

令和 2 年 6 月 9 日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17H01765

研究課題名(和文) 身体動作の制御理論的な分析に基づいた日常生活時の注意状態計測

研究課題名(英文) Measurement of attention diversity by explaining body motions with control theorem

研究代表者

近藤 一晃 (Kondo, Kazuaki)

京都大学・学術情報メディアセンター・講師

研究者番号：30467609

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 10,500,000円

研究成果の概要(和文)：優先度の異なる二つのボタンを順番に押すタスクを設定し、複数の対象へ注意を分配している状態における動作を計測した結果、優先度(注意分配のパターン)の違いによって顔向き・手の向き・体幹の向きの動作連携が明らかに違うことが確かめられた。注意対象が仮想的に顔や手を引っ張る力学モデルによりその動作を再現することを試みたところ、顔や手の動作について詳細なモデル化が必要なが判明したため、続いてその検討を行い、提案モデルによる再現性および人間の動作が持つ曖昧さに関する知見を得た。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究を遂行したことにより、注意分配が発生している状況を再現する実験環境の設計、注意分配によって身体部品間の動作関係が変化することが明らかとなった。また手や顔向きの動作の詳細なモデルを得ることができ、動作の曖昧さについても分析が進められた。注意分配時の人間の動作はまだ詳しく分かっていないため、これら本研究の成果は注意分配と動作の関係を解明するための良い知見になると考える。

研究成果の概要(英文)：To measure human behavior in a dispersed attention, we conducted experiments in which participants sequentially pushed two buttons at their left and right sides. Analyzing the changes in direction of the head, body, and arm, we confirmed that they had particular patterns depending upon priorities in the two buttons, i. e. patterns of attention diversity. In the next, we proceeded to build advanced models of head and arm motion dynamics because our preliminary kinematics that relates attention targets and human body parts was insufficient to explain the obtained motions under the various attention diversity patterns. The performance of the proposed models and also ambiguity of human motions were clarified to combined them into the motion dynamics for attention diversity.

研究分野：知能メディア処理

キーワード：ヒューマンセンシング 注意分配 制御モデル

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

少子高齢化社会が進んだ昨今、高齢者・認知症者に対する生活支援は非常に深刻な問題である。しかし介護現場は慢性的な人手不足であり理想的な介護を行うことが難しい。このような問題に対して、IT 技術を用いた見守りもたらす効果は大きい。その例として注意状態の計測が挙げられる。日常生活において何に興味をもっているのか・気づくべきことに気づいているのか・注意が逸れやすくないか、などを自動的に計測できれば、ケアスタッフの目の代替機能として活用することが期待される。

2. 研究の目的

人間の注意は視覚に依るところが大きく、注意の対象が1つであれば、顔向きや視線の向きから比較的簡単にどこに注意を向けているのかを推定することが可能である。しかし日常生活では、食事をしながら対話する・文章を書き写す・作業中に話しかけられる、といったように複数の対象に同時に注意を向けている状況も多い。そのようなときは顔だけでなく他の身体部位の向きや動きに注意状態が表出すると考えられる。本研究では、複数の対象へ注意分配と、そのときに表出した身体動作との関係性を数理的に解明することを目的とする。

3. 研究の方法

(1) 顔・手・体幹の連結を考慮した動作モデルの検討

複数対象へ注意を分配しているときの代表的な身体動作は、それぞれの対象に顔と手を割り当てることである。これは顔向きおよび手の向きが注意の強さに応じてそれぞれの対象に引きつけられるとみなすことができる。顔と手は体幹に接続していることによる運動制約を受けるので、それを考慮した力学モデルを構築し、様々な注意分配時における実際の動作がそのモデルでどの程度説明可能かを確かめることで妥当性を検証する。

(2) 手の動作の詳細なモデル化

(1)では、手が注意対象へひきつけられることによる動作を単純な力学モデルで表した。より正確なモデルを得るため、腕の運動特性およびその制御に基づいて動作モデルを構築し、実際の手の動作と比較することでその妥当性を検証する。腕の運動特性は人間の動作が筋肉の収縮に基づくことから二次の遅れ系で、制御則は、外乱下でも安定に目的方向へ到達するために、A. 2つのフィードバックループを組み合わせたもの、B. フィードバックループと小さな目的誤差は知覚しづらくなるフィルタを組み合わせたもの、でそれぞれモデル化を行う。

(3) 顔向き動作の詳細なモデル化

同様に顔向き動作のモデル化も詳細化する。頭部は体幹との接続性が強いいため、頸の皮膚を引っ張った際の顔向き変化について分析する。サーボモーターによって頸の皮膚を引っ張る機構「Skin-stretcher」を背中に装着した状態で、様々な引っ張り量に対して頭部がどのように回転するのかを計測し、その動作特性の分析およびモデル化を行う。主導筋と拮抗筋をそれぞれ一次の遅れ系とみなしてモデルの設計を行った。

4. 研究成果

(1) 顔・手・体幹の連結を考慮した動作モデルの検討

実験協力者の両側にボタン(対象 A・B)を配置し、それを合図とともに順番に両手で押す実験を行った。このとき一回目と二回目のボタン押下タスクに優先度を設けることで注意分配の違いを再現する。ボタン押下タスクには「ボタンを見る」「ボタンを押す」の両方の動作が必要だが、注意分配によってそれらの動作タイミングが異なって現れると予想される。注意分配のパターンに対応した動作計測結果を図1に示す。

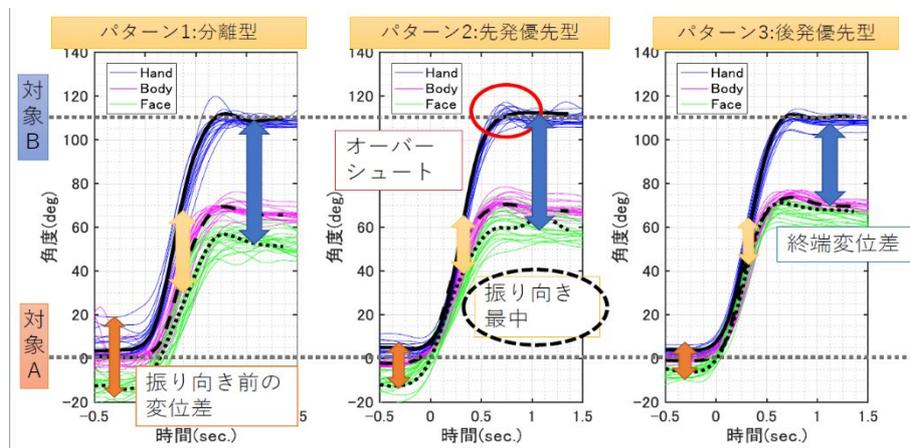


図1. 注意分配のパターンに応じて手の向き・顔向きの動作軌跡が異なる様子

対象 A と B の間に注意分配が生じない(時間インターバルがあり同時には要求されない)分離型のパターンでは、振り向き前において顔と手の向きの差にばらつきが多く、振り向き中には差そのものが大きい。タスク間に時間インターバルがあるため、顔と手に対する拘束が小さいからである。それに対して、注意分配を設けた先発優先型(対象 A に強い注意)や後発優先型(対象 B に強い注意)では、顔よりも手が先行したり、顔と手が同期して動いたりといった特徴が動作に見られるという分析結果を得た。

続いて検討した力学モデルを用いて上記で得られた動作軌跡を再現することを試みた。パラメータを様々に変化させて検証を行ったが、注意分配に沿った動作軌跡を再現することは検討段階のモデルでは難しいことが判明した。この結果に基づき、以下の(2, 3)ではより詳細なモデル化について検討を行っている。

(2) 手の動作の詳細なモデル化

目的方向へ手向けるときや外乱に対して目的方向を維持するような条件での動作を計測し、モデルパラメータの推定および計測動作の再現性について分析を行った。A. 2つのフィードバックを組み合わせたモデル、および B. 目的誤差を知覚しづらくするフィルタを組み合わせたモデルでの再現性結果を図2に示す。単純なフィードバックループのみの制御則を用いるよりも明らかに再現性能が向上していることが確認された。これら提案モデルを(1)における力学モデルの手部に適用することで、注意分配時の動作軌跡の再現性が向上することが期待される。

なお B のモデルでは手の動作速度を制御入力として利用すると再現性が向上することが確認され、更にその動作速度は実際の実験速度ではなく予測値である可能性が示唆された。人間の手の動作特性に対して新たな知見も得られたことになる。

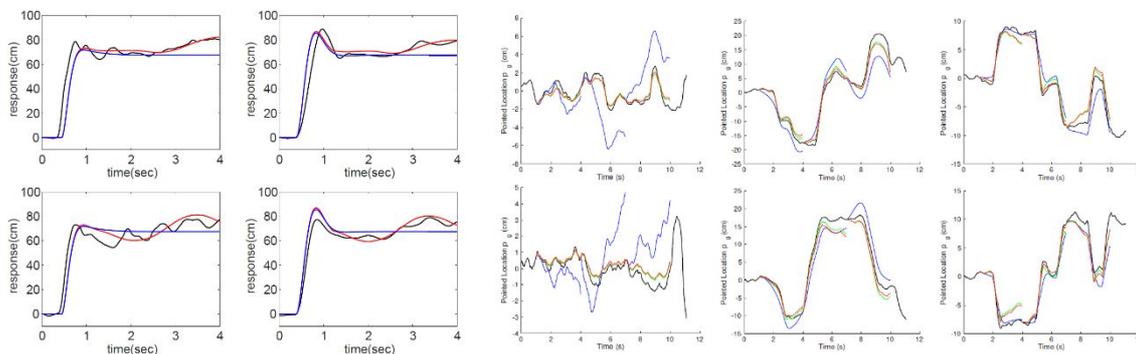


図2. 提案モデルによる動作軌跡の再現性。(黒)実軌跡,(青)従来モデル,(赤)提案モデル

(3) 顔向き動作の詳細なモデル化

実験協力者は、図3に示した Skin-Stretcher デバイスが頸の皮膚を様々な量で引っ張るのに対して、頸の皮膚に違和感が生じない角度まで首を回すように動作する。すなわち疑似的に体幹が回転した状況を再現し、それに接続した頭部の動作をモデル化する意図である。図4に示すように、提案モデルを用いることでほぼ90%の精度で実動作を再現できることが確認された。その一方で、実験協力者・Skin-Stretcher デバイスの装着位置による違いや試行毎の曖昧さが無視できない量で存在していることも明らかとなった。図5に示した引っ張り量に対する頭部の最終回転量の分布からは、実験協力者の違いも含めると最大 20deg.ものばらつきがある。この静的な特性のばらつきに加えて動的な特性にもばらつきがあると想定され、これが(1)において注意分配に関係の深いパラメータの変化だけでは実動作を再現しづらかった大きな要因の1つと考えられる。安定した分析を行うためには、ばらつきの出にくい条件の調査が必要であることが明らかとなった。

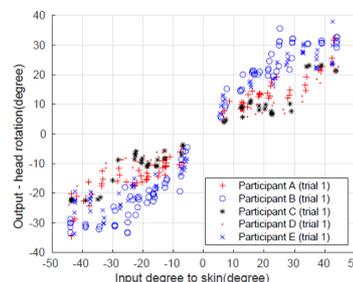
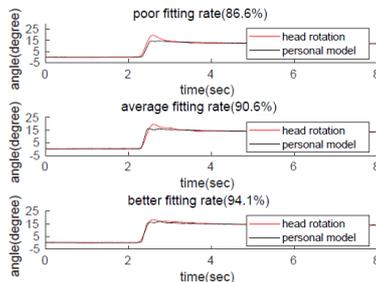


図3. Skin-Stretcher デバイス 図4. 提案モデルによる動作再現 図5. 動作のばらつき

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 KONDO Kazuaki, MIZUNO Genki, NAKAMURA Yuichi	4. 巻 E101.D
2. 論文標題 Feedback Control Model of a Gesture-Based Pointing Interface for a Large Display	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 IEICE Transactions on Information and Systems	6. 最初と最後の頁 1894 ~ 1905
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.2017EDP7298	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5件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 K. Kondo
2. 発表標題 Nonlinear Visual Perception for Modeling a Gesture-Based Pointing System Using a Large Pointer
3. 学会等名 IEEE/SICE Int. Symposium on System Integration（国際学会）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 栗栖崇紀, 近藤一晃, 中村裕一
2. 発表標題 注意分配に依存した頭部・体幹・手の動きの協調関係の解析
3. 学会等名 電子情報通信学会:HCGシンポジウム2017
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Takahide Ito
2. 発表標題 Motion Information Transmission for On-Neck Communication
3. 学会等名 The 3rd Int. Conf. on Computer-Human Interaction Research and Applications
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 近藤一晃
2. 発表標題 指差しジェスチャを用いたポインティングインタフェースにおける動作特性のモデル化 ~ 大型ポインタを表示したときの非線形距離フィ ルタ解析 ~
3. 学会等名 電子情報通信学会:HCGシンポジウム2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kazuaki Kondo
2. 発表標題 A Hybrid Feedback Control Model for a Gesture-based Pointing Interface System
3. 学会等名 The 1st Int. Conf. on Computer-Human Interaction Research and Applications
4. 発表年 2017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 協力者	大塚 智丈 (Otsuka Tomotake)	三豊市立西香川病院	
研究 協力者	ケント クリス (Kent Chris)	ブリストル大学	
連携 研究者	中村 裕一 (Nakamura Yuichi) (40227947)	京都大学・学術情報メディアセンター・教授 (14301)	