

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	他者と共に運動する際の錯覚的な運動主体の帰属
Title(English)	
著者(和文)	野村修
Author(English)	Osamu Nomura
出典(和文)	学位:博士(理学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第11361号, 授与年月日:2020年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:三宅 美博,出口 弘,小野 功,瀧ノ上 正浩,長谷川 晶一
Citation(English)	Degree:Doctor (Science), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第11361号, Conferred date:2020/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Type(English)	Doctoral Thesis

他者と共に運動する際の錯覚的な運動主体の帰属



知能システム科学専攻

野村 修

令和元年 博士論文

他者と共に運動する際の錯覚的な運動主体の帰属

東京工業大学大学院総合理工学研究科 知能システム科学専攻

野村 修

.....

ILLUSORY AGENCY ATTRIBUTION TO OTHERS PERFORMING
CONTINUOUS MOVEMENTS SIMILAR TO ONE'S OWN

A DISSERTATION SUBMITTED TO THE GRADUATE SCHOOL OF SCIENCE
AND ENGINEERING, TOKYO INSTITUTE OF TECHNOLOGY

IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF
DOCTOR OF PHILOSOPHY

OSAMU NOMURA

November 2019

.....

主査教官	三宅 美博	Principal examiner	Yoshihiro Miyake
審査教官	小野 功	Examiner	Isao Ono
審査教官	瀧ノ上 正浩	Examiner	Masahiro Takinoue
審査教官	出口 弘	Examiner	Hiroshi Deguchi
審査教官	長谷川 晶一	Examiner	Shoichi Hasegawa

概要

人間は時として、他者の運動が自分の運動と一体化するような感覚、または他者の運動が自分の運動をリードするかのような感覚を覚えることがある。このような感覚は、相互に類似した継続的に行われる運動において顕著にみられる。しかしながら、人間はこのような状況において、他者の運動はその運動の実行に直接関与していないということを明確に知っている筈である。このような明確な事前知識を有するにも関わらず、人間は本当に、他者の運動が自己の運動に関与しているような感覚を生じ得るのだろうか。本研究は、これらの疑問点に焦点を当てて検討を行ったものである。

まず、人間が運動を行う際に生じる感覚の一つとして、運動主体感が広く知られている。運動主体感は、観察される運動およびそれが外界に及ぼす影響は、自分自身によって引き起こされていると感じる感覚として定義される。先行研究では、結果を引き起こす原因となる運動に関する情報が、視覚情報および聴覚情報と一致しない場合、運動主体感が減衰することが確認されている。しかしながら、先行研究では単発運動（ボタン押下等）における運動主体感に関して検討が行われているものの、継続運動における運動主体感が同様の性質を有するかは未確認である。

また運動主体の帰属は、何らかの結果を引き起こした主体を誰（自己、または他者）に帰属させるかを問う課題として定義され、前述した運動主体感が、帰属の決定に至る要素の一つとして含まれると考えられている。運動主体の帰属に関しては、生じた結果に対して運動主体の帰属を判断する知覚課題として多数の研究が行われており、実験参加者が真の運動主体を知らない場合に関して検討されている。しかしながら、自分自身が真の運動主体と知っている状況における運動主体の帰属が、どのような性質を有するかに関しては、未だ十分に研究されていない。

そこで本研究の目的を次のように設定した。まず前提条件として、継続運動における運動主体感は、単発運動と同様に、知覚情報の遅延が生じた場合に減衰するかどうかを確認する。続いて、継続運動における運動主体感が単発運動と同様の性質を有することが確認できた場合、自身の継続運動が引き起こした結果に対して直接関与していないと知っている他者に対して、運動主体を帰属さ

概要

せることが有り得るのかどうか、また自己と他者の双方に同時に運動主体を帰属させることが有り得るのかどうかを確認することを主目的とした。

まず、継続運動における運動主体感の、知覚情報遅延に対する減衰を確認するために、継続運動としてマウスの左・右往復運動によりカーソルを操作するタスクを用いた検討を行った。これは、主目的である継続運動における運動主体の帰属を検討する際の、継続運動に関する前提条件を確認するための予備実験に相当する。実験では、カーソルの動きに7段階のタイムラグを付与することで、視覚情報の遅延を実現した。運動主体感に関する質問として、実験参加者（16名）に自分がカーソルを操作しているように感じたか否かを回答させた。結果として、タイムラグが増加するに従って運動主体感を喪失する比率が増加することが観察され、継続運動における運動主体感は、知覚情報の遅延が生じた場合に減衰が生じる、単発運動と同様の性質を有することを確認した。

続いて、本研究の主目的となる、自身の運動が引き起こした結果に対して、直接関与していない他者に対して、運動主体を帰属させることが有り得るのかどうかを確認するために、予備実験と同様のタスクにおいて、さらに他者が実験参加者（24名）と同様にマウスの往復運動を実行し、それを実験参加者が観察するものとした。また対照実験として、実験参加者だけがマウスの往復運動を実行する場合と、他者だけがマウスの往復運動を実行する場合を設定した。実験参加者には、誰がマウスを動かしていると感じたかを回答させ（自分、相手、自分と相手、どちらでも無い、の強制4択方式）、視覚情報遅延の運動主体の帰属に対する影響をそれぞれの条件間で比較・評価した。本実験に関しては、研究の主目的を3つの確認事項に具体化および細分化することで、評価・検討を行うこととした。一つ目は、人間は、自分自身が実行する継続運動と同様の運動を実行する他者を観察する場合、自分自身が真の運動主体であるという事前知識に基づいて、自己に運動主体を帰属させるのか、もしくは他者に対して運動主体を帰属させ得るのかを確認することである。二つ目は、自己に対する運動主体の帰属と、他者に対する運動主体の帰属は、排他的、もしくは同時に生じ得るのかを確認することである。三つ目は、自分自身が実行する継続運動と同様の運動を実行する他者を観察する場合の運動主体の帰属は、自分だけが運動する際の自己に対する運動主体の帰属と、他者の運動だけを観察する際の他者に対する運動主体の帰属が同時に生じたものであるのかを確認することである。

本実験の結果として、実験参加者自身が真の運動主体であると知っているにも関わらず、自身と同様の運動を行う他者に対する運動主体の帰属が、錯覚として生じ得ることを確認した。本研究では、これを錯覚的な運動主体の他者への帰属と呼ぶこととした。さらに、錯覚的な運動主体の他者への帰属は、運動主体の自己への帰属と同時に生じ得ることを確認した。最後に、他者が自己と同

概要

じ運動を行っている状況における自己および他者への運動主体の帰属は、自分だけが運動を行っている状況における運動主体の自己への帰属と、他者だけが運動を行っている状況における錯覚的な運動主体の他者への帰属の単なる組み合わせでは無いことを確認した。

以上のように本研究では、自身が真の運動主体と知っている状況での、錯覚的な運動主体の他者への帰属を確認し、さらにそれが運動主体の自己への帰属と同時に生じ得ることを示した。我々は、運動主体の自己と他者の双方への帰属は、他者との一体感に関連していると推測している。一体感は、グループでのダンスやマーチングバンドのように全員で同じ動作を行う楽器演奏においては有用に機能すると考えられるものの、個人競技においては、自己に類似した他者の運動を眼にすることで、自身のパフォーマンスにマイナスの影響を及ぼす可能性も考えられる。このように錯覚的な運動主体の他者への帰属が、スポーツや楽器演奏におけるパフォーマンスに与える影響は非常に興味深い課題であり、本研究の成果を基にすることで、今後より自然な環境における錯覚的な運動主体の帰属に関する研究を行うことが可能になったと考えている。

Abstract

When people observe others performing movements similar to their own, they sometimes feel as if their movements were subsumed into others' movements or others' movements led their own movements. This feeling is considered to be related to sense of agency and agency attribution. It is well known that sense of agency is one feeling that arises while performing movements. Most of previous studies evaluated effects of time lag to sense of agency on a single movement like pushing a button. The effects of the lagged visual feedback to sense of agency on a continuous movement, however, were still unclear. In addition, although many studies have been conducted to investigate agency attribution, these studies have mainly examined agency attribution in cases where people do not know the true agent. Few studies have focused on how people attribute agency to others despite knowing that they themselves are actual agents. The aim of our study was to investigate sense of agency on participants' continuous movements and agency attribution to others performing continuous movements similar to one's own when one knows who the actual agent is.

First, an experiment to investigate sense of agency on participants' continuous movements was conducted to study an influence of visual feedback delay to the sense of agency. In the experiment, the participants moved the mouse in the direction of right and left continuously. At the same time, the participants observed the movement of the cursor, which had some time lags to the movements of the mouse, on the monitor screen. A set of trials consisted of 7-steps time lag for the cursor movements. The participants were asked to make a two alternative forced choice from the following two answers to evaluate their sense of agency: I felt I was manipulating the cursor, or I did not feel I was manipulating the cursor. Our findings demonstrated that the participants lost their sense of agency as the time lag increased the same way on a single movement.

Second, another experiment was conducted to study agency attribution under the following three conditions. During the task in all three conditions, the participants simultaneously observed the movements of the cursor on the monitor screen and the experimenter's mouse. In the "self" condition, the participants moved the mouse right and left continuously. The cursor controlled by the participants' mouse moved along a horizontal center line on the monitor screen following a time lag associated with the mouse. The experimenter held another mouse but did not move it. In the "other" condition, the participants held the mouse but did not move it. The cursor moved automatically based on data previously recorded during the practice period for participants to

Abstract

learn how to manipulate the mouse. The experimenter moved his mouse left and right continuously, just as the participants did in the “self” condition. In the “both” condition, the participants performed the same movements as in the “self” condition, while the experimenter performed the same movements as in the “other” condition. We imposed time lags at 187-ms intervals (94, 281, 468, 655, 842, 1029, and 1216 [ms]) between the movements of the participants’ mouse and the cursor. We fixed a time lag of 377 ms between the movements of the participants’ mouse and the experimenter’s mouse in the “both” condition. In the “other” condition, we also fixed a time lag of 377 ms between the prerecorded movements of the participants’ mouse and the movements of the experimenter’s mouse. To evaluate participants’ agency attribution for each trial, we asked them to make a forced choice from the four answers “Myself,” “Experimenter,” “Both of us” and “Nobody” to the question “Who did you feel was controlling the cursor?”

Our findings demonstrated that participants could attribute agency to others despite knowing that they themselves were actual agents. We refer to this illusory sense as “illusory agency attribution to others.” In addition, we found that illusory agency attribution to others could co-occur with agency attribution to oneself. Furthermore, we found that agency attribution while acting by oneself and observing the movements of others is not a simple combination of agency attribution while working alone and while merely observing the movements of others. We suggest that illusory agency attribution to others is determined by multiple factors including a bottom-up process with a subjective feeling of agency in addition to a top-down process with an interpretative judgement of agency.

目次

概要.....	ii
Abstract.....	v
目次.....	vii
第1章 序論.....	1
1. 1 運動に伴う錯覚現象.....	2
1. 2 先行研究.....	4
1. 2. 1 運動主体感 (Sense of Agency).....	4
1. 2. 2 運動主体の帰属 (Agency Attribution).....	10
1. 3 研究目的.....	14
1. 4 研究方針.....	16
1. 5 本論文の構成.....	17
第2章 予備実験： 継続的な運動における運動主体感.....	18
2. 1 緒言.....	19
2. 2 実験方法.....	20
2. 2. 1 参加者.....	20
2. 2. 2 装置.....	20
2. 2. 3 実験課題・条件.....	25
2. 2. 4 実験手順.....	27
2. 2. 5 分析方法.....	27

目次

2. 3	結果	30
2. 4	考察	33
2. 5	まとめ	37
第3章	実験方法.....	38
3. 1	緒言	39
3. 2	参加者	41
3. 3	マウス運動に関わる装置	42
3. 4	継続的なマウス運動を行う実験課題・条件	46
3. 5	実験手順	50
3. 6	分析方法	57
第4章	実験結果.....	59
4. 1	解析対象	60
4. 2	運動主体の帰属に関する回答比率	61
4. 3	自身がカーソルを制御しているとは感じなかった比率	63
4. 4	他者がカーソルを制御しているとは感じなかった比率	65
4. 5	その他の結果	67
第5章	考察.....	69
5. 1	本研究の主要な発見	69
5. 2	条件 Both における運動主体の他者への帰属	71
5. 3	事前知識の影響	74
5. 4	認知神経科学からの考察	76
第6章	結論.....	78

目次

第7章 展望.....	82
7. 1 継続運動のバリエーション	83
7. 2 ロジスティック関数近似誤差を考慮した検定手法	84
7. 3 事前知識が運動主体の帰属に与える影響の相違	85
7. 4 単発運動における運動主体の帰属	86
7. 5 客観的評価手法の検討	87
謝辞.....	89
参考文献.....	91
研究業績.....	97
・原著論文.....	99
・国際会議論文（査読有）	99
・国内会議論文（査読無し）	99

第 1 章

序論

第1章 序論

1. 1 運動に伴う錯覚現象

私たちは、日常生活において様々な運動を行う際に、時として実際に起きている現象とは異なる錯覚を覚えることが有る。例えば、電灯のスイッチを付けた時に、予想より遅れて明かりが点灯した場合、自分が電灯を点灯したという感覚を失い、まるで点灯がひとりでに点灯したかのように錯覚することが有り得る。これは、自己の運動によって生じた結果が予想と一致しない場合、生じた結果は自己の運動が引き起こしたものではないように感じられることに起因する。具体的には、一般的に電灯のスイッチを付けた場合、通常は遅くとも数秒以内には電灯が点灯することを予測するのに対し、それ以上の遅れをもって電灯が点灯した場合、電灯のスイッチを付ける動作と電灯の点灯との関係性が低く感じられ、後者が独立した現象として認識されることによる[16].

また自己の運動に加えて、さらに同様の結果を引き起こし得る他者の運動の存在が示唆された場合、自己の運動が引き起こした結果に対して、他者の運動により引き起こされたものと錯覚することが有り得る。具体例としては、モニター上の表示物をジョイスティックで操作する場合に、他者も前記表示物を操作する可能性が示唆されると（他者の動作自体は観察できない）、自分が表示物を操作しているにも関わらず、他者が操作したように感じ得ることが報告されている[26].

このように、人間が運動を行う際の感覚に関しては、様々な錯覚を起し得ることが知られている。ここで、前述した電灯の例では、スイッチを付けた当事者は、自分が電灯を点灯したことを知っているにも関わらず、電灯がひとりでに点灯したかのような錯覚を覚える。一方、他者の存在が示唆された後者の例においては、実際に誰がモニター上の表示物を操作したのかは知らない状況で、他者が操作したように感じ得ることが示されている。これに対して、仮に電灯の例のように、他者では無く自分が操作をしたことを事前知識として知っている場合は、事前知識に反して他者が操作したように錯覚す

第1章 序論

ることは有り得るのだろうか。また、錯覚が生じ得る場合、自分が操作しているという感覚は、完全に失われてしまうのだろうか。

本研究は、これらの疑問点に焦点を当てて検討を行ったものであり、他者の運動が自己の運動における感覚に対して生じさせ得る、錯覚のパターンおよびその生起条件を実験心理学の手法を用いて明らかにすることをモチベーションとしている。次節では、前述したような、他者の運動が自己の運動に関与しているような感覚に関連する課題として、まず運動中に生じる基本的な感覚の一つである“運動主体感”に関する先行研究を説明し、さらに結果を引き起こした原因となる運動主体を誰に帰属させるか問う課題である“運動主体の帰属”に関する先行研究を取り上げ説明を行う。

1. 2 先行研究

1. 2. 1 運動主体感 (Sense of Agency)

人間が運動を行っている時に生じる感覚の一つとして、運動主体感(Sense of Agency)が広く知られている[1]-[7]。運動主体感は、“観察される運動およびそれが外界に及ぼす影響は、私自身によって引き起こされている”と感じる感覚として定義され、広く研究が行われている。これまでの研究成果として、運動主体感は、運動に関係する様々な感覚情報を統合した結果として生じるものであり、特に感覚情報として、運動指令の遠心性コピーと、運動が及ぼす影響(結果)に関する視覚情報および聴覚情報が重要な役割を果たすものとされている[8]。実際に、結果を引き起こす原因となる運動に関する情報が、視覚情報および聴覚情報と一致しない場合、運動主体感が減衰することが確認されている[9]-[23]。

先行研究[9][10]では、タイムラグを有する知覚情報が運動主体感に及ぼす影響に関して検討が行われている。実験参加者は、自身の運動が結果(例えば視覚刺激の運動)を引き起こしたと感じるかどうかを主観的に評価する。先行研究[9]においては、自己の運動(操作)と一致しない感覚は運動主体感を減衰させ得ることが報告されている。本先行研究では、実験参加者は自己の運動によって生じる画像中の変化を観察する時の運動主体感を報告している。実験では、Fig. 1-2-1(a)に示すようにモニタ画面の下部に小さな四角形が表示され、一定のスピードで画面の上方に移動していく。実験参加者がキーボードのボタンを押すと、画面上の四角形がボタン押下に対して事前に設定された各種の遅延時間を有して35 mm上方にジャンプする。実験参加者は、自分自身が意図した通りに四角形のジャンプを操作したと感じたかどうかを回答するように指示される。実験結果より、運動主体感は前記遅延時間が増加するに従って減衰することが明らかとなった。また Shimada らによる先行研究[10]においては、運動主体感に関連する課題として、視覚運動認知に対する知覚情報の遅延の影響が研究されている。Fig. 1-2-1(b)に示すように実験参加者は、ボタンを押下する運動を実行すると同時に、カメラで撮影された前記運動が遅延時間をもってモニタ画面上に表示されるのを観察する。実験参加者は、自己のボタン押下運動と映像にズレを知覚したかどうかを回答する。実験結果より、ボタ

ン押下と映像の間の遅延時間が増加に従い、ズレを知覚する比率が上昇することが明らかになった。なお筆者らは、前記ズレの知覚は運動主体感の喪失を反映するものとしている。以上説明したように、これらの研究ではタイムラグを有する知覚情報が運動主体感に及ぼす影響に関して、実験参加者によるスイッチを押すような単発運動に対して検討が行われた。

一方、先行研究[11]-[15]では、実験参加者の継続的な運動に関する感覚が検討されているものの、実験参加者の主観的感覚としての運動主体感が直接的に評価されているものではない。先行研究[11]では、Fig. 1-2-2(a)に示すように実験参加者は繰り返し人差し指を曲げたり伸ばしたりする運動を行い、同時にモニタ画面上に表示された2種類のタイムラグを付与された自身の指の映像を観察する。それぞれの試行において実験参加者は、自身の実際の指の動きと映像を比較して、どちらの映像がタイムラグを有していたと感じたかを回答する。また先行研究[12]では、Fig. 1-2-2(b)に示すように実験参加者は歩行運動を行い、同時にモニタ画面上に表示されたタイムラグを付与された自身の歩行運動の映像を観察する。実験参加者は、観察する映像が、自身の歩行運動に一致した映像と感じたかどうかを回答する。本実験は、運動主体感を直接評価するものではなく、実験参加者による、自身の運動と映像とのズレに関する認知を評価したものと考えられる。また先行研究[13]では、Fig. 1-2-3(a)に示すように実験参加者はモニタ画面上に正弦波の形状を描く運動を行いつつ、描かれた正弦波の映像がモニタ画面上にフィードバックされたものを観察する。結果として、自身の実際の運動に時空間的に類似したフェイク映像を観察した場合、その映像が自身の運動によって描かれたと感じている可能性が示唆された。本研究においては、実験参加者の継続運動における運動主体感が検討されているものの、実験参加者の運動主体感は、実験参加者の運動とフェイク映像との間のズレ量によって評価されたものであり、また視覚情報のタイムラグの影響を検討したものでも無かった。また、先行研究[14][15]では、Fig. 1-2-3(b)に示すように実験参加者は自身の人差し指を上下に継続的に動かすと同時に、モニタ画面上に表示されたタイムラグを付与された指の映像を観察する。それぞれの試行において、実験参加者はモニタ画面上に表示された映像が自身の動きに一致するかどうかを回答する。しかしながら本研究では、タイムラグのパターンは1種類のみで、タイムラグの影響を系統的に評価したものでは無かった。また前述したように、画面上に表示された映像が自身の動きと感ずるかどうかを評価したものであり、運動主体感を直接評価するものではなかった。

第1章 序論

以上説明したように、先行研究では、単発運動（ボタン押下等）における運動主体の生起に対する知覚情報の遅延の影響が調べられている。しかしながら、継続運動における運動主体感が同様の性質を有するかは未確認である。また、継続運動における実験参加者の感覚に関する検討は行われているものの、実験参加者の主観的感覚としての運動主体感が、直接的に評価されたものでは無かった。ここで、先行研究[10]の実験結果において、単発運動を行った際にラグを付与された映像と自身の運動が一致していると感じるかどうかは、ラグが増加するに従って減衰しており、先行研究[9]において単発運動実施時の運動主体感を被験者に対する質問によって直接評価した結果と定性的に一致していた。従って、先行研究[11]-[15]において継続運動実施時に、自身の映像に付与されたラグが増加すると、自身の運動と一致していると感じる比率が減少した結果から、継続運動における主観的感覚としての運動主体感も、同様に減衰することが示唆される。日常生活における人々の運動は、当然のことながら単発運動だけではなく、一定の時間運動が継続する運動が含まれる。従って、継続運動における運動主体感が、知覚情報の遅延によってどのような影響を受けるかは、検討すべき課題と考えられる。

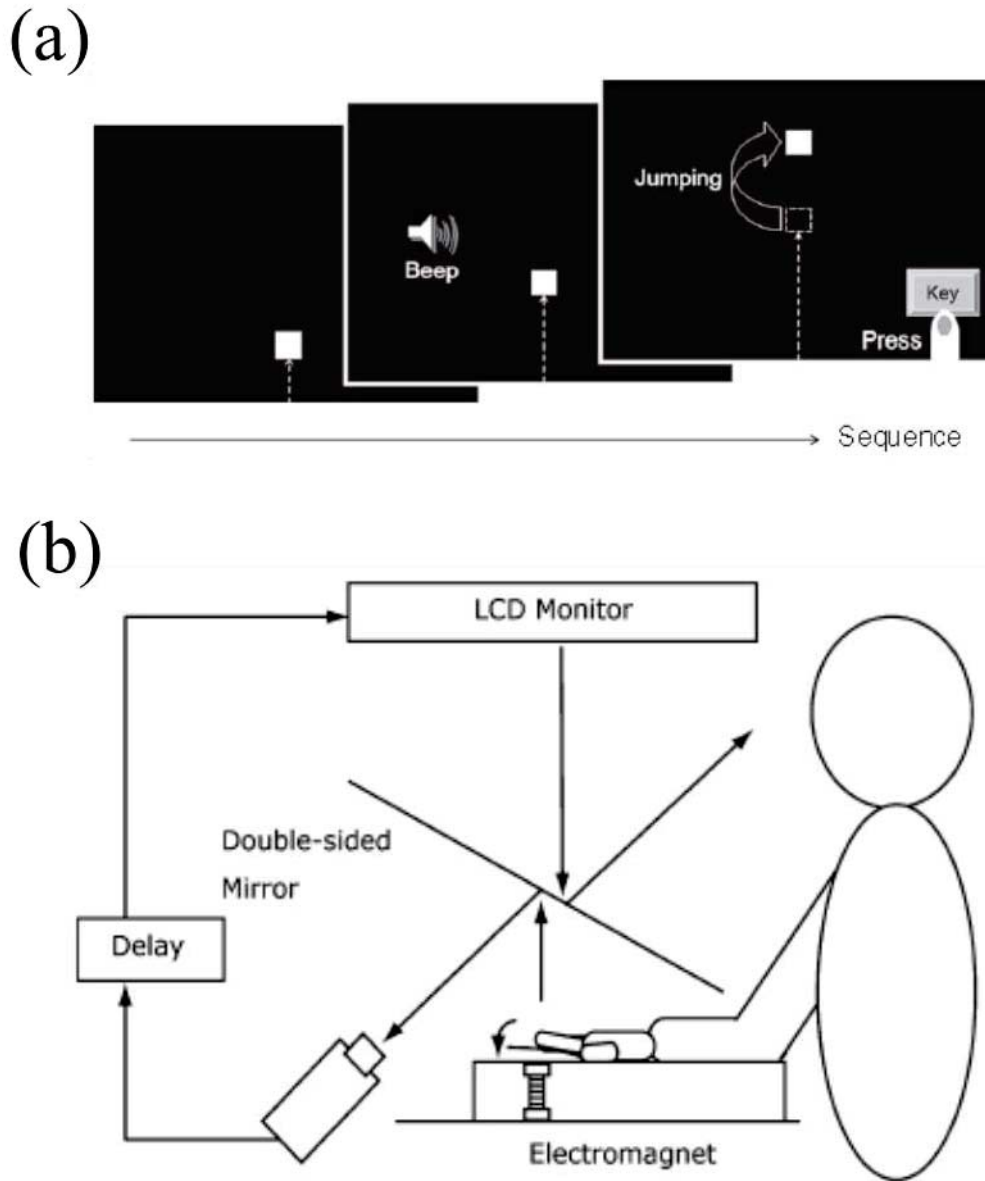


Fig. 1-2-1 Experimental tasks in previous studies of Sense of Agency 1. (a) In each trial, a small square piece appeared at the bottom of the monitor screen and moved straight upward at a uniform speed. When the participants pressed the key, the piece on the monitor screen jumped 35 mm upward, with varied temporal delays. The participants were instructed to report whether they felt they had made the piece jump as intended. (cf. Maeda, T., et al., 2011 [9]) (b) Participants pushed a button and observed a reflected monitor image of their hand movements which had some time lag to the actual movements. (cf. Shimada, S., et al., 2010 [10])

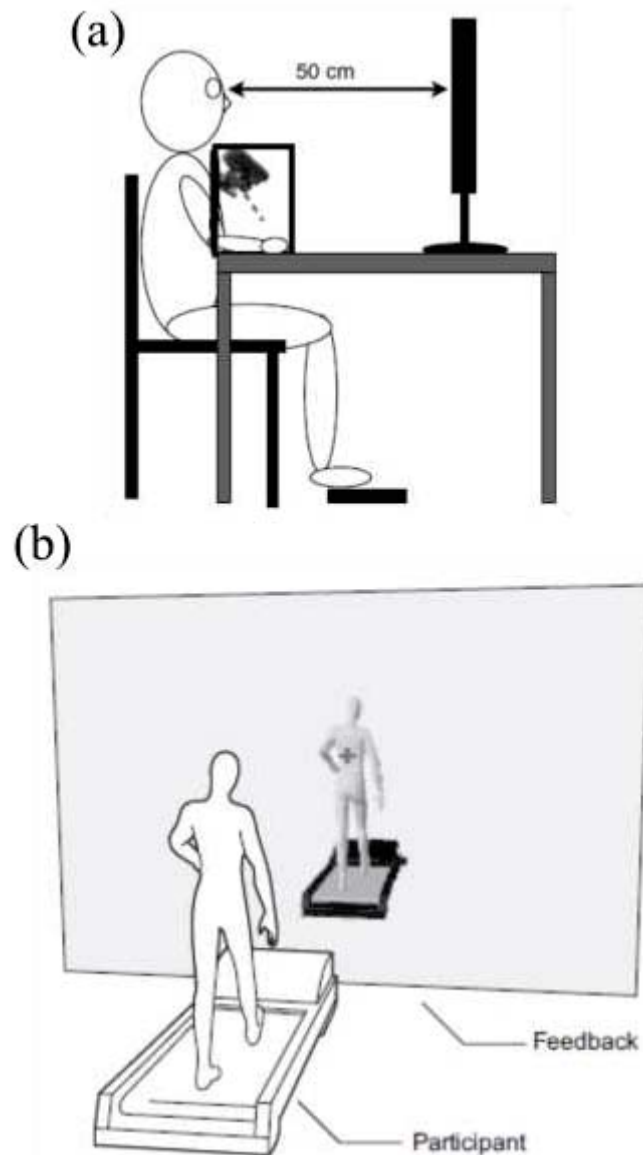


Fig. 1-2-2 Experimental tasks in previous studies of Sense of Agency 2. (a) Participants placed their hand on the table shielded from view by a black cloth. The camera was angled to capture the view as seen from a “natural” egocentric perspective for the participant as if looking down at their own hand. Participants used foot pedals to make responses (cf. Hoover, AEN., et al., 2012 [11]) (b) Participants walked on a treadmill while their movements were captured by way of an optical motion capture system. These movements were mapped onto an individually adapted life-size avatar and played back on a rear-projection screen. Participants judged by pressing a button whether the movement they saw on the screen exactly corresponded to the movement they had just performed. (cf. Kannape, OA, et al., 2013 [12])

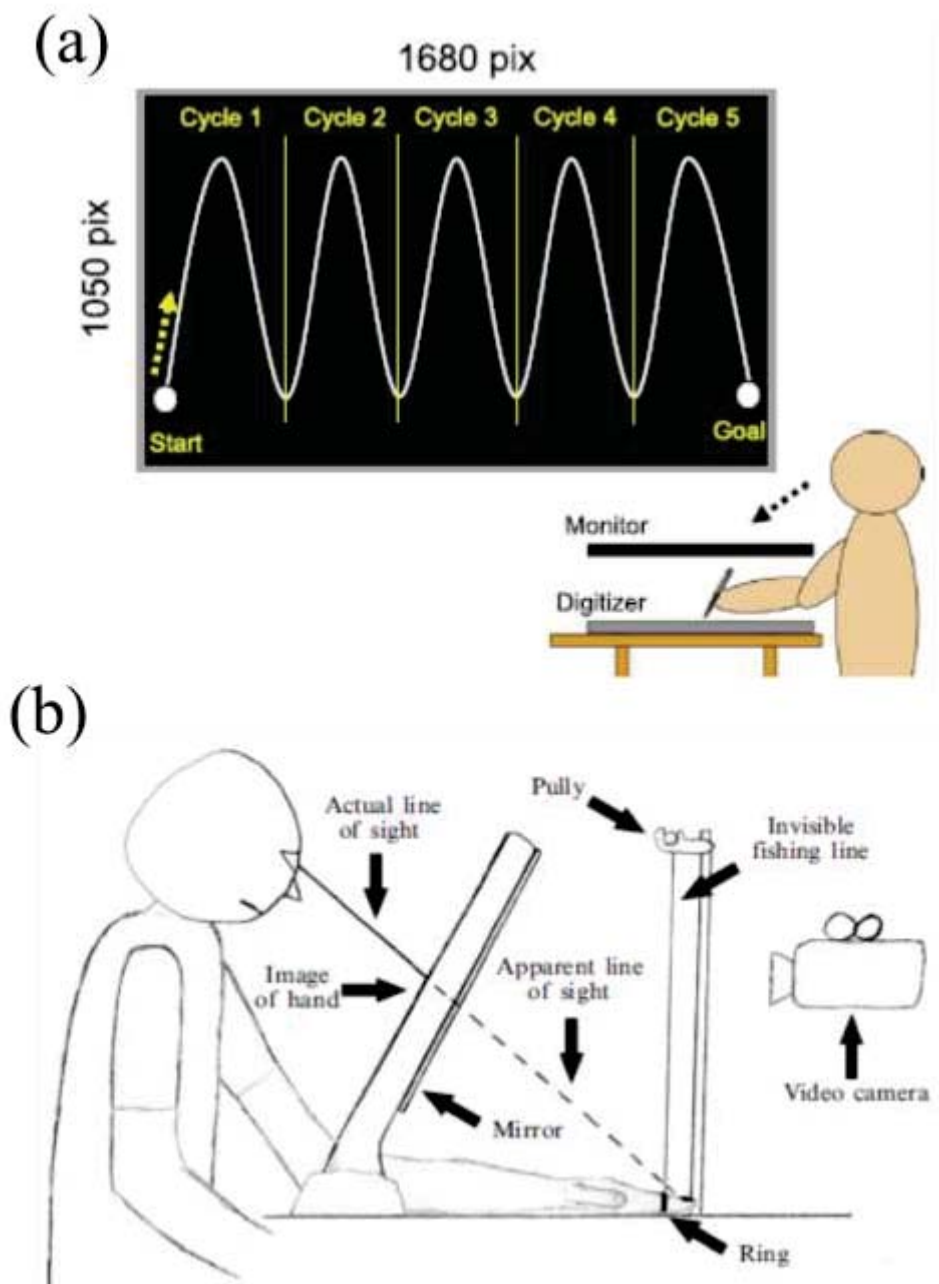


Fig. 1-2-3 Experimental tasks in previous studies of Sense of Agency 3. (a) Participants were required to trace the target line (sine wave: sinusoidal movement) as accurately as possible. There was no visible trajectory left. (cf. Asai, T., et al., 2015 [13]) (b) Participants viewed a video image of their hand on a computer monitor presented either in real time, or with a systematic delay. Participants were asked to rate their agreement or disagreement with ten statements about sense of agency during the various conditions. (cf. Longo, MR., et al., 2009 [14])

1. 2. 2 運動主体の帰属 (Agency Attribution)

運動主体の帰属は、何らかの結果を引き起こした主体を誰、または何に帰属させるかを問う課題として定義することができる。運動主体の帰属においては、前述した運動主体感が、帰属の決定に至る要素の一つとして含まれると考えられている。運動主体の帰属に関しては、生じた結果に対して運動主体の帰属を判断する知覚課題として、これまでに多数の研究が行われている[24]-[32]。これらの先行研究では、所定の運動を実行した実験参加者が、前記運動の運動主体を他者に帰属させ得るかどうかを検討している。例えば Kuhn らによる先行研究[25]では、Fig.1-2-4(a)に示すように、スイッチを押すことにより生ずる音に対する運動主体の帰属を検討している。実験参加者は、まず学習セッションにおいて、左および右のスイッチを押すと、それぞれのスイッチに対応した特定のトーンが鳴ることを学習する。続いて実験のメインセッションの“Congruent tone”条件においては、左または右のスイッチを押すと、前記学習セッションと同様にそれぞれのスイッチに対応した特定のトーンが鳴る。また、“Incongruent tone”条件においては、左または右のスイッチを押すと、前記学習セッションとは異なるトーンが鳴る。また、スイッチを押してからトーンが鳴るまでのタイムラグは、複数種類の値が設定される。これらのスイッチとトーンの対応関係、およびタイムラグの変動に関する条件設定は、参加者の運動主体感の不確定性を生じさせることを目的としたものである。実験参加者は、試行ごとに、生起されたトーンは自分自身のスイッチを押す運動により生じたものか、またはスクリーンの裏側に対面して座っている他者のスイッチを押す運動により生じたものかを判断して回答する。ただし実際には、スクリーンの裏側の他者は、トーンを生起するための運動は行っておらず、全てのトーンは、実験参加者がスイッチを押した後に所定のタイムラグを付与された上で、コンピュータによって生成されている。実験参加者はこれらの事実を知らされていない。実験結果からは、実験参加者は、“Incongruent tone”条件と、スイッチとトーンのためのタイムラグが増加した条件において、トーンを生じさせたスイッチを押す運動を他者に帰属させ得ることが示された。

また、Farrer らによる研究[26]では、実験参加者は、Fig. 1-2-4(b)に示すようにジョイスティックを自由に操作し、モニタに表示されたバーチャルジョイスティックの動きを観察する。“Spatial”条件においては、実験参加者のジョイスティックの運動とバーチャルジョイスティックの運動の間に角度のバイアスが付与される。また、“Temporal”条件

においては、実験参加者のジョイスティックの運動とバーチャルジョイスティックの運動の間にタイムラグが付与される。実験参加者は、観察しているバーチャルジョイスティックの運動が、自分自身のジョイスティックの操作によるものか（回答：“self”）、または自分の操作にバイアスが付与されたものか（回答：“bias”）、または他の人の操作によるものか（回答：“other”）を判断し回答する。しかしながら実際には、実験における全てのバーチャルジョイスティックの運動は、実験参加者のジョイスティック操作によるものであり、実験参加者はその事実を知らされていない。実験結果では、実験参加者は、角度のバイアスが小さい条件の場合に“self”と回答する比率が高く、また角度のバイアスが中程度の場合に“bias”と回答する比率が高い一方で、角度のバイアスが大きくなると“other”と回答する比率が高くなることが示された。このように、前述した先行研究においては、他者の存在が示唆される状況において、実験参加者が真の運動主体を知らない場合、運動主体を他者に帰属させ得ることが示された。

Synofzik らによる研究[33]では、運動主体感を説明する複数要素から構成されるモデルが提案されている。このモデルは Fig. 1-2-5 に示すように、運動主体感は複数の処理から構成されることが示唆されており、一つは感覚情報や自己受容性感覚に基づく知覚表象により生起されるボトムアップ処理としての“feeling of agency”であり、もう一つは文脈上の手掛かりや思考に基づく命題的な表象により生起されるトップダウン処理としての“judgement of agency”と定義されている。このモデルに基づく、前述した先行研究における実験参加者は、誰が真の運動主体であるかを知らないため、他者をより可能性の高い運動主体であると判断したものであり、運動主体の帰属は主に前記トップダウン処理によって生起されたものであることが示唆される[24]-[32]。

以上説明したように、先行研究では、実験参加者が真の運動主体を知らない場合における運動主体の帰属に関して調べられている。一方、日常生活に目を向けると、一般的に人間が何らかの運動を行う際は、自分自身が真の運動主体であると知っており、その運動により生じた結果は自分自身の運動によるものであると知っているケースの方が多いと考えられる。しかしながら、自分自身が真の運動主体と知っている状況における運動主体の帰属が、どのような性質を有するかに関しては、未だ十分に研究されていない。特に、他者が自分と同じような運動をする際に、その運動に関わる運動主体を誰に帰属させ得るのかは、非常に興味ある課題と考えられる。

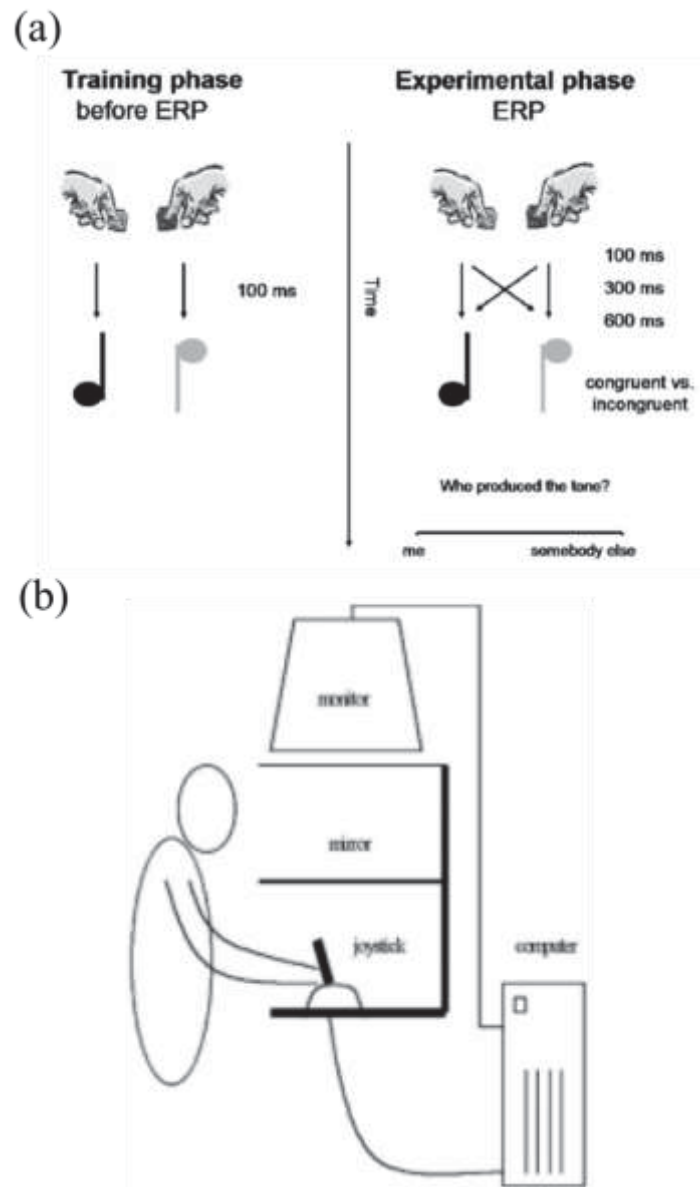


Fig. 1-2-4 Experimental tasks in previous studies of Agency Attribution. (a) In the congruent tone condition, pressing the right and left buttons evoked a specific corresponding tone, as in the learning session. By contrast, in the incongruent tone condition, a tone that differed from the tone evoked in the learning session followed the button press. Moreover, the onset of the tone was manipulated and varied. (cf. Kühn, S., et al., 2011 [25]) (b) Participants manipulated a joystick freely and observed the movements of a virtual joystick displayed on a monitor screen. Angular biases (spatial condition) or temporal delays (temporal condition) were imposed on the participants' manipulation of the virtual joystick. (cf. Farrer, C., et al., 2008 [26])

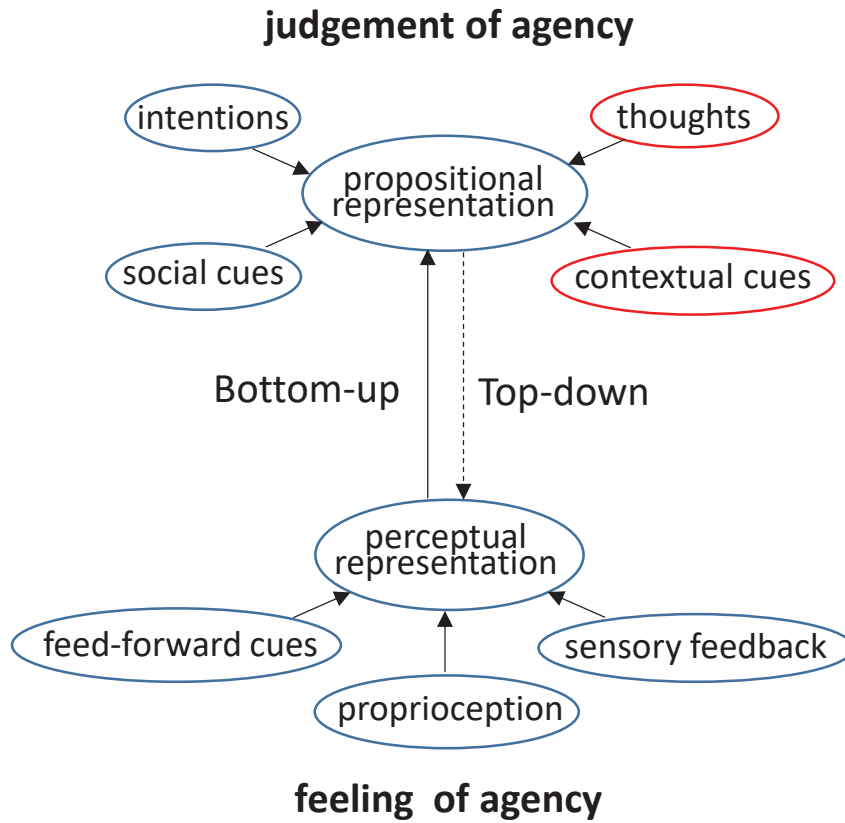


Fig. 1-2-5 Multifactorial weighting model to explain the sense of agency. Feeling of agency with a bottom-up process produced by perceptual representation with sensory feedback or proprioception. Judgement of agency with a top-down process produced by propositional representation with contextual cues and thoughts. (cf. Synofzik, M., et al., 2008 [33])

1. 3 研究目的

本研究では、人間が継続運動を行う際に、自分自身が真の運動主体であると明確に知っている状況において、自己の運動に類似した他者の運動が、運動主体の帰属に対して与える影響を検討することを目的とした。まず、前提条件として次の課題を明らかにすることとした。

- ① 継続運動における運動主体感は、単発運動と同様に、知覚情報の遅延が増加するに従って減衰する性質を示すか。

続いて、本研究の主目的として、次の3つの課題を明らかにすることとした。

- ① 人間は、自分自身が実行する継続運動と同様の運動を実行する他者を観察する場合、自分自身が真の運動主体であるという事前知識に基づいて、自己に運動主体を帰属させるのか、もしくは、真の運動主体に関する知識を持たない先行研究における状況と同様に、他者に対して運動主体を帰属させ得るか。
- ② 自分自身が真の運動主体であるという事前知識を有するにも関わらず、他者に対して運動主体を帰属させ得る場合、自分自身が実行する継続運動と同様の運動を実行する他者を観察する際に、自己に対する運動主体の帰属と、他者に対する運動主体の帰属は、排他的に生じるのか。もしくは、同時に生じ得るか。
- ③ 自分自身が実行する継続運動と同様の運動を実行する他者を観察する場合の運動主体の帰属は、自分だけが運動する際の自己に対する運動主体の帰属と、他者の運動だけを観察する際の他者に対する運動主体の帰属が単に同時に生じたものであるのか。

なお目的①に関しては、継続運動を取り上げるにあたり、知覚情報の遅延に対する性質が、先行研究で多く用いられているスイッチを押す運動等の単発運動と同様の性質を示すのかどうかを調べることを目的としたものである。目的①～③に関しては、本研究

第1章 序論

のメインピックである, 自分自身が真の運動主体と知っている時の運動主体の帰属に関わる研究目的である.

1. 4 研究方針

本研究では、1. 3節で示した目的を達成するために、以下の2つの実験を実施することとした。

予備実験（目的④に対応）

継続運動として、マウスの（左・右）往復運動によりモニタ画面上のカーソルを操作するタスクを設定する。その際に、知覚情報としてのカーソルの動きに対して、マウス操作との間にタイムラグを付与することで、知覚情報の遅延を実現する。各試行の実施ごとに、運動主体感に関する質問に対して実験参加者に回答してもらい、知覚情報の遅延の運動主体感に対する影響を評価する。

本実験（目的①～③に対応）

予備実験と同様のタスクを実行する際に、パートナーが、実験参加者と同様にマウスの往復運動を実行する（条件： **Both**）。さらに対照実験として、実験参加者だけがマウスの往復運動を実行する場合（条件： **Self**）と、パートナーだけがマウスの往復運動を実行する場合をタスクとして設定する（条件： **Other**）。後者のタスク（条件： **Other**）においては、カーソルは事前に記録した実験参加者の往復運動データに基づいて、自動で運動する。なお、マウスとカーソルの運動の間には、予備実験と同様にタイムラグを付与することで、知覚情報の遅延を実現する。各試行の実施ごとに、運動主体感の帰属に関する質問に対して実験参加者に回答してもらい、知覚情報の遅延の運動主体の帰属に対する影響をそれぞれの条件間で比較・評価する。なお本実験において、パートナーは実験者が務める。

1. 5 本論文の構成

第2章では、1. 3節で説明した目的①を検討するための予備実験に関して詳細に説明する。

第3章では、1. 3節で説明した目的①～③を検討するための実験方法に関して詳細に説明する。

第4章では、実験結果に関して詳細に説明する。

第5章では、実験結果に関して考察を行う。

第6章では、本研究で得られた結論に関してまとめを行う。

第7章では、本研究で得られた成果を元にして、今後の展望について述べる。

第2章

予備実験： 継続的な運動における
運動主体感

第2章 予備実験：継続的な運動における運動主体感

2. 1 緒言

本章では、以下の研究目的を検討するために行った予備実験に関して詳細に説明する。

目的①：継続運動における運動主体感は、単発運動と同様に、知覚情報の遅延が増加するに従って減衰する性質を示すか。

まず、2. 2節において実験手法に関する説明を行い、続いて2. 3節において実験結果を示す。さらに2. 4節において、実験結果に基づく考察を行い、前記研究目的①に対する結論を述べる。2. 5節において、予備実験に関してまとめを行う。

2. 2 実験方法

2. 2. 1 参加者

23～26才の計16人の男子大学生および男子大学院生が実験に参加した。実験参加者は、全員右利きであり、正常な聴覚機能、および正常な視覚機能（眼鏡使用者を含む）を有していた。なお、実験参加者は本実験の目的に関して、事前に知らされていなかった。

実験参加者に対しては、実験参加に対する謝礼が支払われており、また実験開始前に、実験参加者自身から書面によりインフォームドコンセントを得た。本実験は、東京工業大学、人を対象とする研究倫理審査委員会の承認を得て行われた。

2. 2. 2 装置

実験は、照明を抑えた防音室において実施された。Fig. 2-2-1 に示すように、実験参加者は、LCD モニタ（解像度：1024x768、リフレッシュレート：60 Hz）が設置された机を挟んで、実験者と60 cm 離れて対面して椅子に着席した。なおLCD モニタは、モニタ画面が机の上面と平行に上方を向くように設置された。実験参加者側の机の下には、実験参加者がマウスを操作するための台として、高さ55 cm のプラットフォームが設置された。なお、前記プラットフォームは机の下に設置されているため、実験参加者の手の動き、およびマウスの動きは、実験参加者自身からは見ることが出来なかった。プラットフォーム上には、Fig. 2-2-2 に示すようにガイドレールと、左右のストッパーが設置されており、実験参加者はガイドレールに沿って左右のストッパーに接触するようにマウスを操作することにより、モニタ画面の長辺に対して平行にマウスを動かすことが可能であった。

実験では、後述するカーソル画像がLCD モニタに表示された。カーソルは前述した実験参加者のマウス（ワイアレスマウス）により操作され、モニタ画面の中心を通る長

第2章 予備実験：継続的な運動における運動主体感

辺に沿って左右に運動した。本マウスは、レポートレート 80 Hz でデータ転送を行うため、カーソルの運動は 12.5 ms の遅延を含み得た。なお、モニタ画面上のカーソルの運動は、実験者が Visual Basic 2013 を使用して作成したオリジナルのプログラムによって制御された。実験に際しては、前記プログラムをノート PC により実行した。モニタ画面の中心と実験参加者の両眼中心との距離は、約 50 cm に調整された。なお、前述したプラットフォーム上の左右のストッパーの間隔と、モニタ画面上でカーソルが運動する間隔は、どちらも 40 cm と等しい距離に設定された。

本実験における視覚刺激は、モニタ画面上に表示されるカーソル映像であった。カーソル映像は、実験参加者のマウス操作によりモニタ画面上を運動するが、その際に実験参加者のマウス操作に対して、所定のタイムラグ（2.2.3項に詳述する）を有して運動した。カーソル映像は、Fig. 2-2-3 に示すように十字型の形状を有し、サイズは 7 mm x 7 mm であった。カーソルの色は黒色で、背景のモニタ画面の色は白色であった。Table 2-2-1 に、視覚刺激の仕様をまとめて示す。

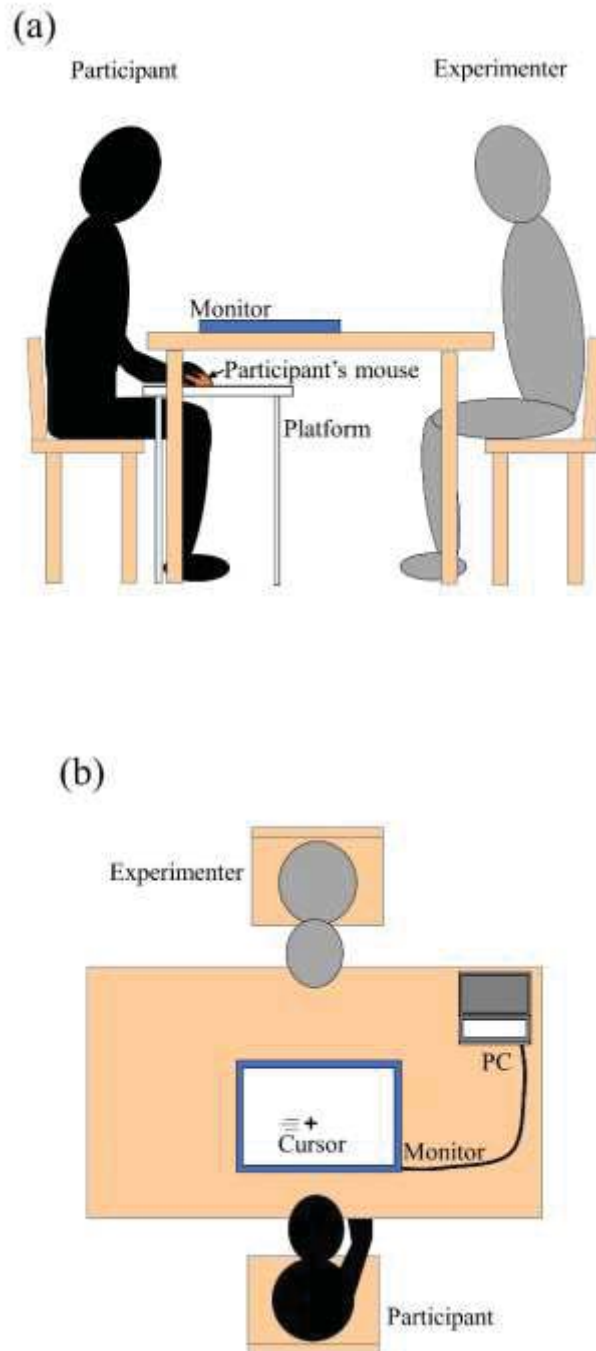


Fig. 2-2-1 Experimental system. a) Side view. A platform for the mouse was set under the desk on the participants' side. The participants' hand and the mouse were thus hidden from the participants' line of sight. During the task, the participants observed the movement of the cursor on the monitor screen. b) Top view. The experimenter and a participant sat face to face across a desk (60 cm apart) on which the LCD monitor was placed.

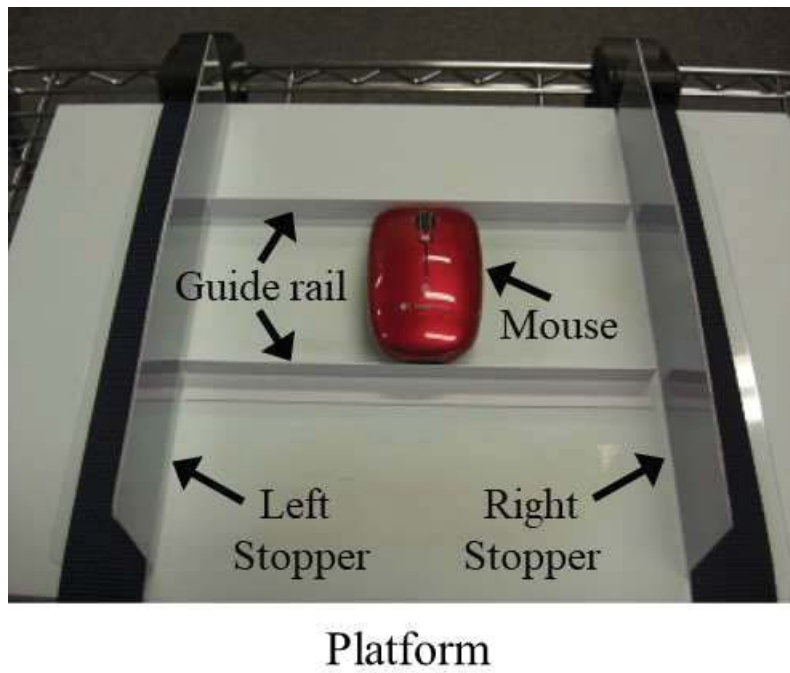


Fig. 2-2-2 Platform for participants to move their mouse. The guide rail and the right and left stoppers on the platform were set to guide the participants to move the mouse parallel to the length of the monitor screen.

Table 2-2-1 Visual feedback specification.

Distance between eyes and the center of the monitor	50 cm
Cursor moving range	40 cm
Cursor shape	Cross shape
Cursor size	7 mm × 7 mm, width 2 mm
Cursor color	Black
Background color	White

2. 2. 3 実験課題・条件

Fig. 2-2-3 に示すように、実験において実験参加者は、プラットフォーム上でマウスを継続的に左右に約 56 BPM のテンポで 5-6 回往復運動させた。なお実験参加者は、2. 2. 4 項で述べる練習試行 1 において、マウスを約 56 BPM のテンポで動かすことを練習した。なお、タイムラグの値、およびメトロノームのテンポで学習されるマウス運動のテンポは、マウスの運動と、タイムラグを有するカーソル運動の位相が半周期ズレを起こさないように決定した。自己の運動と視覚情報の遅延とが半周期の位相差を有する場合、運動主体感に影響を与えることが指摘されているため、この影響を排除することを目的としたものであった[34]。また、マウスを左右に運動させる回数（5-6 回）に関しては、事前に実施した予備検討において、実験参加者が運動主体感を評価するのに十分な回数であることを確認した上で設定した。

また、実験参加者はマウスを運動させると同時に、モニタ画面上のカーソルの運動を注視した。なお、前述したように実験参加者は、マウスの運動および自身の手の動きは見ることができなかった。実験参加者は、実験の各試行終了後、自身の運動主体感に関して以下の 2 種類の選択肢から最も近い方を回答した。（2 Alternative Forced Choice）

- a 自分がカーソルを操作しているように感じた
- b 自分がカーソルを操作しているようには感じなかった

実験参加者は、各実験試行が終了するごとに前記 a または b の回答を選択し、実験者に対して口頭で報告した。

実験条件として、実験参加者のマウスと、モニタ画面上のカーソルの運動の間には、7 段階のタイムラグ（109, 187, 265, 343, 421, 499, 577 [ms]）を設定した。タイムラグに対する実験参加者の運動主体感の変化を観察することにより、継続運動であるマウスの左右往復運動における運動主体感に対する、視覚情報の遅延の影響を評価することを目的とした。

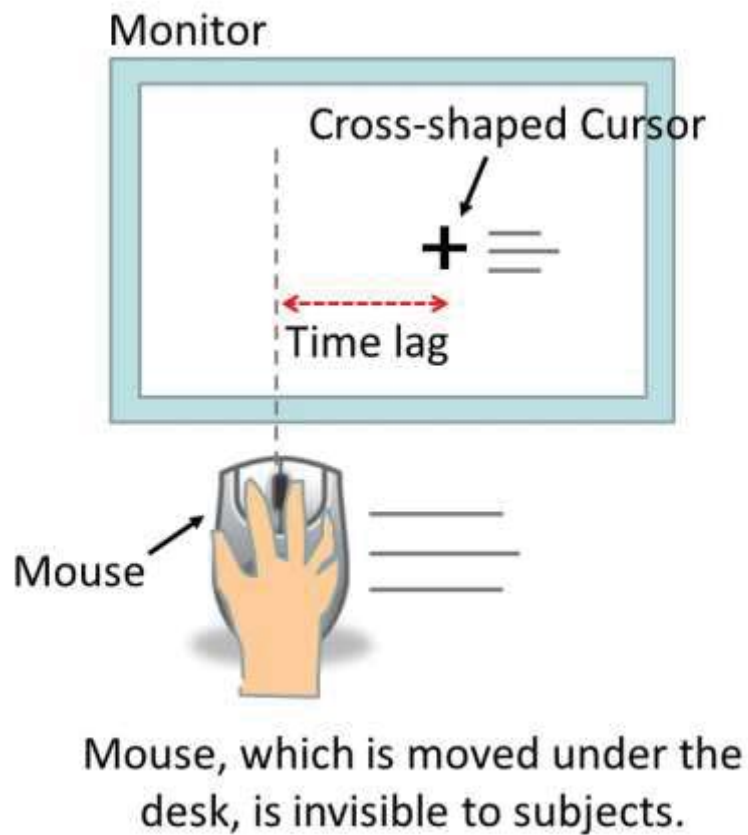


Fig. 2-2-3 Experimental conditions. The participants moved the mouse to the right and left continuously with their dominant hand. The cursor controlled by the participants' mouse moved on the horizontal center line on the monitor screen with preset time lags associated with the participants' mouse.

2. 2. 4 実験手順

実験は、以下の手順で実行された。

(練習1) まず実験参加者は、56 BPM に設定されたメトロノームのテンポに合わせてマウスを左右に動かすことを学習した。

(練習2) 続いて実験参加者が実験課題に慣れることを目的とした練習試行を実施した。これは、前述したモニタ画面上のカーソルの運動とマウスの間の7段階のタイムラグ設定1セットに関して、実験課題を実施したものであった。なお練習試行では、タイムラグ設定は小さいものから順番に実施した。練習試行における実験参加者の運動主体感に関する回答は、解析対象とはしなかった。

(本試行) 練習試行を完了後、続いて実験参加者は本試行を実施した。本試行は前記7段階のタイムラグ条件を1試行ずつ含む1セットから構成される試行を8セット繰り返すことにより構成された。結果として、各実験参加者は、56回の試行を実施した。1セットのタイムラグより構成される試行内では、提示されるタイムラグの順番はランダム化され、また実験参加者間でカウンターバランスを取って設定した。なお、本試行においてメトロノームのテンポは実験参加者に提示されなかった。これは、実験参加者の注意が過度にメトロノームのテンポに合わせることに向いてしまい、カーソルを注視することと、自身の運動主体感を感じることを阻害する危険を回避したものであった。実験参加者は、実験の各試行終了後、自身の運動主体感に関して2. 2. 3項に示した2種類の選択肢から最も近い方を回答した。

2. 2. 5 分析方法

実験の各試行終了後に取得した実験参加者の回答に対して、実験終了後に、知覚情報(カーソル運動)の遅延が運動主体感に対して与える影響を評価するために、以下に示すように分析を行った。

まず、タイムラグごとに、実験参加者が「b 自分がカーソルを操作しているようには感じなかった」と回答した比率を算出した。回答 b は、「実験参加者が、自身のマウス運動によってカーソルを操作しているように感じなかった」ことを意味する。

続いて Fig. 2-2-4 に示すように、算出した回答 b の比率をグラフにプロットし、式(1) に示すロジスティック関数でフィッティングを行い、ロジスティック関数上で回答 b の比率が 50 % となるタイムラグを Point of Subjective Equality (PSE)[10][35]として算出した。

$$R(t) = \frac{1}{1+\exp(-a(t-t_{PSE}))} \quad \dots \text{式(1)}$$

式(1)において、 t はタイムラグを示し、 $R(t)$ はタイムラグ t における回答 b の比率を示し、 a はロジスティック関数の傾きを示し、 t_{PSE} は PSE の値を示す。PSE は、回答 a と回答 b それぞれの選択比率が、ロジスティック関数上で 50 % となるタイムラグを意味する。本実験では、タイムラグ t は独立変数として作用し、 $R(t)$ が観測データであった。なお、ロジスティック関数のフィッティングは、非線形最小二乗法により実行した。

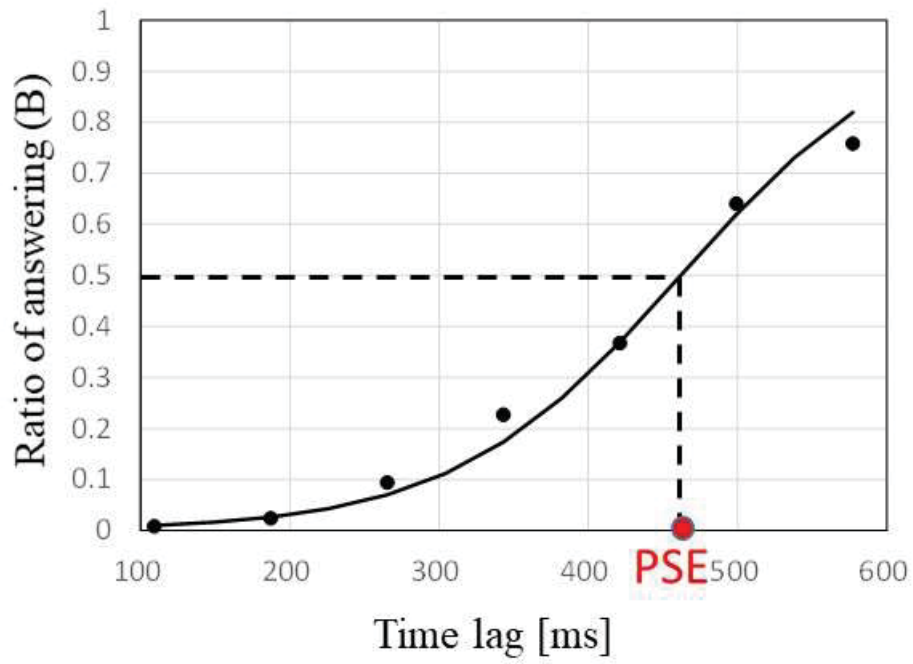


Fig. 2-2-4 Example of PSE calculated from plots of ratios of answering (B).

2. 3 結果

Fig. 2-3-1 に、それぞれのタイムラグにおける回答 **b** の全実験参加者に関する平均比率のプロット、およびフィッティングしたロジスティック関数を示す。Fig. 2-3-1 より、回答 **b** の平均比率は、タイムラグが増加するに従い増加していることが分かる。この傾向は、一部の隣接するタイムラグにおける比率において大小関係が逆転することが見られたものの、実験参加者ごとに算出した回答 **b** においても、2 人の実験参加者を除いて同様に観察された。

なお、2 人の実験参加者は、全ての試行において「**a** 自分がカーソルを操作しているように感じた」と回答した。従って、前記 2 人の実験参加者に関しては、前述した「回答 **b** の平均比率が、タイムラグが増加するに従い増加する」傾向も確認できなかった。ただし、実験完了後に補足実験としてさらにタイムラグを増加（655 ms, 733 ms）して同様の試行を行ったところ、前記 2 人の実験参加者は、回答「**b** 自分がカーソルを操作しているようには感じなかった」を選択した。なお、本補足実験の結果は、解析対象から除外した。

Fig. 2-3-1 に示すように、実験参加者の平均 PSE は 462 ms、また実験参加者間の PSE の標準偏差は 62.8 ms と算出された。また、実験参加者ごとの PSE は Table 2-3-1 に示すように算出された。前述したように、2 人の実験参加者（O, P）は、最大のタイムラグにおいて回答 **b** の比率が 50 % を超えなかったため、PSE を算出できなかった。

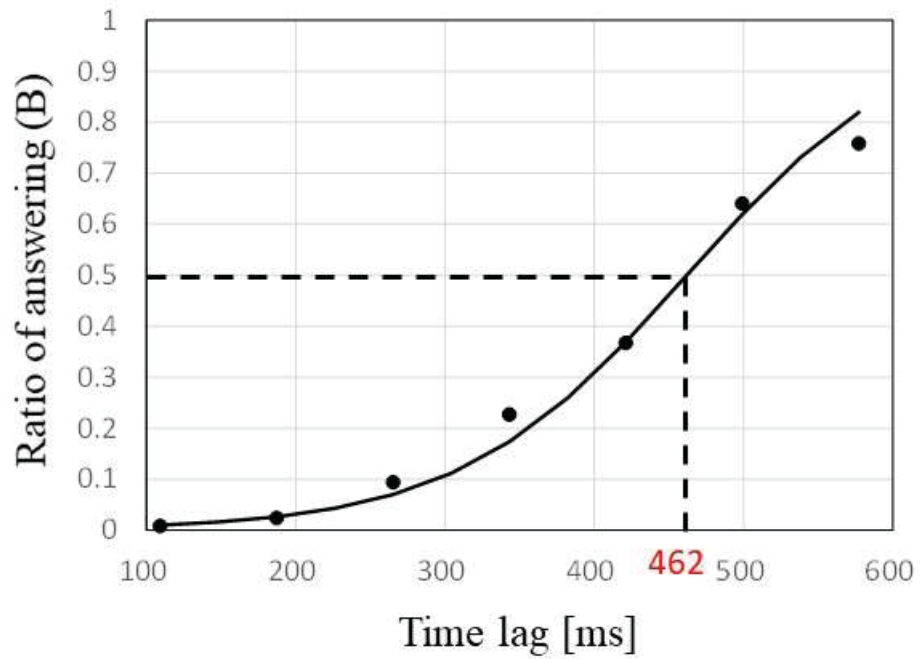


Fig. 2-3-1 Plots of the averaged ratios of answering (B) to each time lag, calculated from the data of sixteen participants, and the fitted Logistic function. Averaged PSE was estimated at 462 ms.

Table 2-3-1 Estimated PSE of each participant.

Participant	PSE[ms]
A	262
B	363
C	453
D	534
E	451
F	412
G	450
H	482
I	463
J	420
K	382
L	475
M	462
N	459
O	N/A
P	N/A

2. 4 考察

本研究では、左右に継続的に手（マウス）を動かす運動を行っている際に、タイムラグを付与された視覚情報が運動主体感に対して及ぼす影響について評価した。Fig. 2-3-1 から分かるように、実験参加者が継続的なマウス操作の運動を実行した場合の結果において、先行研究における単発運動実行時と同様に、タイムラグが増加するに従って、運動主体感を喪失する比率が増加することが観察された[9][10]。また同様に、実験参加者ごとの運動主体感を喪失する比率に関しても、2人の実験参加者を除いて、実験参加者の平均の場合と同様の傾向を示した。実験参加者の平均 PSE は、Fig. 2-3-1 に示すように 462 ms と算出された。

本節では、先行研究を参照しながら本研究における結果に関して考察を行う。先行研究[10]では、スイッチを押す際の手と指の動きを撮影した映像に対して、所定のタイムラグを付与して実験参加者に提示された時に、実際の自身の運動との差を感じるかどうかを観察することにより、運動主体感に対する視覚情報の遅延の効果を評価している。本先行研究[10]では、Fig. 2-4-1(a)に示すように PSE は 230 ms と推定されており、我々の実験において推定された PSE の値よりも 230 ms 程度小さい値を示している。この PSE の相違は、運動主体感を評価する手法の相違によるものと推測される。すなわち先行研究[10]では、実際の運動と映像の間のズレに関する実験参加者の知覚限界を評価していると考えられる。これは、実験参加者の運動における運動指令の遠心性コピーと視覚情報のズレを知覚する際の PSE を評価することを意味しているとみなすことができる。一方我々の実験では、実験参加者の主観的な感覚についての質問によって、実験参加者の運動主体感を直接評価している。これらのことから、実験参加者の感覚においては、視覚情報（先行研究では自身の運動の映像、また本研究ではカーソル運動）と自身の運動の間にズレが存在すると知覚しつつも、運動主体感は未だ保持している状態が存在するということを意味している。そして、この状態は先行研究[10]における PSE と本研究における PSE の差（230～462 ms の範囲）に存在するものと推測される。このように、より低次の知覚処理でズレを検知した後も運動主体感は保持され得ることから、運動主体感の生起メカニズムは、運動指令の遠心性コピーと視覚情報のズレに関する知覚

メカニズムよりも高次な脳機能を含んでおり、それが PSE の差として観察されたことが示唆される。

一方先行研究[9]では、実験参加者の主観的な感覚に関して質問することにより、本研究と同様に実験参加者の運動主体感に関して直接的に評価している。実験では、モニタ画面の下部に小さな四角形が表示され、一定のスピードで画面の上方に移動していく。実験参加者がキーボードのボタンを押すと、画面上の四角形がボタン押下に対して事前に設定された各種の遅延時間を有して上方にジャンプする。実験参加者は、自分自身が意図した通りに四角形のジャンプを操作したと感じたかどうかを回答するように指示される。実験結果では、運動主体感は前記遅延時間が増加するに従って減衰することが明らかとなった。また、本結果では、視覚情報のタイムラグに関する運動主体感の PSE は、Fig. 2-4-1(b)に示すように約 480 ms と見積もられた。先行研究[9]における PSE (約 480 ms) は、我々の実験において算出された PSE (462 ms) と非常に近い値を示している。ここで、先行研究[9]は、前述した先行研究[10]と同様に、継続運動では無くスイッチを押す単発運動における運動主体感に関する PSE を評価したものである。一方我々の実験では、マウスを左右に継続的に運動させる継続運動における運動主体感を評価したものである。結果として、運動の継続性に関して全く異なる条件において観察されたそれぞれの PSE が近い値を示すのは、視覚情報の遅延が運動主体感に対して及ぼす影響は、単発運動においても継続運動においても同様の傾向を有することを示すものと考えられる。

また先行研究[26]では、実験参加者はジョイスティックを自由に操作し、モニタに表示された、タイムラグが付与されたバーチャルジョイスティックの動きを観察している。実験結果から、視覚情報のタイムラグに関する運動主体感の PSE は、Fig. 2-4-1(c)に示すように約 100 ms と見積もられた。前記 PSE の値は、先述した先行研究[10]よりもさらに小さい値を示している。この差異が生じた理由は、先行研究[26]における実験手法によるものと考えられる。先行研究[9][10]および我々の研究とは異なり、先行研究[26]における実験参加者は、モニタ画面に表示された手の動きが実際には実験参加者自身により生じたものであることを知らされていなかった。また実験参加者は、モニタ画面に表示された運動が、自身の運動では無く、他者により操作されていると感じた場合、“Other”という回答を選択することが可能であった。またさらに、モニタ画面に表示された運動が、自身の運動に対して時間的なバイアスを付与したものであると感じた場合、

“Bias”という回答を選択することが可能であった。このような実験条件においては、実験参加者は、モニタ画面に表示された運動が、他者により操作されている可能性や、自身の運動に対して時間的なバイアスが付与されている可能性を考慮することとなるため、運動主体感自体を評価するのではなく、モニタ画面に表示された運動と自身の運動のタイムラグを検知しようとする事になり得る。結果として、実験参加者の回答は、主観に基づく運動主体感だけではなく、モニタ画面に表示された運動と自身の運動のタイムラグの知覚を判断要素として含んでしまっていると推測される。運動主体感を評価する際には、実験参加者に対して運動主体に関する適切な情報を与えることにより、単なるタイムラグの知覚に関わる要素を排除することが重要と考えられる。

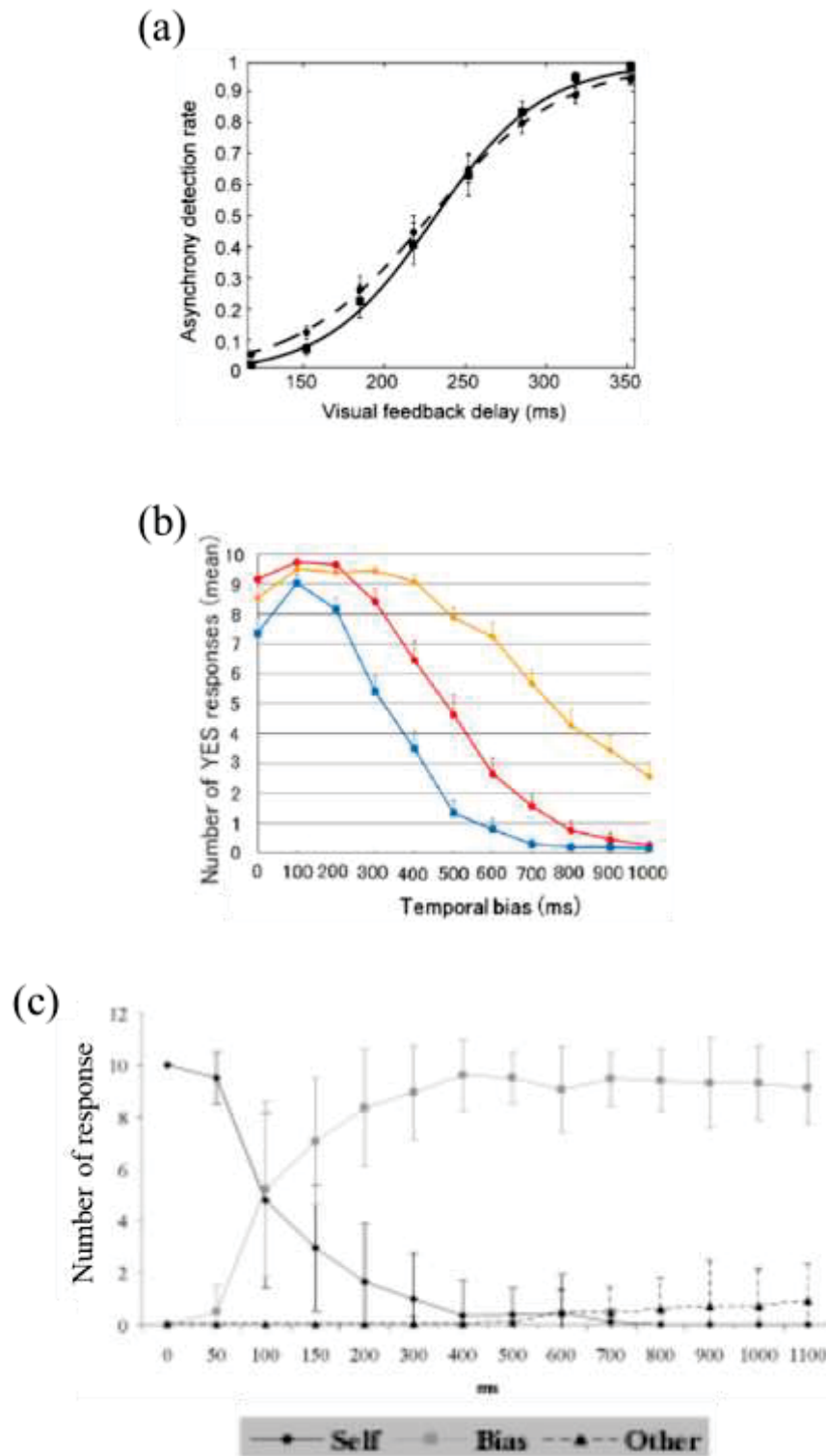


Fig. 2-4-1 Estimated PSEs of previous studies. (a) See the PSE value on the Solid line. (cf. Shimada, S., et al., 2010 [10]) (b) See the PSE value on the Red line. (cf. Maeda, T., et al., 2013 [9]) (c) See the PSE value on the line for Self. (cf. Farrer, C., et al., 2008 [26])

2. 5 まとめ

本実験では、タイムラグに対する実験参加者の運動主体感の変化を観察することにより、継続運動であるマウスの左右往復運動における運動主体感に対する、視覚情報の遅延の影響を評価することを目的とした。結果として、先行研究における単発運動実行時と同様に、タイムラグが増加するに従って、運動主体感を喪失する比率が増加することが観察された。また同様に、実験参加者ごとの運動主体感を喪失する比率に関しても、2人の実験参加者を除いて、実験参加者全員の平均の場合と同様の傾向を確認した。また、先行研究の結果と比較することにより、自己の運動と知覚情報のズレを認知しつつ、運動主体感を保持している状態が存在する可能性が示唆された。

第 3 章

実験方法

第3章 実験方法

3. 1 緒言

本章では、以下の研究目的を検討するために行った本実験に関して詳細に説明する。

- ① 人間は、自分自身が実行する継続運動と同様の運動を実行する他者を観察する場合、自分自身が真の運動主体であるという事前知識に基づいて、自己に運動主体を帰属させるのか、もしくは、真の運動主体に関する知識を持たない先行研究における状況と同様に、他者に対して運動主体を帰属させ得るか。
- ② 自分自身が真の運動主体であるという事前知識を有するにも関わらず、他者に対して運動主体を帰属させ得る場合、自分自身が実行する継続運動と同様の運動を実行する他者を観察する際に、自己に対する運動主体の帰属と、他者に対する運動主体の帰属は、排他的に生じるのか。もしくは、同時に生じ得るか。
- ③ 自分自身が実行する継続運動と同様の運動を実行する他者を観察する場合の運動主体の帰属は、自分だけが運動する際の自己に対する運動主体の帰属と、他者の運動だけを観察する際の他者に対する運動主体の帰属が単に同時に生じたものであるのか。

まず、3. 2節において実験参加者に関する説明を行う。続いて3. 3節において実験において使用した、マウス運動に関わる実験装置に関して説明する。さらに3. 4節において、実験参加者が継続的なマウス運動を行い、運動主体の自己および他者への帰属を検討するための実験課題・条件を説明する。続いて、3. 5節において、前記実験課題を各条件において実行する際の手順に関して説明する。最後に、3. 6節において、

第3章 実験方法

実験参加者の回答結果から、運動主体の自己および他者への帰属を評価するための、分析方法に関して説明する。

3. 2 参加者

21～59才（平均年齢：25才）の計24人の大学生および大学院生（女子大学生：3名，男子大学生：21名）が実験に参加した。実験参加者は，全員右利きであり，正常な聴覚機能と，正常な視覚機能（眼鏡使用者を含む）を有していた。なお，実験参加者は本実験の目的に関して，事前に知らされていなかった。実験参加者に対しては，実験参加に対する謝礼が支払われており，また実験開始前に，実験参加者自身から書面によりインフォームドコンセントを得た。本実験は，東京工業大学，人を対象とする研究倫理審査委員会の承認を得て行われた。

3. 3 マウス運動に関わる装置

実験参加者は、USB コンピュータマウス (GM299, TeckNet, UK) を使用した。本マウスは、レポートレート 125 Hz でデータ転送を行うため、カーソルの運動は 8 ms の遅延を含み得た。パートナーは、別の USB コンピュータマウス (MA-BL9R, Sanwa, JP) を使用した。なお、パートナーのマウスは、モニタ画面に表示されたカーソル運動の制御には関係しないように設定されていた。カーソルの映像は、Fig. 3-3-1 に示す LCD モニタ (Diamondcrysta RDT233WLM, Mitsubishi, JP, 解像度 : 1024 x 768, リフレッシュレート : 60 Hz) に表示された。実験参加者が一定の間隔でマウスを動かす運動を学習する練習試行において、45 BPM のテンポのサウンドを発するメトロノーム (MA-1, KORG, JP) が使用された。なお、モニタ画面上のカーソルの運動は、実験者が Visual Basec 2013 を使用して作成したオリジナルのプログラムによって制御された。実験に際しては、前記プログラムをノート PC (Surface Pro 2, Microsoft, USA) により実行した。

本実験における視覚刺激は、Fig. 3-3-1 および Fig. 3-3-2 に示すようにモニタ画面上に表示されるカーソル映像と、パートナーが操作するマウスであった。カーソル映像は、実験参加者のマウス操作によりモニタ画面上を運動するが、その際に実験参加者のマウス操作に対して、所定のタイムラグ (3. 4 節で詳述する) を有して運動した。カーソル映像は、Table 2-2-1 に示した予備実験におけるカーソル映像と同様であり、十字型の形状を有し、サイズは 7 mm x 7 mm である。カーソルの色は黒色で、背景のモニタ画面の色は白色であった。なお、実験参加者が Fig. 3-3-3 に示すプラットフォーム上でマウスを運動させる左右のストッパー間の距離と、モニタ画面上でカーソルが運動し得る距離は、どちらも 30 cm に設定した。

また、モニタ画面上のパートナー側には、Fig. 3-3-1 に示すようにガイドイメージを表示した。本ガイドイメージは、パートナーが Fig. 3-3-2 に示すステージ上で自身のマウスを操作する際に、実験参加者のマウス運動と同様の運動を実現するために利用された。

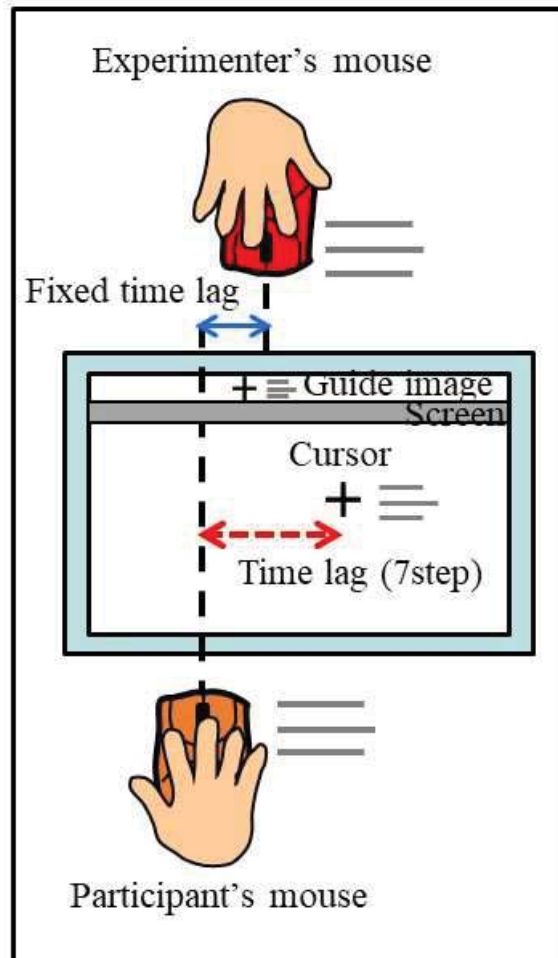


Fig. 3-3-1 Visual stimuli: movements of Cursor on monitor screen and experimenter's mouse.

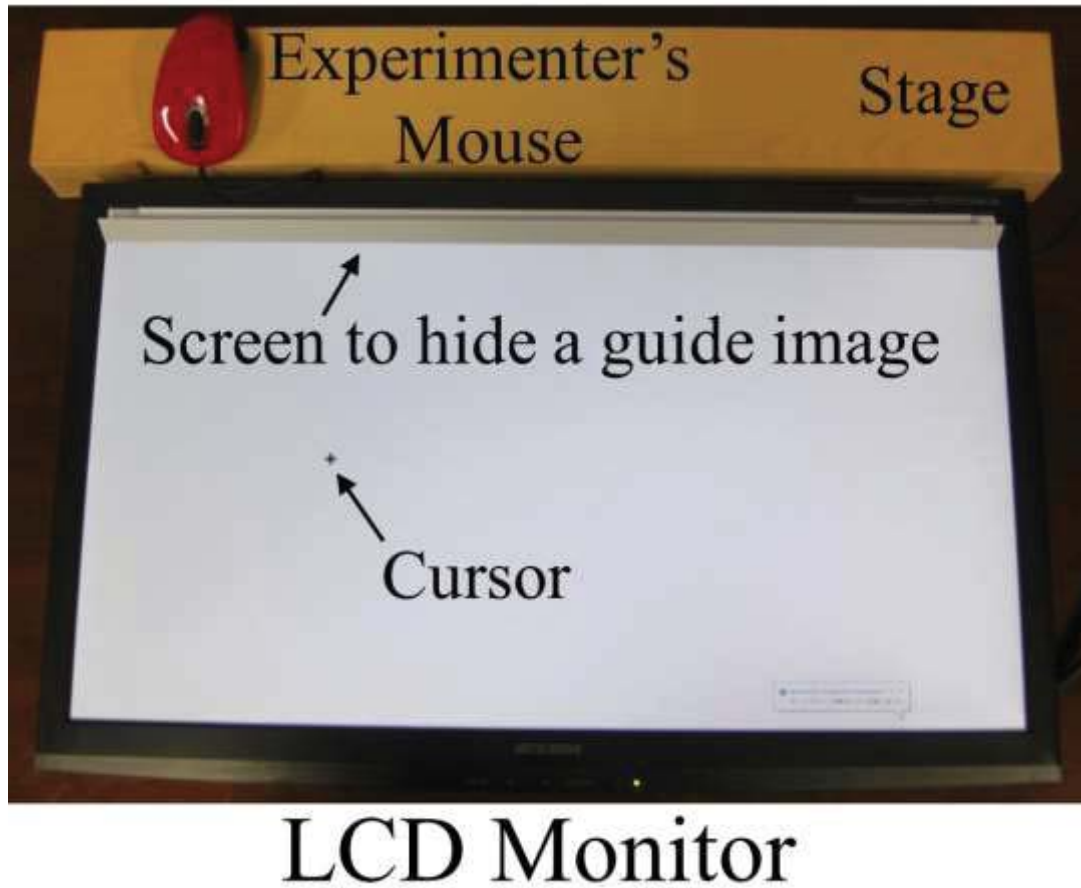


Fig. 3-3-2 Cursor displayed on the LCD monitor, and Experimenter's mouse which was manipulated on the stage. Guide image for experimenter to follow was hidden from participants' view by the screen.

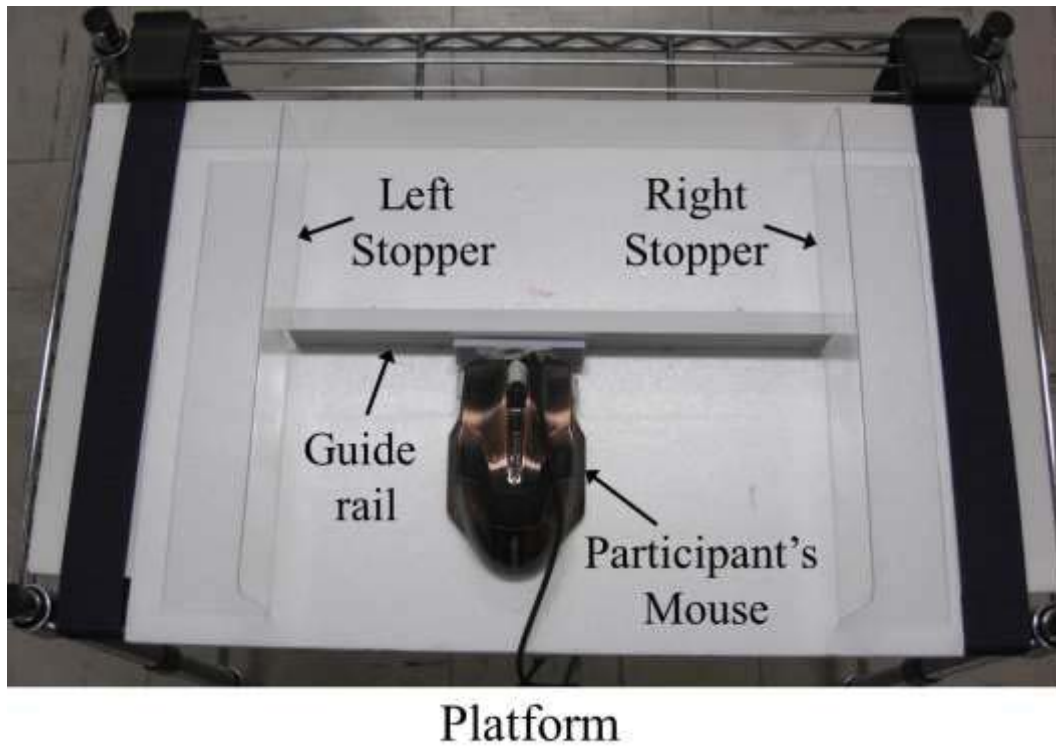


Fig. 3-3-3 Platform for participants to move their mouse. The guide rail and the right and left stoppers on the platform were set to guide the participants to move the mouse parallel to the length of the monitor screen.

3. 4 継続的なマウス運動を行う実験課題・条件

本実験は、実験参加者の運動主体の帰属を評価するために、実験条件として、Fig. 3-4-1 に示す条件 **Self**、条件 **Other**、条件 **Both** の三種類を設定した。全ての条件において、実験参加者はモニタ画面上のカーソルの運動を観察すると同時に、パートナーのマウスを観察した。条件 **Self** において、実験参加者はマウスを左右に継続的に運動させた。実験参加者のマウスによって運動を制御されるカーソルは、実験参加者のマウス運動に対して所定のタイムラグを付与され、モニタ画面上の中心を通る水平ライン上を運動した。パートナーは、別のマウスを右手で保持するが、実験試行中に動かさなかった。条件 **Other** においては、実験参加者は、マウスを右手で保持するが、実験試行中に動かさなかった。カーソルは、実験参加者がマウスの運動方法を学習する練習試行中に事前に記録されたデータを元にして、自動で運動した。パートナーは、実験参加者が条件 **Self** においてマウスを動かすのと同様に、自身のマウスを継続的に左右に運動させた。条件 **Both** においては、実験参加者は条件 **Self** と同様の運動を実行し、パートナーは条件 **Other** と同様の運動を実行した。実験参加者のマウス運動とモニタ画面上のカーソル運動の間には、187 ms 間隔のタイムラグ (94, 281, 468, 655, 842, 1029, and 1216 [ms]) を設定した。また条件 **Both** において、パートナーのマウス運動と実験参加者のマウス運動の間のタイムラグを 377 ms に設定した。条件 **Other** においては、事前に記録された実験参加者のマウス運動とパートナーのマウス運動の間のタイムラグを同様に 377 ms に設定した。

実験参加者は、条件 **Self** および条件 **Both** において、プラットフォームの左右に設置されたストッパーに当たるまで、マウスを左右に運動させた。マウスの左右の往復運動は、ビープ音が鳴るまでに 5 往復繰り返された。パートナーは、条件 **Other** および条件 **Both** において、左右の両端に設定されたマーカー線にマウスが達するまで、Fig. 3-3-2 および Fig. 3-5-1 に示すステージ上でマウスを運動させた。

実験参加者のマウス運動とカーソル運動の間のタイムラグは、187 ms 間隔のタイムラグ (94, 281, 468, 655, 842, 1029, and 1216 [ms]) を設定した。また、パートナーのマウス運動とカーソル運動の間のタイムラグは、187 ms 間隔のタイムラグ (-284, -96, 91, 278, 465, 652, and 840 [ms]) を設定した。なお、負の値を有するタイムラグは、カーソルの運動がパートナーのマウス運動に先行することを意味していた。これらのタイムラグ設定

第3章 実験方法

により、実験参加者のマウス運動とカーソル運動、およびパートナーのマウス運動とカーソル運動の間のタイムラグに関して、7段階の値における評価が可能となった。

なお、パートナーのマウス運動は、パートナーが実験参加者のマウス運動と同様の運動を実現するためにモニタ画面に表示されるガイドイメージを自身のマウスで追うことで実現された。この時、パートナーが前記ガイドイメージの動き出しを認知し、さらに自身のマウスを動かし始めるまでの認知反応時間をおよそ 200 ms と見積もった [37][38]。さらに、パートナーのマウス運動とカーソルの間のタイムラグ設定と、実験参加者のマウス運動とカーソルの間の一部のタイムラグ設定が、極力近い値となることを意図した（前述したラグ設定における、94, 281, 468, 655, 842 [ms]と 91, 278, 465, 652, and 840 [ms]）。この場合、実験参加者のマウス運動とパートナーのマウス運動の間の固定タイムラグは、タイムラグ設定の間隔（187 ms）の整数倍に近い値を取る必要があった。結果として、実験参加者のマウス運動とパートナーのマウス運動の間の固定タイムラグは、設定し得る最小時間間隔を考慮して、タイムラグ設定の間隔（187 ms）の2倍に近い値となる 377 ms に設定した。この場合は、前述したパートナーのガイドイメージに対する認知反応時間を考慮して、ガイドイメージは、条件 **Both** における実験参加者のマウス運動に対して、または条件 **Other** における事前に記録された実験参加者のマウス運動に対して、177 ms の固定タイムラグを有するように設定された。なお、パートナーのマウス運動と、実験参加者のマウス運動の間のタイムラグは、実際には固定の値（377 ms）とはならなかった。これは、パートナーはガイドイメージを追うことにより自身のマウスを運動させるため、パートナーの運動に関する変動が必然的に含まれることによるものであった。実際のタイムラグは、実験実施中に記録され、実験終了後に解析された。

実験参加者の運動主体の帰属を評価するために、実験試行ごとに、実験参加者に次の質問をした。

質問：“誰がカーソルを動かしていたと感じましたか？”

実験参加者は、以下の4つの回答の中から一つを選択して回答した。

回答選択肢：“自分”，“相手”，“自分と相手”，“どちらでも無い”

第3章 実験方法

(選択肢における“相手”は、対面に座るパートナーを指すことを事前に実験参加者に説明した.)

本実験において、目的①および②は、条件 **Both** における実験参加者の運動主体の帰属を評価することによって検討された。目的③に関しては、条件 **Both** と条件 **Self** における実験参加者の運動主体の自己に対する帰属を比較することと、条件 **Both** と条件 **Other** における実験参加者の運動主体の他者に対する帰属を比較することによって検討された。

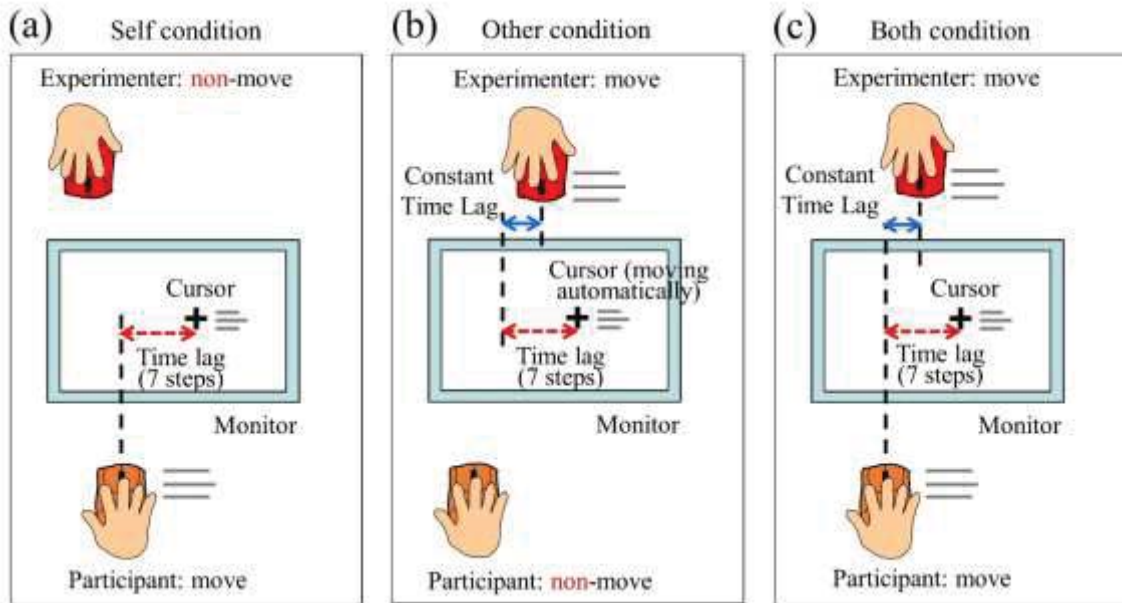


Fig. 3-4-1 Experimental conditions. a) In the Self condition, the participants moved the mouse to the right and left continuously with their dominant hand. The cursor controlled by the participants' mouse moved on the horizontal center line on the monitor screen with preset time lags associated with the participants' mouse. The experimenter held another mouse but did not move it. b) In the Other condition, the participants held the mouse but did not move it. However, the cursor moved automatically based on data on participants' mouse movements recorded during the practice period. The experimenter moved the mouse to the left and right continuously with his dominant hand just as the participants did in the Self condition. c) In the Both condition, the participants performed the same movements as in the Self condition. The experimenter performed the same movements as in the Other condition. Thus, the Both condition combined the participants' movements from the Self condition and the experimenter's movements in the Other condition.

3. 5 実験手順

実験は、照明を抑えた防音室において実施された。Fig. 3-5-1 に示すように、実験参加者は、LCD モニタが設置された机を挟んでパートナーと 60 cm 離れて対面して椅子に着席した。なお LCD モニタは、モニタ画面が机の上面と平行に上方を向くように設定された。実験参加者側の机の下には、実験参加者がマウスを操作するための台として、高さ 59 cm のプラットフォームが設置された。なお、前記プラットフォームは机の下に設置されているため、実験参加者の手の動き、およびマウスの動きは、実験参加者自身からは見る事が出来なかった。プラットフォーム上には、Fig. 3-3-3 に示すようにガイドレールと、左右のストッパーが設置されており、実験参加者はガイドレールに沿って左右のストッパーに接触するようにマウスを操作することにより、モニタ画面の長辺に対して平行にマウスを動かすことが可能となった。

パートナー側には、パートナーが、モニタ画面の長辺に対して平行にマウスを動かすためのステージ (width: 9.0 cm, height: 5.7 cm) が設置された。またモニタ画面のパートナー側にはガイドイメージが表示されたが、ガイドイメージは実験参加者から見えないように、Fig. 3-3-2 に示すようにスクリーンで隠されていた。パートナーは、前述したように前記ガイドイメージを自身のマウスで追うことにより、実験参加者と同じ運動を実現した。なお、実験参加者は、モニタ画面上のカーソルの運動は、実験参加者のマウスによって制御される (条件 Self, 条件 Both) か、もしくは練習試行において事前に記録された実験参加者のマウス運動のデータを元に制御される (条件 Other) ことを事前に明確に知らされていた。従って実験参加者は、パートナーのマウス運動は、カーソル運動の制御に関わっていないことを理解していた。

さらに Fig. 3-5-1 に示すように、実験参加者側には、Fig. 3-5-2 に示すヘッドレストとチンレストが、実験参加者の頭部の位置を固定するために設置された (チンレストに関しては、Fig. 3-5-1 の煩雑化を避けるために記載を省略している)。実験中、実験参加者は額と顎をそれぞれヘッドレストとチンレストに乗せることにより、自身の頭部を固定した。ヘッドレストおよびチンレストにより、実験参加者の両眼中心からモニタ画面の中心までの距離は、約 42 cm に設定された。また、実験参加者の視線方向は、水平軸に対して 50° に設定された。また Fig. 3-5-1 に示すように、腕の動きを実験参加者自身か

第3章 実験方法

から見えないようにするために、スクリーンボードが設置された。これにより、実験参加者は実験試行中の自身の腕の動きを見ることがなかった。実験参加者は、さらにヘッドホンを着用し、実験試行中は、プラットフォーム上で運動する際にマウスから生じる運動音をマスクするためのホワイトノイズを聞いた。

実験では、まず実験参加者は、練習試行として3種類の条件ごとに7段階のタイムラグよりなる1セットの試行を行った。この練習試行では、実験参加者はメトロノームのテンポ(45 BPM)に合わせて、左右にマウスを往復運動させる運動を学習した。練習試行における3種類の条件の実行順序は以下の通りであった。

条件 Self → 条件 Other → 条件 Both

練習試行の条件 Self においては、実験参加者のマウス運動に関するデータが、PCに記録された。本データは、以降の条件 Other (練習試行, および本試行) においてカーソルを自動的に運動させるために使用された。なお、タイムラグの値、およびメトロノームのテンポで学習されるマウス運動のテンポは、マウスの運動と、タイムラグを有するカーソル運動の位相が半周期ズレを起こさないように決定した。自己の運動と視覚情報の遅延とが半周期の位相差を有する場合、運動主体感に影響を与えることが指摘されているため、この影響を排除することを目的としたものである[34]。

練習試行に続いて、本試行が実行された。3種類の条件の実行順序は、実験参加者間でカウンターバランスを取って設定した。各条件の間には、約10分間の休憩を取った。実験参加者は、それぞれの条件ごとに連続して8セットの試行を行った。1セットの試行は7段階のタイムラグから構成され、それぞれのタイムラグが設定される順番はランダム化された。それぞれの実験参加者は、それぞれの条件ごとに計56回の試行を行った(3条件全体で168回)。

実験参加者は、運動主体の帰属を評価するための4つの選択肢から、自身の感覚に最も近い回答を1つ選択するよう指示された。Fig. 3-5-3(a)に示すように、前述した運動主体の帰属に関する質問と4種類の選択肢は、それぞれの試行が完了するごとにモニタ画面上に表示された。実験参加者は、Fig. 3-5-3(b)に示すようにキーボードを用いて回答を選択し、回答結果はPCに記録された。なお、4種類の選択肢はモニタ画面上に4角形の頂点位置に表示され、実験参加者はモニタ画面上の選択肢の位置に対応する方向キーを押すことで回答した。選択肢のモニタ画面上の位置と対応するキーの位置は、事前に

第3章 実験方法

設定された試行回数ごとに変更された。それぞれのタイムラグごとの試行は、Fig. 3-5-4に示すように実行された。

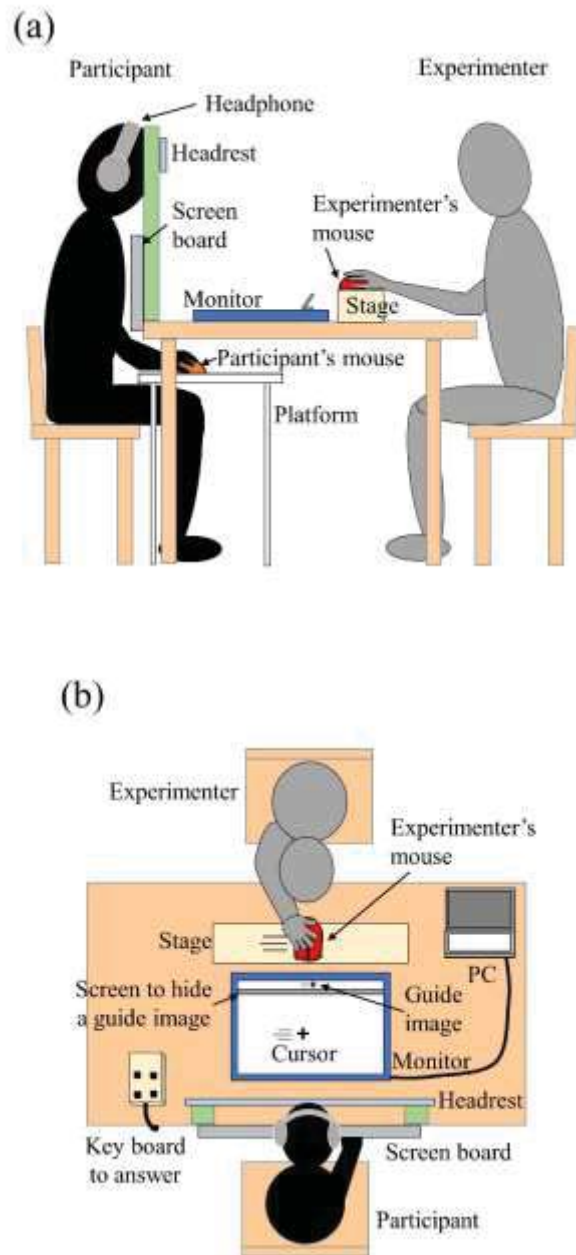


Fig. 3-5-1 Experimental system. a) Side view. A platform for the mouse was set under the desk on the participants' side. The participants' hand and the mouse were thus hidden from the participants' line of sight. During the task, the participants observed the movement of the cursor on the monitor screen and the movement of the experimenter's mouse simultaneously. b) Top view. On the experimenter's side, a stage to move the mouse was set along the length of monitor screen. On the screen on the experimenter's side, a small guide image, hidden from participants' sight by a low screen, was displayed for the experimenter to follow.

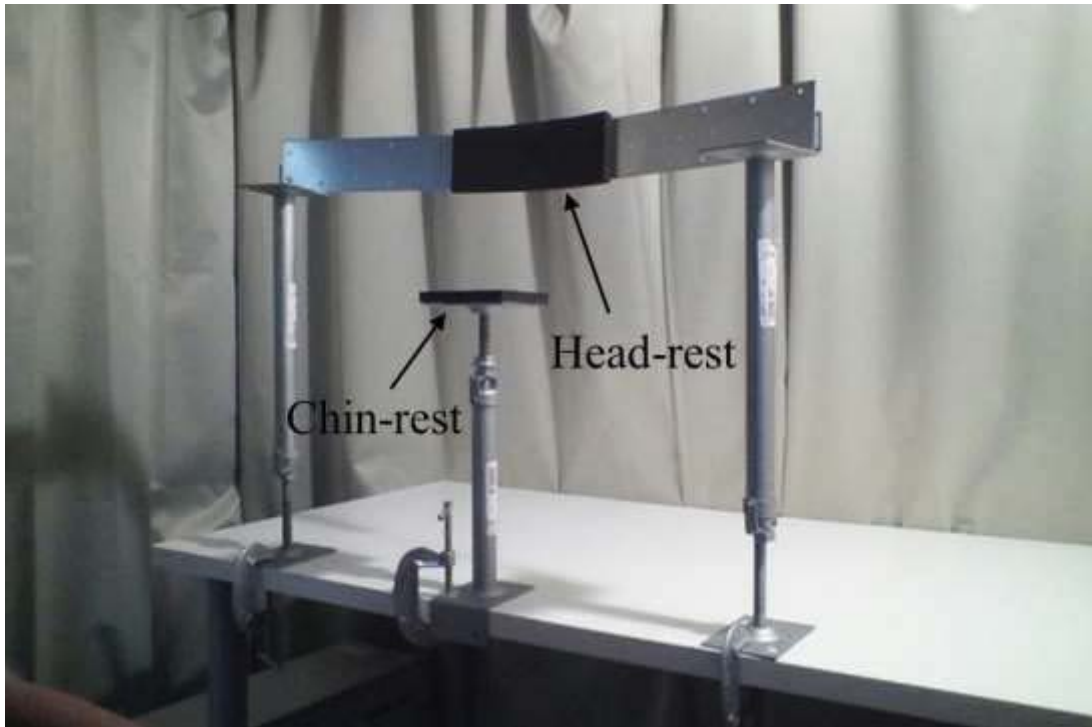
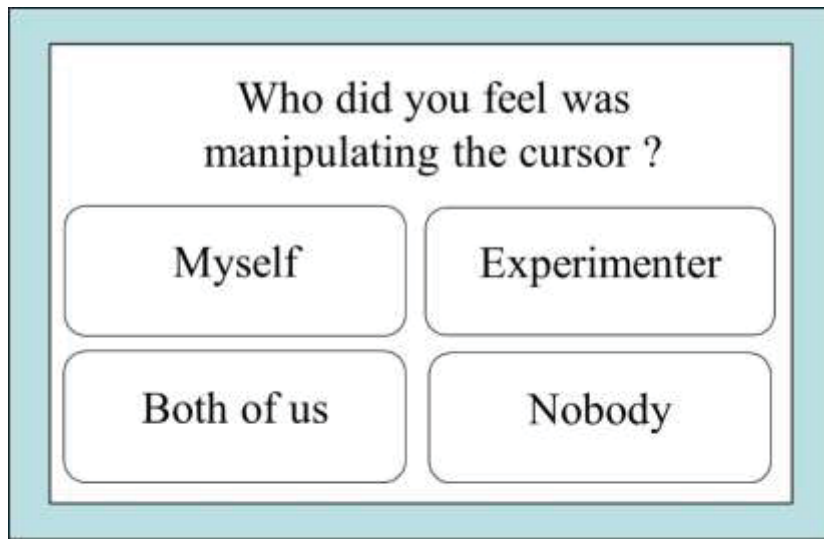
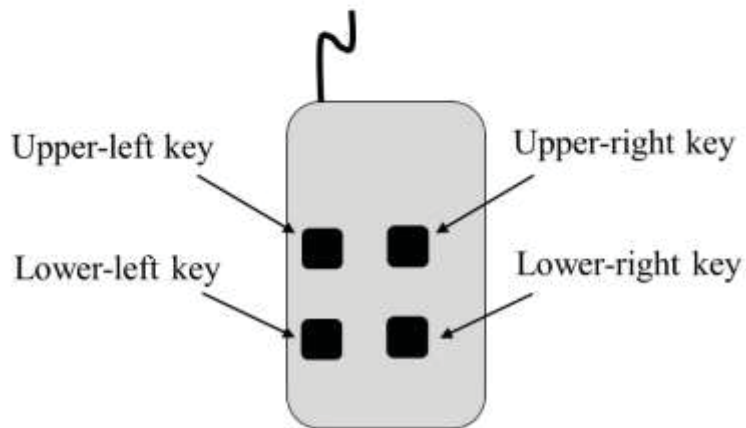


Fig. 3-5-2 Head-rest and Chin-rest to fix participant's head.



(a) Monitor



(b) Key board to answer

Fig. 3-5-3 (a) Prompt and four answer options were displayed on the monitor screen after each trial. The answers were recorded by pressing a key. The four answers were displayed at the corner of the rectangle, and (b) the participants pressed the direction key corresponding to the positions of the answers on the monitor screen. The positions of the answers and keys were changed after every predetermined number of trials.

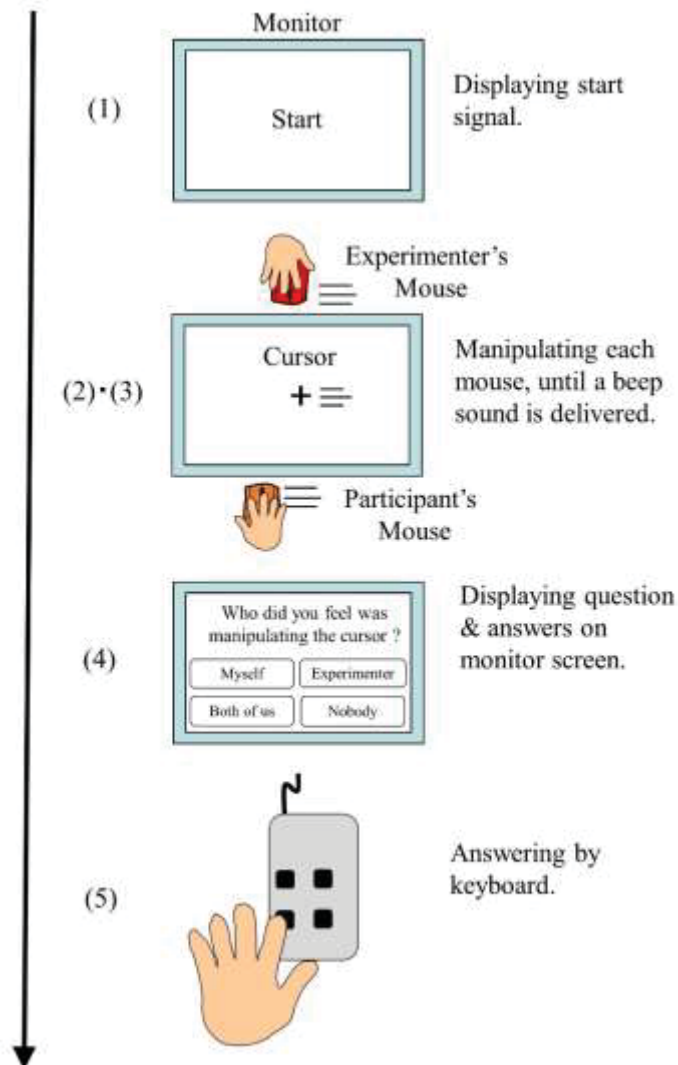


Fig. 3-5-4 Order of the procedures for each trial for each time lag. (1) The word “Start” was displayed on the monitor screen to instruct the participants to start moving their mouse. (2) The participants moved their mouse to control the cursor in the Both and Self conditions, and the cursor moved automatically in the Other condition. The experimenter moved his mouse using similar movements in the Both and Other conditions. (3) The participants stopped moving their mouse when a beep sounded after the mouse had been moved five times to the right and left in the Both and Self conditions, and the cursor stopped automatically after moving five times to the right and left in the Other condition. (4) The question and answers were displayed on the screen. (5) The participants selected the answer that best matched their feeling from the four options provided by pressing the key.

3. 6 分析方法

実験の各試行終了後に取得した実験参加者の回答は、実験終了後に、実験参加者の運動主体の帰属を評価するために、分析された。本実験では、運動主体の自己に対する帰属と、運動主体の他者に対する帰属に関して、タイムラグの増加に対して減衰する比率を評価するために、実験参加者の回答組み合わせより、以下の2種類の比率を算出した。

- Ratio-A : 運動主体の自己に対する帰属

実験参加者が、自身がカーソルを制御しているとは感じなかった比率として算出した。

- Ratio-B : 運動主体の他者に対する帰属

実験参加者が、他者（パートナー）がカーソルを制御しているとは感じなかった比率として算出した。

続いて、算出した Ratio-A, Ratio-B をグラフにプロットし、2. 2. 5項でも述べた式(1)に示すロジスティック関数でフィッティングを行い、ロジスティック関数上で回答(b)の比率が50%となるタイムラグを Point of Subjective Equality (PSE)[10][35]として算出した。

$$R(t) = \frac{1}{1 + \exp(-a(t - t_{PSE}))} \quad \dots \text{式(1)}$$

式(1)において、 t はタイムラグを示し、 $R(t)$ はタイムラグ t における回答(b)の比率を示し、 a はロジスティック関数の傾きを示し、 t_{PSE} はPSEの値を示す。PSEは、回答(a)と回答(b)それぞれの選択比率が、ロジスティック関数上で50%となるタイムラグを意味する。本実験では、タイムラグ t は独立変数として作用し、 $R(t)$ が観測データである。なお、ロジスティック関数のフィッティングは、非線形最小二乗法により実行した。

算出されたPSEは、Kolmogorov-Smirnovテストにより正常度が検定され、さらに対応のある両側 t 検定により統計的に分析された。また、条件Bothと条件Otherにおける

第3章 実験方法

パートナーのマウス運動と実験参加者のマウス運動の間のタイムラグの平均を、それぞれの実験参加者ごとに算出した。算出した平均タイムラグは、Kolmogorov-Smirnov テストにより正常度が検定され、さらに対応のある両側 t 検定により統計的に分析された。さらに、マウス運動の平均サイクルをそれぞれの実験参加者ごとに算出した。算出した平均サイクルは、Greenhouse-Geisser 手法により球面性を評価した後に、実験条件を要因とする反復測定一元配置分散分析により統計的に分析された。顕著度 α は、全ての検定において 0.05 に設定した。 t 検定における効果量として Cohen の d を算出し、また分散分析における効果量は、平方相関比として算出した。全ての統計解析は、MATLAB Statistics and Machine Learning Toolbox (MathWorks, Natick, MA, USA) を用いて実施し、また事前に実施した検定力解析は G*Power を使用した[39]。

第 4 章

實驗結果

第4章 実験結果

4. 1 解析対象

実験参加者数はトータル 24 名であったが、4 名の実験参加者のデータは、解析対象から除外した。除外した実験参加者中の 3 名は、実験中に集中を失った旨の報告があった。1 名の実験参加者は、3 種類の条件における全ての試行において、それぞれ同一の回答を選択した（条件 **Self** および条件 **Both** においては、“自分”を選択し、条件 **Other** においては、“どちらでも無い”を選択した）。本実験において評価尺度とした **PSE** は、全ての回答が同一の場合、算出することができない[10]。このように、本実験では 20 名の実験参加者のデータを解析対象とした。なお、本実験で統計処理として使用する予定であった、対応のある両側 t 検定のサンプルサイズ（実験参加者数）は、事前の検定力分析（ $d = 0.7$, $\alpha = 0.05$, $\text{Power} = 0.8$ ）により 19 と見積もられた。従って、4 人を除いた 20 人のデータは、統計処理において十分なサンプルサイズと判断した。

4. 2 運動主体の帰属に関する回答比率

Fig. 4-2-1 に、3 種類の条件ごとの、それぞれのタイムラグにおける実験参加者の回答比率を示す。Fig. 4-2-1 より、全ての条件において、タイムラグが増加すると、回答”どちらでも無い”が増加することが分かる（ただし、条件 **Other** における、カーソル運動に対するパートナーのマウス運動のタイムラグが負の値を示す場合を除く）。さらに、条件 **Both** と条件 **Other** においては、回答“相手”が選択されるケースが有り、実験参加者は、事実とは異なると知っているにも関わらず、一部のタイムラグにおいては、パートナーがカーソルを制御していると感じたことを示している。さらに条件 **Both** においては、実験参加者は回答“自分と相手”を選択するケースが見られる。これは、実験参加者はパートナーと一緒にカーソルを制御していると感じたことを示している。なお、条件 **Both** における回答“自分と相手”は、タイムラグが増加するにつれて減少している（ただし、カーソル運動に対するパートナーのマウス運動のタイムラグが負の値を示す場合を除く）。

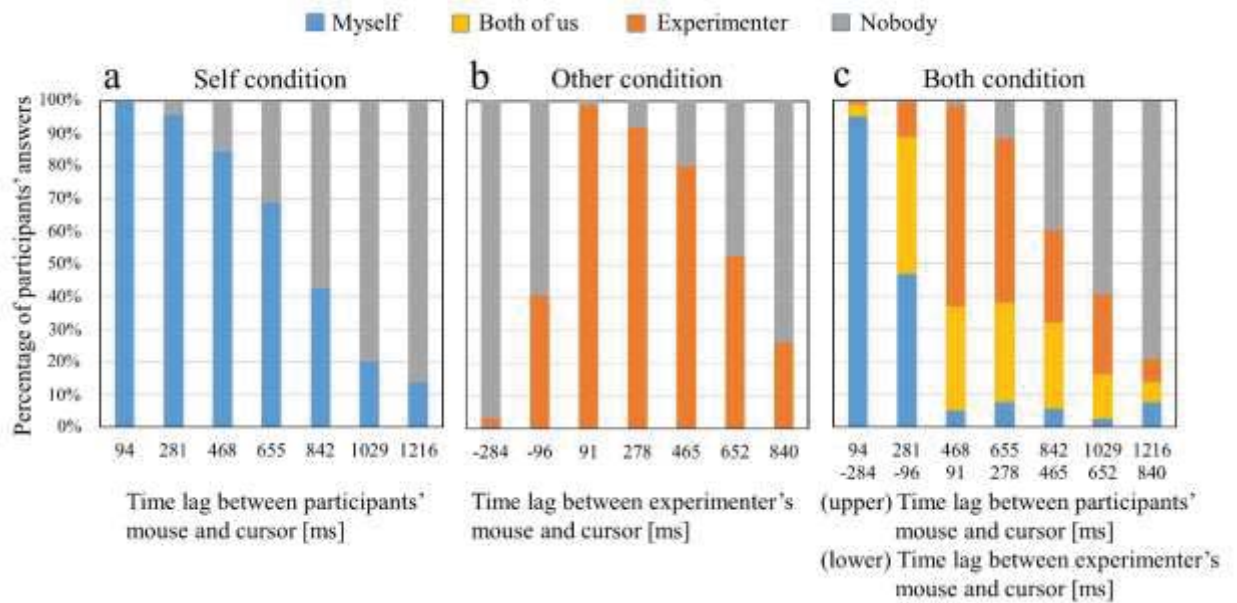


Fig. 4-2-1 Percentage graphs of participants' answers. a) Self condition. b) Other condition. c) Both condition. The horizontal axis for the Self condition shows the time lags between participants' mouse and the cursor, and the horizontal axis for the Other condition shows the time lags between the experimenter's mouse and the cursor. The horizontal axis for the Both condition shows both of the time lag sets.

4.3 自身がカーソルを制御しているとは感じなかった比率

条件 **Both** および条件 **Self** の結果に関して、**Ratio-A** を算出した。**Ratio-A** は、実験参加者が、「自身がカーソルを制御しているとは感じなかった」比率であり、運動主体の自己に対する帰属の評価尺度となる。**Ratio-A** は、条件 **Both** および条件 **Self** における実験参加者の回答“相手”および回答“どちらでも無い”の比率の和として算出される。（すなわち、実験参加者が、「自身がカーソルを制御していると感じた」比率を 1 から減算した結果に一致する）

Fig. 4-3-1(a)は、解析対象とした実験参加者における **Ratio-A** の平均値をプロットし、さらにロジスティック関数をフィッティングしたグラフを示す。Fig. 4-3-1(a)の縦軸において、値が小さい **Ratio-A** は、実験参加者がより「自身がカーソルを制御していると感じた」ことを示し、値が大きい **Ratio-A** は、実験参加者がより「自身がカーソルを制御しているとは感じなかった」ことを示す。Fig. 4-3-1(a)より、実験参加者は、実際には自身がカーソルを制御していると知っているにも関わらず、いくつかのタイムラグ設定においては、カーソルを制御しているという感覚を失っていることを示している。

なお、ロジスティック関数の近似に際しては、カーソルとマウス間のラグが 0 の場合に、必ずしも自己に対する運動主体の帰属の比率が 1.0（グラフ上では 0.0）に近い値を取るか不明であるため、ラグの範囲を 0 までに限定することなくフィッティングを行った。

さらに、条件 **Self** と条件 **Both** それぞれにおける **Ratio-A** の性質の違いを評価するために、PSE[13]（ロジスティック関数上で比率が 50 %となるタイムラグ）を算出した。Fig. 4-3-1(b)は、条件 **Self** と条件 **Both** における PSE の平均値および標準誤差を示す。条件 **Self** と条件 **Both** に関して、対応のある両側 t 検定を実施したところ、条件 **Both** における PSE（mean = 621 ms, SE = 51 ms）は、条件 **Self** における PSE（mean = 809 ms, SE = 56 ms）よりも顕著に小さい値を示した [$t(19) = 4.82, p < 0.001, d = 0.78$]。

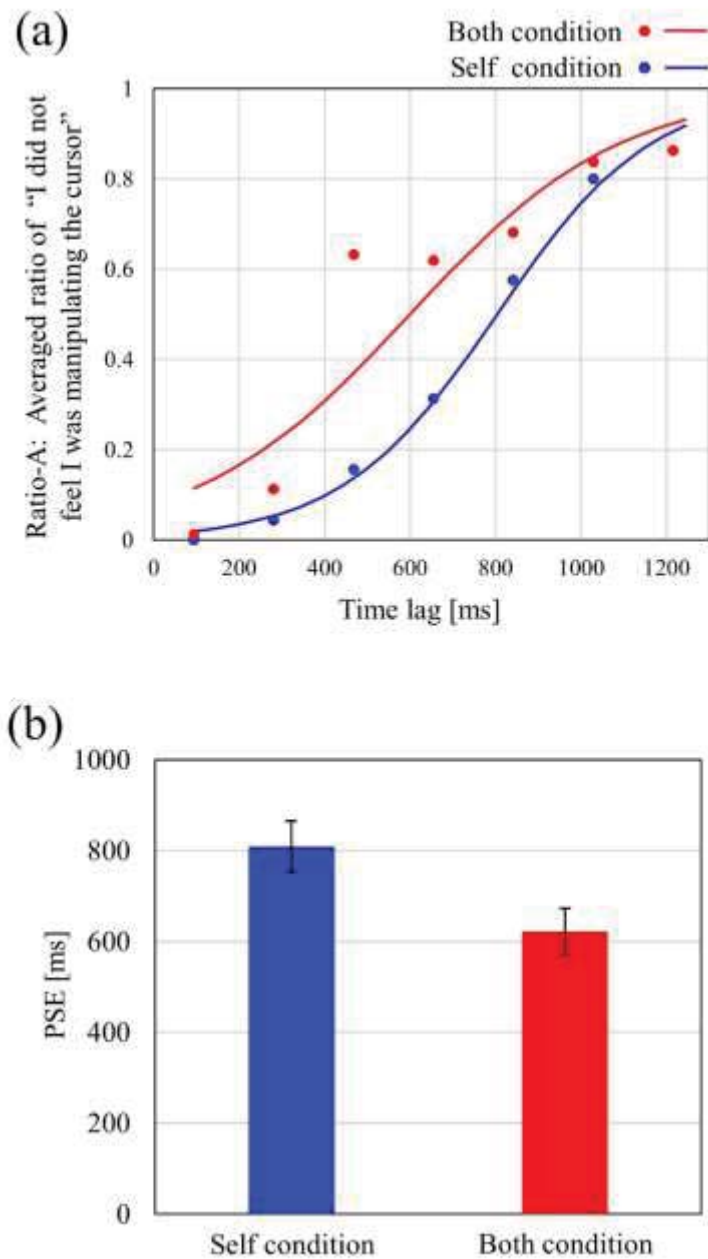


Fig. 4-3-1 Evaluation of agency attribution to oneself. a) Ratio-A: Average ratios of participants who did not feel that they were controlling the cursor for each time lag in the Both and Self conditions, including the answers “Experimenter” and “Nobody”. b) The average PSEs in the Both and Self conditions. Error bars represent standard errors.

4.4 他者がカーソルを制御しているとは感じなかった比率

条件 Both および条件 Other の結果に関して、Ratio-B を算出した。Ratio-B は、実験参加者が、「他者（パートナー）がカーソルを制御しているとは感じなかった」比率であり、運動主体の他者に対する帰属の評価尺度となる。Ratio-B は、条件 Both および条件 Other における実験参加者の回答“自分”および回答“どちらでも無い”の比率の和として算出される。（すなわち、実験参加者が、「他者（パートナー）がカーソルを制御していると感じた」比率を1から減算した結果に一致する）

Fig. 4-4-1(a)は、解析対象とした実験参加者における Ratio-B の平均値をプロットし、さらにロジスティック関数をフィッティングしたグラフを示す。なお、Fig. 4-4-1(a)の横軸はカーソルとパートナーのマウスの間のタイムラグを示しており、ロジスティック関数は、前記タイムラグの正の値における Ratio-B に対してのみフィッティングしている。負の値における Ratio-B に関しては、5.1 節において議論する。Fig. 4-4-1(a)の縦軸において、値が小さい Ratio-B は、実験参加者がより「他者（パートナー）がカーソルを制御していると感じた」ことを示し、値が大きい Ratio-B は、実験参加者がより「他者（パートナー）がカーソルを制御しているとは感じなかった」ことを示す。Fig. 4-4-1(a)より、実験参加者は、実際には他者（パートナー）はカーソルを制御していないと知っているにもかかわらず、いくつかのタイムラグ設定においては、他者（パートナー）がカーソルを制御しているという感覚を有したことを示している。

さらに、条件 Other と条件 Both それぞれにおける Ratio-B の性質の違いを評価するために、PSE[13]を算出した。Fig. 4-4-1(b)は、条件 Other と条件 Both における PSE の平均値および標準誤差を示す。条件 Other と条件 Both に関して、対応のある両側 t 検定を実施したところ、条件 Both における PSE (mean = 531 ms, SE = 41 ms) は、条件 Other における PSE (mean = 675 ms, SE = 37 ms) よりも顕著に小さい値を示した [$t(19) = 3.46, p = 0.003, d = 0.83$]。

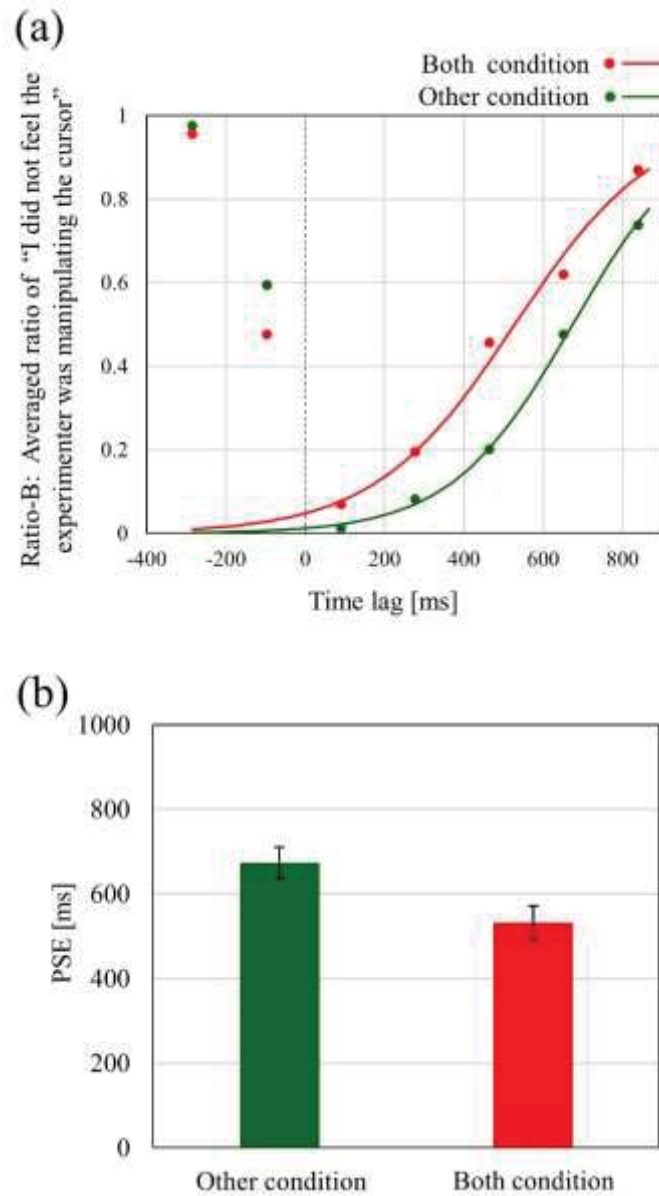


Fig. 4-4-1 Evaluation of agency attribution to others. a) Ratio-B: Average ratios of participants who did not feel the experimenter was controlling the cursor for each time lag in the Both and Other conditions, including the answers “Myself” and “Nobody”. b) The average PSEs in the Both and Other conditions. Error bars represent standard errors.

4. 5 その他の結果

条件 Both と条件 Other において、事前に固定値として想定した、実験参加者のマウス運動とパートナーのマウス運動の間の実際のタイムラグを解析した。条件 Both および条件 Other における実験参加者のマウス運動とパートナーのマウス運動の間の平均タイムラグは、それぞれ 419 ms ($SE = 4$ ms) および 425 ms ($SE = 4$ ms) であった。条件 Both と条件 Other に関して、対応のある両側 t 検定を実施したところ、有意差は見られなかった [$t(19) = 1.39$; $p = 0.180$, $d = 0.33$]。さらに、3種類の条件における実験参加者のマウス運動周期に関して解析した。なお、条件 Other における実験参加者のマウス運動は、練習試行において記録されたものである。それぞれの条件における実験参加者のマウス運動の平均周期は、それぞれ条件 Both : 1,415 ms ($SE = 30$ ms), 条件 Self : 1,459 ms ($SE = 63$ ms), 条件 Other : 1,409 ms ($SE = 43$ ms) であった。前記3種類の条件における平均周期に対して、実験条件を要因とする反復測定一元配置分散分析を実施したところ、有意差は見られなかった。

第5章

考察

第5章 考察

5. 1 本研究の主要な発見

本実験では、自身が真の運動主体と明確に知っている状況において、自己と同様な運動をしている他者に対する運動主体の帰属に関して検討することを目的とした。まず目的①として、「自分自身が実行する継続運動と同様の運動を実行する他者を観察する場合、自分自身が真の運動主体であるという事前知識に基づいて、自己に運動主体を帰属させるのか、もしくは、真の運動主体に関する知識を持たない先行研究における状況と同様に、他者に対して運動主体を帰属させ得るのか」に関して検討を行った。結論として、Fig. 4-4-1(a)より分かる通り、条件 Both において、実験参加者が、他者（パートナー）はカーソルを制御していないと感じたことを意味する回答“自分”および回答“どちらでも無い”に相当する Ratio-B は、タイムラグが小さい場合に小さい値を示した。この結果より、先行研究[24]-[32]とは異なり実験参加者が他者（パートナー）は実際にはカーソルを制御していないと知っているにも関わらず、他者がカーソルを制御しているように感じたことが示された。

また目的②として、「自分自身が真の運動主体であるという事前知識を有するにも関わらず、他者に対して運動主体を帰属させ得る場合、自分自身が実行する継続運動と同様の運動を実行する他者を観察する場合、“自己に対する運動主体の帰属”と、“他者に対する運動主体の帰属”は、排他的に生じるのか、もしくは、同時に生じ得るのか」に関して検討を行った。結論として、Fig. 4-2-1 より分かる通り、条件 Both において、実験参加者は回答“自分と相手”を選択したことが分かる。この結果より、“自己に対する運動主体の帰属”と、“他者に対する運動主体の帰属”は、同時に生じ得ることが示された。

本実験において、他者（パートナー）がカーソルを制御しているという感覚は、事実と反している。そこで本感覚を先行研究における“運動主体の他者への帰属”と対比し

て、“錯覚的な運動主体の他者への帰属”と呼ぶ。運動主体の自己への帰属と錯覚的な運動主体の他者への帰属が同時に生じる状況においては、自己と他者の境界が、運動主体の帰属に関して曖昧になっていることが推測される。

なお本研究で観察された“錯覚的な運動主体の他者への帰属”は、例えば錯視等に代表される生理学的錯覚とは異なり、運動制御における仮説生成に伴う錯覚と考えられる。すなわち、参加者自身の手（マウス）の動きから予想されるカーソル運動（仮説）と実際のカーソルの動き（視覚情報）のタイムラグ、および他者の手（マウス）の動きと実際のカーソル運動のタイムラグを比較した上で生じる、より高次の錯覚が観察されたものと捉えられる。また、この比較に際しては、運動制御に関わる事前知識として、「カーソルは自分が操作している」および「カーソルとマウスは同期して動作する」という情報が参照されているものと推測される。これらの事前知識の影響に関しては、5.3節においてさらに詳しく議論する。

5. 2 条件 Both における運動主体の他者への帰属

目的③として、「自分自身が実行する継続運動と同様の運動を実行する他者を観察する場合の運動主体の帰属は、自分だけが運動する際の“自己に対する運動主体の帰属”と、他者の運動だけを観察する際の“他者に対する運動主体の帰属”が単に同時に生じたものであるのか」に関して検討を行った。4. 3節で示したように、自分自身が実行する継続運動と同様の運動を実行する他者を観察する場合に相当する、条件 Both における運動主体の自己への帰属に関する PSE は、自分だけが運動する際の自己に対する運動主体の帰属に関する PSE よりも顕著に小さかった。この顕著に小さい PSE は、条件 Both において、実験参加者は、自身がカーソルを制御しているという感覚をより小さいタイムラグにおいて失ったことを示している。さらに4. 4節で示したように、条件 Both における錯覚的な運動主体の他者への帰属に関する PSE は、実験参加者がカーソルを制御していない条件 Other における PSE よりも顕著に小さかった。この顕著に小さい PSE は、条件 Both において、実験参加者は他者（パートナー）がカーソルを制御しているという感覚をより小さいタイムラグにおいて失ったことを示している。

これらの結果に基づいて、運動主体の自己への帰属と錯覚的な運動主体の他者への帰属における処理に関して議論を試みる。Table 5-2-1 に示すように、まず運動主体の自己への帰属において、生じた結果（カーソル運動）と比較される情報は、運動指令の遠心性コピーと体性感覚を含む実験参加者自身の運動に関連した情報である。一方、錯覚的な運動主体の他者への帰属において、生じた結果（カーソル運動）と比較される情報は、パートナーの運動に関連した視覚情報である。このように、それぞれの運動主体の帰属においては、全く異なる情報が、生じた結果（カーソル運動）と比較される。従って、それぞれの運動主体の帰属における情報が異なることから、それぞれの運動主体の帰属に関わる脳内処理も異なると仮定すると、それぞれの運動主体の帰属はそれぞれ独立に生じるものと予想される。この場合、条件 Both ではそれぞれの前記情報が同時に存在することから、それぞれの運動主体の帰属の単純な組み合わせが観察されると推測される。すなわち、運動主体の自己への帰属に関する PSE は、条件 Both と条件 Self の間で異なることは無く、また錯覚的な運動主体の他者への帰属に関する PSE は、条件 Both と条件 Other の間で異なることはない筈である。しかしながら本実験においては、前記

推測に反してそれぞれの PSE の間には顕著な差が見られた。例えば運動主体の自己への帰属に関する PSE が条件 Self と条件 Both で異なる理由は、Fig. 4-2-1 に示されたように、主に条件 Both において回答“相手”が増加したことによるものである。さらに、運動主体の他者への帰属に関する PSE が条件 Other と条件 Both で異なる理由は、条件 Other よりも条件 Both において、主に回答“どちらでも無い”が増加したことによるものである。これらの PSE における差は、条件 Both において、運動主体の帰属がそれぞれ独立に生じている訳では無いことを示唆している。すなわち、実験参加者とパートナーが同様の運動を行っている時の錯覚的な運動主体の他者への帰属は、単に他者の運動を観察する時の運動主体の帰属とは異なり、またさらに実験参加者とパートナーが同様の運動を行っている時の運動主体の自己への帰属は、他者の運動を観察すること無く、単独で運動する際の運動主体の自己への帰属とは異なると推測することができる。結論として、本実験において観察された自己または他者への運動主体の帰属は、自身および他者による同様の運動が同時に存在する状況に特有のものであると考えられる。言い換えると、条件 Both における自己および他者への運動主体の帰属は、条件 Self における運動主体の自己への帰属と、条件 Other における運動主体の他者への帰属の単なる組み合わせでは無いと結論付けることができる。

Table 5-2-1 Visual feedback specification.

Input compared with the outcome (cursor movements) for agency attribution	Both condition	Self condition	Other condition
Information related to participants' actions, including efference copies of the motor command and proprioception.	○	○	×
Visual information related to the experimenter's actions.	○	×	○

5. 3 事前知識の影響

先行研究[33]で提案されたモデルにおいては、運動主体の外部（自分以外）への帰属は、主に感覚運動処理に基づくボトムアップ処理により生起されると考えられる“運動主体の感覚”によって形成されるものではなく、主に概念的で表象的な処理に基づくトップダウン処理による、運動主体であるという“解釈的な判断”として形成されるものと推測されている。この“解釈的な判断”において参照される情報として、本研究においては、運動制御に関わる事前知識が考えられる。すなわち、「カーソルは自分が操作している」、「カーソルとマウスは同期して動作する」、「カーソル動作はマウス動作に先行しない」等である。

本実験で観察された錯覚的な運動主体の他者への帰属は、Fig. 4-4-1(a)に示した条件 **Other** と条件 **Both** におけるカーソルとパートナーのマウス運動の間の負のタイムラグにおける結果 (**Ratio-B**) が、正のタイムラグにおける結果 (**Ratio-B**) よりも、より低い他者への帰属の程度を示していることから、前述したモデルで推測されるのと同様に、トップダウン処理に基づくものと考えられる。すなわち、カーソルとパートナーのマウス運動の間の負のタイムラグは、カーソル運動がマウス運動に先行していることを意味しているが、一般的にカーソル運動がマウス運動に先行することは有り得ない。従って、錯覚的な運動主体の他者への帰属は、この事前知識に基づいて負のタイムラグに対して、より低い他者への帰属を示したものと推測される。しかし一方で、本実験においては、実験参加者に対してカーソルの制御に関する感覚を質問しており、錯覚的な運動主体の他者への帰属は、単なる実験参加者の判断ではなく実験参加者の主観的な感覚として評価されている。さらに実験参加者は、パートナーは真の運動主体では無いと明確に知っており、真の運動主体を知らない先行研究[24]-[32]とは異なり、他者（パートナー）を真の運動主体としてより可能性が高いものとして判断することは無い。つまり、錯覚的な運動主体の他者への帰属は、前述したモデルにおけるボトムアップ処理による“運動主体に関する感覚”を含む主観的な感覚であると考えられる。結果として、錯覚的な運動主体の他者への帰属は、ボトムアップ処理とトップダウン処理の双方を含む複数の要素により形成されるものと考えられる。本実験において観察された錯覚的な運動主体の他者への帰属は、先行研究[24]-[32]において観察された、主にトップダウン処理により

形成される運動主体の他者への帰属とは、異なるものであると推測される。また、先行研究[33]で提案されたモデルにおいては、トップダウン処理における事前知識の影響に関して、その種類に応じた差異については言及していない。これに対して本研究では、前述したように、負のタイムラグに関する事前知識と、真の運動主体に関する事前知識では、運動主体の帰属に対する影響が異なることが確認された。すなわち本研究によって、事前知識の種類によって運動主体の帰属に対する影響は異なるという新たな知見を得ることができたものと考えている。

また、各被験者のロジスティック関数近似においては、条件 **Both** における自己に対する運動主体の帰属を表す比率において、Fig.4-3-1(a)と同様にラグ 281ms と 468ms の間（他者マウスのラグの正負が反転する）でジャンプが見られる。このジャンプは、一方の手掛かり（他者マウス）にトラップされることにより、自己に対する運動主体の帰属が大きく減衰していることによる可能性が考えられる。この結果は、自分が動かしているという事前知識の、自己に対する運動主体の帰属に対する影響が、他者マウスのラグの正負の条件に応じて異なることによるものと考えられる。すなわち本研究で観察された錯覚は、前述した事前知識に基づいた、運動制御における仮説生成に伴う高次の錯覚を含む、複数の要因が組み合わさった複雑な現象であると推測される。

5. 4 認知神経科学からの考察

これまでに、他者運動の観察に関連した研究が、ミラーニューロンシステムの観点で数多く報告されている[40]-[46]。これらの研究では、運動前野（Premotor cortex）および下頭頂小葉（Inferior parietal lobule）がミラーニューロンシステムに関連していることが示されている。また、これらの脳内部位は、人間が他者の運動を観察するだけでも、また自分自身が同じ運動をする際にも同様に活性化することが知られている。

また一方で運動前野および下頭頂小葉は、運動主体感に関連していることが報告されている。運動前野は、運動の計画に関わる脳部位であり、特に運動主体感を感じる時に活性化することが知られている[28][47]。また下頭頂小葉は、運動主体感の生起において感覚情報の時間的な一貫性を評価する際に、主要な役割を果たすことが知られている[2][16][28][47][65-67]。また、運動前野は頭頂連合野と強い結合を有し、感覚運動制御に関わることが指摘されている[64]。

このように運動前野および下頭頂小葉は、自己の運動と、他者の同様な運動を観察することの双方によって活性化され得る。特に先行研究では、実験参加者が運動主体を外部に対して帰属させた場合に、下頭頂小葉が活性化することが報告されている[16][28][48][49]。これは、他者の運動を観察する際に機能するミラーニューロンシステムにおいて活性化した下頭頂小葉が、同時に運動主体の他者への帰属に対して寄与し得ることを示唆している。本実験において確認された錯覚的な運動主体の他者への帰属は、5. 1節で考察したように、トップダウン処理による判断に基づくだけでなく、ボトムアップ処理による主観的感觉を含んでいると考えられる。この錯覚的な運動主体の他者への帰属における主観的感觉は、先行研究[50]-[55]で報告されているように、他者の感覚を自身のものとして感じ得るミラーニューロンシステムの機能が寄与していると推測される。

このように、自己が行う運動と同様の運動を他者が行うのを観察する際には、運動主体の自己への帰属と、錯覚的な運動主体の他者への帰属の処理の間に、前述した運動前野および下頭頂小葉を介して、何らかの相互作用が生じていることが示唆される。この相互作用が、本実験において、条件 Both と条件 Self における運動主体感の自己への帰

第5章 考察

属に差 (PSE の差) が見られたことと, および条件 **Both** と条件 **Other** における錯覚的な運動主体の他者への帰属に差 (PSE の差) が見られたことの原因の一つと考えることができる.

第 6 章

結論

第6章 結論

第1章では、研究の背景と目的・方針を示した。まず研究の背景として、研究課題とする運動主体感と運動主体の帰属に関して詳細に説明を行った。続いて、研究目的として次の4つの問いを提示した。①継続運動における運動主体感は、知覚情報の遅延に対して、単発運動と同様の性質を示すか。②人間は、自分自身が実行する継続運動と同様の運動を実行する他者を観察する場合、自分自身が真の運動主体であるという事前知識に基づいて、自己に運動主体を帰属させるのか、もしくは、真の運動主体に関する知識を持たない先行研究における状況と同様に、他者に対して運動主体を帰属させ得るのか。③自分自身が真の運動主体であるという事前知識を有するにも関わらず、他者に対して運動主体を帰属させ得る場合、自分自身が実行する継続運動と同様の運動を実行する他者を観察する場合、自己に対する運動主体の帰属と、他者に対する運動主体の帰属は、排他的に生じるのか。もしくは、同時に生じ得るのか。④自分自身が実行する継続運動と同様の運動を実行する他者を観察する場合の運動主体の帰属は、自分だけが運動する際の自己に対する運動主体の帰属と、他者の運動だけを観察する際の他者に対する運動主体の帰属が単に同時に生じたものであるのか。これらの問いに対して明確に回答するために、マウスを運動させる2種類の実験を設定する方針に関して説明した。

第2章では、目的①に対応する予備実験に関して詳細に説明を行った。予備実験では、継続運動として、マウスの（左・右）往復運動によりモニタ画面上のカーソルを操作するタスクを設定した。その際に自己運動としてのマウス運動に対する、知覚情報としてのカーソルの動きにタイムラグを付与することで、知覚情報の遅延を実現した。各試行の実施ごとに、運動主体感に関する質問に対して実験参加者に回答してもらい、知覚情報の遅延の運動主体感に対する影響を評価した。結果として、目的①の問いに対する回答として、先行研究における単発運動実行時と同様に、タイムラグが増加するに従って、運動主体感を喪失する比率が増加することが観察された。また同様に、実験参加者ごとの運動主体感を喪失する比率に関しても、2人の実験参加者を除いて、実験参加者全員の場合と同様の傾向を示した。また、先行研究の結果と比較することにより、自

己の運動と知覚情報のズレを認知しつつ、運動主体感を保持している状態が存在する可能性が示唆された

第3章では、目的①～③に対応する実験に関して詳細に説明を行った。実験では、予備実験と同様のタスクを実行する際に、パートナーが参加者と同様にマウスの往復運動を実行した。さらに対照実験として、参加者だけがマウスの往復運動を実行する場合と、パートナーだけがマウスの往復運動を実行する場合をタスクとして設定した。なお、マウスとカーソルの運動の間には、予備実験と同様にタイムラグを付与することで、知覚情報の遅延を実現した。各試行の実施ごとに、運動主体感の帰属に関する質問に対して実験参加者に回答してもらい、知覚情報の遅延の運動主体の帰属に対する影響をそれぞれの条件間で比較・評価した。

第4章では、目的①～③に対応する実験結果に関して詳細に説明を行った。まず、それぞれのタイムラグにおける実験参加者の回答比率を算出した。前記回答比率より、実験参加者は、事実とは異なると知っているにも関わらず、一部のタイムラグにおいては、パートナーがカーソルを制御していると感じたことを示した。また、実験参加者はパートナーと一緒にカーソルを制御していると感じ得ることを示した。さらに、条件 **Both** および条件 **Self** の結果に関して、実験参加者が「自身がカーソルを制御しているとは感じなかった」比率を算出し、前記比率より **PSE** を見積もることで、それぞれの条件における自己に対する運動主体の帰属を比較した。また、条件 **Both** および条件 **Other** の結果に関して、実験参加者が「他者（パートナー）がカーソルを制御しているとは感じなかった」比率を算出し、前記比率より **PSE** を見積もることで、それぞれの条件における他者に対する運動主体の帰属を比較した。

第5章では、実験結果を元にして考察を行った。実験結果から、実験参加者は自身が真の運動主体であるを知っているにも関わらず、自身と同様の運動を行う他者に対して運動主体感を帰属させ得ることを確認した。他者（パートナー）がカーソルを制御しているという感覚は、事実と反しており、本感覚を先行研究における運動主体の他者への帰属と対比して、錯覚的な運動主体の他者への帰属と呼ぶこととした。さらに、錯覚的な運動主体の他者への帰属は、運動主体の自己への帰属と同時に生じ得ることを確認した。最後に、条件 **Both** における自己および他者への運動主体の帰属は、条件 **Self** における運動主体の自己への帰属と、条件 **Other** における運動主体の他者への帰属の単なる組み合わせでは無いことを確認した。また、運動主体の帰属に対する事前知識の影響に

関して、本研究で新たに得られた知見に関して考察した。さらに神経基盤からの考察では、本研究で得られた結論とミラーニューロンシステムとの関わりに関して考察した。

本論文の結論として、まず実験参加者は自身が真の運動主体であると知っているにも関わらず、自身と同様の運動を行う他者に対して運動主体感を帰属させ得ることを明らかにした。他者（パートナー）がカーソルを制御しているという感覚は事実と反しており、本感覚を先行研究における運動主体の他者への帰属と対比して、錯覚的な運動主体の他者への帰属と呼ぶこととした。さらに、錯覚的な運動主体の他者への帰属は、運動主体の自己への帰属と同時に生じ得ることを明らかにした。最後に、条件 **Both** における自己および他者への運動主体の帰属は、条件 **Self** における運動主体の自己への帰属と、条件 **Other** における運動主体の他者への帰属の単なる組み合わせでは無いことを明らかにした。

第7章

展望

第7章 展望

本研究で得られた結論に基づき、今後の展望として、以下に4つの項目を示す。

7. 1 継続運動のバリエーション

予備実験では、継続運動においても単発運動の場合と同様に、知覚情報のタイムラグが増加するに従い、運動主体感を喪失する確率が増加することを確認したが、継続運動として実験で取り上げたのは、マウスを左右に動かす周期的な運動のみであった。単発運動と継続運動のそれぞれにおける運動主体感の性質を評価するためには、さらに様々なタイプの運動に関して検討を行う必要がある。特に、今回取り上げていない非周期的運動や、左右の単一軸上の動きではないより複雑な運動に関して検討する必要があると考えている。

7.2 ロジスティック関数近似誤差を考慮した検定手法

PSEに基づく各条件間での運動主体の帰属の比較に際しては、各被験者の回答比率に対してロジスティック関数をフィッティングし、PSEを算出している。しかしながら、各被験者のロジスティック関数近似によるPSEの算出に際しては、フィッティング誤差に起因して、PSEに誤差が生じ得る。被験者間の検定においては、前記フィッティングにおける誤差を考慮すべきであると考えられるが、現状は本誤差を考慮した検定手法は提案されていないため、本研究では先行研究と同様用にPSEを用いた t 検定を採用している。将来的には、PSEの算出におけるロジスティック関数近似の誤差を考慮した検定手法の開発が望まれる。

7.3 事前知識が運動主体の帰属に与える影響の相違

5.3節で示したように、本研究では事前知識の種類、および条件の組み合わせによって、運動主体の帰属に与える影響が異なる可能性を示した。具体的には、負のタイムラグに関する事前知識と、真の運動主体に関する事前知識では、運動主体の帰属に対する影響が異なることが確認された。また、自分が動かしているという事前知識の、自己に対する運動主体の帰属に対する影響が、他者マウスのラグの正負の条件に応じて異なる可能性も確認された。本研究では、異なる事前知識の組み合わせの影響に関しては検討目的とはしていないが、将来的にこれらの事前知識に関する条件を統制した実験を行い、事前知識の種類および組み合わせが、運動主体の帰属に対してどのような影響を与えるか検討することは、将来課題として大変興味深いと考えている。

7. 4 単発運動における運動主体の帰属

本実験においては、実験参加者が運動主体の帰属を主観的な感覚として回答するためには継続的な運動を実行することが必要と考え、予備実験において得られた知見を元にして、マウスを左右に運動させる実験課題を採用した。しかしながら、本実験で設定したような、実験参加者が真の運動主体を知っている状況において、実験参加者がスイッチを押す等の単発運動を行った場合に関する運動主体の他者への帰属に関する検討は行っていない。この場合に、本実験で確認された錯覚的な運動主体の他者への帰属が生じるかどうか、またその場合の運動主体の自己への帰属との組み合わせに関しては非常に興味深い課題である。序論で述べたように、先行研究における運動主体の他者への帰属に関する検討は、スイッチを押す等の単発運動を元に行っているため、真の運動主体に関する事前知識の影響を正確に評価するためにも、今後本実験における実験参加者およびパートナーの運動を単発運動に置き換えて検討する必要があると考えている。

なお、単発運動における運動主体の帰属に関しては、継続運動と単発運動で異なる結果が得られると予測している。例えば、本研究のように条件 **Both** において自己動作のラグが他者動作のラグよりも大きい場合は、単純に他者に対する **Agency Attribution** が生じると予測される。具体的には、排他的な **Agency Attribution** が増加し、“自分と相手”と回答するケースが減少すると考えられる。これは両者の本質的な差として、単発運動では動作の順序が明確に規定されるため、よりラグが小さい動作に **Agency** が **Attribute** され易いと考えられることによる。一方で継続運動においては、動作の順序が明確に規定されないため、自己および他者に対する **Agency Attribution** の混合（回答：“自分と相手”）が生じたものと考えられる。なお、自己および他者のラグの差が小さい場合に関しては、現状では予測が困難である。

7. 5 客観的評価手法の検討

本研究においては、運動主体感および運動主体の帰属に関する明示的な質問に対する、実験参加者の主観評価に基づく回答を用いて、運動主体感および運動主体の帰属を評価した。運動主体感の評価に関しては、先行研究において暗黙的な評価尺度としてインテンショナル・バインディングが用いられている[56][57]。しかしながら、インテンショナル・バインディングは、何らかの運動と、その運動によって引き起こされた結果の間の時間間隔を評価する手法であるため、本研究で検討対象とした継続運動に対しては適用が困難である。すなわち継続運動においては、運動主体感および運動主体の帰属が生じた特定のタイミングを特定することは非常に困難である。またさらに、その運動によって引き起こされた結果（本研究ではカーソルの運動）も継続的に運動するものであるため、評価すべき時間間隔を定義することも難しい。

運動主体感および運動主体の帰属に関する実験参加者の主観評価は、必ずしも事前知識や明示的な質問による影響（バイアス）を含むものではないが、より客観的な評価を行うためにも、前述したインテンショナル・バインディングのように暗黙的な評価尺度や、実験参加者の生理反応に基づく評価尺度のような客観的評価尺度の開発が望まれる。例えば本研究で観察された錯覚的な運動主体の他者への帰属と同様に、実験参加者の錯覚的な感覚を検討したものとして、ラバーハンドイリュージョンの研究が広く行われている[58]-[62]。ラバーハンドイリュージョンは、ゴム製の義手を自分の手と並べてセッティングし、ゴム製の手だけが見える状況で、自分の手とゴム製の手を同期してブラシで撫でられると、まるでゴム製の手が、撫でられている自分の手のように感じるというものである。ラバーハンドイリュージョンに関しては、実験参加者の主観評価に基づく回答に加えて、ラバーハンドイリュージョンが生じている時に、ラバーハンドの指をそり返させた場合に、発汗による電気抵抗値（SCR）が生じることが報告されている[58][59]。実際には、ラバーハンドイリュージョンは運動主体感ではなく、身体所有感に関わる現象と考えられているため、前記評価手法がそのまま適用できるかは不明であるが、例えば、継続運動における運動主体感および運動主体の帰属に関して、実験参加者の発汗による電気抵抗値等の生理指標を評価尺度とすることが出来るかどうかは検討する価値があると考えている。

また継続運動における運動主体感および運動主体の帰属を客観的に評価するための手法として、fMRIのような脳活動のイメージング手法を用いることも考えられる。この場合は、5.4節で説明した運動主体感および運動主体の帰属に関連すると考えられる脳内部位の活動に関して、本研究の本実験で行った3種類の条件間での差を観察することが考えられる。ただし、自己と他者を一体化する感覚(ミラーニューロンシステム)と、自己と他者の識別のそれぞれに関わる脳内部位に関しては、広い領域でオーバーラップが見られるという報告がある[63]。従って、本研究で観察された実験参加者の運動主体の帰属に関する差が、脳活動のイメージング手法において明確に観察されるかは現時点では不明であり、導入に際しては慎重に実験手法を検討する必要があると考えている。

また、本研究を運動制御の観点から捉えなおすことで、客観的評価手法を導入することが可能となる。例えば、実験参加者が他者の類似動作を観察しつつ、マウス等を操作して所定の課題(ペグインホール、迷路等)を実行する。その際の課題完了に要した時間、および正確さを計測し、評価尺度とすることにより、他者に対する錯覚的な運動主体の帰属の生起、および自己に対する運動主体の帰属との生起レベルの比較を参加者の自己申告に頼らずに、客観的な数値として評価することができると考えている。

謝辞

本論文は、東京工業大学 大学院総合理工学研究科 知能システム科学専攻 博士課程において行った研究をまとめたものである。本研究を進めるにあたり、常に的確なご指導を頂きました指導教官である三宅美博先生への深い感謝の意を申し上げます。仕事と掛け持ちで研究を行う過程では、思うように成果を上げられない時期も有りましたが、三宅先生の温かい叱咤激励を支えとして研究を続けることが出来ました。

また、三宅研究室の緒方大樹先生には、研究の成果を論文としてまとめる際に、あらゆる場面で細かい部分にまでご指導を頂き、深く感謝を申し上げます。ジャーナルに論文が掲載されたのは、緒方先生のアドバイスがあったからこそと心より感じております。

さらに、元三宅研究室の小川健一朗先生（現 流通経済大学准教授）には、研究の初期段階において頻繁にディスカッションをさせて頂き、多くのアドバイスを頂いたことを深く感謝いたします。本研究は、それらのディスカッションが無ければ実現することも無く、また研究自体継続することが出来なかったかもしれないと強く感じております。

また、審査員を引き受けてくださいました中村清彦先生、小野功先生、瀧ノ上正浩先生、出口弘先生、長谷川晶一先生に深く感謝いたします。審査におきましては、数多くのご助言・ご指摘を頂き、本研究のまとめ方に関して多大な知見を得ることができました。

また、三宅研究室の林千枝氏、富永弓子氏には、日頃の事務手続きで常にご協力を頂き深く感謝いたします。仕事と掛け持ちで研究を行う状況では、お二人にご負担をお掛けすることが多かったと思いますが、常に迅速かつ丁寧にご対応頂くことで、研究に伴う事務手続きを行うことができました。

また、三宅研究室の大良宏樹先生には、サブゼミでの論文紹介および研究紹介の場において、色々とアドバイスを頂きましたことを深く感謝いたします。

また、同じ三宅研究室の学生として、田端篤氏、Kwon Jinhwan 氏（現 京都教育大学准教授）、田中多恵子氏、宮本仁史氏に深く感謝いたします。田端氏および Kwon 氏に

謝辞

は、研究の初期段階において、ディスカッションを通じて数々のアドバイスを頂くことができました。また田中氏とは三宅先生とのミーティングを一緒に行い、また仕事と掛け持ちで研究を行う者同士としてお互い励ましあうことができました。宮本氏には、中々研究室に通えない状況で、数々の作業を助けて頂きました。

さらに、実験に快くご協力頂きました三宅研究室およびその他の研究室の学生の方々に心より感謝いたします。実験にご参加いただいた方々のご協力が無ければ、本研究を実施することは不可能でした。

最後に、仕事をしながら大学院に通い研究をすることを快く許し、またどのような状況においても応援してくれた妻 伸美と義父・義母、また既に他界した両親に心から感謝いたします。

参考文献

- [1] Gallagher, S. “Philosophical Conceptions of the Self: Implications for Cognitive Science”, *Trends in Cognitive Sciences*, Vol. 4, pp. 14–21, 2000.
- [2] Shimada, S., Hiraki, K., and Oda I, “The Parietal Role in the Sense of Self-ownership with Temporal Discrepancy between Visual and Proprioceptive Feedbacks”, *NeuroImage*, Vol. 24, pp. 1225–1232, 2005. , DOI: [10.1016/j.neuroimage.2004.10.039](https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2004.10.039)
- [3] Jeannerod, M. “The Mechanism of Self-recognition in Humans”, *Behavioural Brain Research*, Vol. 142, pp. 1–15, 2003.
- [4] Leube, DT., Knoblich, G., Erb, M., Grodd, W., Kircher TT., “The Neural Correlates of Perceiving One’s Own Movements”, *NeuroImage*, Vol. 20, pp. 2084–2090, 2003.
- [5] Blakemore, S.-J., Frith, C. D., Wolpert DM., “Spatio-temporal prediction modulates the perception of self-produced stimuli”, *Journal of Cognitive Neuroscience*, Vol. 11, pp. 551–559, 1999.
- [6] Wolpert, DM. “Computational approaches to motor control”, *Trends in Cognitive Sciences*, Vol. 1, pp. 209–216, 1997., DOI: [10.1016/S1364-6613\(97\)01070-X](https://doi.org/10.1016/S1364-6613(97)01070-X)
- [7] Haggard, P., Clark, S., Kalogeras J., “Voluntary action and conscious awareness”, *Nature Neuroscience*, Vol. 5, pp. 382–385, 2002., DOI: [10.1038/mn827](https://doi.org/10.1038/mn827)
- [8] E. von Holst, “Relations between the central nervous system and the peripheral organs.” *The British Journal of Animal Behaviour*, Vol. 2, 89–94, 1954, .DOI: [10.1016/S0950-5601\(54\)80044-X](https://doi.org/10.1016/S0950-5601(54)80044-X)
- [9] Maeda, T., Takahata, K., Muramatsu, T., Okimura, T., Koreki, A., Iwashita, S., Mimura, M., and Kato, M., “Reduced Sense of Agency in Chronic Schizophrenia with Predominant Negative Symptoms”, *Psychiatry Research*, Vol. 209, pp. 386–392, 2013., DOI: [10.1016/j.psychres.2013.04.017](https://doi.org/10.1016/j.psychres.2013.04.017)

参考文献

- [10] Shimada, S., Qi, Y., and Hiraki K., “Detection of Visual Feedback Delay in Active and Passive Self-body Movements”, *Experimental Brain Research*, Vol. 201, pp. 359–364, 2010., DOI: [10.1007/s00221-009-2028-6](https://doi.org/10.1007/s00221-009-2028-6)
- [11] Hoover, AEN., and Harris, L.R., “Detecting delay in visual feedback of an action as a monitor of self recognition”, *Experimental Brain Research*, Vol. 222, pp. 389–397, 2012., DOI: [10.1007/s00221-012-3224-3](https://doi.org/10.1007/s00221-012-3224-3)
- [12] Kannape, OA., and Blanke, O., “Self in motion: sensorimotor and cognitive mechanisms in gait agency”, *Neurophysiology*, Vol. 110, pp. 1837–1847, 2013., DOI: [10.1152/jn.01042.2012](https://doi.org/10.1152/jn.01042.2012)
- [13] Asai, T., “Feedback control of one’s own action: Self-other sensory attribution in motor control”, *Consciousness and Cognition*, Vol. 38, pp. 118–129, 2015., DOI: [10.1016/j.concog.2015.11.002](https://doi.org/10.1016/j.concog.2015.11.002)
- [14] Longo, MR., Haggard, P., “Sense of agency primes manual motor responses”, *Perception*, Vol. 38, pp. 69–78, 2009., DOI: [10.1068/p6045](https://doi.org/10.1068/p6045)
- [15] Tsakiris, M., Longo, MR., and Haggard, P., “Having a body versus moving your body: Neural signatures of agency and body-ownership”, *Neuropsychologia*, Vol. 48, pp. 2740–2749, 2010., DOI: [10.1016/j.neuropsychologia.2010.05.021](https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2010.05.021)
- [16] Haggard, P., “Sense of agency in the human brain”, *Nature Reviews Neuroscience*, Vol. 18, pp. 196–207, 2017., DOI: [10.1038/nrn.2017.14](https://doi.org/10.1038/nrn.2017.14)
- [17] Engbert, K., Wohlschlagel, A. Haggard P., “Who is causing what? The sense of agency is relational and efferenttriggered”, *Cognition*, Vol. 107, pp. 693–704, 2008., DOI: [10.1016/j.cognition.2007.07.021](https://doi.org/10.1016/j.cognition.2007.07.021)
- [18] Tsakiris, M., Haggard, P., “Experimenting with the acting self”, *Cognitive neuropsychology*, Vol. 22, pp. 387–407, 2005., DOI: [10.1080/02643290442000158](https://doi.org/10.1080/02643290442000158)
- [19] Daprati, E., Franck, N., Georgieff, N., Proust, J., Pacherie, E., Dalery, J., and Jeannerod, M., “Looking for the agent: an investigation into consciousness of action and self-consciousness in schizophrenic patients”, *Cognition*, Vol. 65, pp. 71–86, 1997.

参考文献

- [20] van den Bos, E., and Jeannerod, M., “Sense of body and sense of action both contribute to self-recognition”, *Cognition*, Vol. 85, pp. 177–187, 2002.
- [21] Tsakiris, M., Haggard, P., Franck, N., Mainy, N., and Sirigu, A., “A Specific Role for Efferent Information in Self-recognition”, *Cognition*, Vol. 96, pp. 215–231, 2005., DOI: [10.1016/j.cognition.2004.08.002](https://doi.org/10.1016/j.cognition.2004.08.002)
- [22] Wen, W., Yamashita, A., and Asama, H., “The sense of agency during continuous action: Performance is more important than action-feedback association.” *PLoS ONE* Vol. 10, 1–16, 2015, DOI: [10.1371/journal.pone.0125226](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0125226)
- [23] Asai, T., and Tanno, Y., “The relationship between the sense of self-agency and schizotypal personality traits.”, *Journal of Motor Behavior*. 39, 162–168, 2007, DOI: [10.3200/JMBR.39.3.162-168](https://doi.org/10.3200/JMBR.39.3.162-168)
- [24] Michotte, A. “The perception of causality”, Methuen, London, 1963
- [25] Kühn, S., Nenchev, I., Haggard, P., Brass, M., Gallinat, J., and Voss, M., “Whodunnit? electrophysiological correlates of agency judgements.” *PLoS ONE* Vol. 6, 2011. DOI: [10.1371/journal.pone.0028657](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0028657)
- [26] Farrer, C., Bouchereau, M., Jeannerod, M., and Franck, N., “Effect of distorted visual feedback on the sense of agency”, *Behavioural Neurology*, Vol. 19, pp. 53–57, 2008.
- [27] Farrer, C., and Frith, C. D., “Experiencing oneself vs another person as being the cause of an action: The neural correlates of the experience of agency.”, *NeuroImage*, Vol. 15, 596–603, DOI: [10.1006/nimg.2001.1009](https://doi.org/10.1006/nimg.2001.1009) (2002).
- [28] Farrer, C., Franck, N., Georgieff, N., Frith, CD., Decety, J., and Jeannerod, M., “Modulating the experience of agency: a positron emission tomography study.” *NeuroImage* 18, 324–333, 2003, DOI: [10.1016/S1053-8119\(02\)00041-1](https://doi.org/10.1016/S1053-8119(02)00041-1).
- [29] Obhi, S. S., and Hall, P., “Sense of agency and intentional binding in joint action.”, *Experimental Brain Research*, 211, 655–662, 2011. DOI: [10.1007/s00221-011-2675-2](https://doi.org/10.1007/s00221-011-2675-2)

参考文献

- [30] Obhi, S. S., and Hall, P., “Sense of agency in joint action: influence of human and computer co-actors.”, *Experimental Brain Research*, 211, 663–670, 2011, DOI: 10.1007/s00221-011-2662-7
- [31] David, N., Stenzel, A., Schneider, T. R., and Engel, A. K., “The feeling of agency: Empirical indicators for a pre-reflective level of action awareness.”, *Frontiers in Psychology*, Vol. 2, 1–8, 2011, DOI: 10.3389/fpsyg.2011.00149
- [32] Bednark, J. G., and Franz, E. A., “Agency attribution: event-related potentials and outcome monitoring.”, *Experimental Brain Research*, 232, 1117–1126, 2014, DOI: 10.1007/s00221-014-3821-4
- [33] Synofzik, M., Vosgerau, G., and Newen, A., “Beyond the comparator model: A multifactorial two-step account of agency.”, *Consciousness and Cognition*, Vol. 17, 219–239, 2008, DOI: 10.1016/j.concog.2007.03.010
- [34] Imaizumi, S., Asai, T., Kanayama, N., Kawamura, M., and Koyama, S., “Agency over a phantom limb and electromyographic activity on the stump depend on visuomotor synchrony: a case study”, *frontiers in Human Neuroscience*, Vol. 8, Article 545, pp. 1–8, 2014., DOI: [10.3389/fnhum.2014.00545](https://doi.org/10.3389/fnhum.2014.00545)
- [35] Afraz, SR., Kiani, R., and Esteky, H., “Microstimulation of Inferotemporal Cortex Influences Face Categorization”, *Nature*, Vol. 442, pp. 692–695, 2006., DOI: [10.1038/nature04982](https://doi.org/10.1038/nature04982)
- [36] Seghier, M., “The Angular Gyrus: Multiple Functions and Multiple Subdivisions”, *The Neuroscientist*, Vol. 19, Issue 1, pp. 43–61, 2013., DOI: [10.1177/1073858412440596](https://doi.org/10.1177/1073858412440596)
- [37] Elliott, R., “Simple visual and simple auditory reaction time: A comparison.”, *Psychonomic Science*, Vol. 10, 335–336, 1968, DOI: 10.3758/BF03331548
- [38] Breitmeyer, B. G., “Simple reaction time as a measure of the temporal response properties of transient and sustained channels.”, *Vision Research*, Vol. 15, 1411–1412, 1975, DOI: 10.1016/0042-6989(75)90200-X

参考文献

- [39] Faul, F., Erdfelder, E., Buchner, A., and Lang, A. G., “Statistical power analyses using g*power 3.1: tests for correlation and regression analyses.”, *Behavior Research Methods*, Vol. 41, 1149–1160, 2009, DOI: 10.3758/BRM.41.4.1149
- [40] Rizzolatti, G., Fogassi, L., and Gallese, V., “Neurophysiological mechanisms underlying the understanding and imitation of action.”, *Nature Reviews Neuroscience*, *Neurosci.* 2, 661–670, 2001, DOI: 10.1038/35090060
- [41] Iacoboni, M., Woods, RP., Brass, M., Bekkering, H., Mazziotta, JC., and Rizzolatti, G., “Cortical mechanisms of human imitation.”, *Science*, 286, 2526–2528, 1999, DOI: 10.1126/science.286.5449.2526
- [42] Hari, R., Forss, N., Avikainen, S., Kirveskari, E., Salenius, S., and Rizzolatti G., “Activation of human primary motor cortex during action observation: A neuromagnetic study.”, *PNAS*, Vol. 95, 15061–15065, 1998
- [43] Decety, J., Grèzes, J., Costes, N., Perani, D., Jeannerod, M., Procyk, E., Grassi, F., and Fazio, F., “Brain activity during observation of actions. influence of action content and subject’s strategy.”, *Brain* 120, 1763–1777, 1997, DOI: 10.1093/brain/120.10.1763
- [44] Gallese, V., and Goldman, A., “Mirror neurons and the simulation theory of mind-reading.”, *Trends in Cognitive Sciences*, Vol. 2, 493–501, 1998, DOI: 10.1016/S1364-6613(98)01262-5
- [45] Decety, J., and Sommerville, J. A. “Shared representations between self and other: a social cognitive neuroscience view.”, *TRENDS in Cognitive Sciences*, 7, 527–533, 2003, DOI: 10.1016/j.tics.2003.10.004
- [46] Fogassi, L., Ferrari, PF., Gesierich, B., Rozzi, S., Chersi, F., and Rizzolatti, G., “Parietal lobe: From action organization to intention understanding.”, *Science*, Vol. 308, 662–667, 2005, DOI: 10.1126/science.1106138
- [47] Spence, SA., Brooks, DJ., Hirsch, SR., Liddle, PF., Meehan, J., and Grasby, PM., “A pet study of voluntary movement in schizophrenic patients experiencing passivity phenomena (delusions of alien control).”, *Brain* 120, 1997–2011, 1997, DOI: 10.1093/brain/120.11.1997

参考文献

- [48] Balslev, D., Nielsen, F. A., Lund, T. E., Law, I. and Paulson, O. B., “Similar brain networks for detecting visuo-motor and visuo-proprioceptive synchrony.”, *Neuroimage* Vol. 31, 308–312, 2006, DOI: 10.1016/j.neuroimage.2005.11.037
- [49] Sperduti, M., Delaveau, P., Fossati, P., and Nadel, J., “Different brain structures related to self- and external-agency attribution: a brief review and meta-analysis.”, *Brain Structure and Function*, Vol. 216, 151–157, 2011, DOI: 10.1007/s00429-010-0298-1
- [50] Wegner, D. M., Sparrow, B. and Winerman, L., “Vicarious agency: Experiencing control over the movements of others.”, *Journal of Personality and Social Psychology*, Vol. 86, 838–848, 2004, DOI: 10.1037/0022-3514.86.6.838
- [51] Morrison, I., Lloyd, D., Pellegrino, G., and Roberts, N., “Vicarious responses to pain in anterior cingulate cortex: Is empathy a multisensory issue?”, *Cognitive, Affective, and Behavioral Neuroscience*, Vol. 4, 270–278, 2004, DOI: 10.3758/CABN.4.2.270
- [52] Singer, T., Seymour, B., O’Doherty, J. P., and Frith, C. D., “Empathy for pain involves the affective but not sensory components of pain.”, *Science*, Vol. 303, 1157–1162, 2004, DOI: 10.1126/science.1093535
- [53] Jackson, P. L., Meltzoff, A. N., and Decety, J., “How do we perceive the pain of others? a window into the neural processes involved in empathy.”, *NeuroImage*, Vol. 24, 771– 779, 2005, DOI: 10.1016/j.neuroimage.2004.09.006
- [54] Keysers, C., and Gazzola, V., “Expanding the mirror: vicarious activity for actions, emotions, and sensations.”, *Current Opinion in Neurobiology*, Vol. 19, 666–671, 2009, DOI: 10.1016/j.conb.2009.10.006
- [55] Schaefer, M., Heinze, H.-J., and Rotte, M., “Embodied empathy for tactile events: Interindividual differences and vicarious somatosensory responses during touch observation.”, *NeuroImage*, Vol. 60, 952–957, 2012, DOI: 10.1016/j.neuroimage.2012.01.112
- [56] Ebert, J. P., and Wegner, D. M., “Time warp: Authorship shapes the perceived timing of actions and events.”, *Consciousness and cognition*, Vol. 19, 481–489, 2010, DOI: 10.1016/j.concog.2009.10.002

参考文献

- [57] Moore, J. W., and Obhi, S. S., “Intentional binding and the sense of agency: A review.”, *Consciousness and Cognition*, Vol. 21, 546–561, 2012, DOI: [10.1016/j.concog.2011.12.002](https://doi.org/10.1016/j.concog.2011.12.002)
- [58] Armel, KC., Ramachandran, VS., “Projecting sensations to external objects: evidence from skin conductance response”, *Proceedings of Biological Sciences*, Vol. 270, 1499-1506, 2003, DOI: [10.1098/rspb.2003.2364](https://doi.org/10.1098/rspb.2003.2364)
- [59] Honma, M., Koyama, S., and Osada, Y., “Double tactile sensations evoked by a single visual stimulus on a rubber hand”, *Neuroscience Research*, Vol. 65, 307-311, 2009, DOI: [10.1016/j.neures.2009.08.005](https://doi.org/10.1016/j.neures.2009.08.005)
- [60] Botvinick, M., and Cohen, J., “Rubber hands ‘feel’ touch that eyes see.”, *Nature*, Vol. 391, 756, 1998
- [61] Tsakiris, M., and Haggard, P., “The rubber hand illusion revisited: Visuotactile integration and self-attribution”, *Journal of Experimental Psychology. Human Perception and Performance*, Vol. 31, 80-91, 2005
- [62] Bertamini, M., Berselli, N., Bode, C., Lawson, R., and Wong, L.T., “The rubber hand illusion in a mirror”, *Consciousness and Cognition*, Vol. 20, 1108-1119, 2011
- [63] Noritake, A., Ninomiya, T., and Isoda, M., “Social reward monitoring and valuation in the macaque brain”, *Nature Neuroscience* volume, Vol. 21, 1452–1462, 2018, DOI: [10.1038/s41593-018-0229-7](https://doi.org/10.1038/s41593-018-0229-7)
- [64] Sakata, H., Taira, M., Kusunoki, M., Murata, A., and Tanaka Y., “The TINS Lecture. The parietal association cortex in depth perception and visual control of hand action”, *Trends in Neuroscience*, Vol. 20, pp. 350–357, 1997., DOI: [10.1016/s0166-2236\(97\)01067-9](https://doi.org/10.1016/s0166-2236(97)01067-9)
- [65] Murata, A., and Ishida, H., “Representation of bodily self in the multimodal parieto-premotor network”, In S. Funahashi (Ed.). *Representation and Brain*. Springer., Vol. 18, pp. 151–176, 2007., DOI: doi.org/10.1007/978-4-431-73021-7_6
- [66] Blakemore, S.-J., and Sirigu, A., “Action prediction in the cerebellum and in the parietal lobe”, *Experimental Brain research*, Vol. 153, pp. 239–245, 2003., DOI: [10.1007/s00221-003-1597-z](https://doi.org/10.1007/s00221-003-1597-z)

参考文献

- [67] Rizzolatti, G., and Matelli, M., “Two different streams form the dorsal visual system: Anatomy and functions”, *Experimental Brain research*, Vol. 153, pp. 146–157, 2003., DOI: 10.1007/s00221-003-1588-0

研究業績

・ 原著論文

【他者と共に運動する際の錯覚的な運動主体の帰属】

1. Osamu Nomura, Taiki Ogata, Yoshihiro Miyake, “Illusory agency attribution to others performing actions similar to one’s own”, *Scientific Reports*, vol. 9(1), Article Number 10754, (2019). DOI: [10.1038/s41598-019-47197-2](https://doi.org/10.1038/s41598-019-47197-2)

・ 国際会議論文（査読有）

【継続的な運動における運動主体感】

2. Osamu Nomura, Yoshihiro Miyake, "Sense of agency on continuous hand movement with lagged visual feedback", *Proceedings of the SICE Annual Conference 2017*, pp. 970–975, (2017).

・ 国内会議論文（査読無し）

【継続的な運動における運動主体感】

3. Osamu Nomura, Yoshihiro Miyake, “Effect of Lagged Visual Feedback to Sense of Agency in Back and Forth Hand Movement”, ヒューマンインタフェースシンポジウム 2016 論文集, pp. 267–270, (2016).