

令和 2 年 7 月 11 日現在

機関番号： 11201
 研究種目： 国際共同研究加速基金（国際共同研究強化）
 研究期間： 2017～2019
 課題番号： 16KK0069
 研究課題名（和文） 行動解析・推定システムのためのビッグデータ取得方法に関する研究（国際共同研究強化）
 研究課題名（英文） Research for big data acquisition for a behavior analysis and estimation (Fostering Joint International Research)
 研究代表者
 明石 卓也（Akashi, Takuya）
 岩手大学・理工学部・准教授
 研究者番号： 50403655
 交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 11,100,000円
 渡航期間： 6ヶ月

研究成果の概要（和文）：本研究はコンピュータビジョン分野とニューロサイエンス分野の学際的な国際共同研究であり、大きく以下の3つの成果を得た。1. 人間姿勢データベースから特定の姿勢を手掛かりとして目的の姿勢を効率よく発見する手法の確立。2. 音声と画像という異なるデータを効率よく組み合わせて学習する新しい人工知能のフレームワークの確立。3. 自発的なリズム / テンポ生成の欠陥を計測でき、単純かつ客観的な診断ツールになりえる新たな行動実験パラダイムと脳波計測パラダイムの確立。1と2の成果について、ニューロサイエンス分野からの知見を活かした成果である。また、1と3についてはスポーツ科学分野に応用可能な研究成果である。

研究成果の学術的意義や社会的意義

基礎研究が非常に重要であるが、生活の質の向上、安心安全な持続可能な社会の実現、スポーツ科学への寄与などを考えると、学際的な領域の研究も重要である。本研究は、国際共同研究であるだけでなく、コンピュータビジョン分野とニューロサイエンス分野を融合させ、スポーツ科学分野に役立つという学際的共同研究である。本研究を通じて、異分野からインスパイアされ、画像や音声データなど全く異なる種類のデータを効率よく利用する新たな人工知能を提案できた。この新しい人工知能は将来、ニューロサイエンス分野において、人間の脳の解明に役立つと考えられ、継続的な学際領域の研究発展に寄与しており、学術的かつ社会的意義は大きい。

研究成果の概要（英文）：This research is interdisciplinary international joint research of the computer vision field and the neuroscience field, and obtained the following three results roughly. 1. The specific posture was used as a query and the technique of discovering the target posture efficiently from a human posture database was established. 2. The new framework of the artificial intelligence which combines different data, such as a sound and a image efficiently and learns was established. 3. The defect of spontaneous rhythm / tempo generation can be measured, and the new behavior experiment paradigm and electroencephalogram measurement paradigm, which can become a simple and objective diagnostic tool were established. These 1 and 2 are results of taking take advantage of the knowledge from the neuroscience field. Moreover, 1 and 3 are applicable to the sports science fields in the near future.

研究分野： コンピュータビジョン

キーワード： スポーツ科学 行動解析 マルチモーダル

1. 研究開始当初の背景

人物の行動解析および推定は、認知神経科学分野における自閉症などの神経発達障害の判定、消費者行動の解析、犯罪の抑止など多くの分野で必要とされている。また、アスリート育成の現場では、スポーツ動作や行動解析において、アスリートの行動を数値化し、客観的な指標により評価することが必要不可欠となっている。そこで、ウェアラブルセンサが実用化されているが、送信機が必要となり、使用感がまったく無いとは言えない。さらに、チームスポーツでは、チームメイト間のコミュニケーションもセンシングする必要があり、単一のデータのみならず音声等のマルチメディアデータも利用すべきである。マルチメディアデータに関する研究分野では、多種のデータをビッグデータとして扱い、データマイニングの技術を適応した研究があるが、データの抽出のみに関する研究が多く、行動解析や推定に最適なデータの抽出、加工、寄与度の算出等の複雑なデータ処理を考慮した研究は少ない。また、これらの処理はデータの量、種類、スケールの違いなどにより、自動化は難しく、人間が最適な処理を見出すのも非常に困難である。以上の理由から、コンピュータビジョンなどのマルチメディア情報を用いる行動解析や推定に関する研究は進んでいないのが現状である。

一方、我々は、単眼カメラを用い、非接触かつ非侵襲な、世界でも類を見ない方法によって、眼球、手領域、人体などの対象物体の検出、追跡、姿勢推定、センシングに関する研究に取り組んできた。これらは、最適化手法のひとつである進化計算を動画像処理に応用したもので、他の研究では成し得ておらず、「進化的動画像処理」と呼ばれる。特に、眼球運動や顔のセンシング、多変数パラメータ推定などの研究成果をメディアでの報道や採択率の低い著名な国際会議で発表してきた。また、H27年度までの科研費（若手B）により、3次元空間における人物動作のセンシング技術を研究開発した。基課題は、これらの技術を基盤とし、センシングの研究で培った最適化技術を、行動のセンシングに利用するだけではなく、ビッグデータにも適用し、スポーツ動作や行動解析・推定に最適なデータ処理を自動決定するフレームワークの確立に必要な技術を開発しようとするものである。

2. 研究の目的

国際共同研究加速基金の基課題の研究では、『行動解析・推定システムへの応用を念頭に、シンプルで構成されるビッグデータに対し、最適化技術により、複雑なデータ処理を自動生成するフレームワークを確立する』ことを主な目的としている。具体的には、我々が以前より積み重ねてきた非接触・非侵襲なセンシング等によって得られるビッグデータを精査し、データの抽出方法、加工方法、寄与度等を自動決定するフレームワークを確立することにより、アスリート育成のためのより高度な教育基盤の構築やチームワーク解析など、先進的なスポーツ科学分野におけるビッグデータの利用を目指している。

また、カリフォルニア工科大学（アメリカ合衆国）との国際共同研究を通じて、継続的な学際領域の研究発展に寄与することも目的のひとつであり、コンピュータビジョン分野とニューロサイエンス分野の融合の先駆者・開拓者としての立場を築くことも目標とした。

3. 研究の方法

本研究の目的を達成するために、大きく「データ収集」、「行動解析・推定システム最適化フレームワーク」、「まとめと発表」の3項目に分けて3年間で研究を連携研究者と共に実施する。まず、主としてデータ収集に用いるハードウェアやアルゴリズムの検討およびデータの収集に取り組んだ。2年目以降は1年目に取得したデータを利用しつつ、行動解析・推定システム最適化フレームワークのアルゴリズムを検討し、検証および洗練化に取り組み、必要に応じて、再度データの取得方法などを再検討した。また、年度ごとに成果をまとめ、学会で発表し、ウェブページ等で公開している。

アメリカ合衆国への渡航の前後は、申請者の研究グループとオンライン会議システムや電子メール等で密に連絡を取り合い、渡航中の国内グループとの連絡もオンライン会議システムを活用した。

渡航後は、カリフォルニア工科大学の共同研究者やカリフォルニア工科大学の研究者とともに、データ収集方法について検討を重ね、カリフォルニア工科大学が有する2048 Hz以上の速度でサンプリング可能な64もしくは128チャンネルを有する脳波測定装置や、多チャンネル（250チャンネル）の脳波測定装置を用いたパイロット実験を実施した。

帰国後は、収集されたデータの解析や新たな動画像データを用いた研究や共同研究先である玉川大学においてfMRIを用いたデータ収集にも着手し、4で挙げる成果を論文等にて発表した。

4. 研究成果

主な研究成果として以下の2件のジャーナル論文が採択された。さらに、ニューロサイエンス分野の学会において2件発表した。

(1) Recurrent Bidirectional Visual Human Pose Retrieval (引用文献)

コンテンツベースの画像検索技術は多くのアプリケーションで必要とされている重要な構成要素の一つである。この研究では、色、形状、テクスチャなどによって定義された視覚的な類似性の代わりに人間のポーズによって定義された新しい視覚的な類似性を利用した画像検索を

提案している．我々の枠組みでは，近年急速に発展してきた 3 次元空間における人間の姿勢表現をもとにした新たな方法によって，2 次元画像から得られた姿勢データを用いている．さらに，姿勢の再構築エラーへのロバスト性を向上させるため，再帰的な双方向の類似性の指標（recurrent best-buddies similarity; RBBS）を提案した．この手法では，ふたつの視覚的な姿勢間の類似性尺度を再構築された 3 次元姿勢から得られる 2 ベクトル間の距離尺度とみなし，クエリの置換を行うことによって再帰的に尺度を求めた．

実験では，独自のデータセットを作成して画像検索の実験を実施した．図 1 に既存手法との比較結果を示す．検索した画像を左から順に信頼度の高い順番に並べている．画像の下の緑のチェックは正しいことを示し，赤のバツは不一致であることを示す．青の点線の枠は，クエリと異なる個人の最初の一致を強調し，オレンジの枠はクエリとは異なる撮影角度での最初の一致を強調している．図 2 に精度曲線を用いて定量的な結果をプロットした．いずれの結果も CBIR で広く用いられている従来の画像特徴量よりも，再構成 3D ポーズを用いた方が優れた性能を発揮することを示唆している．

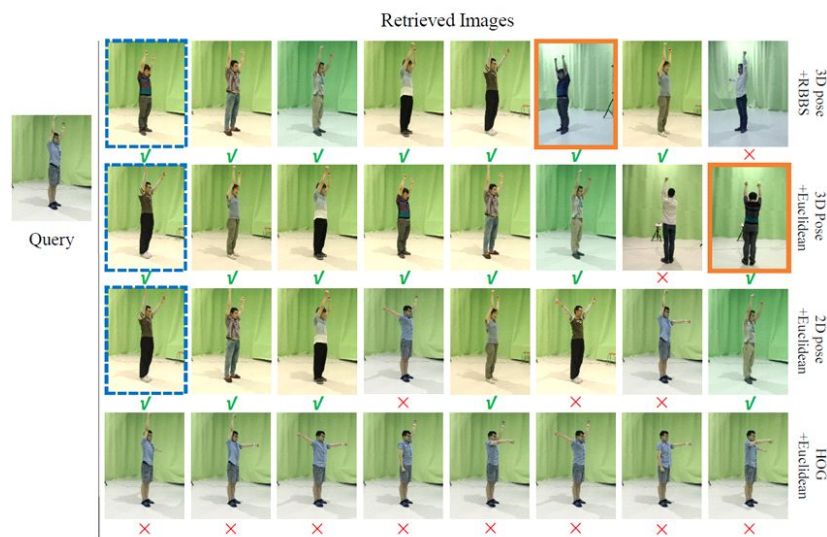


図 1 : Comparison against existing methods with visual results

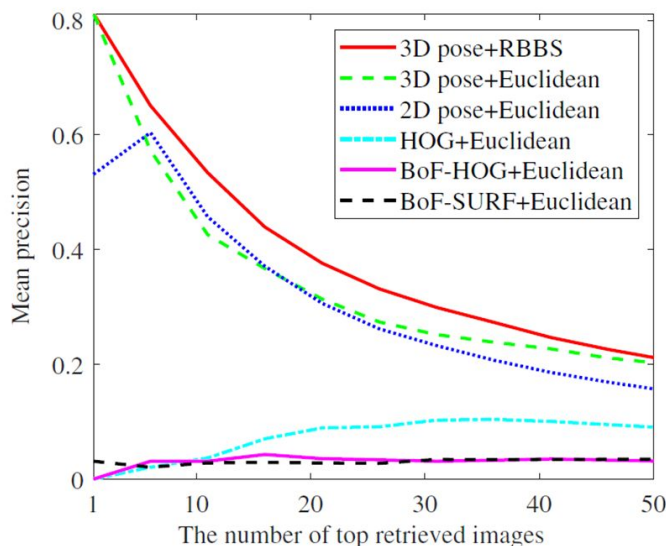


図 2 : Comparison against existing methods with the precision curve

(2) Cross-Domain Deep Feature Combination for Bird Species Classification with Audio-Visual Data (引用文献)

一般的にビッグデータには音声や画像といった多くの種類のデータが含まれている．ニューロサイエンス分野だけでなくコンピュータビジョン分野においても，異なるデータを同時に扱って情報を分析することは非常に重要である．本研究では，Deep Convolutional Neural

Network (深層学習) を用いてビックデータを分類することを考慮して、異なるデータを扱う方法を研究した . 具体的には、鳥の鳴き声と画像を用いて鳥の種別を判別する手法を提案した .

鳥の種を判別することは、鳥類学者にとって広く研究されている課題であり、生態系の監視と生物多様性の保護における重要な課題である . 近年、画像分類及び音声分類に関する多くの最先端のアルゴリズムが、深層学習を利用することで顕著な成功を収めている . しかし、それらは単一のデータのみを利用しているのが現状である .

提案手法では、深層学習ベースのマルチモーダル学習モデルを 3 種類の融合戦略 (序盤、中盤、終盤) で提案し、トレーニングデータのクロスドメインを組み合わせる問題を解決する . 単一のモダリティのモデル (画像または音声) とマルチモダリティのモデル (画像および音声 : Net1, Net2, Net3) の比較をする . フュージョンモデルの評価に焦点を合わせるために、この実験においては転移学習を使用しない .

表 1 に結果をまとめる . CNN を使用して 2 つのモダリティを組み合わせると、単一のモダリティのみを使用した時より性能が良くなり、画像と音声から別々に特徴を抽出し終盤で融合すると性能が大幅に向上することが分かる . また、序盤または中盤の融合モデルの性能は単一のモダリティのモデルの性能よりわずかに優れている . 考えられる理由の一つとして、CNN は優勢なモダリティの特徴を学習することである . 対照的に、モダリティごとに特徴を個別に学習すると、より独立した特徴を得られて性能の向上につながる . マルチモダリティのモデルによって得られた結果は、別々に学習された 2 つの CNN の結果を単純に組み合わせるのとは異なる . 図 3 に単一のモダリティと Net3 の異なる融合方法に対する性能を示す . Net3 におけるすべてのフュージョン方法のアプローチは結果が改善されることが分かった .

表 1 : Comparative results between individual modality and multi-modal CNNs

Method		Accuracy (%)
Single modality	Image	16.2
	Audio	46.4
Multimodality	Net1	50.0
	Net2	49.9
	Net3 (summation)	53.8

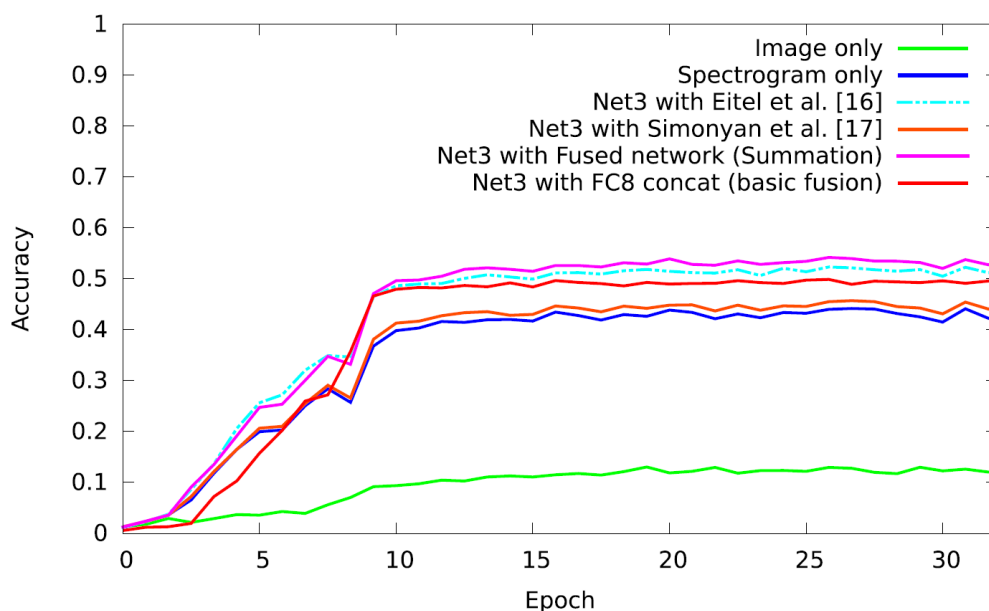


図 3 : Test accuracy V.S. Epoch

(3) Free finger tapping tempo reflects intrinsic brain rhythms (引用文献 ,)

個人それぞれが歩行や他の運動や好みの音楽などにおける自身のテンポを持っている . このような好みのテンポは、内発的 / 自発的な脳のリズム、認知能力、パーソナリティ特性 / ライフスタイルと関連が深いと考えられる . 自発的 / 内発的な脳リズムが知覚的駆動型、認知的駆動、モーター駆動型といった活動に対する内発的な制約の生成に重要な役割を果たしているかもしれない . 内発的 / 自発的なリズムの生成や持続における欠陥は、パーキンソン病の症例のひとつである、運動筋肉や感情の不安定といった、重篤な肉体的かつ精神的な問題の原因となるかもしれない . 自発的な運動における研究は理論的かつ臨床的な重要性を有している .

本研究では、単純な指のタッピングタスクを利用して、
 自発的な運動の内発的なテンポを計測によるタスクの感度と有効性のテスト
 脳波を用いて脳がどのように自発的もしくは自然なテンポを生成するのかに関する調査
 自然なテンポの選好における個人差に関する調査
 主観的なテンポ（選好）の予測

を目的とした。図4は行動実験の結果の一部である。被験者22名の平均タッピング周波数の時間変化を示している。実験から、自然なタッピングのパラダイムはそれぞれの脳の内発的で動的な特性を表していることが分かった。また、被験者間と被験者内の両方において、自然なタッピングのみに関連する前頭の遅い「認知 / 非運動」成分を特定することができた。さらに、我々の行動実験パラダイムと脳波計測パラダイムは、自発的なリズム / テンポ生成の欠陥を計測できる単純かつ客観的な診断ツールになりえる可能性があることが分かった。

タッピングのセンシングについて、精度の問題から接触式でデバイスを作成したが、今後は、進化的同画像処理などを利用した高精度な計測方法の検討や診断ツールなどの開発・研究を進める予定である。

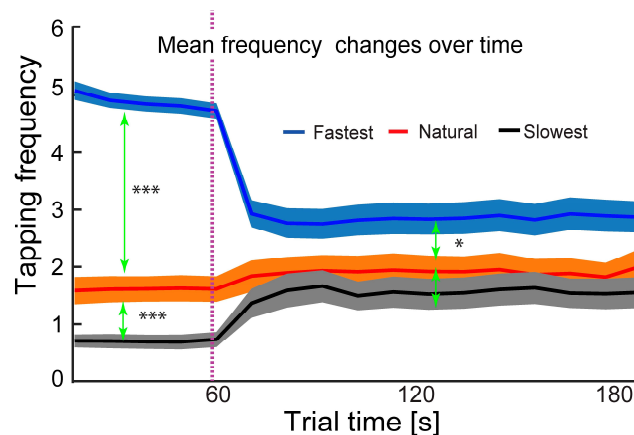


図4：Behavioral Results

<引用文献>

- Haitian Sun, Chao Zhang, Takuya Akashi, Recurrent Bidirectional Visual Human Pose Retrieval, IEEJ Transactions on Electrical and Electronic Engineering, Vol. 14, No. 7, pp.1074-1081, 2019
- Bold Naranchimeg, Chao Zhang, Takuya Akashi, Cross-domain Deep Feature Combination for Bird Species Classification with Audio-Visual Data, IEICE Transactions on Information and Systems, Vol.E102-D, No.10, pp.2033-2042, 2019.
- Sai Sun, Daw-An Wu, Takuya Akashi, Morimichi Furudate, Chao Zhang, Tetsuya Matsuda, Muneyoshi Takahashi, Shinsuke Shimojo, Free finger tapping tempo reflects intrinsic brain rhythms (1): assessed by EEG, 第42回日本神経科学大会-第62回日本神経化学学会大会 (NEURO2019), PB-351, 2019/07/26
- Muneyoshi Takahashi, Takayuki Fujii, Sai Sun, Atsushi Miyazaki, Takuya Akashi, Morimichi Furudate, Chao Zhang, Toru Ishihara, Hiroki Tanaka, Haruto Takagishi, Shinsuke Shimojo, Tetsuya Matsuda, Free finger tapping tempo reflects intrinsic brain rhythms (2): assessed by resting-state fMRI, 第42回日本神経科学大会-第62回日本神経化学学会大会 (NEURO2019), PB-349, 2019/7/2

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Sun Haitian, Zhang Chao, Akashi Takuya	4. 巻 14
2. 論文標題 Recurrent bidirectional visual human pose retrieval 16K01647, 16KK0069	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 IEEJ Transactions on Electrical and Electronic Engineering	6. 最初と最後の頁 1074 ~ 1081
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） https://doi.org/10.1002/tee.22902	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 BOLD Naranchimeg, ZHANG Chao, AKASHI Takuya	4. 巻 E102.D
2. 論文標題 Cross-Domain Deep Feature Combination for Bird Species Classification with Audio-Visual Data 16K01647, 16KK0069, 19K11515	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 IEICE Transactions on Information and Systems	6. 最初と最後の頁 2033 ~ 2042
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） https://doi.org/10.1587/transinf.2018EDP7383	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件／うち国際学会 0件）

1. 発表者名 Sai Sun, Daw-An Wu, Takuya Akashi, Morimichi Furudate, Chao Zhang, Tetsuya Matsuda, Muneyoshi Takahashi, Shinsuke Shimojo
2. 発表標題 Free finger tapping tempo reflects intrinsic brain rhythms (1): assessed by EEG
3. 学会等名 第42回日本神経科学大会-第62回日本神経化学会大会（NEURO2019）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Muneyoshi Takahashi, Takayuki Fujii, Sai Sun, Atsushi Miyazaki, Takuya Akashi, Morimichi Furudate, Chao Zhang, Toru Ishihara, Hiroki Tanaka, Haruto Takagishi, Shinsuke Shimojo, Tetsuya Matsuda
2. 発表標題 Free finger tapping tempo reflects intrinsic brain rhythms (2): assessed by resting-state fMRI
3. 学会等名 第42回日本神経科学大会-第62回日本神経化学会大会（NEURO2019）
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

Smart Computer Vision Laboratory - 岩手大学
<http://www.scv.cis.iwate-u.ac.jp/>

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
主たる渡航先の主たる海外共同研究者	下條 信輔 (Shimojo Shinsuke)	カリフォルニア工科大学・Biology and Biological Eng.・ Gertrude Baltimore Professor	