

# 必要な研究環境

## 数学・数理科学と諸分野連携により 新たな研究分野を切り開くために ～東北大学の取組～

2014年3月27日

文部科学省

数学イノベーション委員会

東北大学 小谷元子

細分化しバラバラとなった知をいかに統合するか？

イノベーションを産み出す新たな次元はどこに？

# 数理科学分野のロードマップ(案)ー新たな展開と深化を目指して



# 数理学の更なる発展のための指針

## 長い伝統と豊かな広がりをもつ数学・数理学の諸分野

- 代数（整数論・代数幾何・群論・環論・表現論）
- 幾何（微分幾何・トポロジー・幾何解析・離散幾何）
- 解析（実解析・複素解析・函数方程式・函数解析・力学系・確率論）
- 基礎論、論理学、アルゴリズム、離散数学
- 数値解析・統計学・最適化・モデリング・データ解析

## 科学・技術・イノベーションの共通基盤

社会的課題：生命現象・新機能素材・環境問題・エネルギー・食料・水・健康

- 学際性・汎用性 → 科学の共通言語
- 大規模データ → 隠れた構造の発見、精度保証された数値計算
- 複雑なシステム → 抽象化、普遍化による原理の解明  
→ 数学モデル、大局的な視野
- 不確実性とリスク → 統計モデルに基づく合理的な予測

## 数理学の発展に大切なこと

- 多様性：数理学研究者の質的・量的充実、特に若手研究者の待遇改善とキャリアパス、女性研究者の労働環境の整備、外国人の受け入れ体制の充実
- 国際性：国際的地位の確保、国際貢献・国際協力、その基盤となる国際的教育研究交流拠点
- 自由な思索：連続する研究時間、長期的視野に立った評価、安定的基盤経費、挑戦を奨励する雰囲気（開発過程の知見）
- 社会性：生活の量的・質的豊かさへの貢献と豊かな心をはぐくむ教育

飛躍的発展・ブレイクスルー  
思いがけない連結・連想  
数学・数理学の深化と展開

## 諸科学・産業界との協働にとって大切なこと

協力しやすい体制

応用分野や産業界への高い数理学素養を持つ人材の供給（数理学教育の充実）

新分野開拓に挑戦する次世代育成とキャリアパス、リサーチ・アドミニストレータやコーディネータ諸分野・社会における知的基盤としての数学教育の充実と国際競争力の確保

## 数学・数理学の発展・応用例

- ピタゴラスの定理 → ユークリッド幾何 → 非ユークリッド幾何 → リーマン幾何学 → 相対性理論 → 時空間の科学・技術
- 魔方陣 → ラテン方格 → 農地利用法 → 標本調査、推測統計学
- 天体や物の運動の研究 → 微分積分 → 現象を記述する基本用語
- 方程式の解法 → 群の発見とガロア理論 → 対称性の記述 → 諸問題の定式化（量子力学、物性科学、産業デザイン設計、社会学...）
- かけの数理（パスカル） → 確率論・確率解析 → 伊藤の公式 → 金融工学、統計物理、生命現象
- 素数の発見 → フェルマーの定理 → 有限体・楕円曲線 → 符号・暗号理論 → 情報通信の信頼性・安全性確保

# 夢のロードマップ(案)より

## (A) 国際研究拠点形成と世界をリードするイノベーション共創の場づくり

- ▶ このような新たな概念やアイデアを産み出す場として、多様な背景をもつ研究者が一堂に集い、日常的に議論を交わす**数学・数理科**学の**拠点の設置**が強く望まれている。
- ▶ 京都大学数理解析研究所、統計数理研究所は世界を先導する有数の研究所であり、また産業界の要望に応じて九州大学マス・フォア・インダストリー研究所が設立された。
- ▶ しかしながら、これらの研究所は常任研究員が主要メンバーとなっており、今後は時代の要請に機動的に対応して革新的なテーマ及び短期プログラムを設定することができるようにし、また世界中から優秀な頭脳を集結させられる場となる**訪問型国際研究所**が日本にも不可欠となる。
- ▶ そのような研究所は日本の数理科学大国としての国際的な地位保持と、国際貢献の基盤となるばかりでなく、国全体の科学技術の基盤強化と戦略分野の牽引役も果たすことが期待される。

## (B) セレンディピティを生み出す研究多様性の確保と社会に貢献できる数理科学人材の質的・量的充実

# 数学をバックボーンとする 訪問滞在型研究センター「東北大学・知のフォーラム」

戦略的国際頭脳連携の場「知のフォーラム」による研究力強化



世界トップクラス研究者が知のフォーラムに滞在して、若手研究者と共に 未踏分野について白熱議論を展開

<知のフォーラム>



<海外リサーチ・ステーション>

共同研究推進、国際共著論文執筆、ネットワーキング、広報

<URAセンター>

未踏分野や、世界の優れたスター・若手研究者の調査、リクルート提言

<リサーチ・レセプションセンター>

# 背景：知の非連続な飛躍のためのこれまでにないスタイル「訪問滞在型研究所」

- ▶ **日本の現状**：日本の科学・技術は高い水準にあるが、国際社会の中でのプレゼンスを築く戦略がなかった。そのため、論文の引用数分析では質・量ともに国際的な地位が低下する傾向にある。
- ▶ **新機軸への挑戦の場**：時代の動向に機動的に対応し、新興の研究分野を切り開くための柔軟な研究体制が組めないこと、また世界の頭脳循環から孤立していることなどが、原因であると指摘されている。
- ▶ **連続した集中時間の必要**：知の飛躍は細切れの時間では生まれない。新機軸に挑戦するための「サバティカル期間」を、どこで、誰とチームを組み、どのように過ごすかは、研究者の最大の関心事である。
- ▶ **若手のネットワーク形成**：また、若手研究者にとっては、そのような「知の飛躍」の場に立ち会うことは、将来、世界のリーダとなる千載一遇のチャンスである（ノーベル賞はシニアと若者のペアが多い）。
- ▶ **アジアの拠点**：アジアへと研究者市場が移動する現在、世界中から「知の飛躍」の時に「訪問滞在」したいと思わせる拠点を日本に立ち上げ、人類の喫緊の課題解決のために世界を頭脳を集結する絶好の時期である。

## 日本にはまだない新しいスタイルの研究拠点(知の館)

### 東北大学知のフォーラム構想

- ◆ 3か月程度のプロジェクト研究を年3テーマ程度設定し、著名な訪問研究者を世界から終結させ、課題の解決をめざす場の構築
- ◆ ノーベル賞受賞者等世界トップレベルの研究者が一定期間滞在し、若手研究者との共同研究や学生と日常的に議論できる場の構築
- ◆ 多様な分野が自然融合し横断的研究が派生できる場の構築

#### 国際連携

- プロジェクト研究推進
- 国際研究機関との連携
- 異分野融合の国際的促進
- 若手研究者や学生の育成
  - アジア冠ポスドク
  - アジア若手セミナー

#### 地域振興

- 東北地区を知的側面からのアピール
- 国際的研究者の滞在による東北地区での知的文化交流の向上
- 国際的研究者を仙台市民がサポートする国際環境の構築
- 若手海外研究者の支援を通して、親仙台ファンの獲得



# 東北大学の強みを活かしたプログラム

- ▶ 2013
  - ▶ ヒッグス粒子の発見と今後のゆくえ: David Gross (ノーベル物理学者)、Steven Weinberg (ノーベル物理学者)
- ▶ 2014
  - ▶ 国際防災戦略: 東日本大震災での経験と教訓を整理し、今後の予防防災・減災の実現化、強化を考え、2015年の国連防災世界会議で提案を行う。
  - ▶ 大規模大量データ時代の統計解析と社会経済の利活用
- ▶ 2015
  - ▶ 脳科学研究最前線
  - ▶ 弦理論、ブラックホール、量子情報とその相互関係を含む量子物理学における基本問題について
  - ▶ 東アジアの移動格差・所得格差問題を中心として
- ▶ 2016 国際公募により選択







## 組織・建物



- ▶ **知の創出センター**:センター長理事、副センター長(特任教授、数学者)、3名のコーディネーター(特任助教、理工・生命・人社)
- ▶ **リサーチ・レセプションセンター**(受け入れ事務体制):室長、総務(ハウジング、ライフサポート)、国際(旅費計算、連携契約)、広報、ネットワーク管理
- ▶ **国際アドバイザーボード**:プログラムの選考、運営への助言
- ▶ 2016年～**国際公募**によるプログラム開始
- ▶ 本部脇(片平)に3階建「**知の館**」を建設(H27・4月完成)



# 参考：訪問滞在型 世界の例

訪問滞在型研究所は、機動的に時代の要請に応えた研究テーマを集中的に議論できる有効なシステムとして注目されている。サバティカルなど重要なアイデアを熟成する期間の研究者を受け入れる場となっている。ワークショップ開催短期型、テーマ設定型中期型、長期滞在型など異なる形式がある。

- ▶ 英・ケンブリッジ大学ニュートン研究所
- ▶ 独・オーベルヴォルフアツハ研究所
- ▶ 仏・高等科学研究所 (IHES)、 IHP, CIRM (リュミニ)
- ▶ 伊・理論物理学国際センター (ICTP)
- ▶ 米・ミネソタ大学 IMA、カルフォルニア大学 IPAM・MSRI、アスペンセンター、KITP
- ▶ カナダ・Banff 研究所
- ▶ オランダ ローレンツセンター
- ▶ 中国：南海大学 Chern 研究所、清華大学・三亚国際数学フォーラム (TSIMS)
- ▶ 韓国：NIMS CAMP

## ▶ テーマ設定型の例

- ニュートン研究所
  - 10年間に18人のフィールズ賞, 7人のノーベル賞, 11人のウルフ賞, 5人のアーベル賞受賞者が訪問し、
  - 300年の難問であるフェルマー予想解決の第一声はここで発せられた。
  - FY2011は266セミナーに192名研究者が世界中から参加しており、研究テーマとしては分野横断型社会課題解決のための課題と知の探求をバランス良く組み合わせたプログラムを実施している。

## ▶ 短期集中・ワークショップ開催型の例

- ライデン大学ローレンツ・センター
  - International Center for Workshops in Sciences
  - 天文、計算科学、情報数学、生命科学、物理
  - 国際ネットワークを形成する 知のハブ
- 理論物理アスペンセンター
  - 年間1000人の訪問者が、日常から解放され「高品質の論文」を書くために集まる。
- 中国 清華大学・三亚国際数学フォーラム(TSIMS)
  - フィールズ賞受賞者 S.T.Yauが牽引し2010年に設立
  - 2つの大きな国際集会開催のセンター、300人の宿泊施設

# 課題

- ▶ 異分野が相互作用する魅力的なプログラムの選定
  - ▶ コーディネータの役割とキャリア形成
  - ▶ リサーチ・レセプションセンター(受け入れ体制事務)の国際対応能力
  - ▶ 滞在中の住居と家族への支援
  - ▶ 旅費支払
  - ▶ 資金、とくに企業の参画
- 
- ▶ 同様の拠点間の連携・協働
  - ▶ 若手の参画、海外修行への継続、大学のネットワーク形成
  - ▶ **アジアのネットワーク形成: 若手奨励賞、ポスドク職**