

数理資本主義の時代

～ 数学パワーが世界を変える ～

(案)

平成31年3月

理数系人材の産業界での活躍に向けた意見交換会

目 次

1. はじめに.....	1
2. 「数理資本主義」.....	2
(1) 「数理資本主義」の出現.....	2
(2) 理数系人材ニーズの高まり.....	7
(3) 先進各国における「数理資本主義」.....	11
(4) 政府における問題意識.....	12
3. 我が国の現状と課題.....	15
4. 理数系人材育成に向けた政府の取組.....	21
(1) 数学イノベーションの推進.....	21
(2) 大学における数理・データサイエンス教育等の推進.....	24
① 全ての学生が基礎的素養を身につけられる教育システムの構築.....	24
② 数理・データサイエンス教育の全国展開の今後の方向性.....	24
③ 様々な分野でデータサイエンスの応用展開を図る専門人材の育成.....	25
(3) 工学系教育改革における工学基礎教育の強化.....	27
(4) インターンシップの推進.....	28
(5) IT・データ人材の育成.....	30
① 成長分野を支える情報技術人材の育成拠点の形成(enPiT).....	30
② 未踏IT人材発掘・育成事業.....	31
③ 第四次産業革命スキル習得講座認定制度.....	31
④ 基本情報技術者試験の出題の見直し(理数能力の重視).....	31
5. 産学官連携の取組.....	32
(1) 理数系人材のPBL・研究インターンシップ.....	32
① 世界におけるPBL・研究インターンシップ.....	32
② マス・フォア・インダストリ研究所(九州大学).....	32
③ 東京大学大学院数理科学研究科と産業界の連携.....	34
④ 東北大学と産業界の連携.....	35
(2) 国立研究開発法人における取組.....	36
6. まとめ.....	37
7. 「理数系人材の産業界での活躍に向けた意見交換会」開催概要.....	38

1. はじめに

世界では IT 機器の爆発的な普及や、AI、ビッグデータ等の活用により、社会のあらゆる場面でデジタル革命が進み、革新的なデジタル製品・サービス等による新たな市場の開拓、占有が進んでいる。また、デジタル新時代の価値の源泉であるデータと新しいアイデアを駆使して新たな付加価値を創出する「人材」の国際的な争奪戦が繰り広げられている。

我が国では、「未来投資戦略 2018（平成 30 年（2018 年）6 月 15 日閣議決定）」において、日本企業の優れた「技術力」や大学等の「研究開発力」、高い教育水準の下でのポテンシャルの高い「人材」、ものづくり等の「現場」から得られる「リアルデータ」等を活用し、現場のデジタル化と生産性向上を徹底的に進め、様々な社会課題を解決できる日本ならではの持続可能でインクルーシブな経済社会システム、「Society 5.0」の実現を目指している。

「Society 5.0」の実現には、高い理数能力で AI・データを使いこなす力に加え、課題設定・解決力や異なるものを組み合わせる力など、AI では代替しにくい能力を用い、価値創造を行う人材が求められている。戦略では、こうした人材を育成していくため、産業界と大学の間で、課題解決型学習やインターンシップ等の実践的な産学連携教育のノウハウや産業界における AI・IT 分野の人材ニーズ、企業等における処遇等につながるポイントなどを共有し、AI・IT 分野についての学生や社会人の学びを促進するとしている。

産学が連携した人材育成の仕組み等について、文部科学省および経済産業省では、平成 28 年（2016 年）8 月に取りまとめられた「理工系人材育成に関する産学官行動計画」に基づき、大学関係団体等の協力による産学連携による科学技術人材育成に関する大学協議体（大学協議体）を設立し、理工系人材に関する産業界ニーズの把握や人材需給調査を行うなど、大学と産業界における具体的・実効的な意見交換に向けた準備を進めてきた。

平成 30 年（2018 年）3 月 29 日に開催した「産学連携による科学技術人材育成に関する大学協議体と産業界による意見交換」では、課題のひとつとして、数学の知識を持つ人材への産業界ニーズと数学を専攻する学生の間には認識のギャップがあるとの指摘があった。この指摘を受け、イノベーション創出には、多様な分野の領域やスキルを持った人材が必要であるとの前提のもと、特に数学の活用にフォーカスをあてた「理数系人材の産業界での活躍に向けた意見交換会」を実施してきたところである。

本報告書は、「理数系人材の産業界での活躍に向けた意見交換会」での議論を踏まえ、数学には、経済活動に大きな影響を与えている AI 等の先端技術を支え、発展させていく可能性があることや、産学が連携した先駆的な人材育成の取組等について取りまとめるとともに、これらを広く発信することを目的とする。

2. 「数理資本主義」

(1) 「数理資本主義」の出現

現在、世界では、IT 機器の爆発的な普及や、AI、ビッグデータ、IoT 等の社会実装により、社会のあらゆる場面でデジタル革命が起き、革新的なデジタル製品・サービス・システムが新たな市場を開拓していく「第四次産業革命」が進行中であると言われている。

この第四次産業革命を主導し、さらにその限界すら超えて先へと進むために、どうしても欠かすことのできない科学が、三つある。

それは、第一に数学、第二に数学、そして第三に数学である！¹

第四次産業革命を加速化させた AI を例にとってみよう。

現下のいわゆる「第三次 AI ブーム」の火付け役のひとつとなったのは、深層学習（ディープラーニング）の登場である。深層学習は、新たな機械学習のアルゴリズムであるが、アルゴリズムの根幹にあるのは、数学である。

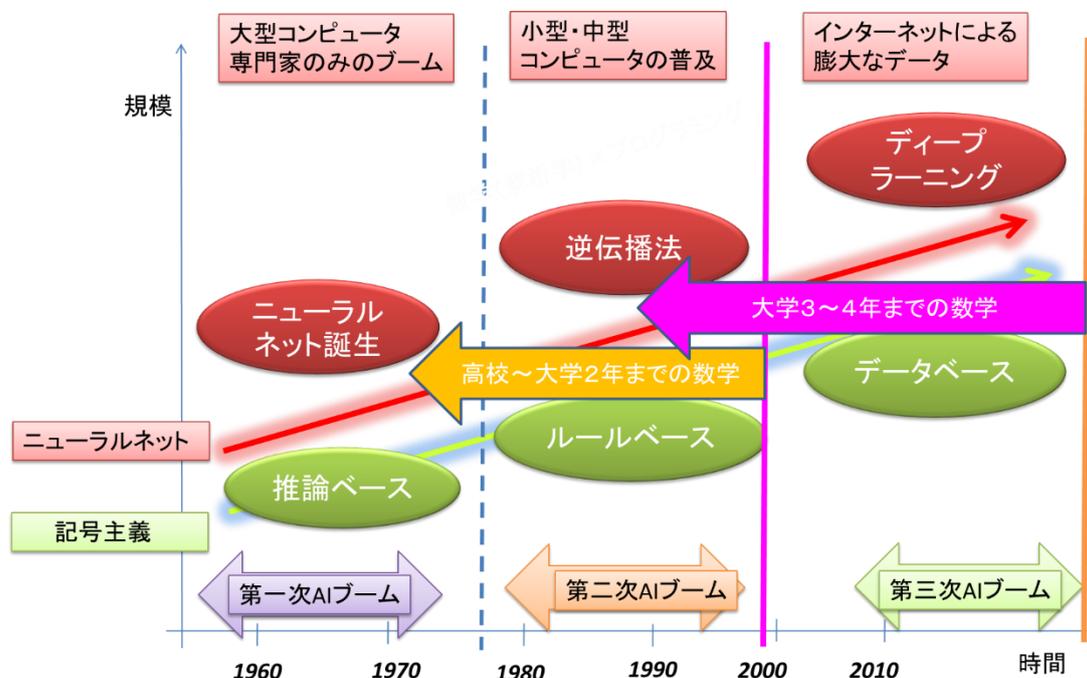
逆に言えば、数学が、深層学習の実用化を通じて、第四次産業革命を駆動しているのである。

もちろん、既存の AI のエンジンをビジネスや社会に活用するだけであれば、数学の基礎的な能力や知識さえあれば十分であり、高度な数学の能力は必ずしも必要ないのかもしれない。むしろ、プログラミングやビジネスセンスなど、数学以外の能力が求められるよう。

しかし、AI の発達に伴って、数学の知識や能力の必要性はますます高まっている。特に AI と人間との協調・協働においては、数学が AI の制御をはじめ、学習データや推定結果の信頼性を高めるために大いに必要となる。さらに、AI 自体に自体に画期的なイノベーションを起こすともなれば、高度な現代数学の能力が決定的な意義を持つ。

¹ ここで言う「数学」は、純粋数学、応用数学、統計学、確率論、さらには数学的な表現を必要とする量子論、素粒子物理学、宇宙物理学なども含む広範な概念であり、文部科学省科学技術政策研究所科学技術動向研究センター報告書「忘れられた科学—数学」（2006年5月）における「数学研究」の定義をほぼ踏襲している。

図1 第4回「理数系人材の産業界での活躍に向けた意見交換会」資料6「三宅氏提出資料」p.12を基に作成
「人口知能60年の歴史と数学の関係」



すでに、社会に大きなインパクトを与えた深層学習についても、その限界を超える AI の開発競争が始まっている。

例えば、深層学習は、推定に大きく影響する変数（特徴量）を自動で抽出することで高度な推定を可能としている一方、その推定結果にいたった根拠が分からないという弱点がある。いわば、その中身がブラックボックスのまま AI を活用していることになる。しかし、今後、AI を社会のあらゆる場面において活用するためには、推定結果にいたった根拠を説明できる AI が必要になる。こうしたことから、「説明できる AI」の開発競争が進んでいる。

また、データから帰納的にモデルを推定する深層学習に、演繹的なシミュレーターの技術を組み合わせた新たな AI の開発は、スモールデータからでも新たな知識や洞察を生み出す可能性があり、優れたシミュレーター技術やリアルデータに強みを有する日本にとって大きな価値があるという指摘もある。

いずれの AI のイノベーションも我が国の経済の発展にとって重要と思われるが、こうした AI の高度化に求められるのが、より高度な数学の能力なのである。

まさに「数学を制する者は、第四次産業革命を制す」と言っても過言ではない。

さらに、「ムーアの法則」の終焉²が見えてきた中、量子コンピュータなど、新原理のコンピュータ技術の開発競争が進んでおり、その将来性が期待されているところであるが、これを扱う人材には、高度な数学の知識とそれを駆使する能力等が求められる。こうしたことから、今後も諸科学の基盤となる数学の重要性が増していくことが大いに予想される。

数学が死活的に重要なのは、AI や量子コンピュータの分野だけではない。

そもそも、現代のコンピュータの基礎を作り上げてきたのは、ジョン・フォン・ノイマンやアラン・チューリングをはじめとした天才的な数学者たちであった。さらに遡れば、デジタル回路の設計において必須となるブール代数は、十九世紀の数学者ジョージ・ブールが提唱したものである。

また、現代の暗号セキュリティの 8 割をしめるといわれる RSA（リベスト・シャミア・エーデルマンの頭文字）公開鍵暗号は、素数が無限にあることとあらゆる整数が一意に素因数分解できるということに基づいている。これは、ピタゴラスたちが 2,500 年前に発見・証明し、応用されているものである。

このように、現在のあらゆる場面においてデジタル化が進んでいるが、これは、目には見えざるとも社会が数学によって形作られつつあるとも言え換えられる。

さらにグローバルなデジタル化が進む中においては、自身の個人データや知的財産権、国家安全保障上の機密を含んでいるデータなどは慎重な保護のもとに置かれるべきであるが、一方で、医療や産業、交通やその他最も有益な、非個人的で匿名のデータは、国境などを意識しないように自由に流通させることが重要となる。こうしたことから、我が国では「Data Free Flow with Trust (DFFT)」のための世界的なデータガバナンスの体制の構築を提唱している。³この DFFT を構築するにあたり、数学はデータに Trust を与えるデジタル技術を支える基盤として重要な役割を担うであろう。

² シリコン集積回路の集積密度が 18 か月から 24 か月でほぼ 2 倍になるという経験則。インテル社創設者の一人であるゴードン・ムーアが 1965 年に経験則として提唱したことに由来する。これは、トランジスタの微細化・高集積化により、ハードウェアが高速化・低廉化することを意味する。40 年以上、このトレンドに沿って半導体技術が進展してきたが、2010 年代後半以降、半導体の開発ペースが鈍化し始め、ムーアの法則のペースが維持できなくなることが指摘されるようになった。

³ 安倍総理大臣による世界経済フォーラム年次総会演説『「希望が生み出す経済」の新しい時代に向かって』(成 31 年 (2019 年) 1 月 23 日)において、我が国が提案した膨大なデータの流通ルールを作るための世界貿易機関 (WTO) 加盟国による交渉の枠組み。

図2 第1回「理数系人材の産業界での活躍に向けた意見交換会」資料4「西原委員提出資料」p.6

「数学とデジタル技術の関係」

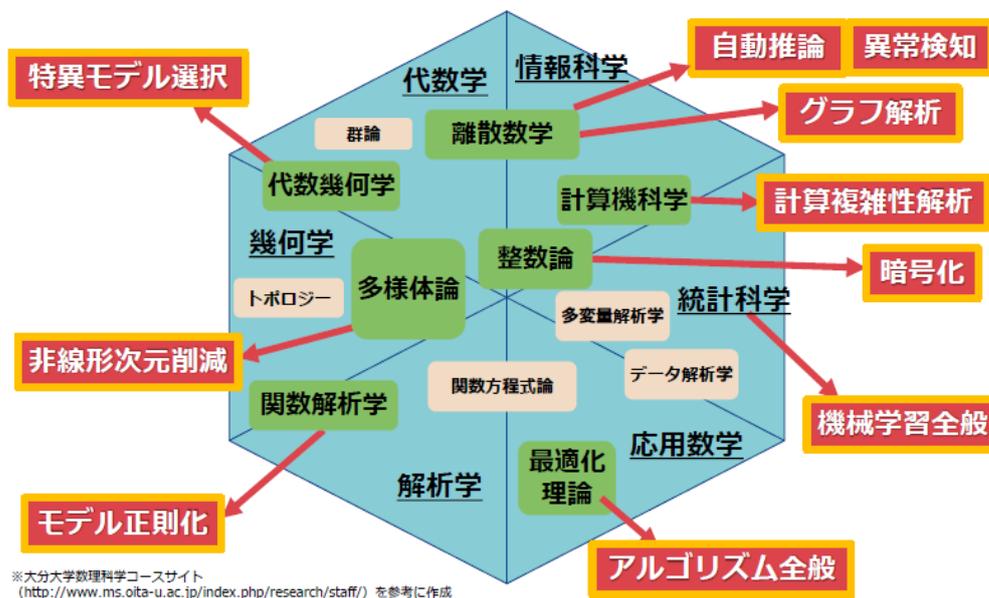


図2からも明らかなように、デジタル技術の動向は数学が左右していると言える。アメリカなどの巨大IT企業が、大学の研究者にも引けを取らない優れた数学者を積極的に雇用しているのもそのためであろう。

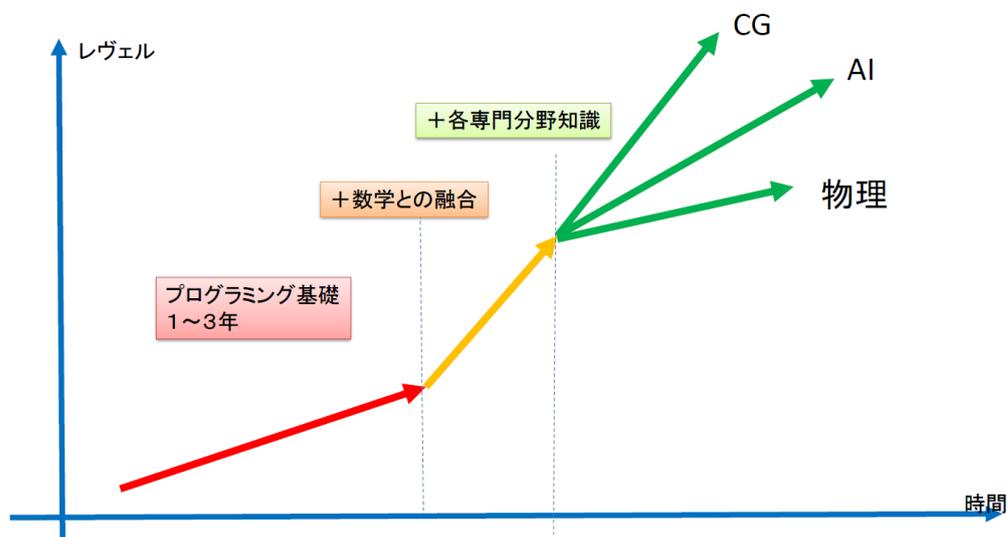
一方、ここ7-8年のアメリカでは、人気職業の上位10位以内に「Mathematician」、「Statistician」、「Data Scientist」、「Actuary」等が入っており、時にはトップ3に入る勢いである。ことから分かるように、労働市場の需要と供給の双方において、数学を活用できる人材の人気が高まっていると言える。⁴

基本的なプログラミングであれば、職務経験を積むことでスキルがある程度高まるので、高度な数学の知識は必ずしも必要ないのかもしれない。しかし、AIなど専門領域のプログラミングでは、大学課程で学ぶ水準の数学が必須となる。プログラマーの能力は、数学の知識があることによって、飛躍的に高まるのである。そして、この数学の知識は、学生時代に基本を習得しておかないと、就職してから身に着けることは容易ではない。あるいは一生涯身につかないことが多いとの指摘もある。

日本では、「数学が何の役に立つのか分からない」というイメージが今でも根強くあるが、それは、第四次産業革命前のイメージを引きずっているに過ぎず、世界の動向とは異なるものと言える。

⁴ The 2018 Jobs Rated Report (<https://www.careercast.com/jobs-rated/2018-jobs-rated-report>)

「プログラミングスキルと数学の関係」



第四次産業革命において、数学の能力が求められるのは、数学がデジタル技術にとって必要であるからだけではない。

第四次産業革命は、従来の改善・改良ではなく、破壊的 (disruptive) なイノベーションが起きうる時代である。破壊的なイノベーションには、「モノや構造を支配する原理を見出す」ことが根本となる。例えば、支配原理を見出すことにより、将来の変化が起こる前の予兆の検出、予測の精緻化、ビッグデータを重要な部分にのみ着目して活用することなどが可能となる。数学は、その「支配原理」を見出すための普遍的かつ強力なツールなのである。⁵

言い換えれば、第四次産業革命においては、具体的な課題を抽象化・一般化することによって俯瞰し、統合的に解決する能力が以前にもまして強く求められるが、その抽象化・一般化の能力は、まさに数学によって実現されるものである。抽象化・一般化とは、複雑な現象に隠された単純な法則の抽出であり、いわば複雑な現象の本質のみが抽出され枝葉の情報はそぎ落とされるからこそ、その現象の理解が一気に進むのである。

さらに、数学は、ライフサイエンス、ナノテクノロジー、環境科学、材料科学、物理学、化学、金融工学、経済学、社会学など様々な分野の科学技術の基盤となるため、数学の進歩は各分野の発展をもたらすほか、数学を軸とすることで異なる分野の課題を共通化し、分野横断的・分野融合的な研究開発が可能となる。イノベーションは、一見全

⁵ 「忘れられた科学-数学 (<http://data.nistep.go.jp/dspace/bitstream/11035/721/1/NISTEP-PS012-FullJ.pdf>)」、p107

く異なる現象の間に共通点を見出した時に起こると言われるが、数学はこのためのプラットフォームを提供するのである。⁶また、数学は科学の普遍的な共通言語としての性格をもつため、国籍・言語・文化・世代の相違を超えたオープンなイノベーションが数学を通じて可能になるものと期待される。

しかも、現在、産業や社会に応用されている数学の大半は、十九世紀に発展した数学に過ぎないとの指摘があるが、これは、二十世紀以降の数学という広大なフロンティアが未だ手つかずのまま広がっているということを意味する。破壊的なイノベーションを望むならば、この数学というフロンティアを開拓しない手はあるまい。数学をベースとした研究開発への投資と人材育成に、もはや待ったはない。

このように、現下の第四次産業革命の進行が示すのは、数学が国富の源泉となる経済—言わば「数理資本主義」の時代の到来である。

ピタゴラスが「万物は数なり」と言って以来、およそ 2,500 年の時を経て出現した「数理資本主義」は、まさに「万物は数なり」を如実に体現しているかのようである。

(2) 理数系人材ニーズの高まり

以上のような背景を考慮するならば、近年、産業界をはじめとする関係各方面において、数学の知識・能力をもった人材、いわゆる「理数系人材」に対する期待が急速に高まりつつあるのも不思議ではあるまい。以下に紹介する有識者の見解は、「数理資本主義」が到来しつつあることを証言するもののように思われる。

一般社団法人 日本経済団体連合会	<ul style="list-style-type: none"> 「〔前略〕ビッグデータやAIなどを使いこなすために情報科学や数学・統計の基礎知識も必要不可欠となる。」(※1)
ヤフー株式会社 チーフストラ テジーオフィサー(CSO) 安宅和人氏	<ul style="list-style-type: none"> 「情報科学は、数学の言葉で書かれています。この理解に必要なのは線形代数、微分、統計数理の三つ。」(※2)
国立情報学研究所 教授 新井紀子氏	<ul style="list-style-type: none"> 「コンピューターの仕組みというのは徹頭徹尾、数学に基づいていて、論理と統計しか入っていません。数学は、そうしたコンピューターの特性を理解するために、欠かせない『言葉』です。」(※3)
Arithmer株式会社 代表取締役社長兼CEO 大田佳宏氏	<ul style="list-style-type: none"> 「数学は、日本の経済成長に不可欠な科学技術イノベーションの基礎になるもの。身近な課題を解決する上でも応用がきくことから専門分野に選びました。」(※4)

⁶ 「忘れられた科学—数学 (<http://data.nistep.go.jp/dspace/bitstream/11035/721/1/NISTEP-PS012-FullJ.pdf>)」、p106-7

<p>上智大学 客員研究員(元トヨタ自動車株式会社理事) 大島明氏</p>	<ul style="list-style-type: none"> 「ある仕事をする場合に、その仕事の質は、どれだけ対象につき深く考え、精度の高い予測ができるかに関わっているように思えてなりません。そうなると、それはモデル化の問題であり、精度の高い予測を行うためには数学の力に頼らざるを得ないことになります。そこからやるべきことを明確にして実行すれば、ほとんどの問題は解決されるというのが私の個人的な意見です。」(※5)
<p>プリファード・ネットワークス 副社長 岡野原大輔氏</p>	<ul style="list-style-type: none"> 「数学の天才たちは、かつては金融、その後は統計、今は情報(コンピューターサイエンス)の分野に流れ込んでいる。」(※3) 「自動車運転に必要な「機械学習」を中心に、同社は高度な数学的アルゴリズムを操れる逸材を雇い入れ、業界の最先端を走っている。」(※6) 「最先端の知識や論文は誰でもネットで手に入る時代。大切なのは数学で、とりわけ微分積分やプログラミングといった基礎能力。」(※6)
<p>筑波大学 准教授 落合陽一氏</p>	<ul style="list-style-type: none"> 「[前略]AIのスペシャリストを目指すのであれば数学は必須だという。「数学って(学ぶことを)止めたところで終わっちゃう。大学入ってから数学できないと、全然使い物にならない。」と数学を学び続けることの重要性も指摘していた。」(※7)
<p>国立情報学研究所 教授 河原林健一氏</p>	<ul style="list-style-type: none"> 「情報爆発時代(ビッグデータ処理)を迎え、理論研究者へのニーズの高まりを受け、理論研究の経験を有した意欲的な研究者が実用研究へ参入することで大きな成果が認められつつある。」[中略]同氏の説明によると、世界の理論研究の現状はGoogleやAmazon、Facebook、Microsoftなどの巨大IT企業の研究所がスタンフォード大学、マサチューセッツ工科大学といったトップ大学を凌駕しつつあるという。(※8)
<p>楽天株式会社 常務執行役員 テクノロジーディビジョンCDO 北川拓也氏</p>	<ul style="list-style-type: none"> 「[前略]どんな人と物やサービスの出会いを演出していくかが1つの大きな課題で、マッチングをどうするかを考えるときに役立つのが数学です。数学を使い、過去のデータから「この人はこんなことに興味がある」という相関や「あの人はバナー広告をよくクリックする」といった傾向を見出し、表現していくわけです。」(※9)
<p>ソニーコンピュータサイエンス研究所社長 北野宏明氏</p>	<ul style="list-style-type: none"> 「ディープラーニング系の機械学習はまさに数学の戦いだ。」(※10)
<p>NECセキュリティ研究所 特別技術主幹 佐古和恵氏</p>	<ul style="list-style-type: none"> 「社会がこれからデジタルトランスフォーメーションを進めていくにあたって、数学という要素はより一層重要性を増し、必要不可欠なものになっています。」(※11)
<p>フランスの数学者 セドリック・ヴィラニ氏</p>	<ul style="list-style-type: none"> 「数学者は、世界で最高の仕事です。理由は、応用の幅広さです。コミュニケーション理論、情報理論、ゲーム理論、圧縮センシング、機械学習、グラフ解析、調和解析に加え、確率過程、線形計画、流体シミュレーションもあり、それぞれ様々な産業界で大いに応用されています。これらを通して数学は大きな利益をもたらします。」(※12)
<p>筑波大学未来社会工学開発研究センターセンター長 特命教授 兼トヨタ自動車株式会社 S-フロントティア部 主査 高原勇氏</p>	<ul style="list-style-type: none"> 「数学を共通言語として使うことで、若手の発想を最大限に引き出せる。」(※13) 「数学の言葉で他人に発信することでアイデアの共有が進み、新たな発見が生まれる。」(※13)
<p>ヤフー・ジャパン 研究所所長 田島玲氏</p>	<ul style="list-style-type: none"> 「尖ったものを作ろうとしたときに、プログラミングと数学理論の両方を理解できることは、大きな強みになる。プログラマーが数学を学ぶよりも、数学者がプログラムを覚えた方が早い。」(※13)
<p>統計数理研究所 所長 樋口知之氏</p>	<ul style="list-style-type: none"> 「あらゆる産業のコアがITシステムに乗り、データを扱うことを可能にする数学なしで、もはや産業は動かない。」(※6)
<p>東京大学 特任准教授 松尾豊氏</p>	<ul style="list-style-type: none"> 「人工知能技術(特に最近の機械学習やディープラーニング)においては、数学の知識は、大変重要です。」(※3)
<p>元グーグル米国本社副社長兼 日本法人社長 村上憲郎氏</p>	<ul style="list-style-type: none"> 「さて、今回の第3次ブームは、機械学習、特に、ディープラーニング(深層学習)と呼ばれる分野で最近達成されたブレークスルーに拠ってもたらされました。[中略]それらは、高等数学の塊のような内容で、第2次ブームのひたすら言葉を取り扱う傾向の対極にあります。ということで、この第3次ブームで最も危惧されていることが、人材不足です。つまり、「機械学習」、「深層学習」の研究者に要請される素養としての高等数学のレベルが高すぎるため、一気に増員が望めないことからくる人材不足が、心配されているのです。[中略]さて、そこで、数学が人一倍できる方々へ、「人工知能ビジネスに参加されませんか」という、お誘いです。[後略]」(※14)
<p>京都大学 高等研究院 院長 森重文氏</p>	<ul style="list-style-type: none"> 「[前略]純粋数学と応用数学を峻別するのはできるだけやめたい。両者には対立が結構あって、日本では特に、純粋数学偏重という風潮がありました。一方、純粋数学は社会の役に立たないという意識もあります。でも、応用は具体的な問題に迫られてやっている部分もあり、理論面でブレークスルーが起こるのは、応用からとは限らない。純粋数学から新たな理論が起り、それが応用を含めて大きな流れになる。」(※6) 「数学について言えば、昨今は、世の中のものはほとんど背後では数学を使って動いているということです。」(※15)

【出典】

- ※1 一般社団法人 日本経済団体連合会「今後の採用と大学教育に関する提案」(2018年12月4日)
<http://www.keidanren.or.jp/policy/2018/113_honbun.html>
- ※2 数理・データサイエンス教育強化拠点コンソーシアム「明日の日本がデータ×AIの波に乗れるように希望のリンゴを植えていこう」<<http://www.mi.u-tokyo.ac.jp/consortium/topics03.html>>
- ※3 森川潤「【編集後記】教養としての「数学とプログラミング」『NewsPicks』」(2016年8月3日)
<<https://newspicks.com/news/1701042/body/>>
- ※4 徳島新聞「【特集】遠くでトーク-大田佳宏さん-」(2015年1月27日)<<https://www.topics.or.jp/articles/-/8051>>
- ※5 Cybernet News「【特集：これからの産業社会と数学】自動車開発での数学と物理の役割」(WINTER 2012 No. 134) <https://www.cybernet.co.jp/magazine/cybernet_news/archive/134/no134_12-13.html>
- ※6 大矢博之、小栗正嗣、後藤直義、森川潤「究極の武器である数学『週刊ダイヤモンド』」(2016年1月23日号) P. 26~71
- ※7 石川祐介「落合陽一が語る AI時代の生き残り方 大事なのは「自分の収入と生み出している価値の差をしっかりと把握すること」」(2018年8月11日) <<https://news.nifty.com/article/economy/business/12117-9193/>>
- ※8 岩井 健太「日本のビッグデータ・AI業界に求められるものとは? - NIIの教授が語る現状」(2015年12月21日) <<https://news.mynavi.jp/article/20151221-NIIAI/>>
- ※9 ビジネス数学「経営者・有識者インタビュー (第25回) -データサイエンティストとはどんな職業か?-」 <<https://www.su-gaku.biz/about/interview/no25.php>>
- ※10 デジタルメディア局 明豊局長 「ソニーコンピュータサイエンス研究所社長と第3次AIブームを考える」(2016年7月1日) <<https://newswitch.jp/p/5209>>
- ※11 NEC「トップ研究員インタビュー特集-佐古 和恵-」(2018年9月28日) <https://jpn.nec.com/rd/special/pinnacle/kazue_sako.html>
- ※12 TED「セドリック・ヴィラニ：数学の何がそれほど魅惑的なのか」(動画撮影日：2016年2月16日)
<<https://headlines.yahoo.co.jp/ted?a=20161003-00002518-ted>>
- ※13 小栗正嗣、大矢博之「文系でも怖くない！ビジネス数学『週刊ダイヤモンド』」(2019年2月9日号) P. 60、61
- ※14 College Cafe by NIKKEI 「羅針盤 NEO(9) 高等数学ができる人は、人工知能ビジネスに参加しよう！」(2015年9月9日) <<http://college.nikkei.co.jp/article/47675111.html>>
- ※15 JT 生命誌研究館「生命誌ジャーナル (2016年年間テーマゆらぐ) -見えない世界に自由を描く-」(91号) <<http://www.brh.co.jp/seimeishi/journal/091/talk/>>

経済産業省が実施した企業へのヒアリング調査や「異分野・異業種研究交流会 2018⁷」の参加企業へのアンケート調査では、基礎からトップまで様々ではあるが、いずれのレベルにおいても理数系人材へのニーズが高かった。特に IT 企業では、目下の AI やビッグデータ解析を担う人材への不足感が強く、さらには、数学の応用によるイノベーションへの期待の高まりが感じられる。

<企業へのヒアリング調査>

- 従来産業では、「業界ごとに必要な数学」が定まっており、「用途ごとに必要な数学理論」が既に確立されていたので、誰か一人がそれを理解していれば間に合うという時代だった。しかし、新しいことをしてイノベーションを起こすには、“数学を自在に操れる数学の力”が必要であり、今後のAIの起爆剤になるのは、数学が出来る人となる。
 - ソフトウェア産業は変化が速いため、入社後の「一夜漬け」では追いつかない。「必要なときに、必要な数学を自分で学べる」という土壌を持っていることが重要。
 - 今、産業界で求められている能力は、大学で学んだ数学力等に加えて、目的に沿った新しいことを自ら学ぶ能力。これに身につけているのが理数系人材。
- 数学に対する深い理解が自社の競争力となっている。今後の機械学習や量子コンピュータには、更に高度な数学力が求められる。
 - 現在の最先端の機械学習技術は、100年前の数学に基づいている。現代の数学は、100年後の最先端技術に繋がっているということ。
- 新卒は情報系を専攻している人が多いが、数学や物理専攻でプログラミングができる人も採用している。開発の中心メンバーも数学科出身。
- 産業界にも数学の重要性を理解している人がいる。日本の純粋数学は財産なので、企業の経営層が数学の重要性を認識し、それを上手く使いこなしていくことが重要。
- ディープラーニングの理論を数学(線形代数、統計、確率)の基礎知識をもとに理解し、実装する能力をもつ人材が必要。
- 理数工学、計数工学、数学科、物理学の修士レベルの人材を求めている。
 - AI人材としては、4類型(AIコンサルタント、データサイエンティスト、AIアーキテクト、AIプロジェクトマネージャー)で、2020年までに1000人が必要。世界で争奪戦が起きており、採用が難しいため、社内の人材育成で対応。
- 現状は、機械・電子・材料系の採用が多いが、社内の膨大なビッグデータを解析できる人材が不足しているため、理数系人材が必要。
- コンピューターサイエンスの専門性よりも、現実世界の興味関心と数学・物理の理論の理解が、大学1・2年生の段階で結びつく機会を与えることが必要。
- データを使いこなせる人材があらゆる事業部門で必要となってきており、データを活用し新たな付加価値を生み出す人材の育成が中心。AIはデータ利活用のためのツールであり、データサイエンス力、ビジネス力、エンジニアリング力のひとつ以上を持つ人材を育成する戦略としている。
 - 最低限のデータ分析手法やデータエンジニアリングへの理解を持つことが重要。
- 基礎的数学の素養(一般教養レベルの数学でよい)がある大学の学生を求めている。
 - AI関連では、ユーザーのニーズを汲む「AIコンサルタント」、提案を行う「AI事業企画」、システムへの組み込みと構築を行う「AIアナリスト・AIアーキテクト」、AIを活用する「AIエンジニア」がいる。AIエンジニア以外は、数学の知識が必須。
 - 特に「AIアナリスト」と「AIアーキテクト」の人材が数百名規模で足りない。

⁷ 数学・数理科学専攻若手研究者のための異分野・異業種研究交流会 2018 (一般社団法人日本数学会主催) <http://mathsoc.jp/administration/career/kouryukai2018.html>

<「異分野・異業種研究交流会 2018」参加企業へのアンケート調査>

○数学・数理科学専攻者を必要とする理由

- 数学・数理科学に基づく新しいアイデアがブレークスルーにつながる可能性がある。実際にそのような成果を周りで目にすることが多く、数学・数理科学専攻者に期待するところは大い。(研究所)
- 高度なデータ分析を行う必要があり、そのための数学的なバックグラウンドを持った人材が必要。(研究所)
- 今後、建設機械の無人化、自動化の実現に向け必要。また、グローバルでの部品管理における最適在庫化、機械からのビッグデータ解析を促進していくため。(製造業)
- アクチュアリーは、確率・統計の知識や技法を用いて将来の不確実性への対策を講じる職務を担うので、職務の基礎となる数理能力が必須。(生命保険会社)
- 分析力、問題解決能力が高いため。(研究開発会社)
- プログラミングやビッグデータ分析等の技術については、入社後に身に付けることができるため、それらの習得に必要な基礎的な能力を重視している。(研究所)
- 業務に必要なもので、他専攻の学生では替えがきかない。(証券会社)
- 専門的な数理内容を経営陣にわかりやすく説明することが求められるため。(生命保険会社)
- 論理的な思考力が高く、機械学習等の技術を理解するために必要な数学のセンスがある。人工知能関係の研究開発における伸びしろが大い。(研究所)

(3) 先進各国における「数理資本主義」

アメリカでは、数学研究を取り巻く状況について 1980 年代初頭から検討が進められ、1998 年には「米国の数理科学の国際評価に関する上級評価委員会報告」(オドム・レポート)が取りまとめられた。この中では、科学技術の様々な領域において生じている急速な変化には新しい数学なくして解決できない問題が伴っていること、また、その問題の解決には独創的な数学技術が必要になるということが指摘されている。この指摘を受け、アメリカ政府は STEM(Science, Technology, Engineering and Mathematics)と称して、数学を科学・技術・工学に並ぶものとして、その研究費を大幅に増強し、数学と他分野との学際研究に力を入れている。⁸

イギリスでは、経済に与える影響が高いものとして、数学を重視しており、2018 年には、「The Era of Mathematics (「数学の時代」)」とのレポートが出された。この中では、数学はイノベーションを生む中核であると強調し、数学による英国経済への貢献度は 2000 億

⁸ 「忘れられた科学—数学 (<http://data.nistep.go.jp/dspace/bitstream/11035/721/1/NISTEP-PS012-FullJ.pdf>)」、参考資料 3-1 (P115)

ポンド（GVA(粗付加価値)の約16%、雇用の10%）を占めるとの試算をしている。⁹

フランスは、「A Study of the Socio-Economical impact of Mathematics in France」において、数学のフランス経済への貢献度は約2,850億ユーロ（GNP（国民総生産）の約15%、雇用の9%）としている。さらに、フランスの数学は世界トップ水準という認識であるが、数学の人材が海外の企業に流出していることに警鐘を鳴らした。¹⁰

その他の国においても同様の試算がなされており、オランダの「Mathematical sciences and their value for the Dutch economy」やオーストラリアの「THE IMPORTANCE OF ADVANCED PHYSICAL AND MATHEMATICAL SCIENCES TO THE AUSTRALIAN ECONOMY」においても、数学等の経済効果は、GVAの10%から15%程度のレンジとされている。¹¹

このように、数学に関連した職業による経済効果が注目されるとともに、数学が国富の源泉であるという認識が、各国政府にも浸透しつつある。これらも「数理資本主義」の本格的な到来を示唆するものと言える。

（４） 政府における問題意識

平成18年（2006年）、文部科学省科学技術政策研究所が報告書「忘れられた科学－数学」を公表した。同報告書は、日本の数学研究環境の悪化、人材の不足、数学の研究水準の低下について警鐘を鳴らし、数学界に衝撃を与えた。

同報告書はまた、新たなイノベーションにおける数学の重要性を強調し、アメリカやフランスなどと比較しつつ、産業界と数学界の協力の遅れや、日本の産業界の数学の意義や可能性に関する認識の低さについても指摘した。

我が国企業は、1990年代後半から2000年代にかけてのいわゆる「IT革命」において、特にソフトウェアの面で後れを取ったと言われるが、ソフトウェアのアルゴリズムの根幹にある数学が「忘れられた」のでは、IT革命で劣後したのも当然であったと言えよう。

文部科学省では、「忘れられた科学－数学」の問題提起を受け、平成19年度（2007年度）にJST戦略的創造研究推進事業において、初めて数学関係の研究領域である「数学と諸分野の共同によるブレークスルーの探索」領域（個人型研究のさきがけとグループ型研究のCREST）が設定され、平成27年度（2015年度）まで活動が行われた。これが数学研究者の意

⁹ “The Era of Mathematics”. EPSRC, 2018

¹⁰ “A Study of the Socio-Economical impact of Mathematics in France”, AMIES, 2015

¹¹ “Mathematical sciences and their value for the Dutch economy”, PWN, 2014

“THE IMPORTANCE OF ADVANCED PHYSICAL AND MATHEMATICAL SCIENCES TO THE AUSTRALIAN ECONOMY”, AAS, 2015

識に与えたインパクトは大きく、この領域の活動をきっかけとして数学以外の分野との協働に踏み出した数学研究者も多い。そして、平成 23 年（2011 年）、文部科学省研究振興局に数学イノベーションユニットを設置するとともに、産学の諸問題を数学・数理科学からのアプローチで解決に導き、新たな社会的価値や経済的価値を創出する「数学イノベーション」の取組を推進しており、第四期科学技術基本計画（平成 23 年（2011 年）8 月 19 日閣議決定）では、数理科学が「横断的基盤技術」として位置付けられるにいたっている。また、平成 24 年度（2012 年度）からは、新たに文部科学省の委託事業として「数学協働プログラム」が開始され、統計数理研究所を中心に全国 7 つの数学関係研究機関が協力して、数学を活用した学際研究や産学連携研究を促進するための様々な取組を開始した。

また、平成 26 年（2014 年）8 月には、文部科学省の科学技術・学術審議会先端研究基盤に設置された数学イノベーション委員会が、「数学イノベーション戦略」を取りまとめ、同戦略の下、数学と諸科学・産業との協働を促進するための環境の整備や協働研究によるイノベーションの創出を推進し、一定の成果を挙げてきたところである。

しかし、日本学術会議（数理科学委員会数理分科会）は、「数理科学と他の科学分野や産業との連携の基盤整備に向けた提言」（平成 29 年（2017 年）9 月）において、数理科学と諸科学や産業との橋渡しができるような研究者は社会のニーズ・期待に応えられるほど十分に育っておらず、社会の数理科学への期待に応えようとする新しい気運に対する障害となる可能性がある」と指摘している。さらに、同提言では、連携組織の活動が競争的資金や民間資金など時限付き資金に支えられていることが、若手研究者による融合的分野の研究への挑戦を躊躇させている側面があることや、連携研究を推進していることが社会・産業に必ずしも知られていない点を課題に挙げ、連携の基盤整備、人材育成、個別の取組を組織化し連携を促進する体制の整備などが必要であることについても言及している。

「忘れられた科学—数学」の問題提起以降、文部科学省が数学と諸科学や産業との協働を推進してきたのに対し、経済産業政策・情報政策を所掌する経済産業省が数学の重要性について気づくのは、遅かったと言わざるを得ない。

かつて、大学の工学部は機械工学、電気電子工学を中心に応用数学の研究と教育を担い、優れた数学的能力をもつ研究者を有していた。しかし皮肉なことに、コンピュータの急速な発達に伴って、工学部の人材の数学の能力が低下したとの指摘がある。一方、アメリカでは、大学のコンピュータサイエンス系の出身者が数学にもある程度強いが、これは、日本の情報系の大学院の設立母体が主に電気・電子系であったのに対し、アメリカでは主に応用数学が母体となっていたためであると言われている。

経済産業省は、従来より産学官連携の研究開発を推進してきたところではあるが、この場合の「学」の分野は伝統的に「工学」が中心であり、もし、指摘のとおり日本の工学部の数学の能力が低下しているというのであれば、数学は経済産業省の政策から遠ざかったということになる。

今まさに「数理資本主義」の時代が到来しているならば、そして国富の増大が経済産業省の使命であるならば、経済産業省は、文部科学省と密接に連携しつつ、経済産業政策・情報政策において数学を重視することが必要なのではないだろうか。

3. 我が国の現状と課題

数学が国富の源泉となる「数理資本主義」の時代に、我が国は対応できるであろうか。

義務教育終了段階（15歳児）の生徒が知識・技能をどの程度活用できるかを評価した「OECD」の調査（PISA）によると、我が国の科学的リテラシーや数学リテラシーは、国際的に見ても上位にあり、高いポテンシャルを持つことが分かる。

さらに、高校生等が参加する「国際数学オリンピック」や「国際情報オリンピック」では、例年メダリストを輩出し、国際順位も上位にある。

図4 第1回「理数系人材の産業界での活躍に向けた意見交換会」資料2「経済産業省提出資料」p.5

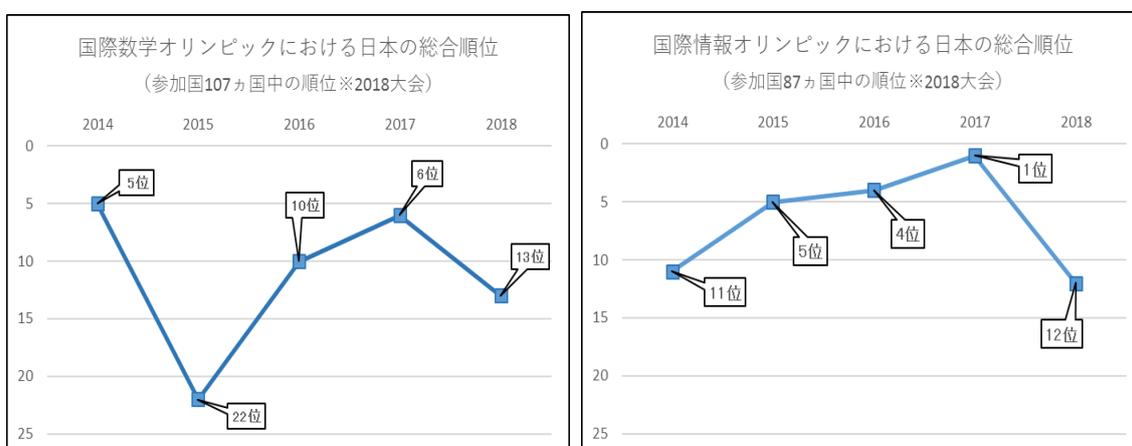
「OECD 生徒の学習到達度調査（PISA）」

● 全参加国・地域（72か国・地域）における比較

	科学的リテラシー	平均 得点	読解力	平均 得点	数学的リテラシー	平均 得点
1	シンガポール	556	シンガポール	535	シンガポール	564
2	日本	538	香港	527	香港	548
3	エストニア	534	カナダ	527	マカオ	544
4	台湾	532	フィンランド	526	台湾	542
5	フィンランド	531	アイルランド	521	日本	532
6	マカオ	529	エストニア	519	北京・上海・江蘇・広東	531
7	カナダ	528	韓国	517	韓国	524
8	ベトナム※	525	日本	516	スイス	521
9	香港	523	ノルウェー	513	エストニア	520
10	北京・上海・江蘇・広東	518	ニュージーランド	509	カナダ	516

※義務教育終了段階の15歳児の生徒の知識・技能をどの程度活用できるかを評価。3分野について、3年ごとに調査を実施。72か国・地域から約54万人が参加。日本を含む白塗りがOECD加盟国

図5 数学オリンピック財団・情報オリンピック委員会のHPより作成



※国際情報オリンピック(IOI)は個人戦であり公式データとしての国別順位は存在せず、公開されている競技結果(英語)を元に情報オリンピック日本委員会が独自に作成したもの

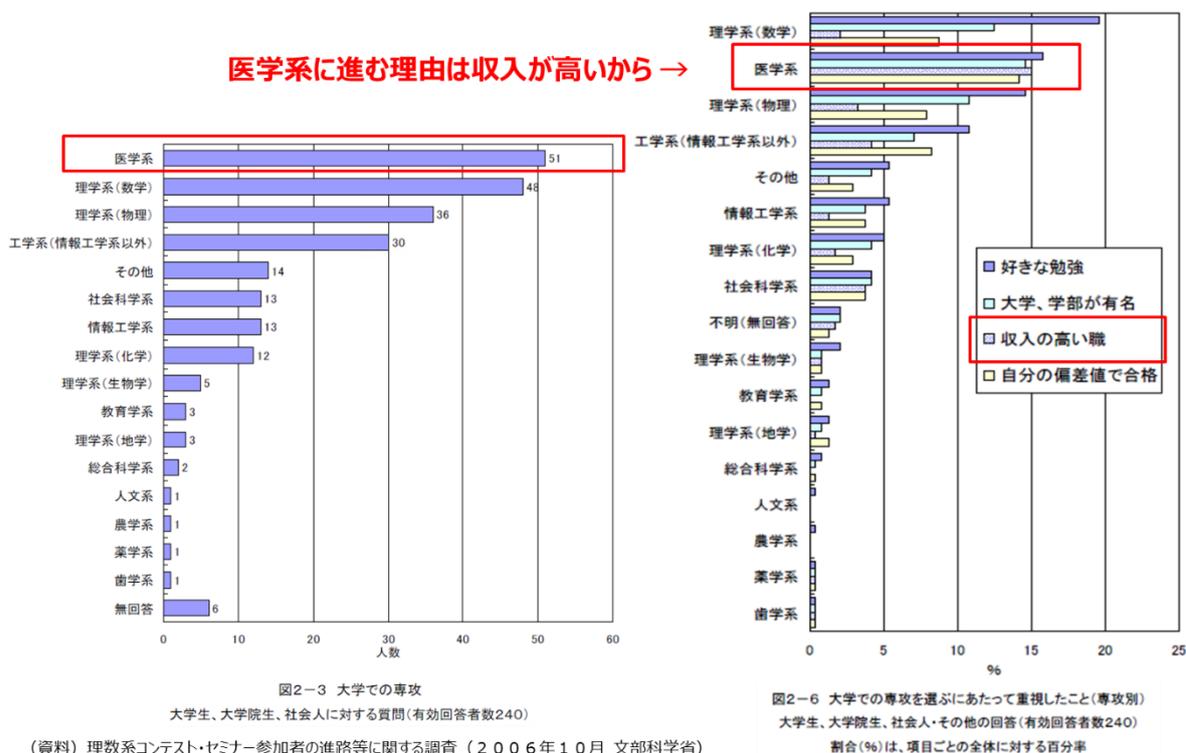
また、NPO 法人「数理の翼」では、フィールズ賞受賞者広中平祐氏の主催により、数理科学に強い情熱と資質を有する若者のために交流の機会の提供やセミナーを実施し、実績を挙げている。近年では、そうした若者同士が SNS を通じて知識を入手し、切磋琢磨しており、高度な数学の能力をもつ中高生の層が厚くなっているという指摘もある。¹²

これらを見る限り、我が国の未来を担う人材は数学に関して高いポテンシャルを有しており、我が国は「数理資本主義」の時代において優位を確保できると期待できる。

その一方で、国際数学オリンピックにおいて予選通過をした者の進路に関する調査では、医学系へ進む者が多く、特に収入が高い職に確実に就けるだろうことを重視していることが分かる。この調査は 10 年前のものではあるが、平成 29 年度（2017 年度）に進学校から国公立理系大学へ進学した者の 13%～39%が医学部を選択している状況を見ると、この傾向は大きくは変化していないと思われる。¹³

図 6 第 1 回「理数系人材の産業界での活躍に向けた意見交換会」資料 2 「経済産業省提出資料」 p.7

「国際数学オリンピックの予選通過者の進路等」



¹² 第 4 回「理数系人材の産業界での活躍に向けた意見交換会」資料 4 「加藤氏提出資料」より

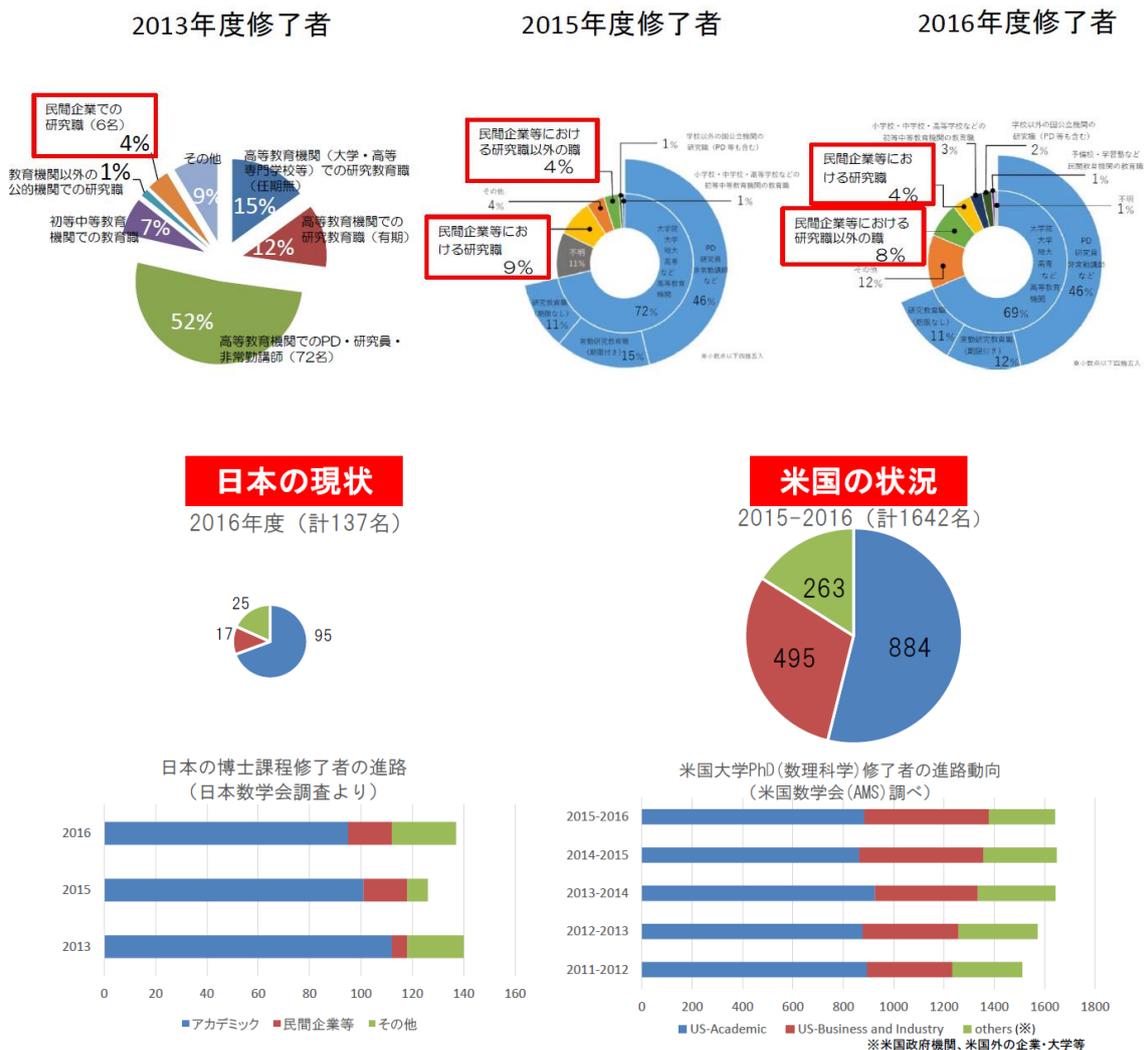
http://www.meti.go.jp/shingikai/economy/risukei_jinzai/pdf/004_04_00.pdf

¹³ 第 1 回「理数系人材の産業界での活躍に向けた意見交換会」資料 2 「経済産業省提出資料」 P.8

日本の若手数学者の博士後期課程を修了した者の進路状況については、修了後に高等教育機関に進むものが多く、約6割がPD（博士研究員）・研究員・非常勤講師や有期の研究教育職となっている。民間企業等に進む者は2013年から2016年にかけて増加しているものの、全体の12%程度となっている。

一方で、「American Mathematical Society」の調べによると、アメリカのPhD（数理学）修了者数は、ここ数年増加傾向にあり、なかでも産業界へ進む者が年々増え、2016年には全体の約30%となっている。アメリカの動向で注目すべきは、PhD修了者の数が日本の十倍以上である上に、産業界へ進むPhD修了者が増えている一方で、学术界に進むPhD修了者は必ずしも減っているわけではないという点である。

図7 第2回「理数系人材の産業界での活躍に向けた意見交換会」資料9「文部科学省提出資料」p.4、p.5
「博士後期課程修了者の進路等」



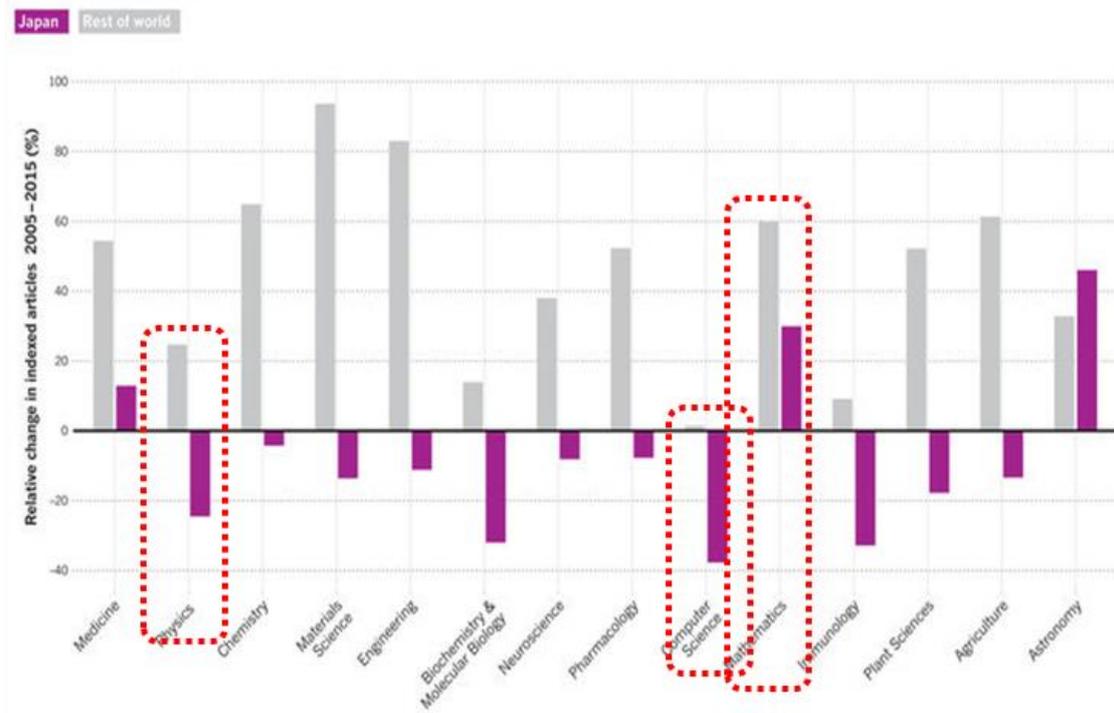
日本の学術界の状況については、「Nature Index」から、日本の科学研究が低下傾向にあるとのレポート（「Nature Index 2017 Japan」）が出されている。

「Nature Index 2017 Japan」によると、2005年から2015年の日本の論文出版数の減少率が最も大きかったのが計算機科学（37.7%）で、伝統的に日本が強い工学などの分野も含め、14分野中11の分野で論文の絶対数が減少しているという。数学や物理の分野では、論文数は増加しているものの、その伸びは世界に比べて明らかに鈍化している。

レポートでは、この低下傾向を逆転させることが出来なければ、科学先進国としての座を追われることになるとの警鐘を鳴らしているほか、こうした傾向により、若い研究者がフルタイムで働けるポジションが少なくなっている厳しい現状や産学連携の重要性も伝えている。¹⁴

図8 第1回「理数系人材の産業界での活躍に向けた意見交換会」資料2「経済産業省提出資料」 p.11

2005-2015年の日本の分野別論文数の変化



出典：NATURE INDEX 2017 JAPAN

¹⁴ Nature Index 2017 Japan Vol. 543 No. 7646 ppS1-S40

「数理資本主義」の到来により、数学の重要性が一層増してきている中、IT業界では、数学を専攻している学生を積極的に採用しようとする企業も出てきている。しかし、こうした企業の採用においても、学生が共同研究やインターンシップを通じて初めて企業のキャリアパスを知るなど、数学に対する企業ニーズが十分に浸透していないと言われている。

学生に企業ニーズを広め、数学を異分野で活用していくために必要な能力を身に付けるには、共同研究やインターンシップが効果的であるが、現状では企業の様々な領域における課題と数学を結びつけるための通訳者のような存在が必要となり、この通訳者がいない場合は、企業・大学の両方に大きなコストが生じ、共同研究等に踏み込めないという課題が指摘されている。

大局的に見れば、学術界において研究を極めたいとする優秀な若手数学者が育つことは、産業界にとっても重要であろう。このような優秀な若手研究者が、産業界と共通のテーマを持つことにより、学術界・産業界の両方が活性化し、良い成果が生まれる可能性が広がるからである。

研究者の可能性を引き出し、優れた研究成果を生み出していくためには、学術界・産業界のどちらかに進むというキャリアパスだけではなく、既存のクロスアポイントメントや兼職のような制度の活用を促進していく必要がある。また、大学において、主たる専門に加えた副専門分野の修得（メジャー・マイナー制）を促進することで、専門分野又は副専門分野として数学を学ぶ学生を増やすという方法も考えられる。

他方、企業側の理数系人材に対する理解や受入れ環境も十分とは言えない状況にある。従来より、製造業に国際競争力がある日本では、技術開発の中核となる人材はもっぱら「工学」出身であり、そのためか、「数学は役に立たない」という先入観が未だ残っているようである。しかし、「数理資本主義」が出現しつつある中、そのような先入観は時代遅れと言わざるを得ない。

高度な数学は、極めて抽象度が高いために、数学研究の具体的な成果をあらかじめ想定しにくい場合が少なくない。しかし、検索エンジンやAIの例でも明らかなように、統計学・解析学等の数学がソフトウェアのアルゴリズムを通じてイノベーションをもたらし、日常生活を一変させる可能性があるのが「数理資本主義」の時代である。したがって、短期的に具体的な成果を求めるようなマネジメントは避けるべきである。加えて、数学の研究においては、思考を繰り返す時間と、他の数学研究者との意見交換の場を通じて、新たなアイデアが生み出されるのであるから、企業は研究時間と研究交流の場を十分に確保することも重要である。

また、数学は研究する上での制約が少なく、女性が活躍できる余地が比較的大きいとい

う利点があるにも関わらず、数学を研究する女性が、産業界・学術界ともに、依然として少ないことも課題として指摘されている。¹⁵企業が「数理資本主義」の時代において、卓越した数学の才能を有する多様な人材の能力を引き出し、うまく活躍させるためには、働き方の多様性を許容する企業の柔軟なマネジメントが求められる。

さらに、企業が新たな価値の創出により、競争力の向上を図るとともに、高度な数学を習得した人材の積極的な採用や処遇の改善に取り組むことも重要である。こうして、人材ニーズを明らかにしていくことで、統計分析等の高度な数学を活用できる人材を輩出する教育プログラムの増加にもつながると考えられる。

「数理資本主義」の時代にふさわしい産業競争力を発揮していくためには、学術界・産業界の双方において、理数系人材が活躍できる仕組みを構築するとともに、数学研究のレベルが高い我が国の特長を活かしながら、産学連携の拡大により、リアルデータを用いた実践的な教育機会の拡大を進め、世界レベルで戦える人材を育てていくことが重要となる。

¹⁵ 数理女子 (<http://www.suri-joshi.jp/>) : 数学の魅力を多くの女性に知ってもらうことを目的に運営されているメディア。主に東京大学理学部数学科と慶応義塾大学理工学部数理学科の大学教員メインとなり運営をしており、元数学科出身のフリーアナウンサーや音楽家などが数学の魅力を伝える記事作成や親子を対象に数学の魅力を伝えるワークショップの運営等を行う。

4. 理数系人材育成に向けた政府の取組

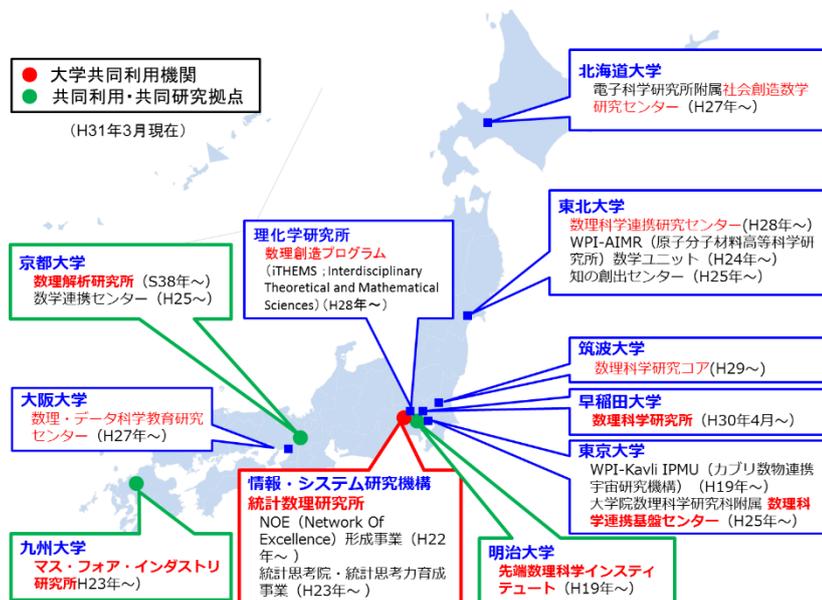
(1) 数学イノベーションの推進

「忘れられた科学—数学」の問題提起以降、文部科学省では、数学と諸科学や産業との協働を推進してきた。

具体的には、平成 19 年度（2007 年度）から数学と諸分野の共同研究等を推進するために「JST 戦略的創造研究推進事業」において「数学と諸分野の共同によるブレークスルーの探索」領域を実施してきたが、この成果をさらに発展させるため、平成 26 年度（2014 年度）からは新たな研究領域として、さきがけ「社会的課題の解決に向けた数学と諸分野の協働」領域、CREST「現代の数理科学と連携する数理モデリング」領域を発足させ、数学の力を活かした様々な研究が実施されている。

また、数学関連の全国共同利用拠点としては、もともと大学共同利用機関法人情報・システム研究機構統計数理研究所及び京都大学数理解析研究所が活動してきたが、これに加え、平成 25 年度（2013 年度）から平成 26 年度（2014 年度）にかけて、九州大学マス・フォア・インダストリ研究所及び明治大学先端数理科学インスティテュートが新たに全国共同利用・共同研究拠点に認定され、全国の産業数学や学際数学の研究者の共同利用拠点として活動を実施している。これらの全国の数学連携拠点の力を結集させ、数学と諸科学・産業界との連携によるイノベーションの創出を図るため、平成 29 年度（2017 年度）には、文部科学省委託事業である「数学アドバンスイノベーションプラットフォーム (AIMaP)」を開始し、九州大学マス・フォア・インダストリ研究所を中心に全国の大学等の数学連携拠点の力の結集により、数学と諸科学・産業界との協働の促進や数学の応用事例の発信等を実施している。

図 9 全国の数学連携拠点（数学・数理科学と諸科学・産業との協働の主な拠点）



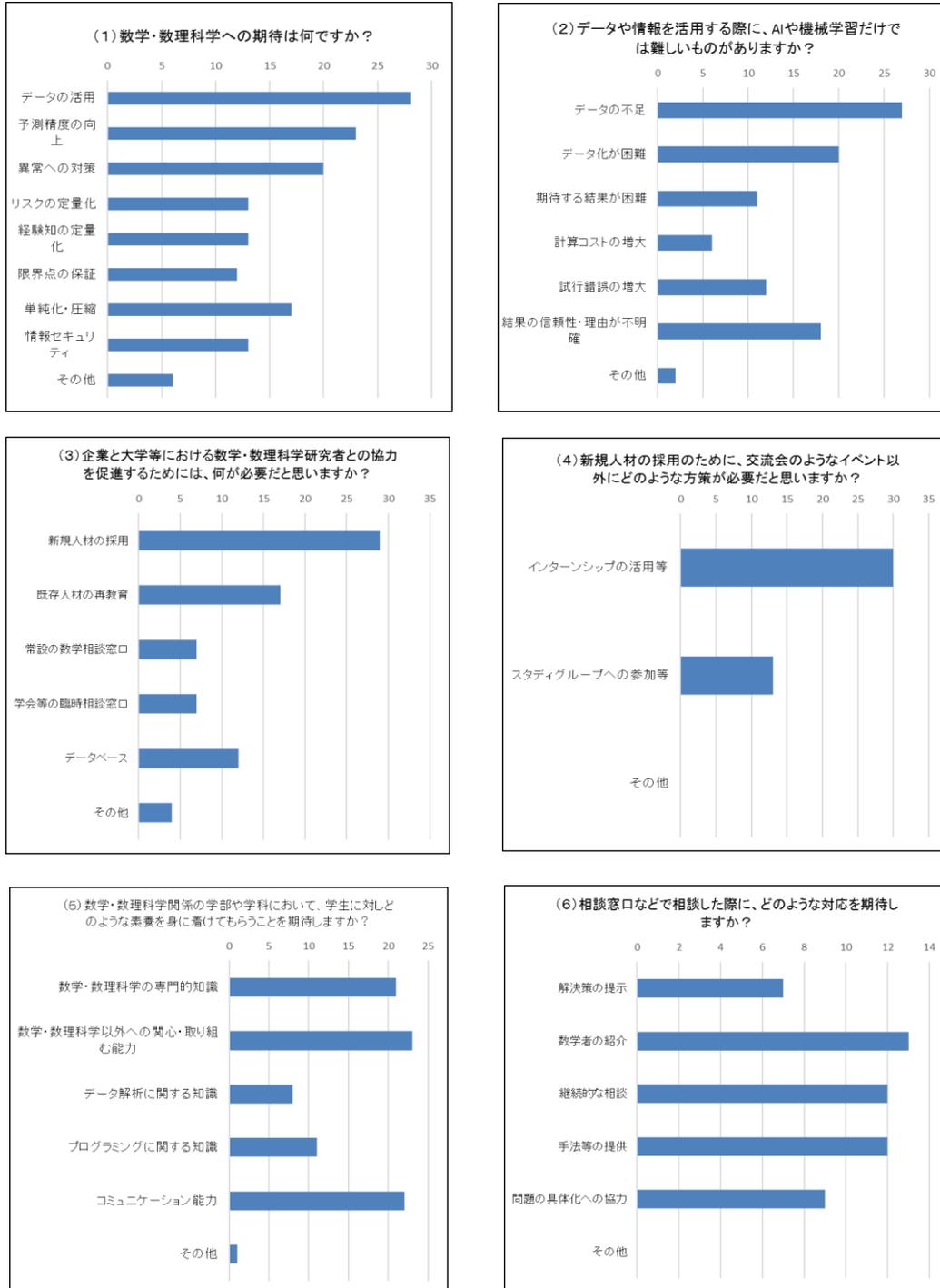
さらに、2014年以降、数学博士課程の修了者から産業界へ進む者が数人しかいないという状況を打破するため、日本数学会の産学の有識者からなる社会連携協議会が中心となり、数理科学を社会に活用できる人材の育成や企業とのマッチングを支援する「数学・数理科学専攻若手研究者のための異分野交流会」を開催している。

交流会では、数学専攻の学生にとってはあまり機会がない企業へのポスターセッションや企業との交流会を通じ、数学に馴染みのない企業の担当者に対して、どのように数学が応用できるかを説明するなど、コミュニケーション能力の向上を図っている。

交流会に参加した企業へのアンケート調査によると、数学・数理科学への期待するところは、データの活用が最も多く、学生に求める素養としては、数学・数理科学以外への関心や取り組む姿勢、コミュニケーション能力となっている。さらに、企業と大学等における数学・数理科学研究者との協力促進に必要なこととしては、「新規人材の採用」や「既存人材の再教育」のほか、「数学・数理科学研究者のデータベースが必要」との声も多く、相談窓口などがある場合に望むこととしては「数学者の紹介」が最も多いなど、多くの企業が数学・数理科学者との接点を求めているが、協働のための情報不足を課題と感じている。

図 10 第 3 回「理数系人材の産業界での活躍に向けた意見交換会」資料 6「文部科学省提出資料」p. 2、p. 3、p. 4

数学・数理科学専攻若手研究者のための異分野・異業種研究交流会アンケート集計結果



(2) 大学における数理・データサイエンス教育等の推進

① 全ての学生が基礎的素養を身につけられる教育システムの構築

Society5.0 社会においては、広範囲かつ目的に整合したデータの取得を前提として、それらのデータに内在する本質的構造を見極め、数理的思考に基づいて解析・問題解決を行う能力、つまりデータサイエンスを活用して新たな価値を生み出し、有用なシステム構築につなげる能力が求められている。このため、数理的思考力とデータ分析・活用能力を持つ人材の育成が必須となっており、社会に価値やサービスを生み出すという目的に合致した大学教育システムの構築が急務となっている。

文部科学省では、全ての学生がどの学部に進学しても数理的思考力とデータ活用能力を身に付けることができる教育体制の構築を目指し、大学における数理及びデータサイエンス教育の強化の方策を検討するため、平成 28 年度（2016 年度）に「数理及びデータサイエンス教育の強化に関する懇談会」を設置し、議論の取りまとめを公表した。取りまとめにおいては、大学における数理・データサイエンス教育の現状は、

- 数学や統計を一般教育・専門基礎教育科目として設けている大学もあるが、その多くは自由選択や理系のみ必修・選択必修となっている
- 数理・データサイエンスが社会においてどのように活用しうるかを教えられる教員は少ない

といった指摘がなされ、今後は、専門分野を超えて、数理・データサイエンスを中心とした全学的・組織的な教育を行う組織を整備し、人材育成の取組等を支援することが必要であるとされた。これらを受け、6 大学（北海道大学、東京大学、滋賀大学、京都大学、大阪大学、九州大学）を拠点大学として整備し、従来の文系理系の枠を超えた全学的な数理及びデータサイエンス教育を実施するとともに、拠点間においてコンソーシアムを形成し、学生が身に付けるべき基本的な素養や、学修成果の評価方法等を体系化した標準カリキュラムの策定・活用等による数理・データサイエンス教育の全国の大学への普及・展開を推進している。平成 31 年度（2019 年度）からは、20 大学を協力校として整備し、文系の学生向けなど、複数のレベルに対応した実践モデルの構築といった、標準カリキュラム等を活用した全国展開の加速化を図ることとしている。

② 数理・データサイエンス教育の全国展開の今後の方向性

全ての学生が数理的思考力とデータ活用能力を身に付けるためには、標準カリキュラムの策定・活用等による数理・データサイエンス教育を受けることのできる教育体制の構築

に加え、数理・データサイエンスに関する学修成果が社会で評価され、学生が主体的に数理・データサイエンスを学びたいと思える環境を構築することが重要である。

このため、産業界、大学等、関係省庁（内閣府、文部科学省、経済産業省）の産学官による連携のもと、数理・データサイエンスに関する社会のニーズを踏まえた教育内容をレベル別に設定し、教育プログラムを認定するとともに、例えば、採用活動等における認定プログラム活用につなげる仕組みの構築などの検討を進めている。

③ 様々な分野でデータサイエンスの応用展開を図る専門人材の育成

膨大なデータが溢れる時代において、数理的思考やデータ分析・活用能力を持つ人が戦略的にデータを扱うことによる経営等への影響は極めて大きい。我が国が国際競争力を強化し、世界に先駆けて Society5.0 を実現していくためには、データから新しい価値の創造を見いだせる人材（データサイエンティスト）の育成が急務となっている。

このため、文部科学省では、平成 30 年度（2018 年度）から、産学官による実践的な教育ネットワークを構築し、文系理系を問わず様々な分野へデータサイエンスの応用展開を図り、それぞれの分野でデータから価値を創造し、ビジネス課題や社会課題に答えを出す人材、いわゆるデータサイエンティストを育成する取組を支援している。北海道大学や大阪大学をはじめとした 5 大学の取組を選定し、産業界・複数大学・地方公共団体等との協働により実践教育プログラムを開発・実施し、その成果を広く全国に普及させることとしている。

【事例 1：北海道大学における取組】

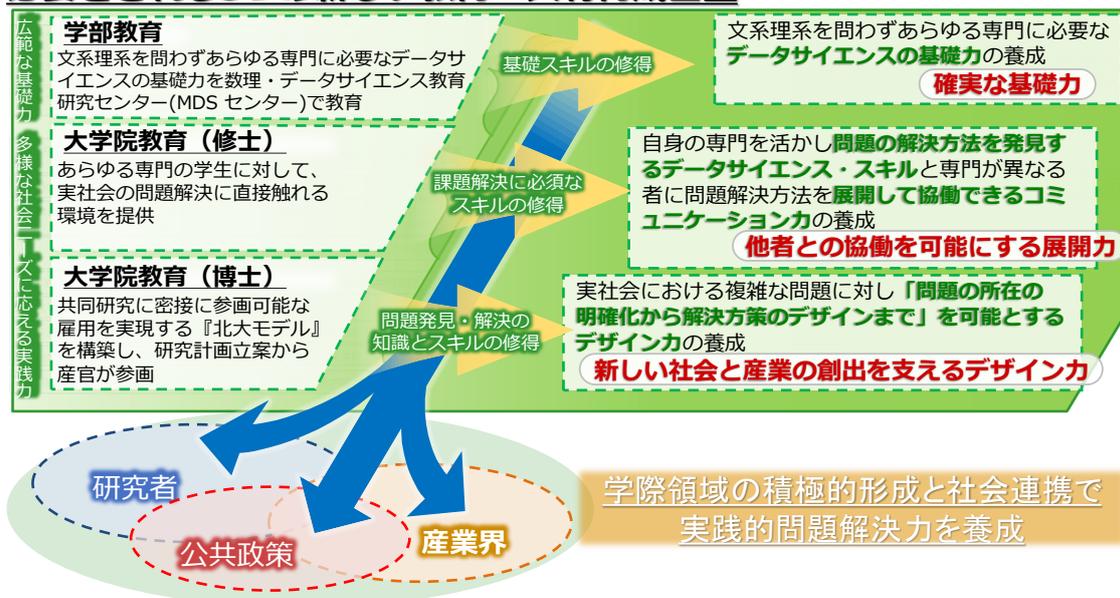
北海道大学における全学的な数理・データサイエンス教育は、教育段階に応じた複数の教育プログラムを実施しており、1 年次全学生を対象とした「一般教育プログラム」は、データサイエンスの基礎的要素を身に付けるための科目で構成している。中でも AI や深層学習の基礎となる Python プログラミングを含む「情報学 I」は 1 年次（約 2,500 人）の必修科目として位置づけている。専門教育段階の「専門教育プログラム」では、全学部から抽出したデータサイエンスに関係する約 100 の専門科目を生命・数理・社会の 3 分野に分けて基礎と発展の 6 つのコースとして全学を対象に開講し、「一般教育プログラム」とともに、一定の要件を満たした学生に修了証を発行している。加えて、卒業研究時の学生を対象として、オーダーメイド型の「実践教育プログラム」を開設し、実データの解析・応用をもとに、様々なニーズに対応できる課題解決力を養成し、異分野連携型の卒業研究が可能となる体制を構築している。

全学部への展開にあたっては、大学独自の「数理・データサイエンスプラットフォーム」を構築し、学生が習熟度に合わせて学ぶことができる教育支援システムや企業、地方公共団体等から提供された教材用データを用いて学習できる体制を整え、今後、他大学での活用も視野に入れている。

また、北海道大学では、より高度な教育・人材育成事業として、修士課程や博士課程への展開も進めている。大学院修士教育においては、自身の専門を生かし問題の解決方法を発見するデータサイエンススキルと専門が異なる者と協働するコミュニケーション力を養成する。さらに、大学院博士教育においては、実社会における複雑な問題に対し、「問題の所在を明確にし、その解決のための手法を適切に選び出すデザイン力」の養成を目指している。(図 11)

図 11 北海道大学 数理・データサイエンス教育研究センターにおける教育ビジョン

必要とされる3つの新しい教育・人材育成基盤



特に、大学院博士育成においては、より高度で実践的な力を養成するため、企業や自治体と連携し、実際の問題解決に協働で取り組むコンソーシアムを学内に設置する仕組みの整備に取り組んでいる。平成 31 年度 (2019 年度) には、その仕組みを利用し、我が国で急速に進む社会インフラの老朽化問題の解決に取り組む「次世代スマートインフラ管理人材育成コンソーシアム」を立ち上げる予定であり、企業参画の体制が確定している。(図 12)

図 12 人材育成基盤「北大モデル」を実践する「次世代スマートインフラ管理人材育成コンソーシアム
(文部科学省「データ関連人材育成プログラム(D-DRIVE)」事業)



【事例 2：大阪大学における取組】

大阪大学の数理・データ科学教育センター (MMDS) では、前身の金融保険センター (CSFI) から運営してきた大学院生向け副プログラムに加えて「数理・データアクティブラーニングプラン」を策定し、全学部生向けに数理・データサイエンスの素養を身に付けるための教育を展開している。データサイエンスは現実を知る学問であり、数理科学は現実の背後にある原理を明らかにするものとの考えから、現実、数字、モデル、数式、解析、応用を掛け合わせて全体を理解できる人材育成を目指しており、このプランは、様々な領域から数理やデータに関係する要素を抽出して組み合わせることで、実践的な能力を学べる内容となっている。

関西地区では、6 大学によるコンソーシアムを形成し、数理・データ・バイオ・医療などに関する共通プログラムを展開していくことで、博士人材の育成を推進するとともに、産業界・自治体・研究所等とのネットワークを構築し、社会人教育やインターンシップ、スタディグループの推進も併せて行うことで、数理・データサイエンス人材の活躍を推進している。

(3) 工学系教育改革における工学基礎教育の強化

我が国の工学部は、明治以来の学科・専攻の編制に基づく一つの分野を深く学ぶモデルが成功体験となってきたが、今後は、AI、ビッグデータ、IoT、ロボットなど Society 5.0、そしてその先の時代に対応し、我が国の成長を支える産業基盤強化とともに、新たな産業

の創出を目指す工学の役割を再認識し、それらを支える人材のための工学系教育の革新が喫緊の課題である。

文部科学省では、2017年1月に大学・産業界の有識者で構成される「大学における工学系教育の在り方に関する検討委員会」を設置し、社会及び産業界の変革への対応、各大学の特性を生かした多様性の創出が可能となる工学系学部・大学院の教育体制・教育課程の在り方等について重点的に検討を行った。これらの議論の中で、緊急的に取り組むべき事項を2017年6月に「中間まとめ」として取りまとめた。

中間まとめでは、学科・専攻ごとの縦割りの見直しや、メジャー・マイナー制の導入について提言されているが、加えて、大学の工学系学部において、数理・データサイエンスに関する専門基礎科目の開講状況は、「統計学」、「確率論」を除き全体的に低いが、企業では、これらの実務での必要性を比較的高く考えていることも指摘されている。こうしたことから、数理・データサイエンスを含む、数学・物理等の専門基礎科目を今後更に充実していく必要性についても提言がなされた。

また、中間まとめにある取組のうち、重点的に講ずべき施策について議論を行った「工学系教育改革制度設計等に関する懇談会」の取りまとめにおいても、数学、数理・データサイエンス（確率・統計を含む）について、工学系基礎教育のモデル・コア・カリキュラムの中でも工学全体必修科目としての導入が可能になると提言がなされた。

これらの方向性を踏まえ、2018年度には「科学技術の社会実装教育エコシステム拠点の形成事業」を実施し、4大学（北海道大学、埼玉大学、名古屋工業大学、金沢工業大学）において、工学基礎教育モデル・カリキュラムの先導的開発等に取り組んでおり、今後、他大学への普及を図ることとしている。

(4) インターンシップの推進

経済産業省では、イノベーション創出人材の育成を目的として、修士・博士人材が、企業の研究現場等において2か月以上の中長期研究インターンシップを行うことを推進している。中長期の研究インターンシップの推進にあたり、企業側には大学とのマッチングや雇用契約・守秘義務契約等のコストがあり、大学側には学業との調整が研究室単位では

【契約書雛形の標準項目例】

- ・実施計画書 ・実施機関 ・実施費用 ・服務規程順守 ・災害補償 ・損害補償 ・秘密情報の保持
- ・知的財産権 ・成果の取扱 ・第三者機関への派遣 等

困難との課題があった。そのため、平成 24 年に産学のメンバーからなる検討会を立ち上げ、「中長期研究インターンシップガイドライン」を策定するほか、企業と大学との契約に関する標準項目等を示す契約書の雛形を作成している。

また、大学と企業からなる「一般社団法人産学協働イノベーション人材育成協議会（平成 26 年 1 月設立）」において、ガイドラインや企業と学生のマッチングシステム（オンライン）等を活用しながら、中長期研究インターンシップを推進しており、平成 26 年度から平成 29 年度の 4 年間で累計 233 名が参加している。

図 13 第 3 回「理数系人材の産業界での活躍に向けた意見交換会」資料 4「経済産業省提出資料」p. 2



さらに文部科学省では、優れたインターンシップを広く全国に普及させるための「届出・表彰制度」を創設し、平成 30 年 12 月に文部科学省として初めて表彰式を開催した（最優秀賞：山形大学、選考委員会特別賞：恵泉女学園大学、優秀賞：長岡技術科学大学、大阪大学、亜細亜大学、東京工科大学、湘北短期大学、仙台高等専門学校）。加えて、日本学生支援機構と連携しながら、教育的効果の高いプログラムを構築・運営する専門人材の育成・配置等に取り組んでいる。

【長岡技術科学大学における取組】

長岡技術科学大学のインターンシップは、大学院への進学も視野に入れた必修科目とし

で設計され、例えば情報・経営システム工学課程の学生では情報系を含めた企業等へ約5か月間、学生の適性或専門性等を考慮した長期のインターンシップを行うなど、大学の特色や目的が連動した取組となっている。

特に、インターンシップのPDCAに当たっては、報告書や受入企業等の責任者からの「評定書」だけでなく、修士課程修了後5年以上経過し、社会人として実務に携わっている修了生を対象としたアンケート調査を実施し、インターンシップの効果の検証を行っている。

さらに、「実務訓練シンポジウム」や「実務訓練報告会」の開催のみならず、学内に「実務訓練委員会」を設置するなど、全学的な取組となっているだけでなく、大学として「実務訓練責任者」を企業等に委嘱するとともに、インターンシップ実施期間中の担当教員による企業への訪問等により、組織対組織の産学協働の仕組みを構築している。

(5) IT・データ人材の育成

① 成長分野を支える情報技術人材の育成拠点の形成(enPiT)

社会の様々な場面でサイバーセキュリティ、IoT、ビッグデータ、人工知能(AI)、組込みシステムなど情報技術の活用が急速に広がり、社会の発展に欠かせないものとなっている。社会構造や価値観が複雑化する現代社会においては、情報技術の高度な利活用が必須であり、社会的問題の本質まで掘り下げて解決策を描くことができる高度で実践的な情報技術人材の育成が求められている。

文部科学省では、「成長分野を支える情報技術人材の育成拠点の形成(enPiT¹⁶)」において、産学連携により企業等の実際の課題に基づく課題解決型学習(PBL: (Project Based Learning))等の実践教育の取組を推進している。この取組は、平成24年度(2012年度)から28年度(2016年度)まで大学院生向けに実施し、平成28年度(2016年度)からは大学学部生向けにも取組を拡大して複数の大学と産業界によって、ビッグデータ・AI、セキュリティ、組込みシステム、ビジネスシステムデザインの4分野にわたって実践的な情報教育を実施している。

ビッグデータ・AI分野では、スーパーにおける実際の販売データを活用した自動発注システムによる売り上げシミュレーション等、実データを用いたPBL等を通じ、ビッグデータ処理、AI、クラウドに関する技術を活用して、社会の具体的な課題を解決できる人材の育成を目指した実践的な教育プログラムを開発・実施している。

さらに、平成29年度(2017年度)からは、社会人の学び直しのための体系的教育プログラムの開発・実施を推進している。これにより、全国の大学への実践教育の普及や、情

¹⁶ enPiT(エンピット): Education Network for Practical Information Technologiesの略

報技術を高度に活用して社会の具体的な課題を解決できる人材の育成を目指している。

② 未踏 IT 人材発掘・育成事業

我が国における情報技術（IT）関連分野の発展に不可欠な突出した IT 人材の発掘・育成が、我が国の国際的な競争力を高める上で重要な課題となっている。

経済産業省は、ソフトウェア関連分野においてイノベーションを創出することのできる独創的なアイデア、技術を有する優れた個人を発掘・育成することを目的に、独立行政法人情報処理推進機構（IPA）を通じて「未踏 IT 人材発掘・育成事業」を実施し、2000 年の事業開始からこれまで約 1,700 名の人材を発掘・育成している。また、2017 年度から、未踏的 IT 人材のアイデアを活かした起業・事業化を支援し、その実現を通じて人材の育成を行う「未踏アドバンスト」事業を開始している。2018 年度からは、将来的に世の中を抜本的に変革でき得る先進分野をテーマとし、当該分野をリードできる人材を育成する「未踏ターゲット」事業を開始した。2018 年度は、「アニーリングマシン」、「ゲート式量子コンピュータ」を活用するためのソフトウェア研究開発をテーマに、IT・物理等の分野の垣根を越えた人材育成を実施している。

③ 第四次産業革命スキル習得講座認定制度

経済産業省では、IT・データを中心とした将来の成長が強く見込まれ、雇用創出に貢献する分野において、社会人が高度な専門性を身に付けキャリアアップを図る専門的・実践的な教育訓練講座を経済産業大臣が認定する「第 4 次産業革命スキル習得講座認定制度」を平成 29 年 7 月に創設し、社会人の学び直しを支援している。

これまでの認定では、56 講座のうち、AI やデータサイエンス分野の講座が 35 講座を占めるなど、統計学・数学の知識とビジネススキルを身に付け、実践的な演習を通じ、独力で「課題の発見と解決」や「新ビジネスの創出」をリードしていける人材の輩出を目指す教育訓練講座への期待の高まりが感じられる。

④ 基本情報技術者試験の出題の見直し(理数能力の重視)

IT に関する基本的な知識・技能を評価するための国家試験である「基本情報技術者試験」では、AI の社会実装が進展していることや「未来投資戦略 2018（平成 30 年 6 月 15 日閣議決定）」の中で理数能力の重要性が示されていることを踏まえ、試験における理数能力を重視するため、線形代数、確率、統計などの数学に関する出題比率を向上させ、2019 年の秋試験から適用を開始する¹⁷。

¹⁷ 「基本情報技術者試験における出題を見直し」 <https://www.ipa.go.jp/about/press/20190124.html>

5. 産学官連携の取組

(1) 理数系人材の PBL・研究インターンシップ

① 世界における PBL・研究インターンシップ

世界における数学の PBL は、1968 年にオックスフォード大学で生まれた Study Group with Industry に始まると言われており、学生の育成だけではなく、PBL を通じて教員と企業の共同研究が始まり、これがさらに学生の関心を集めるというサイクルが注目され、欧州全域に広がっていった。

アメリカでは、カリフォルニア大学ロサンゼルス校の IPAM(Institute for Pure and Applied Mathematics)やブラウン大学の ICERM (The Institute for Computational and Experimental Research in Mathematics) において、社会課題をテーマに設定し、そのテーマに基づく研究者を集め、研究所や産業界から提案を受けたプログラム等を実施している。また、最近では、イリノイ大学のアーバナ・シャンペーン校のように、組織的に数学の博士課程における研究インターンシップを推進する動きも見られている。

② マス・フォア・インダストリ研究所(九州大学)

日本では、九州大学が、平成 23 年 4 月に「マス・フォア・インダストリ研究所 (IMI)」を創設し、産業界の要請に応える共同研究や若手研究者の育成などに関する先駆的な取組を行っている。IMI の教員のバックグラウンドは、代数学、幾何学系なども含むおおよそ数学の全分野をカバーしており、産業数学の研究所としては国際的にも例をみない特長的なものであり、きわめて現代的でユニークなものとなっている。この IMI の取組のベースとなるのは、スタディグループ・ワークショップと研究インターンシップである。

スタディグループ・ワークショップでは、数理的・数学的な問題（数学を使えば解決に至ると期待できる課題）等の未解決問題を企業から提案・解説してもらい、数学の研究者や学生が一週間程度の会期中に解決を目指していく。この取組を通じて、企業にとっては、問題の解決や解決の糸口の発見、問題が数学的に明確にできる等の効果や数学者と企業の協働研究への発展につながる。また、学生にとっては産業や異分野の問題に触れることで、興味・関心が広がり多様なキャリアパスにつながる効果がある。

研究インターンシップでは、最低 3 か月以上、企業の R&D 部門が大学院生をインターンシップとして受け入れ、実際の研究開発に従事する。インターンシップの受入れ前には、企業と学生のマッチングを行い、企業から知っておくべき知識や論文等を学生に提示し、学生が予習等をする機会を設けるとともに、受入れ後のフォローのためにメンターも配置

している。これまでに、80名以上の数学博士課程の学生が、20社以上の企業で研究インターンシップを実施しており、共同研究や論文発表への発展のほか、学生のキャリアパスの広がりにも繋がっている。

この研究インターンシップの取組は、海外でも展開している。海外長期インターンシップでは、学生の生活環境や語学の壁を取り除くため、まずは数か月の間海外の大学へ通い、環境に慣れた後に企業でのインターンシップを実施するプログラムとなっている。

なお、このような海外企業でのインターンの実施やスタディグループの国際展開を始め、海外との連携基盤のひとつになっているのが、オーストラリア・メルボルンにあるラ・トロブ大学に2015年に設置した九州大学 IMI 分室である。そこには2名の教員（承継職）を配置している。オーストラリア・ニュージーランドは数学のレベルが高く、さらに欧米、特に英国の影響を色濃く受けていることもあり、純粋数学・応用数学・統計学のバランスもよい。例えば、オックスフォード大学から始まったスタディグループの歴史も古く CSIRO（Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation）なども深く関与している。

また、九州大学では、数学・統計学を基盤とする卓越した独創的研究能力とグローバルな活躍に必要な英語力を育み、海外インターンシップの推進や海外企業とのコミュニティ作りを推進してリーダーシップの涵養を図るための体系的な5年一貫の学位プログラムを創設・運営している。さらに他の5大学とともに九州大学でも、数理・データサイエンスセンターを設立し、その教育を推進している。IMI がその主翼の一部を担っていることもあり、数学からの視点も少なくない。

このほか、IMI が牽引して設立した Asia-Pacific Consortium of Mathematics for Industry は、文字通りアジア太平洋州における産業数学の振興について、欧米の産業界・アカデミアの研究者を巻き込みながら進めている。なかでも、九州大学が IMI を設立する以前の2007年から年に一度、テーマを決め開催してきた国際会議 Forum Math-for-Industry は、当初の日本での開催から、2016年にブリスベン、2017年にホノルル、2018年に上海と海外持ち回りで開催している。2019年はオークランド、2020年はハノイ開催が決まり、その後も、メルボルン、バンコクが招致のために立候補しており、さらには、NIMS（National Institute for Mathematical Sciences（韓国））も招致のための検討を始めている。ここでは、企業において数学を使う研究者の参加もあり、国内外の大学院生・ポスドクの国際的環境下における育成が積極的に図られている。また、例年20件以上行っている企業との共同研究も、大学院生が主力として参加するなどして成果をあげている。

③ 東京大学大学院数理科学研究科と産業界の連携

東京大学大学院大学数理科学研究科では、九州大学マス・フォア・インダストリ研究所 (IMI) とともに連携しつつ、スタディグループ・ワークショップを年間 3 回程度開催し、企業等から提示された課題について数学の研究者や学生が一週間程度の会期において集中的に議論を重ね、数学的なアプローチによる解決策を検討している。特に 3 回のうち 1 回は、環境数理スタディグループとして、汚染予測などに関する課題に取り組んでいる。

平成 28 年度 (2016 年度) からは、数物フロンティア・リーディング大学院 (FMSP) の活動の一環として、大学院数理科学研究科を中心とした博士課程の FMSP コース生 30 名を対象に、1 年近くの長期間にわたり、製造業、コンサルタントなどの企業や気象、海洋関係の研究所などから提示された課題の解決策について検討を重ねる社会数理実践研究を行っている。これは、長期型のスタディグループ・ワークショップとも言うべき活動であり、これまでの成果は数理科学実践研究レターとしてまとめられている。そして、製造業やコンピュータ関係の会社の工場・研究所での見学会や交流会も実施し、大学院生が多く参加している。

この活動に参加した学生にとっては、数学が企業の抱える問題の解決に役立つことを知る良い機会となっており、コース生の中の 20% は博士号 (数理科学) 取得の後、企業に就職している。一方、数学での博士号取得者が企業にとっていかに重要かは、産業界からも認識されつつある。実際、コース生を雇用した産業界側からは次のような意見があった。

「研究現場では、データ提供者である実験研究者達のニーズに向き合い、最速で最良の課題解決方法の提案が求められることに加え、データが扱う問題の専門分野は多岐に亘っている。従って、既存のデータ解析法を単に持ってくるだけでは大抵上手くいかず、データ提供者のニーズに適合する方法をゼロベースから考え構築する必要がある。数学は、理学・工学他、既存理論の主張を一貫した思考の枠組み上で理解し、統合するための共通言語体系であるので、FMSP 修了者のように、数学の専門性を究め、実践研究を経験している人材であれば、先入観なしにデータ提供者と対話ができ、問題の本質を見抜き、関連する学術理論の原理・原則に乗っ取り、ニーズに最も適した課題解決法の提案が可能である。」

そして、これらの活動が契機となり、本研究科において、新日鐵住金株式会社による社会連携講座「データサイエンスにおける数学イノベーション」が平成 30 年度 (2018 年度) より設置され、この講座に関連したものを含めて、産業界と複数の共同研究が進行している。

④ 東北大学と産業界の連携

カリフォルニア大学ロサンゼルス校の IPAM では、大学学部生を対象に、スポンサー企業が数学的課題を出し、学部生 5~6 人のチームが 3 か月をかけて解決する RIPS (Research in Industrial Projects for Students) を 2001 年から継続して実施している。この取組は、企業への就職ということに対して学生のメリットになるという特徴もあることから、約 30 人の定員に 800 名以上の応募がある。

この取組を国際展開する目的で、東北大学において数理科学連携研究センターと材料科学高等研究所の合同により、GRIPS-Sendai2018 (Graduate-level Research in Industrial Projects for Students) が開催された。

GRIPS-Sendai2018 では、トヨタ自動車株式会社と日本電気株式会社がスポンサーとなり、アメリカから 4 名、日本から 6 名の学生が参加した。

トヨタ自動車株式会社からは、自動運転が実現している近未来における「e-Palette」運用の最適化戦略を、現実の移動データを用いて検討・構築する課題、日本電気株式会社からは、Wi-Fi 環境を用いた高精度の室内測位を実現するための新たなアルゴリズムを探索する課題を設定し、各 5 名のチームで課題解決に取り組んだ。

トヨタ自動車株式会社の課題では、仙台都市圏パーソントリップ調査とニューヨーク市におけるタクシーの乗降データから条件設定を行い、公共交通として都市における需要に対して何台の e-Palette が必要であるかについて、顧客満足度（待機時間・遅延時間）をコストとみなした際の総利益最大化問題で解くなど、自動運転によるモビリティサービスでのインセティブ設計に対する示唆が得られた。また、運行コストの最小化の観点から、充電デポットの最適化配置を検討するとともに、建築デザインを学ぶ学生を中心に都市近郊での集約型急速充電ステーション配置の可能性を導出した。参加学生は、数学を含む幅広い分野から集まり、そのダイバーシティを活かしたグループ研究を展開した。数学を専門としない工学系分野の参加学生からは、「数学は面白いのだということを初めて感じた。」「数学があれば異なる分野の人たちが協力して働けるのだということを知った。」など、満足感と驚きを合わせた実感が寄せられた。

この実践的な取組を通じ、参加学生と企業の双方が、社会的課題解決と経済成長の同時解決モデルをチームワークと数学応用によって導出できるという確かな手ごたえが得られるとともに、グローバルイノベーション創出には、共通言語となる数学が不可欠であり、理数系人材の育成と活躍が必須であることを実感する結果となった。

(2) 国立研究開発法人における取組

国立研究開発法人理化学研究所では、理論科学・数学・計算科学の研究者が分野の枠を越えて基礎科学研究を推進する国際研究拠点として、数理創造プログラム (Interdisciplinary Theoretical and Mathematical Sciences Program (iTHEMS)) を 2016 年度からスタートし、活動をしている。

この取組は、「数理」を軸とする分野横断的手法により、宇宙・物質・生命の解析や社会における基本的問題の解決を図ることを特徴としており、数学、物理、計算科学、宇宙科学、生物学・生化学など多様な分野の若手研究者が、分野の枠を越えて同じ場所で研究活動を行っている。分野横断型のスクール・ワークショップの開催、日常的な異分野交流の場の設定などを通じて、ブレークスルーをもたらす研究土壌の開発や若手人材の育成を推進している。また、国内の大学や海外の研究機関等との連携を通じ、国際頭脳還流ネットワークを構築している。さらに、企業や社会で数理がどう使われているかを知るための産学連携レクチャーを定期的で開催しており、企業の数理科学研究者との交流を通じて企業との共同研究に発展した例も生まれている。

国立研究開発法人産業技術総合研究所においても、情報・人間工学領域において、理数系人材が多く活躍している。また、企業と大学との「橋渡し」を担う中核プラットフォームである「冠ラボ」や「オープンイノベーションラボラトリ」の取組などを通じて、分野の枠を越えた研究開発や人材育成を推進している。

6. まとめ

現在、我々は、経済社会のあらゆる場面がデジタル化されていく「第四次産業革命」を目の当たりにしている。我々が、AI、ビッグデータ、IoT といった言葉を耳にしない日はないほどである。これらの現象の底流にあるのは、数学が国富の源泉となる世界—「数理資本主義」の出現である。

「第三次 AI ブーム」の到来により、産業界は、数学が企業の競争力の勝敗を決する時代になりつつあることに気づき始めており、理数系人材の積極的な獲得に向けて動く企業も増えている。学术界においても、データサイエンス学部の創設など、数学における産学連携や産業界への理数系人材の供給に積極的に取り組もうとする動きがある。この潮流をより拡大し、さらに確かなものにしていかなければならない。

また、我が国の数学の能力は、決して他国に引けを取るものではなく、優れた数学の能力を有する若い人材にも恵まれている。この未来を担う人材を育て、活かしていくために産学官が密接に連携・協働し、我が国の数学を一層発展させ、数学と異分野との融合による諸科学の発展を強力に推し進めていかなければならない。

7. 「理数系人材の産業界での活躍に向けた意見交換会」開催概要

<意見交換会開催実績>

- 第1回 2018年 8月 8日
- 第2回 2018年 10月 15日
- 第3回 2018年 12月 14日
- 第4回 2019年 1月 31日

<意見交換会委員名簿> ※氏名五十音順 敬称略

<産業界>

- 穴井 宏和 株式会社富士通研究所 人工知能研究所 プロジェクトディレクター
- 曾我部 完 株式会社グリッド 代表取締役
- 高原 勇 筑波大学未来社会工学開発研究センター センター長 特命教授 兼
トヨタ自動車株式会社 S-フロンティア部 主査
- 西原 基夫 日本電気株式会社 執行役員 (中央研究所担当)
- 矢野 和男 株式会社日立製作所 フェロー 理事

<大学等>

- 木村 正人 金沢大学理工研究域 数物科学系 教授
- 小谷 元子 東北大学材料科学高等研究所 研究所長・教授
- 鈴木 貴 大阪大学数理・データ科学教育研究センター 特任教授
- 長谷山 美紀 北海道大学数理・データサイエンス教育研究 センター センター長
- 若山 正人 九州大学理事・副学長

<オブザーバ>

【第3回】

- 長瀧 重博 理化学研究所数理創造プログラム 副プログラムディレクター
- 前田 吉昭 東北大学研究推進・支援機構知の創出センター 特任教授

【第4回】

- 大田 佳宏 Arithmer 株式会社 代表取締役社長兼 CEO
- 加藤 文元 東京工業大学理学院数学系 教授
- 北川 拓也 楽天株式会社 常務執行役員 テクノロジーディビジョン CDO
- 三宅 陽一郎 株式会社スクウェア・エニックス テクノロジー推進部
リードAIリサーチャー