

九大IMIによる数学と産業界との連携 に向けた取組み

Institute of Mathematics for Industry (IMI)

マス・フォア・インダストリ研究所
所長 福本康秀

2016年4月8日

マス・フォア・インダストリ研究所の活動概要

**富士通ソーシャル数理
共同研究部門** H26.9設置
社会科学：人間の行動・心理を数理モデル化

IMIオーストラリア分室
(La Trobe大学, メルボルン)
准教授・助教雇用 H27.3設置

先進暗号数理デザイン室
H27.4設置

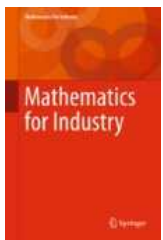
九州大学COI事業 (H25ー)
『共進化社会システム創生拠点』
ビッグデータ・産業数学部門
都市システムを最適化 (都市OS)



**アジア・太平洋産業数学
コンソーシアム (APCMfi)** H26.10-



Pacific Journal of Mathematics for Industry



オープンアクセス
from Springer 2014-

Springer Series
“Mathematics for Industry”

**産業数学の共同利用・
共同研究拠点認定**
(H25.4)

**数学理論先進ソフト
ウェア開発室**
H24.2設置

第4期科学技術基本計画
「数理科学」の重要性
文部科学省 数学イノ
ベーションユニットの設置

～第4期(ポスト 第3期)科学技術
基本計画の検討に向けて～

文科省特別経費(H22ー27)
スタディグループ 企業連携大学院教育



**マス・フォア・インダストリ
研究所(IMI)設立(H23.4)**

分割改組

数理学研究院

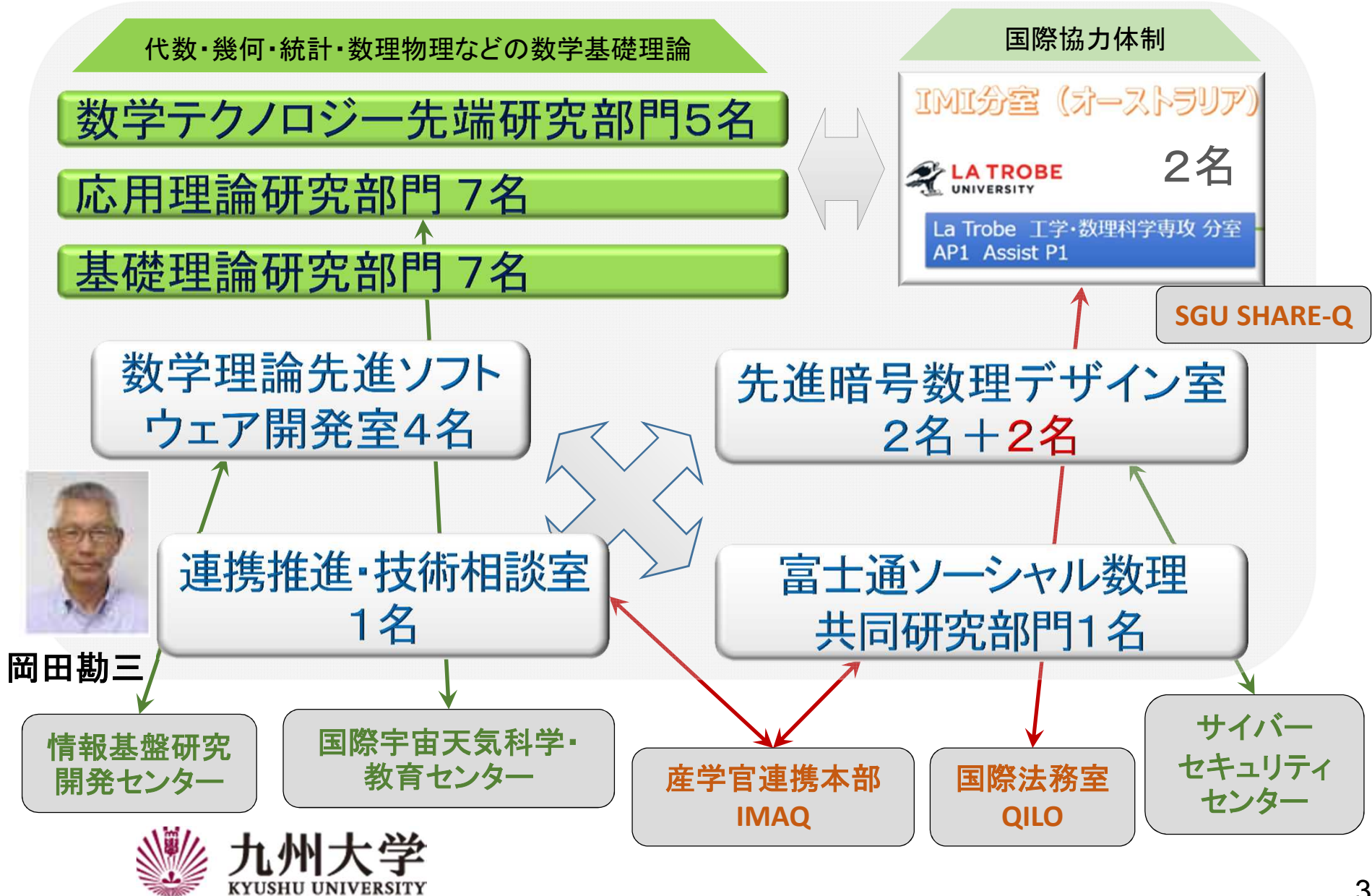
グローバルCOEプログラム(H20ー24)
『マス・フォア・インダストリ教育研究拠点』
国際ワークショップ FMfiの開催



21世紀COEプログラム(H15ー19)
『機能数理学の構築と展開』機能数理学コース
博士学生の企業での長期インターンシップ(3ヶ月以上)

H21
「数学・数理科学と他分野の連携・協力の推進
に関する調査・検討」
政策提言を行う(九大(主管)・東大・日本数学
会・新日鐵)

IMIの部門体制と学内連携 (H27. 4. 1以降)





岡田勘三

H24.2～H28.3

現在後任を選考中

連携推進・技術相談窓口

企業は、本当に解きたい問題は持ち込まない。

- 会社の中でパワーのある(=決済ができる)人物とコネがあるとスムーズに進む。
- コネを頼りに、そのような人物に会って、共同研究を誘導する。
- 企業は60歳で定年。大学の技術相談窓口担当教員も50代(同世代)が望ましい。

企業で、技術開発の企画・戦略の担当者に出会う。
コネが大事

- 数学と産業技術の言葉の翻訳が難しい。
- 大学の技術相談窓口担当教員翻訳
- (成功)事例が欲しい。数学の力が見える。
サクセスストーリー eg. 暗号, 最適化
- 教員が解説記事を出版していると、ヒントになる。

産業界との共同研究実績例

民間企業との共同・受託研究

14件(H24), 12件(H25), 24件(H26)

| | 課題・テーマ | 数学分野 | 手法 | 成果 |
|---------------------------|------------------|------------------|------------------------------|-------------|
| | その他の応用 | 数学の深化・領域開拓 | 研究チーム | 特記事項 |
| Real World データ 画像処理 | ゆらぎ・誤差 | トポロジー | パーシステント・ホモロジー | 鉄の結晶構造解析 |
| | タンパク質の構造解析 | 計算トポロジー | 平岡, 佐伯, 学生, 新日鐵住金 | 特許申請 |
| データ 可視化 | 3次元データの可視化 | 特異点論 (モース理論) | Reeb グラフ | 大量・複雑 ⇒ 単純化 |
| | Big Dataの構造解析 | 逆問題の新展開 | 佐伯, 高橋(東大情報), 産業界 | 新たな現象の発見 |
| 暗号 | ペアリング暗号の安全性 | 整数論, 楕円曲線 | 有限体上の離散対数問題の 新解法 + 並列スパコン | 暗号解読世界記録 |
| | 暗号方式の安全評価 | 計算整数論の深化 | 高木, 学生, 富士通, 情報研 | 標準化への貢献・特許 |
| CG アニメー ション | 三角分割図形の連続変形 | 群論 | Euclid空間 → $GL(2, R)$ で補間 | CGアニメ評価指標 |
| | デジタル映像・ゲーム全般 | 表情表現への数学開拓 | 溝口, 鍛冶(山口大), 学生, OLMデジタル | CREST研究 |
| 集団現象 モデル化 | 結合振動子の同期の解明 | 力学系・スペクトル理論 | Gelfand の3つ組 | 同期現象の厳密証明 |
| | 集団リズム現象応用多数 | スペクトル理論の拡張 | 千葉 | 歳本予想の解決 |
| 最適設計 | 車体骨格の最適設計 | 数理統計 | 回路モデル設計 | 実行回数大幅削減 |
| | Big Dataによる新産業応用 | 異種Big Dataのモデル統合 | 西井, 秦(PD), マツダ | 関連特許 |
| グラフ計算 | 大規模計算グラフ解析 | 最適化 | グラフ処理ソフトウェア, +超 並列計算 | ベンチマーク世界1位 |
| | ビッグデータからの最適化 | グラフ探索アルゴリズム | 藤澤, 脇, 神山 | CREST研究 |

代表的な研究例1



高木 剛

暗号方式の安全性評価

暗号解読世界記録達成！
(2012年)

経済産業省・総務省：電子政府推奨
暗号委員会, 暗号解析評価WG主査

2015年2月、平成26年度 **日本学術振興会賞**
2014年6月、平成25年度電子情報通信学会業績賞
2013年10月、第12回ドコモ・モバイル・サイエンス賞
2013年6月、情報処理学会2012年度喜安記念業績賞
2009年4月、第8回船井情報科学振興賞

JST・CREST: 領域 現代の数理科学と
連携するモデリング手法の構築
「次世代暗号に向けたセキュリティ
危殆化回避数理モデリング」代表
(H26.10~H32.3)



落合啓之

H26年度文部科学大臣表彰
「CG映像制作のための
演出技術の数理モデル
に関する研究」

数学理論: アフィン変換, リー理論,
球面調和関数, クリフォード代数

JST・CREST: 領域 現代数学と諸分野の協働
によるブレークスルーの提案
「デジタル映像数学の構築と表現技術の革新」
(H22.10~H28.3)

安生健一 (株式会社オー・エル・エム・デジタル)
落合啓之 (九州大学IMI)
溝口佳寛 (九州大学IMI)
横山俊一 (九州大学数理学研究院)

研究概要: 人間の動作や表情と流体の表現に焦点
をあて、映像表現の数学的特徴づけと、作り手の
意図を的確に反映できる数学モデルの構築。



代表的な研究例 2



藤澤克樹

Graph500・Green Graph500
ベンチマークで世界一

H26.6&12, H27.6

「スーパーコンピュータを用いた、
グラフ理論にもとづくビッグデータの処理」

ビッグデータ解析性能を競う「Graph 500」で
「京」が初の首位

2014/06/24

浅川 直輝=日経コンピュータ (筆者執筆記事一覧)

数学実装例

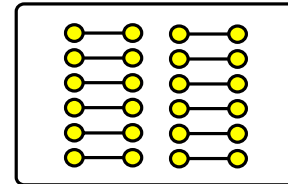
大型複合施設向けAIソリューション
商業施設: 売り場配置、棚や商品の配置

実世界のデータ: 導線のデータなど
→ グラフ化

導線グラフ、中心線計算

交通ネットワーク
ソーシャルネットワーク
サイバーセキュリティ
バイオインフォマティクス
脳科学
防災計画策定

事象同士の関係
(Relationships)



JST・CREST: 領域 ポストペタスケール高性能
計算に資するシステムソフトウェア技術の創出
「ポストペタスケールシステムにおける超大規模
グラフ最適化基盤」代表 (H23.10~H29.3)



神山直之

JST・さきがけ: 「都市・社会システム
最適化のための離散的数学理論の
進化」(H26.10~H29.3)

離散数学: 離散最適化,
グラフ理論、計算量理論

富士通ソーシャル数理共同研究部門

H26.9～



日経コンピュータ H26.9.12



吉良知文



人間の行動や心理を
社会システムに実装

日本経済新聞 H26.9.17



災害時の復旧作業スケジューリングを
スパコンでリアルタイムに実現
～ビッグデータ数理解析基盤技術を応用し、社会課題を解決～

国立大学法人九州大学(注1)以下、九州大学) マス・フォア・インダストリ研究所(注2)と株式会社富士通研究所(注3)
(以下、富士通研究所)は、災害時のライフラインや交通網などの復旧対策において、スーパーコンピュータ(以下、スパ
コン)を活用し、最適な復旧作業のスケジュールを高速に立案する技術を開発しました。
大規模災害には、二次災害や道路の寸断など突発的に様々な事態が発生するなど、短時間で状況が大きく変化しま
す。このような状況下ではライフラインなどの復旧作業スケジュールを早急に策定し迅速な対応を遂行することが求め
られますが、復旧計画策定において、刻々と変化する災害状況を反映した最適な計画立案を膨大なデータを用いてリ
アルタイムで計算することは困難でした。

COI STREAM
「共進化社会システム創成拠点」
イノベーションユニット (IMI・CSTIPS)
都市OSの機能

長期インターンシップ実績 【H18から延べ55名】

| 学生数 | 企業名 | 就職先 | 特記事項 |
|----------|---|---|-------------|
| H22 9 | 情報通信研究機構, 富士通研究所, 熱産ヒート, 東芝 (2), NTT研究所(4), ヒューマンテクノシステム | 講師(スリランカ), NTT研究所, ソフトバンク, 熱産ヒート, PD(2) | 同社に就職, 共同研究 |
| H23 5 | 環境テクノス, 富士通研究所, NTT, パナソニックソリューションテクノロジー, キャタラー | トヨタテクニカルディベロップメント, 朝日新聞社, Fontworks, PD | |
| H24 6 | NTT(3), 富士通研究所, 新日鐵住金, 情報通信研究機構 | [博士課程在籍中] | 共同研究 |
| H25 3 | NTT研究所, 東芝, 日立オートモティブシステムズ | [博士課程在籍中], PD | |
| H26 2 | 東芝, 富士通研究所 | [博士課程在籍中] | |
| H27 2 | 東芝, フィリップ研究所(オランダ) | [博士課程在籍中] | |

IMI共同研究へ発展

長期インターンシップの組織的実績 国内数学系では九州大学数理学府のみ

MI研究所 共同研究事例【H26年度20件程度】

海外長期インターンシップ

井上公人 (数理学府D2)

- ① インターン期間:
平成27年6月1日～8月25日
- ② 企業名・部署名, 受入れ担当者名:
Philips Research Eindhoven (オランダ), Department data science,
Dmitry Znamenskiy氏

- ③ 研究テーマ, 成果:
テーマ コンピュータ上の平均顔のデータを, スキャンした顔のデータにフィットさせるような幾何学的変形.

数学的には, 3次元空間の各点のアフィン変換に関する最小化問題

$$\arg \min_{A \in \text{Aff}(\mathbb{R}^3)^n} E(A), \quad E(A) = \|AX - Y\|^2 + \dots$$

を考察した. ($E(A)$ の設定, 拘束条件, 解を求めるアルゴリズム, パラメータと解の関係)

これらをもとに, Philips社の顔のデータベースを用いて, 各最小化問題を解いたときの精度や計算時間など, 応用上の特徴を比較した.

平成26年度 大学院数理学府博士課程修了者進路(14名)

*** 研究職(10名)**

| | | |
|---------------|--|----|
| フィリピン大学助教 | | 1名 |
| 学振特別研究員(ISIT) | | 1名 |
| 九州大学学術研究員 | | 4名 |
| 九州大学博士研究員 | | 3名 |
| 久留米工業高等専門学校教員 | | 1名 |

*** 企業への就職(3名)**

| | | |
|--------------|------|----|
| 東芝電子エンジニアリング | 神奈川県 | 1名 |
| 三菱電機 | 東京都 | 1名 |
| 株式会社とめ研究所 | 京都府 | 1名 |

*** 未定(1名)**

(上にはH26年9月卒業者を含む.)

数理学府博士課程修了者の進路 H27年度

平成27年度 大学院数理学府博士課程修了者進路（12名）

*研究職（5名）

| | |
|----------------|----|
| Brawijaya Univ | 1名 |
| 東北大特任助教 | 1名 |
| 東北大助手 | 1名 |
| 九州大学学術研究員 | 1名 |
| 福工大 | 1名 |

*企業への就職（2名）

| | |
|---------------------|----|
| アメリカンホーム損保 | 1名 |
| テクノスデータサイエンスマーケティング | 1名 |

*未定・不明（4名）

社会人ドクター1名

スタディグループ H22~

Study Group Workshop 2015

July 29 - 31, Institute of Mathematics for Industry, Kyushu University
Faculty of Mathematics, Kyushu University
Graduate School of Mathematics, Kyushu University
August 3 - 4, Graduate School of Mathematical Sciences, The University of Tokyo



課題に取り組む学生たち



成果発表の様子

Organization presenting the problem

[Pivot Maritime International](#)

[University of Notre Dame](#)

[新日鐵住金株式会社 NIPPON STEEL & SUMITOMO METAL CORPORATION](#)

[株式会社テクノバ Technova Inc.](#) & [株式会社本田技術研究所 Honda Motor Co., Ltd.](#)

[日本電気株式会社 NEC Corporation](#)

[株式会社日立製作所 Hitachi, Ltd.](#)

大学院生たちがポスドクや数学教員と一緒に、企業から提起される問題の解決に取り組む研究合宿である。

成功例: ペアリングを用いた暗号 **三菱電機**

1. Title of Problem Generating Pairing-Friendly Elliptic Curves (in Cryptography)
2. Organization presenting the problem 三菱電機株式会社 情報技術総合研究所 Mitsubishi Electric Corporation
3. Industrial delegates 高島 克幸 (Katsuyuki TAKASHIMA)
4. Moderator 高木 剛 (Tsuyoshi TAKAGI)

■ ペアリングの写像

$$e : G_1 \times G_2 \rightarrow G_T$$

G_1, G_2 : 楕円曲線上の位数 r の加法群

G_T : 有限体上の位数 r の乗法群

■ 双線形性

For all $P \in G_1, Q \in G_2$, and $a, b \in \mathbb{Z}$, $e(aP, bQ) = e(P, Q)^{ab}$

原著論文

"Heuristic counting of Kachisa-Schaefer-Scott curves"
JSIAM Letters, Vol.6 (2014),
pp.73-76.

Kachisa-Schaefer-Scott 曲線の パラメータ数の見積もり

清村 優太郎*, 岩本 憲泰*, 横山 俊一*, 早坂 健一郎*,
王 イントウ*, 安田 貴徳**, 高島 克幸***, 高木 剛*




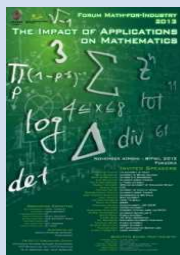


*: 九州大学, **: 公益財団法人九州先端科学技術研究所, ***: 三菱電機

Forum “Math-for-Industry” (FMfi) H20～

毎年、テーマを設定し、様々な分野の数学者や企業研究者たちが国内外から一堂に会してオープンに究討議を行う。

FMI2016はオーストラリア
FMI2017はハワイにて開催予定



| FMI2010 | FMI2011 | FMI2012 | FMI2013 | FMI2014 | FMI2015 |
|--|--|--|---|---|---|
| Fukuoka | Honolulu | Fukuoka | Fukuoka | Fukuoka | Fukuoka |
| Oct. 21-23 | Oct. 24-28 | Oct. 22-26 | Nov. 4-8 | Oct. 27-31 | Oct.26-30 |
| Information Security, Visualization, and Inverse Problems, on the basis of Optimization Tech | TSUNAMI - Mathematical Modelling- Using Mathematics for Natural Disaster Prediction, Recovery and Provision for the Future - | Information Recovery and Discovery | -The Impact of Applications on Mathematics- | -Applications + Practical Conceptualization + Mathematics =fruitful Innovation | Forum “Math-for-Industry” 2015 The Role and Importance of Mathematics in Innovation |
|  |  |  |  |  |  |

IMI のグローバル展開



調印式 H26.12.19

スーパーグローバル
大学創成支援
SHARE-Q

**Asia-Pacific Consortium of
Mathematics for Industry
(APCMfi)**
九大のオセアニア戦略にも貢献

海外長期
インターンシップ
ソフトランディング
(初めに大学に滞在、
その後、企業で研究)



九大版・リーディング大学院
九大数理学府学生

海外入試
優秀な留学生
オーストラリア, NZ

IMIオーストラリア分室の設置 H27.3
(La Trobe 大, メルボルン)
准教授1 助教1

Sydney U., QUT
UT Sydney, CSIRO
UNSW, RMIT, ...

Massey U.
(NZ)

国、産業界との
共同研究

- 現地採用、採用後1年～1.5年は現地 → IMI(伊都)
- 0.5年～1年ずつ交代で豪分室勤務 ← 現IMI教員

オーストラリア・NZ各地
の有力大学と連携



ANZIAM, Study Group活動に参画
Forum MIの開催

Australia and New Zealand Industrial and Applied Mathematics

