

# 革新知能統合研究(AIP) センター

センター長 杉山 将



<https://aip.riken.jp/>



理事長

センター長

理研AIPセンター  
(824名：常勤186名、非常勤638名)

副センター長

汎用基盤技術研究グループ  
深層学習の仕組みの解明や新しい原理に基づく次世代人工知能技術の開発

目的指向基盤技術研究グループ  
大学・研究機関や産業界とも連携し、科学的・社会的な課題への適用に特化した基盤技術を開発

社会における人工知能研究グループ  
人工知能技術の社会における倫理的・法的・社会的課題等について、その及ぼす影響の分析や対策を検討

連携センター  
企業の研究開発課題と理研のシーズを連携させ、成果を社会に展開

センター長室  
研究センターの運営に必要と認めた業務（センターにおける広報活動や国際会議開催のサポート等）及び研究センター全般に係る秘書業務を実施

AIP推進室  
センターの研究計画や体制に係る企画調整や研究開発の評価などに関することを実施

広報室、産業連携部、契約業務部 等

研究組織

研究支援組織

## ■ ミッション

理論研究を中心とした革新的な基盤技術の研究開発で世界トップを目指す。

## ■ (ミッションを達成するための) 目標と戦略

### ① 次世代人工知能の基盤技術の開発を目指す

長期的視野に立った基礎研究の推進、次世代 AI 基盤技術の開発

### ② AI技術による科学の発展を目指す

我が国が強いサイエンス分野を牽引する強力なパートナーと連携し、AI技術を融合した新たな科学的手法の創出等により科学の発展を後押し

### ③ 基礎研究の知見を社会的課題の解決にむけた応用研究へと繋げる

我が国が抱える社会的な課題解決に取り組むパートナーと連携し、課題解決に特化した基盤技術開発等により応用研究を後押し

### ④ 数理的観点を踏まえ倫理的・法制度的な課題の解決を目指す

AIの社会的な影響を俯瞰的に分析し、AIの倫理的・法制度的な課題を数理的観点を踏まえて解決

### ⑤ AI分野の人材育成を目指す

国内外の大学からの学生および産業界からのエンジニア等を積極的に受入れ、最先端の研究をともに行うなどOJTによる高度人材を育成

## 戦略詳細①

取組方針： 長期的視野に立った基礎研究の推進、次世代 AI 基盤技術の開発

### 取組内容（主なもの）

**人工知能に関連する先鋭的な数学理論、学習理論、最適化理論、機械学習アルゴリズム、推論探索等のアルゴリズムを開発し、知見を統合することにより、次世代人工知能の汎用的な基盤技術の創出を目指す。**

- 現在の深層学習は、大量の教師データが必要だという弱点があった。そこで、弱い教師情報しか含まないデータからでも精度よく学習できる弱教師付き学習の理論体系を構築、実用的なアルゴリズム群の開発、その有効性の実験的実証を行った。
- 従来の学習理論では、学習に用いるモデルは複雑にしすぎない方が良くという知見が得られているが、深層モデルは極度に複雑であるにもかかわらず、優れた汎化能力を発揮している。この隔たりを埋めるべく、深層モデルに対応した新しい学習理論を開発し、深層学習の有効性を部分的に説明できるようになった。
- 生命科学などにおいて科学的な発見を機械学習で支援するためには、高次元の複雑なデータから有用な特徴量を見つけ出すことが重要であるが、従来は高次元線形データか低次元非線形データにしか対応できなかった。そこで、高次元非線形データに対応できる全く新しい特徴選択法を開発した。
- 医療診断補助や自動運転等においては、機械学習の予測による信頼性を評価することが重要である。そこで、予測の不確実さを評価でき、計算効率の良いベイズ深層学習アルゴリズムを開発した。
- 今後はTrusted Quality AIの推進に向けて、AIからのアウトプット品質を保証するロバスト学習などの基礎理論構築にも取り組む。

### 推進する上での課題

- 日本においては機械学習の基礎理論研究を行っている博士学生・研究員が極めて少なく、その少数の人材が国内外の企業や大学・研究機関との競争競争にさらされているため、人材確保が困難。国際的に見て日本における外国人の受入環境・待遇は必ずしも優れているとは言えないが、AIPにおいては海外の学生・研究員を積極的に獲得・登用している。ただ、海外のトップレベル人材を安定的に確保するのは難しい。
- 汎用基盤技術の研究開発は世界的な競争にさらされており、極度に専門性の高い研究が猛烈な速さで推進されている。講演会やWebサイト掲載時にわかりやすい表現を心掛けてはいるものの、分野外の非専門家に研究の進捗や価値を伝えることが著しく困難。

## 戦略詳細②

取組方針：我が国が強いサイエンス分野を牽引する強力なパートナーと連携し、AI技術を融合した新たな科学的手法の創出等により科学の発展を後押し

### 取組内容（主なもの）

我が国が強みをもつサイエンス分野で秀でた大学・研究機関等と連携し、人工知能等に関連する基礎理論をサイエンス分野の基礎研究の知見と融合させ、具体的な課題への適用に特化した基盤技術を開発し、新たな成果を生み出すことによって、社会的・経済的価値の創造へ貢献する。

- **再生医療（京都大学iPS細胞研究所と連携）**：アルツハイマー病病因物質に対する化合物の作用の分類器や、ALSの診断技術を研究開発。
- **非破壊細胞分類（東京大学、ベンチャー企業等と連携）**：構造照明技術とAI（深層学習）技術との融合により非破壊かつリアルタイム細胞分類技術（ゴーストサイトメトリー）を開発。
- **がん探索（国立がん研究センター等と連携）**：前立腺癌における予後の良し悪しを病理画像から自動抽出する技術（特許出願中）を開発し、大学病院20年間分の前立腺癌手術症例病理標本13000スライドで検証。また、PRISM（創薬）において医薬基盤研等と連携し、肺癌、肺腺腫の創薬ターゲット発見のためのオミックス解析を推進。富士フィルムと連携し、胸部画像からの読影レポート自動生成システムを開発。
- **超音波画像診断（AIP-富士通連携センター等と連携）**：胎児心臓超音波スクリーニング技術を開発。2020年度までに富士通の製品に実装予定。
- **大規模データ解析（東北メディカルメガバンクと連携）**：東日本大震災の被災地域において生じる健康変化の原因解明のための15万規模の大規模ゲノムコホートデータに対し、予測不可能な多数のエラーを自動検出するAI手法を開発。
- **マテリアルサイエンス（物質・材料研究機構と連携）**：有機分子や熱輻射多層薄膜の自動設計に関し、機械学習と量子化学計算、電磁気学計算等を組み合わせて、特定の性能を持つ有機分子及び材料を設計、合成し実験的に検証。

### 推進する上での課題

- さらなる研究の加速に必要な研究資金は、外部ファンドを積極的に利用（PRISMなど）しているが、安定的な資金にはなっていない。

### 戦略詳細③

取組方針：我が国が抱える社会的な課題解決に取り組むパートナーと連携し、課題解決に特化した基盤技術開発等により応用研究を後押し

#### 取組内容（主なもの）

**我が国が抱える社会的な課題に取り組んできた大学・研究機関等と連携し、AIに関連する基礎理論とサイエンス分野の基礎研究の知見を融合させ、社会的な課題への適用に特化した基盤技術を開発し、国民が快適で活気に満ちた質の高い生活を送ることのできる、人間中心の社会の実現へ貢献する。**

- **防災・減災技術（理研計算科学研究センター、防災科学技術研究所等と連携）**：HPCとAIを援用した超高速な地震動シミュレーション技術、シミュレーションと物理モデルの融合による地震発生予測技術、AIによる短周期地震波形推定技術を開発。また、AI（機械学習）と異種データ融合により不完全なSAR（合成開口レーダ）・光学画像から建物被害を4段階で分類する手法を開発し、2018年インドネシアのスラウェシ島地震による建物被害の分類に応用し、インドネシア政府に解析結果を提供した。
- **認知症予防技術（介護施設等と協力）**：社会生活を送る上で必要な人間の知能が損なわれる高齢者の認知機能低下と認知症を予防するために、共想法に基づき、認知予備力を高める認知行動支援システムを構築し、老人ホームにて実運用し、認知度レベルデータを収集。また、認知症や精神疾患に対し、うつ状態緩和、認知機能維持のための教師なし脳信号解析法(SPLICE)を考案。さらに、fMRI画像からAI技術によるうつ病などの精神疾患のバイオマーカーを開発。
- **インフラ検査技術（東北大と連携）**：ドローンの非GPS環境下での自律飛行によるインフラ建造物の老朽化の自動点検のためのドローンハードウェアおよび画像処理技術（深層学習による低画質画像からの損傷認識、少数サンプルからの学習）を開発。
- **自動採点技術（大学入試センター等と連携）**：作文を添削指導するAIの開発を目指し、詳細な項目採点基準に基づく自動採点と根拠の説明を、最大80%の自動評価を誤り幅5%以下で実現した。
- **自らの判断を言葉で説明できるAI開発**：ウィキペディアから自然言語処理技術（拡張固有表現技術）により言語知識の構造化を目指す森羅プロジェクトを立ち上げ、多数の協力者と共に推進。

#### 推進する上での課題

- AIPは既存の人員で課題に精力的に取り組む、最大限の成果を創出してきたが、AI研究へのニーズは爆発的に高まっており、新たな課題に対応していくためには更なるリソースが必要である。

取組方針：AIの社会的な影響を俯瞰的に分析し、AIの倫理的・法制度的な課題を数理的観点を踏まえて解決

### 取組内容（主なもの）

人工知能等が浸透する社会での倫理的・社会的課題等に対応するため、理研が実施するAI基礎研究の知見や数理的観点を踏まえ、人工知能の進展が人間社会ないし法制度に及ぼす影響の分析と対策を行う。

- **AI倫理指針策定への貢献**：IEEE EAD、内閣府「人間中心AI社会原則」などの影響力のある倫理指針の作成に社会Grのメンバーが参画。また、国内でIEEE EADの普及活動を行う連続セミナーなどを開催。
- **個人データ流通システムの実現（埼玉県と協力）**：個人データを分散管理するパーソナルデータリポジトリを開発した。今後はこれを医療データ流通、大学入試における学生成績データの管理流通に応用する予定。
- **プライバシー保護の技術**：個人情報データベースを匿名加工情報に変換するアルゴリズムを競うコンテストを2016年から3回にわたって開催。プライバシー保護アルゴリズムの発展に貢献。
- **プライバシー保護の法制度**：国内外のプライバシー保護法制、とりわけ重要なEUのGDPRの調査、分析を実施。その結果を多数のセミナー（学会会議セミナー等）などを通じて社会にアウトリーチした。
- **自動運転車を含む交通システムへの法制度**：東京大学モビリティイノベーションセンターと共同して、自動運転車が社会に導入された場合の法的問題点の調査分析を開始。
- **AI倫理の工学的実装**：IEEE,政府などの各機関から公開されたAI倫理指針を自然言語処理した結果に基づき、新規に設計するAIシステムがAI倫理指針に沿っているかどうかを分析し、提示するシステムを開発。
- **AIを含む科学技術の社会への影響の分析**：AIが映画などの文化コンテンツ、医療、高齢者などの情報弱者、などに与える影響を分析するセミナーを多数開催。今後はこの活動を継続し結果を書籍化する計画である。
- **AI倫理の哲学的側面の探求**：AIに対する人間の態度はヨーロッパ、アメリカでは心身二元論に基づくため、ツールとみなすか、神とみなして恐れるかに分極化するが、日本では京都学派の心身一元論的な一体感、穏やかな自然との共生の歴史からコンパニオンとみなす傾向があることを論証し、著作発表などを実施。

### 推進する上での課題

- 社会Grでは各国の法律や文化的な差異のため難関会議採択のような国際的評価が難しいため、著書やセミナーなどの効果的なアウトリーチが国内向けが多くなる。
- 法律系の専門家で社会的状況に通じている人材は経験豊富な法学部教員、弁護士などになるため、理化学研究所での常勤研究職としての雇用が極めて困難であり、客員研究員として処遇せざるをえない。

## 戦略詳細⑤

取組方針： 国内外の大学との連携を通じた学生や産業界からのエンジニア等の積極的な受入れ

### 取組内容（主なもの）

- 国内の企業とは共同研究を通してエンジニア等の受入れを行い、協業OJTによる高度人材の育成を実施。
- 国内の大学とは文科省の人材育成プログラムや連携大学院制度などを活用。
- 海外の大学や研究機関とはMOUを締結して、学生や研究者等をインターンや客員として中長期間の受入れを行い、OJTを実施。

### 推進する上での課題

- AIPセンターでは積極的にAI人材育成に取り組んでおり、企業人材や外国人学生を積極的に受入れてきたが、最先端の人材を育てるにはきめ細やかなサポートが必要であり、人材育成には一定の限度がある。AI人材育成のニーズは高まっているが、期待に応えていくためには更なるリソースが必要である。



## 第4期中長期計画

	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
<p>&lt;センターミッション事業&gt; 革新的な人工知能技術を開発し、実世界応用の発展に貢献する。また、人工知能技術の普及に伴って生じる倫理的課題に関する研究や、人材育成も行う。2016年から10年間のプロジェクト。</p>									
①汎用基盤技術研究 (AIの次世代基盤技術の開発)	深層学習などの原理の理論的解明			次世代基盤技術（不完全情報学習、最適化等）の開発					
②目的指向基盤技術研究 (i) AI技術による科学研究の加速)	先進的機械学習技術の具体的課題への適用とフィードバック			次世代基盤技術の具体的課題への適用とフィードバック					
(ii) AI技術による社会課題の解決)	高精度ゲノム変異検出技術 iPS細胞の品質評価技術の開発等			臨床への適用/フィードバック 品質評価技術の更なる高精度化					
	ものづくり工程における効率的データ取得法 シミュレーション技術の開発等			実設計への適用/フィードバック					
③社会における人工知能研究	材料DBや関連論文を用いた テキストデータマイニング手法の開発等			新規連携研究テーマの探索・実施					
	高齢者ヘルスケア・介護システムの新技术開発等			介護施設等への適用/フィードバック					
	高精度な自然災害予測、被害予測技術の開発等			防災・減災情報サービスプラットフォームへの実装/自治体等による活用					
④人材育成	インフラ検査における 自律飛行・自動診断ドローンの開発等			橋梁等での実証実験 完全自動化、社会実装					
	社会影響、法制、倫理、プライバシー等の AI技術の発展・社会実装における諸問題に関する検討、提言等の情報発信			新規連携研究テーマの探索・実施					
④人材育成	非常勤PIを通じた大学等における学生育成 他機関連携によるデータサイエンティスト育成プログラムの実施 など。								

## (参考) 研究支援について

運営方針：国内外から研究者が集う国際的な研究環境・支援の提供

### 体制・提供機能（業務）

- 海外からの研究者等が言葉の壁を越えて充実したAIPセンターでの研究生活を送れるような支援体制の提供（PI会議の英語開催や案内文書の英語化、業務外に日本語教室の開催など）。
- 研究者が研究に専念できる体制を構築するため、センター長室に事務機能やコーディネート機能を集約、業務全体を効率化。
- 来年度以降は広報等の研究支援体制の強化を計画。

### 課題

- 全国に研究拠点を置き、周辺大学等の優秀なAI研究者を集約することで我が国のAI人材の糾合を図ってきたが、分散しているが故に、密なコミュニケーションが難しい面もあるので、交流を活発化させるための工夫が必要。
- 英語による発信を担当できる広報担当者の補充が急務。
- 動画などの広報コンテンツが不十分。
- 国際会議出展費用、シンポジウム費用等の充実が不可欠。

## (参考) 強み、弱み、障壁

### ■ 自組織の強み・弱み (研究面・それ以外)

#### 強み

- ✓ 国内外の多様な研究者 (基礎理論を中心にして、目的研究・社会科学、学生からシニア研究者) を糾合
- ✓ 次世代を見据えた中長期の研究計画の策定が可能
- ✓ インハウスの高い性能を有する計算機環境
- ✓ 研究者の事務業務を減らすための体制の構築などの研究支援体制の充実
- ✓ 日本橋拠点の立地環境
- ✓ 理研内の優れた知見 (計算科学、数学等) へのアクセスの良さ

#### 課題

- ✓ 汎用Grでは世界の研究の進展が速く、多様に取り組む必要があり、その価値を示すのが困難
- ✓ 目的Grではニーズが高まっており、期待に応えるためには追加のリソースが必要
- ✓ 社会Grでは評価が難しいこと、法律や文化的に国内性が高く国際化は困難
- ✓ 研究拠点を各地に配置しているため、交流の活発化のための工夫が必要
- ✓ 英語発信や動画などの広報コンテンツや人材が不十分

### ■ 目標達成に向けた障壁

- ✓ IT企業との人材獲得競争下での優秀な研究者の獲得
- ✓ 外国人PIを受け入れるにあたり、住居等の社会的な受け入れ環境が障壁

## (参考) 連携方策案

### ■ 3 センターの連携方策アイデア、他センターに期待したいこと

- ✓ 最新 AI 技術を迅速に社会に発信し、普及させる方策として、研究成果の発信、特にホームページでの発信 (AI研究開発ネットワークのAIポータルに加えて、各センターにおけるホームページから自動的更新、国際会議でのブース出展に加えてミニWSの開催等)
- ✓ 実課題を持つ民間企業等に最先端の AI 技術を活用してもらうとともに、そのフィードバックを基礎理論の研究に活かすためのオープンプラットフォームの整備 (各センターで開発したソフトウェアツールをABC上へマウント)
- ✓ 国内外の研究者を引きつけるための方策として、クリティカルマスを超えるように、各研究分野において研究者群を形成 (各センターの国際シンポジウムの連動した開催時期に加えて、海外の主要大学や研究機関でのセンター連携WS)

以下、自由（研究内容等）

# 限られたデータからでも高精度なAIを実現できる学習手法を開発

成果発表者 不完全情報学習チーム  
 杉山 将チームリーダーら  
 (東京大学との共同研究)  
 成果発表 『NeurIPS』2018年11月

**概要** 一般に、機械学習の分類技術を用いるには、正と負の両方のデータを収集する必要があるが、実世界では正のデータしか手に入らず、負のデータを収集できない場合が多くある。未知データを正と負に分ける機械学習の分類問題に対して、正のデータとその信頼度(正信頼度)の情報だけから分類境界を学習できる手法の開発に成功した。

## 研究成果の意義(インパクト)

未知データを正と負に分ける機械学習の分類問題に対して、正のデータとその信頼度(正信頼度)の情報だけから、分類境界を学習できる手法の開発に成功。

開発した学習アルゴリズムは、シンプルな線形モデルや深い構造を持つ深層学習モデルなど、あらゆる分類モデルと容易に組み合わせることが可能なため応用範囲が広い。本手法は、既存の手法と比較して、大多数のデータセットに対して最も良い分類精度を示した。

今後は、これまで負のデータを収集できないという理由で分類技術が用いられてこなかった多くの分野において、正信頼度の情報に基づく分類技術が適用されると期待。

正のデータと負のデータからの分類

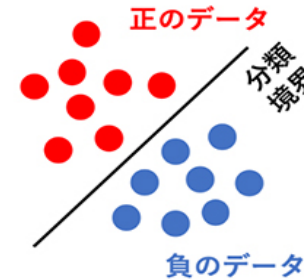


図: (左)通常のカテゴリ分け問題

正のデータとその信頼度(正信頼度データ)からの分類

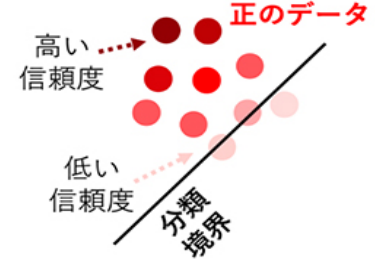


図: (右)本研究による分類問題

## 今後の展開

実験で使用したプログラミング言語 Python(パイソン)によるアルゴリズムの実装コードをウェブ上で公開予定。

## 社会貢献への期待

- ・高精度な購買予測：従来は自社商品の購入データ(正のデータ)と他社商品の購入データ(負のデータ)が揃わないと高精度な購買予測は困難であったが、自社データだけで可能に。
- ・近年厳しくなるプライバシーポリシー強化に伴い、脱退したユーザーの情報(負のデータ)を削除した場合でも、ユーザー脱退予測などが可能に。

# 血液中のがん細胞等の判別を、AIによって従来より千倍以上の速さで行う手法を開発

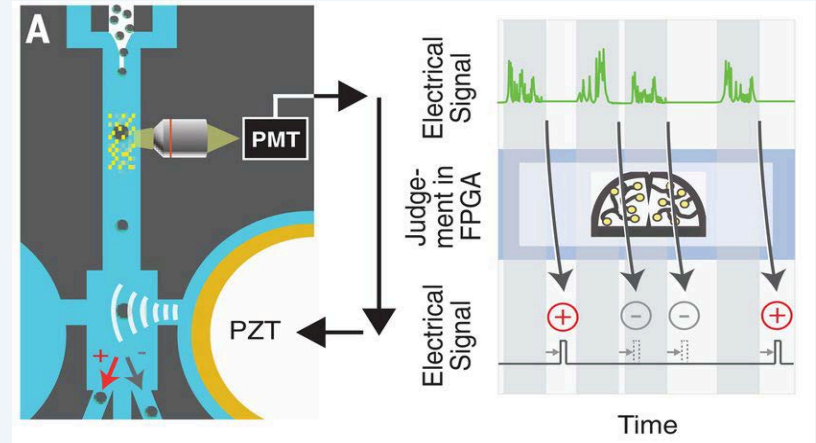
成果発表者 医用画像解析チーム 佐藤 一誠 チームリーダーら  
 (東京大学、大阪大学、シンクサイト(株)、JSTとの共同研究)  
 成果発表 『Science』2018年6月15日号  
 特許申請状況 1件

**概要** 高速・高感度かつシンプルに細胞形態データを圧縮計測する単一画素イメージング手法に、機械学習技術と流体ハードウェア技術を融合し、大きさも同じで人の目で見ても形の似た細胞でさえも高速・高精度に分析・判別し、その細胞を超高速(従来の顕微鏡方式比で千倍以上)で分取するシステム、**高速蛍光イメージングセルソーター**を世界で初めて実現した。

## 研究成果の意義(インパクト)

新規高速・高感度イメージング技術の開発に際し、『特殊な光構造照明上での対象の「動き」を利用して、対象像を捉える』という新コンセプトで、蛍光など暗い対象も高速(>万枚/秒)で撮影できる単一画素圧縮撮像手法を開発した。

そして、人を介さない画像解析に画像は必要ない点に着目し、『画像(人が認識するためのデータ形式)をつくらずに、単一画素圧縮計測信号を直接機械学習モデルに判別させる』というコンセプトを実装し、シンプルで正確かつ高速なリアルタイムでのイメージングデータ処理法を開発した。



Sadao Ota et al. Science 2018;360:1246-1251

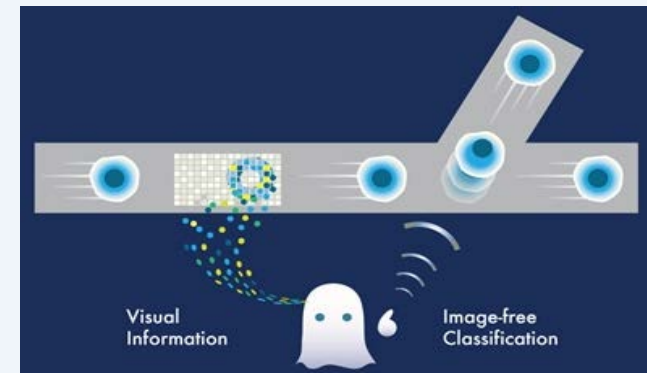
図: マイクロ流体デバイスは、3つの機能部位から構成されている。細胞の流れは、最初に3次元の流体力学的な流れの集中によって集約され(左側上部)、次にランダムな、構造化された光照射を受け(右側)、最後にソーティング領域(左側下部)に到達する。

## 今後の展開

国内外の研究機関・医療機関、企業との共同研究を進めるとともに、臨床研究を開始する予定であり、さらに2019年度にはシンクサイト株式会社より研究用プロトタイプを提供が開始される予定である。

## 社会貢献への期待

本技術を基盤とした、大量の1細胞の選択的な利活用が実現できると期待される。より正確かつ安価な血液・体液診断や、より有効性・安全性の高い再生医療の実現に貢献することを目指している。



# 教育パーソナルデータ等をオンラインで安心して管理・運用できる仕組みを考案

成果発表者 分散型ビッグデータチーム  
橋田 浩一 チームリーダーら  
(東京大学、埼玉県との共同研究)  
成果発表 記者会見 2018年8月

**概要** 理化学研究所および埼玉県との共同研究「eポートフォリオの構築と活用に関する研究」により、2020年度以降の大学入試において活用が予定されているeポートフォリオ(電子学習記録システム)を運用するための最良と考えられる仕組み(PLR: Personal Life Repositoryの略)を考案。

※eポートフォリオ: 個人の学習に関する記録を電子的に作成する仕組み。

## 研究成果の意義(インパクト)

データポータビリティとセキュリティを満たすとともに、想定される仕組みの中でも特に安全で安価なものであると考えられる。また、データポータビリティは個人だけでなく事業者にとってもメリットが大きく、事業者がパーソナルデータを管理しなくて良くなれば、管理コストも情報漏洩リスクも低減する。また、パーソナルデータが本人に集約されることによってその価値が高まり、集約されたデータを本人の同意だけで活用できる。このようにしてパーソナルデータの活用を促進することにより、社会全体で事業者の収益の総和が増大する。

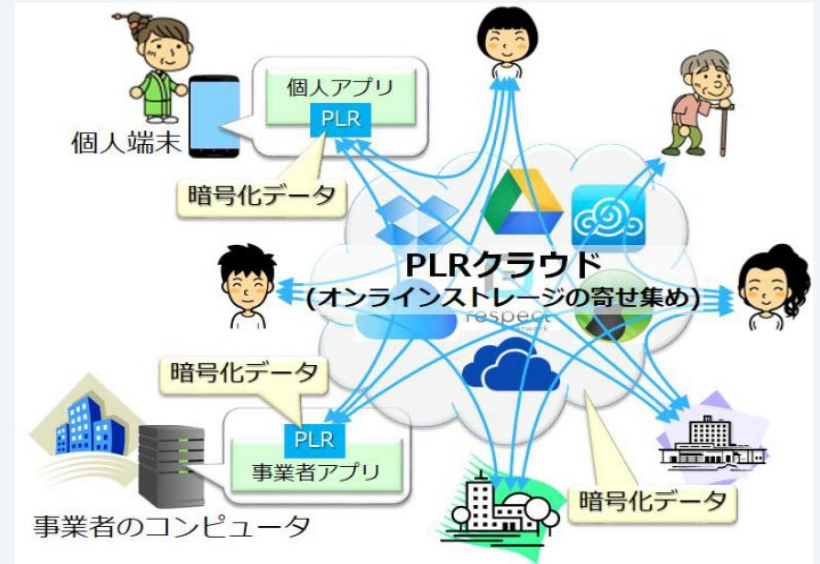


図: PLRの仕組み

## 今後の展開

埼玉県の県立高校で実証実験を行ない、2019年度に実運用を開始する。また、この仕組みと連携する入学や就職の出願受付システムをオープンソースで公開予定。

## 社会貢献への期待

文部科学省が構想する「スタディ・ログ」もこの仕組みの活用によって実現可能。また、母子手帳や健康診断、医療・介護や購買等のデータもPLRで各個人が統合的に管理し活用できるようにすることによって、産業や文化の振興に役立つことが期待される。

