

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 30 年 6 月 1 日現在

機関番号：17102

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K17327

研究課題名(和文) 快適な立体知覚のための個人差を考慮した感覚内・感覚間多重較正プロセスの解明

研究課題名(英文) Cross- and within-sensory calibrations for stereopsis

研究代表者

光藤 宏行(Mitsudo, Hiroyuki)

九州大学・人間環境学研究院・准教授

研究者番号：00426644

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：心理物理学実験と心理物理学的手法を組み合わせた脳活動計測実験による研究を行った。視覚情報または触覚情報に基づく立体形状知覚を調べた心理物理学の実験では、ある対象によってその近傍の対象が変化して感じられるいくつかの現象を検討した。脳活動計測の実験では、水平網膜像差と垂直網膜像差の変化が知覚的判断と脳活動にどのような影響を与えるかを検討した。その結果、垂直像差は水平像差とともに知覚的判断に影響し、画像の特徴を反映した脳活動が生じることが明らかになった。

研究成果の概要(英文)：To investigate human perceptual processes for stereopsis and 3-D shape perception, I conducted several experiments that used psychophysical and neuroimaging techniques. In psychophysical experiments on vision and haptics, I examined perceptual phenomena in which the part of 3-D objects is affected by surrounding objects. In neuroimaging studies, I examined neural responses to binocular disparities and perceived visual shape.

研究分野：知覚心理学

キーワード：感覚情報処理

1. 研究開始当初の背景

現実環境に近い立体感や臨場感を作り出すことを目的とした3D映画や3Dテレビが開発され、現代の生活に広く浸透しつつある。このような装置は、人工的な両眼奥行き手を作り出すものであり、両眼網膜像差に基づくヒトの立体視機能を背景としている。現在普及している3D眼鏡・ディスプレイの長時間の利用によって、疲労感や酔いが生じることがある。さらに大きな個人差も存在する。それはなぜなのだろうか。現実環境でのヒトの立体知覚のプロセスが完全には解明されていないからではないかと考えられる。

立体知覚の較正に関して、2つの大きな未解明の問題がある。第1点は、ヒトの感覚系が較正のために用いる情報の種類である。本研究では、感覚内情報と感覚間情報に着目する。まず感覚内情報として、垂直像差を取り上げる。研究代表者は近年、較正プロセスにおいて垂直像差（回旋・拡大像差）が用いられていることを示す心理物理学的証拠と計算論的モデル（図1）を発表した（Mitsudo et al., 2009; Mitsudo et al., 2013）。さらにまた、垂直像差以外にも遠近法手がかりなどの視覚情報も較正に用いられている可能性がある。ここでは視覚に対する感覚間情報として、体性感覚を取り上げる。近距離では視対象に直接接触して3次元形状を把握することができるため、体性感覚情報も両眼対応の較正に用いられている可能性がある。

第2点は、そのような感覚情報に基づいて較正を行うための統合的情報処理アルゴリズムである。上述のように両眼網膜像差に基づく奥行きは、第1次視覚野（V1）などの両眼網膜像差を処理する神経細胞によって符号化され、その後側頭葉（IT）や（MTを含む）背側経路で階層的に処理がなされると考えられている。しかし視覚情報や体性感覚情報による較正に関しては、どのような部位でどのような処理が行われているかはよく分かっていない。

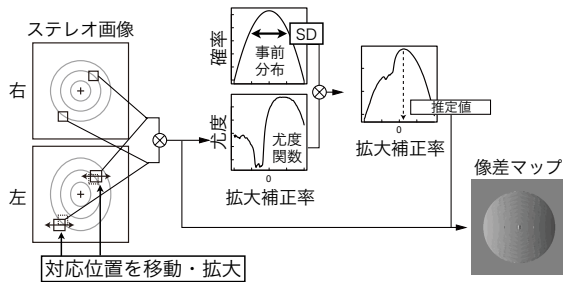


図1 感覚内情報による較正モデルの概略図

2. 研究の目的

研究代表者は、立体知覚の較正プロセスに関する上述の2つの問題を、次に示す方略で解決することを目標とする：(1) 視覚情報と体性感覚情報の両方が較正に用いられているという多重較正仮説を立て、(2) この仮説をテストするために心理物理学的手法を組み合わせた脳活動計測実験を行う。そして、(3) 較正の指標であるそれぞれの感覚情報の重みづけ係数を個人間で比較し、刺激の知覚との相関を検討することで、較正のための感覚情報統合プロセスを解明する。

3. 研究の方法

立体知覚における感覚内・感覚間情報に基づく較正プロセスを明らかにするために、心理物理学的手法を組み合わせた脳活動計測実験を行う。実験に用いる刺激は、水平・垂直像差や遠近法手がかりをもつ視覚刺激と触覚刺激を組み合わせたものとし、刺激の見えを測定する。脳活動を計測するために、大脳皮質活動の時空間的变化を正確に捉えることができる脳磁図（MEG）を利用する。

上記の方法に加えて、立体知覚の基礎的過程である視覚または体性感覚による形や大きさ、傾きを調べるための心理物理学的研究を行う。視覚刺激は両眼または片眼で観察するものとし、立体形状が知覚される画像を用い、奥行き手がかりが矛盾するような条件で実験を行う。画像の2次元および3次元の知覚を測定することで、較正の仕組みについての示唆を得る。さらに体性感覚（触覚）による立体の認識では、視覚に頼らずに触れた形状の判断を求める課題を行い、空間的な触覚パターンによってどのような形状が知覚されるかを調べる。

このような実験によって、立体知覚のための感覚内情報（視覚）と感覚間情報（視覚と体性感覚）に基づく較正に関わる脳活動を可視化し、多重較正モデルを提案する。

4. 研究成果

心理物理学的手法を組み合わせた脳活動計測実験、さらに心理物理学実験による研究を行った。

触覚情報に基づく形態知覚を調べる実験では、成人の参加者にプラスチックからなる対象に手で触れてもらい、直接は触れてはいないが全体としてどのような形状であるかについての判断を求める課題を行った。その結果、直接は触れていない部分の深さは、触れている部分の隣接する距離に応じて線形に増加することが明らかになった。このように直接は触れていない部分であっても、その

深さに基づいて、その直後に行う体性感覚的な作業記憶課題の反応が変化することも明らかになった。さらに、触れていない部分の深さは、3次元空間内で近傍に提示される視覚映像の判断に影響することも明らかになった。

視覚情報に基づく立体形状知覚を調べる心理物理学の実験では、ある対象の周囲の両眼網膜像差によって中央の部分の傾きが変化して見える両眼傾き対比を検討した。両眼傾き対比の説明原理として従来から知られているものは、傾きの手がかりの間の矛盾である。この説明によれば、絵画的奥行き手がかりと両眼手がかり（網膜像差）が矛盾するときに、実際には存在しない見かけの傾きが見えてしまう。この説明に対立するのは、視覚刺激に対する局所的または全体的な較正（標準化）が傾き対比をもたらすというものである。この実験では、絵画的奥行き手がかりとして線遠近法を取り上げ、対比を誘導する部分の手がかりを変化させて傾きを判断する課題を行った。その結果、傾き対比は誘導部分に設けた線遠近法手がかりによらず生じ、局所的な較正によって傾き対比が生じていることを示唆する結果を得た。

両眼傾き対比現象における手がかりの矛盾の役割をさらに検討するため、画像を提示する時間を変化させた実験も行った。この実験でも手がかりの矛盾をもたらす要因として線遠近法を取り上げ、誘導部分の手がかり矛盾を操作しながら傾き対比の量を検討した。その結果、傾き対比の量は誘導部分の手がかり矛盾の影響をあまり受けず、提示時間の関数として安定して増加することが明らかになった。これは、前の実験と同様に、遠近法と両眼網膜像差の間の感覚内手がかり矛盾は、形状の判断にあまり大きな影響を与えないことを示唆している。

感覚内の手がかり矛盾の別の要因として、垂直両眼網膜像差を取り上げ、この変化が知覚的判断および脳活動にどのような影響を与えるかを検討した。その結果、垂直像差は水平像差とともに知覚的判断に影響し、画像の特徴を反映した脳活動が生じることが明らかになった。これらの実験の結果を総合すると、(1) 視覚と体性感覚の間ではかなりの程度まで一貫した知覚表象を作り出すための較正が行われ、(2) 視覚手がかりの間では、その種類によって較正の仕組みが異なっていることが示唆される結果を得た。

引用文献

- ① Hiroyuki Mitsudo, Ayumi Sakai, & Hirohiko Kaneko. (2013). Vertical size disparity and the correction of stereo correspondence. *Perception*, 42 巻, 385-400.

- ② Hiroyuki Mitsudo, Hirohiko Kaneko, & Shin'ya Nishida (2009). Perceived depth of curved lines in the presence of cyclovergence. *Vision Research*, 49 巻, 348-361.

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計3件)

- ① Shinya Harada, & Hiroyuki Mitsudo. (2018). Stereoscopic slant contrast and the perception of inducer slant at brief stimulus presentations. 査読有, *Perception*, 47 巻, 171-184. DOI: <https://doi.org/10.1177/0301006617739755>
- ② Shinya Harada, & Hiroyuki Mitsudo. (2017). Stereoscopic depth contrast in a 3D Müller-Lyer configuration: Evidence for local normalization. 査読有, *Perception*, 46 巻, 860-873. DOI: <https://doi.org/10.1177/0301006616687319>
- ③ Hiroyuki Mitsudo. (2015). Inferring the depth of 3-D objects from tactile spatial information, 査読有, *Attention, Perception, & Psychophysics*, 77 巻, 1411-1422. DOI: <https://doi.org/10.3758/s13414-015-0878-5>

[学会発表] (計7件)

- ① 光藤 宏行, 廣永 成人, 緒方 勝也, 飛松 省三. 垂直像差に対する神経活動は水平像差に基づく奥行き知覚を予測する, 日本視覚学会 2017 年夏季大会, 2017.
- ② 光藤 宏行. 両眼立体視における対応マップの補正, 第 119 回日本画像学会年次大会, 2017.
- ③ 原田 佑規, 光藤 宏行. 千鳥掛け柵効果: 視覚的な柵の傾きは進行動作に影響する, 日本認知心理学会第 15 回大会, 2017.
- ④ Yi Zhang, Hiroyuki Mitsudo. Perceived 2D shape and orientation of a 3D object, The 33rd Annual Meeting of the International Society for Psychophysics, 2017.
- ⑤ 張 伊, 光藤 宏行. 画像の大きさが 3 次元形状知覚に与える影響, 日本視覚学会 2016 年夏季大会, 2016.
- ⑥ 光藤 宏行. 触覚パターン情報に基づく 3 次元形状判断: 視覚課題を用いた検討,

日本視覚学会 2015 年夏季大会, 2015.

- ⑦ 光藤 宏行. 触れていない部分に基づく
触覚的位置記憶の更新, 日本認知心理学会
第 13 回大会, 2015.

[図書] (計 2 件)

- ① 光藤 宏行 他. 視覚刺激の空間的制御
とその較正, 実験心理学ハンドブック,
朝倉書店, 印刷中
- ② 光藤 宏行 他. 心理学ビジュアル百科,
創元社, 2016, 248

6. 研究組織

(1) 研究代表者

光藤 宏行 (MITSUDO, Hiroyuki)
九州大学・大学院人間環境学研究院・准教授
研究者番号: 00426644