

総合科学技術・イノベーション会議 評価専門調査会 評価検討会（第1回）

「AIP: Advanced Integrated Intelligence Platform Project
人工知能/ビッグデータ/IoT/サイバーセキュリティ統合プロジェクト」について

2016年5月27日

理化学研究所 革新知能統合研究センター
センター長（内定者） 杉山 将

文部科学省 研究振興局
参事官（情報担当）



理化学研究所



文部科学省

MINISTRY OF EDUCATION,
CULTURE, SPORTS,
SCIENCE AND TECHNOLOGY-JAPAN

第1部

評価対象となる研究開発の概要説明

革新知能統合研究センターについて

■ 理化学研究所は、文部科学省が進めるAIP
(人工知能/ビッグデータ/IoT/サイバーセキュリティ統合
プロジェクト)の研究開発拠点として、
4月14日付で**革新知能統合研究センター**を設置

- センター長(内定) :

杉山 将 (すぎやま まさし)

東京大学大学院教授

- 特別顧問(内定) :

金出 武雄 (かなで たけお)

米カーネギーメロン大学教授



これまでの研究： 機械学習の理論と応用

教師付き学習：人間が教師となり，コンピュータを学習させる



脳波によるコンピュータの操作
(独Fraunhofer研究所との共同研究)

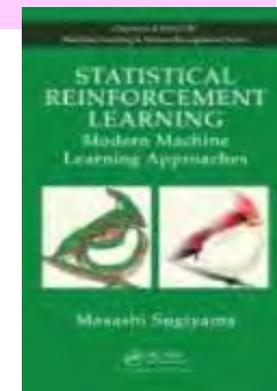
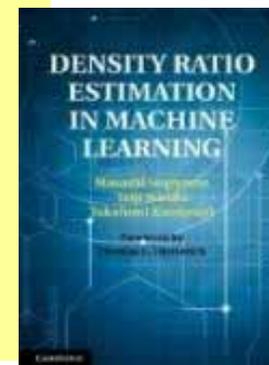
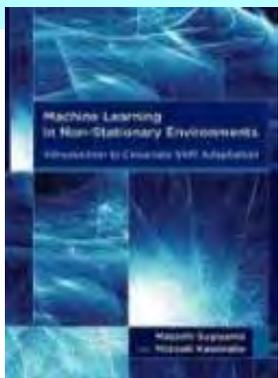
強化学習：エージェントが試行錯誤を通じて学習する



ヒューマノイドロボットの運動制御
(NICT・ATRとの共同研究)

教師なし学習：コンピュータが人間の手を介さずに学習する

- データの可視化
- クラスタリング
- 密度比推定



これまでに行なってきた研究

非定常環境適応学習の手法と応用

- 変化する環境に適応できる新しい学習法を開発
- MIT Pressより**英語専門書を2冊出版**(1冊は**編者**)
- 主要文献の引用数は1000回以上(Google Scholar)
- 米国IBM社Faculty Awardなど**4件の受賞**
- 応用例:

- 顔画像からの年齢推定
- ヘルスケアデータの解析
- 会話からの話者識別
- 日本語文章の単語分割
- ブレイン・マシン・インターフェース
- 半導体ウェハ製造装置の高速化
- 加速度データからの行動認識
- ロボットアーム制御



強化学習のアルゴリズムと応用

- スパースデータから精度良く学習できる独自のアルゴリズム群の開発
- 著書2冊
- コンピュータアートへの応用がMIT Technological Reviewに注目研究として取り上げられた



密度比推定:新しいデータ解析パラダイム

- 異常検出, 変化検知, 特徴選択, 因果推論など様々なデータ解析タスクを, 統一的な枠組みで高精度・高速に解決
- **情報処理学会長尾真記念特別賞, 文部科学大臣賞若手科学者賞, 船井情報科学振興財団船井学術賞など7件の受賞**
- Cambridge University Pressより**英語専門書を出版**
- 応用例:

- 医療画像処理システム
- ヒューマノイドロボット制御, 脳波解析
- 製鉄プロセスの異常検知・可視化
- 光学機器の自動診断, ハードディスクの故障診断
- 画像中の注目領域の抽出, 動画からのイベント検出
- 半導体の自動検査, 半導体露光装置の異常検知



次元削減のアルゴリズム

- 古典的なフィッシャー判別分析を, アルゴリズムの簡便さを維持したまま, データ空間の局所的な構造を取り込めるように改良
- 主要論文の引用数は1000回以上(Google Scholar)

ブレイン・コンピュータインターフェース

- **脳波(EEG)**でコンピュータを動かす
 - 手足が動かない患者でもコンピュータが使える
- 少数のデータで精度の良い脳波認識を実現



顔画像からの年齢認識

- 実験室と実環境での照明条件, カメラ設置条件, 顔向きの違い, 人種の違いなどを克服

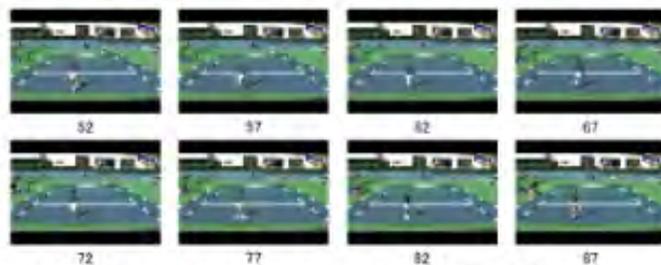


画像・動画処理

- 画像からの注目物体検出



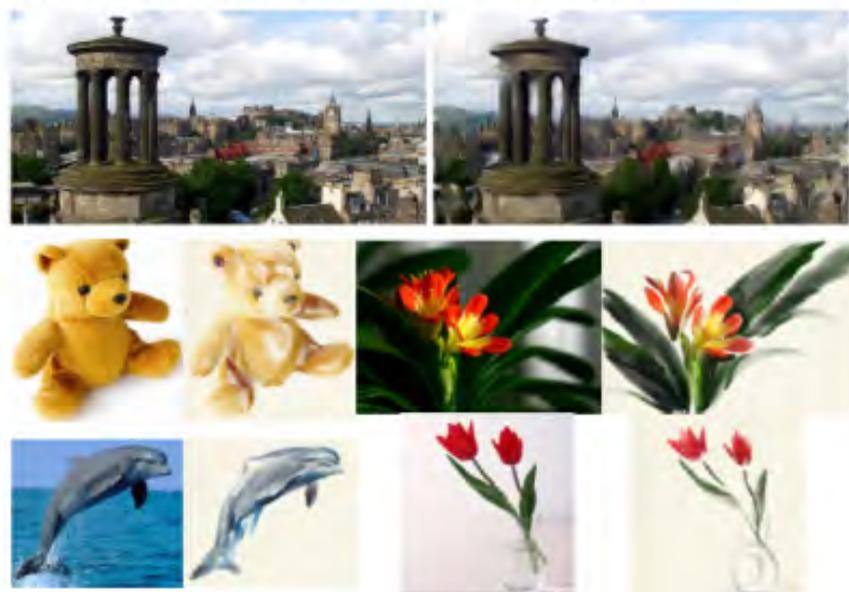
- 動画からのイベント検出



- 事前の学習は全く必要なく, 与えられた画像や動画から即座に検出!

コンピュータ・アート

- 「筆ロボット」が写真を毛筆画風に自動変換



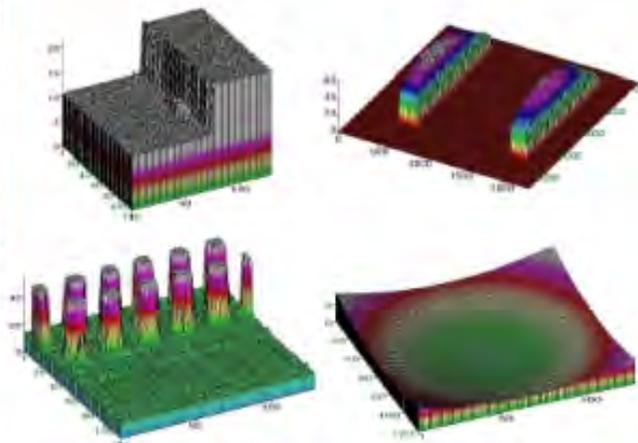
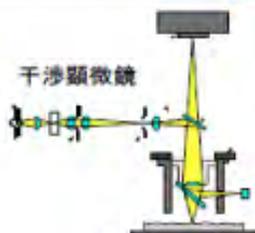
ヒューマノイド・ロボット制御

- 人間のような多自由度を持つロボットを、わずかな学習で正確に制御



微細表面形状測定

- ナノメートル単位の形状を光干渉を用いて一瞬で測定
- 局所的な類似性を用いて、高精度に推定



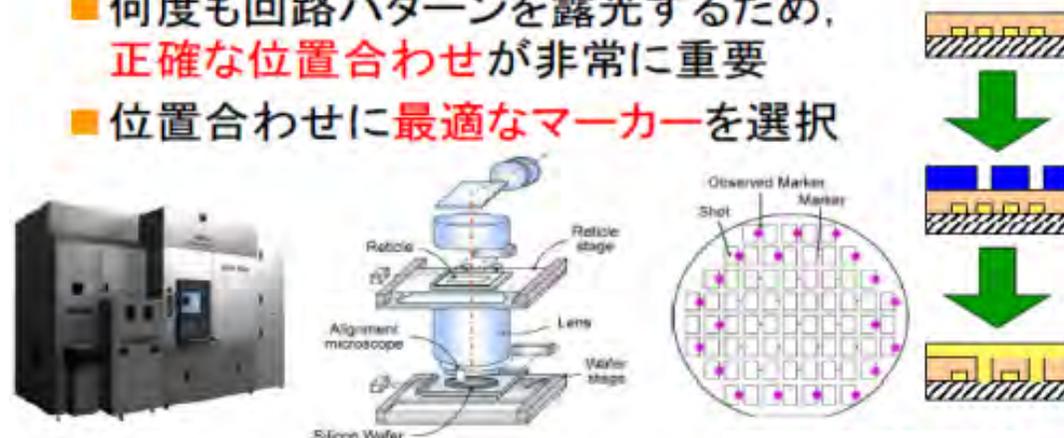
日本語単語分割

- 適応元データ: 会話辞典の例文
 - (例) こんな / 失敗 / は / ご / 愛敬 / だ / よ / .
- 適応先データ: 医療マニュアル
 - (例) 細胞膜には受容体があり、これによって細胞を識別することができます。
- 異なる分野への**適応**を実現

手法	従来法	提案法	適応先ラベル有
F値	92.30	94.46	94.43

半導体露光装置におけるウェハの位置合わせ

- 近年のシリコンウェハは**多層構造**を持つ
- 何度も回路パターンを露光するため、**正確な位置合わせ**が非常に重要
- 位置合わせに**最適なマーカー**を選択



人工知能研究の位置づけ

- 工学や科学の難問を抽象化し，
数学とコンピュータを駆使して問題解決！

工学応用

テキスト，音声，画像，映像，ロボット，広告，電子商取引

科学応用

医療，生命，物理，化学，材料，宇宙，地学，社会

人工知能

数学

ベクトル，行列，微分，積分，確率，統計，論理，最適化，幾何

コンピュータ

プログラミング，ハードウェア，ネットワーク

人工知能研究の現状

- **欧米**: 巨大民間企業等が数百億～数兆円規模の莫大な予算を投じて研究開発を開始
 - Google, Microsoft, Facebook, Amazon, Toyota, OpenAI,...
- **国内**: 政府が中心となって, 数十億～数百億円規模の予算を幅広い分野に配分

国際会議NIPS2015での アジア勢の動向

- 体感的には、NIPSでの**日本人の存在感は皆無**：
 - 韓国は日本よりやや存在感があり、
中国はかなり溶け込んでいるという印象
- しかし、現在までの日本の情報科学の幅広い分野での研究の蓄積、研究者の質の高さを鑑みれば、今後飛躍をするチャンスは多いにある！

研究の動向

学習法

⋮

密度微分

異常検知

強化学習

密度比

非定常適応

分類

回帰

スモール

線形

加法

カーネル

深層

...

モデル

データ量

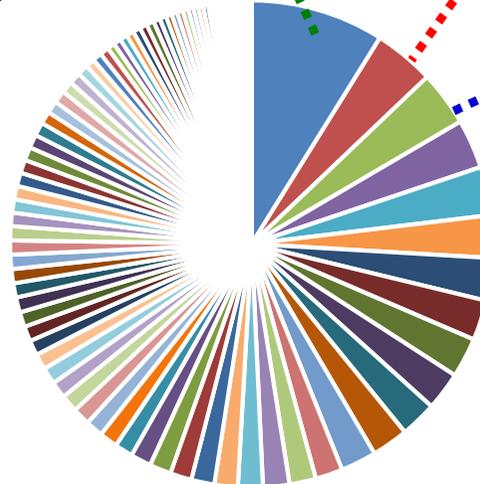
ビッグ

Deep Learning (9%)

Convex Optimization (4%)

Clustering (3%)

NIPS2015の
1838件の
投稿論文の
カテゴリ



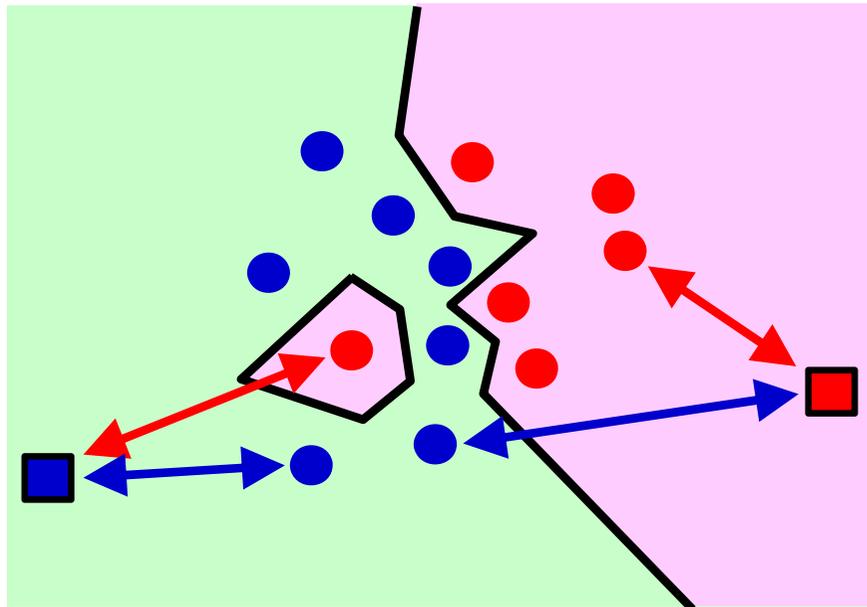
深層学習が多いが、
支配的ではない

現在の
トレンド

ビッグデータ + 深層学習 = 究極の人工知能？

- データがたくさんあれば, 古典的な**最近傍分類**でもそこそこうまくいく

データ	深層学習 (CNN)	最近傍分類
印刷数字60万文字	0.01%	0%
手書き数字80万文字	0.11%	0.97%



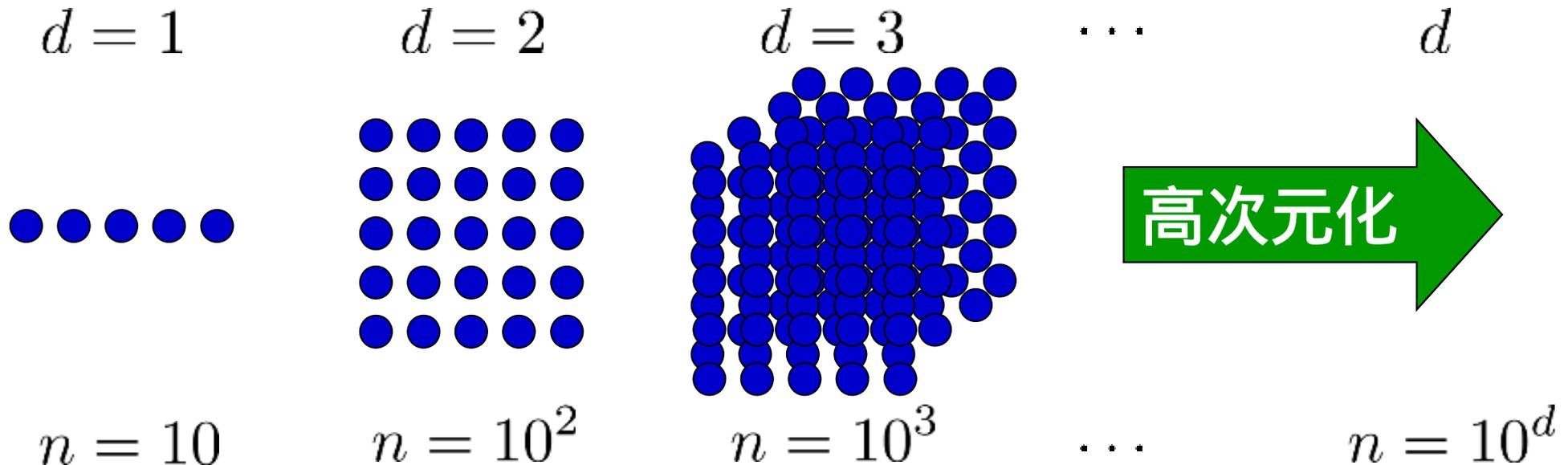
[PRMU2016/2内田ほか]

最近傍分類:
一番近くのデータと
同じクラスに分類

次元呪い

- センサーの数を増やすとデータの次元数が増加
 - 学習に必要なデータ数 n は, データの次元数 d に対して **指数関数的に増加**
- いくらビッグデータを集めても, **データはまばら**

データの次元数



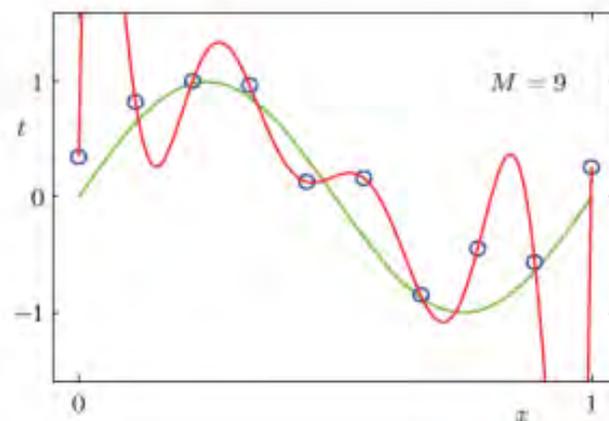
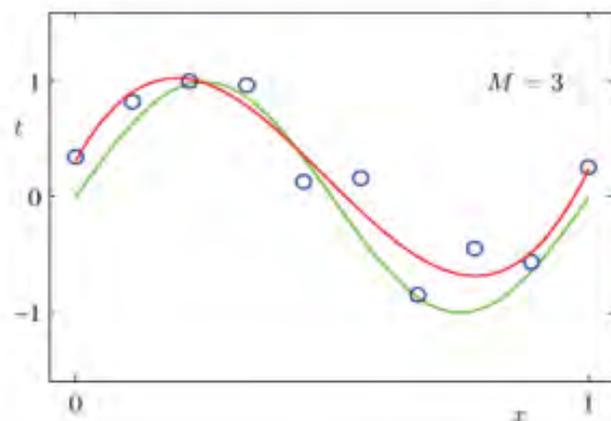
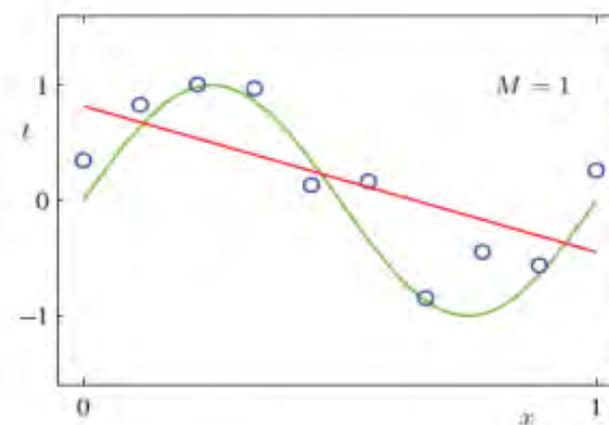
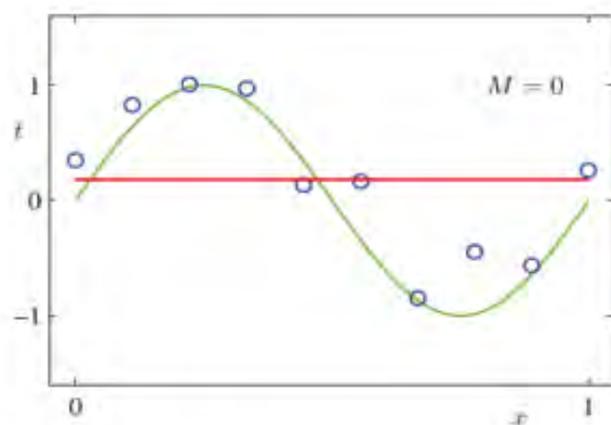
高次元化

学習に必要なデータ数

天文学的な数₁₂

究極の人工知能は汎化能力！

- **汎化能力**: 教わっていないことを, 過去の事例から類推する能力
- まばらなデータの間を補完・予測



汎化の原理



- 6面体のさいころを何回も振れば、その平均値は大体3.5
- 真の期待値(答え)がわからなくても、**たくさんのデータの平均**を取れば大体答えがわかる
- **中心極限定理**: 同じさいころを n 回振ると、その平均値は本当の期待値に $1/\sqrt{n}$ の速さで近づく
- ビッグデータを用いれば答えが簡単に予測できそう？

ビッグデータの現実

- 同じさいころを多数回振れない
 - 例：同じ病状の患者はそれほどたくさんいない
- そもそも**答えのないデータ**ばかり
 - 例：ドローンで橋梁の画像をたくさん撮っても、危険個所は人間が特定しないといけない
- **限られた情報からの学習が重要！**

