

数学イノベーション委員会

2015年 6月 24日(水):文部科学省

数理工学と生産技術

合原一幸

東京大学 生産技術研究所

東京大学最先端数理モデル連携研究センター

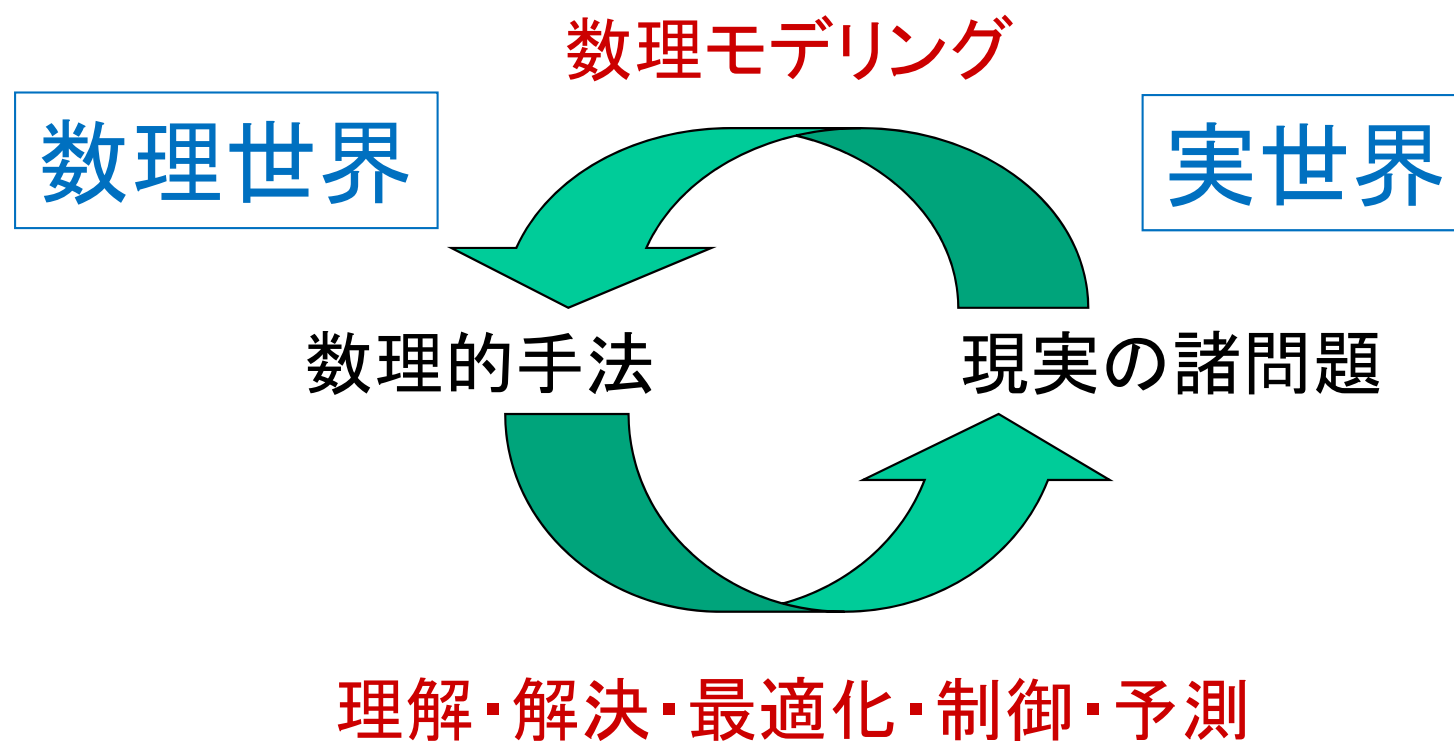
東京大学 大学院情報理工学系研究科 数理情報学専攻

東京大学 大学院工学系研究科 電気系工学専攻

aihara@sat.t.u-tokyo.ac.jp

<http://www.sat.t.u-tokyo.ac.jp/>

実現象の数理モデリングと数理解析 (数理工学の方法論)



東京大学工学部
計数工学科



歴史

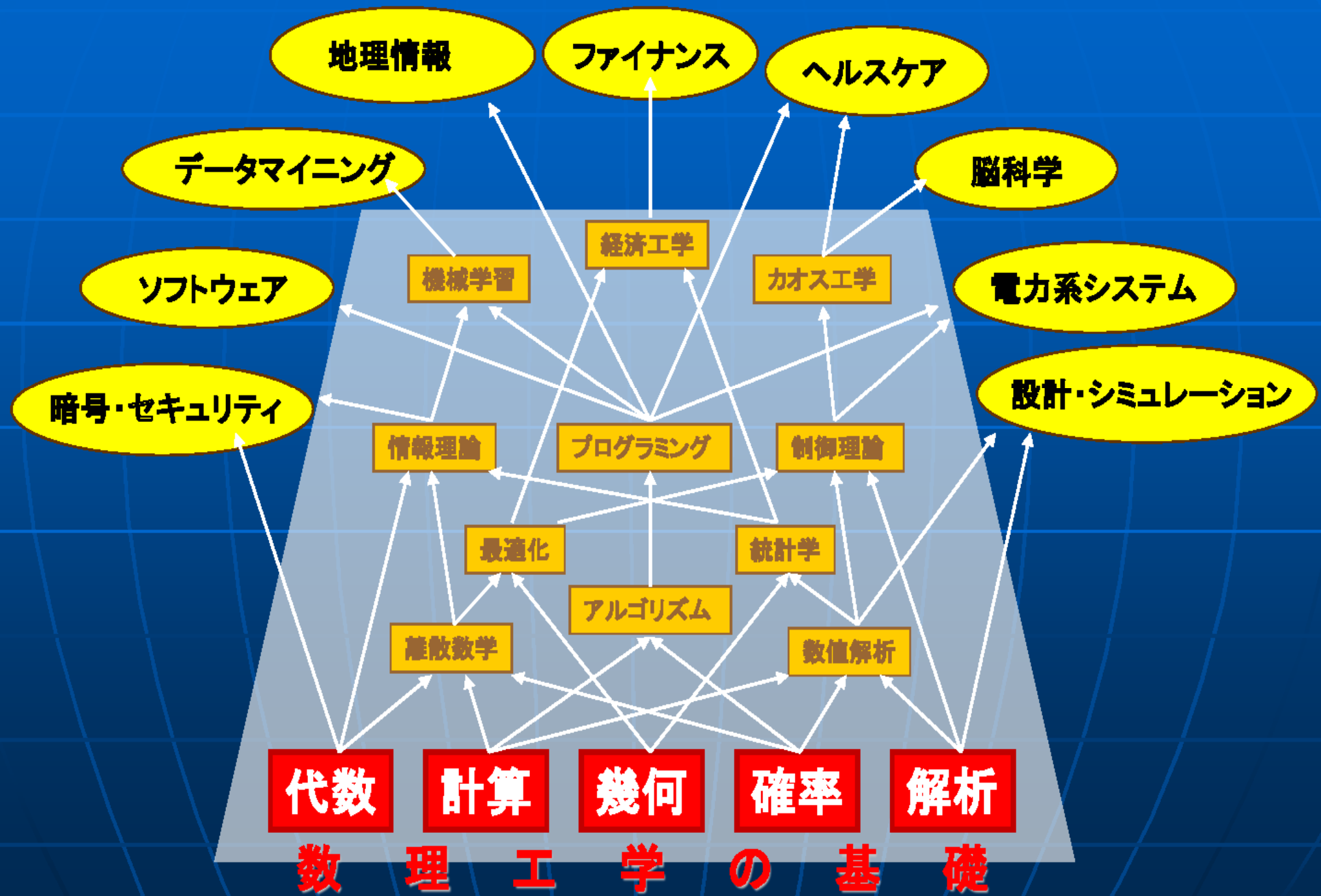
1946	応用数学科設立
1951	応用物理工学科設立により同学科数理工学コースとなる
1954	一講座が航空学科へ移行
1962	計数工学科設立, 数理工学コース設置される
1972	工学系大学院に情報工学専門課程が新設, 情報処理工学講座が計数工学科に附置される
1995	数理工学コースに数理原論講座が加わる
2001	大学院改変に伴い, 数理工学コースを数理情報工学コースと改名. 英語名“Mathematical Engineering”から“Mathematical Information Engineering”へ変更

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，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
て広い視野を持った新鮮な工学者・技術者を育成することであった。この目標に向かっ
て応用数学科は応用代数・幾何学，解析工学，統計工学，機械計算学などの研究と教
育を行ない，時代に即した新しい応用数学を確立し，昭和29年(1954)までに9回，計114
名の卒業生を送り出した。

昭和26年新制大学への以降に伴い，3コース11講座からなる応用物理学科が新設され
た。応用数学科の3講座は数理工学コースと改称，新たに固有の学生を教育することにな
った。また航空学科の再開に伴い，昭和29年に数理工学コースの1講座が航空学科
へ移行した。

その後，わが国の産業の飛躍的な発展に伴って工学部も大きく拡張し，昭和37年
(1962)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数理工学コースが設置された。この際，数理工学コースには2
講座が新設され，また計測工学コースから1講座が移行して計5講座になった。

基礎数学を実世界の問題とを結びつける力を養成



その他 5%

セコム、博報堂、
リクルート・ホールディングス など

博士課程進学 12%

金融・保険 19%

第一生命保険
大和証券
野村証券
みずほ証券
三井住友海上火災
三菱UFJ信託銀行 など

電気・精密系メーカー 26%

ソニー
日本IBM
日本電気
日立製作所
ファナック
富士通
横河電機 など

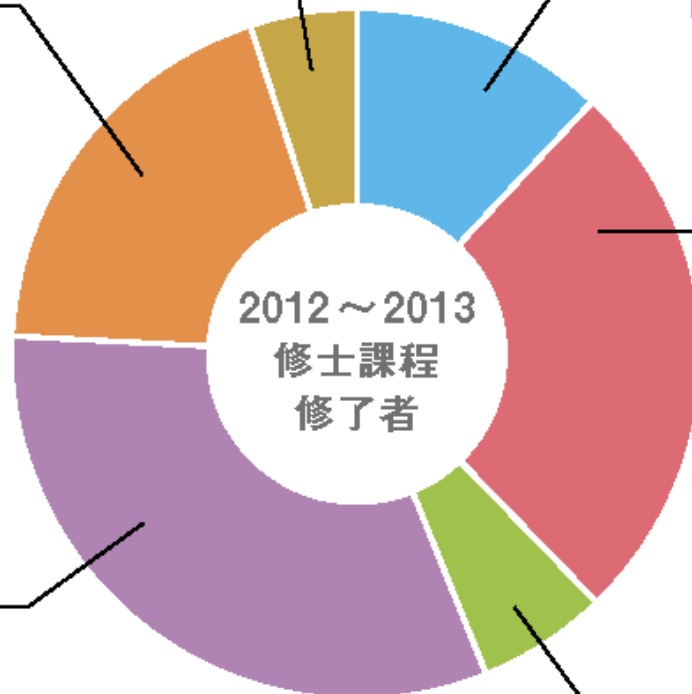
情報通信系 32%

NTTデータ
サイバーエージェント
新日鉄住金ソリューションズ
グリー
DeNA
日本電信電話
日本放送協会 など

その他メーカー 6%

富士フイルム、デンソー、
トヨタ自動車 など

2012～2013
修士課程
修了者

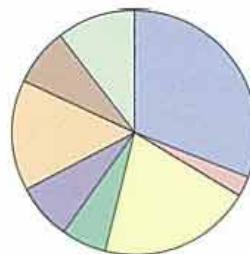


卒業後の進路情報

システム情報工学コース卒業生は、大学、研究所での研究のほか、電機工業、機械工業、鉄鋼工業、化学工業などあらゆる産業分野において研究、開発、設計などの業務に従事しています。対象も、計測機器、制御システム、計算機のハードウェアとソフトウェア、ロボット、医用診システム、音声・文字認識システムなど多岐にわたり、大規模工場の生産自動化システムや生産情報管理システムの分野でも中心的な役割を果しています。

数理工学コースの卒業生は、大学、国公私立の研究機関のほか、あらゆる企業で各種の業務に従事していますが、最近の卒業生は、電子計算機会社およびいわゆるソフト産業における計算機システムの開発および運用；鉄鋼、化学、機械、建設工業などにおける生産システムの設計と管理；諸産業、銀行、行政官庁などにおいてオペレーションズ・リサーチや情報システムの設計・管理などに従事しているものも多くなっています。

昭和28年度より平成22年度までの卒業生の分野別の分布は次の通りである。



- 研究職
- 官公庁
- 電気系
- 機械系
- その他メーカー
- 情報系
- 金融等文系
- その他

分野	卒業生	最近の主な就職先
研究職(大学・研究機関等)	688	
官公庁	62	経済産業省、厚生労働省、文部科学省
電気系	483	日立製作所、富士通、日本電気(NEC)、ソニー、東芝、松下電器産業、住友電気工業、三菱電機
機械系	143	トヨタ自動車、ファナック、日産自動車、IHI、三菱重工業
その他のメーカー	185	富士写真フイルム、リコー、キヤノン、東レ、任天堂、ルネサステクノロジー、オリンパス
情報系	367	日本IBM、NTTデータ、NTT(研究所)、ソニーエリクソン、日立ソフト、NTTコムウェア
金融・保険・商社等	227	みずほグループ、日本銀行、野村総合研究所、三井住友銀行、日本生命、ゴールドマンサックス証券、アクセンチュア、野村證券、東京海上火災、ドイツ銀行、JPモルガン証券
その他	242	JR東日本、JFEスチール、日立電線、NHK
在学中(大学院等)	169	

東京大学 生産技術研究所

2014-2015



工部省工学寮(1871)

山尾庸三



工部大学校(1877)

高峰讓吉, 辰野金吾



帝国大学工科大学(1886)



東京帝国大学工学部(1919)



東京大学第二工学部(1942)



東京大学生産技術研究所(1949)



- 1877 東京大学創立
- 1896 工学部発足
- 1942 第二工学部設立
千葉市弥生町1-8に設立され最多の優秀者を世に送り出し1951年まで存続しました。生産技術研究所の前身となりました。



- 1949 生産技術研究所発足(昭和24年5月31日)
「生産に関する技術的諸問題の科学的総合研究ならびに研究成果の実用化試験」を目的として、第二工学部内に設置されました。
- 1954 第一回生産技術研究所公開開催
試験場伊実験の開始



- 1955 観測ロケット研究開発の開始
国際地球観測年(1957~1958)に参加するため、文部省測地学審議会の要請に応じて研究開発を始めました。



- 1962 生産技術研究所の六本木への移転
生産技術研究所は、千葉市弥生町1-8より東京都港区六本木7-22-1へ移転しました。大型実験設備を含む施設は本所附属の千葉実験所として残りました。

- 1965 耐震工学関係部門の設置
新潟地震(1964)を契機として、千葉実験所に当時としては最大規模の振動台を設置しました。

- 1973 計測技術開発センター設置
- 1975 複合材料技術センター設置
- 1977 多次元画像情報処理センター設置
- 1984 機械エレクトロニクス研究センター設置
- 1985 先端素材開発研究センター設置
- 1990 インフォメーション・フュージョン(リコー) 寄附研究部門の設置

- 1991 インテリジェント・メカトロニクス(東芝) 寄附研究部門の設置
グループ・エンジニアリング(トヨタ) 寄附研究部門の設置
国際災害軽減工学研究センター設置

- 1994 戦後情報工学研究センター設置
- 1995 CNRSとの共同研究ユニットとしてLIMMS設置
材料界面マイクロ工学研究センター設置

- 1997 駒場II地区キャンパスの生研・先端研合同起工式開催
- 1998 駒場II地区キャンパス第1期研究棟への移転開始
- 1999 海中工学研究センター設置

- 2000 創立50周年記念講演会・式典・祝賀会挙行政
マイクロメカトロニクス国際研究センター設置
3部門制および戦略研究センターへの移行

- 2001 駒場IIキャンパスへ移転
複合精密加工システム(日本ミクロコーティング) 寄附研究部門の設置
都市基盤安全工学国際研究センター設置

- 2002 荏原バイオマスリファイナリー寄附研究ユニット(荏原製作所)の設置
計算科学技術連携研究センター設置
ナノエレクトロニクス連携研究センター設置

- 2003 次世代ディスプレイ寄附研究部門(次世代PDP開発センター)の設置
戦略情報融合国際研究センター設置

- 2004 国立大学法人化「国立大学法人東京大学」となる
5部門制への移行
サステナブル材料国際研究センター設置
LIMMS/CNRS-4S国際連携研究センター設置

- 2005 先進モビリティ連携研究センター (ITSセンター) 設置
総合研究実験棟(A棟)竣工

- 2006 ニコン光工学寄附研究部門の設置
千葉実験所ITS実験用交通信号機の設置

- 2007 カラー・サイエンス寄附研究部門(ソニー)の設置
千葉実験所千葉試験棟の敷設

- 2008 革新的シミュレーション研究センター設置
エネルギー工学連携研究センター設置
バイオナノ融合プロセス連携研究センター設置

- 2009 先端エネルギー変換工学寄附研究部門の設置
モビリティ・フィールドサイエンス(タカトミー) 寄附研究部門の設置
海中工学国際研究センター設置
先進モビリティ研究センター設置
創立60周年記念講演会・式典・祝賀会挙行政

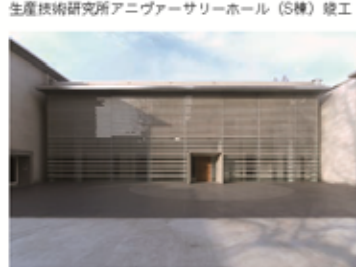


- 2010 最先端軌道モデル連携研究センター設置
低炭素社会実現のためのエネルギー工学(東京電力) 寄附研究ユニットの設置
マイクロナノメカトロニクス国際研究センター設置

- 2011 サステナブル材料国際研究センター再設置
都市基盤安全工学国際研究センター再設置

- 2012 非鉄金属資源循環工学寄附研究部門(JX日鉱日石金属)の設置
ニコニイメージングサイエンス寄附研究部門の設置
建物におけるエネルギー・ダイヤモンドの応用、包摂制御技術社会連携研究部門の設置

- モビリティ・フィールドサイエンス社会連携研究部門の設置
光電子融合研究センター設置
生産技術研究所アニヴァーサリーホール(S棟)竣工

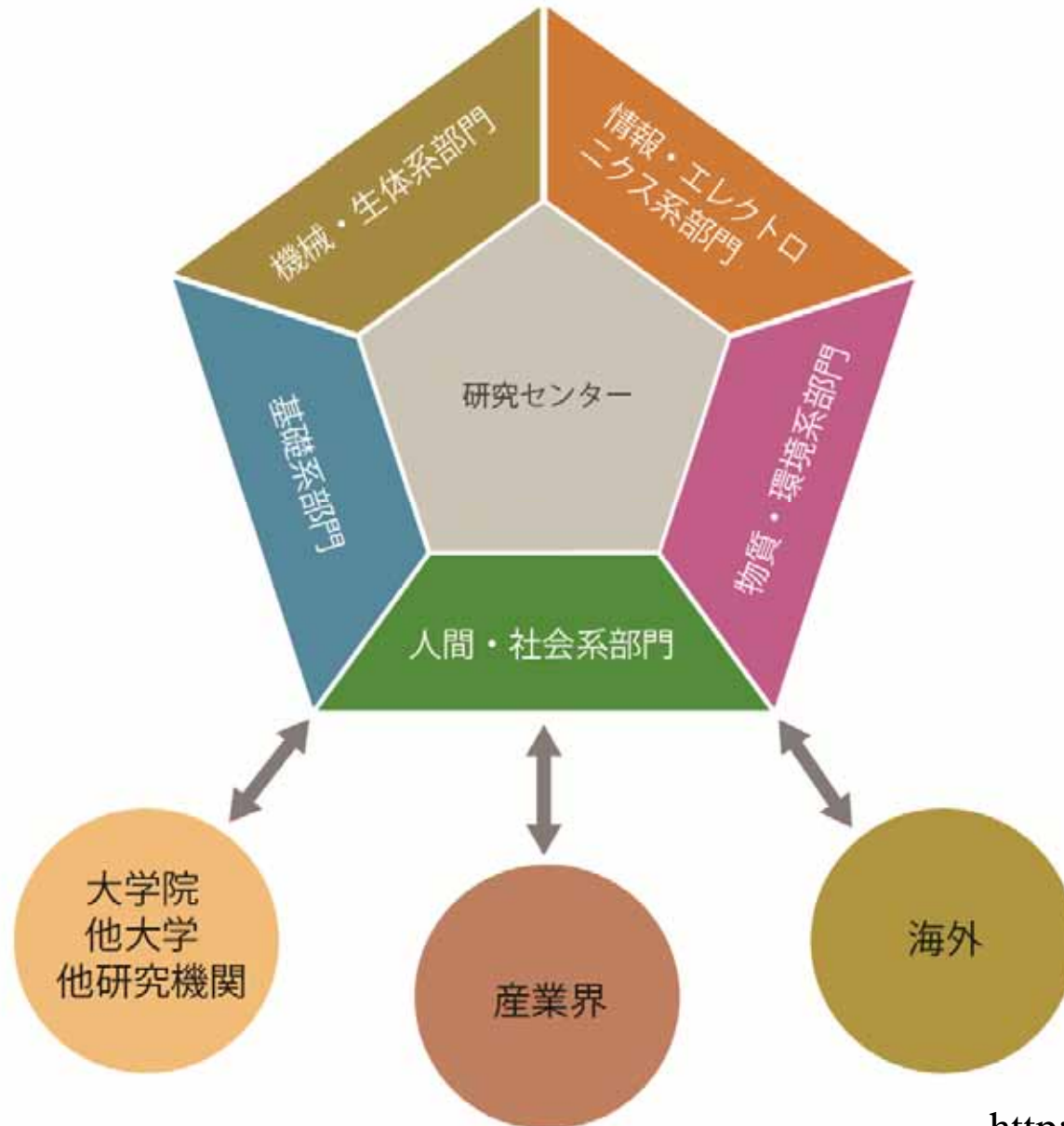


- 2013 炎畑・免夜制衛生社会連携研究部門の設置
ソシオグローバル情報工学研究センター設置
革新的シミュレーション研究センター再設置
先進ものづくりシステム連携研究センター設置

- 2014 東京大学Max Planck統合炎症学国際連携研究センター設置
エネルギー工学連携研究センター再設置
次世代モビリティ研究センター設置

- 統合バイオメディカルシステム国際研究センター設置
海洋探査システム連携研究センター設置
ソーシャルビッグデータICT連携研究センター設置

生産技術研究所 5 研究部門と研究センター



中小企業との連携:

日本の雇用の7割は中小企業。しかし研究に資金や人をつぎ込むマインドと余裕がない。コンソーシアムのような形でマッチングファンド、あるいは大学院生の教育の一環としてやるなどの工夫がある。例えば、企業が技術者や素材を提供する一方、生研が施設や研究者を提供する等の、マッチングファンドのような仕組みは効果的。スイスにおいても、CTI (Commission for Technology and Innovation) 等の成功例がある。(生研・第三者評価報告書, H26.10)。

<http://research-office.epfl.ch/funding/national/cti>

個別性の解明

**生命情報ネットワーク
の動的情報処理原理**

複雑系コンピューティングの理論と応用・実装技術

新型感染症の流行予測・防御方法



分野横断的 科学技術



数理工学
カオス工学



**複雑数理モデルを体系化する
基礎理論と数理解析手法**

普遍性
の追求



非線形科学



生命科学



情報科学



工学



社会科学

本プロジェクトの研究体制

数理を核として、「人」中心のヘテロ集団・研究システムを創り、「人」の可能性に賭けたプロジェクト

なお、グループ間、さらには共同研究機関との連携を重視し、各研究者一人ひとりが普遍性と個別性の両面から幅広い視野で研究分野を俯瞰しつつ、その中で独自の研究テーマを深めて研究者として大きく成長していくための研究環境の整備に留意した。

研究マネジメント上の工夫

数理工学＋生命情報＋ハード→研究成果、人材育成

- 異なった専門性を持った研究者の相互作用:

複雑系集団で複雑系を研究（工学，理学，医学，芸術；理論，実験，ハードウェア；外国人、女性研究者；数理の横断性を核）

- 毎週ヘッドクォータ会議，および
合同ゼミ（ERATO研究員＋東大院生）

- 毎月進捗報告会（個人面談）

- 公開セミナー（114回），
国際ワークショップ等（主催6件，共催2件）

- 国内および海外との共同研究

個別性の解明

**生命情報ネットワークの動的
情報処理原理**

**複雑系コンピューティングの
理論と応用・実装技術**

疾患の数理モデルと応用

応用研究

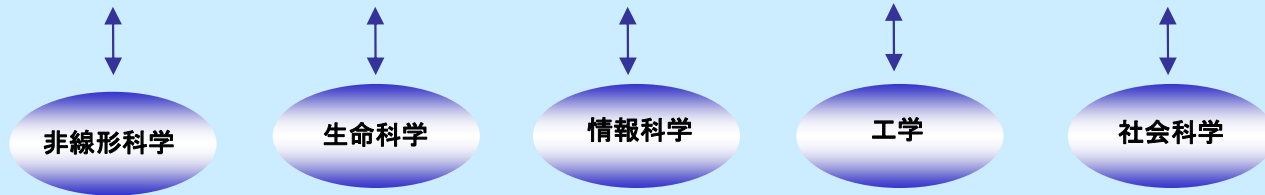
分野横断的 科学技術

基礎研究

数理工学
カオス工学

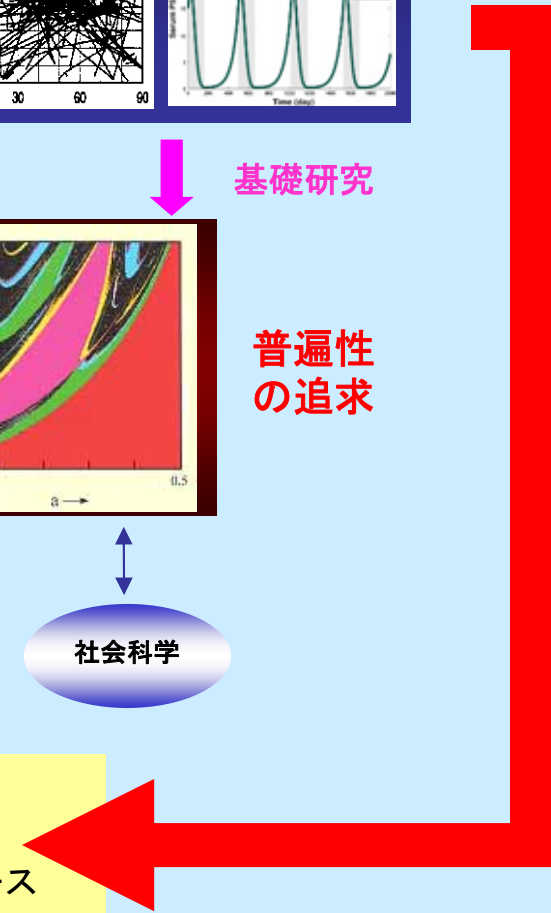
**複雑数理モデルを体系化する
基礎理論と数理解析手法**

普遍性
の追求

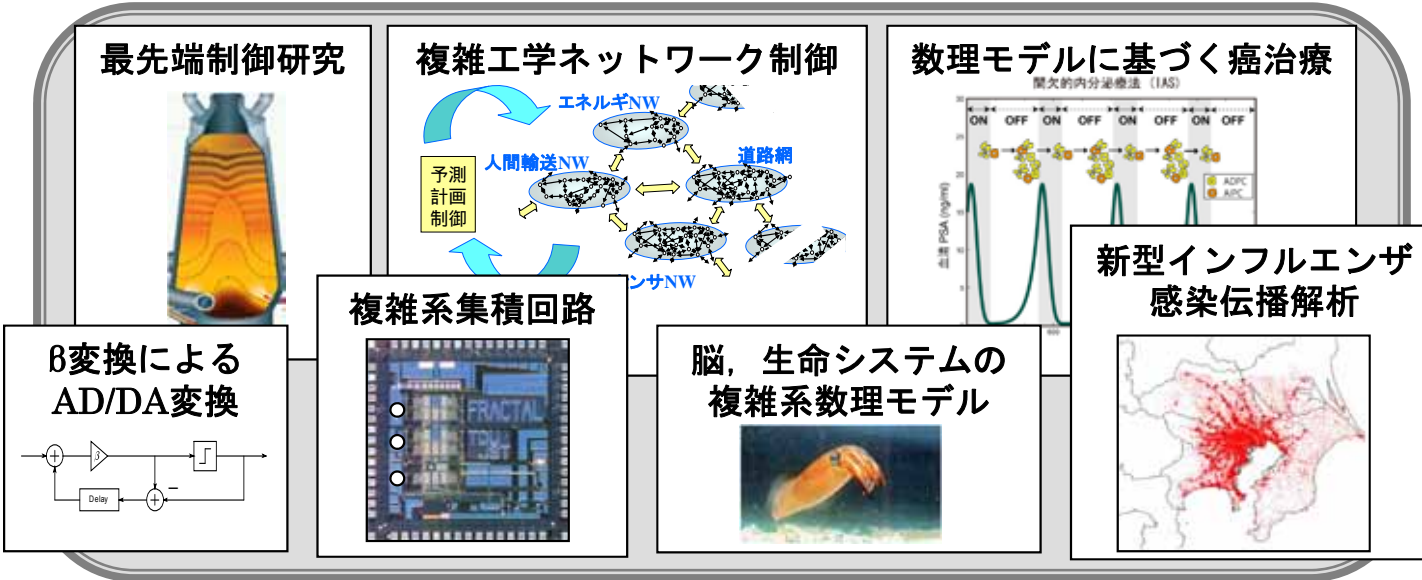


今後の科学技術へ向けて

- 数理工学の基礎
- 高機能計算システムの構築
- ブレイン・コンピュータ（マシン）・インタフェース
- 人工遺伝子・タンパク質ネットワークの設計論
- 新しい癌治療法の確立
- 新興・再興感染症対策
- 他



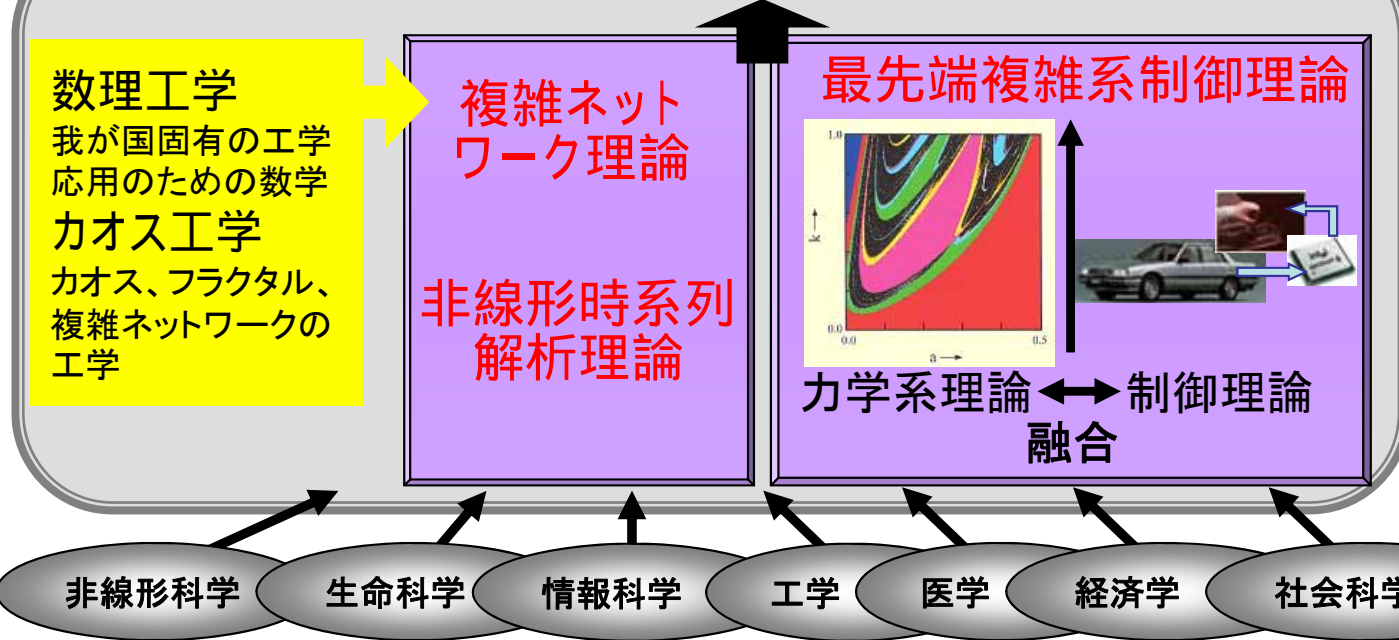
複雑系数理モデル学の分野横断的科学技术応用研究



複雑系数理モデル学の基礎研究

基礎研究と
 応用研究の相互作用

複雑系数理モデル学の基礎理論構築: 分野横断型科学技術の核



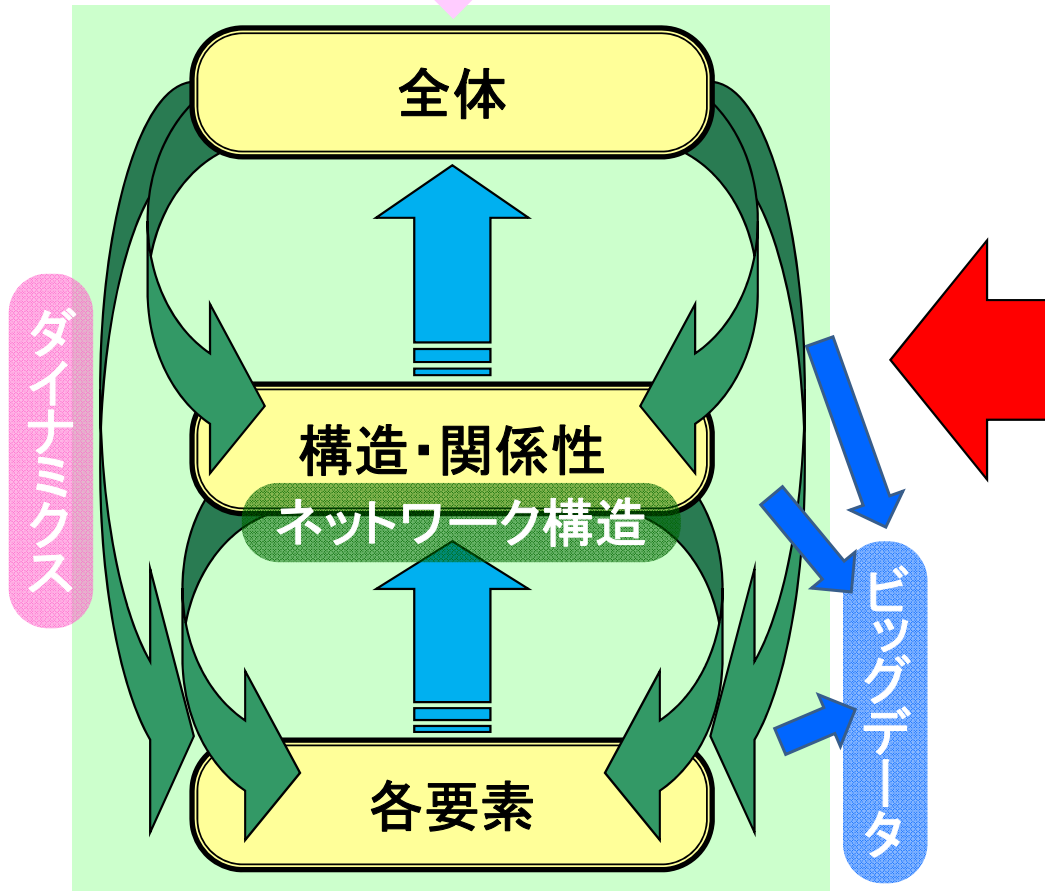
出口

分野横断的複雑系科学技術に基づいて、**社会的緊急性**が高く、かつ**産業上の重要性・必要性**が大きい諸問題の解決を目指す。

- 数理モデルの**癌治療**や**投薬最適化**への応用
- **新型インフルエンザ**や**バイオテロ**の数理解析とワクチン接種計画最適化などの**諸対策**への応用
- 複雑系科学技術による**製造業再生**と**エネルギー効率向上**のための**基盤構築**
- 全く新しい**非線形原理**に基づく**AD/DA変換器**、**複雑系集積回路**、**脳型計算技術**などの**複雑系情報処理技術**の確立
- 複雑ネットワーク理論に基づく**交通流**、**高度複雑系通信ネットワーク**や**電力ネットワーク**の**制御**
- **環境予測技術**とその**電力・エネルギーシステム**への応用
- **脳、生命システム**の**複雑系数理モデル**と**BMI**、**ロボット**、**医療**への応用
- **経済変動の複雑性**の**解明**

解決すべき
各複雑系応用課題

数理モデリング



理論的プラットフォーム

ダイナミクス

複雑系制御理論
(力学系理論と
制御理論の融合)

制御

最適化

複雑
ネットワーク
理論

ネットワーク構造

予測

非線形
データ解析
理論
(データ駆動モデリング)

観測ビッグデータ

複雑系の (1)ダイナミクスと制御機能に関わる複雑系制御理論、(2)ネットワーク構造と最適化機能に関わる複雑ネットワーク理論および (3)観測ビッグデータと予測機能に関わる非線形データ解析理論の3つの基礎理論から成る複雑系数理モデル学の理論的プラットフォーム。

新しい最先端複雑系制御理論の構築： 力学系理論と制御理論の融合

力学系理論

17C ニュートンの運動方程式
(非線形でカオスを内在)

天体力学には
制御入力はない

19C末 ポアンカレ： 力学系理論

分岐理論

非線形時系列
解析理論

非線形、不安定
自律系

制御理論

18C 産業革命

ワットの蒸気機関の调速器
の安定性問題

19C マクスウエル： 制御理論

(線形理論が中心でカオスなどの
非線形現象はあまり解析され
ていない)

線形、安定
非自律系

融合：

最先端複雑系制御理論

Mathematics for Industry 7

Kazuyuki Aihara · Jun-ichi Imura · Tetsushi Ueta *Editors*

Analysis and Control of Complex Dynamical Systems

Robust Bifurcation, Dynamic Attractors, and Network Complexity

This book is the first to report on theoretical breakthroughs on control of complex dynamical systems developed by collaborative researchers in the two fields of dynamical systems theory and control theory. As well, its basic point of view is of three kinds of complexity: bifurcation phenomena subject to model uncertainty, complex behavior including periodic/quasi-periodic orbits as well as chaotic orbits, and network complexity emerging from dynamical interactions between subsystems. *Analysis and Control of Complex Dynamical Systems* offers a valuable resource for mathematicians, physicists, and biophysicists, as well as for researchers in nonlinear science and control engineering, allowing them to develop a better fundamental understanding of the analysis and control synthesis of such complex systems.

Engineering

ISBN 978-4-431-55012-9



9 784431 550129

► springer.com



MFI

Aihara · Imura · Ueta *Eds.*



Analysis and Control of Complex
Dynamical Systems

Mathematics for Industry 7

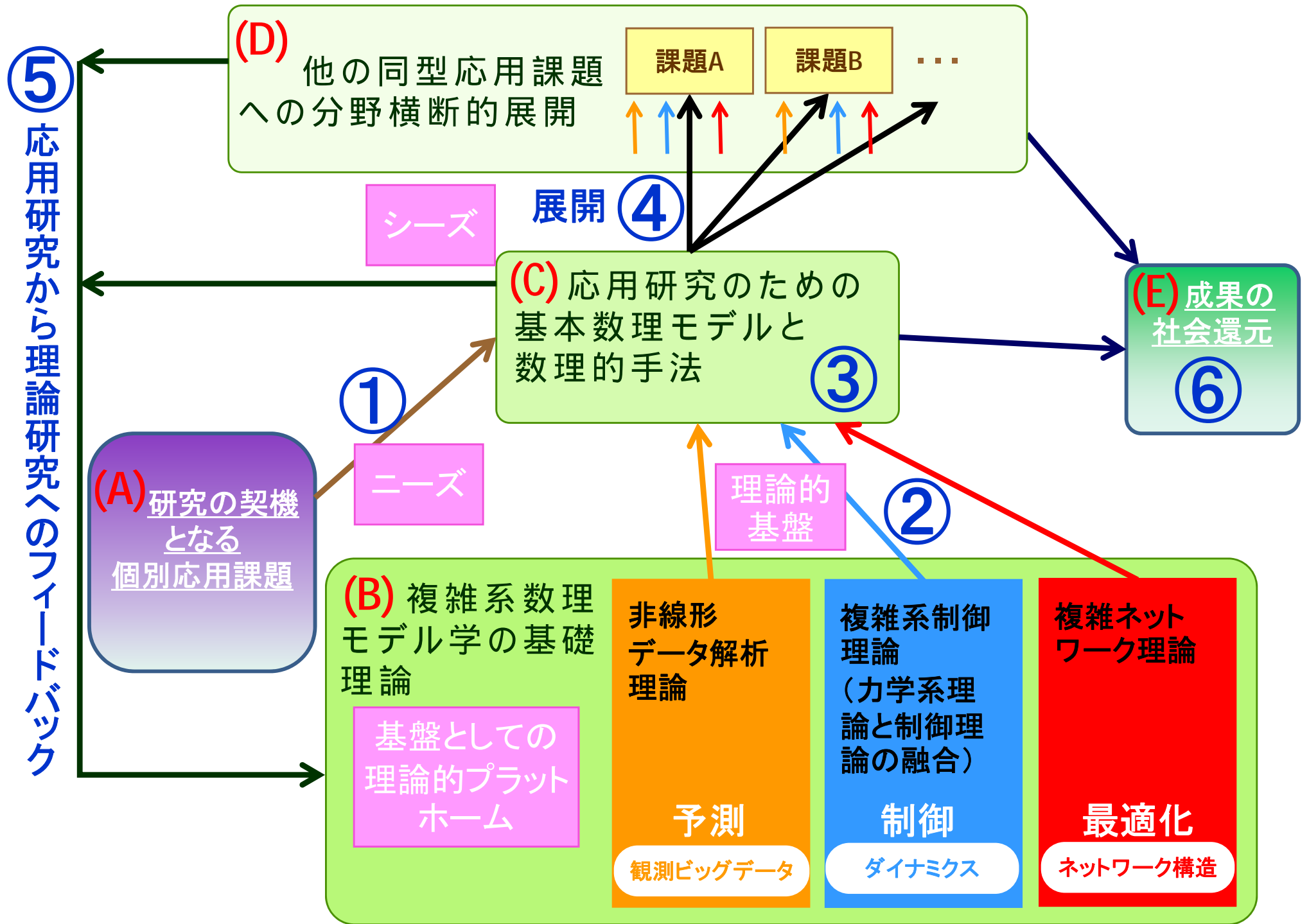
Kazuyuki Aihara
Jun-ichi Imura
Tetsushi Ueta *Editors*

Analysis and Control of Complex Dynamical Systems

Robust Bifurcation, Dynamic Attractors,
and Network Complexity

 Springer

本プロジェクトの研究プロセスの基本構造



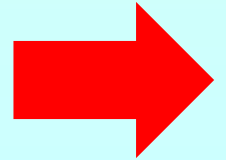
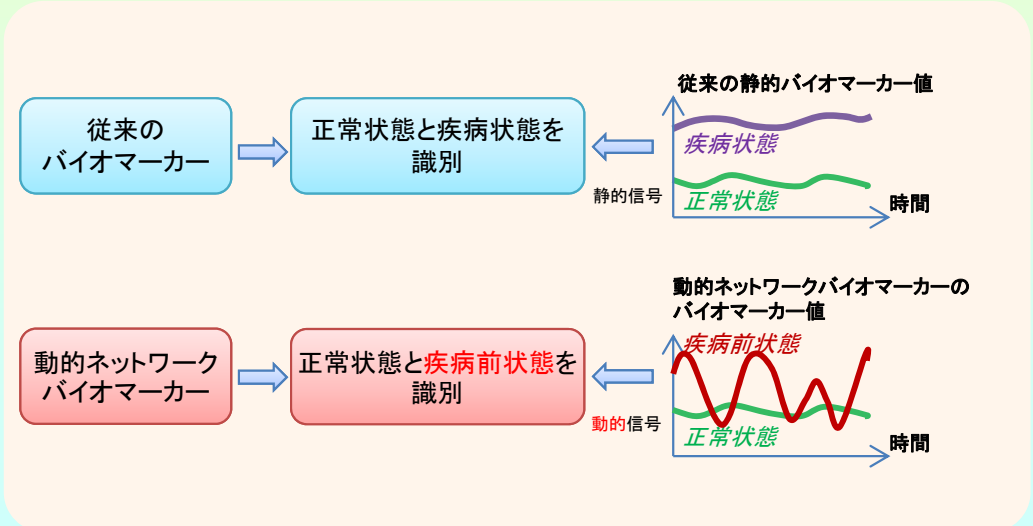
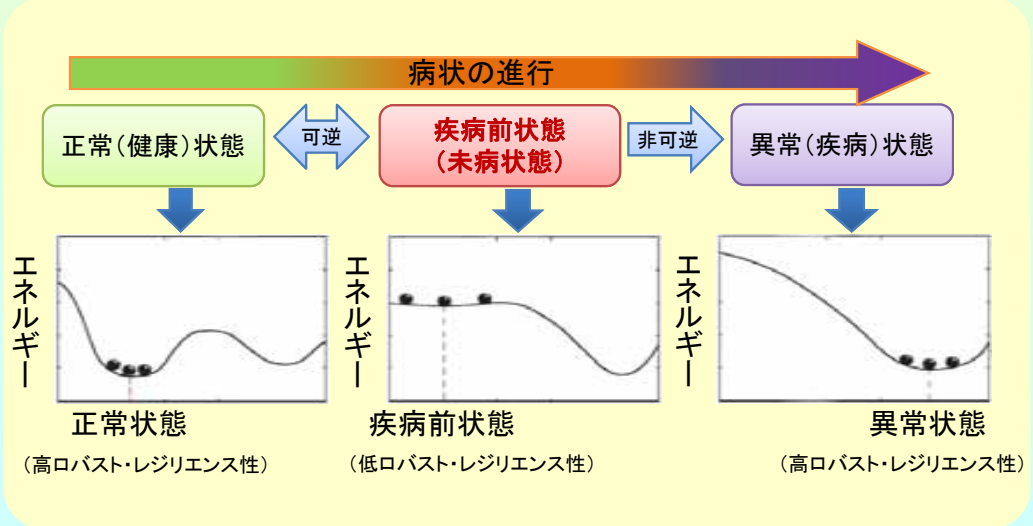
動的ネットワークバイオマーカーの概念の導出

(**DNB**: Dynamical Network Biomarker)

従来の問題点: 単独バイオマーカーの限界、病態悪化の予兆検出可能なバイオマーカーは未発見。



個々のバイオマーカーとしての性能は高くなくてもネットワークとしては極めて高機能で、様々の難病において病態悪化の予兆(未病状態)検出が可能な、全く新しいネットワークバイオマーカーの概念を提案した (特願2012-211921, 特願2012-233886; *Scientific Reports*, 2, 342, 2012; 2, 423, 2012; *Med. Res. Rev.*, 2013 他)。



疾病(癌、認知症、心筋梗塞など)の予兆検出、さらには電力システムなどの複雑工学システム、交通渋滞、経済データの不安定化予兆検出等への応用。

若手研究者の育成状況

- 約50名の若手研究者・女性研究者が参画
- 国際会議等での積極的な研究成果発表や多分野の研究者との議論・共同研究を奨励
- 合宿形式の研究会(9回), 特許セミナー(2回), 特許相談会(4回)
- 転出後も研究分担者として引き続き本研究に参画
- 数理と諸科学技術分野や産業分野を橋渡しできる人材を育成
- 各大学や研究機関、企業へ転出

- 理化学研究所 上級研究員・研究員
- 慶應義塾大学 講師・助教
- 東北大学 助教
- 名古屋大学 助教
- 宇都宮大学 准教授・助教
- 公立はこだて未来大学 准教授
- 東京理科大学 助教
- 東京農業大学 助教
- 同志社大学 助手
- 気象大学校 講師
- 日本学術振興会 特別研究員
- ルーヴァン・カトリック大学 研究員
- Institute of Mathematical Sciences, India 研究員
- Center for Scientific Research and Higher Education, Mexico 研究員

- 東京大学 准教授・助教・研究員
- 京都大学 研究員
- 早稲田大学 研究員
- 九州大学 研究員
- 株式会社豊田中央研究所
- グーグル株式会社
- 西安電子科技大学 教授
- 中国科学院 准教授・研究員
- 華南理工大学 准教授
- 上海交通大学 准教授
- 武漢紡織大学 准教授
- 西北工業大学 准教授
- 蘇州大学 講師
- 中山大学 講師 等

日本科学未来館 常設展示 メディアラボ第13期展示

「1たす1が2じゃない世界 - 数理モデルのすすめ」

<http://miraikan.jp/medialab/13.html>

2014年2月19日から9月1日まで、日本科学未来館にて開催。約20万人が来場。

日本科学未来館 (Miraikan) 第13期展示会

@ Laboratory for New Media (Miraikan), The 13th Exhibition

1たす1が2じゃない世界

数理モデルのすすめ

The World where "1+1≠2" - An Encouragement of Mathematical Modelling



2014.2.19 (wed.) - 9.1 (mon.)

FIRST 合原最先端数理モデルプロジェクト

FIRST, Aihara Innovative Mathematical Modelling Project