

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 20 日現在

機関番号：82636

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2012～2013

課題番号：24800092

研究課題名(和文) 感覚支援型の運動イメージを用いた新しいイメージトレーニング法の開発

研究課題名(英文) Influence of somatosensory input on motor imagery

研究代表者

水口 暢章 (Mizuguchi, Nobuaki)

独立行政法人情報通信研究機構・脳情報通信融合研究センター 脳情報通信融合研究室・研究員

研究者番号：80635425

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,800,000円、(間接経費) 540,000円

研究成果の概要(和文)：イメージトレーニングは運動スキル獲得に効果があることが報告されているが、トレーニングの効果のない人も存在する。これはイメージ能力が低いことが原因であると考えられる。本研究では、適切な体性感覚を被験者に与えることで運動イメージ能力が向上することを示唆した。これは、イメージが苦手な人でもイメージトレーニングの効果を高めることを可能にする基礎的な知見であり、リハビリテーションや身体教育に応用が可能である。

研究成果の概要(英文)：Motor imagery practice is useful for the acquisition of motor skills. Holding an object in an appropriate way during motor imagery improved the quality of the imagery. Therefore, motor imagery practice with sensory input can be useful not only in sports, but also for improving performance in patient rehabilitation programs.

研究分野：運動制御

科研費の分科・細目：身体教育学

キーワード：運動イメージ

### 1. 研究開始当初の背景

イメージトレーニングによって運動スキルを向上させる事例が数多く報告されているが、その効果は個人の能力に依存し、必ずしも万人に効果があるわけではない。研究代表者はこれまでに、被験者に対して適切な体性感覚刺激を提供することで道具(物)を用いる運動イメージ中の脳活動(前頭-頭頂領域)や皮質脊髄路の興奮性が高まること機能的磁気共鳴画像法(fMRI)および経頭蓋直流電気刺激法を用いて明らかにしてきた。これらの結果は、適切な体性感覚刺激を与えることによって被験者が道具(物)を扱う運動イメージをより明瞭に想起できるようになったことを示している。しかし、イメージが得意な人や不得意な人に対して体性感覚刺激が運動イメージの鮮明さへ及ぼす影響がどのように異なるかは明らかとなっていない。また、これまでの研究では、物を握るといった非常に単純な動作のみを扱っており、スポーツ動作のように複雑な動作でも同様の結果が得られるかは明らかとなっていない。本研究では、効果的なイメージトレーニング法の開発のために、イメージの得意・不得意に着目して、被験者に体性感覚を与えることがイメージ形成およびイメージトレーニングの効果に及ぼす影響を明らかにすることを目的とした。

### 2. 研究の目的

本研究の1つ目の目的は、運動イメージを描くことが得意・不得意に着目し、体性感覚刺激の提供によって運動イメージを鮮明に行えるようになるかを検証することである。また、スポーツのように複雑な動作への影響を検討するために、テニスのスイングを課題とした。

また、1年目の研究成果および先行研究から、同一被験者であっても運動プログラム形成は試行ごとに一定ではなく、バラツキが生じていることが示唆された。しかし、試行ごとのバラツキがどのような神経メカニズムで生じるかは不明な点が多い。もし、運動イメージを対象に運動プログラムのバラツキを調べようとすると、運動プログラムがどの程度鮮明に、かつ、安定して行われていたかを定量することが困難である。そこでまず、実際の運動のバラツキがなぜ生じるかを調べることで、どのように運動プログラム形成過程がばらついているかを検討することを2つ目の目的とした。

### 3. 研究の方法

#### 実験1

実験1では、適切な体性感覚を被験者に与えることがイメージの鮮明さに及ぼす影響を調べるために、テニスラケットを実際に握ってスイングを行うイメージをした時と何も握らずにスイングを行うイメージをした時の動作開始から終了までの時間を計測し

た。そのイメージ時間と実際のスイングに要した時間の差からイメージの鮮明さを評価した。先行研究から、イメージを鮮明にできる被験者はイメージに費やす時間と実際の動作の時間差が小さいと報告されていることから、時間差が小さいほど鮮明にイメージができていたと評価した。

被験者はテニス経験が2年以上のテニス選手17名(22.1±2.3歳、19-29歳)であった。テニス経験は7.1±3.0年、2-12年であった。イメージ課題は、フォアハンドスイング、バックハンドスイングをそれぞれ行う際に、フォアハンドスイングの握り(図1)、バックハンドスイングの握り(図1)でラケットを持つ条件と何も握らない条件、つまり2スイング条件×3握り条件の6条件であった。各条件、10スイングのイメージを行い、イメージの開始と終了時に被験者が自らフットスイッチを押すことでイメージ時間を計測した。実際のスイング課題ではフォアハンドスイング、バックハンドスイングの2種類のスイングを実際に10回素振りし、その時間をフットスイッチにて計測した。各条件は10スイングにかかる時間を測定し、5回繰り返した。また、各イメージ条件でどれだけ鮮明にイメージできたかを質問紙によって10段階で評価した。

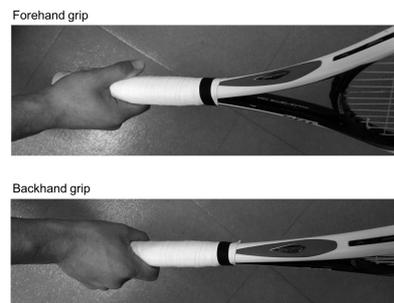


図1 ラケットの握り

#### 実験2

実験2では、一般成人15名を対象に、4cmのボール2つを手のひらでなるべく速く回すボール回し課題を繰り返し行ってもらい、課題遂行中の脳活動を fMRI にて計測した。学習による脳活動の変化の影響をなくすために、被験者は実験前に運動課題を十分に練習し、ボール回し課題のパフォーマンスが上達しないプラトーに達してから行った。fMRIは3TのMRI装置を用いた。課題遂行の安定さは、親指と薬指に装着したMRI対応関節角度計から計算した位相差の標準偏差とした。つまり、課題が安定してうまくいっているときには位相差の標準偏差が小さくなる。脳活動解析では、課題がうまくいっている時とうまくいっていない時に関連する脳活動、つまり



図2 ボール回し課題

位相差の標準偏差の大きさと相関した活動を示す脳領域を調べた。

fMRIはT2\*-weighted echo-planar imagesによって取得し、パラメータは以下の通りであった(64 x 64 matrix; pixel size, 3.0 x 3.0 mm<sup>2</sup>; flip angle, 80°; echo time, 30 msec; TR, 2000 msec; 33 slices; 0-mm interslice gaps)。前処理として、頭部の位置ずれ補正、標準化とスムージングを行った。

#### 4. 研究成果

##### 実験1

実験1では、バックハンドスイングの握りでラケットを握ると、イメージと実際の時間差が小さくなった(図3)。実際の動作とイメージの時間が小さいことは、より鮮明にイメージが想起できていると考えられるため、適切な体性感覚を被験者に与えると、イメージの鮮明さが向上することが示唆された。

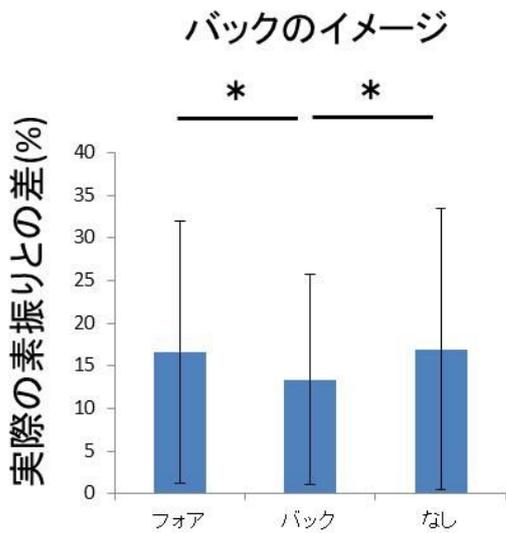


図3 バックハンドスイングのイメージ

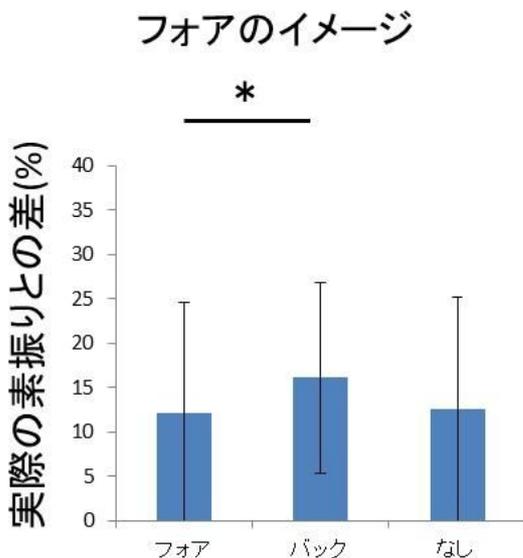


図4 フォアハンドスイングのイメージ

一方、フォアハンドのイメージでは、不一致な握りであるバックハンドスイングの握りをする事で、ラケットを握らない条件よりも実際との差が大きくなる傾向にあったが、一致する握りであるフォアハンドスイングの握りのときには、握りなしと差がなかった(図4)。

図3,4からフォアハンドスイングとバックハンドスイングでは握りの影響が異なることが示唆された。これは、テニスの試合や練習では、フォアハンドスイングの方が多く用いられるためイメージが容易であり、ラケットを握らなくても比較的鮮明なイメージを想起できるため、フォアハンドスイングの際にはラケットを握ったことによる体性感覚の影響は小さいと推察された。むしろ、不一致の握りをしたときには、その鮮明なイメージに干渉し、悪影響が出てしまったと考えられた。

図5は、握り無しでバックハンドスイングのイメージを行った条件と実際との時間差を横軸に、バックハンドの握りをしたときの影響を縦軸にとったものである。この図からわかるように、実際とイメージの時間差が大きい被験者、つまりイメージが不得意な人にとってスイングと一致した握りをする事で実時間との差が小さくなる効果が大きいことが明らかとなった。

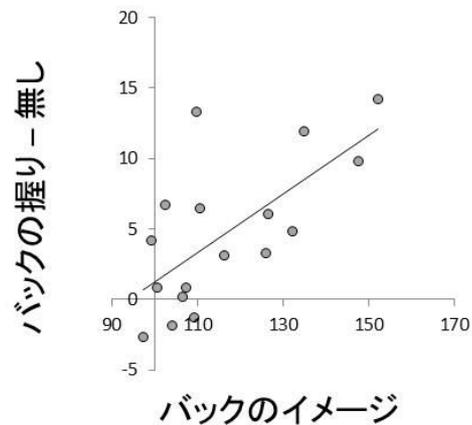


図5 バックの握りの効果とイメージ能力の相関

これらをまとめると、イメージに一致した握りはイメージの鮮明さを改善させる効果があり、この効果はイメージが苦手な人に対して大きいことが示唆された。

図6は質問紙によって求めた主観的なイメージの鮮明さを表している。図3,4で示したイメージ時間の結果と同様な結果が得られている。つまり、主観的にも、バックハンドスイングを一致した握りでイメージを行うとより鮮明にイメージすることができると確認された。また、フォアハンドスイングを不一致な握りで行う場合は鮮明さが落ちることが確認された。

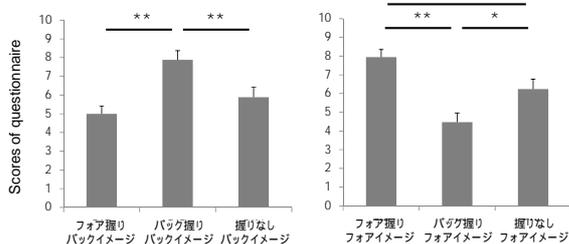


図 6 質問紙によって求めたイメージの鮮明さ (10 は鮮明、0 は不鮮明を表す)

これらの知見は、適切な体性感覚を与えることで、イメージトレーニングの効果を高められることを示唆する。さらに、それはイメージが不得意な人に特に有効である可能性が示された。

### 実験 2

図 7 は 1 人の被験者から得られたボール回し課題のパフォーマンス (位相差の平均値と標準偏差) の典型例を表している。図 6 からわかるように、被験者のパフォーマンスは実験を通してほぼ一定であることから、事前に行った練習によって被験者のパフォーマンスはプラトーに達していたことが確認できた。また、これは全被験者で同様であった。

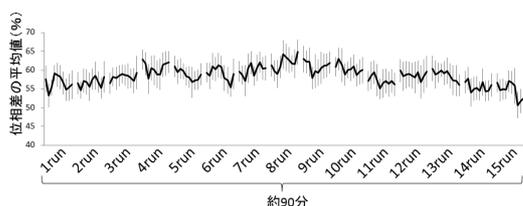


図 7 パフォーマンスの典型例

おおよそ一定なパフォーマンスを発揮していても図 7 のように、位相差の標準偏差が大きい試行と小さい試行がみられ、パフォーマンスはばらついていたことがみてとれる。この位相差の標準偏差の大きさと関連のある脳活動を探した結果、位相差の大きさと右側の背外側前頭前野の活動に負の相関があることが明らかとなった(図 8)。これは、ボール回し課題のパフォーマンスが低くばらついてしまう時に背外側前頭前野の活動が高いことを意味する。

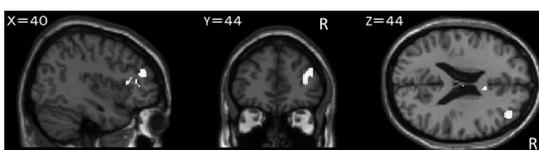


図 8 パフォーマンスと負の相関を示す領域

図 8 で見られた領域は、運動遂行に活動を示す領域ではなかった。したがって、ボール回し課題遂行に直接関与する領域ではない

と考えられた。すなわち、課題に必要な余計な脳活動が生じてしまった時に運動パフォーマンスが悪化する可能性が示された。背側前頭前野は運動プログラムを作ると考えられて運動前野と機能的、解剖学的な結合があることが知られており、背外側前頭前野の過活動が運動前野の活動に干渉したと推察された。つまり、試行ごとに生じる運動のバラツキは、その課題に必要な脳領域の活動が運動プログラム形成過程に干渉し運動バラツキから生まれていると考えられた。

今後の課題として、運動パフォーマンスと脳活動の相関関係を明らかにするだけでなく、因果関係を調べる必要がある。つまり、右側の背外側前頭前野の活動を非侵襲的脳刺激によって高めることで、パフォーマンスが悪化するかを調べる必要があると考えている。

### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 1 件)

Mizuguchi N, Umehara I, Nakata H, Kanosue K (2013) Modulation of corticospinal excitability dependent upon imagined force level, *Exp. Brain Res.*, 230(2) pp243-249. 査読有

〔学会発表〕(計 3 件)

Mizuguchi N, Uehara S, Hirose S, Yamamoto S, Naito E, 「Variability of skillful motor performance is stemmed from variability of neuronal activity in wider range of brain regions recruited during motor execution」, 『Society for Neuroscience』, 273.17, San Diego, USA, (Nov. 10<sup>th</sup>, 2013)

水口暢章, 「運動パフォーマンスのバラツキを生み出す神経機構」, 『第 21 回日本運動生理学会シンポジウム 4、電気生理学を基礎とした運動制御研究の進展』, 2013 年 7 月 28 日

水口暢章, 上原信太郎, 廣瀬智士, 山本真史, 内藤栄一, 「運動スキルのバラツキは広範な運動関連領域の活動変化に由来する」, 『Neuro2013』, P2-1-122, 京都, 2013 年 6 月 21 日

〔その他〕

ホームページ等

<http://cinet.jp/>

### 6. 研究組織

(1)研究代表者

水口 暢章 (Mizuguchi Nobuaki)

(独) 情報通信研究機構・脳情報通信融合

研究センター・脳情報通信融合研究室・研  
究員  
研究者番号：80635425