

国立国会図書館 調査及び立法考査局

Research and Legislative Reference Bureau
National Diet Library

論題 Title	第2部 社会経済への影響
他言語論題 Title in other language	Part2 The impact on society and economy
著者/所属 Author(s)	今井 和雄 (IMAI Kazuo) / 国立情報学研究所 特任教授 ほか
書名 Title of Book	データ活用社会を支えるインフラ：科学技術に関する調査 プロジェクト報告書 (Infrastructure for Data-Driven Society)
シリーズ Series	調査資料 2017-6 (Research Materials 2017-6)
編集 Editor	国立国会図書館 調査及び立法考査局
発行 Publisher	国立国会図書館
刊行日 Issue Date	2018-03-30
ページ Pages	39-78
ISBN	978-4-87582-815-0
本文の言語 Language	日本語 (Japanese)
キーワード keywords	—
摘要 Abstract	社会におけるデータ活用の可能性と課題について、地域活性化、第1次～第3次産業、防災・教育・金融分野の具体的な事例を紹介しつつ論じる。

調査報告書『データ活用社会を支えるインフラ』は、国立国会図書館調査及び立法考査局による科学技術に関する調査プロジェクトの一環として、外部に委託し実施した調査研究の成果報告書です。掲載した論文等は、全て外部調査機関及び外部有識者によるものです。国立国会図書館の見解を示すものではありません。

第2部 社会経済への影響

国立情報学研究所特任教授 今井 和雄

データの活用は、社会経済に様々な影響を与えている。第2部では、データが社会でどのように収集され、それが誰によってどのように使われ、その結果どのような影響をもたらされるかを、社会の複数の側面から見ることにする。I章では、地域社会の活性化におけるデータ活用事例について報告する。II章では、農業、工業といった第一次、第二次産業におけるデータ活用について、それがいかなる革新をもたらすことを期待されているか現状を報告する。III章では、サービス産業を中心とした第三次産業におけるデータの獲得と活用状況について述べる。IV章では、データを活用した社会インフラのスマート化として、都市全体を対象としたスマートシティの動向について述べる。V章では、災害時に必要なデータを迅速に利用できる環境をいかに提供できるかという視点から、平時と非常時に同様に活用できる情報通信システムの事例を紹介する。VI章では、データを活用したオンライン教育の現状と課題について報告する。VII章では、金融分野でのデータ利用として仮想通貨及びその基礎となるブロックチェーン技術の社会への応用可能性と課題について報告する。

I 地域経済を活性化するソーシャル・ビッグデータ

津田塾大学総合政策学部教授・総合政策研究所所長 曾根原 登

インターネットが作り出す情報空間（Cyber-space）と、人やモノの物的世界である現実社会（Real-world）とが、互いに連携・協働する「サイバー・フィジカル融合社会」が形成されつつある。以下では、この融合社会において地方創生を実現する技術として、ソーシャル・ビッグデータ利活用・基盤技術⁽¹⁾を取り上げ、宿泊や交通、イベントなどに関する地域資源データを分野横断して管理する技術（Web of Resources. 以下「WoR」という。）と、人や集団の動きを可視化する技術（Internet of Persons. 以下「IoP」という。）について、また、「データ活用社会」の実現を支援する仕組み（データ駆動政策決定支援システム）について述べる。さらに、個人データ活用制度とデータ活用人材育成の必要性について触れる。

1 融合社会の到来と地方創生

人口の急速な減少と大都市への集中による地方衰退のリスクが増大している。日本創成会議が2014年に発表した報告書によると、2040年までに若年女性人口が5割以上減少する自治体が相当数見込まれるなど多くの地域で将来の消滅が懸念されている⁽²⁾。この地方衰退スパイラルから離脱するための政策課題が「地方創生」である。この課題の難しさは、人口減少に合わ

* 本稿におけるインターネット情報の最終アクセス日は、平成29（2017）年12月25日である。

(1) 情報通信研究機構は、公共性を有し社会に貢献するビッグデータのことを「ソーシャル・ビッグデータ」と位置付け、その利活用の促進に取り組んでいる。「ソーシャル・ビッグデータ利活用・基盤技術の研究開発の採択課題を決定」2014.6.19. 情報通信研究機構ウェブサイト〈<https://www.nict.go.jp/press/2014/06/19-1.html>〉

(2) 日本創成会議・人口減少問題検討分科会「成長を続ける21世紀のために「ストップ少子化・地方元気戦略」」2014.5.8, p.14. 〈<http://www.policycouncil.jp/pdf/prop03/prop03.pdf>〉

せた公共サービスの経済的効率化と、少子高齢化に対応したユニバーサルサービスの維持運用の両立が求められていることにある。

一方、我が国は、最先端の情報通信技術（Information and Communication Technology. 以下「ICT」という。）基盤の整備により、様々な情報機器やセンサーがネットワークへ接続され、多様で膨大な情報がデジタル化され、データの生産、流通、消費が可能となり、誰もがどこからでもデータにアクセスできる社会がもたらされている⁽³⁾。この結果、インターネットが作り出す情報空間と、人やモノの物的世界である現実社会が互いに融合した「サイバー・フィジカル融合社会」が実現されようとしている⁽⁴⁾。この融合社会では、現実の物的空間における人やモノの変化は、インターネットの情報空間に投影され、インターネット上の情報の変化となる。この変化をデータ分析することで、科学的根拠（エビデンス）に基づいた知識サービスを創出できる。そのサービスを再び人やモノに対してフィードバックすることで新たなデータ循環⁽⁵⁾が生まれる。現実社会と情報空間の間で繰り返されるこうしたデータ循環は、新たな価値やビジネスを生み出し、人々の生活をより良いものにする。

地方創生に向けて、ICT基盤を活用し、観光、医療、介護、教育、防災、交通、宿泊、飲食などに関わる「ソーシャル・ビッグデータ」（公共性を有し社会に貢献するビッグデータ）⁽⁶⁾を収集・分析し、エビデンスに基づく合理的な政策決定を行う仕組み（データ駆動政策決定支援システム）⁽⁷⁾が提案されている。

データ駆動政策決定支援システムとして、ウェブサイト（ウェブ）に公開されたホテルの宿泊、新幹線、飛行機、都市間高速バス、駐車場、娯楽やスポーツ施設等の予約履歴に関するオープンデータ収集とその分析基盤⁽⁸⁾、及びWi-Fiアクセスポイント（基地局）が通信に先立ち検知するモバイル機器の位置情報を用いた人の流れ（人流）の可視化⁽⁹⁾が挙げられる（「3 データ駆動政策決定支援システム」にて後述する）。事例としては、京都府京都市の観光予報システム、東日本大震災時の交通・宿泊施設の復旧状況の可視化、福井県鯖江市の広域観光・回遊政策、東京マラソン2017における訪日（インバウンド）観光客動態分析、長崎観光ビッグデータ分析が挙げられる（「4 地方自治体でのデータ駆動政策決定支援システム社会実証実験事例」にて後述する）。

2 地域に求められるデータ駆動型のサービス産業

地方創生の柱に観光産業がある。訪日客数は、平成28（2016）年には中国、韓国を筆頭に、過去最高の2400万人に達した⁽¹⁰⁾。その消費額は既に約3.5兆円に達しており、政府は2020年

(3) 「平成29年版 情報通信白書のポイント」総務省ウェブサイト〈<http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/h29/pdf/29point.pdf>〉

(4) 曾根原登「人間中心のサイバーフィジカル融合社会のためのIDデータコモンズ提案」『情報・システムソサイエティ誌』17巻4号, 2013.2, pp.21-22. 〈https://www.jstage.jst.go.jp/article/ieicejournal/17/4/17_21/_pdf〉

(5) 曾根原登ほか「情報社会から融合社会へ—仮想と現実が融合する社会での情報のガバナンスと信頼性を考える—」『情報の科学と技術』67巻5号, 2017, pp.241-250. 〈https://www.jstage.jst.go.jp/article/jkg/67/5/67_241/_pdf-char/ja〉

(6) 「ソーシャル・ビッグデータ利活用・基盤技術の研究開発の採択課題を決定」前掲注(1)

(7) 曾根原登「地域経済を活性化するデータのカーデータ駆動型政策決定とデータ活用人材養成—」『J-LIS』4巻6号, 2017.9, pp.42-48.

(8) 一藤裕・曾根原登「ビッグデータ駆動の観光・防災政策決定支援システムの研究開発」2013.3.6. 国立情報学研究所ウェブサイト〈<http://research.nii.ac.jp/sonohara-lab/img/news/2013-03-06-detail.pdf>〉

(9) 国立情報学研究所「エビデンスに基づく政策・意思決定を支援／多様なデータを構造化して高速処理ソーシャル・ビッグデータ駆動の政策決定支援基盤」2017.3.14. 〈http://www.nii.ac.jp/userimg/press_20170314.pdf〉

(10) 「2016年訪日外客数（総数）」日本政府観光局ウェブサイト〈https://www.jnto.go.jp/jpn/statistics/since2003_tourists.pdf〉

までに年間訪日客数 4000 万人、市場規模 8 兆円の達成を政策目標の一つとしている⁽¹¹⁾。

従来の観光ビジネスでは、どのような利用者が、どのようなサービスを好み、実際に何を利用するか調査分析やビジネスモデル開発が様々な形で行われてきた。これらの多くは、交通、宿泊、娯楽、観光、生産、流通など各分野で、それぞれ独自に特定の商品とサービスの視点からデータの収集・蓄積や分析が進められてきた。例えば、マーケティングでは、適切な商品を提示し、購買へ結び付けるため購買履歴や収入・支出データを収集するが、交通手段、宿泊や購買場所などに関する行動履歴データが欠落していた。

一方、観光事業は、消費者を長くその地域に滞留・回遊させ、より多くの支出を誘発することを狙いとする。その際、移動や宿泊のみのデータや、流通や消費行動のみのデータから得られる知見では十分ではなく、移動、観光、探索、飲食、流通、宿泊などを合わせたデータを収集・分析する必要がある。

行動履歴データをより網羅性の高いものとするれば、どのようにして訪問者を回遊させ、より多く支出してもらい、満足度を高めるかの施策を決定できる。これにより円滑で快適な交通、宿泊サービスと、移動しながら楽しめる商業施設や観光施設を適切に組み合わせ、楽しい体験や地域コミュニティへの参加ができる魅力的な地域社会空間の創生が可能となる⁽¹²⁾。

以上のように、地域での観光・回遊のために資源利用を効率化するには、各分野の関係者が協働しながら各種データを網羅的かつ継続的に収集・分析し、エビデンスに基づく観光・回遊政策を策定できる「人間・社会データ基盤」⁽¹³⁾が必要となる。このデータ基盤を構築し活用することで、従来の単純な「移動」でも「購買」でもない、「楽しい体験」や「地域社会やコミュニティへの参加」という新たな観光・回遊サービスを定量化してとらえることができ、より魅力的なサービスのデザインを合理的に行うことができる。

3 データ駆動政策決定支援システム

地域の観光・回遊政策の立案と実行には、その判断根拠となる観光客数、宿泊施設の稼働率、宿泊者数、各種交通手段の利用率などのデータが必要となる。この種のデータには、国や地方自治体の公的統計や民間事業者の調査データがあるが、例えば宿泊に関する公的統計である観光庁観光統計の宿泊旅行統計調査⁽¹⁴⁾の公開は数か月ごとである。また、全国の自治体が個別に調査する場合のコストは膨大となる。その上、調査項目や集積データの標準がないと、データの再利用や比較検討ができず、非効率となる。さらに、地方では、データに基づいた意思決定や経営判断を行う「データ活用人材」も不足している。このような問題を解決するため、情報・システム研究機構国立情報学研究所は、データ駆動政策決定支援システムとして、「人間・社会データ」を収集、蓄積、分析する「データ駆動政策決定支援基盤」を研究開発している(図1)。

(11) 明日の日本を支える観光ビジョン構想会議「明日の日本を支える観光ビジョン—世界が訪れたい日本へ— 概要」2016.3.30, p.3. 国土交通省ウェブサイト〈<http://www.mlit.go.jp/common/001126601.pdf>〉

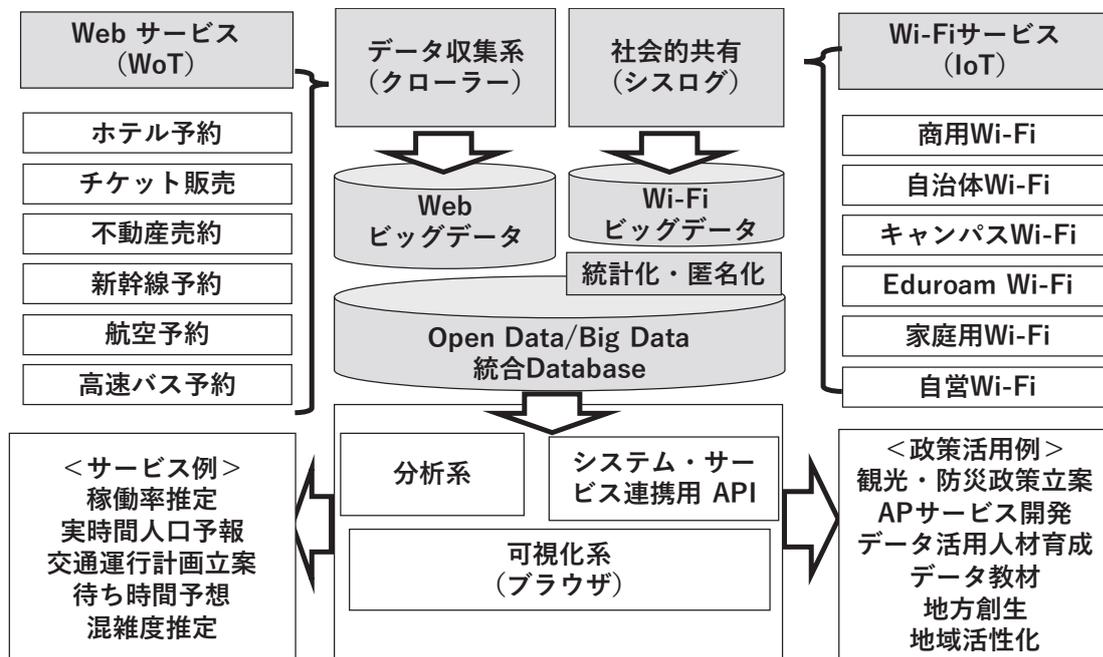
(12) 例えば、個人の活動履歴情報を集約して新たな社会的価値を創造する「情報銀行」と呼ばれるシステムが提案されている。「情報銀行—個人活動情報のエコシステム—」東京大学空間情報科学研究センター&生産技術研究所柴崎・関本研究室ウェブサイト〈<http://shiba.iis.u-tokyo.ac.jp/researches/information-bank/>〉

(13) 人間・社会データ調査、利用者に宿泊や観光、イベントなどを知ってもらう広告掲載、施設や設備などの資源運用、消費者に何度も足を運んでもらうリピーター顧客管理、多様な支払手段である課金決済、これら一連のデータを報告するレポート機能から成る。

(14) 例えば、観光庁「観光統計 宿泊旅行統計調査(平成28年・年間値(確定値))」2017.6.30. 国土交通省ウェブサイト〈<http://www.mlit.go.jp/common/001190401.pdf>〉

以下では、この基盤においてソーシャル・ビッグデータの収集・分析を担うウェブ／Wi-Fiによるセンサライズ (Sensorize) ⁽¹⁵⁾ について述べる。

図1 国立情報学研究所が開発したデータ駆動政策決定支援基盤 (概念図)



(注) 図中の「稼働率」の例としては、バスや電車の乗降者数、ホテルの客室稼働率、各種イベントのチケットや入場券の販売数、駐車場の空きスペース率、などが挙げられる。

(出典) 国立情報学研究所「エビデンスに基づく政策・意思決定を支援／多様なデータを構造化して高速処理—ソーシャル・ビッグデータ駆動の政策決定支援基盤—」2017.3.14, p.2. (図1) http://www.nii.ac.jp/userimg/press_20170314.pdf を基に筆者作成。

(1) ウェブによるセンサライズ

バスの位置情報のように、「モノ」(Things)の状態はインターネットを通じてウェブ空間にアップロードされるようになった。このようなシステムは、「WoT」(Web of Things)と呼ばれている。

一方、WoR システムは、ウェブ空間に登録された交通や施設、イベントなどの予約データなどのうち、オープンデータを収集・分析して、人間・社会の動きを予測し、可視化することができる⁽¹⁶⁾。WoR は、ウェブ空間のデータを計測するので「ウェブデータ・センサライジング」(Web Data Sensorizing) と呼ぶべき概念である。WoR の活用により、地方自治体を拠点に、宿泊、イベント、観光、移動サービスの人的・物的資源やその稼働状況のウェブ管理を行い、それを用いて宿泊や交通のサービスが効率的になるよう制御することができる。

(15) 公文俊平「ニューメディアと情報文明」1992.4. 国際大学グローバル・コミュニケーション・センターウェブサイト http://www.glocom.ac.jp/column/1992/04/post_351.html は、「sensorize」という言葉をつくり、これを「具象化」の意味にあてて、ことを提案しているが、本章では、センサライズという言葉ウェブやWi-Fiによるデータ収集・分析という意味で用いている。

(16) 施設の容量を事前に把握し、ウェブ予約サービスサイトを観測することで、施設利用の「予約可(空室・空席ありなど)」と「予約不可(満席・満室など)」の情報から将来の稼働率を推定する。

(2) Wi-Fiによるセンサライズ

新たなソーシャル・ビッグデータとして、Wi-Fi アクセスポイントの利用履歴（ログ）データを活用し、Wi-Fi アクセスポイントを利用している人の流れ又は群流（人の集団の動き）を把握して可視化する仕組みが研究開発されている。モノがインターネットに接続されて形成される情報空間は、IoT（Internet of Things）と呼ばれている。これに対して、Wi-Fiを利用する人や集団の流れを示す情報空間をIoP（Internet of Persons）と呼び区別している。

このWi-Fi アクセスポイントのログデータは、通信事業者が訪日外国人向けに提供している無料Wi-Fiサービスで取得したデータである。同サービスでは、サービス申込み時にログデータ利用に係る同意を取得している。同意を取得した匿名加工データのみが研究目的に限定して利用される⁽¹⁷⁾。

Wi-Fi システムログデータから把握した人々の動きとホテルの予約状況などのウェブデータの解析結果をリアルタイムに組み合わせることによって、人やその集団の移動と、その人の国籍や性別、年代などの属性情報に応じて、その人に合った言語での観光案内や、性別や年代に合った商品紹介、食事提供や物品販売の最適要員の配置などが可能となる。また、従来はできなかった消費活動におけるリアルタイムでの需要と供給のマッチングが実現できる。

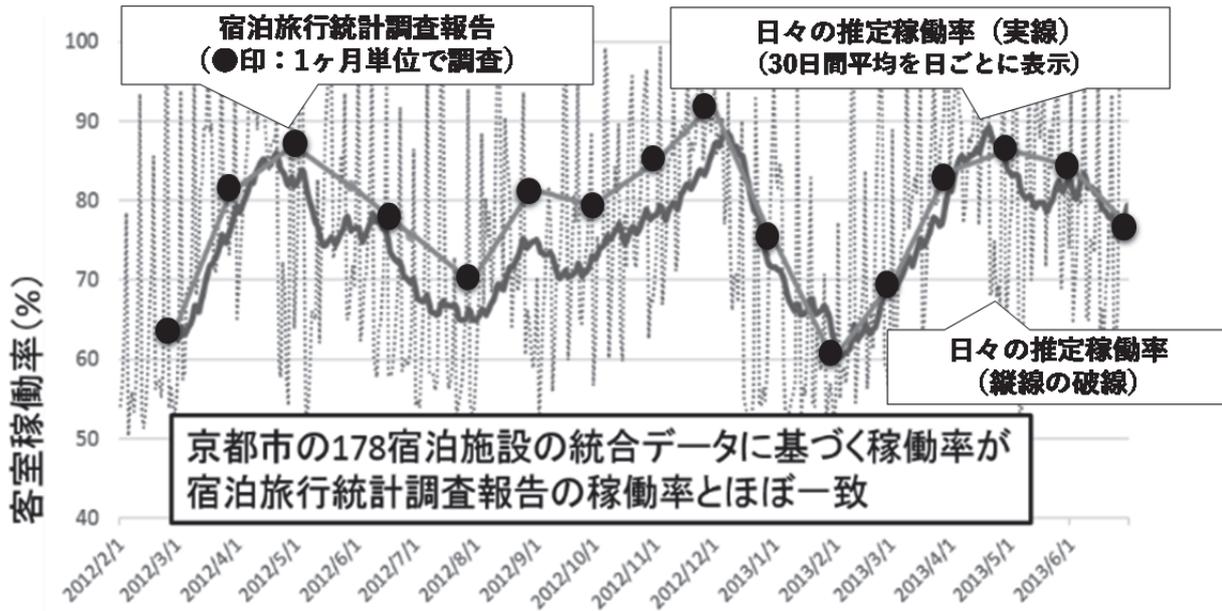
4 地方自治体でのデータ駆動政策決定支援システム社会実証実験事例

(1) 観光予報（京都市）

自治体は、イベントの開催時期、場所の決定を合理的に判断するデータやイベント開催による経済効果の把握手段を自ら持たないことが多い。このため、外部の企業に委託して把握しているのが実情である。地方自治体や観光事業者は、どの時期にどの程度の観光客が訪れるのか、どうすればより多くの観光客を確保できるのかといった経営判断手法を必要としている。これらのデータをリアルタイムで効率良く提供する仕組みを構築し、持続的なビジネスモデルを構築することができれば、地域の観光活性化に貢献でき、継続的なデータ基盤の運用が可能となる。図2は京都市のホテル（178施設）における日々の稼働率をウェブ予約データから推定したものを統計値と比較したものであり、両者はほぼ一致している。これにより、エビデンスに基づいて、閑散期に行うイベントなどの決定を支援できる。また、ウェブのオープンデータを用いているため、自治体が調査コストを別途負担する必要がない。

(17) 通信事業者のWi-Fi位置情報の取得及び匿名加工後の利用に係る同意については、事前に個別同意を取得すること及び、事後にオプトアウト（利用者情報の無効化）する機会が提供されていることから、総務省の「位置情報プライバシーレポート」にのっとった対応となっている。同レポートは、総務省の「緊急時等における位置情報の取扱いに関する検討会」において、電気通信事業者が取得する位置情報について、通信の秘密や個人情報、プライバシーを適切に保護しつつ、ビジネス利用も含めたその社会的利活用を促進するための整理を行い、平成26年7月に公表された。電気通信事業者が取得する位置情報の適切な扱いにより、防災や街づくり等への活用、利用者にとって有用なサービスの展開などへのデータ利活用が高く期待されている。「緊急時等における位置情報の取扱いに関する検討会報告書 位置情報プライバシーレポート—位置情報に関するプライバシーの適切な保護と社会的利活用の両立に向けて—」2014.7. 総務省ウェブサイト〈http://www.soumu.go.jp/main_content/000434727.pdf〉

図2 ホテルの推定稼働率と観光統計確定値との比較



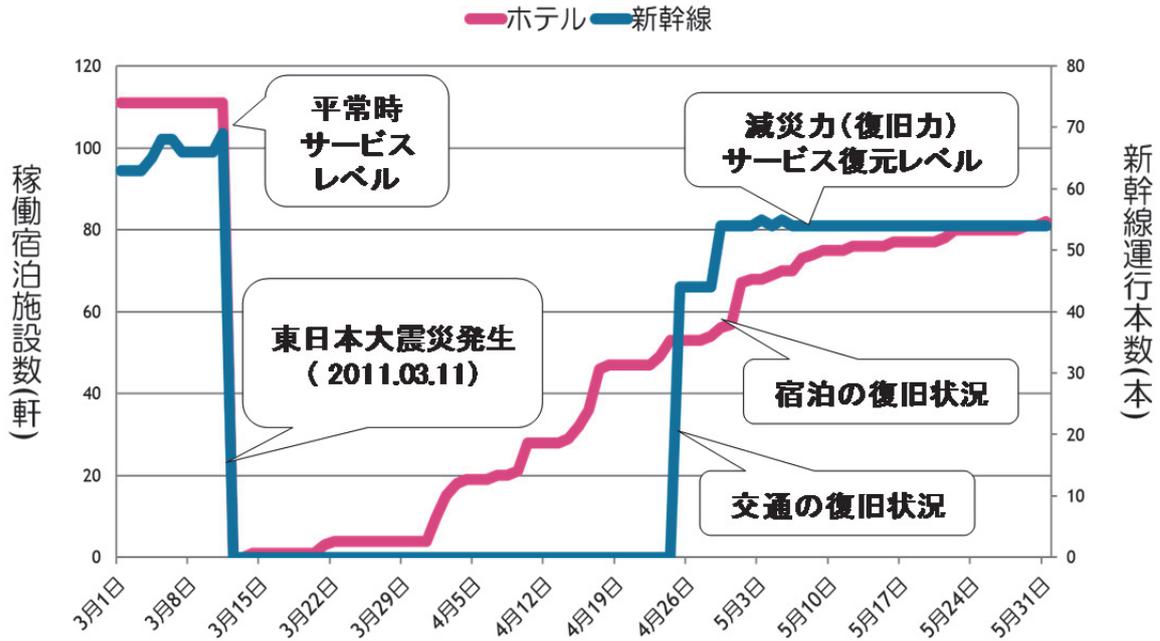
(注) 京都市における従業員10名以上の178のホテルの宿泊施設稼働率（人手による月ごとの調査）とWeb予約データからのデータ分析による日々の稼働率を推定して比較したものである（平成24年）。
 (出典) 曾根原登「地域ソーシャル・ビッグデータ連携基盤とデータ駆動政策決定支援システム事例」（情報通信審議会情報通信技術分科会技術戦略委員会先端技術WG（第5回）資料）2016.4.22, p.7. 総務省ウェブサイト〈www.soumu.go.jp/main_content/000415999.pdf〉を基に筆者作成。

このように、自治体の観光政策を始め、観光協会や商工会議所による観光事業活性化の支援を目的として、情報・システム研究機構データサイエンス共同利用基盤施設、国立情報学研究所、津田塾大学総合政策研究所などによって、ウェブデータ駆動の観光予報システムが研究開発されている。これは、インターネットで公開されている膨大で多様な宿泊施設の関連データを横断的に収集・蓄積・分析して、観光地域の宿泊状況や適切な宿泊料金を推定し、地域全体の収益を予測することで、データに基づいた合理的な観光政策決定を支援するものである。

(2) 災害時の復旧状況可視化（宮城県仙台市）

WoR は、災害時における宿泊・交通システムの復旧状況の可視化に利用できる。東日本大震災発生時には、新幹線や宿泊施設が利用できなくなった。同時に、通信回線の切断や電源の消失によって、インターネットも利用できなくなった。発生後、徐々に電気、水道、通信などの社会インフラが復旧するにつれて、ホテルや新幹線の実営業とウェブ予約システムが復旧していった。ウェブ予約システムの状況を WoR で観測することにより、震災後の宿泊施設と新幹線の復旧状況が迅速に可視化できる（図3）。国や被災地の自治体は、ボランティアや復旧作業員の輸送、宿泊施設の提供など災害復旧活動支援計画にこのデータを利用できる。

図3 東日本大震災後の復旧状況の可視化（仙台市）



(注) 平成23（2011）年3月11日に発生した東日本大震災前後の東北新幹線、仙台市内宿泊施設の稼働状況を示したものの。東北新幹線は4月後半に運行再開したが、徐行運転区間や運行車両制限があったため、震災前の運行本数の約80%の復旧にとどまった。同様に仙台市の宿泊施設の復旧動向も可視化されている。

(出典) 曾根原登「地域ソーシャル・ビッグデータ連携基盤とデータ駆動政策決定支援システム事例」（情報通信審議会情報通信技術分科会技術戦略委員会先端技術WG（第5回）資料）2016.4.22, p.9. 総務省ウェブサイト〈www.soumu.go.jp/main_content/000415999.pdf〉を基に筆者作成。

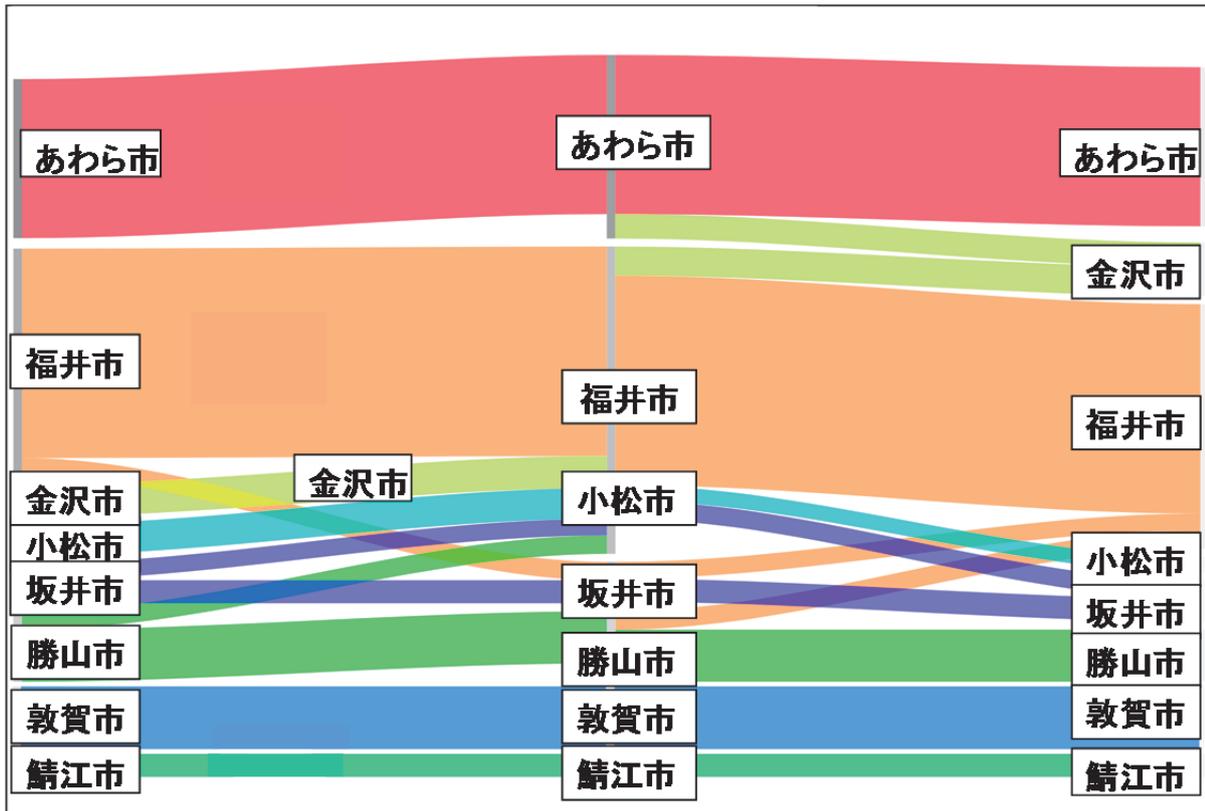
(3) 広域観光・回遊政策（鯖江市）

鯖江市は、オープンデータを活用した「データシティ鯖江」の推進など地域活性化に向けた新たな自治体モデルを検討している。例えば、コミュニティバスのロケーションデータをオープンデータ化してポータルサイトを立ち上げている⁽¹⁸⁾。

今後は、この自治体オープンデータと民間のWi-Fiビッグデータ（人流データ）を組み合わせた官民データ連携基盤を構築し、観光など新規ビジネス機会の創出を目指している。具体的には、国立情報学研究所、津田塾大学等と連携して、IoTを用いた福井県内の訪日観光客の動態分析に基づき、鯖江市を含む新たな広域観光・回遊ルートの検討が行われている（図4）。

(18) 鯖江市では、コミュニティバス「つつじバス」の乗客数等をオープンデータ化するシステムを導入し、平成29（2017）年4月1日から運用している。「バス乗客リアルタイムオープンデータシステム」2017.3.30. Data City Sabaeウェブサイト〈<http://data.city.sabae.lg.jp/information/バス乗客リアルタイムオープンデータシステム/>〉

図4 福井県及び隣接する石川県など北陸地域における訪日観光客の群流ダイヤグラム



(備考) 平成27(2015)年6月～平成28(2016)年7月の1年間、福井県・石川県を中心とした北陸地域の訪日観光客が、どこから来て、どこに向かったかについての累積データを表示したもの。例えば、あわら市に滞在した人の多くが翌日もあわら市に滞在し、一部が金沢市に移動している様子が見られる(グラフ上部)。鯖江市では、他市からの流入が少ないことから、福井市の恐竜博物館、鯖江市のめがね博物館などの博物館観光や漆工房体験などを含む新たな広域観光・回遊ルートの開拓が検討されている。

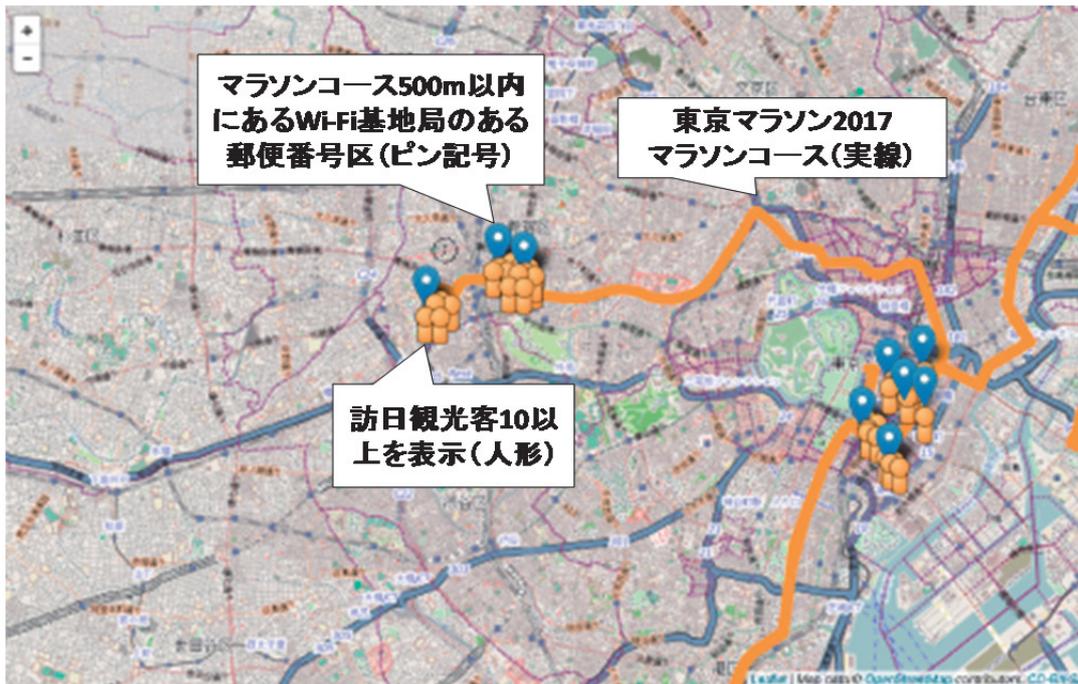
(出典) 平成29(2017)年6月に鯖江市・鯖江商工会議所と国立情報学研究所が相互連携協定を締結した際の公開資料を基に筆者作成。

(4) 「東京マラソン 2017」と長崎県長崎市の訪日観光客の動態分析(東京都、長崎市)

Wi-Fi データセンサライジングを用いて訪日観光客の群流を可視化する仕組みが、国立情報学研究所、津田塾大学総合政策研究所等で研究開発されている。群流の解析は、プライバシーに配慮するため、Wi-Fi アクセスポイントで検出される各デバイス番号を置き換える(複数回)とともに、10個以上のデバイス番号を一つにまとめて処理している。動きの把握は郵便番号区単位、1時間単位で行っている。解析結果は地図上にプロットされ、様々な縮尺で表示可能である。平成29(2017)年2月26日に開催された「東京マラソン 2017」における訪日観光客の群流を可視化したものを示す(図5)。

また、Wi-Fi のデータから把握した人々の動きとホテルの予約状況などのウェブデータの解析結果をリアルタイムに組み合わせることにより、新たな観光スポットの発見、送迎やおもてなしをする国別の接客要員の配置、効率的な看板の設置、タイミングの良いデジタルサイネージ広告などを支援できる。長崎市の訪日観光客の群流分析結果を示す(図6)。

図5 「東京マラソン 2017」における訪日観光客の群流可視化



(備考)「東京マラソン2017」(2017年2月26日)のスタートからゴールまでの間(10～16時)における訪日観光客の群流を可視化することにより、マラソンコースから500m以内の訪日観光客が、どこに集中し、どう移動したかなどを知ることができる。

(出典)「千駄ヶ谷でのリアルタイム・インバウンド観光客の群流可視化」2017.4.1.「津田塾大学でオリンピックを体験」ウェブサイト<<http://tsuda2020.com/news/professor/314.html>>を基に筆者作成。

図6 長崎市中心部における訪日観光客の群流可視化



(備考)平成27(2015)年7月～平成28(2016)年6月の1年間の長崎市中心部における訪日観光客の動態とホテル予約状況、観光スポットを組み合わせ可視化したもの。訪日観光客がどの観光スポットに行っているか等が分かる。多言語の案内看板、トイレ、AEDなどの設置計画にも活用できる。

(出典)国立情報学研究所「エビデンスに基づく政策・意思決定を支援／多様なデータを構造化して高速処理—ソーシャル・ビッグデータ駆動の政策決定支援基盤—」2017.3.14.<http://www.nii.ac.jp/userimg/press_20170314.pdf>を基に筆者作成。

5 データ活用社会とデータ活用人材養成

前節まで、国立情報学研究所等の成果を基に、ウェブ予約データや Wi-Fi システムログデータを人やモノのセンサーとして活用するウェブ／Wi-Fi によるセンサライズについて説明し、それをういた施設稼働率と訪日観光客の動線分析結果を紹介した。また、ホテル、新幹線、イベント施設の稼働率など地域の資源管理データと訪日観光客の群流データを連携させる「WoR と IoP のデータ連携」についても取り上げた。このような「人間・社会データ基盤」によって、合理的な意思決定や経営判断を行うデータ駆動政策決定を支援できる。

今後、平成 32 (2020) 年に向けて、データを活用した観光・回遊や防災・減災政策の立案と実行システムの構築が重要課題となる。「2020 年東京オリンピック・パラリンピック」では、国内外からの会場来客数が 1000 万人以上と予想されている⁽¹⁹⁾。また、2020 年訪日外国人旅行者数は 4000 万人が政策目標となっている⁽²⁰⁾。このような短期間で急激に増加する訪日客に対応するには、人口や訪日外国人数などの公的データをリアルタイムで公開することや、群流をリアルタイムで可視化することが重要である。そのためには、公的データへのリアルタイムでのアクセス、自治体・民間・大学等による Wi-Fi データの収集・連携（官民学データ連携）、こうしたデータを統合的に管理する基盤の構築などが求められよう。

一方、「データ駆動政策決定」を実現するには、ソーシャル・ビッグデータの収集、処理、分析、管理などができる人材が必要になる。しかし現状では、こうした人材が圧倒的に不足している。このため、自治体・民間・大学等が協働し、実践的かつ実務的な「データ活用人材」を養成することも課題である。

II 第一次産業・第二次産業におけるデータ活用

国立情報学研究所特任教授 今井 和雄

あらゆるモノのネットワーク化 (Internet of Things: IoT) と、これにより集められたビッグデータやそれを解析する人工知能 (Artificial Intelligence: AI) などの新たな情報通信技術 (ICT) を駆使した新たな産業の変革が起きようとしている。これは、蒸気機関の登場により機械化が進んだ第一次産業革命、電力の活用により大量生産がもたらされた第二次産業革命、コンピュータの活用により更なるオートメーション化が進んだ第三次産業革命に続く第四次産業革命と呼べるものである。製造業を中心とする第二次産業の革新と同様、農業 (第一次産業) においても、ICT を活用することで、大きな変革を起こし得るとの見方があり、新たな農業改革の到来と期待されている。

本章では、この新たな変革の原動力となる ICT、すなわち IoT、ビッグデータ、AI 等を活用してデータ駆動により実世界とサイバー空間を連携させるサイバー・フィジカルシステム (Cyber-Physical System: CPS) を紹介するとともに、その導入によって、製造業や農業において起こりつつある変革の動向について述べる。

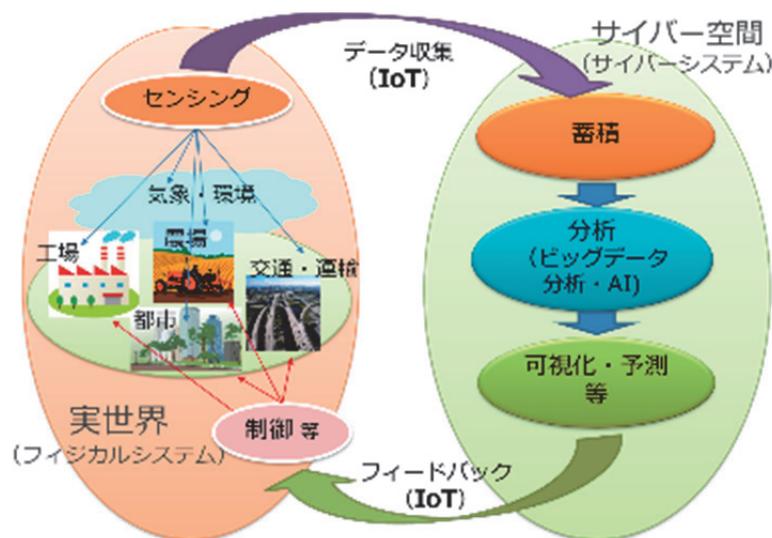
(19) 東京2020オリンピック・パラリンピック招致委員会による立候補ファイル「TOKYO2020: Discover Tomorrow」2013, p.247. (<https://tokyo2020.org/jp/games/plan/data/candidate-section-13-JP.pdf>) によれば、大会期間中の観客と大会スタッフ数は約1010万人、1日当たり最大約92万人と予測されている。ただし、人のリアルタイムの移動を把握する手段は今のところない。

(20) 明日の日本を支える観光ビジョン構想会議 前掲注(11)

1 産業革新へのデータ駆動 ICT の適用—CPS—

データ駆動の CPS とは、実世界（フィジカルシステム）とサイバー空間のコンピュータの能力（サイバーシステム）とを密接に連携させ、ICT の力によって実世界をより良く運用するという考え方に基づくものであり、実世界から収集された様々なデータを分析することで従来見ていなかった状況を「見える化」し、状況に応じた適切なアクション（又は制御）を実世界のシステムにフィードバックするという一連の仕組みをいう⁽²¹⁾。この仕組みを図6に示す。ここではデータ収集やフィードバックのためのネットワークとしてのIoT、ビッグデータの蓄積や分析のためのクラウド（クラウドコンピューティングの略称。サーバ、ストレージ、データベース等をインターネット経由で提供）、AI技術などのICTが駆使され、実世界としての産業の改革にインパクトを与えるものと考えられている。

図6 サイバー・フィジカルシステム（CPS）の仕組み



(出典) 筆者作成。

製造業では、実世界として設計開発から生産、更には販売後の利用におけるあらゆるプロセスでデータがセンシング⁽²²⁾され、収集されたデータに基づき最適化された製造工程を自律的に形成するインテリジェントな生産システム全体が、一つのCPSモデルとなる。農業においては、農場における様々な作業や農地の状況がセンシングされて、生産から流通、需要までのサプライチェーンを見える化し、これに応じて形成される最適な農業生産システムがCPSに対応する。このようにCPSでは、対象となる実世界システムの規模や形態により、必要なデータ収集やその分析方法も大きく異なってくるため、汎用的なソリューションは存在しない。CPSの実現には各分野で実証例を重ねていくことが重要である。IoTやビッグデータ処理といった構成要素技術の高度化と合わせ、現在世界中で様々な実証的取組が行われているところであるので、以下に工業と農業についてその状況を記す。

(21) CPSは、2007年頃から米国のICT分野の研究開発で政策的にも重要な領域として最優先に取り上げられている。President's Council of Advisors on Science and Technology, "Leadership Under Challenge: Information Technology R&D in a Competitive World," August 2007, p.2. <<https://obamawhitehouse.archives.gov/sites/default/files/microsites/ostp/pcast-07-nitrd-review.pdf>> 第I章で述べた「サイバー・フィジカル融合社会」もCPSの概念を社会レベルに適用したものと言える。

(22) ここではセンサーによって単純にデータを取り出すことを意味する。

2 製造業（第二次産業）におけるデータの活用—インダストリー 4.0 と世界の動き—

2011年11月に公表されたドイツ連邦政府の2020年に向けた戦略的ハイテク施策の一つに「インダストリー 4.0」(Industrie 4.0)⁽²³⁾と呼ばれるモノづくりの革新プロジェクトがある。これは、ドイツの主要企業や大学、研究機関が参画した産官学の共同プロジェクトであり、CPSの概念に基づき実世界からのデータを活用してモノづくりのプロセスを革新し、ドイツ製造業の世界レベルでの競争力強化を図ろうというものである。電機、通信、機械などの業界団体を中心としたメンバーによる推進組織の下、各種のワーキング・グループが実証的活動を行っている。インダストリー 4.0では、リードタイム究極削減（製造や納入の指示から完了までの期間を限界まで削減）、オンデマンド生産（在庫削減）、マスカスタマイゼーション（特注品を大量生産プロセスの中で柔軟に製造）など製造業の理想形を示し、工場単体のスマート化ではなく ICT を駆使してサプライチェーン全体をマネジメントする方法を政府主導で提示したことが特徴的である。

このインダストリー 4.0の動きは世界の製造業にもインパクトを与え、米国でも産業向けIoTの社会実装や標準化を進めるオープンな団体としてインダストリアル・インターネット・コンソーシアム (Industrial Internet Consortium)⁽²⁴⁾が立ち上がった。日本でも平成27(2015)年に、ロボット革命イニシアティブ協議会 (Robot Revolution Initiative: RRI)⁽²⁵⁾の作業部会である「IoTによる製造ビジネス変革WG」や、産官学が参画する「IoT推進コンソーシアム」⁽²⁶⁾が設立された。前者はドイツのインダストリー 4.0への対抗軸として、日本の製造ビジネスの改革を狙いとした調査・検討を実施し、後者は製造業に限らず全産業を対象としてIoTの社会実装とそための技術開発などを目的として活動している。政府系以外にも、日本機械学会生産システム部門が母体となって一般社団法人の「インダストリアル・バリューチェーン・イニシアティブ」(Industrial Value Chain Initiative: IVI)⁽²⁷⁾が設立されている。IVIは、工場や企業内外が垣根を越えてつながるIoT時代のものづくりにおいて、関係するプレイヤーの価値を全体として高めるための教育や業務改革の技術基盤の仕組み、新しいビジネスシナリオ等の検討を目指すものである。平成28(2016)年末には、緩やかな標準化のための参照モデルとなるアーキテクチャを策定、公開している⁽²⁸⁾。

ドイツでインダストリー 4.0として始まった製造業改革の動きは、第四次産業革命とも呼べる世界的な流れとなっている。

(1) スマート工場の目標とそれを実現するCPSの仕組み

第四次産業革命における工場は「スマート工場」とも呼ばれるが、これは従来の個別最適化

(23) Federal Ministry of Education and Research, "The New High-Tech Strategy: Innovations for Germany," August 2014, p.16. (https://www.bmbf.de/pub/HTS_Broschuere_eng.pdf)

(24) 2014年3月に設立された。2017年2月現在の会員数は250社以上である。"Industrial Internet Consortium," 2017. Industrial Internet Consortium Website (<http://www.iiconsortium.org/pdf/IIC-Overview-01-24-17.pdf>)

(25) 「ロボット新戦略」(2015年2月10日日本経済再生本部決定)に基づき、「ロボット革命」を推進するために、民間主導で設立された組織的プラットフォーム。「RRI概要」ロボット革命イニシアティブ協議会ウェブサイト (<https://www.jmfrri.gr.jp/outline/overview.html>)

(26) 「[日本再興戦略]改訂2015—未来への投資・生産性革命—」(平成27年6月30日閣議決定)に基づき、IoTを活用した未来への投資を促す適切な環境を整備することを目的として設立。IoT推進コンソーシアムウェブサイト (<http://www.iotac.jp/>)

(27) 「IVIとは」Industrial Value Chain Initiativeウェブサイト (<https://www.iv-i.org/wp/whatsivi/>)

(28) IVI「ものづくりバリューチェーンの参照アーキテクチャー」2016.12.8. (https://iv-i.org/docs/doc_161228_Industrial_Value_Chain_Reference_Architecture_JP.pdf)

された生産プロセスではなく、工場内のデータ連携はもとより、サプライチェーンの営業活動から保守サービスまでの情報を有機的に結合しながら最適な生産を目指すものである。販売された製品の使用状況や市場全体の状況も併せて分析すれば、需要予測に合わせ製品企画や生産計画の精度を高めることも可能となり、従来の製造業の課題であった、リードタイム短縮や多品種少量生産、過剰在庫の防止などへの効果的な対処が可能となる。

そのために求められる技術的対処としては、まず、既存の業務データとともに、IoTによって製造に関わる人とモノ（材料や設備）に関するリアルタイムの稼働・利用状況データを収集することがある。そして、それら多様な形式のデータを必要に応じて変換し、統合的に扱えるデータベースを構築する。この統合データベースから複合的な課題要因を自動的に分析して、問題を「見える化」する。この分析にはAIも活用される。その問題に対して個別最適にならないように解決のための行動や操作の方策を策定し、必要な個所にフィードバックする。以上のデータ駆動のCPSサイクルを迅速に、必要に応じ何回も繰り返すことにより、生産業務全体を最適化していくことになる。

(2) 製造業のサービス化

製品販売後の使用状況データを活用することにより、従来の製造業が単なるモノ売りからサービスを売るビジネスへ発展する可能性がもたらされる。例えば、米国のゼネラル・エレクトリック（General Electric: GE）社は、同社が航空機メーカーへ販売するジェットエンジンの稼働状況データを常時収集して分析することにより、トラブルの発生箇所やメンテナンスを必要とする箇所を飛行中にも提供できるようにしている。これによりGE社のエンジンを搭載した飛行機を利用する航空会社は、飛行機の着陸前に必要な交換部品の手配など整備の準備を整え、着陸後の整備を遅滞なく実施することが可能となる。また、どのようなフライトパターンで運行するのが燃費向上に効果的かを分析し、航空会社に提供するサービスも実施している。このように製品からIoTによって収集されるデータは、製造業にサービス化という新たなビジネス機会をもたらすようになっている。

3 農業（第一次産業）におけるデータの活用

日本の農業は、農業従事者の高齢化と所得の低さによって就業人口が減少の一途をたどっており、耕作地の放棄も増大している。このような状況の中で、少ない人数で高品質な作物を効率的に生産する革新的な農業システムの構築が期待されている。生産管理から流通、需要までのサプライチェーン全体から得られるデータの活用は、製造業での改革と同様、農業改革における技術的基盤になるものと考えられている。

農作業の基盤となる土地や設備、農業機械（農機）を対象にICTやロボット技術を導入するコンセプトは以前からあった。特に施設園芸（植物工場）における環境制御システムなどでは、CPS的アプローチが適用されており、空調や窓開閉、養液供給などの制御が統合化して行われ、栽培環境を最適化することなどが実用化されている。また、自動運転化されたトラクター等の農機の開発やローカルな気象・土壌データをいかした精度のよい生産管理の試みも進められている。しかしながら農業分野は、自然環境の大きな影響を受け、生産物自体が不安定な生体であるため取得されるデータにばらつきがあること、また、施設園芸以外では周囲環境の管理・制御が困難であることから、製造業と比較して精度の低いCPSモデルとなることを認識して、

その構築と要素となる機能の調整に取り組む必要がある。

(1) スマート農業に向けた政策動向

国内ではロボット技術やICTを活用して超省力化や高品質生産を実現する新たな農業（スマート農業）を実現するため、平成25（2013）年11月に農林水産省が「スマート農業の実現に向けた研究会」⁽²⁹⁾を立ち上げ、平成26（2014）年3月に新たな農業の将来像と段階別の実現目標・取組を示すロードマップの中間取りまとめが公表された⁽³⁰⁾。

この中間取りまとめでは、スマート農業で目指す将来の姿として次の五つの方向性が示されている。①超省力・大規模生産を実現（農機の自動走行利用）、②作物の能力を最大限に発揮（データを活用した栽培による多収・高品質生産）、③きつい作業、危険な作業から解放（ロボット等活用）、④誰もが取り組みやすい農業を実現（初心者でも対処可能な環境）、⑤消費者・需要者に安心と信頼を提供（産地、消費者間の情報の流通）。これらは、農作業の効率化や労働力確保、収益性向上、付加価値向上、食の安全性確保など農業の抱える課題をカバーする目標設定となっている。

この目標を実現するために、日本政府はスマート農業を推し進める各種の政策的な研究開発プログラムを実施している。農林水産省は、例えば「ICTを活用したスマート農業導入実証・高度化事業」⁽³¹⁾や「農林水産業におけるロボット技術開発実証事業」⁽³²⁾においてICTや農業ロボット導入の実証的検討を行っている。また、内閣府は、戦略的イノベーション創造プログラム（Cross-ministerial Strategic Innovation Promotion Program: SIP）⁽³³⁾の課題テーマとして「次世代農林水産業創造技術」を設定しており、ロボット技術やICTを活用して超省力・大規模生産の実現に向けた開発検討を推進している。

これらの事業・プログラムの成果も踏まえ、農機メーカーによる自動走行農機や、トマトやイチゴの自動収穫ロボットの開発が進んでおり、一部では試験販売も開始されている⁽³⁴⁾。

注意すべきは、自動走行農機やICTによる生産管理システムは、現状、個々の農機メーカーやITベンダーが個別に開発を進めている状況にあり、相互に連携した運用によって利用効率を高めることが難しいということである。これを解決し、導入によるコスト・パフォーマンスを高めていくことがこれからの課題となる。

(2) データ共有連携によるスマート農業の全国展開

農機メーカーやITベンダーが扱うシステム間でデータを流通させることが、スマート農業を担うシステムを普及するために重要との認識から、システム間でデータ連携を行う「農業データ連携基盤（プラットフォーム）」の構築を検討することが内閣府、農林水産省、慶応義塾大学等から平成29（2017）年5月に発表され、これを推進する協議会（主要農機メーカー等が参

(29) スマート農業の将来像と実現に向けたロードマップなどを検討する研究会。「スマート農業の実現に向けた研究会」農林水産省ウェブサイト〈http://www.maff.go.jp/j/kanbo/kihyo03/gityo/g_smart_nougyo/〉

(30) 「「スマート農業の実現に向けた研究会」検討結果の中間とりまとめ」2014.3.28. 同上〈http://www.maff.go.jp/j/kanbo/kihyo03/gityo/g_smart_nougyo/pdf/cmatome.pdf〉

(31) 「ICTを活用したスマート農業導入実証・高度化事業」農林水産省ウェブサイト〈http://www.maff.go.jp/j/seisan/gizyutu/hukyu/h_yosan/pdf/h26_kettei_fukyuka_2.pdf〉

(32) 「先端ロボットの開発・普及」農林水産省ウェブサイト〈http://www.maff.go.jp/j/budget/2014/pdf/20_26_hosei.pdf〉

(33) 「戦略的イノベーション創造プログラム」内閣府ウェブサイト〈<http://www8.cao.go.jp/cstp/gaiyo/sip/>〉

(34) 「自動運転農機「アグリロボトラクタ」を市場“初”投入—有人監視下での無人による自動運転作業を可能にし担い手農家を支援—」2017.5.31. クボタウェブサイト〈<https://www.kubota.co.jp/new/2017/17-23j.html>〉

加)が同年8月に設立された⁽³⁵⁾。これにより各システム、各農家の持つ土壌情報や生育予測、気象予測、害虫に関する情報などが共有され、条件に応じてデータを提供・流通させる仕組みが構築されるとともに、この基盤の上で新たな農業向けアプリケーションがベンチャーによって開発されることも期待されている。このようなプラットフォームが結実し、継続的に発展するには、データ提供者と利用者を含む多様なステークホルダー間の相互協力とバランスの取れた収益の循環といったプラットフォームを取り巻く健全なエコシステム(分業に基づく協業のシステム)の形成が欠かせない。スマート農業発展の試金石として今後の構築活動に注目する必要がある。

Ⅲ 第三次産業におけるビッグデータ活用

国立情報学研究所准教授 水野 貴之

本章では、金融、保険、運転サービス、生活支援・見守りサービス、小売、観光、人材サービスを中心に第三次産業におけるビッグデータの活用動向を紹介する。金融業では、与信判断や業務効率化、商品開発で活用されている。保険業では、異常取引の検出や業務効率化、査定での活用実績がある。運転サービス業では、長時間ドライバーの安全確保や管理、生活支援・見守りサービス業では、高齢化社会を見据えたお年寄りの見守りや健康増進で活用が模索されている。小売業では、商品開発や業務効率化、商品推薦、価格戦略、売上予想で使われている。観光業では、位置情報ビッグデータを活用した動態調査が活発に行われている。人材サービス業では、人材発掘への活用が進められている。

1 金融業における活用動向

個人や企業に対する与信判断に、資産情報や財務情報に加えて、又は代わるものとして、消費活動における取引情報が利用されている。これにより、即時融資審査や、これまで情報不足により与信判断がつかずに高金利での貸付けしかできなかった利用者に対して金利を低く抑えることが可能になった。アマゾン・キャピタルサービスや楽天カード、住信SBIネット銀行などでは、電子商取引や自社との取引における販売情報、顧客評価、携帯電話の支払情報、クラウド会計ソフト内の会計データ、クレジットカード決算代行のデータ等と与信判断に利用している⁽³⁶⁾。別のアプローチとして、過去の商品の価格変動パターンを人工知能(AI)により見つけ出し、パターンを当てはめることにより将来の価格を予測して、企業の持つ在庫の価値を算定し、与信に利用している企業(例えば、オークファン)もある⁽³⁷⁾。

業務効率化にも、ビッグデータやAI技術が使われている。人員削減が目的というよりも、業務の精度向上や、業務量の増加、団塊の世代の大規模退職によるベテラン不足問題への対応のためである。社内業務の効率化では、業務を極力機械に置き換える作業を進めており、例えば、

(35) 「WAGRI」農業データ連携基盤協議会(通称「WAGRI」)ウェブサイト(<<https://wagri.net/>>)

(36) 杉本昭彦「中小企業融資にAIとビッグデータを活用」『日経Big Data』vol.40, 2017.6, pp.20-21; J.Scoreほか「みずほ銀行とソフトバンクの合弁会社J.Scoreが日本初のFinTechサービス「AIスコア・レンディング」を本日より提供開始」2017.9.25. ソフトバンクウェブサイト(<https://www.softbank.jp/corp/group/sbm/news/press/2017/20170925_01/>)

(37) 杉本昭彦「在庫商品の1年後の価値を予測して融資」『日経Big Data』vol.30, 2016.8, p.9.

マネックス証券では顧客への公開前のコンテンツの表現チェックにAI校正ツールを導入した⁽³⁸⁾。対顧客業務の効率化では、新生銀行が社内で保有する顧客情報から、広告やDM（ダイレクトメール）、電話などの勧誘方法と、金融商品の購入確率との関係を調査して顧客獲得に利用している⁽³⁹⁾。購買情報からリボ払いやキャッシング利用が見込める顧客層を見つけ出すことに成功している例もある⁽⁴⁰⁾。一方、対顧客業務ではビッグデータやAI技術が異常取引の検出にも利用されている。日本取引所グループの東京証券取引所は、AIに過去の不公正取引の情報を学習させ、相場操縦の疑いのある取引を検出している⁽⁴¹⁾。またPwCあらた有限責任監査法人は、異常な会計項目のパターンをAIに学習させることにより、会計データから高速に異常を検出できるツールを導入している⁽⁴²⁾。さらに、クレジットカードの使用履歴、使用金額、使用場所、店舗属性からクレジットカードの不正取引を検出するAIも登場している⁽⁴³⁾。

金融商品の開発に関する利用では、野村證券が、ツイッター（Twitter）などソーシャル・ネットワークワーキング・サービス（SNS）の書き込みから、景気指数の推定や、個別銘柄の市場心理を指数化し、投資の意思決定を支援する情報として顧客へ提供することを目指している⁽⁴⁴⁾。

2 保険業における活用動向

金融業と同じく異常取引の検出にビッグデータやAI技術が使われている。後払い決算サービスを手がけるネットプロテクションズは、過去14年間にわたる9000万件以上の取引データを用いたAIの深層学習で、不払の可能性の高い詐欺まがいの取引を検出するシステムを構築している⁽⁴⁵⁾。

保険業の効率化では、顧客とオペレーターとのやり取りを音声認識技術でテキスト化し、過去の事例を簡単に検索できるようにしたり、保険証書の画像から証書内の表などのレイアウトを検出し、各保険会社の保険証書内項目を自動的に比較できるようにしたりする事例がある⁽⁴⁶⁾。また、保険料の査定に、顧客が身につけたウェアラブル端末やスマートフォンのアプリに日々入力される健康データや運転履歴を利用することにより、これまで年齢や性別により画一的に決まっていた保険料をパーソナライズすることが可能になり、健康や安全運転に心がけている人の保険料を下げることに成功している。アクサ生命保険と第一生命保険でも、ウェアラブル端末などにより収集された健康データから病気になる確率を推定し、健康状態に応じて生命保険料をダイナミックに変えたり、健康増進を支援する商品を開発したりすることを検討している⁽⁴⁷⁾。あいおい日生同和損保やソニー損害保険、損害保険ジャパン日本興和などでは、運転者が身につけたスマートフォンに記録された全地球測位システム（GPS）や加速度センサーの

(38) 多田和子「マネックス証券、AI活用の校正ツールを導入」『日経Big Data』 vol.43, 2017.9, p.22; 多田和子「デジタル業務改革の推進組織を大幅拡大 MUFJが事業部との連携強化で」『日経Big Data』 vol.43, 2017.9, p.21.

(39) 杉本昭彦「新生銀行がAI予測モデルによる販促を開始」『日経Big Data』 vol.36, 2017.2, pp.10-11.

(40) 市嶋洋平「東急カード、購買行動から顧客を28分類」『日経Big Data』 vol.32, 2016.10, p.19.

(41) 多田和子「日本取引所と東証が売買審査にAI適用」『日経Big Data』 vol.38, 2017.4, p.14.

(42) 多田和子「監査の精度向上を目指してAIの活用へ」『日経Big Data』 vol.41, 2017.7, p.21.

(43) 杉本昭彦「深層学習でカード不正検知精度が劇的に向上」『日経Big Data』 vol.36, 2017.2, p.12.

(44) aiQ-Indexウェブサイト〈<https://www.aiq-index.com>〉

(45) 橋本史郎「後払い決済の不払い者を洗い出す与信判定」『日経Big Data』 vol.37, 2017.3, p.24.

(46) 多田和子「深層学習でオペレーターの音声テキスト化」『日経Big Data』 vol.44, 2017.10, p.12; 多田和子「特集「眼」が拓く深層学習ビジネス」『日経Big Data』 vol.42, 2017.8, pp.3-9.

(47) 多田和子「健康に応じて保険料を変える商品の実現へ」『日経Big Data』 vol.31, 2016.9, pp.10-11; 杉本昭彦「従業員6万人対象にポイントで健康支援」同, p.18.

履歴、車両に設置した IoT デバイスから収集されたブレーキやアクセル操作の履歴を用いて、運転者の安全運転度合いを数値化し、安全運転者の保険料を値下げしている⁽⁴⁸⁾。さらに、運転診断の結果を顧客にフィードバックすることにより、事故率の低下と保険金支払金額の削減、また、運転診断を利用したい顧客の囲い込みを狙っている⁽⁴⁹⁾。

3 運転サービス業における活用動向

個人が身に着けたウェアラブル端末により収集された生体情報や、車両に設置した IoT デバイスにより収集された運転履歴情報は、保険料の査定に利用されるだけでなく、タクシーやトラックなどの長時間運転者を抱える企業の管理部門でも利用されている。

長時間運転者の管理サービスでは、車両に設置した IoT デバイスにより、車の位置情報や加速度、エンジン回転数、燃料などをリアルタイムに可視化して管理者に提示するシステムが構築されており、セイノーホールディングスの子会社等で利用が始まっている⁽⁵⁰⁾。このシステムには、収集した情報を用いて安全運転診断をする機能が搭載されており、企業にとっては、ドライバーの安全運転指導や安全運転意識の向上、自社内の安全運転ドライバーの発見に役立っている。心拍などの生体情報から長時間運転者の主に眠気を検出するというサービスも展開されている⁽⁵¹⁾。このサービスでは、眠気を感知すると運転者が身に着けているデバイスが震えて運転者に知らせるだけでなく、運転手を管理する部署にも知らされ、部署から運転者に休憩を取るよう指示をする。このようなサービスで収集された運転者の眠気情報は、眠気に襲われやすい場所や状況の統計的推定を可能にし、運行管理に役立てることができる。高速バス事業者の WILLER EXPRESS JAPAN は、このような仕組みを平成 28（2016）年 10 月から導入している⁽⁵²⁾。

4 生活支援・見守りサービス業における活用動向

個人が身に着けたウェアラブル端末により収集された生体情報、住宅内に設置した IoT デバイスにより収集された居住者の行動履歴、スマートフォン向けアプリケーションに日々入力される行動履歴などを活用した生活支援や見守りサービスが展開されている。

お年寄りの見守りサービスでは、主に住宅内に設置した IoT センサーを利用する。各家庭のスマートメータから過去の電力使用量や水道使用量を収集して使用量パターンを見だし、使用量パターンの逸脱から生活リズムの異常を感知、家族にメールや LINE で通知が届くサービスがある⁽⁵³⁾。また、住宅内に設置したカメラの情報から行動の異常を検知する見守りサービスもある⁽⁵⁴⁾。このような IoT センサーを搭載したマンションの開発が進められており、AI で

(48) 杉本昭彦「安全運転で安くなる保険をIoTデータで実現」『日経Big Data』 vol.41, 2017.7, pp.22-23.

(49) 「【国内初】スマートフォンアプリと連動した新割引『安全運転割引』の導入—安全運転をするドライバーの保険料を軽減—」2017.8.21. 損保ジャパン日本興亜ウェブサイト〈http://www.sjnk.co.jp/~media/SJNK/files/news/2017/20170821_1.pdf〉

(50) 多田和司「サービス利用車両の動画を収集して分析」『日経Big Data』 vol.39, 2017.5, p.11; 多田和司「高齢者に特化した運転見守りサービス」『日経Big Data』 vol.32, 2016.10, p.15; 多田和司「クルマのIoTデータを活用した運行管理」『日経Big Data』 vol.30, 2016.8, p.26.

(51) 多田和司「特集クルマデータは異業種こそ商機」『日経Big Data』 vol.38, 2017.4, pp.3-8.

(52) 多田和司「高速バス202台の走行中衝突事故がゼロに」『日経Big Data』 vol.40, 2017.6, p.24.

(53) 「お年寄り、電力で見守り 関電、奈良県立医大と共同開発」『朝日新聞』2017.1.27, p.9; 市嶋洋平・橋本史郎「IoTで顧客と長期につながる不動産業界」『日経Big Data』 vol.40, 2017.6, pp.22-23.

(54) 杉本昭彦「住宅IoTデータ分析で生活パターンを4分類」『日経Big Data』 vol.37, 2017.3, p.23.

電気の消し忘れや戸締まりの忘れなども防ぐことができる⁽⁵⁵⁾。マンション居住者へのウェアラブル端末の配布とその端末で収集した行動履歴の分析を通じて、各居住者に合わせたフィットネスクラブのメニューを推薦するサービスを展開することにより、居住者の健康増進に努めている事例もある⁽⁵⁶⁾。

高解像度の気象予報を提供するライフウェザーなどの気象サービス事業者、通信サービス事業者、素材メーカーなどで生活支援・見守りサービス業への参入が活発になっている。NTTと東レは、着るだけで生体情報が計測できる繊維デバイスを開発、運転者や工事現場作業員、病人の心拍などを測定できるようにした。ナイトキャップにつける脳波計測センサーを開発することにより、睡眠改善指導サービスを提供している例もある。また、帝人は、ウェアラブル端末により収集された個人の睡眠情報を持つ「ねむログ」を買収したことで、平成18年以降の36,000人の睡眠データを取得し、健康と睡眠との関係を調べてビジネスにつなげようとしている。気象データと身体特性データを掛け合わせて、気象が体に及ぼす影響を予測して注意を促すサービスの開発なども進められている⁽⁵⁷⁾。

5 製造業・小売業における活用動向

小売店のポイントカードに記録された顧客の購買履歴データやSNSの写真データを利用した商品開発が行われている⁽⁵⁸⁾。例えば、救心製薬は、これらのデータから競争が少なく利益率の高い顧客層を発見し、その顧客層である30代から50代に向けた製品「救心錠剤」を開発した⁽⁵⁹⁾。また、商品開発に役立つ統計データの販売も活発である。日本調剤では、年間1200万枚の処方箋から抽出された医師の処方や患者の服薬情報などの統計データを製薬会社に向けて販売している⁽⁶⁰⁾。大日本印刷などは、AIにインスタグラム（Instagram）等の写真共有サービスにある大量の画像を読み込ませ、SNSで話題になりやすい商品パッケージのデザインや地域ごとに流行している服の色などの情報をメーカーに売り込んでいる⁽⁶¹⁾。

小売業でも業務の効率化にビッグデータやAI技術が使われている。マーケティングに関する業務の効率化では、店頭のカメラ映像を利用した来店者属性の収集や来店時の顧客行動の把握、衛星画像を用いた駐車状況や人の動きの把握、小売店が顧客に提供するスマートフォン向けアプリケーションによる来店前と来店後の顧客行動の把握などが行われている⁽⁶²⁾。マーケティング以外では対顧客業務の効率化について、コールセンターでのやり取りを学習したAI

(55) 「インヴァランス、新戦略としてIoT事業に本格参入—参入第一弾として、米国のAI開発ベンチャー企業 Brain of Things 社に出資—」2017.10.2. インヴァランスウェブサイト〈<https://www.invalance.jp/user/news/162/84x941ai863yxfanl3azsztox8rpv4xy.pdf>〉

(56) 市嶋・橋本 前掲注(53)

(57) 市嶋洋平「特集 健康にも第4次産業革命」『日経Big Data』vol.37, 2017.3, pp.6-13.

(58) 杉本昭彦「マツキヨと武田薬品が目薬を共同企画」『日経Big Data』vol.32, 2016.10, p.17; 「マツモトキヨシグループの専売商品『目薬—ファーストマイティアCL-G—が誕生』」2016.8.8. マツモトキヨシホールディングスウェブサイト〈<http://www.matsumotokiyoshi-hd.co.jp/news/data/399064ebfeb653b036424071debd1b4e.pdf>〉

(59) 市嶋洋平「ID-POS分析でわかった想像以上の現実」『日経Big Data』vol.32, 2016.10, p.18.

(60) 市嶋洋平「日本調剤、処方箋データ分析をBIツール対応」『日経Big Data』vol.31, 2016.9, p.19.

(61) 「食品パッケージの改善点を診断するサービス「イマドリ!」の提供を開始」2017.6.5. 大日本印刷ウェブサイト〈http://www.dnp.co.jp/news/10135894_2482.html〉; 多田和市「写真共有サービスの画像からトレンドを解明」『日経Big Data』vol.29, 2016.7, p.26.

(62) 多田 前掲注(46); 鈴木恭子「パルコがIoTデータ活用を深化」『日経Big Data』vol.30, 2016.8, p.21; 市嶋洋平「特集 我が社のIDは個人情報ですか? 12年ぶりに施行の改正法、活用の境界線が見えてきた」『日経Big Data』vol.39, 2017.5, pp.3-8; 杉本昭彦「衛星画像データをAPI経由で毎日更新」『日経Big Data』vol.31, 2016.9, pp.20-21.

による顧客サポートサービスでの自動応答や、車の部品の写真を学習した AI による、車全体の画像から部品画像を切り出す中古車ディーラー向けシステム、空調の修理サービスデータを学習した AI による、故障原因、修理に必要な部品や作業を判断してくれるシステムなどの事例がある⁽⁶³⁾。

商品推薦に関する活用は顧客サービスの向上につながっている。眼鏡販売の JINS などでは、眼鏡の似合う度合いや洋服情報を付加した人物画像を学習した AI により、顧客にあった眼鏡の推薦や、顧客が雑誌モデルの画像から簡単に洋服情報を得られる仕組みを提供している⁽⁶⁴⁾。

価格戦略や売上推定にもビッグデータや AI 技術が応用されている。商品の販売数が公開されているインターネット上のショッピングサイトでの各小売店の販売数、商品ランキング、レビュー件数、販売価格、販売促進の状況を AI に学習させることで、販売数が公開されていないショッピングサイトでの各小売店の売上げを推定することが行われている⁽⁶⁵⁾。中古車販売業界では、過去の取引データを AI に学習させ、車の情報から価格を算出するシステムを運用している⁽⁶⁶⁾。また、様々な業種の企業が共通のポイントカードとして採用している T カードの利用履歴を使って、T カード会員のテレビの視聴履歴と、彼らの商品の購買履歴をひも付け、どのようなテレビ CM が購買に結び付くのかを推定するモデルを構築するなど、業種をまたいだビッグデータの利活用が進んでいる⁽⁶⁷⁾。

6 観光業における活用動向

観光業では、主に携帯電話の GPS 機能により集められた位置情報ビッグデータの活用が注目されている。例えば、ソフトバンクグループでは、世界の旅行者の入国分析や世界各地の経済状況の分析が可能となる、人の流れを表す空間情報の活用を力を入れており、平成 29 年時点で 30 名のデータサイエンティスト（ビッグデータや AI に精通し、かつ、業務活用への応用技術を備えた技術者）を雇用している。しかしながら、その人数は業務に対して十分ではなく、現在の十倍は必要であると技術統括ビッグデータ戦略本部本部長の柴山和久氏は感じているという⁽⁶⁸⁾。ソフトバンクグループでは、人の位置情報を活用する各国のサービス事業者との位置情報データの相互利用について提携を進めている。このような位置情報を活用し、どのような人が国内外も含めどこを相互に訪れているかという商圈や観光地、イベント会場の動態調査が行われている⁽⁶⁹⁾。

(63) 多田和市「ネスレ日本、コールセンター業務を改善」『日経Big Data』vol.35, 2017.1, p.12; 杉本昭彦「深層学習でクルマの写真から型式を特定」『日経Big Data』vol.33, 2016.11, p.11; 多田和市「ダイキン工業、深層学習技術を活用してアフターサービス業務の効率化を目指す」『日経Big Data』vol.31, 2016.9, p.16; 杉本昭彦「音声認識AIで24時間運航案内」『日経Big Data』vol.33, 2016.11, p.12.

(64) 杉本昭彦「社員3000人と画像6万枚が深層学習の教師役」『日経Big Data』vol.34, 2016.12, p.12; 杉本昭彦「深層学習を活用したファッション提案アプリ」『日経Big Data』vol.33, 2016.11, p.10.

(65) 橋本史郎「アパレル商品の3日後の販売数を予測」『日経Big Data』vol.36, 2017.2, pp.26-27; 杉本昭彦「楽天市場の商品・店舗売上高をAIで推測」『日経Big Data』vol.35, 2017.1, pp.24-25.

(66) 嶋田洋平・中田敦「特集 高くても売れる価格」『日経Big Data』vol.33, 2016.11, pp.4-9.

(67) 杉本昭彦「CCCがテレビCM出稿量で売り上げを予測」『日経Big Data』vol.29, 2016.7, p.28.

(68) 市嶋洋平「ソフトバンクAI戦略本部の活動が明らかに 深層学習の技術者30人など120人体制」『日経Big Data』vol.42, 2017.8, p.10.

(69) 杉本昭彦「「競合施設を訪れた人にアンケート」ドコモ系が位置連動サービスを本格提供」『日経Big Data』vol.45, 2017.11, p.20; 市嶋洋平「特集 企業間データ共有の始め方」『日経Big Data』vol.43, 2017.9, pp.3-8; 杉本昭彦「国内の観光客を抽出して動態分析、ドコモ・インサイトマーケティング」『日経Big Data』vol.40, 2017.6, p.13; 市嶋洋平「KDDIやオムロンがデータ流通事業に参入」『日経Big Data』vol.40, 2017.6, pp.12-13; 杉本昭彦「3万人の移動情報を集めるレイ・フロンティア 他社へのSDK提供で10万人規模を目指す」『日経Big Data』vol.40, 2017.6, p.30.

需要予測によるダイナミックプライシング（需要に応じた柔軟な価格設定）に、動態調査やインターネット上のショッピングサイトにおける予約状況、閲覧履歴が利用されている。例えばNTTドコモと東京無線協同組合などは、共同で動態調査に基づくタクシーの需要予測に挑戦している⁽⁷⁰⁾。JR九州では、動態調査により判明した駅周辺のイベント参加者の属性が、割引切符を求める客層と一致したときに、割引切符の供給量を減らし、通常切符の販売を増やすことで収益を上昇させる戦略を採用している⁽⁷¹⁾。また、ホテル業界やイベント業界、航空業界では、過去の価格と売行きをAIに学習させることによって、売上げが最大となるようにダイナミックに宿泊価格やチケット価格、割引航空券の供給プランの調整を行っている⁽⁷²⁾。

7 人材サービス業における活用動向

適切な人材の発掘にビッグデータとAI技術が使われている。ソフトバンクなどは、SNS等の書き込みや、不動産情報サービスにある住所情報を地域の平均所得や平均年齢などの統計情報とひも付けることによって個人属性の推定を行っている⁽⁷³⁾。社員に適性検査を実施し、個人の特性や相性等を数値化、最適な部署配置を提案するモデルを構築し、自社の新卒採用試験での活用を検討している企業もある⁽⁷⁴⁾。新日鉄住金ソリューションズでは、過去10年間の学生の属性情報、入試や出席、成績等のデータをAIに学習させ、大学1年を終了した時点の情報から、その後に退学する学生を約80%の精度で予測することに成功し、そのAIを大学向けに販売している⁽⁷⁵⁾。また、人材発掘に関するビッグデータとして、社員がどの人と関係を持っているかが分かる名刺の交換情報に注目が集まっており、クラウド名刺管理サービスを運営するSansanなどのAI・IoT・ビッグデータ企業は数十億円以上の巨額の資金調達に成功している⁽⁷⁶⁾。

米国の求人ウェブサイト大手のインディード（Indeed）では、給与を公開している求人情報を学習したAIにより、給与を公開していない求人の給与推定を可能にし、求人比較の利便性を向上させている⁽⁷⁷⁾。

8 その他の第三次産業における活用動向

不動産業界では、過去の不動産取引価格情報や不動産情報サイトの売価情報をAIに学習させて、物件属性と価格の関係式を推定し、不動産価格を予想するサービスを展開している⁽⁷⁸⁾。広告業界では、テレビ視聴率の予測業務の効率化と広告効果の向上を狙って、過去の視聴率やインターネットの閲覧動向、出演者情報などをAIに学習させて、視聴率を予測するシステム

(70) 多田 前掲注(51)

(71) 「JR九州、鉄道、ネットで伸ばせ、スマホ予約で新幹線安く、小売り特典も検討、上客囲い込み」『日本経済新聞』（九州版）2016.8.13, p.13.

(72) 杉本昭彦・橋本史郎「ビッグデータ分析で儲かる宿泊価格を提示」『日経Big Data』vol.42, 2017.8, pp.14-15; 「口コミ会社を取得、業界での位置強化を（リクルート）」『旬刊旅行新聞』2017.7.1, p.8; 嶋田・中田 前掲注(66)

(73) 市嶋洋平「ソフトバンクが米AIベンチャーと提携」『日経Big Data』vol.36, 2017.2, p.29.

(74) 市嶋洋平「データ分析で6000人を適性に定配置」『日経Big Data』vol.35, 2017.1, p.13.

(75) 多田和市「約80%の精度で大学生の退学を予測」『日経Big Data』vol.35, 2017.1, p.32.

(76) 杉本昭彦「機械学習で名刺のデータ化費用を3分の1に」『日経Big Data』vol.32, 2016.10, pp.12-13; 「名刺管理のSansan、42億円調達 ファンドなどから」2017.8.5. 日本経済新聞ウェブサイト〈<https://www.nikkei.com/article/DGXLZO19694190U7A800C1TJ1000/>〉

(77) 杉本昭彦「ディープラーニングで年収を推定」『日経Big Data』vol.30, 2016.8, p.23.

(78) 杉本昭彦「マンションの参考価格の推定精度向上へ」『日経Big Data』vol.34, 2016.12, p.13; 嶋田・中田 前掲注(66)

を構築することに取り組んでいる⁽⁷⁹⁾。また、毎日の洋服のコーディネート提案するスマートフォン向けアプリケーションから利用者のファッション情報を収集してAIに学習させることで、利用者の好みに合わせた広告（ターゲティング広告）を作ることにも挑戦している⁽⁸⁰⁾。運送業界では、荷物の大きさや重さなどの情報と荷物の画像データをAIに学習させることによって、画像に基づく荷物の自動仕分システムの構築に取り組んでいる⁽⁸¹⁾。これら以外にも、車両のドライブレコーダーの映像から施設や駐車場の混み具合を推定して提供するサービスや、過去の工事現場の風速からその現場の風速をリアルタイムに予測するサービスなど、ビッグデータやAI技術を活用した様々なサービス事業が生まれている⁽⁸²⁾。

IV 社会インフラのスマート化

国立情報学研究所特任教授 今井 和雄

2050年には、世界人口の60%以上が都市部に集中するとの見方もあり⁽⁸³⁾、エネルギー、環境、交通、行政サービスなど都市の諸機能の高度化に対応していくことが重要かつ喫緊の課題となっている。そこで本章では、人々が生活するための「社会インフラ」として都市全体を取り上げ、データ活用という視点からその都市機能高度化（スマート化）に向けた世界の取組を紹介する。

IoT、ビッグデータ、AI等のICTを活用して都市機能を効率的に管理し、環境に配慮しながら継続的な経済発展を目指す都市構想は、「スマートシティ」と呼ばれている。エネルギー、交通、経済、教育、行政といった都市機能のほとんどがスマートシティの対象となるが、これら全ての高度化を同時に進めるのは困難であるため、世界の地域によって推進の優先度は異なっている。以下、世界のスマートシティ開発の概況を地域ごとの特色を踏まえて述べる。

1 欧州のスマートシティの動向

欧州は、スマートシティ開発において先導的である。欧州連合（European Union: EU）は、加盟国におけるスマートシティ・プロジェクトを推奨しており、市当局、技術提供企業や研究者によるイノベーションのための協働に対して積極的に支援している⁽⁸⁴⁾。

欧州では化石燃料消費削減が強く意識されており、欧州委員会（European Commission: EC）が発表した「気候とエネルギーの政策パッケージ」⁽⁸⁵⁾では、2020年までの数値目標として以下を掲げている。

(79) 多田和市「電通、深層学習技術で視聴率を高精度に予測」『日経Big Data』vol.43, 2017.9, p.23.

(80) ルグラン「株式会社ルグラン、気象ビッグデータから天気や気温の変化に合わせたコーディネートをリコメンドする新サービス「TNQL（テンキュール）」を開発・提供を開始」2017.5.9. <<http://legrand.jp/wp-content/uploads/media/Images/Legrand/Blog/2017/5/0fdf12605c2f0d10fccee2b3ccfd23d6.pdf>>

(81) 多田 前掲注(46)

(82) 多田 前掲注(50); 市嶋洋平「AIでピンポイントの6時間後までの風速を予測」『日経Big Data』vol.39, 2017.5, p.14.

(83) Population Division, United Nations, *World Urbanization Prospects: The 2014 Revision, highlights*, 2014, p.1. <<https://esa.un.org/Unpd/Wup/Publications/Files/WUP2014-Highlights.pdf>>

(84) “Smart Cities and Communities: The European Innovation Partnership on Smart Cities and Communities,” European Commission Website <<http://ec.europa.eu/eip/smartcities/>>

(85) “Climate Action: 2020 climate & energy package.” European Commission Website <https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2020_en>

- ① 温室効果ガス排出量を1990年レベルから20%減少させる。
- ② EUでの総エネルギー消費量の20%を再生可能エネルギーからとする。
- ③ エネルギー効率を20%改善する。

こうした意識を反映して、欧州では都市におけるエネルギー問題をスマート化によって改善し、これらの数値目標を達成することが主要な政策となっている。さらに、エネルギー問題と関連して、都市交通インフラの改善は、渋滞や環境汚染の解消の面からも効果的である。そのため、公共交通に重点をおいた交通サービスのスマート化の検討も進んでいる。

(1) エネルギー利用のスマート化

従来の大型発電所だけに頼らず、太陽光発電や風力発電といった分散型発電による電力の地産地消にも対応した送電網のスマート化や配電におけるスマート化（スマートメータの導入）⁽⁸⁶⁾、また、周囲状況に応じた街灯の調光などにより、エネルギー供給の効率化と消費を抑える試みが進められている。そのため、ECでは従来の電力メータをスマートメータに交換する施策を積極的に進めており、2009年の時点で、2020年にはEU域内の80%以上の家庭に普及させることを目標にした⁽⁸⁷⁾。実際、イタリアとスウェーデンでは、既にほぼ全戸への導入が完了している⁽⁸⁸⁾。なお、2014年のECの報告⁽⁸⁹⁾では、2020年までに72%の消費者（一般家庭）が電力のスマートメータを持ち、約40%がガスのスマートメータを持つと予測している。

オーストリアのウィーンやニーダーエスターライヒ州の幾つかの都市は、市民が太陽エネルギーを将来のエネルギーとして活用することを狙いとして、ソーラーパネルを購入した市民が、発電された電力量に従って資金の還元を受けるというプロジェクトを地域のエネルギー会社と連携して実施している⁽⁹⁰⁾。

スペインのバルセロナでは、2008年の金融危機以降の停滞した経済状態の中で、データ駆動型のスマート都市システムへの転換を図るため新たに副市長直轄のスマート化推進チームを結成し、市民やビジネスのためのサービスを向上させる複数の領域を定め、IoT技術を活用した各種の新たなプログラムを開始した⁽⁹¹⁾。その一つは、市の特定のエリアでのエネルギー消費を監視し最適化するために19,500台のスマートメータを取り付けたことである⁽⁹²⁾。また、街灯の効率化のために、2014年までに1,100基以上の街灯柱がLED化され、人が近傍にいるかどうかを感知して明るさを変化させるスマート街灯となった⁽⁹³⁾。なお、この街灯柱は、市のWi-Fiネットワークの一部となり無料インターネットアクセスが提供されている。

⁽⁸⁶⁾ スマートメータによって電気使用状況が可視化され、それに応じた多様な電気料金メニューの提供や効率的な電力設備投資などが可能となり、電力を適切に配分することにつながる。

⁽⁸⁷⁾ 第三次EU電力自由化指令の「Annex I」に示されている。Directive 2009/72/EC [2009] OJ L211/5.

⁽⁸⁸⁾ USmartConsumer Project, “Smart Metering Benefits for European Consumers and Utilities,” 2017, p.6. escan website <http://www.escansa.es/usmartconsumer/documentos/USmartConsumer_Final_Report_Publishable.pdf>

⁽⁸⁹⁾ “Smart grids and meters.” European Commission Website <<https://ec.europa.eu/energy/en/topics/markets-and-consumers/smart-grids-and-meters>>

⁽⁹⁰⁾ “Citizen solar power plants.” Wien Energie Website <<https://www.wienenergie.at/eportal3/ep/channelView.do?pageTypeId/67860/channelId/-51749>>

⁽⁹¹⁾ “Barcelona Digital City.” Ajuntament de Barcelona Website <<http://ajuntament.barcelona.cat/digital/en>>

⁽⁹²⁾ Cisco Systems, “IoE-Driven Smart City Barcelona Initiative Cuts Water Bills, Boosts Parking Revenues, Creates Jobs & More,” p.5. <https://www.cisco.com/assets/global/BE/tomorrow-starts-here/pdf/barcelona_jurisdiction_profile_be.pdf>

⁽⁹³⁾ *ibid.*

(2) 交通サービスのスマート化

スペインのバルセロナでは、公共交通機関のバスと駐車システムの効率化を進めている。バスに関しては、デジタル化したバス停留所を導入し、バスの位置情報の提供とともに、無料Wi-Fiや市の情報を提供するアプリのダウンロード機能などを提供している。また、駐車システムについては、駐車スペースのアスファルトにセンサーを埋め込み、駐車状況を把握することで利用可能な駐車スペースを案内するサービスを提供している。この「apparkB」と呼ばれるスマート駐車システムでは、駐車料金をオンラインアプリで支払うことができ、2015年5月時点（運用開始後20か月）で、7万5千人のアプリユーザーがおり、一日当たり5,000件（発行総数の10%に相当）の駐車券が発行されている⁽⁹⁴⁾。

ロンドンでも、交通のスマート化には力を入れており、バスの運行ネットワークの高度化を含む交通の円滑化に今後長期にわたって大きな投資が行われる予定である。公共交通を円滑化するための信号制御のスマート化や駐車空きスペースを運転者に知らせるスマート駐車システムの導入も進めている⁽⁹⁵⁾。また、ロンドンでは、150年以上の歴史がある世界最古の地下鉄に、IoTを用いた監視システムを導入することで運行の円滑化を図っている。駅構内のエスカレーター、エレベーターや空調システム、監視カメラ等にセンサーを取り付け、列車の運行状況から駅構内の設備の稼働状態に至るまで一括してリアルタイムで監視し、地下鉄各駅の状況を集中的に管理できるようになっている。これにより、問題箇所の修理などを効率的に行うとともに、問題発生未然防止などにも役立てている。地下鉄の運行状況は、オンラインで公開されており、乗客の利便性を高めている⁽⁹⁶⁾。

2 米国のスマートシティ化の動向

米国における都市のスマート化の動きは、これまで欧州、アジアと比較してやや遅れていると見られてきた。それは、2008年の金融危機以降、米国の都市が資金難に陥り、連邦政府からのスマートシティ化に向けた助成も限定的であったためである。しかし、近年、地域のオープンデータ基盤が整備され、その活用によるスマート化が可能となってきたことから、市主導のイノベーション創出活動も活発化してきたことと相まって、スマートシティ推進の機運が高まっている。連邦政府も、2015年9月には当時のオバマ（Barack Obama）政権が新たに「スマートシティ・イニシアティブ」（Smart City Initiative）⁽⁹⁷⁾を発表し、1.6億ドル（約181億円⁽⁹⁸⁾）の技術開発投資によって交通渋滞の解消や犯罪防止、経済成長、環境問題の解消といった課題への取組を積極的に支援する姿勢を示している。

米国においては、特に都市の治安維持と交通安全に対するスマート化が特徴的であるので、その事例を以下に示す。

(94) “L’Ajuntament cedeix la tecnologia apparkB als municipis de la demarcació de Barcelona,” 2015.5.13. Ajuntament de Barcelona Website <<http://ajuntament.barcelona.cat/premsa/2015/05/13/lajuntament-cedeix-la-tecnologia-apparkb-als-municipis-de-la-demarcacio-de-barcelona/>>

(95) Brian Buntz, “The World’s 5 Smartest Cities,” May 18, 2016. IoT Institute Website <<http://www.ioti.com/smart-cities/world-s-5-smartest-cities>>

(96) Laurence Cruz, “London Underground Turns to Internet of Things to Increase Efficiency,” August 11, 2014. The Network Cisco’s Technology News Site Website <<https://newsroom.cisco.com/feature-content?type=webcontent&articleId=1471491>>

(97) White House, “Fact Sheet: Administration Announces New “Smart Cities” Initiative to Help Communities Tackle Local Challenges and Improve City Services,” September 14, 2015. <<https://obamawhitehouse.archives.gov/the-press-office/2015/09/14/fact-sheet-administration-announces-new-smart-cities-initiative-help>>

(98) 1ドルを113円として換算した（平成29年12月分報告省令レート）。

(1) 警察捜査の効率化

首都ワシントン D.C. では、犯罪に関する情報管理を支援するサービスとして、犯罪のリポート作成、人物情報管理、事件管理などを支援するクラウドシステムを 2015 年から導入し、警察業務の効率化を実現している。警察官が新しい事件を登録すると事件関係者や証拠関係の情報を過去のデータと自動的にひも付けることができ、警察官の報告事務処理量を大幅に削減できるとされている。これが結果的に警察官によるパトロールや捜査の時間増につながり、殺人を含む各種の犯罪の減少に貢献している⁽⁹⁹⁾。

(2) 治安維持のための発砲検出センサーの展開

リアルタイムで発砲を検出し、その場所を正確に警察に知らせるシステムが、シカゴやニューヨーク、ボストン、サンフランシスコ、ワシントン D.C. といった大都市を含む全米の多くの都市に導入され、そのカバー範囲も拡大しつつある。音波の検出器をスマート街灯などに取り付けることで、発砲された時刻や位置を正確に検出、通知することができる。従来、発砲事件の 80% は通報されていないとみられており、この技術の導入による治安維持の効果は大きいと期待されている⁽¹⁰⁰⁾。

(3) 交通事故防止対策

米国では、交通事故による死者・重傷者を将来的にゼロにすることを目的とした「ビジョン・ゼロ」運動がニューヨーク、ロサンゼルス、シカゴなどで実施されている⁽¹⁰¹⁾。その一環として、ニューヨーク市では、車をネットワークにつなぎ、車同士の情報交換を可能とするコネクテッド・カー技術のパイロット試験の実施を 2016 年に発表した⁽¹⁰²⁾。これはタクシーやバスなど 1 万台の業務車両に IoT センサーを搭載して車両相互に通信を行い、見通しの悪い場所での車の接近や急な方向転換など危険な状況を、近傍を走行する車両に通知するシステムである。また、ロサンゼルス市では、歩行者や自転車の事故が発生しやすい場所を、過去の事故データを分析することで同定し、安全対策を集中的に講じることで重大事故の減少を確認している⁽¹⁰³⁾。

3 アジアのスマートシティ化の動向

人口が多く混雑した大都市を抱えていたり、都市化自体が遅れていたりするアジア諸国では、国策として都市のスマートシティ化を推進する動きが顕著である。例えば、中国では 500 か所以上、インドでは 100 か所の都市や地域でスマートシティ化を進める大規模な投資が長期にわたって行われると言われている⁽¹⁰⁴⁾。シンガポールでも、政府がスマート化の技術ソリューション

(99) 「米最悪レベルの犯罪発生率 警察業務を効率化し治安回復」『AI・IoT・ビッグデータ総覧2017-2018』日経BP社、2017、p.6(8)。

(100) Teena Maddox, “Gunshot detection technology as part of smart city design,” November 22, 2016. TechRepublic Website <<https://www.techrepublic.com/article/gunshot-detection-technology-as-part-of-smart-city-design/>>

(101) “Vision Zero,” Wikipedia Website <https://en.wikipedia.org/wiki/Vision_Zero>

(102) Tanya Klich, “NYCDOT Unveils New ‘Connected Car’ Technology in Queens,” July 13, 2016. Spectrum News NY1 Website <<http://www.ny1.com/nyc/queens/news/2016/07/13/nycdot-unveils-new--connected-car--technology-in-queens.html>>

(103) 「歩行者・自転車の死者が約半数 「犠牲者多発」を特定し集中対策」前掲注99、p.6(6)。

(104) 柯隆「中国におけるスマートシティの建設と課題」2012.2.2. 富士通総研ウェブサイト <<http://www.fujitsu.com/jp/group/fri/column/opinion/201202/2012-2-2.html>>; 「インドで進むスマートシティ構想」2014.8.31. CNN.co.jpウェブサイト <<https://www.cnn.co.jp/world/35051976.html>>

ン開発に公的資金を投入する5か年計画が示されている⁽¹⁰⁵⁾。アジア諸国では、一般的に都市インフラの整備が遅れていることから、今後、鉄道や地下鉄などの公共交通機関の新たな建設投資が行われることが見込まれており、これに併せて従来インフラも含むデータ収集基盤を構築することで交通や環境・エネルギー、資源管理に関するスマート化が進む可能性がある。

シンガポールは、ITを駆使して世界で初めてのスマート国家（Smart Nation）になるという高い目標を掲げた国家プログラムを2014年から開始している⁽¹⁰⁶⁾。街中に多数のセンサーとカメラを配置し、データを「バーチャルシンガポール」（Virtual Singapore）⁽¹⁰⁷⁾と呼ばれる3次元モデルで表現したオンライン・プラットフォームに集約することで、リアルタイムで都市全体を「見える化」する。これにより、安心・安全で快適な街づくりのために最適な管理方法を見いだす考えである。例えば、緊急時に群衆がどのように避難するかをこのプラットフォーム上でシミュレートすることで、都市デザインの安全性を確認することができる。ICTを活用した実施例としては、駐車場管理、街灯制御、ごみ収集のスマート化などがある。また、介護施設に配備されたセンサーによる介護アラートシステムも考えられている。

日本においては、経済産業省、総務省、内閣府がそれぞれ国レベルの推進会議や協議会を設置し、スマートシティ形成に向けて実証実験を含む取組⁽¹⁰⁸⁾を進めている。柏市、柏の葉地区の「柏の葉スマートシティ」では、柏市、東京大学、千葉大学、企業が参画して、「環境共生」「新産業創造」「健康長寿」の街を目指した整備が公・学・民連携で進められている。街全体でのエネルギー利用最適化を図るために分散電源によるスマートグリッドを導入したほか、ベンチャー企業向けのワークスペース、起業家やクリエイターなどの多様な人々が交流できるイベントスペースなどを提供してオープンイノベーションを活性化する試みも実施している。健康長寿の観点からは、予防医療を指向した医療ステーションの設立、ウェアラブル機器を用いた健康管理の推進などによって、超高齢化社会に対応した街づくりを目指している⁽¹⁰⁹⁾。

京都府の「けいはんな学研都市」（正式名称：関西文化学術研究都市）では、経済産業省の「次世代エネルギー・社会システム事業」に基づき「けいはんなエコシティ次世代エネルギー・社会システム実証プロジェクト」が平成22（2011）年から5年間実施された。地域のエネルギーを統括する「地域エネルギーマネジメントシステム」（Community Energy Management System: CEMS）が導入され、地域内のエネルギーの需給バランスをコントロールした。CEMSは、住宅やビルのエネルギー需給を管理するシステムや、電気自動車充電管理システムと連動して、地域全体で最適な電力の配分を実証した⁽¹¹⁰⁾。

4 スマートシティ化の課題

社会インフラのデータ収集とその制御を、IoTを活用して実現するスマートシティに共通す

⁽¹⁰⁵⁾ “RIE2020 Plan.” National Research Foundation, Prime Minister’s Office Singapore Website <<https://www.nrf.gov.sg/rie2020>>

⁽¹⁰⁶⁾ “Milestones.” Smart Nation Singapore Website <<https://www.smartnation.sg/happenings/milestones>>

⁽¹⁰⁷⁾ “Virtual Singapore.” National Research Foundation Website <<https://www.nrf.gov.sg/programmes/virtual-singapore>>

⁽¹⁰⁸⁾ 例えば経済産業省では「次世代エネルギー・社会システム協議会」を設立し、神奈川県横浜市、愛知県豊田市、京都府（けいはんな学研都市）、福岡県北九州市でエネルギーマネジメントシステムの実証事業を行った。

⁽¹⁰⁹⁾ 柏市ほか「総務省公募ICT街づくり推進事業の委託先候補として決定「共通プラットフォームを活用した公民学連携型の総合健康支援事業」—ICTを活用した健康長寿都市モデル（予防）の実現・普及に向けて—」2013.12.3. エムティーアイウェブサイト <http://www.mti.co.jp/wp-content/uploads/pdf/pr/2013/20131203_soumusyou.pdf>

⁽¹¹⁰⁾ 同上

る課題は、サイバーセキュリティに関するぜい弱性である。これは社会インフラでのデータ依存が進むにつれ避けて通れない課題であり、今後、技術と運用面双方からの検討が求められる。このほか、スマートシティ構築の課題を以下にまとめる。

(1) データプライバシー問題

欧州においては、市民のデータプライバシー問題への関心が高く、政府も厳格に対応している。これは世界的にも都市のスマート化を進めるに当たって注意が払われている点である。特にデータの二次利用（目的外利用）には注意が必要であり、街に配備したセンサーやカメラからのデータの利用について、市や関係者が透明性を保つことがスマートシティ推進に当たって極めて重要である。

(2) 予算不足

特に米国の都市は、厳しい市予算と連邦政府からの支援不足がスマートシティ化推進への障壁となっている。ここ数年間は連邦政府によるスマートシティ化に向けたファンドが用意され活性化してきているが、地方都市が大規模なプロジェクトを組むことは欧州やアジア諸国と比べ難しい状況である。

(3) ビジネスモデル

スマートシティは市民の安心・安全や利便性向上とともに市行政の効率化につながるものがあるが、税金に頼るだけでは自立した持続性のある発展は難しい。収集したデータの利用や、スマート化したシステムの運用を、市民の納得が得られる透明性のある形で、ビジネスにつなげる仕組みの検討も課題となる。

(4) IT人材不足

IoTをベースとしたスマートシティ・プロジェクトを実行するには、ITをよく理解する人材が、プロジェクトを企画・運用する市当局にも必須である。特にアジアの地方行政機関にはITを理解する人材が不足しており、これは日本も例外ではなく、人材育成が喫緊の課題である。

V リスク検知と災害対応

静岡大学情報学部准教授 遊橋 裕泰

平成23(2011)年3月に発生した東日本大震災は、社会におけるICT利用の在り方にも大きな変化をもたらした⁽¹¹¹⁾。事前の予測を超えた大津波と広域かつ長期間の停電によって、携帯電話などのLTE⁽¹¹²⁾／3G⁽¹¹³⁾ネットワークは、東北地方の太平洋側沿岸部を中心に機能不全に

(111) 本章は、主に本條晴一郎・遊橋裕泰『災害に強い情報社会—東日本大震災とモバイル・コミュニケーション—』NTT出版、2013の第1部の内容に基づいて執筆している。

(112) 国際電気通信連合が定めるIMT-Advanced規格に準拠した無線通信システムのこと。第3世代移動通信システム(3G)と比較して高速な通信規格である。LTEは長期的進化(Long Term Evolution)の略である。

(113) 国際電気通信連合が定めるIMT-2000規格に準拠した無線通信システムのこと。

陥った。また、東北地方の太平洋側沿岸部の自治体 27 市町村中、問題なく市町村防災行政無線システムを利用できたのは半数以下の 10 市町村であった⁽¹¹⁴⁾。利用できなかった理由としては、故障等が 11 件、バッテリー切れ 5 件、燃料切れ 2 件であり、故障の原因は明らかにされていないものの、設備の管理が不十分であったことは否めない。震災当日、市町村防災行政無線の代替手段として広報車による大津波からの避難が呼びかけられたが、これは消防団員や行政職員自身が被災する危険を高めるものであった。

東日本大震災後、LTE / 3G ネットワークは、仮設の設備で通信エリアを確保するまで数週間、通信設備を再敷設して本格復旧するまでおおむね 3 か月を要した。携帯電話のサービスは平常時の利用を前提としたものであるが、自然災害など非常時におけるロバストネス（堅牢性）やレジリエンス（弾力性）を向上させるため、携帯電話事業者は全国で「伝送路の多ルート化」や「重要通信設備の分散設置」、「基地局の発電機による無停電化・バッテリーによる 24 時間化」、「半径 7km をエリア化できる大ゾーン基地局の設置」などの対策を導入した。

一方、市町村防災行政無線に関しては、システムを強化するために「発電機、ソーラー、風力等の発電、大容量蓄電池等による無線の非常電源確保」や「エリアメール、ワンセグ、テレビ局、コミュニティ FM 等との連携」、「耐震性の確保、津波・風雨の影響を受けない場所への設置、遠隔操作の確保等」とともに、「訓練の実施や防災行政無線が使えなくなった場合の代替手段の確保」が必要であるという提言が総務省消防庁からなされた⁽¹¹⁵⁾。しかしこのことは逆に、非常時のための ICT システム / サービスを常に利用できる状態にしておくことになり、利用者の訓練やシステムの整備などの負担が大きくなることを意味している。

以上を踏まえ、本章では平常時の ICT システム / サービスの災害に対するロバストネス、レジリエンスの向上や、非常時の ICT システムを常に利用可能な状態にしておくことは別のリスク検知・災害対策方法についての考え方を示す。具体的には、事業継続計画（Business Continuity Plan: BCP）のフレームワークを確認した上で、平常時のサービスとして利用する ICT システムを、非常時にも活用して災害対応として機能させる方式について、その萌芽となる事例を調査し、社会・生活データインフラの新たな活用法の実現可能性について考察を行う。

1 BCP から見た災害対策アプローチ

BCP とは、企業・団体が自然災害、大火災、テロ攻撃などの緊急事態に遭遇した場合において、事業資産の損害を最小限にとどめつつ、中核となる事業の継続又は早期復旧を可能とするために、平常時に行うべき活動や緊急時における事業継続の手段などを取り決めておく計画のことである⁽¹¹⁶⁾。柳原らは、東日本大震災後に企業が講じた操業復旧や稼働調整、節電対策などの施策を収集・分析し、BCP を「操業復旧型」と「操業コントロール型」に大別している⁽¹¹⁷⁾。

⁽¹¹⁴⁾ 「東日本大震災における防災行政無線等による情報伝達について」（第26次消防審議会（第3回）資料1-3）2011.10.6, pp.4-6. 総務省消防庁ウェブサイト〈http://www.fdma.go.jp/neuter/about/shingi_kento/h23_shingi/03/1-3.pdf〉

⁽¹¹⁵⁾ 同上, p.4.

⁽¹¹⁶⁾ 「1.1 BCP（事業継続計画）とは」中小企業庁ウェブサイト〈http://www.chusho.meti.go.jp/bcp/contents/level_c/bcpg1_01_1.html〉

⁽¹¹⁷⁾ 柳原佐智子・吉澤康代「BCP型テレワーク導入方策とその意義—節電を目的とするテレワークの事例分析—」『日本テレワーク学会誌』11巻1号, 2013.4, p.81.

操業復旧型 BCP は、前触れなく急に起こった災害への対処や、より早く事業を復旧させることを狙いとしたものである。操業までの時間を短縮し、操業度を早急に上げるため、失った経営資源の再構築と再配置が念頭に置かれた計画となる。前述の情報通信ネットワークにおける災害対策や、市町村防災行政無線システムは、正にこのような計画における手段の一つと言える。

一方、操業コントロール型 BCP は、新型インフルエンザや電力不足への対策のように、現状より大きなリスクに備えて操業をコントロールすることで、組織全体の操業を維持することを狙いとしたものである。BCP に沿って行動を起こす際に、まだ経営資源への影響が生じていない場合もあるが、主に人的資源への影響を抑えるための計画となる。東日本大震災後の電力不足に対応したオフィスの操業度抑制や、新型インフルエンザ感染を予防するために従業員を出勤させず自宅などでテレワークを行うことなどがこれに当たる。早期にリスクを検知し、早めの対策を行うことで結果として組織全体の操業をある程度維持することが可能となる。

このような操業コントロール型 BCP の考え方と IoT センサーを組み合わせることで、新たな災害対策アプローチの可能性が見えてくる。その萌芽とも言える事例を3件紹介する。

2 IoT 機器を用いたリスク検知事例

(1) 富士登山状況の見える化プロジェクト

平成 29 年夏に KDDI 及び KDDI 総研は、静岡県御殿場市などと協力して「富士山登山状況の見える化プロジェクト」の実証実験を行った⁽¹¹⁸⁾。このプロジェクトは、御殿場口登下山道に、通過した登山者の人数をカウントできる IoT センサー（赤外線人感センサー及び超音波距離センサーを搭載、感知距離 5m）を 5 か所設置し、登山道の混雑状況をインターネットから確認するものである（図 7）。

富士山五合目より上は、スマートフォンなどで利用される LTE / 3G 方式の通信サービスではエリア外となっている。そこで、IoT センサーが 30 分ごとに取得したデータを収集し、省電力広域無線通信技術（Low Power Wide Area: LPWA）を用いて五合目に設置されたゲートウェイと通信を行っている。このデータがクラウドサーバに集約され、ウェブ上で閲覧可能となる。

このシステムによって、登山者自身が混雑を避けて移動できるほか、地元自治体は非常時に備えて登山道に何名の登山者が居るのかを把握している。従前、山岳での遭難や災害では人がどこに居るのかが分からず、生存可能性の高いエリアに重点的に救助隊を派遣するといった適切なリソース配分が困難であった。このプロジェクトで構築したシステムを御殿場口登下山道以外にも導入すれば、富士山全山で登山者数の把握が可能となり、非常時の初動が有効性の高いものになると考えられる。

(118) KDDI・静岡県御殿場市「富士山における安心で快適な登山をサポートするIoTを活用した実証実験について」2017.8.10. KDDIウェブサイト〈<http://news.kddi.com/kddi/corporate/newsrelease/2017/08/10/besshi2630.html>〉

図7 登山者数把握画面のイメージ



(注) 設置地点5か所における登山者数(上り及び下り)と地図上の位置がそれぞれ中段及び下段に示される。また、上段には、5か所のうち1か所の時間帯別登山者数(上り及び下り)が示される。

(出典) KDDI 株式会社・静岡県御殿場市「富士山における安心で快適な登山をサポートするIoTを活用した実証実験について」2017.8.10. KDDI ウェブサイト〈<http://news.kddi.com/kddi/corporate/newsrelease/2017/08/10/besshi2630.html>〉

(2) 海洋水質モニタリング

NTTドコモは、海洋ブイのメーカーや海洋関係のアプリケーションを制作するソフトウェアハウスとともに宮城県漁業協同組合などの協力を得て、海洋水質モニタリングシステム／サービスの販売を事業化させた。このシステム／サービスでは、東松島湾の漁場に通信機能やセンサー(水温、塩分濃度)を搭載したIoTセンサーブイ(図8)が設置され、取得データがLTE／3Gネットワークでクラウドサーバへ送信される。漁業従事者は、スマートフォンから漁場の水質を把握できる。海洋水質が1時間おきに把握できるため、牡蠣(かき)や海苔(のり)の養殖において、水温や塩分濃度に基づく養殖棚の移動や時期を捉えた採苗・育成・収穫が可能となり、品質の向上と安定した生産が可能となった。従来、漁業従事者の経験と勘で行われていた養殖の作業全般がデータ駆動型の産業に転換した画期的な事例となっている。⁽¹¹⁹⁾

東松島湾での実証実験後、同じく海苔の養殖が盛んな有明海でもこのシステム／サービスが導入されている。また、平成30年度には、IoTセンサーブイに水位センサーを搭載して潮位を測定する実証実験が予定されている。急な潮位変化を捉え、津波に備えようという取組である。漁協に一報を伝えることができれば、津波からの避難の一助となるはずである。

(3) 水田モニタリング

NTTドコモは、東京大学発のベンチャー企業などと協業して水田モニタリングシステムを開発した⁽¹²⁰⁾。このシステムは、水田耕作地にIoTセンサーポール(図9)を設置し、水田の環

⁽¹¹⁹⁾ 「社会的課題の解決をめざす+dの挑戦。水産+d」NTTドコモウェブサイト〈https://www.nttdocomo.co.jp/biz/special/plus_d_fishery/?dh=plus_d_f〉

⁽¹²⁰⁾ 「社会的課題の解決をめざす+dの挑戦。農業+d」NTTドコモウェブサイト〈https://www.nttdocomo.co.jp/biz/special/plus_d_agriculture/〉

境（水位、水温、気温、湿度）を測定する。取得データはLTE / 3G ネットワークでクラウドサーバへ送信され、生産者はスマートフォンから水田の状況を確認できる。

開発当初は、国家戦略特区でもあり大規模な水田耕作地の多い新潟県新潟市を実証実験フィールドとしていた。現在は、ササニシキを深水（高い水位）で無農薬・無肥料で栽培する農法を実現する手段として、宮城県を中心に広がりを見せている。

水田モニタリングシステムでは、水位をミリ単位で測定できるため、降水が即時データに反映される。生産者はモニタリングデータに応じて日常的に水田耕作地の水位を調整しているが、大雨の際には、水路へ水を逃がすだけでなくポンプなどを用いて強制的に排水することになる。現在は、生産者のみが利用しているデータではあるが、クラウドサーバで管理していることもあり、地域全体での災害対策への転用は容易と考えられる。

図8 養殖場に設置されたIoT センサーブイ



（出典）宮城県東松島市で筆者撮影。

図9 水田に設置されたIoT センサーポール



（出典）宮城県南三陸町で筆者撮影。

3 情報通信ネットワークの拡張と災害対策活用

KDDI の富士山における登山をサポートする事例でも利用されていたLPWA は、平常時に利用するICTシステム / サービスを、非常時にも活用して災害対策に役立てるための要素技術の一つと考えられる。LPWA は、低消費電力、長距離通信、大量機器接続、低コスト、少量データ通信を特徴としている情報通信ネットワークの拡張技術である。スマートフォンなどで一般的に利用されているLTE / 3G ネットワークに、LPWA 用のゲートウェイ機器を設置し、IoT センサーとの間でLPWA 通信を行う。LPWA ゲートウェイでは、IoT センサーなど様々な機器から送られてきたデータを受け取り、LTE / 3G ネットワークの様式に変換してデータセンターなどへ送信する。

NTT ドコモの海洋水質モニタリングや水田モニタリングの事例では、IoT センサーからの通信にはLPWA ではなくLTE / 3G ネットワークが使われていたが、従来、LTE / 3G ネットワークは陸上をサービスの対象エリアとしているため、IoT センサーブイが港湾近くではなく沖合に設置されると通信エリアから外れてしまう場合なども考えられる。また、水田に設置されるIoT センサーポールの設置個数や利用期間によっては、LPWA を利用した方がコスト・パフォーマンスに勝る場合もあり得る。LPWA は、IoT センサーによる環境モニタリングには有力な要素技術であり、その適用範囲も広いと言えるであろう。

平常時に利用する ICT システム／サービスを、非常時にも活用して災害対応していくための IoT センサーや LPWA といった技術要素は整いつつある。事例では、その適用性を示す萌芽的活動を示した。平常時に利用する ICT システム／サービスでリスクを検知し、早めの災害対策行動をとることが、全体として見れば事業継続に経済的かつ有効につながり得ると言える。こうした事例が増え、社会的な認識が広まれば、社会・生活 ICT インフラの利用法として新たな潮流となっていくと思われる。

VI オンライン教育と学習ライフログ

国立情報学研究所准教授 孫 媛

近年、情報通信技術 (ICT) の著しい発展とともに、教育・学習環境は大きな転換点を迎えている⁽¹²¹⁾。文部科学省では、「2020年度までに児童・生徒1人1台の情報端末整備」を目標に ICT 教育を推進しており⁽¹²²⁾、学校現場でデジタル教材の活用が急速に広がっている。ICT の利活用は教室にとどまらず、大規模公開オンライン講座 (Massive Open Online Courses: MOOCs) などのオンライン教育が多様な学習場面に広く浸透し、個人の学習環境が大きく変わりつつある。デジタルテクノロジーをいかした教育イノベーション (これはエドテック (EdTech) と呼ばれている。) の利用により、これまで難しかった集団教育と個別教育を両立させる方法が模索されている。特に、オンライン教育に伴うデータの蓄積で得られるビッグデータ (学習ライフログ) を利活用して、学習者の個性を把握・診断し、その結果を基に学習者の理解度に応じて個別に最適な学習コンテンツや学習方法を提供する「アダプティブラーニング」(adaptive learning. 適応型学習とも呼ばれる。) や「パーソナライズド学習」(personalized learning) が注目されている。

本章では、ICT を活用したオンライン教育の現状を紹介した後、個々人の学習者に適した学習の実現に向けた見通しを展望する。

1 オンライン教育の位置付けと現状

時間と場所を選ばず (いつでもどこでも) 利用できることには普遍的な意義がある。種々の理由で学校に通えない者や特定のテーマを選んで学習したい者が、自分のペースで学ぶ仕組みとして、通信教育又は遠隔教育は長い歴史を持っている。郵便を利用する従来の通信教育と比べて、オンライン教育は、デジタル教材やマルチメディアコンテンツの充実、リアルタイムの双方向性、ネット空間での学習コミュニティの形成など、多くの新しい付加価値を有している。以下、オンライン学習サービスの代表例を挙げる。

(1) カーン・アカデミーと MOOCs

カーン・アカデミーは、世界に向けて無料で教育を提供し、教育それ自体をより良くすることを目的として、サルマン・カーン (Salman Khan) 氏によって 2006 年に設立された。カーン・ア

(121) 京都大学「高等教育機関等におけるICTの利活用に関する調査研究 委託業務成果報告書」2014.3. 文部科学省ウェブサイト <http://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/detail/_icsFiles/afiedfile/2014/05/19/1347641_01.pdf>

(122) 2020年代に向けた教育の情報化に関する懇談会 「「2020年代に向けた教育の情報化に関する懇談会」最終まとめ」2016.7.28, p.20. 同上 <http://www.mext.go.jp/b_menu/houdou/28/07/_icsFiles/afiedfile/2016/07/29/1375100_01_1_1.pdf>

カデミーは、初等中等教育領域を中心にユーチューブ（YouTube）で短時間の講座を配信し、運営サイトでは練習問題や教育者向けツールを提供しており、世界の誰もが無料で利用できる⁽¹²³⁾。生徒が授業前に動画として上記の講座を視聴し、分からないところを授業で教師に尋ねるといったのが典型的な利用法である。米国では、特に高校で、カーン・アカデミーの教育が導入され、授業についていけない生徒の教育に効果を発揮しているという。

高等教育では、スタンフォード大学やハーバード大学、マサチューセッツ工科大学（MIT）など有名大学の授業を無料で受講できることで、Coursera、edX、Udacity⁽¹²⁴⁾等、北米発MOOCsが2012年頃から爆発的に注目を集めた。この流行を受けて、日本でも東京大学、京都大学などがコース配信を行い、平成26（2014）年4月からは日本初のMOOCコンソーシアム、日本オープンオンライン教育推進協議会（JMOOC）がコース配信を始めている。MOOCsもカーン・アカデミーと同じく「教育の権利・機会の平等」を理念としている。

MOOCsの最大の課題は、学習モチベーションの維持である。MOOCsの修了率は、通学生の修了率を大きく下回るとされる。例えば、デューク大学の2012年バイオエレクトロニシティのコースの修了率は2.5%⁽¹²⁵⁾、MITによる電気回路のコースでは4.6%⁽¹²⁶⁾と、コースを離脱する受講生が余りに多いため、MOOCsの教育効果を疑問視する向きもある。一方、米国を中心に、MOOCs等のオンライン教育プラットフォームを利用して、教育プログラムを提供し、通信で単位取得できる仕組み作りが広がっている。ハーバード大学⁽¹²⁷⁾、MIT⁽¹²⁸⁾、ジョージア工科大学⁽¹²⁹⁾、アリゾナ州立大学⁽¹³⁰⁾などでは、教育プログラムの一部をMOOCsに委ねる戦略をとっている。

(2) 教育用 SNS

学校教員・児童生徒・保護者の安全なコミュニケーションを可能にする教育用 SNS の利用も世界的に広がっている。例えば、米エドモド（Edmodo）社が提供するエドモド（Edmodo）は世界最大級の教員・生徒・保護者をつなぐ教育用 SNS であり、世界190か国8400万人以上が利用している⁽¹³¹⁾。教員の管理するネットワーク内で、勉強の教え方、教室での様々な活動、成功事例などについてディスカッションできるほか、多彩な学習・指導支援機能を提供して支持を集めている。平成28（2016）年には、KDDI、Z会と提携して日本語版もリリースされた（英語圏以外でエドモドの利用者が最も多いのは日本である）。

⁽¹²³⁾ “You can learn anything.” Khan Academy Website <<https://www.khanacademy.org/>>

⁽¹²⁴⁾ 本文の例示は、世界的に最も代表的な三つのMOOCsプラットフォームである。

⁽¹²⁵⁾ Yvonne Belanger and Jessica Thornton, “Bioelectricity: A Quantitative Approach Duke University’s First MOOC,” February 5, 2013, p.9. Duke University Libraries Website <https://dukespace.lib.duke.edu/dspace/bitstream/handle/10161/6216/Duke_Bioelectricity_MOOC_Fall2012.pdf>

⁽¹²⁶⁾ Ira Gooding et al., “Massive Open Online Courses in Public Health,” *Frontiers in Public Health*, Volume 1 Article 59, 25 November 2013, p.7. <<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpubh.2013.00059/pdf>>

⁽¹²⁷⁾ Lindsay McKenzie, “Harvard Goes Outside to Go Online,” August 8, 2017. Inside Higher Ed Website <<https://www.insidehighered.com/news/2017/08/08/harvard-teams-corporate-partner-offer-online-business-analytics-program>>

⁽¹²⁸⁾ Carl Straumsheim, “MIT Deems MicroMasters a Success,” July 26, 2017. Inside Higher Ed Website <<https://www.insidehighered.com/news/2017/07/26/mit-deems-half-online-half-person-masters-program-success>>

⁽¹²⁹⁾ Mark Lieberman, “Could Georgia Tech Use Online to Shave Time Off Bachelor’s Degrees?” August 9, 2017. Inside Higher Ed Website <<https://www.insidehighered.com/digital-learning/article/2017/08/09/georgia-tech-plans-extension-undergraduate-online-computer>>

⁽¹³⁰⁾ Carl Straumsheim, “MOOCs for (a Year’s) Credit,” April 23, 2015. Inside Higher Ed Website <<https://www.insidehighered.com/news/2015/04/23/arizona-state-edx-team-offer-freshman-year-online-through-moocs>>

⁽¹³¹⁾ 「Edmodo」Z会ウェブサイト <<http://www.zkai.co.jp/home/edmodo/>>

(3) グーグル・クラスルーム (Google classroom)

グーグル(Google)社が教育機関向けに提供しているウェブサービス「G Suite for Education」は、日本では北海道大学、九州大学、慶應義塾大学等の大学、中学校・高等学校で導入されている⁽¹³²⁾。「クラスルーム」(classroom)はG Suite for Educationに含まれるサービスで⁽¹³³⁾、G Suite for Educationと連携させることで、教師や生徒のコミュニケーションを容易にしているほか、クラスの作成、課題の出題や管理なども可能にしている。これまでG Suite for Educationを使用している学校等でしか利用できなかったが、平成29(2017)年3月には一般公開され、グーグルの個人アカウントを持っていれば、誰でもクラスを作って教えること、クラスに参加して学ぶことができるようになった⁽¹³⁴⁾。運営者は開設したクラスについて、オンラインで、課題の提示、成績の管理、生徒に対するリアルタイムでのフィードバック等を行うことができる。今後、小規模な教育機関、様々なスキルやホビーの教室、個人を対象とするコーチングなどに大きな影響を与えることが予想される。

(4) 教育マーケットプレイス

教育マーケットプレイスは、コンテンツを提供したい個人や企業がコンテンツを登録し、コンテンツを利用したユーザーから支払われる授業料の一部をマーケットプレイス提供企業に支払う仕組みである。平成23(2011)年にサービスを開始した「ユーデミー」(Udemy)が代表的で5年間でユーザー数は190か国以上、1300万人になっている(日本では、平成27(2015)年にベネッセコーポレーションがユーデミー日本語版の提供を開始している)⁽¹³⁵⁾。品質基準を満たしていれば誰でもコースを公開できるため、現在2万人以上の講師が4万以上のコースを展開している。

(5) 受験産業、家庭学習

日本では、塾や予備校、通信講座等受験産業がいち早くオンライン教育に目を向けている。通信教育企業であるZ会やベネッセコーポレーション(進研ゼミ)などがオンライン講座を導入しているほか、リクルート(スタディサプリ⁽¹³⁶⁾)、すららネット(すらら⁽¹³⁷⁾)、東進ハイスクールなど多くの導入例がある。学習者がいつでも好きなときに何回でも繰り返し学べること、録画の再生速度を変えられることなどは、オンライン講座の受講者にとってのメリットとなる。

(6) 初等・中等教育におけるICTの導入

学校におけるICT活用については、先進的な私立高校の事例として、リクルートのオンライン学習サービス「スタディサプリ」に用途を限定したタブレット端末を1～3年生の生徒に配付し、ドコモの高速ネットワークLTEの通信を利用することで場所や時間を選ばない学習環境の提供を開始した高山西高等学校(岐阜県)、タブレット端末とクラウドを活用した瀧野川女子学園(東京都)、教育プラットフォーム「CYBER CAMPUS」を導入した近畿大学附属高

⁽¹³²⁾ 「事例紹介」G-Apps.jpウェブサイト〈<http://g-apps.jp/case>〉

⁽¹³³⁾ G Suite for Educationには、他にもGoogleドライブ、ドキュメント、スプレッドシート、スライドなどのサービスがある。

⁽¹³⁴⁾ 「Classroomとは」Google for Education website〈<https://edu.google.com/intl/ja/products/productivity-tools/classroom/>〉

⁽¹³⁵⁾ 「Udemyとは」ベネッセウェブサイト〈<http://www.benesse.co.jp/udemy/>〉

⁽¹³⁶⁾ スタディサプリウェブサイト〈<http://studysapuri.jp/>〉

⁽¹³⁷⁾ すららウェブサイト〈<http://surala.jp/>〉

等学校など、数多くの事例が報告されている⁽¹³⁸⁾。

(7) オンライン教育の効果と課題

このようにICTの導入や様々なオンライン学習サービスの充実・拡大により、従来の教育・学習では実現できなかった個別学習者への対応や学習支援の手段が格段に拡大された。一方、利用者が新しいICTや新しいサービスを使いこなす能力、教育・学習以外のところにかかる負担、学習者に関するデータ管理やプライバシー等、多くの課題が残されている。

2 従来の教育にICTをブレンドする取組—オルトスクール—

ICTを利用した教育を対面教育との二者択一と捉えるのではなく、両者を融合させて教育効果を上げようとする取組も増えている。集合授業とeラーニングを組み合わせた学習法はブレンド型学習と呼ばれ注目されている。従来は授業で行っていた内容を映像教材などで予習し、通常は宿題として扱われる演習や意見交換などを授業時間に行う反転授業（flipped classroom）もブレンド型の一つである。ブレンド型学習では、「紙の教科書を電子化する」、「電子黒板を使う」のように単に既存の学習形態にICTを当てはめるのではなく、ICTを基点にして新しい学習法を構築する。ICTを駆使した個別化学習、課題解決型学習（Project Based Learning）、協同学習を組み合わせた、全く新しいタイプの学校はマイクロスクール（超小規模校）と呼ばれることがある。ここではその事例として「オルトスクール」（AltSchool）⁽¹³⁹⁾を紹介したい。

オルトスクールは、元グーグル社エンジニアのマックス・ヴェンティラ（Max Ventilla）氏により2013年に創設された。サンフランシスコ、ニューヨークで開校しており、PreK-8（幼稚園年中から中学生まで）の子どもたちが一緒に教室で学んでいる。

オルトスクールは、ICTを活用して生徒の進捗状況や得意不得意を追跡する仕組みを持っている。生徒の年齢に応じて与えられるタブレット端末（iPad又はChromebook）には、生徒一人一人の能力に応じて、個人アクティビティやグループ活動のための「プレイリスト」が設定されている。また、教師のためのサポートツールとして「プログレッション」（教師が生徒一人一人の学習状況をモニタリングした上で対話やフォローができる。）、「マイオルトスクール」（親と教師のコミュニケーションに利用）があり、オルトスクールではこれらのツールを使い個別化学習を実現している。一方で、現実世界で起こり得る実践的課題の解決スキルを獲得するために、年齢の異なる子どもで構成されるグループでの課題解決型学習等、実践的な要素を重視しているのもオルトスクールの特徴である。子どもたちが床やソファなど好きな場所に座ってタブレット端末で自己学習し、奥のスペースで教師を囲んで様々な年齢の子どもたちがグループで活動するというのが、オルトスクールの日常の光景であるという⁽¹⁴⁰⁾。

子どもたちの学習の変革を目指すオルトスクールは、標準化された教育よりもはるかに優れたパーソナライズド学習を提供することを約束している。2016年にオルトスクールを卒業した30人全員が、本人の第1希望又は第2希望の学校に合格し、オルトスクールの経験についての質問に答えた家族の92%が「満足」と回答したという。一方、開校から4年が経過した

⁽¹³⁸⁾ 「ICT活用レポート」ICT教育ニュースウェブサイト〈<http://ict-enews.net/category/report>〉

⁽¹³⁹⁾ “Overview.” AltSchool Website 〈<https://www.altschool.com/lab-schools/overview>〉

⁽¹⁴⁰⁾ 「AltSchoolシリコンヴァレーが考える21世紀の学校」2016.9.23. WIREDウェブサイト〈<https://wired.jp/special/2016/altschool/>〉

2017年末頃から、営利目的会社によるスクール経営の問題や、個別化教育・学習に特化することによる教師と生徒、生徒同士、あるいは社会の現状とのズレ等、様々な問題点・懸念も浮上しているという⁽¹⁴¹⁾。テクノロジーをどう利活用し、画一教育から離れて個々の子どもの必要性に合わせてパーソナライズド学習を実現していくのか、まだ試行錯誤の段階と言えるのかもしれない。

3 AI（学習ログの利用）がもたらす教育の変革

学習者一人一人に適合した学習カリキュラムを提供するパーソナライズド学習（学習の個別化）という考え方は新しいものではなく、理論的な研究も行われていた。しかし、実用化が見えてきたのは、教育・学習へのICT活用が飛躍的に進んだここ数年である。オンライン学習が普及し大量の学習ログデータが蓄積されるようになり、2011年頃から学習ログデータを収集・分析する手法を研究対象とする「学習分析」(Learning Analytics)や「教育データマイニング」(Educational Data Mining)等の学術分野が相次ぎ創設された。学習分析やAIが伸展したことで、学習者の習得状態や性格・個性等を的確に把握し、個々の学習者に最適な学習を提供することが可能になりつつある。

(1) アダプティブラーニング

アダプティブラーニングは学習データの分析に基づき、学習者それぞれの進捗に合わせて、一人一人に最適な内容、水準の学習材料を、最適なタイミングで提供する技術である⁽¹⁴²⁾。

(i) ニュートン

「ニュートン」(Knewton)は、学習者に関するデータをAIによって自動解析し最適なコンテンツを随時提供するアダプティブラーニングのプラットフォームである。2016(平成28)年現在、約20か国の教育関連企業や学校・教育機関と提携しており、日本版公式ウェブサイトは、同年7月に立ち上がっている⁽¹⁴³⁾。

ニュートンの主要なアプローチは、以下の三つである。①「レコメンデーション」は、学習者一人一人に、次に取り組む最適の課題を提示する機能である。ニュートンでは学習者の知識、つまづいている箇所、習得できている箇所の情報とともに、学習者又は指導者が設定した学習目標に基づいて、リアルタイムでレコメンデーションを提示する。②「ラーニング・アナリティクス」によって、クラス全体の進捗、つまづいている学習者や先に進む準備ができていない学習者の情報を把握し、適切なタイミングでの個別サポートが可能になる。指導者はクラスの一人一人に最適な学習環境を整えることができ、学習者は自分自身の学習進捗を確認できる。③「コンテンツ・インサイト」は、学習者による教材の活用状況の分析結果に基づき教材改善のための情報を提供する。これにより出版社や教材提供元が指導者と学習者のニーズに応じた教材開発を行うことが容易になる。

⁽¹⁴¹⁾ Connie Loizos 「AltSchoolは子供たちの学習の変革を目指す、しかしそこで学ぶ子供たちの将来に対する懸念が浮上」 2017.11.24. TechCrunchウェブサイト〈<http://jp.techcrunch.com/2017/11/24/2017-11-22-altschool-wants-to-change-how-kids-learn-but-fears-that-its-failing-students-are-surfacing/>〉

⁽¹⁴²⁾ 「適応学習テクノロジー」 New Media Consortium website 〈<https://www.nmc.org/publication/nmc-horizon-report-2017-higher-education-edition-japanese/>〉 高等教育向けの教育テクノロジーにおける重要な/導入ホライズン：1年以内/適応学習テクノロジー/

⁽¹⁴³⁾ 「学習者一人ひとりに最適な学習を」 ニュートンジャパンウェブサイト〈<https://japan.knewton.com/our-approach>〉

(ii) 学習・受験産業による応用事例

ベネッセとソフトバンクの合弁会社による学習支援クラウドサービス「クラッシー」(Classi)は、2015(平成27)年よりニュートンのシステムを実装したアダプティブラーニングの提供を開始し、2017(平成29)年8月現在、導入学校数は2000校以上、77万人を超える生徒が利用している。⁽¹⁴⁴⁾

Z会とニュートンが共同開発し、2017(平成29)年3月にサービスを開始した「アステリア」(Asteria)では、学習者の理解度に応じて最適化された問題・解説が提示される。同年12月現在、英語4技能講座、数学新系統講座や総合探求講座が提供されている。⁽¹⁴⁵⁾

2016(平成28)年4月から「スタディサプリ」を提供するリクルートの次世代教育研究院は、大学や教育現場と共同して、スタディサプリ学習者の動画視聴や問題解答の学習ログデータに基づいたAI解析(学習者が「解けない問題」の予測、「つまづき予防」の実現)やレコメンデーションの効果に関する小中高教育現場との大規模実証研究等、様々な研究を行っている⁽¹⁴⁶⁾。

(2) パーソナライズド学習の課題

パーソナライズド学習に大きな期待が寄せられる一方で、最近の報告⁽¹⁴⁷⁾によると、32の学校でパーソナライズド学習を導入した実験で、伝統的な教育法と顕著な差が得られなかったという。この例に見られるように、現段階でのパーソナライズド学習の効果はまだまだ十分に検証されたとは言えない。真に効果的なパーソナライズド学習に向けての研究が求められる。パーソナライズド学習の実現には、教育・学習ビッグデータの収集や、革新的なデータ解析手法による知識発見、学習者の習得状況の的確な推定等の問題を解決することが求められる。一方で、ビッグデータの取扱いには、倫理やプライバシー保護の問題を避けて通ることができない。ビッグデータの活用の仕組みを早期に確立することが重要であろう。

4 まとめ

教育へのICT活用の今後の方向性を占う上で参考となるのが、教育技術に関する国際的な専門家コミュニティであるニューメディア・コンソーシアム(NMC)が公表した「NMCホライズン・レポート2017年高等教育版」(以下「レポート」)⁽¹⁴⁸⁾である。レポートでは、今後1～2年で、グループによる作業を重視し実社会の問題の解決案の作成に取り組む「協調学習」や「ブレンド型学習デザイン」の進展を、今後3～5年では、学習に臨む姿勢、学習プロセス、スキル習得を含めた全ての学習活動を評価する「学習度測定への注目の高まり」、物理的な学習環境の再編成など含めた「学習スペースの再設計」が進むことを予想している。そして今後5年以上にわたって、教育機関では、新しいアイデアの創出や展開を阻む障害を取り除けるよう、カリキュラムの厳格な評価、評価方法に対する変革を進める「イノベーション文化の進展」、

⁽¹⁴⁴⁾ Classiウェブサイト〈<https://classi.jp/>〉

⁽¹⁴⁵⁾ 「Z会Asteria」Z会ウェブサイト〈<http://www.zkai.co.jp/home/z-asteria/>〉

⁽¹⁴⁶⁾ リクルートマーケティングパートナーズ「リクルート次世代教育研究院」オフィシャルサイトオープン—横浜市立旭中学校でのアダプティブラーニング共同実証実験も同時に開始— 2016.6.29.〈http://www.recruit-mp.co.jp/news/pdf/20160629_01.pdf〉; 同「学習者の「解けない問題」の予測に成功「つまづき予防」の実現へ」 2016.9.15.〈http://www.recruit-mp.co.jp/news/pdf/20160915_01.pdf〉

⁽¹⁴⁷⁾ John F. Pane et al., *Informing Progress: Insights on Personalized Learning Implementation and Effects*, RAND Corporation, 2017, p.3. 〈https://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/research_reports/RR2000/RR2042/RAND_RR2042.pdf〉

⁽¹⁴⁸⁾ 「NMCホライズン・レポート2017年高等教育版」New Media Consortium website 〈<https://www.nmc.org/publication/nmc-horizon-report-2017-higher-education-edition-japanese/>〉

学生にクリティカルシンキング、問題解決、協力、自主学習等を学ばせる「より深い学習アプローチ」が推進されるという。また、レポートでは、①「デジタル・リテラシーの向上」、非公式な学習を正式な教育プログラムに統合する「公式／非公式学習の統合」などの解決可能な課題、②「教育格差」、「デジタルエクイティ（公平性）の向上」などの解決策が明確でない課題、③「知識の陳腐化の管理」、「教育者の役割の再考」などの定義さえ困難な複雑な課題が挙げられている。

エドテックにおける技術面での進展としては、1年以内で「アダプティブラーニング」、モバイル機器を利用した「モバイル学習」⁽¹⁴⁹⁾、2～3年以内で「モノのインターネット」(IoT)、次世代デジタル学習環境とも呼ばれる「次世代学習管理システム(LMS)」⁽¹⁵⁰⁾、4～5年以内で「人工知能(AI)」、「ナチュラルユーザーインターフェース(NUI)」⁽¹⁵¹⁾が導入されるという。

ICTやAI技術は今後も進歩し、エドテックが教育・学習を変えていくことは間違いないと思われる。全ての学習者が異なり、それぞれのニーズを満たすために異なる教育・学習活動を必要とする前提に立ち、テクノロジーを利用することによって、個別の学習コンテンツを与えるパーソナライズド学習が追求され、学習はより効率化していくであろう。それ故にこそ、「学習は効率的であればあるほどよいのか」、「AIが究極の進歩を遂げたとき、人は学ぶ必要がなくなるのか」、「学ぶ行為それ自体に意味はあるのか」等、教育や学習に関するより根源的な問いが今後ますます大切になるように思われる。

VII 仮想通貨社会

国立情報学研究所准教授 岡田 仁志

本章では、インターネット上のデジタルデータ空間の中で電子的な取引が可能な仮想通貨及びその基礎となるブロックチェーン技術の社会への応用可能性と課題について記述する。

1 仮想通貨の現状及び課題等に関する状況

経済産業省では、ブロックチェーン技術⁽¹⁵²⁾の可能性に着目し、平成27年度に「ブロックチェーン技術を利用したサービスに関する国内外動向調査」を実施し、報告書を平成28年に

(149) スマートフォン、スマートウォッチ、タブレット等のモバイル機器を用いた学習である。モバイル機器の普及や処理能力の向上により、学習者はどこからでも学習コンテンツにアクセスでき、教育者と学習者の双方向・リアルタイムのコミュニケーションが可能となる。idem <<https://www.nmc.org/publication/nmc-horizon-report-2017-higher-education-edition-japanese/>高等教育向けの教育テクノロジーにおける重要な/導入ホライズン：1年以内/モバイル学習/>

(150) 学習管理システム(LMS)は仮想学習環境とも呼ばれ、オンラインでの教材の提供、および学生の参加の追跡と報告を可能にするソフトウェアとウェブアプリケーションから成る。次世代LMSは、個別対応をサポートし、ユニバーサルデザインの基準を満たし、形成的学習の評価においてより大きな役割を果たす、柔軟性の高いスペースの開発を念頭に置いている。idem <<https://www.nmc.org/publication/nmc-horizon-report-2017-higher-education-edition-japanese/>高等教育向けの教育テクノロジーにおける重要な/導入ホライズン：2年から3年以内/次世代-Lms/>

(151) タップ、スワイプなどのタッチ操作、手や腕の動き、体の動き、自然言語による入力を可能とするインターフェース。NUIを使うことでユーザーは実世界と同じ動作でバーチャルな活動を行うことが可能になり、直感的にコンテンツを操作できる。idem <<https://www.nmc.org/publication/nmc-horizon-report-2017-higher-education-edition-japanese/>高等教育向けの教育テクノロジーにおける重要な/導入ホライズン：4年から5年以内/ナチュラルユーザーインターフェース(nui)/>

(152) ブロックチェーンは仮想通貨「ビットコイン」を実現させるために発明された技術であり、暗号技術など複数の要素技術の組合せによって構成されている。P2P(ピア・ツー・ピア)と呼ばれる分散型のネットワークを利用してデータを共有し、中央管理者を必要とせずにデータの改ざん耐性を実現できることを特徴とする。ブロックチェーンは未定義語であり、その定義については学術機関や標準化団体等における検討が始まった段階にある。

公表した。同調査では、ブロックチェーン技術が社会に与えるインパクトの可能性を整理するとともに、関連する市場規模をおよそ67兆円と見積もるなど、当該技術の経済的・社会的ポテンシャルを明らかにしている。⁽¹⁵³⁾

一方、当該調査を通じて、ブロックチェーン技術の社会実装に向けて顕在化しつつある課題も明らかになった。その中の一つとして、「既存のシステムの評価指標を単純にブロックチェーンの評価指標として用いると、ブロックチェーンの特性を効果的に表現できず、結果として当該技術の活用を妨げる可能性もある」という課題が挙げられている。そこで、経済産業省は平成28年度に「ブロックチェーン技術を活用したシステムの評価軸整備等に係る調査」を外部委託により実施し、ブロックチェーン技術を活用したシステムの特性を適切に表現し、評価することが可能な項目を洗い出し、これらを網羅的にまとめた評価軸の作成を盛り込んだ報告書を取りまとめた。⁽¹⁵⁴⁾

本章では、二つの報告書の提言を確認し、併せて産業界における調査の状況等を概観する。

2 政府における検討の状況

(1) ブロックチェーン技術を利用したサービスに関する国内外動向調査

前節で紹介した標題の報告書は、ブロックチェーン技術について、IoTを含む非常に幅広い分野への応用について検討を加えている。これは、同技術がその構造上、従来の集中管理型のシステムに比べて改ざんが極めて困難であり、実質ゼロ・ダウンタイムな（停止しない）システムを安価に構築し得るという特性を持つとされることに着目したものである。

検討においては、数あるブロックチェーン技術の詳細とその優位性・課題を比較分析し、当該技術が活用されるべき有望分野を把握し、当該技術が社会経済に与えるインパクトを把握し、ひいては今後の当該技術を用いた産業促進に向けた政策の指針を得ることが目的とされた。検討の過程においては、ブロックチェーン技術の研究開発を行う国内外のソフトウェア関連企業と有識者へのヒアリング、及び有識者から構成される2回の検討会が開催された。

同報告書は、ブロックチェーンとの適合性が高いと期待される適用分野として、①自治体等が発行する地域通貨を流通・管理すること、②土地の物理的現況や権利関係の情報を登録・公示・管理すること、③製品の原材料からの製造過程と流通・販売までを追跡すること、④資産等の利用権移転情報・提供者や利用者の評価情報を記録すること、及び⑤契約条件・履行内容・将来発生するプロセス等を記録すること、が可能であると提言している。

(2) ブロックチェーン技術を活用したシステムの評価軸の整備等に係る調査

経済産業省は、ブロックチェーン技術に関する幅広い有識者から成る有識者検討委員会を設置し、平成28年11月～平成29年3月にかけて5回の委員会を実施した。有識者検討委員会メンバーは、学識経験者、ブロックチェーン関連事業者、国内システムベンダー、ブロックチェーンの国際利用実験を行う企業間コンソーシアム参画企業によって構成された。

有識者検討委員会は原則として、平成28年11月時点で主要なブロックチェーンのプラット

⁽¹⁵³⁾ 『平成27年度我が国経済社会の情報化・サービス化に係る基盤整備（ブロックチェーン技術を利用したサービスに関する国内外動向調査）報告書』野村総合研究所、2016.3. 経済産業省ウェブサイト〈<http://www.meti.go.jp/press/2016/04/20160428003/20160428003-2.pdf>〉

⁽¹⁵⁴⁾ 『平成28年度我が国におけるデータ駆動型社会に係る基盤整備（ブロックチェーン技術を活用したシステムの評価軸整備等に係る調査）調査報告書』三菱総合研究所、2017.3. 同上〈http://www.meti.go.jp/english/press/2017/pdf/0329_004b.pdf〉

フォームであった仮想通貨等を念頭に置き、その時点で構想が公表されている、又は実証試験が行われている適用分野を想定してシステムの評価軸を検討した。

有識者検討委員会は、検討の結果、評価軸について「品質」「保守・運用」「コスト」の大項目から構成するものとし、それぞれ次の項目を評価すべきものと提言した。「品質」では、まず、国際標準化機構（International Organization for Standardization: ISO）が定める規格「ISO/IEC25010」（システム及びソフトウェア品質モデル）の全ての項目において、各項目とブロックチェーン技術を用いたシステムの特長との関連度合いの有無や強さについて、網羅的な整理が行われた。「保守・運用」では、情報処理推進機構（IPA）が整理した資料⁽¹⁵⁵⁾を参考とし、ブロックチェーン技術を活用したシステムの特長に関連性の深い項目が評価軸として抽出された。「コスト」では、研究開発コスト、製品化コスト及び保守・運用コストが評価軸とされた。

なお、この調査は、急速な進化を見せている発展途上の技術を活用したシステムの評価軸を現時点のスナップショットとして検討したものであって、将来にわたって普遍的な評価軸を検討できたわけではなく、技術の進化、適用分野の蓄積とともに随時見直していく性質のものであるとしている。

3 産業界における検討の状況

金融分野においては、ITの進展を金融分野に取り込むこと等により金融サービスの高度化を図り、利用者利便の向上や我が国経済の成長力強化につなげていく観点から、金融審議会の「決済業務等の高度化に関するワーキング・グループ報告—決済高度化に向けた戦略的取組み—」⁽¹⁵⁶⁾や、政府の「日本再興戦略2016—第4次産業革命に向けて—」⁽¹⁵⁷⁾等において、ブロックチェーン技術の活用可能性と課題について、銀行界と金融行政当局等が連携して検討していく方針が打ち出されていた。

これを受けて、全国銀行協会は、銀行界、IT事業者、フィンテック企業、ブロックチェーン業界団体、金融インフラ運営機関、弁護士、学識経験者、関係当局等をメンバーとする「ブロックチェーン技術の活用可能性と課題に関する検討会」（事務局：全国銀行協会）を平成28年8月に設置した。同検討会は、銀行分野におけるブロックチェーン技術の活用可能性と課題について検討し、平成29年3月に報告書⁽¹⁵⁸⁾を取りまとめた。

同報告書は「ブロックチェーン官民連携イニシアティブ」として、①銀行界における「ブロックチェーン連携プラットフォーム」（仮称）の整備、②国際的な標準規格への対応戦略、③金融インフラにおける活用可能性の検討、④ブロックチェーン技術の活用に向けた関係当局との連携、⑤ブロックチェーン技術の活用に向けた中央銀行との連携、⑥安全対策基準の適用関係に関する整理、⑦ブロックチェーン・コミュニティの形成、の各項目について官民の関係者が取り組むことを提言している。

⁽¹⁵⁵⁾ 日本情報システム・ユーザー協会「第4章 保守・運用」『システム・リファレンス・マニュアル（SRM）』2005.6, pp.371-430. <<https://www.ipa.go.jp/about/jigyoseika/04fy-pro/chosa/srm/srm4.pdf>>

⁽¹⁵⁶⁾ 金融審議会「決済業務等の高度化に関するワーキング・グループ報告—決済高度化に向けた戦略的取組み—」2015.12.22. 金融庁ウェブサイト <http://www.fsa.go.jp/singi/singi_kinyu/tosin/20151222-2/01.pdf>

⁽¹⁵⁷⁾ 「日本再興戦略2016—第4次産業革命に向けて—」（平成28年6月2日閣議決定）首相官邸ウェブサイト <https://www.kantei.go.jp/jp/singi/keizaisaisei/pdf/2016_zentaihombun.pdf>

⁽¹⁵⁸⁾ ブロックチェーン技術の活用可能性と課題に関する検討会「ブロックチェーン技術の活用可能性と課題に関する検討会報告書—ブロックチェーン技術が銀行業務に変革をもたらす可能性を見据えて—」2017.3.16. 全国銀行協会ウェブサイト <<https://www.zenginkyo.or.jp/fileadmin/res/news/news290346.pdf>>

4 国際標準化の動向

ブロックチェーン技術は、IoTを含む非常に幅広い分野への応用が期待されていることから、同技術を用いた産業の発展のため、国際的な標準化議論の必要性が高まっていた。こうした中で、ISOにおいて、ブロックチェーンと電子分散台帳技術に関する国際規格を開発する専門委員会が設置されることが決定した⁽¹⁵⁹⁾。

新たに設置されたのは、「ブロックチェーンと電子分散台帳技術に係る専門委員会」(ISO/TC307)である。これを受けて、日本情報経済社会推進協会(JIPDEC)は、日本工業標準化調査会(JISC)の承認を受け、平成28(2016)年9月23日から、ISO/TC307の国内審議団体としての活動を開始した⁽¹⁶⁰⁾。

ISO/TC307は、平成29(2017)年4月に、第1回の国際会合を幹事国であるオーストラリアのシドニーで開催し、「Pメンバー」⁽¹⁶¹⁾として日本を含む19か国が参加し、「Oメンバー」⁽¹⁶²⁾として16か国が参加した。ISO/TC307は、平成29(2017)年11月に第2回の国際会合が日本で開催された。

⁽¹⁵⁹⁾ 経済産業省「ISOでブロックチェーンの国際標準化についての議論が始まります」2016.10.7.〈<http://www.meti.go.jp/press/2016/10/20161007002/20161007002.pdf>〉

⁽¹⁶⁰⁾ 同上

⁽¹⁶¹⁾ Participating member. ISOのTC(Technical Committee)、SC(Sub-Committee)の全ての事案への投票義務を負っており、業務に積極的に参加し、会議に出席する。日本工業標準調査会事務局(経済産業省基準認証ユニット)「国際標準化活動について」(第1回日米エネルギー環境技術研究・標準化協力事業研究開発制度中間評価検討会参考資料3)2012.12.25, p.6.〈http://www.meti.go.jp/policy/tech_evaluation/c00/C0000000H24/121225_nichibei/nichibei-sanko3.pdf〉

⁽¹⁶²⁾ Observer member. オブザーバーとして参加する。文書の配布を受け、コメントの提出と出席の権利を持つ。同上