

「2020年度 助成事業報告」 2020年度選考委員会

2020年10月31日(土)キャッスルプラザ 4階「茜の間」で選考委員会を開催いたしました。

今年度は新型コロナ禍での公募となりましたが、申請状況としては、研究助成に98件、フォーラム・シンポジウム等開催助成に13件の応募がありました。

選考は申請された研究内容、フォーラム・シンポジウム内容について検討を行い、研究助成で21件、フォーラム・シンポジウム等開催助成で7件採択されました。

研究助成総額2,000万円、フォーラム・シンポジウム等開催助成総額200万円となりました。



審査中の選考委員の方々



審査は長時間となるため選考委員の方々健康に配慮して、会場には厳重な感染対策を施したうえで、WEB会議システムを併用しながら行いました。

2020年度 助成金交付者とテーマ

(所属は申請書提出時のもの(敬称略))

研究助成

- ◆異種微小分散計算系における適応的機械学習機構の研究開発
山口 弘純(大阪大学大学院情報科学研究科 准教授)
- ◆Gestalt理論に基づいた触覚の情報化とHapticデバイスへの応用
小村 啓(九州工業大学大学院工学研究院・機械知能工学研究系 助教)
- ◆誤嚥防止を目指した音声による食物残留の検出
黒岩 眞吾(千葉大学大学院融合理工学府・数学情報科学専攻・情報科学コース 教授)
- ◆超画像認識技術によるマルチモーダル情報統合に関する研究
金崎 朝子(東京工業大学情報理工学院・情報工学系 准教授)
- ◆超個体内の情報流の解明超個体の創発メカニズムの情報理論的アプローチによる解明
土井 樹(東京大学総合文化研究科広域科学専攻広域システム科学系 特任研究員)
- ◆鶏の住環境の快適性向上に向けた動物行動学的分析を支援する鶏行動の認識システム
藤波 香織(東京農工大学大学院工学研究院先端情報科学部門 教授)
- ◆情報含有体としての磁気鍵トリガ機構に基づく非接触式連結分離システムに関する研究
多田 隈 建二郎(東北大学タフ・サイバーフィジカルAI研究センター 准教授)
- ◆グラフニューラルネットワークによる有機遷移金属反応の機械学習
安田 耕二(名古屋大学未来材料・システム研究所材料創成部門 准教授)
- ◆放射光エックス線回折実験で得られる多量データと失敗データの機械学習による活用
森吉 千佳子(広島大学大学院先進理工系科学研究科物理学プログラム 教授)
- ◆乱流のペタスケール大規模直接数値計算コード開発
山本 義暢(山梨大学大学院総合研究部・機械工学系 准教授)
- ◆頭部ジェスチャの意味理解に基づく会話者の心的状態の推測に関する研究
大塚 和弘(横浜国立大学大学院工学研究科知的構造の創生部門 准教授)
- ◆地理情報と行財政データのマージによる持続可能な都市構造の推定
関口 駿輔(石巻専修大学経営学部・経営学科 准教授)
- ◆ロボットによる巧みな物体操作を実現するための自己教師あり学習法の検証
村田 真悟(慶應義塾大学理工学部電気情報工学科 専任講師)
- ◆群れの集合知における個体間情報伝達の意義解明
崎山 朋子(創価大学理工学部情報システム工学科 准教授)
- ◆非線形制御法に基づく概日リズムの安定化を目的とした照明装置の開発
信川 創(千葉工業大学情報科学部情報工学科 准教授)
- ◆イジングモデルの基底状態問題に対する離散数理を用いた新たな展開
喜多 奈々緒(東京理科大学理工学部・経営工学科 助教)

- ◆生物を模倣した知的なイオンマシンの創成
鳥取 聡一郎(マサチューセッツ工科大学機械工学科 ポストドクトラルフェロー)
- ◆音楽系ライブコーディングにおける総合的な空間演出のための拡張インタフェースの開発
天野 憲樹(武庫川女子大学生活環境学部・情報メディア学科 教授)
- ◆疾患判定のためのバイタルデータのリアルタイムAI解析システム
梅津 信二郎(早稲田大学創造理工学部・総合機械工学科 教授)
- ◆海中ドローンと畳み込みニューラルネットワークを応用した海中生物調査システムの開発
中平 勝也(沖縄工業高等専門学校情報通信システム工学科 准教授)
- ◆文献情報に基づく植物抽出物の処方提案システムの開発
藪内 弘昭(和歌山県工業技術センター薬業振興部 主査研究員)

フォーラム・シンポジウム等開催助成

- ◆Asia-Pacific Signal and Information Processing Association Annual Summit and Conference2021 (APSIPA-ASC2021)
(アジア環太平洋地域信号情報処理学会年次サミット2021)
梶川 嘉延(関西大学システム理工学部 教授)
- ◆32nd International Symposium on Algorithms and Computation (ISAAC2021)
(アルゴリズムと計算に関する第32回国際シンポジウム)
神山 直之(九州大学マス・フォア・インダストリ研究所 教授)
- ◆The 32nd IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV21)
(第32回IEEEインテリジェントビークル国際シンポジウム)
鈴木 達也(名古屋大学未来社会創造機構モビリティ社会研究所 教授)
- ◆IEEE International Conference on Multimedia Information Processing and Retrieval
(マルチメディア情報処理および検索に関する国際会議)
柳井 啓司(電気通信大学 教授)
- ◆The 2021 IEEE Information Theory Workshop
(2021年IEEE情報理論ワークショップ)
和田山 正(名古屋工業大学 教授)
- ◆The 17th Annual ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI2022)
(2022年人とロボットとのインタラクションに関する国際会議)
坂本 大介(北海道大学大学院情報科学研究院 准教授)
- ◆第22回分散計算と情報通信に関する国際会議(ICDCN2021)
山口 弘純(大阪大学大学院情報科学研究科 准教授)

会 議 開 催 報 告

「第21回 理事会」開催

新型コロナ禍のため、第21回理事会を決議の省略により実施いたしました。
理事長より各理事に対して、

- ① 2019年度(第24期)事業報告書及び決算書類の承認の件
- ② 2020年度(第25期)基本財産指定承認の件
- ③ 公益目的事業遂行のため基本財産の一部を処分することの承認の件
- ④ 本財団保有の株式の発行会社の株主総会の議決権行使の承認及び議案の賛否を理事長に一任することの承認の件
- ⑤ 選考委員任期満了に伴う選任の件
- ⑥ 相談役任期満了に伴う再任の件
- ⑦ 第21回定時評議員会の日時及び場所並びに目的である事項決定の件

が書面にて提案され、全理事からの同意書と全監事から意義のない旨回答書を得て、2020年5月21日に決議の省略が成立しました。

「第21回 定時評議員会」開催

新型コロナ禍のため、第21回定時評議員会を決議の省略により実施いたしました。
理事長より各評議員に対して、

- ① 2019年度(第24期)事業報告書及び決算書類の承認の件
- ② 2020年度(第25期)基本財産指定承認の件
- ③ 公益目的事業遂行のため基本財産の一部を処分することの承認の件
- ④ 現理事の任期満了に伴う次期理事の選任の件

が書面にて提案され、全評議員からの同意書を得て、2020年6月4日に決議の省略が成立しました。

「第8回 臨時理事会」開催

2020年6月5日(金)午後4時15分より、WEB会議システムを使った第8回臨時理事会を開催いたしました。
今回の臨時理事会は、

- ① 役付理事選定の件
- ② 代表理事選定の件

が審議され、いずれの議案も原案通り承認可決されました。

また、代表理事による自己の職務の執行状況報告として、理事長から2020年度の公益目的事業の執行内容及び予定を、専務理事から2020年度の財団会計管理の執行内容及び予定をそれぞれ報告いたしました。

研究助成完了報告概要

(いずれも提出原文のまま、所属は提出時のもの)

■ 深層学習を用いた統合的画像解析による細胞種および状態の識別

K28研XXI第476号

新岡 宏彦(大阪大学データビリティフロンティア機構 特任准教授)

実施内容、成果および今後予想される効果の概要

人工多能性幹細胞(induced pluripotent stem cells:iPSC)や間葉系幹細胞(Mesenchymal Stem Cells:MSC)により、再生医療の実用化研究が進んでいる。実用化までに解決すべき課題は様々であるが、組織・臓器再生の工業化が重要なテーマの一つであり、工業化により人為的過誤の減少や人件費の削減が期待され、安全・安心で安価な組織・臓器の供給が可能になると考えられる。再生医療において細胞の質を担保するためには、非侵襲的な方法が必要であり、PCR、ELISA、蛍光イメージングなどの侵襲的な方法は使用できない。このような背景において、本研究では、位相差顕微鏡観察とラマン顕微鏡という非侵襲的な手法を用いて細胞の状態を計測し、深層学習を用いた解析により細胞状態の分類を行った。

位相差顕微鏡を用いた研究では、C2C12(マウス筋芽細胞)が分化して筋芽細胞から筋管細胞へ変化する様子を観察し、その状態を深層学習で予測した。筋芽細胞は丸みをおびた形状をしているが、分化開始から日数が経過すると細胞同士が融合し多核で繊維状の構造を持つ細胞となる。分化開始日をDay0とし、それから3日後6日後の細胞状態をそれぞれDay3、Day6とし、畳み込みニューラルネットワーク(Convolutional Neural

Network: CNN)を用いて位相差画像から分化開始日を予測したところ、91.8%の精度で予測に成功した(Nioka et al., Human Cell, 31, 87 (2018))。

ラマン顕微鏡を用いた研究では、リプログラミング中の細胞を計測し、得られたスペクトルデータから細胞の種類と状態を深層学習で予測した。マウスES細胞であるEB5細胞を分化させてマウス神経前駆細胞(N31細胞)を作製し、次いでN31細胞をリプログラミングし、5日目、10日目および20日目の試料を用意し(N31d5、N31d10、N31d20)、それぞれの生きた細胞からラマンスペクトルを計測した。得られたラマンスペクトルについて、1次元CNNを用いて5クラス分類(N31、N31d5、N31d10、N31d20、EB5)したところ分類の平均正答率が89.1%となった。

以上により、非侵襲で細胞の状態を計測し、深層学習を用いた細胞状態の予測が可能になることを示せた。今後データ数を増やすことでさらに正答率を上昇させ、再生医療用の細胞を検査する際の実用的な技術になると考える。

謝辞

ラマンスペクトルデータは広島大学原爆放射線医学科学研究所教授/理化学研究所チームリーダーの渡邊朋信先生より提供いただきました。厚く御礼申し上げます。

■ ソフトウェア変更の再構成手法の確立

K28研XXI第482号

林 晋平(東京工業大学 情報理工学院 准教授)

実施内容、成果および今後予想される効果の概要

継続して開発されるソフトウェアのリリースにおいて、開発者がソフトウェアに対して行った一連の変更と利用者が望むそれとの間に不一致があり、利用者にとって望ましい変更と望ましくない変更が混在してしまうと、リリースを受け入れる際の障壁となる。こういった背景のもと、本研究では、一度蓄えられたソフトウェア変更を、品質や利用の観点から自動的に再構成する最適化手法の確立を目指し、大きく以下の2つの成果を得た。

1. 多観点に基づくChange Untangling支援

開発者が作成したコミット中のもつれた変更(tangled change)を解きほぐす対話的なChange Untangling技術およびそのツールを開発した。編集操作レベルの細粒度編集履歴に基づいて対話的に変更を分割する手法やツールはこれまでも提案されているものの、既存手法は単一の観点に基づく変更の分割支援しか提供していなかった。提案手法では、リファクタリング等による複数箇所の同時編集に基づく変更間の関連性と変更されたステートメント間の依存関係に基づく関連性の双方を考慮して利用者に変更の分割を促す。行った評価においては、提案手法を実現したツールの利用がコミットの解きほぐしに有効であった。

2. 依存関係を考慮した部分コミット履歴の再構成支援

開発者による部分コミット履歴の再構成を支援する手法およびそのツールを開発した。これまでの再構成手法には、再構成需要によって異なる取り込み基準がある、依存の特定に時間がかかる、依存に基づく盲目的な取り込みが部分履歴の肥大化を招く、という3つの問題があった。提案手法では、テキスト、ビルド、コミットの3種類のファイル単位の依存に基づく再構成の枠組みを提供し、異なる再構成需要に対応可能なようにした。また、識別子の使用と定義の関係に基づく軽量の静的解析によりビルド依存関係を推定し、時間コストの削減を実現した。さらに、依存の広範囲への波及による部分履歴の肥大化を抑えるため、機械的な一括変更であるSystematic editsの検出に基づく依存の削減を行った。複数事例を用いた評価においては、依存の選択により異なる大きさの部分履歴が構成できること、高速なビルド依存の推定が多くの場合で十分正確であること、Systematic edits検出は高精度であり、依存の削減により部分履歴を平均で13.3~57.2%削減できることを示した。

本研究の成果は、変更の再構成のうち根幹をなす重要なものであり、これらを参考として今後、様々な再構成の応用手法・応用事例への展開が期待される。

■4足ロボットの安定歩行と省エネルギー化を目的とした最適歩容生成と制御

K28研XXI第485号

内山 直樹(豊橋技術科学大学大学院工学研究科機械工学系 教授)

4足歩行は車輪移動に比べて段差や障害物、砂利道などの不整地環境での安定した移動を可能とし、屋外作業での利用が想定される。また、4足ロボットの動作は生物の歩容に基づくことが多い。生物の歩容は歩行速度によって異なり、例えば、低速の場合はwalk歩容、中速の場合はtrot歩容、高速の場合はgallop歩容となることが知られている。また、消費エネルギーが最小になるように歩容が切り替えられているという報告が存在し、この切り替えの仕組み(歩容遷移)をロボットに適用すれば消費エネルギーを抑制できる可能性がある。このような歩容遷移に着目した研究は多くあるが、遷移を発生させるための制御メカニズムに関しては解明されていない。また、歩容遷移の生成や安定した歩行動作の実現を目的とした研究が多く、消費エネルギーに着目している研究は少ない。

本研究では、4足ロボットの安定歩行と省エネルギー化を考慮した最適歩容生成と制御法の提案を最終目的とし、本体姿勢と床反力を考慮した動特性モデルを提案した。このモデルでは、本体姿勢と床反力を考慮した上で脚構造を簡略化し、進行方向への動作を脚と胴体との接点を支点とした振り子動作ではなく、進行方向

に脚を平行移動させる動作を考え、運動方程式を導出した。また、安定歩行を行うために、脊椎動物が歩行や泳動といったリズム動作を形成する発振器であるCPG(Central Pattern Generator)をモデル化した位相発振器を各脚の動作に応用し、各脚を協調させることで歩容を生成した。

本動特性モデルに基づき、シミュレーションにより、歩行速度変化に伴うtrot歩容からwalk歩容への遷移と省エネルギー効果について確認した。消費エネルギーの評価には、歩容遷移の発生後、歩容が定常状態に移行した期間における各アクチュエータの電流値の二乗値を駆動トルクより算出し、それを定常状態における移動距離と時間で除したものをを用いた。比較的高速域ではtrot歩容がwalk歩容に比較して、消費エネルギーを抑制していることを確認した。

最後に4足ロボット装置を製作し、複数の条件下で実験を行った。シミュレーションと同様に低速域ではwalk歩容、高速域ではtrot歩容において消費エネルギーの低減を確認できたが、詳細な傾向はシミュレーションと異なり、今後の検証後、4足ロボットの最適歩容生成と制御への応用が期待できる。

■学習行動の深いセンシングに基づく学習変容:英語学習を対象として

K28研XXI第491号

黄瀬 浩一(大阪府立大学大学院工学研究科 教授)

本研究では、多様なセンサを用いて学習者の行動をセンシングし、その結果を人工知能技術を用いて解析することにより、学習者の学習行動を変容させる技術について、探求した。以下、得られた成果の概要を述べる都共に、今後、予想される効果について述べる。

学習者のセンシングについては、アイトラッカ、EOG眼鏡(眼電位法に基づいて眼球運動を取得可能な眼鏡)、シート圧センサ、Webカメラ、キーロガー、タブレットなど、多様なものを用いた。実現した機能も多岐に亘る。まず、学習の基本である読書を検出する手法(Reading Detection)、読んだ語数を計測するWordometer、語彙を推定するVocabulometer、練習問題の解答に対する確信度を推定するCoALA、未知単語の推定、集中度、理解度の推定である。以下、各々について概要を述べる。

Reading Detectionは、読書をしている期間をそれ以外の行動から区別する処理であり、アイトラッカおよびEOG眼鏡のいずれかを用いることにより実現できる。EOG眼鏡を用いて眼球運動を計測し、それに基づいて英文読書の有無を判定できることを示した。

Wordometerは、読んだ語数を計測することにより、学習者が読むことの動機を得るシステムである。据置型、装着型アイトラッカ、あるいはEOG眼鏡を用いて実現

されている。

Vocabulometerは、英文を読む際の視線データを解析して、読者の語彙を推定するシステムである。また、推定した語彙に基づいて、次に読むべき英文を推薦することができる。一般に、95%~98%の既知単語で記載された文章を読むとき、残りの未知単語の意味は文脈から推定できることが知られている。Vocabulometerはこの原理にしたがって英文を推薦することが可能である。

CoALAは、練習問題解答時の確信の有無を推定するシステムである。これにより、確信を持って誤答した場合、確信なく正答した場合など、従来は無視されていた重要な側面を把握し、復習の行動を変化させることが可能となる。また、推定した結果に基づいてフィードバック(確信あり誤答に注意喚起;確信なし正答を復習に含める)を行ったところ、通常の正誤のみによる復習と比べて成績が有意に向上することがわかった。

未知単語推定は、英文読書時の視線データを解析することにより未知の単語を推定する手法である。実験の結果、高い精度(recall 100%, precision 70%)で未知単語を推定できることを示した。

学習を行う上では、知識の量や質の推定だけではなく、学習者の心的状態を把握することも重要である。本研究では、集中度を取り上げ、Webカメラとシート圧セン

サを用いて集中度を推定するシステムを構築した。

また、外国人の日本語学習を対象として、日本語例文を読む際の視線データに基づいて理解度を推定するシステムを構築した。

以上のように、様々なセンサを用いた深いセンシングによって、知識の状態(量や質)や心的状態(集中度)を推定し、それに基づいてフィードバックを与えることにより、学習変容すなわち学習行動を改善することが可能である

ことを示した。

今後は、上記の個別的な手法と統合し、統合センシング環境を作成するとともに、それを用いた大規模フィードバック実験によって、どの程度、成績向上に有効であるのかを検証する予定である。また、成績が向上する場合とそうでない場合を予め予測可能とすることにより、フィードバックの処方箋を作成して、より効果的な適用を実現することも考えている。

■医療データの動的かつ立体的可視化のための基盤技術の研究

K28研XXI第492号

安本 匡佑(神奈川工科大学情報学部情報メディア学科 准教授)

本研究は、複数のデバイスを動的かつ空間的に組み合わせることで、新たな操作性を実現し、モバイルデバイスで立体情報に対するユーザの関心を高める新しいシステムVISTouchと、それを用いて医療情報の直感的な可視化に応用する基盤技術に関するものである。

現在使用されているほとんどの携帯端末が有する静電容量方式のマルチタッチ認識と慣性センサを用いて、他の携帯端末に接触した機器の位置を簡単に追跡できるVISTouchの機能の向上を図った。

これは3D 仮想空間上で直感的な操作を可能にする手法で、それぞれの3次元の相対位置関係をリアルタイム認識するものである。例えば水平に置いたタブレットを基準とし、そこにスマートフォンを物理的に接触させると、VISTouchは動的にそれぞれの正しい相対位置を計算し、スマートフォンの画面には、その位置、方向、角度から見た映像がリアルタイムに表示される。

これは従来の2次元ディスプレイによる3次元映像の操作と比較して、実空間の情報が利用できるため、ユーザの空間知覚を向上させ、直感的な操作が実現できる。これを実現するためにVISTouchはソフトウェア処理に加え、複数の導電性の突起物を有するVISTouchケースと呼称するハードウェアが必要となり、この導電性

の突起物が人間の指の代わりに携帯端末をタッチする。その接触パターンから端末の判別と位置の判別を行う。本研究ではこのハードウェアの精度向上を行い、最適な導電性突起物の幅、間隔をもつVISTouchケースを開発した。

VISTouchは、タブレットなどのディスプレイ上でスマートフォンを動かしたり傾けたりすることで、複数のデバイスと対話する手法を提供し、実空間における相対的な位置の情報を利用し、ゲームなどのリアルタイム描画のインタラクションの一つとして、あるいは直感的な立体地図の表示などに利用してきた。

本研究ではこれを医療情報の可視化に応用した。まず、複数のMRIやCTのから出力されるDICOMデータをまとめて立体的に配置した点群として再構成し、これをVISTouchで表示されることで、任意の断面や任意の視点からの映像を瞬時に可視化することができる。

また、斜めにカットして俯瞰で見えることも可能で、OSやデバイスのサイズに依存しないため、複数人で同時に見ることも、同じ人体を複数の視点から見ることも可能となった。またボリュームレンダリングを行うことでより精緻な視覚化も可能となり、VISTouchのシステム自体が安価に実現できるため、将来的には医療教育や医療現場での活用も可能となるだろう。

■細胞内情報伝達を解明するための情報理論的解析手法の開発

K29研XXII第497号

宇田 新介(九州大学生体防御医学研究所附属トランスオミクス医学研究センター統合オミクス分野 准教授)

生命は、脳などの複雑な器官における神経系による高度な情報処理のみならず、細胞はシグナル伝達系などにおいても生存に関わる情報処理を行っている。以前までは解析に必要なデータセット取得などの難しさなどもあって、シグナル伝達系や遺伝子発現ネットワークはあまり情報処理の観点から仕組みを調べられることはなかった。しかし近年、1細胞レベルでの測定技術が進歩したことなどから、シグナル伝達系や遺伝子発現ネットワーク

の情報処理の仕組みに注目が集まっている。

細胞の情報処理の仕組みを解明するためには、情報理論的観点から分子種間相互作用を調べる必要がある。理想的には、着目している2分子種間に対して着目している2分子種以外の分子種で条件付けされた条件付き結合分布より求まる条件付き相互情報量を評価することになる。しかし生命科学分野においては、分子種数が膨大でデータが高次元になるにもかかわらず、サンプルサ

イズが大きいデータセットを確保できないことが多く、一般には計算量とサンプルサイズの両面から条件付き相互情報量を直に評価することは難しい。

本研究では、条件付き相互情報量を近似的に評価する計算方法を開発した。サンプルサイズが小さいことから条件付き相互情報量の定量的評価は信頼性が低いため、並び替え検定によって分子種間相互作用の有無を推定する方法も開発した。さらに、サンプルサイズが小さい場合には並び替え検定を実施してもp値の信頼性の低さが問題となると考えられる状況に対処するため、信頼性の低いp値を除く手法を開発した。

開発手法を評価するため、人工遺伝子発現ネットワークの推定問題への適用を行った結果、全体のネットワー

ク構造推定という点に関しては従来法よりもやや性能が劣る面があったが、信頼性の低いp値を除くことで従来法に比べて高い性能が得られた。生命現象の解明においては、全体のネットワーク構造だけでなく部分的であっても高い信頼性を持ってネットワーク構造を知ることが重要なこともあり、開発手法は目的に応じて従来手法と使い分けることになると考えられる。

開発手法を今後、シグナル伝達データや1細胞RNAシーケンシングデータの解析に適用し、実際の生命現象の解明に役立てる予定である。また、シグナル伝達系や遺伝子発現ネットワークの単体だけでなく、それぞれを各階層と見立てて多階層ネットワークの解析へと開発手法を拡張していく予定である。

■深層強化学習を用いた筋骨格系主体の発達の運動学習

K29研XXII第498号

田中 一敏(オムロンサイニックス株式会社リサーチアドミニストレイティブディビジョン シニアリサーチャー)

人間が備える筋骨格系の身体と身体を駆使する運動能力は、人間の知的活動を支える重要な基盤である。人間は試行錯誤を通じて運動を発達させ、この能力を獲得する。同様に、筋骨格系を備えた主体が発達的に多様な運動を獲得する枠組みを構築できれば、複雑な環境下で知的に振る舞う人間の原理を理解し、知的なロボットを実現する基盤となる。ゆえに本研究では、発達の運動学習方法の構築を探索した。手法として、試行錯誤を通じて目標の達成方法を自律的に学習できる強化学習と、経験を一般化して応用できる深層学習を組み合わせた深層強化学習に着目した。具体的には以下の内容を研究した。

第一に、空気圧シリンダの状態遷移に関わる制御に使うモデルを、深層学習によって獲得する手法を提案した。結果として、手法を用いて空気圧シリンダを所望のタイミングに、所望の位置と速度に到達するように制御できた。この手法は、深層強化学習の一種である、深層学習でモデルを学習するモデルベース強化学習に利用できる。ゆえに、この手法を発展させることで空気圧筋骨格ロボットが発達的に運動学習を行うことが可能になる。

第二に、新生児・乳児の運動と筋活動の解析を行った。解析には、光学式モーションキャプチャで計測した全身の運動情報を用いた。新生児・乳児の詳細な筋骨格系モデルに基づき、出力である筋への指令と、入力である筋の長さ変化を推定し、それらの関係性を調べた。加えて、筋活動の月齢による変化を調べた。結果として、月齢ごとの運動と筋活動の特徴が明らかになった。この手法を発展させることで、筋骨格系主体である人間の新生児・乳児が運動能力を発達させる原理を、深層強化学習などの機械学習に応用可能な形式で理解することが可能になる。

第三に、筋骨格系を備えた主体の運動学習シミュレーションを行った。タスクとして、手先到達運動と落下する物体の把持運動を扱った。結果として、主体は深層強化学習によって複雑な筋の協調を学習し、運動タスクを遂行した。この枠組みを発展させることで、筋の協調関係を他の運動タスクに応用することが可能になる。加えて、シミュレーションによって得られた結果を用いて人間の実験に関する重要な仮説を構築できるようになる。

■自動運転時の運転介入によるEnd-to-End車両制御学習

K29研XXII第502号

【実施内容】

本研究では提案する手法を検証するため、操舵介入可能な操縦デバイスを開発し、自律移動ロボットを用いて走行時に得られたデータを学習することによる屋内自律走行実験を行い、学習効率の比較を行った。

開発した操舵デバイスは、操舵介入時にステアリングホイールの制御に用いているモータに操縦者がかけて

竹内 栄二郎(名古屋大学情報学研究科 准教授)

いる力に応じトルクがかかり、これを電流値から推定することで介入を検出することができる。

データ収集および自律走行時には、移動ロボットに搭載されたLiDARから得られた形状情報を2次元のグリッドマップとしてCNN(Convolutional Neural Network)に画像形式で入力し、速度及び角速度に対応する2つの連続値を出力、操縦デバイスを介して移動ロボットに

伝え走行する。

実験では、実験装置を用い決められた経路の自律走行を行う教示を行い、介入データのみを用いた学習と全データを用いた学習による自律走行実験を行い、その効率を比較した。

また、搭乗可能な実験装置を開発し、屋外環境にて長距離の複数の右左折を含む経路においても同様に走行実験を行った。

【成果】

全てのデータを用いて学習させた場合と、介入時のデータのみ追加する場合の2種類を行い、それぞれ20回走行させた。全データを利用したものでは、繰り返すごとに学習データが増加しているが、平均介入トルクが減少しておらず、うまく学習がなされていなかったが、介入データのみを利用したものは、介入が起こった時刻のデータのみを用いているため、学習データ量の増加が緩やかであり、また平均介入トルクが減少していることが確かめられた。

このことから操舵介入が可能な操縦デバイスを用いて得られた操舵介入データを用いることにより、少ない学習データにて効率的に自律走行を獲得可能である事が

示された。

また、学習後のCNNにを用いて自律走行を行った場合、広い通路では経路のばらつきも広いが、狭い場所に入る時はばらつきが収束していることが確認された。本手法では制御の難しい場所では頻繁に介入が起こりデータが追加されるため、それぞれの場所の制御の難しさに応じた制御則が学習できているものと思われる。

また、屋外実験では、長距離の複数の右左折を含む経路においても同様に自律走行でき、また障害物回避可能であることを確認した。

【今後予想される効果】

本研究の手法は少ないデータ数にて効率的に学習が可能である事が示された。これにより有限の計算機能力下にてより多様な環境に対して対応できる可能性がある。またデータ拡張を行わないためデータ生成に用いるモデルが不要であるため、障害物回避等自動運転で必要な様々なタスクに対応できる可能性がある。

これら特徴から、本研究の成果はより学習型の自動運転による実用的な自律走行の実現につながると期待できる。

■Overlearningによる記憶の定着を可能とする学習手法の確立

K29研XXII第503号

小林 泰介(奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科 助教)

本研究では、近年注目を集めている深層学習技術の根幹にあるニューラルネットワークにおける問題点として「破滅的忘却」を解決すべく、過去の学習内容に関する記憶をネットワークの結合荷重として定着させながらも、必要最低限の結合荷重で過去の学習内容を表現するように組み変える正則化技術を開発した。具体的には、1つ目の提案手法として、過去の学習内容を表現する上での最適値と初期値への2種類の安定平衡点を持つ連続的な正則化項の設計を行った。どちらの安定平衡点に収束するのかを連続的な正則化により陰的に定めるため、計算コストは大きくなるものの、最適値への安定平衡点へのアトラクタ内であればバイアスなく最適値へ収束できる特徴を持つ。

もう1つの提案手法として計算コストの低減を目的に、適応的なL1正則化による初期化と過去の学習内容を表す最適値へのL2正則化(従来手法)を統合した手法を提案した。これは理論的な収束先は不明瞭であり最適値からのバイアスが生じうるものの、実装が非常に簡易でビッグデータを扱う上では有用といえる。

従来手法である過去の学習内容を表す最適値へのL2正則化手法と、提案手法1では強化学習問題を、提案手法2では本問題のベンチマークタスクであるPer-

mutated MNIST(0~9の手書き数字の分類器を2文字ずつ順番に学習するタスク)を対象として比較・検証した。提案手法1を適用した強化学習問題では、提案手法1は複数タスクを順番に学習させてみたところ、従来手法と比べて新しいタスクを記憶する余地が多いためか、後続のタスクでも十分性能を獲得できた。さらに、一巡の後に再学習したところ、過去のタスクを即座に思い出したためか性能が数エピソードで回復できることを確認した。提案手法2を適用したPermuted MNISTでは、同様に従来手法よりも新しいタスクを記憶する余地が多いためか後続の数字の分類を学習できた。

上記で開発した正則化技術を実環境でも検証すべく、購入したロボットアームとペンタブレットを組み合わせた手書き文字ロボットによる実験を目指した。Robot Operating System(ROS)を用いてロボットアームとペンタブレットを連動させて描画内容を入力、文字の種類または文字を描くためのロボットの動作を出力としたシステムを構築した。実証実験には至らなかったものの、今後はこの実証実験を通じて深層学習におけるデータの取り扱いの変革、すなわち事前にビッグデータを用意せずに継続的に新しいデータを加えていくことで順次学習していくことが近い将来に期待できる。

■神経ネットワークダイナミクスに着目した経頭蓋直流刺激の作用メカニズムの解明

K29研XXII第504号

【研究内容】

経頭蓋直流刺激(tDCS)は微弱な直流刺激を頭部に与える非侵襲的な脳刺激方法であり、脳機能促進効果や様々な精神疾患での有効性が明らかになりつつある。tDCSの認知機能増強効果や精神病治療効果における作用機序の有力な候補として、神経ネットワークの関与が示唆されているが、そのメカニズムは未だ十分に解明されていないのが現状である。

一方、神経ネットワークダイナミクスは多階層における発振現象の複雑な非線形的相互作用によって構成され、多様な時空間的ダイナミクスを有している。近年急速に進歩した非線形理論およびネットワーク理論はこれらの神経ネットワークダイナミクスを紐解く上で重要な鍵を握る。この複雑なネットワークダイナミクスを捉えるためには高い時間・空間分解能が必要であり、脳磁図はその双方を備える非侵襲的な脳機能イメージング法である。

本研究では、健康成人を対象にtDCS施行前後の安静/課題時の脳磁図を計測し、複雑ネットワーク解析を用いてtDCSによる脳機能変化に関連するパラメーター

高橋 哲也(福井大学精神医学講座 客員准教授)

を同定し、tDCSの脳機能増強作用メカニズムの解明を目指した。

【成果】

二重盲検プラセボ対象クロスオーバー試験を用い、24名の健康成人を対象として前頭前野に対するtDCSおよびプラセボ刺激後の安静時および40Hz聴性定常反応時の脳磁図をそれぞれ計測した。結果、tDCSによって左運動野における β 波活動の増強が確認された。この結果は、tDCSがもたらす運動機能への影響を示唆する所見であると考えられる。

この結果を基盤として、現在申請者が開発した動的位相変動解析を用いてネットワークダイナミクスをさらに解析し、その有効性を確認している。

【今後予想される効果の概要】

本研究で明らかにされたtDCSの脳機能増強作用メカニズムに対して近年急速に進歩している深層学習などの機械学習を講じることで、tDCSを用いたより効率的な認知機能増強や精神病治療に繋がると考えられる。

■耳鳴り機序の情報論的理解と予測モデルに基づく異常な神経活動の抑制

K29研XXII第506号

【実施内容】

本研究課題では、聴覚系神経経路における入出力に関する2つの基準(相互情報量最大化原理、もしくは、入力と出力再構成信号間の誤差最小化原理)に基づき、計算論的モデルを構築した。

次に、上記数理モデルをフィードフォワード型の多層聴覚経路モデルに拡張して、聴覚末梢系の損傷・破壊を想定し、聴覚中枢系経路最終端(聴覚皮質)で観察される周波数地図変化に関する現象を数値的に計算した。

さらに、実際の生体脳を用いた生理学実験を行い、聴覚末梢系と中枢系の特定の中継核を破壊した難聴モデルを用いて、音入力に対する中継核と聴覚皮質の周波数地図の聴疾患後の変化を、内因性蛍光タンパク質であるフラビンタンパク質の光イメージング法により詳細に観察した。

取得した光イメージング画像を解析し、特定の周波数音に強く誘発される脳領域(聴覚皮質)の分布の構造変化から、損傷させた脳の機能(周波数感受性)と場所を推定することを試みた。

また、聴覚系の計算原理モデルとして用いた2つの原理の何方かが、今回の聴疾患モデルに適合するかを実験結果と比較検討することで、脳内での計算原理を推定した。

舘野 高(北海道大学大学院情報科学研究科 教授)

【成果】

齧歯類動物(マウス)を用いて、聴覚末梢系(内耳)を薬理的に阻害した難聴モデル動物を作成し、可聴域の広範囲に渡って難聴を確認した。次に、その動物モデルにおいて難聴を引き起こす薬剤の前後で、聴覚皮質の各周波数に応答する領域(周波数地図)がどのように変化するかを記録した。その後、この計測を4週間以上に渡って繰り返し計測し、聴覚皮質における周波数地図の変化を経頭蓋で低侵襲的に観察した。イメージングデータの詳細な解析によって、末梢系の薬理的阻害の効果として、一次聴覚野では、高周波の応答領域が主に破壊されたものの、低中周波数の応答領域は周波数勾配の構造が概ね維持されていた。

一方、他の領域(前頭聴覚皮質および二次聴覚皮質)では、全ての周波数領域において周波数構造が損傷していた。また、上記の実験結果から、聴覚系の数理モデルの計算原理の選択として、一次聴覚皮質は相対的に相互情報量最大化の原理に適合し、他の領域では誤差最小化の原理により適合すると示唆された。

これらの結果によって、聴覚皮質は、サブ領域間で異なる計算原理を用いて、音情報処理を行っている可能性が推察された。

【今後予想される効果】

聴覚系の数理モデルと実際の生理学実験の対応関

係を詳細に調べることによって、難聴や耳鳴りの症状と疾患部位の関係が現象論的に明らかになる可能性がある。また、脳の感覚情報表現の正確な理解を通じて、感覚疾患を治療する新たな方法論を提案できると考えられる。特に、同様な実験と計算モデルでの検証から、各神経核の破壊による聴覚皮質の周波数地図変化の予測が得られれば、難聴の原因部位の特定とその機序

についての示唆が得られる可能性がある。

最後に、近年、報告者の所属する研究室では、サブミリサイズの磁気刺激法を開発しており、その経頭蓋磁気刺激法を聴覚神経核の活動抑制に応用すれば、サブ領域依存的に耳鳴り等の聴疾患を将来的に抑制できる可能性がある。

■系列パターンの確率モデルによる音楽情報処理の研究

K30研XXⅢ第521号

中村 栄太(京都大学白眉センター/大学院情報学研究科 特定助教)

本研究では、音楽情報処理において重要な役割を持つ、楽譜記号列に内在する規則性を記述する新たな確率モデルを構成し、自動編曲(楽譜の音楽スタイルを変換する技術)と自動採譜(演奏データを自動で楽譜に書き起こす技術)への応用を開拓した。

モデル構築に関しては、主に次の2点を研究した。まず、従来の楽譜の確率モデルは学習データからそこに共通する統計的規則性を抽出するものが主であるが、実際の音楽データにはジャンルの違いや長調・短調といった性質の違いによる異なる特徴を持つデータが混在していることが多い。こうした混合データから典型的な音楽スタイルを自動で見つけ出し、複数のスタイルを持つ確率モデルを学習できるモデリング手法を構築した。具体的には、移調対称性を持つ混合マルコフモデルを提案し、その学習方法を導出した。このモデルにより、例えばクラシック音楽のメロディーをジャズ風に変換するなどの、メロディーのスタイル変換の手法を開発した。この成果は、国際会議[1]と国内学会[2]での発表と特許出願[3]の形で発表した。

もう一つのモデル手法として、従来の大きな課題であった、音楽の反復構造を表現できる楽譜の確率モデルを構築した。曲の中で音符パターンが何度も反復されることは、多くのジャンルの音楽で共通的に見られる特徴である。こうした反復構造が、音符パターンの確率分布のスパース性(少数を除いて確率値がほぼ0である性質)と関係することに着目し、曲ごとに個別の確率分布を考えるベイジアンマルコフモデルを構成し、統計的に反復構造を記述する方法を提案した。このモデル手法を、歌声の採譜問題に応用し、反復構造を捉えることで、演奏に含まれる時間変動やノイズの効果を抑え、より高精度で採譜が行えることを示した。

この成果は、雑誌論文[4,5](5は現在査読中)の形で発表した。また同様のベイジアンモデルをメロディーとコード進行のモデルに応用することで、メロディーに対して自動でコード進行を推定する問題に対しても有効な方法を与えることを示した[6]。

音楽記号列の確率モデルの研究の歴史は長く、従来はマルコフモデルなど、近年では深層ニューラルネットワークの一種であるRNN(再帰型ニューラルネットワー

ク)などが盛んに研究されてきたが、いずれも音符列の局所的な特徴を捉えるものであった。

一方で、本研究で得られたモデルは、曲内部の大局的な構造である反復構造やデータセット内部のグループ構造を記述できる新しいモデルであり、自動音楽生成や編曲、自動採譜、ジャンル分類など、音楽情報処理や音楽分析の多くの問題に広く応用されることが期待できる。

【研究業績】

[1] E. Nakamura, K. Shibata, R. Nishikimi, K. Yoshii, "Unsupervised Melody Style Conversion," Proc. 44th IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP), pp. 196-200, 2019.

[2] 中村栄太, 柴田健太郎, 錦見亮, 吉井和佳, "教師なしスタイル変換によるメロディーの自動生成," 第124回情報処理学会音楽情報科学研究報告, Vol. 2019-MUS-124, No. 2, pp. 1-8, 2019.

[3] (特許出願)中村栄太, 吉井和佳, 「楽曲データから音楽スタイルを自動習得して自動作曲・編曲する方法及び装置」(特願2020-12430)

[4] R. Nishikimi, E. Nakamura, M. Goto, K. Itoyama, K. Yoshii, "Bayesian Singing Transcription Based on a Hierarchical Generative Model of Keys, Musical Notes, and F0 Trajectories," IEEE/ACM Transactions on Audio, Speech and Language Processing, Vol. 28, pp. 1678-1691, 2020.

[5] E. Nakamura, K. Yoshii, "Music Transcription Based on Bayesian Piece-Specific Score Models Capturing Repetitions." [arXiv:1908.06969] (査読中)

[6] H. Tsushima, E. Nakamura, K. Yoshii, "Bayesian Melody Harmonization Based on a Tree-Structured Generative Model of Chord Sequences and Melodies," IEEE/ACM Transactions on Audio, Speech and Language Processing, Vol. 28, pp. 1644-1655, 2020.

研究成果やデモなどは以下のWeb ページにも紹介している。

<https://eita-nakamura.github.io/index-ja.html>

動き

☆事務局日誌より☆

2020

4.1

新年度発足

4.20

監査役より第24期(2019年度)の
監査報告書を理事長に提出

5.21

ホームページに公募を掲載
第21回理事会(決議の省略)成立

5.29

2020年度助成金に対する「応募要領」を
各大学関連学部等に発送

6.1

2020年度助成金交付申請受付開始
(研究助成、フォーラム・シンポジウム等開催助成)
募集期間:2020年6月1(月)～8月31日(月)

6.4

第21回定時評議員会(決議の省略)成立

6.5

第8回臨時理事会開催

6.18

法務局役員変更登記完了

6.24

内閣府へ変更届提出

6.25

内閣府へ事業報告書、財務諸表等提出

7.9

K通信47号発行・発送

8.31

2020年度助成金交付申請受付締切
応募総件数:111件

10.31

選考委員会開催
キャッスルプラザ

CONTENTS

◇ 2020年度助成事業報告	1
◇ 第21回理事会開催	4
◇ 第21回評議員会開催	4
◇ 第8回臨時理事会開催	4
◇ 研究助成完了報告概要	5