

視覚－聴覚／触覚刺激が身体錯覚中の自己感生起に及ぼす影響の比較

東 井 千 春*

Visual-auditory stimulus during out-of-body illusion can induce the sense of self as well as visual-tactile stimulus.

TOI Chiharu

Abstract

This study aims to compare the effect of the visual-tactile integration with that of visual-auditory integration on the sense of self during out of body illusion and points out the importance of the multisensory integration as a component of the sense of self. This ‘multisensory integration’ is one of the important factors of bodily self-consciousness, and the other two factors are plausibility, and first-person-perspective. The result shows that the participants felt illusions significantly more intensively when visual-auditory / visual-tactile information was presented simultaneously than alternatively. And it also suggests the possibility that visual-tactile stimulus induces the illusion more than the visual-auditory stimulus does. Furthermore, when presenting visual-auditory stimulus by irregular rhythms, females felt the illusions more, and in turn, males felt the illusion more when presenting visual-tactile stimulus. This result shows the critical difference between the property of audition and touch in out-of-body illusion. It suggests that the combinations of vision and touch are robust and not changeable, while those of vision and audition are highly weak. In sum, it is needed to investigate the effect of audition and other factors on the sense of self in more detail using out-of-body illusion.

Keywords : sense of self, bodily self-consciousness, out-of-body illusion, multisensory integration, multimodal (visual-tactile / visual-auditory)

問題・目的

私たちは普段、自分の身体が自分のものであることに何の疑いも持たず、また、何かを意識することもなく、自分の身体を思った通りに動かすことができる。これらの感覚、自分の身体は自分のものであるという「自己所有感 (sense of body-ownership)」と、自分の身体を自由に動かすことができるという「運動主体感 (sense of self-agency)」によって、私たちが当たり前持つ、「自分は自分である」という自己感 (sense of self) が成り立っている (Gallagher, 2000)。この自己感を扱った研究の中でも、本論文では、自己と“身体”の関係に着目した研究を報告する。身体という視点からのアプローチとしては、身体によって生起される自己＝「身体的自己意識 (bodily self-consciousness)」という考え方 (Blanke, 2012) が挙げられる。私たちは、「自分が自分の身体のなかにいる」と感じ、「その自分の身体 (あるいは、そのなかにいる“何か”) こそが自分である」と感じる。Blanke (2012) は、誰もが当たり前持っているこの意識のことを、“身体的自己意識”と定義している。

この概念を支持する研究として、身体感覚と自己意識が解離するような状況を作り出す身体錯覚 (body illu-

キーワード：自己感、身体的自己意識、身体錯覚、多感覚統合、マルチモーダル (視覚－触覚／視覚－聴覚)

*平成28年度生 人間発達科学専攻

sion) が多く用いられてきた (Botvinick & Cohen, 1998; Lenggenhager, Tadi, Metzinger, & Blanke, 2007; Ehrsson, 2007; 詳細は Kilteni, Maselli, Kording & Slater, 2015 を参照)。その代表的な研究として挙げられるのが、Botvinick & Cohen (1998) の「ラバーハンド錯覚 (Rubber-Hand Illusion: 以下 RHI)」である。これは、自分の手を覆い隠すようにして置かれたラバーの手 (=偽の手) を見ながら、自分の手と偽の手の対応する位置を同時に撫でられ続けると、徐々に、偽の手のほうが自分の手であるかのように感じるようになる、という錯覚である。この RHI に端を発した身体錯覚実験は、近年、様々なバリエーションを用いて実証されており、そのなかでも、特に身体的自己意識と密接に結びついた実験として挙げられるのが、身体全体を用いた「全身錯覚 (full-body illusion: 以下 FBI)」(Lenggenhager, et al., 2007; Ehrsson, 2007) である。これは、ヘッドマウントディスプレイ (Head-Mounted Display: 以下 HMD) を装着した状態で、自分の身体 (背中) の映像をリアルタイムで見ながらつつかれ続けると、次第に自分の前に自分がいるように感じるようになる、という錯覚である。この FBI には 2 種類の錯覚が存在する。1 つ目は、Lenggenhager, et al. (2007) による“FBI”: 自分の背中がつつかれている映像を見ることで、「つつかれている自分は、自分より前にいる」と錯覚する身体錯覚である。一方、Ehrsson (2007) では、同じく自分の背中は見えているが、棒がカメラに向かって近づいてくると同時に、自分からは見えない肩の部分をつつかれる。映像内でつつく動きをする棒は、実際には何もしておらず、同期した別の棒による刺激が参加者に与えられている。すると次第に、「つつかれている自分は、自分の後ろにいる」と錯覚するようになる。Ehrsson (2007) の実験をより精緻化した Guterstam & Ehrsson (2012) では、これを「幽体離脱錯覚 (out-of-body illusion: 以下 OBI) と呼んでおり、前者の FBI とは区別して論じている。本論文では、聴覚の時間的な優位特性 (後述) も考慮し、刺激提示の位置やタイミングの操作がより柔軟に可能であるという点から、後者の OBI を用いて実験を行うこととした。

なお、近年、これらの錯覚を用いた研究は、行動指標や生理指標での測定のみにとどまらず、fMRI や NIRS といった脳機能測定を用いての検証も、盛んに行われている (Serino, et al., 2013)。特に、前運動皮質 (premotor cortex: Petkova, et al., 2011) や、TPJ (temporo-parietal junction) といった部位 (Ionta, et al., 2011) が、自己定位や身体感覚に関連することが明らかになってきている。本研究は、視覚-聴覚情報を用いた身体錯覚という新たなパラダイムを提案することで、これら脳機能研究にも資することができると思われる。

上述の身体錯覚実験により、「身体 (部位) が自分のものである」という感覚を生じさせるには、(a) 多感覚 (視覚-触覚情報の) 統合 (multisensory (visual-tactile) integration)、(b) 見た目の整合性 (plausibility)、(c) 一人称視点 (first-person perspective) の 3 つの要素さえあればよい、ということが明らかになっている (Guterstam & Ehrsson, 2012)。本研究では、この中でも (a) 多感覚統合 に着目し、実験を行った。その理由として、これまで“視覚情報と触覚情報の組み合わせ”による身体錯覚の検討は多く行われてきた一方で、他のモダリティを用いたものはほとんど存在しないという点が挙げられる。知覚は、最も信頼できる情報を伝える感覚が支配性を持ち、視覚は空間タスク、触覚は触感、聴覚は時間判断において優位性がある、ということが古くから言われている (Welch & Warren, 1980)。刺激の時間判断をするという点では、聴覚も自己感には非常に重要な要素であると考えられる。また、音源定位といった現象が示すように、自己位置の特定には聴覚情報が大きく影響すると考えられる。以上のことから、今回は“聴覚”に着目し、従来の視覚-触覚情報の組み合わせだけではなく、視覚-聴覚情報を組み合わせて OBI 実験を行ったとき、その錯覚の度合いにどのような変化がみられるのか検討を行うこととした。

加えて、本論文では、個人差—特に性差にも着目することとした。これまで、OBI 研究においては、個人差の要因については検討されておらず、誰でも錯覚が起こる (Guterstam & Ehrsson, 2012) とされている。しかし、女性のほうが錯視にかかりやすい (Declerck & De Brabander, 2002; Ling, Hamilton, & Heernan, 2006) という研究があるほか、視聴覚刺激の相互影響を示した錯覚である“マガーク効果” (McGurk & MacDonald, 1976) においては、言語によっては結果に性差がみられる結果 (Aloufy, Lapidot, & Myslobodsky, 1996) や、視聴覚の言語処理に性差がみられる結果 (Irwin, Whalen, & Fowler, 2006) が報告されている。このように、性別によって、錯覚の生起の度合いに差がある可能性が考えられる。ただし、本論文では、参加者人数が少ないため、あくまで副次的な検討ではあるが、錯覚生起の度合いにおける性差についても、合わせて検討することとした。

本研究全体の目的としては、「モダリティの組み合わせ (視覚-触覚/視覚-聴覚) によって、錯覚生起の度

合いに違いがみられるか」を検証することであった。合わせて、全体を通して、性差についても副次的に検討することとした。本論文は3つの実験から構成されており、上述の主目的に加え、実験1は、聴覚刺激に用いる実験器具の妥当性の検討、実験2は、実験1の個人差要因を排除した上での検討、実験3は、実験2の遅延フィードバックの影響を排除した上での検討、という副目的を設定し、実験を行うこととした。

実験1

目的

視覚-聴覚/視覚-触覚の各刺激を用いた場合に、OBIの錯覚の度合いに差があるか、比較検討を行うことを目的とした。合わせて、性差について検討するとともに、これまで聴覚情報を用いたOBIは行われていないことから、聴覚刺激として初めて用いた「カスタネット」の妥当性を検討することを副目的として実験を行った。

方法

参加者 大学生の男女32名（男性12名・女性20名、平均年齢20.9歳（ $SD=1.27$ ））であった。全員が、この錯覚についての知識のない状態であった。

刺激 視覚刺激としてビデオカメラ（SONY HDR-CX560V）の映像、聴覚刺激としてカスタネット2個（片方は音が鳴らないように改造したもの）、触覚刺激として長さ20 cm、直径2.5 cmの棒2本を用い、視覚刺激の提示にはHMD（I-CINE GVD-420、約23万画素、視野角24°）を使用した。まず、機材の都合上、ビデオカメラは、先行研究と異なり1台のみを使用し、その映像を直接HMDに投射する形で実験を行った。また、今回初めて行う聴覚条件にはカスタネットを使用した。選定理由として、(a) 60 bpmで音を鳴らすことを考えたとき、（鈴などとは異なり）音が鳴るピークが分かりやすく、1音1音の弁別が容易であること、(b) 点滅と音といった一時的な学習による対応付けではなく、音と動作の対応に生態学的妥当性があること、(c) 音を鳴らすという動作を容易に想像できる、誰もが知っている身近なものであること、以上3点を満たすものとして、カスタネットを選定した。

倫理的配慮 本研究は、信州大学人文学部倫理審査の承認を受けた実験である。参加者には、参加当日に体調に問題がなく、問題がある場合は実験を中止すること、また、実験中も体調が悪くなった場合はすぐに実験を中止できることを確認し、実験開始前にインフォームド・コンセントをとった。また、実験中の体調にも十分配慮し、HMDによる映像酔いの可能性があるため、酔いが起こっていないことをその都度確認し、起こった場合は実験を中止するのですぐに申し出るよう、注意深く教示した上で実験を行った。

手続き 実験は、Ehrsson (2007) ならびにGuterstam & Ehrsson (2012) のOBIパラダイムを用い、一部、聴覚条件に合うよう改変して行った。参加者は、無作為に2群に分けられ、聴覚条件/触覚条件のいずれかを受けた。また、聴覚条件/触覚条件それぞれの刺激条件に対して、刺激提示のタイミングに関する条件を設定した：視覚-聴覚（あるいは視覚-触覚）の各刺激が一致して同時に提示されるSync条件と、交互に提示されるNon-Sync条件であった。この2条件を3回ずつ、乱数表を用いたランダムな順番で計6試行を行った。

具体的な手順は以下の通りであった：参加者はまず、約3m四方の実験室で、Figure 1のように、カメラの前180 cmに配置されたイスに座り、HMDを装着した。そこには、自分の背中が背後から撮影されている映像が、リアルタイムで投射されている状態であった。まず、HMDを装着した状態で、映像がはっきり見えること、酔い等体調に問題がないことを確認してから、実験を開始した。この状態で、カメラの右下部分と参加者の右耳元（聴覚条件）/右肩（触覚条件）に対して、60 beat per minute（以下bpmとする）の

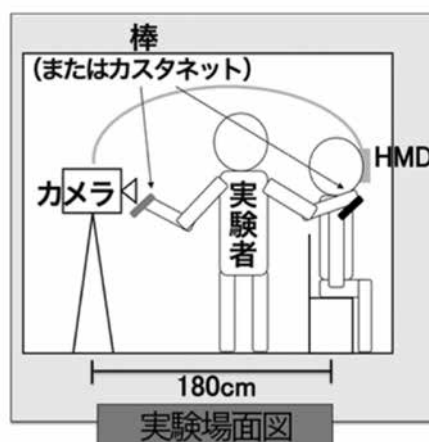


Figure 1. 実験場面図。右側のイスに座っている参加者は、180 cm後方から撮影されている自分の背中中の映像を、リアルタイムで見ている状態。

刺激提示（実験者のみに聞こえる60 bpmのメトロノームに合わせて、約1秒間に1回のペースで提示）を、棒／カスタネット両条件とも同じペースで、1分間行った。なお、今回は、刺激提示を厳密に統制するため、規則的なリズムで、Sync条件はまったく同じタイミングで、Non-Sync条件は、半拍ずつずれた交互のタイミングで提示を行った。参加者は実験中、自分の背中をリアルタイムで見ている状態であり、実際に刺激が提示されている右肩周辺は、実験者の身体で隠されている状態であった。その後、HMDを外した参加者に、イス・カメラそれぞれの位置にいると感じる度合いを0-100で尋ねる位置判断課題（イス・カメラの2項目）、錯覚を測る3項目（S1-S3）と統制項目2項目（S4-S5）からなる質問紙への回答を求めた（「-3：まったくそう思わない」～「3：とてもそう思う」までの7件法：Table 1を参照）。統制項目を設定することで、HMDを装着して刺激を受けたこと自体による影響の排除＝統制が成功していたか確認することができる。なお、位置判断課題におけるイスの回答値を除くすべての値は、大きくなればなるほど、錯覚がより起こっており、小さくなればなるほど、錯覚は起こっていないことを示している。

Table 1 実験に用いた錯覚を測る質問紙の内容（Guterstam & Ehrsson, 2012を日本語用に改変）

項目	モダリティ	質問文
S1	聴覚条件	目の前に見えているカスタネットが、自分の耳元で鳴っているように感じた。
	触覚条件	目の前に近づいてくる手が、（棒で）自分の肩をつついているように感じた。
S2	（共通）	まるで、カメラと同じ位置に自分の頭や目があるように感じた。
S3	聴覚条件	まるで、カスタネットの音を聞いている自分は、カメラと同じ位置にいるように感じた。
	触覚条件	まるで、棒でつつかれている自分は、カメラと同じ位置にいるように感じた。
S4	（共通）	目の見え方が変化し始め、（部分的に）自分が透けて見えるようになった。
S5	（共通）	まるで、自分の頭と体が違う位置にあって、首切り状態にでもなっているように感じた。

分析方法 各質問項目について、モダリティ（聴覚/触覚）×刺激提示のタイミング（Sync/Non-Sync）の二要因混合分散分析を行った。なお、モダリティ条件を直接的に比較しながら錯覚の度合いを測るため、先行研究と同じt検定ではなく、二要因分散分析を用いた。

結果

分析の結果、まず、統制項目には有意差はみられなかった（S4： $F(1,30)=0.77$, *n.s.*、S5： $F(1,30)=0.10$, *n.s.*）ため、実験操作は成功していたと言える。

次に、位置判断課題、および錯覚を測るすべての質問項目において、モダリティの主効果に有意差はみられなかった（イス： $F(1,30)=0.22$, *n.s.*、カメラ： $F(1,30)=0.26$, *n.s.*、S1： $F(1,30)=1.45$, *n.s.*、S2： $F(1,30)=0.07$, *n.s.*、S3： $F(1,30)=0.03$, *n.s.*）が、刺激提示のタイミングの主効果に有意差がみられた（イス： $F(1,30)=9.61$, $p < .005$ 、カメラ： $F(1,30)=13.51$, $p < .001$ 、S1： $F(1,30)=45.81$, $p < .001$ 、S2： $F(1,30)=21.38$, $p < .001$ 、S3： $F(1,30)=22.49$, $p < .001$ ）。また、S3においてのみ、モダリティと刺激提示のタイミングの交互作用に有意差がみられた。（イス： $F(1,30)=0.12$, *n.s.*、カメラ： $F(1,30)=0.24$, *n.s.*、S1： $F(1,30)=1.12$, *n.s.*、S2： $F(1,30)=0.03$, *n.s.*、S3： $F(1,30)=4.92$, $p < .05$ ）（Figure 2）。S3について多重比較を行ったところ、触覚条件においてSync条件 > Non-Sync条件（ $p < .001$ ）であった。

また、性別×モダリティ×刺激提示のタイミングの三要因混合分散分析を行ったところ、いずれの項目においても、二次の交互作用に有意差はみられなかった（イス： $F(1,28)=0.68$, *n.s.*、カメラ： $F(1,28)=0.89$, *n.s.*、S1： $F(1,28)=0.11$, *n.s.*、S2： $F(1,28)=0.08$, *n.s.*、S3： $F(1,28)=2.61$, *n.s.*）。したがって、錯覚の度合いに性差はみられず、男女関係なく錯覚が起きていたと言える。

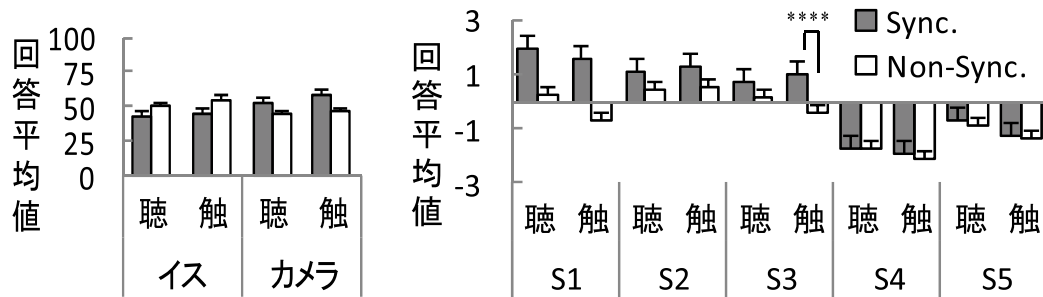


Figure 2. 実験1における位置判断課題の各項目(左)と各質問項目(右)の回答平均値(**** $p < .001$)。エラーバーは標準誤差を示す。

考 察

まず、聴覚刺激としてのカスタネットの妥当性に関しては、どちらのモダリティ条件においても、統制項目には差がなく実験操作が成功していたこと、加えて、両条件とも同程度に錯覚が起きていたことから、妥当性は確保されていたと言える。

次に、視覚—聴覚刺激の組み合わせと視覚—触覚刺激の比較に関しては、2通りの解釈ができる。S3以外の項目では、Sync条件の主効果のみがみられたことから、提示に用いるモダリティが触覚、聴覚いずれを組み合わせた場合でも、同程度に錯覚が起きていたと言える。一方で、S3においては交互作用にも有意差がみられたことから、錯覚は、触覚条件において、より強く起こっていたという可能性が示唆された。S3の項目は「身体感覚のある自分」の定位について尋ねる項目であり、しっかりと「触られている」という感覚のある触覚条件において、より錯覚が起こりやすかった可能性がある。これは、内省報告とも一致する結果である。しかし一方で、実験1では、モダリティ条件を参加者間要因として設定したために、この交互作用の有意差は、個人差による影響であるという可能性も考えられる。この可能性を排除するため、実験2では、参加者内要因としてモダリティ条件を組み込み、より直接的に、モダリティ間の比較を行うこととした。

実験 2

目 的

実験1と同様、モダリティ間の錯覚の度合いを比較検討することを目的とした。ただし、実験2では、実験1でみられた交互作用に個人差が影響している可能性を排除するため、モダリティ条件を参加者内要因として組み込んで実験を行った。

方 法

参加者 実験1とは異なる、大学生の男女16名(男性8名・女性8名、平均年齢20.5歳($SD=1.50$))であった。全員が、この錯覚についての知識のない状態であった。

刺激 実験1と同様であった。

倫理的配慮 実験1と同様の手続きをとった。

手続き 実験1と同様だが、参加者は両モダリティ条件を受けた。HMD酔い等も鑑み、実験1に近い実験時間とするため、各条件を2回ずつ、ランダムな順番で計8試行を行った。

分析方法 各質問項目について、モダリティ×刺激提示のタイミングの二要因参加者内分散分析を行った。

結 果

分析の結果、まず、統制項目には有意差はみられなかった($S4:F(1,15)=0.66, n.s.$ 、 $S5:F(1,15)=1.64, n.s.$)ため、実験1と同様、実験操作は成功していたと言える。

次に、位置判断課題、および錯覚を測るすべての質問項目において、モダリティの主効果に有意差はみられなかった(イス: $F(1,15)=2.71, n.s.$ 、カメラ: $F(1,15)=3.09, n.s.$ 、 $S1:F(1,15)=0.10, n.s.$ 、 $S2:F(1,15)=0.32, n.s.$ 、

S3 : $F(1,15) = 0.64, n.s.$) が、刺激提示のタイミングの主効果に有意差がみられた (イス : $F(1,15) = 10.02, p < .05$ 、カメラ : $F(1,15) = 9.68, p < .01$ 、S1 : $F(1,15) = 62.11, p < .001$ 、S2 : $F(1,15) = 6.80, p < .05$ 、S3 : $F(1,15) = 22.84, p < .001$) (Figure 3)。また、モダリティと刺激提示のタイミングの交互作用には、有意差はみられなかった (イス : $F(1,15) = 0.87, n.s.$ 、カメラ : $F(1,15) = 0.64, n.s.$ 、S1 : $F(1,15) = 0.29, n.s.$ 、S2 : $F(1,15) = 0.01, n.s.$ 、S3 : $F(1,15) = 3.00, n.s.$)。

また、性別×モダリティ×刺激提示のタイミングの三要因混合分散分析を行ったところ、いずれの項目においても、二次の交互作用に有意差はみられなかった (イス : $F(1,14) = 0.10, n.s.$ 、カメラ : $F(1,14) = 0.01, n.s.$ 、S1 : $F(1,14) = 2.41, n.s.$ 、S2 : $F(1,14) = 0.39, n.s.$ 、S3 : $F(1,14) = 0.13, n.s.$)。したがって、錯覚の度合いに性差はみられず、男女関係なく錯覚が起きていたと言える。

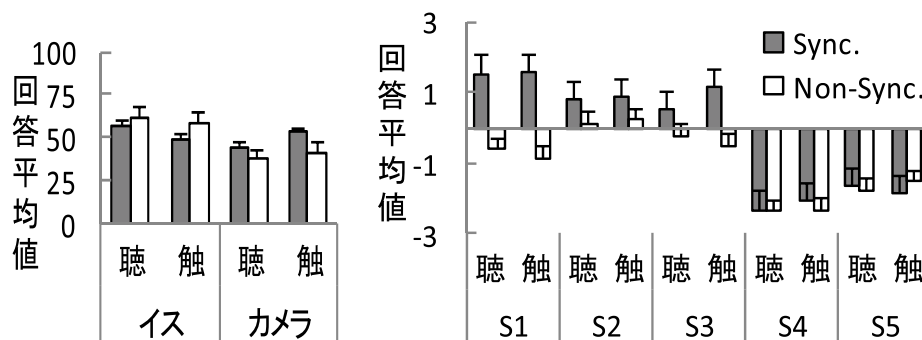


Figure 3. 実験2における位置判断課題の各項目(左)と各質問項目(右)の回答平均値。エラーバーは標準誤差を示している。

考察

実験2では、実験1でみられた交互作用はみられなかった。Figure 3におけるS3の平均値をみると、値としては、モダリティ間に差はあるものの、有意差はみられなかった。したがって、実験1と同様、どちらのモダリティ条件でも同程度に錯覚が起きていたと言える。

また、実験1、実験2ともに、刺激提示の統制を容易にするため、60 bpmの規則的なリズムを用いて実験を行ったが、複数の参加者から「(Non-Sync条件は)映像が遅延しているのだと思った」という内省報告が得られた。すなわち、刺激提示のタイミングのずれではなく、映像の遅延だと捉えている参加者がいたことが想定される。遅延視覚フィードバックを用いたRHI (Shimada, Fukuda, & Hiraki, 2009)では、500 ms以上の遅延が発生した場合、錯覚が起こらなくなると報告されている。すなわち、Non-Sync条件が、「遅延した映像を使用している条件である」と捉えられてはならない。この可能性を排除するため、実験3では、統制の容易さから“規則的”にしていたリズムを、先行研究に近い“不規則”なリズムに変更して実験を行い、同じように錯覚が起こるか調べることにした。

実験3

目的

実験1、実験2と同様、モダリティ間で錯覚の度合いに差がみられるか比較検討を行った。ただし、実験1、実験2で得られた結果が、参加者の内省報告にみられるような「遅延フィードバック」によるものではないことを示す必要がある。そのため、提示リズムを不規則なものに変更し、Non-Sync条件が遅延フィードバックとなる可能性を排除した上で実験を行った。

方法

参加者 実験1、実験2とは異なる、大学生の男女16名(男性8名・女性8名、平均年齢20.5歳 ($SD = 1.39$))であった。全員が、この錯覚についての知識のない状態であった。

刺激 実験1・実験2と同様であった。

倫理的配慮 実験1と同様の手続きをとった。

手続き 実験2と同様に、各条件を2回繰り返す計8試行を行った。ただし、1分間の刺激提示について、60 bpmを維持したまま、不規則なリズム：実験者のみに聞こえている60 bpmのメトロノームのリズムのうち、3拍たたいて1拍休み、というリズムを用いた。すなわち、60 bpmのペースと統制の容易さを維持したまま、遅延フィードバックにつながるような“予測”がしづらく、遅延だとは判断されなくなるよう、統制を行った。なお、Sync条件では一致して、Non-Sync条件ではリズムを一拍分だけずらす形で、交互に刺激提示を行った。

分析方法 各質問項目について、モダリティ×刺激提示のタイミングの二要因参加者内分散分析を行った。

結果

分析の結果、まず、統制項目には有意差はみられなかった (S4 : $F(1,15)=2.71, n.s.$ 、S5 : $F(1,15)=0.66, n.s.$) ため、実験操作は成功していたと言える。

次に、位置判断課題、および錯覚を測るすべての質問項目において、モダリティの主効果に有意差はみられなかった (イス : $F(1,15)=0.13, n.s.$ 、カメラ : $F(1,15)=0.37, n.s.$ 、S1 : $F(1,15)=2.00, n.s.$ 、S2 : $F(1,15)=0.26, n.s.$ 、S3 : $F(1,15)=0.47, n.s.$) が、刺激提示のタイミングの主効果に有意差がみられた (イス : $F(1,15)=7.42, p < .05$ 、カメラ : $F(1,15)=15.10, p < .005$ 、S1 : $F(1,15)=33.06, p < .001$ 、S2 : $F(1,15)=15.36, p < .005$ 、S3 : $F(1,15)=21.34, p < .001$)。また、モダリティと刺激提示のタイミングの交互作用には、有意差はみられなかった (イス : $F(1,15)=0.13, n.s.$ 、カメラ : $F(1,15)=0.07, n.s.$ 、S1 : $F(1,15)=0.64, n.s.$ 、S2 : $F(1,15)=0.01, n.s.$ 、S3 : $F(1,15)=0.03, n.s.$) (Figure 4)。

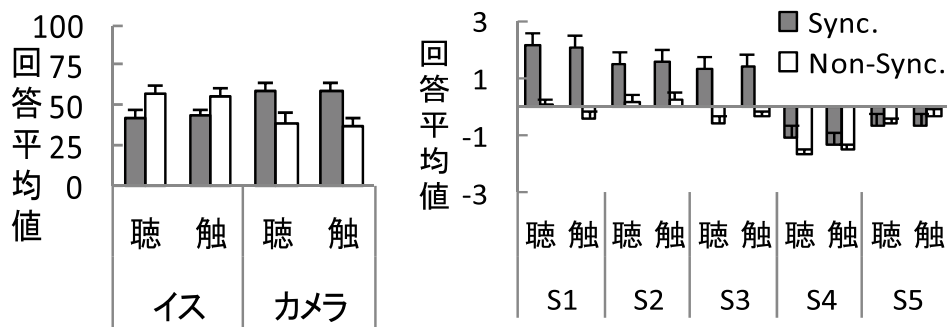


Figure 4. 実験3における位置判断課題の各項目 (左) と各質問項目 (右) の回答平均値。エラーバーは標準誤差を示している。

また、実験1、実験2と同様、性別×モダリティ×刺激提示のタイミングの三要因混合分散分析を行ったところ、イスの項目・S2・S3において、二次の交互作用に有意差がみられた (イス : $F(1,14)=6.44, p < .05$ 、カメラ : $F(1,14)=2.74, n.s.$ 、S1 : $F(1,14)=0.07, n.s.$ 、S2 : $F(1,14)=5.94, p < .05$ 、S3 : $F(1,14)=9.43, p < .01$)。有意差がみられたイス・S2・S3の項目について、それぞれ多重比較を行ったところ、Figure 5のような結果が得られた。これらの結果より、聴覚条件においては女性のほうが、触覚条件においては男性のほうが、より錯覚が生じやすいということが示された。

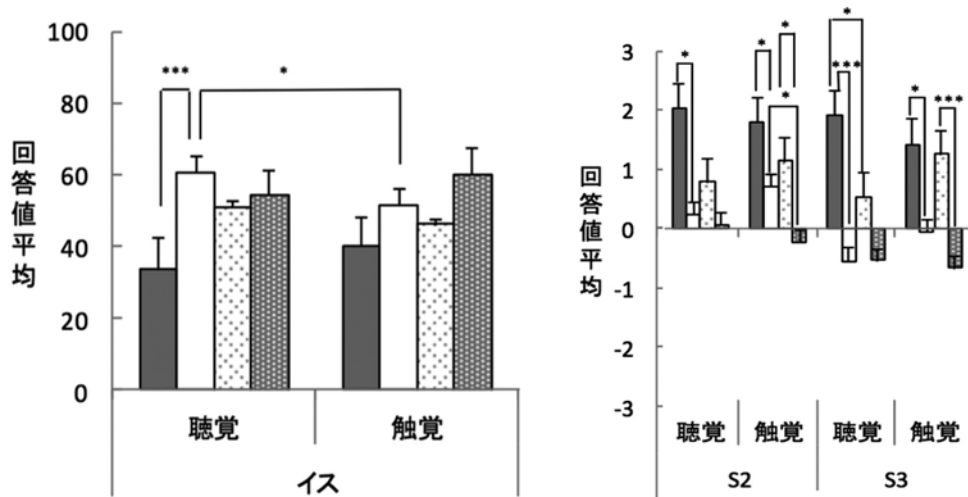


Figure 5. 実験3における性別×モダリティ×刺激提示のタイミングの分散分析において、有意差がみられた部分を抜粋し、グラフに示したもの (* $p < .05$, *** $p < .005$)。エラーバーは標準誤差を示している。

考察

実験3においても、実験1のS3のような交互作用はみられず、モダリティ間で錯覚生起の度合いに差はみとめられなかった。また、実験2と同様の結果が得られたことから、Non-Sync条件は正しく統制されていたと言える。さらに、実験3においては性差がみられ、聴覚条件においては女性のほうが、触覚条件においては男性のほうが、より錯覚が生起しやすいということが示された。これは実験1、実験2とは異なる興味深い結果であり、不規則なリズムを用いることで明らかになった、新しい結果だと言える。このような結果がみられた要因としては、“不規則なリズム”になることで課題の難易度が増し、ゆえに、より信頼性の高い情報に頼ったということが考えられる。したがって、自己感に関しては、視覚情報との結びつきという点で、女性は、触覚情報よりも聴覚情報を、男性は、聴覚情報よりも触覚情報を、より重視している可能性が示された。

総合考察

本研究では、提示に用いるモダリティが視覚-触覚、視覚-聴覚どちらのモダリティの組み合わせにおいても、同程度に身体錯覚が起きると示された。従来行われてきた視覚-触覚刺激によってOBIを起こすだけではなく、視覚-聴覚刺激を用いてもOBIを起こすことができるということが示されたのは、本研究における重要な発見であると言える。一方で、今回は、直接的なモダリティ条件による差はみられなかったものの、一部、触覚刺激を用いた場合のほうが、錯覚が起きやすいという知見を得ることができた。遠感覚である聴覚条件と比較して、近感覚である触覚条件のほうが、錯覚が起りやすいというのは想像に難くないが、自己感、あるいは身体感覚を含むような自己定位においては、聴覚情報に対して、触覚情報優位である可能性が一部示されたと言える。今後、さらに精緻化した実験を行うことで、今回一部にみられた差に関して、さらに詳しく検討する必要があると考えられる。

また、今回合わせて検討した性差に関して、不規則なリズムを用いた実験3でのみ、モダリティによる錯覚の生起の度合いに差がみられており、性別によってモダリティの組み合わせの影響に違いがあることが示唆された。これまでの先行研究 (Guterstam & Ehrsson, 2012など) では、この錯覚には、個人差の影響はなく、性差も存在しない、とされているが、今回、女性は触覚情報よりも聴覚情報に、男性は聴覚情報よりも触覚情報に重きを置いている、という可能性が示唆された。この“錯覚のかかりやすさ”、あるいは錯覚の度合いの個人差という点も、今後追究していく価値があると思われる。

最後に、非常に興味深い報告として、実験2、実験3の聴覚条件において、複数の参加者から「カスタネットが（開いたときと閉じたとき）どちらで鳴っているのか分からなくなった」「カスタネット自体が、開いているときに音が鳴るものだというように錯覚してしまった」といった内省報告が得られている。触覚条件においては、全実験を通してこのような報告はみられなかった。各モダリティ条件を考えると、触覚条件では、Non-Sync条件は「目の前の棒が遠ざかっても触られている」という状態になる。この状態では、視覚情報と触覚情報が一致しない、という不整合が起き、視覚情報が間違っていると結論づけられる。一方で、聴覚条件では、Non-Sync条件は「目の前のカスタネットが開いているのに、音が鳴っている」という状態になる。この状態は、現実としては“起こり得ない”状態だが、次第に、視覚-聴覚情報の結びつきが歪められ、（情報が間違っているのではなく、）その状態が現実だと受け入れられてしまう。したがって、視覚-触覚の結びつきは非常に頑強である（ゆえに身体錯覚を起こすことができる）のに対し、視覚-聴覚の結びつきは比較的弱く、時には、自己感につられて、その結びつきが誤って成立してしまうこともあるという可能性が示唆された。この点については、他の現象（例えば、定位が時間的・空間的に視覚情報に偏って知覚される「腹話術効果 (ventriloquism effect)」(Bertelson & Aschersleben, 1998) や、聴覚情報が視覚的な時間判断に影響する「分裂錯覚 (fission illusion)」(Shams, Kamitani, & Shimojo, 2000など) との関連性も鑑みながら、今後、物理的指標を用いた更なる実験的検討が必要になると考えられる。

本論文の限界点としては、錯覚の測定に用いている指標が質問紙のみであるという点が挙げられる。物理的には起こっていない事象を本人のみが感じる“錯覚”を測定するという意味では、本人の主観的な報告が最も重要ではあるが、やはり信頼性に欠ける部分があることも否めない。Ehrsson (2007) を始めとする身体錯覚実験では、錯覚生起中に脅威刺激を提示し、皮膚電位反応 (skin conductance response: 以下SCR) を測定する生理指標を用いることが多い。今回は、倫理的観点から脅威刺激を用いることができず、質問紙指標のみを用いた実験となったが、今後は、SCR等の生理指標や、自己位置の移動といった行動指標を併用して測定を行うことで、より信頼性のある結果を得ることができると考えられる。また、近年、Zoph, Savage, & Williams (2010) による「クロスモーダル一致課題 (cross-modal congruence task)」といった行動指標も開発されている。これは、身体近傍に非同期なクロスモーダル刺激が提示されると、それらの刺激への反応が遅れる、という人間の特性を利用して、偽の手の周辺に提示したクロスモーダル刺激への反応速度を測る課題である。RHIでよく用いられる課題であるが、今後、課題の提示方法を工夫することで、OBIに対しても適用可能だと考えられる。

今回明らかになった結果を踏まえ、今後さらに、実験や測定手法を精緻化し、より詳細に身体錯覚を用いて検証することで、より正確な自己と身体の関係性、さらにそれらに他の要素が与える影響を明らかにすることができると考えられる。また、従来の視覚-触覚に加えて、視覚-聴覚の組み合わせも用いて身体錯覚実験を行うことで、身体的自己意識や自己感に関して、さらに多面的で、より現実場面に近い状態での、詳しい知見を得ることができると考えられる。

註

- 1 本研究の一部のデータは、日本心理学会第78回大会 (2014) にて発表した。本論文の執筆にあたり、ご指導いただきましたお茶の水女子大学の石口彰先生に深く感謝申し上げます。
- 2 本研究の一部のデータは、筆者が信州大学在学時、卒業論文として執筆した。当時ご指導いただいた高瀬弘樹先生には、データ使用を快くご承諾いただきました。この場を借りて、深く感謝申し上げます。

引用文献

- Aspell, J. E., Lenggenhager, B., & Blanke, O. (2012). *Multisensory perception and bodily self-consciousness: From out-of-body to inside-body experience. The Neural Bases of Multisensory Processes*, Chapter 24., Boca Raton (FL): CRC Press.
- Bertelson, P., & Aschersleben, G. (1998). Automatic visual bias of perceived auditory location. *Psychonomic Bulletin & Review*, 5, 482-489.

- Blanke, O. (2012). Multisensory brain mechanisms of bodily self-consciousness. *Nature Reviews Neuroscience*, *13*, 556-571.
- Botvinick, M., & Cohen, J. (1998). Rubber hands 'feel' touch that eyes see. *Nature*, *391*, 756.
- Declerck, C., & De Brabander, B. (2002). Sex differences in susceptibility to the Poggendorff illusion. *Perceptual and motor skills*, *94*, 3-8.
- Ehrsson, H. H. (2007). The experimental induction of out-of-body experiences. *Science*, *317*, 1048.
- Gallagher, S. (2000). Philosophical conceptions of the self: implications for cognitive science. *Trends in cognitive psychology*, *4*, 14-21.
- Guterstam, A., & Ehrsson, H. H. (2012). Disowning one's seen real body during an out-of-body illusion. *Consciousness and Cognition*, *21*, 1037-1042.
- Ionta, S., Heydrich, L., Lenggenhager, B., Mouthon, M., Fornari, E., Chapuis, D., ...Blanke, O. (2011). Multisensory mechanisms in temporo-parietal cortex support self-location and first-person perspective. *Neuron*, *70*, 363-374.
- Irwin, J. R., Whalen, D. H., & Fowler, C. A. (2006). A sex difference in visual influence on heard speech. *Perception & Psychophysics*, *68*, 582-592.
- Kilteni, K., Maselli, A., Kording, K. P., & Slater, M. (2015). Over my fake body: body ownership illusions for studying the multisensory basis of own-body perception. *Frontiers in Human Neuroscience*, *9*, 141.
- Knudson, S. D., Woodland, J., & Wilson, A. E. (2012). Sex Differences and Spatial Separation in the Poggendorff Illusion. *Comprehensive Psychology*, *1*, 24-22.
- Lenggenhager, B., Tadi, T., Metzinger, T., & Blanke, O. (2007). Video ergo sum: Manipulating bodily self-consciousness. *Science*, *317*, 1096-1099.
- Ling, J., Hamilton, C., & Heerman, T. M. (2006). Sex differences in the Poggendorff illusion: identifying the locus of the effect. *Perceptual and Motor Skills*, *102*, 142-146.
- McGurk, H., & MacDonald, J. (1976). Hearing lips and seeing voices. *Nature*, *264*, 746-748.
- Petkova, V. I., Björnsdotter, M., Gentile, G., Jonsson, T., Li, T. Q., & Ehrsson, H. H. (2011). From part-to whole-body ownership in the multisensory brain. *Current Biology*, *21*, 1118-1122.
- Serino, A., Alsmith, A., Costantini, M., Mandrigin, A., Tajadura-Jimenez, A., & Lopez, C. (2013). Bodily ownership and self-location: components of bodily self-consciousness. *Consciousness and cognition*, *22*, 1239-1252.
- Shams, L., Kamitani, Y., & Shimojo, S. (2000). Illusions: What you see is what you hear. *Nature*, *408*, 788.
- Shimada, S., Fukuda, K., & Hiraki, K. (2009). Rubber hand illusion delayed visual feedback. *PLoS ONE*, *4*, 1-5.
- Zoph, R., Savage, G., & Williams, M. A. (2010). Crossmodal congruency measures of lateral distance effects on the rubber hand illusion. *Neuropsychologia*, *48*, 713-725.