その結果、課題によっては 8 つの研究グループの複数にまたがってチームが編成される。

数学理論が現実の問題を解決し、さらにそのような学際数学の活動が新たな数学を創出していくのである。

また、産学連携の成功はケース・バイ・ケースであるが、「ライト・パーソン」を見つけることが重要である。

産学連携を企業による WIAS への直接のコンタクトにより開始する場合もあるし、産学連携開始・実施のために異分野連携の研究集会や企業の研究者による講演会を WIAS が開催することもある。色々な形でのコンタクトを行っており、色々なパスを柔軟に使うべきであるし、上記の 8 つの研究グループの部門長はこのようにことを十分に理解して、産学連携にあたっている。

5f. 2 件の特許

5g. 約 300 編の研究論文（査読付き）、過去 4 年間で学術図書 23 点

追加質問

(i) 応用研究と理論研究というような区別はない。WIAS のすべてのメンバーは両方すべき、または目指すべきである。

(ii) 密接に連携している。

所長による追加のコメント：

数学は社会にとって極めて重要な「資源」であることを理解し、適切に発掘し活用すべきである。数学は他分野と比べて、大きな財政的負担をかけることもなく、たとえ失敗しても環境などに対しても無害である。大規模計算機でしかこれまで解けなかったような問題が、数学

をうまく使うことによりラップトップ程度のコンピュータで解けるようになっている。さらに、数学だけが実験的には検証できない課題の解決にも道を開くのである。これは産業数学だけが持つ大きな利点である。この点をドイツ政府はよく理解しており、財政面での手当も最近とみに充実してきた。

● **H. Neunzert 氏 (Fraunhofer ITWM (Institut für Techno- und Wirtschaftsmathematik), Director of Scientific Advisory Board, The founding director)**

ヒアリング対象者：H. Neunzert 氏

役職名：Director of Scientific Advisory Board,
The founding director of Fraunhofer
ITWM (Institut für Techno- und
Wirtschaftsmathematik), 2000 年創設
<http://www.itwm.fraunhofer.de/>

場所：Fraunhofer ITWM カイザースラウテルン

日時：2009 年 11 月 17 日午後 2 時～3 時

ヒアリング調査員：福本康秀教授、山本昌
宏准教授、中川淳一主幹研究員

冒頭にヒアリング項目とは無関係に、Neunzert 教授による説明があった。部分的には上記の質問事項への回答になっている。当日のヒアリングの順番に従い、以下にまず同教授の説明を書くこととする（以下注記がない場合は、発言者は同教授である）。

Fraunhofer 研究所について説明したい。Fraunhofer 研究所では産業のために産業界と共同研究を行っており、応用科学において世界的にみても最大の規模をもっている。基本原則は、産業界からの研究費を獲得することが国からの研究費を得るための条件であるということである。すべ

てのフラウンホーファー研究所には 3 種類の研究のための資金源がある。すなわち、産業界から資金、EU などの公的なプロジェクトからの資金、組織運営のための交付金である。原則として、産業界から研究費を獲得した場合、国からはその金額の 40% にあたる資金を獲得でき、また EU などの公的プロジェクトから研究費を獲得した場合には、その金額の 10% の資金を国から獲得できる。このような原則は所員が産業と連携する際に極めて重要である。

フラウンホーファー財団が運営している研究所は全体で約 60 あり、全体では約 17,000 名の所員がいる。そのうち 10,000 名が科学者であり、4000 名が技術スタッフである。60 ある研究所のうち、3 つの研究所が数学に関連した活動をしている。2000 年に設立された我々の研究所 ITWM がその 3 つのうちで最大かつ最初のものである。あとの 2 つはボンにある CAI (Scientific Computing and Algorithm) と ブレーメンにある Fraunhofer MEVIS - Institute for Medical Image である。さらにソフトウェアやコンピュータ・サイエンスに関する研究所が 16 ある。

フラウンホーファー研究所の多くは製造技術、材料科学、プラズマ物理学、ロボティクス、ライフサイエンスなどの分野をターゲットとしている。スウェーデンのヨーテボリには我々が設立したフラウンホーファー 研究所がある。

ITWM は年々順調に発展しているが、今年には経済危機によりやや陰りがみられた。

ITWM の建物の建築費は国の予算であるが運営費や人件費は研究所で工面しなくてはならない。その意味で ITWM は一個の会社のようなものである。予算規模が縮小すれば人員を削減しなくてはならない。これが国立の研究所と異なる点である。15 年ほど前には数学がそのような形態の研究所で機能するとは誰も考えなかったが、今では大変効率的に機能している。

山本：フラウンホーファー研究所の成功の理由は何か？

回答：注文によるソフトウェアの開発が我々の主な製品である。そのために我々のスタッフがまず会社に行き、問題は何であるか、従来のソフトウェアでは解けない問題があるか、をまず質問する。会社側は、特に問題はないと答えることが実によくあるが、じっくり議論をすると問題が浮き彫りになり、その解決にはしばしば、数学が必要であることが明らかになる。

1 年に 100 ほどの会社から 100 以上の異なるプロジェクトに取り組んでいる。1 つのプロジェクトあたりの研究費は約 5 万ユーロである。大きなプロジェクトはないが、数が多いことに注目してほしい。しかも多くのプロジェクトは単発で終了するわけではなく、継続している。少数の会社とのみ連携しているわけではない。会社の業績の変化によってパートナーは変わっていくが、多くの会社と規模が小さめの多様な共同研究を実施しているため、研究所の運営は安定している。

山本：企業からの課題解決のために機構上、どのような特色があるか？

回答：ミュンヘンにフラウンホーファー研究所全体の管理部門があり、企業との契約や知的財産などに関する業務をとりしきっており、知財を専門とする弁護士を雇用している。

山本：企業に数学は有用であると思ってもらうために研究所はどのような方策をとっているか？

回答：これは難しいことだ。私はまず若い所員達と共に会社を訪問し、数学が役に立つことを説明した。訪問した会社は、そう 300 社以上だった。100 社訪問してやっと 5 社程度が「顧客」になるくらいであった（共同研究を申し込んできた会社を Neunzert 教授は「顧客」と呼ぶ）。今でも 50~60 人の研究者が新たな共同研究のために会社を訪問し、100 社訪問すると 40 社程度が顧客になる。さらに今では ITWM は産業界で有名になっているので、訪問しなくてもインターネットで既に会社はこちらのことをわかってくれている。もちろんこうなるには時間と努力が必要であった。

さて、ITWM が 2000 年に発足したときは 40 名の所員しかいなかった。毎年、15% ずつ拡張していったし、顧客も増え、業種も多様になっていった。ITWM は今や約 200 名の所員を擁している。研究所では、単に科学者として優秀であるだけでは評価しはされない。顧客とうまくやっていけなくてはならない。

山本：研究者を雇用するときの基準は何か？

回答：いわゆる純粋数学者は極めて少ない。数値解析、モデリング、確率論などの分野の数学者が重要だ。また物理学者やコンピュータ・サイエンスの研究者も採用する。200 名の所員のうち、120 名が大学院生で 70 名が Ph.D. を持っており、残りは事務職

員である。世界中から大学院生やポストドクを3年間の契約で雇用している。国としては東ヨーロッパ諸国、中国、インドが多い。実際には初めの半年は試験期間としてここで研究に従事してもらう。大学における研究と根本的に異なる点は研究内容に関する守秘義務である。ソフトウェアに関するメンテナンスなどを行っているが、関連した論文の出版には特別の注意を払っている。会社は内容ではなく、実際に連携して研究をしている事実自体にも言及してもらいたくないものである。

スウェーデンの チャルマース 工科大学は私立の組織であり、ドイツ国外での最も強力なパートナーである。もし、われわれが日本で似た活動をするとしたら、大学の内部であれ外部の組織であれ、大学との独立性を保って、独自の財政的な規則をもつ研究所を創る必要がある。

ここでフラウンホーファー研究所は産業界からの予算がないと基礎的な運営資金を国から得られないことに再度注意してほしい。

山本：日本では、省によって産業数学における担当範囲や考え方がまちまちであるが、ドイツではどうか？

回答：ドイツでも同じあったが、今では改善され、産業数学が重要であるという基本的な理解やそれに基づく方策は政府において全体としてよく備わっていると思う。

山本：プロジェクトには数年間の長期のものや半年間の短期のものがあると思うが、どのように研究員を配置しているか？

回答：ITWMには、輸送過程、流れと材料のシミュレーション、イメージプロセッシング、システム解析、最適化、数理ファイナンス、力学系などに関する数学手法、大規模高精度計算と可視化という8つの研究部門がある。部門長は大学の教授資格をもち、大学での講義も担当している。プロジェクトを開始する際にどの研究部門が適切

かを選択する。各研究部門にはおおむね15名の科学者、6名程度の博士課程の大学院生（ITWMからの奨学金付き）がいる。大学院生の大部分はカイザースラウテルン工科大学に所属しているが、普段はここで研究している。

私はカイザースラウテルン工科大学の教授であり、ITWMの創立に関わった所長であったので、工科大学との協同もたいへん円滑である。カイザースラウテルン工科大学はドイツの大学では数学科としてトップ5に入っており、数学科所属の研究者は約80名で、一方ITWMには120名の科学者がおり、合同でフェリックス・クライン・センターを組織しており、カイザースラウテルン工科大学の数学への高い評価はITWMの実績と結びついている。

1a. 120名の科学者、他に60名の博士課程の大学院生（主に数学）、20名の事務・技術系の職員。大学院生のうち50名はカイザースラウテルン工科大学所属で残り10名は別の大学所属である。

1b. 博士、修士合わせて80名であり、公募で選ばれる。

1c. 約70%

1d. 約300名。うち2割がカイザースラウテルン工科大学から。

1e. そうである。

1f. 産業数学のプロジェクトに限定している。たとえば製造、材料などの分野で顧客の要望に応じている、すなわち、モデリング、数値解法、最終的に計算機で直接実行できるアルゴリズムの提供。

1g. 常にそうである。

1h. 第一に、応用数学での能力、第二に数値計算に関する能力、第三に工学者や経済学者などとのコミュニケーション能力などのソフト・スキルや偏りのない考え方などである。

- 1i.** これは先に挙げた 8 つの部門ごとに評価が行われている。各部門長は部門に属すメンバーの業績を正確に把握しており、評価を所長に毎年提出する。最初の契約は 3 年間であり、評価の結果でさらに契約が 3 年間延長される。合計で 6 年経過したあとは、定年まで雇用されるか別の職場を探すかのいずれかを選ばなくてはならない。6 年後に研究所を去る場合でも、多くはドイツの応用数学系の単科大学の教授職を見つけている。私自身これまで 40 名の Ph.D. の院生を指導し、そのうちの 30 名が産業界で働いている。
- また、毎年特に顕著な業績を上げた所員を表彰している。給与は、対応する地位や勤続年数などを考慮すると、大まかにいうと普通の大学よりは高いが、企業よりは低い。
- 2a.** カイザースラウテルン工科大学、スウェーデンのヨーテボリのチャルマース工科大学、同じくスウェーデンのルンド大学、オーストリアのラドン研究所、ジャックールイ・リオンズ研究所、ケンブリッジ大学、テキサス A&M 大学、インドの IIT マドラス。しかし日本の大学とは産業数学での連携はない。
- 2a i).** カイザースラウテルン工科大学数学科と ITWM 合同でフェリックス・クライン・センターを組織しており、連携して産業数学の活動をしている。テキサス A&M 大学とは多孔性媒質の拡散現象の共同研究体制を保持しており、これはノルウェーの大きな石油会社が顧客の 1 つであるので重要である。
- 2a ii).** そうである。
- 2b.** そうである。
- 2c.** 雇用されているすべての科学者がそうである。また、産業界のパートナーも全員そうである。
- 2e.** 多様な連携がある。
- 2f.** 連邦政府のプロジェクト「数学と産業」により毎年 1200 万ユーロの資金が数学科全体に与えられている。金額自体は他の応用科学の分野の資金に比べれば少ない（例えばコンピュータ・サイエンスは年 6 億ユーロ）が、運営に関して多額の援助がある他の研究所には大変有用である。しかし運営資金も稼がなくてはならない我々の研究所には大した助けにはなっていない。
- 3a.** 実質的な選考過程を経て受け入れている。
- 3b.** 年間約 50 名。
- 3c.** 3 か月が望ましい。
- 3d.** 約 100 のプロジェクト（年報参照）
- 4a.** 計算代数：ときどき、組み合わせ論と群論：まれ、微分幾何とトポロジー：ときどき、複素解析：まれ、実解析：まれ、微分方程式、確率論、統計、数値解析、コンピュータ・サイエンス、数理論理：きわめてよく使う。数理論理はモデリングに特に重要である。
- オペレーションズ・リサーチ：あまり使わない。
- 4b.** 年報参照。2008 年がドイツでは「数学年」であり、数学への関心が極めて高かった。
- 4c.** 重要になる分野として以下を挙げる。製造過程とそのシミュレーションのための流れと材料に関するシミュレーション、パターン認識とプロセッシング、複雑な現象のモデリング（例：高度な非線形性をもつ複合材料のシステムや生体系）、リスク評価の確率論的アプローチ、最適化とシミュレーション、データ解析、マルチスケールの問題、患者個人に適合した治療技術（オーダメイドの治療）。
- 5a.** 既に述べたように、「産業界からの資金」：「国からの資金」の比率は 100 対

40である。また、3種類の研究のための資金源がある。すなわち、産業界から資金、EUなどの公的なプロジェクトからの資金、組織運営のための交付金である。年間の資金総額は1500万ユーロである。既に述べたが、建物の建築費は国が賄ったが、電気代などのもろもろの運営費はそれ以外の予算で払わなくてはな

らない。

5b. 30% : 内部資金。70% : 外部資金

5c-5e. 既に述べた。

5f. 約60を数えるフラウンホーファー 研究所全体の特許件数はドイツではジェームスに次いで2位である。

5g. 年報参照。

● **J. Ockendon 氏 (OCIAM (Oxford Centre for Industrial & Applied Mathematics)、Research Director、and OCCAM (Oxford Centre for Collaborative Applied Mathematics)、Director)**

ヒアリング対象者 : J. Ockendon 氏

役職名 : Research Director of Oxford Centre for Industrial & Applied Mathematics (OCIAM:<http://www2.maths.ox.ac.uk/ociam/>), and Director of Centre for Collaborative Applied Mathematics (OCCAM:
<http://www.maths.ox.ac.uk/groups/occam>)

場所 : OCIAM、Oxford

日時 : 2009年11月19日10:30~12:00

ヒアリング調査員 : 福本康秀教授、山本昌宏准教授、中川淳一主幹研究員

1a. OCCAM には、ファカルティ・メンバー、ポストドク、院生などで34名、さらに5名の技術スタッフ、それと多くの訪問研究者がいる。OCIAM には15名のファカルティ・メンバー、8名のポストドク、49名の院生、3名の技術スタッフがいる。

OCIAM の技術スタッフには特に Research facilitator とよばれるスタッフがいる : その仕事は、科研費申請の手助け、論文の校正など。最初の Research facilitator は C. Breward であり、ポストドクとしてその責任を果たし

ていた。そのような機能は果たせる研究者としての能力を有するメンバーの確保は重要である。

さらに以下のような技術スタッフがオックスフォード大学の数学科にいる :

Research liaison officer : ポストドクの数学者であり、数学の活動を他の学科や産業界に宣伝し、橋渡しをする役目を担い、産業界とのワークショップの運営の手伝い、共同研究契約の仕事や5つの企業がスポンサーである「数学モデルと科学計算」という修士課程におけるコースの運営などにも従事している。

1c. 95%

1d. OCIAM と OCCAM を合わせて、2009年に13名

1e. そうである。産業界からの課題解決に必要である。

1f. Research facilitator が数学と産業界のコーディネーターの役割を果たすので数学研究をしていればよい。

1g. もちろんである。

1h. まず、研究の質の高さ、次に他の研究者と共同作業ができるかどうかという

こと。

1i. 優れた論文の出版。1年に1回の業績評価も公式に実施している。

2b. そうである。

2c. そうである。

2f. Smith Institute
(http://maths.globalwatchonline.com/epi-centric_portal/site/ims/home/) や ECMI (The European Consortium for Mathematics、
<http://www.ecmi-indmath.org/index.php>)

3a. OCCAM の場合、以下の要領で実施している：

学部学生：10週間のサマースクール参加。宿泊費と食費の援助があり、1年あたり5名程度。我々が提示する学際分野の課題について研究、学習をする。

OCIAM では実施していない。

3b. 5名

3c. 10週間

4a. 代数幾何と数論：まれ、組合せ理論、群論：まれ、微分幾何とトポロジー：時々、複素解析：よく使う、実解析：まれ
微分方程式、確率論、数値解析：よく使う、統計：それなりに
その他の産業数学と関連した重要課題として、モデル化がある。

4b. 腫瘍の成長モデル、河川水系のモデル化など

4c. たいへん重要になる。数学はエネルギー資源の活用と持続可能性の問題や大規模気候予測（この課題は我々は今申請中である）などにとって大きなヒントを与える。また、ゲーム理論やネットワークの理論と関連して、社会科学においても重要になる。

5b. OCCAM: Ockendon 教授と支援スタッフの給与のみが内部資金、他は外

部資金。

OCIAM：ファカルティ・メンバーは内部資金、院生ならびにポスドクは外部資金で賄われている。

5c. 2007-2008年

OCCAM：営利団体からの資金と非営利組織からの資金の比率は2：7

ただし、the King Abdullah University of Science and Technology (Saudi Arabia) からの1400万英国ポンドの資金はこれに含まれてはいない。

5d. OCCAM: 22対4(4が非営利組織)、OCIAM：20対5(5が非営利組織)

5e. OCCAM には経験を積んだ数学者からなる運営委員会があり1カ月に1回の戦略会議を開いて、産業数学の急速な状況の変化に合わせて戦略を策定している。全員が数学者である必要はないが、産業界のメンバーを含んでいなくてはならない。OCIAM でもほぼ同じ。

OCIAM は、毎年、産業界とのワークショップなどを4回程度開催し、コンタクトが密な企業のメンバーからなる組織委員会を有し、企業からの資金による産学連携の具体的な共同研究」に結び付けようとしている。そのような委員の仕事は産業界からの興味ある問題の提示、解決のための資金面の組織化などである。

他に OCIAM Industrial Club というものもあり、4、5社が会員である。1社ずつ年に3回の会合を持って課題解決にあたっている。そこでは、原則は1回に1社のみであり、1つの部屋で2社以上とは課題解決のための実質的な議論はしないということである。ここで、2社とは同一の市場で競合する会社という意味である。また、1つ企業からは5名程度ということもあり、

1名ということもあり、企業からの参加者は数学者であることもあるが、たいていはエンジニアである。企業側の参加者はまず、プレゼンをし、それを我々が数学的な解釈、モデル化をする。このステップは重要である。企業側の理解と数学者側の理解を同調させるために妥協することなく、徹底的な議論を尽くす。やり方の細かいことだが、参加者全員参加の1.5時間くらいのセッションで議論をし、コーヒブレークを挟んで、多くの場合は参加者をやや細分化して議論を継続する。次の参加者全員参加の1.5時間のセッションで黒板などを使ってより数学的な内容に持っていき、産学で共同作業ができるかどうかを産学それぞれの立場で検討する。4~5頁程度の報告書を作成し、内容と資金などの実施について書きとめる。

まとめると、以下のような活動がある：

- (1) 定期的な1社とのワークショップ
(例：OCIAM Industrial Club)。
- (2) Study Group：(1)を大規模にしたもの。
- (3) 修士課程における正規の科目やサマースクールなどで応用数学や産業数学に関する適切な教育や訓練を行うこと
- (4) 他の大学などと「産業数学の知見の共有ためのネットワーク」を維持、応用すること。

(注) Study Group：数学者が産業界から提案される現実の課題の解決を図るための1週間程度のワークショップである。あらかじめ、産業側からの複数(4~5名)の課題提供者に、数学者に解決を求めたい現実の問題を予め選定してもらい、ワークショップの初日に説明してもらう。その後、課題毎

にポスドクなどからなる各国からの参加者がグループに分かれて具体的な解決に向けて議論を開始する。グループ分けは参加者の興味、能力によってなされるが、固定的なものでもない。全員が集まる場での中間報告以外は、各部ごとに独立に議論、作業が進む。最終日にできたところまでの最終報告を行う。ワークショップ終了後に、参加数学者と企業との専一的な共同研究に結び付くこともある。企業が自己の課題解決のための数学を広く探す場として有効である。さらに数学者が産学連携の経験を積み、産業数学の知見を共有・応用するためにも役立つし、参加した院生にとっても有益な経験になる。Ockendon 教授が Study Group を長年にわたり運営しており、英国、カナダ、中国など数多くの国で国際的な組織で開催されている。

スポンサー企業の支援額は、最初は小額で開始されることが多い。

5f. 0。 数学では特許になりづらく、興味もない。

5g. OCCAM：44 編、OCIAM：70 編
所長による追加のコメント：

- (1) 産業数学の連携先：4ないし5の銀行、電気関係の会社、政府関係の2つの研究所、国防関係の企業、石油会社
(例：Schlumberger)、半導体や宇宙開発関連の企業
- (2) 我々が解決すべき課題が急速に増えている。OCCAM は新たな Study Group を立ちあげており、政府からの援助も増えている。Study Group の予定される活動の場としては香港、トルコ、ポーランドなどがある。

Study Group の規模などは、開催される国での現地の組織委員の能力、経験に大きく依存するし、成否はすべて

現地組織委員にかかっている。成功の第一の要件は企業からの repeater があるかどうか、恒常的に企業と連携関係を結べるかであり、Study Group から新しい異分野連携が創出されることも重要である。重要度は落ちるが第二に関連学術論文の出版数も成否の基準であろう。日本には Study Group はまだ存在しておらず、時間をかけてしっかり定着させていってほしい。今後はインターネットなどを活用して、1 か所に集まらなくても Study Group の活動が産業界からの課題解決のスピードに見合った形で出来るようになるかもしれない。

(3) 産業数学の活動を日本で立ち上げるためには、以下を留意すべきである：

(a) 政府向けの提案書には産業数学のわかりやすい成功例が重要である。

(b) 組織は常にアカデミアと産業界が半々で行われるべきである。

(c) ライト・パーソンが重要である。

(注) ライト・パーソン：何人かのインタビュー対象者からも指摘があった（他に Sprekels 教授）。数学側のライト・パーソンの資質としては：

(i) 優れた数学者である

(ii) 研究者のネットワークを保持し、活用できる

(iii) 学際的な活動にやる気がある

(iv) 企業などの時間軸とそれに伴ってどのようなタイミングで成果を挙げるべきかをよく理解しているなどが挙げられる。

● R. Leeds 氏 (Smith Institute, Director)

ヒアリング対象者：Dr. R. Leeds

役職名： Director of the Smith Institute
(within KTN structure:
http://maths.globalwatchonline.com/epicentric_portal/site/ims/home/)

場所：OCIAM, Oxford

日時：2009年11月18日16:00~17:00、
19日14:30~15:00

ヒアリング調査員：福本康秀・教授、山本昌宏准教授、中川淳一主幹研究員

注意：スミス研究所は例えば The Knowledge Transfer Network (KTN) を運営しており、アカデミアと産業界を結ぶ機能を担っている。

1a. 10名

1b. 10名

1c. 100%

1d. 7名

1e. そうである。我々の研究所は順調に発展しており、どのような仕事及要求されるにせよ、強固な数学的素養を持った人材を採用することが重要である。

1f. 現実の問題の解決や新たな共同作業の開始を支援すること。

1g. そうである。

1h. 数学に関する強固な知識を持っていること、アカデミアからも産業界からも信頼されること、我々の活動を発展させるために新しい技術を持っていること。

1i. 経験に応じて、新たな責務を与えている。メンバーの転職は少ない。毎年、査定を行って次年度の目標を設定している。

2a. 40から50。しかし、成文化された

共同研究契約や交わしていない。

(i) 第一に長年にわたる Ockendon 教授による Study Group. 第二に、院生に対する 6 か月のインターンシップであり、そこでは、企業によって設定された問題に取り組んでもらう。学位論文とは独立の問題であるべきである。インターンシップの主な目的は実際の知的財産を産み出すことではなく、企業との連携関係を構築することであるので、知的財産の帰属は企業である。

3 年前に開始された。最初の年は 6 社で、次には 13 社に増え、今年はさらに増えた。参加院生に、我々が部分的に経済的支援をすることもあるが、政府と企業でおおむね折半して支援を与えている。

(ii) そうである。

- 2b.** 数学の最近の動向に常にアンテナを張って、どこにどのような優れた数学者がいるかを把握するようにしてはならない。このためには、成文化された共同研究契約によるのではない柔軟に共同研究の遂行が必要である。
- 2c.** これが我々の主要な責務であり、すべてのメンバーはそのようなコーディネーターである。
- 2e.** 多くの企業と 2 a i) で述べたようなやり方で連携活動をしている。全ての study group とインターンシップは企業と連携している。
- 2f.** study group とインターンシップ、英国政府による異分野連携研究のための奨学金（単なる学際分野研究でなく、実用研究に関連したものが対象であり、大規模に実施されている）。
- 3a.** 研究所としてはインターンの受け入れはしていないが、インターンシップの支援、企業と大学間の仲介などを

行っている。

3b. 支援した人数は去年は約 30 名、着実に増えている。

3c. 3~6 か月間

4a. 代数幾何と数論：まれ

組合せ理論、群論：時々

微分幾何とトポロジー：まれ

複素解析：まれ

実解析：まれ

微分方程式、確率論、数値解析、統計、計算機科学、オペレーションズ・リサーチ、数理物理：よく使う。

これまでの活動で上のように分類したが、問題解決のためならどんな数学の知識でも必要である。

4b. 多くの例がある。

www.industrialmaths.net 参照。

4c. 利潤を目指す研究がますます要求される一方で、数学自体への要求は増していく。

学際的または多くの異分野が関係するような活動への意欲がより重要になる。社会科学や人間の行動解明がより求められるようになり、それらに全面的に取り組まなくてはならないであろう。

5a. 常に実用化研究を目指している。

5b. 全て外部資金であり、プロジェクトのための資金である。

5c. 一定ではない。景気が後退すれば、政府からの資金の比率が高くなるが、我々としては民間資金との適切なバランスが望ましい。

5d. 営利組織：2/3, 非営利組織:1/3

5e. 異なるグループの興味と制約を理解し統合した活動をすること、新たな分野を開拓するための仕組みを作ること、活動に開始から終了まで参加すること。

5f. 0

5g. メンバーの活動は出版を目指すものではないが、我々の産学連携の支援活動から多くの論文が出版されている。

追加質問事項

(i)直ちに実用化につながる研究もあるし、長期の研究プログラムもある。そこで、

実用化までに時間がどれくらいかかるかということよりも理論的な興味などの観点を重視している。しかし、純粋に知的な関心だけからは問題を取り上げることはない。

(ii) 基礎研究と実用研究を分離して考えることは有益ではない。

● **H. Engl 氏 (RICAM (Johan Radon Institute for Computational and Applied Mathematics), Director)、**
A. Binder 氏 (MathConsult GMBH, CEO & IMCC (Industrial Mathematics Competence Center), Managing director)

ヒアリング対象者：H. Engl 氏、

A. Binder 氏

役職名：Engl 氏：Director of RICAM、

Binder 氏：MathConsult GMBH CEO、
Managing director of IMCC

場所：ウィーン大学

日時：2009年11月20日3時～4時

ヒアリング調査員：福本康秀教授、山本昌
宏准教授、中川淳一主幹研究員

ラドン研究所はオーストリアのリンツにあり、産業数学の活動はリンツ大学、IMCCと共同で組織されている。MathConsultはIMCCの事業を担っている。

RICAM: <http://www.ricam.oeaw.ac.at/>

MathConsult GMBH: <http://mathconsult.co.at>

IMCC: <http://www.mathconsult.co.at/imcc/english/index.htm>

ラドン研究所は基礎研究の側面を担当し、IMCCは産業への展開を担当している。以下ではラドン研究所とIMCC双方について説明する。とくに断らない限り、発言者はEngl教授である。

1a. ラドン研究所：通常は60名、今年は

オーストリア科学アカデミーの予算削減よりやや減少して45名。研究員は、以下の8つの研究グループに分かれて活動している：

逆問題 (Engl教授がヘッド)、
偏微分方程式の数値方法研究グループ (Langer教授がヘッド)、
偏微分方程式の解析研究グループ (Markovich教授がヘッド：オフィスはウィーン)、
最適化と最適制御、
イメージング、
シンボリック・コンピューション、
システムと分子生物学における数学的な方法 (新しい研究グループであり、ウィーン大学、科学アカデミーや私立の研究所とも連携している。カイザーラウテルンのフラウンホーファー研究所と連携するかもしれない)、
数理ファイナンス (スタッフがスイスに移転したので現在は一時的に休止中)

IMCC：28名のコンサルタントがいる。
MathConsultなどの関連事業全体では90名近く。生物学関係のグループを除けばリンツにある。メンバーは、ポスドク

なども含めてリンツにおり、活動の一様性を保っている。

1b. ラドン研究所：ほとんど全員。任期は3~6年（定年まで雇用される教授が3名いる）。ラドン研究所では定年までの雇用は極めて少なく大学の常勤職を見つけることが重要である。常に新たな人材を求めている。院生も研究所にいますが、学位はリンツ大学を含めてしかるべき大学でとることになる。研究所の他のスタッフが指導教員である場合がかなりある。ラドン研究所はリンツ大学と連携しているが（制度上は独立）、オーストリア・科学アカデミーの傘下にある。

IMCC：約20名が数学系。

1c. ラドン研究所：100%近く。

IMCC：70%。

1d. ラドン研究所：2003年の創設以来すべて。

IMCC：14名。

1e. もちろん。

1f. ラドン研究所は基礎研究を行っている。すなわち、基本的に学術的な好奇心によって動機付けられた研究で、日常のかつ実用面からの圧力から自由に理論研究をすることができる。

IMCC 学術研究とは一線を画しており、会社組織で運営されており、会社とアカデミアを繋ぐ役割を果たしている。一方で、これまで10人に博士（Ph.D.）論文がIMCCの活動から生まれた。

IMCC とラドン研究所は産業数学に関して役割分担をしており、密接に連携している（例えば両者はリンツ大学のキャンパス内の同一の建物の中にある）。

（注）産学連携はいくつかの発展段階を経て現在に至っている；まず、ラドン研究所創設の経緯を説明する。

第一段階：1988年にリンツ大学付属の産

業数学研究所創設。

第二段階：クリスティアン・ドップラー協会からの援助。これは政府・産業界が予算を半々折半しており7年間の研究プロジェクトの支援を得た。専門委員による厳密な評価がある。

第三段階：1996年 IMCC 創立。

2003年 ラドン研究所創立。

1g. もちろん。数学だけでなく数値手法も。

1h. ラドン研究所：優れた知見、しかし過度に専門化されている人材は望ましくない。国際的なレベルでの出版物（グローバルゼーションで国際的な共同研究が重要であるので）、研究費の獲得実績とその能力、産業・会社の活動への興味

IMCC：産業への強い興味を重視する。

1i. ラドン研究所：ポストクのポストは3年間で、外部資金が得られ、かつ良い評価が下されれば総計6年間まで延長可能である。評価委員会は厳密に学術的な見地から構成される。

IMCC：修士号獲得後から雇用している。評価委員会はアカデミアと会社関係が半々から構成される。

2a i) ラドン研究所：リンツ大学・産業数学研究所、グラーツ大学、インスブルック大学（以上、オーストリア）、ケムニッツ工科大学、ミュンスター大学（以上、ドイツ）

IMCC：企業などと契約を結んで産業数学に関して連携している。例えば、熱延過程に関する有限要素法によるシミュレーションや高炉内部の非定常過程の数学モデル、焼結モデル、など。企業の例としてはAVL（自動車のエンジンのメーカー）など。

2a ii) 満足している。

2b. ある。

2c. 産業界の我々のパートナーに企業には常にそのようなコーディネーターがい

る。しかし、会社のなかの渉外担当の部局ではなく、研究部に少しでも近いポストにいるコーディネーターのほうが有効であるし、企業のトップあるいは現場の労働者レベルだけのコンタクトだけでは産学連携はスタートしない。また、企業からのメンバーとの会合を定期的に持つことは難しいがこれは重要である。企業との共同研究は金だけが必要なわけではなく、多くの時間も必要である。

- 2d. 多くの会社と。
- 2e. クリスティアン・ドップラー協会や Competence Centre Programme.
- 3a. ラドン研究所：あまり積極的に受け入れていない。数カ月ではまとまった成果を挙げるのが難しいからである。
IMCC：コンピュータ・サイエンスの分野では成功している。しかし、単に経験を積むことを目指すのではなく、実質的な仕事をしてもらうので、インターンシップとは目的が異なると思う。
- 4a. 代数幾何と数論：よく使う。
組み合わせ論と群論：まれ
微分幾何とトポロジー：よく使う。
微分方程式、確率論、統計、数値解析
コンピュータ・サイエンス：よく使う。
数理物理：それほどではない。
それ以外に最適化理論、逆問題、偏微分方程式のシステムが重要である。
- 4b. 産業のための数学の問題なら何でも。
- 4c. 数学が重要であるという認識が産業界で益々広がりを見せており、数学への要求が大きくなる。このような産業界の認識は我々の発展の第一段階では考えられなかったことである。

5a. ラドン研究所：非営利団体から年間 150 万ユーロ。

IMCC：年間 320 万ユーロ。

1f で述べたようにラドン研究所は専ら基礎研究、IMCC は実用的な研究に従事している。

5b. ラドン研究所：内部資金：外部資金 =2:1。

ICMM: 1:1

5c. ラドン研究所：ほとんど 100% が非営利団体から。

IMCC：ほとんど 100% が営利団体から。

5d. ラドン研究所：すべてのパートナーは非営利団体である。

IMCC：すべてのパートナーは営利団体。

このような住み分けはラドン研究所と IMCC の基本戦略であり、カイザーシュウテルンのフラウンホーファー研究所とは異なる。

5e. ラドン研究所：1a で述べたように 8 つの研究グループがあるが、しばしばグループの枠を越えて学際的な研究を行う。合同セミナーや夏期セメスターなどを組織しており、研究員の業績評価の重要なファクターとしている。

5f. ラドン研究所：きわめて少なく 3~4 件。特許は数学においてはまれである。

IMCC：特許権者は通常、相手の会社である。

5g. ラドン研究所：年間に約 100。

IMCC：過去 7 年間に 220 (工学系の論文が多い)。

● **U. Naevert 氏 (FCC(Fraunhofer Chalmers Research Centre for Industrial Mathematics), Director)**

ヒアリング対象者：U. Naevert 氏

役職名：Director of FCC (Fraunhofer Chalmers Research Centre for Industrial Mathematics), <http://www.fcc.chalmers.se>

場所：FCC、ヨーテボリ（スウェーデン）

日時：2009年11月23日午後3時～5時

ヒアリング調査員：福本康秀教授、山本昌宏准教授

FCCの歴史：2000年にカイザースラウテルンのITWMのNeunzert教授の提案によって、ドイツ国外のフラウンホーファー研究所として創設された。当初、スウェーデン政府は財政援助に消極的であったがチャルマース工科大学が支援をした。一方で、1971年以来、私はスウェーデン応用数学研究所の所長であった。この研究所では産業数学に重点が置かれていて、幾分かはバーチャルな組織である。

- 1a. 事務職員などのスタッフを30名雇用、科学者28名で内訳は以下の通り：15名のPh.D(13名のポスドク、ポスドクに準じる者2名)、13名の工学系の研究者。
- 1b. 数学科から13名のポスドク。
- 1c. 40%。
- 1d. 6名。
- 1e. そうである。研究所はプロジェクトによってのみ発展しているので、プロジェクト内容に基づいて雇用する。
- 1f. 研究と産業界へのサービス（コンサルティング）に、半々の割合で従事している。
- 1g. 然り。
- 1h. 面接を行い、研究と産業界へのサービス双方への興味があるかどうかを確認す

ることになっている。研究論文の質も重要であるが、数学を実用に結びつけることも本質的である。

- 1i. 年に1回、評価を行う。評価に関わる議論は公開される。評価結果により給与が変わる。最近制定されたスウェーデンの法律により、任期付きのポストは最長で2年間までで、その後に任期なしのポストを提供するか、研究所を去るかの2つの可能性しかないことになった。

2a i) チャルマース工科大学、ヨーテボリ大学、リンケンピ大学、ルンド大学、王立工学研究所（以上、スウェーデン）、コペンハーゲン大学、デンマーク工科大学（デンマーク）、カイザースラウテルン工科大学、ロストック大学（以上、ドイツ）など。

トラックの製造会社との3年間のプロジェクト（チャルマース工科大学・数学統計学科とカイザースラウテルン工科大学も参加している）、チャルマース工科大学におけるPh.D.プロジェクト。

- 2a ii) 期待通りであった。
- 2b. そうである。
- 2c. 管理部門にコーディネーターはいないが、4つある研究グループの主任がその役割を果たしている。

（注）4つの研究グループ：計算工学と設計、信頼性とリスク管理、幾何学とモーショントラッキング、システム生物学とバイオイメージング。

- 2d. 流体に関して力学科、チャルマース工科大学・化学科。
- 2e. チャルマース工科大学の産業数学に関するCOEプログラム、ヨーテボリ数学モデリングセンター（2012年までの総

計7年間のプロジェクト)。以下も参照：
<http://www.math.chalmers.se/Math/Research/GMMC08.pdf>)

- 3a. FCC は修士論文のために研究の機会を提供している。その場合、部分的に雇用の形態をとっている。
- 3b. FCC とチャルマース工科大学で計10名の院生を受け入れている。
- 3c. 1~2年間。
- 4a. 代数幾何と数論：まれ
組合せ理論、群論：そこそこ
微分幾何とトポロジー：よく使う
微分方程式、確率論、統計、数値解析、コンピュータ・サイエンス：よく使う
幾何学：よく使う
作用素論、数理物理：まれ
- 4b. 4つの研究グループに従って、計算工学と設計、信頼性とリスク管理、幾何とモーション・プランニング、システム生物学とバイオイメージング。
- 4c. 数学は益々重要になっていく。さらに微分方程式が数値計算に基づいた生物学や医学の（テイラーメイドの医療）分野でより重要になっていくと思われる。
- 5a. 40%が産業界、30%が公的資金、30%がチャルマース工科大学とフラウンホーファー協会からの基礎的な資金。
- 5b. 内部資金の定義にもよるが、30%が内部資金で、70%が外部資金。
- 5c. 営利：非営利が4対3。
- 5e. プロジェクトリーダー（たいていは研究グループの長）がアカデミア、産業界と研究所のメンバーを含む学際的な活動

を組織する。また、研究所の外から講演者を招いてセミナーを実施することで広い範囲の研究者と知り合う機会を作っている。

- 5f. 我々の生産物は研究成果であり、その報告でありソフトウェアである。ソフトウェアでの特許申請には困難があるので、申請はしていない。事の好悪は別として特許申請はない。

5g. 年間に10~20。

追加の事項

- (i) カイザースラウテルンのフラウンホーファー研究所と同じ原理（産業からの資金獲得がないと国からの資金を得ることはできない）が働いているので、これが基礎研究と実用研究の間のバランスをとるのに極めて重要であると思う。
- (ii) 学術的な研究だけをやる所員はいない。基礎的な研究も実用的な研究の関連で行っており、重要なことである。
- (iii) 産業数学の研究所を持っている大学が必要である。評価システムを適正に運営することが重要である。
- (iv) ヒアリングとは別に、研究グループによる各30分の活動報告もあった：
13:30-14:00: 幾何学とモーション・プランニング (J. Carlson 博士)
14:00-14:30: 計算工学と設計 (F. Edelvik 博士)
14:30-15:00: システム生物学とバイオイメージング (M. Jirstrand 博士)

● Henry Cohn 氏 (Microsoft Research, New England, Principal Researcher)

ヒアリング対象者：Henry Cohn 氏
役職名：Principal researcher of Microsoft Research

場所：Microsoft Research, New England, Boston
日時：2009年12月10日、10:00~11:00

ヒアリング調査員：川崎英文教授、白井朋之教授

- 1a, b.** 数学者の数は、数学者をどう定義するかに依るが、数学の学位を持っている人、定理を証明する人、数学を使う人など。常勤は Jennifer (ボス) や私を含めて6、7名、PDが8~10名、それに大学からの訪問者がいる。
- 1f.** Redmond (シアトル) の研究所は伝統的な計算機科学に焦点を当てていて規模も大きい。一方、ここは学際的な研究所で、十数名からなる小さな組織である。数学、計算機科学、伝統的なハード科学(物理、化学、生物学、天文学)、経済学、人類学、社会学研究者がいる。例えば、人類学者の Dena Boyd は teenage preview on line や社会ネットワークを研究している。違う視点をもった人々を一か所に集めることは非常に価値がある。例えば、数学者はグラフ理論を用いてネットワークの研究をおこなうが、Dena は数学モデルの代わりに十代にインタビューして、彼らが実際にネット上で何をしているのかを正確に知ろうとしている。
- 1h.** かなりの部分は大学と同じで、価値のある研究をやっているか、良い雑誌に論文を書いているか、コミュニケーション力などである。協力しなければならない環境では、非常に優秀でも、人と話が出来ない人は価値が低い。仮にあまり優秀でなくても、それはそれ程問題ではない。他の人と一緒に仕事ができること、自分の発見を説明できること、協力して疑問に答えられることなどは非常に価値がある。
- 1g.** 毎年、現在何をやっているのか、来年何をやるつもりなのかを書類にまとめて、マネージャーと議論する。おおむね

大学と同じである。良い研究をやっているか、単に論文を書くというのではなく、論文が読まれているか、良い雑誌に掲載されたか、発表をおこなったか、招待されたか、研究集会を企画したかなどである。大学とただひとつ違うのは、発見したアルゴリズムが実用化され、製品グループ (product group) が利用したら MS は非常にハッピーである。基本的には、大学と同じような評価と製品グループに対する貢献を組合せる。

2a. Washington 大学の客員教授として、2人の大学院生の学位指導をおこない、大学院で3つ講義をもった。教育に非常に興味があるが、MSではその機会がそう多くないのが欠点である。毎年、夏のプログラムで高校生を指導する。そこでは組合せ論をよく教えている。ときに方程式論、高校の代数と抽象代数の中間、一度だけ数理論理の不完全性定理を教えた。受講生は非常に優秀で、特別なプログラムだからである。

現在、3つ実施している。MITの数学科とは packing 問題について。CALTECの Cris Human や、Princetonの化学科ともおこなっている。三つ目のものは本当に興味深いものだった。我々は4年前にある会議で出会い、当時かかわっていたいくつかの最適化問題について話した。その会話のまさに最後に、お互いの問題が双対であることに気づいた。私の研究は情報と符号理論に動機づけられたもので、彼は物理に動機づけられていたので、非常に驚いた。時間をかけて二人で物理現象との関係を理解しようと努力し

2c. また、産学連携のコーディネーターはいなくはない。Paulはこの研究所の開所式の講演者を大学から集めるなど色々なことを企画している。しかし大部分の

コラボは個人レベルで、大学の研究者と個人レベルでコンタクトをとっている。Paul が企画するのは大規模な活動である。

それから、企業が有利なところは膨大なデータにアクセスできることだ。大学ではそうはいかない。大学の研究者はこちらと提携してデータにアクセスすることになる。

2d. 非常にたくさん質問がある。MS 研究所の良いところは、この問題を解きなさいと誰も強要しないことだ。その一方で、向こう 3 か月この問題に取り組みなさいなどとは誰も言わない。しかし、MS は研究部門と企業の他の部門とのつながりが極めて効率的で、大変気に入っている。だが、これは企業の研究室では危険性をはらむことにもなる。例えば、たくさんの基礎発明を行った驚くべき研究室があるが、製品には実用化されなかった。そうになると、いくら偉大な研究であっても、会社はその研究室を支援しないだろう。

また、MS 研究所のよいところは、研究グループと製品グループの橋渡しをしてくれるプログラマネージャーのグループがあることだ。その人達は通常は製品グループと一緒に仕事をしていて、企業について多くのことを知っている。互いにどのような関係にあるのか、誰が何に興味を持っているのかなど。そして彼らの仕事は、製品グループが必要とするものを見だし、価値があることを研究グループに理解させることである。そして二つ目は、研究上の発見を実社会で使えるように努力することであり、その仕事は極めて有効である。

3a, d. インターンは 25 人くらいだ。その大部分は数学の学生である。計算機科学科の学生も沢山応募するが、その大多数

は理論計算機科学者であって、計算機科学科で活動している数学者だからである。25 名のうち 3 分の 2 は数学者と言えるだろう。ちなみにここで言う数学者とは、厳密な定義を与え、定理の厳密な証明をし、証明が最も重要な人々のことである。他のプロジェクトのために定理を証明するのではなく、定理を証明することがゴールである人のことである。この意味で 3 分の 2 である。受け入れ期間は 3 か月だ。

また、社会学の学生も受け入れている。昨年、Dena は社会学のインターンを 3 人雇った。このように、多くの分野からインターンを受け入れられている。

大多数のインターンは博士課程の学生だ。たまに学部生が来るが、それは極めて稀である。すごく優秀で大学院のコースをとっていて研究の入口にいるような学部生であれば歓迎する。また、大学の関係者に良い院生がいらないか尋ねてインターンを見つける。

現在、私のインターンとは数論アルゴリズム、多項式アルゴリズムを研究している。私の最後のインターンとはパッキング問題を、その前のインターンはポリトープを研究した。他の研究室だと、オークション、グラフ理論などがある。

私はベル研でインターンをして、MS で最初は PD だった。ここでの PD はとてもよかったが、そのような状況は私がベル研でのインターンの後も全く考えていなかった。学位をとった後は、多分、大学の PD になって大学のテニユアトラックを目指す事になるだろうと思っていた。企業に行くとは全く思っていなかったが、今のボスである Jennifer と話したのがきっかけで MS に来た。彼女の話は非常に説得力があった。数学に本当に興味があり、また産業にも興味のある

人からなる研究グループで、製品グループから刺激を受け、理論研究をおこなうのと同様に実務にも貢献できるというアイデアは刺激的で、その年の終わりにPDとしてMSに来て、今日に至っている。

4a. 自分の研究室では組合せ論、群論、確率論、統計、計算機科学、OR、Redmond（シアトルの研究所）では、トポロジーに興味をもっている者もいる。数値解析はここでももっと取り組まなければならないと思っている。

4b. 現在の研究のひとつは Sphere Packing で、数理解論に関係する。異なるシステムの基底状態（ground state）を見出すことなどである。もうひとつは、代数的複雑度。

4c. 数学自体に対する大きな需要があるのは明白である。MS について言えば、10~20年前は、Word のようなソフトを開発していた。Word プロセッサを設計するのは易しくはないが、そのこと自体がそこで使った数学を発展させたわけではない。だが、問題はどんどん数学的になっている。例えば、膨大なデータの問題を解析するためには高度な数学やアルゴリズムの技法が必要である。また、暗号やセキュリティーにも問題が山ほどある。例えば、膨大なデータを計算しようとするとき、そのデータを保管して、そのデータが破損していないか検証する必要があるだろう。私たちはまだそのような状況には直面していないが、それを操作しプライバシーを保護するには深い数学が必要になると思う。

また、ビジネスモデルの解析では高度な数学が必要になるし、計算機科学はより数学的になるだろう。工学では応用数学がもっと必要になる。MS のような企業では数学にとってより面白い時代だ

と思う。Web 検索アルゴリズム、Google ページランキングは過去 10 年で最も興味深い数学の応用である。次の 10 年はもっと増えると思う。

5c. 政府の資金に応募する必要はない。

MS が全て賄ってくれる。例えば、何の問題もなく人を招待することができる。Web で必要な手続きをするだけだ。このように個人レベルだと簡単である。より高いレベルだと、私たちのボスが彼女のマネージャーに言い、彼がその上に言うことになる。各研究室は何人かのポストがあって人事の会議を開き、最終決定権はボスにある。

5d. IBM には沢山ある、AT&T は減ってきたがある。MS は研究を非常に支援してくれる。

5f. 私は特許をひとつしか持っていないが、他の人はもっともっている。大学との共同研究の場合は、特許の所属を協議して決めるが、理論的な共同研究の場合、特許はあまり考えない。

その他 IMI に対するアドバイス

そのような経験がないので、非常に難しい質問だ。企業にコンタクトをとって、研究所に招待して数日から数週間滞在してもらおう。あるいはインターン生を企業に送り込むことや、大学教員がサバティカルで企業に半年くらい滞在して交流を深める。MS New England のような研究室はかなりアカデミックで、産業界ではまれであるが、企業の研究者がもっと数学に関心を持ってほしい。製品には多くの数学が含まれている。例えば、音声認識は基本的には信号解析であるし、応用調和解析に興味のある人は実社会のデータセットに関する問題を発見するだろう。私はこの問題に数カ月取り組んだ。大学から離れて企業の研究室に身を置くのもよいだろう。

● **Yuval Peres 氏 (Microsoft Research Redmond, Principal Researcher & Manager of Theory Group)**

ヒアリング対象者： Yuval Peres 氏
役職名： Microsoft Research Redmond,
Principal Researcher and Manager of
Theory Group
場所: Microsoft Research Redmond (Seattle)
日時： 2009 年 12 月 7 日
ヒアリング調査員： 川崎英文教授、白井朋
之教授

Yuval Peres 氏は 2006 年にカリフォルニア大学バークレー校数学科教授からマイクロソフト(兼担)に移り、2008 年に完全に籍をマイクロソフトにうつす。現在は主任研究員(principle researcher)で Theory group のマネージャーでもある。

1a. Microsoft Research(以下、MSR)は 1991 年に設立された。当初はコンピュータ科学への応用に焦点が置かれていたが、もう少し理論的なコンポーネントが必要だという Bill Gates 氏らの提案により、1996 年に Theory group が Jennifer Chayes 氏と Chirstian Borgs 氏を co-manager として、特に他分野との境界分野の研究を強調する理論グループとしてスタートした。現在、二人は MSR (New England)の設立のためボストンに移り、その後のマネージャーとして Yuval Peres 氏が常勤研究者 5 人とポスドク 4 人の Theory group をまとめている。数学とコンピュータ・サイエンスの境界は非常に曖昧であるので、研究員の専門は何かとは言うのは難しい。期待されている仕事は、自身の研究、Theory group の研究のサポートとアドバイス、他のグループとの共同研究の推進などである。MSR(Redmond)には約 350 人の

パーマネントの研究者がおり、世界に 7 ヶ所ある MSR を合わせると約 800 人の研究者がいる。数多くの長期・短期のビジターが数週間から一年のスパンで訪問して、アクティブに共同研究を行なっている。

1b. Theory Group の 4 人のポスドクは 3 人が数学科出身、1 人がコンピュータ科学の出身である。主な時間はもちろん個人の専門分野の研究にあてられるが、MSR にいる多くの他分野の研究者とインタラクションして、ハイレベルかつ先進的(innovative)な研究を期待されている。特に実践的な問題を扱うことを推奨されている。彼らは給料面では同じレベルの大学のスタッフと比べてかなり優遇されており、その意味でも MSR のポスドクとして雇われることは非常に魅力的である。例えば、Henry Cohn 氏 や David Wilson 氏などは、ポスドクを経て Theory group の常勤の研究者になった成功例である。Henry Cohn 氏は、現在 MSR(New England)の主任研究員である。

2a. Yuval Peres 氏は MSR に籍をうつした後もバークレーの非常勤講師(Adjunct Professor)として学生の指導を続ける。Theory Group の常勤スタッフの全員が近隣のワシントン大学の非常勤講師を勤める。MSR は大学との関わりを積極的に持つことや学術雑誌の編集委員であることなどを推奨しており、現在、バークレーに 3 人、ワシントン大学に 1 人、Berlin graduate school に 1 人(MSR と提携)の PhD の学生を指導している。MSR は大学や研究所との提携に非常にオープンかつ積極的である。また、他企業にはない大きな特色の一つは、MSR にと

って有益な結果を得たときでも、(必要ならば)パテントをとった後に論文を自由に発表できることにある。大学と同様にほぼ発表の制限はなく、パテントをとるか否かは個人の裁量(責任)に任されている。この精神はマイクロソフトの社風として特筆すべきものであり、MSR の Vice Senior President である Richard F. Rashid 氏によるものである。
<http://www.microsoft.com/presspass/exec/rick/>

大学ではなく MSR で研究することのメリットは、給与面ではかなり優遇され、研究面では、自分自身について言えば、例えば MSR、Yahoo、Google などにしかない膨大な量のウェブデータにアクセスできるし、大学のスタッフは講義のため研究会への出席が制限されるがここでは制限はほとんどない。デメリットは大学ではあるテニユアシステムがなく終身雇用を保証されていないという点であるが、後はそれらのバランスの問題を個人がどう評価するかの問題である。最近亡くなった Oded Schramm 氏は研究面では MS の仕事とは独立して完全な研究の自由を得て、数学のいくつかの分野で創造的な研究を行っていた。

2c. 産学の共同研究についてはいくつかのスケールがある。例えば、研究室レベルの共同研究については各研究グループのマネージャーがコーディネートする。また、複数の大学を組織するような大規模なプロジェクトには、専門に Tony Hey 氏のようなコーディネーター <http://www.microsoft.com/presspass/exec/tonyhey/> が積極的に関わっている。

3a, b, c. マイクロソフト研究所全体では様々な分野から毎年数百人のインター

ンを受け入れており、特に Theory group では 5~7人を受けいれている。例えば、昨年の例で言えば数学から 4 人、計算科学から 3 人であった。資格としては PhD をもつ学生で、期間は夏期休暇の 3 ヶ月。その間の給料は非常に優遇されている。その結果、ウェブを使った公募システムにより高い倍率の応募者が毎年ある。そこで存在感のある学生は、PhD を取得後改めてポスドクや常勤研究員として雇っている。MSR にとっては学生の能力を評価するために、学生にとっては MSR がどのような研究環境かを知るという意味でインターンシップはよい機会になっている。インターンシップでは学生に十分な給料を払われるので、きわめて競争的である。

4a. MSR における研究では、確率論・統計・組合せ論・コンピュータ科学・最適化・微分方程式などは基本的に使われる。また暗号のグループは数論などを主に用いる。実際的な問題が先にあるので必要に応じて他の数学ももちろん使うので、分野間に壁を置きたくないと思う。大学における教育では、従来の講義で教える事柄、例えば微分方程式を講義して簡単な微分方程式を解けるようになるというのは以前と同様重要である。しかしそれのみならず、学生達に今日的に重要な話題にも目を向けさせる必要がある。例えば、 n 個の元をソートするのに $O(n \log n)$ の時間がかかるという事実や、ゲーム理論におけるゼロ和ゲーム、二部グラフとは何かなど、現在普通の数学科では課程として教えられない基本的なグラフ理論・ゲーム理論・計算理論などは数学者にとって常識的な言葉となるべきである。

● **Mark Squillante 氏 (IBM T.J. Watson Research Center, Senior Researcher)**

ヒアリング対象者：Mark Squillante 氏
役職名：IBM T.J. Watson Research Center
Senior Researcher
場所：IBM T.J. Watson Research Center
(Yorktown)
日時：2009年12月9日
ヒアリング調査員：川崎英文教授、白井朋
之教授

1a. Mark Squillante 氏は IBM Thomas J. Watson 研究所の上級研究員 (Senior Researcher) である。専門分野は確率論と確率的最適化。また、ACM (Association for Computing Machinery) と IEEE (The Institute of Electrical and Electronics Engineers) のフェローである。フェローには学会員の約 1 パーセントに相当する研究者が厳しい審査の後に選ばれる。IBM においては、5 人から 6 人の常勤のスタッフからなる確率論チームのチームリーダーである。このチームは確率論的な基礎研究を中心に据えている。

1h, i. PhD の学生を雇用するときに、自分の大学時代の専門のみに固執してすべてをその言葉で理解しようとするものは望まれない。一方で専門に深い造詣があり、かつ新しい分野を習得する意欲のあるものが望まれる。現場から上ってくる具体的な問題に対しては、どのような数学を用いれば適当なモデルがたてられるかということから考える必要がある。細かい数学的な技術の面でいくら強くても創造性がない人は実際の問題の解析には役に立たない。彼らの評価はまず通常一年目のレビューを受けて、順調にスタートできているかどうかを評価する。その後、ランキングシステムとよばれる 1 から 100 のランクを

もつ評価システムによって評価を受けるようになる。もしも会社のプロジェクトに積極的に参加して、そこで目覚ましい結果を出せばランキングはどんどん上る。しかし、一方で研究セクションに属している場合は、大学のように自分の研究に時間を費やすことも可能であり、その場合には論文や学会におけるステータスなどで結果を出す必要がある。例えば、学会においてフェローになることなどは重要なインパクトとなる。もちろん、プロジェクトに参加せず学際的な研究にのみ没頭するのは、今のご時世ではなかなか難しい。IBM では十分経験を積んだ者は、マネージャーと上級研究員の二つに分けられる。マネージャーは多くの時間を資金をいかに得て使うかという点に費やし、いわゆる上級研究員は創造的な仕事に多くの時間を費やす、と言う具合に役割分担がされている。

2a. 大学における共同研究の一般的な形は、ある人が研究結果を発表してそれを聞くなり論文で読むなりした人が、その結果をいかに深めて拡張するかという具合に個人的なつながりで進んでいく場合が多い。企業におけるプロジェクト研究の場合には、まずどのような研究分野の研究者が何人くらい必要でどのようにグループを組織するかというのをグループリーダーが決めて進められていく。大学の研究者との共同研究は特にこのグループでは非常に密に行なわれている。この事に関連して、コロンビア大学で非常勤講師を勤めていた際は、週一回の通常の講義を行ない、一日は大学に滞在して、他のスタッフや学生とインタラクションをすることに力を入れていた。

IBM 研究所で働くことと大学で働くことの相違点について述べる。(i) 大学において学生の教育にあたるためにはある程度の準備が必要であるが、会社ではプロジェクトを立ちあげて、そのための研究組織をマネジメントするのがそれにあたる。本当にやりたい研究の部分とは異なるが、仕事としてはやる必要がある。この点はある意味で共通点である。(ii) IBM では学生が来るのは主に夏休みの3ヶ月であるが、大学では時期によらず学生の対応をする必要がある。(iii) IBM の現場の上ってくる問題は、単に文献を読んで思いつく問題に比べてエキサイティングである。論文を読んでいるだけでは思いつきそうもない問題が実際的な問題からは出てくる。(iv) 大学でビジネスの問題をやりたければ、自分自身がその道の専門家になる必要があるが、IBM ではその専門家はいくらでもいる。簡単にどのような問題設定やどのような一般化が適切かすぐにわかる。IBM の研究所には一般的な大学の数学科に比べて広く多くの分野の人がいる。また、大学では学科を越えた共同研究は難しいがここでは易しくできる。

3a, b, c. ここ数年は数学部門で5人から8人のインターンを取った。しかし、もちろんこの数は経済状況によるのでここ1、2年は非常に少ない。インターンシップでは PhD の学生が中心。研究の経験を積んだり、自分がどのような研究をしていきたいかをはっきりさせるために、PhD の研究に入る前にインターンで来ることも多い。PhD サマープログラムは基本的には夏期休暇の3ヶ月。ただし、中には2、3年と続けてサマープログラムに来る者もあるので、かなりフレキシブルである。インターンの学生を集めるには、知り合いから優秀な学生を直接紹

介してもらったり、フェローシッププログラムに参加した学生の中で目立った学生にサマープログラムの権利を与えるなどしている。

4b. IBM 内の多くのチームはアプリケーションに重点を置いているが、このチームでは確率論的なアプローチができる問題をすべてターゲットにしている。これは確率論的なアプローチにこだわっている訳ではなく、実際の問題の多くに対して確率論的なアプローチが有効であることによる。金融数学、待ち行列理論など問題解決に必要な手法は何でも用いられる。さらに確率論に限らず、最適化、実解析、微分方程式、トポロジー、組み合わせ論、統計学、データサイエンスなど必要に応じて何でも使う。電気通信の技術者であった Erlang (コペンハーゲン電話会社) が待ち行列を用いて電気通信をモデル化した Erlang 損失モデルは、100年以上の間多くの研究者が研究を積み重ねてきたが、最近このモデルを労働力と人的資源のモデルと捉えることによってまったく新しい方向の結果を得た。実際の現場の問題が数学を豊かにする一つの典型的な例である。

4c. 今後はますます数学が力を発揮する時代になると思う。世の中の複雑さとともに、扱う問題はますます難しくなっていくので数学の力を借りないと十分な解析ができないだろう。また、数学を用いて実現できるわずか0.数パーセントの改善が企業には巨大な利益をもたらす。また、巨大なデータセットが利用可能になった現在それを以下に解析して利用するかは重要である。その数学的な解析はソーシャルネットワークや地球温暖化の問題など研究のみならず人類のこれからのにも重要な意味をもつ。

5c. 企業においても NSF(National Science

Foundation)には応募できる。通常は IBM と大学の共同プロジェクトで、その予算は大学に行く。IBM は研究自身をサポートし、大学と IBM の共同研究に資金サ

ポートを積極的に行なっている。また最近では政府から企業への研究資金の提供も増加している。

● **Baruch Schieber 氏 (IBM T.J. Watson Research Center, Manager of Optimization Center of Business Analytic and Mathematical Science)**

ヒアリング対象者：Baruch Schieber 氏
役職名：Manager of Optimization Center of Business Analytic and Mathematical Science
場所：IBM T.J. Watson Research Center、P.O. Box 218, Yorktown Heights, NY 10598、
日時：12月9日、13:00～14:00
ヒアリング調査員：川崎英文教授、白井朋之教授

1a. IBM 研究所は、6カ国に8研究所を擁する世界最大の民間研究所である。1961年に設立された Watson Research Center は NY と Cambridge にあり、今回訪問したのは NY から 60km 北の Yorktown にあるメインの研究所である。

数理学部門は、50年以上の歴史をもち、現在は「ビジネス解析と数理学」部門とよばれている。理科学部門は5つのグループからなる。(Schieber氏が属する)最適化、(安部氏が属する)データ解析、ソフトウェア、2つの応用グループである。ひとつの応用グループはサプライチェーン、物流、生産計画などの古典的な応用をおこなっている。もうひとつの応用グループは人材管理をおこなっている。いかに人材を有効に使うか、プロジェクトをどのような人材で構成するかなどである。また、医療や交通管理などのサービス産業の重要性は益々増大している。

現在、最適化のグループには正規の社員が20名、訪問研究者が2名、PDが1名いる。まもなく教授1名が来る予定である。データ解析のグループは約30名である。数理学部門全体では、100名以上のスタッフがいる。

IBM 研究所 (IBM Research) 全体では3000名の以上の研究者がいる。東京大和研究所、中国、インドなど6か所。Watson 研究所にはさまざまな分野の1200名の研究者がいる。物理科学、数理学、計算機科学などで、大半は計算機科学であるが、彼らはここから15km北にある別の建物にいる。

1b. 最適化グループでは、過去5年間に博士卒、PDを合わせて5名採用した。何れも最高の学生である。また、Goldstein奨学金で毎年1名のPD、基本的には数理学の人を選ぶ。期間は2年である。この有名な奨学金に毎年100名近く、時には100名以上が応募する。今年は金融危機のせいで80名だった。

1h. 最適化グループでは基礎研究者が欲しい。最適化グループには組合せ最適化とアルゴリズム、数理計画、超高速並列計算の3種類の分野があり、今は最先端の並列計算の経験を持つ博士卒が欲しいと思っている。この研究所の Blue Jeen (IBM 版地球シミュレーター) などは、彼らにとって良い経験になるだろう。また、彼らがやっていることが優れてい

るかどうか、例えば、論文、業績、研究上の熟練度を見る。最適化グループは20名しかいないので、通常は小さなプロジェクトに携わる。だから、新人にも自分で研究の方向を決めることができるような成熟度を求めている。同時に、象牙の塔で孤立していないような人が欲しい。さらに、基礎研究とIBMやその顧客への貢献の両方ができなければならない。基礎研究とIBM内および外部顧客のためのプロジェクトの相乗効果を重視している。個人的には、新人については、この二つの活動を楽しめる人かどうかを重視する。基礎研究と顧客のビジネス問題を理解し、それを何とか解決しようと努力し、また、この種の仕事を楽しまれるような人が本当に欲しい。

- 1i.** IBMでは昇進は非常にユニークな方法をとっている。IBMでは社内におけるレベルを表すバンド (band) はどの研究員も同じである。例えば、上級研究員とかjunior研究員というようなものはない。みな同じ肩書である。評価に際しては1~100のランクをつける。100が一番良く、みんな自分のランクは知らない。その人のマネージャーだけが知っている。PBCとよばれる成績でボーナス (valuable pay) が決められる。報酬は給与とボーナスの2通りがあり、ボーナスは毎年である。それらはボスが決める。ただ、その過程でマネージャーに多くの権限が与えられている。成績が同じでも、ボーナスが違うこともある。どのように公平に分配するかは責任は私にある。ただ、それは私だけではなく、私のマネージャーもおこなう。そのガイドラインはあるが、マネージャーにある程度の自由度や権限がある。しかし、基本的には給与はランクとPBCで決められる。12月の初めにこの作業をやるのだが、全員が

その貢献を報告し、会社への貢献と科学への貢献の二つで評価する。研究者については、科学とIBMへの貢献を見る。論文がないと警告する。少なくとも1編。また、会議に全然参加しないのはまずい。基本的に、毎年年末に全員報告書を書き、彼らの成果、会社への貢献、プロジェクトの支援、顧客のための仕事、経費節減等を報告する。

- 2a.** 常時おこなっている。今朝も大学の教授とセミナーをした。公式のコラボではないが、MITの学生とPrincetonの教授が数日滞在している。また、毎年2回、春と秋にNY大学、Columbia大学、IBM研究所が共同で開催する計算機科学の分野の講義がNYである。それ以外に、非公式のコラボはたくさんあるし、共同研究 (joint study) もやっている。大学は論文が、IBMは特許が欲しい。そこで、Open collaboration research というものを実施している。大学との共同研究であるが、成果はソフトを含めて全て公開できる。カーネギーメロン大学と非線形最適化でOpen コラボをおこなっている。大学関係に対応する特別な部署 (specific department university relation) がある。大学とは奨学金、大学への資金提供など多くのプログラムがある。NY州立大学とは多くの連携をおこなっている。
- 3a, b, c.** 夏に3か月 (5月末~8月末) 受け入れる。今年は例外だが、数理科学部門では毎年、修士や博士課程の学生22~25名を受け入れている。今年はあまり受け入れることができなかったが、IBMでキャリアを積みたいという強い希望をもった者がいて、3名を給与なしで受け入れた。彼らの指導教授が代わりに給与を支払った。それは、彼らのキャリアのために重要だと考えたからである。最適化部門では博士のみを受け入れ

ている。

インターン生の多くは学会のコミュニティーを通して見つける。今滞在してセミナーをやっている教授も、多分夏のために良好な関係をもちたいからだ。Webを使うこともあるが、知らない学生が来ることは極めてまれである。

4a. 最適化グループに限れば、数論、確率論、OR、組合せ論、統計、計算機科学である。

4b. 私達の部署はいくつかのプロジェクトを抱えている。私は基礎科学でみんなが何をしているのかを知る努力をしている。それは研究プロジェクト全体ではなく一部であるが、彼らが何をやっているかに私は大変興味がある。私自身は直接貢献しているわけではないが、私のグループは数理計画、組合せ最適化、スケジューリング、近似アルゴリズムなどを研究していて、その内容を理解している。また、時には大学の研究者と社員がペアで基礎研究をおこなうこともある。

現在、米政府機関と勤務交代 (shift training) に関するプロジェクトをおこなっている。どのように従業員を仕事に割り当てるかという問題である。要求される条件、例えば、フルタイムかどうか、何時間かかるか、何時から始められるか、休憩等々を満たす最適なシフトを求めようとしている。

社内プロジェクトでは、新しい機械の設計に関するものがある。配線の問題である。プロセッサ付きの非常に複雑な回路の新しい部品 (module) を3次元のプリント回路上に作っていて、その部品をプリント回路につながなければならない。そこで配線が必要になる。最小レイヤー数になるものを求めたい。これはグラフの平面分割問題になる。

別の社内の成功例としては新製造技術

に関するものがある。技術はより小さくを目指しているが、ソースマスク最適化 (source-mask optimization) で最適化が必要である。集積回路 (chip) は極小で、それをどうマスクするか。光の波長を基準にして非常に小さく、非線形最適化が必要である。Blue Geen (IBM の大型計算機) などで解く必要がある。この技術のいくつかは IBM のライセンスになっている。

IBM は最近 "smarter planet" という活動を始めた。環境や資源にかかわる問題は、二酸化炭素、水資源、食の安全、感染症、食の信頼性、気象予測など、たくさんあり、これらのグローバルな問題を解決しなければならない。

4c. 数学に対する将来の需要は増えている。研究所ではなく IBM 全体の話だが、ビジネスがサービスにシフトしている。サービスについては成長している。ほとんどのプロセスが既に自動化されているが、我々はそれを最適化しようとして、ビジネス解析と最適化という組織をスタートさせた。これはどの企業でも成長分野である。IBM では沢山の数学者と科学者が解析し、他企業との差別化を図っている。このように、全ての数学分野ではないが数学の需要は大きい。統計は極めて大きな需要がある。OR の全ての分野やアルゴリズムは成長している。

Akamai Technologies は Web でコンテンツを高速配信するサービスで非常に有名な企業で、MIT の教授陣が 1998 年に創設した。また、Google の検索は数学を用いている。数学には非常の明るい未来が拓けていると思う。Google は Stanford の学生が始めた。アメリカでは若い人が起業を好むし、イスラエルも同様である。

5b. IBM の基礎研究に対する予算 (budget)