

## データサイエンス教育のフロンティア

### The Frontier of Data Science Education

---

眞鍋和弘

Kazuhiro MANABE

1. はじめに
2. データサイエンス教育に関する政府等の取り組み
3. データサイエンス学部を設置する大学の取り組み
4. 文部科学省および初等中等教育の取り組み
5. まとめ

#### 1. はじめに

2019年9月8日から9月12日までの期間に2019年度統計関連学会連合大会が開催された。そのなかで、特別企画セッション「産学連携によるデータサイエンス教育」が開催され、会場は多くの企業人および大学人が駆け付け、立ち見の出る盛況ぶりであった。

このセッションの第1部では、滋賀大学におけるデータサイエンスの産学連携活動が紹介された。また、滋賀大学と共同研究および人材育成を進める企業の担当者から、データサイエンスに関わる業務推進、社内データサイエンス教育の取り組みが紹介されるとともに、企業側から見た大学に求める教育および研究が示された [1]。

さらに第2部では、我が国においてデータサイエンス学部を設置する滋賀

大学、横浜市立大学、および武蔵野大学の教員によって各大学の教育プログラムの特徴および企業との連携の試みなどが紹介された [1]。

滋賀大学は2017年4月に日本において最初のデータサイエンス学部（以下では「DS学部」という）を開設している。その後の各大学におけるDS学部の設置に影響を与えており、滋賀大学におけるデータサイエンスの研究・教育の仕組みは「滋賀大学モデル」と呼ばれる [2]。横浜市立大学は2018年4月に首都圏において初となるDS学部を開設している。また、武蔵野大学は2019年4月に私立大学で初めてのDS学部を開設している。横浜市立大学および武蔵野大学のDS学部は、滋賀大学と共通点を有するが、各大学が特色を持っており非常に興味深い。

また、データサイエンス教育への対応は大学に限ったものではなく、またその潮流は決して新しいものではない<sup>1</sup>。日本の初等中等教育はすでに大きく変化している。2008年に公示された中学校学習指導要領では数学に「資料の活用」が追加され、2009年に公示された高等学校学習指導要領では数学Iに「データの分析」が追加されている [3][4]。また、2017年に公示された中学学習指導要領および2018年に公示された高等学校学習指導要領において、その傾向はよりいっそう顕著であり、さらに先鋭化している [5][6]。

本稿では、このような初等、中等、さらには高等教育におけるデータサイエンスに関わる教育の変化について考察する。ただし、本稿は企業によるデータサイエンスの活用および社内教育等の取り組みについて扱わない。人工知能、IoTなどとともにデータサイエンスを積極的に活用する企業の取り組みは様々な雑誌やテレビ番組で扱われており、関心のある読者はそれらを参照されたい [7][8][9][10][11][12]。

以下、本節では論文で用いられるいくつかの用語を確認する。本論文のテーマに含まれる「データサイエンス」をはじめ多くの用語が登場するが、それらは必ずしも周知のものではない。たとえば、「AI、ビッグデータ、IoTに代表される第4次産業革命の基盤技術が広く社会に取り入れられることにより Society 5.0が実現する。現在、それらの技術を支えるデータサイエンティストが不足している」と言われても、世間一般には十分に理解されないであ

ろう。

まずビッグデータとは、「近年のICT、特にセンサーの飛躍的發展によって、地球物理、気象、地震、天文、生命科学、マーケティング、ファイナンスなど多くの研究分野や社会で出現した大量・大規模のデータ」と定義される [13]<sup>2</sup>。第4次産業革命とは現在進行中であり、また多様な側面を持つが、「デジタルな世界と物理的な世界と人間が融合する環境」と定義され、「デジタル技術の進展と、あらゆるモノがインターネットにつながるIoTの発展により、限界費用や取引費用の低減が進み、新たな経済発展や社会構造の変化を誘発する」という特徴を有する [14]。

Society 5.0とは、狩猟社会、農耕社会、工業社会、情報社会に続く新たな社会であり、科学技術イノベーションによって実現する「必要なもの・サービスを、必要な人に、必要な時に、必要なだけ提供し、社会の様々なニーズにきめ細かくに対応でき、あらゆる人が質の高いサービスを受けられ、年齢、性別、地域、言語といった様々な違いを乗り越え、生き生きと快適に暮らすことができる社会」と定義される [15]。

データサイエンティストとは、「データサイエンス力、データエンジニアリング力をベースにデータから価値を創出し、ビジネス課題に答えを出すプロフェッショナル」と定義される [16]。また、データサイエンティストに求められるスキルセットとして、ビジネス力、データサイエンス力、データエンジニアリング力が挙げられる。ここで、ビジネス力とは「課題背景を理解した上で、ビジネス課題を整理し、解決する力」である。データサイエンス力とは「情報処理、人工知能、統計学などの情報科学系の知恵を理解し、使う力」である。データエンジニアリング力とは「データサイエンスを意味のある形に使えるようにし、実装、運用できるようにする力」である。これら3つの力は次の図を用いて表される。

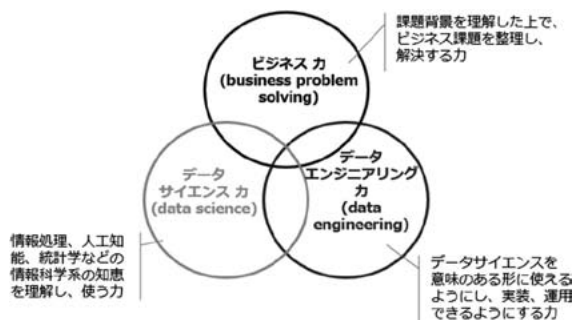


図1：データサイエンティストの定義

(出所) データサイエンティスト協会プレスリリースより抜粋

## 2. データサイエンス教育に関する政府等の取り組み

2014年9月に、日本学術会議はビッグデータに関する国際競争とそれに対応するデータサイエンティスト育成の遅れを喫緊の課題として、「ビッグデータ時代に対応する人材の育成」を提言している [17]。日本におけるデータサイエンスの担い手が諸外国に比べて極端に少なく、また2008年までの5年間に於いて日本だけが減少傾向にあることが指摘されている。このような現状に対して、提案書では「今後のわが国の科学技術研究発展及び産業におけるイノベーションにおいて重大な障害となりかねない」と指摘されている。

また、提案書は日本における統計教育の特異性にも問題があると指摘している。「データサイエンティストの育成のためには、汎用的や分野横断の性格を持つ統計学の人材育成」が求められるなかで、これまで日本では「専門の統計学科を設置せずに各応用分野での具体的課題に取り組ませる中で専門家を育成する分野点在方式」がとられてきた。これらに対して、「異分野への転向、新分野開拓、分野間知識移転のためには、抽象度を上げた専門的教育が必要」であると提案している。このような問題意識が、前述した滋賀大学、横浜市立大学、および武蔵野大学のDS学部の構想に影響を与えたと考えられる。

2015年6月に、内閣府は情報通信技術の急速な発展とグローバル化の進展

による経済および社会の変化に対応すべく「科学技術イノベーション総合戦略2015」を閣議決定している [18]。そのなかで、「我が国では欧米等と比較し、データ分析のスキルを有する人材や統計科学を専攻する人材が極めて少なく、我が国の多くの民間企業が情報通信分野の人材不足を感じており、危機的な状況にある」と指摘されている。さらに、「サービスや事業のシステム化による新たな価値創出に従事できる人材を強化することが不可欠」であり、「情報通信及び数理科学等の基本的知識を持ちつつ課題の発見・解決ができる人材の強化」に取り組むことが示されている。

2015年7月には、文部科学省の科学技術・学術審議会に設置された戦略的基礎研究部会内の数学イノベーション委員会によって「ビッグデータの利活用のための専門人材育成について」が示された [13]。そのなかで、データサイエンティスト育成を喫緊の課題と位置づけ、データサイエンス人材に関する育成レベルと毎年の育成目標人数が示されている。レベル1に該当するデータリテラシーは大学生全員を対象に育成するよう提案されている。ここで、データリテラシーとは「統計的概念、データに基づく思考や問題解決の基礎理念、ITリテラシー」などであり、「文系・理系を問わず全ての学生が持つべき高校から大学学部レベルの素養（リテラシー）」と位置付けられている。

また、具体的な大学基礎教育の施策として「大学124単位の内、共通教育で例えば4単位、専門教育では専門に応じて例えば2から6単位をデータサイエンス（統計）に割り当てる。この際、核となる週1時間の講義にコンピュータ実習や問題を解く演習もセットにする。これに合わせて、基礎統計教育も見直す」ことが提案されている。これらの議論は、DS学部などを設置する大学のみではなく、全ての大学でのあらゆる学生を対象にしたデータサイエンス教育が検討されている点には注意が必要である。

2016年1月には、超スマート社会 (Society 5.0) を掲げる「第5期科学技術基本計画」が閣議決定されている [15]。政府が掲げる Society 5.0では、フィジカル（現実）空間からセンサーとIoTを通じてあらゆる情報がビッグデータとして集積されて、人工知能がそのビッグデータを解析することによって、高

付加価値が現実空間にフィードバックされる。また、こうしたイノベーションで創出される新たな価値により、格差なくニーズに対応したのやサービスを提供することによって、経済発展と社会的課題の解決との両立が実現する。第5期科学技術基本計画は、前述の科学技術イノベーション総合戦略2015とともに、科学技術イノベーション政策の両輪として位置づけられている。あらゆる産業および我々の社会生活がネットワークと結ばれ、それらにより新たな社会を形成するためには、膨大な数のデータサイエンティストが必要であることは容易に想像がつく。

2017年6月には、「日本再興戦略2016—第4次産業革命に向けて—」が閣議決定されている[19]。第4次産業革命は、2011年にドイツ工学アカデミーと連邦教育科学省が発表したIoT、ビッグデータ、人工知能などの集合体およびそれらを用いる技術的コンセプトと定義されるIndustry 4.0よりも広義の概念である[20]。また、第4次産業革命の下での「未来社会を創造する人材育成・確保に向けて、高等教育において高度なレベルのデータサイエンティストなどを育成する学部・大学院の整備を推進する」ことが示されている。

2018年6月には、文部科学省から「Society 5.0に向けた人材育成～社会が変わる、学びが変わる～」が公表されている[21]。そこでは、人工知能、ビッグデータ、IoT、およびロボティクスがあらゆる産業および社会生活に取り入れられていくSociety 5.0における学びや仕事の在り方が検討されている。

こうした新たな社会を牽引する鍵として3種類の人材が挙げられている。第1に「技術革新や価値創造の源となる飛躍知を発見・創造する人材」、第2に「技術革新と社会課題をつなげ、プラットフォームを創造する人材」、第3に「様々な分野においてAIやデータの力を最大限活用し展開できる人材」である[22]。また、時代を超えて求められる力として次の3つが挙げられている。第1に「文章や情報を正確に読み解き、対話する力」、第2に「科学的に思考・吟味し活用する力」、第3に「価値を見つけ生み出す感性と力、好奇心・探求心」である。

また現状の課題への解決策として、(1)「公正に個別最適化された学びの実現」、(2)「基盤的な学力や情報活用能力の習得」、および(3)「大学等にお

ける文理分断からの脱却」が挙げられている。このうち (2) 「基盤的な学力や情報活用能力の習得」は「学校や教師だけではなく、あらゆる教育資源やICT環境を駆使し、基礎的読解力、数学的思考力などの基盤的な学力や情報活用能力をすべての児童生徒が確実に習得できる」必要があることを意味する。

また、(3) 「大学等における文理分断からの脱却」は「高等学校や大学において文系・理系に分かれ、特定の教科や分野について十分に学習しない傾向にある実態を改め、文理両方を学ぶ人材を育成するよう、高等学校改革と大学改革、高等学校と大学をつなぐ高大接続改革を進める」必要があることを意味する。さらに大学には、「高等学校における文理分断の改善、社会ニーズ等を背景に、文理両方を学ぶ教育プログラムの充実を図る必要がある。また、AI/データ科学分野等の高度専門人材育成の施策を加速させる」ことが求められている。また具体的な大学改革案として、「学生が共通的に学ぶりベラルアーツと学生が選択する人社系、STEAM系、保健系等の専門分野について、学部を超えて提供される構造へと変える」ことが示されている<sup>3</sup>。

### 3. データサイエンス学部を設置する大学の取り組み

滋賀大学は2017年4月に日本発のDS学部を開設している [23][24][25]。学部の学生定員は100名であり、2017年度には110名が入学している [2]。第4次産業革命の推進やSociety 5.0の実現に欠かせない「現代社会に不可欠なデータ分析と価値創造を担うプロフェッショナル、データサイエンティスト」の育成を目指している [25]。

滋賀大学のデータサイエンス教育は「滋賀大学モデル」と呼ばれており、日本にその後に設置されたDS学部および多くの大学におけるデータサイエンス教育に影響を与えている [2]。学部開設の1年前にあたる2016年にデータサイエンス教育研究センターを開設し、学部を開設するうえで必要となる教材の開発、企業との連携などを担った。学部設置後は学部とともに、同センターはデータサイエンス教育研究拠点として、データサイエンスに関する基盤研究、企業や自治体と連携したプロジェクトの推進、データサイエンス

に関する教育開発、およびデータサイエンスに関する海外動向の調査および情報発信がなされている。

DS学部のカリキュラムはデータエンジニアリング（情報学）、データサイエンス（統計学）に関する基礎科目の上に、データサイエンスの具体的な活用方法や価値創造の方法を学ぶ科目が設置されている。また、「1年次から課題解決型学習での経験を段階的に積み上げ、問題解決の様々な側面」に触れ、「連携先の企業から提供を受けた実際のデータを用いた課題」に取り組む。企業との連携は、学生のインターンシップや卒業後の受け入れ先の開拓にも繋がっている。

横浜市立大学は2018年4月に首都圏初のDS学部を開設している [26]。学部の学生定員は60名であり、2018年度には65名が入学している。現在のAIおよびIoTに関する技術が数年後には陳腐化することを考慮して、流行を追いかけるのではなく「変化に対応できる力、さらには変化を起こすことのできる力を身につける」ため、基礎的な学問の習得を第一目標としている。

また横浜市立大学のDS学部のカリキュラムの特徴は、「文理融合」、「現場重視」、「国際水準の英語力」にある [27]。DS学部のカリキュラムは、滋賀大学のそれと同様に統計学と情報科学が中核を占める。いずれも理系的要素と文系的要素を併せ持つが、それらの理解には理系的要素が強くなる。その結果、カリキュラムは数学、統計学、アルゴリズムなどの理系科目が多く配置されている。また、横浜市立大学では学部の教育に現在進行形の社会情報も取り入れている。そのために、「実社会で活躍するデータサイエンティストを招き、学生への講演とその後のディスカッション」を実施している。また横浜市立大学では、プラクティカル・イングリッシュの履修を義務付けており、TOEFL-ITP 500点以上の成績が求められる。

武蔵野大学は2019年4月に私立大学初のDS学部を設置している [28]。学部の学生定員は70名であり、2019年度には71名が入学している [29]。「人工知能の技術進化がもたらすシンギュラリティ (Singularity) 時代を先取りする有意な人財」の育成を掲げ、「AI分野の驚異的な発展の恩恵を積極的に取り込んだ」教育をおこなっている。



武蔵野大学のDS学部は、機械学習などのAI技術を全面的に取り入れる「スマートデータサイエンス」を掲げ、既存のデータサイエンスの枠組みを超えた教育を実施している点に大きな特徴がある[28]。また、武蔵野大学のDS学部も、その他二大学と同様にデータ工学、AI工学、プログラミングなどの理系科目がカリキュラムに配置されているが、数学が得意であることを前提としない教育が実施されている点に大きな特徴がある。「最優先で秀逸なツール群を徹底的に使いこなせることを重視し、先ず問題解決を図れることの醍醐味」を経験し、そのうえで数学的な裏付けも学習するという工夫がなされている。具体例として、「データサイエンスの数理的な基礎の学習もpythonのプログラミング言語の学習と組み合わせ、理論と実践をカップリングした演習スタイル」が実施されている。このように同じ「データサイエンス学部」であっても、3大学にはそれぞれに特徴があり、今後のデータサイエンス教育の広がりに一石を投じるであろう。

#### 4. 文部科学省および初等中等教育の取り組み

このような人材育成への対応に迫られているのは理工系の学部を置く大学に限った話と、対岸の火事のように考えることは大きな誤解である。第26回産業競争力会議において文部科学大臣が提出した「第4次産業革命に向けた人材育成総合イニシアチブ～未来社会を創造するAI/IoT/ビッグデータ等を牽引する人材育成総合プログラム～」では、数理・情報を第4次産業革命の鍵と位置づけ、データサイエンス等の人材育成・確保を目指して初等中等教育から大学大学院までの包括的な人材育成総合プログラムを実施することが提案されている（図を参照）[30][31]。

初等中等教育段階では次世代に求められる情報活用能力を育成することが提案されている [31]。より具体的には、「次代を拓くために必要な情報を活用して新たな価値を創造していくために必要な力や課題の発見・解決にICTを活用できる力を発達の段階に応じて育成」することが示されている。

また、高等教育段階の取組として、あらゆる学部における数理・情報の学習の強化を掲げている [31]。具体例として各大学に「数理・情報教育研究セ

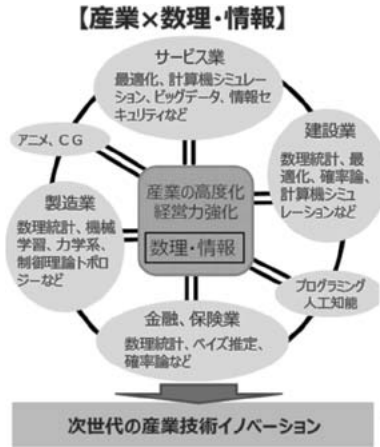


図2：第4次産業革命における数理・情報の位置づけ

(出所) 第4次産業革命に向けた人材育成総合イニシアチブ関連資料」より抜粋

ンター」などを整備し、教育体制の根本的強化、他分野と数理・情報を融合した教育研究を実施することなどが提示されている。

文系学部のみを設置する大学では、このような提案に対しても疑問視する声も聞かれるかもしれない。このような懐疑的な考えに対して、竹内・末永(2018)の調査結果は警鐘を鳴らす [32]。彼らは全国の就業している大学卒女性を対象にアンケート調査をおこない、618人からの回答を得ている。

彼らの調査によれば、「大学・大学院で統計・データ分析に関することを学びたかったですか」という質問に「基礎的な内容ぐらひは学びたかった」と答えた人の割合は約46%である。しかし、この「大学・大学院で基礎的な内容ぐらひは学びたかった」と答えた人のうち、「学んでいない」人の割合は50%を超えている。この結果は、大学および大学院が学習の機会を十分に提供できていないことを示唆する。

また、「あなたは大学・大学院卒業後に会社やセミナーで統計・データ分析に関することを学びましたか」という質問に対して、約78%の人が「学んでいない」と答えている。この「学んでいない」と答えた人のうち、約49%の

人が「基礎的な内容ぐらいは学びたい」と答えている。この結果は、統計およびデータ分析を学ぶニーズは存在するが、社会に出てからではそれらを学ぶ機会が十分に得られないことを示唆するだろう。

さらに、「あなたのお勤め先において、以下の統計・データ分析に関する能力について、どの程度必要とお考えでしょうか」という質問に対して、「データ・資料を収集する能力」、「グラフや表の数値を読み取る能力」、「問題、課題を数量的に認識する能力」、「パソコンの表計算ソフト等を使い、簡単なデータ収集や分析する能力」、「分析結果を人に伝える能力」はいずれも30%を超える割合の人々が「多くの人に必要」と答えている。この結果は、社会人として求められる統計・データ分析のリテラシー、すなわち大学生卒業時までの到達目標を示しているだろう。これらの能力は、現状において統計学およびデータサイエンスを専門としない大学教育において十分に養われているとは言えず、その意味において多くの大学は社会の要請に応えられていないだろう。

こうした社会的要請を受けて、日本の初等中等教育はすでに大きく変化している。2008年に公示された中学校学習指導要領において、これまでの「A: 数と式」、「B: 図形」、「C: 関数」に加えて、新たに「D: 資料の活用」が含められている [3][33]。具体的には、第1学年には、分布の代表値である「平均値」、「中央値」、「最頻値」など、また分布の散らばりの尺度である「範囲」、さらには分布の傾向を視覚的に理解するヒストグラムを学習する。第2学年には、観察や実験を通じて、確率について理解し、確率の計算を学習する。第3学年には、母集団と標本の関係を理解し、標本調査の必要性和意味を理解する。また標本調査を実施し、母集団の傾向を捉え説明することを学習する。

さらに2017年に公示された中学校学習指導要領において、「D: 資料の活用」は「D: データの活用」と名称を変え、内容もいっそう充実している [5][34]。第1学年には、代表値である「平均値」、「中央値」、「最頻値」などは小学校の学習内容に移行し、「累積度数」などの用語とともに、第2学年の学習内容であった観察や実験を通じた確率の理解および確率の計算を学習す

る。第2学年には、「四分位範囲」や「箱ひげ図」などのデータの分布に関するいっそうの学習が追加されている。

また2009年に公示された高等学校学習指導要領では、上述した2008年の中学校学習指導要領を踏まえて、数学Ⅰは「(1) 数と式」、「(2) 図形と計量」、「(3) 二次関数」、「(4) データの分析」から構成されている [4][35]。「(4) データの分析」では、これまで数学Bの学習範囲に含められていたばらつきの尺度である「分散」および「標準偏差」、2つのデータの関係性を把握する「散布図」および「相関係数」について学習する。学習指導要領における「数学Ⅰ」だけで高等学校数学の履修を終える生徒に配慮し、…（一部省略）…、すべての高校生に必要な数学的素養は何かという視点で検討を行い、内容を構成した」という記述から明らかなように、統計・データ分析を重視していることが伺える。

さらに2018年に公示された高等学校学習指導要領では、数学Ⅰの「(4) データの分析」は「四分位範囲」および「箱ひげ図」などを中学校に移行して、その代わりに「仮説検定の考え方」を含めている [6][36]。これまで、仮説検定の内容は「数学B」に含まれていたが、「数学Ⅰ」に前倒しされている。このように初等中等教育が統計に関する内容を拡充するなかで、高等教育である大学はどのようにデータサイエンスに関する社会的ニーズに答えていくのが迫られているだろう<sup>4</sup>。

## 5. まとめ

本稿は、データサイエンスに関する社会的関心の高まりを受けて、初等、中等、さらには高等教育におけるデータサイエンスに関わる教育の変化を考察した。AI、ビッグデータ、IoTに代表される第4次産業革命の基盤技術が広く社会に取り入れられることにより Society 5.0が実現する。現在、それらの技術を支えるデータサイエンティストが不足していることが挙げられる。また今後は、あらゆる人にデータリテラシーと呼ばれるデータサイエンスに関する教養が求められる。

その対応に向けた政府の議論は示唆に富むものが多い。統計学における汎

用的な、また分野横断的な教育は、滋賀大学、横浜市立大学、および武蔵野大学において実践され、人材育成の成果が期待される。また、それらの大学はデータサイエンスに関する大学院の設置を進めており、さらに高度な専門性を備えた人材の輩出が期待される。

また文部科学省による多くの検討は、初等中等教育における学習指導要領の変更を通じて少し時間は掛かるが着実に成果を出すことが期待される。中学指導要領の数学に「資料（データ）の活用」が含められたことは大きな意義を有するだろう。また、数学Ⅰに「データの分析」が含められ、記述統計を超えて「仮説検定の考え方」が含められたことは、大学における教養教育としての統計科目に影響を与える。

これまで、多くの大学における教養教育としての統計科目は1科目15回のなかで主に記述統計を扱い、仮説検定などの一部の推論統計を扱うに留まっていた。新たな高等学校学習指導要領では記述統計はもちろん、推論統計も学習する。大学はそれらの学生を預かり、4年間を通じてデータリテラシーを身につけた人材として社会に輩出することが求められるが、その教育システムは今後の大きな課題であろう。

## 注

- 1 片岡（2004）は2004年当時において慶応義塾大学湘南藤沢キャンパスにおいてデータサイエンスが基礎教育の3つの柱と位置付けられてから6年半になることを契機として、教育実践の成果を考察している [37]。
- 2 ビッグデータに関しては多様な定義が存在するが、その他の定義として「市販されているデータベース管理ツールや従来のデータ処理アプリケーションで処理することが困難なほど巨大で複雑なデータ集合の集積物」などがある。
- 3 ここで、STEAMとは、Science(科学)、Technology(技術)、Engineering(工学)、Mathematics(数学)を統合的に学習する「STEM」に、Art(芸術)を加えた教育方法である。
- 4 これらの点については、青山（2017）によって詳細に検討されている [38]。

## 参考文献

- [1] 竹村彰通「特別企画セッション「産学連携によるデータサイエンス教育」」『2019年度統計関連学会連合大会講演報告集』2019年141頁。
- [2] 竹村彰通・和泉志津恵・齋藤邦彦・姫野哲人・松井秀俊・伊達平和「データサイエン

- ス教育の滋賀大学モデル」『統計数理』第66巻第1号2018年63-78頁.
- [3] 文部科学省「中学校学習指導要領」文部科学省2008年.
- [4] 文部科学省「高等学校学習指導要領」文部科学省2009年.
- [5] 文部科学省「中学校学習指導要領」文部科学省2017年.
- [6] 文部科学省「高等学校学習指導要領」文部科学省2018年.
- [7] 飯塚幸理・富山伸司・茂森弘靖・腰原敬弘「JFEスチールにおけるデータサイエンス活用技術の開発と展開」『ふえらむ』第23巻第12号2018年70-75頁.
- [8] 福中公輔「企業におけるデータサイエンス教育の重要性」『地銀協月報』5月号2018年2-15頁.
- [9] 「先端研究者とタッグ、外食を科学に」『日経情報ストラテジー』第23巻第1号2014年18-21頁.
- [10] 「分析で収益を拡大する欧米4社」『日経情報ストラテジー』第23巻第1号2014年44-49頁.
- [11] 「データサイエンス最前線 社内に眠る「データ」を「お金」に換える」『日経ビジネス』1971号2018年50-54頁.
- [12] 「データサイエンス最前線 新ビジネス生むAI人材急がば回れで育てる」『日経ビジネス』1972号2018年48-52頁.
- [13] 日本学術会議情報学委員会E-サイエンス・データ中心科学分科会「提言 ビッグデータ時代に対応する人材の育成」2015年.
- [14] 株式会社三菱総合研究所「第4次産業革命における産業構造分析とIoT・AI等の進展に係る現状及び課題に関する調査研究 報告書」2017年.
- [15] 内閣府「科学技術基本計画」2016年.
- [16] 一般社団法人データサイエンティスト協会「データサイエンティスト協会、データサイエンティストのミッション、スキルセット、定義、スキルレベルを発表」  
<http://www.datascientist.or.jp/files/news/2014-12-10.pdf>
- [17] 文部科学省科学技術・学術審議会戦略的基礎研究部会数学イノベーション委員会（第23回）配布資料「ビッグデータの利活用のための専門人材育成について（総括説明）」2015年10月30日.  
[http://www.mext.go.jp/b\\_menu/shingi/gijyutu/gijyutu23/002/shiryo/\\_icsFiles/afieldfile/2015/11/19/1364662\\_002.pdf](http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/gijyutu/gijyutu23/002/shiryo/_icsFiles/afieldfile/2015/11/19/1364662_002.pdf)
- [18] 内閣府「科学技術イノベーション総合戦略 2015」2015年.
- [19] 内閣府「再興戦略 2016—第4次産業革命に向けて—」2016年.
- [20] 総務省「平成29年版情報通信白書」2017年.
- [21] 文部科学省「Scociety 5.0に向けた人材育成～社会が変わる、学びが変わる～」2018年.
- [22] 文部科学省「Scociety 5.0に向けた人材育成～社会が変わる、学びが変わる～（概要）」2018年.
- [23] 竹村彰通「滋賀大学データサイエンス学部」『Eco-forum』第32巻第3号2017年64-70頁.
- [24] 高田聖治「データサイエンス教育と統計人材の育成」『統計』第69巻第12号2018年8-13頁.

- [25]滋賀大学データサイエンス学部「本格的なデータサイエンス教育にチャレンジ」（インタビュー記事）『統計』第70巻7号2019年45-54頁.
- [26]岩崎学「横浜市立大学データサイエンス学部2018年4月始動」『大学教育と情報』第162号2018年15-17頁.
- [27]岩崎学「横浜市立大学のデータサイエンス教育」『ESTRELA』第290号2018年2-7頁.
- [28]上林憲行「武蔵野大学データサイエンス学部（開設予定）の挑戦：スマートクリエイティブなデータサイエンティストの育成」『大学教育と情報』第163号2018年19-22頁.
- [29]<https://www.musashino-u.ac.jp/guide/information/students.html>.
- [30]日本経済再生本部産業競争力会議（第26回）資料2「第4次産業革命に向けた人材育成総合イニシアチブ」～未来社会を創造するAI/IoT/ビッグデータ等を牽引する人材育成総合プログラム～」2016年4月19日.  
<https://www.kantei.go.jp/jp/singi/keizaisaisei/skkaigi/dai26/siryou2.pdf>
- [31]日本経済再生本部産業競争力会議（第26回）参考資料2「第4次産業革命に向けた人材育成総合イニシアチブ～未来社会を創造するAI/IoT/ビッグデータ等を牽引する人材育成総合プログラム～関連資料」2016年4月19日.  
<https://www.kantei.go.jp/jp/singi/keizaisaisei/skkaigi/dai26/sankou2.pdf>
- [32]竹内光悦・末永勝任「データサイエンス教育に関する調査結果」『統計数理』第66巻第1号2018年107-120頁.
- [33]文部科学省「中学校学習指導要領解説 数学編」2008年.
- [34]文部科学省「中学校学習指導要領解説 数学編」2017年.
- [35]文部科学省「高等学校学習指導要領解説 数学編」2009年.
- [36]文部科学省「高等学校学習指導要領解説 数学編」2018年.
- [37]片岡正昭「慶應SFCのデータサイエンス教育とWeb活用による授業評価」『品質』第34巻第1号2004年40-47頁.
- [38]青山和裕「日本の中学校・高等学校における統計教育の現状と課題について」『Eco-forum』第32巻第3号2017年81-92頁.