

ビッグデータの社会活用推進上の課題に関する考察

Consideration on issues on promotion of utilization of BigData in society

才所 敏明*1 辻井 重男*2
Toshiaki Saisho Shigeo Tsujii

あらまし 我が国でもビッグデータという言葉は2010年頃から使われ始めていたが、ビッグデータの本格的な活用はこれからである。本稿では、まずビッグデータシステムを構成するサブシステムの現状・動向・課題を整理し、次にビッグデータの活用、特に社会システムでの活用を念頭に置き、今後のビッグデータ活用推進上にどのような課題が想定されるかについての考察結果を報告する。具体的には、ビッグデータの社会活用を推進する上で想定される課題を、研究開発が期待される技術、ビッグデータ活用のための技術者の育成、持続可能なビッグデータエコシステムの形成、健全な発展のための法制度・ガイドラインの整備、ビッグデータ社会実現に向けた国民の合意、の5つの観点で整理している。今後、本稿で示したビッグデータ社会の実現のための課題を認識の上、情報セキュリティ分野の研究開発活動や実用化を目指した実証プロジェクトの企画等を推進する予定。

キーワード ビッグデータ, IoT, AI, 個人情報保護, 暗号化, 匿名化, 暗号化状態処理, 集めないビッグデータ, ブロックチェーン, ビッグデータエコシステム

1 はじめに

ビッグデータは、IoTおよびAIと並ぶ現代のバズワードである。「ビッグデータ (Big Data)」という用語の起源は2000年と言われているが、明確な定義は無い。しかし、Gartnerのアナリストであるダグラス・レイニーはデータマイニングに関する2001年の報告書([1])で、今後のデータ処理システムは情報資産(データ)を処理する量(Volume), 速度(Velocity), 種類(Variety)という三つの軸(3V)での増大に対応できる必要があると主張しており、この3Vが一般にビッグデータの特徴とされている。

我が国でビッグデータという用語が使われるようになったのは2010年に入ってからである。我が国でもモバイルデバイスの普及やIoTの急進展によりデータ発生量が爆発的に増加する状況下、従来のシステムでは扱うのが難しいほどの大量のデータの取扱い、*逐次発生するデータのタイムリーな処理、多様な形式のデータの取扱いが求められている。

ビッグデータは、従来の情報システムとは異なるデータソース(モバイルデバイスやIoT等)からのデータとの結合によるデータフュージョンの発生を促し、大量のデータをベースにした統計的分析手法や人工知能技術(AI)による高度な分析を可能とし、産官学の組織活動や国民の個人活動など様々の社会的活動での活用が期待されている。ビッグデータ, IoT, AIは相互に連携しながら発展をつづけ、我が国をデータドリブン(駆動型・主導)社会、ビッグデータ社会へと発展させることになろう。

本稿では、我が国で本格化するであろうビッグデータの社会での活用を念頭に置いて、活用を推進する上で想定される課題について考察する。

2 ビッグデータシステムを構成するサブシステムの現状・動向・課題

ビッグデータシステムはデータ収集, データ蓄積・管理, データ分析の大きく3つの機能を担当するサブシステムから構成され、場合によってはデータ提供(第三者提供)機能を担当するサブシステムが含まれている。更に、データ提供を受けた2次ビッグデータシステムも独自のデータ収集, データ蓄積・管理, データ分析のサブシステムを有している場合が多い。ビッグデータシステムの構成を図

* 中央大学研究開発機構
(112-8551)東京都文京区春日 1-13-27

*1 toshiaki.saisho@advanced-it.co.jp

*2 tsujii@tamacc.chuo-u.ac.jp

1に示している。

本章では、ビッグデータシステムを構成する各サブシステムの課題を概観する。

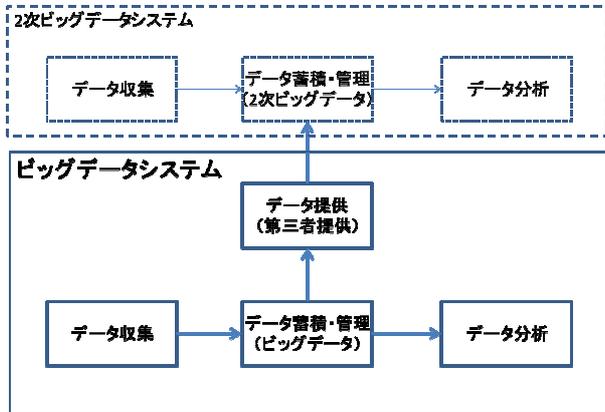


図1 ビッグデータシステムの構成

2.1 データ収集

(1)データ量の爆発

モバイルデバイスの普及、IoTの進展は、世界のデータ通信量の大幅な増加をもたらしている。平成28年の「情報通信白書」[3]によると、世界のデータ通信量は毎年23%増であり、特にモバイルデバイスのデータ通信量の急増が予想されている。急増するデータのタイムリーで確実な収集が求められる。

(2)データ構造の多様化

従来、蓄積され活用されてきたデータは企業の顧客データや売上データ等のテキストや数値が中心の構造化データであったが、現在では画像、映像、音声、テキストを組合せて作成する非構造化データが中心となっている。更に、モバイルデバイスの普及やIoTの進展に伴い、GPSデータやRFIDデータ、センサーデータ等の新たな非構造化データが更に急増することが予想される。IoTがサイバーワールドとフィジカルワールドの接点であり、社会を支える多くのシステムで重要な役割を果たすことになり、IoTが生成する多種・多様な構造のデータの取扱いが求められる。

(3)データの品質確認・真正性確保

ビッグデータは、モバイルデバイスやIoTデバイス等、多様化するデータソースからのデータの結合によりデータフュージョンが発生し新たな価値を生むことが期待されるが、データソースの多様化は、収集されたデータの品質のばらつきを発生させるリスクがある。異なる品質のデータを組み合わせて得られた結果については取扱いに注意を要する。それぞれのデータソースのデータの品質を把握した上でビッグデータを構成・利用することが必要となる。

また、誤ったデータの混入は、データの分析を誤った結果に誘導することにもなり、更に意図的に悪意のあるデータの混入を狙ったサイバー攻撃も将来は想定され、データの真正性の確認に対する配慮も必要となる。

データの品質・真正性の不十分な確保により生じた被害については、データ収集主体が責任を問われることも想定される。

(4)個人情報・要配慮個人情報の適正取得・守秘性確保

モバイルデバイスやIoTデバイスの普及により、従来は困難であった様々のデータ、個人情報を含むデータも収集可能となり、個々人に特化したサービスの発展が期待される。しかし、個人情報を含むデータの取得においてはあらかじめ本人の同意を得るか、あるいは利用目的および取得項目などをあらかじめ公表しておく必要がある。なお、要配慮個人情報の場合は、事前の本人の同意が必須である。

また、収集データは個人情報や要配慮個人情報（個人データ）ではなくとも一般に秘匿することにより価値を維持できる資産でもあり、収集データの守秘性確保には十分な配慮が必要である。

2.2 データ蓄積・管理

(1)多様な構造の大量のデータの蓄積・管理

一般に、収集データの多様化により様々の構造のデータの大量の蓄積・管理が求められる。

構造化データの蓄積・管理には、Oracle、MySQL、Microsoft SQL Server、PostgreSQL等のリレーショナルデータベース管理システム(RDBMS)が引き続き活用されている。非構造化データの蓄積・管理には、MongoDB、Cassandra等のNoSQLデータベース管理システムが活用されている。構造化データ、非構造化データを組み合わせた蓄積・管理には、両構造のデータの蓄積・管理が可能なVoltDB、ScaleDB等、NewSQLと称されている新たなデータベース管理システムが注目を浴び活用されている。

[5], [6]

大量のデータを対象とした処理基盤としては、分散処理システムHadoopが活用されている。Hadoopは、GoogleのMapReduce(並列処理システム)、GFS(データ分散管理システム)をベースに開発された、大量(Volume)の多様(Variety)なデータの高速度処理を目指した並列分散処理基盤である。

(2)データの維持・保全

データの破壊や改ざんのリスクとしては、不正なアクセス、操作ミスやシステムトラブル、サイバー攻撃の被害、などが想定される。

不正なアクセスによる破壊や改ざんを防ぐには、アクセス者の厳密な認証(本人確認)と認可(権限確認)の仕組みが不可欠である。なお、認証・認可の仕組みは往々にして迂回されるので、バックアップ等によりすみやかに復旧できる仕組みが必要である。

更新権限を有するアクセス者による操作ミスやシステムトラブルを完全に防ぐことは難しい。操作ミスやシステムトラブルによるデータの破壊や喪失を防ぐには、バックアップ等の対策が必要である。

特にここ数年、データを暗号化し人質とした上で身代金を要求するウイルス（ランサムウェア：Ransomware）の被害が多発している。我が国でも急増しており、バックアップ対策が推奨されている。〔7〕

(3)データの漏洩防止

データ漏洩は、内外からの不正なアクセス、サイバー攻撃の被害などが想定される。

内部者を含む不正なアクセスによる情報漏洩を防ぐには、アクセス者の厳密な認証（本人確認）と認可（権限確認）の仕組みが不可欠である。なお、認証・認可に基づくアクセス制御が迂回された場合でも、データそのものが漏洩しないよう、あらかじめ暗号化しておくことは、データの漏洩防止には有効である。しかし、分析処理にて、一旦復号する場合はオーバーヘッドが問題となり、一般に暗号化されたデータのままで分析可能な処理を著しく制限することになり、データ漏洩防止とデータ分析処理の両面で、暗号化の是非を判断する必要がある。

データの破壊・改ざん対策としてのバックアップの重要性は既述の通りだが、そのバックアップ・データからの漏洩対策も重要である。バックアップ・データの保護には、一般に暗号技術や秘密分散技術が利用されている。

ビッグデータ内の個人情報の漏洩をさける対策として、匿名化も有効である。しかし匿名化されたデータはデータ分析の処理内容を制限することになる。匿名化の利用はデータ分析において実施される処理内容を把握の上、匿名化の方式や匿名化そのものの是非を判断する必要がある。

(4)保有個人データに対する本人の要求への対応

個人データの取扱いについては、「改正個人情報保護法」に規定されている義務を順守する必要があり、本人からの開示・訂正・利用停止の要求には、「個人情報の保護に関する法律についてのガイドライン（通則編）」〔8〕に基づく対応が求められる。

2.3 データ分析

(1)統計学に基づく分析

以前よりデータ分析に良く使われた手法であるが、ビッグデータの分析手法としてあらためて注目を浴びている。これまでは、大量のデータ（母集団）の入手が困難なため、標本としてのデータを入手し標本特性を分析することで、母集団の特性を推定なり検定してきたが、母集団に近い大量のデータから構成されるビッグデータを利用することにより、より正確な推定・検定や従来は難しかった分析も可能となってきた。

具体的な分析手法としては、アソシエーション分析、因子分析、回帰分析、ABC分析、クラスター分析など。

一般に、仮説をたて、それをデータによって分析し、分析結果を評価し仮説を検証する、という手順で行う分析手法である。分析者には、仮説を構築でき、その検証に適切な分析手法を選択し、分析結果を適切に評価できる能力が求められる。

(2)人工知能・機械学習・深層学習による分析

「人工知能」(Artificial Intelligence)は、人間の知能を人工的に実現するための研究分野である。1950~60年代にコンピュータによる「探索」や「推論」等が可能となり第1次人工知能ブームが到来した。1980年代には「知識」を与えることで人工知能が実用化可能な水準に達し、多数のエキスパートシステムが構築され第2次人工知能ブームとなった。2000年代からの第3次人工知能ブームは、大量のデータ（ビッグデータ）を用いることで人工知能自身が知識を獲得する「機械学習」(Machine Learning)が実用化された。更に、知識を定義する要素（特徴量）を大量のデータ（ビッグデータ）から人工知能が自ら習得する「深層学習」(Deep Learning)が登場し、研究開発や応用開発が盛んに実施されている。〔9〕

人工知能によるビッグデータ分析技術の本格的な実用化に向けては、人工知能によるビッグデータ分析結果の導出根拠提示技術も含め、今後も研究開発や技術実証活動が期待される。

(3)分析過程のデータ保護（セキュア分析）

データの分析過程での漏洩にも配慮が必要であり、内外からの不正アクセス、ウイルスへの対策等を含め、分析処理環境の安全性を高めておくことが重要である。

データそのものの漏洩を心配せず分析が可能な技術に暗号化状態処理がある。暗号化されたデータをそのまま使用する分析処理であるが、暗号化状態処理が適用可能な分析処理は限られている。秘匿検索では、公開鍵暗号あるいは共通鍵暗号を利用し、一致、AND検索、OR検索、部分一致検索、範囲検索、類似検索、ブーリアン検索などを実現できる技術が提案されている。秘匿計算では、公開鍵暗号の準同型性を利用し、加算や乗算が可能な技術が提案されており、限られた範囲ではあるが統計処理などに利用できる。秘匿暗号化（再暗号化）は、暗号化状態処理で得た暗号化された結果を分析者が所有する秘密鍵でのみ復号可能な暗号化された結果へ変換し分析者へ提供することにより、ビッグデータシステム運用者へのデータ漏洩を防ぐことができる。

暗号化状態処理のビッグデータ分析での実用化に向けては、更なる研究開発の展開と実用化活動が期待される。

(4)分析結果の利用に関する責任の所在

分析者あるいはビッグデータシステムが提供した結論なりアドバイスの不適切さにより利用者が被害を受けた場合の責任の所在については、データ収集主体、データ蓄積・管理主体、データ分析機能提供主体、分析者、利用者等の関与する主体間での責任の所在をあらかじめ

明確にしておく必要がある。

2.4 データ提供（第三者提供）

(1)実名のまま提供

「改正個人情報保護法」では、個人データの第三者提供の制限の原則として「法令に基づく場合等の一部の例外を除き、あらかじめ本人の同意を得ないで個人データを第三者提供してはいけない」と規定されている。一方、個人データ取得時に本人の同意を得ていなくとも、オプトアウトによる第三者提供が可能となっている。なお、要配慮個人情報の第三者提供については、事前の本人の同意が必須である。

具体的には、「個人情報の保護に関する法律についてのガイドライン（通則編）」（[8]）に基づき対応する必要がある。

(2)匿名化し提供

「改正個人情報保護法」[11]では、適切に匿名化された匿名加工情報は本人の同意なく、第三者提供が可能である。

匿名加工情報の第三者提供に際しては、「個人情報の保護に関する法律についてのガイドライン（匿名加工情報編）」（[10]）に規定されている、匿名加工情報の定義や匿名加工手法（例）および匿名加工情報取扱事業者等の義務等に基づき、適切に対応する必要がある。

2.5 ビッグデータシステムを構成するサブシステムの主要課題一覧

ビッグデータシステムの各サブシステムの実現において留意すべき課題を整理したのが図2である。

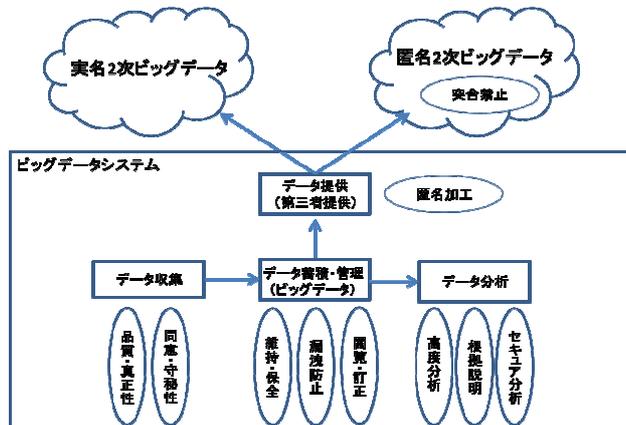


図2 ビッグデータシステム構築・運用時の主要課題

3 ビッグデータ活用推進上の今後の課題

前章のビッグデータシステムを構成する各サブシステム構築上の課題を含め、ビッグデータ活用推進上で今後想定される主要な課題を、研究開発が期待される技術、ビッグデータ活用のための技術者の育成、持続可能なビッグデータエコシステムの形成、健全な発展のための法制度・ガイドラインの整備、ビッグデータ社会実現に向けた国民の合意、の5つの観点で整理する。

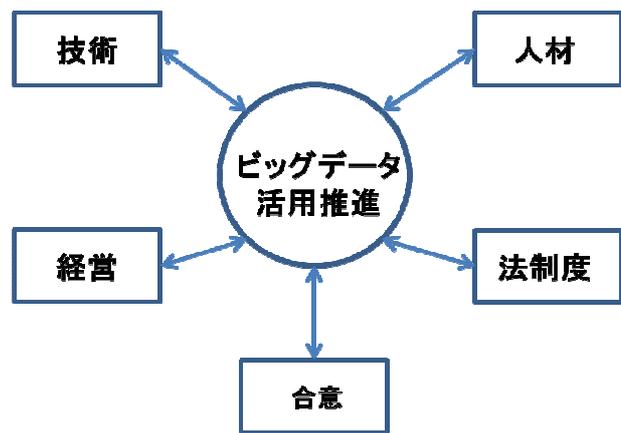


図3 ビッグデータ活用推進を支える基盤・環境

3.1 技術

ビッグデータシステムの活用推進のために今後の発展が期待されるビッグデータシステム構築上の技術としては、「人工知能等による高度分析技術および分析結果の根拠提示技術」、「暗号化状態処理等によるセキュア分析技術」、「個人データの第三者提供のための匿名加工技術」などがあげられる。

また、今後、ビッグデータ応用分野を大きく発展させる可能性のある技術として、「集めないビッグデータ技術」および「ブロックチェーン技術」が考えられる。

(1)集めないビッグデータ

ビッグデータはビッグデータシステム運用主体の管理下で一元的に蓄積・管理され利用されるのが一般的である。このような形態は、ビッグデータシステムで提供する多様な分析処理の効率的な実行を可能とするが、個人情報の自己コントロールは困難となり、また個人情報の大量の漏洩や人質事件を誘発することにもなりかねない。そこで、「集めないビッグデータ」[12]方式が注目を浴びている。

「集めないビッグデータ」の基本は、個人のデータは個人の管理下に置くことである。個人データを収集したい事業者は本人の同意を得て直接取得するようにすることにより、個人データの第三者提供を不要とし、本人による個人データ管理を容易にする。本人の管理下にある個人データは「PDS (Personal Data Store)」に格納され、本人の承認のもと、事業者へ提供なり共有されることになる。

一方、個人が管理するPDSに格納されているデータの有効活用を促進するために、個人との契約に基づき預けられた個人データを管理するとともに、個人に代わり妥当性を判断の上、他の事業者にデータを提供する事業を行う「情報銀行」も提案されている。「情報銀行」は、データを預けた個人の意向に沿ってデータを運用し、何等かの形でデータを預けた個人に便宜や利益が還元されるビジネスモデルを想定している。日本でも、「情報銀行」の実証実験が始まっている。

今後、「集めないビッグデータ」に関する技術開発、

システム開発が活発に行われることが期待される。また、「実証実験」等を通じ、国民の理解を得、ビジネスモデルとしての可能性が検証されることにより、ビッグデータの新たな具現化方式として活用が進むことを期待したい。

(2) ブロックチェーン

「ブロックチェーン」は、ビットコインをはじめとした仮想通貨に組み込まれた技術であるが、最近では金融取引や著作権管理など様々の分野で活用が展開され、その活用可能性は「インターネット」に匹敵すると言われている技術である。

「ブロックチェーン」は、過去の記録を改ざんできない記録技術である。一つ一つの記録はトランザクションと呼ばれ、複数のトランザクションから構成されるブロックの連鎖が「ブロックチェーン」である。ブロックやブロックに取り込まれたトランザクションの改ざんは難しい仕組みであるため、過去の記録の変更は難しい。また、「ブロックチェーン」はデータの保全に優れた技術である。「ブロックチェーン」のデータは複数の参加主体が重複保有するため、データを失うリスクは極めて低い。記録を利用した処理の継続性に優れた技術である。

このような特徴を持つ「ブロックチェーン」をビッグデータでの活用を目指し、新たな技術開発が展開されている。

注目されている技術の一つが、2016年2月に発表された「BigchainDB」[13]である。「BigchainDB」は大量のデータを扱える分散型データベースに「ブロックチェーン」の特徴的機能の実装を目指している。「BigchainDB」は開発途上ではあるが、既に多くのプロジェクトでプロトタイプ開発に利用されている。「BigchainDB」の開発を進めているBigchainDB GmbHは多くのパートナー企業に支えられており、日本の大手企業も名前を連ねている。

もう一つの注目されている技術が、エストニアのGuardtimeのKSI (Keyless Signature Infrastructure) [14]というブロックチェーン・セキュリティ技術である。GuardtimeはKSIとOracleのデータベースエンジンと組み合わせ、エストニアの100万人規模の医療情報を「ブロックチェーン」で保護するサービスを開発中だ。

今後、ビッグデータと「ブロックチェーン」の連携に関する技術開発が活発に行われることが期待されており、「ブロックチェーン」との連携技術が社会インフラシステムでのビッグデータ活用を更に大きく発展させることが期待されている。

3.2 人材

2012年のガートナーの報告によると、日本では当時「データサイエンティスト」と呼ばれる人材は千人程度しかいないといわれ、将来的には25万人が不足する、としている。データサイエンティストの不足は特に我が国は深刻であり、日本学術会議も「ビッグデータ時代に対応する人材の育成」(平成26年)[15]にて、「データサ

イエンティストの育成が特に重要であること」、「データサイエンティストの育成は、既に海外では急速に進められており、我が国においても直ちに着手しなければ、学術研究や産業界におけるビッグデータ活用において大きく立ち遅れる恐れがあること」を提言している。

日本では2017年4月に志賀大学が初めてデータサイエンス学部を設立した。データサイエンスが学べる学部、学科、コースは、来年度開設予定も含め、10数大学であり、日本のデータサイエンティスト育成体制の整備・強化が望まれる。

3.3 経営

ビッグデータは、継続運用されることにより情報も分析ノウハウも蓄積され、益々効果を発揮し発展するものである。ビッグデータの長期的維持は、関わるそれぞれの主体が役割を維持し続けたいというインセンティブを持てるかどうか、ビッグデータエコシステムを構成できるか否かにかかっている。

図4にビッグデータエコシステムを例示している。このシステムが持続的に運用されるためには、データ提供主体は、個人情報やプライバシー情報を含む個人データの提供に値する魅力あるサービスを直接的に短期的に、また間接的に長期的に受けることができる必要があり、ビッグデータシステム運用主体はデータ提供主体との間のビジネス、2次ビッグデータシステム運用主体との間のビジネスにより、組織体として持続可能な収益が確保できる仕組みが必要である。

社会のインフラサービスへのビッグデータ活用推進においては、サービスの長期的持続性が重要であり、ビッグデータエコシステムの形成に配慮する必要がある。

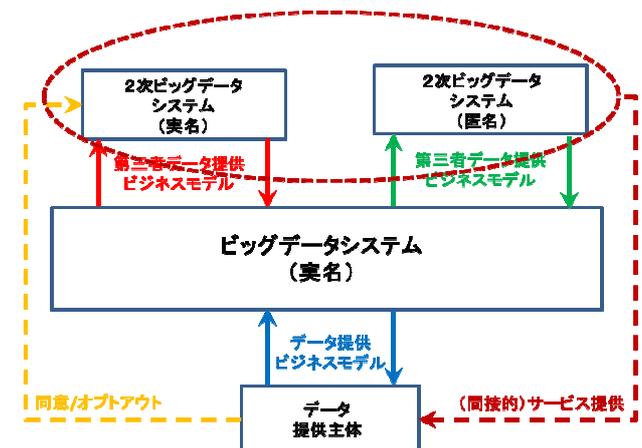


図4 ビッグデータエコシステム

3.4 法制度

個人情報・要配慮個人情報の取扱いに関する基本的な法令(改正個人情報保護法)は整備されているが、ビッグデータ活用の広範囲化・深化に伴い、分野ごとのニーズに応じたきめ細かな法令やガイドラインのタイムリーな整備が必要であろう。日本企業は、コンプライアンス

違反ならないことが明確でない限り、個人情報・要配慮個人情報を活用した意欲的なビッグデータサービスの創出には慎重である。

データを集積したビッグデータの活用は競争を促進しイノベーションをもたらすことが期待されるが、一方では、データが大きな価値を持つようになりデータの独占や寡占が企業の競争を制限することにもなりかねないことが懸念されている。このような懸念は、2016年10月にOECDより発表された「Big Data : Bringing Competition Policy to the Digital Era」[16]でも報告されている。日本では、平成29年6月に発表された公正取引委員会の「データと競争政策に関する検討会報告書」[17]において、優越的地位を利用した不当なデータ収集や独占・寡占等による不当なデータの囲い込み等に対しては、独占禁止法による対応が必要とし、法整備が進められる予定である。競争環境を維持しつつビッグデータの健全な集積を促進する法制度・ガイドラインの整備が望まれる。

3.5 合意（国民の理解）

ビッグデータの活用は、我が国の産業の発展、国民の生活の改善や利便性・快適性の向上、健康増進・生命維持等に大きな効果が期待されている。一方、このようなビッグデータの社会活用の推進にあたっては、ビッグデータを構成する様々なデータ、個人情報を含むデータも含め、その収集への国民の理解が必要である。

国民の理解を得る方策としては、「ビッグデータシステムにおいては、個人データ保護に万全の対策をとること」、「データ提供主体へのインセンティブを確保し、ビッグデータエコシステムを形成すること」が基本であるが、社会を構成する国民の一人として社会の健全な運営や更なる発展に資する個人情報を含むデータの提供に理解を求める施策・活動も重要であろう。

我が国がビッグデータ社会を目指すことへの国民的合意形成が望まれる。

4 おわりに

本稿では、ビッグデータの社会活用を推進する上で想定される主要な課題を整理した。我が国が早期にビッグデータ社会を実現できるよう、想定される課題を認識の上、産官学がそれぞれの立場での活動推進が必要であろう。

情報セキュリティ分野の研究開発や実用化を推進する研究部隊として、今後も研究・技術開発活動を通じビッグデータ社会の早期実現に貢献したい。

参考文献

- [1] Douglas Laney, “3D Data Management: Controlling Data Volume, Velocity, and Variety,”
<http://blogs.gartner.com/doug-laney/files/2012/01/ad949-3D-Data-Management-Controlling-Data-Volume-Velocity-and-Variety.pdf>, (2001)
- [2] 総務省, “IoT 時代における ICT 産業の構造分析と ICT による経済成長への多面的貢献の検証に関する調査研究報告書”,
http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/linkdata/h28_01_houkoku.pdf, (2016)
- [3] 総務省, “平成 28 年度版 情報通信白書”, 第 1 部・第 1 節 IoT がもたらす ICT 産業構造の変化,
<http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/h28/html/nc121200.html>, (2016)
- [4] 総務省, “平成 28 年度版 情報通信白書”, 第 2 部・第 2 節 ICT サービスの利用動向,
<http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/h28/html/nc252110.html>, (2016)
- [5] キーマンズネット, “NoSQL と RDB を両立する「NewSQL」って何だ?”,
<http://www.keyman.or.jp/at/30005304/>, (2013)
- [6] 渡部 徹太郎, “NoSQL の必要性と主要プロダクト比較”, OSS コンソーシアム データベース部会 設立セミナー,
http://openstandia.jp/event/pdf/20150828oss_con_report.pdf?osscon0828, (2015)
- [7] トレンドマイクロ, “2016 年 年間セキュリティラウンドアップ”,
https://www.trendmicro.com/ja_jp/security-intelligence/research-reports/sr/sr-2016annual.html, (2017)
- [8] 個人情報保護委員会, “個人情報の保護に関する法律についてのガイドライン(通則編)”,
<https://www.ppc.go.jp/files/pdf/guidelines01.pdf>, (2017)
- [9] ITmedia エンタープライズ, “コレ 1 枚で分かる「AI, 機械学習, ディープラーニングの関係」”,
http://www.itmedia.co.jp/enterprise/articles/1709/29/new_s022.html, (2017)

- [10] 個人情報保護委員会, “個人情報の保護に関する法律についてのガイドライン(匿名加工情報編)”,
<https://www.ppc.go.jp/files/pdf/guidelines04.pdf>,
(2017)
- [11] “改正個人情報保護法”,
https://www.ppc.go.jp/files/pdf/290530_personal_law.pdf
(2019)
- [12] 集めないビッグデータコンソーシアム, “平成 27 年度集めないビッグデータコンソーシアム成果報告書—パーソナルデータエコシステムの実現—”,
<https://www.ducr.u-tokyo.ac.jp/content/400060390.pdf>
(2015)
- [13] BigchainDB GmbH, Berlin, Germany , “A BigchainDB Primer”,
<https://www.bigchaindb.com/whitepaper/bigchaindb-primer.pdf> (2017)
- [14] Guardtime AS, Tallinn University of Technology,
“Keyless Signatures’ Infrastructure : How to Build Global Distributed Hash-Trees”,
<https://eprint.iacr.org/2013/834.pdf> (2013)
- [15] 日本学術会議, “ビッグデータ時代に対応する人材の育成”,
<http://www.sci.go.jp/ja/info/kohyo/pdf/kohyo-22-t198-2.pdf> (2014)
- [16] OECD, “Big Data : Bringing Competition Policy to the Digital Era”,
[https://one.oecd.org/document/DAF/COMP\(2016\)14/en/pdf](https://one.oecd.org/document/DAF/COMP(2016)14/en/pdf) (2016)
- [17] 公正取引委員会, “データと競争政策に関する検討会報告書”,
http://www.jftc.go.jp/cprc/conference/index.files/170606_data01.pdf (2016)