

博士学位論文

ビデオ・セルフモデリングの自己選択を用いた提供方法が  
運動技能学習へ及ぼす影響に関する研究

スポーツ健康科学研究科・スポーツ健康科学専攻

博士後期課程

2018年度入学 1415180001

廣光佑哉

指導教員 石倉忠夫 教授

## 目次

---

はじめに	1-2
------	-----

---

第1章 序論	
--------	--

---

1.1 観察学習の効果と有用性	3-6
1.1.1 社会的認知理論	3-4
1.1.2 観察学習の効果	4-5
1.1.3 モデルの類似性の効果	5-6
1.2 セルフモデリング研究の現状と研究課題	6-8
1.2.1 ビデオ・セルフモデリング	6-7
1.2.2 運動・スポーツ領域でのビデオ・セルフモデリングの効果	7-8
1.3 ビデオ・セルフモデリングの提供方法の検討	8-13
1.3.1 学習環境内での選択	8-9
1.3.2 選択映像の観察角度の検討	9-11
1.3.3 最適な映像選択方法の検討	11-13
1.4 研究目的	13

---

第2章 研究1	
---------	--

ビデオ・セルフモデリングにおける学習者の映像選択がパフォーマンスの正確性と知覚した認知的一致に及ぼす影響

---

2.1 目的	14-15
2.2 方法	15-18
2.2.1 実験参加者	15
2.2.2 課題と装置	15-16
2.2.3 群の設定	16
2.2.4 測定指標	16-17
2.2.5 手続き	17
2.2.6 分析方法	18
2.3 結果	18-20
2.3.1 自己選択群の映像選択内容について	18
2.3.2 各群の正確性への影響の比較	18-19
2.3.3 各群の安定性への影響の比較	19
2.3.4 選択の有無による認知的一致の差異	19

2.3.5	各群の動機づけへの影響の比較	19
2.3.6	各群の自己効力感への影響の比較	19-20
2.3.7	認知的一致と各変数との相関の検討	20
2.4	考察	20-22

---

### 第3章 研究2

学習者の選択したビデオ・セルフモデリングの観察角度が運動技能習得および学習へ及ぼす影響

---

3.1	目的	23-24
3.2	方法	24-27
3.2.1	実験参加者	24-25
3.2.2	課題と装置	25
3.2.3	手続き	25-27
3.2.4	分析方法	27
3.3	結果	27-28
3.3.1	動作時間	27-28
3.3.2	$\Delta$ MT	28
3.3.3	忘却率	28
3.4	考察	28-30

---

### 第4章 研究3

運動技能学習における学習者の最適な映像選択方法の検討

---

4.1	目的	31-33
4.1.1	動機づけ指標としてのエンゲージメント	31-32
4.1.2	運動学習における選択と情報処理の関係	32-33
4.2	第1実験	33-39
映像要素の選択量の違いが運動学習中の課題従事度に及ぼす影響		
4.2.1	方法	34-36
(1)	実験参加者	34
(2)	課題と装置	34-35
(3)	群の設定	35
(4)	手続き	35-36

(5) 分析方法	36
4.2.2 結果	36-37
(1) 課題従事度	36-37
(2) 動作時間	37
4.2.3 考察	37-39
4.3 第2実験	39-46
自己選択と他者選択との組み合わせが運動学習に及ぼす影響	
4.3.1 方法	39-42
(1) 実験参加者	39
(2) 課題と装置	39-40
(3) 群の設定	40
(4) 手続き	40-42
(5) 分析方法	42
4.3.2 結果	42-44
(1) 動作時間	43-44
(2) 予測一致度	44
(3) 認知的一致	44
4.3.3 考察	44-46
4.4 まとめ	46-47
<hr/>	
第5章 総合考察	
<hr/>	
5.1 本論文の要約	48-50
5.2 スポーツ・健康科学への貢献	50
5.3 限界点と今後の展望	50-52
5.4 結論	52
<hr/>	
参考文献	53-61
謝辞	
図表および付録資料	
<hr/>	

## はじめに

「百聞は一見に如かず」ということわざが示すとおり、ヒトは言語教示よりも行為で示す方がより効果的に情報を伝える事ができる。こうした観察による運動の学習は一般的に観察学習またはモデリングと呼ばれている。従来の観察学習は他者モデルの観察を通して、その運動を模倣する方法が主要であった。さらに、モデルの運動能力などが学習者に類似する場合、運動学習の効果を高めることが様々な研究で報告されている。スポーツだけに限らず、教育分野においても、観察学習は重要である。我が国では、令和元年に文部科学省の発表した政策である GIGA スクール構想（文部科学省，2019）により、通信ネットワークやテクノロジーを活用した、学校教育を実現する事を目指している。体育授業においても、小学校から大学まで、ネットワークを用いたオンライン授業が展開されている。しかしながら、ICT 教育を通じた運動観察が、動作そのものの学習にどの程度効果があるのかは明らかになっていない（松本・加藤, 2019）と報告されている。こうした背景からも、映像を観察する事による効果のさらなる理解や、効果的な提供方法を検討することが重要になってくるであろう。

運動スキルやスポーツの学習において、映像観察に関する研究は重要な議論として焦点が当てられている(e.g. Ste-Marie, Law, Rymal, Hall, and McCullagh, 2012; Ste-Marie, Lelievre, and St. Germain, 2020; Williams & Hodges, 2005)。しかしながら、どのように映像を提供するかという提供方法は、何を見るか（注意の方向性、ヒト、ヒトの関節を光点表示させるなど）や、誰を見るのか（他者、習熟モデル、学習モデル、または自分自身をモデルとするなど）といった研究と比較して研究数が少ない。しかし、映像視聴を通じて、学習者の運動学習の効果を最大化するために、指導上の提供方法を検討する事に対する指導者の関心が高く、学習者への提供方法を検討する事は重要であると考えられる（Ste-Marie et al., 2012）。特に、学習者自身が何か物事を決定する「選択」は近年の研究で非常に関心の高いトピックである。選択は学習者に学習環境内の一部を選ばせることで（e.g., フィードバックや映像視聴のタイミングなど）、運動課題への興味関心を高める効果を持つ運動学習をサポートする手法である。そこで、本博士論文では、視聴する映像を学習者自身で選択させることによる運動学習効果を検討し、その映像の視聴方法および選び方といった提供方法を提案する。

本論文は全 5 章で構成される（図 1）。第 1 章では、映像観察することによる学習者の心理および運動学習への効果、そして学習者自身による選択が運動学習へ及ぼす影響に関して文献レビューをした。第 2 章では、観察する映像を学習者自身が選択する（i.e., 自己選

択) ことによって、運動パフォーマンスや学習者の心理・認知にどのような影響を及ぼすのか、他者選択を比較対象として検討した。次に、第 3 章では、自己選択した映像のモデルを正面、または背面の角度から観察させることで、運動の習得や学習にどの程度寄与するのかを比較検討した。第 4 章は、学習者の映像選択方法の違いによる運動学習への影響を動機づけおよび情報处理的観点から検討した。そして、第 5 章では、本博士論文を総括し、その限界点および今後の展開を示した。

## 第1章 序論

### 1.1 観察学習の効果と有用性

#### 1.1.1 社会的認知理論

観察学習（またはモデリング）とは、社会的認知理論（Bandura, 1969, 1971, 1999）に基づき、運動学習時にお手本となるモデルを観察することで、その運動を学習するという技法である（Bandura, 1986）。社会的認知理論に関して、例えば、子供が人形に対して慈愛的行動（人形をなでるなど）をするモデルを観察した場合は、観察後に慈愛的行動を示し、反対に攻撃的行動を行うモデルを観察した場合は、攻撃的行動を示したと報告されている（Bandura, Ross, and Ross, 1961）。示範となるモデルを学習者が観察することで、実際の行動を伴わずとも、間接的に学習を促進する事が可能である。観察学習は運動スキルを学習する際に、学習者へ情報を伝達するために最も頻繁に使用される方法でもある（Williams & Hodges, 2005）。

こうした知見から、心理学領域における観察学習は学習者へスキル学習のための情報を提供する際に、価値、態度、試行、行動パターンを伝達する最も強力な手段の一つであると言われている（Bandura, 1986）。観察学習の提唱者である Bandura（1986）はヒトの行動のほとんどは観察によって学習可能であると述べている。この観察学習は注意、保持、再生、そして動機づけの4つの下位プロセスから構成されている。

##### 1). 注意過程

観察学習を成立させるための第一の主要成分であり、モデルの動作の中から際立った行動へ注意を向け、知覚し、弁別する過程である。これらの機能は観察者の注意レベルにも依存し、モデルの行動が複雑な場合には、モデルの行動に注意を向けさせるための手がかりが必要である。

##### 2). 保持過程

この過程では、注意過程で視覚的に入力した情報をイメージによる映像的な表象と言語による表象の2つの認知的表象を用いて、観察した行動を符号化（i.e., 記憶）し、保持する。

##### 3). 運動再生過程

符号化された示範パターンの認知的表象を利用して、再生パフォーマンスとして外顕的遂行を導く過程が含まれる。

##### 4). 動機づけ過程

第4の動機づけ過程では、正の誘引を導入し、観察者の再生パフォーマンスに変換す

る。

観察学習において、注意、保持過程は反応パターンの学習に、運動再生および動機づけはパフォーマンス指標に影響するとされる。これらの理論的背景から、社会心理学や運動学習の分野で、観察が記憶や運動パフォーマンスを向上させるのか、その効果検証がなされている。

### 1.1.2 観察学習の効果

観察学習は、スポーツなどの練習場面で情報を伝達するための有用なツールである (Hodges, Williams, Hayes, and Breslin, 2007)。先述したように、学習者は映像やライブで様々な行動を観察するだけで、学習が促進される。Ashfood, Davids, and Bennett (2007) は子供と大人を対象にした観察学習の効果を定量化するためメタアナリシスを行った。その結果、大人は観察学習をする事で練習のみの場合よりも観察学習の効果が大きく、この効果は観察した運動の動作から得た情報に起因している事が示された。一方、子供は大人よりも課題の正確さなどの運動結果から情報を得ていると報告している。Ashfood et al. (2007) は、観察学習の効果は個人の内在するダイナミクス (課題の知識など) の違いが影響する可能性を示唆している。また、Bandets, Boutin, and Michelet (2018) は、映像観察時に妨害行為を受けた際の観察学習と身体練習の学習効果の違いをキータッピング課題を用いて検討している。その結果、観察群は妨害行為を受けた際でも、妨害を受けていない時と同様のパフォーマンスを維持していると報告しており、観察学習の有用性を示している。

こうした観察学習の効果を説明する要素の一つとして、代理体験が用いられる。代理体験とは、示範されたモデルを観察することにより、観察者自身がその運動を遂行しているように認知することである (Bandura, 1986)。観察者は、モデルの行動を間接的に体験し、自身が遂行する時にも実現可能であると認知する効力予期 (Bandura, 1986)、いわゆる自己効力感を向上させる事で観察した行動を実行するように決定する。観察学習が運動学習へ及ぼす影響を検討した研究としては、観察の特性 (e.g., 社会的地位や技能水準など) や観察方法 (e.g., 観察の回数, 観察する動画の再生スピードなど) が検討されている。Weiss, McCullagh, Smith, and Berlant (1998) は観察学習の効果を検証するために、水泳に恐怖感を抱いている子どもを対象として、3日間に渡る介入実験を行った。Weiss et al. (1998) はマスタリーモデル群, コーピングモデル群, 統制群の3群を設定し、この効果を検証した。マスタリーモデルとは、すでに課題の運動パフォーマンスを学習しており、高いパフォーマンスを発揮するモデルである。また、コーピングモデルは課題のパフォーマンスを学習しておらず、運動課題を学習する過程を示すモデルを指す。その結果、マスタリーモデル群

とコーピングモデル群は統制群と比較して運動パフォーマンスと自己効力感が改善し、水泳に対する不安が低減したと報告している。さらに、コーピングモデル群はマスターリーモデル群よりも高い自己効力感を示した。また、観察の回数を操作した Wrisberg & Pein (2002) は、バドミントンのロングサーブを学習課題として、3つのグループ（常時フィードバック [FB] 群、要求 FB 群、そして統制群 [観察モデルなし]）に対して3日間の練習を実施した。その結果、常時 FB 群と要求 FB 群は統制群と比較して課題成績が改善されたが、両群との間に統計的な差異は示されなかったと報告している。要求 FB 群の FB 率は 9.8%（そのうち 82%は初日の練習で要求された）であり、常時 FB 群（100%）より少ない FB 率であったにもかかわらず、課題成績に統計的な差はなかった。こうした知見から、運動を学習する際のモデルの観察は、運動に対する認知へポジティブな影響を及ぼし、運動の学習を支援する。さらに、単にモデルを観察するだけでなく、その提供の仕方が運動課題の学習に影響すると言えるだろう。

### 1.1.3 モデルの類似性の効果

観察学習において、提供の仕方を考える時にどのようなモデルを観察するかを考える必要がある。近年の研究では、より学習者に運動能力やスキルが自身に親しいモデルを観察する事がより効果的に作用することも報告されている（Gould & Weiss, 1981; George, Feltz, and Chase, 1992）。例えば、Gould & Weiss (1981) は、150名の女性学習者を対象に筋発揮の持久力課題を行い、被験者との運動能力が近い非アスリートモデル（類似モデル群）を観察する場合とアスリートモデル（非類似モデル群）を観察する場合、そして映像を観察しない場合（統制群）によるモデルの類似性の効果を検討している。その結果、類似モデルを観察した学習者は非類似モデルを観察した学習者や統制群よりも筋発揮時間が長いことを報告している。また、George et al. (1992)はモデルの類似性において、モデルの性別か、能力の一致のどちらが重要な要素なのかを検証した実験を行っている。その結果、彼らは性別よりもモデルのスキルレベルがより重要な要素であると述べている。これは、熟練者と初心者との情報処理の違いが関与しているだろう。なぜならば、運動スキルを観察する際、初心者は、熟練者と比較して相対的に注意を向けることの出来る刺激の数（i.e., 運動スキルを構成する要素）が少ない（Knapp, 1963）。それ故、モデルが学習者自身よりもスキルレベルが高い熟練者である場合、その運動スキルを構成している要素が多く、それ故、初心者はその情報すべてを処理する事ができない（i.e., イメージ化できない）可能性があるだろう。一方で、モデルの習熟度が学習者と類似する場合、学習者がモデルの動作プロセスをイメージ化する事が可能となるかもしれない。そのため、観察するモデルと学習者との類似は、

モデルに対する学習者（あるいは観察者）の知覚と運動プロセスを密接に結びつけ、観察学習の効果を高めるための重要な要素であると言える（Pizzera, 2016）. 近年の研究では自分自身をモデルとして観察することで観察学習が運動の学習により寄与することが明らかにされている（e.g., Gould & Weiss, 1981; Schunk, Hanson, and Cox., 1987; Starek & McCullagh, 1999）. こうした背景から本博士論文では自分自身を観察する方法を用いた観察学習の研究に着目した.

## 1.2 セルフモデリング研究の現状と研究課題

### 1.2.1 ビデオ・セルフモデリング

自分自身の過去の成功行動をモデルとして、観察することはセルフモデリング（Self-Modeling）として知られている（Dowrick, 1983, 1999）. 特に、映像を用いて行うセルフモデリングはビデオ・セルフモデリング（Video Self-Modeling : 以下, VSM）と呼ばれ、臨床心理士によるカウンセリング（e.g., Hosford & de Visser, 1974; Harasym, Langevin, and Kully, 2015）やスポーツや運動学習場面（e.g., Clark & Ste-Marie, 2007; Ram & McCullagh, 2003; Starek & McCullagh, 1999; Ste-Marie, Vertes, Rymal, and Martini, 2011）で用いられている. VSM は一般的なフィードバックビデオなどと異なり、学習者（または観察者）のエラーや失敗行動を排除する. Dowrick (1983) はフィードバックビデオなどの無編集で成功と失敗をそのまま視聴させる映像を“無編集ビデオ (no edited video)”として VSM と区別している. また, Dowrick (2012a) は, この VSM の知見を体系化するために, 認知神経科学や情報処理論の観点から, セルフモデル理論を提案している. セルフモデル理論の中で, VSM には, 学習者がほとんど, または全く経験していない行動を擬似的に体験 (i.e., シミュレーション) する事で, イベントに対する反応レパトリーを構築し, 行動の変化を導く可能性があることを示唆している (Dowrick, 2012a, b).

VSM にはポジティブセルフレビューとフィードフォワードの 2 種類の技法がある. まずポジティブセルフレビューとは, 「個人がこれまでに行った最良の例としての適応行動のイメージを思い出させる手法」(Dowrick, 1999) として定義されており, スポーツなどでの所謂ハイライトビデオのようにエラー行動を取り除くように編集された映像といえるだろう. Dowrick (1999) はポジティブセルフレビューについて, 望ましいレベルに達していない行動の割合を改善するのに適していると述べている. 次にフィードフォワードは, 成功経験のない場合での成功を, 個人のレパトリー内の既存の行動コンポーネントを組み合わせることで, これらの性質を持つ未来のイベントのシミュレーションを生み出す手法である (Dowrick, 2012a, b). フィードフォワードの手法を取り入れた VSM は “very rapid

learning”とも呼ばれており (Dowrick, 2012a, b), 成功経験のない学習者にとっても有効なツールである。VSM は運動学習や再学習課題において, 既存のスキルを再結合することで学習者の理解を促進し, より急速な行動変容を促す (e.g., Steel, Mudie, Sandoval, Anderson, Dogramaci, Rehmanjan, and Birznieks, 2017). こうした知見から VSM を用いた研究では, 初心者を対象に実施, または新規の課題を用いた実験が行われている (e.g., Clark & Ste-Marie, 2007; Ste-Marie et al., 2011). 学習初期段階において, 学習者はまずスキルの言語化, 認知的理解を目指す段階にある (i.e., 言語—認知段階; Fitts & Posner, 1967). 運動スキルに関する知識の乏しい初心者に対する観察学習方法として, VSM を用いることは, 学習や運動スキルの構築 (i.e., Schema) を促進する上で有効な方法であると言えるだろう。

### 1.2.2 運動・スポーツ領域でのビデオ・セルフモデリングの効果

運動学習領域の研究における VSM の効果として, VSM の視聴が運動学習を促進すると報告されている (e.g., Clark & Ste-Marie, 2007; Ram & McCullagh, 2003; Ste-Marie et al., 2011). 例えば, Clark & Ste-Marie (2007) は水泳のクロールスキルを学習課題として, VSM 群, 自己観察群 (成功映像だけでなく, 失敗映像も含む学習者の映像を視聴する), そして統制群を設定し, 介入の効果を検討している。その結果, VSM 群の学習者は運動パフォーマンスの学習が他の群と比較して, 促進されたことを報告している。同様に, Ste-Marie et al. (2011) はトランポリンのサマーキャンプに参加した 7-13 歳の子どもを対象に, VSM 群と視聴しなかった統制群の介入効果を検討した。その結果, 彼らは VSM 群が統制群よりも高いパフォーマンス得点を示したと報告している。Steel et al. (2017) は, VSM が到達把持運動 (limb reach and grasp ability) に及ぼす影響を検討するため, カップトランスポート課題を実施した。その結果, VSM によるトレーニング効果による課題成績の向上を報告しており, VSM が運動障害の一般的運動能力の改善に有効であることを示唆している。こうした知見から VSM は運動の習得, 学習さらにはリハビリなどの再学習まで有効性が示されていると言えるだろう。

また, 動機づけや自己効力感 (Self-Efficacy) の向上, 肯定的感情の喚起など心理面への効果も報告されている (e. g., Rymal & Ste-Marie, 2016; Ste-Marie, 2013; Steel et al., 2017). Rymal & Ste-Marie (2016) は体操競技の選手をイメージ想起能力 (鮮明性) の高さ別で分類し, 4 週間にわたる VSM の介入効果について検討している。その結果, イメージ想起能力の低い選手に対する介入初期 (最初の 2 週間) と比較して, 介入後期 (後半 2 週間) でパフォーマンス成績が向上したことを報告している。一方, イメージ想起能力の高い

選手に対する介入効果はなかった事を報告している。また、山崎ほか (2006) はバレーボール選手を対象に、VSM を基盤として作成した動機づけビデオを用いた研究を行っている。その結果、映像視聴によって自己効力感と動機づけの得点が向上した選手と低減した選手とに二分されたことを報告している。山崎ほか (2006) はこの結果について、実験者と選手の考える成功行動が乖離している可能性を示唆していると報告している。つまり、学習場面で置き換えると、初級者のように運動課題に対する知識が乏しい学習者が VSM を視聴することで、学習初期では提供された映像と観察者自身の運動イメージとの統合がうまくいかない可能性が考えられる。こうした背景から、映像観察時の提供方法について、学習者の認知、感情、そして運動面の最適化を図るような取り組みの必要性について言及されている (Ste-Marie, 2013)。

### 1.3 ビデオ・セルフモデリングの提供方法の検討

#### 1.3.1 学習環境内での選択

そこで本博士論文は、誰の視点で選ばれた映像なのか、つまり「選択」に着目した。選択に関する研究は運動学習以外の心理学領域や神経科学、行動経済学領域でも行われている。代表的な選択の効果は外的環境をコントロールしているという感覚である (Murayama, Izuma, Aoki, and Matsumoto, 2016)。例えば、Rose, Geers, Rasinki, and Fowler (2012) は、実験参加者に対して冷却プレス課題を実施し、その後、提供された 2 個の軟膏のうちの一つを選ぶことができる群 (選択群)、そして強制的に軟膏を提供される群 (強制群) に分類した。実際には 2 つの軟膏は同一のものであったが、軟膏を選択した群は強制群と比較して主観的な痛みが緩和していたと報告している。この結果から、Rose et al. (2012) は実験環境内の何か (i.e., 当該研究では軟膏の種類) をコントロールしているという感覚が主観的な感情へ影響することを示唆している。このような事象に対する選択による認知の変容はコントロールの錯覚 (Illusion of control) と呼ばれている (Murayama et al., 2016)。Murayama, Matsumoto, Izuma, Sugiura, Ryan, Deci, and Matsumoto (2015) は、ストップウォッチを用いたゲーム課題を行い、複数あるストップウォッチの中から、使用するストップウォッチの種類を選択可能である群 (自己選択条件) とプログラム上で自動的に割り当てられる群 (強制選択条件) に分類し、課題パフォーマンス後のフィードバックに対して生じる脳部位の活動について fMRI を用いて調査している。結果として、自己選択条件は強制条件と比較して、課題パフォーマンスの成功率が高かった事を報告している。また、彼らは fMRI の結果から、自己選択条件では失敗フィードバック (i.e., 失敗情報) に対して、強制選択条件よりも意思決定や結果フィードバックの処理に関連する腹内側前頭前皮

質 (ventromedial prefrontal cortex; vmPFC) の活動が低下しなかった事を報告している。Murayama et al. (2015) はこの結果について、自己選択条件は、失敗フィードバックに直面した際にその失敗情報を将来のパフォーマンスを向上させるための肯定的な価値として認識することで vmPFC 活性化の減少が抑制され、課題遂行能力の向上につながったと述べている。つまり、選択という行為は人間の認知や脳活動に関与し、それが事象に対する理解をコントロールしているといえよう。

また、ヒトは結果や環境を変える自分自身の選択を楽しむことが「active agents (活性剤)」となる (Bandura, 1977)。運動・スポーツ場面での選択研究において、選択をする事が運動パフォーマンスや学習 (e.g., Hansen, Pfeiffer, and Patterson, 2011; Iwatsuki, Abdollahipour, Psotta, Lewthwaite, and Wulf, 2017; Marques & Corrêa, 2016; Wulf, Iwatsuki, Machin, Kellogg, Copeland, and Lewthwaite, 2018)、さらに学習中の学習者の感情 (e.g., Aiken, Post, Hout, and Fairbrother, 2020; Lemos, Wulf, Lewthwaite, and Chiviawsky., 2017; Ste-Marie, Vertes, Law, and Rymal, 2013) にも影響することが知られている。Wulf et al. (2018) は学習課題に無関係な選択 (課題時に足元に置くマットの色) と関係する選択 (課題のデモンストレーション映像視聴の要求) が運動学習に及ぼす影響について検討している。彼らは選択をした両群はそれをしていない統制群と比較して、運動学習が有意に保持された事を報告している。また、Lemos et al. (2017) はバレエ課題を用いてデモンストレーション映像を視聴するタイミングの選択効果を検討し、選択が運動課題の学習、自己効力感、肯定的感情の向上、そして課題に対する積極的思考へ導いたと報告している。これらの知見から、選択という行為は学習者にとっての潜在的な報酬となり、学習に対する認知や動機づけを高めた結果、運動学習を促進すると考えられている (Wulf et al., 2018)。先述したように、VSM の提供時、実験者と学習者との間には互いに考える成功行動に認知的な乖離が生じている可能性が示唆されている (山崎ほか, 2006)。この課題を解決する上で映像を「選択」することは、学習者が VSM を肯定的に捉える事に繋がり、学習効果を高めるという点で有用な方法と考えられる。こうした観点から、VSM に映像選択を取り入れる事によって、成功行動の中でも学習者の好まない映像を排除し、運動パフォーマンス (e.g., Hansen et al., 2011; Iwatsuki et al., 2017; Marques & Corrêa, 2016; Wulf et al., 2018) や課題に対する動機づけ (e.g., Aiken et al., 2011; Lemos et al., 2017, Ste-Marie et al., 2013) の向上など、運動学習への影響を高める可能性が期待できる。

### 1.3.2 選択映像の観察角度の検討

観察学習を行う上で、どのように映像を視聴させる事が有効なのかを検討することの必

要性も述べられている (Ste-Marie, Law, Rymal, Jenny, Hall, and McCullagh, 2012; Ste-Marie, Lelievre, and St. Germain, 2020). Ste-Marie et al. (2012, 2020) は、観察角度について、映像の提供を検討する中で非常に重要な要素であるが、ほとんどの研究では検討されていない事を指摘している。観察学習時に実験者や指導者が学習者に対して映像を提供する際のモデルの見せ方について、より効率的かつ効果的に提供できる角度を検討する事は現場的な意義も大いにあると考えられる。

また映像提供時に選択を取り入れた場合、選択と観察角度との組み合わせによる効果を検討することも必要だろう。選択は運動学習を強化するが (e.g., Bund & Wiemeyer, 2004; Jaquess, Lu, so-Ahola, Zhang, Gentili, and Hatfield, 2020), 認知的な負荷の増大によって学習を阻害する可能性があるとも報告されている (e.g., Couvillion, Bass, and Fairbrother, 2020). 選択はその行為に伴って、スキル習得時に意思決定と評価を必要とするため、より高い認知的負荷 (Cognitive load : 情報の保持と処理の過程で生じる負担) をもたらず (Bund & Wiemeyer, 2004). 例えば Jaquess et al. (2020) はゴルフパッティング課題を用いた実験で、練習する距離を選択する場合と強制される場合とで、課題練習中の脳波の反応を測定した。その結果、選択群は認知的負荷の活動に関与する脳部位である前頭から頭頂にかけての部位間の協調性の値を示す活動 (i.e., 脳波コヒーレンス) が強制群と比較して増加することを示した。さらに、選択群におけるこの活動の高まりは課題成績との相関関係も示していた。これらの結果から、選択によって生じる課題に関連する認知的な情報の処理 (i.e., ワーキングメモリの活動) の高まりがパフォーマンスの向上を促進すると示唆している。一方で、Couvillion et al. (2020) は、課題の学習中の学習者に二次課題を行わせ、認知的負荷を高める事で、選択の効果が阻害されるか否かを検討した。その結果、彼らは認知負荷が高い条件では選択の効果が損なわれることを報告した。認知的負荷に関して、学習教材や二次課題の情報量の増加は、学習者の課題理解やスキーマ獲得を阻害する事が知られている。(Bobis, Sweller, and Cooper, 1993; Chandler & Sweller, 1991, 1992; Cooper & Sweller, 1987; Sweller, Chandler, Tierney, and Cooper, 1990). この点について、Bobis et al. (1993) は学習の初期段階で冗長な情報が与えられた場合、その追加情報によってタスクの実行時間が長くなり、タスクに対する理解が阻害されることを指摘している。つまり、モデルを観察する角度によっては、情報量やその処理量が多くなり、観察学習と選択の効果両方を阻害する可能性も考えられる。

観察学習におけるモデルの観察角度が運動スキルの習得、および学習へ与える影響について、Ishikura & Inomata (1995) は、認知処理のレベルは観察する角度を変えた時、学習量に影響すると推論し、7つのポーズを連続して行う大筋系列動作課題を用いて、背面、

正面、そして鏡モデルを観察した時の学習への効果を検討した。その結果、背面モデルを観察した参加者が最も早く運動を習得し、正面モデルは最も遅く習得したことを示した。しかしながら、保持テストの結果はグループ間の統計的差がないことを報告している。さらに Hamideh, Hamidreza, and Alireza (2016) は新規のコーディネーション課題（下手で投げるダーツ課題）を実施し、0°（背側面）、60°、120°、180°（正面）、240°、300°の角度から運動モデルを観察することの効果を検査した。結果として、180°からの観察は他の角度と比べて、よりコーディネーションを学習していたことが示された。以上から、Hamideh et al. (2016) は 180°からの運動観察が学習者の記憶、および認知過程へのより多くの従事によって学習を向上させる可能性を示唆している。このように、モデルの観察角度は、学習効果の観点から重要な要素であり (Hamideh et al, 2016; Ishikura, 2012; Ishikura & Inomata, 1995; 1998), 映像視聴時の視覚情報の反転処理 (i.e., メンタルローテーション) の必要性、不必要性が関係している。

メンタルローテーションとは、視覚刺激（物体、アルファベット、動作など）が提示されたときに、精神的にその刺激を必要に応じて回転させる認知機能のことである (Shepard & Metzler, 1971)。先行研究では、2つの視覚刺激を同定する際や、視覚刺激を脳内で回転させる際に、対象物が大きな回転角の視覚的イメージ操作を必要とする場合には応答時間が直線的に増加し (Mohr, Blanke, and Brugger, 2006; Shepard & Metzler, 1971), 観察される対象物や動作が小さい回転角の視覚的イメージ操作を必要とする場合には反応時間が減少することが明らかにされている (Berneiser, Jahn, Grothe, and Lotze, 2018; Bonda, Petrides, Frey, and Evans, 1995; Cooper & Shepard, 1975; Petit, Pegna, Mayer, and Hauert, 2003; Shepard & Metzler, 1971)。Berneiser et al. (2018) は、メンタルローテーショントレーニングにおいて、回転していない角度 (0°) に比べて、より大きな角度 (90°, 180°, 270°) で不正確な反応が見られたと報告している。これらの知見から、観察対象物の角度が実際の学習者の視点と比較して非現実的に回転または反転している場合、対象物に対する反応が遅れ、不正確な判断につながる可能性がある。そのため、より良い学習を実現するためには、最適な観察角度を決定することが重要と言えよう。

### 1.3.3 最適な映像選択方法の検討

選択の効果を検討した研究では、自分自身が選択できる個数が対象者の心理や行動に影響することが知られている (e.g., Barlas & Ohbi, 2013)。内発的動機づけに対する選択の効果に関する先駆的な研究で、Zuckerman, Porac, Lathin, Smith, and Deci (1978) はパズル課題を用いて検討している。その結果、6つの選択肢の中から取り組む3つのパズルを

選べる参加者は、実験者によって割り当てられた参加者と比較して、自由時間中に、パズルを解く作業により多くの時間をかけていたことを報告している。さらに、Patall, Cooper, and Robinson (2008) が 41 の研究をもとにメタアナリシスを行った結果、内発的動機づけに対する選択の加重平均効果においては、2~4 個の選択が、1 つだけ、または 5 つ以上の選択を行なったときよりも統計的に有意に高かったことを報告している。そのため、単に選択する個数を増やすことで動機づけや学習の効果が高まるのではなく、過不足のない選択を行うことで、より選択の効果が発揮されることが期待される。

また、先述したとおり選択はその行為自体が認知的な負荷を伴う (Bund & Wiemeyer, 2004)。Sullivan-Toole, Richey, and Tricomi (2017) は、選択にかかる負荷を制御し、選択の効果を検討している。彼らは画面上に表示される銃のチャージバーを埋めるゲーム課題を用いて、使用する銃を選択させ、実験参加者が自由に選択可能な条件や選択が制限されている条件、そして強制的に選択する銃が決定される非選択条件などの選択条件を設けた。これらの選択条件を検討するために、バーのチャージに必要な努力要求 (バーのチャージに必要なボタンの連打量) を変化させ、最初のキー押しまでの反応時間と、要求されたキー押しの合計キー押し時間を 3 つの研究から比較した。その結果、選択を一部制限されている条件は努力要求に関わらず、努力要求の高い非選択条件と比較して課題パフォーマンスが高い事を報告している。彼らは、非選択条件では個人的コントロールの低さと、認知的負荷の高さが相まって動機づけを低下させた可能性を示唆している。そのため、選択にかける認知的負荷を減らした上で、選択による学習効果を高める事が課題となるだろう。

一方で、運動学習領域の研究では、選択という行為をする事自体が効果的であるとも報告されている (e.g., Aiken et al., 2020; Hansen et al., 2011; Wulf et al., 2018)。Hansen et al. (2011) は一般大学生を対象に、キータッピング課題を行い、被験者をいつでもフィードバックを受けられる選択群 (SC)、強制的に選択群と同じタイミングでフィードバックを受けにくびき群 (YK)、そして選択群と同じタイミングでフィードバックの機会を与えられるが、受けるか否かを選択できるくびき群 (YSC) を設定した。その結果、キータッピングの正確性 (Constant error, Absolute error) に差異はなかったが、安定性 (Variable error) およびミスタッピングは YSC が他の群と比較して最も改善されたと報告している。また、Aiken et al. (2020) は同じく 2 日間に渡ってキータッピング課題を実施し、練習量を選択可能な群 (SCA) と、練習するペースを選択可能な群 (SCP)、そして両選択群のくびき群 (YKA, YKP) の 4 群間のパフォーマンスエラーおよび動機づけの影響を検討している。パフォーマンスエラーに関して、選択可能な 2 群は 2 つのくびき群と比較してエラーが小さい事を示したが、選択群間の差異は示されなかった。また動機づけについては、SCA が

SCP よりも課題に対してより関心を示し、SCP は 1 日目よりも 2 日目に課題に対する努力度を示す指標の得点が低下したことも報告している。Aiken et al. (2020) は、これらの結果から、課題パフォーマンスについては、選択内容に関わらず、その行為自体がパフォーマンス向上につながる事を示唆している。しかし、練習量の選択は、一定の練習量が生じる事で、その累積経過時間が課題に対する動機づけの低下と関係する可能性があるとしている。これらの知見 (Aiken et al., 2020; Hansen et al., 2011; Wulf et al., 2018) から、少なくとも運動学習においての選択は、その内容に限らず、運動パフォーマンスの向上に効果的であると考えられる。

#### 1.4 研究目的

以上の報告をまとめると、VSM においても選択を取り入れる事は有用であり、その提供方法を検討する事は重要な課題だと言えよう。しかしながら、運動学習において VSM へ選択を取り入れるにあたり、二点の課題、問題点がある。一点目、運動学習領域のこれまでの選択研究では、映像視聴のタイミングを選ばせる事に焦点を当てた研究が主流であった (e.g., Lemos et al., 2017; Ste-Marie et al., 2013; Wulf et al., 2018)。そのため、視聴する映像自体を選択させる事で運動パフォーマンスや学習者の認知にどのような影響を及ぼすのかは定かではない。また、VSM において視聴する映像の不一致が懸念されており (山崎ほか, 2006)、視聴する映像の選択の効果を検証する必要があるだろう。二点目、選択する事のメリットは先述した通り、学習者の動機づけや情報処理の促進である。一方で、選択の仕方や提供の仕方によっては、その効果を減衰、無効化させる事も報告されている。そのため、映像をどのように選ばせるか、そしてどのように提供するかは、学習者の運動学習を効果的かつ効率的に促進させるために非常に重要な課題である。

そこで、本博士論文の目的は、学習者自身による視聴映像の自己選択を用いた VSM の提供方法が運動技能学習へ及ぼす影響を検討することを目的とする。この目的を達成するために、本研究では 3 つの研究課題を設定した。まず、自己選択または他者選択した VSM の視聴によって生じる学習者の運動パフォーマンスおよび映像に対する認知への影響を検討する (研究 1)。次に、自己選択した VSM の観察角度の違いが運動課題の習得および学習に及ぼす影響を検討する (研究 2)。そして学習者の最適な映像選択方法について、選択する映像の量と、自己選択と他者選択との組み合わせの観点から検討する (研究 3)。以上、3 つの研究課題を設定し、それぞれ検討した。

## 第2章 研究1

### ビデオ・セルフモデリングにおける学習者の映像選択がパフォーマンスの正確性と知覚した認知的一致に及ぼす影響

#### 2.1 目的

これまでの VSM は運動学習へ影響する事が報告されている (e.g., Ram & McCullagh, 2003; Clark & Ste-Marie, 2007; Steel et al., 2018; Zetou, Kourtesis, Getsiou, Michalopoulou, and Kioumourtzoglou, 2008). 一方で、一部の報告では、実験者の提供する映像は学習者との乖離が生じ (山崎ほか, 2006), 介入の初期段階では VSM と新規の運動動作に対する認知的統合が困難であることが報告されている (Rymal & Ste-Marie, 2016). こうした報告から近年では VSM を提供するために、ヒトの認知・感情・運動パフォーマンスを最適化する方法を提案する必要性が指摘されている (Ste-Marie, 2013).

観察学習の効果を高める方法として、フィードバックのタイミングやデモンストレーションの提供など、実験課題や内容を学習者がコントロール (i.e., 選択) できるようにすることが提案されている (Ste-Marie et al., 2012; Ste-Marie et al., 2020). このような選択は運動学習 (Lemos, et al., 2017; Ste-Marie et al., 2013; Wulf et al., 2018), 動機づけ (Deci, Connell, and Ryan, 1989; Deci & Ryan, 1985; Ryan & Deci, 2000, 2009; Ste-Marie et al., 2013; Wulf, Freitas, and Tandy, 2014), そしてコントロールの錯覚 (Murayama et al., 2016; Rose et al., 2012; Sullivan-Toole et al., 2017) に影響する. また先述した通り (「1.3.1 学習環境内での選択」参照), 選択という行為はコントロールの錯覚を生じさせる事で、ヒトの事象に対する感情や認知的処理を肯定的に捉えるよう変容させる (Lemos, et al., 2017; Rose et al., 2012) 事が関連していると考えられる. これらの研究報告に基づき, 視聴する映像を学習者自身が選択する事で, VSM と学習者の運動イメージとの間の認知的不一致を緩和し, VSM と運動イメージとの統合や動機づけの問題を改善し, 運動パフォーマンスを向上させることが期待できる.

本研究では, 学習者が選択した VSM がボール投げの精度と視聴する映像と学習者の運動イメージとの間の認知的一致に及ぼす影響を検討する事を目的とした. また, 認知的一致と投球の正確性と安定性, 自己効力感, 動機づけとの関係についても評価した. 本研究では運動課題として, 学習者のスキルレベルを統制するために, 学習者の視覚を遮り, 非利き手かつ下手投げで行う投球課題を採用した. 観察学習では, 観察対象を正確に再現する認知表現を形成することが重要である. 本研究では, 投球フォーム (運動開始からボールを離すまで) と投球結果 (ボールを離してからボールの動きが止まるまで) を記録することで運動パフォ

パフォーマンスを評価した。また、これまでに認知的一致の決定要因を詳述したデータはない。これらのデータを収集・検討することで、VSM を効果的に使用するための戦略を立てることが可能となるだろう。本研究課題を検証するにあたり、我々は以下の仮説を設定した。

仮説 1：自分で選んだ VSM を視聴した学習者は、他の条件に比べて、運動パフォーマンスの結果がより正確で安定したものになる。

仮説 2：学習者自身で選んだ VSM を見た場合、実験者が選んだ VSM を見た場合よりも、認知的な一致が高まるだろう。

## 2.2 方法

### 2.2.1 実験参加者

実験参加者は大学生および大学院生 36 名（男性: 16; 女性: 20; 平均年齢 = 21.04 歳; SD = 1.24）を対象に実験を行なった。サンプルサイズの検出力は G\*power 3 (Faul, Erdfelder, Lang, and Buchner, 2007) を用いた事前分析により、検出力を満たしている人数であった。効果量が中程度 ( $f = 0.25$ )、 $\alpha$  は 0.05、検出力は 0.80 と規定した。二要因分散分析 (ANOVA) では、群 (3 群) と習得テストのブロック (6 段階) の交互作用の場合、サンプルサイズを 24 とすることを推奨していた。なお、本研究に参加した参加者はチャップマンの利き手検査 (Chapman & Chapman, 1987) で評価した結果、全て右利きだった。

本研究は同志社大学の倫理委員会より許諾を得た (承認番号: 18065)。参加者へはインフォームド・コンセントを行い、研究参加への同意を全ての参加者から得た上で実施した。

### 2.2.2 課題と装置

本研究では視覚を遮蔽した状態で、非利き手、下手投げでボールを投げる投球課題を用いた。実験課題用のボールは、ボッチャボール (外周 270mm $\pm$ 8mm, 重量 275g $\pm$ 12.0g) を使用した。実験参加者には、椅子に座した状態で 4.2m 先にあるターゲット (縦 10cm $\times$ 横 10cm) に向かってボールを投げるように求め、ターゲットの中心でボールを停止させるように課題目標を教示した (図 2.1 参照)。なお、課題実施時、目隠し用の衝立 (高さ 173cm $\times$ 幅 121cm) を実験参加者の前に設置し、ターゲットが見えない状態にした。カメラ 1 (C1: SONY HDR-CX630V) は地面から 60cm, カメラ 2 は (C2: SONY HDR-CX630V) は 1.3m の高さに設定した。C1 は参加者から横 0m, 縦 2.25 m の位置に、C2 は横 1 m, 縦 5.9 m の位置に配置した。VSM の作成に関して、映像を編集し VSM を構築するために iMovie (version 10.1.10) を用いた。作成した映像は 21 インチのモニターに表示した (ASUS,

E261448).

### 2.2.3 群の設定

本研究は3群から構成された。まず自己選択群（SC群）は、任意で映像を選択し視聴する群とした。次に、実験者が最も良い結果を示したビデオクリップを選択し、実験参加者に提供して視聴させる他者選択群（OC群）とした。最後に、映像視聴と選択の機会を与えず、実験課題のみを実施する統制群（Con群）を設けた。実験参加者はこれらの3群のいずれかに無作為に割り当てた。

### 2.2.4 測定指標

ターゲットの中心からボール停止位置の平均誤差を正確性（cm）として評価した。正確性はターゲットの真ん中を基準として、横軸のx座標と縦軸のy座標を測定し、三平方の定理を用いて直線距離（z座標）を平均誤差として算出した。正確性の値が高い場合、ターゲットとボールとの距離が離れており、不正確である事を示す。

各ブロックの正確性の平均誤差を基準として標準偏差を算出し、どの程度運動課題が安定しているのか（i.e., 安定性）を評価した。安定性の値が小さくなるほど、ブロック内の投球課題のパフォーマンスは散らばりが小さい事を示している。

運動課題に対する実験参加者の運動イメージと視聴したVSMとの差異を検討するために100mmのVisual Analogue Scale（以下、VASと略記）を用いて2つの項目に回答を求めた。その項目は「視聴した映像の投球フォームが、自分の投球フォームのイメージとどの程度一致していると感じますか？」と「視聴した映像の投球結果が、自分の投球結果のイメージとどの程度一致していると感じますか？」であった。投球フォームは動作の開始からボールをリリースする直前までとし、投球結果はボールをリリースしてからの軌跡とボールが止まるまでと定義した。0mm地点は「全く一致していない」、100mm地点は「非常に一致している」とした直線上で、各項目に対して最も当てはまる箇所に棒線で記入するように求めた。なお、本研究で用いたVASは左端の点からの長さを尺度の得点とした。

実験参加者の課題に対する動機づけの程度を測定するためにVASを用いて評価を行った。「あなたは課題に対してどの程度やる気を感じていますか？」という問いに対して、当てはまる箇所に棒線で記入するように求めた。

そして、自己効力感を評価するため、Bandura（2006）のガイドラインに基づいて「あなたはこれから行う課題をどの程度遂行することができますか？」という問いに対して、0「全くできない」、50「ある程度できる」、100「非常にうまくできる」の11件法で、当て

はまる箇所に“○”で回答するよう求めた。

### 2.2.5 手続き

本実験の手続きを図 2.2 に示す。まず参加者に対して、実験開始前に自己効力感、動機づけの質問紙へ回答するよう求めた (Time1 とする)。その後、投球課題練習を目隠しなしの状態ですら 3 投行わせた。練習後、本試行として 1 ブロック 5 投を 3 ブロック (Pre テスト)、計 15 投の投球課題を行わせ、SC 群および OC 群へは映像選択後、結果のフィードバックを与えた。映像選択に関して、参加者へ異なる操作を与えた。まず SC 群の参加者には、1 ブロック内で行った投球課題の結果を確認 (ボールとターゲットとの距離を確認) する前に、投球の映像を確認せずに Pre テストの各ブロックで参加者自身が最も目標地点に近づいたと思う投球フォームの映像を参加者の内的な感覚に基づいて一つずつ選択するよう教示を与えた (i.e., 5 個の映像の中から 1 個を選択)。そのため、SC 群が選んだ映像は必ずしも成績が良いものではなかった。次に、OC 群の参加者に対して、実験者がブロックの中から目標に最も近い投げ方をしている映像を選ぶことを説明し、参加者には選択の機会がないとする教示を与えた。OC 群の投球課題後、実験者はボールの最終位置と目標地点の中心との距離を測定し、最も中心に近い映像を選び、何投目の映像が選ばれたかを OC 群の参加者へ伝えた。そのため、OC 群の参加者が視聴した映像は常にブロック内で最もターゲットに近づいた映像であった。そして、Con 群は映像選択をせずに運動結果のフィードバックのみを受けた。

Pre テストの後、SC 群と OC 群の VSM は参加者または実験者がプレテストの各ブロックで選んだ計 3 つの投球動作と、実験者がその投球動作の中で最もターゲットに近づいた結果を 1 つ選定し、VSM を編集した (図 2.3)。具体的には、各ブロックの投球動作の映像が再生される度に、その中で最も成績の良い映像を挿入し、繰り返し再生した。各投球フォームの映像素材の長さは約 3~5 秒、結果の映像素材の長さは約 5 秒であった。編集後のビデオ再生時間は約 20~30 秒であった。SC 群と OC 群の参加者は、椅子に座した状態で VSM を視聴するよう求められた。この間、Con 群の参加者は安静な姿勢で 5 分間休憩した。

映像視聴後、SC 群、OC 群には認知的一致、動機づけ、自己効力感の各質問紙に回答を求め、Con 群は、認知的一致以外の質問紙へ回答するよう求めた (Time2 とする)。回答後、Post テストを Pre テスト同様に 3 ブロック行ったが、参加者には運動結果のフィードバックを与えなかった。課題終了後、自己効力感、動機づけの質問紙へ回答を求め (Time3 とする)、実験を終了した。

## 2.2.6 分析方法

まず、運動パフォーマンスの正確性および安定性に関して、3 選択 (SC 群, OC 群, Con 群) を実験参加者間要因, 6 ブロック (ブロック 1-6) を実験参加者内要因とする二要因分散分析を実施した。認知的一致に対しては、SC 群と OC 群の平均値を対応のない  $t$  検定を用いて比較した。動機づけ、自己効力感に関しては、3 選択を実験参加者間要因, 3 期間 (Time1, 2, 3) を実験参加者内要因とする二要因混合計画の分散分析を実施した。そして、SC 群と OC 群の認知的一致と各変数との相関を調査するためにピアソンの積率相関係数を算出した。

本研究で実施する二要因分散分析の多重比較はすべて Holm 法を用いた。なお、本研究の有意水準は 5% に設定し、効果量に関して、分散分析は偏イータ二乗 ( $\eta_p^2$ )、多重比較および  $t$  検定については Cohen's  $d$  を算出し、95% 信頼区間 (CI) 標準化効果量は、非心分布に基づいて算出した。また、本研究では有意傾向にある値 (5% 以上 10% 未満) が算出された場合、先行研究の慣例に則り多重比較をした (e.g., Patall et al., 2008; Wulf et al., 2005)。本研究で行う分析には全て統計ソフト SPSS.Statistics.ver.25.0 (IBM 社) と RStudio (ver. 1.3.1056) を用いて分析を行った。

## 2.3 結果

投球課題の分析結果を図 2.4, 認知的一致の結果を図 2.5, 動機づけと自己効力感の結果を図 2.6, そして相関分析の結果を表 2.1 に示した。

### 2.3.1 選択映像の内容について

SC 群の 12 名の参加者のうち、Pre テスト各ブロックで最も正確な投球動作を選んだ参加者を以下に示す。ブロック 1・2 では 12 名中 3 名, ブロック 3 では 3 名であった。また、最も不正確な投球動作を選択した参加者はブロック 1 では 5 名, ブロック 2・3 では 1 名であった。

### 2.3.2 各群の正確性への影響の比較 (図 2.4a)

投球課題の正確性の差異について調査するために、選択×ブロックの分散分析を行なった。その結果、有意なブロックの主効果が認められた、 $F(5, 165) = 3.03, p = .012, \eta_p^2 = 0.08, 95\% CI = 0.02, 0.14$ 。多重比較を行なった結果、ブロックの効果は認められなかった。さらに、有意な交互作用の傾向が認められた、 $F(10, 165) = 1.75, p = .074, \eta_p^2 = .10, 95\% CI$

=0.04, 0.12. 多重比較の結果, ブロック 2 において Con 群が OC 群より正確に投球していた ( $p=.016$ ,  $d=1.26$ ,  $95\%CI=0.33, 2.18$ ). 一方で, 選択の主効果は認められなかった,  $F(2, 33) = 1.05$ ,  $p=.363$ ,  $\eta_p^2=0.06$ ,  $95\%CI=0.00, 0.18$ .

### 2.3.2 各群の安定性への影響の比較 (図 2.4b)

投球課題の安定性を検討するために, 選択×ブロックの分散分析を行なった. その結果, ブロックの主効果が有意であった,  $F(4, 122) = 2.50$ ,  $p=.033$ ,  $\eta_p^2=.07$ ,  $95\%CI=0.01, 0.11$ . 多重比較の結果, ブロック 1 と比較してブロック 5 ( $p=.018$ ,  $d=0.57$ ,  $95\%CI=0.09, 1.05$ ) とブロック 6 ( $p=.031$ ,  $d=0.71$ ,  $95\%CI=0.22, 1.19$ ) でより安定していた. しかしながら, 選択の主効果および交互作用は有意でなかった, 選択:  $F(2, 33) = 1.35$ ,  $p=.273$ ,  $\eta_p^2=0.08$ ,  $95\%CI=0.00, 0.21$ , 交互作用:  $F(5, 122) = 0.34$ ,  $p=.969$ ,  $\eta_p^2 = 0.02$ ,  $95\%CI=0.01, 0.02$ .

### 2.3.3 選択の有無による認知的一致の差異 (図 2.5)

SC 群と OC 群の認知的一致の差異を検討するために  $t$  検定を行なった. その結果, 投球フォームの認知的一致は OC 群 ( $M=72.50$ ,  $SD=12.28$ ) より SC 群 ( $M=82.08$ ,  $SD=12.20$ ) の得点の方が高い傾向にあった,  $t(22) = 1.92$ ,  $p=.068$ ,  $d=0.78$ ,  $95\%CI=-0.10, 1.66$ . さらに, 投球結果の認知的一致も OC 群 ( $M=66.67$ ,  $SD=15.86$ ) より SC 群 ( $M=88.09$ ,  $SD=9.10$ ) の方が高い得点を示した,  $t(22) = 4.06$ ,  $p=.001$ ,  $d=1.66$ ,  $95\%CI=0.67, 2.64$ .

### 2.3.4 各群の動機づけへの影響の比較 (図 2.6a)

VSM 視聴による動機づけへの効果を検討するため, 選択×期間の分散分析を行なった. その結果, 期間の主効果が有意であった  $F(2, 66) = 5.11$ ,  $p=.008$ ,  $\eta_p^2=0.13$ ,  $95\%CI=0.02, 0.25$ . 多重比較の結果, Time2 が Time1 ( $p=.027$ ,  $d=0.33$ ,  $95\%CI=-0.15, 0.80$ ) と Time3 ( $p=.014$ ,  $d=0.38$ ,  $95\%CI=-0.10, 0.85$ ) より高い値を示していた. しかしながら, 選択の主効果および交互作用は有意でなかった, 選択:  $F(4, 66) = 0.50$ ,  $p=.125$ ,  $\eta_p^2=0.03$ ,  $95\%CI=0.00, 0.32$ , 交互作用:  $F(2, 33) = 2.22$ ,  $p=.330$ ,  $\eta_p^2=0.12$ ,  $95\%CI=0.00, 0.06$ .

### 2.3.5 各群の自己効力感への影響の比較 (図 2.6b)

選択×期間の分散分析を行なった結果, 期間の主効果が有意であった,  $F(2, 53) = 19.33$ ,  $p<.001$ ,  $\eta_p^2=0.37$ ,  $95\%CI=0.15, 0.50$ . 多重比較の結果, Time2 が Time1 ( $p=.001$ ,  $d=.70$ ,  $95\%CI=0.22, 1.19$ ) および Time3 ( $p=.014$ ,  $d=.30$ ,  $95\%CI=-0.17, 0.78$ ) より,

Time3 が Time1 ( $p < .001$ ,  $d = 0.37$ ,  $95\% CI = -0.85, 0.10$ ) より有意に高かった。一方で、選択の主効果および交互作用は有意でなかった, 選択:  $F(2, 33) = 1.18$ ,  $p = .400$ ,  $\eta_p^2 = 0.05$ ,  $95\% CI = 0.00, 0.16$ , 交互作用:  $F(4, 66) = 0.50$ ,  $p = .330$ ,  $\eta_p^2 = 0.07$ ,  $95\% CI = 0.01, 0.12$ .

### 2.3.6 認知的一致と各変数との相関の検討 (表 2.1)

SC 群と OC 群の認知的一致と認知変数および運動変数との関連を調査するために相関分析を行なった。SC 群に関して、投球フォームの認知的一致は、投球結果の認知的一致 ( $r = .65$ ,  $p = .023$ ,  $95\% CI = 0.12, 0.89$ ) , Time3 の動機づけ ( $r = .67$ ,  $p = .017$ ,  $95\% CI = 0.16, 0.90$ ) と正の相関を示した。さらに、投球結果の認知的一致は投球フォーム ( $r = .65$ ,  $p = .023$ ,  $95\% CI = 0.12, 0.89$ ) , Time2 の動機づけ ( $r = .60$ ,  $p = .039$ ,  $95\% CI = 0.04, 0.87$ ) との間に正の相関, そしてブロック 6 の安定性 ( $r = -.58$ ,  $p = .005$ ,  $95\% CI = -0.87, -0.01$ ) と負の相関を示した。一方, OC 群では投球フォームの認知的一致と各変数との相関は示されなかった (*n.s.*)。そして, 投球結果の認知的一致とブロック 1 ( $r = -.72$ ,  $p = .008$ ,  $95\% CI = -0.92, -0.25$ ) , ブロック 6 ( $r = -.64$ ,  $p = .026$ ,  $95\% CI = -0.89, -0.10$ ) で負の相関を示した。

## 2.4 考察

本研究では, 学習者が選択した VSM がボール投げの精度と, 視聴する映像と学習者の運動イメージとの間の認知的一致に及ぼす影響について検討した。本研究の結果, 認知的一致は他者選択した VSM と比較して自己選択した VSM を視聴することでより高まり, そして相関分析の結果から, 認知的一致が高まることで, 学習者の動作の安定性や動機づけを強化する関係にあることが示唆された。

投球の正確性と安定性には群間の差は示されなかった。運動の安定性は, ブロック 1 よりもブロック 5 とブロック 6 の方が安定した成績を示した。つまり, 選択したビデオを見るか否かにかかわらず, 練習が安定性に肯定的な効果を与えている事を示唆している。またブロック 2 では, OC 群は Con 群よりも投球が不正確であった。以上のことから, 本実験では, 自分で選んだ VSM の視聴が, 他の条件に比べて運動パフォーマンスの結果がより正確で安定しているという第 1 の仮説は支持されなかった。OC 群と Con 群で見られた結果について, 本実験では視聴する映像素材を強制的に決定したことが, その後のブロックでの運動パフォーマンスに影響を与えた可能性はある。しかし, ブロック 2 以降ではその効果は認められず, OC 群の投球課題の正確性が Con 群に比べて低かった理由は明らかではないため, 他者選択による運動パフォーマンスへの影響について, より詳細な検討をする必要があるだろう。

次に、VSM と学習者のイメージとの認知的一致は、学習者自身で選んだ VSM の方が実験者に選ばれた VSM よりも高かった。学習者が選んだ VSM 素材は認知的一致を高めるために有用であり、自己選択 VSM の観察は他者選択 VSM の観察に比べて認知的一致を高めるといふ第 2 の仮説を支持する結果となった。これまでの VSM 研究では、介入初期では運動イメージと VSM が統合されず (Rymal & Ste-Marie, 2016)、参加者と実験者の間に認知的な乖離が生じていた (山崎ほか, 2006)。言い換えれば、実験者が理想的な映像として選んだものは、参加者にとっては望ましい映像ではなかったかもしれない。一方で、選択する機会を学習者へ与える事で、学習者の目標や運動に対して肯定的な印象を導き (Lemos et al., 2017)、望ましい結果の知覚をコントロールすることができる (Leotti, Iyengar, & Ochsner, 2010; Rose et al., 2012)。つまり、VSM を構成する映像を自分で選ぶという行為が、他者が選んだ VSM 映像よりも、学習者の運動パフォーマンスのイメージと VSM の間に生じる認知的乖離を緩和、あるいは肯定的な認識となるよう誘導している可能性があると言えるだろう。

さらに、本実験で用いた VSM は自己選択、他者選択に関わらず、失敗情報を削除した成績の良いパフォーマンスを示す内容であったが、自己選択した映像素材が各ブロックで常に最も正確な投球をした映像を選択したという事ではなかったという点で非常に興味深いものであった。選択はコントロールの錯覚により、その事象に対する内的な報酬価値を高め (Leotti & Delgado, 2011)、個人の肯定的な認知を誘導する (Murayama et al. 2016; Rose et al., 2012)。また、学習者は実際の結果よりも良い結果を知覚する事で、学習が促進されることが報告されている (Palmer, Chiviawsky, & Wulf, 2016)。こうした知見から、映像を学習者に選択させるという行為が、選んだ内容に依らず認知的一致を高め、その高まりが課題に対する動機づけやパフォーマンスの安定性の向上へ寄与する可能性があると考えられる。

また SC 群では、認知的一致は動機づけおよび運動の安定性と関連していたが、OC 群では運動の安定性とのみ関連していた。これは、選択という行為自体が報酬となり (Aoki et al., 2014; Leotti & Delgado, 2011, 2014; Leotti et al., 2010)、動機づけを向上させ (Deci & Ryan, 1985; Ste-Marie et al., 2013; Wulf et al., 2014)、課題パフォーマンスを向上させる (Iwatsuki et al., 2017; Lewthwaite, Chiviawsky, Drews, & Wulf, 2015; Murayama et al., 2015) と報告した先行研究の結果を一部支持していると言えるだろう。つまり、SC 群における認知的一致の向上は、参加者が自ら選択することによってその映像の報酬価値を高め、動機づけと運動パフォーマンスを向上させた可能性があるだろう。しかしながら、この推論は因果関係ではなく相関関係に基づいているため、慎重に解釈すべきである。

一方で、VSM の視聴は、動機づけや自己効力感に直接的な影響を与えなかった。Steel et al. (2018) は、新しい課題を行う際に不安が増大することを発見したが、この知見は本研究の結果と関連する可能性がある。内省報告では、実験後に行われた質問への回答に、「課題の難易度が上がった」、「パフォーマンスの結果が確認できないので不安だ」、「テストの後半で目標に近づいているかどうかわからない」など、多くの参加者が不安を示していた。不安は自信や動機づけを低下させることが示唆されている (e.g., Chamberlain & Hale, 2007)。これらの結果から、課題に対する自己効力感や動機づけに対しては、自己選択した VSM と他者選択された VSM の効果に差がなかった可能性が考えられる。それ故、今後の自己選択した VSM では、不安が増大するような状況下でも、自己効力感や動機づけの向上に寄与し得る他のアプローチを検討する必要があるだろう。

以上の結果から、本研究は VSM を構成する素材の全てではなく、一部を選択することで、選択の効果が観察されたことを示している。しかし、先に述べたように、選択による動機づけやパフォーマンスへの直接の影響は見られなかった。また、本研究で学習者が選んだ映像が必ずしも成績の良い結果を選んではいなかったにもかかわらず、認知的な一致が高いことが示された。これは選択の自由がもたらすコントロールの錯覚によるものと考えられる。今後の研究では、自己選択した VSM が運動パフォーマンス、動機づけ、選択の正確さに影響を与える条件や状況を調査し、学習者の運動学習を効率的にできる方法で VSM を提供する必要があるだろう。

## 第3章 研究2

### 学習者の選択したビデオ・セルフモデリングの観察角度が運動技能習得および学習へ及ぼす影響

#### 3.1 目的

研究1では、学習者自身が映像選択することによって認知的な一致度が高まる事が示唆された。しかしながら、自己選択した映像を観察する事が運動パフォーマンスの向上へ直接的に寄与しているか否かについては明らかにはなっていない。それ故、観察学習時、どのように映像を視聴させる事が運動習得と学習へ有効なのかを検討する必要がある (Ste-Marie et al., 2012; Ste-Marie et al., 2020)。Ste-Marie et al. (2012, 2020) は観察角度について、映像の提供を検討する中で監督やコーチといった指導者にとってこの課題は非常に重要な要素である事を指摘している。したがって、観察学習時の学習者に対する映像のより効果的な提示方法について検討する事は現場的な意義も大いにあると考えられる。

また映像提供時に選択を取り入れた場合、選択と観察角度との組み合わせによる効果を検討することも必要である。選択は運動学習を強化するが、一方で同時に処理する情報量が多くなることで、選択による学習効果を阻害する可能性がある (e.g., Couvillion et al., 2020)。これは選択に伴う認知的負荷 (Cognitive load) の増大が (Bund & Wiemeyer, 2004)、学習者の課題理解やスキーマ獲得を阻害するからだと言える (Bobis et al., 1993; Chandler & Sweller, 1991, 1992; Cooper & Sweller, 1987; Sweller et al., 1990)。こうした観点から、モデルを観察する角度によっては、情報量やその処理量が多くなり、観察学習と選択の効果両方を阻害する可能性も考えられる。

観察角度の違いによって生じる認知的な情報処理量の増大について、Ishikura & Inomata (1995) は、認知処理のレベルは反転処理を要する角度 (正面からの観察) になる事で、運動習得を鈍化させると報告している。また学習の保持については、視覚情報の反転処理の有無による違いはなかったとしている。一方で、Hamideh et al. (2016) は正面からの観察が、より良い動作コーディネーションを学習していたことを示していた。そのため、Hamideh et al. (2016) は視覚情報の反転処理が学習者の記憶、および認知過程へのより多くの従事 (i.e., 認知的な情報処理の増大) による符号化 (i.e., 記憶すること) を支援することで学習を向上させる可能性を示唆している。学習の上では、視覚情報の反転処理を伴う比較的に認知的負荷の高い角度からのモデル観察が、学習者の認知的な情報処理の増大 (Ishikura & Inomata, 1995) によって動作に関する強固な記憶を構築するため (Hamideh et al., 2016)、視覚情報の反転処理操作 (i.e., メンタルローテーション) を必

要としない角度からの観察よりも有効である可能性が高い。

メンタルローテーションとは、反転しているまたは正常でない角度にある物体 (e.g., 文字や数字など) や身体部位 (e.g., 手や顔など) を知覚・認識し、必要に応じて正常な角度になるように視覚的イメージを心的に回転させる認知機能を指す (e.g., Berneiser et al., 2018; Mohr et al., 2006; Shepard & Metzler, 1971)。メンタルローテーションを検討した研究において、観察対象に対して大きな回転角の視覚的イメージ操作を必要とする場合には、反応時間が直線的に増加し (Mohr et al., 2006; Shepard & Metzler, 1971)、観察される対象物や動作が小さな回転角の視覚的イメージ操作を必要とする場合には反応時間が減少する (Berneiser et al., 2018; Bonda et al., 1995; Cooper & Shepard, 1975; Petit et al., 2003; Shepard & Metzler, 1971)。これらの知見から、対象物を観察する角度が学習者自身の視線と不一致している場合、対象物に対する反応が遅れ、不正確な判断につながる可能性がある。そのため、より観察の効果を最大化した学習を実現するためには、最適な観察角度を決定することが重要であろう。

最適な観察角度の特定は、自己選択した VSM を観察する際の認知的負荷を減少させ、より良い学習効果が期待できる。そこで本研究では、学習者が選択した VSM における観察角度の違いが、カップスタッキング課題を用いた運動課題の習得・学習に与える影響を調査することを目的とした。カップスタッキング課題は、学習者にとって不慣れな運動課題であるため、学習者の習熟度を統一するために採用した。また、VSM の観察角度と視聴素材の選択の影響を分離するために統制群を用いた。自己選択した VSM の角度の効果を検討するために、次の 3 つの仮説を設定した。

- ・仮説 1: 習得段階では、学習者自身の映像から構成された VSM を正面の角度から観察した場合と比較して、VSM を背面の角度から観察した場合の方が、カップスタッキング課題の動作時間が短くなる。
- ・仮説 2: VSM を観察した学習者は、VSM を観察していない学習者に比べて運動技能の習得や学習がより向上する。
- ・仮説 3: 保持段階において、学習者が VSM を正面の角度から観察した場合、VSM を背面の角度から観察した場合と比べて、動作時間が保持され、忘却率が低くなる。

## 3.2 方法

### 3.2.1 実験参加者

課題経験のない大学生および大学院生 42 名が参加した (男性: 33 名, 女性: 9 名, 平均年齢 = 21.33 歳, SD = 1.49 歳)。サンプルサイズの検出力は G\*power 3 (Faul et al., 2007)

を用いた事前分析により、検出力を満たしている人数であった。効果量が中程度 ( $f = 0.25$ ) の場合、 $\alpha$  は 0.05、検出力は 0.80 とした。混合要因分散分析 (ANOVA) の計算では、群 (3 段階) と習得テストのブロック (4 段階) の交互作用の場合、サンプルサイズを 30 とすることを推奨していた。

本研究は同志社大学の倫理委員会より許諾を得た (承認番号: 19037)。参加者へはインフォームド・コンセントを行い、研究参加への同意を全ての参加者から得た。

### 3.2.2 課題と装置

本研究では、 $3 \times 6 \times 3$  のカップスタッキング課題を 3 周連続で行う課題を実施した。実験課題では、スタッキングカップ (高さ: 940mm, 幅: 540mm (短) 740mm (長) 重さ: 22.67g) を使用した。カップは参加者の正面に重ねて置き、参加者の左右に 3 個のカップタワー、中央には 6 個のカップタワーを各 50cm 間隔で設置した。カップスタッキング課題は、主に 2 つの段階 (それぞれ「アップスタッキング」と「ダウンスタッキング」) で構成されている (図 3.1 参照)。アップスタッキングでは、参加者に両手を使って左の 3 つのカップから右の 3 つのカップへと  $3 \times 6 \times 3$  のカップをピラミッド状に積み上げる動作を行わせ、ダウンスタッキングも同様に左から右へと元のタワーの状態へ戻す動作を行わせた。実験課題では、1 回の試行でこの 2 つの段階を連続して 3 往復するように指示した。

実験環境を図 3.2 に示す。実験課題の動作時間とプロトコルは、心理学実験プログラム (E-prime 2.0, Psychology Software Tools, Inc) で制御した。実験中の指示は、すべて PC に接続されたモニター (ASUS, E261448) を介して行った。VSM の作成には 2 台のビデオカメラ (カメラ 1, カメラ 2, SONY HDR-CX630V) を使用した。カメラ 1, 2 の配置について、カメラ 1 は被験者の前方に  $180^\circ$  の角度で、スタッキングカップから 90cm 離れた位置、床から 105cm の位置に設置した。カメラ 2 は参加者の斜め後ろ ( $330^\circ$ )、スタッキングカップから 90cm 離れた場所、床から 141cm の位置に設置した。これらのカメラの配置角度は、先行研究を参考にして決定した (Ishikura, 2012; Ishikura & Inomata, 1995)。なお、参加者の真後ろから記録すると参加者の頭部が干渉し、スタッキング動作の撮影が困難となるため、動き全体を妨げずに観察できる参加者の斜め後ろ  $330^\circ$  の角度でカメラを配置した。撮影した映像を VSM にする際、iMovie (ver.10.1.14) を用いて作成し、作成した映像はノートパソコン (MacBook Pro 15-inch, 2018, MR962J/A, Apple Inc.) を用いて再生した。

### 3.2.3 手続き

参加者は正面群、背面群、そして統制群の 3 グループのいずれかに無作為に割り当てた。

正面群 (FG) は、参加者自身のカップスタッキング動作を前面 (180°) から見た参加者と定義した。背面群 (RG) は、VSM 上の自分自身の動作を背面 (330°) から視聴した参加者と定義した。最後に VSM を見ずに課題のみを行う参加者を統制群 (CG) と定義した。

本実験は 2 日間に渡って行った (図 3.3 参照)。まず習得期 (1 日目) では、参加者に対して、課題の実施方法に関する動画 (URL : <https://youtu.be/03UpJHIS2Ag>) を 5 分間視聴しながら動画に示されているカップスタッキングの動きを練習するよう求めた。動画視聴後、三往復 3×6×3 カップスタッキングを 3 試行練習させた。カップスタッキングの手順は、参加者がキーボードのスペースキーを押すと、3 秒間のカウントダウン音が始まり、カウントダウンが終わると動作時間の測定が開始する仕様に設定した。カウントダウンが終わると動作時間の測定を開始し、カップスタッキングを 3 往復遂行し、参加者が再びスペースバーを押すと動作時間の測定を終えるように設定した。なお、カップスタッキングの各試行の間には 10 秒のインターバルを設けた。

テストブロックでは、三往復のカップスタッキングを 1 ブロック 5 試行行わせた。各テストブロック間で練習ブロックとして、1 往復のカップスタッキングを 10 試行行わせた。参加者に対して、練習ブロックの各試行の後、参加者の動作時間に関するフィードバックを与えた。練習ブロック中、FG は参加者の前方 (180°)、RG は参加者の後方 (330°) からカップスタッキング動作の映像を撮影した。CG の参加者に対しては各試行の後にフィードバックを与えたが、映像は撮影しなかった。

練習ブロック後、FG と RG の参加者へ自身が成功した、そして視聴したいと思う映像を 3 つ選ぶように求めた。参加者が選んだ映像をもとに、各参加者に VSM を作成した。VSM の構成内容は、最初から最後までの一連の動きを 3 往復しているように見えるよう編集した (図 3.4)。具体的には、ビデオ編集ソフトを用いて、1 往復目の積み重ねはカウントダウンからこの 1 往復目の完了 (スペースバーを押す直前) まで、2 往復目はスタートからスペースバーを押す直前まで、3 往復目はスタートからスペースバーを押すまでを切り取り、つなぎ合わせることで VSM を作成した。VSM の総尺は約 25~30 秒であった。VSM 編集を編集している間、参加者には 5 分間の休憩時間が与えた。編集後、FG と RG の参加者には VSM を視聴させ、CG の参加者は VSM を見ずに座位姿勢で休憩させた。習得期では、テストブロックから VSM 視聴までを 4 ブロック (ベースライン、ブロック 1, 2, 3 と定義) 行い、終了した。なお、VSM は各ブロックで更新し、参加者には常に最新の成功体験に基づいて作成された VSM を視聴させた。

保持期は、習得期の 1 週間後に行った。この期間は、選択の効果を調べた先行研究に基づいて決定した (Brydges, Carnahan, Safir, and Dubrowski, 2009; Wulf, Raupach, and

Pfeiffer, 2005). 参加者にはこの期間中, 課題に関連した練習やビデオの視聴をしないように求めた. 保持期では, 5回の試行を2ブロックに分けて, 3往復の3×6×3カップスタッキングを行った(保持ブロック [RB] 1と2と定義した). 各ブロック間に3分間の休息時間を設け, VSMの視聴や課題練習は行わなかった.

### 3.2.4 分析方法

カップスタッキングの実際の動作時間を測定し, 動作時間のベースラインからの差 ( $\Delta$ MT) を算出した. さらに, 習得期のブロック3に対するRBの比率を算出し, この値を忘却率とした. 保持期の動作時間がブロック3に比べて長ければ比率は100%よりも低くなり, スキルが忘れられていることを示唆している.

習得期の動作時間のデータは, 3角度 (FG, RG, CG) ×4ブロック (ベースライン, ブロック1, ブロック2, ブロック3),  $\Delta$ MTのデータは, 3角度×3ブロック (ブロック1, ブロック2, ブロック3) とする二要因混合計画の分散分析を行った. また, 保持期の動作時間,  $\Delta$ MT, そして忘却率は3角度 (FG, RG, CG) ×2ブロック (RB1, RB2) の二要因混合計画の分散分析を行った. 分散分析の多重比較には Holm 法を用いた. 本研究の有意水準は5%とした. 効果量について, 分散分析は偏イータ二乗値 ( $\eta_p^2$ ) を, 多重比較では Cohen's d を算出し, 95%信頼区間 (CI) 標準化効果量は, 非心分布に基づいて算出した.

## 3.3 結果

動作時間の結果を図3.5,  $\Delta$ MTの結果を図3.6, 忘却率を図3.7に示した.

### 3.3.1 動作時間 (図3.5)

各角度における習得期の動作時間の差異を検討するために角度×ブロックの分散分析を実施した. その結果, 角度とブロックの交互作用が見られた,  $F(6, 167) = 3.13, p = .007, \eta_p^2 = 0.14, 95\% CI = 0.04, 0.22$ . 多重比較で, FGはベースラインと比較してブロック3で動作時間が短かった ( $p = .040, d = 0.81, 95\% CI = 0.00, 1.62$ ). RGはベースラインと比較してブロック1 ( $p < .001, d = 1.25, 95\% CI = 0.4, 2.1$ ), ブロック2 ( $p = .001, d = 1.60, 95\% CI = 0.71, 2.50$ ), そしてブロック3 ( $p = .003, d = 1.27, 95\% CI = 0.42, 2.12$ ) で動作時間が短かった. そしてCGはベースラインと比較してブロック2と ( $p = .016, d = 0.70, 95\% CI = -0.1, 1.51$ ), ブロック3 ( $p = .003, d = 0.98, 95\% CI = 0.16, 1.81$ ), さらにブロック2と比較して, ブロック3の動作時間が短かった ( $p = .043, d = 0.48, 95\% CI = -0.31, 1.27$ ). 一方, 角度要因における各ブロックでの差異は認められなかった (n.s.).

次に、保持期の動作時間を比較するために、角度×ブロックの分散分析を実施した。その結果、有意なブロックの主効果が認められ、RB1 より RB2 で動作時間が向上していた、 $F(1, 39) = 3.17, p < .001, \eta_p^2 = 0.41, 95\% CI = 0.19, 0.55$ 。一方で、角度の主効果、そして交互作用は有意でなかった、角度： $F(2, 39) = 0.09, p = .917, \eta_p^2 = 0.01, 95\% CI = 0.00, 0.06$ 、交互作用： $F(2, 39) = 0.45, p = .233, \eta_p^2 = 0.02, 95\% CI = 0.00, 0.09$ 。

### 3.3.2 $\Delta MT$ (図 3.6)

$\Delta MT$  に対して、角度×ブロックの分散分析を行った。その結果、角度の主効果、そしてブロックの主効果が認められた、角度： $F(2, 39) = 5.15, p = .010, \eta_p^2 = 0.21, 95\% CI = 0.03, 0.39$ 、ブロック： $F(2, 78) = 3.17, p = .048, \eta_p^2 = 0.08, 95\% CI = 0.00, 0.18$ 。角度の多重比較を行った結果、RG が FG ( $p = .012, d = 0.99, 95\% CI = 0.17, 1.81$ )、CG ( $p = .043, d = 0.78, 95\% CI = 1.37, 3.40$ ) と比較してより短かった。ブロックの多重比較の結果は、ブロック 1 と比較して、ブロック 3 で動作時間が短くなっていた ( $p = .047, d = 1.37, 95\% CI = 0.89, 1.86$ )。一方、交互作用は認められなかった、 $F(4, 78) = 1.43, p = .233, \eta_p^2 = 0.07, 95\% CI = 0.00, 0.15$ 。

次に、保持期の  $\Delta MT$  に対して分散分析を実施した結果、有意なブロックの主効果が認められ、多重比較の結果、RB1 より RB2 で動作時間が向上した、 $F(1, 39) = 26.54, p < .001, \eta_p^2 = 0.41, 95\% CI = 0.18, 0.56$ 。その他、角度の主効果および交互作用は有意でなかった。角度： $F(2, 39) = 1.58, p = .219, \eta_p^2 = 0.08, 95\% CI = 0.00, 0.23$ 、交互作用： $F(2, 39) = 0.45, p = .639, \eta_p^2 = 0.02, 95\% CI = 0.00, 0.09$ 。

### 3.3.3 忘却率 (図 3.7)

保持期 RB1 において、FG は 97.99%、RG は 99.29%、CG は 99.57% の忘却率だった。各角度における一週間後のパフォーマンスの忘却率を検討するために、角度×ブロックで分散分析を実施した。その結果、ブロックの主効果が認められ、RB1 より RB2 で比率が向上した事を示した、 $F(1, 84) = 31.69, p < .001, \eta_p^2 = 0.45, 95\% CI = 0.21, 0.59$ 。角度の主効果および交互作用は認められなかった、角度： $F(2, 39) = 0.01, p = .987, \eta_p^2 = 0.001, 95\% CI = 0.000, 0.001$ 、交互作用： $F(2, 84) = 0.75, p = .482, \eta_p^2 = 0.04, 95\% CI = 0.00, 0.14$ 。

## 3.4 考察

本研究の目的は、学習者が自己選択した VSM における観察角度の違いが、運動技能の習得や学習に及ぼす影響を検討することであった。習得期では、各グループの異なるブロック

において、ベースラインと比較して短い動作時間を示した。カップスタッキングスキルのベースラインからの向上が見られたタイミングは、RGがブロック1と最も速く、FGがブロック3と最も遅かった。さらに、RGは他の群に比べて $\Delta MT$ が最も早かった。これは第1の仮説を支持するエビデンスであり、先行研究(Ishikura, 2012; Ishikura & Inomata, 1995, 1998)のモデルを背面角度から観察することによりスキル習得が促進されるという報告と一致する。モデルを背面角度から観察する事で、映像内の動作に関する視覚情報の反転処理を必要とせず(Ishikura, 2012; Ishikura & Inomata, 1995)、刺激に対する反応時間が早くなる(Bonda et al., 1995; Cooper & Shepard, 1975; Petit et al., 2003; Searle & Hamm, 2017; Shepard & Metzler, 1971)。そのため、モデルの動作を負荷なく観察する事でスキル習得に影響を与えたと考えられる。さらに、RGとFGの参加者は、視聴する映像素材を参加者自身で決定した。Jaquess et al. (2020)は、学習者の選択が課題に対する認知的な情報処理(i.e., ワーキングメモリの活動)に関連する脳部位(前頭-頭頂部の脳波コヒーレンス)の活動を高めることで、運動ダイナミクスの符号化(i.e., 記憶すること)を促進する可能性を示唆している。したがって、自己選択したVSMは、映像を反転する角度が小さい、あるいは反転が不要な角度から観察する事によって、選択した映像に対する情報処理が向上し、観察したVSMの動作の符号化を促進した結果、本研究の運動技能の習得に起因したと考えられる。

興味深いことに、FGの運動技能の習得は、RGやCGに比べて遅かった。これは、VSMを見ている学習者がCGの学習者よりも優れた運動能力を示すという仮説2を一部支持していない。CGはVSMが与えられていないために内部情報(身体的な情報や結果の知識)以外の情報を処理する必要がなく、選択の機会が与えられていなかったのに対し、FGはVSMを観察するために観察対象(学習者自身)に対して視覚情報の反転処理を行う必要があった(Ishikura, 2012)。観察角度が大きくなると、情報に対するメンタルローテーションの負荷が高くなるため、反応時間が遅くなり、意思決定の精度が低下する(e.g., Berneiser et al., 2018; Bonda et al., 1995)。さらに、選択は認知的負荷の増加によって学習効果が損なわれると先行研究で示唆されている(e.g., Couvillion et al., 2020; Schneider, Nebel, Beege, and Rey, 2018)。FGの場合、映像の選択だけでなく、視聴時にはその映像を視覚的に反転処理する必要があった。冗長な情報は、与えられた課題の理解やスキーマの獲得を阻害する可能性がある(Bobis et al., 1993; Cooper & Sweller, 1987)。したがって、FGは映像内の動作に関する視覚情報の反転処理と、VSMの選択に伴う認知的負荷の増加(Bund & Wiemeyer, 2004; Jacquess et al., 2020)が相互に作用する事で、観察したVSMの符号化を阻害し、運動技能の獲得に支障をきたした可能性がある。

しかし、保持テストと忘却率の結果は、観察角度に関係なく、学習の保持および向上を示すものであった。習得段階のブロック 3 と比較した各群の忘却率は約 0.43%~2.01%の範囲であった。したがって、観察角度の違いによる差はなく、第 3 の仮説は支持されなかった。この結果は、先行研究の結果と異なる (Ishikura, 2012; Ishikura & Inomata, 1995, 1998)。Ishikura & Inomata (1995)は、正面からの観察の場合、学習者がより深いレベルの認知処理を必要とするため、より強い運動表象が構築される可能性を示唆している。本研究では、正面角度からの観察による認知負荷の増加 (Berneiser et al., 2018; Bonda et al., 1995)と選択効果 (Bund & Wiemeyer, 2004; Cuvillion et al., 2020; Schneider et al., 2018)による干渉によって、課題に対する理解が遅れた (Bobis et al., 1993; Cooper & Sweller, 1987) 結果として、学習効果を抑制した可能性がある。ただし、Sweller (2019)によると、学習が進むにつれて、課題に対する理解や専門性が高まり、問題解決がより効果的になるという。今後は、学習者の習熟度に応じて観察角度を切り替えることで、より効果的な観察学習を促進できる可能性があるだろう。

以上のことから、VSM では、観察角度が運動技能習得に影響を与えることが示されたが、本研究では運動技能学習には差が見られなかった。これは選択 (Jaquess et al., 2020) と視覚情報の反転処理 (Ishikura, 2012; Ishikura & Inomata, 1995, 1998) の交互作用が、学習者自身を背面 (i.e., 反転処理を伴わない視点) から観察した場合、運動技能習得を促進し、正面 (i.e., 反転処理を伴う視点) から観察した場合、この選択と反転処理操作という 2 つの行為が互いに干渉する事によって運動技能習得を抑制するという証拠を示しているのかもしれない。しかし、これらの結果が選択によるものなのか、特定の観察角度による影響なのかを完全に区別することはできない。本研究の選択は「自己」選択に焦点を当てた観察角度の影響であるため、「他者」選択の場合には異なる影響を及ぼす可能性も考えられる。今後は自己選択と他者選択での観察角度の効果を詳細に検討する必要がある。これにより、学習初期の VSM を用いた介入において選択と観察角度のどちらを優先すべきかが明確になるかもしれない。本研究の結果は、今後の研究者がこの方法を体育や応用スポーツ心理学などの分野に応用し、知見を深めていくための基礎となる。観察学習の最も効果的な方法を検討することは、学習者、指導者、教育者にとってより良い指針となるだろう。

## 第4章 研究3

### 運動技能学習における学習者の最適な映像選択方法の検討

#### 4.1 目的

選択の効果は動機づけや学習，そして予測能力の強化などが報告されている (e.g., Wulf et al., 2018). 一方で，近年の選択研究では，最適な選択肢や選択方法を見つけることが期待されており，選択肢が多すぎると圧倒され，選択肢が少なすぎると選択の認識が実現できない場合があると報告されている (Patall et al., 2008).

これまでの選択を用いた運動学習研究では，学習課題への関連の有無 (Carter & Ste-Marie, 2017; Wulf et al., 2018) や，フィードバック情報提示のタイミング (Ste-Marie, Carter, Law, Vertes, and Smith, 2016), 支援機器の使用 (Chiviawsky, Wulf, Lewthwaite, and Campos, 2012; Hartman, 2007; Wulf and Toole, 1999), 目標行動のデモンストレーション (e.g., Bund & Wiemeyer, 2004; Wulf et al., 2005; Lemos et al., 2017) を選択対象として，実験が行われている. しかしながら，いずれの研究においても選択の有無という観点からの実施であるため，映像の選択量に着目した検討は行われていない. それゆえに，どの程度の数量を選択させ，そして自己選択と他者選択をどのように組み合わせて学習者へ提供する事が学習者の動機づけや運動学習を最適化するのかは不明瞭である. そこで，本研究では，運動学習における最適な選択方法について，動機づけと情報処理の2つの観点から検討する. 次節では動機づけおよび情報処理について，それぞれの知見の詳細を記述する.

##### 4.1.1 動機づけ指標としてのエンゲージメント

まず，動機づけの測定について，これまでの研究では質問紙を用いた調査方法が主流であった (e.g., Aiken et al., 2020; Wulf et al., 2018; Lemos et al., 2017). 動機づけ研究における質問紙調査の問題点は，意識というフィルターを経た質問紙のデータは，望ましきなどの心的バイアスを伴うため妥当性に問題が生じ，学習方略の使用など，非意識的な心理機能を加味すべき状態レベルの動機づけの実相を正確に反映しないといった欠点がある (鹿毛, 2018). さらに，近年では質問紙だけでなく，行動の持続性や努力度といった行動指標を加えた測度の併用といった，研究アプローチを工夫すべきであると指摘されている (Wigfield, Cambria, and Eccles, 2012). こうした背景から，近年では動機づけとの関連変数として，エンゲージメントが盛んに取り上げられている.

エンゲージメントとは，学業成績，モチベーション，課題の持続性を予測するものであり，学習者の興味と課題の要求のバランスによってエンゲージメントの強さが決まると報告さ

れている (e.g., 外山, 2016; Hoffman and Nadelson, 2010; Hooyman et al., 2014; Reeve & Tseng, 2010). エンゲージメントは主に行動的, 感情的, そして認知的エンゲージメントの 3 つの構成概念で仮定されている. 行動的エンゲージメントは, 学習場面や学習課題における関与, 努力や持続性, 忍耐を含む概念である (梅本ほか, 2016). 感情的エンゲージメントは, 興味, 退屈, 不安, 楽しさといった学習者の感情的反応に関する概念である (梅本ほか, 2016). そして, 認知的エンゲージメントは学習方略 (精緻化など) の使用や, 自己調整方略 (プランニングなど) の使用といった認知的な参加における概念である (Reeve, 2012). 選択研究において, このエンゲージメントの有用性について, Wulf et al. (2014) はトレーニングの順序を学習者が自由に選択できるか否かに着目し, 行動的エンゲージメント (i.e., 練習回数) を指標に検討している. その結果, 彼らは選択群がより多くの行動的エンゲージメントを示した事を報告している. また, Hooyman et al. (2014) は投球課題を用いて, 課題学習のために学習者へ指示的な教示を与える場合と, 自立支援的 (autonomy support) な教示を与えた場合と比較して, 感情的なエンゲージメントが低くなる事を報告している. これらの結果は, 選択が大量でない場合, 課題に対するエンゲージメントを向上させる可能性を示唆しており (Katz & Assor, 2007), Patall et al. (2008) のメタアナリシスの知見と一致する. つまり, 選択を行う事でエンゲージメントを高める事が期待されるが, どの程度の選択を行う事でエンゲージメントへ寄与するのかは明らかでない. そこで, 本研究では学習者のエンゲージメントを測定するために練習回数 (i.e., 課題従事度) を行動的エンゲージメントの指標として, 学習者の選択量が課題従事度に及ぼす影響を検討する. 最適な選択量を明らかにする事で, 今後の映像選択時に学習者へ与える選択の機会を支援する際に, 学習者のエンゲージメントを阻害しない枠組みの作成に寄与すると考えられる.

#### 4.1.2 運動学習における選択と情報処理

一方で, 一部の報告では, 選択の量ではなく選択という行為そのものが影響している可能性を示唆している (Aiken et al., 2020; Hansen et al., 2011). Aiken et al. (2020) は Zimmerman (2000) の自己調整学習の文脈から選択の効果を捉えている. 自己調整学習は, 予見 (e.g., 学習前のプランニングの過程), 遂行 (学習中に生じる自己モニタリングの過程), 自己省察 (学習後に生じる自己評価・適応の過程) の 3 段階から, 学習者が学習を調整することを説明した循環モデルである. Aiken et al. (2020) はこの観点から, キータッピング課題を用いた学習課題を行い, 学習者が練習回数を選択する場合と練習の開始タイミングを選択できる場合とで, 運動学習や動機づけへの影響を検討した. その結果, 運動学習における選択方法の違いはなく, 等しく運動学習を向上させた可能性が示唆された. また, 選択

という行為は認知的な負荷があるため (Bund & Wiemeyer, 2004), 選択行為自体にエフォートを割く必要がある (Sullivan-Toole et al., 2017). つまり, 運動パフォーマンスの学習において, 映像選択に関わる認知的な負荷を削減し, さらに運動学習の効果を維持, あるいは向上させる方略が必要であると考えられる. 選択を一部制限する事で, 運動学習を支援する可能性を示唆した Hansen et al. (2011) の研究では, 選択を制限することによって (i.e., フィードバックの回数は他者選択され, タイミングは自己選択できる), 失敗した運動反応を修正するために必要な処理要求を意図的に回避し, 成功した運動反応後にフィードバックを受けるとして選択していた. その結果, 限定的な選択をする学習者は, 自由に選択出来る場合よりも限られた選択の機会を有効活用するために認知的な情報処理を促進し, エラーを同定する能力 (i.e., エラー検出メカニズム, Schmidt, 1975) を強化した可能性を示唆している. こうした知見は, 選択の量が重要な要素というわけではなく, 選択する行為そのものが重要という事を示唆している. しかしながら, 選択の行為なのか, それとも量なのか, どちらが運動学習を支援し得るのかは結論付けられていない.

さらに, 選択による影響が意識的な学習と非意識的な学習のどちらに影響をしているのかも明らかではない. Jaquess et al. (2020) はゴルフパッティング課題を用いて, 練習する距離の選択の効果を検討したところ, 運動パフォーマンスへの直接的な影響は見られなかったが, 選択後の脳活動 (ワーキングメモリ) の変化を報告している. こうしたワーキングメモリの変化は選択による注意処理の向上 (Iwatsuki et al., 2017; Wulf et al., 2018) に関与していると考えられる. こうした非意識下での課題に対する注意の向け方への影響は意識的な領域にも影響している可能性がある. Unenaka, Ikudome, Mori, and Nakamoto (2018) はフリースロー課題を用いた習熟した学習者と非習熟学習者との間での予測能力の違いを検討している. Unenaka et al. (2018) は非習熟者の場合, 他者モデルが行うフリースローの映像観察中に動作を伴う模倣運動と呼ばれる条件下で予測精度が向上したことを報告している. 彼らは視聴する映像と動作との類似性が予測精度の向上に深く寄与している可能性を示唆している. 以上の知見から, 映像を学習者自身が選択することによる学習者の運動課題に対する能動的な認知的関与は, 学習者の運動スキルを学習させるだけでなく, 正確に運動を認知する能力の向上にも役立つのではないかと考えられる.

そこで, 本研究は学習者の映像選択の最適な方法について, 自己選択量の差異が課題に対する課題従事度へ及ぼす影響と, 自己選択と他者選択の組み合わせの差異が観察時の情報処理へ及ぼす影響について, 2つの実験を用いて検討することを目的とした.

## 4.2 第1実験

## 映像要素の選択量の違いが運動技能学習中の課題従事度に及ぼす影響

目的:映像選択の量の違いが VSM 観察後の課題従事度および運動技能学習に及ぼす影響の違いについて検討する.

### 4.2.1 方法

#### (1) 実験参加者

実験参加者は、課題経験のない大学生および大学院生の 60 名 (平均年齢 20.73 歳, SD = 1.21, 男性 36 名, 女性 24 名) であった. なお, 全ての参加者は研究 2 に参加していない事を事前に確認した. サンプルサイズの検出力は G\*power 3 (Faul et al., 2007) を用いた事前分析により, 十分な検出力を満たしている人数を算出した上, 決定した. 効果量が中程度 ( $f = 0.25$ ),  $\alpha$  は 0.05, 検出力は 0.80 と規定した. 混合要因分散分析の計算では, 選択 (4 群) と保持テストのブロック (2 ブロック) の間の交互作用の場合, サンプルサイズを 48 とすることを推奨していた.

なお, 本研究は同志社大学の倫理委員会より許諾を得た (承認番号: 20038). すべての参加者は, 研究参加前にインフォームド・コンセントを受け, 同意書へ署名した.

#### (2) 課題と装置

本研究では,  $3 \times 6 \times 3$  のカップスタッキング課題を 3 往復連続で行う課題を実施した. 実験課題では, スタッキングカップ (高さ: 940mm, 幅: 540mm (短) 740mm (長) 重さ: 22.67g) を使用した. カップは参加者の目の前に重ねた状態で置かれ, 参加者の真正面には 6 個のカップタワー, 左右には 3 個のカップタワーが設置した. カップタワーは 50cm 間隔で置かれた. カップスタッキング課題は, 主に 2 つの段階 (それぞれ「アップスタッキング」と「ダウンスタッキング」) で構成した. アップスタッキングでは, 参加者は両手を使って左の 3 つのカップから右の 3 つのカップへと  $3 \times 6 \times 3$  のカップを積み上げる動作を行った. 同様に, ダウンスタッキングでは 3 つのピラミッドを左から右へと元のタワーに戻す動作を行った. 実験課題では, 1 回の試行でこの 2 つの段階を連続して 3 往復するように指示した.

実験環境を図 4.1 に示す. 実験課題の動作時間とプロトコルは, 実験プログラム (E-prime 2.0, Psychology Software Tools, Inc) で制御した. 実験中の指示はすべて PC に接続されたモニター (ASUS, E261448) を介して行った. VSM の作成には 1 台のビデオカメラ (SONY FDR-AX60) を使用した. カメラの配置については, 研究 2 と同様に参加者の斜め後ろ ( $330^\circ$ ), スタッキングカップから 90cm 離れた場所, 床から 141cm の位置に三脚

に固定した状態で設置した。撮影した映像を VSM にする際、iMovie (ver.10.1.14) を用いて作成し、作成した映像はノートパソコン (MacBook Pro 15-inch, 2018, MR962J/A, Apple Inc.) を用いて再生した。

### (3) 群の設定

本研究は 3 つの選択群と 1 つの統制群の計 4 群で構成した。

6 個選択群：10 個の映像の中から参加者が視聴したい成功映像を 6 つ選択させ、その映像から 2 つの VSM を作成し、視聴させる。

3 個選択群：3 つの成功映像を選択させ、それを元に 1 つの VSM を作成し、2 回繰り返し視聴させる。

1 個選択群：1 つの成功映像を選択させ、それを元に 1 つの VSM を作成し、2 回繰り返し視聴させる。

0 個選択群 (統制群)：映像選択および視聴をさせない。

### (4) 手続き

手続きに関して、概要を図 4.2 に示す。本実験では習得期と保持期の二段階に分けて実施した。まず、習得期では、実験参加者へ実験課題のやり方に関する説明を動画を用いて行った (URL : <https://youtu.be/03UpJHIS2Ag>)。説明を受けた後、参加者に 3 往復のカップスタッキング課題を 3 回練習させた。練習後、3 往復の 3×6×3 カップスタッキングを 10 試行実施した (Pre テスト)。Pre テスト終了後、課題の練習として、1 往復のカップスタッキングを 10 試行実施した。この時、VSM を作成するために練習中の映像を参加者の背面に設置したカメラを用いて撮影した。なお、Pre テストおよび課題練習での各試行間のインターバルは 10 秒とした。10 試行を終えた後、3 つの選択群に対して自身の行った 10 回の中から、各参加者が最も成功し、視聴したいと思った映像を特定の数量選ぶよう求めた。選択された映像を基に VSM を作成し (図 4.3)、各参加者に視聴させた。なお、1 往復の映像は 10 秒程度であり、それを 3 往復 (25~30 秒程度) になるように編集した。6 個選択群の場合は異なる 2 つの 3 往復映像を各 1 回、3 個および 1 個選択群の場合は 1 つの 3 往復映像を 2 回繰り返し視聴させた。作成した VSM の総視聴時間は約 50~60 秒程度であった。

映像視聴後、参加者に対して任意の回数、上限なく 1 往復のカップスタッキングの練習を行うよう求めた。参加者は毎試行後、「練習を続けますか?」という問いに対して、「Yes」または「No」で回答する必要があった。「Yes」と回答した場合は、10 秒のインターバルをとり、練習課題を繰り返し行わせ、「No」と回答した場合は課題練習を終了し、5 分間の休

憩をとらせた。この課題練習は参加者が「No」と回答するまで行い、その練習回数を課題従事度として記録した。休憩後、参加者に対して再び3往復の3×6×3カップスタッキングを10試行行わせ（Postテスト）、1日目の習得期を終了した。

習得期から1週間後、保持期を行った。参加者にはこの期間中、課題に関連した練習やビデオの視聴をしないように求めた。保持期では、10回の試行を2ブロックに分けて、3往復のカップスタッキングを行った（保持ブロック [RB] 1と2と定義した）。各ブロック間に3分間の休息時間を設け、VSMは視聴せず、練習も行わなかった。

#### (5) 分析方法

課題従事度に関して、習得期に行った練習回数の中央値を指標に、選択（0個 [統制群]、1個、3個、6個選択群）を実験参加者間要因とするクラスカルウォリスの検定を実施した。

次に、動作時間に対して、習得期では、各群の平均値を算出し、選択（0個 [統制群]、1個、3個、6個選択群）を実験参加者間要因として、Preテストの一要因参加者間の分散分析を行った。また、習得期のPostテストでは、課題従事度を共変量として、Preテスト同様に一要因参加者間の共分散分析を行った。

保持期に関しては、動作時間に加えて習得期Postテストからの比率（忘却率）を算出した。算出された値が100%未満である場合は運動課題の忘却を示し、100%より高い場合は運動課題が強化されている事を示している。動作時間および忘却率について、課題従事度を共変量として、4選択（0個 [統制群]、1個、3個、6個選択群）を実験参加者間要因、2ブロック（RB1、RB2）を実験参加者内要因とする二要因の共分散分析を実施した。分散分析の多重比較にはHolm法を用いた。共分散分析およびクラスカルウォリス検定の多重比較はボンフェローニ法を用いた。なお、本研究の有意水準は5%とした。効果量については、二要因混合計画の共分散分析は偏イータ二乗値 ( $\eta_p^2$ )、一要因分散分析および共分散分析にはイータ二乗値 ( $\eta^2$ ) を、多重比較ではCohen's dを算出し、95%信頼区間 (CI) 標準化効果量は、非心分布に基づいて算出した。

#### 4.2.2 結果

課題従事度の結果を図4.4、動作時間を図4.5、忘却率については図4.6に記載した。

##### (1) 課題従事度 (図4.4)

習得期の課題従事度の各群の中央値について、6個選択群の練習回数は8回 (Max : 35回, Min : 1回)、3個選択群は6回 (Max : 21回, Min : 1回)、1個選択群は4回 (Max :

20回, Min : 2回), そして統制群は6回 (Max : 17回, Min : 3回) であった. 各群の課題従事度の比較を行った結果, 課題従事度に違いは認められなかった,  $F(3) = 2.21, p = 0.531, \eta^2 = 0.03$ .

## (2) 動作時間

まず, 習得期の動作時間について, Pre テストの動作時間の比較を行った (図 4.5). その結果, Pre テスト時点での差異は認められなかった,  $F(3, 56) = 0.32, p = .814, \eta^2 = 0.02, 95\% CI = 0.00, 0.04$ . 次に, Post テストの動作時間について, 共分散分析を行った結果, 各群の差異は認められなかった,  $F(3, 55) = 0.40, p = .753, \eta^2 = 0.02, 95\% CI = 0.00, 0.03$ .

保持期の動作時間について, 2 要因の共分散分析を行った. その結果, ブロックの主効果は有意であり,  $F(1, 55) = 4.63, p = .036, \eta_p^2 = 0.08, 95\% CI = 0.00, 0.23$ , RB1 ( $M = 24229.97\text{ms}, SD = 2124.44$ ) と比較して RB2 ( $M = 23517.45\text{ms}, SD = 1770.39$ ) で動作時間が短くなった事が示された. 選択と交互作用の効果には有意差が認められなかった, 選択 :  $F(3, 55) = 1.09, p = .363, \eta_p^2 = 0.06, 95\% CI = 0.01, 0.23$ , 交互作用 :  $F(3, 55) = 1.84, p = .150, \eta_p^2 = 0.09, 95\% CI = 0.00, 0.18$ .

また, 忘却率 (図 4.6) についてはブロックの主効果が有意であり,  $F(1, 55) = 4.23, p = .045, \eta_p^2 = 0.07, 95\% CI = 0.00, 0.22$ , RB1 ( $M = 102.01\%, SD = 6.37$ ) と比較して RB2 ( $M = 105.00\%, SD = 6.63$ ) で比率が向上した事が示された. 一方で, 選択と交互作用の効果に有意な差異は認められなかった, 選択 :  $F(3, 55) = 2.34, p = .083, \eta_p^2 = 0.11$ , 交互作用 :  $F(3, 55) = 1.84, p = .115, \eta_p^2 = 0.10, 95\% CI = 0.00, 0.17$ .

### 4.2.3 考察

本実験では, 観察する VSM の映像要素の選択する量を変えることで, 運動技能学習中の課題従事度へ及ぼす影響を検討することが目的であった. 本実験の結果, ブロックによる効果は認められたが, 映像選択量による影響はいずれの変数でも認められなかった. これらの結果は類似する研究の知見と異なる (Wulf et al., 2014). Wulf et al. (2014) の研究では, 課題従事度について, くびき条件 (いわゆる強制選択) と比較して, 練習順序を自由に選択できた選択条件の学習者の練習回数が高いと報告している. 一方で本実験では, 統制群と各選択群との間に課題従事度と運動パフォーマンスの違いはなかった. Aiken et al. (2020) によると, 選択の種類に依らず選択という行為自体が動機づけを高め, 学習を促進すると述べている. 本実験の統制群は映像選択をしなかったものの, 練習回数を参加者が自由に設定可能であった. また, 選択そのものにかかる負荷 (Sullivan-Toole et al., 2017) は選択が重

なる事で動機づけ (Patall et al., 2008) と運動パフォーマンス (Couvillion et al., 2020) の向上を阻害する。つまり、映像選択と練習回数を選択が重なる事で、選択にかかる認知的な負荷が向上し、課題従事度と運動の学習へ影響しなかった可能性があるだろう。

また、選択による動機づけへの影響には文化的な差異がある事も知られている (e.g., Iyenger & Lepper, 1999; Patall et al., 2008)。Iyenger & Lepper (1999) はヨーロッパ系の子どもとアジア系の子どもがアナグラム課題に従事する時間を比較した。条件として、自己選択条件 (子ども自身が課題を決定する)、実験者選択条件 (実験者から指示された課題に従事する)、そして母親選択条件 (実際には実験者が選んだが、母親が選んだと偽教示を与えた) が設けられた。その結果、ヨーロッパ系は6つの課題の中から自由に選択できる条件で最も従事時間が高まったが、アジア系の場合、母親に選択された課題に従事する条件で最も従事時間が高まった事を示している。つまり、選択によって喚起される動機づけは、学習者と実験者 (あるいは指導者) との人間関係といった、社会的文脈の影響も受けると言えるだろう。こうした知見から、動機づけを測定する今後の研究では、社会・文化的要因を考慮した多面的な検討も必要だろう。

一方で、統計的な差異はみられなかったが、1個選択群の練習回数がほかの選択群よりも低回数に留まっていた (図 4.4 参照)。この傾向については動機づけの観点と情報処理の観点から考察する事ができるだろう。まず、動機づけの観点からは、視聴する映像の選択量の少なさが、課題の自由度を減少させた可能性である。自己決定理論 (Deci et al., 1989) では、学習者の選択が統制されていると認知した場合に内発的動機づけが低下する事を示唆している。また、Patall et al. (2008) は選択する対象の性質が全て等質、そして選択量が少ない場合、選択をしたという認識が得られない可能性があると述べている。つまり、本実験の1個選択群は10個の映像があるなかで1つだけ選択するように求められていたため、学習者は選択の効果を認識できなかった、または統制感が生じ、結果的に課題従事度が損なわれる可能性が考えられる。

また情報処理論の観点としては、選択した映像を観察した際に、そのVSMから得られる情報量の違いが関連しているとも考えられる。1個選択の場合、再生される映像は常に同じ映像から作成された映像であった。そのため、他の選択群と比較して情報量が少なく、その処理が他の選択群よりも比較的早期に完了するのではないだろうか。例えば、Bund & Wiemyer (2004) は、動作習得中の選択は多くの意思決定、モニタリング、評価、修正を伴うため、より思考に負担がかかる事を指摘している。環境から与えられた情報 (本実験では選択した数量の異なるVSM) は、身体内部の基準と照合され、その際の情報処理が不十分であれば、再度基準との比較検証が行われる (Winne, 2001)。この循環サイクルはテス

ト基準に合うまで処理される。1 個選択の情報量が他の選択群と比較して少ない場合、参加者が視聴した映像とその後の練習において、1 個選択群の学習者は視聴した映像との比較検証が他の選択群よりも早期に完了し、課題従事度が他の群の参加者よりも比較的少ない傾向となったのではないだろうか。

以上の結果から、本実験では映像選択の量が課題従事度と運動技能学習へ及ぼす影響は明らかにならなかった。しかしながら、データの傾向として、選択群の中では選択の種類による学習への動機づけ、あるいは情報処理における傾向が伺えた。

### 4.3 第2実験

#### 自己選択と他者選択との組み合わせが運動技能学習に及ぼす影響

目的：自己選択と他者選択、そして両者を組み合わせ、一部を自己選択し一部を他者選択して作成された VSM の観察が運動技能学習へ及ぼす影響を検討する事を目的とする。

#### 4.3.1 方法

##### (1) 実験参加者

実験参加者は、課題経験のない大学生および大学院生の 45 名（平均年齢 21.24 歳、SD=2.29、男性 26 名、女性 19 名）であった。また、本研究に参加した参加者はチャップマンの利き手検査（Chapman & Chapman, 1987）で評価した結果、全て右利きだった。本研究のサンプルサイズは Aiken et al. (2020) の結果を参考に効果量を算出し（ $f=0.48$ ,  $power=0.8$ ）、十分なサンプルサイズを確保している事を確認した。

なお、本研究は同志社大学の倫理委員会より許諾を得た（承認番号：21037）。すべての参加者は、研究参加前にインフォームド・コンセントを受け、同意書へ署名した。

##### (2) 課題と装置

本実験は、認知的情報処理能力に関連する新規的な運動技能として、非利き手で 5 つのキーを特定の時間および順序で押すキータッピング課題を採用した。タッピング装置は、Chronos serial-response box（Psychology Software Tools 社製、PST-100,430）を用いた（図 4.7 参照）。この装置は 5 つのボタンで構成され、右から左にかけて 1 から 5 の数字が書かれたラベルを貼付した。カスタマイズしたソフトウェアプログラム（E-prime, version 3.0, Psychology Software Tools 社製; Pittsburgh, PA）を用いて、実験刺激の提示、練習パラメータの制御、そしてキータッピングデータの収集を行った。

実験課題は、5 つのボタンを指定された順序と時間丁度になるように連続で押すキータッ

ピング課題を実施した。キータッピング課題は、5つのキーを特定の順序と目標動作時間丁度になるよう押すキーのパターンを4種類設定した。各試行において、課題習得時で参加者に対して、表示された目標動作時間丁度になるように、手がかりとなるキー配列を押すよう求めた。なお、4つのキータッピングの内、2つ（パターンA・B）を習得および保持課題として、残り2つのキータッピング（パターンC・D）を転移課題とした。習得時には、手がかりとなるキー配列を目標動作時間丁度になるように遂行させ、保持課題の際には、キー配列は表示したが、目標動作時間は表示しなかった。なお、転移課題の際には動作時間を表示していた。パターンAでは、2550msの時間丁度になるように5-4-3-1-2のキーを押し、パターンBでは、1050msの時間丁度になるように3-2-5-1-4のキーを押すことを求めた。転移課題のパターンについて、パターンCは1-3-4-2-5のキーを全体の動作時間が1800ms丁度になるように押し、パターンDでは4-5-2-3-1のキーを全体の動作時間が3300ms丁度になるように押す事を求めた。キータッピングとそれに伴う目標動作時間は、すべて先行研究に基づいている（Aiken et al., 2020; Patterson & Carter, 2010）。

実験環境を図4.8に示す。実験中の指示はすべてPCに接続されたモニター（Princeton, PTFBKF-24W）を介して行った。Chronos serial-response boxはモニターから90cm離れた箇所、参加者の正面に設置した。VSMの作成には1台のビデオカメラ（SONY FDR-AX60）を使用した。カメラの配置については、参加者の斜め後ろ、高さ141cmの位置に設置した。ビデオカメラはChronos serial-response boxから90cm離れた場所に設置し、参加者に対して、その体型に合わせてboxから20から30cm離れた位置に設置した椅子へ座るように求めた。撮影した映像をVSMにする際、iMovie（ver.10.1.14）を用いて作成し、作成した映像はノートパソコン（MacBook Pro 15-inch, 2018, MR962J/A, Apple社製）を用いて再生した。

### (3) 群の設定

本実験では、3つの選択群を設定した。まず参加者自身が成功した、そして視聴したいと感じる映像を4つ選択し、そのVSMを視聴する自己選択群、次に実験者が最もパフォーマンス結果の高い映像を4つ選定し、それを参加者へ視聴させる他者選択群、そして参加者が成功した、そして視聴したいと感じる映像を1つ選択し、実験者が最もパフォーマンス結果の良い映像を3つ選定する自己・他者選択群の3群を設定した。なお、選択した4つの映像はパターンA, Bが2つずつ含まれた内容であった。

### (4) 手続き

手続きに関して、本実験では二日間に渡って実施した(図 4.9 参照)。まず、1 日目(習得期とする)は実験課題に関する説明を行った後、課題の練習として、参加者にパターン A と B を 1 試行ずつ行わせた。課題練習後、1 ブロック 10 試行のテストブロックを実施した。この時、パターンはランダムな順序で表示した。各試行の間でタッピングの動作時間が何ミリ秒だと思えるかを口頭で回答するよう参加者に求め、さらにその試行が参加者の主観的に成功したと思うか、失敗したと思うかを「成功」と「失敗」の二択で回答させた。その回答後、参加者へ結果のフィードバックを「速い!(目標タイムよりも速い)」、「遅い!(目標タイムよりも動作時間が遅い)」、「ビンゴ!(目標タイム丁度)」のいずれかをモニター上で示した。10 試行終了後、そのブロック内の結果(各試行のパターン [A or B], 成功/失敗, 結果 [速い, 遅い, or ビンゴ])をモニターに表示し、各選択群に対して異なる教示を与えた。自己選択を伴う群の参加者に対して「あなたが最も成功した・視聴したいと感じる映像を 4 つ(自己・他者選択群は 1 つ)選んでください」と教示し、それぞれ映像を選択するように求めた。なお、他者選択群と自己・他者選択群の参加者には、「実験者が成功した・視聴させたい映像を 4 つ(自己・他者選択群は 3 つ)選びます」と教示し、実験者が目標タイムと動作時間との誤差が小さい映像を具体的な結果は隠した上、自己選択群と同様に結果をモニターへ表示した上、参加者の眼前で選定し、実験者が選んだ映像を口頭で伝えた。

参加者、または実験者が選択した映像を基に VSM を作成した(図 4.10 参照)。VSM は、選ばれた映像を基に、最も目標タイムとの誤差が小さくなるよう、編集を加えた。具体的には、選択された映像からミスタッピングや同じキーの二度押し、そしてスタートの遅れなどの失敗した箇所を削除し、映像をつなぎ合わせた。そして、4 回分のタッピングパフォーマンスを行っている映像を 2 回繰り返し視聴させた。視聴時間はおよそ 70 から 80 秒程度であった。映像視聴後、参加者に認知的一致のアンケートへ回答を求めた。アンケートは VAS を用いて、「視聴した映像の運動パフォーマンスが、あなたの運動パフォーマンスのイメージとどの程度一致していると感じますか?」という質問であった。0mm 地点は「全く一致していない」、100mm 地点は「非常に一致している」とした直線上で、各項目に対して最も当てはまる箇所にカーソルを置くように求めた。このテストブロックからアンケートへの回答を 4 回繰り返し行い、1 日目の習得期を終了した。

2 日目(保持期)は習得期の翌日に実施した。保持期では、保持テストと転移テストを 10 試行ずつランダムな順序で実施した。まず、保持テストでは、前日と同様のキータッピング課題(パターン A・B)を目標タイムは遮蔽した状態で 10 試行を行った。そのため、参加者は目標タイムを想起しながら課題を行う必要があった。各試行後、参加者へそのタッピング

が何ミリ秒だったかを口頭で回答するように求めた。転移テストでは、1日目と異なる順序と目標タイムとして、転移課題（パターン C・D）を目標タイムは表示した状態で各 5 試行、計 10 試行を行い、保持テスト同様に課題結果の口頭での予測を求めた。なお、保持期では、結果のフィードバックを行わなかった。

#### (5) 分析方法

動作時間について、3つの観点から運動誤差を算出した。まず、目標時間と動作時間の差を表す恒常誤差（Constant Error: CE）である。恒常誤差が正の値である場合、目標時間よりも動作時間が遅く、負の値である場合、動作時間が速い事を示している。次に、各参加者の恒常誤差を中心とした標準偏差である変動誤差（Variable Error: VE）も各参加者について算出した。VE は参加者の CE 平均値周辺の散らばりの指標であり、パフォーマンスの一貫性の指標でもある。そして、恒常誤差と変動誤差をあわせた動作の正確かつ安定したパフォーマンスを表す全体誤差（Total Validity: TV）を動作全体の誤差として定義した。TV の値が低い場合、動作は正確かつ安定している事を示す。

次に、実際の動作時間と参加者の予測する動作時間との一致度、予測一致度を算出した。実際の動作時間と参加者が口頭で回答した動作時間との相関関係をピアソンの積率相関係数を用いて算出し、その値を正規分布に近づけるために Fisher の z 変換を用いて、r 値から z 値へ変換した。母相関係数の値が大きいほど、実際の動作時間と予測した動作時間の値が一致していることを示している。

認知的一致については、運動課題に対する実験参加者の内的イメージと視聴した VSM との差異を検討するために、100mm の VAS を用いた。なお、本研究で用いた VAS は左端の点からの距離（mm）を尺度の得点とした。

動作時間と予測一致度の習得期、そして認知的一致について、3 選択（自己選択群、他者選択群、自己・他者選択群）を参加者間の要因、4 ブロック（ブロック 1-4）を参加者内の要因とした二要因混合計画の分散分析を行った。また、保持期の動作時間と予測一致度に対して、保持テストおよび転移テストの両テストでそれぞれ選択（自己選択群、他者選択群、自己・他者選択群）を参加者間の要因とする一要因分散分析を行った。なお、本研究の有意水準を 5% に設定し、多重比較はすべて Holm 法を行った。効果量に関して、二要因分散分析は偏イータ二乗 ( $\eta_p^2$ )、一要因分散分析はイータ二乗 ( $\eta^2$ )、そして多重比較では Cohen's d を算出し、95% 信頼区間 (CI) 標準化効果量は、非心分布に基づいて算出した。

#### 4.3.2 結果

動作時間の各運動誤差の結果を図 4.11, 予測一致度と認知的一致を図 4.12 にそれぞれ示す。

### (1) 動作時間

まず、CE の習得期について、二要因分散分析を行った (図 4.11a)。その結果、ブロックの効果が有意であった、 $F(3, 126) = 4.15, p = .008, \eta_p^2 = 0.09, 95\% CI = 0.01, 0.21$ 。多重比較の結果、ブロック 1 と比較してブロック 2 で誤差が小さくなっている事が示された ( $p = .043, d = 0.42, 95\% CI = 0.00, 0.84$ )。また、選択の主効果および交互作用は有意でなかった、選択： $F(2, 42) = 0.64, p = .532, \eta_p^2 = 0.03, 95\% CI = 0.00, 0.11$ 、交互作用： $F(6, 126) = 1.25, p = .287, \eta_p^2 = 0.06, 95\% CI = 0.00, 0.13$ 。保持期の保持および転移テストに関して、それぞれ一要因分散分析を行った結果、いずれも群間の違いは認められなかった、保持： $F(2, 42) = 0.10, p = .909, \eta^2 = 0.01, 95\% CI = 0.00, 0.11$ 、転移： $F(2, 42) = 0.01, p = .987, \eta^2 = 0.001, 95\% CI = 0.0000, 0.0001$ 。

次に VE の習得期について、二要因分散分析を行った (図 4.11b)。その結果、ブロックの効果に有意差が認められた、 $F(3, 126) = 44.77, p < .001, \eta_p^2 = 0.52, 95\% CI = 0.40, 0.60$ 。多重比較の結果、ブロック 1 と比較してブロック 2 ( $p < .001, d = 0.91, 95\% CI = 0.48, 1.34$ )、ブロック 3 ( $p < .001, d = 1.29, 95\% CI = 0.83, 1.73$ )、そしてブロック 4 ( $p < .001, d = 1.77, 95\% CI = 1.28, 2.26$ )、ブロック 2 と比較してブロック 3 ( $p = .003, d = 0.44, 95\% CI = 0.02, 0.85$ ) とブロック 4 ( $p < .001, d = 0.93, 95\% CI = 0.49, 1.36$ )、そしてブロック 3 と比較してブロック 4 ( $p = .004, d = 0.45, 95\% CI = 0.03, 0.86$ ) で誤差が小さくなっていた。選択の主効果および交互作用に有意な差は認められなかった、選択： $F(2, 42) = 0.78, p = .532, \eta_p^2 = 0.01, 95\% CI = 0.00, 0.05$ 、交互作用： $F(6, 126) = 0.90, p = .497, \eta_p^2 = 0.04, 95\% CI = 0.00, 0.09$ 。保持期の保持および転移テストに関して、それぞれ一要因分散分析を行った結果、保持テストでは有意な差が認められた、 $F(2, 42) = 4.44, p = .018, \eta^2 = 0.18, 95\% CI = 0.02, 0.34$ 。多重比較の結果、他者選択群と比較して自己・他者選択群の VE は有意に小さかった ( $p = .023, d = 1.08, 95\% CI = 0.32, 1.85$ )。一方で、転移テストでは群間の違いは認められなかった、 $F(2, 42) = 0.93, p = .402, \eta^2 = 0.04, 95\% CI = 0.00, 0.18$ 。

TV の習得期について、ブロックの効果で有意差が認められた、 $F(3, 126) = 44.98, p < .001, \eta_p^2 = 0.52, 95\% CI = 0.38, 0.61$  (図 4.11c)。多重比較の結果、ブロック 1 と比較してブロック 2 ( $p < .001, d = 0.95, 95\% CI = 0.52, 1.39$ )、ブロック 3 ( $p < .001, d = 1.27, 95\% CI = 0.81, 1.72$ )、そして 4 ( $p < .001, d = 1.67, 95\% CI = 1.19, 2.15$ )、ブロック 2 と比較して 3 ( $p = .008, d = 0.38, 95\% CI = -0.03, 0.80$ ) とブロック 4 ( $p < .001, d = 0.81, 95\% CI = 0.38, 1.24$ )、そしてブロック 3 と比較してブロック 4 ( $p = .010, d = 0.38, 95\% CI = -0.04, 0.79$ )

で誤差が小さくなっていた。選択の主効果および交互作用に有意な差は認められなかった，選択： $F(2, 42) = 0.59, p = .557, \eta_p^2 = 0.03, 95\% CI = 0.00, 0.12$ ，交互作用： $F(6, 126) = 1.33, p = .250, \eta_p^2 = 0.06, 95\% CI = 0.01, 0.13$ 。保持期の保持および転移テストに関して，それぞれ一要因分散分析を行った。その結果，保持テストでは有意な差が認められた， $F(2, 42) = 4.80, p = .013, \eta^2 = 0.19, 95\% CI = 0.04, 0.37$ 。多重比較を行った結果，他者選択群と比較して，自己選択群 ( $p = .036, d = 0.75, 95\% CI = 0.01, 1.49$ )，および自己・他者選択群 ( $p = .020, d = 1.07, 95\% CI = 0.30, 1.83$ ) は有意に TV が小さかった。一方で，転移テストでは群間の違いは認められなかった， $F(2, 42) = 2.91, p = .065, \eta^2 = 0.12, 95\% CI = 0.00, 0.13$ 。

## (2) 予測一致度

まず習得期について，二要因分散分析を行った (図 4.12a)。その結果，ブロックの主効果で有意差が認められた， $F(3, 126) = 48.10, p < .001, \eta_p^2 = 0.53, 95\% CI = 0.42, 0.60$ 。多重比較の結果，ブロック 1 と比較してブロック 2 ( $p < .001, d = 0.67, 95\% CI = -1.08, -0.23$ )，ブロック 3 ( $p < .001, d = 1.41, 95\% CI = -1.87, -0.95$ )，そしてブロック 4 ( $p < .001, d = 1.53, 95\% CI = -2.00, -1.06$ )，ブロック 2 と比較してブロック 3 ( $p < .001, d = 0.67, 95\% CI = -1.10, -0.25$ ) とブロック 4 ( $p < .001, d = 0.83, 95\% CI = -1.26, -0.40$ ) で予測一致度が高かった。また，選択の主効果および交互作用において有意な差は認められなかった，選択： $F(2, 42) = 1.09, p = .346, \eta_p^2 = 0.05, 95\% CI = 0.00, 0.15$ ，交互作用： $F(6, 126) = 0.64, p = .699, \eta_p^2 = 0.03, 95\% CI = 0.00, 0.04$ 。次に，保持期の保持および転移テストに関して，それぞれ一要因分散分析を行った結果，保持テストおよび転移テストいずれも有意な違いは認められなかった，保持： $F(2, 42) = 1.03, p = .365, \eta^2 = 0.05, 95\% CI = 0.00, 0.15$ ，転移： $F(2, 42) = 2.91, p = .065, \eta^2 = 0.12, 95\% CI = 0.01, 0.28$ 。

## (3) 認知的一致

習得期における視聴した映像と運動イメージとの参加者の主観的一致をしている程度を評価するために，二要因分散分析を行った (図 4.12b)。その結果，選択の主効果，ブロックの主効果，そして交互作用のいずれも有意な差は示されなかった，選択： $F(2, 42) = 2.72, p = .078, \eta_p^2 = 0.12, 95\% CI = 0.01, 0.24$ ，ブロック： $F(3, 126) = 2.11, p = .102, \eta_p^2 = 0.05, 95\% CI = 0.00, 0.14$ ，交互作用： $F(6, 126) = 1.08, p = .381, \eta_p^2 = 0.05, 95\% CI = 0.01, 0.09$ 。

### 4.3.3 考察

本実験では、自己選択と他者選択、そして自己選択と他者選択との組み合わせが運動技能学習へ及ぼす影響を検討する事を目的とした。その結果、動作時間の安定性 (VE) で自己・他者選択群、そして正確性 (CE) と安定性との全体的誤差 (TV) で自己・他者選択群および自己選択群が他者選択群と比較して学習した動作の保持を示した。本研究の結果から、自己選択、そして自己選択と他者選択の組み合わせは運動技能学習に寄与する可能性があると言えるだろう。これは学習者の映像、あるいは学習課題に対する能動的関与が関連していると考えられる。自己調整学習の観点から考えると、学習者が学習環境内の一部を自身で制御 (i.e., 選択) することによって、課題に関連する情報への注意処理機能 (i.e., ワーキングメモリ) に関与する脳部位の活動 (前頭一頭頂部の脳波コヒーレンス) が増加し (Jaquess et al., 2020), 練習中の運動課題に対する情報処理が他者によって強制されるよりも深く処理され (Aiken et al., 2020; Hansen et al., 2011; Lohse, Boyd, and Hodges, 2016; Lewthwaite & Wulf, 2017; Wulf, 2007), 学習を促進する。つまり、運動技能学習において、自己選択による学習者の VSM に対する能動的関与 (i.e., 注意処理) が運動学習を促進した可能性がある。対して他者選択のみの VSM の観察は、自己選択と比較して注意処理の関与が小さい (Jaquess et al., 2020), あるいは抑制するため、忘却が生じた可能性を示している。

加えて、本研究では自己・他者選択群は動作の安定性 (VE) が他者選択群と比較して保持している事を示した。この結果は映像選択の量ではなく、選択という行為自体が運動学習へ寄与している事を示唆している。Hansen et al. (2011) の報告では、限られた選択回数の中でフィードバックを受けるタイミングを選択することで、必要のない運動反応に対する処理を戦略的に回避し、エラー検出メカニズム (Schmidt, 1975) を強化することが出来たと述べている。さらに、今回自己・他者選択群の視聴した VSM はその特性上、構成される映像の中に学習者自身が選んだ映像と実験者によって選ばれた映像が入り混じっていた。これは映像の自己選択による映像視聴時や課題実施時の注意処理 (Aiken et al., 2020; Jaquess et al., 2020; Hansen et al., 2011; Iwatsuki et al., 2017; Lohse et al. 2016; Lewthwaite & Wulf, 2017; Wulf, 2007; Wulf et al., 2018) を促進した結果、本来受動的に処理される他者選択された映像に対する能動的な情報処理に寄与したと考えられる。そのため、自己選択と他者選択の両方で構成された一連の映像を観察した学習者は学習者自身の選んだ成功したと感じる映像と、他者の選択した結果に基づく最も成功した映像を比較し、練習時に試行錯誤する事で、この異なる価値を持つ映像を統合し、安定した動作 (VE) を保持する事が出来たのではないだろうか。今後は、映像選択の組み合わせによる観察時の脳波などを用いて認知神経的関与を検討する必要があるだろう。

一方で、予測一致度と認知的一致という意識レベルでの処理に関与する認知指標への影響は認められなかった。本実験においては、意識レベルでの処理や認知へ選択の違いによる影響はなかった事を示唆している。本実験において、1日目の予測一致度は各群時間経過に従い向上し、2日目の保持テストおよび転移テストでは各群の得点の散らばりが大きくなる傾向を示していた。Mulligan & Hodges (2014) は、観察と練習経験によって予測能力は向上することを報告している。本実験の学習者は彼ら自身が経験した動作を観察していた。そのため、映像選択に依らず、運動経験と観察経験によるエラー検出メカニズムの強化が (Schmidt, 1975)、運動シミュレーションの獲得へ寄与したのかもしれない (Mulligan & Hodges, 2014; Mulligan, Lohse, and Hodges, 2016)。保持テストと転移テストでの分散の大きさに関しては、個人による映像視聴と運動遂行した際の感覚系と運動系との違い (Unenaka et al., 2018) が影響した可能性がある。VSM は、その手技としてエラー情報や失敗場面の情報は除外される。そのため、視覚情報としての VSM と運動感覚との誤差が運動予測への弊害となった可能性も示唆している。また、認知的一致の結果は各群の差はなく、研究 1 と異なっていた。本実験は研究 1 と比較して、視覚情報の遮蔽をせず、運動動作および結果を常に観察可能であった。そのため、学習者自身の体験から得た運動情報と VSM を比較して、学習者自身が予測していた成功行動より、良い、または悪かったため、その誤差が学習者の視聴した VSM に対する認知的一致への個人差を生み出し、選択群間の差異が見られなかったのかもしれない。以上から、本実験では運動課題に対する意識的な影響については、選択の効果によるものでなく、運動経験と観察経験との結びつきによって生じたものであり、それが保持期に個人差としての予測精度の散らばりへと反映されたものだと考えられる。

本実験の結果から、映像選択の違いは正確で安定した運動動作 (TV) の学習へ影響し、自己選択という行為をした学習者の情報処理過程へと影響を及ぼしたと考えられる。さらに、学習者と実験者の両者が選択する事で、他者が選んだ場合より安定した運動動作 (VE) へ影響する事が示され、両者を組み合わせる事によって、運動技能学習中の練習方略や情報処理へ独自の関与をしている可能性を示唆している。ただし、予測精度や認知的一致、そして転移テストのような意識レベルでの処理を伴う認知や行動への影響は認められなかった。今後の研究では、こうした意識レベルでの処理への影響についても、より詳細に検討していく必要があるだろう。

#### 4.4 まとめ

本研究では、VSM を構成する映像の最適な選択方法による運動技能学習への影響につい

て、動機づけと情報処理の2つの観点から実験を行い検討した。その結果、映像選択の量による動機づけへの影響は見られなかったが（実験1）、すべてを学習者自身が選択する、または一部のみ映像を選択する事によって運動技能学習の促進を促した可能性が示された（実験2）。本研究の結果は、映像選択の組み合わせの違いによる効果として、情報処理への特異的な効果が示唆された。これは、運動学習における映像選択の有用性が認知-神経的関与を示す研究のエビデンスとなるだろう。また、自己選択と他者選択を組み合わせた映像選択が観察中の注意処理や視聴後の練習方略へガイドのような役割（Hansen et al., 2011）を果たしたと考えられる。この点はこれまでの運動学習領域における自己選択の効果に関する情報処理論の議論を拡張するだろう。一方で、映像選択量の動機づけへの影響や、選択の組み合わせの差異が意識的な処理に影響する事は支持されなかった。これらの結果については先行研究と一部異なるものであった（e.g., Wulf et al., 2018）。また認知指標への影響については、選択による認知的負荷（Couvillion et al., 2020; Sullivan-Toole et al., 2017）、そして学習環境の関与が示唆された。今後の研究では、学習者の感じる統制感を操作する実験環境を設定し、動機づけの影響と情報処理の影響のどちらがより運動技能学習へ寄与しているのか、詳細な検討が必要だろう。

## 第5章 総合考察

### 5.1 本論文の要約

本博士論文の目的は、学習者自身による視聴映像の自己選択を用いた VSM の提供方法が運動技能学習へ及ぼす影響を検討することであった。本博士論文で取り組んだ 3 つの研究課題により、学習者自身が映像を選択する事で、映像と学習者自身の認知的乖離を緩和し（研究 1）、自己選択した映像を視聴する際の角度はより視覚情報の反転処理が不要な角度から視聴させることで運動技能習得を促進し（研究 2）、映像選択の多さは関係ないが（研究 3 実験 1）、選ぶ際に学習者自身の選択と、実験者あるいは指導者による他者選択を組み合わせた VSM の観察が、非意識的に学習者の運動技能学習を支援する（研究 3 実験 2）という可能性が示唆された。これらの 3 つの研究結果について、本節では社会認知理論（Bandura, 1969, 1971, 1986）の観点から、学習者自身が映像選択した VSM の視聴に起因する動機づけの促進、そして学習者の情報処理の促進への影響について考察する。

社会的認知理論の観点に経つと、観察学習の 4 つの下位過程（注意、保持、運動再生、そして動機づけ過程）（Bandura, 1986）が関与している可能性があるだろう。映像選択することによって、本研究で視聴した映像を学習者の知識として変換するまでの過程、特に注意過程へ影響したと考えられる。観察学習中、学習者が映像へ注意を向ける際にどのような点へ注意を向けるかは非常に重要な要素であり、手がかりとなる（Bandura, 1986）。選択による効果として、選択した対象物に対する肯定的な認知的バイアスがかかり、好印象を持つようになり（Rose et al., 2012; ）、注意機能や情報処理を促進する（Jaquess et al., 2020; Wulf et al., 2018）事が知られている。学習者自身が視聴したい成功映像を選択した事によって、自己選択が映像に対する能動的関与を導き、他者選択よりも自身の動作の特定の箇所を観察する事で、それを符号化（i.e., 記憶）するように処理できたのではないだろうか。

また、選択した映像を提供する際に、モデルを観察する角度も運動技能学習で重要な要素であった。先行研究においても、モデルの背面の角度から観察する事は運動技能の習得を促進し、正面の角度からの観察は運動を保持する機能に優れていると報告されていた（Ishikura & Inomata, 1995, 1998; Isikura, 2012; Hamidh et al., 2016）。しかしながら、本研究において選択した映像を観察する際に、観察角度の違いによる運動技能学習への影響は見られず、背面の角度からの観察は運動技能習得のスピードを早め、正面の角度からの観察は何も視聴しない場合よりも運動技能習得を遅延させる事が示された（研究 2）。こうした知見は運動技能学習において、より効率的に習熟するための観察角度の重要性を示唆している。この観察角度の影響は社会的認知理論における保持過程と運動再生過程

(Bandura, 1986) へ影響していると考えられるだろう。観察角度が観察者（学習者）の一人称的視点になる事で、選択した映像の視聴時の情報（VSM）保持を促進し、迅速に符号化する事ができる。また、観察した動作を実行に移す時、正面の角度から観察した場合は、符号化した映像を実行するまで（i.e., 運動再生するまで）に背面の角度から視聴した場合と比較して、時間を要することを示している。また、これは映像選択と視聴をしていない学習者よりも遅い事が明らかとなった。この現象は先行研究（Ishikura & Inomata, 1995, 1998; Isikura, 2012; Hamidh et al., 2016）で見られておらず、習得過程での観察角度だけでなく、映像選択する事による認知的な負荷と相互作用する事で生じた可能性が考えられる。研究2で見られた観察角度の影響の差異は、選択したVSMを観察する事で起きる独自の効果である可能性があり、これからの運動指導において、学習者に対する提供方法を考える上での重要な知見となるだろう。

そして、映像の選択量の影響に関しては、定量的な影響は見られないものの、定性的な観点から、情報量の少なさが課題に対する動機づけを惹起しない可能性を示唆した（研究3実験1）。さらに、選択の数量に関係なく映像選択という行為自体が課題の正確さと安定性を併せ持った運動技能学習を促進し、自己選択と他者選択両方を組み合わせる事で、より安定した運動パフォーマンスを学習する事も示された。こうした知見は映像選択方法を考慮した練習を行う事で、動機づけ過程（Bandura, 1986）へ影響する事が示されたと言えるだろう。VSMを始めとする観察学習において、映像を観察する際のモデルの類似度が高い事で、観察した行動の適切さを判断する手がかりとなり（Schunk, 1987）、モデルとの比較を通して自らの動作を評価でき（Festinger, 1954）、それが運動の上達に寄与している。研究3において、自己選択、他者選択に関わらず、VSMは運動する自分自身の映像を視聴している。そのため、モデルの類似度は同等であると考えられる。一方、映像の内容をすべて、あるいは一部だけでも学習者自身が選択する事によって（Aiken et al., 2020; Hansen et al., 2011）、映像に対する肯定的な認知を高め（Rose et al., 2012; Lemos et al., 2017）、注意を向ける映像の処理を促進する（Jaquess et al., 2020; Lohse et al., 2016; Lewthwaite & Wulf, 2017; Wulf, 2007）。その結果、視聴した映像の運動パフォーマンス情報を符号化（i.e., 記憶）し、パフォーマンスの安定性を向上させたのではないだろうか。また、自己選択に他者選択が加わる事によって、学習者の練習行動が動機づけられ、試行を繰り返す中でエラー検出メカニズムを強化し（Schmidt, 1975）、安定した運動技能の学習を促進したと考えられる。これらの知見は、映像の情報量を一定にした上で、学習者と指導者の二者が互いに成功したと思う映像を視聴する事が、より強固な学習につながる可能性を示唆した。これは運動学習領域における選択研究の知見に加えて、自己調整学習や協同学習といった教育領域へと波及する

重要な知見だと考えられる。

## 5.2 スポーツ・健康科学への貢献

本博士論文は、スポーツ・健康科学分野において、体育授業における教育方法論や ICT 教育、そして部活動やトレーニング科学分野での貢献が期待される。これまで、体育授業において、映像を活用する機会は多くなかった。そのため近年の体育授業における ICT 教育では教師による ICT の授業への組み込みや学習の評価には生かされていないという課題があり、一部では ICT 教育の学習効果を疑問視するというデータも報告されている（ベネッセ教育総合研究所，2014；松木・加藤，2019）。近年の研究では、映像観察のみの学習は練習のみの学習（観察なし）と比較して、パフォーマンスレベルは低いものの、文脈的背景の影響を受けず、阻害要因の影響は受けづらい事が明らかとなっている（Badets et al., 2014）。しかしながら、Badets et al. (2014) からとも言えるように、映像観察だけでは、強固な運動学習には寄与する事が出来ない。また、部活動などのトレーニング場面においても、これまでの研究では、指導者と学習者との間で成功イメージの乖離が生じている可能性が示唆されていた（山崎ほか，2006）。観察学習における、学習環境や対人関係のような社会的問題点を解決するための方法として、本論文の知見を活用可能であると考えられる。

本博士論文では、限定的な環境であるものの、選択によって視聴する映像と学習者自身の運動イメージとの乖離が生じていることを発見した。また、映像視聴時に乖離が少なくなる（i.e., 認知的一致が高まる）事で、課題の動機づけや運動の安定性向上に寄与する可能性が示唆されている（研究 1）。そして、この傾向は学習者と指導者の両視点から選択し（研究 3）、学習者の映像に対する認知的活動を阻害しないような角度から観察させることで（研究 2）、より強固な学習へと寄与する可能性を示した。本博士論文から、スポーツ健康科学分野における運動技能学習中の選択の導入が、ICT 教育を始めとするオンライン学習や協同学習などの、運動指導場面における指導者や教師からの一方通行な提供ではなく、学習者と指導者が双方向から映像選択のアプローチをすることによって学習課題に対する学習者の理解を促進し、効果的な運動学習を実現可能にするだろう。

## 5.3 限界点と今後の展望

本研究をスポーツ・健康科学に貢献させるため、主に 3 点の限界点があるだろう。

### 1) 動機づけ要因の考慮

本研究課題では、研究 1 にて動機づけと認知的一致との正の相関関係が示された。しかしながら、研究 3 において、行動指標として動機づけを検討した結果、行動要因としての動

機づけにおける選択の影響は明らかにならなかった。この要因としては、実験群と統制群との統制の取り方に問題があった可能性が考えられる。一方で、動機づけを測定するための心理的指標の欠点として、社会的望ましさや実験者効果といったバイアスが生じるため、妥当性が損なわれ、非意識的な心理機能としての動機づけを正確に反映できない(鹿毛, 2018)。また、選択による動機づけへの影響には文化的な差異がある事も示唆されているが(e.g., Iyenger & Lepper, 1999; Patall et al., 2008), 運動学習領域での選択研究は欧米での研究が中心である(e.g., Iwatsuki et al., 2017; Wulf et al., 2018)。そのため、運動技能学習中の選択による動機づけへの影響を検討する場合、実験法やインタビュー法も取り入れた実験計画を構築する事が必要だろう。そして、質問紙のような認知指標だけでなく、脳波や皮膚電位反応といった生理学的指標を取り入れた多様な測度で動機づけの効果を捉え、さらに社会的・文化的要因も考慮すべきだろう。

## 2) 課題特性の考慮

実験課題の特性が課題へ影響を及ぼしている可能性が挙げられる。本研究においては、ボール投げ課題、カップスタッキング課題、キータッピング課題と異なる課題を行っていた。学習実験として、本実験条件を検証するためには学習者が経験したことのない新規性の高い課題を行う必要があったため、課題特性に関しては考慮に入れなかった。しかしながら、これらの課題には力量調整や空間操作、そしてタイミング一致など、求められるスキルが異なるため、一貫した運動スキルへの影響に関する説明が不十分である。今後の展望としては、一つの運動技能を対象に映像視聴時の選択の効果を検討することで、選択した映像が特定の運動技能に及ぼす影響を実証することに繋がるだろう。

## 3) 認知神経科学的観点からの検討

本研究では行動実験を通じて運動学習する際の影響を認知的かつ情報处理的な観点から考察をしている。しかしながら、この運動の変化が、映像選択による影響なのか、それともその映像を観察した事に起因する影響なのかは定かでない。こうした知見を証明するためには、選択のみを行い映像観察はしない実験条件を設ける実験デザインによる検討や、認知神経学的知見から検討する事で、学習者の反応や学習過程を多面的に理解することを可能にするだろう。加えて、生理学的現象との関連についても、諸般の先行研究からの知見に基づけば考察は可能であるが、直接的かつ完全な検証は困難である。今後の展望として、脳波や視線追尾などの生理学的指標も取り入れ、選択した映像視聴の生理学的影響についても言及する必要があるだろう。

以上から、今後は課題特性を考慮した上で選択した映像の観察による動機づけへの影響や、その際の認知神経科学的特徴、そしてさらなる提供方法を検討していく事で、学習者へ

映像を提供するためのより効果的な意思決定支援方法の提案に繋がるだろう。

#### 5.4 結論

本博士論文では、3つの研究から以下の事が示唆された。

- 1) 研究1では、VSMを構成する映像要素を自己選択する事で、他者選択よりも映像と学習者の運動イメージとの認知的な一致を高め、自己選択により生じる認知的な一致の高まりが運動の安定性と動機づけを高める関係にあった。これは、他者による選択は学習者の運動イメージと映像に対する認知的な乖離が生じている事を示した。
- 2) 研究2では、自己選択したVSMの視聴角度は学習（保持）には影響しないが、学習者自身のVSMを背面の角度から視聴する事で、運動技能の習得スピードを早める事が示された。一方で、学習者自身のVSMを正面の角度から視聴した場合は習得速度が遅くなる。したがって、より効率的な運動技能習得が求められる場合はVSMをより観察者の一人称的な視点に近づける事が効果的である可能性が示された。
- 3) 研究3では、自己選択する量は課題に対する動機づけに影響しないが、自己選択は運動の安定した正確な動作(TV)を向上し、自己選択に他者選択を組み合わせる事で、安定したパフォーマンスをより強化する事が示された。この結果は、映像選択の量ではなく、選び方が学習者の記憶保持を支援する事を示唆した。

以上の結果から、本博士論文で、映像選択とその提供方法が観察学習に及ぼす影響を明らかにした(図5.1)。学習者自身の映像選択は観察時の映像に対する認知を肯定的に方向づけ、映像に対する注意処理機能を促進する。また、選んだ映像を観察する際には、視覚情報の反転処理を伴う視点ではなく、反転処理の必要ない視点での視聴が映像に対する理解を進める。そして、映像は学習者自身が選ぶだけでなく、学習者と実験者の両者が映像を選択する事で、映像間のギャップを埋めるための認知的、あるいは行動的な試行錯誤を生み出し、より安定した記憶保持に寄与する可能性を見出した。

## 参考文献

- Aiken, C. A., Post, P. G., Hout, M. C., & Fairbrother, J. T. (2020). Self-controlled amount and pacing of practice facilitate learning of a sequential timing task. *Journal of Sports Sciences*, 38(4), 405–415.
- Aoki, R., Matsumoto, M., Yomogida, Y., Izuma, K., Murayama, K., Sugiura, A., ... Matsumoto, K. (2014). Social equality in the number of choice options is represented in the ventromedial prefrontal cortex. *Journal of Neuroscience*, 34(18), 6413–6421.
- Ashford, D., Davids, K., & Bennett, S. (2007). Developmental effects influencing observational modelling: A meta-analysis. *Journal of Sports Sciences*, 25(5), 547–558.
- Ashford, D., Davids, K., & Bennett, S. (2007). Developmental effects influencing observational modelling: A meta-analysis. *Journal of Sports Sciences*, 25(5), 547–558.
- Badets, A., Boutin, A., & Michelet, T. (2018). A safety mechanism for observational learning. *Psychonomic Bulletin and Review*, 25(2), 643–650.
- Bandura, A. (1969). Social learning of moral judgments. *Journal of Personality and Social Psychology*. US: American Psychological Association.
- Bandura, A. (1971). Social learning theory. *Social Learning Theory*.
- Bandura, A. (1977). Self-efficacy: Toward a unifying theory of behavioral change. *Psychological Review*, 84(2), 191–215.
- Bandura, A. (1986). Social foundations of thought and action: A social cognitive theory. *Social foundations of thought and action: A social cognitive theory*. Englewood Cliffs, NJ, US: Prentice-Hall, Inc.
- Bandura, A. (1999). Social cognitive theory of personality. In *Handbook of personality: Theory and research*, 2nd ed. (pp. 154–196). New York, NY, US: Guilford Press.
- Bandura, A. (2006) Guide for Constructing Self-Efficacy Scales. In: Pajares, F. and Urdan, T.S., Eds., *Self-Efficacy Beliefs of Adolescents*, Age Information Publishing, Greenwich, 307-337.
- Bandura, A., Ross, D., & Ross, S. A. (1961). Transmission of aggression through imitation of aggressive models. *The Journal of Abnormal and Social Psychology*, 63(3), 575–582.
- Barlas, Z., & Obhi, S. S. (2013). Freedom, choice, and the sense of agency. *Frontiers in Human Neuroscience*, 7, 1–7.
- ベネッセ教育総合研究所 (2014). 「ICT を活用した学びのあり方」に関する調査 ～教員が

考える子どもたちに身につけてほしい力と ICT 活用について[2013]～, ベネッセコーポレーション.

- Berneiser, J., Jahn, G., Grothe, M., & Lotze, M. (2018). From visual to motor strategies: Training in mental rotation of hands. *NeuroImage*, 167(June 2016), 247–255.
- Bobis, J., Sweller, J., & Cooper, M. (1993). Cognitive load effects in a primary-school geometry task. *Learning and Instruction*, 3(1), 1–21.
- Bonda, E., Petrides, M., Frey, S., & Evans, A. (1995). Neural correlates of mental transformations of the body-in-space. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 92(24), 11180–11184.
- Bund, A., & Wiemeyer, J. (2004). Self-controlled learning of a complex motor skill: Effects of the learners' preferences on performance and self-efficacy. *Journal of Human Movement Studies*, 47(3), 215–236.
- Carter, M. J., & Ste-Marie, D. M. (2017). Not all choices are created equal: Task-relevant choices enhance motor learning compared to task-irrelevant choices. *Psychonomic Bulletin and Review*, 24(6), 1879–1888.
- Chamberlain, S. T., & Hale, B. D. (2007). Competitive state anxiety and self-confidence: Intensity and direction as relative predictors of performance on a golf putting task. *Anxiety, Stress and Coping*, 20(2), 197–207.
- Chandler, P., & Sweller, J. (1991). Cognitive load theory and the format of instruction. *Cognition and Instruction*, 8(4), 293–332.
- Chandler, P., & Sweller, J. (1992). The split-attention effect as a factor in the design of instruction. *British Journal of Educational Psychology*, 62(2), 233–246.
- Chapman, L. J., & Chapman, J. P. (1987). *The measurement of handedness*. Brain and Cognition. Netherlands: Elsevier Science.
- Chiviakowsky, S., Wulf, G., Lewthwaite, R., & Campos, T. (2012). Motor learning benefits of self-controlled practice in persons with Parkinson's disease. *Gait and Posture*, 35(4), 601–605.
- Clark, S. E., & Ste-Marie, D. M. (2007). The impact of self-as-a-model interventions on children's self-regulation of learning and swimming performance. *Journal of Sports Sciences*, 25(5), 577–586.
- Cooper, G., & Sweller, J. (1987). Effects of Schema Acquisition and Rule Automation on Mathematical Problem-Solving Transfer. *Journal of Educational Psychology*, 79(4),

347–362.

- Cooper, L. A., & Shepard, R. N. (1975). Mental transformations in the identification of left and right hands. *Journal of Experimental Psychology. Human Perception and Performance*, 104(1), 48–56.
- Couvillion, K. F., Bass, A. D., & Fairbrother, J. T. (2020). Increased cognitive load during acquisition of a continuous task eliminates the learning effects of self-controlled knowledge of results. *Journal of Sports Sciences*, 38(1), 94–99.
- Deci, E. L., & Ryan, R. M. (1985). *Intrinsic motivation and self-determination in human behavior*. New York: Plenum.
- Deci, E.L., Connell, J.P. and Ryan, R.M. (1989) Self-Determination in a Work Organization. *Journal of Applied Psychology*, 74(4), 580-590.
- Dowrick P. W. (1983) . Self-modeling, In Dowrick PW and Biggs SJ (eds) , *Using video: Psychological and social applications*. Willy, Chichester: UK, pp.105-124.
- Dowrick, P. W. (1999) . A review of self modeling and related interventions. *Applied and Preventive Psychology*, 8, 23-39.
- Dowrick, P. W. (2012a). *Self model theory: Learning from the future*. Wiley *Interdisciplinary Reviews: Cognitive Science*, 3(2), 215–230.
- Dowrick, P. W. (2012b). *SELF MODELING: EXPANDING THE THEORIES OF LEARNING*. *Psychology in the Schools*, 49(1), 30–41.
- Faul, F., Erdfelder, E., Lang, A.-G., & Buchner, A. (2007). G\*Power 3: a flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behavior Research Methods*, 39(2), 175–191.
- Festinger, L. (1954). A Theory of Social Comparison Processes. *Human Relations*, 7(2), 117–140.
- Fitts, P. M., & Posner, M. I. (1967). *Human performance*. Human performance. Oxford, England: Brooks/Cole.
- George, T., Feltz, D. L., & Chase, M. a. (1992). Effects of model similarity on self-efficacy and muscular endurance: a second look. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 14, 237–248.
- Gould, D., & Weiss, M. (1981). The effects of model similarity and model talk on self-efficacy and muscular endurance. *Journal of Sport Psychology*, 3(1), 17–29.
- Hamideh, A., Torbati, T., Hamidreza, & Alireza, S. K. (2016). Effect of video modeling

- demonstration from different view on coordination changes of an unfamiliar task: An important point to teach. *Biosciences Biotechnology Research Asia*, 13(3), 1623–1632.
- Harasym, J., Langevin, M., & Kully, D. (2015). Video self-modeling as a post-treatment fluency recovery strategy for adults. *Journal of Fluency Disorders*, 44, 32–45.
- Hartman, J. M. (2007). Self-Controlled Use of a Perceived Physical Assistance Device during a Balancing Task. *Perceptual and Motor Skills*, 104(3), 1005–1016.
- Hodges, N., Williams, A. M., Hayes, S., & Breslin, G. (2007). What is modelled during observational learning? *Journal of Sports Sciences*, 25(5), 531–545.
- Hodges, N., Williams, A. M., Hayes, S., & Breslin, G. (2007). What is modelled during observational learning? *Journal of Sports Sciences*, 25(5), 531–545.
- Hoffman, B., & Nadelson, L. (2010). Motivational engagement and video gaming: A mixed methods study. *Educational Technology Research and Development*, 58(3), 245–270.
- Hooyman, A., Wulf, G., & Lewthwaite, R. (2014). Impacts of autonomy-supportive versus controlling instructional language on motor learning. *Human Movement Science*, 36, 190–198.
- Hosford, R. E., & De Visser, L. A. (1974). *Behavioral approaches to counseling: An introduction*. APGA Press.
- Ishikura, T. (2012). Effects on modeling sequential body movements when viewed from the front or rear. *Perceptual and Motor Skills*, 114(1), 290–300.
- Ishikura, T., & Inomata, K. (1995). Effects of angle of model-demonstration on learning of motor skill. *Perceptual and Motor Skills*. *Perceptual & Motor Skills*, 80(2), 651–658.
- Ishikura, T., & Inomata, K. (1998). An attempt to distinguish between two reversal processing strategies for learning modeled motor skill. *Perceptual and Motor Skills*, 86(3), 1007–1015.
- Iwatsuki, T., Abdollahipour, R., Psotta, R., Lewthwaite, R., & Wulf, G. (2017). Autonomy facilitates repeated maximum force productions. *Human Movement Science*, 55, 264–268.
- Iyengar, S. S., & Lepper, M. R. (1999). Rethinking the Value of Choice. *Cross-Cultural Differences in Perspectives on the Self*, 76(3), 129–174.
- Jaquess, K. J., Lu, Y., Iso-Ahola, S. E., Zhang, J., Gentili, R. J., & Hatfield, B. D. (2020). Self-Controlled Practice to Achieve Neuro-Cognitive Engagement: Underlying Brain

- Processes to Enhance Cognitive-Motor Learning and Performance. *Journal of Motor Behavior*, 52(5), 544–557.
- Katz, I., & Assor, A. (2007). When choice motivates and when it does not. *Educational Psychology Review*, 19(4), 429–442.
- Knapp, B. H. (1963). *Skill in sport: the attainment of proficiency*. Routledge and Kegan Paul, London.
- Lemos, A., Wulf, G., Lewthwaite, R., & Chiviawowsky, S. (2017). Autonomy support enhances performance expectancies, positive affect, and motor learning. *Psychology of Sport and Exercise*, 31, 28–34.
- Leotti, L. A., & Delgado, M. R. (2011). The inherent reward of choice. *Psychological Science*, 22(10), 1310–1318.
- Leotti, L. A., & Delgado, M. R. (2014). The Value of Exercising Control Over Monetary Gains and Losses. *Psychological Science*, 25(2), 596–604.
- Leotti, L. A., Iyengar, S. S., & Ochsner, K. N. (2010). Born to choose: The origins and value of the need for control. *Trends in Cognitive Sciences*, 14(10), 457–463.
- Lewthwaite, R., & Wulf, G. (2017). Optimizing motivation and attention for motor performance and learning. *Current Opinion in Psychology*, 16, 38–42.
- Lewthwaite, R., Chiviawowsky, S., Drews, R., & Wulf, G. (2015). Choose to move: The motivational impact of autonomy support on motor learning. *Psychonomic Bulletin & Review*, 22(5), 1383–1388.
- Lohse, K. R., Boyd, L. A., & Hodges, N. J. (2016). Engaging Environments Enhance Motor Skill Learning in a Computer Gaming Task. *Journal of Motor Behavior*, 48(2), 172–182.
- Marques, P. G., & Corrêa, U. C. (2016). The effect of learner's control of self-observation strategies on learning of front crawl. *Acta Psychologica*, 164, 151–156.
- 松木友和・加藤謙一(2019). 体育科及び保健体育科授業における ICT 機器の効果的な利活用に関する基礎研究—文献調査をもとに—, 宇都宮大学教育学部教育実践紀要, 6, pp.189–196.
- Mohr, C., Blanke, O., & Brugger, P. (2006). Perceptual aberrations impair mental own-body transformations. *Behavioral Neuroscience*, 120(3), 528–534.
- 文部科学省(2019). GIGA スクール構想について : GIGA スクール構想の実現へ [https://www.mext.go.jp/a\\_menu/other/index\\_0001111.htm](https://www.mext.go.jp/a_menu/other/index_0001111.htm)

- Mulligan, D., & Hodges, N. J. (2014). Throwing in the dark: Improved prediction of action outcomes following motor training without vision of the action. *Psychological Research*, 78(5), 692–704.
- Mulligan, D., Lohse, K. R., & Hodges, N. J. (2016). Evidence for dual mechanisms of action prediction dependent on acquired visual-motor experiences. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 42(10), 1615–1626.
- Murayama, K., Izuma, K., Aoki, R., & Matsumoto, K. (2016). “Your Choice” Motivates You in the Brain: The Emergence of Autonomy Neuroscience. In *Recent Developments in Neuroscience Research on Human Motivation* (Vol. 19, pp. 95–125). Emerald Group Publishing Limited.
- Murayama, K., Matsumoto, M., Izuma, K., Sugiura, A., Ryan, R. M., Deci, E. L., & Matsumoto, K. (2015). How self-determined choice facilitates performance: A key role of the ventromedial prefrontal cortex. *Cerebral Cortex*, 25(5), 1241–1251.
- Palmer, K., Chiviawosky, S., & Wulf, G. (2016). Enhanced expectancies facilitate golf putting. *Psychology of Sport and Exercise*, 22, 229–232.
- Patall, E. A., Cooper, H., & Robinson, J. C. (2008). The Effects of Choice on Intrinsic Motivation and Related Outcomes: A Meta-Analysis of Research Findings. *Psychological Bulletin*.
- Petit, L. S., Pegna, A. J., Mayer, E., & Hauert, C. A. (2003). Representation of anatomical constraints in motor imagery: Mental rotation of a body segment. *Brain and Cognition*, 51(1), 95–101.
- Pizzera, A. (2016). Chapter 13 - Bridging the Gap between Perception and Action: An Overview. In M. Raab, B. Lobinger, S. Hoffmann, A. Pizzera, & S. B. T.-P. P. Laborde (Eds.) (pp. 207–221). San Diego: Academic Press.
- Ram, N., & McCullagh, P. (2003). Self-Modeling: Influence on Psychological Responses and Physical Performance. *The sport Psychologist*, 17, 220-241.
- Reeve, J. (2012). A self-determination theory perspective on student engagement. In S. L. Christenson, A. L. Reschly, & C. Wylie (Eds.), *Handbook of research on student engagement* (pp. 149–172). Springer Science + Business Media.
- Reeve, J., & Tseng, C. M. (2011). Agency as a fourth aspect of students’ engagement during learning activities. *Contemporary Educational Psychology*, 36(4), 257–267.
- Rose, J. P., Geers, A. L., Rasinski, H. M., & Fowler, S. L. (2012). Choice and placebo

- expectation effects in the context of pain analgesia. *Journal of Behavioral Medicine*, 35(4), 462–470.
- Ryan, R. M., & Deci, E. L. (2000). Self-determination theory and the facilitation of intrinsic motivation, social development, and well-being. *American Psychologist*, 55(1), 68–78.
- Ryan, R. M., & Deci, E. L. (2009). Promoting self-determined school engagement: Motivation, learning, and well-being. In K. R. Wenzel & A. Wigfield (Eds.), *Handbook of motivation at school* (pp. 171–195). Routledge/Taylor & Francis Group.
- Rymal, A. M., & Ste-Marie, D. M. (2016). Imagery Ability Moderates the Effectiveness of Video Self Modeling on Gymnastics Performance. *Journal of Applied Sport Psychology*, 1–19.
- Schmidt, R. A. (1975). A schema theory of discrete motor skill learning. *Psychological Review*, 82(4), 225–260.
- Schneider, S., Nebel, S., Beege, M., & Rey, G. D. (2018). The autonomy-enhancing effects of choice on cognitive load, motivation and learning with digital media. *Learning and Instruction*, 58, 161–172.
- Schunk, D. H. (1987). Peer models and children's behavioral change. *Review of Educational Research*, 57(2), 149–174.
- Searle, J. A., & Hamm, J. P. (2017). Mental rotation: an examination of assumptions. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Cognitive Science*, 8(6). e1443
- Shepard, R. N., & Metzler, J. (1971). Mental rotation of three-dimensional objects. *Science*, 171(3972), 701–703.
- Starek, J., & McCullagh, P. (1999). The Effect of Self-Modeling on the Performance of Beginning Swimmers. *The Sport Psychologist*, 13(3), 269–287.
- Ste-Marie, D. M. (2013). Self-as-a-model interventions situated within an applied model for the use of observation. *Movement & Sport Sciences - Science & Motricité*, 41(79), 33–41.
- Ste-Marie, D. M., Carter, M. J., Law, B., Vertes, K., & Smith, V. (2016). Self-controlled learning benefits: exploring contributions of self-efficacy and intrinsic motivation via path analysis. *Journal of Sports Sciences*, 34(17), 1650–1656.
- Ste-Marie, D. M., Law, B., Rymal, A. M., O, J., Hall, C., & McCullagh, P. (2012). Observation interventions for motor skill learning and performance: An applied

- model for the use of observation. *International Review of Sport and Exercise Psychology*, 5(2), 145–176.
- Ste-Marie, D. M., Lelievre, N., & St. Germain, L. (2020). Revisiting the Applied Model for the Use of Observation: A Review of Articles Spanning 2011-2018. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 91(4), 594–617.
- Ste-Marie, D. M., Vertes, K. A., Law, B., & Rymal, A. M. (2013). Learner-controlled self-observation is advantageous for motor skill acquisition. *Frontiers in Psychology*, 3, 1–10.
- Ste-Marie, D. M., Vertes, K., Rymal, A. M., & Martini, R. (2011). Feedforward self-modeling enhances skill acquisition in children learning trampoline skills. *Frontiers in Psychology*, 2, 1–7.
- Steel, K. A., Mudie, K., Sandoval, R., Anderson, D., Dogramaci, S., Rehmanjan, M., & Birznieks, I. (2018). Can Video Self-Modeling Improve Affected Limb Reach and Grasp Ability in Stroke Patients?. *Journal of motor behavior*, 50(2), 117–126.
- Sullivan-Toole, H., Richey, J. A., & Tricomi, E. (2017). Control and effort costs influence the motivational consequences of choice. *Frontiers in Psychology*, 8, 1–15.
- Sweller, J. (2020). Cognitive load theory and educational technology. *Educational Technology Research and Development*, 68(1), 1–16.
- Sweller, J., Chandler, P., Tierney, P., & Cooper, M. (1990). Cognitive Load as a Factor in the Structuring of Technical Material. *Journal of Experimental Psychology: General*, 119(2), 176–192.
- 鹿毛雅治 (2018). 学習動機づけ研究の動向と展望. *教育心理学年報*, 57, 155–170.
- 外山美樹 (2018). 課題遂行におけるエンゲージメントがパフォーマンスに及ぼす影響: エンゲージメント尺度を作成して. *筑波大学心理学研究*, 56, 13–20.
- 梅本貴豊・伊藤 崇達・田中 健史朗 (2016). 調整方略, 感情のおよび行動的エンゲージメント, 学業成果の関連. *心理学研究*, 87(4), 334–342.
- Unenaka, S., Ikudome, S., Mori, S., & Nakamoto, H. (2018). Concurrent imitative movement during action observation facilitates accuracy of outcome prediction in less-skilled performers. *Frontiers in Psychology*, 9, 1–9.
- Weiss, M. R., McCullagh, P., Smith, A. L., & Berlant, A. R. (1998). Observational learning and the fearful child: influence of peer models on swimming skill performance and psychological responses. *Research quarterly for exercise and sport*, 69(4), 380–394.

- Wigfield, A., Cambria, J., & Eccles, J. S. (2012). Motivation in education. In *The Oxford handbook of human motivation*. (pp. 463–478). New York, NY, US: Oxford University Press.
- Williams, A. M., & Hodges, N. J. (2005). Practice, instruction and skill acquisition in soccer: Challenging tradition. *Journal of Sports Sciences*, 23(6), 637–650.
- Winne, P. H. (2001). Self-regulated learning viewed from models of information processing. In *Self-regulated learning and academic achievement: Theoretical perspectives*, 2nd ed. (pp. 153–189). Mahwah, NJ, US: Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
- Wrisberg, C., & Pein, R. (2002). Model Presentation During Skill Acquisition. *Perceptual and Motor Skills*, (12), 792–794.
- Wulf, G. (2007). *Attention and motor skill learning*. Attention and motor skill learning. Champaign, IL, US: Human Kinetics.
- Wulf, G., & Toole, T. (1999). Physical assistance devices in complex motor skill learning: Benefits of a self-controlled practice schedule. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 70(3), 265–272.
- Wulf, G., Freitas, H. E., & Tandy, R. D. (2014). Choosing to exercise more: Small choices increase exercise engagement. *Psychology of Sport and Exercise*, 15(3), 268–271.
- Wulf, G., Iwatsuki, T., Machin, B., Kellogg, J., Copeland, C., & Lewthwaite, R. (2018). Lassoing Skill Through Learner Choice. *Journal of Motor Behavior*, 50(3), 285–292.
- Wulf, G., Raupach, M., & Pfeiffer, F. (2005). Self-controlled observational practice enhances learning. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 76(1), 107–111.
- Zetou, E., Kourtesis, T., Getsiou, K., Michalopoulou, M., & Kioumourtzoglou, E. (2008). The Effect of Self-Modeling on Skill Learning and Self Efficacy of Novice Female Beach-Volleyball Players. *The Online Journal of Sport Psychology*, 10, 1–19.
- Zimmerman, B. J. (2000). Attaining self-regulation: A social cognitive perspective. In *Handbook of self-regulation*. (pp. 13–39). San Diego, CA, US: Academic Press.
- Zuckerman, M., Porac, J., Lathin, D., Smith, R., & Deci, E. (1978). On the importance of self-determination for intrinsically-motivated behavior. *Personality and Social Psychology Bulletin*, 4, 443-446.

## 謝辞

本博士論文を作成するにあたり、指導教員である石倉忠夫教授には研究者としての心構えについて、非常に多くのご指導を頂きました。石倉先生のご支援のおかげで、本博士論文の実験、執筆を行う事ができました。また石倉研究室では、学生間のつながりだけでなく、先生とのつながりも非常に強く、いつも厳しくも温かい叱咤激励を賜りました。普段の会話や議論、実験などの研究活動を通して研究者としての在り方を学ばせて頂きました。この4年間は、一人の研究者として私自身が成長するためのかけがえのない時間だったと感じます。心より御礼申し上げます。

副査である中村康雄教授と柳田昌彦教授には、本博士論文に対しての忌憚なきアドバイスを賜りました。特に、私自身が何気なく使用している専門用語について、理解がしやすくなるようなご助言をいただきました。今後、自身の研究を社会へ還元させるための気づきとなりました。深く御礼申し上げます。

実験にご協力いただいた実験参加者の皆様、皆様のおかげで実験を遂行する事ができました。長く辛い実験だったと思いますが、非常に頑張っていただけだと思います。ここに厚く御礼申し上げます。そして、本研究科の大学院の皆様には予備実験や研究会を通して様々なアドバイスを賜り、有意義な議論の時間を経験出来ました。厚く御礼申し上げます。

最後に、これまで私のことを応援し、暖かく支えていただいた両親、家族、友人、そして博士後期課程で公私ともにお世話になった同志社大学大学院スポーツ健康科学研究科の皆様へ心より感謝の意を表したいと思います。ありがとうございました。

はじめに

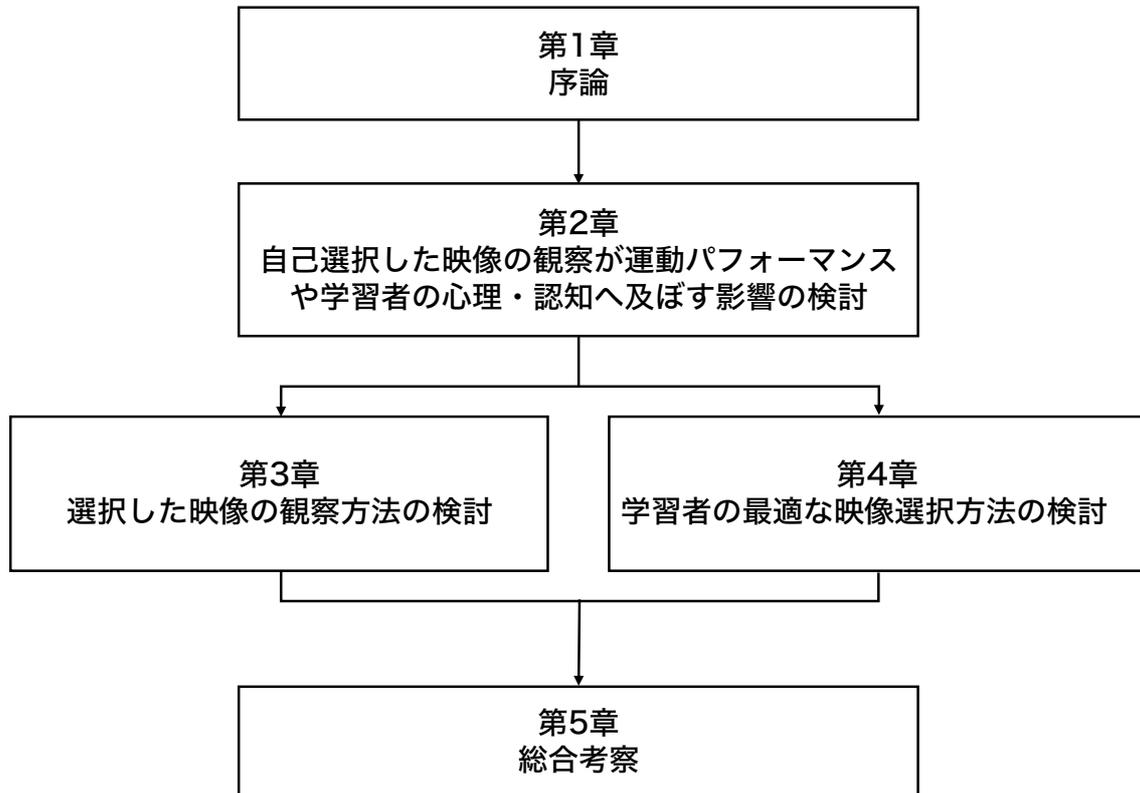


図1 本博士論文の構成

# 研究 1

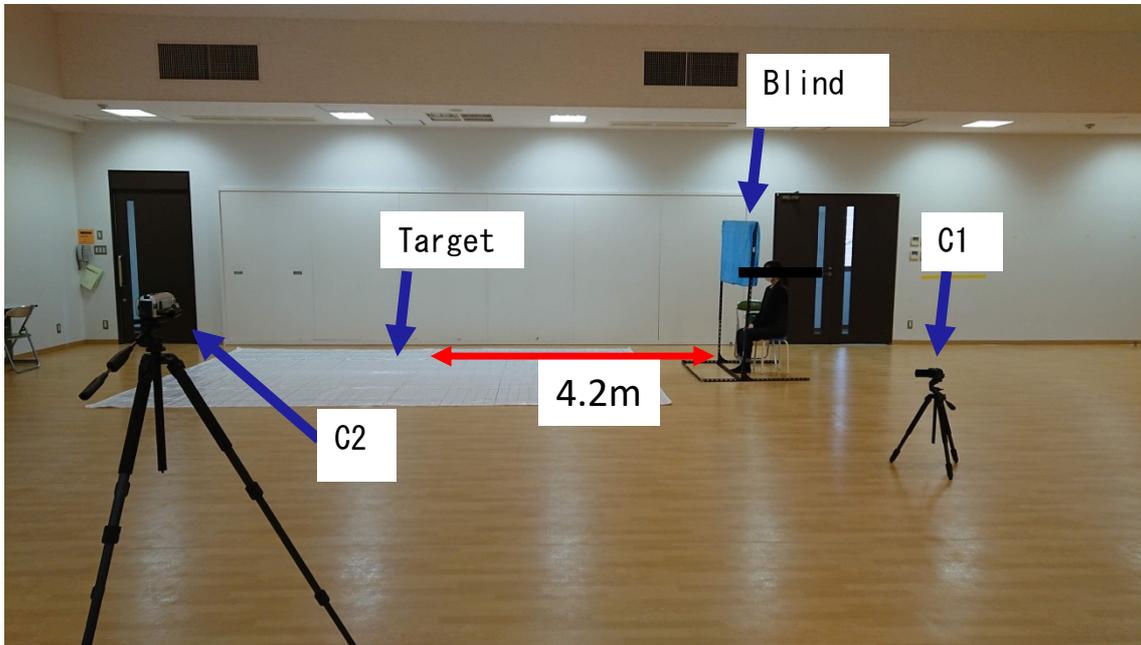


図 2.1 実験装置の配置

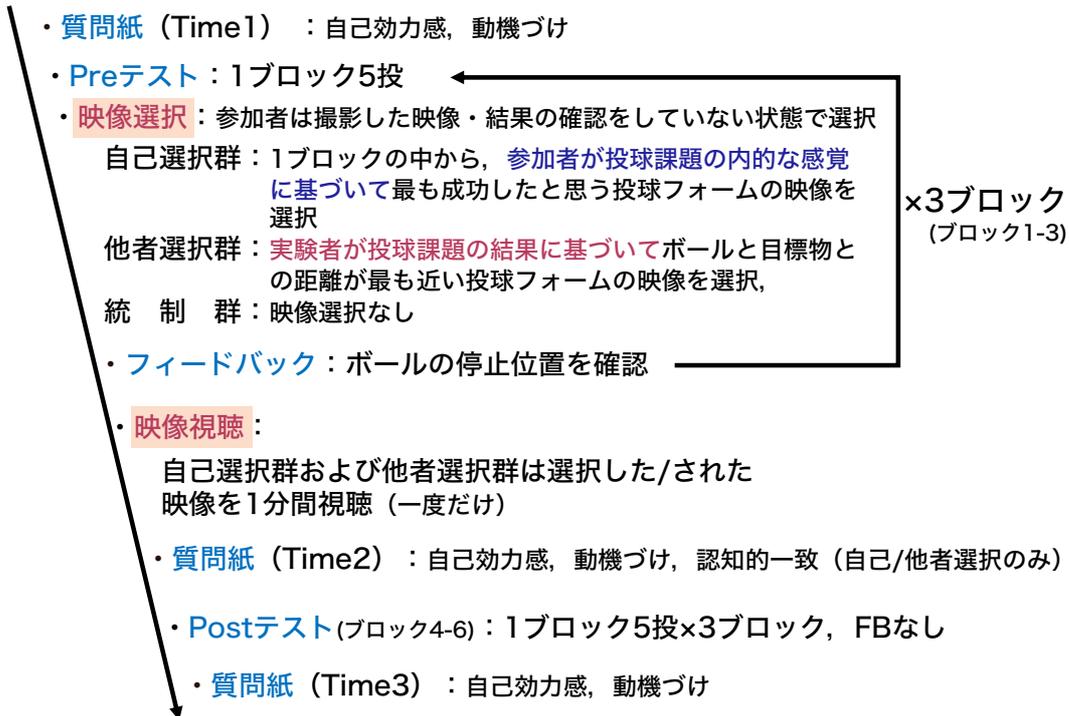


図 2.2 実験手続き

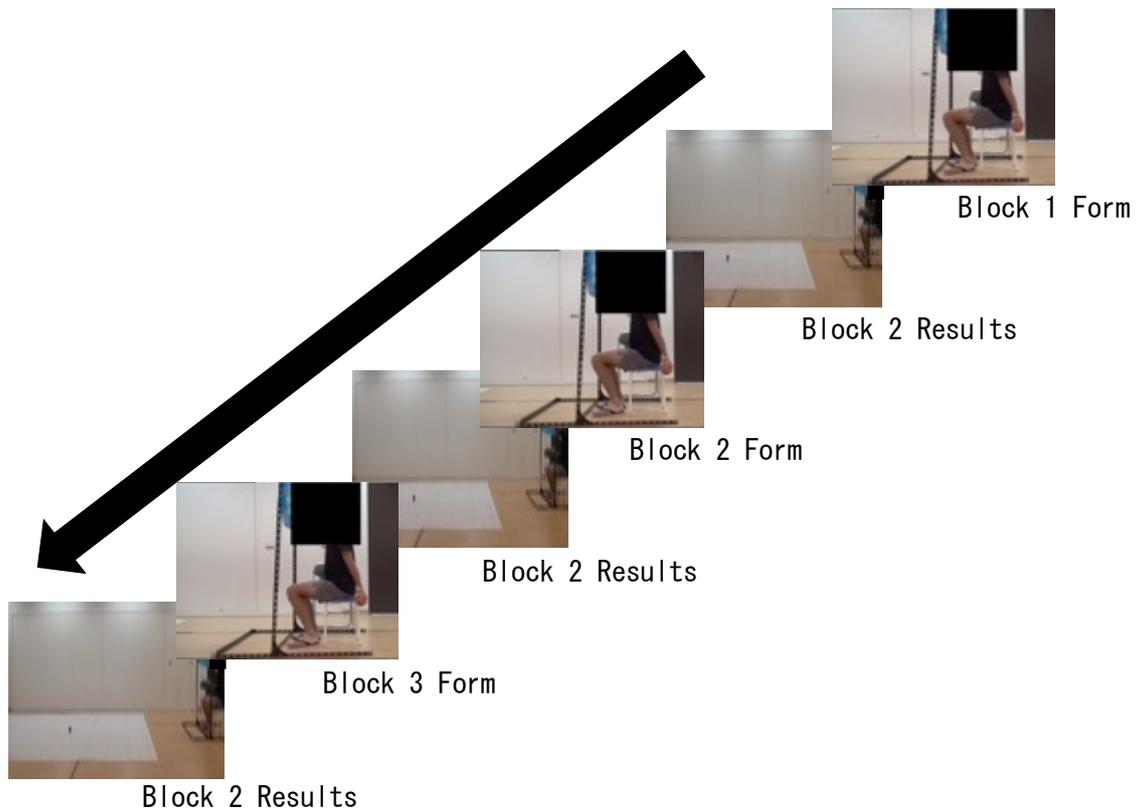


図 2.3 VSM の作成方法

プレテストのブロックごとに、参加者に対してターゲットに最も近いと思われる投球フォーム映像を1つ選ぶように求めた（他者選択群では、実験者がターゲットに最も近い投球フォームを選んだ）。学習者と実験者は、合計3つの投球フォーム映像を選び、実験者がその中からターゲットに最も近い投球を示した映像を決定した。投球結果の映像は、各ブロックのフォーム映像の後に表示するように編集を加えた、なお、VSMの再生時間は約20～30秒であった。

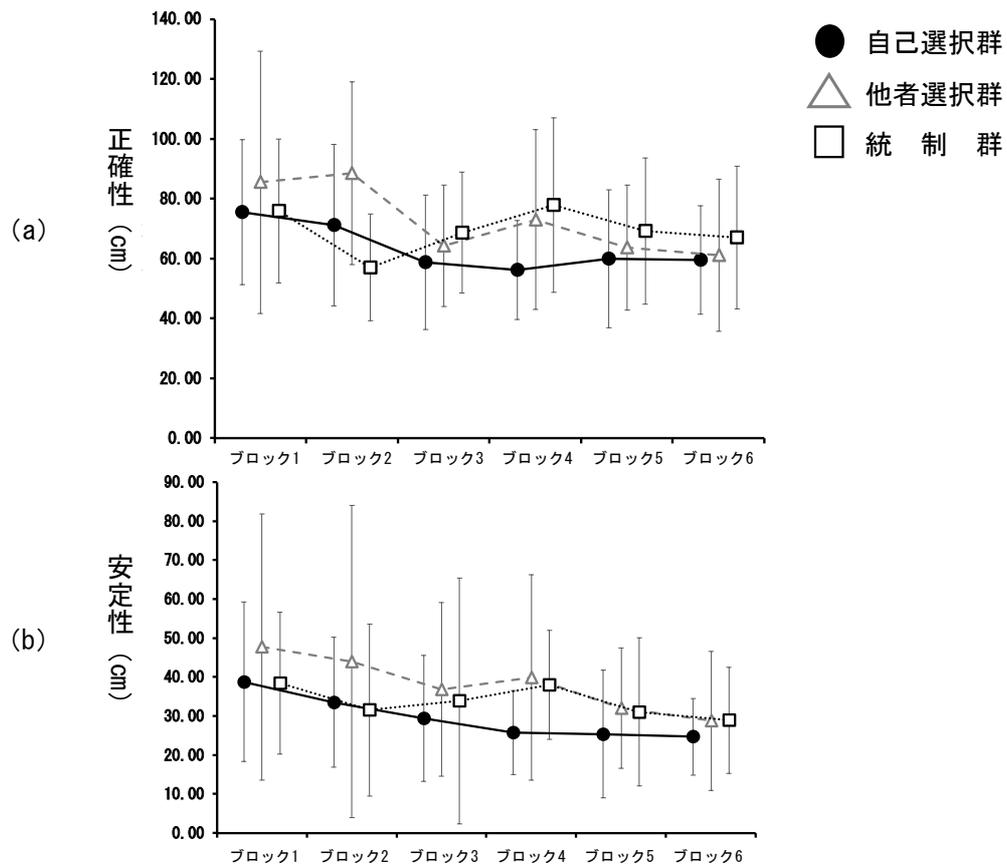


図 2.4 各群における投球課題成績の平均値の推移

(a) 課題の正確性

交互作用 :  $F(10, 165) = 1.75, p = .074, \eta_p^2 = .10$ .

ブロック 2; 統制 < 他者 ( $p = .016, d = 1.26$ ).

(b) 課題の安定性

ブロック :  $F(4, 122) = 2.50, p = .033, \eta_p^2 = .07$ .

ブロック 1 > 5 ( $p = .018, d = 0.57$ ),

6 ( $p = .031, d = 0.71$ ).

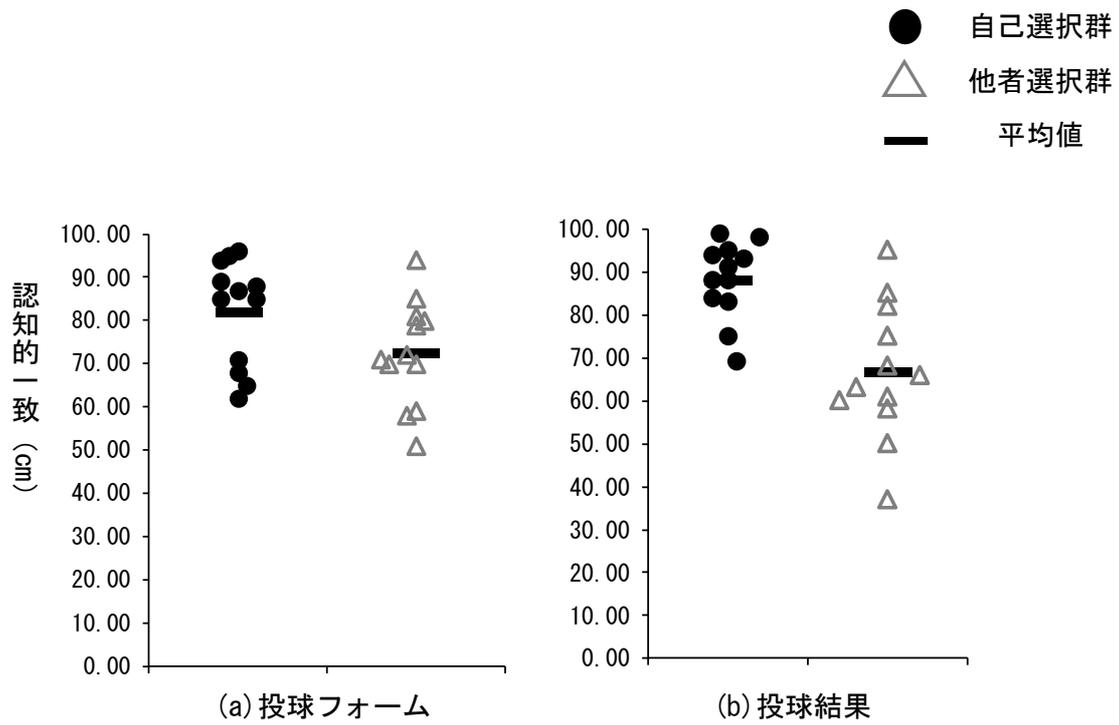


図 2.5 選択群における認知的一致の平均値

(a) 投球フォーム

$$t(22) = 1.92, p = .068, d = 0.78.$$

(b) 投球結果

$$t(22) = 4.06, p = .001, d = 1.66.$$

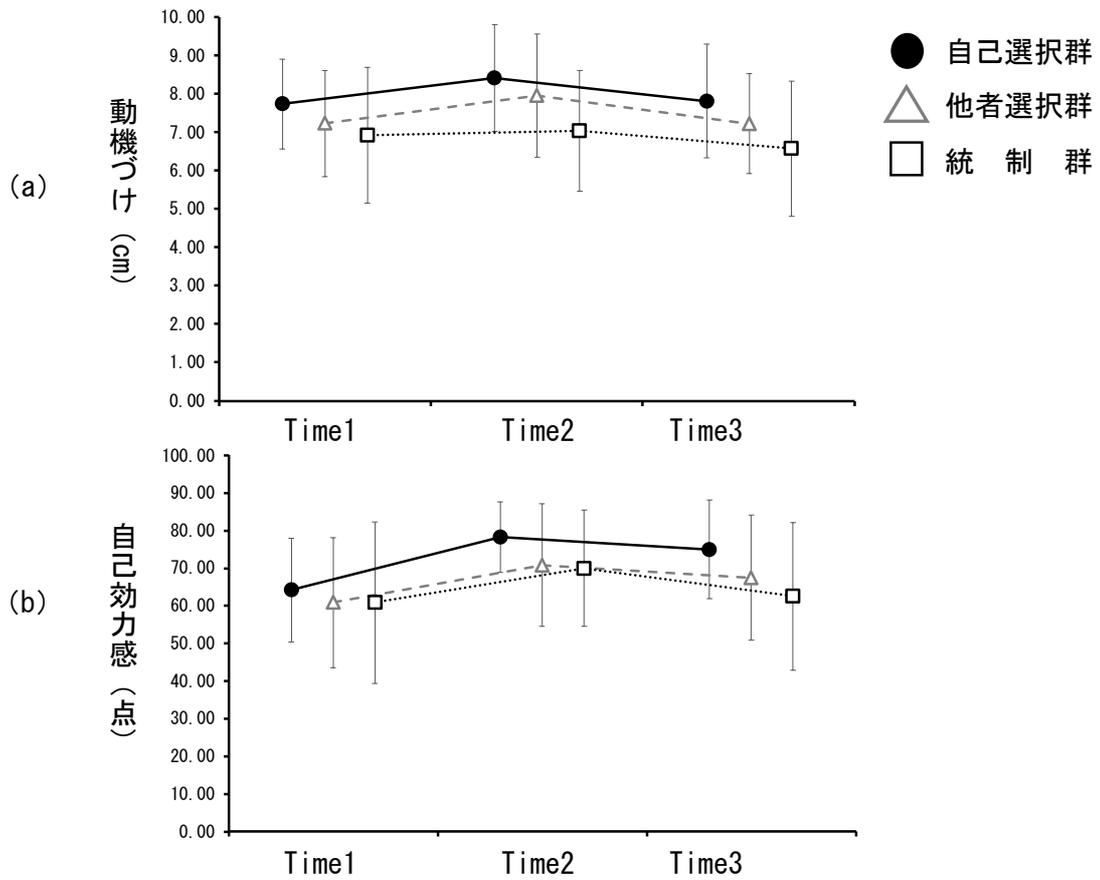


図 2.6 各群における認知指標の平均値の推移

(a) 動機づけ

期間:  $F(2, 66) = 5.11, p = .008, \eta_p^2 = 0.13.$

Time2 > 1 ( $p = .027, d = 0.33$ ),

3 ( $p = .014, d = 0.38$ ).

(b) 自己効力感

期間:  $F(2, 53) = 19.33, p < .001, \eta_p^2 = 0.37.$

Time2 > 1 ( $p = .001, d = .70$ ),

3 ( $p = .014, d = .30$ ),

Time3 > 1 ( $p < .001, d = 0.37$ ).

表 2.1 選択群における認知的一致と諸変数との相関関係

(有意差があった項目のみ表示)

群	変数	認知的一致		動機づけ			安定性	
		フォーム	結果	Time 1	Time 2	Time 3	ブロック1	ブロック6
自己選択群 <i>n</i> = 12	認知的一致 フォーム	0.65* (0.12, 0.89)	0.65* (0.12, 0.89)	0.20	0.52	0.67*	0.56	0.24
	(-0.42, 0.70)			(-0.07, 0.85)	(0.16, 0.90)	(-0.02, 0.86)	(-0.39, 0.71)	
	認知的一致 結果			0.21	.60*	0.49	-0.05	-0.58*
				(-0.42, 0.70)	(0.04, 0.87)	(-0.12, 0.83)	(-0.60, 0.54)	(0.87, -0.01)
他者選択群 <i>n</i> = 12	認知的一致 フォーム	0.20 (-0.42, 0.69)	0.20 (-0.42, 0.69)	0.07	-0.06	0.08	0.12	0.01
	(-0.52, 0.62)			(-0.62, 0.53)	(-0.52, 0.62)	(-0.49, 0.65)	(0.57, 0.58)	
	認知的一致 結果			-0.11	0.19	-0.16	-0.72**	-0.64*
				(-0.64, 0.50)	(-0.43, 0.69)	(-0.67, 0.46)	(-0.92, -0.25)	(-0.89, -0.10)

\*  $p < .05$  \*\*  $p < .01$

研究 2

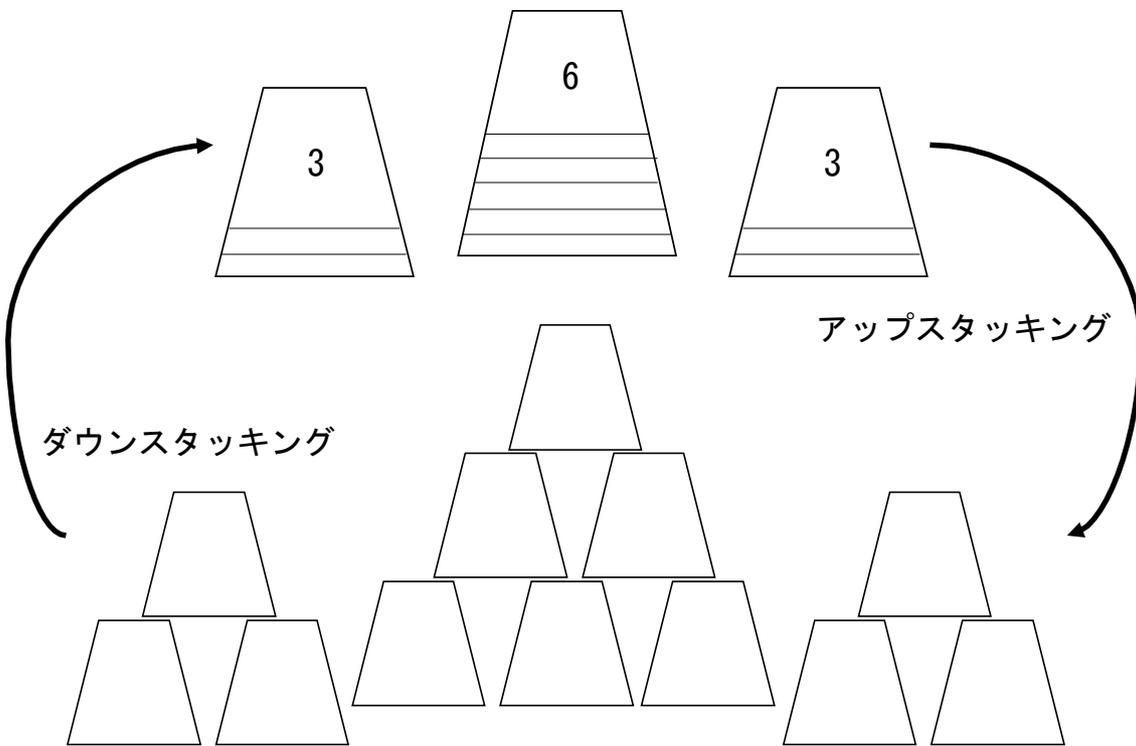


図 3.1 カップスタッキングの動作手順

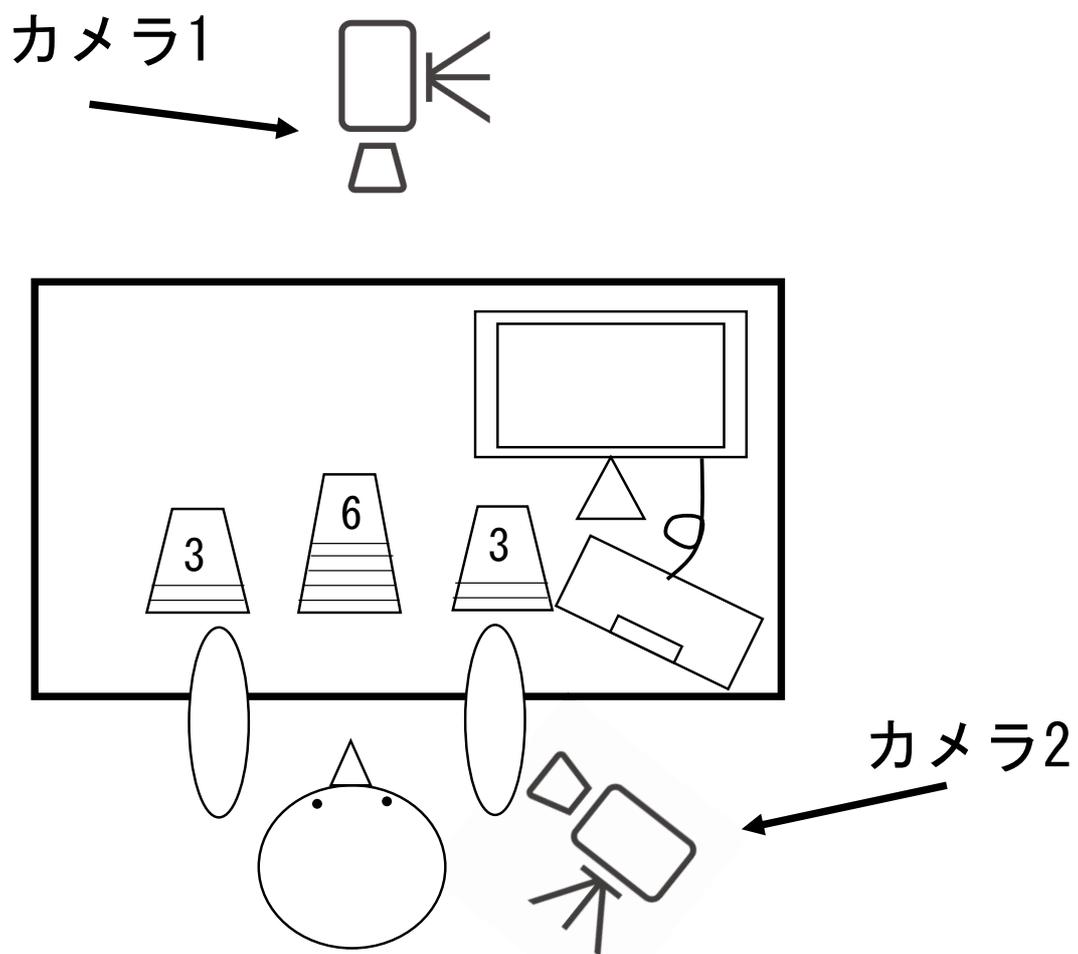


図 3.2 実験装置の配置

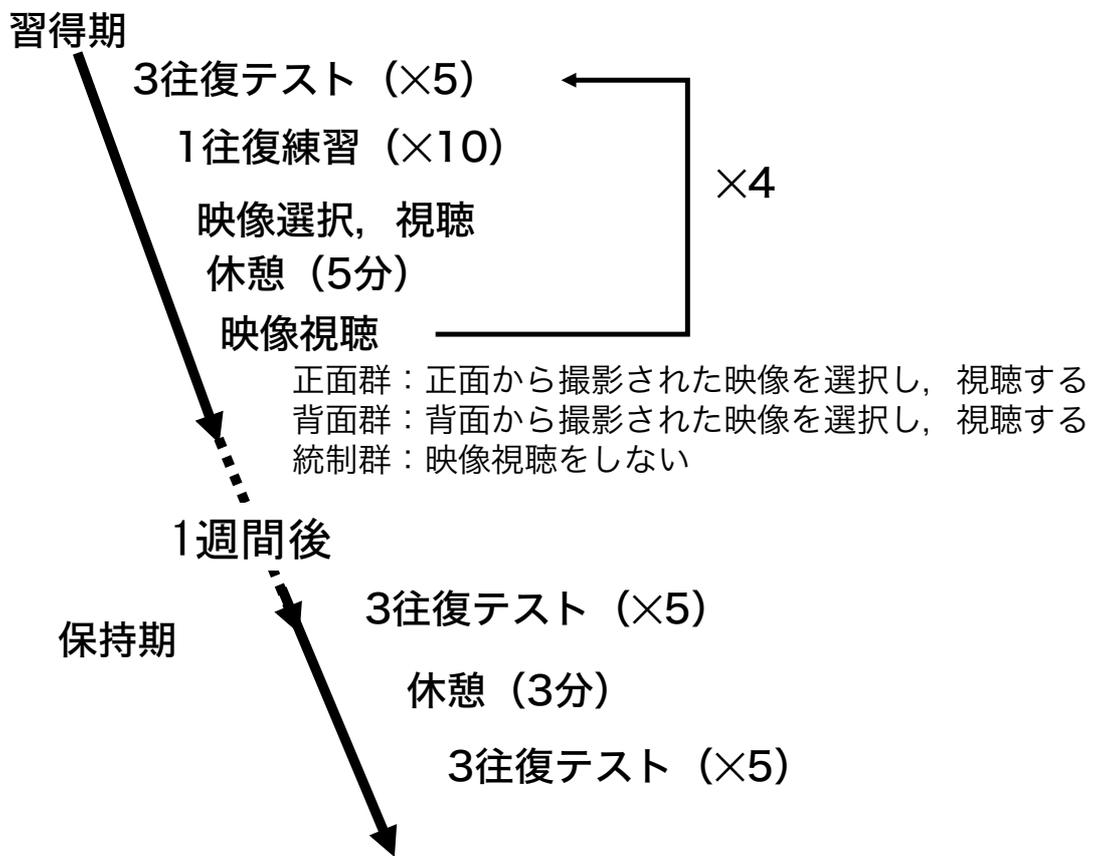


図 3.3 実験手続き

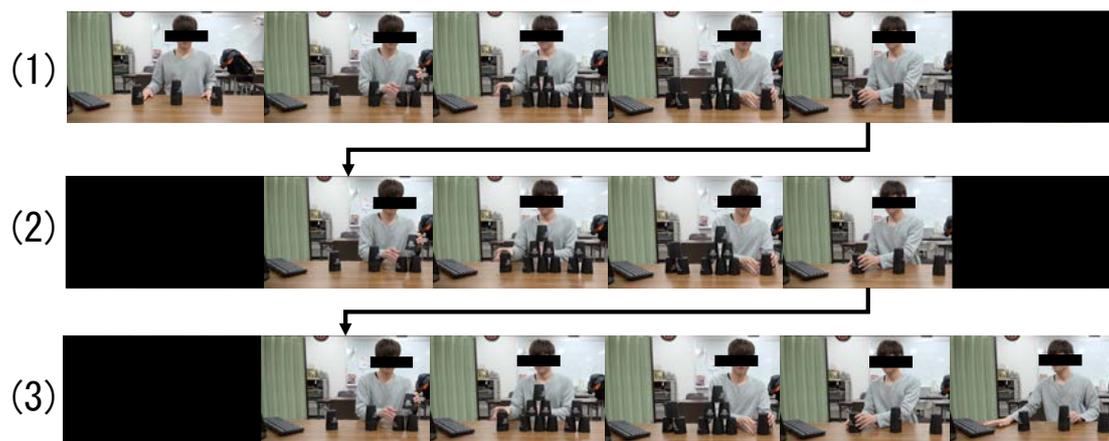


図 3.4 VSM 作成方法

1 往復目 (1) は、カウントダウン音の開始から 1 往復が終了するまで (スペースバーを押す直前まで) を編集した。2 往復目 (2) はスタートしてから 2 往復目が終わるまで、3 往復目 (3) はスタートしてからスペースバーを押すまでを編集して一つの映像になるように編集した。動画の長さは約 25~30 秒であった。黒塗りの箇所は切り取り、連続した映像になるように統合した。

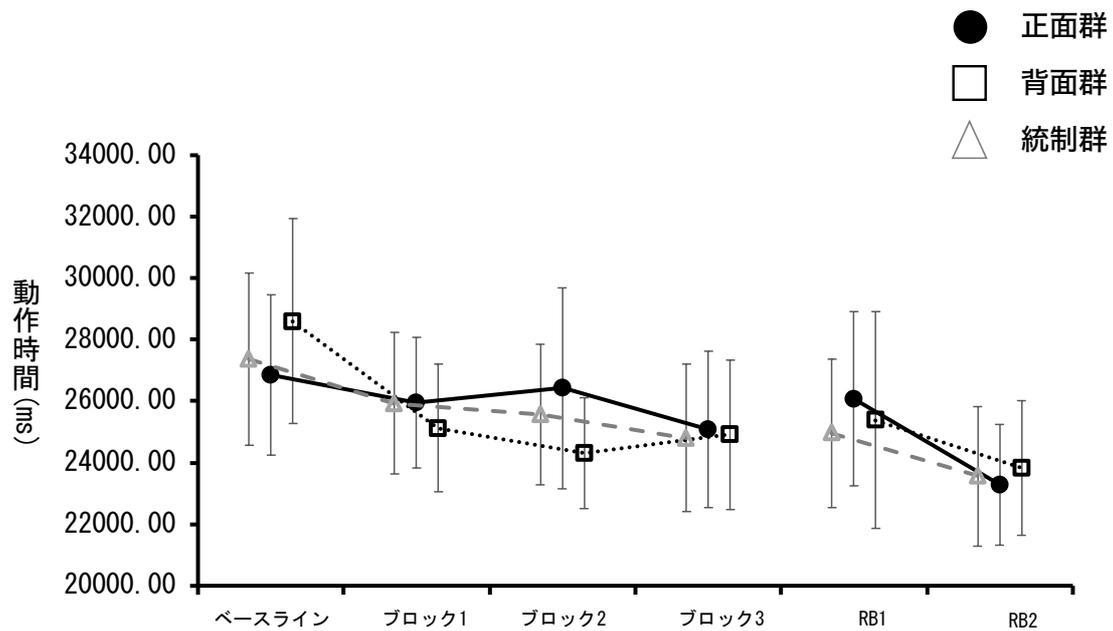


図 3.5 各群における平均動作時間の推移

●習得期 (ベースライン-ブロック 3)

交互作用 :  $F(6, 167) = 3.13, p = .007, \eta_p^2 = 0.14$ .

正面 ; ベースライン > ブロック 3 ( $p = .040, d = 0.81$ ).

背面 ; ベースライン > ブロック 1 ( $p < .001, d = 1.25$ ),

ブロック 2 ( $p = .001, d = 1.60$ ),

ブロック 3 ( $p = .003, d = 1.27$ ).

統制 ; ベースライン > ブロック 2 ( $p = .016, d = 0.70$ ),

ブロック 3 ( $p = .003, d = 0.98$ ).

ブロック 2 > ブロック 3 ( $p = .043, d = 0.48$ ).

●保持期 (RB1-2)

ブロック :  $F(1, 39) = 3.17, p < .001, \eta_p^2 = 0.41$ ,

RB1 > RB2.

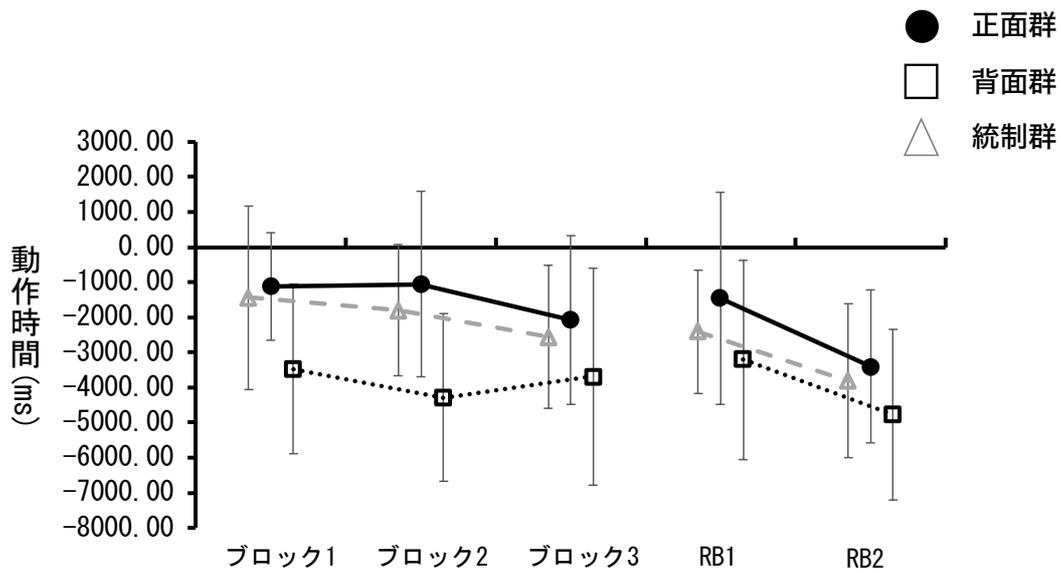


図 3.6 各群における平均 $\Delta$ 動作時間の推移

●習得期 (ブロック 1-3)

角度 :  $F(2, 39) = 5.15, p = .010, \eta_p^2 = 0.21$ .

背面 < 正面 ( $p = .012, d = 0.99$ ),

統制 ( $p = .043, d = 0.78$ ).

ブロック :  $F(2, 78) = 3.17, p = .048, \eta_p^2 = 0.08$ .

ブロック 1 > 3 ( $p = .047, d = 1.37$ ).

●保持期 (RB1-2)

ブロック :  $F(1, 39) = 26.54, p < .001, \eta_p^2 = 0.41$ .

RB1 > RB2.

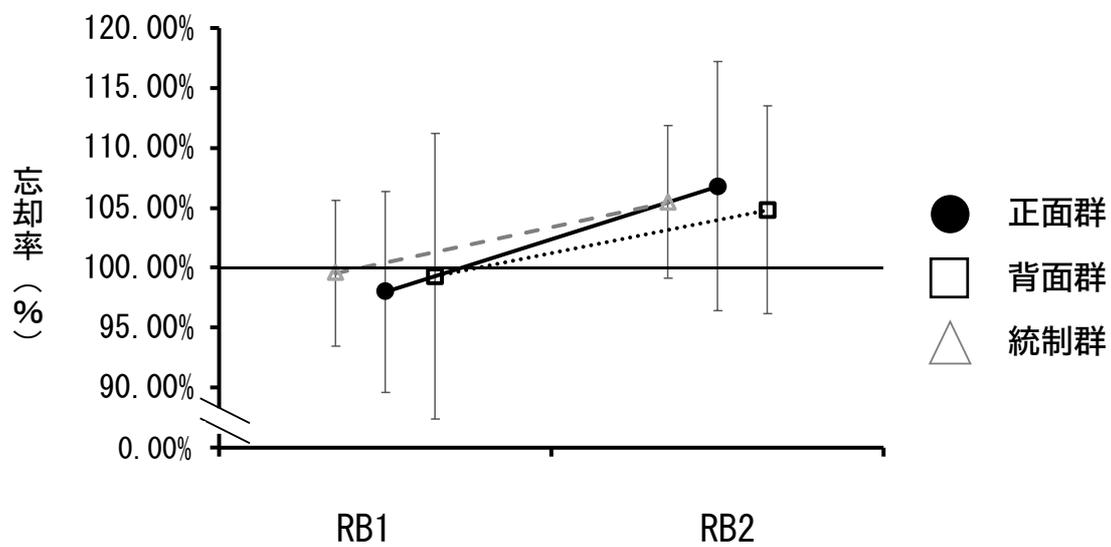


図 3.7 各群における平均忘却率の推移

ブロック :  $F(1, 84) = 31.69, p < .001, \eta_p^2 = 0.45.$

RB1 > RB2.

研究 3-1

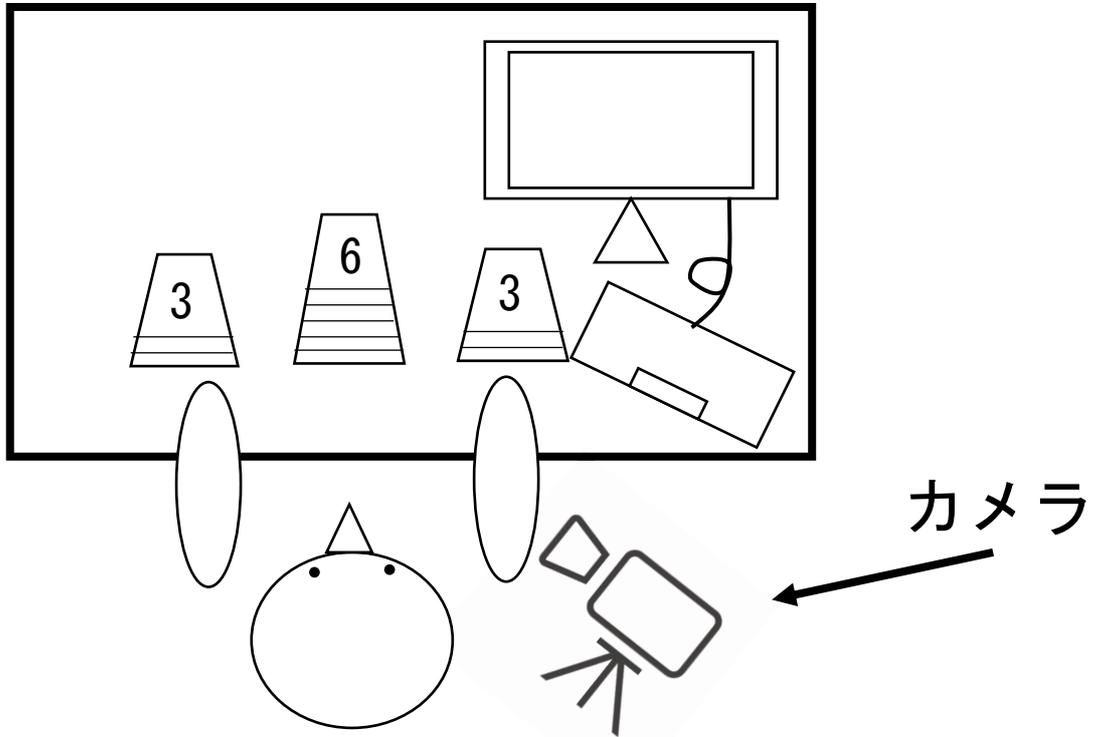


図 4.1 実験装置の配置

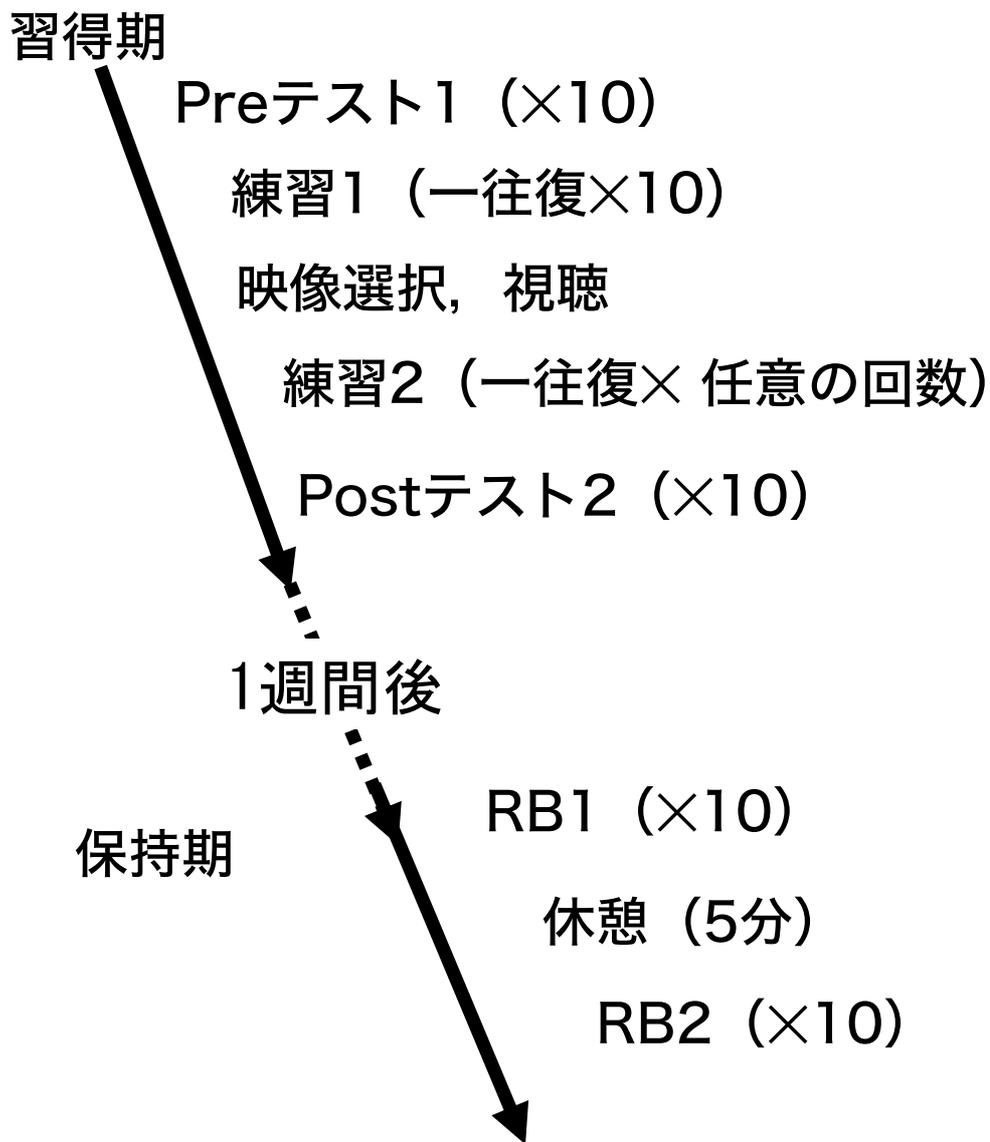


図 4.2 実験手続き

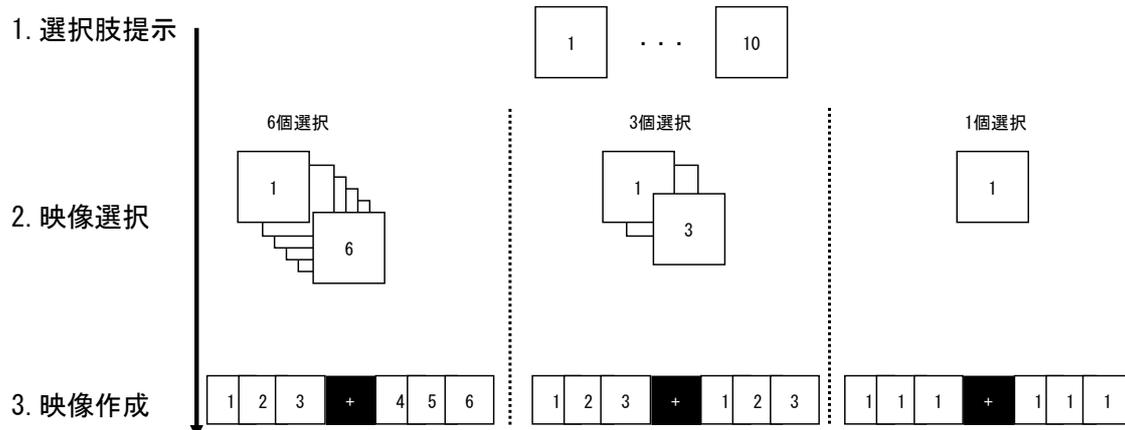


図 4.3 選択群別の VSM 選択方法

参加者に対して、ブロック内のパフォーマンスの映像 10 個を提示し (1)、その中から選択群ごとに参加者が「最も成功した」かつ「視聴したいと感じる」映像を選択させた (2)。そして、選択した映像をもとに VSM を作成した (3)。6 個選択群の映像は、6 つのカップスタッキングの映像から 3 往復カップスタッキング映像を 2 つ作成した。3 個選択群の映像は 3 つのカップスタッキングの映像から 3 往復カップスタッキング映像を 1 つ作成し、2 回繰り返し再生するように作成した。そして、1 個選択群の映像は 1 つのカップスタッキングの映像から 3 往復カップスタッキング映像を 1 つ作成し、2 回繰り返し再生するように作成した。なお、1 つの映像は 10 秒程度であり、作成した VSM の総再生時間は約 50~60 秒程度であった。

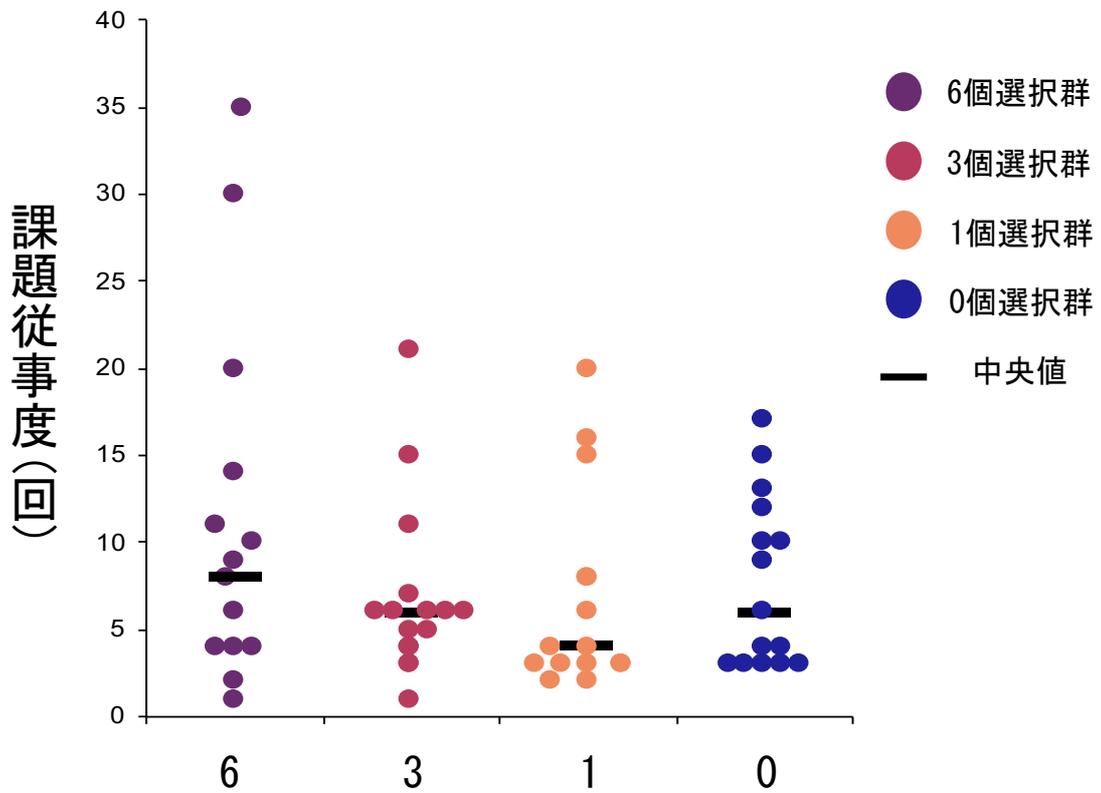


図 4.4 各選択群における課題従事度の分布

選択 :  $H(3) = 2.21$ ,  $p = 0.531$ ,  $\eta^2 = 0.03$ .

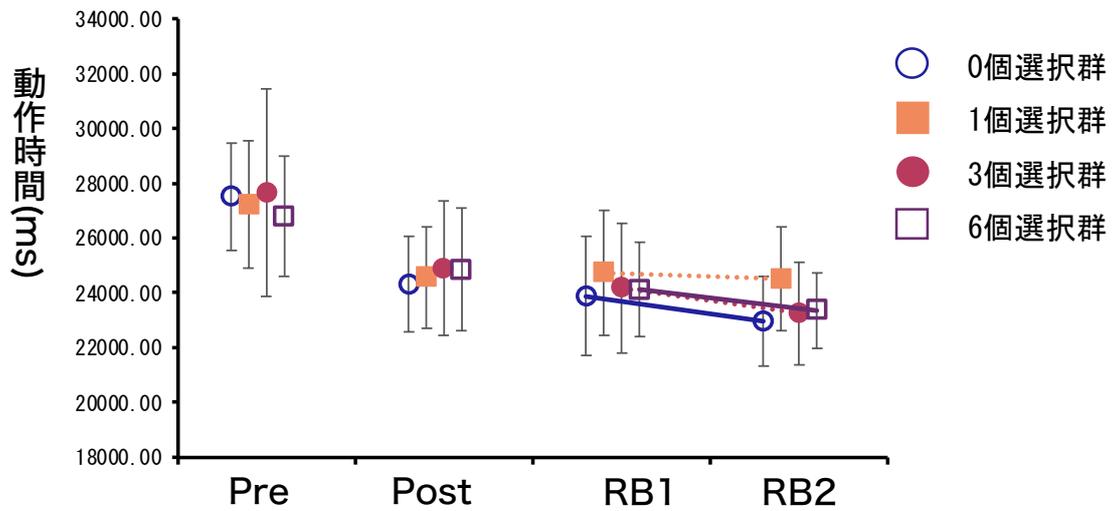


図 4.5 各選択群における平均動作時間の推移

●習得期 (Pre:ANOVA, Post:ANCOVA [共変量=課題従事度])

Pre :  $F(3, 56) = 0.32, p = .814, \eta^2 = 0.02.$

Post :  $F(3, 55) = 0.40, p = .753, \eta^2 = 0.02.$

●保持期 : ANCOVA, 共変量=課題従事度

ブロック :  $F(1, 55) = 4.63, p = .036, \eta_p^2 = 0.08.$

RB1 > RB2.

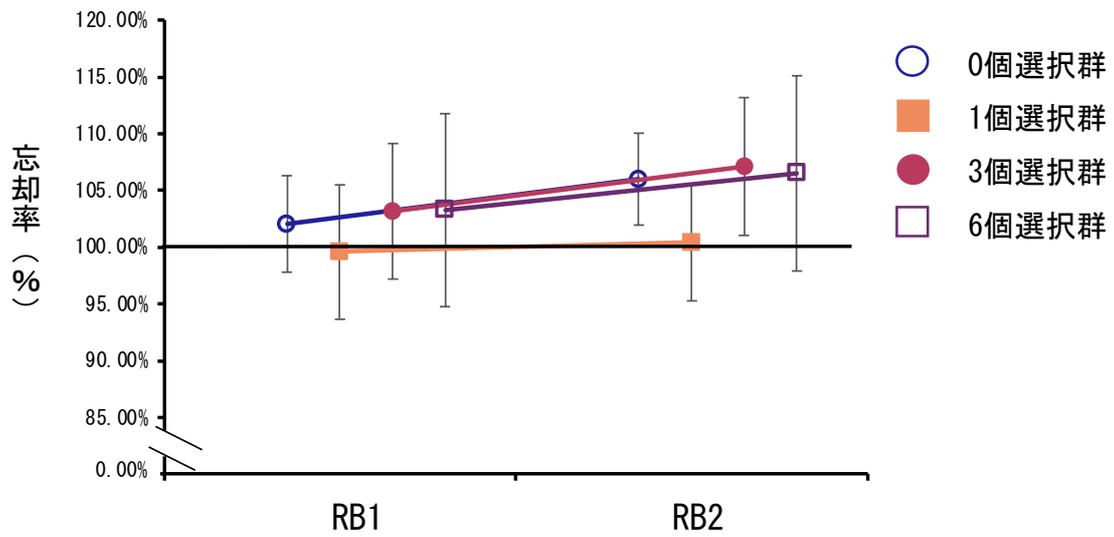


図 4.6 各選択群における Post テストからの忘却率の推移

選択 :  $F(1, 55) = 4.23, p = .084, \eta_p^2 = 0.11.$

ブロック :  $F(1, 55) = 4.23, p = .045, \eta_p^2 = 0.07.$

交互作用 :  $F(3, 55) = 2.07, p = .115, \eta_p^2 = 0.10.$

研究 3-2



図 4.7 課題装置

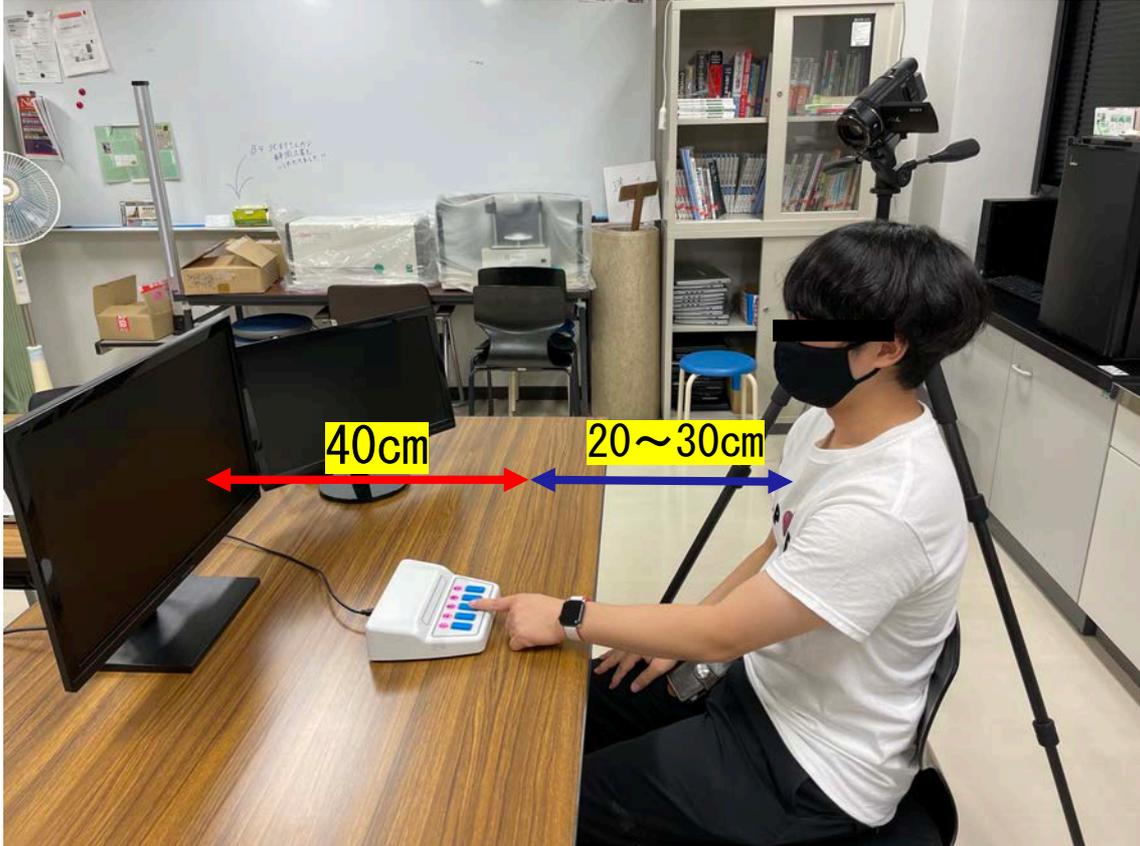


図 4.8 実験装置の配置位置

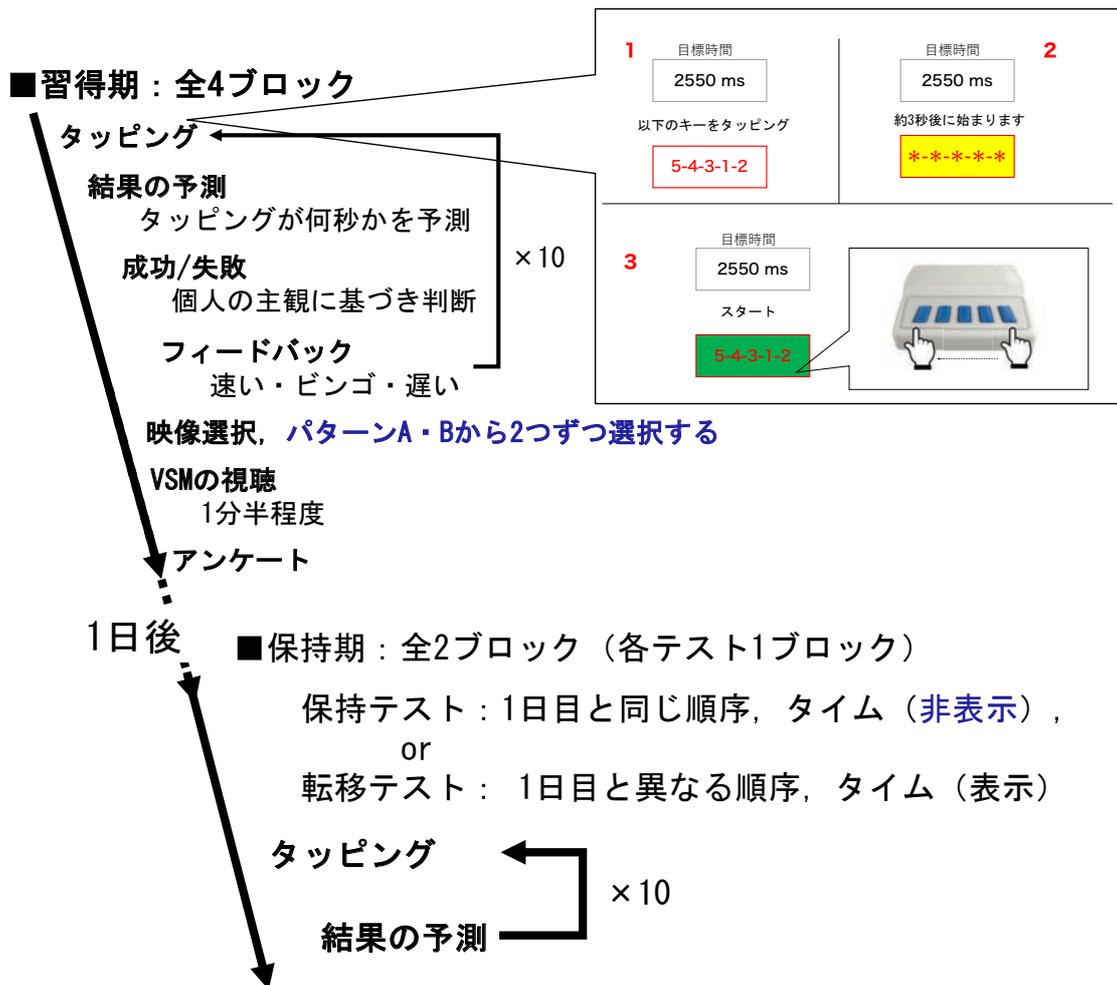


図 4.9 実験手続き

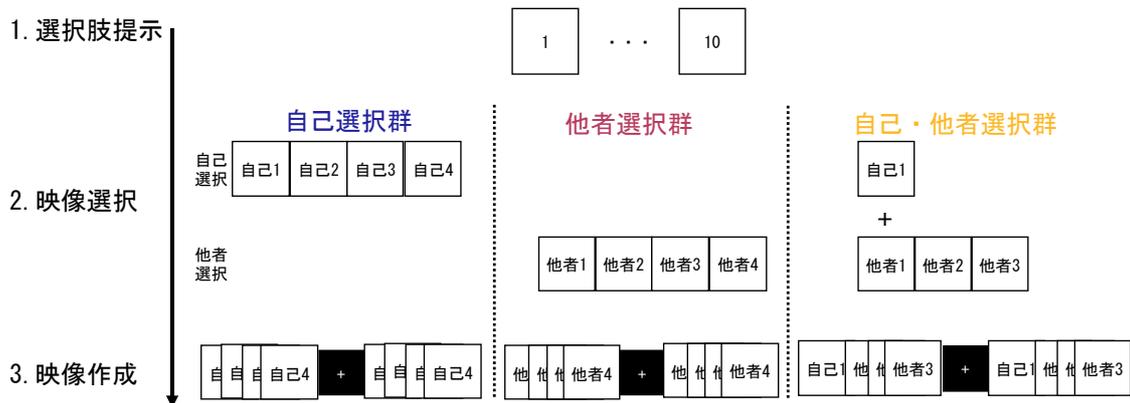


図 4.10 選択群別の VSM 作成方法

参加者に対して、各ブロック内のパフォーマンスの結果を提示し (1)、その中から参加者、または実験者が選択群ごとに「最も成功した」かつ「視聴したいと感じる」映像をパターン A・B から 2 つずつ、計 4 つ選択させた (2)。自己選択群は参加者自身が成功したと感じる映像を 4 つ選択した。他者選択群の場合、実験者がブロック内のパフォーマンス結果をもとに最も成績の良いパフォーマンス映像を 4 つ選定した。そして、自己・他者選択群は参加者自身が最も成功した、視聴したいと感じる映像を 1 つ選択させ、実験者はパフォーマンス結果をもとに 3 つの映像を選定した。そして、選択した映像をもとに 4 つの映像から失敗情報を取り除いた状態で統合し、1 つのタッピング映像を作成し、2 回繰り返して視聴するように VSM を作成した (3)。なお、1 つの映像は 10 秒程度であり、作成した VSM の総再生時間は約 70~80 秒程度であった。

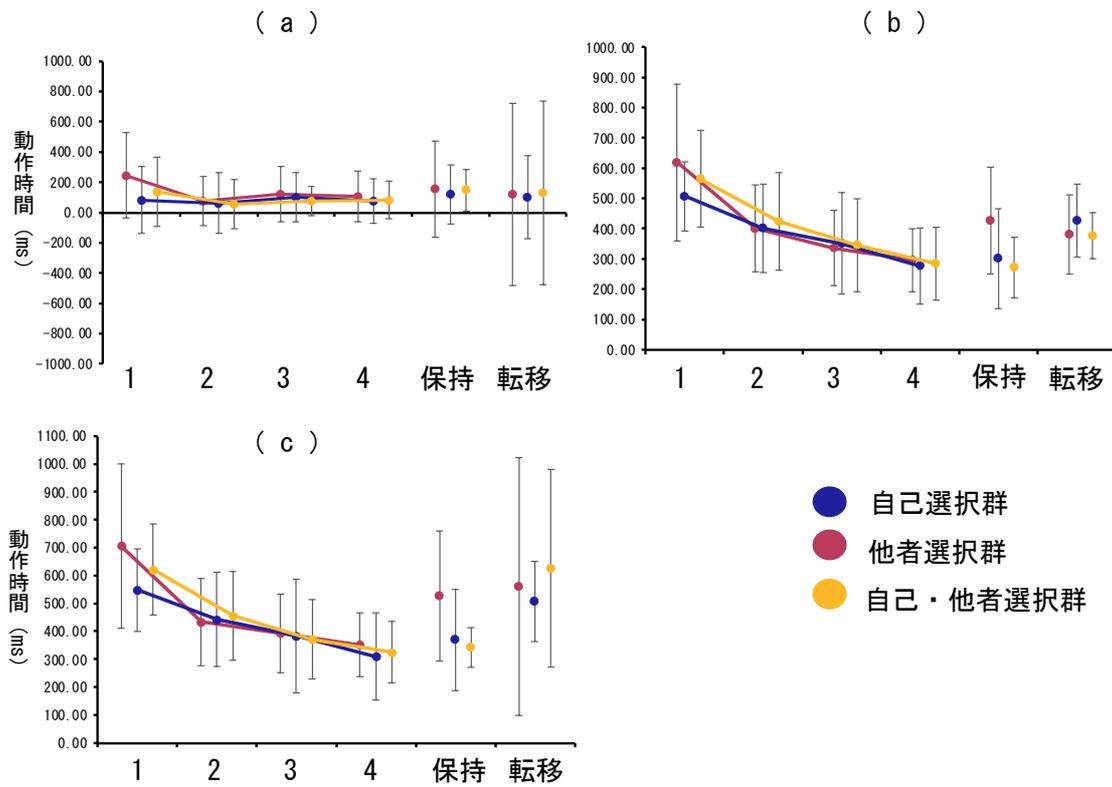


図 4.11 各選択群における運動誤差別の平均動作時間の推移

(a) 恒常誤差[CE],

保持 :  $F(2, 42) = 0.10, p = .909, \eta^2 = 0.01.$

転移 :  $F(2, 42) = 0.01, p = .987, \eta^2 = 0.001.$

(b) 変動誤差[VE],

保持 :  $F(2, 42) = 4.44, p = .018, \eta^2 = 0.18.$

他者 > 自己・他者 ( $p = .023, d = 1.08$ ).

転移 :  $F(2, 42) = 0.93, p = .402, \eta^2 = 0.04.$

(c) 全体誤差[TV]

保持 :  $F(2, 42) = 4.80, p = .013, \eta^2 = 0.19.$

他者 > 自己 ( $p = .036, d = 0.75$ ),

自己・他者 ( $p = .023, d = 1.08$ ).

転移 :  $F(2, 42) = 2.91, p = .065, \eta^2 = 0.12.$

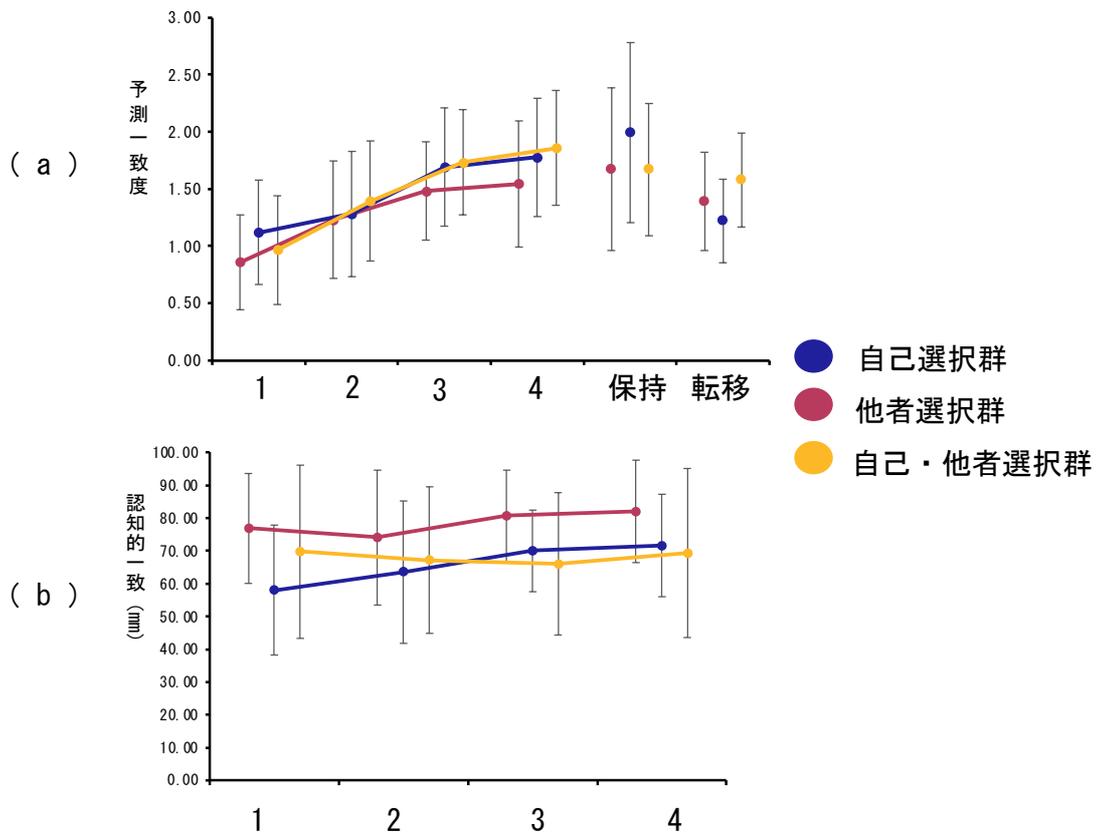


図 4.12 各選択群における認知指標別の平均値の推移

(a) 予測一致度

保持 :  $F(2, 42) = 1.03, p = .365, \eta^2 = 0.05.$

転移 :  $F(2, 42) = 2.91, p = .065, \eta^2 = 0.12.$

(b) 認知的一致

選択 :  $F(2, 42) = 2.72, p = .078, \eta_p^2 = 0.12.$

ブロック :  $F(3, 126) = 2.11, p = .102, \eta_p^2 = 0.05.$

交互作用 :  $F(6, 126) = 1.08, p = .381, \eta_p^2 = 0.05.$

# 総合考察

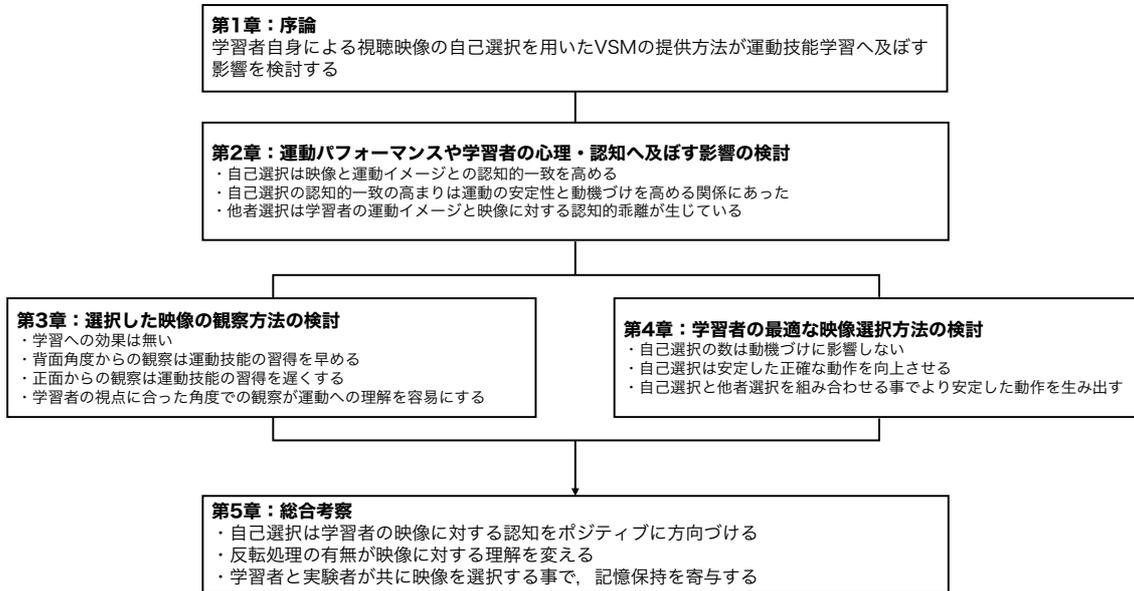


図 5.1 映像選択したビデオ・セルフモデリングにおける  
提供方法の観察効果概要