

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 20 日現在

機関番号：12601

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2011～2014

課題番号：23653221

研究課題名(和文) 視触覚相互作用に基づく誤定位の生起要因に関する認知心理学的研究

研究課題名(英文) Cognitive Psychological study on misorientation by visit-tactile interaction

研究代表者

横澤 一彦 (Yokosawa, Kazuhiko)

東京大学・人文社会系研究科・教授

研究者番号：20311649

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,400,000円

研究成果の概要(和文)：ラバーハンド錯覚は、隠された自分の手に対する触覚刺激で、見えている偽の手を自分の手と感じる現象である。第1に、この錯覚を起こすために、他者刺激が必要であるかを調べ、自分自身による刺激でも錯覚が生じたことから、他者刺激が必要というわけではなかった。第2に、偽の手を自分が所有していると感じるとすると、温度感覚も転移するかどうかを調べ、隠された手に対する温度刺激が、偽の手に対する温度刺激に影響していた。第3に、ラバーハンド錯覚と同様に視触覚相互作用で生じる幽体離脱体験が、局所的触覚刺激ではなく、全体的な触覚刺激でも生じるかを調べ、風を用いた全体的な触覚刺激では、幽体離脱体験が生じにくかった。

研究成果の概要(英文)：The rubber hand illusion (RHI) is a phenomenon in which hidden human touches to a hand are perceived as arising from a fake hand. First, we investigated whether an externally-produced stimulus is essential for eliciting the RHI. We found that externally-produced tactile stimulation appears unnecessary for RHI. Second, we tested the possibility that the ownership of the body surface on which a visual stimulus is placed enhances the likelihood of a visual-thermal interaction. Results indicated that the sight of an apparently-thermal object on a rubber hand that is illusorily perceived as one's own hand affects thermal judgments about the object physically touching this hand. Third, we investigated whether "out of body experience" needs local visual-tactile stimulation, when he looks at a video of his back monitored by camera through head-mounted displays. We reported that a broad air flow to one's body and a view of an electric fan circulating air can not induce such an illusion.

研究分野：認知心理学

キーワード：視触覚相互作用 ラバーハンド錯覚 幽体離脱体験 情報統合 統合的認知 高次視覚

1. 研究当初の背景

我々が身体を動かしたり、他者や身の周りの物体と適切に相互作用するためには、自分自身の身体を他から区別し、自分の身体が自分のものであるという感覚を持つ必要がある。この身体所有感覚は、特定の感覚器官によって得られるものではないため、この感覚を調べることはなかなか難しかった。この難問は古くから哲学者達による議論の対象であったが、近年、認知科学および実験心理学の手法を用いた検討が急速に進んでいる。身体所有感覚は、体全体に対しても、手足のような個々の身体部位に対しても感じられ、特に手は我々にとって特に重要な身体部位の一つであることから、手の所有感覚に関する研究が中心になって行われていた。

2. 研究の目的

ラバーハンド錯覚や幽体離脱現象は、視触覚相互作用により自分自身の体や腕が誤定位される現象である。いずれも、他者もしくは自分自身の身体所有感覚に対して、そのような解釈をすれば唯一整合性が高い状況で生じることが分かっている。そこで、モダリティ間の結合錯誤に基づく誤定位現象として、ラバーハンド錯覚や幽体離脱現象を取り上げ、その特性を明らかにする。本研究の目的は、ラバーハンド錯覚や幽体離脱現象などの生起要因を調べることにより、感覚間相互作用による適応的情報統合過程の存在を明らかにすることである。

3. 研究の方法

ラバーハンド錯覚は、実験参加者の目の前にゴムでできた偽物の左手（ラバーハンド）を置き、本物の左手は参加者から見えないように衝立で隠し、ラバーハンドと本物の手の両方に同期した刺激を繰り返し与えた後に、質問紙を用いて参加者の主観的体験を尋ねると、参加者は隠された本物の手の上ではなく、目の前のラバーハンドの上で触覚刺激を与えられているように感じる。この錯覚は、質問紙のみならず、より客観的な指標によって測ることもできる。錯覚を起こさせた手の特定の指の位置を答えさせると、刺激を与えた後に回答された位置は、刺激を与える前に回答された位置よりも、ラバーハンドの方向にずれてしまう。このずれのことを自己受容感覚ドリフトと呼ぶ。つまり、ラバーハンド錯覚は、身体部

位の位置や状態に関する感覚である自己受容感覚が変容した状態と言える。なお、ラバーハンド錯覚は、ラバーハンドと本物の手の両方に与える刺激が同期している場合にのみ生じることが報告されている。このことから、ラバーハンド錯覚の生起にとって、同時に与えられた視覚情報、触覚情報の時空間的な一貫性が鍵となっていることが分かる。このような複数感覚情報の一貫性によって、目の前の手が自分の手であるという感覚が強固に保持される。安定した身体所有感覚を保持するためには、様々な感覚情報間の一貫性が重要な手掛かりとなる。感覚情報間の一貫性が崩れると、通常では起こり得ない不思議な身体所有感覚が、ラバーハンド錯覚に限らず生じることが報告されている。被験者の後姿をビデオカメラで映した映像をヘッドマウントディスプレイによってフィードバックしながら、被験者自身の胸部と、カメラのすぐ下の空間で、繰り返し同期した触覚刺激を与えると、「自分の体がカメラの位置にあり、自分の背中を後ろから眺めているようだ」という、あたかも幽体離脱を体験しているような感覚が得られる。このように、ラバーハンド錯覚や幽体離脱体験を生起させる典型的な実験方法が確立されており、それらを応用した実験を行った。

4. 研究成果

4.1 自己刺激とラバーハンド錯覚

触覚刺激には他者に触れられた際に感じる刺激（他者刺激）と、自らの運動によって引き起こされる刺激（自己刺激）の両方が存在する。他者刺激と自己刺激は、例えば自分の足の裏を自分で搔いてもあまりくすぐったさを感じないことから分かるように、脳内で異なる処理を受けると考えられている。このような背景のもと、自己刺激を用いたラバーハンド錯覚の実験を行った。自己刺激を用いてラバーハンド錯覚の実験を行うにあたって、まず大きな問題点があった。錯覚を起こさせる手（左手）は机に固定せざるを得ないため、自由に動かせるもう片方の手（右手）だけで、ラバーハンドと本物の手の両方に触覚刺激を与える点である。これを解決するため、Phantom Omni（SensAble Technologies社製）を用いた。Phantom Omniとは、いわば三次元マウスのような装置である。あらかじめディスプレイ上に、仮想的なラバーハンドとなる手掌画像を表示し、参加者の手を刺激するべ

ン先の様子を同時に呈示することが可能になる。このようにして、空いている右手だけで二つの手に同時に刺激を与えることができる。

実験条件は、実験者同期条件、参加者同期条件、同期情報非提示条件の三つであった。実験者同期条件とは、コントロールのために設けた条件であり、実験者が Phantom Omni のペンを操作して参加者の左手に刺激を与えた。つまり、通常のラバーハンド錯覚の実験とほぼ同じ条件と言える。一方、参加者同期条件では、参加者が、空いている右手で Phantom Omni のペンを操作して自分の左手に刺激を与えた。つまり、自己刺激によってラバーハンド錯覚を引き起こそうとする条件である。最後の同期情報非提示条件も、コントロールのための条件である。この条件では、参加者が自分の左手に刺激を与えるものの、ディスプレイ上の手掌画像の上には、ペン先の動きが表示されない。つまり、参加者の左手に触覚刺激が与えられるのみである。ラバーハンド錯覚は、二つの手の上に同期した刺激が与えられる場合にのみ生じることが報告されているため、この条件では錯覚は生じないと考えられる。まず、ディスプレイの左側に Phantom Omni を置き、Phantom Omni のペン先を降ろした時にちょうど手に触れるような位置に、参加者の左手を固定した。そして、参加者の手の上のペン先と、ディスプレイの手掌画像の上に表示されるポインタが、手の上の全く同じ位置に来るように調整を行った。そして、自己受容感覚ドリフトを測定するための準備として、左手の中指の主観的な位置を回答させた。各条件で6分間刺激を行った後で、再び同じ方法で左手中指の位置を報告させた。この時の位置と、最初に報告させた時の位置との差分を自己受容感覚ドリフトとした。続いて、質問紙を用いて、刺激を与えられていた間の参加者の主観的体験について尋ねた。全部で10項目の主観的体験を記述したものであり、参加者は7件法を用いて、各項目の内容と自らの主観的体験との一致度について評定を行った。自己受容感覚ドリフトの値は、実験者同期条件の方が参加者同期条件よりも、また、参加者同期条件の方が同期情報非提示条件よりも、有意に高くなっていた。質問紙の結果から、実験者同期条件、参加者同期条件においては、先行研究と同様の錯覚が生じていた。このことは、他者刺激のみならず、自己刺激によってもラバーハンド錯覚が生じる

ことを示している。一方、自己受容感覚ドリフトの結果から、参加者同期条件では、錯覚が生じていたものの、錯覚の量（自己受容感覚ドリフトの大きさ）は実験者同期条件よりも小さかった。このことは、自己刺激によって引き起こされるラバーハンド錯覚が、他者刺激によって引き起こされるラバーハンド錯覚よりも弱い錯覚であることを示している。この結果は、他者刺激がラバーハンド錯覚の必要条件ではなく、自己刺激によってもラバーハンド錯覚が引き起こされることが分かった。手の身体所有感覚は、触覚刺激が他者刺激、自己刺激のどちらであるかによらず、同時に与えられる複数感覚情報の一貫性によって保たれていると考えられる。ただし、実験者同期条件に比べて、参加者同期条件ではラバーハンド錯覚が减弱したが、参加者が自ら Phantom Omni のペンを動かすことによって、左手に与えられる触覚刺激が抑制されていたと考えられる。

4-2 身体所有感覚の変容とその影響

我々は手や腕といった身体部位を通して、様々な感覚情報を受け取っている。そのため、身体所有感覚と、身体を通じた感覚・知覚処理は、密接に関わっていると考えられる。手に関わるもう一つの重要な感覚として、温度感覚が挙げられる。そこで、温度感覚を利用して、ラバーハンド錯覚による手の所有感覚の変容が、実際の手の知覚処理にどのような影響を与えるのかを検討した。この実験では、ラバーハンド錯覚を生起させる一般的な手続きに加えて、温度判断課題を行った。まず、参加者の本物の手とラバーハンドに刺激を与え、その前後に本物の手の知覚的な位置を回答させることで、自己受容感覚ドリフトを測定した。その後、温度判断課題を行い、最後に質問紙への回答を求めた。この一連の手続きを、本物の手とラバーハンドへの刺激が同期して与えられる条件（同期条件）と、交互に与えられる条件（非同期条件）の両方で行った。なお、自己受容感覚ドリフトと質問紙の結果からは、同期条件では錯覚が生じ、非同期条件では生じていなかったことが示された。すなわち、ラバーハンド錯覚が生じた状態と、生じていない状態の両方で、温度判断課題を行ったことになる。温度判断課題は、本物の手とラバーハンドに物体を載せ、物体の温度について回答を求めるものであった。本物の手に呈示す

る物体とラバーハンドに呈示する物体は異なっていたが、いずれも、常温と低温の二種類であった。ラバーハンドに呈示する物体は、実際には参加者の身体に触れないため、物理的な温度の操作は行わなかったが、視覚的に特定の温度を示唆するものであった。低温刺激として、視覚的に冷たさを示唆する氷を用いた。常温刺激として、氷とほぼ同じ大きさ、形のプラスチックキューブを用いた。本物の手に呈示する物体は、実際に参加者の身体に触れるため、物理的な温度の操作を行った。低温刺激は 22°C のプラスチックキューブ、常温刺激は 31°C のプラスチックキューブであった。温度判断課題はまず、本物の手とラバーハンドの両方に、同時に一つずつ物体を載せた。3 秒間そのまま保持し、いったん物体を引き上げてから、再び、両方の手に一つずつ物体を載せた。そして、本物の手に載せられた最初の物体に比べて、二つ目の物体が温かく感じられたか、それとも冷たく感じられたかを、二択で回答させた。実際に温度が上昇、あるいは低下する場合もあれば、常温のまま、あるいは低温のまま変化しない場合もあった。ラバーハンドの上で温度変化がない条件に比べて、ラバーハンドの上で温度変化があった条件では、物体温度の上昇を回答した参加者の割合が大きく偏っていた。このことは、実際には本物の手の上の温度変化がないにもかかわらず、ラバーハンドの上で視覚的な温度変化があった場合には、本物の手に触れる物体が温かく、または冷たくなったように感じられたことを示している。また、ラバーハンド錯覚が生じている時のみ、ラバーハンド上の物体の温度変化が、本物の手の温度感覚に影響を与えていた。この結果は、錯覚によって身体に組み込まれたラバーハンドが、載せられた物体の温度までも知覚してしまうことを意味している。

4-3 全体的刺激による幽体離脱体験の生起

幽体離脱体験は、被験者の後姿をビデオカメラで映した映像をヘッドマウントディスプレイによってフィードバックしながら、被験者自身の胸部と、カメラのすぐ下の空間に、繰り返し同期した触覚刺激を与えることで、生起する。本研究では、胸部のみに与える局所的な刺激ではなく、上半身全体に与える大局的な刺激を用いても、同様の錯覚が生じるか、検討を行った。

椅子に座った実験参加者の後姿を撮影した 3D ビデオカメラの映像を、被験者が装着する 3D ヘッドマウントディスプレイに、実時間で提示した。二つの扇風機 (A, B) を準備し、扇風機 A は参加者の前方に、扇風機 B は参加者とビデオカメラの中間に設置した。扇風機 A は参加者に向けて、扇風機 B はビデオカメラに向けて送風を行うように設置した。なお、扇風機 A は参加者の後姿に隠れ、ビデオカメラには映らないようになっていた。すなわち、参加者はヘッドマウントディスプレイを通して、扇風機 B と、その向こうに座っている自分の後姿のみを観察する状態であった。扇風機 A の電源が ON になると、参加者の上半身は前方からの風を受け、扇風機 B の電源が ON になると、参加者はビデオカメラに向けて送風を行う扇風機の様子を観察することになる。扇風機 A と B の電源が ON/OFF になるタイミングが常に同期している条件(同期条件)と、片方の電源が ON の場合には常にもう片方の電源が OFF になるよう交互に電源を切り替える条件(非同期条件)の、二条件で実験を行った。各条件で刺激を与えた後、質問紙を用いて、実験中の参加者の主観的体験について尋ねた。質問紙は、実験中に生起する可能性がある様々な感覚を 9 項目にわたって評定させた。

本実験では、質問項目の一部において、視触覚刺激の同期性の効果が見られた。これは、参加者に対して送風を行う扇風機 A と、フィードバックされた映像中の扇風機 B に由来する視覚 - 触覚情報が、同期条件においては統合されていたことを示唆する。一方、自分の体からの離脱、および体の移動といった、幽体離脱のような感覚は生じなかったことが推察された。胸部のみに与える局所的な刺激と、上半身全体に与える大局的な刺激を用いた場合とでは、異なる種類の錯覚が生じる可能性が考えられる。なお、扇風機の風は、局所的な触覚刺激に比べて、刺激強度の立ち上がり / 立ち下がり時間を長く要するため、本実験の手続きにおいては、非同期条件においても、部分的に扇風機 A, B による刺激が重複し、そのために視触覚刺激の同期性の効果が観察されにくくなっていた可能性がある。非同期条件における扇風機 A, B の刺激の重複をなくす、または風ではない大局的刺激を用いることによって、異なる結果が得られたと考えられる。

5 . 主な発表論文等

[雑誌論文] (計3件)

- 1) 横澤一彦 (2014). 統合的認知, 認知科学, 21 (3), 295-303.
- 2) Kanaya, S., Matsushima, Y. and Yokosawa, K. (2012). Does seeing ice really feel cold? Visual-Thermal Interaction under an Illusory Body-Ownership, PLoS One, 7(11), e47293.
- 3) 金谷翔子, 石渡貴大, 横澤一彦 (2011). 自己による触刺激がラバーハンド錯覚に与える影響, 基礎心理学研究, 30(1), 11-18.

[学会発表] (計5件)

- 1) Kanaya, S., Mori, M. & Yokosawa, K. (2013), The Possibility of Out-of-body Experience under Correlated Visual-tactile Input through Air Flow, The 54th Annual Meeting of Psychonomic Society, Toronto, Canada, 2013年11月15日.
- 2) 金谷翔子, 横澤一彦 (2013). 風刺激を用いた幽体離脱感覚の生起に関する検討, 第11回「注意と認知」合宿研究会, 16, 2013年3月10日.
- 3) Kanaya, S., Matsushima, Y., Yokosawa, K. (2011). A thermal illusion induced by visual objects on the Rubber Hand, The 52nd Annual Meeting of Psychonomic Society, Seattle, USA, 2011年11月4日.
- 4) 金谷翔子, 松島由佳, 横澤一彦 (2011). ラバーハンド錯覚が温度感覚に与える影響, 日本心理学会75回大会, 2AM083, 東京, 2011年9月16日.
- 5) Yokosawa, K., Kanaya, S., & Ishiwata, T. (2011). Self-produced stimulation can elicit rubber hand illusion, The 11th annual meeting of The Vision Science Society, 26.330, Naples, USA, 2011年5月8日.

[図書] (計0件)

[産業財産権] (計0件)

[その他]

ホームページ等 なし

6 . 研究組織

(1)研究代表者

横澤 一彦(YOKOSAWA, Kazuhiko)

東京大学・大学院人文社会系研究科・教授

研究者番号: 20311649

(2)研究分担者

なし

(3)連携研究者

なし

(4)研究協力者

金谷 翔子(KANAYA, Shoko)