

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 12 日現在

機関番号：34416

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2012～2014

課題番号：24370103

研究課題名(和文) 仮想触感提示技術によるヒト-モノ間のインタフェースを対象とした多型性表現モデル

研究課題名(英文) Representation model of polymorphism based on virtual tactile display technology for human interface

研究代表者

小谷 賢太郎 (Kotani, Kentaro)

関西大学・システム理工学部・教授

研究者番号：80288795

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 12,900,000円

研究成果の概要(和文)：ヒト-モノ間のインタフェースを対象としたモデル構築を目的とし、仮想触感提示を可能にするための触覚ディスプレイを開発することに成功した。この触覚ディスプレイでは受動触によりテクスチャを感じられるようノズルをテクスチャパターンに沿った刺激を提示できるようになっている。また、多型性表現を行うための中枢での認知過程を探るため、脳磁界応答を同期信号として計測できるよう構築した。実験の結果、呈示圧力、刺激間の遅延時間と空間分解能の関係を明らかにした。本研究過程で得られた様々な知見とISO9241-910規格による触覚インタラクションの場面表現から最近の研究の動向と今後の方向性について調査をまとめた。

研究成果の概要(英文)：The purpose of the study was to develop tactile display with virtual texture presentation for constructing tactile human-machine interaction. Tactile display enabled presentation of information aligned with texture patterns, thus the display can represent stimulus dataset directly. The system was further developed for the measurement of magnetoencephalographic responses synchronized with tactile stimuli and the use of non-magnetic nozzles to clarify the cognitive processes to generate the polymorphism identification. As a result, the differential threshold was lowered when the delay time was given. Neuromagnetic responses were obtained when tactile information was presented at the different location of the palm and the result showed that the difference in the location of the palm was not significantly changed the amplitude of the evoked MEG at SI region. The empirical results with current status of the study regarding tactile interactions were summarized in this project.

研究分野：生理人類学

キーワード：生理的多型性 触覚 インタフェース 適応 脳活動

1. 研究開始当初の背景

生理人類学は生理機能のヒトの個体変動に焦点を当てて、個々人の性格特性や環境からのストレスの影響を生理的応答との関係として示そうとしてきた。その中ではヒトは環境の中に存在し、環境からのストレスに曝露されながら全身的協働と機能的潜在性をもって生理的多型性を表してきた。しかしながら、環境の中で、ヒトは道具をはじめとするモノにアクセスすることで進化・適応を繰り返してきた。現代社会では、その進化・適応プロセスが許容範囲を超えて、大きなストレスとしてヒトに影響を及ぼしていることはヒトとモノのインタフェースの上でも同様の状態であると考えられる。つまり、長い世代交代の中で、ヒトがモノにどのようにアプローチしてきたのかも、ひとつの適応としてみなすことができる。

モノの仕組みや成り立ちについてヒトの進化の視点から焦点を当てるのは人類学の中でも民俗学に属するものであるが、本研究の狙いは民俗学における狙いとは異なり、ヒトがモノにどのようにアクセスするのかを生理人類学の視点として表現しようとしている点である。

ヒトとモノのインタフェースのモデル化を考える上で、そのインタフェースが生起する際には、形態的、行動的、中枢神経系、自律神経系と行った様々な生体情報が生理的反応の表現系として表出される。これらを計測し、統合することで描き出すことが可能であろう。以上の通り、我々が考えるヒト・モノのインタフェースにおける生理的多型性(ポリタイプズム)を表現している。

多様な生理的反応は外的要因、気候や世代交代に適応することだけではなく、モノとのアクセスの際に適応の履歴として表出されているべきものであり、その信号を多変量モデルとして構成することにより、生理的多型性が表現できる技法となると予想される。本研究で提案するアプローチは、生理人類学の概念を実社会へ導くためのアプリケーションの方法を提案するものであり、より実環境にマッチした生態学的(エコロジカル)インタフェースの設計支援に有効なタキソノミーを与えてくれると考えられる。

これまで(H20~H22 基盤研究(B)), 研究代表者を中心とするグループにおいて、触覚行動に対する中枢神経系の関係を知るために非接触触覚ディスプレイを開発し、これを用いてファントムセンセーションや仮現運動といった触錯覚を提示し、MEG 信号から触覚情報取得プロセスの可視化を試みてきた。その中で体性感覚から高次視覚野(V5/MT), 運動野へと移動する脳内のネットワーク処理が存在することをつきとめた。その成果を生理人類学会をはじめとする国内外の学会で発表, 論文発表してきた。現在所有する触覚ディスプレイでは実際に装着することなく、空気噴流を用いて 12×12 マ

トリックスから独立した空気圧でもって立体感やテキスチャまでも提示させることが可能な構造となっている。また、本研究の分担者はそれぞれ脳神経活動計測, 非接触センシング技術, 動作計測技術のスペシャリストであり、ヒト・モノ間の関わりを生体信号でもって表現できるだけの技術とノウハウが確立され、集約されてきた。

2. 研究の目的

前章で示した研究背景のもと、本研究はダイナミックな触感や仮想物体を与えた際の体の動き、筋活動、MEG による neurological activity, 自律神経を司る心拍、呼吸、脈波伝播信号などを多変量モデルの要素として統合的に扱うことにより(図1参照)、ヒト・モノのインタフェースとして表し、個々の違いから多型性を表現するモデルを構築する。特に本研究は触覚ディスプレイの構築、脳機能計測、非接触生体モニタリング技術、生体信号処理技術という研究計画遂行のための重要な役割を担い、仮想触覚情報の生成、非磁性実験装置の組み込みと脳磁界応答計測、マイクロ波レーダーと工業用レーザーによる心拍血圧変動のモニタリング、生体情報の計測・統合化のためのハードウェア・ソフトウェア開発を進め、最終目標である生体情報統合化による生理的多型性表現モデルの提案をおこなおうとするものである。

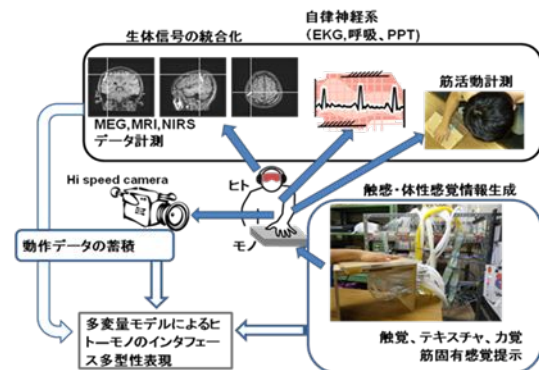


図1 本研究の目的

3. 研究の方法

研究の方向性として以下の3つのアプローチにより研究を推進した。

(1) 触覚による情報獲得時の受容姿勢の影響と指の動作を応用した触覚情報提示技術の開発: 触覚情報が深部感覚を変化させることでどのような特性を示すかを調べるために、深部感覚を変化させる方法として、手首におもりを装着し、荷重を付加させることによる筋・関節からの深部感覚を変化させた。触覚情報として空気噴流刺激による1点刺激を掌に提示した。実験中、被験者には耳栓、ヘッドフォン、アイマスクを装着してもらった。掌に提示した刺激に対して被験者が知覚した刺激の関係を調べるためにマグニチュ

ード推定法を用いた。また、情報提示技術の開発手法としてはメンタルモデルをすでに獲得しているユーザーも多く、認識効率の高い手法の可能性があるフリック動作を取り上げ、晴眼者にとっても有効となるフリック動作を応用した触覚文字情報伝達手法の提案と評価を行うこととした。

(2) 手掌に対する空気噴流刺激の呈示部位が体性感覚誘発脳磁界に与える影響：実験により、体性感覚誘発脳磁界から刺激に対する知覚量を計測できれば、掌の感度分布の把握ができ、同時に、知覚メカニズムの解明につながると考え、空気噴流刺激を用いて掌上の刺激呈示部位の違いにより、体性感覚誘発脳磁界に現れる傾向を捉えることを試みた。掌表面の触覚特性を検討するため、2種類の刺激提示グループ(distal-proximal 関係と medial-lateral 関係)を設定した。distal-proximal 関係は基節骨付近で触覚受容器の密度が大きいなど、触覚受容器の分布に変化が見られる事から、1~4のブロックに分けている。同様に、medial-lateral 関係は、橈側では正中神経に属しており、尺側では尺骨神経に属し、神経支配領域が異なる事から、~のブロックに分けている。これらの触覚受容器や神経支配領域による影響も体性感覚誘発脳磁界に現れる可能性も考慮し、刺激呈示部位は掌上4×4の16点で設定した。

(3) 触動作時の上肢姿勢への影響：携帯端末を例にとり、画面特性(端末の大きさと文字の大きさ)を変化させた時の携帯端末操作時のヒトの上肢姿勢の角度変化を評価することで、携帯端末使用時における上肢姿勢を客観的に評価する手法を取った。特に携帯端末使用時において端末と画面に表示させる文字の大きさを変化させた時の上肢姿勢の角度変化を詳細に評価した。端末の大きさと文字の大きさを変化させた時の上肢姿勢の角度変化を明らかにするために、実際にヒトが画面特性に変化を与えた携帯端末を操作しているところをビデオカメラで撮影した。角度分析にはLabviewを用いて画像処理で角度を算出した。撮影した動画から0[sec]から300[sec]まで30[sec]ごとに画像を切り出し、画像解析により各マーカーの中心座標の位置情報から頭、首、肘、肩、腰の角度[deg]とディスプレイとの視距離[mm]を計測した。また、被験者ごとの運動した角度の大きさを正規化するための指標として%ROM(% Range of Motion)を用いた。基本肢位を力が入っていないリラックスした状態の肢位とし、基本肢位を起点として、関節の運動方向を腹側に曲げる屈曲方向と背側に曲げる伸展方向にわけて、%ROMを算出した。

4. 研究成果

(1) 触覚による情報獲得時の受容姿勢の影響と指の動作を応用した触覚情報提示技術の開発：提示圧力におけるおもりの重さと知

覚圧力の関係を図2に示す。ほぼ全域にわたる提示圧力条件において、荷重が高くなるに従って提示圧力に対する知覚圧力を弱く感じており、3.2kgにおいては0kgに比べ約11.4%提示圧力を弱く知覚していることがわかった。また、フリック動作を応用した触覚提示手法の評価を行った結果、平均正答率は42.0%±12.9、平均解答時間は6.8s±2.9となった。被験者毎の正答率と自己評価について相関を求めたところr=0.18であった。解答時間を解答された刺激位置ごとに分け、さらに分析してみると、解答時間が50音順で後半になるほど遅くなる傾向が見られていた。誤答の種類を4つに分け被験者がどの様に間違えていたのかを評価した結果、刺激移動方向の誤答と刺激位置を上下に誤認する縦方向の誤答が多く見られた。解答時間は全体的に50音順で後半になるにつれ遅くなることが分かった。この理由としては、被験者にとってメンタルモデルは獲得しやすいが、シーケンシャルな想起を要するため、文字の認識に時間がかかってしまうことが示唆された。誤答した刺激位置を合成ベクトルで表現してみると(図3参照)、刺激位置を実際よりも中央方向に知覚してしまう傾向が表れており、特に手のひらの末端側や橈側はその傾向が顕著であった。このような考えをもとに、刺激位置間隔を新たにマッピングする必要があると考えられる。

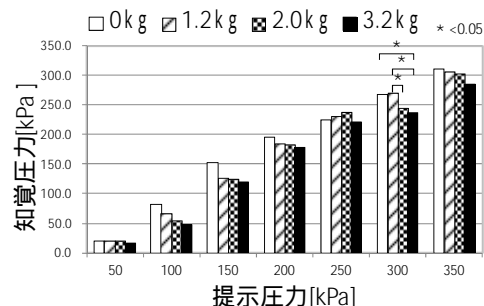


図2 各提示圧力における荷重と知覚された圧力の関係

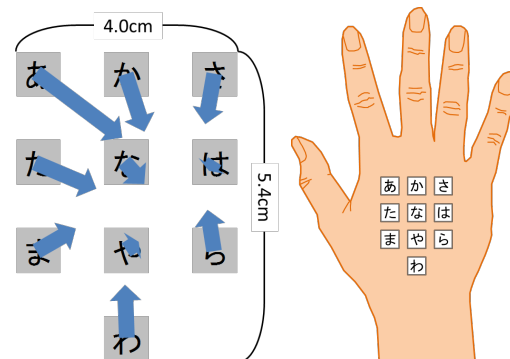


図3 刺激位置と知覚位置のずれ

(2) 手掌に対する空気噴流刺激の提示部位が体性感覚誘発脳磁界に与える影響：各刺激提示部位における反応強度波形を重ね合わせたものを図4に示す。すべての被験者において、活動のピークは刺激後50[ms]付近に現れていた。すべての被験者で得られたピークから、刺激提示部位ごとにピーク潜時と振幅について平均値を推定したところ、S1の脳活動が触覚受容器の密度や神経支配領域よりも、刺激の物理量をより反映した活動であることが示唆された。

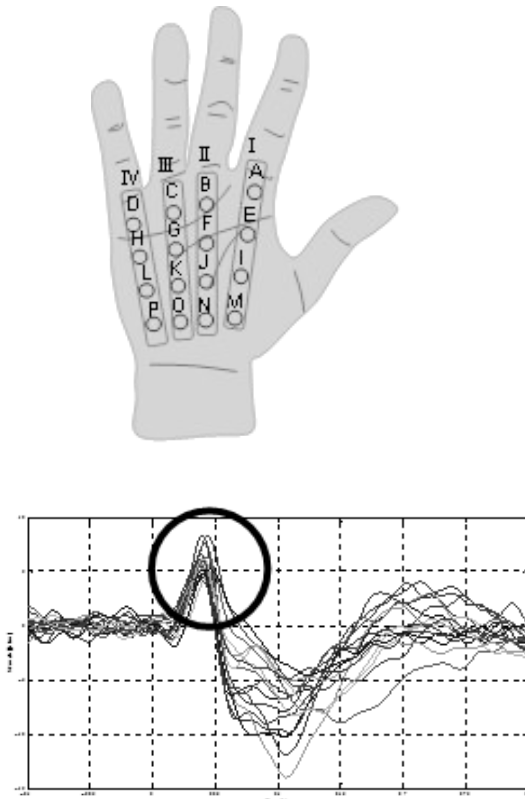


図4 触刺激提示位置(上図)と各刺激提示部位における脳磁界応答(下図)

(3) 触動作時の上肢姿勢への影響：触動作を行う端末の大きさを変化させると、視距離と頭、首、肘の屈曲度合いと首、左上腕の負担感の値に有意差が見られた。多重比較の結果、触動作をおこなうディスプレイサイズ条件のうち、7in条件と10in条件間では有意差は見られず、13in条件に対して7in条件と10in条件では有意差が見られた。また、肩、腰の屈曲度合いと上背部の負担感と目の疲労感には有意差は見られなかった。端末の大きさの影響は10in条件までは作業姿勢を維持することが可能であり、13in条件では端末の重さが影響して、作業姿勢を維持することが困難なため、携帯端末を手で保持せず、その負担を大腿部で支える傾向があることがわかった。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 1 件)

馬庭 大樹, 小谷 賢太郎, 鈴木 哲, 朝尾 隆文, タブレット端末使用時の端末サイズと文字サイズの変化が上肢姿勢へ与える影響, モバイル学会誌, 査読有, 3巻1号, 2013, 33 - 38

〔学会発表〕(計 9 件)

橋本 大佑, 小谷 賢太郎, 鈴木 哲, 朝尾 隆文, 携帯端末使用時における警告の提示が上肢の姿勢・筋活動へ与える影響, 産業保健人間工学会第19回大会, 2014年11月15日~2014年11月16日, 北九州市産業振興会館(福岡県北九州市)

佐藤 弘規, 小谷 賢太郎, 鈴木 哲, 朝尾 隆文, フリックによる文字入力動作を応用した触覚文字情報提示手法の効果, 2014年度日本プラント・ヒューマンファクター学会大会, 2014年9月12日, 日本大学生産工学部(千葉県習志野市)

K. Takenaka, A. Jinnai, K. Kotani, S. Suzuki, T. Asao, A. Otsuka, S. Nakagawa, Evaluation of Spatial Distribution of Tactile Sensitivity on the Palm for Developing Tactile Interface, The 1st Asian Conference on Ergonomics and Design, 2014年5月21日~2014年5月24日, Jeju (Korea)

K. Sakai, K. Kotani, S. Suzuki, T. Asao, Minimum Duration for Presenting Tactile Stimuli to Perceive Stimulus Locations on the Palm, The 1st Asian Conference on Ergonomics and Design, 2014年5月21日~2014年5月24日, Jeju (Korea)

K. Kotani, H. Sato, S. Suzuki, T. Asao, Evaluation of Flick-motion based Representation used for Presenting Japanese Kana Characters by Tactile Information Display Device, 2014年5月21日~2014年5月24日, Jeju (Korea)

K. Kotani, N. Kido, S. Suzuki, T. Asao, Analysis of spatio-temporal memory on tactile stimuli by using air-jet for development of noncontact tactile display, HCI International 2013, 2013年7月23日~2013年7月28日, Las Vegas (the United States)

H. Maniwa, K. Kotani, S. Suzuki, T. Asao, Changes in posture of the upper extremity through the use of various sizes of tablets and characters, HCI International 2013, 2013年7月23日~2013年7月28日, Las Vegas (the United States)

M. Mizutani , K. Kotani , S. Suzuki , T. Asao , T. Sugiyama , M. Ueki , S. Kojima , M. Shibata , T. Ikeda , Development of screening visual field test application that use eye movement , HCI International 2013 2013年7月23日~2013年7月28日 , Las Vegas (the United States)

A. Jinnai , A. Otsuka , S. Nakagawa , K. Kotani , S. Suzuki , T. Asao , Evaluation of somatosensory evoked responses when multiple tactile information was given to the palm , HCI International 2013 , 2013年7月23日~2013年7月28日 , Las Vegas(the United States)

6 . 研究組織

(1)研究代表者

小谷 賢太郎 (KOTANI , Kentaro)
関西大学・システム理工学部・教授
研究者番号 : 8 0 2 8 8 7 9 5

(2)研究分担者

朝尾 隆文 (ASAO , Takafumi)
関西大学・システム理工学部・助教
研究者番号 : 1 0 4 5 4 5 9 7

鈴木 哲 (SUZUKI , Satoshi)
関西大学・システム理工学部・准教授
研究者番号 : 5 0 3 0 6 5 0 2

中川 誠司 (NAKAGAWA , Seiji)
独立行政法人産業技術総合研究所・健康工
学研究部門・上級主任研究員
研究者番号 : 7 0 3 5 7 6 1 4

大塚 明香 (OOTSUKA , Asuka)
独立行政法人産業技術総合研究所・健康工
学研究部門・産総研特別研究員
研究者番号 : 8 0 4 5 1 4 1 7
(H24-H25 年度)