

令和 3 年 6 月 27 日現在

機関番号：94305

研究種目：新学術領域研究（研究領域提案型）

研究期間：2016～2020

課題番号：16H06566

研究課題名（和文）潜在的運動における学習適応メカニズムの解明と計算モデル構築

研究課題名（英文）Computational mechanisms of implicit sensorimotor control

研究代表者

五味 裕章（Gomi, Hiroaki）

日本電信電話株式会社NTTコミュニケーション科学基礎研究所・人間情報研究部・上席特別研究員

研究者番号：40396164

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 72,300,000円

研究成果の概要（和文）：本課題では、視覚や体性感覚情報から無意識に体が反応する潜在的運動応答までの脳情報処理を解明し、脳型情報処理のロボットなどに生かす基礎知見を得ることを目的とした。学際的なアプローチにより、様々な運動における情報処理の側面（計算目的、処理方法）と、神経情報処理の側面（脳のどこで何を計算しているか）を検討し、従来、「意識」や「随意性」が関与すると考えられていた、環境や状況に対応するための比較的高度な情報処理プロセスも、実は優れた潜在的情報処理プロセスによって支えられていることを明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究で明らかにした潜在的感覚運動メカニズムに関する知見は、複雑な環境の中で人間がいとも簡単にスムーズに動き外界とインタラクションするかを詳細に理解していくことに貢献する。また新たに示した階層性情報処理の仕組みは、脳疾患などによる運動障害の診断やリハビリにつなげる上で有益と考える。さらに、シーケンシャルな情報処理のためにぎこちない動きしかできなかった従来型のロボット制御を改善し、ロボットが様々な環境に応じてスムーズで適応的に素早く動けるようにするための新たな設計原理に結びつくことも期待できる。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this project is to elucidate brain information processing from visual and somatosensory information to implicit motor responses, which would be applied to brain-based information processing in future robots. We examined computational mechanisms of several types of implicit visuo- and somato-motor controls and investigated neural mechanisms of particular type of visuomotor control. Throughout these studies, we found that relatively sophisticated computations for fitting our actions to various environments, which were previously thought to require explicit conscious processing, are actually realized by implicit information processing in the brain, in order to stabilize interaction with dynamic environments.

研究分野：感覚運動情報処理メカニズム

キーワード：脳運動制御 感覚運動情報処理 反射応答 階層的感覚運動制御 潜在的情報処理 随意運動 視覚情報処理

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

【1. 研究開始当初の背景】

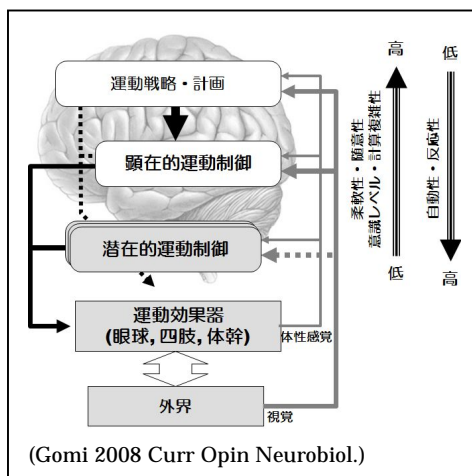
運動・行動メカニズムに焦点を当てた脳の計算論的および神経生理学的な研究では、随意運動を対象に、感覚情報に基づいて判断・運動計画・座標変換・運動指令生成が進む「シーケンシャルなプロセス」の計算モデルが主に研究され、その計算過程に必要なキネマティクスやダイナミクスの順・逆モデル学習、小脳内部モデル表現、強化学習による価値予測獲得と大脳基底核と強化学習の関係性、などの研究がなされてきた。

一方で、時々刻々と変化する環境に合わせて素早く動作を修正するオンライン制御では、短潜時で状況に応じて適切な運動を生成することが必要となる。外乱に対して素早く四肢や眼球を調整する伸張反射や前庭動眼反射は、体性感覚・前庭信号を入力とする比較的単純な情報処理によって実現されるが、複雑な情報処理を必要とする視覚運動に対しても短潜時の応答が生成されることが示されてきた。視野の大部分が突然動くとき、その動きを追うように「追従眼球運動(OFR: Ocular Following Response)」(Miles et al. 1986)が生じ、同様の視覚刺激が上肢到達運動中に与えられた場合には、腕が随意運動よりも早く応答する追従腕応答(MFR: Manual Following Response)が出現する(Saijo et al. 2005; Gomi 2008)。これらの情報処理には、大脳頭頂後頭連合野の一部である MT(Middle Temporal)/MST(Medial Superior Temporal)野が関与することから(Kawano ら 1994, Takemura ら 2007, 2008 SfN, Amano ら 2009)、「無意識的処理は小脳・基底核、意識的・随意的処理は大脳皮質」という従来説の見直しが迫られている。

これまで代表者らは、眼と手の短潜時応答の視覚運動情報処理を調べ、それらの類似点や相違点を明らかにしてきた(Gomi ら 2006, 2013)。しかし、運動制御よりもかなり上流の視覚情報処理において、処理特性の違いがどのようなメカニズムで得られるかは明らかになっていない。

追従眼球運動の制御には皮質 - 橋核 - 小脳の神経回路が使われ、適応調節が小脳で行われていることが明らかになってきたが、追従腕応答に関しては、出力までの明確な神経経路は未だ同定されておらず、高次処理との連携が必要と推察される「状況に応じた様々なモジュレーション(Abekawa, Gomi 2010, 2015)の仕組み」についても、その仕組みは未解明である。このような潜在的な情報処理は、顕在的情報処理の負荷を軽減するための合理的なデザインであるが、多様な環境や状況の変化に適応するための柔軟な調整機構の仕組みを理解することが必要である。

運動・行動の暗黙知である潜在感覚運動情報処理と随意的運動情報処理とのインタラクションメカニズムを明らかにし、計算・獲得メカニズムに関して随意運動情報処理との違いを示すことは、脳情報処理の理解促進や、人間並みの動作性能を実現するロボットの新たな知能化へとつながる期待がある。



【2. 研究の目的】

本研究では、未だ謎の多い、感覚情報によって無意識に駆動される「潜在的な感覚運動生成」の情報処理の学習・適応のプロセス、および自己運動感覚とのインタラクションを、運動学的・心理物理学的手法、電気生理学的手法、計算論的モデリングなどを組み合わせて明らかにし、随意的・潜在的運動の統合学習モデルに結び付ける基礎知見を明らかにすることを目標とする。視覚運動によって誘発される潜在的な腕応答(追従腕応答:MFR)を生成する系を中心に、情報処理神経基盤の解明を目指し、随意運動の運動指令生成過程とのコントラストを浮き彫りにし、潜在的な感覚運動生成の学習・適応メカニズムに迫る。さらに、新学術他チーム研究者と連携し、新たな脳型計算の枠組みに資する統合運動学習モデルに向けた基礎的な知見構築を目指す。

【3. 研究の方法】

3 - 1 視覚運動情報から潜在運動応答までの情報処理

1つ目のサブトピックでは、追従腕応答(MFR)を生ずる情報処理メカニズムについてさらに深く掘り下げた。「(仮説A) MFRは視覚運動によって生ずる自己運動錯覚に対する腕運動の補償的応答」(Saijo 2005; Gomi 2008)と、「(仮説B) MFRは周囲の動きで生ずる指標表象の位置シフト錯覚に対する腕運動の補正応答」(Whitney 2003 Nature)を検証するため、運動計測実験、心理物理実験を組み立てた。仮説Aの検証においては、異なる姿勢・視覚安定性に対する追従腕応答の変化を調べた。各腕到達運動に先立ち、モーションプラットフォームにより姿勢安定性を、広視野運動により視覚安定性を操作し、それらの異なる事前条件を与えた場合のMFRの変化をモーションキャプチャ計測した腕運動から定量化した。さらに、それぞれの事前条件に対する影響をバイズ推定モデルにより解析を行い、変化の原因の特定を目指した。対立仮説Bの

検証では、他プロジェクトと協力し、視覚運動信号が指標位置表象へ与える影響を抽出する実験パラダイムを開発し、視覚運動の直接的応答とインタラクションによる間接的応答を分離することを試みた。また、眼球と腕の視運動性応答(OFRとMFR)の特性の違いに関しては、構成論的手法によって検討を進めた。前記仮説Aに基づき、日常動作における一人称的映像情報からの自己運動推定をCNN(Convolutional Neural Network)を使って学習獲得する試みにチャレンジし、獲得されたCNNの特性と神経科学的知見や運動学的知見との関係を検討した。

2つ目のサブトピックでは、オプティックフローによる歩行速度の調節に着目し、視覚情報を使った無意識的制御メカニズムの解明を試みた。歩行する際、ヘッドマウントディスプレイ(HMD)を使って仮想空間の中で両側壁面の視覚情報を与え、異なる壁模様の空間周波数、壁の距離、奥行き視覚特徴に対して、視覚運動摂動に対する実際の歩行速度の変化を記録した。各状況において観察された歩行速度変化を理論仮説による予測と照らし合わせることにより、歩行運動制御に使われる視覚情報処理に対する考察を行った。

3つ目のサブトピックでは、物体の視覚的な動き情報から力学的関係性を逆推定する潜在的プロセスに関して、心理物理的アプローチによる知覚情報処理メカニズムの検討と、運動学的アプローチによる運動生成情報処理メカニズムの検討を行った。健常者、および内部モデル計算に問題があると考えられているASD患者に対して、視覚遅延やダイナミクスを模擬した視覚フィードバックを用いて力覚や把持運動に与える影響を定量化し、逆ダイナミクス推定能力の検討を行った。本研究は臨床研究者との連携により実現した。

3 - 2 . 潜在的な多感覚運動情報処理のメカニズム

階層的感覚運動情報処理の土台を支える潜在的な感覚運動系として体性感覚や前庭感覚の情報処理の重要性は知られているが、それらと高次情報処理とのインタラクションの仕組みは十分明らかではない。そこで1つのサブトピックでは、視覚情報による伸張反射モジュレーションに焦点を当て、運動中の視覚情報(手先カーソル、指標)を操作し、マニピュラタムによる機械的摂動で誘発される伸張反射応答の変化を筋電図と運動計測で捉えた。他のサブトピックにおいても、高次情報処理と低次体性感覚情報処理とのインタラクションや協調制御にフォーカスを当て、運動学的手法に電気生理実験手法(筋電図計測、電気刺激)を組み合わせ、体性感覚反射系モジュレーションや運動・知覚変化を評価し、未だ理解が十分でない階層的・協動的な感覚運動情報処理メカニズムの検討を行った。

3 - 3 . 視運動性応答を生成する神経情報処理

視運動性応答(MFR, OFR)の情報処理の神経処理基盤を明らかにするために、ヒトのモデルとしてサルを用い生理実験を行った。OFRでは、頭頂後頭連合野のMT/MST野での視覚刺激の動きの検出が重要な役割を果たしていることが知られているが、眼球運動制御には皮質 - 橋核 - 小脳の出力が使われ、上肢運動制御には、皮質 - 皮質間の出力(おそらく、頭頂連合野 - 運動連合野 - 一次運動野)が使われていると考えられる。また、頭頂後頭連合野MT/MST野は視覚刺激の動きの知覚・認知にも深く関係していることが知られており、そこでも皮質 - 皮質間の出力(おそらく、頭頂連合野 - 前頭連合野)が関わっていると考えられる。そこで同じ皮質領野からの出力が、眼球運動・上肢運動の制御に使われるとき、視覚情報がどのように処理されて異なる特性を持つ出力に結びついているかを明らかにしていくため、覚醒サルに上肢到達運動を訓練し、サルから視運動性反応(眼球運動および腕運動)の計測を行いながら大脳皮質の電気生理実験を行い、神経活動からMT/MST野を同定した。その後、GABA_Aアゴニストであるムシモールを用いて薬物注入実験を行い、一時的にMST野の神経活動を抑制し、短潜伏時“追従腕応答”および“追従眼球運動”に及ぼす影響を調べた。また、同様の手法で小脳腹側傍片葉を同定し、同領域の不活化の影響を調べた。

【4 . 研究成果】

(3-1の成果) 視覚運動誘発性の腕応答(MFR)を生ずる情報処理メカニズムについて、我々の仮説(前記仮説A)を検証するため、研究方法で説明した方法で姿勢安定性と視覚安定性のMFRに及ぼす影響を定量化したところ、姿勢不安定な文脈でMFR振幅に増大が見られ、視覚不安定な文脈でMFR振幅が減少した。さらに計測データをOIST銅谷博士の協力を得てベイズモデルにより解析したところ、姿勢不安定な状況では自己姿勢表現の事前確率分布の分散増加により、視覚不安定な状況では感覚情報の尤度分布分散の増加によりMFR振幅変化が生じたことが明らかになり、仮説Aによる予測と一致した。またMFRの変化は、随意的運動からの調整を必要と

せずに環境の変化のみで生じていることから、従来知られていない反射調整のメカニズムを想定する必要があることが明らかになった(Abekawa et al. 2017; Gomi et al. 2020,2021) (図 1)。

また、対立仮説(前記仮説 B)を検証する研究として、まず視覚運動に影響を受けるとされる位置知覚と、運動生成(サッカド)の時間発展を観察するパラダイムを開発し、知覚もサッカド(運動生成)も時間とともに位置の錯覚シフトが大きくなることを明らかにした(Ueda et al. 2018)。さらに、視覚運動により生ずる指標の錯覚位置シフトが腕運動に与える影響を、時間発展のパターンとして観察する実験パラダイムを開発した。解析の結果、視覚運動による指標の位置錯覚シフトが腕運動に与える影響の潜時は約 200ms であり、MFR 潜時(130ms)に対して遅く、MFR の応答開始を説明できないことを明らかにした(Ueda et al. 2019) (図 2)。

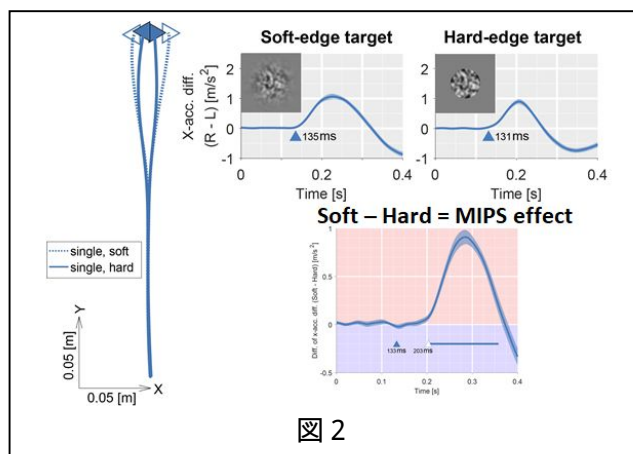


図 2

視運動性応答(MFR, OFR)のメカニズムを構成的手法で検討する研究では、頭部カメラ映像から自己運動を推定する CNN を構築し、その視覚刺激時空間周波数特性を調べたところ、MFR や OFR に見られる低空間高時間周波数チューニングが獲得されることが示された(図 3)。すなわち身体運動と視覚入力との統計的関係性によって MFR、OFR 特性が形成されるとする考え方(身体運動に対する補償動作)が支持された。さらに、CNN 内部表現と神経科学で調べられた細胞活動特性との類似性も明らかになった(Nakamura et al. 2020, 2021)。

視覚運動が潜在的に歩行に与える影響を検討した研究では、従来比較的低位の視覚運動特徴により歩行が影響を受けると考えられていたが、様々な視覚条件を使うことにより、奥行きまで考慮した視覚空間情報に基づいて自分の歩行速度がリアルタイムに計算され歩行制御が行われていることを明らかにした(Takamuku et al. 2017, submitted)。

上記の、外界の視覚状況から「自己運動」を推定する潜在的情報処理に対し、外界対象物のダイナミクスを視覚情報から推定する潜在的情報処理をターゲットとした研究では、自分が操作する対象物のダイナミクスを視覚運動情報から逆推定して力覚知覚したり把持運動制御に生かすプロセスがあること、従来内部モデル計算に障害がみられるとされた ASD 患者でも、対象とした操作における逆ダイナミクス推定は健康者と同様に行われていると考えられることが明らかになった(Takamuku et al. 2018, 2019, 2021)。

(3-2 の成果)

多感覚運動情報処理を対象とした研究では、階層的感覚運動情報処理の下位反射系が上位情報処理とどのようにインタラクションするかを解き明かすことを目指し研究を進めた。伸張反射は、運動目標や外界ダイナミクスにより変化するが、この変化は随意運動と同様の様相を示すため、随意運動制御が反射調節を行っているという考えが従来主流であった。それに対し、実験では、手先位置カーソルの回転変換(体性感覚との齟齬)や消失により伸張反射が大きく変化する

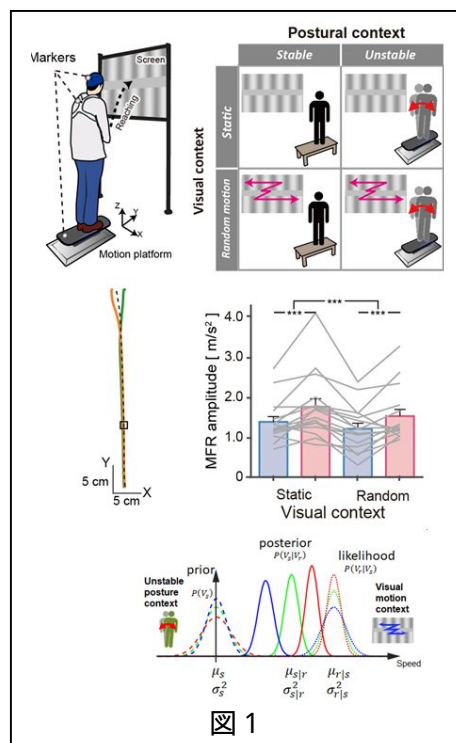


図 1

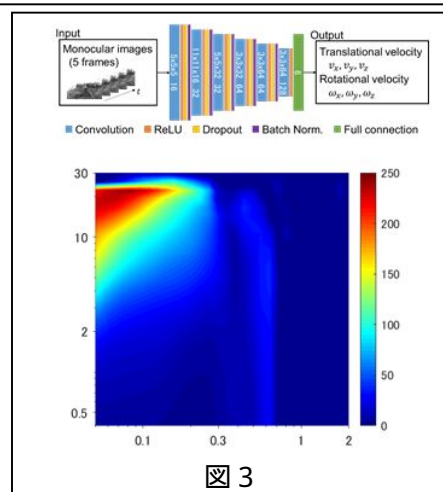


図 3

ることを発見し、また伸張反射の変化と運動分散が逆相関することを見出し、身体状態推定の不確かさにより反射ゲインが調節されているとする仮説を新たに提唱し (Ito & Gomi 2020)、階層感覚運動制御メカニズムの新たな側面を炙り出した。

また、階層の感覚運動情報処理の随意系(上位)と反射系(下位)のインタラクションや対比について、運動停止のための神経メカニズムに関して従来主流の抑制回路とは異なる筋活動の状況に応じた複雑なメカニズムが下位反射系に見られること (De Havas et al

2020)、Kohnstamm 効果として知られる無意識運動は、同様の随意運動と比較して反射系のゲインが有意に異なること (De Havas et al. 2018)、などを明らかにした。さらに、目と手の協調的運動制御に関して、従来知られている眼球運動先行型の制御に加え、報酬に応じて両者の到達精度のトレードオフが生ずるような最適制御が行われている可能性(Abekawa et al. submitted)や、目と手の関係性に応じて異なる運動学習が可能であること(Abekawa et al. 2019)を示した。

(3-3 の成果)

視運動性応答メカニズムの生理学的解明研究として、MST 野にムシモールを注入し、神経活動を一過性に不活化した結果、手の到達運動の“追従腕応答(MFR)”および目標位置の変化に対する腕応答の減弱が引き起こされた。注入実験の翌日には、これらの腕応答は回復した。一方、眼球運動への影響は以前の結果と同様であり、注入した同側半球へ向かう運動への“追従眼球運動(OFR)”が減弱した。さらに OFR の発現に関与し、運動情報を構築していると考えられる小脳腹側傍片葉をムシモールで抑制したところ、OFR は減弱したが、MFR は変化しなかった。これらの結果から、(1)視覚刺激によってオンラインで生じる MFR の発現には、広域視野運動のコードに關与する MST 野が大きく貢献していること、(2)OFR の運動指令(小脳腹側傍片葉の出力)が MFR の生成に關与している可能性が低いこと、を明らかにした。

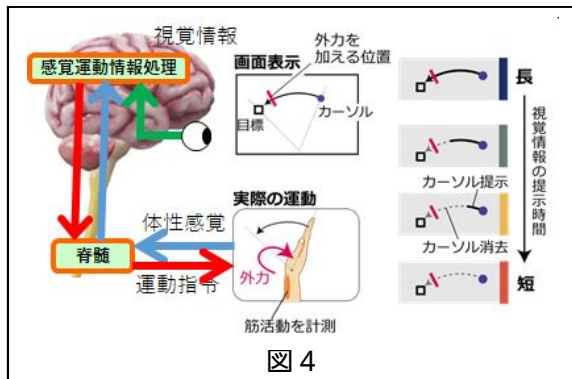
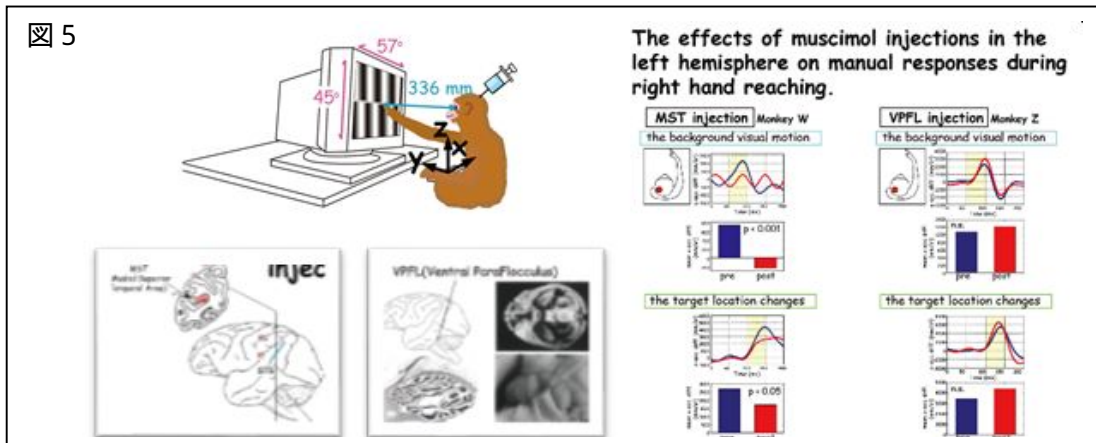


図 4



(本課題全体の成果まとめ)

本研究領域では、脳情報処理の未解明の側面を明らかにし、特に人間や動物の運動や行動における暗黙知を顕在化させて、次世代の人工知能に生かす新たな知見を構築していくことが目標の1つであった。この方向性の中で、本課題では、感覚運動系における脳情報処理の階層性・並列性に着目し、従来のロボット研究ではあまり重要視されてこなかった、霊長類における視覚情報によるリアルタイム制御系、および階層的情報処理の中での高次・低次のインタラクション、を明らかにする研究を行ってきた。計算論研究者との交流を通して、近年盛んになってきたベイズモデルによる運動分析を進めることにより、運動系の安定性を高める反射系は、意識的な情報処理に基づく随意運動系のスレーブとして調整されているだけでなく、環境とのインタラクションにおける状態推定の分布や信頼度など高次の情報処理に基づいて調節されていることが明らかになり、階層制御系の設計に新たな示唆を与える知見が得られた。また視覚運動を使った眼球運動と腕運動での共通情報処理と異なる情報処理経路も生理実験により明確に示され、今後、計算モデルを用いながらより詳細なメカニズムを調べていくことにより、人間のようにスムーズで適応的な動きをするロボットの設計原理に発展させていくことが可能になるものとする。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計10件（うち査読付論文 10件／うち国際共著 5件／うちオープンアクセス 6件）

1. 著者名 Ito Sho, Gomi Hiroaki	4. 巻 9
2. 論文標題 Visually-updated hand state estimates modulate the proprioceptive reflex independently of motor task requirements	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 eLife	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7554/eLife.52380	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 Ueda Hiroshi, Abekawa Naotoshi, Ito Sho, Gomi Hiroaki	4. 巻 9
2. 論文標題 Distinct temporal developments of visual motion and position representations for multi-stream visuomotor coordination	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-019-48535-0	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 Takamuku Shinya, Gomi Hiroaki	4. 巻 9
2. 論文標題 Better grip force control by attending to the controlled object: Evidence for direct force estimation from visual motion	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-019-49359-8	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 Abekawa Naotoshi, Ferr? Elisa R., Gallagher Maria, Gomi Hiroaki, Haggard Patrick	4. 巻 104
2. 論文標題 Disentangling the visual, motor and representational effects of vestibular input	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Cortex	6. 最初と最後の頁 46 ~ 57
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.cortex.2018.04.003	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Ueda Hiroshi、Abekawa Naotoshi、Gomi Hiroaki	4. 巻 13
2. 論文標題 The faster you decide, the more accurate localization is possible: Position representation of “curveball illusion” in perception and eye movements	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 PLOS ONE	6. 最初と最後の頁 e0201610
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1371/journal.pone.0201610	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 Takamuku Shinya、Forbes Paul A. G.、Hamilton Antonia F. de C.、Gomi Hiroaki	4. 巻 11
2. 論文標題 Typical use of inverse dynamics in perceiving motion in autistic adults: Exploring computational principles of perception and action	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Autism Research	6. 最初と最後の頁 1062 ~ 1075
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/aur.1961	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 De Havas Jack、Ito Sho、Haggard Patrick、Gomi Hiroaki	4. 巻 12
2. 論文標題 Low Gain Servo Control During the Kohnstamm Phenomenon Reveals Dissociation Between Low-Level Control Mechanisms for Involuntary vs. Voluntary Arm Movements	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Frontiers in Behavioral Neuroscience	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fnbeh.2018.00113	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 該当する

1. 著者名 De Havas Jack、Ito Sho、Gomi Hiroaki	4. 巻 40
2. 論文標題 On Stopping Voluntary Muscle Relaxations and Contractions: Evidence for Shared Control Mechanisms and Muscle State-Specific Active Breaking	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 The Journal of Neuroscience	6. 最初と最後の頁 6035 ~ 6048
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1523/JNEUROSCI.0002-20.2020	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Arslanova Irena, Wang Keying, Gomi Hiroaki, Haggard Patrick	4. 巻 -
2. 論文標題 Somatosensory evoked potentials that index lateral inhibition are modulated according to the mode of perceptual processing: comparing or combining multi-digit tactile motion	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Cognitive Neuroscience	6. 最初と最後の頁 1~13
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/17588928.2020.1839403	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 該当する

1. 著者名 Takamuku Shinya, Ohta Haruhisa, Kanai Chieko, de C. Hamilton Antonia F., Gomi Hiroaki	4. 巻 239
2. 論文標題 Seeing motion of controlled object improves grip timing in adults with autism spectrum condition: evidence for use of inverse dynamics in motor control	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Experimental Brain Research	6. 最初と最後の頁 1047~1059
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00221-021-06046-3	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計47件 (うち招待講演 5件 / うち国際学会 28件)

1. 発表者名 Abekawa N, Gomi H
2. 発表標題 Learning and retrieving motor memories depending on gaze-reach coordination
3. 学会等名 Society for Neuroscience (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Abekawa N, Gomi H
2. 発表標題 Multiple motor memories depending on foveal and peripheral reaching
3. 学会等名 Neural Control of Movement (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Abekawa N, Ito S, Gomi H
2. 発表標題 Different learning and generalization for reaching movements in foveal and peripheral vision
3. 学会等名 Motor Learning and Motor Control (MLMC) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 De Havas J, Ito S, Gomi H
2. 発表標題 The inhibition of voluntary muscle relaxations depends on similar mechanisms to the inhibition of muscle contractions
3. 学会等名 Neural Control of Movement (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Gomi H
2. 発表標題 Predictive setup of implicit sensorimotor processing according to tasks and environments
3. 学会等名 Neural Control of Movement (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Gomi H, Abekawa N
2. 発表標題 Decomposition of manual and ocular following responses into the direct and interaction components
3. 学会等名 European Conference on Visual Perception (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Gomi H, Nakamura D
2. 発表標題 Synthetic modeling of human visual motion analysis for generating quick ocular and manual responses
3. 学会等名 Society for Neuroscience (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ito S, Gomi H
2. 発表標題 Online modulation of proprioceptive reflex gain depending on uncertainty in multisensory state estimation
3. 学会等名 Society for Neuroscience (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Nakamura D, Gomi H
2. 発表標題 Spatiotemporal tuning of ocular following response can be acquired by statistical machine learning of visual images during daily self-movements
3. 学会等名 Neural Control of Movement (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takamuku S, Ohta H, Kanai C, Gomi H
2. 発表標題 Visual feedback of object motion improves grip control but disrupts arm control in adults with ASC
3. 学会等名 Neural Control of Movement (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ueda H, Abekawa N, Ito S, Gomi H
2. 発表標題 Distinct temporal frequency-dependent modulations of direct and indirect visual motion effects on reaching adjustments
3. 学会等名 Society for Neuroscience (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 上田大志, 伊藤翔, 安部川直稔, 五味裕章
2. 発表標題 2つの視覚運動応答の時間周波数特性が示す視覚運動情報処理のメカニズム
3. 学会等名 第13回モーターコントロール研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中村大樹, 五味裕章
2. 発表標題 What kind of analysis can be obtained by CNN from the statistical relationship between sequential images and self-motion?
3. 学会等名 第29回日本神経回路学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Gomi H
2. 発表標題 Contribution of internal models on sensorimotor control
3. 学会等名 The 75th Fujihara Seminar “The Cerebellum as a CNS hub; from its evolution to therapeutic strategies” (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Gomi H, Nakamura D
2. 発表標題 Specificities of manual and ocular following responses and natural statistics of optic flow induced by body movements
3. 学会等名 The 41st Annual Meeting of the Japan Neuroscience Society (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Abekawa N, Gomi H
2. 発表標題 Difference in eye-hand coordination forms distinct motor memories in implicit visuomotor adaptation
3. 学会等名 JNNS Satellite Workshop "Analysis and Synthesis for Human/Artificial Cognition and Behaviour" (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Gomi H
2. 発表標題 Why can we correct reaching action so quickly? - Hypotheses and new examinations of implicit visuomotor process -
3. 学会等名 JNNS Satellite Workshop "Analysis and Synthesis for Human/Artificial Cognition and Behaviour" (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Ito S, Gomi H
2. 発表標題 Multimodal contribution to body state representation for generating proprioceptive reflexes
3. 学会等名 JNNS Satellite Workshop "Analysis and Synthesis for Human/Artificial Cognition and Behaviour" (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Nakamura D, Gomi H
2. 発表標題 Statistical analysis of optic flow induced by body motion characterizing OFR and MFR
3. 学会等名 JNNS Satellite Workshop "Analysis and Synthesis for Human/Artificial Cognition and Behaviour" (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Takamuku S, Gomi H
2. 発表標題 Low sensitivities of walking speed adjustment and self motion velocity perception to dense optic flow
3. 学会等名 JNNS Satellite Workshop "Analysis and Synthesis for Human/Artificial Cognition and Behaviour" (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Abekawa N, Gomi H
2. 発表標題 Different eye-hand coordination forms distinct motor memories in visuomotor adaptation
3. 学会等名 Neuroscience2018, Society for Neuroscience (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 De Havas J, Ito S, Gomi H
2. 発表標題 The inhibition of voluntary muscle relaxations depends on similar mechanisms to the inhibition of muscle contractions
3. 学会等名 Neuroscience2018, Society for Neuroscience (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Takamuku S, Gomi H
2. 発表標題 Increase in density of optic flow deteriorates self-motion velocity perception and decreases implicit adjustments of walking speed
3. 学会等名 Neuroscience2018, Society for Neuroscience (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 竹村 文, 安部川直稔, 五味裕章
2. 発表標題 マカクサルにおけるMST 野不活化による短潜時腕応答への影響
3. 学会等名 日本視覚学会2018年夏季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Gomi H
2. 発表標題 Output Modality Dependent Visual Motion Analysis in the Brain
3. 学会等名 Brain and AI symposium by Korea Society of Brain and Nerve (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Gomi H
2. 発表標題 Implicit visuomotor control and its effect on self-awareness
3. 学会等名 Workshop on mechanism of brain and mind (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 安部川直稔, 五味裕章
2. 発表標題 姿勢環境に応じて修飾される反射性視覚腕応答
3. 学会等名 第40回 日本神経科学大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 伊藤翔, 五味裕章
2. 発表標題 視覚反転フィードバックへの適応が長潜時伸張反射に与える影響
3. 学会等名 第40回 日本神経科学大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 高椋慎也, 永澤知幸, 五味裕章
2. 発表標題 オプティックフローに基づく歩行速度調節は距離推定に依存する
3. 学会等名 第40回 日本神経科学大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Takamuku S, Nagasawa T, Gomi H
2. 発表標題 Automatic adjustment of walking speed by optic flow benefits from binocular vision
3. 学会等名 Neuroscience 2017 (SfN) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Ueda H, Abekawa N, Gomi H
2. 発表標題 Temporal development of an interaction effect between internal motion and contour signals of drifting target on reaching adjustment
3. 学会等名 Neuroscience2017 (SfN) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Ito S, Gomi H
2. 発表標題 Rotated visual feedback of self-movement affects long-latency stretch reflex.
3. 学会等名 Neuroscience2017 (SfN) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Abekawa N, Gomi H
2. 発表標題 Modulation difference in visuomotor responses in implicit and explicit motor tasks depending on postural stability
3. 学会等名 Neuroscience2017 (SfN) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Sho Ito, Hiroaki Gomi
2. 発表標題 , Impact of changes in visual feedback on long-latency stretch reflex during visually guided movement
3. 学会等名 第16回 脳と心のメカニズム 冬のワークショップ
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Takamuku S, Forbes P, Hamilton A, Gomi H
2. 発表標題 Inverse dynamics computation in adults with autism - Examination based on perceptual biases
3. 学会等名 第17回 脳と心のメカニズム 冬のワークショップ
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 竹村 文, 安部川直穂, 五味裕章
2. 発表標題 Effects of lesions in the Medial Superior Temporal (MST) Area on short-latency manual following responses (MFR) of monkeys.
3. 学会等名 第18回 脳と心のメカニズム 冬のワークショップ
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Daiki Nakamura, Hiroaki Gomi
2. 発表標題 Different statistical relationship between self-motion and visual motion could alter the spatiotemporal tuning of quick visuomotor responses
3. 学会等名 第20回 脳と心のメカニズム 冬のワークショップ
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Gomi H, Abekawa N, Ueda H
2. 発表標題 Functional roles of visual motion for hand reaching movement - New lines of evidence dissociate posture related and target related responses
3. 学会等名 The 43rd Annual Meeting of the Japan Neuroscience Society
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Nakamura D, Gomi H
2. 発表標題 Spatiotemporal processing of visual motion for generating quick ocular and manual responses examined by convolutional neural network
3. 学会等名 The 43rd Annual Meeting of the Japan Neuroscience Society
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Takemura A, Nakamura D, Abekawa N, Gomi H
2. 発表標題 Effects of cerebral/cerebellum lesions on short-latency manual responses in monkeys
3. 学会等名 The 43rd Annual Meeting of the Japan Neuroscience Society
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Abekawa N, Ito S, Gomi H
2. 発表標題 Foveal and peripheral vision separate motor memories for reaching movement
3. 学会等名 The 30th Annual Meeting of the Japan Neural Network Society
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Takemura A, Nakamura D, Abekawa N, Gomi H
2. 発表標題 Deficits in short-latency manual responses after chemical lesions in monkey cortical area MST
3. 学会等名 The 30th Annual Meeting of the Japan Neural Network Society
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 伊藤翔, 五味裕章
2. 発表標題 伸張反射は多感覚統合を介した身体状態の不確かさに応じて調整される
3. 学会等名 The 30th Annual Meeting of the Japan Neural Network Society
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 中村大樹, 五味裕章
2. 発表標題 ヒトは視覚運動から自己運動を抽出するためにどのような情報を使うか? - 機械学習による統計的関係性の記述と内部表現の評価 -
3. 学会等名 電子情報通信学会ニューロコンピューティング研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Gomi H, Abekawa N
2. 発表標題 Postural instability context implicitly enhances visually-induced reflexive reaching control without explicit assistance of voluntary action
3. 学会等名 Neural Control of Movement 30th Annual Meeting (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Takamuku S, Gomi H, Ohta H, Kanai C
2. 発表標題 Grip force and hand movement with spring-mass-damper dynamics in adults with ASC
3. 学会等名 第19回脳と心のメカニズムワークショップ
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中村大樹, 五味裕章
2. 発表標題 視覚性運動応答の統計的性質は機械学習で再現できるか?
3. 学会等名 第19回脳と心のメカニズムワークショップ
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

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
研究分担者	竹村 文 (Takemura Aya) (90357418)	国立研究開発法人産業技術総合研究所・情報・人間工学領域・主任研究員 (82626)	

	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
研究協力者	安部川 直稔 (Abekawa Naotoshi)	日本電信電話株式会社NTTコミュニケーション科学基礎研究所・人間情報研究部・特別研究員 (94305)	
研究協力者	高椋 慎也 (Takamuku Shinya)	日本電信電話株式会社NTTコミュニケーション科学基礎研究所・人間情報研究部・研究主任 (94305)	
研究協力者	伊藤 翔 (Ito Sho)	日本電信電話株式会社NTTコミュニケーション科学基礎研究所・人間情報研究部・研究主任 (94305)	

6. 研究組織（つづき）

	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
研究協力者	中村 大樹 (Nakamura Daiki)	日本電信電話株式会社NTTコミュニケーション科学基礎研究所・人間情報研究部・リサーチアソシエイト (94305)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計1件

国際研究集会 JNNS Satellite Workshop: Analysis and Synthesis for Human/Artificial Cognition and Behaviour	開催年 2018年～2018年
--	--------------------

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関		
英国	University College London	Institute of Cognitive Neuroscience	