



ACT-I 先端研究フォーラム ～「情報と未来」研究者講演会～

- ACT-I 1期生加速フェーズ・3期生成果発表会 -
ポスター集

2020年5月15日(金)

2020年5月16日(土)

オンライン開催

本年は、オンライン開催に致しました。

ACT-I 先端研究フォーラム

～「情報と未来」研究者講演会～

- ACT-I 1期生加速フェーズ・3期生成果発表会 -

ポスター集 目次



第1部 発表研究者 1期生加速フェーズ

氏名	
1-1. 中島 一崇	p.2
1-2. 原 祐子	p.3
1-3. 千葉 直也	p.4
1-4. 今倉 暁	p.5
1-5. 曾我部 舞奈	p.6
1-6. 松井 勇佑	p.7

第2部 発表研究者 1期生加速フェーズ

氏名	
2-1. 久保 勇貴	p.8
2-2. 荒瀬 由紀	p.9
2-3. 飯塚 里志	p.10
2-4. 井上 中順	p.11
2-5. 黒木 菜保子	p.12
2-6. 小林 亮太	p.13

第3部 発表研究者 3期生

氏名	
3-1. 板倉 健太	p.14
3-2. 谷本 輝夫	p.15
3-3. 早志 英朗	p.16
3-4. 宮武 勇登	p.17
3-5. 桂井 麻里衣	p.18
3-6. 中山 悠	p.19
3-7. 船橋 賢	p.20
3-8. 佐々木 勇和	p.21
3-9. 宮西 大樹	p.22
3-10. 横田 達也	p.23

第4部 発表研究者 3期生

氏名	
4-1. 植吉 晃大	p.24
4-2. 照屋 唯紀	p.25
4-3. 古川 淳一郎	p.26
4-4. 包含	p.27
4-5. 江原 遥	p.28
4-6. 石田 繁巳	p.29
4-7. 名波 拓哉	p.30
4-8. 松木 萌	p.31
4-9. 石畠 正和	p.32

第5部 発表研究者 3期生

氏名	
5-1. 梶原 智之	p.33
5-2. 大城 泰平	p.34
5-3. 鈴木 雄太	p.35
5-4. ヴァルガス ダニロ	p.36
5-5. 大屋 優	p.37
5-6. 竹内 孝	p.38
5-7. 中村 優吾	p.39
5-8. 穉山 空道	p.40
5-9. 鳴海 紘也	p.41
5-10. 伊藤 伸志	p.42

型による成形のためのコネクタ形状を考慮したボリューム分割 ～ものづくりの手間 引き受けます～

ACT-I 加速フェーズ 中島一崇(東京大学)

解決したい問題

実社会の樹脂製品の製造をはじめ、ホビー用途における複製でも型による成形が行われる。しかし、型のデザインは様々な制約条件を考慮する必要があり、専門家でないとなし難い。この問題を解決するため、ACT-I研究[1]では対象形状をプラモデルの要領で薄い殻形状として複製を行ったが、本研究では中身の詰まった状態での複製を想定して研究を行った



問題解決を通じて 切り開く未来

型の専門家でない人でも、比較的容易に型のデザインができるようになり、結果として容易に複製をすることのできる将来を切り開く一助となったと考えている。

特に、セミプロに近い造形作家を始めとした方々が自身の作品を容易に複製・販売できるような環境を整えることに貢献することができたのだとしたら非常に嬉しいことだと思う。

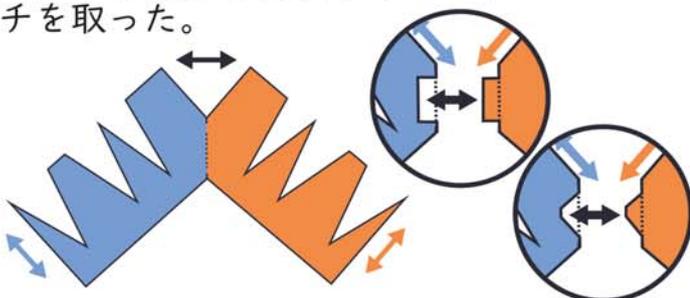
研究成果

中身の詰まった状態での分割・複製のため、(1)サーフェスの特徴を考慮しつつ小さな断片に分割 (2) それぞれの断片を最小単位としつつ2つのパーツに分割 (3) すべてのパーツが型での成形が可能となるまで再帰的に分割 というステップを繰り返している。また、ステップ(2)で2つのパーツに分割した際に、型での成形に影響を与えないコネクタ形状をデザインして配置している。

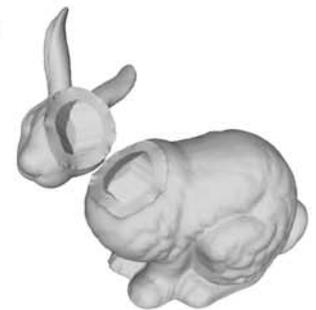


コネクタデザイン

実社会に存在するコネクタはプラモデルのスナップフィット[2]など、様々なものがある。しかし、スナップフィットを実現するためには非常に高い精度が求められるため、今回はフィギュアで多く用いられている、位置合わせのためのコネクタを採用した。また、分割後の2パーツそれぞれに凸と凹のコネクタ形状を配置する際には、それぞれのパーツの型による成形可能性を阻害してはいけない。そこで、シンプルな柱状のコネクタ形状をベースとして、型による成形の際に問題となる部分を取り除くというアプローチを取った。



このようにして生成した凹凸のコネクタ形状は以下のようなになる。隣り合うパーツを固定するという働きはできないものの、接着等のための位置合わせについては十分役割を果たす。



将来の展望

実社会・特に産業界に大きな影響を与えることが期待できるため、ソフトウェアとしての一般公開などを目指したい。

参考文献

- [1] Kazutaka Nakashima, Thomas Auzinger, Emmanuel Iarussi, Ran Zhang, Takeo Igarashi, and Bernd Bickel. 2018. CoreCavity: interactive shell decomposition for fabrication with two-piece rigid molds. ACM Trans. Graph. 37, 4, Article 135 (July 2018), 13 pages.
- [2] <https://bandai-hobby.net/site/whatsgunpla.html> (2020/4/27 閲覧)

大量ストリームデータのリアルタイム処理に向けた柔軟なアーキテクチャ探索と設計環境構築

東京工業大学 工学院 情報通信系 原 祐子



IoTのための小型省エネCPU

I. 背景 (解決したい問題) ・ねらい

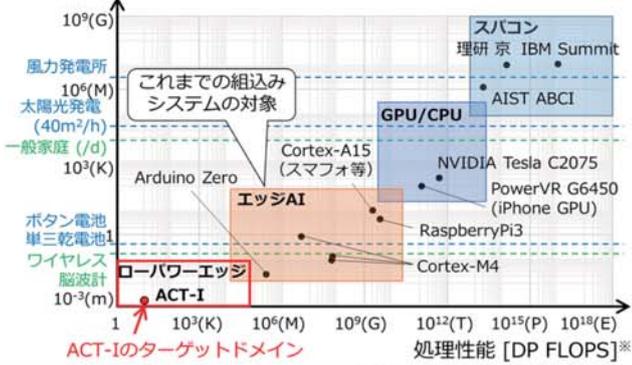
●背景●

- IoT端末やセンサ：発達・普及
- エッジコンピューティング
 - リアルタイムに処理可能
 - バッテリー駆動 → 省電力性重視
- アプリケーションの多様化
 - 計算量：高負荷〜軽量
 - 設計生産性 → 汎用アーキテクチャ (プロセッサ) が現実的

●ねらい●

- 対象アプリケーション群 (ドメイン) を絞った **ドメイン特化型** アーキテクチャ (DSA) → 多様なエッジアプリの中でも、**軽量アルゴリズム** に着目
- 小型 & 超低電力 → ヘルスケア等で、**常時監視・リアルタイムに異常検出** を可能に

電力 [W] 参考 (発電 or 消費電力)



※ 1秒あたりの倍精度浮動小数点演算処理回数

II. 未来への展開 ・インパクト

- IoTエッジ端末に搭載でき、収集したデータを直ちに処理できる **新たなアーキテクチャ** の仕組みと設計手法を開発
 - 少子高齢化社会 → 医療・介護・見守り
 - スマート工場・社会インフラ → 監視・異常検出 } **安全安心社会を実現**
- IoTエッジ端末とサーバとの通信を削減
 - 消費エネルギー削減 → 低炭素社会への貢献
 - セキュリティ強化・プライバシー確保
- 日本技術を世界のスタンダードに
 - 日本の強み (リアルデータ蓄積量・センサ技術) を活かし支える
 - 新たなサービス・ビジネスの創出

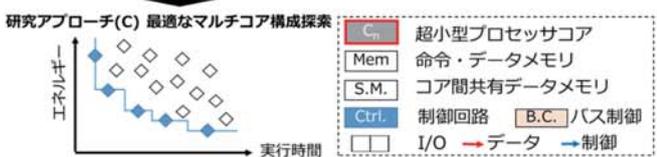
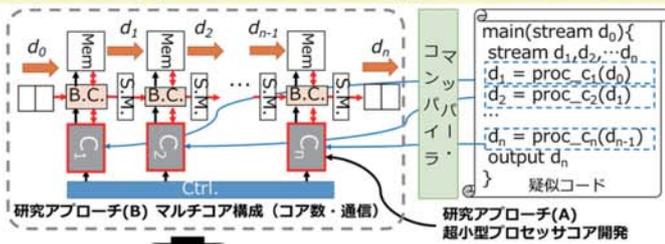
III. 研究成果

- 小型 (= 低製造コスト) ・高性能 ・省エネルギー ・再利用性 (= 低設計コスト)** をすべて満たすアーキテクチャ設計を実現
 - 商用小型プロセッサに勝る有用性を実証
 - 1コア : 0.34倍のサイズ & 0.72倍の処理時間 & 0.20倍の電力
 - ASICプロトタイプ作成 (1mm²タイ)
- マルチコア構成を柔軟にカスタマイズ可能
 - コア数を増やして更に処理時間を短縮することも可能
 - アプリに応じて、最適なコア間通信トポロジを決定
 - 2~4コア (= マルチコア) : 0.37~0.21倍の処理時間
- ドメイン特化型のトップダウン設計 (DSA)** の効果・意義を実証
 - 今後のIoT向けアーキテクチャにとって重要な設計アプローチ

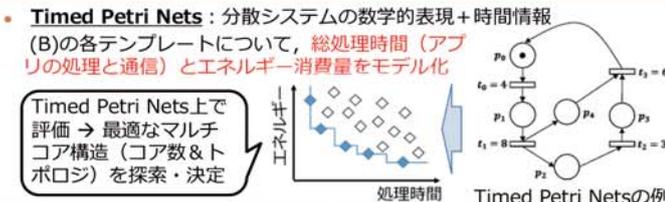
IV. 本研究課題のアプローチ

キーアイデア「とことん無駄を抑える」の3本柱

- (A) コア設計 (B) マルチコア&コア間通信 (C) 最適なマルチコア構成探索



(C) 最適なマルチコア構成探索



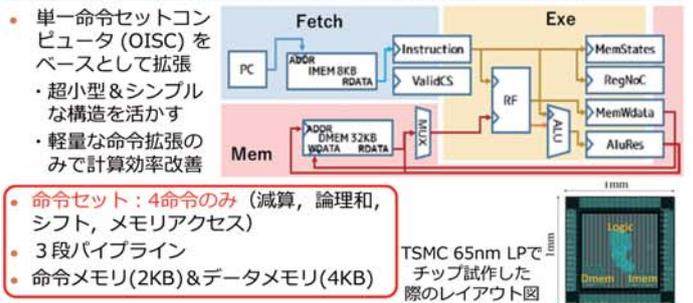
V. 評価結果 (ヘルスケアシステムを想定したケーススタディ)

- 既存商用省電力プロセッサと比較
 - デバイス：TSMC 65nm LP
 - 電源電圧1.0V, 周波数50MHz
 - 面積：2入力NANDゲート換算
- 面積
 - コア：5,619ゲート
 - 総面積：54,550ゲート (メモリ計6KBを含む)
- 電力
 - 動的電力：69.6uW/MHz (Cortex-M0の×0.24)
 - リーク電力：166nW (Cortex-M0の×0.38)

主な違い	命令数	乗算器	レジスタ
RISC-V zero-risky	80	○	32
ARM Cortex-M0	60	○	32
RISC-V micro-risky	47	×	16
本研究 (1コア)	4	×	16



(A) 超小型・省電力プロセッサコア：SubRISC+ (※特許出願済み)



(B) マルチコア構成 (コア数・通信) テンプレート

- 超小型プロセッサコア (OISC/SubRISC+) を用いたマルチコア
 - パイプライン式に処理 → **高スループット**
 - データ量やアプリに応じた柔軟なコア数・配置 → **エネルギーロス削減**

再利用性とカスタマイズ性の両立



- Dynamic Time Warping
 - 二つのデータシーケンスの類似度を計算 (異常パターンとバイオセンサから得られたデータの比較)
 - 時系列データ (バイオセンサ) への応用 → **リアルタイムな異常検出**

	センサ	データ長	検出速度 (ms) (実処理 < 要求)
動作推定	加速度	100	7.37 (<990)
てんかん発作	脳波	128	12.10 (<1,270)
心室期外収縮	心電図	128	12.10 (<50)
不整脈	心電図	256	48.65 (<6,375)

常時モニタリングを要するヘルスケアで優位性実証

●今後の展開

- 試作した実チップで有用性を検証 → 実応用へ展開
- 省電力IoTデバイスにおける更なるアプリケーションドメイン開拓 → 【AIP加速研究】物理セキュリティ (サイドチャネル攻撃耐性) 強化

なんでもみえる三次元ロボットビジョン

研究課題: プロジェクタ・カメラ間の輝度伝達行列の推定に基づく三次元計測法

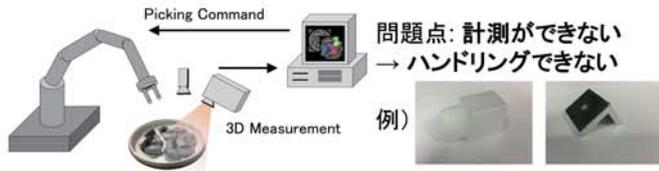
早稲田大学 理工学術院総合研究所 尾形研究室 次席研究員 / オムロンサイニクエクス Project Researcher 千葉 直也



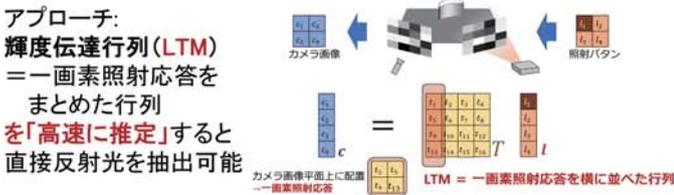
研究報告概要

目標: ロボットによるばら積みピッキング

3Dセンサの低価格化・PCの高性能化
→ 工業における三次元ベースの物体ハンドリング需要



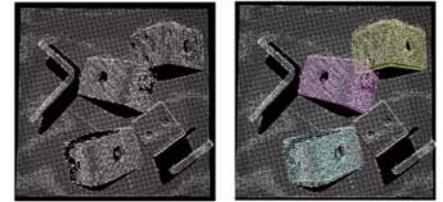
成果1: LTM推定とLTMによる三次元形状計測



成果2: 低密度点群でのインスタンス認識と位置・姿勢推定

LTM推定は計測する点群の密度に応じて計算時間が大きく変化
→ 点群深層学習の手法で、低密度な点群でインスタンス認識、位置・姿勢推定を行うことでピッキング全体を高速化

点群深層学習:
PointNet (CVPR2017), DeepSets (NIPS2017) 以降、急速に発展している、点群をニューラルネットワークで直接扱う手法
インスタンス認識:
点群から各物体を認識、教師なしクラスタリング手法を応用
位置・姿勢推定:
インスタンス認識した物体の回転・並進を推定する手法



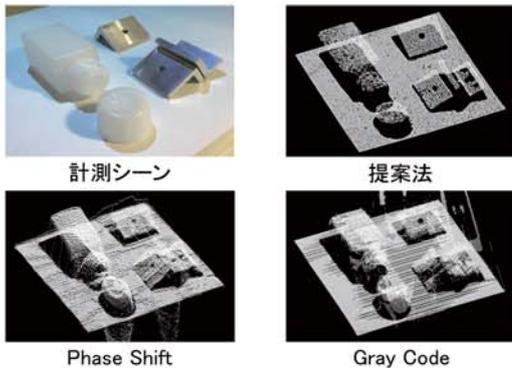
金属物体のインスタンス認識と位置・姿勢推定例

手法: **スパース推定の高速化・高解像度化とロバスト化**

スパース推定:
LTMにはゼロ要素が多い → すべての要素を計測せずに推定
高速化・高解像度化:
LTMの持つ性質をうまく使い、LTMの推定を高速化
ロバスト化:
白飛び・黒つぶれ環境下でもスパース推定できるような手法を提案

計測結果の例

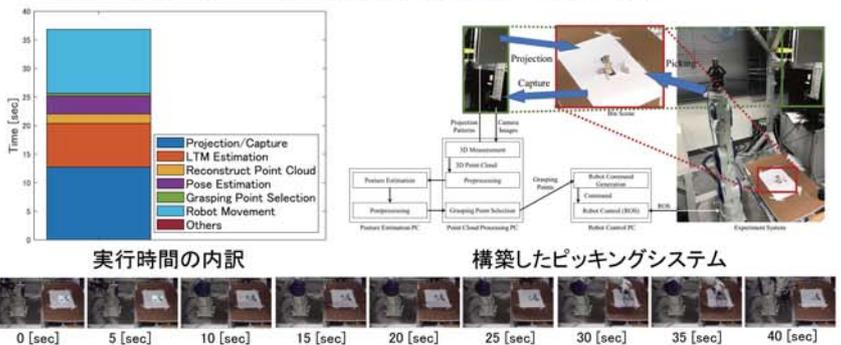
プロジェクタ・カメラ解像度: 256x256



ピッキング実験

プロジェクタ・カメラ解像度: 128x128(最大点数16,384点)

→ 背景除去などの前処理をして点群深層学習で認識 → ロボットで把持



研究成果の詳細

LTM推定の高速化・高解像度化

	計算時間	照射・撮影枚数	解像度
LTM推定(ナイーブな手法)	11分	32	16x16
行分解推定	38分	64	32x32
多段解像度推定	18~22秒	65	128x128
SMW公式適用	5.2~6.1秒	65	128x128
複数行同時推定	4.8~5.2秒	65	128x128
	22~23秒	97	256x256

行分解推定:
部分問題に分解して推定しても解が一致することを示した

多段解像度推定:
LTMの持つ構造を利用, Coarse-to-FineにLTMを推定

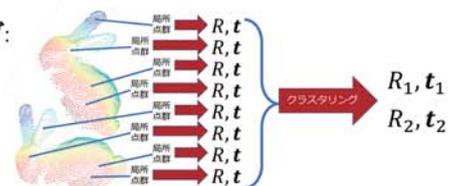
SMW公式適用:
白飛び対応/白飛び・黒つぶれ対応のスパース推定手法にもSMW公式を適用し高速化

複数行同時推定:
行分解推定と多段解像度推定を組み合わせた際のトレードオフを指摘し高速化

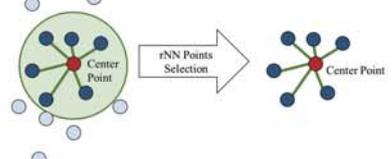
インスタンス認識, 位置・姿勢推定

手法: **局所点群ごとに推定 & クラスタリング + rNN + Attention**

局所点群ごとに推定 & 重心座標でクラスタリング:
任意個数の物体に対応するためのアプローチ
重心座標が比較的安定して推定できることを利用する



rNNによる局所点群抽出:
計測される点群の実スケール性を重視し, kNNではなくrNNを採用



Attentionの導入:
二点ペアに対してAttentionに似た重み付けを採用し, 相対関係が似ているペアが近い重みになるように学習させる

非線形非負行列分解を用いたディープニューラルネットワーク計算手法の開発

今倉 暁 (筑波大学 システム情報系・人工知能科学センター)

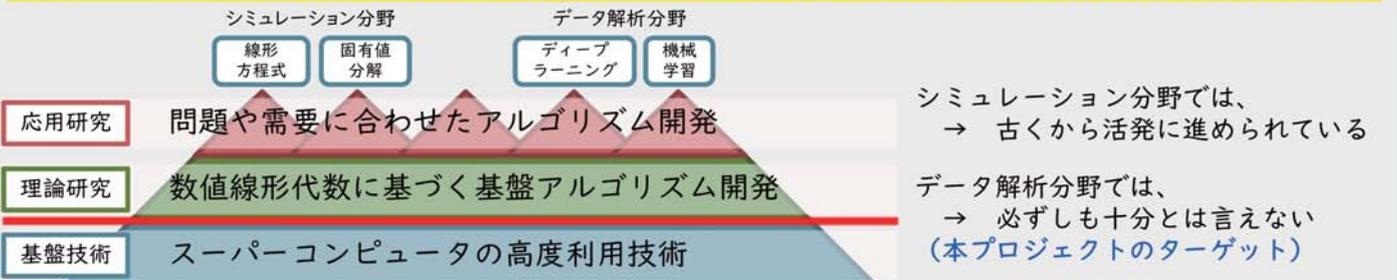
Web: <http://www.cs.tsukuba.ac.jp/~imakura/> E-mail: imakura@cs.tsukuba.ac.jp



新しい機械学習のアルゴリズム

研究背景・解決すべき問題

(スーパー) コンピュータの高度利用に基づく、高性能行列計算技術を前提としたアルゴリズム開発



解決方法・波及効果

成果・今後の展開

- 開発項目1: 高性能行列計算技術を前提としたディープニューラルネットワーク (DNN) 計算法の開発
- 開発項目2: 高性能行列計算技術を前提とした機械学習法の開発
- 開発項目3: 高性能基盤行列計算法の開発
- 非線形非負値行列因子分解 (非線形NMF) 型DNN計算法の開発に成功! → 実応用に向けた研究を実施中
- 複素モーメント型次元削減法の開発に成功! → 実応用に向けた研究を実施中
- 各種行列計算アルゴリズムの開発に成功!

「スーパーコンピュータ x 機械学習」によるサイバーフィジカル社会の実現へ!

広範なニーズに対応するアルゴリズム開発を目指す!

現在、医療・金融分野等での応用を想定した、「分散データ統合解析技術」の開発を進めている

開発項目1

非線形NMF型DNN計算法

[ICONIP 2016, Neural Processing Letters 2018, IJMLC 2018]

- ✓ DNNモデル: 活性化関数: ReLU
- ✓ 目的関数: 二乗誤差 + 正則化

$$\min_{W,b} E + \lambda \sum_{i=1}^d \|W_i\|$$

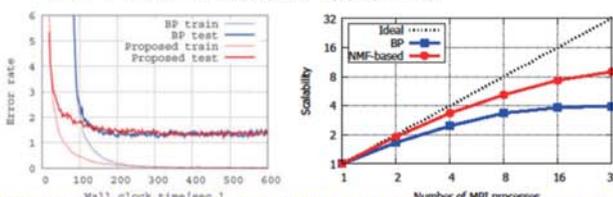
$$E = \|Y - W_d f(W_{d-1} \dots f(W_1 X + b_1 \mathbf{1}^T) \dots + b_{d-1} \mathbf{1}^T) + b_d \mathbf{1}^T\|$$

- ✓ 基盤アイデア
 - ・最適化ステップ: 非線形NMFに基づく逐次最適化

$$\min_{W_i, b_i, (Z_{i-1} \geq 0)} \|Z_i - f(W_i Z_{i-1} + b_i \mathbf{1}^T)\|_F + \alpha \|W_i\| + \beta \|Z_{i-1}\|, \\ i = d-1, d-2, \dots, 2$$

- ・更新ステップ: 計算したWからZを更新
- ・反復計算: 得られたW,Zを初期値として最適化・更新ステップを繰り返す

- ✓ 性能評価
 - ・テスト問題: 画像認識 (MNIST)



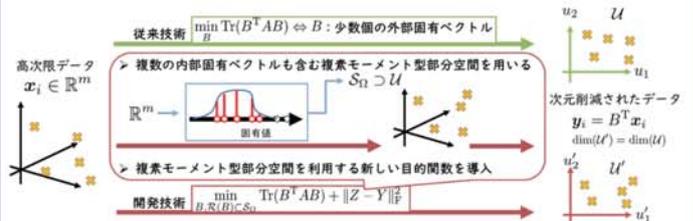
古典的なBP法と同程度の認識性能と高い並列性を実現!

開発項目2

複素モーメント型次元削減法 (CMSE)

[AAAI 2019]

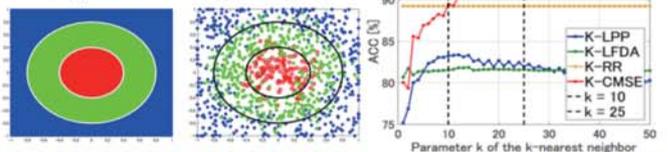
- ✓ 基盤アイデア: 近年注目される並列固有値解法の基盤技術である複素モーメント技術を応用



- ✓ 性能評価

テストデータと正解ラベル

学習データ (ノイズ入り)



複素モーメント技術の機械学習法への有用性が示された!

開発項目3

各種行列計算アルゴリズム

- ✓ 線形方程式解法 [JJIAM 2019, JCAM 2020a, ...]
- ✓ 固有値解法 [Parallel Comput. 2018, JCAM 2020b, ...]
- ✓ 行列分解法 [Comput. Math. Appl. 2019]
- ✓ 行列直交化 [JJIAM 2018]

生体ライブイメージングにおける最適なデータ取得のための技術革新

細胞達のホームムービー撮影係

京都大学ウイルス・再生医科学研究所 研究員

曾我部舞奈



目指したい未来は…

観たい対象を撮像する→見えたはず生命現象を見落とさないテクノロジー

見時計
逃空測
さない
間の
おの
い広
け
が
る
り
を



病魔/生命現象を「見逃さない」のではなく「見落とさない計測」を。

言語や人間の主観の限界が言葉を持たぬ生物の医療の制限を生む

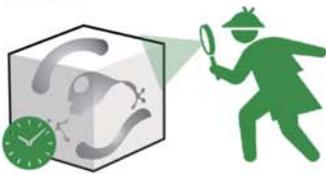


唯一のツールが医療用の計測機器から得られる情報
(顕微鏡/ MRI / CT / 血液検査 etc.)

意外な発見はいつも認識や視野の外にある。

人間が選んだ視野の中はいつも人間が興味がある領域でもその外側にも生命現象は無限に広がっている
そこにある命の営みを動画撮影できるように

そして得られた情報が命を救う糸口となるようなテクノロジーの開発し



病魔と闘うための未来を切り拓く

計測ツールとしての「顕微鏡」とそれが明らかにする生命撮像を革新する

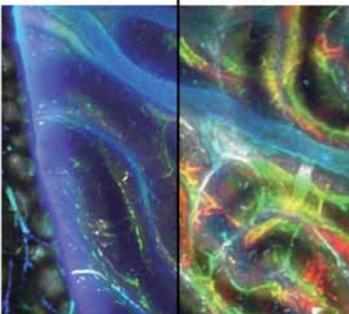


シグナルを復元して、より深く、より鮮明に

撮像したデータの中には計測機器ノイズと呼ばれるものや、検出機器に届くまでに失われてしまうシグナルがある。それらを復元することで、立体情報を鮮明に可視化できるようになった。

通常撮影

画像復元後



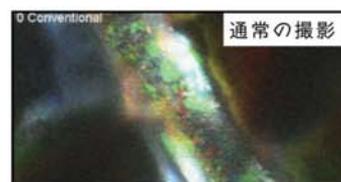
[表示手法] Depth coding : 同じ深さの画像を同じ色で、違う深さは違う色で表示する手法。3Dの立体を上げながら強いイメージ

モヤっとしたシグナルが消え、奥の方にシグナルを保存できる
-> 普段は検出が難しい弱いシグナルも綺麗に見える

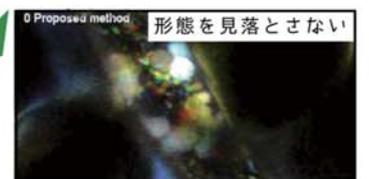


動いているものを捉える限界に挑む
(血流動態を捉えて細胞レベルで可視化する)

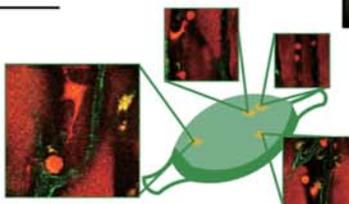
炎症が起きた時の血管内の白血球の様子。
従来法では動きが速すぎて捉えられなかった、細胞の一つ一つの動きが明瞭に捉えられるようになった。



動画データ



筋肉中に存在する幹細胞の多点イメージング



多点イメージングで、見落とさない計測を

顕微鏡で捉えられる範囲は狭い。しかし、複数視野を同時に撮像できるようにすることで、一つの臓器、組織内の様々な場所で同一時間で起こっている現象を捉えられるようになる

データを圧縮、高速計算

東京大学 講師 松井勇佑

課題名 圧縮線形代数：
データ圧縮による省メモリ
高速大規模行列演算



問題

大量データ → 処理 → 応用

線形代数

データ量が多すぎるので、**大量メモリ消費。遅い。**

- 現状、大規模処理は力技（大量サーバ）
- Google等の大企業しか取り組めない

どのように未来を切り拓くか

大量データ → コード → 処理 → 応用

圧縮線形代数

(1) 圧縮して (2) 線形代数演算

- データ圧縮した世界での高速演算体系
- 全てのエンジニア/研究者に**便利な道具**を提供

成果 (ACT-I + ACT-I加速)

【道具1：実用】圧縮世界での高速処理

- クラスタリング [ACMMM 17]
- ✓ 2017当時世界最速級・コード公開
- 部分探索 [ACMMM 18]

【道具2：理論】添字計算

- 添え字（青い数字）に関係を持たせる
- 新しい理論的枠組み

【アウトリーチ】

- CV分野国内最大学会 (MIRU) および世界最大学会でチュートリアル (CVPR, 6月予定)
- その他招待講演 (東北大、産総研、DeNA、CyberAgent)

CVPR SEATTLE WASHINGTON JUNE 16-18 2020

技術的詳細の要約

$x = \begin{bmatrix} 2.42 \\ 4.09 \\ 1.31 \\ 2.51 \end{bmatrix}$ $k^* = \underset{k}{\operatorname{argmin}} \|x - c_k\|_2^2$ 32 $k^* = 32$

- ベクトル量子化でデータを圧縮
- 「圧縮データ」に対し、**圧縮したまま演算**を行いたい
 - ✓ **【道具1：実用】** 圧縮したまま高速探索。高速クラスタリング
 - ✓ **【道具2：理論】** 添字に関係を持たせる（これまでにない**操作**）

【道具1：実用】クラスタリング

k-means vs 提案

- 圧縮したデータの世界でk-means
 - ✓ データを格子上の点におき、格子上の世界でクラスタリング
- k-meansに比べ、10x から 100x 高速。10x から 100x メモリ効率良
- コード公開。プレスリリース。
- 手法：
 - 圧縮コードに対する探索 [Matsui+, ICCV15]
 - 圧縮コードに対する平均計算 [Matsui+, ACMMM 17]

【道具2：理論】添字に意味をもたせる

この二つは全く同じ量子化
添字だけが違う
なのでハミング距離は違う

「添字割り振り」の自由度がある
この自由度を使って、**新たな関係性**を埋め込む
すると、これまでにない**数学体系**が作れる（かも）
例：
これまでと全く同じベクトル量子化器だが、**添字をじっと眺めるとなぜか別の距離尺度が計算できる**
より応用的な例：
商品の類似画像検索で、圧縮された特徴ベクトルを**じっと眺めるとなぜかカテゴリ検索**が出来る

ユークリッド距離そのものを埋め込む例：
ベスト割り振りを求める（置換の最適化）
さらにベストな重みを求める

ユークリッド以外（別の距離尺度）を埋め込めるかもしれない

$d(c_{011}, c_{110}) = \|c_{011} - c_{110}\|_2$
 $d_H(011, 110) = 1^T \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix} \oplus \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix}$
 $d_{WH}(011, 110) = w^T \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix} \oplus \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix}$

細かな手の形を認識してUIに

パーソナルインタラクションスペースの実現に向けた操作体系の構築

久保 勇貴 (日本電信電話株式会社)



研究概要

想定する未来

情報表示端末がよりパーソナルな利用形態に
情報表示領域が平面から空間となる未来



パーソナルインタラクションスペース (PIS) :

あらゆる場面における情報表示端末はユーザが持つ単一の端末に統合され、日常において用いる端末は1つだけに



研究課題

PISを柔軟に扱うための情報操作手法

- 情報表示端末に必要な入力側に着目

研究項目

- 表示情報を扱うための直接的操作手法
 - ジェスチャ認識技術
- ユーザの意図を理解する間接的操作手法
 - センシング技術

主な研究成果

AudioTouch

アクティブ音響センシングを用いた詳細な手形状認識
特長

- 手指の細かな状態の違いを識別
- 手指の動きを妨げないセンサ形態

把持姿勢推定に基づく把持オブジェクト

認識手法

特長

- 握り方から間接的に把持オブジェクトを推定
- 対象オブジェクトへのセンサ貼付が不要



FabAuth

内部構造の差異を利用した3D印刷オブジェクト
識別手法

特長

- タグを埋め込む手間を削減
- 印刷設定を行うだけでタグとして用いる内部構造を埋込可能

詳細な研究内容

AudioTouch

アクティブ音響センシングを用いた詳細な手形状認識

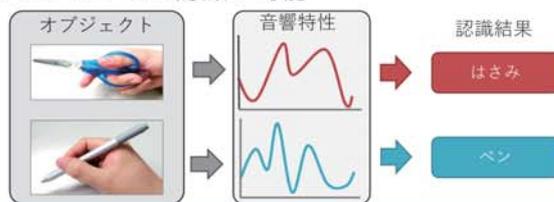
- 手の甲にセンサ（ピエゾ素子）を貼付け手の甲表面および内部の音響特性を計測
- 手指の状態に応じて異なる音響特性の差異を機械学習を用いて識別
- 2つのピエゾ素子だけを貼り付け最小限のセンサ貼付面積に
- 24ジェスチャを86.6%、10 Thumb-to-finger gestureを92.1%、4ジェスチャの2段階のタッチ圧力（計8ジェスチャ）を85%の精度にて識別可能



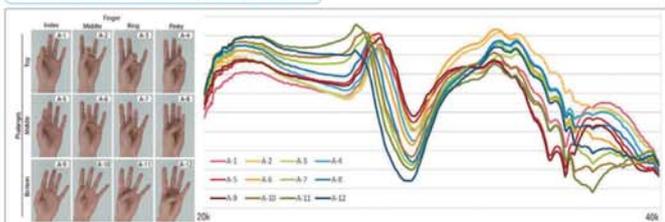
動画URL: https://youtu.be/Vx095_BETE0
論文リンク: [論文リンク](#)

把持姿勢推定に基づく把持オブジェクト認識手法

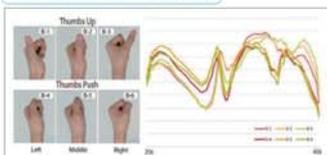
- 細かな手形状認識手法（AudioTouch）を用いて、オブジェクトの持ち方から把持オブジェクトを識別
- オブジェクトにセンサを取り付けずに把持したオブジェクトの認識が可能



Thumb-to-finger Gesture Set



Thumb Gesture Set



Palm-touch Gesture Set



FabAuth

内部構造の差異を利用した3D印刷オブジェクト
識別手法

- 3D印刷オブジェクトの内部構造の差異によって生じる音響特性の差異を利用したオブジェクト識別
- 印刷条件設定さえ行えば、タグとして利用する内部構造を埋め込むため、タグ埋め込みの手間を削減



論文リンク1 [WISS2019]
論文リンク2 [CHI2019, L&W]
論文リンク3 [CHI2020, L&W]



ねえAI この言葉の意味、わかる？

パラフレーズ現象の解明のための言語資源構築と
パラフレーズアラインメント技術の確立
荒瀬 由紀 arase@ist.osaka-u.ac.jp

パラフレーズ現象を解明し、AIによる意味理解を目指す 理解に基づく対話システム・質問応答・検索技術の実現に貢献

パラフレーズって何？

同じ意味内容だけど表面上は異なる言語表現だよ！
こういうのだね 🙋

The research group developed the antivirus vaccine.
The scientific team created a vaccine against the virus.

なぜ重要な？

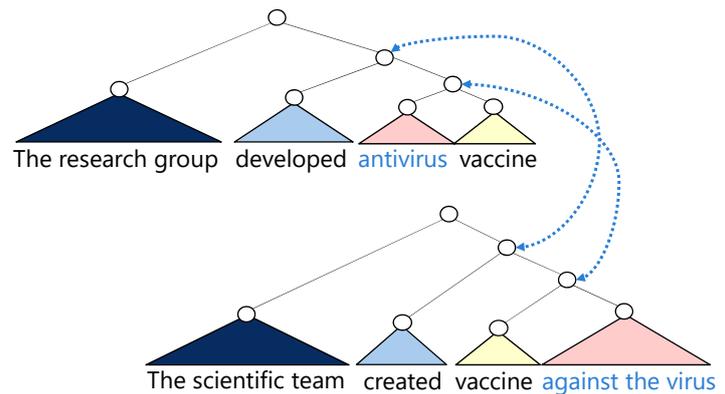
言語の意味構成メカニズムを解明する手がかりなんだよ！

それはすごい！
応用ではどう役立つの？

すばり言語を数値表現化する
深層学習でも有効なんだ！

世界最大！

パラフレーズ対応付けコーパスを構築



世界最高性能！

フレーズベクトル化技術の開発

Transfer fine-tuning [1]

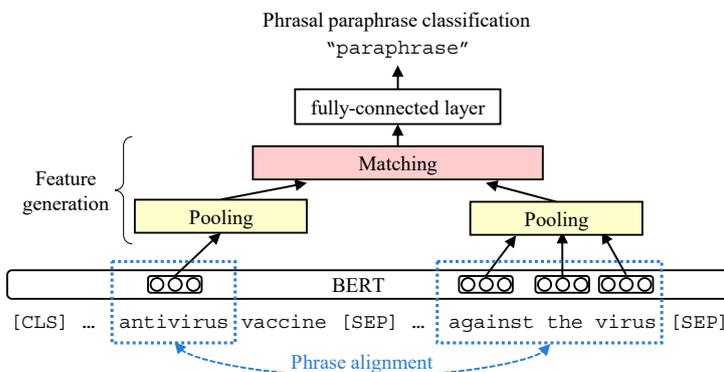
パラフレーズの学習でBERT
をパワーアップ！

Transfer fine-tuning on BERT

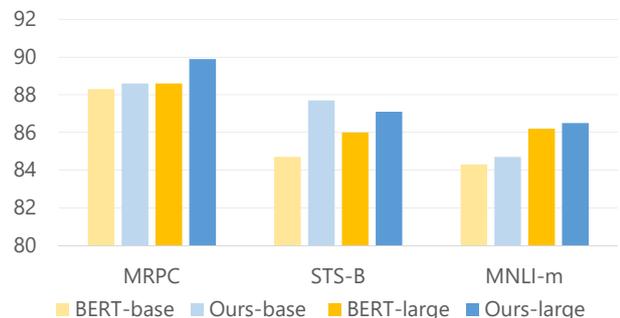
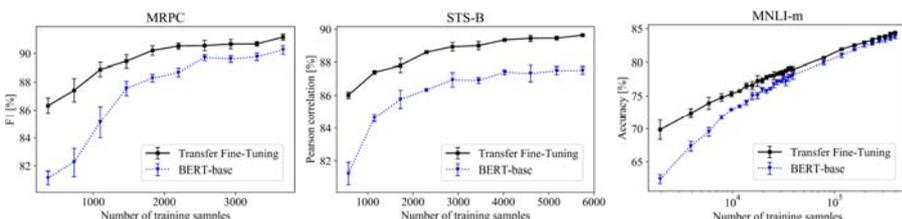
- Pre-trained BERT でパラフレーズ認識を学習 [1]
- パラフレーズ認識だけでなく、種々の文対モデリングタスクで高い性能を実現
- モデルサイズは維持したまま、小さな Fine-tuning データセットで大きな性能改善

Extended Syntactic Phrase Alignment Dataset (ESPADA)

- 言語学者による HPSG 構文木アノテーションと 3名によるフレーズ対応アノテーション
- パラフレーズの系統的分析が可能に！
- 近日公開予定



文対数	1,916
語彙サイズ	9,540
フレーズ総数	152,480
フレーズ対応の総数	251,972
2名以上が合意したフレーズ対応の総数	80,572
Non-compositional なパラフレーズの割合	7.93 %



深層学習による高品質デジタルリマスター技術の創出 - 映像の半自動デジタルリマスター -



飯塚里志

筑波大学 人工知能科学センター 助教



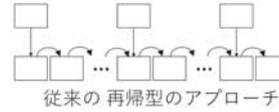
研究目的：

- 古い映像の品質向上のための包括的なデジタルリマスター技術の創出
 - 様々なノイズの修復、画質補正、高解像度化、カラー化
 - 手動で行うと膨大なコストがかかる

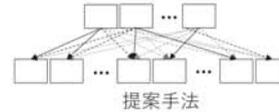
関連研究：

- ガウシアンノイズ除去、超解像、JPEGノイズ除去[2]
- 本研究で対象とするのは実際の複合的な劣化修復および画質補正
- 再帰型ネットワークによる動画の着色[1]
- シーンの正確な分割が必要、一度失敗するとその後のフレームが急速に悪化

提案手法のアプローチ：



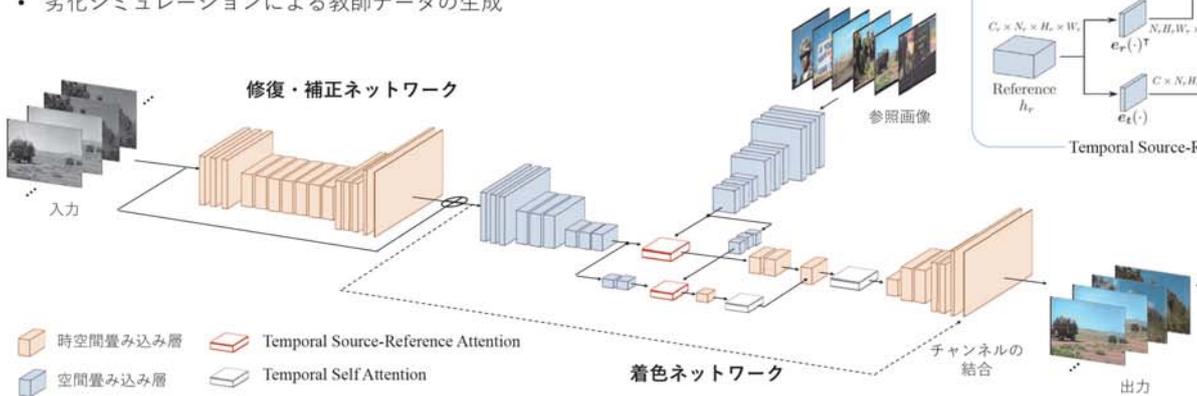
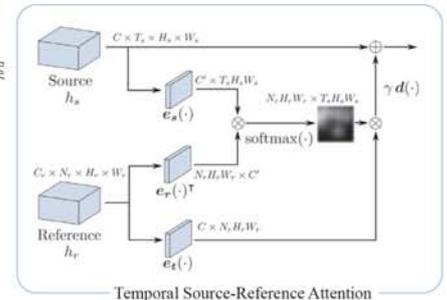
ある参照画像の情報を
入力フレームに反映し、
それを順次後ろに伝播



すべての参照画像から
必要な情報を抽出し、
入力フレームに反映

提案手法：

- 深層学習を用い、動画修復・補正と着色を単一のフレームワークで行える初めての手法を考案
- 時空間畳み込み演算をベースとした高精度の動画修復・補正
- Temporal source-reference attentionによる任意の枚数の参照画像を用いた効果的な着色
- 劣化シミュレーションによる教師データの生成



教師データの生成とモデルの学習：

- YouTube8Mデータセットから学習に適した動画1243本を手動選別
- Example/アルゴリズムベースを組み合わせた劣化シミュレーション
 - Exampleベース：スクラッチ、粒状ノイズ、ダストノイズ、...
 - アルゴリズムベース：ガウシアンノイズ、低解像度化、コントラスト低下



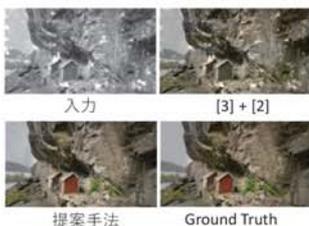
- 以下の最適化問題を解く：

$$\arg \min_{\theta, \phi} \mathbb{E}_{(x, y_l, y_{ab, z}) \in D} \|P(x; \theta) - y_l\| + \beta \|S(P(x; \theta), z; \phi) - y_{ab}\|$$

ネットワークのパラメータ 正解の輝度 正解の色度

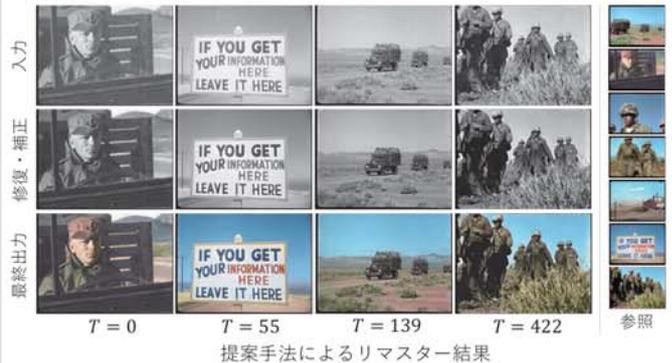
定量評価：

- YouTube8Mの300本の動画を劣化処理し、その復元精度を評価
 - リマスターを行える手法がないため、修復と着色の最新手法を組み合わせたものと比較
 - 汎化性能を正しく評価するため、学習とテストは別のノイズを使用



Approach	Frames	# Ref.	PSNR
[3]+[2]	90	1	26.41
提案手法 (同時学習なし)	300	5	26.11
	90	1	29.07
	300	5	29.23
提案手法	90	1	30.83
	300	5	31.14

結果：



実応用例：

- CBCテレビ提供から提供された1959年の伊勢湾台風の記録映像
- 100枚の参照画像から10000フレームをリマスター
- CBCテレビ「チャント!」、TBSテレビ「NEWS23」などで放送
- 第61回科学技術映像祭において文部科学大臣賞を受賞



*CBCテレビ提供
 [1] Jiahui Yu et al. Wide Activation for Efficient and Accurate Image Super-Resolution. CoRR abs/1808.08718, arXiv:1808.08718, 2018.
 [2] Carl Vondrick et al. Tracking emerges by colorizing videos. In ECCV, 2018.
 [3] Kai Zhang et al. Beyond a gaussian denoiser: Residual learning of deep cnn for image denoising. IEEE TIP 26, 7, 3142-3155, 2017.
 [4] Richard Zhang et al. Real-Time User-Guided Image Colorization with Learned Deep Priors. ACM TOG (SIGGRAPH) 9, 4, 2017.

画像認識のための Few-Shot 学習

東京工業大学 情報理工学院 助教 井上 中順

実現したいこと

限られたデータからの
高精度な学習

産業界への影響

大量データの取得・共有が
困難な分野での活用
例：企業内データ，医療

主な成果と実績

- ・少量データからの学習を実現
- ・評価セット作成と国際 WS 主催

主要成果：Few-Shot Adaptation for Multimedia Semantic Indexing (ACM Multimedia 18)

概要：映像からの物体・動作・シーン検出において少量のデータから高精度なモデルを学習する

Many-Shot 学習

Training Samples → Detector

大量の教師付きデータからモデルを作成

e.g., Convolutional networks: ResNet (He 16), EfficientNet (Tan 19)

Zero-Shot 学習

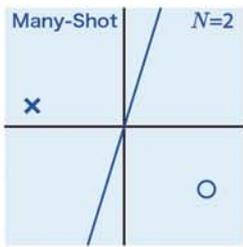
Pre-Trained Detectors → Detector

既存モデルの凸結合からモデルを作成

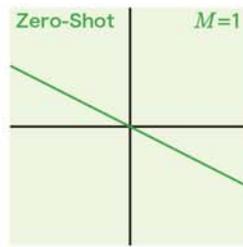
e.g., Objects2action (Jain 15), Semantic Autoencoder (Kodirov 17)

提案手法：Few-Shot Adaptation

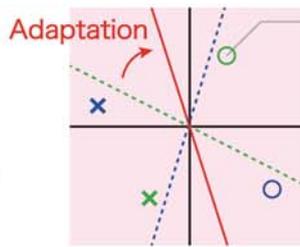
原理：Many-Shot 学習と Zero-Shot 学習の枠組みを統一的に定式化し、同時最適化をおこなう



Training Samples



Pre-Trained Detectors



Detector

Pseudo Training Samples

From a zero-shot detector for concept i ,

$$g_{ij}(x) = \sum_{j=1}^M s_{ij} w_j^T x$$

similarity between concepts i and j
extract pseudo positive/negative samples,

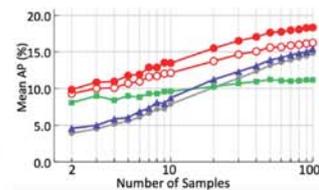
$$\tilde{x}_{2j} = +\frac{1}{2} s_{ij} w_j, \quad \tilde{x}_{2j-1} = -\frac{1}{2} s_{ij} w_j$$

and apply a many-shot learning optimizer.

評価実験：少数サンプルでの学習時に精度が向上

Settings on the TRECVID Semantic Indexing Dataset

- Training samples: 1~100 video shots per concept
- Pre-trained detectors: ImageNet-1K + Skipgram (word2vec)
- Evaluation measure: Mean Average Precision
- Test data: 107,806 video shots, 30 concepts+background



Multi-Discipline Approach for Learning Concepts

— Zero-Shot, One-Shot, Few-Shot and Beyond —

概要：国際ワークショップの主催と Few-Shot 学習の評価用データセット作成



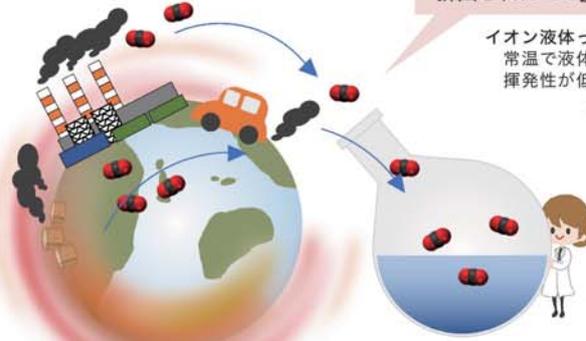
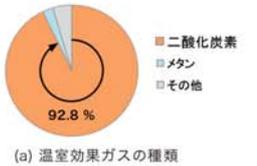
ICCV19 においてワークショップを主催
14 Full Papers, 12 Extended Abstracts を採録

Few-Shot Verb Dataset
動作の決定的瞬間を捉えた画像 URL 集



現在の生活水準を維持したまま、地球温暖化を食い止めたい！

排出された CO₂ を効率よく吸収可能な新奇イオン液体を探索！



イオン液体ってなに？

常温で液体の塩（陽イオンと陰イオンの任意の組み合わせ）です。揮発性が低く、燃えないので、環境に優しい安全な液体です。

CO₂ はイオン液体のどこに吸収されるの？

イオン液体中には、隙間がたくさんあります。圧力をかけると、隙間の中に CO₂ が取り込まれます。

回収された CO₂ はどうなるの？

不純物から分離された CO₂ は、カフェインや香り成分などの有機分子を抽出する溶媒として活用できます。

物理化学者として、イオン液体のマテリアルズインフォマティクスに挑戦！

決まった構造を持たない機能性液体を対象にマテリアルズインフォマティクスを実施し、単一溶媒から混合溶媒まで、自在な機能デザインの可能性を拓きます。

2年間の研究成果

- イオン液体の構成要素である単分子イオンの幾何構造・電子状態データベースを作成
- 排気ガスからの CO₂ 分離回収性に優れたイオン液体の機械学習による探索 → 検証実験が成功
- 混合イオン液体の機能デザインに向けた単分子イオンデータベースの応用
- 高温高圧下における流体の輸送特性予測が可能な第一原理分子シミュレーション法 EFP2-MD の提案



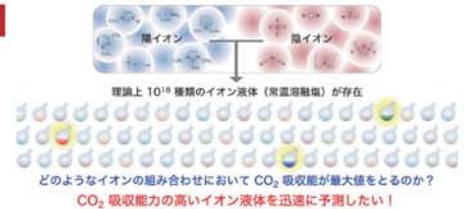
今後の展望

実用化に向け、コストや触点の最適化に挑みます。また、イオンデータベースを他の機能開発に活用することを目指します。

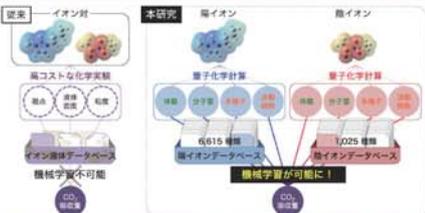
背景と研究目標

イオン液体を CO₂ 吸収剤として利用するには、数多存在する陽イオンと陰イオンの組み合わせから、優れた吸収剤になり得るものを迅速に探索することが必須です。これまでの ACT-i 研究により、ホスホニウム陽イオンを含むイオン液体は、より多くの CO₂ を吸収する傾向にあることが分かりました。しかしながら、CO₂ 吸収量のみで、CO₂ 吸収剤としての適否を問うべきではありません。すなわち、排気ガスに含まれる他のガスとの分離回収性や CO₂ 吸収速度も考慮する必要があります。

上記背景を鑑み、加速フェーズ期間では、イオン液体の探索空間の拡張および CO₂ 分離回収性・拡散性を評価し、予測結果の検証実験まで行うことを目標としました。

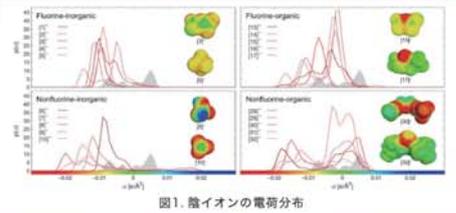


研究実施項目



【1】単分子イオンの化学的データベース作成

通常の化学実験では、陽イオン・陰イオンを分離した物性測定はできません。一方、量子化学計算では、イオン一分子ごとの独立した計算が可能です。本研究では、BP/TZVPD レベルの密度汎関数理論を用いて、単分子イオンの幾何構造・電子状態を算出しました。7,640 種類のイオンデータベースを組み合わせることで、6,780,375 種類の純粋なイオン液体の検討が可能になりました。

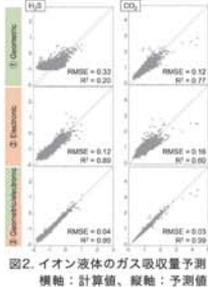


【2】CO₂ 分離回収性に優れたイオン液体探索

各イオン液体に対する燃焼排ガスの吸収量を回帰した結果、

- ①と②の比較より、
 - H₂S は電子的物性
 - CO₂ は幾何的物性がより重要

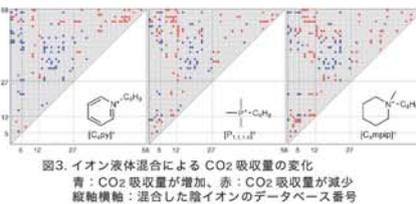
- ①、②と③の比較より、
 - H₂S の分子サイズ
 - CO₂ の分極効果
- も、高精度なガス吸収能評価に必須だと分かりました。



予測した各ガスのヘンリー定数から選択性を算出したところ、CO₂ を N₂ や CH₄ と分離回収可能なイオン液体が存在することが示唆されました。

【3】混合イオン液体へのデータベース応用

異種イオン間に働く強い静電引力相互作用を弱めるために、第三成分の導入を検討しました。本研究では、「陰イオン効果」に着目し、イオン液体の混合により CO₂ 吸収量が増加する条件を調査しました。

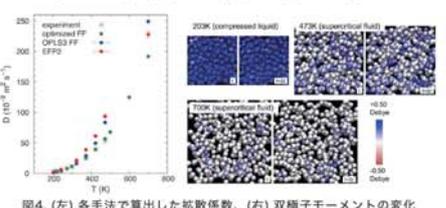


フッ素を含む陰イオンと、フッ素を含まない有機陰イオンを混合すると、CO₂ 吸収量が増加することが分かりました。

【4】高温高圧下での輸送特性予測

臨界温度・圧力を越えた領域（超臨界）の物性を求めるには、第一原理分子シミュレーションの実施が必須です。その計算コストを下げるため、フラグメント化に基づく EFP2-MD 法を提案しました。

$$E_{EFP2} = E_{ES} + E_{EXREP} + E_{POL} + E_{DISP} + E_{CT}$$



検証実験

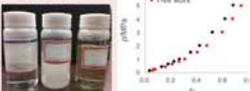


図5. CO₂ を溶解するために必要な圧力。圧力が小さいほど吸収性に優れることを意味する。

単分子イオンのデータベースを用いて機械学習した結果、予測されたイオン液体を合成し、CO₂ 溶解度を測定しました。本研究により、これまで CO₂ 溶解性に優れると報告されてきたイオン液体を超えるものが見つかりました。

まとめ

加速フェーズの研究結果、①単分子イオンデータベース、②純/混合イオン液体の物性予測スキーム、③高温高圧条件に適用可能な分子シミュレーション法、を作成することができました。

論文 [1] *J. Comput. Chem. Jpn.* **18**, 217 (2019). <https://doi.org/10.2477/jccj.2019-0046>. [2] *Ind. Eng. Chem. Res. in press* (2020). <https://doi.org/10.1021/acs.iecr.0c00488>. [3] *J. Phys. Chem. B* **123**, 194 (2019). <https://doi.org/10.1021/acs.jpcc.8b07446>. [4] *Chem. Phys. Lett.* **694**, 82 (2018). <https://doi.org/10.1016/j.cpl.2018.01.042>
受賞 [1] GREEN Chemistry Poster Prize (AOC7-GSC 2018, P-0043, Singapore, Nov. 2018). [2] Student Poster Presentation Award (MTMS'18, PP30, Narashino, Japan, Sep. 2018), 他 4 件
謝辞 検証実験における 3 種類のイオン液体合成は、公益財団法人地球環境産業技術研究機構 Dr. Firoz Alam Chowdhury, 山田 秀尚 准教授、高圧物性・CO₂ 溶解性測定は、日本大学 児玉 大輔 准教授により実施されました。

時系列データの自動解析技術の実現

小林 亮太

神経データから脳の回路図を描く

問題

時系列データ解析はハードルが高く、データの活用が進んでいない。

アプローチ

イベント時系列データの解析を自動的に行う技術を開発する。

成果

イベント時系列から因果関係を抽出する技術を開発し、
脳神経科学における有用性を示した。

・ イベント時系列データ

ある**イベント**が起きた時刻のデータ

イベントはなんでもいい: Youtube のビデオ視聴 (情報学)
Twitter のツイート (情報学)
神経スパイク (脳科学)
地震発生 (地震学)

例: 2020年3,4月に日本で起きた地震 (震度4以上)



イベント時系列は分野を超えて現れる。
情報学、脳科学、地震学、マーケティング ...

詳しくは Web で (Web アプリ, 解析コード, 論文)
<http://www.hk.k.u-tokyo.ac.jp/r-koba/index.html>

・ ACT-I で開発した技術

① イベント時系列の予測: 本研究



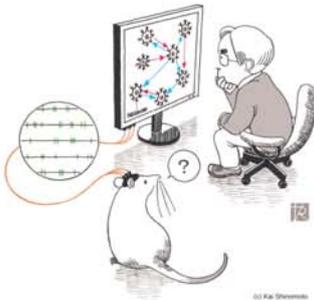
② イベント時系列から因果関係を抽出: 加速フェーズ



研究成果の詳細

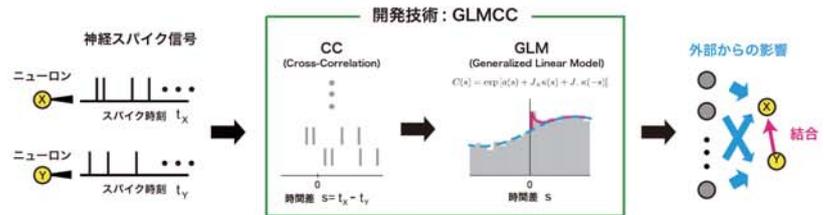
(Kobayashi et al., Nat. Commun. 2019)

・ 概要

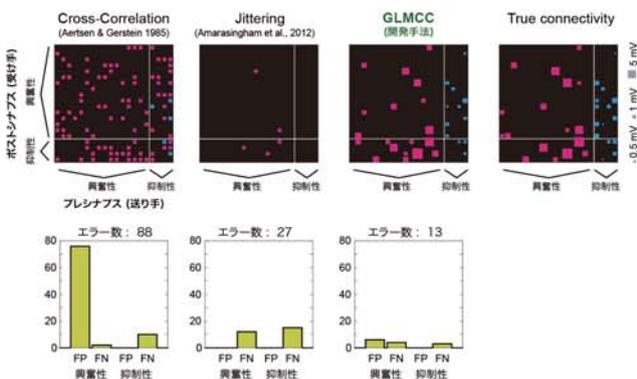


多数のニューロン (神経細胞) から得られたスパイク信号から
ニューロン間のつながりを推定する技術を開発した。

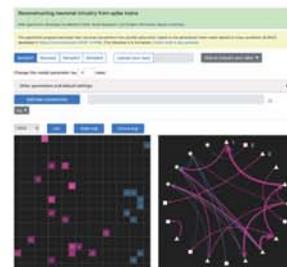
・ 模式図



・ 人工データによる精度評価



・ Web アプリ



内藤 雅博氏、篠本 滋准教授 (京大) と共同開発した Web アプリ

問い合わせ先: r-koba@edu.k.u-tokyo.ac.jp



機械学習や3次元点群処理技術が切り拓く植物計測の技術革新 ～最新の手法で、樹木を測る～

板倉健太

東京大学大学院農学生命科学研究科(博士2年), 学術振興会特別研究員(DC1)

0. はじめに

- (1) 解決したいこと: 樹木の形状を自動的に解析し、その機能までを推定したい
- (2) 切り拓く未来: 樹木の管理や将来のモデリングが効果的に行われ、より洗練された都市空間や、効果的な緑の保全が行われる
- (3) 1年半の期間の成果: 3次元スキャナーからの樹木の自動検知や、その他センサーによる計測

1. 背景: 農学分野における諸問題

➢ 急激な気候変動、大気汚染や人口増加が進行



緑の保全, 環境変動にも適応可能な種の育成が必要



第一に、植物のモニタリングが重要
森林や農業分野でも広く成果を応用可能

2. 海外における応用展開

樹木計測に機械学習を取り入れた新たな応用展開
⇒ 自分からコンタクト&留学、共同研究(シンガポール)に至った

➢ シンガポールの面積 ≒ 東京23区

- 樹木がよく管理されている
- “The world’s greenest city”を目指す

➢ シンガポールの樹木管理の課題

- すべて輸入 & 樹木の特性にこだわる (形や成長速度、実を落とさないか等)
- 高いコスト: モニタリング & 効率よい管理が必須

• ライダーで樹木管理

⇒ 1) 成長・形状の把握 2) 分光画像から健康管理 3) モデリング(将来予測や計画)などをしたい

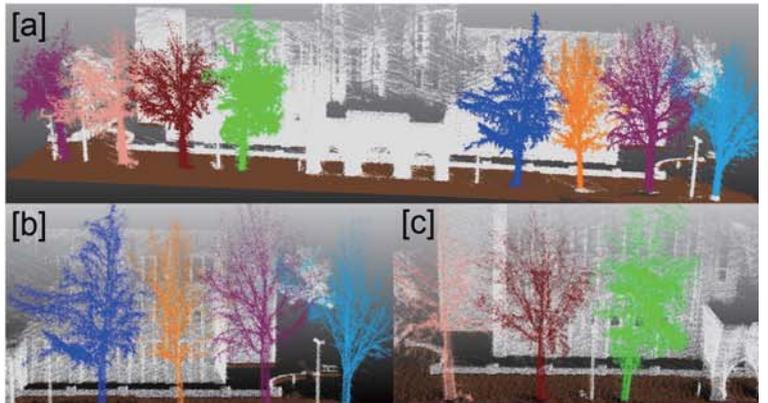


<https://www.channelnewsasia.com/news/singapore/new-technology-driving-traffic-singapore-roads-11688500>

3. 3次元画像からの樹木の自動検出

- 樹木の構造(幹直径、高さなど)を高精度に推定可能
- 3次元点群処理や機械学習による認識法を開発
- それぞれの樹木がカラー、他の物体が白で色付け

➡ 自動的に、樹木/その他の認識を行うことができた

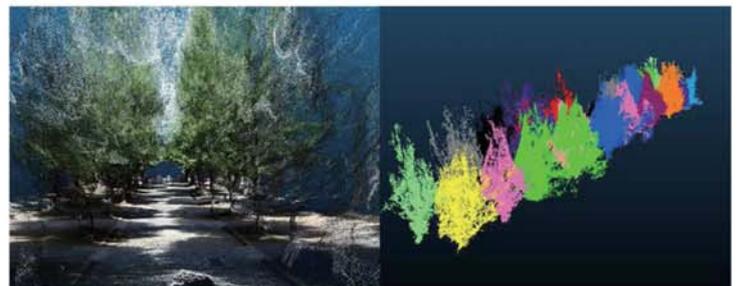


4. 全方位カメラを用いた樹木検知

- 全方位カメラ: 安価・色情報が取得可能
- 物体検出 & 3次元化により、3と同様の解析ができないか



全方位カメラ: theta (RICOH HP より) 全方位画像より、YOLOを用いて樹木検出



全方位画像を写真測量により3次元復元 上の2D検出 & 3D処理により樹木検出

謝辞: ACT-I 期間中は、アドバイザーの先生方やスタッフの方々、採択者の先生方の多大なサポートを賜り、非常に有意義な研究期間となりました。ありがとうございました。

柔軟性と電力効率に優れた次世代専用プロセッサ設計手法の開発

九州大学 情報基盤研究開発センター 助教 谷本 輝夫

“アプリから専用プロセッサを生成”

背景

- ・半導体微細化の鈍化・限界
- ・アプリケーションの多様化
- ・汎用-専用回路のトレードオフ
電力効率、開発期間、柔軟性



研究の目的

アプリケーションに特化した「汎用/専用ハイブリッドプロセッサ」生成技術の開発

アプローチ



成果

- ・汎用プロセッサ向けプログラム中の専用命令化可能な処理の抽出手法
- ・関数粒度の専用モジュール化における設計最適化、SLAMによるケーススタディ

ソフトウェアを基に自動で専用ハードウェア化

- ・設計制約下での性能最大化
電力、回路資源量
- ・汎用回路と専用回路双方の利点を活用
- ・汎用 ↔ 専用間のインターフェースを自動生成

Halide DSL¹

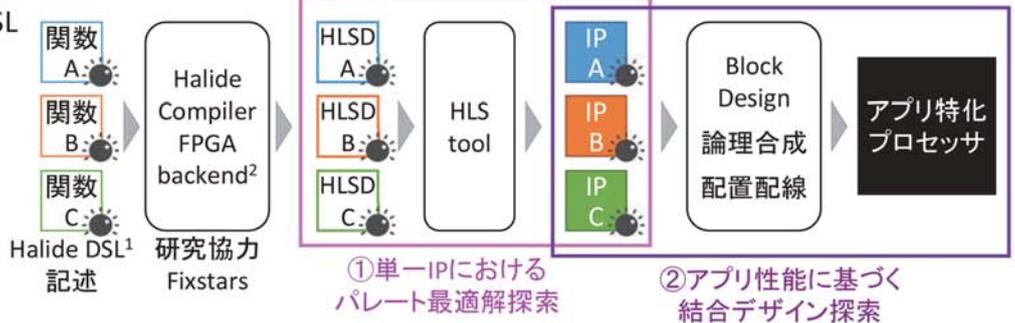
- ・画像処理、テンソル向けDSL
- ・C++拡張として実装

```

アルゴリズム記述
f(x,y)=in(2*x, y) (純粋関数型)

スケジューリング記述
schedule(in,{8,4}).hls_burst(4)
schedule(f,{4,4}).unroll(x,2).hls_burst(2)
    
```

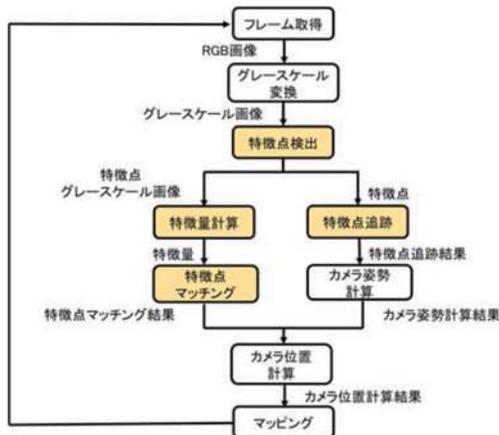
設計および最適化フロー



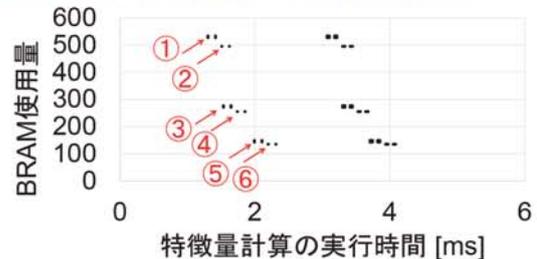
¹J. Ragan-Kelley et al., "Halide: A language and compiler for optimizing parallelism, locality, and recomputation in image processing pipelines," PLDI '13.
²A. Ishikawa et al., "Halide and GENESIS for generating domain-specific architecture of guided image filtering," ISCAS '19.

SLAMアプリを用いたケーススタディ

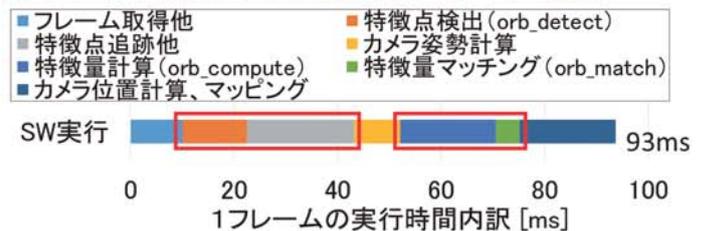
- ・自己位置推定と地図作成をするアプリケーション
- ・自律動作する機器で重要な機能
- ・カメラ画像を用いるVSLAMを実装



①単一IPにおけるパレート最適解探索



②アプリ性能に基づく結合デザイン探索



SW実行 93 ms → 協調設計 19 ms (52 fps, ×4.9)

ヒトが発する電気を解き明かす

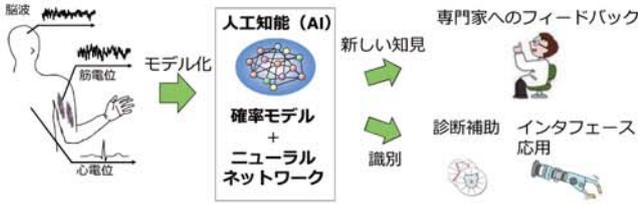
研究課題名：生体信号の確率的生成モデルと推論ニューラルネット

早志 英朗 九州大学 大学院システム情報科学研究院



目的：生体信号を理解して役立てる

生体信号：ヒトから計測できる様々な電気信号



どのような未来が切り拓けるか

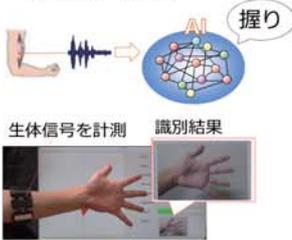
- 医療応用
 - 診断補助（例：胎児の健康状態推定・分娩時刻予測）
 - 医師の知らなかった新たな知見を発見
- 福祉応用
 - 筋電義手やBrain Computer Interfaceなどの高性能化

研究成果

速く、正確に

識別する技術

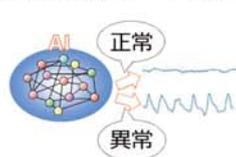
- 筋肉が発する電気（筋電）から動作を識別



狙った疑似データを

生成する技術

- 正常・異常などの特性を指定して疑似データを生成

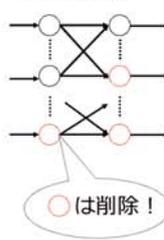


- 何に使える？
データ識別用人工知能をさらに賢くするための学習データ

AI内部の複雑な計算を

簡単にする技術

- 不要な計算を省いて省メモリ化



貴重な生体信号の

データセット作成と解析

- Cardiotocography (CTG)
 - 胎児心拍と子宮収縮を経時的に記録した生体信号
- 3340例を計測完了
 - 正常：3198例，異常：142例
 - 新生児状態などのメタデータも同時収集

予備的な解析として

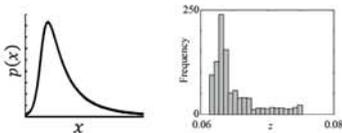
- 機械学習を用いて7割程度の精度で胎児異常を推定
- 異常時に胎児心拍の微小変動が減ることを初めて定量的に示した

確率モデル×ニューラルネットワーク

生体信号解析をはじめとした様々な分野に応用可能な基礎技術として開発。確率モデルをニューラルネットワークで表現。推定の難しい確率モデルをニューラルネットワークの力を借りて学習。

Johnson分布モデル

- 歪度・尖度をもった分布
- 整流平滑化後の筋電信号がこのような分布となる

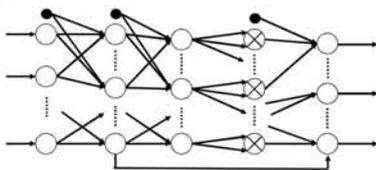


$$P(x|c) = \frac{|J^{(c)}|}{(2\pi)^{\frac{d}{2}} |\Sigma_c|^{1/2}} \exp\left(-\frac{1}{2} z^{(c)T} \Sigma_c^{-1} z^{(c)}\right)$$

$$z^{(c)} = \gamma^{(c)} + \delta^{(c)} g\left[\lambda^{(c)-1}(x - \xi^{(c)})\right]$$

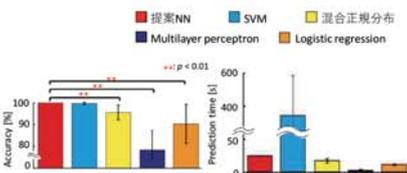
$$g(y) = \ln(y + \sqrt{y^2 + 1}) \quad J^{(c)}: \text{ヤコビ行列}$$

ネットワーク構造

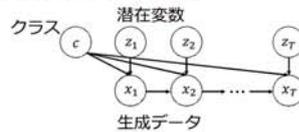


実験結果

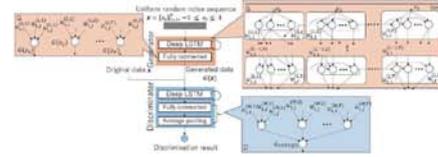
計算量を削減しつつ、識別精度向上



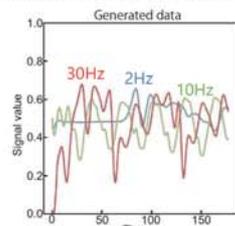
時系列生成モデル



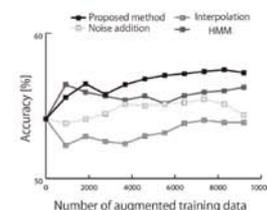
- Conditional Generative Adversarial Networksを用いて構築



- 潜在変数と生成データの特性の関係を解析
例：周波数を指定して脳波信号を生成

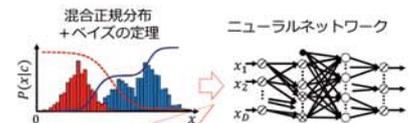


- 生成データをData augmentationに応用し識別精度向上



混合分布モデル

- 混合正規分布+ベイズの定理と同じ関数形のニューラルネットワークを提案



変換のポイント

各クラス c コンポーネント m の正規分布を以下の形に変形

$$P(x|c, m) = \frac{1}{(2\pi)^{\frac{d}{2}} |\Sigma^{(c,m)}|^{1/2}} \exp\left[-\frac{1}{2}(x - \mu^{(c,m)})^T (\Sigma^{(c,m)})^{-1} (x - \mu^{(c,m)})\right]$$

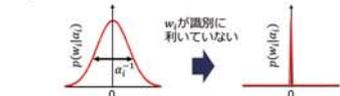
$$= \exp[w^{(c,m)T} x]$$

$$X = [1, x^T, x_1^2, x_1 x_2, \dots, x_1 x_D, x_2^2, x_2 x_3, \dots, x_D^2]^T$$

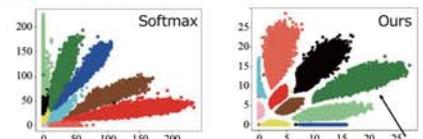
$w^{(c,m)}$: パラメータのベクトル

- コンポーネント数（正規分布の数）を自動決定しながら学習する手法を提案

各重み w_i に平均0の事前分布 $p(w_i|a_i)$ を設定
□ 分布の分散を学習中に最適化



- 学習された特徴量 (MNIST)



特徴量がガウシアン状になりクラス間のマージンが広がる

- 認識誤差率

	MNIST	Fashion-MNIST	CIFAR-10
Softmax	1.01	8.78	11.07
Ours	0.72	8.30	10.05

[3] Hayashi and Uchida, arXiv:1911.06028. PRMU研究奨励賞受賞, 2019

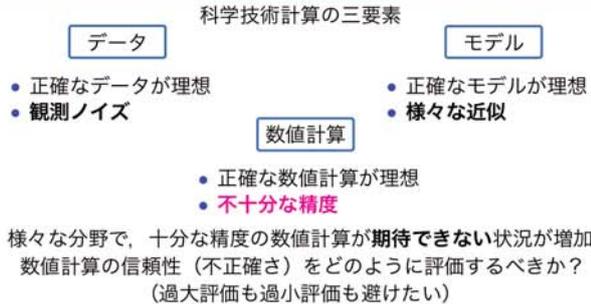
[1] Hayashi, Shibasaki, and Tsuji, arXiv:1912.04218.

[2] Harada, Hayashi, Uchida, IEEE Access (IF=4.098), 2019.

研究課題名：連続型数理モデル構築のための確率的アルゴリズムの整備 信頼できるシミュレーションを目指して

大阪大学サイバーメディアセンター 宮武勇登

数値計算の不確実性 (研究の背景)



研究の目的

- 十分な精度の数値計算が期待できる場合
- 数学的に保証できることが多い (数値解析学)
 - 全くダメな場合も説明可能
- 数値計算の精度が十分かどうかよく分からない場合
- 既存の理論で扱うことは難しい
 - 信頼性の程度を「定量的」に評価する手法・理論が期待される

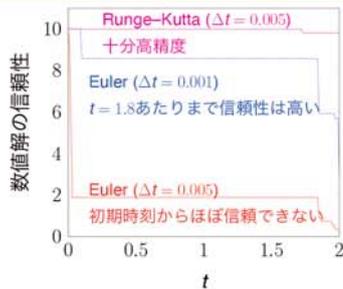
研究目的

数値計算単体での評価ではなく
データやモデルの不確実性との相対的な比較で
数値計算の信頼性を「定量的」に評価する手法や理論の構築

何ができるようになったか?

常微分方程式: $\frac{d}{dt}x(t) = f(x(t))$, $x(0) = x_0 \in \mathbb{R}^n$ の数値計算
→ 通常、時間発展とともに誤差が蓄積 (信頼性が低下)

観測ノイズとの比較で、数値解の信頼性を評価する手法を開発



研究の意義・今後の展望

研究成果

- 観測ノイズとの相対的な比較で数値計算の信頼性を定量的に評価する手法や理論の構築に向けたアイデアの提示
- 時系列データのノイズの情報も同時に推定できる可能性

意義

- 精度の程度が不明な場合に数値計算の信頼性を定量的に評価
- 十分精度がよいときに、必要以上にコストをかけた計算を避けられる (→例えば電力消費量の削減)
- 様々な分野で数値計算の信頼性の過大評価も過小評価も回避
→ 追加で大きなコストを払うことなく、「信頼性」という付加情報が得られる

展望

- 様々な問題に対して、データ・モデル・数値計算の不確実性をまとめて扱う理論へ

詳細

常微分方程式のパラメータ推定

- ODEモデル (θ : 未知パラメータ)

$$\frac{d}{dt}x(t; \theta) = f(x(t; \theta)), \quad x(0; \theta) = x_0(\theta) \in \mathbb{R}$$

- 観測モデル

$$y_k = x(t_k; \theta) + r_k, \quad r_k \sim N(0, \gamma^2), \quad k = 1, \dots, K$$

- パラメータ推定: $\hat{\theta} = \hat{\theta}(y_1, \dots, y_K)$

困難: 厳密解 $x_k(\theta)$ の代わりに数値解 $\tilde{x}(\theta)$ を当てはめて推定を行うとバイアスが生じる

→ 数値解の精度を定量的に見積もることで、より良い推定を行いたい

(注) 以下の議論は多次元問題へも拡張可能

研究のアイデア

- [1] 数値解の誤差を確率変数としてモデル化

$$\xi_k := \tilde{x}_k(\theta) - x_k(\theta) \sim N(0, \sigma_k^2), \quad (\sigma_k^2: \text{離散化誤差分散})$$

- [2] 離散化誤差分散 $\Sigma := \{\sigma_1^2, \dots, \sigma_K^2\}$ の推定

$$\text{尤度関数: } L(\theta, \Sigma) = p(y_1, \dots, y_K | \theta, \Sigma)$$

$$= \prod_{k=1}^K \frac{1}{\sqrt{2\pi(\gamma^2 + \sigma_k^2)}} \exp\left(-\frac{(y_k - \tilde{x}_k(\theta))^2}{2(\gamma^2 + \sigma_k^2)}\right)$$

$$(P) \quad \max_{\theta, \Sigma} L(\theta, \Sigma), \quad \text{s.t. } 0 \leq \sigma_1^2 \leq \dots \leq \sigma_K^2$$

誤差の単調増大性を仮定

- [3] 数値解 \tilde{x}_k の信頼性の指標: $\frac{1}{\gamma^2 + \sigma_k^2}$

最適化問題 (P) の解法

二変数についての最適化 → 交互最適化

$$\min_{\theta, \Sigma} \underbrace{-\log L(\theta, \Sigma)}_{=: g(\theta, \Sigma)}, \quad \text{s.t. } 0 \leq \sigma_1^2 \leq \dots \leq \sigma_K^2$$

Step 1: 本来推定したいパラメータの initial guess: $\theta^{(0)}$

Step 2: 交互最適化

for $l = 1, \dots, L$

$$\Sigma^{(l)} = \underset{\Sigma}{\operatorname{argmin}} g(\theta^{(l-1)}, \Sigma) \quad (\text{s.t. } 0 \leq \sigma_1^2 \leq \dots \leq \sigma_K^2)$$

実は凸最適化になっており
PAVA (pool adjacent violators algorithm) を利用して
 $O(K)$ の計算量で最適解を求められる

$$\theta^{(l)} = \underset{\theta}{\operatorname{argmin}} g(\theta, \Sigma^{(l)})$$

Adjoint法とNewton法などの組み合わせで
局所最適解を求める

end

(注 1) Σ の更新のコストは相対的に無視できるほど小さい

(注 2) 収束するまで反復しなくても、実用上 $L = 2, 3$ 程度で十分

まとめ

研究成果

- 常微分方程式のパラメータ推定の文脈で、数値計算の不確実性の影響を考慮した推定手法
- 最適化問題の解法 (特にadjoint法) の改良

課題

- 単調増大性は妥当な仮定か?
- 現状 toy problem のみで検証 → 実用的な問題でも役立つか?
- ベイズ推定の枠組みへも拡張できるか?

発表論文

- ① T. Matsuda, Y. Miyatake:
Estimation of ordinary differential equation models with discretization error quantification,
arXiv:1907.10565.
- ② S. Ito, T. Matsuda, Y. Miyatake:
Adjoint-based exact Hessian-vector multiplication using symplectic Runge-Kutta methods,
arXiv:1910.06524.

学術データの自動集約による研究者プロファイリング

～気になる研究者の成果を徹底検索！～

桂井 麻里衣 (同志社大学)

ACT-1



Science of Science ～科学研究の可視化と問題発見～

- ・あの研究の専門家は誰？
- ・この分野では今どんな技術が注目されているの？
- ・この大学 / 研究所にはどんな特色があるの？

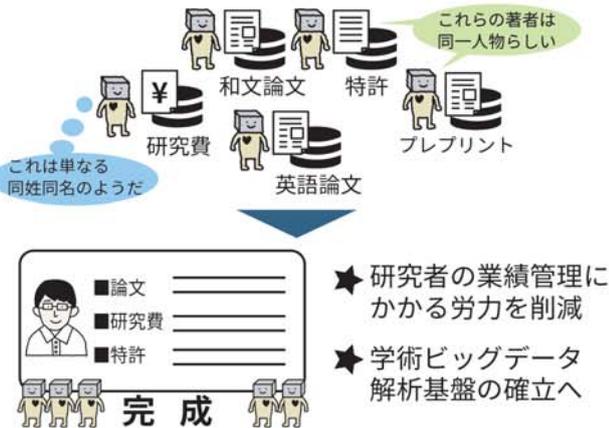
▶ 学術ビッグデータから自動で解析したい！ 🔍

しかし 研究者の氏名でウェブ検索すると、同姓同名研究者の成果が混ざってしまう...

- ・特定個人の研究成果一覧を効率的に整備するには？ → 成果①へ
- ・研究者と成果が正確に紐づくと、実際に可視化に役立つか？ → 成果②へ

成果①

異なる種類の学術データベースにおける著者 ID マッチング手法を開発！



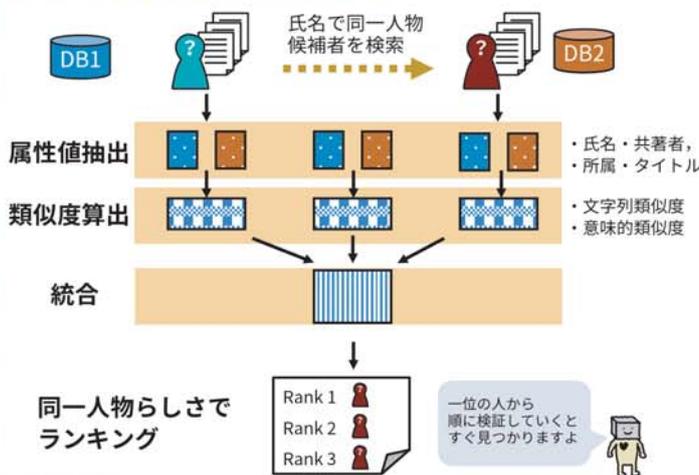
成果②

関連研究者を日本地図から自由に探せるシステムを開発！



↑の詳細

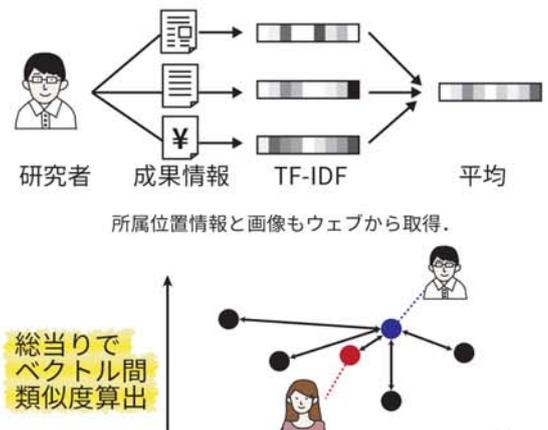
教師なしランク集約問題として設計.



関連成果：JCDL2019

↑の詳細

個人の研究成果集合に基づきテキスト特徴ベクトルを算出.



関連成果：DEIM2020

All Illustrations by Marie Katsurai

いい感じになるネットワーク

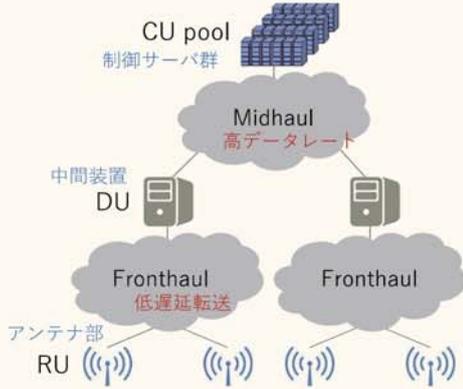
適応的に再構成する通信ネットワーク

東京農工大学 工学研究院 准教授 中山 悠

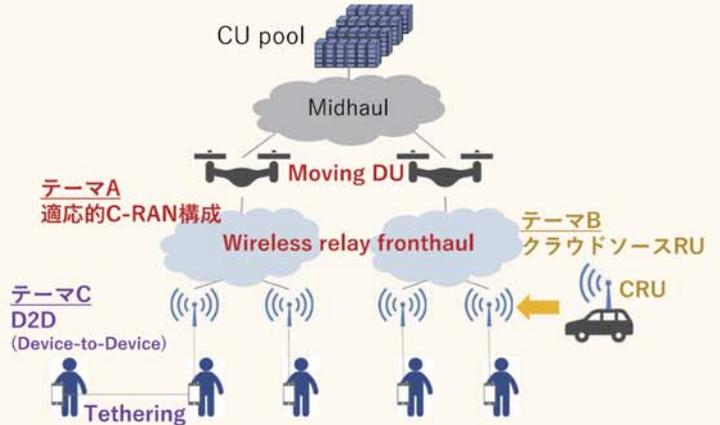
研究背景

- 5Gサービスが開始され、その展開や5G以降に向けたモバイルネットワークの研究開発が本格化
- ミリ波など高周波数帯の利用により、多数のsmallセル基地局 (RU) を高密度配置する必要

従来のモバイルネットワーク



本研究のアプローチ | いい感じになるネットワーク



課題

- 広範囲の高密カバーは高コスト
- 通信トラフィックの時空間変動に弱い

ポイント

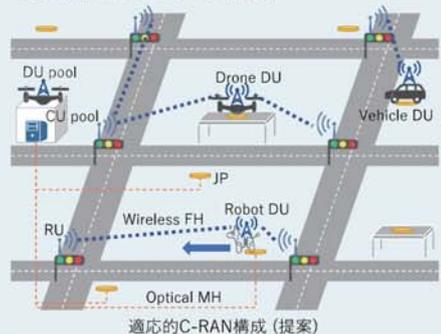
- 需要変動に応じて適応的に再構成すれば効率的
- ネットワーク敷設のオープン化

ACT-I研究期間の成果

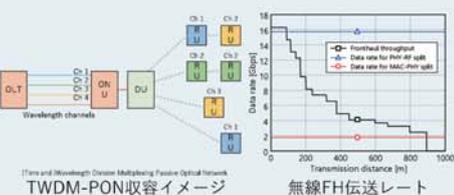
- 提案コンセプトを確立し、模擬実験の結果は5G以降に向けた有効な取り組みとしてIEEE Spectrumに掲載
- IEEE Networkなど著名論文誌を含む計画的な発表 (論文4, 国際会議7, 特許出願2)
- ACT-I研究者とのコラボによる研究の広がり (上記のうちACT-I共著4, 共同出願1)

テーマA | 適応的C-RAN

- 需要変動に応じてON/OFFされるRU間を無線FHで接続し、自律移動するDUに接続するコンセプトおよび、無線ルーティング & DU移動計画スケジューリング法を提案



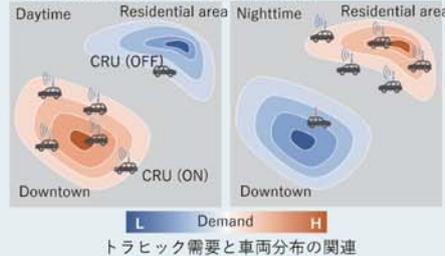
- FHの要求条件である低遅延転送 (100us, 250us等) を実現しつつ、効率的にノードを収容するためのネットワーク構成とトラフィック制御法について検討を続けている



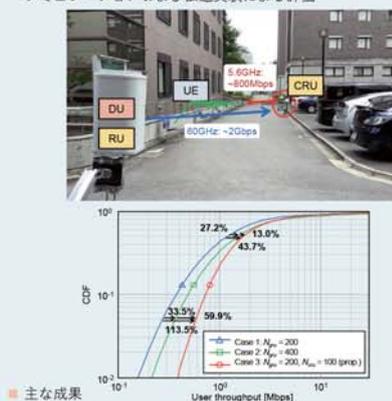
- 主な成果
 - Y. Nakayama et al. IEEE Access, 2018.
 - Y. Nakayama et al. IEEE Trans. Communications, 2019.
 - Y. Nakayama et al. IEEE Network, 2020.
 - Y. Nakayama et al. ICC2019
 - Y. Nakayama et al. CCNC2020
 - D. Hisano, Y. Nakayama, J. Opt. Commun. Netw. 2020.
 - D. Hisano, Y. Nakayama, IPC2019
 - D. Hisano, K. Maruta, Y. Nakayama, CCNC2020

テーマB | クラウドソースRU

- カバーエリアの小さいRUをあらゆる地域で高密度に配備することは困難なため、一般車両にCRU (Crowdsourced RU) を搭載し、位置と需要に応じてON/OFFすることを提案



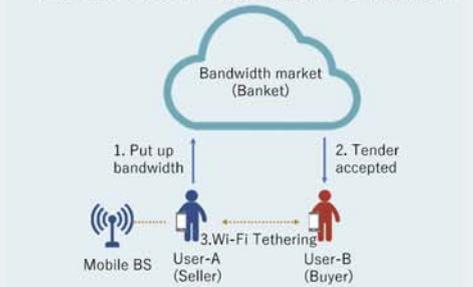
- 駐車車両搭載CRU-DU間の無線FHのスループットについて、シミュレーションおよび伝送実験による評価



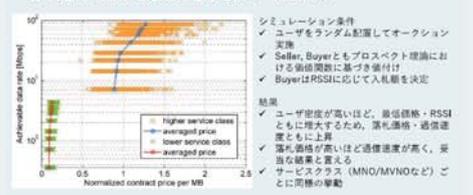
- 主な成果
 - Y. Nakayama et al. IEEE Access, 2020.
 - Y. Nakayama et al. PerCom 2019 Work-in-Progress.
 - Y. Nakayama et al. VTC2019-fall (Regular & Recent Results)
 - Y. Nakayama et al. VTC2020-spring

テーマC | D2D

- キャリアごとのカバーエリアやユーザの利用状況の差を吸収する、ユーザ参加によるネットワーク補充を促す帯域取引市場を検討中



- ユーザの自発的な入札によって適正な価格/速度が実現され参加者に利得があることを示したい (検討中)



- 動作検証としてSeller-Buyer間の電波強度 vs スループット測定



- 主な成果
 - 中山悠, 特願2019-135067

1. Motivation

- 人間の手は5本の指(多指)を用いて様々な作業を行うことができる
- 手全体から伝わる感覚(触覚)を確認しながら巧みに作業を行う



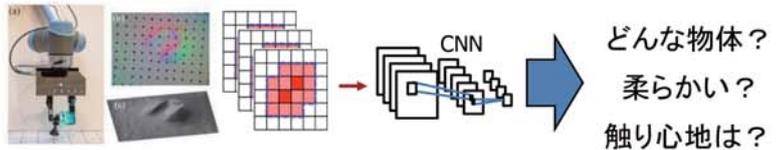
- 現在工場で活躍しているロボットに多指ハンドを付け、人間と同じようにより巧みに多くの作業を行わせたい
- ハンド上の触覚情報を上手く活用する必要がある



[Universal Robots, UR5] [KAWADA Robotics Corp., NEXTAGE]

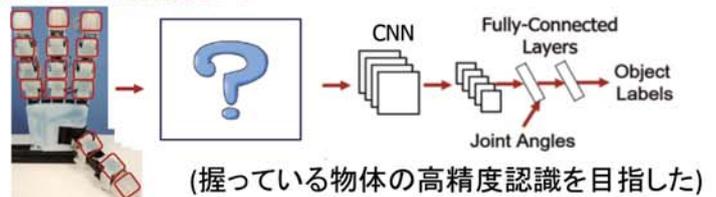
2. Previous Research

- Convolutional Neural Network (CNN) が複数の物体を使ったタスクの学習や多量の触覚センサへ適応し、高い認識精度を発揮



2指グリッパに搭載された触覚センサ [W. Yuan, et al., MIT]

- 多指ハンドでは、触覚センサの位置関係とサイズの違いを考慮しなければ、まとめてCNNに与えることが出来ない数やサイズの違う触覚センサ



(握っている物体の高精度認識を目指した)

3. Hardware Setting

多指ハンドに3軸分布型触覚センサを指先と指腹に搭載



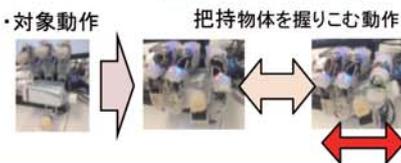
Fingers	4
Joint Angles	4 x 4
Tactile Inputs on Patch	3 (x, y, z) x 16
Tactile Patch	15
Total Inputs	736 (720 + 16)

uSkin: 3D Distributed Tactile Sensor [Tito P. et al., IROS2017]

4. Data Collection

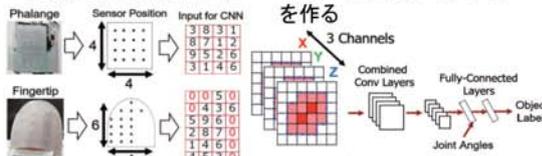
- 20種類の対象物体、それぞれ30試行取得(学習時: 25試行, テスト時: 5試行)

Block (4 Squares)	Block (4 Corners)	Block (4 Spheres)
Block (8 Corners)	Block (16 Squares)	Block (16 Circles)
Block (8 Corners)	Block (16 Squares)	Block (16 Circles)
Block (8 Corners)	Block (16 Squares)	Block (16 Circles)
Block (8 Corners)	Block (16 Squares)	Block (16 Circles)
Block (8 Corners)	Block (16 Squares)	Block (16 Circles)
Block (8 Corners)	Block (16 Squares)	Block (16 Circles)
Block (8 Corners)	Block (16 Squares)	Block (16 Circles)
Block (8 Corners)	Block (16 Squares)	Block (16 Circles)
Block (8 Corners)	Block (16 Squares)	Block (16 Circles)
Block (8 Corners)	Block (16 Squares)	Block (16 Circles)
Block (8 Corners)	Block (16 Squares)	Block (16 Circles)
Block (8 Corners)	Block (16 Squares)	Block (16 Circles)
Block (8 Corners)	Block (16 Squares)	Block (16 Circles)
Block (8 Corners)	Block (16 Squares)	Block (16 Circles)
Block (8 Corners)	Block (16 Squares)	Block (16 Circles)
Block (8 Corners)	Block (16 Squares)	Block (16 Circles)
Block (8 Corners)	Block (16 Squares)	Block (16 Circles)
Block (8 Corners)	Block (16 Squares)	Block (16 Circles)
Block (8 Corners)	Block (16 Squares)	Block (16 Circles)
Block (8 Corners)	Block (16 Squares)	Block (16 Circles)

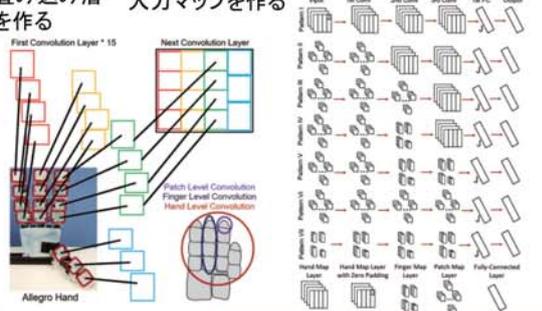


5. Network Architectures

- 各センサで畳み込みの入力を作る
- 各触覚方向(x, y, z)でCNNへの入力チャンネルを作る



- それぞれのセンサで畳み込み層を作る
- それぞれの畳み込みのサイズを調整し、次の層で1つの入力マップを作る
- 各層でセンサの配置に合わせたマッピングを行い、比較実験



6. Result of Architectures

物体認識精度: 学習回数: 1300

Pattern	Different Filters	
	Accuracy %	Variance
Pattern I	81.95	4.10
Pattern II	89.76	3.84
Pattern III	87.33	3.94
Pattern IV	89.45	4.88
Pattern V	89.09	7.29
Pattern VI	88.69	5.54
Pattern VII	81.69	4.88

物体認識精度: 学習回数10000

Pattern	Different Filters	
	Accuracy %	Variance
Pattern II	93.46	1.26
Pattern III	94.03	1.71
Pattern IV	95.59	0.86
Pattern V	94.01	0.78
Pattern VI	94.13	2.47

センサの位置関係とサイズの違いを考慮し、各パターンで似たような高精度な認識率を達成
→それぞれの物体の認識を得意とするか?

7. Recognition Rate of Each Object

各パターンがどの物体を間違いやすいかを検証



比較的接触の仕方が同じ単純形状
ペットボトル

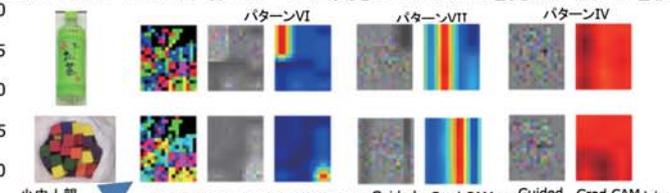
ブロック

比較的様々な接触を伴う複雑形状
ツナ缶

センサの位置を考慮しないパターンVIでは他のパターンに比べ認識精度: 単純形状・高
: 複雑形状・低
という傾向→各CNNはどのように物体を見ているか?

8. Visualization of Feature Maps

Grad-CAM++により、各パターンが触覚センサのどこを見ているのかを検証



傾向として、パターンVIIは狭い部分に強く反応
パターンVI, VIIは長く伸びて強く反応
その他は全体に広がって反応
最終畳み込み層で一つの層に集中

ロボットの形状に従って畳み込み層を構築し、複雑な形状の物体をより正しく認識する可能性を示唆

グラフの列挙で難しい問題を解く

社会の理解と発展には関係性とながりが重要

例えば、通信路の安定性、蛋白質の相互反応、病院間の道路

情報技術を用いてより最適&簡単に理解・設計したい!

モノのつながり/関係性はグラフにより表現可能

グラフにおける様々な技術が提案され、実社会に応用されている。

計算量が爆発する難しい問題! 正確な計算には列挙が必要!

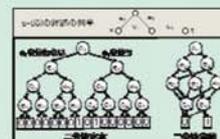


高精度/高速な技術により、最適な都市計画や新たな知の発見

低コストで安定な電話回線の設計、蛋白質の関係性の高速な解明による創薬、天災時でも避難所や病院への安定な交通設計

成果

効率的な列挙技術BDDを大規模グラフに適用可能に
近似解を精度よく計算可能な技術の提案
提案技術を難しいグラフ問題に適用



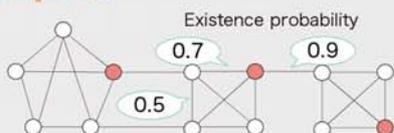
技術詳細

近似BDDの共通技術を基に問題に合わせた拡張

ネットワーク信頼性

ターミナルが相互接続する確率

#P complete



最小シュタイナー木

ターミナルが相互接続する最小重みのサブグラフ

NP-hard



精度を維持して
サンプリングの高速化

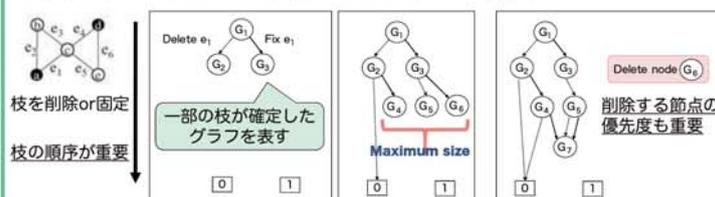
連結グラフを列挙

接続、非接続となる
確率のみ保持

接続・非接続に
なりやすいグラフを優先

層化サンプリングに基く
サンプル数の減少

Approximate Binary Decision Diagram



Extension: グラフのサイズを削減



既存技術の近似解を
よりタイトに

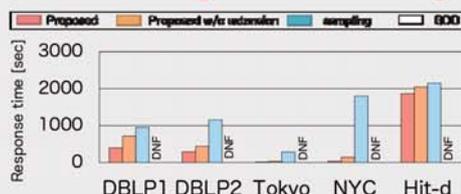
木構造を列挙

既存の近似技術
に基づく枝の順序付け

ターミナルが接続&
重みが小さいグラフを優先

BDD構築・走査後に
不要な枝を削除

High Efficiency!!



データ規模

Data	節点数	枝数
DBLP1	25 K	108 K
DBLP2	48 K	136 K
Tokyo	26 K	32 K
NYC	180 K	208 K
Hit-d	18 K	248 K

High accuracy!!

既存技術: 最短路に基づく木の重み,
あるターミナルを根として根から全てのターミナルの最短路を計算
全てのターミナルを根として試し、最小の木を計算

グリッドにホールがあるグラフ (節点数と枝数: 数百から数万, ターミナル数: 数十から数百)

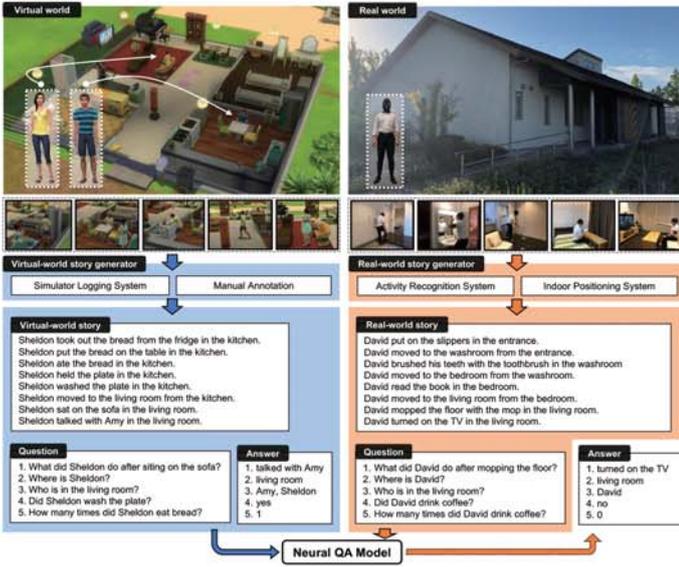
Data	最適値	提案	既存
ALUE2087	1049	1076	1122
ALUE2105	1032	1059	1109

仮想世界のデータを用いたドメイン適応による実世界質問応答の高度化 ～ 仮想世界で得た推論能力を、現実世界で活かす ～

宮西大樹 (国際電気通信基礎技術研究所) ACT-I先端研究フォーラム 2020



Sim2RealQA : Simulation to Real Question Answering



解決したい問題

- 日常生活で起きた出来事を問い合わせることができるシステムを作るためには、実世界の質問応答データが数多く必要になります
- 本研究では、ライフシミュレーターを用いることで日常生活に関する大量の質問応答データを作成し、このデータを用いて高精度に実世界の質問応答課題を解く方法を開発しました

どのような未来を切り拓くのか?

- 実世界質問応答の技術を利用すれば、「いつ、どこで、誰が、何をしたか」といった情報を簡単に把握できるようになります
- 人間の記憶支援・忘れ物や落とし物の検索・人の監視や見守り・ホームロボットといった実世界に根ざしたシステムの実現が期待できます

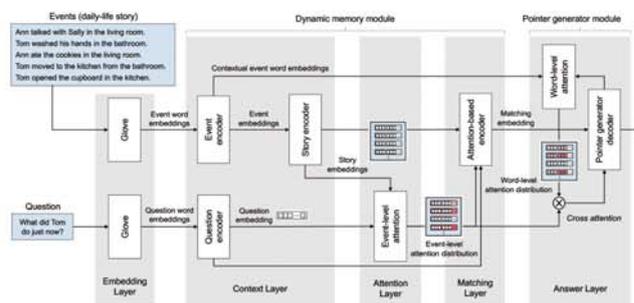
得られた成果

- 現実世界の質問応答の問題を高精度に解くために、仮想世界のデータを使う Sim2RealQA を提案しました
- 実際の家屋とライフシミュレーションゲーム内で収集した日常生活の行動ログをもとに現実・仮想双方の質問応答データセットを作成しました
- 現実世界の正解ラベルが取得困難な場合、Sim2RealQAの枠組みが実世界質問応答の問題を解く上で有効な手段であることを示しました

データ収集に利用した現実世界 & 仮想世界の環境

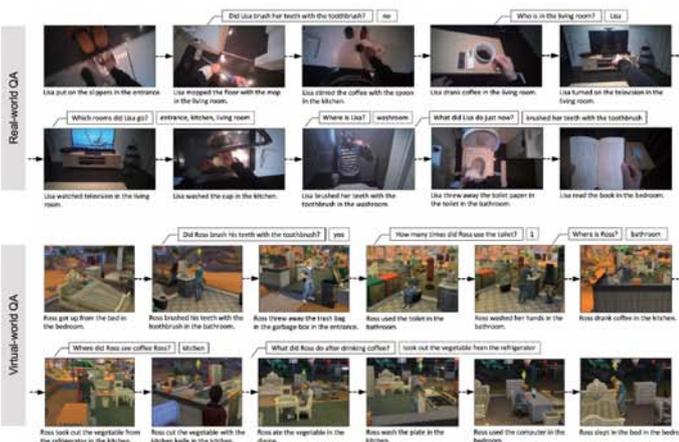


ドメイン横断質問応答モデル

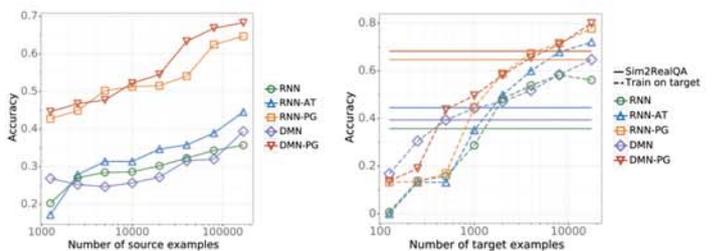


- 質問文に適合する出来事を文レベルの注意機構を使って推定
- 単語と文レベルの注意機構とコピー機構を組み合わせ、質問に適合する未知の解答を出力可能にした

現実世界と仮想世界の質問応答データの例



Sim2RealQAの実験結果



- 学習に使う仮想世界のデータ量が増えるほど、実世界質問応答の問題をより高精度に解けることがわかった
- 大量の仮想世界のデータで学習したモデルは、少量の実世界のデータで学習したモデルを上回る性能を示すことがわかった

高階埋め込みテンソルモデリングの研究

横田達也 (名古屋工業大学, 理研AIP)



99%の損失から情報を復元

研究目的

- 人の予測は自己相似性に基づく
- 自然界にも自己相似な構造が多数
 - 結晶構造, リアス式海岸, 植物, 血管
 - 人は自己相似性を学習している?
- 自己相似性を捉えた情報モデリングのアプローチを提案したい!



研究提案

- 以下の3ステップに基づく新しい情報処理のアプローチ「高階埋め込みテンソルモデリング」を提案

①テンソル表現 ②高階埋め込み変換 ③数理モデリング



研究成果

- 高階埋め込みテンソルモデリングに基づいて, 以下の技術を開発した.

テンソル補完 ※損失箇所は既知



ノイズ除去



ボケ復元 ※ボケ関数(PSF)は既知



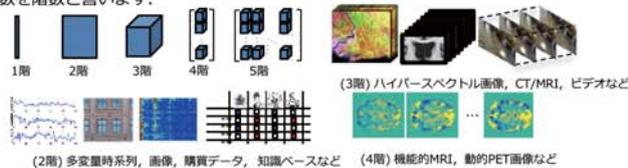
超解像



詳細な説明

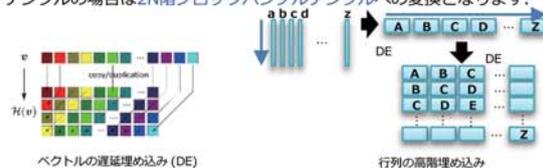
テンソル表現とは?

テンソルとは, ベクトルや行列の拡張で, 多次元配列のことです. ベクトルは1階テンソル, 行列は2階テンソルというように, テンソル表現がもつ軸の数を階数と言います.



高階埋め込み変換とは?

高階埋め込み変換とは, 遅延埋め込みの対象をテンソルに拡張したものです. 時系列データなどのベクトルの場合は, ハンケル行列への変換であり, N階テンソルの場合は2N階ブロックハンケルテンソルへの変換となります.



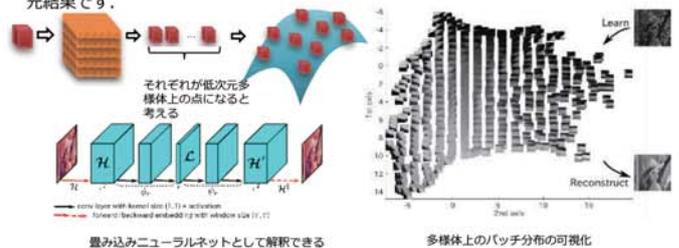
高階埋め込み表現の利点

高階埋め込み表現の主な利点は, シフト不変な特徴が抽出しやすくなることです. 以下の例では時系列データを遅延埋め込み後, 特異値分解すると離散コサイン基底と似た成分が抽出されています. 同じことが画像データにも当てはまります.



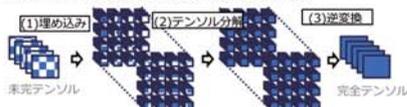
高階埋め込み多様体モデリング [arXiv, 2019]

高階埋め込みによるブロックハンケルテンソルに対して自己符号化器という多様体学習の手法を適用した研究成果です. 畳み込みニューラルネットワークとの関係性も論じています. ※上記の画像復元の例の数々はこの手法による復元結果です.



高階埋め込み低ランクモデリング [CVPR, 2018]

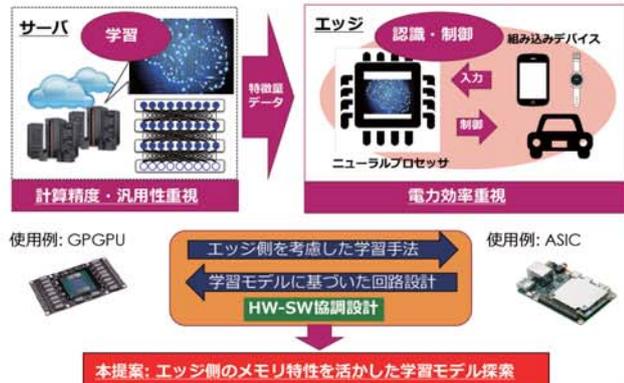
高階埋め込みによるブロックハンケルテンソルに対して Tucker 分解というテンソルモデリングの手法を適用した研究成果です.



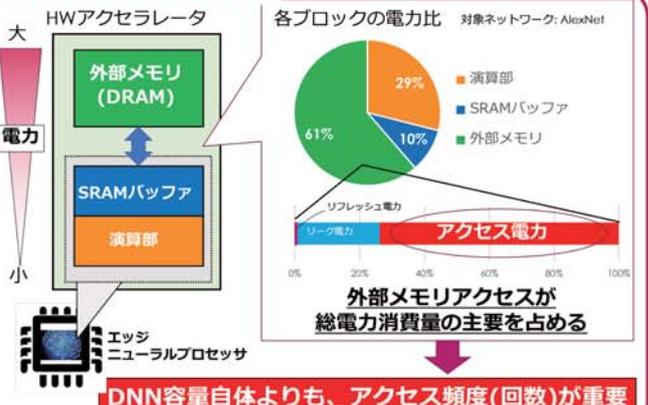
その他の研究成果

- シフト不変な離散コサイン基底 [APSIPA ASC, 2018]
- 動的PET画像再構成への応用 [ICCV, 2019]
- 多変量時系列予測への応用 [AAAI, 2020]

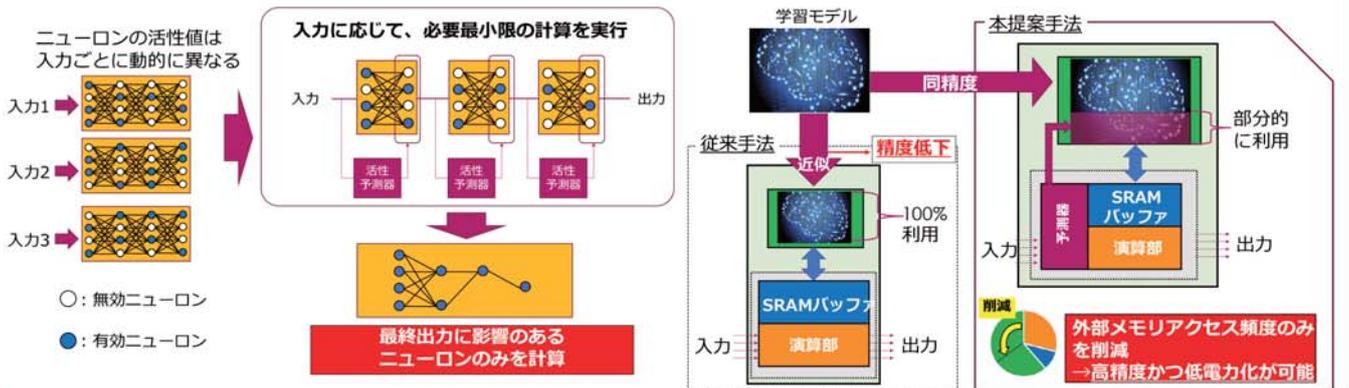
1. 低電力計算環境下でのAI計算



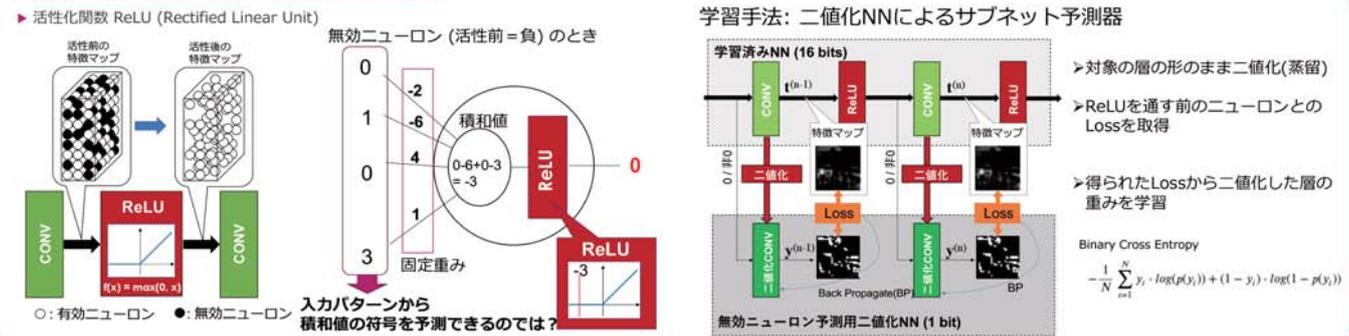
2. 実計算機の消費電力



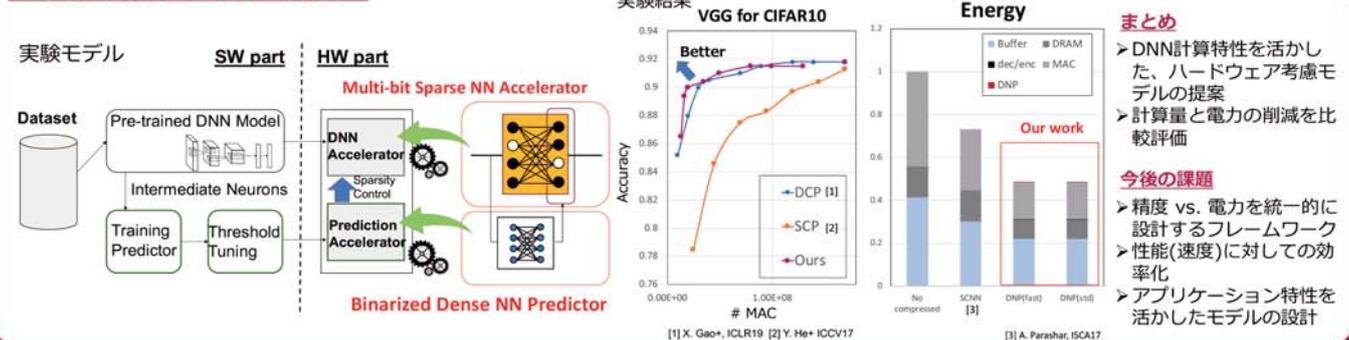
3. 提案: 動的予測による計算量・メモリアクセス数の削減



4. 手法: 無効ニューロンの予測器学習



5. 結果: 計算量と電力量の削減



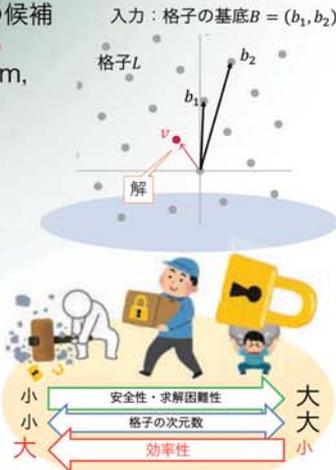
最強の解読法で作る安全な暗号技術

研究課題名：大規模並列計算に適した高速な格子基底簡約アルゴリズムの開発

照屋唯紀 産業技術総合研究所 サイバーフィジカルセキュリティ研究センター 研究員

目的：安全な格子暗号の実現

- 格子暗号は耐量子計算機暗号の候補
- 格子の最短ベクトルを探索する問題(Shortest Vector Problem, SVP)の困難性が安全性の根拠
- 完全準同型暗号や関数暗号が構成可能
- 高次元のSVPは求解困難
 - 量子計算機を利用しても理論上困難
- 次元数を大きくすると、困難性(安全性)が高まる
- 次元数が大きすぎると、実用性が失われる



解決したい問題：

- 安全性と実用性を両立する
- 「丁度良い次元数」を明らかにしたい！

アプローチ：

- 最強の解読法の開発
 - まず最速の求解法=最強の矛を作る！
 - 求解計算量の推定方法の開発
 - 丁度良い次元数を求めて安全な盾を作る！
- 実用的な量子計算機が登場しても安全な暗号技術の提供が可能に
- 情報システムやサービスの安全性の確保
 - プライバシーの保護・配慮したサービスの構築



成果：求解計算量推定法を提案

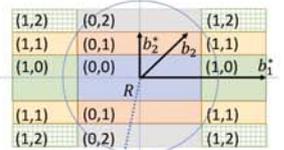
- 格子点サンプリングが出力する格子点の長さの分布を推定する方法を提案^[1]
- 推定した分布から求解計算量を推定可能

格子点サンプリングの入力：

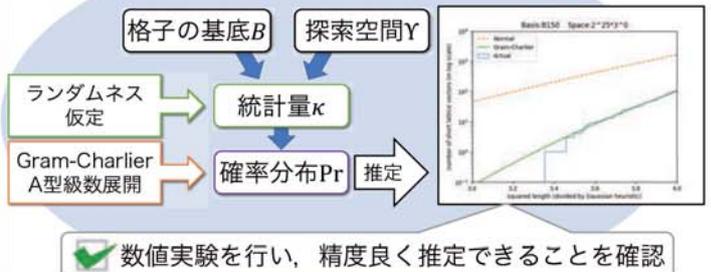
- 格子の基底
- 探索空間(=超直方体の集合)

出力：

- 探索空間内の格子点の集合



短い格子点はいくつあるのか？ → モデル化 → ある半径の超球と交わる超直方体の体積はいくらか？



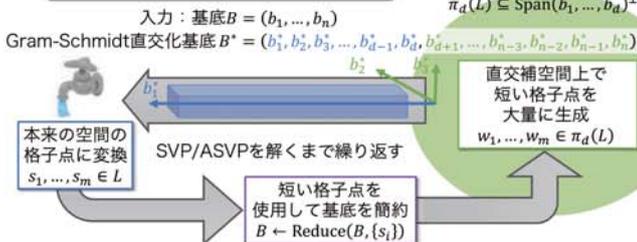
提案法の応用例：

- 格子点列挙・Babaiの最近平面アルゴリズム・射影格子ふるいの求解計算量推定
- 基底の良さの評価

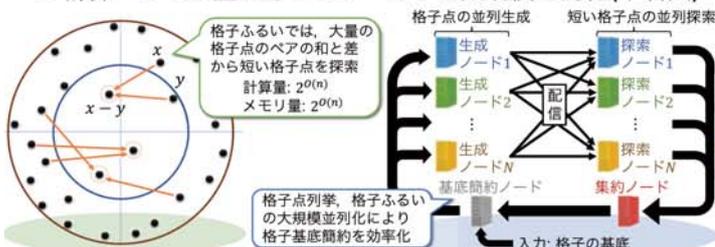
[1] Matsuda, Teruya, Kashiwabara: Efficient Estimation of Number of Short Lattice Vectors in Search Space under Randomness Assumption. APKC 2019. doi:10.1145/3327958.3329543

高速な格子基底簡約アルゴリズムの開発に向けて

サンプリングリダクションの概要

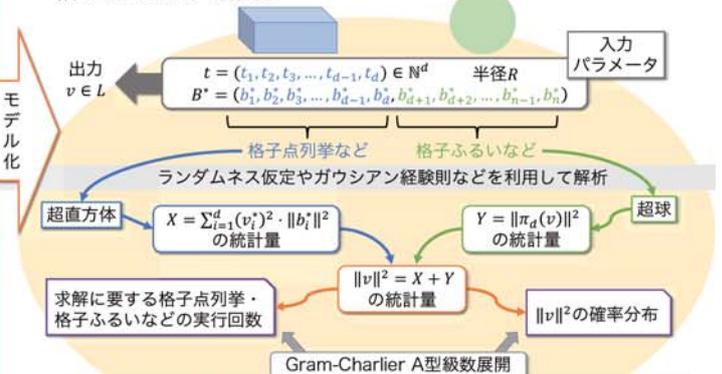


- サンプリングリダクション(上図)を拡張
- 新たに格子ふるい(下左図)を導入して格子点生成を高速化
 - 膨大なメモリ使用量がボトルネック
 - 計算・メモリ量双方でスケールする大規模並列化(下右図)



精密な求解計算量推定法の構築に向けて

- 利用するアルゴリズムに適した確率モデルの導入
- Gram-Charlier A型級数展開を応用し出力される格子点の長さを推定



$$f(x) = \frac{\phi(x)}{\sqrt{\pi}} \left(1 + \sum_{r=1}^{\infty} \frac{\text{Bell}_r(0.0, \kappa_2, \dots, \kappa_r)}{r! \sqrt{\kappa_2^r}} \text{He}_r(x) \right), \quad F(x) = \Phi(x) - \phi(x) \sum_{r=1}^{\infty} \frac{\text{Bell}_r(0.0, \kappa_2, \dots, \kappa_r)}{r! \sqrt{\kappa_2^r}} \text{He}_{r-1}(x).$$

- アルゴリズムのシミュレータの構築
- 入力パラメータに対する評価関数の構築
 - 求解計算量の推定やさらなる効率化に応用

効率化・計算量の推定



人の動作技量を再現する外骨格ロボット制御 古川淳一郎 ～動作意図予測に基づくアシスト～

解決したい問題 ヒトの動作意図や状態に応じて外骨格ロボットを制御する方法が未確立



外骨格ロボット



予め決められた軌道（専門家がデザイン）をロボットが追従
 ▶ 歩行訓練など
 ▶ スイッチによりロボットの力をOn/Offすることでアシスト
 ▶ 重荷の保持など

- 限られた状況でしか使用できない
- 装着者の状態や意図に対し適切な制御になっているのか不明

未来ビジョン 環境や状態に応じた最適な外骨格ロボット制御によるヒトとロボットの協調

Anytime
Anywhere



アシストロボット活用

< 学術への影響 >
Assistability (アシストのしやすさ等の状態) の定量化
 ▶ アシスト方法をシステムティックに決定
 ▶ ヒトがヒトをアシストするような親和性の高い制御を実現
 < 社会・産業への影響 >
 アシストロボットを多様な場面で活用可能

提案方法および成果 装着者の動作目的予測および状態評価に基づく最適な制御方法



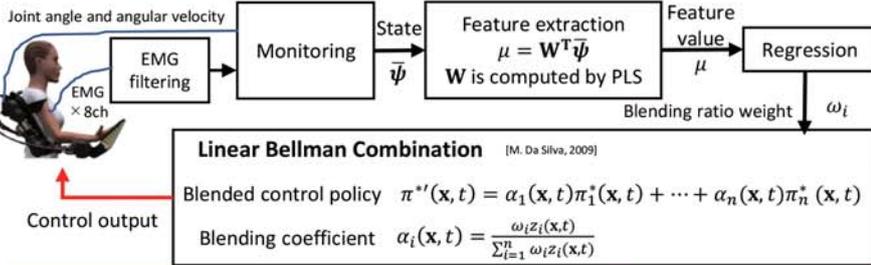
- ヒトの動作目的予測
 - ヒトの運動状態評価
- 最適な制御入力算出

< 成果 >
スポーツ動作に適応
 ▶ 動作負荷軽減
 ▶ 運動パフォーマンス向上

従来では静的な動作が主

動作意図推定に基づく最適アシスト制御

< 提案制御フレームワークで可能にしたこと >
 • 連続的に変化する動作目的の予測
 • 動作目的および状態に応じた最適制御則の導出



非線形システムの最適制御
 Iterative linear quadratic gaussian (iLQG)
 $\pi^*(u|x) \leftarrow \arg \min_{\pi} v^{\pi}$
 < Objective function > $v^{\pi} = g(x(T)) + \sum_{t=0}^{T-1} l(x, \pi, t)$
 < Dynamics model > $x(t+1) = f(x(t), u(t))$
 $x(t)$: state variable
 $u(t)$: control input

iLQG #n
 Pre-computed optimal control policy π_n^*
 Desirability function $z_n(x, t) = \exp(-v_n^*(x, t))$

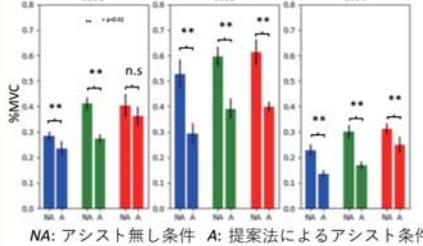
iLQG #1
 Pre-computed optimal control policy π_1^*
 Desirability function $z_1(x, t) = \exp(-v_1^*(x, t))$

< Experiment: Ball throwing >

スピード、精度が要求されるアシスト制御はChallenging



< Results >



ゴールシュート率

	sub1	
	NA	A
1m throw	100%	100%
2m throw	100%	50%
3m throw	0%	50%
	sub2	
	NA	A
1m throw	90%	100%
2m throw	0%	100%
3m throw	0%	0%
	sub3	
	NA	A
1m throw	100%	80%
2m throw	10%	60%
3m throw	0%	70%

ボール投げ動作の負荷減少

平均 44.4% → 67.8%

精度向上

< 外骨格ロボット制御実験の様子 >



Scaled Time

様々な評価方法に適応する機械学習

弱い教師データに基づく低分散なリスク推定方法の開発

包含 (つつみふくむ)

東京大学 情報理工学系研究科・博士課程

課題と研究の概要

Q. ユーザーの“目的”に応じた予測を行うには？

例

- 陽性の患者は漏れなく発見したい
- クレジットカードの不正利用は必ず検知したい

成果: 与えられた評価指標の下で性能を最大化する学習方法

- F値など現実的な評価指標を考慮した分類器の学習方法を提案
- 勾配法を基にした効率的な最適化が可能
- 最大性能の達成を理論的に保証

ユーザーの意図を適応的に汲み取る学習・予測アルゴリズムが必要！

✗ 正答率80%だが、陽性患者が検出できず



○ 正答率80%だが、陽性患者を検出できている



研究成果の詳細

[Bao & Sugiyama AISTATS 2020]

Calibrated Surrogate Maximization of Linear-fractional Utility in Binary Classification

分数線形型の評価指標

$$U(f) = \frac{a_0 TP + b_0 FP + c_0}{a_1 TP + b_1 FP + c_1}$$

- 正答率よりも柔軟な真陽性(TP)と偽陽性(FP)のトレードオフ
- ユーザーが分類器に求める性質に応じて事前に指定

例: 正答率 $\frac{TP + TN}{2TP + FP + FN}$
 F値 $\frac{2TP}{2TP + FP + FN}$
 Jaccard指標 $\frac{TP}{TP + FP + FN}$

Q. どのように $U(f)$ を最大にする分類器 f を探す？

アプローチ: TP & FPを最適化しやすい関数に置き換える

元の評価指標

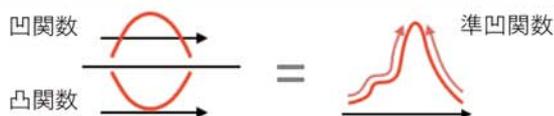
$$\frac{a_0 E_P + b_0 E_N + c_0}{a_1 E_P + b_1 E_N + c_1}$$

最適化しやすい「代理」関数

$$\frac{a_0 E_P + b_0 E_N + c_0}{a_1 E_P + b_1 E_N + c_1}$$

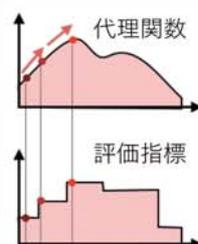
- 勾配が計算可能
- 「凹関数 / 凸関数」の形

性質① 効率的に最適化可能



- 凹関数 / 凸関数 = 準凹関数 (山=最大点が1つだけ)
- (修正した) 勾配法で効率的に最適化可能

性質② 最適解への収束保証



- 適合性: 最適解が元の関数の最適解と一致
- ある条件の下で適合的であることを証明

分数線形型の評価指標に対する初の適合性保証！

あなた専用の速習ロードマップ！

「〇〇語で、語学以外の専門分野(例: 科学)を勉強する語学学習者」を支援したい→**専門分野の語彙の学習が特に重要**
 ・学習者ごとに学習すべき語彙が異なる→「あなた専用」(個人化)
 ・学習者の専門分野と語学の両方を熟知した人材は少ない
 →人手で教材を作ることは困難。自動化したい。

どうやって「あなた専用」にする？

- × システムを一カ月使ってもらえれば...
- × TOEIC等の民間試験を受けてもらえれば...
- ✓ 数十分の単語テストを受けてもらえれば...

研究テーマ1:

既存手法: 学習者が覚えた方がよい単語の推薦
 問題点: 単語には複数意味がある。どれを覚えれば？
 研究目標: 単語の用例の違いを自動認識して、学習者が覚えた方がよい用例を教える

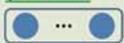
1年半の

達成状況の凡例: 大枠はできた部分, 今後の課題

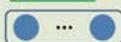
文脈化単語埋め込み:

文脈によって異なる単語埋め込みベクトルを出力する技術。
 BERT [Devlin et al., 2019]など。

... a *period* called the Ediacaran ...



... the magnetic field *period* ...



異なる

背景

a): どの語を覚えると、どの本が読める？

テキスト中の語の95%以上~98%以上(述べ語数)を知っている
 ⇒テキストが読める
[Laufer 1989, Nation 1989, Nation 2006, Laufer 2010]
 (応用言語学分野で複数の実験報告)

背景

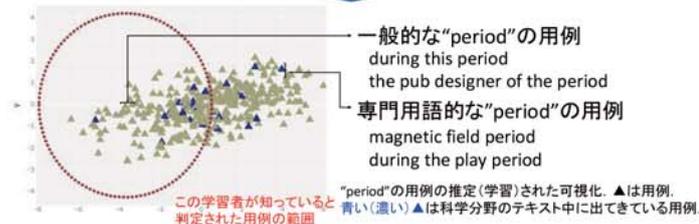
b): どの本が読めると、どの語が覚えられる？

・全単語を知っている本、出てくる単語が全く分からない本
 →学習に役立つ
ギリギリ読めるぐらいの本が学習に役立つ! [Krashen, 1985]

提案モデル

次を特徴とするニューラルネットワーク

- ・学習者の能力を潜在空間上で領域表現
- ・離散値である用例点数を連続近似して微分可能にし、深層学習ライブラリを適用可能に



間接的な精度評価

ドメイン	修正	精度
arts	修正前	0.61
	修正後	0.64
全ドメイン	修正前	0.67
	修正後	0.72

提案手法は、学習者によく知られていないような用例を考慮して単語頻度を修正できる。人手で分野が偏らないように調整された均衡コーパスの単語頻度は、学習者がある単語に正答するか否かの判別に有効であることが知られている。提案手法によって修正されたコーパスの単語頻度を特徴量として用いた時に、この判別問題にどれだけ有効であるかを測定した。この結果が、上の表。提案手法が用例の意味を考慮してどの程度うまく単語頻度を修正できるかを示している。

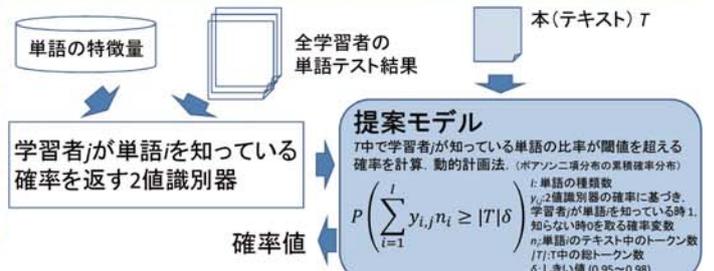
低能力

高能力

今後の進展:

- ・学習者が知っている用例のデータセット作成&半教師あり学習
- ・多義語(多クラスタ)に対応可能な主要な用例の検出・可視化
 →主要な用例 = 外れ値(異常)ではない用例の発見
江原, 言語処理学会2020, 人工知能学会2020

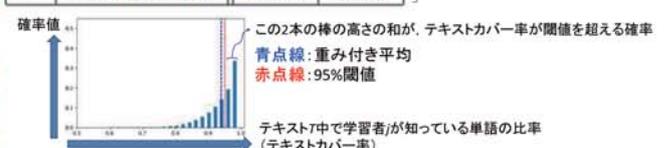
関連成果: NLP若手の会第14回シンポジウム奨励賞(7/93件), PACLING poster, ICDM MLCS workshop, ICMLA 2019 (採択率28.5%), NL4XAI workshop, Learning Analytics and Knowledge (LAK 2020) poster



評価:

単語テストと読解テストの両方を被験者100人に解かせたデータセットを新たに作成。単語テスト結果だけから、各学習者が読解テストの各設問に正答/誤答するかを予測。表中の数値はMean Average Precision 多数の(読解課題テキスト, 設問文)ペアの中から、各学習者が正答するペアの検索精度に相当。

	Methods	Laufer	Short	
Conventional	VST	0.4880	0.5437	語彙サイズだけを用いる既存手法
	H-LR	0.5797	0.5304	
	H-NN	0.5810	0.5393	
	H-LR+GLOVE	0.5113	0.5613	
	H-NN+GLOVE	0.5250	0.5631	
W. Avg.	A-LR	0.4880	0.4885	確率×頻度の重み付き平均 (低い方に引きずられてしまい、既存研究の閾値が使えない)
	A-NN	0.4880	0.4885	
	A-LR+GLOVE	0.4880	0.4885	
	A-NN+GLOVE	0.4880	0.4885	
Proposed	UA-LR	0.6314	0.6533	提案手法
	UA-NN	0.6172	0.6533	
	UA-LR+GLOVE	0.6305	0.6743	
	UA-NN+GLOVE	0.6159	0.6524	



今後の進展:

- ・単語テスト結果 & 学習者が読めるテキストの両方を記録したデータセット作成&半教師あり学習
- ・あるテキストを読むことにより学習者が覚えらる単語数を利得としたとき、利得の期待値と分散(リスク)を両方考慮した適切な学習用テキストの推薦→推薦のための強化学習

関連成果: 第44回教育システム情報学会全国大会大会奨励賞(論文+発表審査で4/79件) ICMLA 2019 (採択率28.5%), 人工知能「私のブックマーク 語彙学習支援システム」(解説記事)

無線LAN通信を使って「見る」

課題名: 無線通信を用いた車両・自転車・歩行者検出技術

石田繁巳 (九州大学大学院システム情報科学研究院 助教)

ACT-i



九州大学

解決したい問題

■ ITS (Intelligent Transport System)

- 情報技術を用いて道路の安全性、効率、利便性、信頼性などを向上させるシステム
 - 交通状況を考慮したルート案内
 - 衝突回避
 - (半)自動運転車

⇒カメラを使わず車、自転車、歩行者をセンシングしたい

- ITSに限らず、屋内外を問わずカメラを使わないセンシングの要望は多い

どのように未来を切り拓くのか

無線LAN通信によるセンシングを屋外で実現



ACT-I期間での研究成果: ひとことで言うと「第1歩目ができた！」

(1) 通信が遮られる環境での歩行者位置センシング

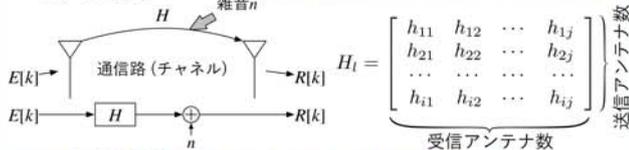
- 障害物が存在する36m×10mの屋外空間
- 無線LAN送受信機を通信が遮られる位置に設置
- 11個のエリアに区切り、歩行者がいるのか、いる場合にはどのエリアを歩いているのかを推定
- 歩行者のいるエリアを精度99.6%で推定できた

(2) 通過車両の検出と車両種別のセンシング

- 1車線約3mの片側1車線 (合計2車線) 道路
- 道路横の歩道に無線LAN送受信機を設置
- 自転車を含む車両の通過の検出と車両が通過した場合はその車両種別を推定
- 平均精度84.2%で通過車両の種別を推定できた

基本アプローチ

- 無線LAN通信=OFDM:複数のサブキャリアを使って通信
- 各サブキャリアのチャンネル応答 (送信信号がどう変化するか) を取得



⇒CSIを機械学習することでセンシングを実現

屋外センシングでの課題

- センシングに必要な不可欠なマルチパスが少ない

- 環境変化による影響が小さく、センシングが困難

<屋内> サブキャリア毎にパスが異なる 少しい環境変化で大きく変化

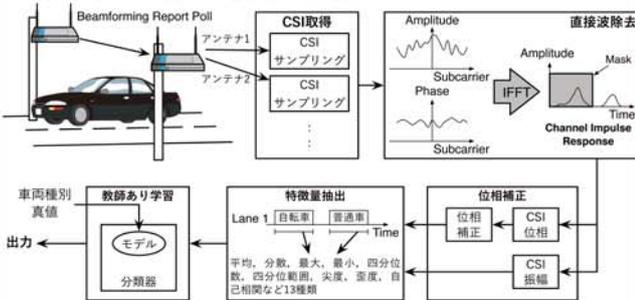
<屋外> サブキャリア毎の差はほぼ無い マルチパスは少しだけ変化



車・自転車・歩行者センシング

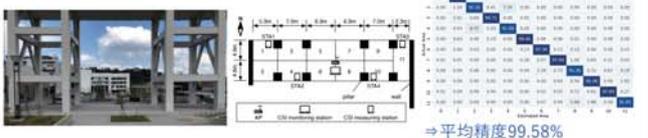
- CSI (=周波数応答) をIFFTして時間領域に変換し、最も早く到着した信号成分を除去してから機械学習

- 最も早く到着した信号 = 直接波



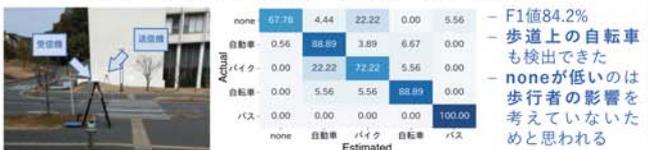
性能評価

■ NLOS歩行者検出



■ 路上実験

- 単一のターゲットが通過する場合のみで評価



今後の展開

屋外での無線LANセンシングは応用先が多そうだが、まだまだ残された課題

- 草木などの再現性の低い環境変化の影響をどのように排除するか
- センシング対象状態の微妙な差に対するロバスト性をどのように確保するか
- 複数のセンシング対象をどのように分離するか



これらを解決するための研究開発を今後も継続したい

昆虫脳を模倣する電子回路システムの実現を目指して!!

「昆虫の嗅覚神経系を模倣したシリコン神経ネットワーク」

東京大学 生産技術研究所 名波拓哉

概要

昆虫脳

かしこい

- 0を含めた数の概念を理解する [S. R. Howard et al., *Science*, 2018]
- 足し算・引き算ができる [S. R. Howard et al., *Sci. Adv.*, 2019]
- 球転がしゲームを学習する [O. J. Loukola et al., *Science*, 2017]



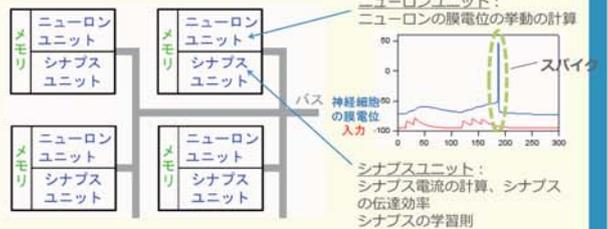
回路構造がよく理解されている

[Z. Zheng et al., *Cell*, 2018]
ショウジョウバエ成虫全脳の電子顕微鏡データを取得

回路規模が小さく消費エネルギーが少ない

シリコン神経ネットワーク技術

神経系を電子回路上で効率よく再現する技術



昆虫脳を模倣する電子回路システムの創出を目指す!!

本研究期間では

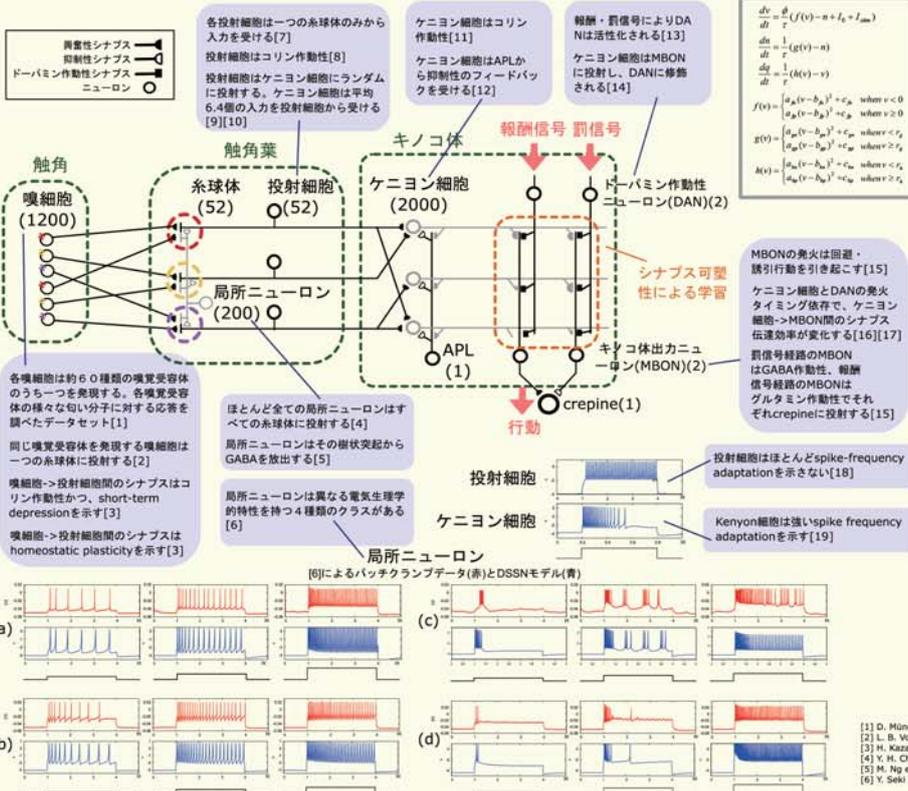
神経回路規模が特に小さく、構造・機能がよく理解されている嗅覚神経系を対象とする

何に役立つ?

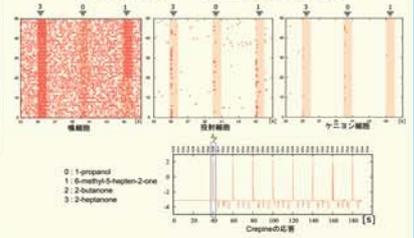
昆虫の嗅覚神経系を模倣して、匂いセンサ情報を効率よく処理する人工システムの実現につながる

詳細

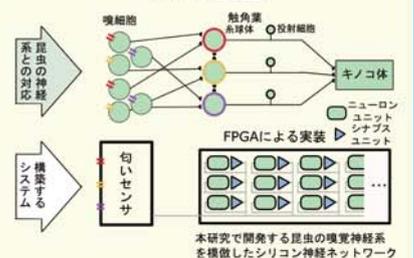
構築した神経ネットワークモデル



シミュレーション結果例



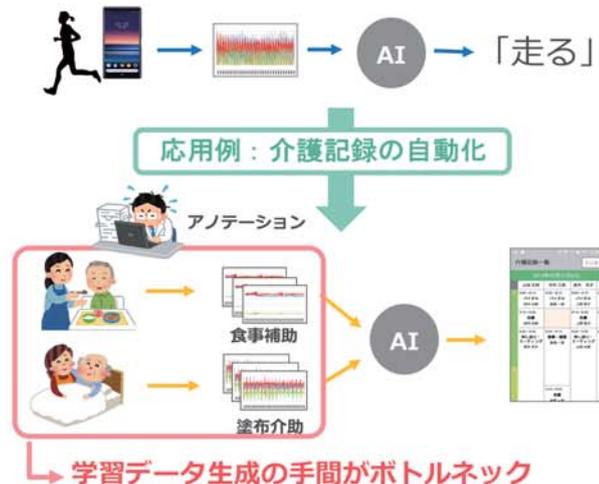
今後の展望



[1] O. Münch et al., 2016
[2] L. B. Vosshall et al., 2000
[3] H. Kazama et al., 2008
[4] Y. H. Chou et al., 2010
[5] M. Ng et al., 2002
[6] Y. Seki et al., 2010
[7] R. F. Stocker et al., 1990
[8] K. Yasuyama et al., 1999
[9] S. J. C. Caron et al., 2013
[10] E. Grunman et al., 2013
[11] O. Barnstedt et al., 2016
[12] M. Papadopoulos et al., 2011
[13] C. Liu et al., 2012
[14] Y. Aso et al., 2014a
[15] Y. Aso et al., 2014b
[16] T. Hige et al., 2015
[17] Y. Aso et al., 2016
[18] M. Jeanne et al., 2018
[19] M. J. Palmer et al., 2012

Background

センサベース行動認識は、一般的に教師あり機械学習が用いられるため、全クラス種のアノテーションが必要。

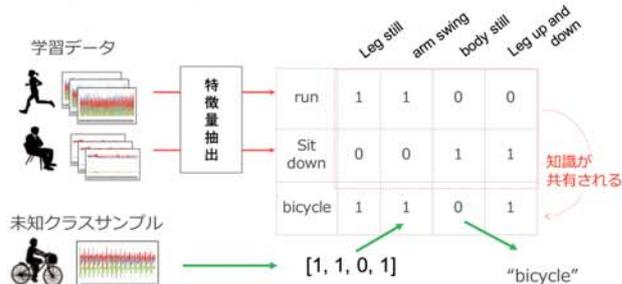


Related Work

Zero-shot学習法によるデータ収集の効率化

教師データにないクラスを推定する学習方法

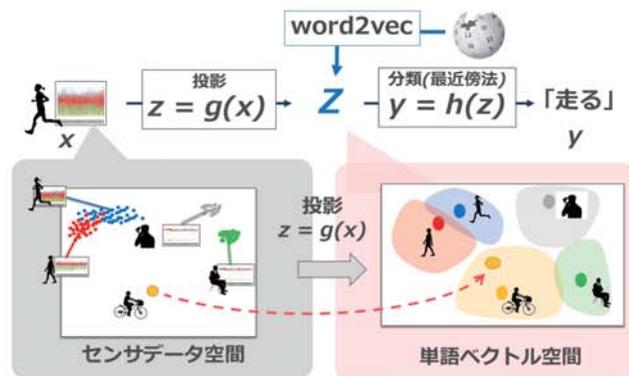
全てのクラスに対して属性の有無を1,0で表した属性ベクトルの使用
 手順1. センサ→属性ベクトルを学習する。
 手順2. 未知クラスセンサ→属性ベクトルを推定し、
 手順3. 推定される属性ベクトルから類似ベクトルを探索。



課題：属性ベクトル生成の手間が実用的でない

Objective

単語ベクトルを適応させより実用的な手法を目指す



Research Theme

テーマA：既存手法と比べて推定精度は？

属性ベクトル vs 単語ベクトル, 領域単語ベクトル



テーマB：実用化できるのか？

スマートウォッチを用いた行動認識による実用化検証



介護士用に手元でデータ記録ができるデータ収集システムの開発

介護行動を収集し、実用化の評価

Result

テーマAの結果



テーマBの結果

2ヶ月分 実際の介護施設でデータ収集 (4クラス)

- 食事補助
- 片付け
- 塗布補助
- 歯磨き補助



Future Work

未実施の検証

実用データ(介護行動データ)を用いた単語ベクトルを用いたZSL手法の性能評価

新たな課題と仮説

行動テキストとセンサデータの互換性が重要
 仮説：属性単語の足し算による知識空間の再構築

決定グラフを用いた組合せ最適化問題に対する統一的解法の研究

石畠 正和 (NTTコミュニケーション科学基礎研究)

- 組合せ最適化とは、離散構造（グラフ、集合、論理などの離散的な対象）に関する最適化問題である。
- 組合せ最適化は様々な問題を包含するため、問題ごとに個別に解法が設計・実装されている。
- 統一的な解法が存在すれば、問題の変更や制約の追加に伴い解法を新たに設計・実装する必要がなくなる。
- 本研究プロジェクトでは決定グラフを用いて**組合せ最適化に対する統一的な解法**の構成を目指す。

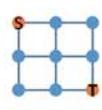
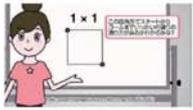
決定グラフ

離散構造を効率的に扱うための索引構造であり様々な基本演算を提供

離散構造は組合せ爆発を引き起こす

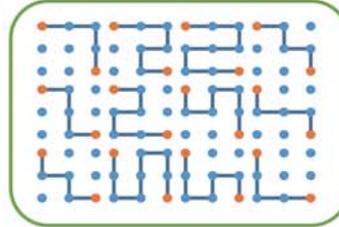


例) お姉さん問題 (s-t パスの数え上げ)



S から T に至るシンプルパスの数は?

- グラフサイズに対して指数的に増加
- 愚直に計算すると何億年もかかる



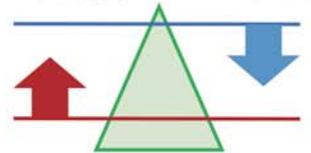
索引構造 (決定グラフ)

指数的に多い対象を圧縮表現



基本演算 (動的計画法)

- 数え上げ
- 線形関数最大化
- 確率計算 などなど



プロジェクト成果

決定グラフを利用した高速・厳密な組合せ相関検定法 (= 新たな演算)

組合せ相関検定: 「観測 x は構造に依存している?」という質問に答える

例) 都道府県別の人口の増減は地域性を持つか?

帰無仮説: x_1, \dots, x_d は互いに独立

対立仮説: $\exists S \in \mathcal{F}, p(x_i | i \in S) \neq p(x_j | j \in S)$

ある仮説パターン $S \in \mathcal{F}$ が存在し、その内側と外側で分布が異なる



赤: 人口が増加
白: 人口が減少

仮説パターン集合 \mathcal{F} : 観測の構造を定義するパターンの集合

例) 地域性: $\mathcal{F} = \{S \subseteq [47] \mid S \text{ は連結}, |S| = \ell\}$

一般的に \mathcal{F} は指数的に大きい

例えば $\ell = 3$ のとき {京都, 大阪, 奈良} $\in \mathcal{F}$

どこが難しい?

仮説パターン集合 と レアイベント集合 は指数的に大きい

組合せ相関検定の手順

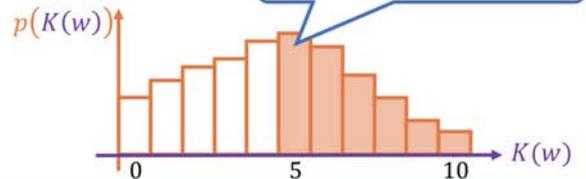
1. 観測 $x \in \{0,1\}^d$ と 仮説パターン集合 $\mathcal{F} \subseteq 2^{[d]}$ を取得
2. 観測 x の Scan 統計量 (= 偏り) $K(x)$ を計算
3. 偏り $K(x)$ の P値 (= 稀さ) を レアイベント集合 \mathcal{W} から計算
4. P値が有意水準より低ければ帰無仮説を棄却

Scan 統計量: $K(x) = \max_{S \in \mathcal{F}} \sum_{i \in S} x_i$

P値: $P = \sum_{w \in \mathcal{W}} \prod_{i \in [d]} p(w_i) =$

例) $\ell = 10, K(x) = 5$

$K(w) = 5$ である w の確率の和



レアイベント集合 \mathcal{W} : 現在の観測 x よりも稀な観測の集合

$\mathcal{W} = \{w \in \{0,1\}^d \mid K(w) \geq K(x)\}$

一般的に \mathcal{W} は指数的に大きい

提案手法

仮説パターン集合 と レアイベント集合 を 圧縮したまま P値 を計算

$$K(x) = \max_{S \in \mathcal{F}} \sum_{i \in S} x_i$$

$$\mathcal{W} = \left\{ w \in \{0,1\}^d \mid \max_{S \in \mathcal{F}} \sum_{i \in S} w_i \geq k \right\}$$

$$P = \sum_{w \in \mathcal{W}} \prod_{i \in [d]} p(w_i)$$

圧縮したまま
厳密計算



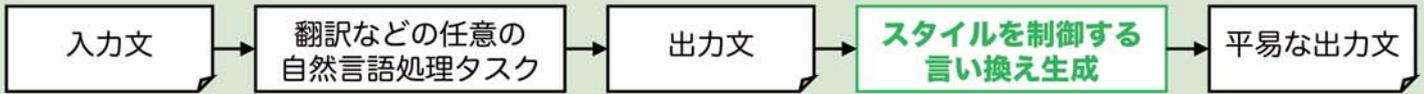
線形関数最大化の逆問題
圧縮したまま構築



圧縮したまま
厳密計算

語彙制限に基づくパーソナライズされたテキスト生成

～ 好みに合わせたテキスト生成 ～ 梶原智之 (大阪大学) kajiwara@jnlp.org



Please be careful -----> 厳重に注意してください -----> 気をつけてください

課題：自然言語処理において、出力文の意味的・文法的な正しさに加えて、**スタイルの良さ**も追求したい
 解法：使用できる**単語を制限**することによってスタイルを制御できるテキスト生成モデルを開発する
 成果：難しい→易しい・カジュアル→フォーマルのスタイル変換の性能を改善した (ACL-2019, AAI-2020)

出力単語を制御するスタイル変換 (ACL 2019), テキストの難易度制御 (ACL-SRW 2019, 言語処理学会論文誌)

$$PMI(w, s) = \log \frac{P(w, s)}{P(w)P(s)} = \log \frac{P(w|s)}{P(w)}$$

自己相互情報量：単語wとスタイルsの関連の強さを測る

Negative Lexically Constrained Decoding for Paraphrase Generation (ACL 2019)

$s \in \{\text{Complex, Simple}\}$ $s \in \{\text{Casual, Formal}\}$

- ① 自動 (PMI) または手動で難解な単語を検出
- ② 検出した難解な単語を使わずに言い換え生成

	BLEU	Complex → Simple	Casual → Formal
先行研究の最高性能		24.3	74.5
RNN (Recurrent Neural Network)		24.1	74.7
RNN + 自動検出		24.7	75.9
RNN + 手動検出		36.4	79.3

Controllable Text Simplification with Lexical Constraint Loss (ACL-SRW 2019)

$s \in \{1, 2, 3, \dots, 12\}$

1~ 6: 小学1年生~小学6年生
 7~ 9: 中学1年生~中学3年生
 10~12: 高校1年生~高校3年生

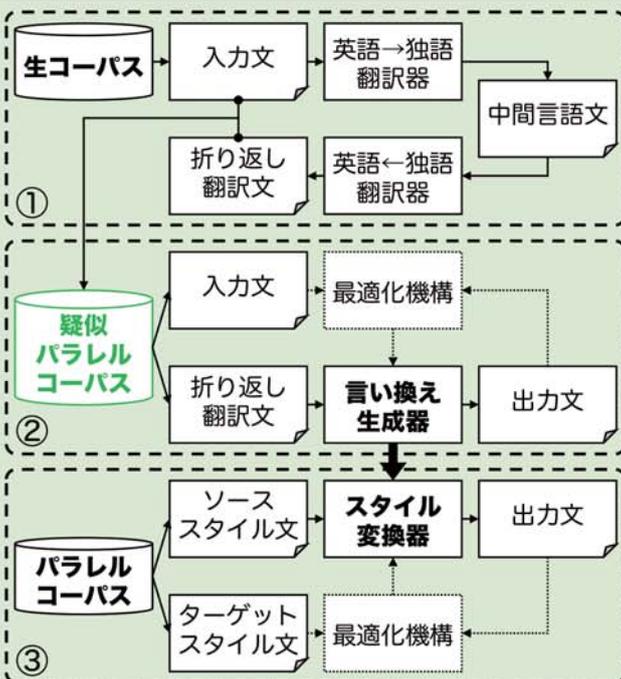
- (A) 文の難易度：文とともに目標学年を入力
- (B) 単語の難易度：CE損失をPMIで重み付け

	総合評価 (BLEU)	正解文と出力文のフレーズの一貫率	出力文の単語と目標学年の平均絶対誤差	出力文の単語と目標学年のPMIの平均値
RNN	20.4	4.38	0.12	
RNN + A	20.8	3.77	0.15	
RNN + AB	21.9	3.69	0.19	

高校生向け Verhasselt took the car to Houston last year for its first Shell competition, placing third of six hydrogen-powered vehicles.
 中学生向け Verhasselt took the car to Houston last year for its first Shell **competition**.
 小学生向け Verhasselt took the car to Houston last year for its first Shell **race**.
 “competition”を指定 Verhasselt took the car to Houston last year for its first Shell **contest**.

論文は以下を参照してください
<https://sites.google.com/site/moguranosenshi/projects/paraphrase-generation>

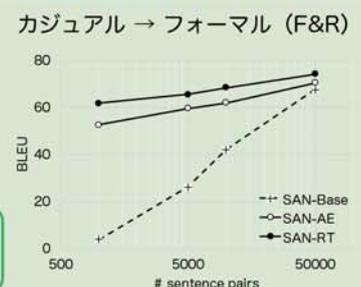
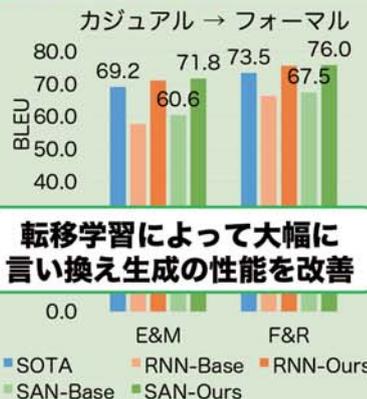
スタイル変換における少資源問題への対策 (AAAI 2020, 情報処理学会第241回自然言語処理研究会 若手奨励賞)



- ① 折返翻訳：生コーパスから疑似パラレルコーパスを構築
- ② 事前訓練：汎用的な言い換え生成モデルを訓練 (スタイル非依存)
- ③ 再訓練：スタイルに特化した言い換え生成モデルに調整

入力文 I love watching the show.
 Thanks for asking the question.
 The key to a successful relationship is good communication.

折り返し翻訳文 I love to see the show.
 Thank you for the question.
 Good communication is the key to a successful relationship.



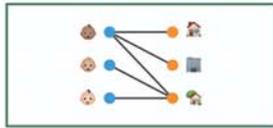
転移学習によって大幅に言い換え生成の性能を改善

1,000文対でも高品質なスタイル変換

重みつき組合せ最適化と多項式行列理論のインタラクション

大城 泰平 (東京大学)

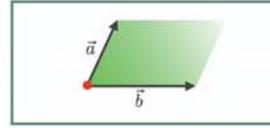
～多項式で探す、ベストな選択肢～



組合せ最適化

— 「一番良い選択肢」を探す学問

例：どの子供をどの保育園に配属すると待機児童の数を最小にできるか？



行列 (線形代数)

— 「真っ直ぐな空間」を扱う学問

例：平面上の与えられた 3 点は同一直線上に乗っているか？

両学問の "インタラクション"



組合せ最適化問題

線形代数を経由し、組合せ最適化問題を解く
組合せ最適化の道具を活用し、線形代数 (行列) の問題を解決する

行列の問題

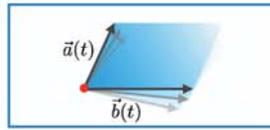
$$\begin{pmatrix} 1 & 1 & 0 \\ 2 & 2 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$



重みつき組合せ最適化

— 各選択肢の価値は、一様でない

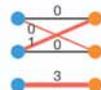
例：限られた容量のナップザックにどの荷物を積むと一番うれしいか？



多項式行列

— 時刻とともに変化する空間

例：時刻とともに変化する平面上の 3 点が同一直線上に乗る瞬間は存在するか？



重みつき組合せ最適化問題

本研究で創出する "インタラクション"

課題① 重みつき行列木定理
課題② 多項式行列式の次数計算

多項式行列の問題

$$\begin{pmatrix} 1 & 1 & 0 \\ 2x & 2 & 0 \\ 0 & 0 & x^3 \end{pmatrix}$$

異なる学問をつなぎ、広げ、情報科学の地図にあらたな道を引く

課題① 重みつき行列木定理



Gustav R. Kirchhoff

行列木定理：グラフの全域木の数はそのグラフから作られるある行列の行列式に等しい。 [Kirchhoff 1847]

の全域木の数 = $\begin{pmatrix} 3 & -1 & 0 & -1 & 0 & 0 \\ -1 & 3 & -1 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 3 & -1 & -1 & 0 \\ -1 & -1 & -1 & 4 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & -1 & 0 & 2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & -1 & 3 \end{pmatrix}$ の行列式 = 95

行列木定理の数学の本質は？どこまで拡張できるのか？

→ 行列式の展開項の符号の整合性が鍵
パフィアンペアまで拡張可能！ [Webb '04]

同じサイズの行列の組 (A_1, A_2) がパフィアンペア

$\Leftrightarrow A_1[B], A_2[B]$ がともに正則であるすべての列部分集合 B (共通基) に対し、 $\det A_1[B] \det A_2[B]$ が一定値

- 共通基を一つ求める問題：線形マトロイド交叉問題 [Edmonds '68, '70]
- 全域木その他、平面二部グラフのマッチングもパフィアンペアとなる
- パフィアンペアの共通基は行列式計算で効率的に数え上げ可能

研究成果

各列が重みをもっているパフィアンペアに対し
最小重み共通基の数を数え上げる効率的アルゴリズム

— 重みつき線形マトロイド交叉の多項式行列による定式化を活用

課題② 多変数多項式の次数計算

重みつき Edmonds 問題
 $\deg \det \begin{pmatrix} x_1 s & 0 \\ x_2 & s^2 \end{pmatrix} = ?$

線形微分方程式

線形差分方程式

歪多項式

[Oro 1933]

○ 普通の多項式

$$p(s) = a_0 + a_1 s + a_2 s^2 + \dots + a_l s^l$$

当然 $as = sa$ (可換)

○ 歪多項式

$$p(s) = a_0 + a_1 s + a_2 s^2 + \dots + a_l s^l$$

$$sa = \sigma(a)s + \delta(a)$$

一次の項

定数項 (おまけ)

線形微分方程式

$$\begin{cases} x'(t) + y(t) = 0 \\ x(t) + ty(t) = 0 \end{cases} \xrightarrow{D: \text{微分演算子}} \begin{pmatrix} D & 1 \\ 1 & t \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x(t) \\ y(t) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

歪多項式行列

定理

[Taitman '06]

歪多項式行列の行列式の次数 = 微分方程式の解空間の次元

研究成果

歪多項式行列の行列式 (Dieudonné 行列式) の
次数計算を定数行列の階数計算に帰着する手法

— 背後にある「離散凸性」を活用

物質の結晶構造を高速に予測するデータ解析技術の開発

『材料開発を加速する自動データ解析』

鈴木 雄太^{1,2} 1. 総合研究大学院大学, 2. 高エネルギー加速器研究機構



解決したい課題と背景

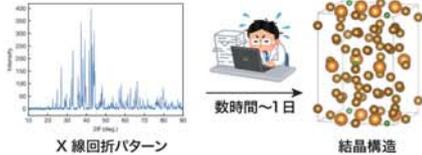
- 研究のボトルネックを解決し、材料開発を加速するデータ解析の効率化は、材料開発の加速に直結



- 優れた材料は豊かな社会の基盤
高性能磁石、リチウムイオン電池、青色LEDの実現など、優れた材料は社会を一変させるインパクトがある。材料開発の効率化は、社会全体に波及する基盤技術

- X線回折 (XRD) : 結晶構造を調べる基本
物質の性質は結晶構造 (原子の並び方) に支配される。XRDを使った結晶構造解析は、最も普及している材料解析手法の一つ。材料開発、創薬、美術品鑑定まで、様々な分野で活用されている。

- 生のデータを見てもよくわからない
計測データの解析には、試行錯誤と経験が必要
ネオジム磁石 (Nd₂Fe₁₄B) の例



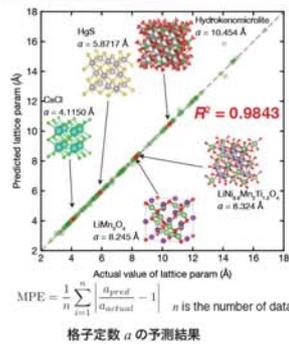
研究の目的

- 機械学習を用いて、XRDデータから高速に結晶構造を推定する手法を開発する。
- さらに、構築した機械学習モデルの解析やデータマイニングにより、「熟練者の勘」の具体化や、材料科学における新しい知識の発見を目指す。

結果 : XRDからの結晶構造予測

Triclinic	0.476	0.452	0.038	0.006	0.004	0.014	0.011
Monoclinic	0.033	0.864	0.097	0.004	0.001	0.001	0.000
Orthorhombic	0.003	0.068	0.898	0.022	0.002	0.005	0.001
Tetragonal	0.000	0.003	0.045	0.928	0.007	0.010	0.008
Trigonal	0.000	0.004	0.025	0.025	0.880	0.037	0.029
Hexagonal	0.000	0.001	0.009	0.018	0.023	0.944	0.004
Cubic	0.000	0.000	0.000	0.002	0.001	0.001	0.996

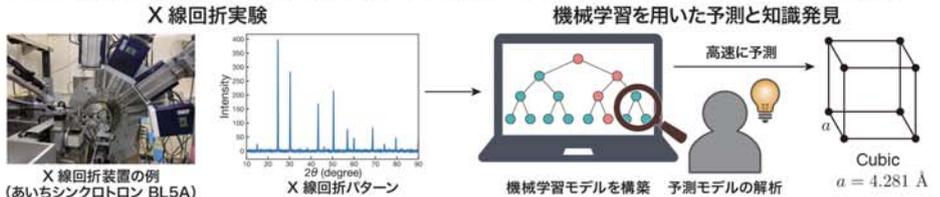
結晶系予測における混同行列



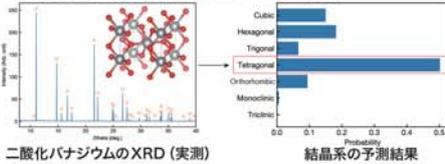
- 結晶系 (7クラス) の分類精度は 92.24% (上図)、空間群 (230クラス) について 92.42% (Top-5 Acc.) を得た。
- 測定中の on-the-fly 解析に用いるためには十分な精度が得られた。
- Cubic system の格子定数予測では、mean percentage error (MPE) は 0.83%, $R^2 = 0.9843$ となり、高い精度を得た。
- 70% 以上のデータでは MPE < 0.01%

ACT-I 期間中の成果

XRD 測定→機械学習モデルを用いた予測までの一連のワークフローを実証した



1. 高精度な結晶構造予測モデル構築

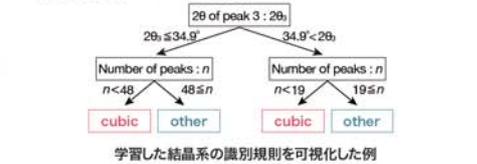


- 数時間かかる解析が1秒未満に
既存手法を上回る精度を得たほか、自動解析は難しいとされてきた実際の実験データについても、高速かつ適切な予測ができた。

今後の展望

- 結晶構造・材料特性のより高度な推定
形や大きさだけでなく、原子位置まで含めた構造推定の自動化、様々な計測モダリティを統合した材料特性推定の実現を目指し、引き続き研究に取り組む。

2. 機械学習モデルの解析

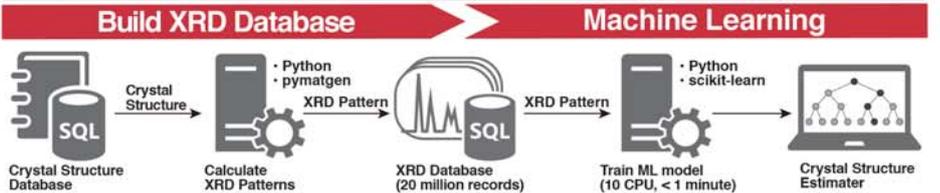


- 熟練者の経験則を具体化
学習した機械学習モデルを解析し、熟練者の直感 (XRD をひと目見ただけでおおよその構造がわかる) の一部を具体化でき、物理的にも理に合った結果を得た。

目指す未来ビジョン

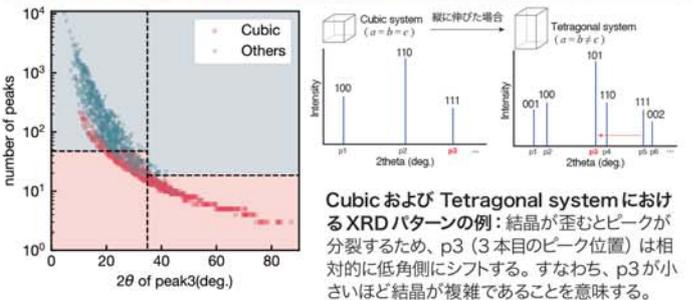
- 人間と AI、ロボットが協働する材料開発の実現
研究者の発想やデータ分析を支援する AI、自動実験を行う AI とロボットなどにより、より優れた材料を迅速に生み出し世に届けられる世界の実現を目指す。

研究の流れと手法



- データソースとして、結晶構造データベース (ICSD 2018.1) を用いた。XRD の特徴量として、低角側から順に 10 本のピークの位置 (2θ) および 0°-90° における合計ピーク本数を用いた。
- 機械学習アルゴリズムには、決定木のアンサンブル法の一つである Extremely Randomized Tree (ExRT) を用いて、結晶系、空間群、および格子定数の予測モデルを構築した。

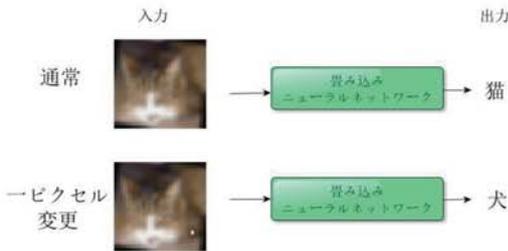
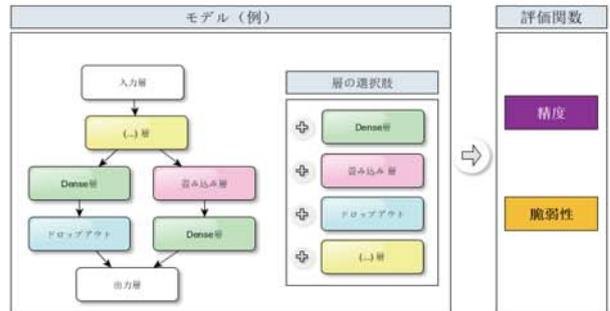
結果 : 結晶系分類規則の解析と知識発見



- 可視化した決定木の解釈から、3 本目のピーク位置が結晶の複雑さを表現しているという物理的に非自明な発見があった。
- 「熟練者の勘」の一部が具体化できた
熟練した研究者は、XRD パターンを見ただけで直感的におおよその結晶構造がわかる場合がある。

概要・アウトリーチ

本研究の代表者は、これまでの研究では、一つのピクセルを変えることでニューラルネットワークを誤魔化することが可能と紹介した。その発見は畳みこみニューラルネットワークの脆弱性を表すことを実証している。この脆弱性の原因は畳みこみニューラルネットワークのモデルである。しかし、モデルの種類とパラメーターは複数あり、一番適切なモデルとパラメーターを見つけることは非常に時間がかかる。更に、深層学習のモデルはその問題を解決できない可能性もある。従って、本研究は最適化を利用し、自動的にロバスト深層学習を探索し、ロバスト性が高い深層学習の構造を発見した。



問題：一ピクセル変更だけでも深層学習を誤魔化される

解決手法：自動的に安全な人工知能の構造を探索手法

Architecture Search	Testing ER	ER on Adversarial Samples
DeepArchitect	25%	75%
Smash	23%	82%
Ours	18%	42%

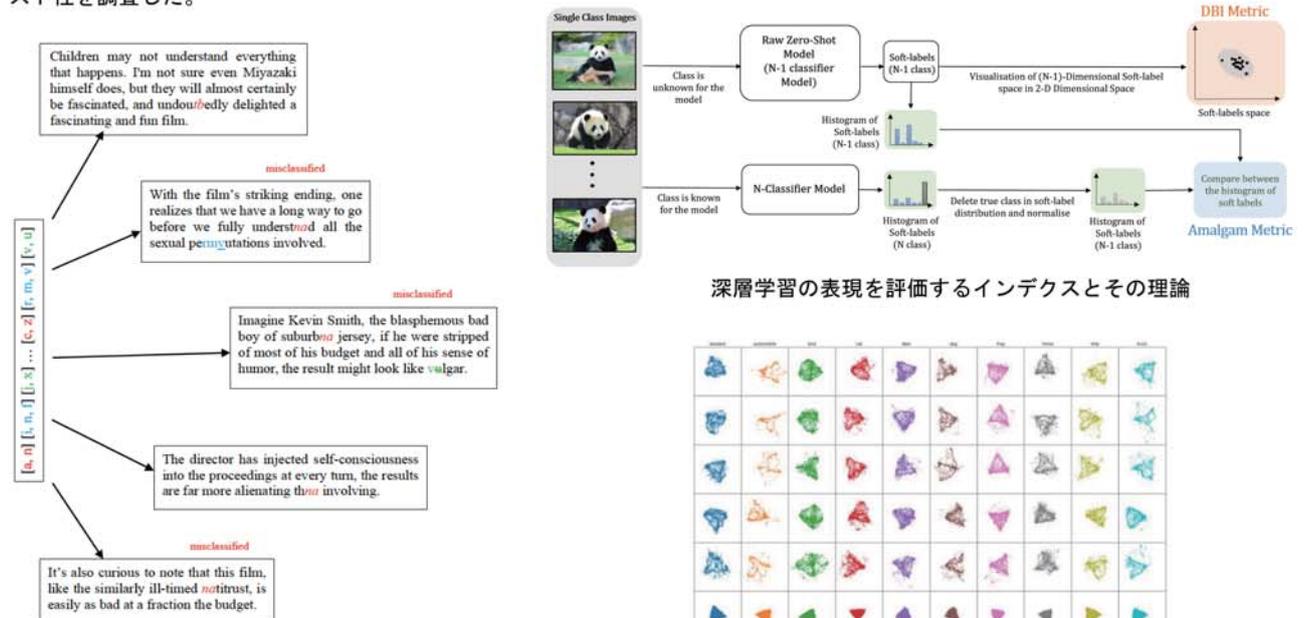
成果：より安全な深層学習の構造を発見した

本研究の成果では、以下のことが初めて明らかにしました：

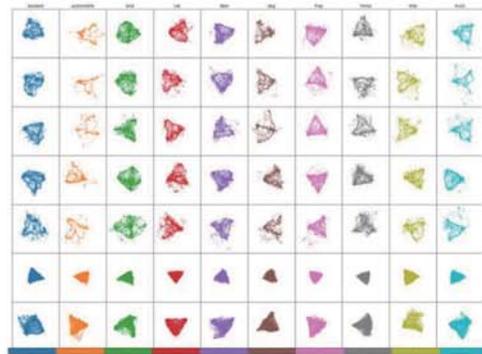
- ロバスト構造 — 初めて、他の特別な訓練をせずにロバスト性を向上する構造が可能と紹介した。
- 文字列の脆弱性の発見 — ルールによって、探索をせずに、Adversarial Sampleに変更することが可能と紹介した。
- ロバスト性を持つための特徴 — 様々な研究成果では特別な特徴を持つことでロバスト性が向上することを明らかにした。
- Adversarial Trainingにバイアスがあるため、訓練を変えることで解決できない可能性が高いと紹介した。

ロバスト性の問題を把握する研究

現在、深層学習のロバスト性の問題を多く理解されていない。より把握するため、ロバスト性と表現力の関連性と文字列のロバスト性を調査した。



深層学習の表現を評価するインデックスとその理論



文字列を処理する人工知能の脆弱性の発見

深層学習の出力空間を比較することで、表現力とロバスト性の関連性を明らかにした

「デジタル回路設計における耐ハードウェアトロイ設計仕様の研究開発」

早稲田大学 理工学術院総合研究所 次席研究員 大屋 優

半導体が脅かされるシナリオ
- soc設計の変化に伴う部品のブラックボックス化 -

悪意のある動作をする機器の作成
- ハードウェアトロイを挿入することで実現 -



半導体の設計段階における重要性
- ハードウェアトロイの設計・挿入が容易 -

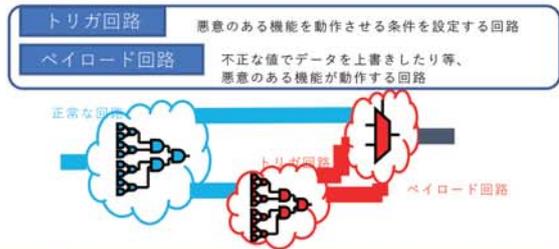
設計段階

- デジタル回路やハードウェアの知識があれば設計できる
- ソフトウェアで記述できるため、プログラム上でハードウェアトロイとモジュールやゲートを接続すれば挿入ができてしまう

製造段階

- 実チップに対して後付け的に、ハードウェアトロイを接続しなければならず、技術・コストの両面において障壁が高い

ハードウェアトロイの構成
- トリガ回路とペイロード回路 -



ハードウェアトロイの悪影響
- 立場によって求められることが異なる -

今後は**悪性・悪用**がキーワードとなってくる

自分の設計にセキュリティホールが存在しないかチェックして、**悪用**されない様にした

サードパーティIPに**悪性**の機能もしくは**悪用**される機能が存在しないかをチェックしたい

悪性・悪用される機能は分かるのか
- 答えは簡単、現状ではなす術がなくわからない -

直面している問題を真面目に解決するためには、**人間の意図**を反映させたシステムを作る必要がある

誰かにとっての**仕様**は誰かにとっての**悪性**になる

- コードはただのコード、コード自体に悪性も何もない
- 悪性とは、**人間が判断(定義)**しなければならない問題

DFT(テスト容易化)技術は制面・観測性が共に高い

- 攻撃者から見て極めて悪用し易い回路部分である
- BIST回路等に対して特別な処理をする必要が出てくる可能性

既存技術 (Taint Propagation) の検証
- ハードウェアトロイ検出には向いていない -

プロパティ検証ベースのセキュリティ検証技術

ベンチマーク	機能	検出
AES-T800	電力サイドチャネルによる秘密鍵の漏洩	
BasicRSA-T100	秘密鍵の漏洩	✓
BasicRSA-T300	秘密鍵の漏洩	✓
b19-T300	80386プロセッサのアドレス参照を意図しない値にする	
PIC16F84-T300	任意の値(ここでは定数)を Primary Output にする	
wb conmax-T200	レジスタのアドレスを変更する	

本研究で対象とする領域
- 既存技術でカバーできない領域に挑戦する -

3つの検証手法の研究開発に繋がる

- Port Identification
- Address Identification
- Data Identification

ベンチマーク	機能	検出	検証技術
AES-T800	電力サイドチャネルによる秘密鍵の漏洩		Port
BasicRSA-T100	秘密鍵の漏洩	✓	
BasicRSA-T300	秘密鍵の漏洩	✓	
b19-T300	80386プロセッサのアドレス参照を意図しない値にする		Address
PIC16F84-T300	任意の値(ここでは定数)を Primary Output にする		Data
wb conmax-T200	レジスタのアドレスを変更する		Address

Port identification

- 不正な入出力ポートやゲート接続の有無の検証 -

ポートを検証するだけの機能でも、検出できるハードウェアトロイが存在する

想定する設計者の入力する情報:

- 検証したいモジュールの名前 ポートの名前
- モジュールレベルでの接続
- ポートレベルでの接続

Address identification

- 不正なアドレスの参照の有無を検証する -

想定する機能の概要

- 指定されたレジスタの値の参照や代入に関するコードを全てリストアップする
- その中で参照がズレているコードをwarningとして伝える

想定する設計者の入力する情報:

- 検証したいレジスタ/メモリの名前
- MSB
- LSB
- データ幅
- アドレス幅
- ワード数

Data identification

- 不正な値の書き換えや漏洩の有無を検証する -

想定する機能の概要

- 低い確率の状態遷移(閾値はユーザが検出段階のステップで入力)に関するコードをリストアップする
- ユーザが入力した検証したい変数の正しい代入関係が一致しない場合にwarningとして伝える

想定する設計者の入力する情報:

- 変数名
- 期待する変数や代入される値



時空間超解像のための時空間畳み込み技術の研究 “都市や空間の変化を捉える”

竹内 孝

京都大学 情報学研究科 助教



時空間データ解析？

我々の住む都市や環境は、複雑に変化し続けています。この解析は、センサやウェブから得られるデータを処理し、対象の状態を把握、変化を予測するための技術です。

データの観測資源は有限

膨大な数のセンサを設置しても空間の全ては覆えません。そのため、センサの無い場所の情報は得られません。

また、データの解像度にはトレードオフが存在します。

- コストの制約から、高精度なセンサは設置数が限られる
- 電力の制約から、バッテリーで動くセンサは精度が落ちる
- 都市部では高密度、郊外では低密度の設置などの運用も？

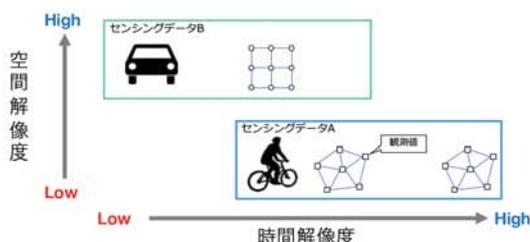


図1. 時間と空間の解像度のトレードオフ

限られたデータ資源のアップサイクル

有限のデータをつなぎ合わせて解析することで、データの観測されていない時刻や場所の状態を知るための技術を研究しています。



具体的には、省コストかつ省エネルギーに観測されたデータの持つ価値を高めるための取り組みを行っています。

- 低解像度のデータから、高解像度の時空間データを推定する機械学習手法の提案
- 欠損値推定などの現実な問題設定による性能検証
- 複雑な時空間相関を捉えるパターン抽出の実現

今後、企業・組織・自治体が持つ時空間データのマージと有効活用による価値向上を促していきます。

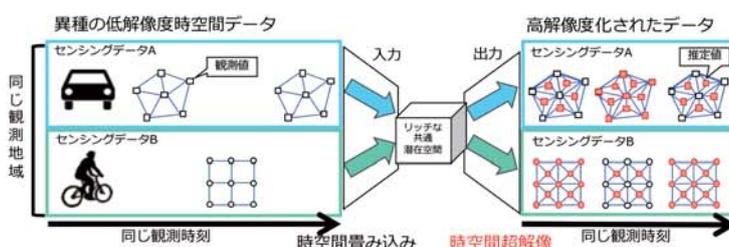


図2. データの高解像度化のイメージ

研究の詳細

都市や環境に設置されたセンサから取得されるデータは、歪(いびつ)な空間分布を持ちます。近年、画像の欠損値を推定する深層学習技術が注目を集めていますが、規則正しく整列した空間分布を仮定するため、時空間データへの直接の転用はできません。

そこで、空間上のセンサー位置情報を考慮して空間データから特徴量抽出する技術を提案しました。この際には、点群深層学習という技術を利用しました。さらに時間情報の考慮した層と組み合わせることで時空間データを解析する柔軟な深層学習技術を実現しました。

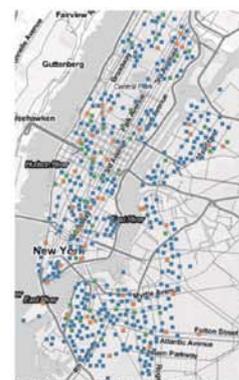


図3. 歪な空間分布の例

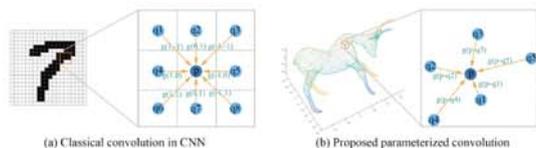


図4. (a) 規則正しい空間分布を用いた畳み込み, (b) 歪な空間分布を用いた畳み込み
[参照: Xu, ECCV 2018]

バイクシェアリングデータの空間内挿実験

アメリカのニューヨーク市で稼働している自転車のレンタルサービスのデータを用いた実験を行いました。482箇所の駐輪場に返却される自転車の数を30分毎に数えた1年分のデータから、新しく開設された駐輪場に返却される自転車数を予測しました。新たな技術によって、予測精度の10%程度の大規模な改善が確認されました。

	Prop.	Zero	Mean	kNNs	GPs
精度	<u>4.09</u>	7.07	4.79	4.56	4.66

既存の482箇所の駐輪場のうち10%を人工欠損させ、残った駐輪場のデータから学習する、欠損値推定を行った。評価指標には、実測値と予測値のRMSE(Root Mean Squared Error)を使用した。
比較手法:
Zero: ゼロ埋め, Mean: 全観測値の平均
kNNs: k近傍の観測値の平均, GPs: ガウス過程



自分を知り相手を理解するIoT技術

人と環境に自己適応する柔軟性を備えたコンテキスト認識メカニズムの創出

奈良先端科学技術大学院大学 中村優吾

健康支援IoTシステムの理想と現実



問題点

- 認識できる行動と実行できる介入の選択肢が限定的
- 1つのセンサを24時間365日装着できない
- センサ環境が変化すると認識精度が劣化

未来ビジョン



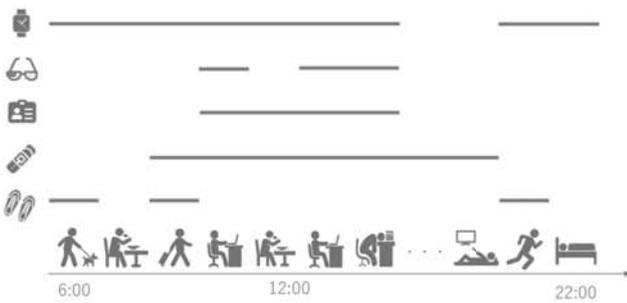
人々がIoT技術と協働して行動習慣を自由自在に変えられる世界へ



研究成果

- ・約300時間のマルチセンサ実世界行動データセット
- ・センサ環境の変化にロバストな行動認識メカニズム
- ・自己適応性を備えた行動認識/介入IoTシステム

自分を知り相手を理解するIoT技術



自分 → いま、どのIoTセンサを利用できるのか?
 相手 → ユーザが何をしているのか?

提案システム



センサ環境の認識に基づく自己適応型の生活行動ロギング&介入を実現



アイデア

利用可能なセンサの組み合わせに応じて、最適な生活行動認識モデルを選択し、推論する

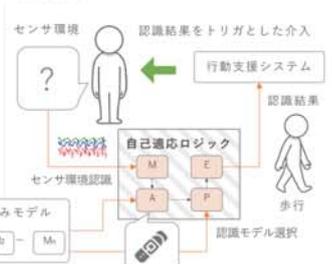
研究成果

センサ環境の変化にロバストな行動認識メカニズム

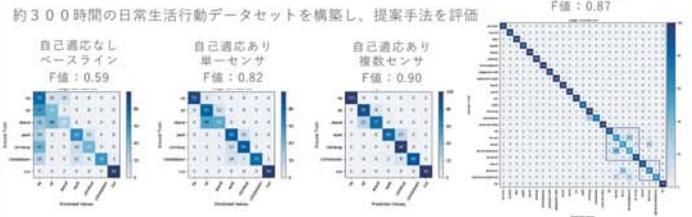
① 学習フェーズ



② 認識フェーズ



評価結果



自己適応性を備えた行動認識/介入IoTシステム



今後の展望

多様なIoTデバイスを用いたコンテキスト認識に基づく次世代ナッジの創出

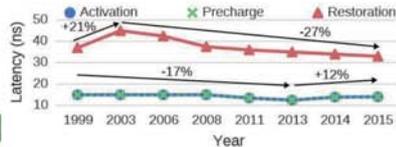
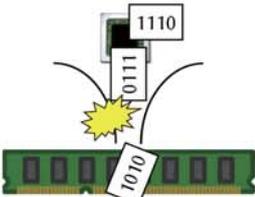
次世代メモリデバイスによるアプリケーションの自動高速化

「データを近似し出し入れを高速化」

東京大学 情報理工学系研究科 創造情報学専攻
 助教 穠山空道 (あきやま そらみち)
 akiyama@ci.i.u-tokyo.ac.jp

[解決すべき問題：メモリとCPUの性能差]

- CPUの性能は指数的大増大
- メモリの性能 (レイテンシ) は10年以上一定
- 具体的には
 - 足し算一回は 0.1 ns のオーダー
 - メモリアクセス一回は数十 ns のオーダー



メモリ (DRAM) の内部動作に必要な待ち時間：10年以上ほぼ一定 [1]

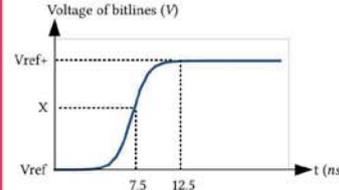
[1] Kevin K. Chang et al., "Understanding Latency Variation in Modern DRAM Chips: Experimental Characterization, Analysis, and Optimization", SIGMETRICS '16

- 原因
 - レイテンシ (not 帯域) は並列化で改善しない
 - キャッシュ階層を増やすとレイテンシ悪化
 - プロセスがシュリンクしても速度向上しない

メモリレイテンシを削減する抜本的な手法が必要

[未来ビジョン：Approximate Memoryの活用]

- 高速アクセスできるが、たまにビット化けが起きるメモリ
- DRAMの内部動作の待ち時間を調整し実現*



DRAMのセルからデータを取り出す例：12.5 ns待てば確実に読み出せる電圧に達するが、7.5 nsで止めても多くのケースで正しく動作する

*他の実現方法 (電圧調整等) もあるが、本方式がよく研究されている

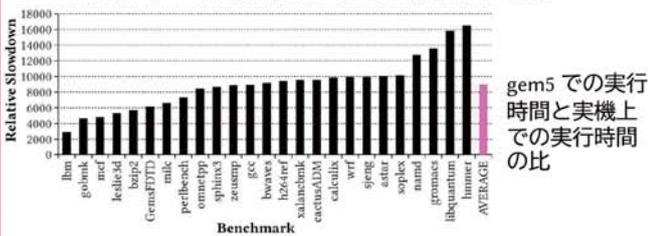
- 課題：デバイスレベルでは研究があるが、ソフトウェアからどう使えばよいか不明
- 待ち時間をどうやって決定するのか？
- エラー混入OK・NGな領域の区別？

[ACT-Iでの成果]

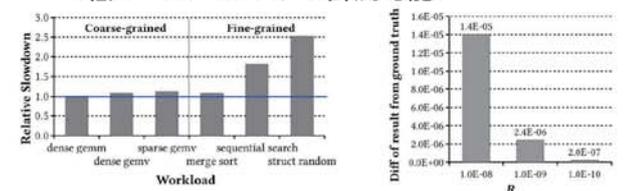
1. 現実的なエラーモデルでアプリケーションのエラー耐性を現実的な時間で評価
2. エラー混入OK・NGなデータが細粒度に混在している場合の考慮
3. 実機 Approximate Memory でのアプリ実行環境

[研究成果 1]

- 背景：エラー率の適切な設定にはエラー率とアプリケーションの出力の関係が必要
- 待ち時間とエラー率の関係は研究されている
- 課題：
 - 類似研究 (信頼性等) ではエラーモデルがランダム → DRAMのエラーはランダムではない
 - ハードウェアのシミュレータは遅すぎる → AI やビッグデータ分析のアプリに適用不可能



- 提案：エラーはDRAMの内部動作の待ち時間削減で発生 → 内部動作の回数からエラー発生数を見積る
- 内部動作の回数はパフォーマンスカウンタを用いて低オーバーヘッドで計測可能



提案システムでのマイクロベンチマークの実行時間 (左) と物理シミュレーションベンチマークの出力の誤差とエラー率の関係 (右)

Soramichi Akiyama: "A Lightweight Method to Evaluate Effect of Approximate Memory with Hardware Performance Monitors", IEICE Trans. on Inf. & Syst., Vol. E102-D, No. 12, Dec. 2019

[研究成果 2]

- 背景：エラー混入OKなデータとNGなデータに異なるエラー率を適用すべきだが、メモリの実装の仕組からエラー率は4KBごとにしか設定できない
- 課題：二種類のデータが混在していると、それらは離れた領域に配置され性能が悪化

```
struct tree_node {
    int id; // id of the node, critical
    struct tree_node *r; // pointer to the right child, critical
    struct tree_node *l; // pointer to the left child, critical
    double score; // score of this node, approximate
};

int size = 1000 * sizeof(struct tree_node);
struct tree_node *nodes = malloc(size);
```

r, l, score がアクセス局所性を持つとき、これらを4KB離れた場所に配置すると性能劣化

- 貢献：
 - 現実的なベンチマークを分析し、2種のデータが混在することが実際にあると確認 (課題の発見)
 - 分離したものを同時フェッチする手法の予備実験

Name	C1	C2	C3
milk	Y	N	Y
sjeng	Y	N	N
libquantum	Y	N	Y
lhm	N	-	-
omnetpp	Y	N	N
soplex	Y	N	N
gobmk	Y	Y	N
gcc	Y	N	N
mcf	Y	Y	N
dealll	N	-	-
namd	Y	N	Y
Graph 500	N	-	-
GraphMat	N	-	-

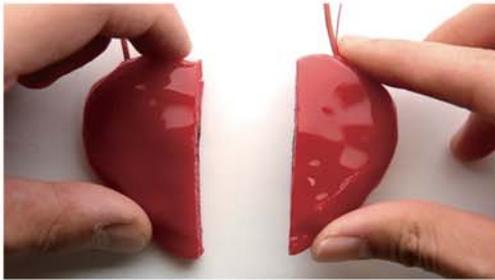
Soramichi Akiyama: "Assessing Impact of Data Partitioning for Approximate Memory in C/C++ Code", The 10th Workshop on Systems for Post-Moore Architectures (SPMA), Apr. 2020
 穠山空道, 堀谷亮太: "Approximate Memory のデータ分離に起因する性能低下を抑制するプリフェッチ手法", ETNET 2019 (IEICE CPSY 研究会優秀若手発表賞)

[研究成果 3] 実機 Approximate Memory 上でのアプリ実行を可能に (ETH Zurichと協業、論文出版後公表)

「治る」インタフェース

研究課題 | 印刷できる生体模倣型ソフトロボットシステムの構築
鳴海 紘也 | 東京大学 情報学環 助教

アブストラクト



Self-healing UIでは、生体模倣機能の一例として「自己修復機能」に着目したインタフェース・デバイスを研究した。具体的には、①一度破損しても接続し直すことで何度でも機械的な強度を回復する素材 Polyborosiroxane (PBS) とその導電複合素材 (MWCNTs-PBS) を使用することで、機械的・電氣的に自己修復するデバイスのファブリケーション手法を提案した。②また、そのようなデバイスを形状変化インタフェースに応用した場合、どのようなデザインスペースが存在するかを5つのアプリケーション事例により提示した。

ビジョン



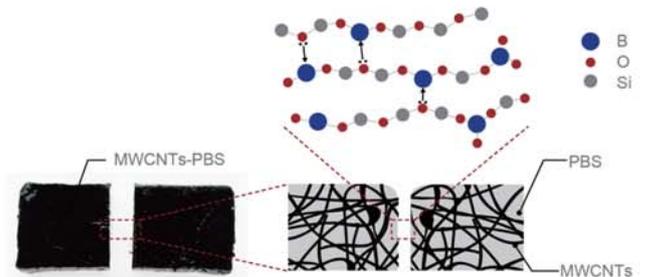
スマートフォンなどの従来のインタフェース・デバイスは、精密に動作するものの、一度故障すると修復することはない。一方、生物に目を向けると、彼らは自ら動きを感じるだけでなく、自身の機械的・電氣的な機能を修復できるという特徴を持つ。例えばヤモリやヒトデは一度ちぎれた尻尾や腕を再生し、接ぎ木は異なる種類の樹木の間でも栄養をやりとりする。そこで本研究では、インタフェース・デバイスに生物の自己修復機能を付与するためのマテリアルとファブリケーション手法を開発し、さらに自己修復するという特性を積極的に利用するインタラクション手法を提案した。

ファブリケーション



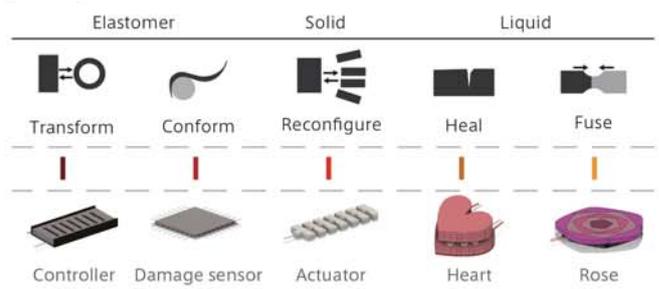
絶縁性の修復素材PBSと、導電性かつ機械的強度が調整可能な修復素材MWCNTs-PBSを用いてデバイスを作製するために、シート上の素材を3次元に積み上げる方式のファブリケーションを提案した。まず、市販のCNCマシンを改造し、入力された設計をGコードに変換して素材を切断する装置を作った。次に、予め準備しておいた素材のシートを目標の形状に加工して積み上げた。素材同士が自己修復するため、シート同士の機械的・電氣的な接続に接着剤などは不要である。また、導電性修復素材と通常の電気配線の接続も、素材の機械的修復を利用することでほとんど付けなしに行うことができる。

マテリアル



自己修復するデバイスの素材として、Polyborosiloxane (PBS)を用いた。この素材は、配位結合と呼ばれる動的な化学結合により、一度ちぎれても外部からの刺激や素材供給なしに繰り返し機械的強度を回復する。さらに、部分的にデバイスの硬さと導電性を調整するために、PBSにカーボンナノチューブを分散したMWCNTs-PBSを利用した。

アプリケーション



自己修復するデバイスをインタラクションに活用すべく、従来の形状変化インタフェースの機能をエラストマ・固体・液体という物質の相により分類し、それらに対応するアプリケーションを提案した。まず、エラストマに特有の変形・追従という特性に着目し、曲げる切るなどの動作に対応するゲームコントローラや、自己の破壊を検知するセンサマトリックスを作製した。また、固体に特有の再構成する特性に着目し、切ったり向きを変えたりすることにより動作の方向や長さを調整できるアクチュエータを作製した。さらに、液体の修復・癒合という特性に着目し、心の結びつきを物理的な修復で表現するペンダントや、異なる色のピース同士が溶けてつながるパズルを提案した。詳細は動画(<https://vimeo.com/390389122>)などを確認してほしい。

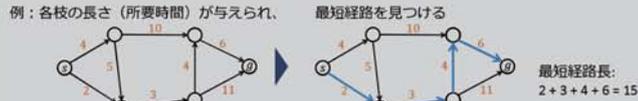
部分的フィードバックに基づくオンライン凸最適化 伊藤伸志 (NEC)

—限られた情報で最適な意思決定—

本研究課題の目的

通常の最適化問題 (オフライン最適化) :
事前に目的関数 f が与えられた状況で解 x を出力

f を入力 \rightarrow x を出力 Goal: Minimize $f(x)$



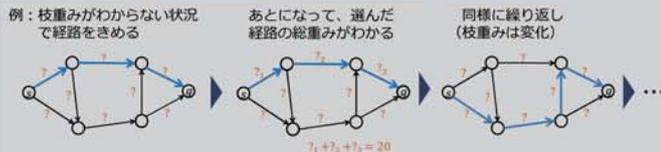
⊗ 実用上の制約: 評価指標を事前に知っていることが必要

評価指標が事前にわからない/時々刻々と変化する状況、例えば道の混雑度が常に変化する状況に対応するには?

\rightarrow オンライン最適化の枠組みが有効

部分的 (バンディット) フィードバックオンライン最適化:
解 x_t を出力した後で目的関数値 $f_t(x_t)$ だけわかる

x_1 を出力 \rightarrow f_1 を一部観測 \rightarrow x_2 を出力 \rightarrow f_2 を一部観測 \rightarrow ...



⊙ 「試してみても初めて結果がわかる」状況にも対応

未来ビジョン: 不確定・流動的で情報が少ない環境における意思決定の最適化・効率化を実現したい
本研究課題ではオンライン最適化によるアプローチを考察

オンライン最適化のゴール:

リグレット R_T を小さくするアルゴリズムの開発

$$R_T := \sum_{t=1}^T f_t(x_t) - \min_{x^* \in A} \sum_{t=1}^T f_t(x^*)$$

T : ラウンド数, 意思決定の回数

A : 実行可能領域 (s -g 経路全体の集合)

f_t : 目的関数 (経路長, $f_t(x) = w_t^T x$)

x_t : アルゴリズムの出力 (s -g 経路)

x^* : 最良の固定戦略 (全ラウンド平均の辺長さでの最短 s -g 経路)

R_T : 最良戦略と比較したときの、後悔の大きさ

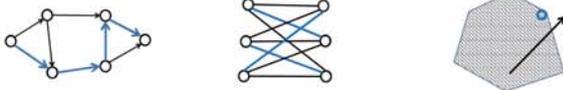
- $R_T = o(T)$ のとき, no-regret アルゴリズムという \Rightarrow 試行回数 T を増やすと, 平均リグレット $\frac{R_T}{T}$ は 0 に収束 $\Rightarrow x_t$ の「良さ」が最良戦略 x^* の「良さ」に漸近ある意味で、後悔が小さくなることを数学的に保障
- no-regret アルゴリズムの幅広い応用範囲:
 - オフライン最適化に対する 多項式時間近似スキーム
 - 確率的最適化アルゴリズム
 - ある種のゲーム均衡を求めるアルゴリズムなどの存在が従う

成果 1 : バンディット線形最適化

NeurIPS2019 に 2 件の論文が採択 [IHSKF2019a, IHSKF2019b]

目的関数 f_t が線形関数のバンディット最適化問題を考察

応用例: 最短経路問題 最大重みマッチング 線形計画問題



	(i) 情報量: バンディット?	(ii) 計算量: オラクル複雑性	(iii) 最適性: リグレット上界
既存研究	[KV2005]	完全情報	$\checkmark O(T)$
	[CL2012]	\checkmark	No poly. bound
	[DH2006]	\checkmark	$\checkmark O(T^{2/3})$
	[IHSKF2019a (本研究)]	\checkmark	$\checkmark \tilde{O}(T)$ (確率的設定では $\tilde{O}(\log T)$ に改善)

※オラクル複雑性: 対応するオフライン最適化問題を解く回数

- バンディットフィードバックの問題で、計算効率と最適性を両立できるかは未解決の問題だった
- 本研究で、少情報性・計算効率性・最適性を両立する初のアルゴリズムを提案
- リグレット上界はこれ以上はほぼ改善不可能 [IHSKF2019b]

参考文献

[CL2012]: N. Cesa-Bianchi and G. Lugosi. Combinatorial bandits. *Journal of Computer and System Sciences*, 78(5):1404–1422, 2012.

[DH2006]: V. Dani and T. P. Hayes. Robbing the bandit: Less regret in online geometric optimization against an adaptive adversary. In Proceedings of the seventeenth annual ACM-SIAM symposium on Discrete algorithm, pages 937–943, 2006.

[I2019]: S. Ito and R. Fujimaki. Large-scale price optimization via network flow. In *Advances in Neural Information Processing Systems*, pages 3855–3863, 2019.

[I2020]: S. Ito. Submodular function minimization with noisy evaluation oracle. In *Advances in Neural Information Processing Systems*, 2020.

[I2020a]: An optimal algorithm for bandit convex optimization with strongly-convex and smooth loss. In *International Conference on Artificial Intelligence and Statistics*, page to appear, 2020.

[IHSKF2019a]: S. Ito, D. Hatano, H. Sumita, K. Takemura, T. Fukunaga, N. Kakimura, and K. Kawarabayashi. Improved regret bounds for bandit combinatorial optimization. In *Advances in Neural Information Processing Systems*, 2019.

[IHSKF2019b]: S. Ito, D. Hatano, H. Sumita, K. Takemura, T. Fukunaga, N. Kakimura, and K. Kawarabayashi. Oracle-efficient algorithms for online linear optimization with bandit feedback. In *Advances in Neural Information Processing Systems*, 2019.

[KV2005]: A. Kalai and S. Vempala. Efficient algorithms for online decision problems. *Journal of Computer and System Sciences*, 71(3):291–307, 2005.

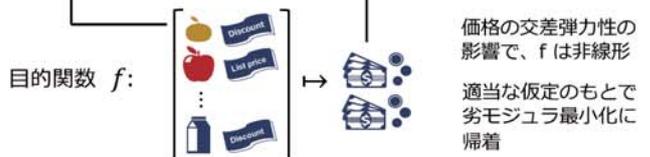
成果 2 : バンディット非線形最適化

NeurIPS2019 と AISTATS2020 にそれぞれ 1 件論文が採択 [I2019], [I2020]

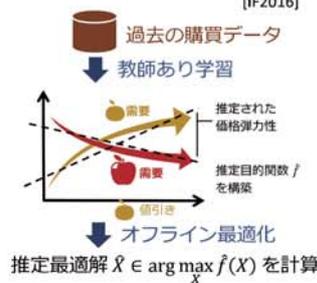
バンディット型の劣モジュラ最小化・凸最適化を考察

劣モジュラ最小化の応用例: 小売り価格最適化

- 複数の商品の価格をうまく選んで、総利益を最大化したい

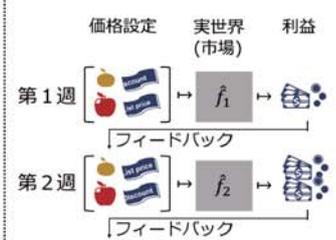


[既存] モデルベース最適化 [IF2016]



- ⊙ 十分な過去データが必要
- ⊙ 定常的な価格弾力性を仮定

[本研究] バンディット型最適化



- ⊙ 過去データなしでも適用可能
- ⊙ 需要特性が変動する状況にも対応

バンディット劣モジュラ最小化 [I2019]・バンディット凸最適化 [I2020] のそれぞれに対し、ほぼ最適なリグレットを達成する効率的なアルゴリズムを提案



国立研究開発法人

科学技術振興機構

Japan Science and Technology Agency