

研究領域名：ACT-I「情報と未来」

研究総括名：後藤 真孝

○本半期の研究状況

本年度は募集最終年ということで3期生募集を行い、89件の意欲的な研究提案が寄せられた。領域アドバイザーの協力を得て書類選考と面接選考を行い30名の3期生を採択した。採択者の中には13名の大学院生が含まれており、平均年齢は28.7歳と、昨年度と同様に若い研究者が集まった。また女性研究者が2名、外国籍の研究者が2名含まれている。バックグラウンドにおいては、情報系だけでなく化学系など多岐に渡っており、非常に多様性のある顔ぶれとなった。採択課題はいずれも、独創的なアイデアと応募者自身の興味・活動・実績等に基づいており、未来のビジョンを真剣に思い描く情熱にあふれるものである。これからの30名の活躍を期待している。

1期生については5月に日本科学未来館で成果発表会（公開）を開催し各研究者からの研究成果のアピールを実施した。また、6月の第4回領域会議では1期生加速フェーズ・2期生、11月の第5回領域会議では1期生加速フェーズ・2期生・3期生により、それぞれ研究発表を行った。加えて、7月～10月および1月～3月には担当アドバイザーによるサイトビジット(研究者が担当アドバイザーの元などへ訪問する逆サイトビジットや担当アドバイザーグループでのミニ領域会議的な研究ディスカッションを含む)を行い、研究計画や進捗状況について対面で深い議論をする機会を設けた。

12月に2期生を対象とするACT-I評価会（加速フェーズ応募に対する審査）を実施し、11名の研究者が次年度4月より最長2年間の加速フェーズ研究に進むことになった。今後の研究成果を期待する。

○領域会議、報告会などの開催記録

No.	会の名称	開催日	開催場所	内容
1	ACT-I 1期生 研究成果発表会 (公開)	5/19(土)	日本科学未来館7階	一人5分間のショートプレゼンテーション+ポスター発表の形式で、1期生研究者30人による研究成果の発表会を実施した。
2	第4回領域会議 (非公開)	6/9(土) 6/10(日)	柏の葉カンファレンス センター	1期生加速フェーズ研究者12名による研究ビジョン説明、および2期生研究者29名による研究中間報告を行った。
3	JST フェア (公開)	8/30(木) 8/31(金)	東京ビッグサイト	1期生卒業生研究者の舟洞佑紀(名古屋大学 助教)による研究成果に関する展示を実施した。
4	情報ひろば サイエンスカフェ (公開)	7/27(金) 10/19(金) 3/22(金)	文部科学省 情報ひろばラウンジ	7/27:1期生加速の原祐子(東京工業大学 准教授) 10/19:2期生の上野未貴(豊橋技術科学大学 助教) 3/22:2期生の樺惇志(東京工業大学 助教)が登壇、研究成果がもたらす社会的インパクトに関する科学者と市民による対話を行った。
5	第5回領域会議 (非公開)	11/16(金) 11/17(土) 11/18(日)	柏の葉カンファレンス センター	1期生加速フェーズ研究者12名による研究中間報告、2期生研究者29名による一人2分間のBriefing+ポスター発表、3期生研究者による研究計画報告を行った。

○研究者の動向（所属機関、研究実施場所、研究実施形態の変更など）

- 1期生加速フェーズ研究者：久保 勇貴 …筑波大学 ⇒ NTT：4/1 付け異動
 1期生加速フェーズ研究者：飯塚 里志 …早稲田大学 ⇒ 筑波大学：10/1 付け異動
 1期生加速フェーズ研究者：松井 勇佑 …国立情報学研究所 ⇒ 東京大学：11/1 付け異動
 2期生研究者：大谷 まゆ …奈良先端科学技術大学院大学 ⇒ 株式会社サイバーエージェント：4/1 付け異動
 2期生研究者：劉 麗君 …名古屋大学 ⇒ 大阪大学：7/1 付け異動
 2期生研究者：藤井 庸輔 …京都大学：8/31 付け研究中止
 2期生研究者：牛久 祥孝 …東京大学 ⇒ オムロンサイニックス株式会社：10/1 付け異動
 2期生研究者：佐藤 重幸 …高知工科大学 ⇒ 東京大学：12/1 付け異動

以上

平成 30 年度

研究者番号: 50201

個人研究者氏名: 荒瀬 由紀

研究進捗状況

1. 本半期の研究項目

・具体的な研究事項

フレーズアラインメントによって得られるフレーズを単位とするパラフレーズを応用したフレーズベクトル生成に取り組んだ。並行して、パラフレーズペアにおける構文木およびフレーズアラインメントのアノテーションを進めている。

2. 研究経過および進捗状況、成果

2.1 フレーズベクトル生成

文ベクトル生成には BERT (Devlin et al. 2019) が既存手法を大幅に上回る性能を達成している。しかし BERT は言語モデルの学習と文章における次の文の予測という浅い意味関係のみを用いる学習を行っており、意味的な類似性の学習は行われていなかった。そこで我々のフレーズアラインメントによって獲得したフレーズ単位のパラフレーズを用いて BERT を再訓練することで、意味関係を考慮した文およびフレーズベクトル生成手法を提案した。

評価実験により、BERT のモデルサイズを増大させることなく、パラフレーズ認識や文間類似度推定に関する 5 つのタスクにおいて BERT の性能を向上できることを示した (表 1)。成果は自然言語処理分野の最重要国際会議である ACL2019 に論文として投稿中である。

表 1 実験結果

	MRPC	SNLI	SICK-E	SICK-R	STS-B
BERT-base-uncased	83.4	89.8	86.3	0.882	0.839
提案手法	85.1	89.6	88.4	0.894	0.863

J. Devlin et al. 2019. BERT: Pre-training of Deep Bidirectional Transformers for Language Understanding, NAACL.

2.2 パラフレーズアノテーション

801 ペアのパラフレーズについて、言語学の専門家による構文木の付与および 2 名のアノテータによるフレーズアラインメントのアノテーションを実施した (1 名のアノテータについては 485 件まで完了している)。

3. 今後の予定

提案手法により意味的類似度の推定が可能なフレーズベクトルを生成できる。このモデルを応用し、フレーズアラインメントモデルの改善を行う。モデルの学習および評価には、構築したパラフレーズアノテーションデータを用いる予定である。またパラフレーズアノテーションのさらなる拡充を行う。

4. 外部との研究交流

・業務委託、個人研究者訪問、研究協力など

フレーズベクトル生成およびフレーズアラインメントでは、産総研人工知能研究センターの辻井潤一氏と議論しながら研究を進めている。またパラフレーズの英語教育支援への応用を目指し、九州大学言語文化研究院の内田 諭氏、大阪大学データビリティフロンティア機構の梶原智之氏と議論を進めている。

パラフレーズアノテーションには、言語学の専門家 1 名、英語母語話者 1 名およびバイリンガルスピーカー 2 名に協力いただいている。

平成 30 年度

研究者番号: 50202

個人研究者氏名: 飯塚 里志

研究進捗状況

1. 本半期の研究項目

- ・ 具体的な研究事項

動画のデジタルリマスターを実現するため、以下の項目について研究に取り組んだ。

- ・ 古い映像の劣化を取り除き、画質補正を行うニューラルネットワークモデルの構築
- ・ ユーザの意図する色彩の復元を実現するため、少数の参照カラー画像から動画の色彩を付けるニューラルネットワークモデルの構築
- ・ 教師データを自動生成するフレームワークの構築
- ・ 既存手法との比較実験

2. 研究経過および進捗状況、成果

上記の包括的なリマスター処理を単一のフレームワークとして end-to-end で学習できる手法を考案した。提案手法では、時空間畳み込み演算および temporal source-reference attention 機構から成るリマスターネットワークを構築することで、様々な劣化を検出・修復し、さらに参照画像を用いてユーザの意図する色彩の復元を可能にしている。時空間畳み込み演算を用いることで、複数のフレーム間情報を計算できるため、高精度の修復およびフレーム間で一貫性を保持した着色が可能となる。さらに、本研究で新たに提案する temporal source-reference attention は、時系列特徴マップの行列計算によって入力動画と参照画像の類似度を計算し、任意の枚数の参照画像の色彩情報を大域的かつ同時に入力動画に反映させることができる。これにより、これまでの主流である再帰計算によるアプローチの様々な制約を解消し、少数の参照画像で長時間の動画を効果的に着色することができる。提案ネットワークは、動画の劣化をシミュレーションして教師データを自動生成することで、その学習を可能にした。比較実験により、提案手法は既存手法に対して顕著な精度向上を実現することを確認した。

3. 今後の予定

上記の研究成果を論文にまとめ、国際会議に投稿する。手法については、教師データの拡張や学習アルゴリズムの改良を行い、さらに高精度の修復・補正および色彩の復元を目指す。

4. 外部との研究交流

- ・ 業務委託、個人研究者訪問、研究協力など

テレビ局などから提供された映像を、提案手法によってリマスターするプロジェクトを計画している。

平成 30 年度

研究者番号: 50203

個人研究者氏名: 井上 中順

研究進捗状況

1. 本期の研究項目

1-1. 少量データからのモデル学習方式の開発と評価

本項目は少量の学習データから画像・映像認識モデルを得るための方式開発を目的とし、平成 30 年度前半に実施したものである。

1-2. データセットとワークショップ開催計画の作成

本項目は Zero-Shot Learning 及び Few-Shot Learning のベンチマーキングを行うためのデータセット作成と、それに関する国際ワークショップの開催を目指したものであり、平成 30 年度後半から現在も実施中である。

2. 研究経過および進捗状況、成果

2-1. 少量データからのモデル学習方式の開発と評価

ここでは、Few-Shot Adaptation と呼ばれる、少量のデータから画像・映像認識モデルを学習するための方式を開発した。本成果はマルチメディア情報処理のトップカンファレンスである ACM Multimedia 2018 に採択・発表済みである。

本手法は平成 29 年度に提案した Zero-Shot Learning の手法を発展させたものと位置づけられ、従来の教師あり学習と Zero-Shot Learning を統一的に定式化したものである。実験では、本手法を深層学習モデルに適用し、TRECVID および ImageNet のデータセットで評価を行った。その結果、学習データとして用いられる画像の枚数が 1 物体あたり 0 ~ 100 枚程度の場合に特に有効であることが明らかとなった。詳細は図 1 の通りで、Hallucinating Features (Hariharan 2017), NCM-MAP (Mensink 2013) といった従来手法および深層学習で標準的に使われている Fine-Tuning よりも高い認識精度が得られることを示した。

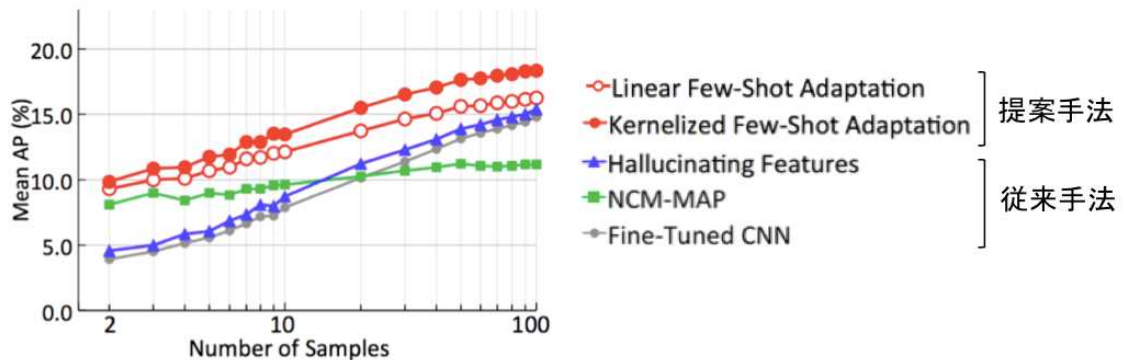


図 1. 学習サンプル数に対する TRECVID 映像認識精度(Mean Average Precision)

2-2. データセットとワークショップ開催計画の作成

ここでは、Amazon Mechanical Turk を用いて、1500 種類の動詞をそれぞれ代表する 15 枚の高品質画像を収集し、データセットの試作版を作成した。本データセットを用いた評価実験を実施中である。

国際ワークショップの開催に関しては、コンピュータビジョンのトップカンファレンスである ICCV 2019 にワークショップ提案書を提出した。4 月上旬に開催可否の判定が得られる見込みである。ワークショップのタイトルは「Multi-Discipline Approach for Learning Concepts」で、オーガナイザー・招待講演者・査読委員候補者の選定を実施した上で提案書を作成した。

3. 今後の予定

平成 31 年度前半は試作版のデータセットでの評価実験およびその結果に基づいてデータセットの大規模化と評価環境の構築を実施する予定である。ワークショップの提案書が採択された場合には、合わせて論文募集や査読・運営・招待講演者の招へいを行う。

平成 31 年度後半は実験の大規模化を目指し、当初予定していた物体・動作の同時検出に関する Zero/Few-Shot Learning の手法を開発する。本部分はシンガポール科学技術研究庁 Institute for Infocomm Research(I2R)の Lile Cai 研究員及び Vijay Chandrasekhar 教授との協力体制を計画中である。

4. 外部との研究交流

・シンガポール科学技術研究庁との研究協力に関する打合せ

2019 年 3 月 7 日～9 日にシンガポール科学技術研究庁 Institute for Infocomm Research(I2R)を訪問し ACT-I 加速フェーズの研究について議論を行った上で、先方の研究者との共同研究の可能性について打合せを行った。また、同時に I2R-TokyoTech Co-workshop on Deep Learning を実施し研究内容の発表および意見交換を行った。これは、シンガポール I2R の Deep Learning 2.0 のプロジェクトメンバー、東京工業大学 篠田浩一教授が代表の人工知能 CREST「社会インフラ映像処理のための高速・省資源深層学習アルゴリズム基盤」の主たる共同研究者と合同で実施したものである。

・国際ワークショップ開催に向けた研究協力

国際会議にワークショップを提案するにあたり、そのオーガナイザーチームを以下の研究者と構成し、オンラインで打合せを行った。

- 片岡 裕雄 (産業技術総合研究所 コンピュータビジョン研究グループ 研究員)
- 牛久 祥孝 (オムロンサイニックエックス株式会社プリンシパルインベスティゲーター)
- 松井 勇佑 (東京大学 生産技術研究所 助教)
- 篠田浩一 (東京工業大学 情報理工学院 教授)
- 佐藤真一 (国立情報学研究所コンテンツ科学研究系 教授)
- Benoit Huet (EURECOM, Assistant Professor)
- Chong-Wah Ngo (The City University of Hong Kong, Professor)

平成 30 年度

研究者番号: 50204

個人研究者氏名: 今倉 暁

研究進捗状況

1. 本半期の研究項目

ACT-I 研究期間では、非線形非負行列分解（非線形 NMF）を利用した新しい DNN 計算法の開発を目的とし、非線形 NMF 型 DNN 計算法の基盤アルゴリズムの開発、並列実装法の開発および基盤計算である高速・高並列行列計算法の開発を行った。これらの研究成果を元に 2 年間の加速フェーズでは、これまで行ってきた非線形 NMF 型 DNN 計算法のアルゴリズムの高性能化を行うとともに、行列分解に基づく他のデータ解析手法の開発についても併せて取り組んでいる。

平成 30 年度は特に以下の項目について重点的に取り組んだ。

- 研究テーマ A: 非線形 NMF 型 DNN 計算法の高性能化
- 研究テーマ B: 行列計算を基盤とした他のデータ解析手法の開発

2. 研究経過および進捗状況、成果

研究テーマ A: 非線形 NMF 型 DNN 計算法の高性能化

A-1) アルゴリズムの高速・高並列化

高並列 NMF 分解アルゴリズムとして、現在、反復法内部で現れる行列積単位の並列化を行っているのに対して、大粒度（通信量・通信回数の少ない）並列性を持つ TS-QR アルゴリズムのアイディアに基づき、TS-NMF アルゴリズムを開発した。本手法は、分解精度と並列性のトレードオフとなる結果が得られており、非線形 NMF 型 DNN 計算法への組み込み及び性能評価を今後行う予定である。

A-2) 別アプローチの DNN 計算法の性能改善

BP 法と非線形 NMF 型 DNN 計算法の収束特性の違いに着目し、反復途中でアルゴリズムをスイッチすることによる収束性改善手法の開発を行った。また、複数ネットワークを並列に組み合わせた高性能化手法を開発した。本手法は BP 法に対してはあまり性能改善の効果は得られないものの非線形 NMF 型 DNN 計算の性能を大きく改善する結果が得られ、非線形 NMF 型 DNN 計算法特有の性能改善手法となり得る。

研究テーマ B: 行列計算を基盤とした他のデータ解析手法の開発

行列計算を基盤としたデータ解析手法として、多量の固有ベクトルを利用する次元削減手法の開発を行った。本研究では行列トレースの最適化に基づく次元削減法に着目し、従来少数の固有ベクトルのみを利用する手法が一般的であったのに対し、多量の固有ベクトルを利用することで性能改善する手法を開発し数値実験からその有効性を示した。

本研究成果は人工知能分野のトップカンファレンスの一つである AAAI19（2019 年 1 月、アメリカ ハワイ）に採択され、口頭発表およびポスター発表を行った。

3. 今後の予定

平成 31 年度は、平成 30 年度の研究成果を元に非線形 NMF 型 DNN 計算法の高性能化および行列計算を基盤としたデータ解析手法の開発を進める。

4. 外部との研究交流

本研究プロジェクトで開発を進める非線形 NMF に基づく DNN 計算法の基盤技術である各種の行列計算に対して、筑波大学の櫻井鉄也教授、大連理工大学の杜磊准教授、筑波大学の二村保徳助教、叶秀彩助教と研究交流を行っている。

平成 30 年度

研究者番号: 50205

個人研究者氏名: 久保 勇貴

研究進捗状況

1. 本半期の研究項目

・ 具体的な研究事項

1.1 AudioTouch: 能動的音響センシングを用いたハンドジェスチャ認識手法

物体の共振特性はその形状や境界条件により異なる。本手法では、指の動きに伴い変化する手形状に着目し、共振特性の違いが現れる音響特性を用いて各手形状を判別する。音響特性は、手の甲に 1 対の piezo 素子を貼り付け、一方の piezo 素子から特定の音響信号を発信し、他方の piezo 素子において音響信号取得し、その得られた信号の周波数解析を行い取得する。得られた値と手形状をラベル付けし機械学習により分類する。

1.2 FabAuth: オブジェクト内部構造の差異を用いた 3D プリントオブジェクト識別手法

物体の共振特性はその形状や境界条件により変化する。本手法では、外観が同一なオブジェクトに異なる内部構造を設けることにより、各オブジェクトに固有の共振特性とし、共振特性の違いを利用したオブジェクト識別手法を提案する。

2. 研究経過および進捗状況、成果

2.1 AudioTouch

手の甲上における piezo 素子の位置の差異によるジェスチャ精度への影響を調査するため、複数の測定箇所 (10 ヶ所) におけるジェスチャ認識精度を求めた結果、位置の差異によって認識精度に大きな差がみられなかった結果を含む、4 つの評価実験の内容をまとめた本手法の論文を、国際会議 ACM MobileHCI2019 に Full Paper として投稿した。結果、条件付き採択となり、現在カメラレディ原稿を作成中である。カメラレディ原稿に問題がなければ 2019 年 10 月に発表予定である。

2.2 FabAuth

手法の妥当性評価のため、予備実験として、8 つの異なる構造を持つ 3D プリントオブジェクトを用意し、能動的音響センシングを用いて識別可能か検証した。結果、92.1% の精度を達成し、本手法により各オブジェクトを区別できる可能性を示した。この結果をまとめ、ACM CHI2019 Late-breaking Work に投稿し、採択され (採択率: 42.2%)、2019 年 5 月にポスター発表を行った。また、本成果に関して特許 1 件を出願した。

3. 今後の予定

今後は、「①詳細な手形状認識技術を用いた把持姿勢に基づく把持オブジェクト推定技術」と、「②マイコン・バッテリーレスな導電性パターンを有する 3D プリントオブジェクトのウェアラブルセンサを用いたインタフェース化技術」に取り組む。

①に関して、AudioTouch の学習モデルを発展させるとともに、モーションキャプチャシステムを用いて、把持姿勢から把持オブジェクトを識別可能か、評価実験を実施する。加えて、実装したシステムの評価を通じ、提案手法の実現可能性の検証を行う。

②に関して、オブジェクトへの結線接続が不要なインタフェース化技術確立のために、ウェアラブルなインピーダンス測定器を実装し、オブジェクトに組み込まれた導電性パターンを利用した、オブジェクトの特定部分へタッチを識別可能な技術の確立を目指す。

4. 外部との研究交流

・ 研究協力 Prof. Dr. Otmar Hilliges 氏 (ETH Zurich, AudioTouch 共著者)

平成 30 年度

研究者番号: 50206

個人研究者氏名: 黒木 菜保子

研究進捗状況

有機イオン混合物であるイオン液体は、CO₂ 吸収能力をもつ。イオン液体を CO₂ 吸収剤として化学プロセスに応用するには、より多くの CO₂ を高速に吸収可能なイオン液体を設計せねばならない。本研究の目的は、効率よく CO₂ を吸収可能な陽イオン・陰イオンの組み合わせを、物理化学と情報科学の融合により迅速に求めることである。これまでに、40 万種類のイオン液体について検討し、従来イオン液体に比べ、より多くの CO₂ を吸収する可能性をもつ候補イオン液体を 4 千種類見出した。だが、イオン液体は 10¹⁸ 種類存在するため、探索空間に課題が残った。探索空間を拡張した上で、優先的に合成・測定すべきイオン液体を絞り込むことを目標とし、以下の研究を実施した。

1. 本年度の研究項目

- (1) 単分子イオンの幾何構造・電子状態データベースの拡張
- (2) イオン液体が吸収する不純物 (H₂O, H₂S) 量の予測
- (3) 高温高压下での拡散係数予測が可能な分子シミュレーション法の検討
- (4) CO₂ 吸収量に優れたイオン液体の合成

2. 研究経過および進捗状況、成果

- (1) 単分子イオンの幾何構造・電子状態データベースの拡張

昨年度に引き続き、量子化学計算により、幾何構造・電子状態データベースを作成した。これまでに報告した分子種と合わせて、陽イオン 4,388 種類・陰イオン 1,025 種類の計算が完了し、イオン液体の探索空間を昨年度の 10 倍 (4,497,700 種類) に拡張することができた。効率的にデータベースを作成するため、CO₂ 吸収量が多いと考えられる候補イオン液体を形成する陽イオン・陰イオンに類似した構造をもつ単分子イオンを優先的に計算した。

- (2) イオン液体が吸収する不純物 (H₂O, H₂S) 量の予測

候補イオン液体を絞り込むにあたり、不純物の吸収量を検討した。これまでに作成した単分子イオンの幾何構造・電子状態データベースを応用し、単分子イオンの組み合わせと H₂O, H₂S 吸収特性の相関に関する機械学習を行なった。

- (3) 高温高压下での拡散係数予測が可能な分子シミュレーション法の検討

イオン液体により回収された CO₂ は、高温高压条件下では超臨界流体となり、機能性溶媒として活用することができる。高温高压下での物性予測に、フラグメント化の手法に基づく分子シミュレーション法 EFP2-MD が適用可能か否か調査した。EFP2 法により半定量的精度で高速に拡散係数を予測可能であることが分かった。成果を *J. Phys. Chem. B* 誌に投稿した。当該論文は Cover Art として採択された。(<https://doi.org/10.1021/acs.jpcc.8b07446>)

- (4) CO₂ 吸収量に優れたイオン液体の合成

3 種類のガス吸収量の予測結果をもとに、44 種類のイオン液体情報を実験化学者 (地球環境産業技術研究機構 山田秀尚 主任研究員) に提供し、合成を依頼した。

3. 今後の予定

合成した候補イオン液体について CO₂ 吸収量を実測するために、実験研究者との共同を進める。また、吸収速度に関する理論的検討を進める。

4. 外部との研究交流

イオン液体の合成・測定にて共同

公益財団法人 地球環境産業技術研究機構

化学研究グループ 山田秀尚 主任研究員

Firoz 主任研究員

分子動力学・機械学習に関するミーティング

大阪大学 劉 麗君 先生 (ACT-I)

量子化学・機械学習に関するミーティング

ヘルムホルツ協会 Mr. Weber

平成 30 年度

研究者番号: 50207

個人研究者氏名: 小林 亮太

研究進捗状況

1. 本半期の研究項目

イベント時系列データとはあるイベントが起きた時刻についてのデータである。引き続き、複数のイベント時系列 (例えば、商品の購入とその関連ツイートなど) を分析する手法の開発に取り組んだ。特に以下の 2 つの研究項目に着手した。

- A. イベント時系列データ分析の脳科学への応用
- B. イベント時系列データ分析の Web 分析への応用

2. 研究経過および進捗状況、成果

- 1. で述べた項目ごとに進捗状況を説明する。

項目 A. 脳科学への応用

実験で計測される多細胞スパイクデータから細胞レベルの脳の回路図 (シナプス結合) を推定するデータ分析技術を開発し、その論文をアーカイブ (BioRxiv), 学術誌に投稿した (Nature Communications に投稿中: Kobayashi, Kurita (ACT-I 2 期生), Kitano, Mizuseki, Richmond, Shinomoto)。また、開発アルゴリズムが実験研究者にも手軽に使えるように Web アプリ, Python コードを実装した (研究補助者の内藤 雅博, 春名 純一と共同で開発した)。

項目 B. Web 分析への応用

マックスプランク研究所 (ドイツ) を訪問し, P.A. Grabowicz 博士, D. Adelani 氏とイベント時系列解析のソーシャルメディア分析 (Twitter データ) への応用について打ち合わせを行った。その後, Twitter データからトピックトレンドを抽出するアルゴリズム開発を進めた (Adelani 氏, Grabowicz 博士との共同研究)。

3. 今後の予定

引き続き, 項目 A, B を進める。項目 A については, 大規模シミュレーションデータを用いたさらなるアルゴリズムの検証, 論文改訂を進める。項目 B については, ① 2. で述べたトピックトレンド抽出アルゴリズムについての論文執筆, ②トレンドだけでなく, 因果関係も同時に推定する分析手法の開発, を進める。

4. 外部との研究交流

以下のように外部との交流を積極的に行った。少しずつ共同研究成果も出つつある。

- 1) 2018 年 6 月: 若宮翔子博士 (奈良先端大学, ACT-I 1 期生), 荒牧英治博士 (奈良先端大学) を訪問し, 交流した。
- 2) 2018 年 8 月: 篠崎隆宏博士 (東京工業大学) を訪問し, 打ち合わせを行った。成果の一部 (神経細胞モデルのパラメータ最適化技術) は, 2019 年 5 月に国際会議 ICASSP において発表する (Han, Shinozaki, Kobayashi, ICASSP 2019)。
- 3) 2019 年 3 月: M. Diesmann 博士 (ユーリヒ総合研究機構, ドイツ) とイベント時系列解析の脳科学への応用について打ち合わせを行った。
- 4) 水野貴之博士 (国立情報学研究所) と社会・経済時系列のモデリングについて共同研究を進めた。成果の一部は, 2019 年 3 月に計算社会ワークショップにおいて発表した (水野, 小林, 宮田, 庄司, CSSJ 2019)。

平成 30 年度

研究者番号: 50208

個人研究者氏名: 曾我部 舞奈

研究進捗状況

1. 本半期の研究項目

- ・ 具体的な研究事項
- 生体ライブイメージングにおける最適な撮像の自動決定システムの構築
 - ・ 顕微鏡ステージに付属する装置の開発
 - ・ 正確な segmentation のための、撮像時の元画像クオリティの改善
 - ・ 実データの収集

2. 研究経過および進捗状況、成果

- 撮像時のレンズ位置の高速移動によるブレの補正、計測機器によるカクツキ等の補正することで、よりノイズの少ない元データを取得できるようになり (Fig.1)、segmentation 等の結果において、精度の上昇が見られた。
- シミュレーション上での位置決定アルゴリズムの試作を行い、領域決定、経路決定等を行えるようにした。しかし、実際の測定対象の速度、顕微鏡を制御する側の PC 環境等を考慮に入れ、高速化が必要である。
- 血管内血球イメージングを行い、試験データの収集を行った。

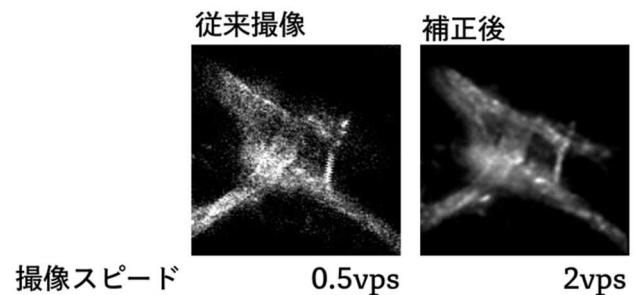


Fig.1 撮像ブレを考慮に入れた高速撮像用補正

- 非参照画像評価を応用した、3次元生体画像評価指標を提案した (論文発表予定)。
- 高速撮像用 XYZ ピエゾステージの開発 (2019.4.17 Focus on Microscopy にて発表)。

3. 今後の予定

- 開発機材をもちいた、実際の撮像と動作性確認を行い、ソフト化を前提に詳細を検討していく (計算時間の検討、対象サンプルの限界についての検討等)。
- これまで生物領域において 3D 動画に関しての評価手法は存在していなかった。これまでに開発した、非参照画像評価を応用した生体画像用の評価指標をさらに発展させることで、取得した 4次元動画の非参照評価手法を確立させ、取得した広範囲ライブイメージング画像の客観的な評価を行えるようにする。

4. 外部との研究交流

- ・ 業務委託、個人研究者訪問、研究協力など
- 自治医科大学分子病態研究部との共同研究 (特殊共焦点顕微鏡の高速撮像アルゴリズム、新しい顕微鏡画像表現の検討)、ACT-I 本フェーズでの成果の汎用性検討のため、画像データの取得を依頼。
- 大阪大学矢内先生とのブロックチェーンをもちいた顕微鏡画像の再現性保証システム開発

平成 30 年度

研究者番号: 50209

個人研究者氏名: 千葉 直也

研究進捗状況

1. 本期の研究項目

- ・ SWM 公式を用いた LT 行列推定の高速化
- ・ LT 行列の複数行同時推定による高速化
- ・ 三次元計測システムとロボットの統合実験
- ・ 点群深層学習によるインスタンス認識・位置姿勢推定

2. 研究経過および進捗状況、成果

LT 行列の推定の高速化のため、SMW 公式を用いた推定の高速化を行った。SMW 公式を用いることで ADMM を用いた L1 最小化における逆行列に関わる計算部分での逆行列を陰的に保持することができ、ADMM におけるループ内での計算における計算量のオーダーを下げるができる。また、LT 行列の複数行同時推定による高速化も行った。これは LT 行列多段解像度推定を適用する際、内部で使われる LT 行列行分解推定の分解を 1 行ずつではなく数行ずつにすることによる高速化であり、逆行列を計算する回数を減らすことによる高速化を実現する。一方で逆行列を求める対象となる行列自体が大きくなるため、何行ずつに分離するかはトレードオフ関係があり調整を必要とする。以上の LT 行列推定の高速化に関わる研究成果は ACT-I 一期生加速フェーズの今倉先生との共同研究である。

LT 行列推定による三次元計測システムが十分高速化できたと判断し、実際のロボット及び位置姿勢推定アルゴリズムとの統合を行った。結果として、金属光沢を有する難計測部品のばら積みピッキングをおよそ 1 分/個で達成した。

LT 行列推定による三次元計測法は、計測点群の点群の密度を上げると計算量が急速に増大するという特性をもつため、できるだけ低密度の点群の計測でインスタンス認識・位置姿勢推定を実行したい。しかしながら、上記のばら積みピッキングで用いた PPF をベースとする手法は低密度の点群では推定に失敗することが分かった。したがって、近年急速に研究が進められている点群深層学習を適用する事で、低密度な点群からのインスタンス認識・位置姿勢推定の実現を目標に定める。現状では、データセット作成のためのシミュレータの開発と、PointNet を用いた単一物体の位置姿勢推定のベースライン手法の開発を完了している。

3. 今後の予定

ACT-I 研究期間中に開発した、白飛びに対応した ADMM による L1 最小化アルゴリズムを修正し、黒つぶれにも対応したスパース推定法を開発する。これは、特に半透明物体において黒つぶれが原因となり三次元計測の精度が悪化していることを発見したことによる。

また、点群深層学習ベースのインスタンス認識・位置姿勢推定手法を開発し、ばら積みピッキングの実現を目指す。

4. 外部との研究交流

・ 研究協力:

ACT-I 一期生今倉先生との共同研究（上記成果に詳細を記載）

ACT-I 三期生鈴木雄太さんの課題に対する点群深層学習アプローチの検討・情報提供

ACT-I 三期生竹内さんの課題に対する点群深層学習アプローチの情報提供

平成 30 年度

研究者番号: 50210

個人研究者氏名: 中島 一崇

研究進捗状況

1. 本半期の研究項目

- ・ 具体的な研究事項

【粉末を利用する 3D プリントにおける排出口位置の最適化】

排出口位置最適化のプログラムを実装・評価し、成果を論文としてまとめ、学会へ投稿

【コネクタ形状を考慮した 3 次元形状のボリューム分割】

ACT-I で行った型による複製のアルゴリズムの高速化を行う

2. 研究経過および進捗状況、成果

【粉末を利用する 3D プリントにおける排出口位置の最適化】

排出口位置最適化のプログラムを一般の PC でも動くような形で実装した。また、そのシステムを様々な形状に適用し、本研究のアルゴリズムの評価を行った

そして、この研究の成果について、H31 年 1 月締切であった SIGGRAPH 2019 に論文としてまとめ、投稿した

【コネクタ形状を考慮した 3 次元形状のボリューム分割】

もともととは型による複製を前提として研究を進めようと考えていたが、様々な方と議論をする中で、型による複製だけに固執する必要はなく、むしろ、様々な造形方法(3D プリントなど)に対応できる形でボリューム分割を行ったほうがより良い研究になると気づいた。そのため、特定の造形方法にこだわるのではなく、一般のボリューム分割を行う際にコンピュータグラフィックスの技術を通じてどのような形で、ユーザーへの補助ができるのかということ調査した。

また、中島自身が個人的に交流のあるプロの 3D モデラーの方と意見交換をしつつ、簡単なものではあるが、3D モデルのボリューム分割を支援するシステムのプロトタイプの実装を開始した。(プロの方からの反応は上々であった)

3. 今後の予定

【粉末を利用する 3D プリントにおける排出口位置の最適化】

残念ながら SIGGRAPH 2019 に投稿した論文は不採択となってしまった。レビューで指摘されていた、アルゴリズムの評価の不足部分を補強し、令和元年 5 月締切の SIGGRAPH Asia 2019 への再投稿を目指し、現在論文のアップデートを行っている

【コネクタ形状を考慮した 3 次元形状のボリューム分割】

すでに実装を行っている分割支援システムについて、更に質を高める。その後、令和元年 9 月末ごろ締切の Eurographics 2020 への投稿を目指し、評価等を進める計画である

4. 外部との研究交流

- ・ 業務委託、個人研究者訪問、研究協力など

H30 年度下半期は該当なし。

平成 30 年度

研究者番号: 50211

個人研究者氏名: 原 祐子

研究進捗状況

1. 本半期の研究項目

近年、IoT アプリケーションやセンシングデバイスの発達・普及により、人やモノが生成するデータはますます増大しており、今後もこの傾向は更に加速すると考えられる。これまでは組み込み・IoT 端末（エッジノード）はデータをセンシングして、それらのデータをデータセンタに送るのみで、データの処理はデータセンタのスーパーコンピュータ等で処理されることが前提であったが、今後は IoT 端末上でリアルタイムにデータ処理できるようにすることで、新サービス・ビジネスの創出と今後の日本が抱える社会問題の解決に繋げられる。このような IoT エッジノード上での計算処理は、「エッジコンピューティング」として、国内外で広く注目・期待され始めている。エッジコンピューティングにより、データの送受信量を削減でき（ネットワーク帯域の切迫を緩和でき）、IoT 端末の重大な課題であるエネルギー（バッテリー寿命）の課題を改善・解決できる。

エッジコンピューティングのためのアーキテクチャとして、組み込み・IoT 端末向けの GPU（Jetson 等）が近年使用され始めている。しかし、GPU はエネルギー消費量が大きいため、常に電力供給できることが前提となり、使用できる環境は限られる。一言で「エッジコンピューティング」と言っても、対象とするアプリケーションドメイン（計算処理の内容）や仕様環境に応じたアーキテクチャ設計が必要である。

本研究の目的は、エッジコンピューティングを対象に、リアルタイムにストリームデータを処理するアーキテクチャを開発し、上記の課題を解決する次世代情報基盤技術を確立することにある。本研究では、エッジコンピューティングのアプリケーションドメインのうち、特に小型センサ上でリアルタイムに軽度の演算処理を行う用途を想定している（探索、ソート等のストリームデータに対する前処理）。これらの処理では、GPU に搭載されるエネルギー消費量が必要な演算ユニットは必要なく、比較的シンプルで省エネな演算ユニットで十分処理可能である。また、設計生産性を鑑みると、アプリケーションに特化した回路設計は現実的ではないため、多様なアプリケーションに利用可能な汎用性を持つ、エッジコンピューティング向け省エネプロセッサの開発およびその設計環境の構築が重要であり、本研究でその諸技術の確立を目指す。

平成 30 年度は、平成 29 年度に引き続き、以下の課題①～③に取り組んだ。

- ① エッジコンピューティング向け省エネ小型プロセッサコアの ISA・アーキテクチャ検討：エネルギーは実行時間と単位時間あたりの電力消費量によって決まり、さらに実行時間と電力消費量（回路面積に比例）はプロセッサの機能によって決まる。つまり、これらはトレードオフの関係にある。平成 29 年度に引き続き、エネルギー効率を高めるプロセッサコアの構成を検討した。プロセッサの ISA について、平成 28 年度では 2 命令、平成 29 年度では 4 命令に拡張した。平成 30 年度では 4 命令を維持したままオプション（即値等）を追加し、アーキテクチャのパイプライン構成を見直すことで、回路面積オーバーヘッドを抑えつつ処理効率を改良した。
- ② 複数の小型コアを用いたマルチコアプロセッサの構築・検証：平成 29 年度に引き続き、①の検討とへ移行してマルチコアプロセッサの拡張に取り組んだ。コア自体は①の小型コアを再利用し、コア間通信のみをアプリケーションに応じた最適構造にすることで、再利用性とエネルギー高効率を両立する。平成 30 年度では、新たなマルチコア通信構造を実装・検証し、エネルギー効率および処理性能に関して既存プロセッサに対する優位性を明らかにした。
- ③ 小型プロセッサの環境開発構築：平成 29 年度に引き続き、既存のコンパイラフレームワーク LLVM をベースに、上記の小型プロセッサのコンパイラ開発に取り組んだ。また、その他のソフトウェア設計環境（デバッガ・シミュレータ）の開発も行った。

2. 研究経過および進捗状況、成果

① エッジコンピューティング省エネ小型プロセッサコアの ISA・アーキテクチャ検討

- 研究経過・進捗状況：平成 29 年度に引き続き、ISA は 4 つの命令（減算、シフト、論理和、メモリアクセス）を維持したが、それぞれの柔軟性を高める拡張をした。具体的には、減算・シフト・論理和には即値を指定できるようにし、メモリアクセス回数を削減した。また、シフトは左シフトだけでなく右シフトも追加した。これらの拡張により、異なる型のデータの扱いや変数乗算・除算以外の算術演算は、効率良く処理できる。これらの ISA 拡張に応じてアーキテクチャ構成も 2 段パイプラインから 3 段パイプラインへ拡張した。3 段目のステージは、メモリアクセス命令のみに適用され、これによりメモリアクセス時に発生していたパイプラインストールを削除できた。アプリケーションは、これまで使用していたクイックソート・画像の差分検出の 2 種に加え、4 種（整数型 DCT・画像のヒストグラム・ラプラシアンエッジフィルタ・ワードカウント）を合わせた計 6 種で評価した。
- 成果：平成 29 年度末までに開発した小型コアと比較して、回路面積は 15%増加したものの、処理効率、エネルギー効率はそれぞれ平均 53%、61%改善した（平成 29 年度末時点で、ARM の Cortex-M0 と比較して回路面積（ロジックとメモリの総面積）は 0.83 倍、ロジック、メモリの消費電力（ダイナミックとリークの総消費電力）はそれぞれ 0.78 倍、0.89 倍となり、総合的には 0.82 倍であった）。提案プロセッサの強みは、これまではエネルギー制約上、演算処理（コンピューティング）をしてこなかったエッジ端末にアーキテクチャを搭載できるようになることにある。既存のアプリケーションに基づくエッジコンピューティングの概念にとどまらず、エッジコンピューティングのターゲットをさらに開拓し、小型な Cortex-M0 でさえもオーバスペックであるような使用用途（ドメイン・環境）に適用できるという点で大きな貢献があると考えらる（ARM 社 Cortex-M0 は提案プロセッサより多種の命令を持ち、複雑な処理や算術演算を多く含むアプリケーションやエネルギー制約が緩い環境では Cortex-M0 で十分であるため、本研究の対象とはならない）。クイックソート・画像の差分検出の 2 つのアプリケーションを用いた評価結果について、国際会議 International Conference on Application-specific Systems, Architectures and Processors (ASAP)にて、本研究成果を発表した（7月）。さらにアプリケーションを増やしてより定量的な評価を行った結果は、IEEE Embedded Systems Letters (ESL) に投稿し査読中である（1月に投稿）。

② マルチコアプロセッサの構築・検証

- 研究経過・進捗状況：①と並行して進めていた（①の使用が定まる前に研究・開発を進めていた）ため、課題②では以前オリジナルの単一命令セットプロセッサをコアとして用いるマルチコアプロセッサを構築した。平成 29 年度ではマルチコアの通信構造は直線型のみであったが、平成 30 年度ではリング型およびメッシュ型とより多様なマルチコア構成について実装・評価した。リング型では分散メモリの他にデータの大半を置く共有メモリを導入した。メッシュ型ではコア間のデータ転送の無駄を削減するために、直接的なコア間通信を増やした（他のコアを介する通信を減らした）。これにより、データ転送のエネルギー削減を実現した。平成 29 年度と同様、2つのストリームデータ処理向けベンチマーク（リーベンシュタイン距離計算およびソーティングアルゴリズム）を用いて、マルチコアプロセッサのコア数やデータ量を変えて、エネルギー消費量、スケーラビリティ、および、柔軟性（多様なアプリケーションに容易に適用できる特徴）を評価した。
- 成果：現段階で使用しているコアは単一命令セットコンピュータであり、演算効率が低くメモリアクセスが多数であるにもかかわらず、特にリング型では大幅なエネルギー削減を実現できた。単一命令セットコンピュータベースのマルチコア（4 コア）であっても、ARM Cortex-M0 より高速・省エネルギーであることを示した。①のコアで置換した後には、更なる優位性が得られると期待できる。メッシュ型では平成 29 年度に開発済みの直列型マルチコア構造に対する優位性は得られなかったが、コア

に対してクロックゲーティングを適用可能な時間が増え、エネルギーの観点で有用性を示すことができた。電子情報通信学会 VLD 研究会にて、メッシュ型マルチコアの研究成果を発表した（3月）。リング型マルチコアについても、論文発表準備中である。

③ ソフトウェア開発環境（コンパイラ・デバッガ）の構築

- 研究経過・進捗状況：コンパイラについてはオープンソースコンパイラフレームワークである LLVM をベースに、上記の提案プロセッサのコンパイラを構築した。LLVM のフロントエンド～ミドルエンドまでを再利用し、バックエンドは独自開発する手法をとった。これにより、パーサやフロントエンド部分の最適化部分を再利用することができ、開発効率を上げられる。一方、本研究がベースとしているプロセッサは4つのオペランドを持つという特殊な特徴を持っているため（多くのプロセッサではオペランドは3つまで）、バックエンドはそのまま LLVM に組み込むことが難しく、独自開発するのが容易であると考えた。また、少ない命令セットのプロセッサでは、命令数が増えデバッグが困難になる。特にマルチコアプロセッサでは、演算処理もデータ転送も同種の命令であるため、さらにデバッグを困難にする。したがって、シミュレータだけでなく、効率的なデバッグ環境が必要であり、本研究では Kotlin をベースにデバッガを開発した。現時点では、オリジナルの単一命令セットコンピュータとその拡張プロセッサ（4 命令）を両方用いて研究を進めている段階であるため、1 種の ISA に特化せず柔軟な拡張性を持つデバッガが必要である。コンパイラ・デバッガは、現時点ではオリジナルの単一命令セットコンピュータのみが対象である（マルチプロセッサへは今後対応予定）。
- 成果：手書きアセンブリコードおよびコンパイラが生成したアセンブリコードを命令セットシミュレータで実行し、実行命令数を評価・比較した。使用したアプリは、クイックソートおよびリーベンシュタイン距離計算の2種である。手書きアセンブリコードは、本研究に従事してきた学生（すなわちプロセッサの特徴を熟知し手で最適化できる人）がコーディングしたものである。2つのアプリケーションにおいて、コンパイラが生成したアセンブリコードの方が平均 5%程度命令数を削減することができた。クイックソートにおいては、コンパイラ中で適用した再帰呼び出しの最適化が命令数の削減につながったためである。リーベンシュタイン距離計算についてはまだ分析段階であるが、比較・分岐を1命令でできる `subneg4` 命令の特徴を上手く利用した最適化が実現できたためと考えられる。デバッガについては、拡張の柔軟性を残しつつ、ブレークポイントを置いた時点の途中結果について逐次追いつながりながら検証できる環境を実現できたことを確認した。

3. 今後の予定

① エッジコンピューティング向け省エネプロセッサコアの構成検討

本研究の主眼は4命令のISAから成る小型プロセッサコアを用いたマルチコアプロセッサの確立ではあるが、平成29年度に引き続き、シングルコアとしての応用について調査・検討していく。これまでのプロセッサは、メモリアクセスを減らすことを目的に発展し、現在のかたちになったが、アプリケーションによってはどう工夫してもメモリアクセスを減らせないようなものも存在する。そのようなアプリケーションを対象に近年再び注目されているのが Processing In-Memory や Near-Memory Computing であり、課題①のシングルコアの応用として検討すべきであると考えている。実際、3月の研究会でメッシュ型マルチコアプロセッサの研究成果を発表した際にも、参加者からそのようなコメントを受けた。

② マルチコアプロセッサの構築・検証

これまで、マルチコアプロセッサとして、直列型、リング型、メッシュ型という3種の代表的な構成を実現してきた。それぞれまだ改良の余地はあるものの、どのようなアプリケーションでどの構造・いくつのコアを用いるべきかの探索を検討すべき段階に入ったと考えている。メモリアイズやプライベート/共有メモリの検討も含めて設計探索アルゴリズムを検討していく。また、チップ試作についても検討を始めている。これまでは CAD ツー

ルのシミュレーション・合成結果までの評価にとどまっており、チップ試作のノウハウがまだない。チップ試作経験を持つ先生方に助言を仰いだり、VDEC の講習会に参加したりしながら情報収集を始めている。初めての試作でマルチコアに着手するのは困難だと考えられるため、まずは課題①のシングルコアから着手し、ノウハウを得ながら進めていく。

③ コンパイラ・デバッグ拡張

平成 30 年度でようやくコンパイラの基盤を構築することができたが、対象は以前オリジナル subneg4 のシングルコアである。マルチコアへの対応については、全自動は非常に困難であるため、入力のコードに制約を設け（予めコア毎にアプリケーションを分割し、通信は非効率であってもサブルーチンにする等）、現状のシングルコア向けコンパイラをほぼそのまま使いまわすことを想定している。課題①の 4 命令 ISA については、レジスタファイルが導入されたことやオペコードが必要なこと等を考えると、subneg4 向けのコンパイラを再利用・ベースとした拡張は難しいと考えている。4 命令 ISA 向けには別途コンパイラ開発を検討している（ただし最適化効果はあまりないもの）。デバッグについては、データ転送にブレークポイントを置いたデバッグが可能な方法を検討している。

4. 外部との研究交流

チップ試作経験を持つ先生に、チップ試作前のタイミング検証等のサポートを依頼できそうな業者を紹介いただいた。コンタクト・具体的な相談を始める相談を始めようとしている。また、知り合いの企業の方に、本研究のマルチコアプロセッサの特徴を活かせそうな用途・アプリケーションについて、時折ヒアリングをしている。引き続きヒアリングし、企業・社会的ニーズを探る。

平成 30 年度

研究者番号: 50212

個人研究者氏名: 松井勇佑

研究進捗状況

1. 本半期の研究項目

- ・ 具体的な研究事項

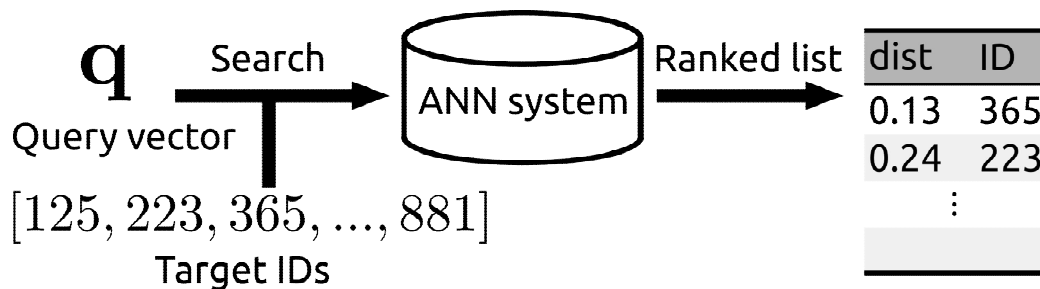
2018 年度は、具体的に以下の項目について研究を行った

- ・ 【理論】 ベクトル量子化した行列の積に関するエラーバウンド
- ・ 【応用】 圧縮コードに対する検索

2. 研究経過および進捗状況、成果

行列をベクトル量子化し、その ID だけを保持することで行列を省メモリに保存し、さらに行列積を ID だけから近似計算する方法論およびエラーバウンドを考察した。この内容は国際会議 ICIP にて発表された。

また、圧縮された量子化コードに対し、全体ではなく部分に対する検索を可能とした。これにより、画像検索と単語検索を組み合わせるような複雑な検索が統一的に記述可能になる。この内容は国際会議 ACM Multimedia にてオーラル発表された。その内容を下図に記す。



画像検索の文脈では、画像は一本のベクトルとして表現される。前処理として、データベース側の 1 番目から N 番目のベクトル（画像）は全て高速な近似最近傍探索システムに登録される。クエリのベクトル（画像）が与えられたとき、似ているベクトルを探す。これが画像検索である。

一方で、例えば「2019 年に撮影された画像の中から似ている画像を探したい」というような要望がある。この問題は、事前に撮影記録に対するフィルタリング処理などを行い画像番号を特定し、その番号集合のなかから似ているベクトルを探すという処理に相当する。すなわち、「2019 年に撮影された画像は 101 番目、245 番目、 $\dots$ 4325 番目の画像である」という情報を得て、その指定されている番号の中から検索を行う。この問題は、上の図のように、検索時にクエリに加えて、ターゲットとなる画像番号の集合が与えられ、検索を行う、と立式できる。これを私は「部分に対する検索」と名付けた。

この問題は非常に大きな需要がありながら、近年の最近傍探索システムは対応していなかった。すなわち、既存の高速なシステムは全て（1～ N 番目）のベクトルに対する探索には高速（そのために最適化されている）だが、部分に対する処理をサポートしていない場合がほとんどだからである。よって、この部分に対する検索問題は、従来はエンジニアリングによる力業で処理されてきた。私が ACM Multimedia において発表した手法は、一つのデータ構造で二つの探索方式をサポートすることにより、「部分に対する検索」を実行可能にした。

3. 今後の予定

引き続き、理論応用両面に対し研究をすすめる。とくに、ID は入れて変えても意味がかわらないという自由度があり、その自由度を利用するという方式を進める予定である。

4. 外部との研究交流

- ・業務委託、個人研究者訪問、研究協力など

産業総合技術研究所にて関連する内容の招待講演を行った。

平成 30 年度

研究者番号: 50161

個人研究者氏名: 穂山 空道

研究進捗状況

1. 本半期の研究項目

・ 具体的な研究事項

データにエラーが混入する代わりに高速アクセスを可能とする次世代メモリデバイスを用いたアプリケーション自動高速化のため、本年度は具体的に以下の 2 点を研究した。

1. 各アプリケーションがメモリエラーに対してどう振舞うかを評価するためのエラーエミュレータ。

2. アプリケーションの持つデータ構造を次世代メモリデバイス上にマップするための機構の初期検討。

2. 研究経過および進捗状況、成果

研究事項 1 では、エラー発生仕組みを考慮しメモリデバイス内部動作のうち最低限必要な情報のみを取得することで、ハードウェアの正確なシミュレータを用いる場合に比べて 3 桁の高速化を実現した。また提案手法は全てソフトウェアベースであるため実機を用いる場合と比較してユーザの手間が大きく省かれる。得られた成果を “A Lightweight Method to Evaluate Effect of Approximate Memory with Hardware Performance Monitors” と題し IEICE Transactions on Information and Systems に投稿し、現在条件付き採録となっている。

研究事項 2 では、アプリケーションの持つデータ構造にエラーが混入してよいデータと混入してはいけにデータが同居している場合に適切なマッピングを行わないとアプリケーション性能が大きく低下することを指摘した。またこれを解消するためのプリフェッチ手法を提案し、ハードウェアシミュレータを用いた予備評価で性能低下がほぼ解消されることを示した。得られた成果を「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」と題し組込み技術とネットワークに関するワークショップ (ETNET 2019) で口頭発表し、研究会優秀若手発表賞を受賞した。

3. 今後の予定

研究事項 1 では、最終目標であるアプリケーションに合わせたエラー率の適切な制御のため、開発したエミュレータを用いて様々なアプリケーションのエラー耐性を評価しエラー率制御手法の確立を目指す。

研究事項 2 では、現在の提案手法では性能低下は解消するもののメモリデバイス内のバッファのヒット率が低下し消費電力が増大すること、これを解消するにはメモリデバイスのハードウェアに立ち入った改善が必要なことが分かっている。外部との研究交流機会 (下記 4) を活用し消費電力も増加させない仕組みを研究する。

4. 外部との研究交流

・ 業務委託、個人研究者訪問、研究協力など

次世代メモリデバイスのハードウェア研究で世界的に有名な Onur Mutlu 教授 (ETH Zurich) にコンタクトし、次年度の研究協力 (ETH Zurich へ訪問しての研究遂行) を実現した。

平成 30 年度

研究者番号: 50162

個人研究者氏名: 石田 繁巳

研究進捗状況

1. 本半期の研究項目

- ・屋外センシングに向けた通信環境データの取得
- ・屋外通信データに基づく車両通過検知及び車両種別判定（非見通し環境）
- ・屋外通信データに基づく車両通過検知（見通し環境）
- ・屋外での人間検出（見通し環境）
- ・変化に着目したセンシング

2. 研究経過および進捗状況、成果

- ・屋外での車両検出に向けた通信環境データの取得

屋外の道路の両側に IEEE 802.11n 機器を設置し、通信状態のデータを取得した。車両が通過したときに送受信機間が遮蔽される非見通し（NLOS: non line-of-sight）環境と、車両の通過有無に関わらず送受信機間で見通しがきく状態にある見通し環境（LOS: line-of-sight）環境の両方でデータを取得した。また、屋外の見通し環境において 1 人の人間をセンシングするためのデータを取得した。

- ・屋外通信データに基づく車両通過検知及び車両種別判定（非見通し環境）

機械学習手法の SVM（Support Vector Machine）による車両有無判定機構を実装し、上記取得データを用いて評価を行った。その結果、精度 93.3%、網羅度 100.0%で検出できることを確認した。一方、車両種別を「大型車」「バン」「普通車」「小型車」に分類する場合には精度 54.4%、網羅度 48.5%となり、十分な精度が得られないという課題が明らかになった。

- ・屋外通信データに基づく車両通過検知（見通し環境）

見通し環境における通信データを用い、上記 SVM による車両有無判定機構による車両検出精度を評価した。車両の検出はビデオカメラを利用し、深層学習を用いた車両検出により車両有無の真値を得た。評価結果は集計途中であるが、60%程度の精度が得られている。また、見通し環境では直接波の影響により通信環境の変化が小さくなると予想されることから、直接波の影響を解析的に軽減する信号処理を加えた場合に検出精度がどのように変化するかを検証している。

- ・屋外での人間検出（見通し環境）

屋外の見通し環境で取得した人間センシング向けデータを用いて DNN（deep neural network）を用いた人間検出システムを実装、評価した。6m 四方の 9 つのエリアと人がいない状況を区別するセンシングを試みた結果、精度 96.40%でセンシングを実現できることを確認した。

- ・変化に着目したセンシング

屋外ではセンシング対象物の変化の影響が通信に与える影響が小さいことが予想される。この場合には木々の揺れなどの周囲の変化が通信に与える影響にセンシング対象の影響が埋もれてしまうことが予想される。この問題解決に向け、環境ノイズを低減する手法を考案した。屋内環境、具体的には浴室のモニタリングに本手法を応用した結果、浴室内で失神した場合に発生しうる危険な姿勢を網羅度 96.23%で検出できることを確認した。

3. 今後の予定

屋外環境において車両をセンシングする手法の開発を引き続き実施する。解析的に直接波の影響を軽減する試みの結果を確認し、効果が不十分であれば直接波の影響を軽減する別の手法を試行錯誤する予定である。また、通信対象が複数存在する場合にどのように送受信機を選択するかに関して検討を進める予定である。

4. 外部との研究交流

- ・業務委託、個人研究者訪問、研究協力など

IEEE 802.11ac 機器を用いた通信状態データ（CSI: channel state information）取得に関して日本電信電話株式会社と協力して研究を進めている。IEEE 802.11n は広く普及しているが、今後は IEEE 802.11ac などの新しい通信方式を用いた無線 LAN 機器が流布しつつある。IEEE 802.11ac 機器で取得できる CSI は IEEE 802.11n 機器で取得できる CSI とは異なることから、今後普及が見込まれる IEEE 802.11ac 方式に対応したセンシング技術の確立を目指す。

平成 30 年度

研究者番号: 50163

個人研究者氏名: 石畠 正和

研究進捗状況

1. 本半期の研究項目

本半期では決定グラフを利用した新たな演算の開発に挑戦した。具体的には、空間統計に利用されるスキャン統計量を決定グラフを利用して厳密に計算する手法を提案した。スキャン統計量とは、ある地図上の複数の地点から観測を得たとき、その背後に空間的依存関係が存在するか、しないかを検定するための統計量である。このスキャン統計量は、仮説となるパターン集合が与えられた元で、観測が有意に大きいパターンを見つけることで計算可能である。仮説となるパターン集合は、検定したい空間的依存関係によって異なり、例えば都道府県別の麻疹の流行度合いを観測し、これに地域性があるかを検定する場合は、パターン集合はサイズ K の隣接都道府県の集合の族となる。一般的にこのパターン集合のサイズは指数的なものとなり、スキャン統計量を計算することは難しい。しかし、これまでの研究により、スキャン統計量は、パターン集合が決定グラフで表現されているとき、そのサイズに比例する時間で計算できることがわかっていて、本研究では、単にスキャン統計量を計算するだけではなく、その p 値を計算する手法を提案した。スキャン統計量の p 値とは、あるスキャン統計量を観測したとき、それよりも極端な（大きな）スキャン統計量を得る確率である。つまり、すべての観測を考えたとき、スキャン統計量の値が今のスキャン統計量よりも大きくなる観測の確率の合計を計算することに等しい。この計算はスキャン統計量を計算することよりも当然難しい。本研究ではこの計算は、観測が 2 値である場合においても $\#P$ 困難であることを示した。更に、スキャン統計量の p 値を決定グラフを利用して経験的に高速に計算する手法を提案した。

2. 研究経過および進捗状況、成果

本半期では主に、前項で述べた手法を導出・実装し、日本とアメリカの都道府県別・州別の人口・収入・GDP の変化が地域性を持つかの検定を実際に行った。また 2016 年アメリカ大統領選挙の結果に地域性があるかの検定も行った。本結果をまとめて人工知能分野のトップ会議である IJCAI2019 に投稿した。

3. 今後の予定

本プロジェクトでは決定グラフを利用した演算の充実と、決定グラフの汎用的な構築法の構成を目標としていた。前者については先の項目で述べたように新たな演算を提案できたため、翌年度からは決定グラフの一般的な構築法の開発に取り掛かる予定である。具体的にはオートマトンや述語論理で記述された制約を表現する決定グラフを構成する手法を開発する予定である。

4. 外部との研究交流

ACT-I で恒例となっている応用数学研究会の幹事を努めた。私が担当した第 3 回応用数学研究会では、二期生の小林氏と相馬を講演者として迎え、それぞれに離散最適化における最小最大定理についてと劣モジュラ関数の最適化について解説頂いた。

また ACT-I 1 期生の山口氏を自身の所属である NTT CS 研に招待し、マッチングに関する研究をいくつか紹介頂いた。

ACT-I 三期生である佐々木氏の推薦で DEIM2019 のコメンテータに就任した。DEIM2019 に参加し、担当セッションの発表に対して専門家として可能な限り有益なコメントを行い、コミュニティの発展に協力した。ナイトセッションでは ACT-I 二期生の塩川氏や天方氏等とも議論を行った。

平成 30 年度

研究者番号: 50164

個人研究者氏名: 板倉健太

研究進捗状況

1. 本半期の研究項目

・具体的な研究事項

- 1) 3次元センサー(ライダー)で植生を含む対象地の3次元画像を取得する。そこで得た3次元画像から自動的に樹木を検出するアルゴリズムの開発を行った。ここでは、下草や人口構造物が混じりあうなかで精度よく自動検出することを目指した。
- 2) 屋内での小さい植物を対象として、分光画像・熱画像を植物の3次元画像にマッピングし、クロロフィルなどの生理状態と関わるパラメータとの関係性を調べる。
- 3) 植物の環境浄化機能と関連をもつパラメータである葉傾斜角の自動推定を行った。

2. 研究経過および進捗状況、成果

- 1) 進捗は非常に良好であり、本研究事項にて投稿論文を執筆した。著名な国際雑誌である *applied optics* に提出・受理された。
- 2) 進捗は非常に良好であり、本研究事項にて投稿論文を執筆した。著名な国際雑誌である *sensors* に提出・受理された。
- 3) 進捗は非常に良好であり、本研究事項にて投稿論文を執筆した。著名な国際雑誌である *remote sensing* に提出・受理された。

3. 今後の予定

- 1) の研究事項についてより深化させる必要がある。現状では、人口構造物が多くまじりあう中で樹木の自動検知を行っているが、森林などの、より樹木や下草が密生している土地にて同様に樹木が検出できるかは未検討である。その実現のためには、森林に特化したアルゴリズムが必要であると考えられ、2019年度にて開発を行っていく予定である。
・360度カメラから得られた画像をもとに対象の3次元復元を行う。その画像から樹木の形状を精度よく推定可能かどうかを調べる。
1. まずは360度カメラを手持ちし、そこで得られた画像から3次元復元を行う。なお、この計測方法や解析方法は確立済みである。そして、本研究での主要プラットフォームは移動体であるため、360度カメラを車載し、そこから画像取得を行うことで広域計測を実現する。
2. R-CNNと呼ばれる技術を用いて、画像から樹木を自動的に認識する技術を開発する。なお、この場合、大きくひずんだ画像から樹木を抽出する必要があるため、既存のソフトウェアをもとに、方式を工夫していく必要がある。このとき、樹木のみならず、他の物体も検出できるような学習器を確立することが望ましい。

4. 外部との研究交流

・業務委託、個人研究者訪問、研究協力など

- ・同分野での権威である千葉大学の本條毅先生の研究室に訪問し、ディスカッションを行った。また、本條先生が当研究室を訪れることもあり、交流が進んでいる。今後も定期的にディスカッションを行い、研究内容に関する理解を高めていきたい。
- ・2019年の9月から11月にかけて、シンガポール国立大学の研究室に滞在する予定である。当該研究分野のリモートセンシングのセンターがあり、その中の研究室に滞在する了承を得ている。非常に高い水準での研究のディスカッションなどを行えることが考えられ、それに向けて綿密な準備を進めたい。

平成 30 年度

研究者番号: 50165

個人研究者氏名: 伊藤 伸志

研究進捗状況

1. 本半期の研究項目

本研究テーマの重要な特殊ケースである、線形最適化の問題に注力した。具体的には以下の2項目に取り組んだ:

- (1) 制限された観測に基づくオンライン線形最適化問題に対する効率的なアルゴリズムの構築
- (2) 同問題の困難性の解析

2. 研究経過および進捗状況、成果

- (1) 制限された観測に基づくオンライン線形最適化の中でも重要かつ難しい問題である組合せバンディットとバンディット線形最適化問題を考察した。この問題に対して計算効率のよいアルゴリズムで漸近的に最適な性能を達成できるかは未解決だったが、これを解決した。具体的には、ある意味で必要最低限の仮定（オフライン最適化アルゴリズムへのアクセス）のもとで漸近的に最適な性能を達成する初の多項式時間アルゴリズムを構築した。この結果は、線形目的関数のクラスではオフライン最適化の計算複雑性とバンディット最適化の計算複雑性が（多項式時間帰着可能性の意味で）等価であることを意味する。
- (2) バンディット線形最適化問題の困難性の理論解析を進め、既存の結果と比べてより一般的かつ厳密な結果を得た。この結果によって、既存のアルゴリズムや(1)で構築したアルゴリズムがどの程度最適に近いかにについて、より詳細な評価が可能になった。この研究成果は、先行研究 [Cohen, Alon, Tamir Hazan, and Tomer Koren. "Tight Bounds for Bandit Combinatorial Optimization." COLT2017] で提示された open problem への回答を含む。具体的には、先行研究において複雑性が不明とされていた問題クラスに対して、初めてタイトな解析を与え、問題の複雑性を明らかにした。

3. 今後の予定

- ・上記の結果を非線形の凸問題へ拡張する。
- ・計算量の理論下界を示す。

4. 外部との研究交流

- ・ACT-I 研究者の有志で開催されている応用数学研究会の合宿に参加し、組合せ最適化について議論した。

平成 30 年度

研究者番号: 50166

個人研究者氏名: Danilo V. Vargas

研究進捗状況

1. 本半期の研究項目

- ・ 深層学習の脆弱性の評価
- ・ 多種類の深層学習を統一するモデルの開発
- ・ 多種類の深層学習を統一するモデルを探索できる最適化アルゴリズムの開発と実行(開発の計画は元々5月からだったが、既に実行中である)

2. 研究経過および進捗状況、成果

- ・ 頑強な人工知能を比較できる評価手法を作成した。前の手法の問題を指定しながら、新たな基準を提案した。
- ・ 比較手法と基準に基づいて、最先端のニューラルネットワークを試し、脆弱性が多いことを証明した。
- ・ 2018 年で公開された人工知能の防御も試し、脆弱性が多いことを証明した。
- ・ 自然言語に関するユニバーサル攻撃が可能と証明した。
- ・ 初めて、探索なしのユニバーサルルールから直接 Adversarial Sample を作成できることを証明した。
- ・ 頑強な人工知能を作成するように向い、様々なアルゴリズムの開発が始めた。
- ・ 進化計算に基づく人工知能を 5 倍程度スピードアップし、実用できるようにした。
- ・ 人工知能を自動的に探索できるシステムを作成し、現在の AutoML より柔軟性がある。(開発の計画は元々5月からだったが、既に実行中である)

3. 今後の予定

計画通りに下記の項目を予定している：

- ・ 自動探索システムの構築
- ・ ハイブリッドモデルの構築と探索
- ・ 探索したハイブリッドモデルの改良

更に、下記の計画外の予定も期待できる：

- ・ 今の人工知能と全く異なる新しい人工知能の提案

4. 外部との研究交流

- ・ 脆弱性がある人工知能に関する法律を議論し、共同研究している。現在、助成金も貰い、それに関する本も書いている。
- ・ ACT-I の劉先生から招待講演があった。今度に研究協力をするを期待している。
- ・ ACT-I の松木さんと話し、二人に関連する研究を始め、来週に NIPS に投稿する予定である。
- ・ 自動運転の安全性に興味がある Liaさんと藤田先生と一緒に論文を作成し、GECCO の Workshop に投稿した。研究は新しい人工知能の学習手法に関する。
- ・ Mello 先生と Banzhaf 先生と一緒に組み、進化計算に基づく人工知能を作成し、論文を投稿し、GECCO に発表する予定である。
- ・ 韓国に招待講演があり、研究協力をする可能性がある。
- ・ CVPR の Workshop で招待講演があり、IBM との共同研究機会がある。

平成 30 年度

研究者番号: 50167

個人研究者氏名: 植吉 晃大

研究進捗状況

1. 本半期の研究項目

・ 具体的な研究事項

「動的特徴選択による DNN 計算量の削減」のために、ハードウェアにおける計算効率化を実現するためのネットワークモデルの創出を行った。まず、画像認識を評価指標として用いた既存の DNN モデルにおける不必要な計算量を観測した。その後、この不必要な計算を省くための手法として、入力に応じて簡単な出力パターンを予測する機構を提案した。これにより、動的に不必要な計算を省くことができ、計算量削減を可能とする。

既存の DNN モデルの各層から分岐する特徴選択用ネットワークを追加し、認識精度を観察しながら、これをどこまで小規模化できるかを検討した。小規模化の検討は、ネットワークの大きさや、計算精度を変化させて評価した。

2. 研究経過および進捗状況、成果

簡単な画像認識のベンチマークの中で、不必要な計算をするニューロンを予測するネットワーク機構を定義し、GPU サーバを用いてシミュレーションした。これにより、不必要なニューロンを 8-9 割程度予測することができる機構を実現した。この予測器を小さな計算コストで可能とする二値化ニューラルネットワークを用いて構築し、再学習した。その結果、最終的な認識精度低下を抑えながら、大幅なニューロン計算を予測できる可能性を示した。また、不必要なニューロンを予測する信頼度を調節し、認識精度低下と計算削減量のトレードオフを後から調節する手法を考案し、最適な計算機構を探索できる環境を整備した。

3. 今後の予定

今後は、各ニューロンが最終的な認識精度にどの程度寄与するのかを観測し、これを予測機構に組み込ませて学習させることで、認識精度の低下の抑制を図る。また、元のニューラルネットを分解し、予測精度を高める手法も検討する。さらに、予測機構の現実的なオーバーヘッドを専用回路に組み込む前提で測定し、最終的な省電力計算システムの実現に向けて考察する。

4. 外部との研究交流

・ 業務委託、個人研究者訪問、研究協力など

特筆事項なし

平成 30 年度

研究者番号: 50168

個人研究者氏名: 江原 遥

研究進捗状況

1. 本半期の研究項目

1) Complex Word Identification (学習者の知らない語を特定するタスク) とテキスト・句の読解力の関係

2) Complex Word Identification に有効な特徴量を教師なしで発見する手法の提案

2. 研究経過および進捗状況、成果

※については、3月の site visit においてアドバイザー他皆様からのアドバイスを反映した。

1.1) 個々の学習者が知らない語を特定する Complex Word Identification (CWI) の識別器のみを用いて所与の文書の読解成功を予測する、Personalized Readability Assessment が既存に提案されており、テキストカバレッジという指標の閾値を用いる方法の有効性が多様な母語や学習歴の学習者を用いた研究で実証されている。

しかし、従来法では、識別器が出力する識別の不確かさ (uncertainty) を考慮することができなかった。数理的に拡張することにより、既存の指標 (テキストカバレッジ) の解釈性を保ったまま、読解成功の予測を従来より高精度に行う手法を提案した。(※: 有用性については、「不確かさを考慮する」という表現でより正確化した)

提案手法は、語学学習者が語を知っている不確かさをより正確にモデル化することで、特に、語数の少ない句や短文で高精度な読解成功判定を行えた。(※: アドバイスを基に追加実験で確認) 語彙力からの語句の読解判定について数理的に本質的な改善を提案できた。以上の内容を、自然言語処理のトップ査読付き国際会議である、ACL に投稿した。

1.2) Complex Word Identification に有効な特徴量として、従来、大規模な一般コーパスからの単語頻度に加えて、映画字幕コーパスの特徴量を用いると精度が向上するという報告 (Paetzold2016) と学習者の書いた第二言語の作文コーパスの単語頻度を合わせて用いると精度向上するという報告 (Kajiwar2018) があった。しかし、どのようなコーパスの単語頻度を組み合わせて特徴量として入れればよいのかについては分かっていなかった。

そこで、Complex Word Identification の教師データなしで、単語頻度分布 (1-gram 分布) 間の距離 (Jensen-Shannon 距離や谷本距離など 4 種) を用いることで、有効なコーパスの組み合わせを分析した。興味深いことに Paetzold2016 で有効性が報告された映画字幕コーパスと、Kajiwar2018 で有効と報告された作文コーパスは、出典が大きく違うにもかかわらず用意したすべてのコーパスの組み合わせの中で、最も単語頻度分布が似ていた。このため、単純に、一般コーパスに加えて、映画字幕コーパスと作文コーパスの両方の頻度の特徴量とする、ナイーブな方法はうまくいかないことが予想された。

このように確率分布間距離で予想される有効な特徴量の組み合わせを実際に検証したところ、特徴量の組み合わせごとの有効性をほぼ予想することができた。

3. 今後の予定

・ 1.1, 1.2) について、トップ会議への投稿を継続する。具体的に EMNLP-IJCNLP 2019。

・ 今年と言語生成に関するトップ会議である INLG が 7 月 1 日締め切りであるので、こちらにも、言語テストの自動生成に関する論文を投稿することを計画している。

・ 語句の使い分けは、評価が難しい。使い分けの推薦・可視化を行う手法の提案と例示による定性的評価までは研究期間内に可能と思われるが、評価が難しいため、こちらについてはトップ会議を狙うのではなく、プレゼンスを高めることが主目的である国際会議で発表し、業績化していく。国内では、直近では、Computer-Aided Language Learning の国際会議である JALTCALL2019 に発表が採択されたので、こちらで発表する。

4. 外部との研究交流

・ 二期のチョ・シンキ先生、栗田先生とは、ACT-I の二期成果発表会の日に情報交換を行った。また、同じ機会に、三期の梶原先生とも、情報交換を行なっている。

平成 30 年度

研究者番号: 50169

個人研究者氏名: 大城 泰平

研究進捗状況

1. 本半期の研究項目

本半期では、多変数多項式行列の行列式の次数を計算する問題について、重みつき組合せ最適化問題の理論の応用を試みる。本問題は、理論計算機科学において重要な未解決問題である Edmonds 問題の「重みつき」拡張である。近年、各変数が非可換であるという設定において、Edmonds 問題の多項式時間解法が与えられた。Hirai はこの解法を応用し、非可換多項式行列の Dieudonné 行列式の次数を計算するアルゴリズムを与えたが、各数のビット長が入力の多項式で抑えられるという保証がない。本半期では、この問題についてビット長を保証できるアルゴリズムの開発を行う。

2. 研究経過および進捗状況、成果

各変数が非可換な多変数多項式行列の Dieudonné 行列式の次数を計算する多項式時間アルゴリズムを構成した。このアルゴリズムは、制御理論で知られていた matrix expansion という手法を応用したものであり、各数のビット長を入力が多項式で抑えることができる。さらに、このアルゴリズムによって、部分行列の Dieudonné 行列式の次数の計算も行うことができる。この成果は 2019 年 5 月に東京で開催される国際会議 Hungarian-Japanese Symposium on Discrete Mathematics and Its Applications で発表予定である。

3. 今後の予定

本半期で与えたアルゴリズムを拡張し、歪多項式行列とよばれる行列の Dieudonné 行列式の次数を計算するアルゴリズムを構成する。この手法は線形微分代数方程式の解空間の次元の計算に実応用することができる。

また、多項式行列の理論を重みつき組合せ最適化問題に応用する。特に、重み付き正則マトロイドの最小重み基を数え上げる問題を解く多項式時間アルゴリズムの構成を目指す。さらに、二つのマトロイドの最小共通基の数え上げ問題に応用し、最小重み有向全域木の数え上げなどの既存の問題を含む枠組みに拡張する。

4. 外部との研究交流

得られた成果は国際学会や論文誌などを通し、積極的に对外発表を行っていく。

平成 30 年度

研究者番号: 50170

個人研究者氏名: 大屋 優

研究進捗状況

1. 本半期の研究項目

- ・ 具体的な研究事項

(1-1) 暗号 IP に挿入されたハードウェアトロイを検出するセキュリティ設計仕様の開発

まずは、汎用的なセキュリティ設計仕様の開発を目指すのではなく、特にハードウェアトロイの挿入が危険視されている暗号 IP に特化したセキュリティ設計仕様を開発する。

本テーマでは Trust-HUB で提供されている暗号 IP を対象とする。セキュリティ設計仕様の開発にあたって、ベンチマークに同梱されているハードウェアトロイの設計仕様を考察する。設計仕様を深く理解することで、どのようなセキュリティ項目を設計仕様に盛り込むことで、ハードウェアトロイの設計仕様を違反とすることができるのかを考え付き、開発へとつなぐ事ができる。

(1-2) RTL のハードウェアトロイに対するセキュリティ設計仕様の有効性検証

本テーマとテーマ(1-1)は並行して行う期間がある。これは、本テーマで得た知見をテーマ(1-1)にフィードバックしてより優れた設計仕様開発へ繋げるためである。このサイクルはテーマ(1-3)でも同様である。

本テーマでは、Trust-HUB のベンチマークの内、特に暗号 IP の RTL ベンチマークを対象とする。本テーマは、以下の作業をイテレーションする。

- A. テーマ(1-1)で得たセキュリティ設計仕様に基づいてアサーション を記述する。
- B. 実際に現場のテストエンジニアが使用する商用ツール に A.で得たアサーションを使いフォーマル検証する。
- C. ハードウェアトロイが検出できた場合は D.に移り、そうでない場合は同じベンチマークに対してテーマ(1-1)をやり直す。
- D. 次のベンチマークに対してテーマ(1-1)をする。

(1-3) ゲートレベルネットリストのハードウェアトロイに対するセキュリティ設計仕様の有効性検証

本テーマでは、Trust-HUB のベンチマークの内、特に暗号 IP のゲートレベルネットリストベンチマークを対象とする。本テーマは、テーマ(1-2)と同様の作業をゲートレベルネットリストのベンチマークに対してイテレーションする。

2. 研究経過および進捗状況、成果

テーマ(1-1)およびテーマ(1-2)の研究をしている。テーマ(1-3)は行っていない。また、今後もテーマ(1-3)は行わないこととした。これは、テーマ(1-2)の中心であるフォーマル検証によるハードウェアトロイ検出が想定よりも困難であることが判明したためである。

そのため、今年度はフォーマル検証で検出できるハードウェアトロイと検出できないハードウェアトロイの性質や特徴を明らかにすることに専念した。フォーマル検証で検出できない例は図1と図2に示す。

図1にはオリジナルの回路がどの様にハードウェアトロイによって変更されると検出が容易になるのか、困難になるのかという性質を示している。青色のノードが安全なノードであり、赤色のノードでTと書かれているのはハードウェアトロイを示す。オリジナルの回路に対してバイパスする様にハードウェアトロイを挿入すると検出しやすいが、データパスの経路長を増やす様なパターンの中には検出が困難であることを明らかにした。

図2はデータの経路に変更を与えない悪意のある機能を持つハードウェアトロイは、フォーマル検証では検出が困難であることを示している。これはデータの経路だけでなく、データ自体が真正であることを検証する手法が必要なことを意味する。そのため、今後はその様な検証手法に関して考察していく。

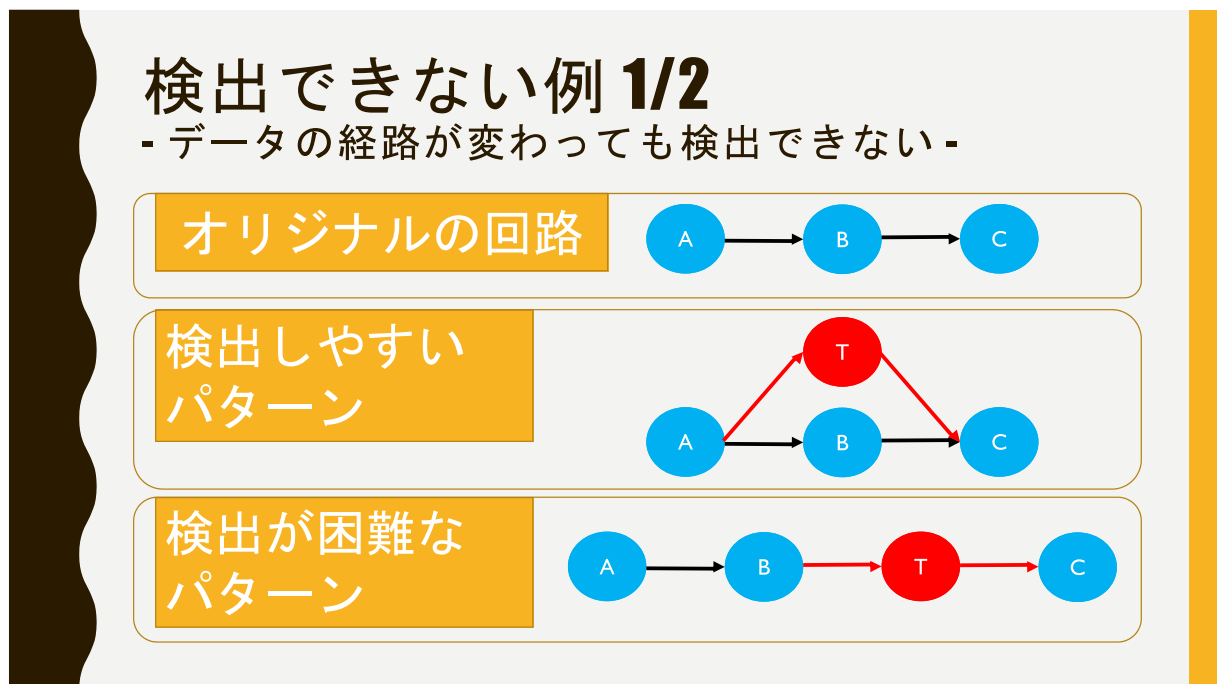


図1: 検出できない例 1/2

検出できない例 2/2

- 悪意のある機能がデータの経路に影響を与えない -

- 観測不可型トロイの検出が困難
 - AES-T100: データの移動が本来の回路に影響を与えないため、検出できない
- データの経路を検証できるが値自体が不正かどうかは検証できない
(値やレジスタ参照の改ざんの場合、ノードとして扱うことができない)
 - PIC16F84-T300: 定数でデータの改ざんが行われ、
データパスに影響を与えないため検出できない
 - wb_conmax-T200: 読み込むレジスタのアドレスを変更するだけで、
データの経路自体に変更はないため、検出できない

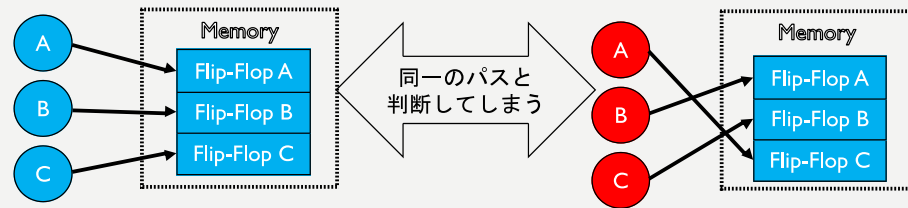


図 2: 検出できない例 2/2

3. 今後の予定

(2-1) 流通 IP に挿入されたハードウェアトロイを検出するセキュリティ設計仕様の開発

本テーマでは Trust-HUB で提供されている流通 IP を対象とする。セキュリティ設計仕様の開発にあたって、ベンチマークに同梱されているハードウェアトロイの設計仕様を考察する。

(2-2) RTL のハードウェアトロイに対するセキュリティ設計仕様の有効性検証

本テーマとテーマ(2-1)は並行して行う期間がある。これは、本テーマで得た知見をテーマ(2-1)にフィードバックしてより優れた設計仕様開発へ繋げるためである。

本テーマでは、Trust-HUB のベンチマークの内、流通 IP の RTL ベンチマークを対象とする。本テーマは、テーマ(1-2)と同様の作業をイテレーションする。

(2-3) 既存のフォーマル検証では検出できないハードウェアトロイを検出する技術の研究開発

第 1 年次において、既存のフォーマル検証では検出できないハードウェアトロイの存在が明らかになったため、これらのハードウェアトロイに対しては特別な手法が必要となってくる。まず、フォーマル検証で検出が困難なハードウェアトロイの性質を明らかにする。次に、性質に基づいたセキュリティ設計仕様を開発する。最後にセキュリティ設計仕様の違反として、フォーマル検証では検出が困難なハードウェアトロイを検出する手法を開発する。

(2-4) 等価性検証によるハードウェアトロイ検出の限界調査

本テーマはテーマ(2-3)と並行して行う。フォーマル検証だけでは検出できるハードウェアトロイの種類が想定より少ないことが明らかになった。そのため、より詳細にハードウェアトロイを検出するために必要な情報と手法を明らかにするために、既存のテスト手法である等価性検証のハードウェアトロイ検出における有効性を調査する。本テーマを実行することにより、既存のツールで対応できるハードウェアトロイの種類や対策を理解することができ、新規に開発しなければ対応できないハードウェアトロイの性質を明らかにし、対策に必要な技術的な要件も明らかにできると期待する。

4. 外部との研究交流

- ・業務委託、個人研究者訪問、研究協力など

特に無し。

平成 30 年度

研究者番号: 50171

個人研究者氏名: 梶原智之

研究進捗状況

1. 本半期の研究項目

- ・ ハードな語彙制約に基づく言い換え生成
- ・ ソフトな語彙制約に基づく言い換え生成

2. 研究経過および進捗状況、成果

パーソナライズされたテキスト生成を実現するために、生成文に対して語彙制約に基づく言い換えを行う後処理を追加するというフレームワークで研究を進めている。これまでに、ハードな語彙制約に基づく言い換え生成とソフトな語彙制約に基づく言い換え生成の両方のアプローチを検討した。

前者では、最終的な出力文において使用してはいけない語彙（単語リスト）を仮定し、言い換え生成器の入力文にそれらの単語が含まれる場合、それを言い換える。これは自然言語処理分野の既存のタスクに当てはめると、テキスト平易化（難解→平易の言い換え）やスタイル変換（カジュアル→フォーマルの言い換え）において、難解な単語リストやカジュアルな単語リストが与えられた状況での言い換え生成に相当する。そこでデコード時にビームサーチの探索方法を工夫し、所与の単語を含まないビームを選択する負の語彙制約に基づく言い換え生成手法を提案した。この研究成果は言語処理学会年次大会にて発表した他、自然言語処理のトップカンファレンスである ACL に採択された。

後者では、難易度の観点からのパーソナライズを考え、難易度を制御可能なテキスト平易化モデルを提案した。対象学年に応じて、当該学年のテキストにおいて頻出する単語を重み付けした損失関数を用いて、対象学年に適した単語が出力されることを促した。この成果は情報処理学会自然言語処理研究会にて発表予定である他、国際会議に投稿し査読中である。

3. 今後の予定

今後はハードな語彙制約とソフトな語彙制約の関係について論文誌としてまとめ、さらにパーソナライズのための語彙の選定に取り組む。

4. 外部との研究交流

- ・ 業務委託、個人研究者訪問、研究協力など：なし

平成 30 年度

研究者番号: 50172

個人研究者氏名: 桂井 麻里衣

研究進捗状況

1. 本半期の研究項目

- ・ 具体的な研究事項

■研究項目 1 (基礎): 多様な学術データの著者同定

- ・ すべての学術データに共通するシンプルな特徴のみを用いた教師なし著者同定手法を構築する.
- ・ 著者同定に設計した特徴ごとに適切な類似度尺度を定義する.
- ・ 得られた複数の類似度を集約して最終的な同一人物スコアを算出する方法を構築する.
- ・ 実データを用いた実験により著者同定性能を評価する.

■研究項目 2 (拡張): 異なる言語の学術データの著者同定

- ・ 項目 1 の手法を他言語 (英語) の学術データをリンクできるよう拡張する.
- ・ テクニカルタームの対訳構築方法を考案する.
- ・ DBLP の論文を CiNii Articles 著者に紐付ける実験を行い, researchmap 上の業績データを正解とみなして著者同定性能を評価する.

2. 研究経過および進捗状況、成果

当初の計画では平成 30 年度後期は研究項目 1 のみを実施する予定であったが, 計画を効率的に進めるために, 研究項目 2 を並行して実施した.

<研究項目 1 の成果>

はじめに, 様々な学術データベースに汎用的な類似度尺度として, 所属文字列の類似度, 共著者の重複度, 相手の共著者との所属類似度, 研究内容類似度を定義した. 次に, 各類似度を用いて同一人物ランキングをそれぞれ算出し, 教師なしランク集約アプローチを適用した. KAKEN 研究者 ID と博士論文の著者マッチングタスクにおいて, 頻出上位 12 氏名でテストした結果, 全ての類似度を集約することで 79.3% の Precision@1 を達成できた. 以上の成果はデジタルライブラリに関するトップ会議 JCDL2019 に採録決定しており, 2019 年 6 月に発表予定である.

<研究項目 2 の成果>

異なる言語の学術データとして, 日本語論文と英語論文の著者マッチング問題を考えた. まず, Wikipedia の見出し語を用いて日英テクニカルタームの対訳を構築した. 英語論文のテキストから日本語への翻訳において, 単語数が少ないという問題を解決するために, 単語間の関連度を導入した. KAKEN の情報系研究者と DBLP 論文の著者マッチングタスクにおいて, 803 本の英語論文を対象に正解データを用意してテストした結果, 0.810 の MAP を達成した. これらの成果は国内学会 DEIM2019 で口頭発表およびポスター発表で公表した.

3. 今後の予定

平成 31 年度は研究項目 3 (応用) に着手する. 具体的には, 提案手法により構築した研究者プロフィールから専門内容を推定し, 異分野の関連研究者を推薦する手法を応用開発する.

研究項目 1 と 2 についてもさらなる精度向上を目指し, 類似度定義や集約方法を改善する予定である.

4. 外部との研究交流

- ・ 業務委託、個人研究者訪問、研究協力など

国立情報学研究所・大向一輝准教授とディスカッションし, 研究用データ整備の一部を依頼した. 平成 31 年度も引き続き大向准教授の協力の下で進める.

平成 30 年度

研究者番号: 50173

個人研究者氏名: 佐々木勇和

研究進捗状況

1. 本半期の研究項目

2018 年度後期における研究項目は下記の二つである。

1. 二分決定図を用いたネットワーク信頼性の近似計算アルゴリズムの開発
2. 近似解列挙のための二分決定図のモデル化と調査

前者においては、#P 完全問題であるネットワーク信頼性を近似計算するアルゴリズムを開発した。本アルゴリズムは、サンプリングによる手法と同等もしくはより高精度な近似解の算出を理論的に保証しつつ、効率的な計算を実現した。複数の実データを用いた実験を通して、本アルゴリズムが既存技術よりも、効率性と正確性において、優れていることを確認した。また、メモリ使用量がグラフのサイズに依存しないため、大規模なグラフにも適用することが可能である。

後者においては、グラフの列挙がどのような観点で使用されるかを検討し、使用目的に合わせたモデル化を実施した。さらに、二分決定図の近似手法の調査を実施し、どのような既存技術が開発されているかを確認した。

2. 研究経過および進捗状況、成果

二分決定図を用いたネットワーク信頼性の近似計算アルゴリズムの開発においては、実装および実験が完了した。提案技術と実験結果をまとめた論文を執筆し、国際会議 Extending Database Technology (EDBT)2019 に採択され、3 月 29 日にポルトガル・リスボンにて発表を行った。論文のタイトルは、Efficient computation of network reliability in uncertain graphs である。また、提案技術のさらなる効率化について検討している。

近似解列挙のための二分決定図のモデル化と調査においては、モデル化の目標設定と既存技術の調査を終えた。グラフ列挙は使用目的は (1)列挙することにより、ある値を計算する (例: ネットワーク信頼性), (2)目的関数を最大化するグラフを効率的に発見する, の二つがあると考えている。そのため、近似解列挙では、ある値を近似計算可能、目的関数をほぼ最大化するグラフを発見可能ということを目標に実施する。事前にグラフが確定的である場合、二分決定図を構築することの優位性があまり見られないため、枝に付与された数値が何らかの分布で与えられていると仮定する。グラフのトポロジと枝に付与された数値の分布から、重要な枝を優先的に選択して二分決定図を構築する技術を検討中である。

3. 今後の予定

ネットワーク信頼性の近似計算アルゴリズムの今後の予定として、本アルゴリズムを効率性の観点から、さらに拡張し国際論文誌への投稿を検討中である。特に、Sentential Decision Diagram の利用やより効率的なサンプリング方法について検討している。

近似解列挙のための二分決定図の今後の予定として、具体的な構築方法について考案し、実装する。グラフのトポロジと枝の分布から重要度を算出し高精度な近似解を達成できるようにする。また、理論的な精度保証付きの近似解の算出を目指す。

4. 外部との研究交流

湊先生が実施している基盤(S) 離散構造処理系プロジェクトのワークショップに参加し、積極的に二分決定図や周辺技術の情報交換を行っている。また、ACT-I 有志で行っている応用数学研究会に参加し、基礎的な応用数学の技術を学びつつ、研究交流を行っている。

平成 30 年度

研究者番号: 50174

個人研究者氏名: 鈴木雄太

研究進捗状況

1. 本半期の研究項目

- A) 材料計測データから材料パラメータを予測する機械学習モデルの構築と、予測根拠の解析
- B) 材料計測および、実データを用いた提案手法の検証

2. 研究経過および進捗状況、成果

A について

計測データ（X 線回折パターンなど）から機械学習を用いて材料パラメータを予測するという基本的コンセプトの有用性については検証ができたため、論文執筆中。また、機械学習モデルの解析を通じて、識別規則やデータの重要な特徴について、熟練者の直感と一致した知見が得られつつあり、結果を精査している。

先立って投稿した論文[1]については、本分野のトップジャーナルである Nature 姉妹誌 *npj Computational Materials* に掲載され、高エネ研・理科大・統数研より連名でプレスリリースを発信、各種メディアにも取り上げられた。

1. Suzuki, Y., Hino, H., Kotsugi, M. & Ono, K. Automated estimation of materials parameter from X-ray absorption and electron energy-loss spectra with similarity measures. *npj Computational Materials* 5, 39 (2019).

プレスリリース: <https://www.kek.jp/ja/newsroom/2019/04/19/1400/>

メディア掲載例（一部）: <https://newspicks.com/news/3838809/>

B について

高エネ研 Photon Factory および、あいちシンクロトロンにてビームタイムを取得し、金属酸化物等について X 線回折パターンの測定を行った。

3. 今後の予定

上記のトピック A、B は様々な議論が可能な研究テーマであるため、引き続き研究に取り組む。実験データによる検証を含め、今年度中の論文投稿を目指す。

また、領域会議や個人研究者とのディスカッションを通じて、私の研究における課題（物質の記述方法、データの偏りなど）が、機械学習の問題としても興味深い共通の課題であり、材料科学における問題を解くことは、同時に機械学習の拡張にもあたることがわかった。よって、材料科学の論文誌だけでなく機械学習の国際会議等への投稿を目指して研究に取り組み、機械学習コミュニティへの貢献と、材料科学における課題の共有を目指す。

4. 外部との研究交流

- ・業務委託、個人研究者訪問、研究協力など
 - オムロンサイニックエックス 牛久先生（2 期生加速フェーズ）と 3 月より共同研究を開始
 - 東北大学 千葉さん（1 期生加速フェーズ）と研究ディスカッション
 - 3 期生 板倉さん、包さんと勉強会および研究協力を予定

平成 30 年度

研究者番号: 50176

個人研究者氏名: 竹内 孝

研究進捗状況

1. 本半期の研究項目

時空間超解像のための時空間畳み込み技術の研究

・具体的な研究事項

本研究では、同一地域・時刻を観測した異種時空間データはリッチな共通の時空間情報を持つという着想から、空間解像度とサンプリング周波数の異なる時空間データに共通する特徴を抽出し時空間超解像を行う技術の開発を行う。サブテーマとして、(1)異種の空間解像度の異なるデータから特徴抽出する空間畳み込み技術、(2)異種のサンプリング周波数の異なるデータから特徴抽出する時間畳み込み技術、および、(3)時空間同時畳み込み技術による時空間超解像について詳細検討を行い、実データを用いた実験によって提案技術の有効性を実証する。提案技術の有効性を定量評価するため、オープンデータとして利用可能なニューヨーク市の気象データ、タクシー乗降履歴データ、シェアバイクの出入車データなどの同一地域を観測した異種の空間解像度の異なるデータを用いた実験を実施する。また、共同研究先より提供されるバイオリギングデータ(オオミズナギドリの GPS 移動軌跡データなど)と、気象庁より提供される高精度気象予報データを組み合わせた実践的な解析も行い、時空間データ解析に基づく新たな知識発見の検討を行う。

2. 研究経過および進捗状況、成果

平成 30 年度は、本研究のサブテーマである(1)異種の空間解像度の異なるデータから特徴抽出する空間畳み込み技術および(2)異種のサンプリング周波数の異なるデータから特徴抽出する時間畳み込み技術の研究を行った。

(1)空間畳み込み技術の手法として、角度依存グラフ畳み込み技術を提案した。タクシー乗降履歴データ、シェアバイクの出入車データを用いた予備実験を行い、時空間データの分野で盛んに研究されているグラフ畳み込みニューラルネットワークよりも、高い空間補完性能を提案手法が示すことを確認した。本研究の予備実験結果を NIPS2018 ワークショップに投稿、採録、ポスター発表した。

- Koh Takeuchi, Hisashi Kashima, Naonori Ueda, “Angle-based Convolution Networks for Extracting Local Spatial Features”, 32nd Annual Conference on Neural Information Processing Systems Spatiotemporal Workshop, 2018 (カナダ, モントリオール)

角度依存グラフ畳み込み技術の研究から、時空間データ解析では観測位置間の依存関係を表すグラフを予め作成する必要があるが、例えば人の移動データと気象データでは空間相関が異なるなど、データ毎に依存関係が異なるため汎用的なグラフの作成が困難であるという課題が発見された。この課題を解決するために、コンピュータビジョン分野で盛んに研究されている点群深層学習を取り入れ、解析に適した位置間の依存関係をデータから学習するより柔軟なモデルの検討を行った。

(2)時間畳み込み技術では、時空間データの時間発展をモデル化するためにリカレントニューラルネットワーク(RNN)の適用による非線形時系列モデルの検討、さらに畳み込み技術を時間方向に用いる技術の検討を行った。前述の時空間畳み込み技術と組み合わせることで、時空間超解像の実現を試みた。

その他には、時空間超解像への利用を展望に含めたバイオリギングデータの解析を行った。本研究では、バイオリギングから得られる GPS データの軌跡を観測位置と時刻からなる点列として扱い、軌跡間の距離を測るためにフレッシュ距離を用いた新たなカーネル法の提案を行った。フレッシュ距離カーネルを用いて、軌跡からのオオミズナギドリの性別判別に取り組み、高い判別性能を確認した。さらに軌跡のクラスタリング問題へ取り組み、生態学の知見と適合するクラスタリング結果を得ることに成功した。

3. 今後の予定

点群深層学習の技術を取り入れた空間畳み込み技術と時間畳み込み技術を組み合わせた時空間畳み込み技術を研究する。さらにオープンデータとして利用可能なニューヨーク市の気象データ、タクシー乗降履歴データ、シェアバイクの出入車データなどの同一地域を観測した異種の空間解像度の異なるデータを用いた実験を行う。これらの研究結果を国際会議へ投稿する。また国内でのアピランスを高めるため、国内学会での発表を行う。さらにバイオリギングの研究成果を国際会議や論文誌への投稿を進めていく。

4. 外部との研究交流

- ・業務委託，個人研究者訪問，研究協力など

ACT-I 加速フェーズの東北大学千葉先生を訪問し、コンピュータビジョン分野における点群深層学習技術の最新トピックの情報を共有していただいた。さらに時空間超解像に応用するためのディスカッションを行った。また、千葉先生の指導教員である東北大学橋本教授、鏡准教授に対しバイオリギングデータ解析に関する研究講演を行い、軌跡データの解析における意見交換を行った。

平成 30 年度

研究者番号: 50177

個人研究者氏名: 谷本輝夫

研究進捗状況

1. 本半期の研究項目

・ 具体的な研究事項

[P1] 対象アプリケーション整備

プロトタイピング実施の際に用いる対象アプリケーションを用意する.

[D1] 専用化候補部分の抽出・専用化効果の見積もり

プロセッサシミュレーションにより [P1] で整備したアプリケーションを特徴解析する.

[D2] 専用化手法の整備

[D1] で抽出した専用化候補部分を専用回路化し, 汎用回路と組み合わせられるようインタフェースを開発する.

2. 研究経過および進捗状況、成果

・ 研究経過および進捗状況

[P1] 対象アプリケーション整備

アプリケーションとして深層学習モデルからの推論処理を選択し, 解析環境で実行できるよう整備を行った.

[D1] 専用化候補部分の抽出・専用化効果の見積もり

これにはこれまで取り組んできたプログラム命令実行のクリティカルパス解析手法を活用し, N 入力 1 出力の専用命令を追加するシチュエーションにおいて専用命令化できる処理の抽出を行った. また, 関数レベル専用回路化では, バイナリからの生成ではなく, 関数型 DSL を用いた高位合成が適していると判断し, 画像処理アプリケーションを対象に専用回路を試作した.

[D2] 専用化手法の整備

開発環境の整備を行った.

・ 成果

Teruo Tanimoto, Takatsugu Ono, and Koji Inoue, "Critical Path based Microarchitectural Bottleneck Analysis for Out-of-Order Execution," IEICE Transactions on Fundamentals of Electronics, Communications and Computer Sciences, Vol.E102-A, No.6, pp.-. Jun. 2019. (in press).

3. 今後の予定

[D1] 専用化候補部分の抽出・専用化効果の見積もりの継続

[D2] プロセッサシミュレーションによる評価を実施予定.

4. 外部との研究交流

・ 業務委託、個人研究者訪問、研究協力など

株式会社フィックスターズとの共同研究として本研究の一部を推進している.

平成 30 年度

研究者番号: 50178

個人研究者氏名: 包 含

研究進捗状況

1. 本半期の研究項目

(I) 複数ソースのドメイン適応

ドメイン適応は、訓練データとテストデータの従う分布が変化する、より現実的な状況を考慮した問題設定である。時間変化に伴う分布変化や、データベース統合のような状況では、複数の分布が異なる適応元データの存在が想定される。複数の適応元を考慮したドメイン適応の学習可能性はまだ議論されていない、重要な問題の1つである。

(II) 分類問題における一般化評価尺度の直接最適化

不均衡データなどの現実的なデータを扱う際には分類正答率は必ずしも適切な評価指標であるとは限らないため、AUC や F 値などの評価指標で代替されてきた。しかし、分類正答率以外の評価指標は最適化が容易でないことが多く、評価指標ごとにアドホックに学習方法が考案されてきた。ここでは、評価指標をある程度一般化して統一的に最適化を行う枠組みを考案することで、逐一手法を開発する手間を軽減し、各々の評価指標の比較を容易にすることを目的とする。

2. 研究経過および進捗状況、成果

- (I) 複数ソースのドメイン適応においても転移元と転移先の分布がどれくらい乖離しているか（分布間距離）が学習可能性に大きく関わることを想定される。包は以前、単一ソースのドメイン適応において分布間距離を効率よく測る方法について研究を行っており、複数ソースへの拡張が可能であると考えている。また、11月に行われた第5回領域会議にて他の研究者との議論を行った。応用的立場からは転移元の分類器のみを入力にしたいという意見を、理論的立場からは学習時における重要度サンプリングの分散に関する懸念があるとの意見をもらった。
- (II) 分類問題には多種多様な評価指標が存在するが、(一般化)線形分数形、すなわち分子と分母の両方が混合行列の線形変換でかけられるような形で多くの指標を統一的に表すことができる。既存研究ではコスト考慮形学習やクラス事後確率の推定を途中段階とする非直接的な最適化を行っているが、分数形であれば指標の推定は容易ではない一方で指標の勾配の推定は容易であることに気づいた。最適化においては勾配を推定することができればパラメータの更新を行うことができるため、従来よりも直接的・効率的な最適化ができるものと考えている。

3. 今後の予定

2019年5月頃までに、(II)の研究をまとめて論文として投稿することを考えている。現状の課題は、勾配推定の際に必要な代理損失の正当性に関する議論である。元々の指標は勾配をとるとほとんど到るところで0になってしまうので代理損失を用いる必要があるが、代理損失を用いた指標を最適化した際に元の指標が正しく最適化されるか、が興味の対象となる。指標が分数形なので従来よりも解析が困難ではあるが、Jensenの不等式をはじめとした基本的な凸解析の手法を試す予定である。

4. 外部との研究交流

特になし

平成 30 年度

研究者番号: 50179

個人研究者氏名: 照屋唯紀

研究進捗状況

1. 本半期の研究項目

- ・具体的な研究事項

基底簡約に関するアルゴリズムの調査、アルゴリズムの改良についての実験と検討、可能ならば高速実装の 3 項目が主な研究項目である。特に調査について、8 月末に SVP Challenge における記録が更新された。Sampling reduction では使用されていない sieving を利用したアルゴリズムで記録が達成されており、sieving と sampling reduction の比較と、sieving を利用したさらに高速なアルゴリズムの開発の可能性を探る事が主な課題である。

2. 研究経過および進捗状況、成果

調査の結果、sieving とは、次元数に対して指数個の格子ベクトルを生成してこれを短くする方法であり、漸近的には時間計算量が enumeration と sampling よりも高速である事がわかった。また、SVP Challenge で新記録を出している実装 G6K では、sieving を利用した格子基底簡約法が実装されている。G6K では射影空間上で sieving を計算し、Babai-lifting により格子ベクトルを生成する事で、短い格子ベクトルの探索を行う。このうち Babai-lifting の部分は sampling reduction で実行する sampling に対応していると考えられるため、これら格子基底簡約法は類似している。これは、高速な格子基底簡約法とこれを用いた格子問題の高速な求解アルゴリズムを構成する大局的なアプローチが収れんし始めていると考えられる。

我々は、これまでの研究から、randomness 仮定と呼ばれる仮定を用いてアルゴリズムの性質を確率的に解析して来た。もしも sieving と Babai-lifting を組み合わせた方法においても randomness 仮定を支持するようなデータが得られる場合、これまでの研究で用いて来た性能解析法の適用可能性が存在する事を意味する。Sieving と Babai-lifting を利用した格子基底簡約法の一つである SubSieve+の出力の一部について調査し、限定的にはあるが randomness 仮定を支持するデータが観測できた事を国内研究会 SCIS 2019 にて報告した。また、Schnorr の sampling を一般化した場合について、出力される格子ベクトルの長さを randomness 仮定の下で推定する手法について検討を行った論文が APKC 2019 に採録された。この推定方法は上記の SubSieve+や G6K など sieving と Babai-lifting を使用するアルゴリズムの出力に応用可能だと考えられるが、その実証については今後の課題である。

3. 今後の予定

Sampling のみだけでなく、sieving を利用する事も含めた大規模並列計算に適した高速な格子基底簡約法の研究と開発を行う。Sieving は現状において最も高速な解法であると主張されており、enumeration と sampling よりも漸近的に計算時間が高速である。しかし、メモリ消費量が指数級であり、これは enumeration と sampling の多項式程度のメモリ消費量と比較して圧倒的に非効率である。Sieving を高次元の問題を解くために並列化しても、莫大な情報を通信する必要性が生じると考えられるため、並列化による効率化は容易ではないだろう。他方、enumeration と sampling は容易に並列化の恩恵を得る事が期待できる。このように、互いに長所と短所が存在しているため、適材適所、互いの短所を隠蔽して長所を活かすようなアルゴリズムの組み合わせ方、そしてアルゴリズムのパラメータの設定方法や最適化方法を探索する。さらにパラメータの設定に応じた sieving, enumeration, sampling の確率的な性能解析を行い、その知見を元に、大規模並列計算に適し格子基底簡約法の構築を試みる。

4. 外部との研究交流

- ・業務委託、個人研究者訪問、研究協力など

成蹊大学の松田源立氏と東京大学の柏原賢二氏と共に、アルゴリズムの効率化と確率解析について議論を行った。上記で述べた APKC 2019 でその成果を発表する。2019 年度も引き続き議論を行う予定である。

同じく産業技術総合研究所に所属する池上努氏と本研究について議論を行う機会を得る事ができた。池上氏は、巨大行列に対する数値計算など、高性能計算分野の専門家である。暗号技術における考え方は大きく異なるが、池上氏が持つ大規模並列計算機の性能を引き出す方法や、ソフトウェアエンジニアリングにおけるノウハウは、本研究に非常に役に立つと考えられる。これまでの研究で得た知見を共有し、互いの知見を活かした研究を行う事ができないか模索したい。

現在 SVP Challenge の求解記録を持つチームの一人であるオランダの CWI に所属している Leo Ducas 氏と 2018 年 12 月に議論を行う予定であったが、体調不良から断念した。Ducas 氏は我々には無い知見を持っているので、本研究を行う上で議論の機会を作る事は重要だと考えられる。しかし、現在 NIST の標準化プロセスが実施されているために、本研究分野は非常に注目されているので、今後の戦略も含めて慎重に議論を進めて行きたい。

平成 30 年度

研究者番号: 50180

個人研究者氏名: 中村 優吾

研究進捗状況

1. 本半期の研究項目

本研究では、コンテキスト認識技術の具体例として、IoT/ウェアラブルデバイスを活用した人間行動認識 (Human Activity Recognition) システムに焦点を当て、不確実性が高い日常生活環境下で高品質な行動認識サービスを継続的に提供することを目的とする。そして、上記 3 つの変化/違いに対して自己適応しながら、状況に応じて適材適所な判断を下すことができる柔軟性を備えたコンテキスト認識メカニズムの実現を目指す。

本半期では、この目標を達成すべく、以下の研究課題に着手した。

課題 1：多種ドメインのセンサデータ収集と推論モデルの構築

課題 2：自己適応型コンテキスト認識手法の設計開発

2. 研究経過および進捗状況、成果

課題 1 に関して、複数の行動実施環境、複数のセンサ装着位置、複数のセンサ装着向きという条件に基づいて、17 人の実験協力者、7 種類 (A1：横になる、A2：座る、A3：立つ、A4：歩く、A5：階段を登る、A6：階段を降りる、A7：走る) の日常行動に加えて、ながらスマホ、食事、PC 作業、もの書きといった、10 種類ながら行動をカバーした、行動認識データセット (計 276.8 時間) を構築した。また、日常生活行動以外の特殊動作の検証を進めるために、体幹トレーニング、剣道の素振り支援を対象とした、行動データセットを構築した。そして、それぞれのデータセットに対して、対象行動を高精度に認識するための推論モデルを構築した。

課題 2 に関して、下記の図に示すセンサ装着位置と向きに違いにロバストな行動認識ワークフローの設計開発を進めた。課題 1 で作成した日常行動認識データセットを用いて提案ワークフローを評価した結果、学習データとテストデータのセンサ装着向き、行動実施環境が異なる場合でも、基本行動 (7 クラス) を 83% の F 値で認識し、非適応の手法と比較して認識精度を最大+28% 改善出来ること確認した。

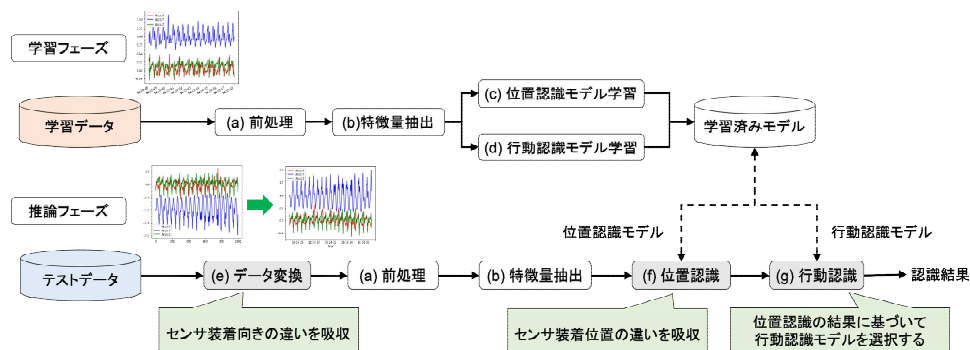


図 1. 提案するセンサ装着位置/向きの違いにロバストな行動認識ワークフロー

3. 今後の予定

現在、ランダムフォレスト等の機械学習ベースの手法を用いた推論モデルを使用しているが、今後、深層学習ベースの手法を活用して、限られたデータセットを用いていかにして汎化性能の高い推論モデルを構築するか？について検討を進める。また、上記の提案ワークフローを日常行動認識以外のデータセットに適用し、有効性の検証を進める。

4. 外部との研究交流

現在、マンハイム大学 Prof. Dr. Christian Becker 氏、九州工業大学 松木 萌との研究交流を進めている。

研究進捗報告書

(個人研究者用)

平成 30 年度

研究者番号: 50181

個人研究者氏名: 中山 悠

研究進捗状況

1. 本半期の研究項目

- ・ テーマ 1: 適応的 C-RAN
- ・ テーマ 2: クラウドソースネットワーク
- ・ テーマ 3: モバイル帯域の共有経済システム

2. 研究経過および進捗状況、成果

- ・ テーマ 1

提案する適応的 C-RAN 構成の明確化とノード制御アルゴリズムを検討し, IEEE ICC 2019 (2019 年 5 月開催) に採択された. また, レイヤ 2 スイッチングネットワークにおけるモバイルフロントホール転送のためのスケジューリング手法について, IEEE Access に採択され掲載された.

- ・ テーマ 2

車載基地局を用いたクラウドソースによるモバイルネットワークのコンセプトについて, IEEE PerCom 2019 Work in Progress に採択されポスター発表を行った. また, 電子情報通信学会総合大会において発表を行った. また, VTC 2019-fall に投稿した.

- ・ テーマ 3

モバイル帯域の共有経済システム構築に向け, 全体コンセプトの検討およびモバイルアプリ実装およびサーバプログラム実装を行った. また, モバイルアクセス価値の評価についての初期検討を行い, 情報処理学会大会にて発表を行った.

3. 今後の予定

- ・ テーマ 1

提案ネットワーク構成について, より詳細なシミュレーション評価を行う.

- ・ テーマ 2

車載基地局の無線通信特性についてのシミュレーション評価を行う.

- ・ テーマ 3

今年度の実装したアプリを用いて実証実験を行い, 提案システムの評価を行う.

4. 外部との研究交流

- ・ ACT-I 2 期生の京都大学 西尾先生と共同研究に向けた打ち合わせを行った.
- ・ ACT-I 3 期生の同志社大学 桂井先生を訪問した.
- ・ 千葉大学 丸田先生, 大阪大学 久野先生らと協力して研究を進め, 共著で上記の外部発表を行った.

平成 30 年度

研究者番号: 50182

個人研究者氏名: 名波 拓哉

研究進捗状況

1. 本半期の研究項目

シリコン神経ネットワークは神経系を模倣する電子回路システムであり、神経系のシミュレーションを低消費電力・高速・省サイズで行うため各国で盛んに研究されているが、どのような神経ネットワークを構築してどのような情報処理をすればよいかという点について、未だ明らかになっていないという大きな課題を持つ。それに対して、本研究では、機能・構造がよく理解されている昆虫の嗅覚神経系を忠実に再現しその情報処理を実現することで、神経系を忠実に再現するシリコン神経ネットワークの構築手法を提案するという目的を持つ。

本半期では、上記の目的に向けて、昆虫の嗅覚神経系を再現するスパイクングニューラルネットワーク構築手法の検討を行った。

2. 研究経過および進捗状況、成果

本半期では、昆虫の嗅覚神経系を再現するスパイクングニューラルネットワーク構築手法の検討を行った。昆虫の嗅覚神経系は神経科学実験によって非常によく調べられているが、一部の神経細胞の特性や、シナプスの伝達効率など未知の要素も存在する。そこで、ネットワークの性能を評価関数とし差分進化法により未知パラメータの探索を行う手法を提案した。前段階として、より小規模なネットワークで正しく動作することをシミュレーションにより確かめた。

また、共同研究先である東京大学先端科学技術研究センターの神崎研究室と連携し、昆虫の嗅覚神経系のスパイクングニューラルネットワークでの未知パラメータの探索に向けて、匂いセンサ細胞の応答データの取得も並行して行った。2種類の匂いセンサ細胞について、様々な濃度の2種類の匂い刺激に対する応答を取得した。

3. 今後の予定

今後は、まず、提案した未知パラメータ探索手法の、昆虫の嗅覚神経系のスパイクングニューラルネットワークへの適用を行う。ここで、ネットワークの性能を評価するための適切な課題設定を行う。

次に、構築したスパイクングニューラルネットワークの Field-Programmable Gate Array(FPGA)への実装を行う。ここで、神経ネットワークやシナプス学習則の効率的な実装手法の開発を目指す。

4. 外部との研究交流

共同研究先である神崎研究室に所属する、光野秀文助教、加沢知毅研究員、二木佐和子学術支援専門職員と共に、研究遂行に向けておよそ月に一回の頻度でミーティングを行っている。

平成 30 年度

研究者番号: 50183

個人研究者氏名: 鳴海 紘也

研究進捗状況

1. 本半期の研究項目・具体的な研究事項

2018.10 – 2019.04 の期間, ACT-I の予算を使ってアメリカのカーネギーメロン大学 (CMU) にてインターンを実施していた. CMU では研究課題である「印刷できる生体模倣型ロボット技術」の実現に向けて, 研究計画のスケジュールに記載していたとおり「自己修復の機能を活用したユーザ・インタフェース (UI)」について研究した. また, その成果を UI のトップカンファレンスである ACM UIST 2019 に投稿した (第一著者, 2019.04.05 投稿).

2. 研究経過および進捗状況、成果

まず, 本研究に用いる自己修復材料に求められる性能として, (a)室温で特別な刺激なしに治癒する, (b)何度でも繰り返し治癒する, (c)時間変化で性質が変わらない, (d)安全である, (e)導電性を調節できる, などを考慮した. これらの条件から, 最終的に Polydimethylsiloxane (PDMS) を改変した Polyborosiloxane (PBS) を利用した (図 1 A 上および B). また, 導電材料である Multiwalled Carbon Nanotubes (MWCNTs) を分散させて導電性を付与した素材 (MWCNTs-PBS) も用いた (図 1 A 下).

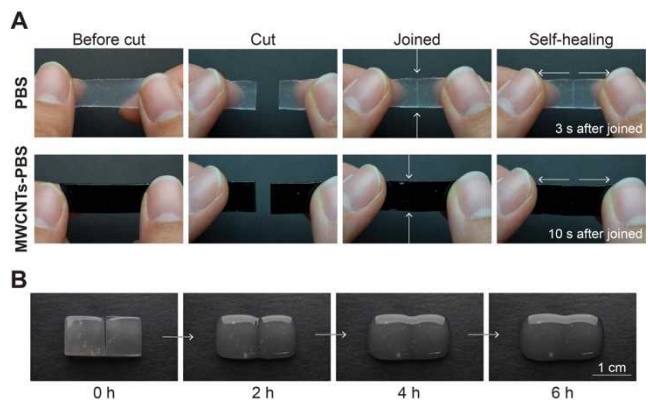


図 1：自己修復材料 PBS と MWCNTs-PBS

次に, PBS と MWCNTs-PBS を整形したシートを積み重ねることで様々な機能を持つ 3D 物体を作製した (図 2). 自己修復材料を利用していることから, 接着剤なしにひとつながりの構造を作れるというメリットを利用している. また, 適宜構造の内部に電気回路や機能性インクを組み合わせることで「柔らかく, 傷ついてもそれを修復して利用できるインタフェース」とした.

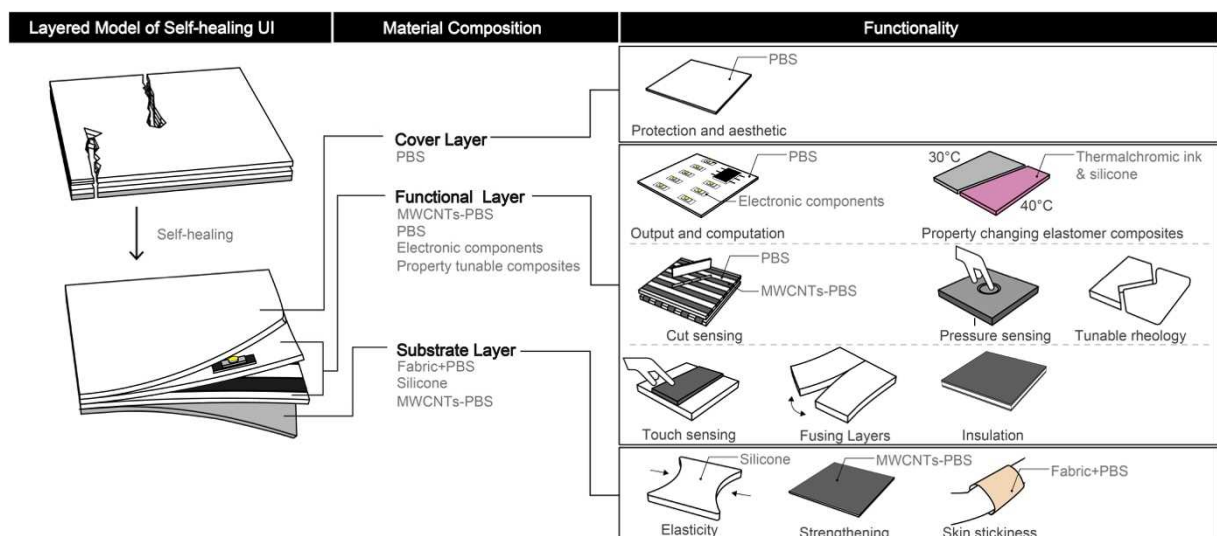


図 2：レイヤースタッキングによる自己修復材料の加工方法とその機能



図 3：Self-healing UIs. (A) 物理的に結合するペンダント. (B) 切って長さや向きを調節できる空気圧アクチュエータ, (C) 破壊を検知し修復するセンサマトリックス, (D) 自己修復するコントローラ, (E) 1つにつながるパズル.

図 3 に作製した自己修復するインタフェースを示す. A は心理的なつながりを物理的な結合で体現するペンダントである. B は, 空気のチャンネルを修復することで, 切って長さや向きを変えることが可能なアクチュエータである. C は自分が壊れたことを検知した後に修復するセンサマトリックスである. D はユーザの使い方に合わせて形態を変えられるゲームコントローラである. E はパズルを完成させることで回路がつながり色を変え, その後一体化する構造体である. 図 4 では特に, D の自己修復するコントローラについて詳述した.

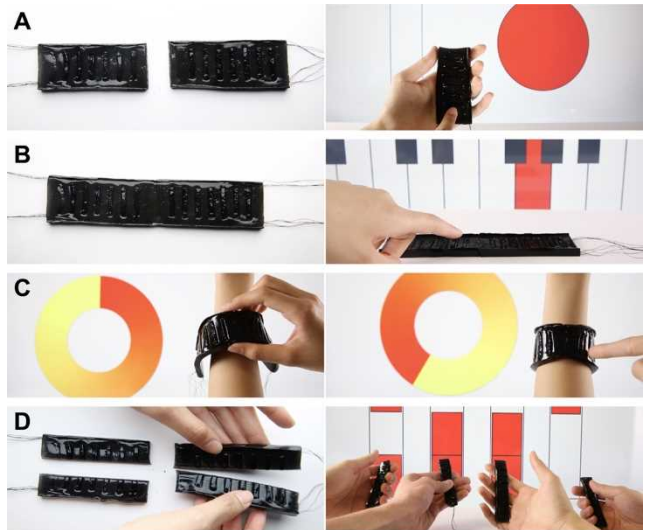


図 4：自己修復コントローラの 4 つのモード. (A) 通常モード. 自己修復できる 6 つのタッチセンサと 1 つの圧力センサを内蔵する. (B) ロングモード. タッチセンサなどのボタンの数が足りない時は, 複数のコントローラを物理的に密着させるだけで修復し, 1 つの長いコントローラになる. (C) リストバンドモード: 両端を修復することで柔軟なリストバンド型コントローラになる. (D) カットモード. 多人数での仕様の際に, コントローラを切断することで仕様人数を増やす. これは後に修復する.

3. 今後の予定

概ね予定通りに進行している. 今後は, 自己修復する材料だけを用いてアクチュエータを作製する. 次にそのアクチュエータを印刷することによって, 印刷でき, 動き, 感じ, 治癒するロボットとして仕上げる. 現在アメリカで使用していた素材や機材を注文しているところである. 6 月初旬にすべての道具が揃う予定である.

4. 外部との研究交流・業務委託、個人研究者訪問、研究協力など

カーネギーメロン大学の Assistant Professor Lining Yao (Human-Computer Interaction Institute) および Research Professor Mohammad Islam (Material Science & Engineering) と共同で研究を実施した. 今後の研究も引き続き連携して実施する予定である.

ほとんどの時期をアメリカで過ごしたため, 個人研究者訪問や研究協力は実施していない. 今後はシミュレーションや機械学習を利用する可能性が高いため, 積極的に頼れる部分は頼る相手を探したいと思う.

平成 30 年度

研究者番号: 50184

個人研究者氏名: 早志 英朗

研究進捗状況

1. 本半期の研究項目

生体信号解析および確率モデルに基づくニューラルネットワークの開発に関連して、以下の 3 項目について研究開発を行った。

- ・胎児心拍陣痛図 (cardiotocography: CTG) データセット構築および解析
- ・混合正規分布に基づくニューラルネットワークの開発
- ・生成モデルに基づく制約付き半教師あり学習法の開発

2. 研究経過および進捗状況、成果

- ・CTG データセット構築および解析

胎児心拍数と子宮収縮を経時的に記録したものである CTG 波形を九州医療センターの医師らと協力し収集した。3340 例の CTG 波形を、匿名化した患者情報や出生児の健康状態などに対応付けデータセットを構築した。波形から出生児の健康状態を予測するための足掛かり的解析として、(1) Recursive Feature Elimination に基づく新生児の健康状態の予測に有用な特徴量の推定および、(2) Ranking 学習に基づく典型的な異常波形の抽出を行った。

- ・混合正規分布に基づくニューラルネットワークの開発

提案 NN では混合正規分布に基づき構築した識別モデルを NN の構造へ展開することにより、モデルパラメータを NN の重み係数として学習的に獲得できる。また、Sparse Bayesian learning に基づいて重み係数をスパース化することにより、汎化性能を向上させるとともに、混合正規分布のコンポーネント数を自動決定する。実験では、SVM や RVM といったスパースな識別器と比較して、同程度のスパース性と保ちつつ精度を向上させることができた。また、畳み込みニューラルネットワークと結合して end-to-end に学習することにより、画像認識タスクにおいても有効性があることを確認した。

- ・生成モデルに基づく制約付き半教師あり学習法の開発

医療データのようなラベル付きデータの数が限られる場合における識別問題を想定した半教師あり学習法を開発した。提案法では、生成モデルと識別モデルを組み合わせることで、(1) supervised data, (2) unsupervised data, (3) must/cannot-link を同じ枠組みで扱うことができる。実験では、人工データを用いて、教師なしデータおよびリンク情報が識別精度向上に有用であることを確認した。

3. 今後の予定

CTG データ解析について、より有用な特徴抽出法を検討する。また、開発したニューラルネットワークや半教師あり学習法を、CTG をはじめとした生体信号識別や内視鏡画像などの医療データに応用する予定である。

4. 外部との研究交流

- ・CTG 解析における医師との共同研究

CTG 解析の研究について、九州医療センターの古賀俊介氏、オタワ大学の吉田昌義氏ら 4 名の医師と共同研究契約（無償）を結び研究を遂行している。

平成 30 年度

研究者番号: 50185

個人研究者氏名: 船橋 賢

研究進捗状況

1. 本半期の研究項目

・ 具体的な研究事項

ロボットが介護や協働などで様々な道具・物体を人間と同様に扱えるには、複雑な動きも可能とする多指ハンドが微妙な変化を伴う物体との接触状態を把握する必要がある。しかし、多指ハンドからの多量なセンサ情報の処理はモデリングなどには難しい。これに対して画像や音声処理にて面情報処理を得意とする Convolutional Neural Network (CNN)を用いて多量の触覚センサ情報の処理が行われてきた。

しかし、多指ハンドの場合、触覚センサが点在する搭載位置によってサイズが違ふことがあるため、そのまま CNN で処理を行うことが出来ない。また、ハンド全面で物体を掴むなどする事から触覚センサの位置関係を含めた面情報の処理を CNN で行い、タスク達成を目指す。新しい構造の CNN の提案となるため、本研究では最初の検証タスクとして物体認識に着目した。

物体認識に関して学習データは既にあるため、提案する CNN の手法はすぐに実験し、提案手法の有効性を検証した。

2. 研究経過および進捗状況、成果

物体認識の比較実験として、ハンド上の触覚センサそれぞれの位置を考慮した場合、指の位置を考慮した場合、手としてセンサの位置を考慮した場合などをそれぞれ畳み込み層として作り、それらの組み合わせで 7 パターンの CNN を用意した。また、3 軸情報を入れた場合、1 軸情報のみを入れた場合も検討した。

結果として、3 軸方向 (XYZ) の力を CNN への入力として与え、ハンド上の触覚センサの位置を考慮しながら畳み込み層を組み合わせることで、ランダムに入力されるハンドからの触覚・関節情報から、20 種類の物体に対して最大 95%以上の物体認識精度を出すことに成功した。IEEE ICRA2019 に論文を投稿し、採択された。

3. 今後の予定

ハンド上の触覚センサの位置関係を考慮することで CNN が高い物体認識の精度を発揮する可能性が示唆された。今後は、その結果を考慮して操り動作の生成を提案の CNN に行わせること、物体認識タスクで学習を行った CNN モデルを用いて操りタスクへ転移学習を行うことを目指す。操り動作生成においては時間軸情報が有用となるため時間情報を考慮できるニューラルネットワークのうちの一つである LSTM を用いる。

4. 外部との研究交流

・ 業務委託、個人研究者訪問、研究協力など

特に無し

平成 30 年度

研究者番号: 50186

個人研究者氏名: 古川 淳一郎

研究進捗状況

1. 本半期の研究項目

・具体的な研究事項

近年、日本を含む先進諸国では超少子高齢化社会を迎えるにあたり、ヒトの運動をアシスト可能な外骨格ロボットが医療や産業分野で注目されている。しかし、良い運動・動作を導くアシスト方法が不明であるため、現時点においてヒトの運動補助を効果的に行う制御方法は確立されていない。そこで、本研究ではスポーツインストラクターや療法士などの熟練者が行っている状態フィードバックを用いたアシストにおいて、Assistability（アシストのしやすさ、されやすさ）が存在すると仮定し、個人に合わせたアシスト方策をシステムティックに決定する方法を明らかにすることを最終目標とする。本半期の研究事項としては、最終目標に向けた第一ステップとしての筋電図（EMG）を用いたアシスト制御フレームワークおよびアシスト運動タスクの検討を主に行った。

2. 研究経過および進捗状況、成果

EMG を用いた外骨格ロボット制御として、装着者の動作意図に基づき状態の評価が行える制御フレームワークを検討した。具体的には、shared control の枠組みを援用することで、回帰手法を用いた EMG インタフェースによる制御入力と分類手法を用いたスイッチ的な制御入力を統合して扱える制御フレームワークを検討した。これにより、従来では個別に考えられていた回帰手法と分類手法を統合的に扱える手法となる。このフレームワークを基盤とする制御アルゴリズム構築を目標とし、本半期においては分類による制御方策決定方法を検討した。ここで、分類による制御とは、動作初期における EMG を含む運動情報から装着者の動作目的（例えば、手先を特定の場所に動かす場合における最終状態など）を推定し、その推定結果に基づき目的と対応付けされたロボット動作を生成する方法である。動作目的推定方法としては、逆最適制御やサポートベクトルマシンなどを検討した。一方、ロボット動作生成方法として、従来では、目的に対応づけて予め決められた軌道をフィードバック制御（PID 制御など）で再生するなどの手法が一般的である。しかし、外骨格ロボットにおいて軌道を追従するフィードバック制御を実装した場合、装着者は予め決められた軌道で強制的に動かされることになり状態を評価することは困難となる。そこで、本研究では最適制御技術を援用することとした。これは、設定したコスト関数（例えば、トルク変化最小など）を最適化しつつ目標動作を達成する制御方策を算出する方法である。これにより、装着者のダイナミクスや状態に応じて制御入力を求められる。また、これら動作目的推定と最適制御を組み合わせた提案手法を検証するために、熟練作業を抽象化した動作タスクを検討した結果、バスケットのゴールシュートを動作タスクとして選択した。これは、速さと精度が必要になるタスクであること、また、従来の外骨格ロボット制御では静的な運動がほとんどであり、速い動作に対するアシストは挑戦的であると考えられたためである。現在は被験者実験により提案手法の検証を進めており、予備実験結果も良好であることが伺えている。

3. 今後の予定

上記に示した実験設定において被験者実験を進め、提案手法の検証を行う。その後、shared control の枠組みにより、回帰手法と分類手法を統合的に扱える制御アルゴリズムを構築することで、アシスト方策をシステムティックに求める方法を検討する。

4. 外部との研究交流

・業務委託、個人研究者訪問、研究協力など

現在のところ予定なし

研究進捗報告書

(個人研究者用)

平成 30 年度

研究者番号: 50187

個人研究者氏名: 松木 萌

研究進捗状況

1. 本半期の研究項目

研究目的:

分散表現を用いた Zero-shot 学習法をセンサ行動認識に用いること

小目的:

1 Zero-shot 学習法の精度向上

1.1 特徴ベクトル空間から意味ベクトル空間に投影を行う方法の検討

1.2 意味ベクトル空間の検討(分散表現と属性ベクトルの比較分析)

2 介護現場に用いるための準備

2.1 スマートウォッチのデータ収集用のアプリ開発

進捗概要:

1-1 に関して, HASC データセットを用いて 4 つの投影手法を比較した結果, Auto-encoder を用いた手法が最も高いパフォーマンスであることがわかった.

1-2 に関して, 分散表現を用いることで精度にどのような影響を与えるのかを調査した結果, 分散表現を用いることで精度に大きな影響はないことがわかった.

2-1 に関して, スマートウォッチとスマホを購入して, スマートウォッチからセンサデータをデータ収集するアプリの開発の準備, 基礎知識の勉強を行った.

2. 研究経過および進捗状況、成果

- 1 件の国際会議(5 月に発表予定)
- 2 件の国内会議(3 月に発表済みと 7 月に発表予定)

3. 今後の予定

目的:

Zero-shot 学習法を介護現場のスタッフ業務推定に用いる

~6 月

アプリ開発: 既存のスマホアプリをスマートウォッチ用に再構築

~9 月

アプリ検証: ラボ内で実証実験

~12 月

実験: 実際の介護現場で 3 ヶ月ほどデータ収集

~2 月

分析: 未知行動推定, 結果の分析, 論文化

4. 外部との研究交流

- ・奈良先端大学の中村先生が作ったデータを用いて Zero-shot 学習法の評価
- ・九州大学の Danilo 先生と論文を共同作成

研究進捗報告書

(個人研究者用)

平成 30 年度

研究者番号: 50188

個人研究者氏名: 宮武勇登

研究進捗状況

1. 本半期の研究項目

本半期では、当初の目的である確率的アルゴリズムを整備するうえで基盤となるアルゴリズムを構築し、その数学的な解析を行うことを主な目的としていた。しかし、確率的アルゴリズムには計算コストの問題があり、本半期では、確率的手法に頼らない新しいアルゴリズムを構築し、その解析を行った。

2. 研究経過および進捗状況、成果

本研究の当初の目的は確率的アルゴリズムを整備することであったが、確率的アルゴリズムは計算コストが増加してしまうという問題があるため、当初の予定（手段）を若干変更し、確率的手法を用いることなく、代わりに、データを利用する統計的手法を導入することで、確率的アルゴリズムと同様の性能を持ち、かつ、計算コストの小さいアルゴリズムを開発した。

実際にいくつかの人工的な例題で検証し、良好な性質がみられることを確認した。また、ある仮定のもとでアルゴリズムの収束性の議論も行った。

3. 今後の予定

直近の目標としては、収束性を議論する上での数学的な仮定を弱めるなど、理論的・数学的な側面から提案アルゴリズムの解析を進め、また、実問題を扱う研究者からの批判に耐えうるレベルの網羅的な検証実験を行い、夏頃を目処に論文の執筆を行う予定である。また、下記の通り実問題を扱う研究者との交流も進めており、実問題への適用に向けた準備（特に実問題への適用を目指したアルゴリズムの改良）を進めていく予定である。

4. 外部との研究交流

統計学の専門家である東京大学大学院情報理工学系研究科 松田孟留 助教と協力し、研究を推進している。また、データ同化の専門家である東京大学 地震研究所 巨大地震津波災害予測研究センター 伊藤伸一 助教とも、特に実問題への適用を見据えて意見交換を行っている。他にも、地球惑星科学分野のデータ同化の研究者を中心に交流を行い、本研究の枠を超えて、実問題を扱う研究と数理系の研究の接点について意見交換を重ねている。

平成 30 年度

研究者番号: 50189

個人研究者氏名: 宮西 大樹

研究進捗状況

1. 本半期の研究項目

日常生活空間で起きた出来事（いつ・誰が・どこで・何を見て・何をしたか）に対する質問に適切な答えを返す実世界質問応答は、現実世界を理解する知能システムを作成するために必要な技術である。この実世界質問応答システムが実現できれば、「山田さんは今どの部屋にいるの?」「(さっき失くした) スマートフォンは今どこにあるの?」「(私は) 昨晚何を食べたの?」「田中さんは食事の後に薬を飲みましたか?」といった実世界の内容を問う質問に解答できるようになり、人・物探しや記憶補助や見守りシステムに役立てることができる。

この実世界質問応答システムを作成するため、既存研究 (Miyanishi et al., IJCAI 2018) では数多くの質問応答課題で高い性能を示すニューラル質問応答モデルが用いられた。ただし、ニューラル質問応答モデルが性能を発揮するためには、質問文・実世界のログ・解答文の3つ組から成る大量の学習データが必要になる。しかし、実世界のログを見て解答文をラベリングする作業はプライバシーを侵害する恐れがあるため、実世界質問応答の学習データを作成することは極めて困難である。そこで、本研究課題ではプライバシーの問題がなく、大量かつ多様なデータを生成できるライフシミュレーターから日常生活のストーリーを生成して仮想世界の質問応答データセットを作成する。そして、仮想世界のデータで訓練したニューラル質問応答モデルで実世界質問応答の問題を高精度に解く。本目的を達成するため、本半期は以下の研究事項に取り組んだ。

- ・ニューラル質問応答モデルのドメイン汎化
- ・仮想世界から現実世界へのドメインを横断した質問応答の評価

2. 研究経過および進捗状況、成果

・ニューラル質問応答モデルのドメイン汎化

仮想・現実両世界に出現する人物・物体・行動を表す語彙とその分布やストーリーは異なるため、仮想世界のデータで学習したモデルを実世界質問応答に直接適用するだけでは質問応答の性能が低下してしまう。そこで、本研究項目では、現実世界のデータと仮想世界のデータに共通する不変な特徴を使いドメインに依存しない推論を行うことで、実世界の教師データなしに高精度な実世界質問応答を実現する。具体的には、コピー機構を持つ Pointer Generator Networks (See et al., ACL 2017) をモデルに組み込み、読み込んだストーリーの一部をそのまま解答文として出力することで、ドメインに依存しにくい質問応答を行う。また、モデルに記憶機構を持つ Dynamic Memory Networks (Kumar et al., ICML 2016) を用いることで、文間の長期的な関係を考慮した推論を行う。Pointer Generator Networks は出力する単語に対して入力文のどの単語が重要かを表す注意機構、Dynamic Memory Networks はどの入力文が質問文にとって重要かを表す注意機構を持ち、両者の注意機構の重みを掛け合わせることで、質問に関連しかつ出力にとって重要な単語を解答に出力するモデルを作成した。

・仮想世界から現実世界へのドメインを横断した質問応答の評価

本研究項目では、仮想世界から現実世界へのドメインを横断した質問応答の評価を行った。具体的には、仮想世界の質問応答データで学習した質問応答モデルを現実世界の質問応答データセットでテストを行う教師なしドメイン横断質問応答で評価した。特に未知語を解答とする問題に対して、コピー機構を用いた手法が通常の質問応答モデルよりも質問応答の精度が優れており、質問と入力分の関連度をコピー機構に組み込むことでさらに精度が向上する

ことを示した。また、複数の質問応答課題で提案手法がどのような問題が得意でどのような問題が苦手であるかを定性的・定量的に評価した。本実験結果をまとめた論文を現在準備中である。

3. 今後の予定

ニューラルネットワークを用いた質問応答モデルは表現能力が高いため、学習データに過剰に適合し、質問・文書・解答の入出力の関係をそのまま記憶してしまう問題がある。しかし、仮想世界から現実世界へのドメイン横断質問応答では、学習データとテストデータの相違が大きいため入出力関係を記憶するだけでは精度が著しく低下してしまう。そこで、質問応答に必要な細かい規則を用意し、それらの規則を組み合わせる質問応答の規則を陽に学習することで、入出力関係を記憶してしまう問題に対処する。具体的には、質問の内容に対して、複数文の中からどの文に注視し文中のどの単語を出力するかといった複数の規則を各々ニューラルネットワークのモジュールとして表現し、上位のニューラルネットワークを用いてこれらのモジュールを質問の内容に応じて動的に組み合わせるメタ学習手法を開発する予定である。

4. 外部との研究交流

該当なし

平成 30 年度

研究者番号: 50190

個人研究者氏名: 横田 達也

研究進捗状況

1. 本半期の研究項目

- ・高階埋め込みテンソルの部分空間モデリングと離散コサイン基底の関係について研究
- ・高階埋め込みテンソルの多様体モデリングについて研究
 - ・理論構築, アルゴリズム開発, 計算機実験
- ・高階埋め込みテンソルモデリングと畳み込みニューラルネットの関係について研究
- ・Deep Image Prior の理解と応用に関する研究

2. 研究経過および進捗状況、成果

高階埋め込みの意義をより深く理解するために、離散コサイン基底との関係について研究をし、国際会議 APSIPA-ASC2018(アメリカ, ハワイ)にて発表した。

また、2019 年度から着手予定であった多様体モデリングの研究に関して、前倒しで進めることができおり、その点も順調である。

さらに、近年話題の「Deep Image Prior」と本研究課題である「高階埋め込みテンソルモデリング」とが深い関係にあることが分かり、Deep Image Prior の理解や改良、応用なども新たな研究の軸として、本課題に含めることとなった。

それらの成果として画像処理分野のトップカンファレンス ICCV(h5-index=124)へ向けて2 件の国際会議論文を提出し、現在査読中である。

3. 今後の予定

以下の 2 つの課題について取り組む

- ・高階埋め込み多様体モデリングの高度化, ノイズ除去, ボケ復元, 超解像などさまざまな拡張および応用の研究
- ・Deep Image Prior の理解, 高度化, 拡張, 応用の研究

4. 外部との研究交流

・Deep Image Prior の医用画像処理への応用研究へ向けて、近畿大学、健康長寿医療センターと共同研究を行っている。