

令和元年6月25日現在

機関番号：82636

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2016～2018

課題番号：16K12974

研究課題名（和文）視覚障害者アスリートの運動システム可塑性

研究課題名（英文）Motor system plasticity in blind athletes

研究代表者

池上 剛（Tsuyoshi, Ikegami）

国立研究開発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：20588660

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,600,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は、視覚障害者アスリートを対象として、運動システムの可塑的メカニズムを調べた。本研究では、視覚遮断下で歩行や走行などを行う行動実験と経頭蓋磁気刺激（TMS）を用いた脳刺激実験を行った。視覚障害者アスリートは一般視覚障害者や晴眼者に比べて行動実験の成績が高かった。また、足運動中の視覚野にTMS刺激を与えたとき、障害者アスリートは他の2つの被験者群に比べて、足運動がより阻害された。本研究結果は、視覚脱失後の豊富な運動経験によって視覚野が運動生成に関与するよう変化したこと、そして、その神経可塑性が視覚障害者アスリートの高い運動能力を支えている可能性が示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

視覚障害者の運動能力に関しては、これまでは主に体力（筋力や心肺機能，五十嵐，1993）に焦点が当てられてきたが，本研究は制御能力（動作の巧みさ）に着目している点が新しい．よって，本研究は，視覚障害者の身体教育法や，視覚障害者スポーツのトレーニング法の開発に示唆を与え，一般的な視覚障害者のQOL（生活の質）の向上に貢献する．

研究成果の概要（英文）：This study examined a neural plasticity mechanism of the motor system of blind athletes. For this purpose, two types of experiments were performed: behavioral experiments in the absence of vision using locomotive movements (walking and running), and brain stimulation experiments using a transcranial magnetic stimulation (TMS). First, the behavioral experiment revealed that blind athlete participants were superior to non-athlete (averaged) blind and sighted control participants. Next, the TMS experiment showed that TMS stimulations applied to the visual cortices more affected foot movements of the blind athlete participants compared with the other two group participants. These results imply that plenty of motor experiences after loss of vision could change the individual's visual areas to get involved in action production, and this neural plasticity may support the blind athlete's high motor performance.

研究分野：スポーツ科学

キーワード：障害者アスリート 視覚障害 運動システム 可塑性

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

パラリンピック競技のブラインドサッカーでは、全盲の選手がボールに全力で走り向かっていく。視覚遮断された晴眼者は、まっすぐ歩くことすら困難であるのに(Elliot, 1987)、何故ブラインドサッカー選手は自在に走ることができるのだろうか？

網膜からの入力を失い、視覚情報を処理する必要のなくなった盲人の脳の視覚システムは、代わりに他の感覚情報(聴覚・触覚)を処理するようになる(Sadato et al, 1996)。この視覚システムの可塑性によって、視覚障害者はしばしば晴眼者より優れた知覚能力(音源定位・音程弁別・触覚弁別)を獲得する(King, 2015)。一方、視覚脱失に伴い、視覚システムが運動機能を担うようになるかどうかは未だ不明である。

本研究は、これまで見過ごされてきた視覚障害者の運動システムに焦点を当てる。障害者アスリートの高度な運動制御能力は、視覚脱失と豊富な運動経験を通じて、視覚野が運動生成に関わるように可塑的变化を引き起こしたことに起因しているかもしれない。そこで、本研究は、一般視覚障害者と晴眼者との比較を通じて、視覚障害者アスリートの運動能力に関わる脳の可塑性機構を明らかにすることを目的とする。

### 2. 研究の目的

本研究の目的として2つの下位課題を設定した。

視覚障害者と視覚遮断した晴眼者の運動能力を行動学的に定量化する。

視覚障害者アスリートの運動制御に関わる神経機構を明らかにする。

これらの下位課題を遂行し、視覚障害者アスリートの運動能力に関わる可塑性機構を明らかにする。

### 3. 研究の方法

視覚障害者と視覚遮断した晴眼者の移動制御能力を定量化

視覚障害者アスリート、一般視覚障害者、晴眼者の3群を対象として、1)直線運動実験(10mの距離を真っ直ぐに移動)、2)円運動実験(半径1.5mの円を描く)、3)八の字運動実験(半径1.5mの円が二つ並んだ8の字を描く)を行った。それぞれの実験の速度条件として、歩く・遅く走る・早く走る、の3条件を設定した。また、実験中は被験者にイヤホンをしてもらい、外部環境音が聞こえない程度の音量でノイズを聞いてもらうことによって、被験者に聴覚フィードバックを与えなかった。全被験者にアイマスクを装着してもらった。2)と3)の実験の各試行前には、実験者がアイマスクとイヤホンを装着した被験者をガイドして正しい運動軌道を一緒に歩いた。その直後に、被験者は、その運動軌道を再現するように一人で運動する。歩行以外の運動速度条件を設定することで、被験者が単にガイド中に記憶した歩数を再現するだけでは課題が遂行できないように工夫した。

視覚障害者アスリートの運動制御に関わる神経機構

視覚障害者アスリートの視覚システムが運動機能に関与することによって、彼らの高い運動能力が実現されているという仮説を立てた。この仮説検証を目的として、両足運動中の被験者の視覚野に経頭蓋磁気刺激(Transcranial Magnetic Stimulation: TMS)を与え、彼らの下肢運動に影響が出るかどうかを調べた(図1)。

被験者は、両足首を交互に伸展屈曲させる周期運動を、1試行あたり1Hzで約60秒間行った。両足首の伸屈運動は、磁気センサー(Polhemus, Liberty, Burlington, VT, 240 サンプル/秒)によって計測された。運動指標として、運動周期ばらつき(運動周期の変動係数の両足平均値)を評価した。各試行では、視覚野(V1~V5を含む)の14部位のいずれかにランダムなタイミングでTMS刺激(SuperRapid, Magstim, Witland, Wales, single plus, ISI: 平均3秒)が与えられた。視覚障害者アスリート、一般視覚障害者、晴眼者の3群を対象とした。

さらに、同じ被験者の足運動中の脳活動を機能的磁気イメージング(fMRI, Siemens MAGNETOM Trio, A Tim System 3T)によって計測した。TMS実験と同様に、被験者は1Hzで両足首の伸屈運動を行った。データ解析は、SPSSを用いて、前処理後、課題関連活動boxcarモデルを用いた一般線形モデルにより同定した。



図 1: TMS 実験

### 4. 研究成果

視覚障害者と視覚遮断した晴眼者の移動制御能力を定量化

結果、直線運動実験では、速度を変えて難易度をあげても3つの被験者グループに差がなかった。しかし、円運動と八の字運動では、視覚障害者アスリートが、一般視覚障害者と一般晴眼者に比べて高いパフォーマンスを示した。特に、最も難易度が高い、八の字運動課題において、視覚障害者アスリートが、他の2グループに比べてはるかに高いパフォーマンスを示した。

#### 視覚障害者アスリートの運動制御に関わる神経機構

晴眼者にTMS刺激を行った時、閃光知覚などの感覚知覚体験が、いくつかの部位への刺激によって報告されたものの、TMS刺激とSham刺激の間で、両足運動に実質的な差は見られなかった。一方、視覚障害者アスリート群と一般視覚障害者群にTMS刺激を行った時、晴眼者と同じような感覚知覚体験の他に、「足が動かしにくくなった」など、自分の動作に関する体験が報告された。

そして実際に、TMS刺激によって彼らの足運動は乱され、Sham刺激時に比べて、運動周期のばらつきが大きくなっていった。視覚障害者アスリート群では、複数の部位に対するTMS刺激によって運動周期のばらつきがベースライン条件(TMS刺激なし)に比べて大きくなった。また、TMS刺激による運動周期のばらつきへの影響は、視覚障害者アスリート群、一般視覚障害者群、晴眼者の順で大きかった。この結果は、晴眼者に比べて、視覚障害者、特に視覚障害者アスリート群は視覚野TMS刺激により足運動がより強く乱されたことを意味し、視覚障害者アスリートの視覚野が運動機能に関与している可能性を示唆する。

fMRI実験の結果、晴眼者に比べて、視覚障害者群と視覚障害者アスリート群では、運動中の視覚野の活動が安静時に比べて抑制されている傾向があった。各被験者において、各TMS刺激部位における足運動への影響と、その刺激部位に対応するfMRI脳活動の間の関係を調べたが、実質的な影響は観察されなかった。

、の研究結果より、視覚脱失後の豊富な運動経験によって視覚野が運動生成に関与するよう変化したこと、そして、その神経可塑性が視覚障害者アスリートの高い運動能力を支えている可能性が示唆された。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 0 件)

〔学会発表〕(計 2 件)

池上剛、平島雅也、山本健太、内藤栄一、廣瀬智士、障害者アスリート視覚野の運動機能：TMS 研究、第 11 回 Motor Control 研究会、2017 年

池上剛、平島雅也、内藤栄一、廣瀬智士、障害者アスリート視覚野の運動機能：TMS 研究、第 12 回 Motor Control 研究会、2018 年

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

○出願状況(計 0 件)

○取得状況(計 0 件)

〔その他〕

ホームページ等：なし

## 6. 研究組織

### (1)研究分担者

研究分担者氏名：廣瀬 智士

ローマ字氏名：Hirose Satoshi

所属研究機関名：国立研究開発法人情報通信研究機構

部局名：脳情報通信融合研究センター脳情報通信融合研究室

職名：研究員

研究者番号(8桁): 70590058

### (2)研究協力者

研究協力者氏名：内藤 栄一

ローマ字氏名：Naito Eiichi

研究協力者氏名：平島雅也

ローマ字氏名：Hirashima Masaya

※科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。