

# 数理資本主義の時代

～数学パワーが世界を変える～

## (サマリー)

第四次産業革命を主導し、さらにその限界すら超えて先に進むために、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！

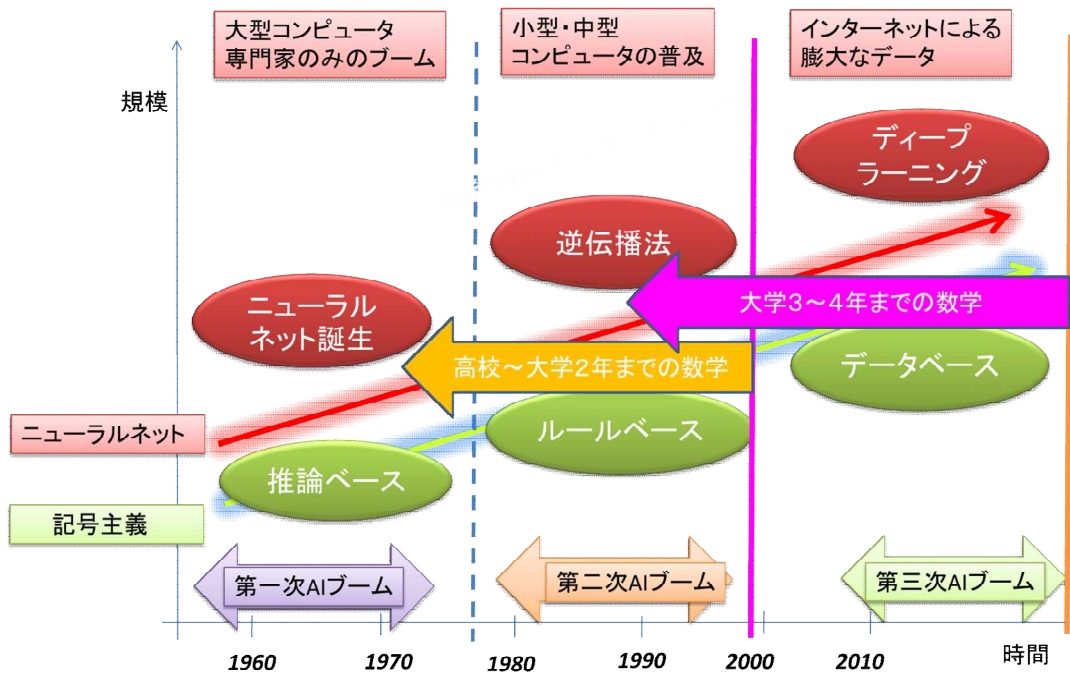
(理数系人材の産業界での活躍に向けた意見交換会 報告書：数理資本主義の時代 P2)

# 数理資本主義の出現（1 / 3）

- 「第三次AIブーム」の火付け役となったディープラーニングの登場に始まり、ブラックボックスではない「説明可能な新たなAI」の開発競争、さらには量子コンピュータなどの新たなコンピューティング技術の登場により、数学（※1）の知識や能力の必要性がますます高まっている。
- また、社会のあらゆる場面でデジタル革命が起きており、様々なデジタル技術を左右している数学は、AIや量子コンピュータの分野以外でも重要となる。

## 人工知能60年の歴史と数学の関係

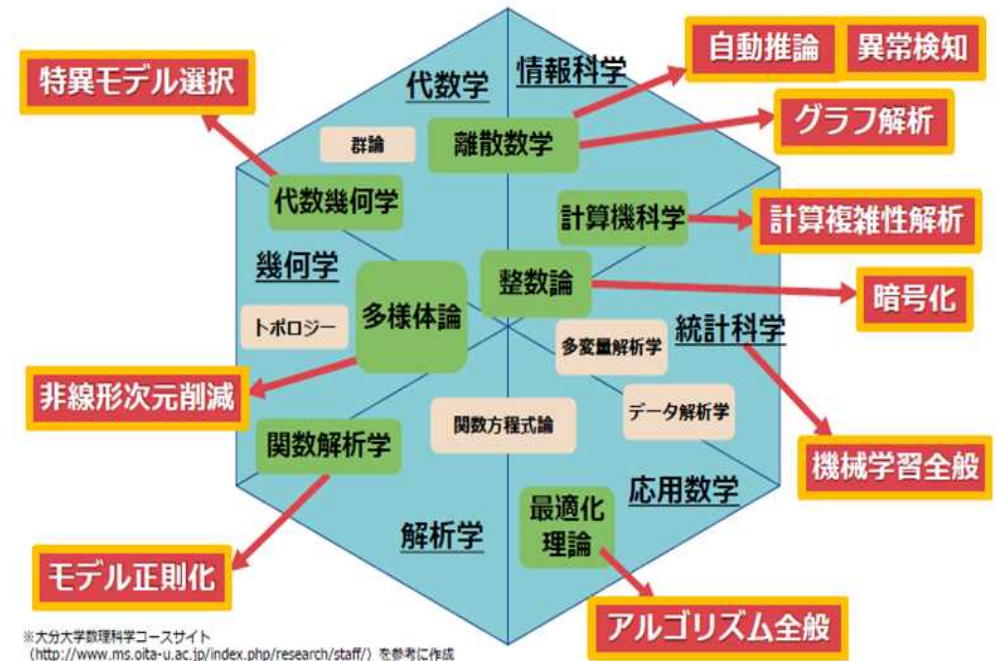
- AIの活用や **新たなAIの開発には数学の知識や能力が不可欠**。



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」p.12を基に作成

## 数学とデジタル技術の関係

- 現在の **様々なデジタル技術は数学が左右**している。



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

※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。

# 数理資本主義の出現（2 / 3）

- 近年は、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。
- 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。
- この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、数学の知識・能力をもった「理数系人材」の人気の高まっていると言える。

アメリカの人気職業ランキング（2018年）

順位	職業
1位	Genetic Counselor
2位	<b>Mathematician</b>
3位	University Professor
4位	Occupational Therapist
5位	<b>Statistician</b>
6位	Medical Services Manager
7位	<b>Data Scientist</b>
8位	Information Security Analyst
9位	Operations Research Analyst
10位	<b>Actuary</b>

アメリカの人気職業ランキング（2017年）

順位	職業
1位	<b>Statistician</b>
2位	Medical Services Manager
3位	Operations Research Analyst
4位	Information Security Analyst
5位	<b>Data Scientist</b>
6位	University Professor
7位	<b>Mathematician</b>
8位	Software Engineer
9位	Occupational Therapist
10位	Speech Pathologist

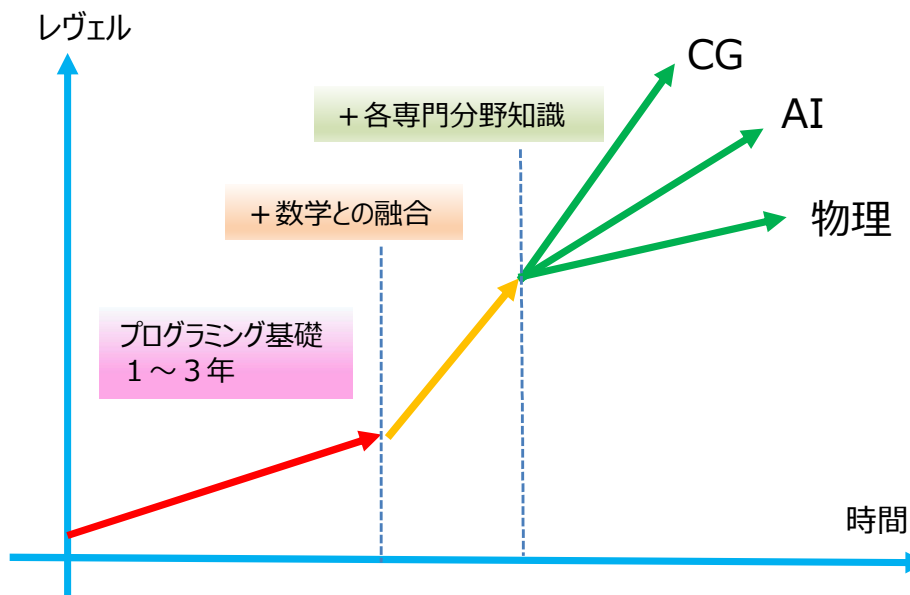
The 2018 Jobs Rated Reportより作成  
(<https://www.careercast.com/jobs-rated/2018-jobs-rated-report>)

Jobs Rated Report 2017より作成  
(<https://www.careercast.com/jobs-rated/2017-jobs-rated-report>)

# 数理資本主義の出現（3 / 3）

## プログラミングスキルと数学の関係

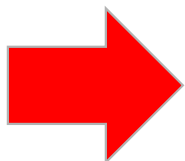
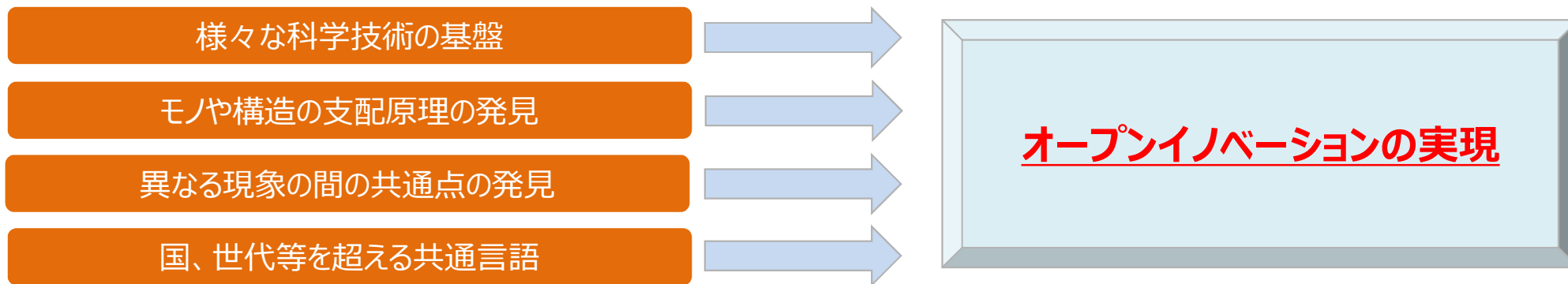
- AI等の専門領域のプログラマの能力は数学により飛躍的に高まり、大学課程で学ぶ水準の数学が必須。
- この数学の知識は学生時代に基本を習得しておくことが必要であり、就職してからでは学ぶことが困難。



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.34

## 数学の特性と効果

- 数学は、破壊的 (disruptive) なイノベーションを起こすための普遍的かつ強力なツールとなる。



第4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。

# 数学に対する産業界ニーズ（1 / 4）

- 産業界をはじめとする各方面で、数学の知識等をもった人材、いわゆる「**理数系人材**」への期待が急速に高まっている。

一般社団法人 日本経済団体連合会	・ 「[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 ジオフィサー(CSO) 安宅和人氏	・ 「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	・ 「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	・ 「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)
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	・ 「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。そうすると、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となります。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)
ブリファード・ネットワークス 副社長 岡野原大輔氏	・ 「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)
筑波大学 准教授 落合陽一氏	・ 「[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)
国立情報学研究所 教授 河原林健一氏	・ 「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を収められつつある。」[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)
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	・ 「[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)
ソニーコンピュータサイエンス 研究所社長 北野宏明氏	・ 「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)
NECセキュリティ研究所 特別技術主幹 佐古和恵氏	・ 「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)

# 数学に対する産業界ニーズ（2 / 4）

<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"> <li>「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)</li> </ul>
<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-フロンティア部 主査 高原勇氏</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>「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)</li> <li>「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)</li> </ul>
<p>ヤフージャパン研究所所長 田島玲氏</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>「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)</li> </ul>
<p>統計数理研究所 所長 樋口知之氏</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>「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)</li> </ul>
<p>東京大学 特任准教授 松尾豊氏</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>「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)</li> </ul>
<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"> <li>「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ちたされました。[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)</li> </ul>
<p>京都大学 高等研究院 院長 森重文氏</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>「[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こり、それが応用を含めて大きな流れになる。」(※6)</li> <li>「数学について言えば、昨今は、世の中のもの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)</li> </ul>

※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](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グを植えていこう」 <<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：これからの産業界と数学】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](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「落陽陽一が語る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 「ソー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](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力的なのか」(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年年間テーマゆらく)-見えない世界に自由を描く-」(91号) <<http://www.brh.co.jp/seimeishi/journal/091/talk/>>

# 数学に対する産業界ニーズ（3 / 4）

## 【企業へのヒアリング調査（経済産業省実施）】

- 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。これを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てくる。
  - 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に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、物理学科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。

# 数学に対する産業界ニーズ（4 / 4）

## 【「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きい。（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きい。（研究所）

※ 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>>



# 先進各国における数理資本主義

- 数理に直接関連した職による経済効果が注目を集めている。

## イギリス



- ◆ 数学による英国経済への貢献度は約2000億ポンド（**GVAの16%**）、**雇用の10%**と試算。
- ◆ 数学は応用が効くスキルと評価され、大学院で**数学を修了した人材は他分野の修了者よりも高所得**（2007-08年修了者。修了後6ヶ月時点）。
- ◆ “The Era of Mathematics”（「**数学の時代**」）と題したレポートを公表。**数学がイノベーションを生む中核**であると強調。

\*GVA=Gross Value Added, 粗付加価値

## フランス



- ◆ 数学によるフランス経済への貢献度は約2850億ユーロ（**GNPの15%**）、**雇用の9%**と試算。
- ◆ 仏の数学者は世界トップ水準という現状認識だが、**海外企業への頭脳流出**を危惧。

## オランダ



- ◆ 数学に直接関連した職業が生み出す経済効果は**GVAの13%**、**雇用の11%**と試算。
- ◆ 今後の**数学・科学・工学人材の不足**が、**競争力低下に繋がる可能性**に対して警鐘。

## オーストラリア



- ◆ 理数系科学（物理、化学、地球科学、数学）に直接関連した職業が生み出す経済効果は**GVAの11%**、**雇用の7%**と試算。

“MATHEMATICAL SCIENCES: DRIVING THE UK ECONOMY”, Council for Mathematical Sciences, 2016

“One Step Beyond: Making the most of postgraduate education”, Department for Business Innovation and Skills (BIS), 2010

“THE ERA OF MATHEMATICS”. The Engineering and Physical Sciences Research Council (EPSRC), 2018

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

“FOR A MEANINGFUL ARTIFICIAL INTELLIGENCE”, Cedric Villani, 2018

“Mathematical sciences and their value for the Dutch economy”, Platform Wiskunde Nederland, 2014

“THE IMPORTANCE OF ADVANCED PHYSICAL AND MATHEMATICAL SCIENCES TO THE AUSTRALIAN ECONOMY”, Australian Academy of Science, 2015

# 我が国の現状と課題（1 / 3）

- 日本の数学研究は、伝統的に純粋数学志向が強いが、その純粋数学研究のトップにおいて、日本は、世界の中で一定の存在感を示している。
- また、「経済協力開発機構（OECD）」の調査（PISA）や数学・情報の国際大会の順位を見る限り、我が国の未来を担う人材の科学的リテラシーや数学リテラシーは、高いポテンシャルを有しており、「数理資本主義」の時代において優位を確保できると期待される。

## 経済協力開発機構（OECD）の学習到達度調査（PISA）

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カ国・地域から約54万人が参加。日本を含む白塗りがOECD加盟国

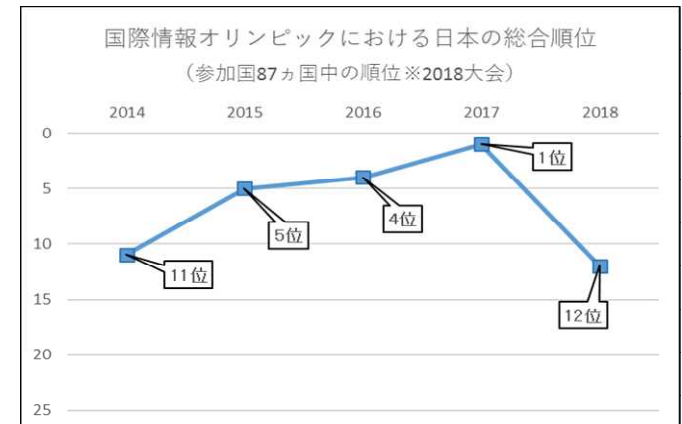
### ● 全参加国・地域（72カ国・地域）における比較

	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

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

※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

## 国際数学オリンピック・国際情報オリンピックにおける日本の総合順位



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

# 我が国の現状と課題（2 / 3）

- 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も一つの理由になっていることが分かる。2017年度も有名進学校における1学年の生徒数のうち13%~39%が医学部を選択しており、この傾向は大きくは変化していないと思われる。

国際数学オリンピックの予選通過者の進路等

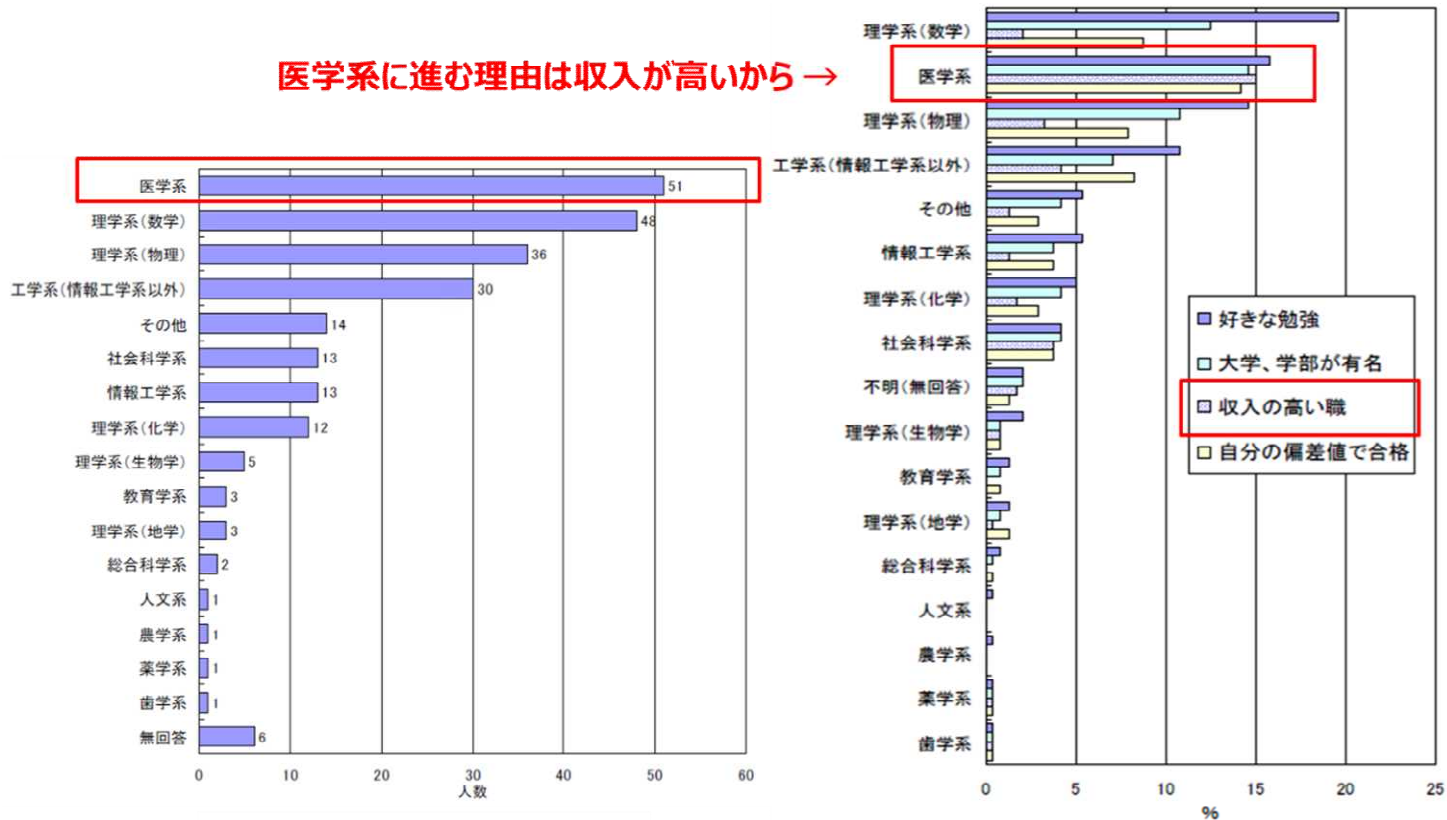


図2-3 大学での専攻

大学生、大学院生、社会人に対する質問(有効回答者数240)

(資料) 理数系コンテスト・セミナー参加者の進路等に関する調査(2006年10月 文部科学省)

図2-6 大学での専攻を選ぶにあたって重視したこと(専攻別)

大学生、大学院生、社会人・その他の回答(有効回答者数240)

割合(%)は、項目ごとの全体に対する百分率

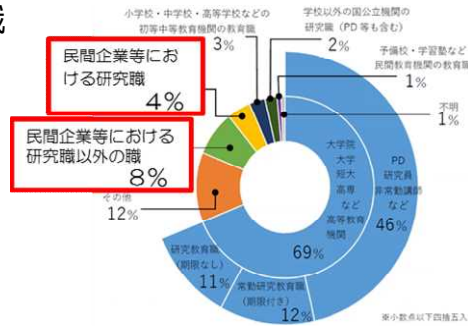
図6 第1回「理数系人材の産業界での活躍に向けた意見交換会」資料2「経済産業省提出資料」p.7

# 我が国の現状と課題 (3 / 3)

## 博士後期課程修了者の進路等

- 日本の若手数学者の博士後期課程修了者は、修了後に高等教育機関に進む者が多く、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が、全体の12%程度となっている。
- 一方で、アメリカのPhD（数理科学）修了者数は、ここ数年増加傾向にあり、日本の10倍以上。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。

【2016年度修了者】

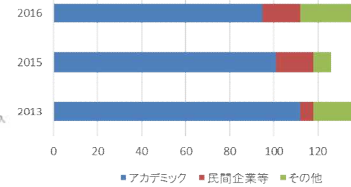


日本の現状

2016年度 (計137名)

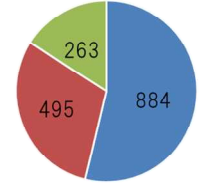


日本の博士課程修了者の進路 (日本数学会調査より)

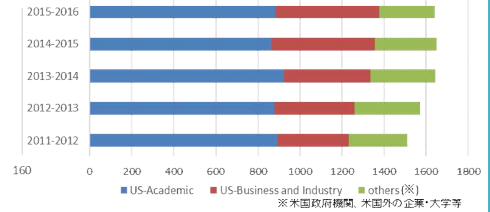


米国の状況

2015-2016 (計1642名)



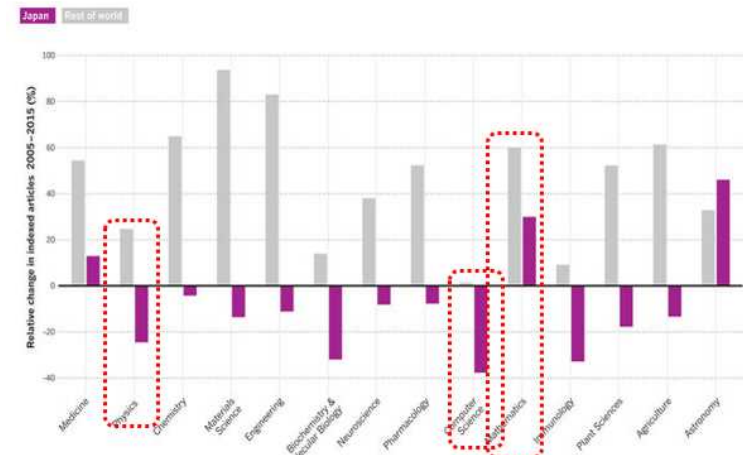
米国大学PhD (数理科学) 修了者の進路動向 (米国数学会 (AMS) 調べ)



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

## 2005-2015年の日本の分野別論文数の変化

- 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。
- 数学分野では、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おり、物理にいたっては減少している。



出典: NATURE INDEX 2017 JAPAN

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

# 課題と対応の方向性

- 「数理資本主義」において産業競争力を発揮していくためには、学术界・産業界の両方で、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日本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。
- 「数理資本主義」にふさわしい新たな経営システムや社会システムを構築していくことも重要。

## 理数系人材の産業界での活躍に向けた課題等

### 数学の産業界ニーズの普及・研究者の育成

- i) 学生がインターンシップを通じて、初めて企業のニーズを認知するなど、数学に対する企業ニーズへの理解が不十分
- ii) 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が不足
- iii) 企業でのキャリアパスが不明瞭

### 環境の整備

- i) 企業の受入れ体制が十分ではない
  - ① 高度な数学は抽象度が高く、具体的な成果をあらかじめ想定しにくいいため、「数学は役に立たない」との潜在的意識が存在
  - ② 能力を発揮するための思考を繰り返す時間と研究交流の場が不足
- ii) 大学・企業の女性研究者の少なさ
- iii) 企業の採用や処遇の課題

## 求められる対応・効果

### 数学の産業界ニーズの普及・研究者の育成

- 中長期研究インターンシップやスタディグループの普及・促進
- 企業による博士課程への進学支援
  - ✓ 学生への企業ニーズの浸透やキャリアパスの明確化
  - ✓ 産業界・学术界の理解が深まることにより、共同研究等が推進
- クロスアポイントメントや兼職、メジャー・マイナー制度などの改善・活用
  - ✓ 多様なキャリアパスの創出と優れた研究成果の創出

### 環境の整備

- 働き方の多様性を許容する企業の柔軟なマネジメント
  - ✓ 企業が短期的な成果を求めることを避け、十分な研究時間を確保し、研究交流の機会を創出
- 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
  - ✓ 数学博士課程進学者の増加や数学関連職業の地位向上
  - ✓ 企業ニーズの明確化により産学連携による教育プログラムが増加

# (参考) 産学官連携による取組の例 (1 / 3)

## 数学の産業界ニーズの普及・研究者の育成 ①

### ○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

- ✓ 数学アドバンスイノベーションプラットフォーム (AIMaP) の開始
- ✓ 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



全国の数学連携拠点(数学・数理学と諸科学・産業との協働の主な拠点)

## 数学の産業界ニーズの普及・研究者の育成 ②

### ○中長期研究インターンシップ等の推進

- ✓ 中長期研究インターンシップガイドラインや企業・大学間の契約書雛形の作成
- ✓ 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(2014年1月設立)」における、企業と学生のマッチングシステム(オンライン)の活用
- ✓ 文部科学省による優れたインターンシップを普及するための「届出・表彰制度」の創設

#### 【一般社団法人産学協働イノベーション人材育成協議会】



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

# (参考) 産学官連携による取組の例 (2 / 3)

## 数学の産業界ニーズの普及・研究者の育成 ③

### ○マス・フォア・インダストリ研究所 (九州大学) における 中長期研究インターンシップやスタディグループの実施

#### 【スタディグループ・ワークショップ】

- ✓ 数学を使えば解決に至ると期待できる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
- ✓ 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
- ✓ 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

#### 【研究インターンシップ】

- ✓ 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。
- ✓ 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つながる

### ○東北大学とスポンサー企業による「GRIPS-Sendai」の実施

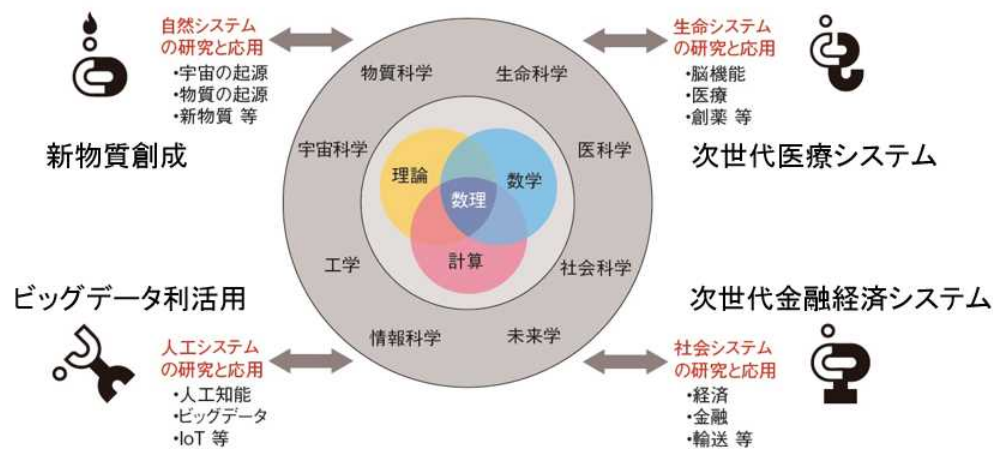
- ✓ スポンサー企業の課題を学生のグループが数学的なアプローチで解決する
- ✓ 実践的な取組を通じ、参加学生と企業の双方が、社会的課題解決と経済成長の同時解決モデルをチームワークと数学応用によって導出する

## 数学の産業界ニーズの普及・研究者の育成 ④

### ○国立研究開発法人における取組

#### 【理化学研究所】

- ✓ 数理創造プログラム (iTHEMS) による数理を軸とした分野横断型の研究活動の推進や異分野交流の場の提供
- ✓ 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



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7「理化学研究所提出資料」p.4

#### 【産業技術総合研究所】

- ✓ 企業と大学の橋渡しを担う中核プラットフォーム「冠ラボ」や「オープンイノベーションラボラトリ」による分野横断型研究・人材育成の推進

# (参考) 産学官連携による取組の例 (3 / 3)

## 数学の産業界ニーズの普及・研究者の育成 ⑤

### ○数学の力を活かした様々な研究の推進

- ✓さきがけ「社会的課題の解決に向けた数学と諸科学の協働」領域の実施
  - ✓CREST「現代の数理科学と連携する数理モデリング」領域の実施
- ※2019年度から新たな戦略目標と研究領域を発足

### ○工学系教育改革

- ✓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加えて、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
- ✓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

## 数学の産業界ニーズの普及・研究者の育成 ⑥

### ○数学博士課程修了者の産業界活躍の促進

- ✓数学・数理科学専攻若手研究者のための異分野交流会の実施

### ○未踏ターゲット事業の実施

- ✓量子コンピュータを活用するためのソフトウェア人材の育成支援

### ○リカレント教育の推進

- ✓第四次産業革命スキル習得講座の認定制度によるAI・データサイエンス分野の学び直しの推進

### ○基本情報技術者試験の出題の見直し

- ✓試験における理数能力を重視するため、線形代数、確率、統計など数学に関する出題比率を向上

## 大学における数理・データサイエンス教育等の推進

### ○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の整備

- ✓全国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）を拠点として整備（さらに、20大学を協力校として整備）
- ✓産業界、関係省庁、大学等の産学官連携により、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等の仕組みの構築などを検討

#### 【事例1：北海道大学における取組】

- ✓教育段階に応じた複数の教育プログラムを実施。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。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
- ✓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

#### 【事例2：大阪大学における取組】

- ✓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