

1-1 社会で起きている変化

東京大学 数理・情報教育研究センター

2020年4月28日

2024年6月17日 改訂

概要

- データサイエンスやAIとはどういう分野なのでしょうか？なぜ社会の関心を集めているのでしょうか？
- 本節では社会におけるデータ・AIの利活用例を幅広く学ぶことで、社会で起きている変化を知り、データサイエンスやAIを学ぶことの意義を理解することを目標とします
- 特にAIを活用した新しいビジネスやサービスは、複数の技術が組み合わせられて実現していることに注目して下さい

本教材の目次

1. データサイエンス入門	4
2. 応用分野（自然科学）	13
3. 応用分野（社会科学）	17
4. 応用分野（ビジネス）	24
5. データサイエンティストとAIの関係	35
6. 参考文献	50

1-1-1 データサイエンス入門

データサイエンスとは

- データを有効活用し、数理モデリングや計算技術と適用ドメインの専門知識を結合することで新たな知識を生み出し、その活用のシナリオを導き出すことです
- なぜ注目を集めているのでしょうか？

古くからあります

- 例えば17世紀の天文学者であるヨハネス・ケプラーは
 - (1) データの有効活用：ティコ・ブラーエが長年観測した惑星の運動データを用い
 - (2) 数理モデル・計算技術・適用ドメインの専門知識：天文学の知識を活用し、手計算で惑星運動を分析し
 - 計算機はおろか消しゴムすらありません
 - (3) 活用のシナリオ：仮説検証や知識発見などを通じてその後の天文学に大きな影響を与えました
 - ケプラーの法則はニュートンの万有引力へと繋がっていきます
- なぜ今注目を集めているのでしょうか？

出典：
 [Kepler1627]
<https://www.loc.gov/item/49038330/>

技術のブレークスルー：ハードウェア

● 計算機の進化

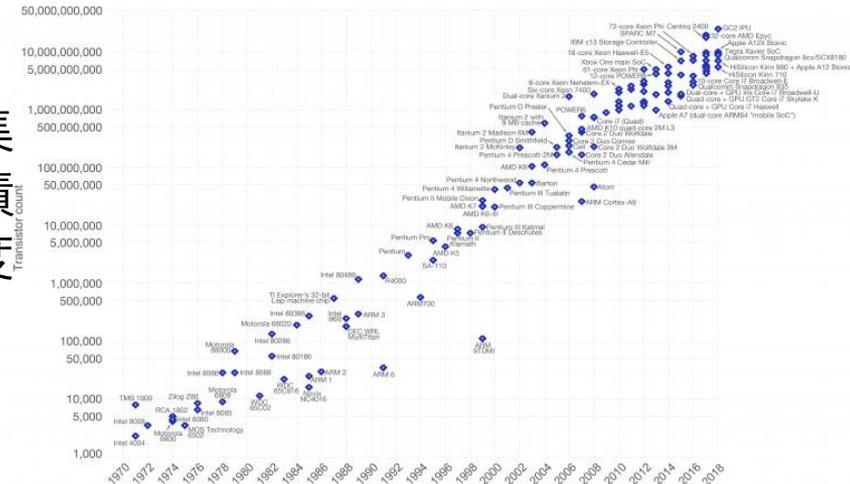
- 処理性能の向上→CPU（ムーアの法則）、GPUの進歩
- 記憶装置の進化→メモリ、HDD、SSD
- 情報通信技術の革新→インターネット、クラウド、エッジ

ムーアの法則[OurWorldData]

Moore's Law – The number of transistors on integrated circuit chips (1971-2018)
Moore's law describes the empirical regularity that the number of transistors on integrated circuits doubles approximately every two years. This advancement is important as other aspects of technological progress – such as processing speed or the price of electronic products – are linked to Moore's law.



集積度
Transistor count



Data source: Wikipedia (https://en.wikipedia.org/wiki/Transistor_count)
The data visualization is available at OurWorldInData.org. There you find more visualizations and research on this topic.

Licensed under CC-BY-SA by the author Max Roser.

年

GPUの実物

CPUとGPUはどちらも計算処理を行う計算機のいわば頭脳ですが、GPUはCPUに比べ簡単な計算を並列で大量に実行するのに向いています。

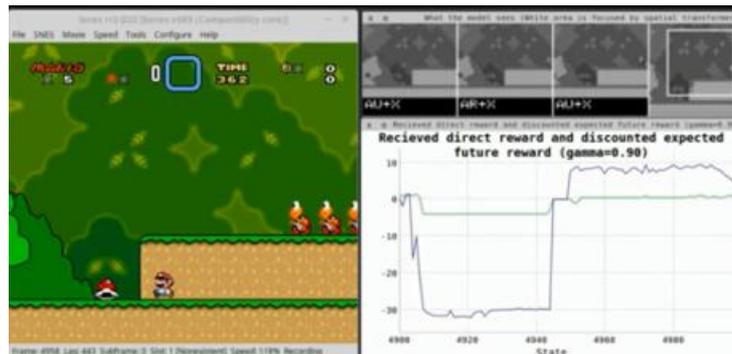


図の出典：

<https://ja.wikipedia.org/wiki/NVIDIA#/media/%E3%83%95%E3%82%A1%E3%82%A4%E3%83%AB:NVIDIA-GTX-1070-FoundersEdition-FL.jpg>

技術のブレークスルー：最適化技術

- 最適化技術の進歩により今まで最適化できなかった問題も「解ける」ようになりました
- AIと将棋棋士が熱戦を繰り広げられるようになったのも最適化技術の進歩による所が大きいです
 - 電王戦 (<https://www.shogi.or.jp/match/denou/>)
- 同様にAIがゲームを上手にプレイできるようになったのも最適化技術の進歩による所が大きいです
 - 後述する深層学習・強化学習と関連します



出典：[Jung](<https://github.com/aleju/mario-ai>)

データ量の増加

- 記録の電子化
 - 紙媒体で記録していた時はデータを分析しようと思っても困難でした。ペーパーレス化が進むとデータの有効活用に対するニーズが高まりました。
- インターネットの普及（あらゆるものが記録されます）
 - 人と人が繋がりがやすくなった結果、民泊などシェアリングエコノミーと呼ばれる新しいサービスも多く生まれました
 - シェアリングエコノミーとは、個人が保有する資産をインターネットを介して他者にも利用してもらう社会のことです

ペーパーレス化の例：

NACCS(輸出入・港湾関連情報処理システム)：国際貿易に関連する通関手続きは非常に面倒です。日本では比較的早い時期から電子手続きに移行しています

(<https://www.naccs.jp/>)

2019年において：

- Youtubeでは毎分約450万本のビデオが再生されました
- Uberでは毎分約1万人がタクシーを利用しました
- Googleでは毎分約450万件の検索が行われました（出典[Domo]）

生成AI

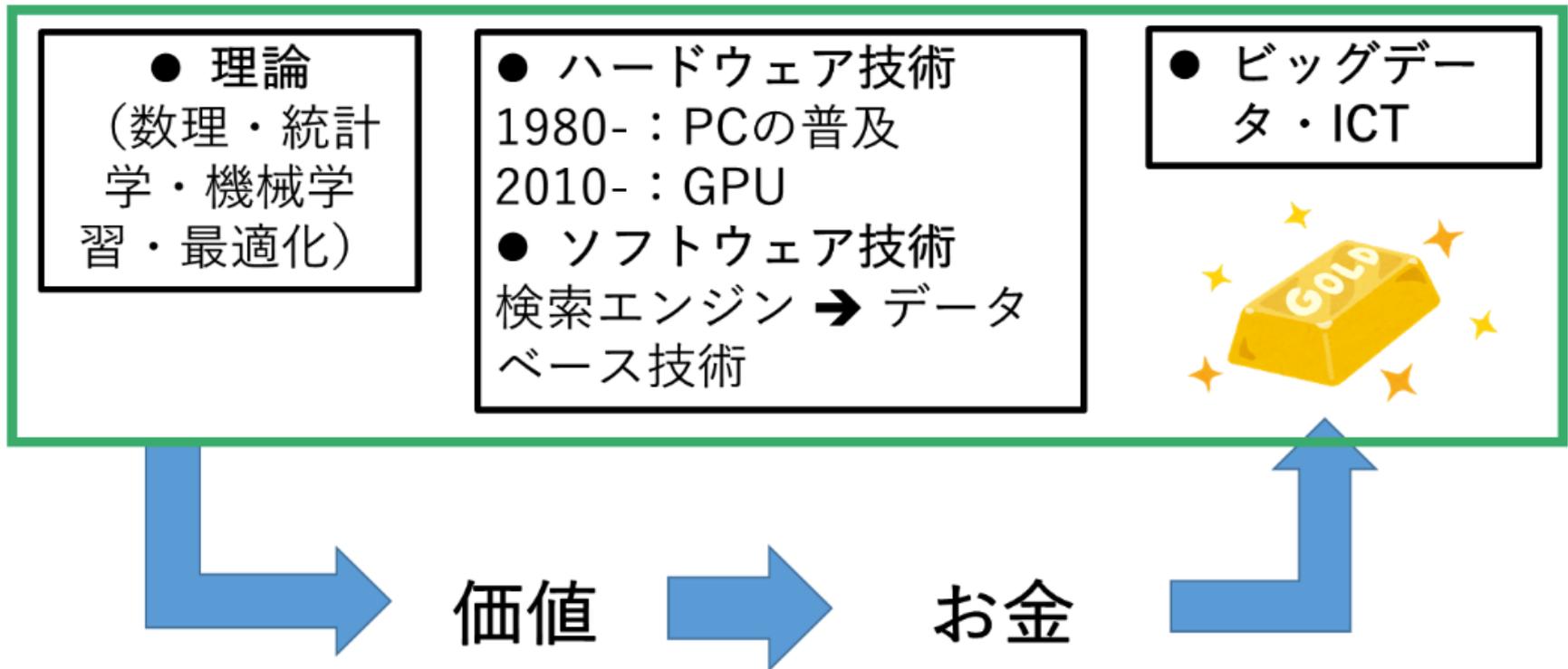
- インターネットスケールで手に入るデータはテキストだけではありません
- 例えば画像とキャプションのデータを用いて「アボガドのような椅子」や「ヤマアラシのような立方体」など複雑なテキスト入力に対して画像を生成することができるようになってきました
 - OpenAIのDallE
 - <https://openai.com/blog/dall-e/>
- 画像生成は一般用のPCでも実行できるようになっています
 - Stable Diffusion
 - <https://ja.stability.ai/stable-diffusion>

ビッグデータとAIの普及

- マッキンゼーの調査[McKinsey2018]によれば、データサイエンスとAIによって、50%以上の企業がマーケティングのやり方が大きく変わったと回答し、30%以上の企業が研究開発のやり方も変わったと回答したそうです
- 同レポートによると、いわゆるIT企業だけでなくエネルギー産業やヘルスケア産業もビジネスのあり方が大きく変わったと回答したそうです
 - 影響を受けた業務の例：マーケティング、研究開発、サプライチェーンマネジメント、労務管理など

好循環

- 価値が生まれるようになり好循環が誕生しました



- それではビッグデータとAIは具体的に学問やビジネスをどう変えているのでしょうか？
 - まずは自然科学から見ていきましょう

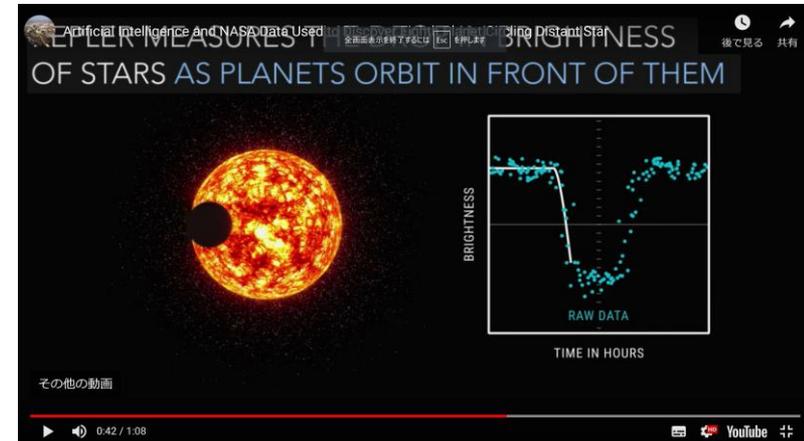
1-1-2 応用分野（自然科学）

物理学

- 物理学では探査機から送られてくる大量のデータや望遠鏡で撮影された画像をAIで分析することで新たな発見が生まれています

- 例えばGoogle AIの研究者はNASAのケプラー探査機から送られてくる膨大な輝度のデータを深層学習で分析することによって、太陽系外惑星を発見する試みを行っています

(<https://www.nasa.gov/press-release/artificial-intelligence-nasa-data-used-to-discover-eighth-planet-circling-distant-star>)



Video credit: NASA/Ames Research Center

- 日本ではマルチスペクトル観測装置のMuSCATを駆使し同様の研究を行っています (<https://gendai.ismedia.jp/articles/-/71410>)
 - 地球と似た惑星が見つかる日もそう遠くないのかもしれませんが

生物学

- 生物学では遺伝子データや画像分析技術などを用いて様々なデータサイエンスが行われています
- 日本のライフサイエンス統合データベースセンターでは、ライフサイエンス分野におけるデータベースの統合化に取り組んでいます
(<https://ds.rois.ac.jp/center1/>)
- DeepMindでは遺伝子データと深層学習を用いたタンパク質構造を予想する試みに取り組んでいます
 - AlphaFoldと呼ばれています[Senior et al.2020]
(<https://deepmind.com/blog/article/AlphaFold-Using-AI-for-scientific-discovery>)

化学

- 化学でもビッグデータの利用は盛んです
- 例えば化学反応予測の分野では、既に判明している化学反応のデータをネットワークとして整理し、未知の反応の予測をリンク予測問題として定義することで、新しい化学反応を探す試みが行われています[Segler,Waller2017]
 - 同研究ではおよそ1400万の分子を対象にしたネットワークが活用されました。ノードを分子や反応とし、エッジを化学反応における役割として定義しています。
- 日本の物質材料研究機構でも情報技術と化学実験を融合することで物質・材料の研究開発を革新する試みが行われています
(<https://www.nims.go.jp/research/MaDIS/index.html>)

1-1-3 応用分野（社会科学）

政治学と法律

- 政治学や法律でも様々な試みが行われています
- 米国議員の投票行動を、過去の投票パターン、法案の内容、議員同士のソーシャルネットワークのデータを用いてモデリングし、新規法案が提出された時に誰が賛成・反対するかを予想するモデルを提案している研究もあります [Song et al.2018]
 - 米国では議員の投票行動データはオープンデータ化されており広く分析されています
(<http://www.ou.edu/carlabertcenter/research/pipc-votes>)
- 契約書を締結の度に読み直すのは非常に大変です。そのため契約書の自動分析ツールを提供する企業もあります
 - eBrevia：契約書の自動分析(<https://ebrevia.com/#overview>)

法学

- 法学と情報学を繋ぐ試みも盛んです
- チューリッヒ大学法学部のCLDSでは、数量的手法を用いて法的知識と法的手続きの透明性を高め、国際的に学際的な法的研究と教育を促進することを目指しています
(<https://www.clds.uzh.ch/en.html>)
- スタンフォード大学法学部のCodeXでは研究者、弁護士、起業家、技術者が共同で、法的思考の機械化に関わる計算法の研究と開発に注力しています (<https://law.stanford.edu/codex-the-stanford-center-for-legal-informatics/>)
- こうした動きも踏まえ国内外で判決文などの情報公開を促進する動きや深層学習モデル用のベンチマークデータを作る動きが盛んです
 - ハーバートケースロー (<https://case.law/>)
- 日本でも法学と情報学を結びつける研究は盛んです[Kondo et al.2022][久野 et al.2024]

文学と音楽

- データサイエンスとAIの活用範囲は文学や音楽にも及びます
- 例えば古文書の崩し文字を読めるようになるには専門的な訓練を必要とします。そこで広く一般層にも古文書を読んでもらえるように機械学習を用い、崩し文字の「翻刻」（書き換え）に挑戦している研究者もいます[カラーヌワット2020]

(https://about.google/intl/ALL_jp/stories/tensorflow-ai-japanese-culture/?utm_source=google&utm_medium=hpp&utm_campaign=Japan)

- 他にもGoogleは与えられたメロディに対してバッハ風の伴奏を自動生成するツールを公開し話題になりました

(<https://www.google.com/doodles/celebrating-johann-sebastian-bach>)

テキストや動画の新規生成

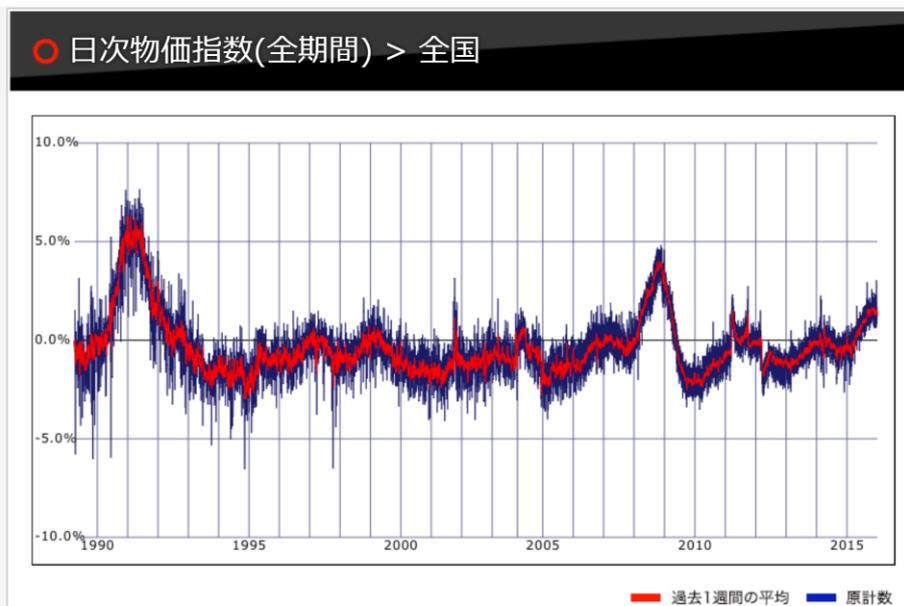
- 生成技術の進歩はフェイクニュースやディープフェイクなど新たな問題も生んでいます
- OpenAIが公開したテキストの自動生成ツール
 - OpenAIはAI研究に関する非営利団体で最初にいくつか文章を入力することで残りを勝手に自動生成してくれるツールを公開しました (<https://talktotransformer.com/>で試すことができます)
- ディープフェイク動画
 - 一例は次で見ることができます
(<https://www.youtube.com/watch?v=cQ54GDm1eL0>)



Video credit: You Won't Believe What Obama Says In This Video! BuzzFeedVideo

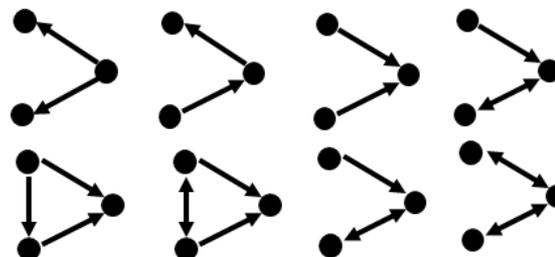
経済学

- 経済学でもビッグデータを活用した研究が行われています
- POSデータを用い物価をリアルタイムで計測する研究者もいます[渡辺 2018] (POSデータとはコンビニなどレジのデータのことです)
- ビットコインの取引パターンとバブルの関係を分析することもあります [Bovet et al.2018]

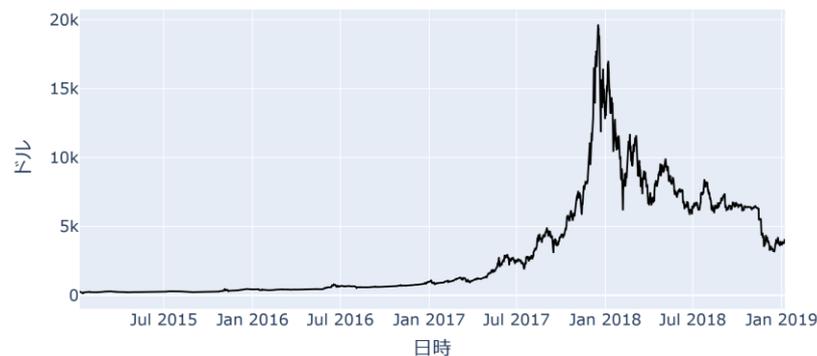


出典：https://www.cmdlab.co.jp/price_u-tokyo/daily/

取引パターンの類型



ビットコイン価格の時系列

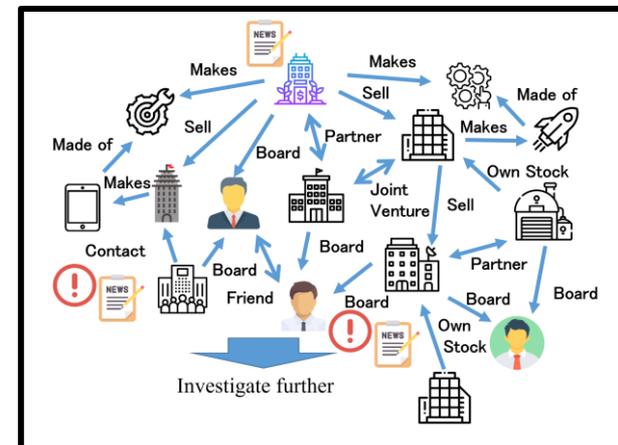


ファイナンス

- ファイナンスでは従来利用されなかったようなデータ（オルタナティブデータ）の活用が盛んです
 - GPS[古川 et al.2022]、海運データ[久野,古川2022]、求人票[古川 et al.2023]、生声データ[三上 et al.2021]、送金データ[久野 et al.2023]、会見動画[Curti,Kazinnik2023]などが活用されています
- 複数のデータベースをネットワーク上に格納し探索することで、株価に影響を与えるニュースが報道されるリスクを予測する試みもあります[Hisano et al.2020]（右下）

求人票データ

<https://hrog.net/>



1-1-4 応用分野（ビジネス）

フィンテック

- フィンテックとは技術で金融の不便を解消しようとする試みです
 - フィンテック：ファイナンス + テクノロジー
- 商・金融取引、支払い実績、交友関係などビッグデータを活用し、より正確に定量的リスク管理をすることで、それまで金融サービスを受けられなかった人へ金融サービスを拡大することができます
 - こうした金融サービスの対象範囲の拡大は金融包摂と呼ばれます
- 例えば中国ではモバイルアプリの利便性が高く、キャッシュレス化が非常に進んでいます。これによって一元的に顧客情報をビッグデータとして分析でき、より顧客にあわせた金融サービスを提供できるようになりました[河合2018]
 - https://www.boj.or.jp/announcements/release_2018/rel180314_b.pdf のpg20

チャットボット

- 問い合わせ業務の効率化を目標にチャットボットを導入する企業が増えています
 - チャットボットとは人が言葉で質問すると機械が言葉で自動回答してくれるシステムのことです
- ライフネット生命では、チャットボットによる保険見積もりや診断を保険プランナーと併用することで、業務効率化を図っています [ライフネット生命2018]
 - https://www.boj.or.jp/announcements/release_2018/data/rel180810d2.pdfのpg13
- サッポロホールディングスでも人事、総務、経理などに関する問い合わせの45%を自動対応にすることに成功しているようです [野村総合研究所2018]
 - https://www.boj.or.jp/announcements/release_2018/data/rel180810d5.pdfのpg17

アプリ開発

- データサイエンスはアプリの機能改善にも役立ちます
- LINEではユーザー調査、データ分析、実験などを通じてグループ作成機能の改善を行っています
 - オンライン実験による機能改善の評価、データ分析に関する煩雑な処理の自動化などデータサイエンスは多岐にわたって役立っています
 - 詳しくは<https://logmi.jp/tech/articles/322207>を参照してください

マッチング

- 経済取引は売りたい人と買いたい人が出会わなければ成立しません。データサイエンスを用いることで上手に人と人を引き合わせることができます。
- リクルートホールディングスはビッグデータを活用しマッチングを促進することで、人生の様々なライフステージにあったマッチングサービスを提供しています [小川2017]
 - グルメ、旅行、ファッション、ヘルスケア、就職、結婚、自動車購入、引っ越し
 - https://www.boj.or.jp/announcements/release_2017/data/rel171030a4.pdfのpg5

IoTとロボット

- モノのインターネット (IoT) やロボットの利用も盛んです
 - Internet of Things : インターネット経由でセンサーを結合することです

- 例えばAkerではドローンを飛ばして農作物をモニターするアプリを開発しています

(<https://www.akersolutions.com/>)



© 2003-2018 Aker Solutions ASA

- ボストンダイナミクス社が作るロボットの例は皆さんも見たことがあると思います

(<https://www.youtube.com/watch?v=13il13vDH5w>)

機械稼働管理システム

- 機械の稼働状況をインターネットを介してサーバーに収集し、故障原因推定、修理の迅速化、盗難防止、コスト削減などの提案を企業側が行っています
 - KOMTRAX（コマツ機械稼働管理システム）[KOMTRAX]
- 顧客ごとのニーズにあわせた購入・リースプランを案内できるのがポイントです
 - 詳しくは<https://sanki.komatsu/komtrax/>を参照してください

農業と土木

- 農業や土木でもIoT機器を使用することが多いです
- 例えば熟練した農家の栽培技術のAIでの再現を目標に、IoT機器と機械学習の技術で上手な水やりを学習し、甘いトマトの栽培に成功した研究者もいます

(<https://www.jst.go.jp/kisoken/jyonetsu/interview/h29/mineno.html>)



出典：2020 科学技術振興機構(JST)
峰野博史、多様な環境に自律順応できる水分ストレス高精度予測基盤技術の確立

- ドローンで撮影した画像から被災地域の推定を行っている研究者もいます[MIT2019]

(<https://www.technologyreview.com/s/614246/ai-image-recognition-improves-disaster-response/>)

自動制御

- センサーからリアルタイムでデータを読み取り自動で複雑な制御を行うこともあります
- 自動運転技術の開発が盛んです (<https://www.tesla.com/autopilot>)
- 例えばGoogleのデータセンターではパフォーマンスに影響がでないように空調管理することで、データセンターの支払い料金を最小化しています
 - 料金を40%削減したことで有名になりました
(<https://deepmind.com/blog/article/deepmind-ai-reduces-google-data-centre-cooling-bill-40>)

自動機械学習

- 機械学習モデルの開発タスク自体を自動化する試みもあります
- 自動機械学習とは問題設計を与えるだけで、基本的な分析や様々な機械学習のモデルを自動で計算してくれるツールのことです
 - GoogleのAutoML(<https://cloud.google.com/automl>)
 - MicrosoftAutoML(<https://docs.microsoft.com/ja-jp/azure/machine-learning/concept-automated-ml>)

複数技術を組み合わせたAIサービス

- 甘いトマトの栽培（pg31）、自動運転（pg32）、フィンテック（pg25）の例に顕著ですが、AIサービスは複数の技術を組み合わせて作ることが多いです
 - 甘いトマトの栽培：画像認識技術、強化学習、IoT機器など
 - 自動運転：画像認識技術、異常検知、強化学習、自動車制御など
 - フィンテック：電子決済、デフォルトリスク予測、リスク管理など
- この他にも
 - ビッグデータを管理するデータベースエンジニア
 - IoT機器であれば通信技術・セキュリティ対策など一つのサービスを作るには多くの技術が必要になります

1-1-5 データサイエンティストとAI

AIとは

- 「賢い機械。特に賢いプログラムを作るための科学と工学である。」のことで
 - ジョン・マッカーシー（人工知能の父）
 - 定義はこれ以外にもあります。人間のように考える機械に限定されないことがポイントです。
- 空調の自動制御や自動機械学習は十分に賢いプログラムと呼べます

特化型AI と汎用型AI

- 特化型AIとはあるタスクの処理に特化したAIのことです。それに対して汎用AIとは様々なタスクの処理に対応できるAIのことです。
 - 「1-4 データ・AI利活用のための技術」や「1-6_データ・AI利活用の最新動向」で後述する大規模自然言語モデルや基盤モデルは汎用型AIへ一歩近づいた例と言えます
- しかし依然としてAIの多くは特化型で、汎用型であっても人間の専門家や職人同様に理解しているとは言えないものが多いです
 - 汎用AIは模索段階です
- ただし、AIが人間の専門家や職人同様に理解して動いていなくても十分に役立ちます
 - 大雑把な分類結果でも十分有用だったり、人間が分析するにはデータ量が多すぎて機械のアシストが必要不可欠だったり、理解は別としてとにかく予想が当たればよいなど様々な状況が考えられます

データサイエンティストの必要性

- データサイエンティストとはデータサイエンスを研究する人や、社会においてデータ分析やAIの活用を実践する人のことを指します
- 社会の至る所でデータサイエンス・AIの利用が広がっています
 - Society 5.0、第4次産業革命、データ駆動型社会
- AIの非連続的進化
 - 計算技術の進化、ビッグデータ、情報通信技術などが複合的に組み合わせることによって、急激にできることが広がりました
 - 多くのサービスは複数の技術を組み合わせることでできています
- それではなぜ、一部のエンジニア以外の人も、データサイエンスを学ぶ必要があるのでしょうか？

データを起点としたものの見方

- 人間は直感的な速い思考と熟慮する遅い思考を使い分け意思決定をします[Kahneman2013] (2002年度ノーベル経済学賞受賞)
 - 速い思考：直感、遅い思考：計算など集中力が必要なもの
 - 日常生活において一つ一つ丁寧に、まるで複雑な計算問題を解くように、遅い思考で意思決定をすることは稀です
 - 経験や直感を頼りに速い思考で意思決定をします
- 速い思考は社会問題を考える際には妨げになることがあります
 - 速い思考の長所は、素早く意思決定ができ、脳の消費エネルギーも少ないことです (人は速い思考に頼りがちです)
 - 短所は先入観にとらわれ実態を無視する危険性があることです
 - データを見て初めて問題の深刻さに気付くことはよくあります
- データを起点としたものの見方によって、社会の実態に即した意思決定ができるようになります (データ駆動型社会)

帰納的推論と演繹的推論

- データを起点としたものの見方は、個々の事例から一般的な結論を導く行為で、帰納的推論に相当します
 - 個々の事例を集める必要があるので手間がかかります
- 演繹的推論は一般的に正しいとされる前提からある状況に対して結論を導く行為です
 - 個々の事例を集める必要はないので、帰納的推論と比べて手間は少ないですが、誤った前提を元に結論を導くと間違えます
- 社会のように一般的に正しいとされる前提が曖昧で、かつ先入観に左右されやすい場合、データやAIを活用し、社会の実態に即しているか確認する帰納的推論が重要になります
- 逆にAIに弱点はないのでしょうか？

AIの弱点

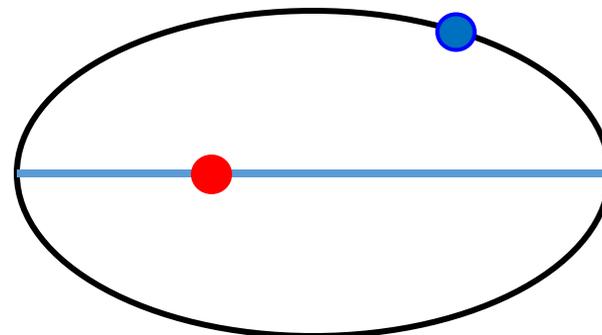
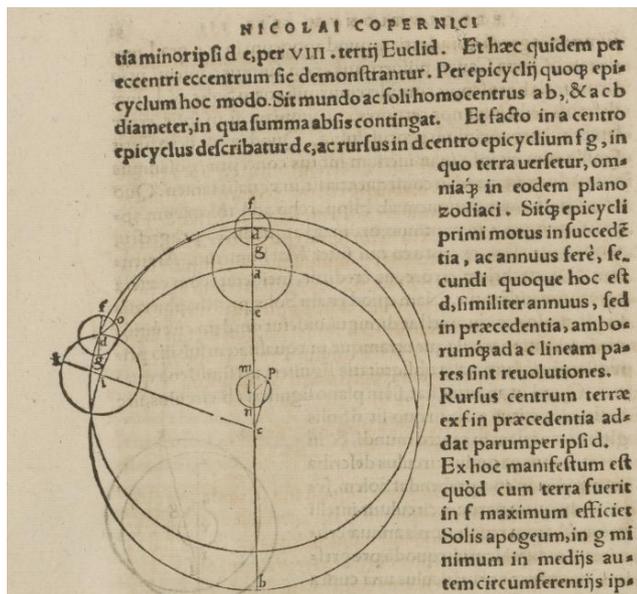
- 人間は遅い思考で構築した因果関係や理論を整理し、簡潔にものごとを理解できます
- それに対してAIは自動で与えられたデータに対して、帰納的にモデルを適切にチューニングすることはできますが、必ずしも簡潔な理解を与えてくれるわけではありません
 - 理解に関する論争は科学の黎明期からあります（pg42に続く）
 - 説明可能性の高いAIの開発は最先端領域です（「1-6 データ・AI利活用の最新動向」参照）
- また社会実装時には、仮にAIが社会の問題に解答を出したとしてもそれが社会的に許容されるかは別問題なこともあります
 - 社会問題と人間中心の判断（pg45に続く）

天文学の初期の論争

- 16-17世紀の天文学：惑星運動
 - コペルニクス：円運動と周転円の組み合わせを提案
 - ケプラー：楕円運動を提案

コペルニクス：大きい円運動に
小さい円運動を重ねる

ケプラー：楕円運動



出典：[Copernicus1543]
<https://www.loc.gov/item/54054204/>

科学的理解への道

- 円運動と周転円の組み合わせ（複雑な記述）～楕円（単純な記述）
 - 無限に周転円構造を足せば楕円と同等です
- 楕円構造を選ぶ基準があるとしたら「当時は」計算の簡易さです
 - 計算機がない中では手計算に頼るほかありませんでした
 - それでは仮にケプラーが現代の計算機を持っていたら本当に楕円を選んだでしょうか？[Kracker et al.2011]
- 計算機の進歩は、仮に簡潔に記述できる関係式であっても不必要に煩雑に記述することを可能にします→これによって人間の理解が阻害されることもあります
 - 例えば計算機が自動で複雑なモデルを構築してくれたとしても（円＋周転円）、結果的にごく初歩的な分析をしているのと変わらない（楕円）、という上記のような状況もありえます
 - 上記の例では、最終的には簡潔に記述したケプラーの記述を元にニュートンは万有引力に辿り着きます

計算技術の進歩の弊害

- 高度な計算技術がアクセスしやすくなればなるほど、不要に煩雑なモデルも簡単に構築できるようになります
 - 自動機械学習：ボタン一つで実行可能
 - 何の理解にも繋がらない分析には注意が必要です
- データサイエンス・AIを人間の知的活動を補完する形で上手に使うには、データサイエンス・AIの基礎知識が必要不可欠です
 - 学問分野に限った話ではなくビジネスでも同様です
- 現代の計算機の利点はいかしつつ、数理モデル・計算技術・適用ドメインの専門知識をフルに活用するようにしましょう

社会問題と人間中心の判断

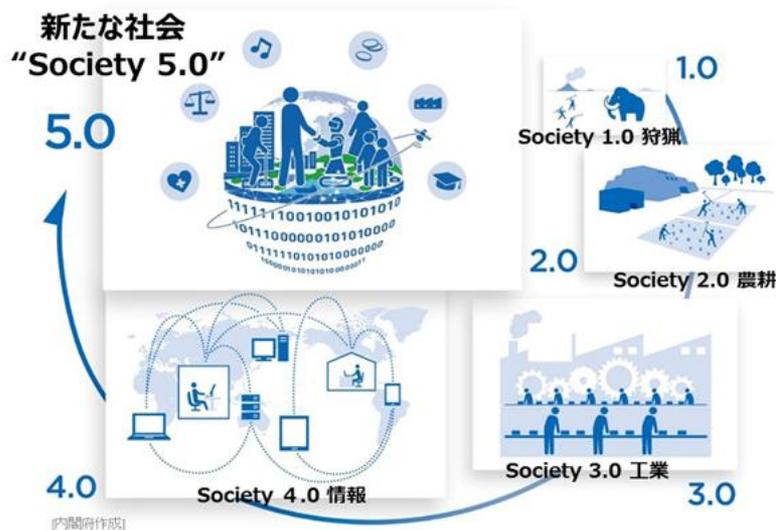
- 米国では予測型警察活動や司法判断でAIの活用が進んだ結果、AIの偏見が大きな問題になっています
 - 特定のデモグラフィック属性（年齢、性別、職業などの人口統計学的特性）をもっている人の方が再犯率が高いと予想されました [ProPublica2016]
- こうしたバイアスの問題は深刻に受け止められており、AIが社会的に正しく稼働しているか検証する監査人の必要性を主張する研究者もいます [Rawhan2017]
- AIが何を目指すべきか考えるのはあくまで人間です
 - 価値基準を与えるのは人間

Society 5.0

- データサイエンス・AIの適用範囲は広く、社会的にも有益になる可能性を秘めています
 - Society 5.0とはサイバー空間とフィジカル空間を高度に融合させたシステムにより、経済発展と社会的課題の解決を両立する人間中心の社会のことです
- こうした社会では新たな社会問題も生じます
 - バイアス、プライバシー、個人の尊重、競争法、AIの悪用 [Brundage et al.2018]
- AI時代に対応できる公共政策や法案を起案できる人材が今後は必要になってきます
 - 公共政策に関しては[Buchanan and Miller2017]が有名です
 - AIと憲法の関係については[山本2018]が論じています

Society 5.0へ向けて

- 社会にとって望ましい技術と社会の融合を目指すのであれば、一部の技術者だけでなく、多くの人を巻き込んだ対話の結果として、新しい社会を作っていかなければなりません
- そのためには、データサイエンス・AIをブラックボックス化せず、かつての「読み・書き・そろばん」のように多くの人が基本を理解しなければなりません



出典：内閣府ホームページ
(https://www8.cao.go.jp/cstp/society5_0/index.html)

AI特区 スーパーシティ構想

- 日本でもAI特区を作ろうという動きがあります
 - 2019年通常国会：廃案、秋国会：提出見送り
 - 2020年の通常国会で再度可決を目指すようです[毎日新聞2020年2月4日]
- トヨタのコネクテッド・シティのCMを見たことのある人もいるかもしれません (<https://tabi-labo.com/293535/toyota-woven-city>)
- カナダや中国では同様の試みがすでに進行中です
 - こうした試みは社会と技術の融合のあり方を考える上で、非常に重要なモデルケースとなります

カナダ・トロント市の事例	中国・杭州市の事例
<p>■ Google系列会社が行政と連携し、ありとあらゆる場所、ヒト・モノの動きをセンサーで把握し、ビッグデータを活用した都市設計が進行中</p> <p>○モビリティに関する構想</p> <ul style="list-style-type: none">・信号が絶えず人、自転車、車の動きを追跡・公共の自動運転車、用途に応じて変化する道路 <p>○建物・インフラに関する構想</p> <ul style="list-style-type: none">・モジュール化されたパーツを組合せ、車を組立てるように建築・共同溝の物流網化や公益サービス用の地下道ネットワーク <p>※住民の不安による混乱や遅滞も。</p>	<p>■ アリババ系列会社が行政と連携し、交通違反や渋滞対策にカメラ映像のAI分析を活用。ベンチャーによる無人コンビニも展開中</p> <p>○交通違反や渋滞対策にAI分析を活用</p> <ul style="list-style-type: none">・道路ライブカメラ映像をAIが自動で収集し、異常を認めた場合に警察へ自動通報（多い日で500件）・交通状況に応じ信号機の点滅を自動で切換え、一部地域で自動車走行速度が15%上昇 <p>○無人コンビニの展開</p> <ul style="list-style-type: none">・スマホアプリも必要としない顔認証でのキャッシュレス支払いが可能

今こそデータサイエンスを始めてみませんか？

出典：首相官邸ホームページ

(<https://www.kantei.go.jp/jp/singi/tiiki/kokusento/c/supercity/openlabo/supercitycontents.html>)

[内閣府]pg4より

まとめ

- データサイエンスとは
 - データを有効活用し、数理モデリングや計算技術と適用ドメインの専門知識を結合することで新たな知識を生み出し、その活用のシナリオを導き出すこと
- なぜ注目を集めているか
 - 計算技術、ビッグデータ、情報通信技術などの進歩により急激にできることが広がったことがその背景にあります
- なぜ多くの人学ぶ必要があるのか
 - 社会にとって望ましい技術と社会の融合を実現するには、一部の技術者だけでなく、多くの人を巻き込んだ対話の結果として、新しい社会を作る必要があります
 - そのためには多くの人基本的な理解をもっている必要があります

1-1-6 参考文献

参考文献

[Aker] <https://www.akersolutions.com/>

[Brundage et al.2018] M. Brundage et al., "The Malicious Use of Artificial Intelligence : Forecasting, Prevention, and Mitigation", Feb 2018.

[Buchanan and Miller2017] Ben Buchanan and Taylor Miller, "Machine Learning for Policymakers", Cyber Security Project, Belfer Center, June 2017.

[BuzzFeed] <https://www.youtube.com/watch?v=cQ54GDm1eL0>

[Caltech2019] Biology and Big Data,
<https://magazine.caltech.edu/post/biology-and-big-data>

[Copernicus 1543] Nicolaus Copernicus, "De revolutionibus orbium coelestium"

[Curti,Kazinnik2023] Filippo Curti, Sophia Kazinnik, Let's face it: Quantifying the impact of nonverbal communication in FOMC press conferences, Journal of Monetary Economics, Volume 139, October 2023, Pages 110-126

[DeepMind]DeepMind, "DeepMind AI Reduces Google Data Centre Cooling Bill by 40%",<https://deepmind.com/blog/article/deepmind-ai-reduces-google-data-centre-cooling-bill-40>

参考文献

[Domo] <https://www.domo.com/learn/data-never-sleeps-7>

[GoogleBach] <https://www.google.com/doodles/celebrating-johann-sebastian-bach>

[GoogleAutoML] <https://cloud.google.com/automl>

[Hisano et al.2020] Ryohei Hisano, Didier Sornette, Takayuki Mizuno ,
“Prediction of ESG compliance using a heterogeneous information network. J
Big Data 7, 22 (2020). <https://doi.org/10.1186/s40537-020-00295-9>.

[Jung] Jung, A., “Playing Mario with Deep Reinforcement Learning”,
<https://github.com/aleju/mario-ai>

[Kahneman2013] Kahneman, D, "Thinking, Fast and Slow", FSG Adult; 1st
edition, 2013.

[Kepler1627] Kepler Johannes, “Tabulae Rudolphinae”, 1627.

[Kondo et al.2022] Kondo, R., Yoshida, T., Hisano, R., “Masked Prediction
and Interdependence Network of the Law Using Data from Large-Scale
Japanese Court Judgments”, Artificial Intelligence and Law, vol. 31, no. 4, pp.
739-771, 2022.

[KOMTRAX] <https://sanki.komatsu/komtrax/>

参考文献

[Krakauer et al.2011] David C. Krakauer, Jessica C. Flack, Simon Dedeo, Doyne Farmer and Daniel Rockmore, "Intelligent data analysis of intelligent systems", IDA 2010: Advances in Intelligent Data Analysis IX pp 8-17.

[McKinsey2018] McKinsey Analytics, "Analytics comes of age", Jan 2018.

[MicrosoftAutoML] <https://docs.microsoft.com/ja-jp/azure/machine-learning/concept-automated-ml>

[MIT2019] Karen Hao, "AI thinks this flood photo is a toilet. Fixing that could improve disaster response. A new data set aims to teach computer vision systems to recognize images from disasters.",
<https://www.technologyreview.com/s/614246/ai-image-recognition-improves-disaster-response/>

[NACCS] NACCS (輸出入・港湾関連情報処理センター株式会社)
<https://www.naccs.jp/aboutnaccs/aboutnaccs.html>

[Nasa2017] <https://www.nasa.gov/press-release/artificial-intelligence-nasa-data-used-to-discover-eighth-planet-circling-distant-star>

[OpenAI] <https://talktotransformer.com/>

[OurWorldData] <https://ourworldindata.org/technological-progress>

参考文献

[ProPublica2016] by Julia Angwin, Jeff Larson, Surya Mattu and Lauren Kirchner, "Machine Bias There's software used across the country to predict future criminals. And it's biased against blacks.", ProPublica, May 23, 2016.

[Rahwan2017] Iyad Rahwan, "Society-in-the-Loop: Programming the Algorithmic Social Contract", Ethics and Information Technology, 2017.

[Segler,Waller2017] Segler, M. H. S. and Waller, M. P., "Modelling Chemical Reasoning to Predict and Invent Reactions.", Chem. – A Eur. J. 2017, 23 (25), 6118–6128.

[Song et al.2018] Kyungwoo Song, Wonsung Lee, Il-Chul Moon, "Neural Ideal Point Estimation Network", Thirty-Second AAAI Conference on Artificial Intelligence, 2018.

[小川2017] 小川 安英、「リクルートにおけるデータ活用」、第4回 日銀 FinTechフォーラム、2017年11月1日、

https://www.boj.or.jp/announcements/release_2017/rel171030a.htm/

[カラーヌワット2020] 機械学習で日本の過去を紐解く文学研究者 さがそう。TensorFlow のストーリー。

https://about.google/intl/ALL_jp/stories/tensorflow-ai-japanese-culture/?utm_source=google&utm_medium=hpp&utm_campaign=Japan

参考文献

[河合2018] 河合祐子、「FinTech（フィンテック）－現状とこれから（金融高度化セミナー＜3月5日、大阪＞）」、2018年3月14日、

https://www.boj.or.jp/announcements/release_2018/rel180314b.pdf

[高口2019] 高口太郎、「LINEアプリの機能改善を支える、データサイエンスチームの知られざる裏側」、LINE DEVELOPER DAY 2019,2019年11月20日～2019年11月21日、<https://logmi.jp/tech/articles/322207>

[内閣府] 内閣府地方創生推進事務局、「「スーパーシティ」構想について」
<https://www.kantei.go.jp/jp/singi/tiiki/kokusentoc/supercity/openlabo/supercitycontents.html>

[野村総合研究所2018] 「AI×言葉（合言葉）によるチャットボットの取り組み」第6回 FinTechフォーラム～チャットボットの進化と金融ビジネスへの活用～、2018年8月10日、

https://www.boj.or.jp/announcements/release_2018/rel180810d.htm/

参考文献

[久野,古川2022] 久野遼平、古川角歩、「海運データを用いた輸出のナウキャストティング」、日本銀行ワーキングペーパーシリーズ、
https://www.boj.or.jp/research/wps_rev/wps_2022/wp22j19.htm、2022

[久野 et al.2023] 久野遼平、長澤達也、高橋秀、近藤亮磨、大西立顕、「銀行送金ネットワークの内在的構造と時間変化」、人工知能、第38巻第2号、pp. 131-138、2023

[久野 et al.2024] 久野遼平、大西立顕、渡辺努、「ネットワーク学習から経済と法分析へ」、サイエンス社、2024年6月19日、ISBN: 478191604X

[古川 et al.2022] 古川角歩、箕浦征郎、久野遼平、八木智之、「オルタナティブデータと機械学習アプローチを用いた鉱工業生産ナウキャストティングモデルの構築」、日本銀行ワーキングペーパーシリーズ、
https://www.boj.or.jp/research/wps_rev/wps_2022/wp22j14.htm、2022

[古川 et al.2023] 古川角歩、城戸陽介、法眼吉彦、「求人広告情報を用いた正社員労働市場の分析」、日本銀行ワーキングペーパーシリーズ、
https://www.boj.or.jp/research/wps_rev/wps_2023/wp23j02.htm、2023

[毎日新聞2020年2月4日] スーパーシティ構想へ特区 政府法案再提出 AI、ビッグデータ活用、毎日新聞

参考文献

[三上 et al.2021]三上朝晃、山縣広晃、中島上智、「景況感は何に基づき形成されるのか：テキスト分析で探る景気ウォッチャーの着目点」、日本銀行ワーキングペーパーシリーズ、

https://www.boj.or.jp/research/wps_rev/lab/lab21j02.htm、2021

[峰野] 峰野博史、多様な環境に自律順応できる水分ストレス高精度予測基盤技術の確立、

<https://www.jst.go.jp/kisoken/jyonetsu/interview/h29/mineno.html>

[山本2018] 山本 龍彦 (編集)、AIと憲法、2018/8/25

[ライフネット生命2018] 岩田慎一、「ライフネット生命のLINE活用術」、第6回 FinTechフォーラム～チャットボットの進化と金融ビジネスへの活用～、2018年8月10日、

https://www.boj.or.jp/announcements/release_2018/rel180810d.htm/

[渡辺2018] 特許第6395307号 (P6395307) 「物価指数推定装置、物価指数推定プログラム及び方法」登録日:2018/09/07. 出願人：国立大学法人東京大学. 発明者：渡辺努、渡辺広太.