

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 12 日現在

機関番号：34416

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2012～2013

課題番号：24657182

研究課題名(和文) 手による情報獲得に適した姿勢・行動の生理人類学的研究

研究課題名(英文) Physiological Anthropology in postures/bahaviors appropreate for tactile information retrieval

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) 2,800,000円、(間接経費) 840,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は触覚情報を精度よく得るためにヒトがどのような受容姿勢・行動をとるものであるのか、また、それらの姿勢・行動は特定の情報のモダリティに依存するものなのかを明らかにすることを目的として研究を行った。そこで、触覚情報を受容した際の脳内の情報処理過程を計測する実験を行い、刺激提示部位が異なっても触覚受容器の密度や神経支配領域に起因する影響は一次体性感覚野で発生する誘発脳磁界の振幅には見られないことが明らかになり、このことから誘発脳磁界の応答は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。

研究成果の概要(英文)：This study focused on the characteristics of human posture and behavior for receiving tactile information. Our major goal was to clarify whether or not the posture and behavior for receiving tactile information depends on the modality of a specific type of information. We conducted a series of experiment where evoked magnetoencephalography during receiving tactile information was obtained. The evoked activity found at the SI area was not depending upon the density in mechanoreceptors in the palm or innervation zones for transmitting tactile information to the brain. The results implied that the MEG responses were rather associated with physical quantity of the tactile stimuli.

研究分野：生物学

科研費の分科・細目：人類学・応用人類学

キーワード：触覚 機械受容器 生体反応

1. 研究開始当初の背景

研究開始時点における背景として、手先の巧緻性に関する研究としては主にヒトがどのように器用に手を動かすことが出来るかというメカニズムの解明を目標とした神経生理学的アプローチがとられてきていた。これに対し、ヒトは手先の触覚器より情報を巧みに獲得し、得られた知覚情報を統合することによって、感性を生み、また、それらを精緻な動作のために応用しているが、この触覚情報をより精度よく獲得しようとするヒトの姿勢や行動メカニズムについては未だ研究が立ち遅れているのが現状であった。本研究では触覚受容器自体に関する研究ではなく、ヒトが触覚情報を精度よく適切に取り込むための受容姿勢・行動について焦点を当てることとした。たとえば、ヒトは同じ物体に触れるときでも物体の硬さを知ろうとする場合と、物体の温かさを知ろうとする場合では異なる触り方、すなわち異なる触覚情報獲得行動をとることが知られている。また、触覚により情報を得ようとする場合、皮膚感覚と自己受容感覚がそれぞれ統合したり、抑制したりして別の知覚を生み出すことも知られている。しかしながら、現在まで、触覚情報獲得とその際の姿勢に関しては断片的知見が得られておらず、手による情報獲得のための受容姿勢・動作に関する実験的手法によるアプローチはなされていないのが現状であった。本研究は空気噴流を用いた非接触型触覚ディスプレイを開発し、これを用いて仮想触感を生成する研究を応用し、手の形状や姿勢を隠すことなく記録できる利点があることに着目することで、研究分担者が有する自己受容感覚の提示技術と組み合わせることにより、本研究に挑戦できるのではないかという着想に至った。

2. 研究の目的

本研究は代表者が開発した空気噴流を用いた非接触型触覚ディスプレイを応用して、ヒトが手からどのように情報を得ているのかをその情報受容姿勢と受容行動から明らかにしようとするものである。特に、触覚情報を精度よく得るためにヒトは特定の受容姿勢・行動をとるものなのか、そして、それらの姿勢・行動は特定の情報のモダリティに依存するのか、さらに、特定の受容姿勢を維持するために生じる自己受容感覚は触覚の正確さにどのような影響を及ぼすのかを実験的に明らかにする。本研究はヒトの手による情報獲得の表現型に関する検討を行うだけでなく、より高精度な触感提示技術の開発や、データベース化が困難であるといわれてきた、言葉では伝えづらい伝承技術の記録手法の確立にも有効である。

3. 研究の方法

本研究では、2年計画により、触覚情報を精度よく得るためにヒトは特定の受容姿勢・行

動をとるものなのか、そしてそれらの姿勢・行動は硬さや温かさと言った特定の情報のモダリティに依存するのか、さらに自己受容感覚が触覚に与える影響について実験的に明らかにする方法をとった。以下に各年度における研究方法のまとめを示す。

(1) 初年度は非接触で刺激を提示可能な空気噴流を用いた触覚ディスプレイを用いて、提示圧力、刺激間距離、刺激間の遅延時間を変化させた触覚の二刺激弁別実験を行うことにより、提示圧力と刺激間の遅延時間が触覚の空間分解能に与える影響を求める実験を行った。被験者は、非利き手の掌を空気噴流射出部にかざした状態で実験に参加してもらった。機械の駆動音や空気噴流音などで刺激の違いを推定できないように、被験者には耳栓を装着したうえでヘッドフォンを装着し、ホワイトノイズを流すことで聴覚による影響を排除した。被験者は成人男性8名(平均年齢 21 ± 1 歳)であった。実験は、被験者の非利き手の基節骨下部に対して刺激提示を行った。刺激は、あらかじめ設定されたノズルから提示される単一刺激を二カ所に条件に沿って提示し、これらの一判別を二者択一で回答させる方法をとった。

(2) 二年目では触覚による情報獲得時の受容姿勢の影響として、付加荷重変化による触覚感度の変化について実験的に求める方法によるアプローチを行った。まず、空気の広がり刺激の知覚量に及ぼす影響を抑えるため、オープン粘土を用いて触覚への刺激呈示用ホルダーを作製した。そして、チューブ矯正台とアルミ棒によってチューブの歪曲を一定の方向に向けさせることで、チューブの剪断力による影響を排除した。剪断力を排除することによって刺激呈示用ホルダーにチューブを直接接続することを可能にし、掌の形状の変形を防いだ。実験条件として、流量:20[L/min]の刺激を標準刺激とし、標準刺激以外に2種類のダミー刺激を用いた。実験では合計3種類の刺激パラメータを用い、これを総称して比較刺激とした。刺激位置は17点、刺激パラメータが3種類あるので、51試行を1セットとして合計5セットの実験を行った。触覚刺激提示位置は図1に示すとおりである。



図1 触覚刺激提示位置

本実験ではマグニチュード推定法を用いて知覚量を求め、データ補正を行うことで各標準刺激に対する知覚量に換算した。

4. 研究成果

(1) 各遅延時間条件における刺激呈示時間と正答率の関係を図2に示す。ISI=0s条件については、刺激呈示時間が増加するにつれて正答率が増加し、刺激呈示時間が200ms以上で一定となっている。SOA=0s, ISI=200ms条件については刺激呈示時間によらず正答率が一定となっている。全体として、SOA=0s, ISI=200ms, ISI=0s条件の順に正答率が高くなっている。また、正答率に関して分散分析を行ったところ、ISI=0s条件において刺激呈示時間の間で有意差 ($p<0.01$) がみられた。

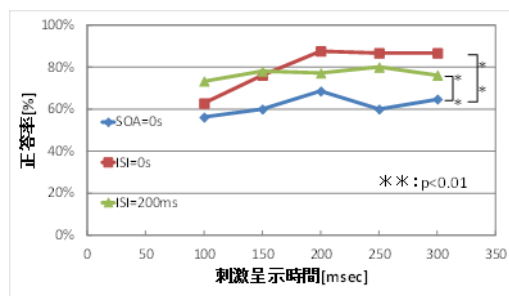


図2 各遅延時間条件における刺激呈示時間と正答率の関係

図3に各遅延時間条件における刺激呈示時間と二点弁別閾の関係を示す。図3においても、ISI=0s条件では刺激呈示時間が増加するのに伴って二点弁別閾低下し、200ms以上で一定となったが、SOA=0s, ISI=200ms条件では刺激呈示時間によらず二点弁別閾はおおよそ一定の値を示している。二点弁別閾に関して分散分析およびTukeyの多重比較を行ったところ、SOA=0sとISI=0sの間で有意差 ($p<0.01$) が、ISI=200msとISI=0sの間で有意傾向 ($p<0.1$) がみられた。

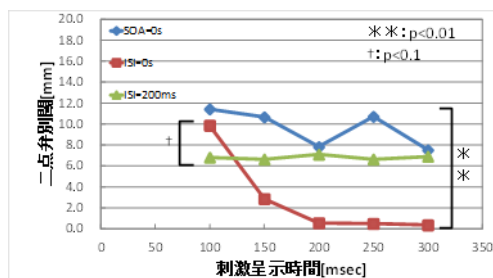


図3 各遅延時間条件における刺激呈示時間と二点弁別閾の関係

図2より正答率に関して刺激呈示時間の間で有意差があること、図3より有意差はないもののISI=0s条件において刺激呈示時間が短くなるにつれて二点弁別閾が増加する傾向

がみられることから、刺激呈示時間が触覚の空間分解能に影響を与えることが考えられる。特に図2より刺激呈示時間が200ms以上になると正答率がほぼ一定になっていることから、刺激呈示時間が200msより短くなった場合に触覚の空間分解能が低下することが考えられた。

また、図2、図3を見ると、SOA=0s条件において、正答率と二点弁別閾の両方で、刺激呈示時間によらず変化が小さかった。これは、側抑制に基づく二刺激の空間的マスキングによる影響が考えられる。SOA=0s条件では、二つの刺激が同時に呈示されている。この二刺激の刺激間距離が短いと、側抑制によって二刺激が融合し一つの刺激であるように知覚される。本研究の結果では、この側抑制による空間的マスキングが原因となり、先に述べた知覚像と記憶像の照合による刺激位置特定の精度向上が反映されなかったことが考えられた。また、ISI=200ms条件については、図2より刺激呈示時間が短い場合においても約80%の正答率を得ており、二点弁別閾も図3を見ると刺激呈示時間によらず約6.0~8.0mmで一定となっている。これについては、刺激呈示時間が短く知覚像の更新が行われなくなった場合でも、次の刺激までに一定の時間があれば、その間に知覚像と記憶像の照合を行っていることが考えられる。今回の実験の場合、ISI=200ms条件では一刺激目呈示終了から二刺激目呈示開始までには200msの時間の猶予があり、この間に知覚像と記憶像との照合を繰り返していたと考えられた。なお、Murrayらの実験結果では8~32sという比較的長い時間差においても二点弁別閾が一定であることを示していることから、刺激呈示時間が短くても、刺激に時間差を与えれば、脳内での照合などによって刺激位置特定の精度が向上し空間分解能が高くなるが、照合を繰り返す時間が一定以上になるとそれ以上空間分解能は向上せず一定となることが考えられた。本研究の実験結果より、無刺激である時間を少なくとも200ms以上与えた場合に、刺激呈示時間によらず二点弁別閾が約6.0~8.0mmで一定になるのではないかと考えられた。

以上の実験結果を基に、初年度では脳内で行っているのではないかと考えられる刺激位置特定のための処理のメカニズムについて提案を行った。しかし、感覚受容器から脳へ信号が送られる間に刺激位置の特定とは関係のないノイズのような情報が混入した場合に、刺激位置特定のための情報処理にどのような影響があるかといったように、提案したメカニズムにおける細かな部分については不明な点が残されている。今後は、今回提案したメカニズムにおける詳細な部分を明確にするような調査を行っていくこととなった。

(2) 図4に得られた掌上の触覚刺激の感度

分布を示す。また、知覚量を統計的に評価するために、MEG 計測実験と同様、distal-proximal 関係と medial-lateral 関係に分け分散分析を行った。その結果、medial-lateral 関係に有意差が現れた。そこで、有意差の現れた部分を調べるために、Scheffe 法の多重比較検定による post hoc 検定を用い、その傾向をまとめたものを図 5 に示す。

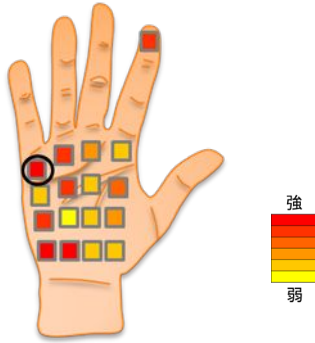


図 4 触覚感度分布

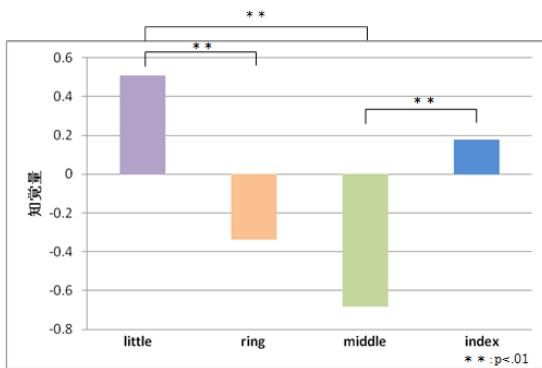


図 5 知覚量の medial-lateral 関係における知覚量変化 (上: 知覚量, 下: 掌上の各評価グループの位置関係)

本実験において、掌の中央部位に比べて内側、外側部位の知覚量が有意に高いという結果が得られた。

Vallbo らは、掌における機械受容器の FAI, SAI は掌に均等に分布しているが、FAI, SAI の分布密度は末梢に近づくほど大きくなると報告している。すなわち、手首側から末梢部に向かうにつれて機械受容器の中の FAI や SAI の分布密度が密になっていると言える。また、Johansson らの研究では、掌における機械受容器の FAI, SAI の数は FAI, SAI に比べ示指側になるにつれ明確に多くなると報告している。しかしながら、本研究の結果

から、掌の感度分布は機械受容器の分布密度を反映していなかった為、機械受容器の分布は、掌の感度にほとんど影響を及ぼしていない可能性が示唆された。

水上らは小型振動アクチュエータを用いて掌に振動刺激を呈示し、振動刺激に対する掌の感度を測定している。その結果、掌の中央部の感度が最も悪く、内側部位の感度が良いという結果が得られている。これは被験者 1 名の結果ではあるが、我々の実験も水上らと同様の結果が得られたことから、掌において内側部位の感度が良い可能性が示唆された。また、Dellon らは示指よりも小指の感覚が敏感であると報告しており、正中神経と尺骨神経の支配領域の違いが感度差の要因の一つである可能性を示唆している。Dellon らは指に対してのみ言及していたが、掌上でも位置により神経支配領域が異なっており、我々の実験結果からも尺骨神経支配領域である外側部位の知覚量が有意に高かったことから、神経支配領域の違いは感度差に影響を与える要因の一つである可能性が示唆された。さらに、掌の内外側部位の知覚量が高く、中央部付近の知覚量が低いという結果が、掌の硬さと関連性があるのではないかと考えた。つまり、内側は肉厚があり皮膚が柔らかい傾向にあるのに対し、中央部は皮膚形状が凹み肉厚も薄く硬い傾向にあるため、掌の硬度を計測し知覚量との相関を調べることで硬度と感度とに新たな関連性が見出せると結論付けられた。

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、3 巻、1 号、2013、pp.33-38. 査読有

〔学会発表〕(計 8 件)

小谷賢太郎、馬庭大樹、水田晃一郎、朝尾隆文、鈴木哲、携帯端末操作時の筋電図を用いた姿勢負担評価 - 端末サイズと表示文字サイズの影響 -、シンポジウム「モバイル'14」, 2014.3.13, 立命館大学

Kotani, K., Kido, N., Suzuki, S., Asao, T.: Analysis of spatio-temporal memory on tactile stimuli by using air-jet for development of noncontact tactile display, HCI International 2013, CD-ROM, 2013.7.25, Las Vegas, USA.

Maniwa, H., Kotani, K., Suzuki, S., Asao, T.: Changes in posture of the upper extremity through the use of

various sizes of tablets and characters, HCI International 2013, CD-ROM, 2013.7.25, Las Vegas, USA.
Jinnai, A., Otsuka, A., Nakagawa, S., Kotani, K., Asao, T., Suzuki, S.: Evaluation of somatosensory evoked responses when multiple tactile information was given to the palm, HCI International 2013, CD-ROM, 2013.7.25, Las Vegas, USA.
Mizutani, M., Kotani, K., Suzuki, S., Asao, T., Sugiyama, T., Ueki, M., Kojima, S., Shibata, M., Ikeda, T.: Development of screening visual field test application that use eye movement, HCI International 2013, CD-ROM, 2013.7.25, Las Vegas, USA.
馬庭大樹, 小谷賢太郎, 鈴木哲, 朝尾隆文, さまざまな大きさのタブレット端末と文字の大きさの使用による上肢の姿勢の変化, シンポジウム「モバイル'13」, 2013.3.7, 青山学院大学
木戸順規, 小谷賢太郎, 鈴木哲, 朝尾隆文, 空気噴流刺激を用いた触覚ディスプレイの弁別閾の時空間特性, 平成 24 年度 日本人間工学会 関西支部大会, 2012.12.8, 関西大学.
前橋政樹, 蔵野豪, 小谷賢太郎, 鈴木哲, 朝尾隆文, 触覚による情報獲得時の受容姿勢の影響-付加荷重変化による触覚感度の変化-, 人間工学第 48 巻特別号, 2012.6.9, 九州大学

(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：80288795

(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：10454597

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：50306502

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕
出願状況(計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

取得状況(計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕
ホームページ等