

## アスリートの脳—身体の配線構造

牛山潤一（環境情報学部・准教授）

### 1. 助成額

720,000 円

### 2. 研究の背景

体操競技では、競技者はあたかもサルのごとく、“上肢”を“前肢”のごとく使いながら、全身のバランスをとり、演技する。こうした超人的な身体操作能力の獲得の背景には、どのような神経基盤があるのであろうか？ ヒトの運動神経系は、進化の過程で上肢筋群の運動制御を対側の運動皮質に一本化（＝対側性支配）することで、上肢運動の左右独立性や巧緻性を獲得したとされるが（Lemon, *Ann Rev Neurosci* 2008），器械運動のような上肢による全身のバランス制御を実現するためには、下肢のように左右肢が互いに干渉しあうようなシステムが必要なはずである。とくに肩周りの近位筋については、解剖学的には同側経路が残存している、という説もある。本研究は、「体操競技選手のサルのような上肢による全身のバランス制御能力は、進化の過程でマスクされた、運動皮質-上肢筋（とくに上肢近位筋）間の同側経路の再賦活化（＝アンマスキング）によって実現されているのではないか」、という学術的「問い」に対し、神経科学的手法とスポーツ科学的な競技力評価を融合してこれを検証するものである。

### 3. 取り組み

上述のような背景のもと、本年度は、

#### (1) 上肢筋群と運動皮質の“構造的”結合性

- 対側・同側運動皮質をそれぞれ経頭蓋磁気刺激（Transcranial Magnetic Stimulation, TMS）（図1）
- 左右上肢のさまざまな筋群より誘発筋電図反応を取得
- 25名を対象にデータ収集
- 一般健常者と体操選手データと比較

#### (2) 上肢筋群と運動皮質の“機能的”結合性（予備実験）

- 運動皮質近傍より脳波を、左右上肢の複数の筋より筋電図を導出
- 個々の筋の持続的筋収縮課題（背面支持など）中の脳波筋電図コヒーレンスを評価
- 5名を対象に予備実験を実施

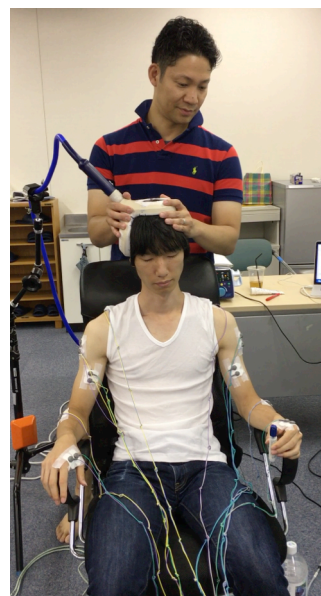


図1：実験風景

- 2018年以降の本実験に向けた実験プロトコルの策定・解析プログラムの実装

以上の2点に取り組んだ。

#### 4. 成果の概要

##### (1) 上肢筋群と運動皮質の“構造的”結合性

- 8名の体操競技選手のうち4名より、刺激皮質と対側のみならず、同側の近位上肢筋からも不随意筋活動が観察された(図2)。
- ヒアリングの結果、あん馬やつり輪の競技力の高い選手にその傾向が強いことが示唆された。
- 一般健常者については、大半の被験者においては教科書通りの対側反応しか検出されなかった(図3)。しかし、そのなかにも、同様の同側応答がみられる被験者が数名いた。

##### (2) 上肢筋群と運動皮質の“機能的”結合性(予備実験)

- 実験(1)において同側反応がみられた1名の被験者において、運動皮質と対側のみならず、同側の上肢近位筋とのあいだにおいても有意な脳波筋電図コヒーレンスが観察された。
- すべての被験者において、運動皮質と上肢遠位筋との間の脳波筋電図コヒーレンスは、対側にしか観察されなかった。

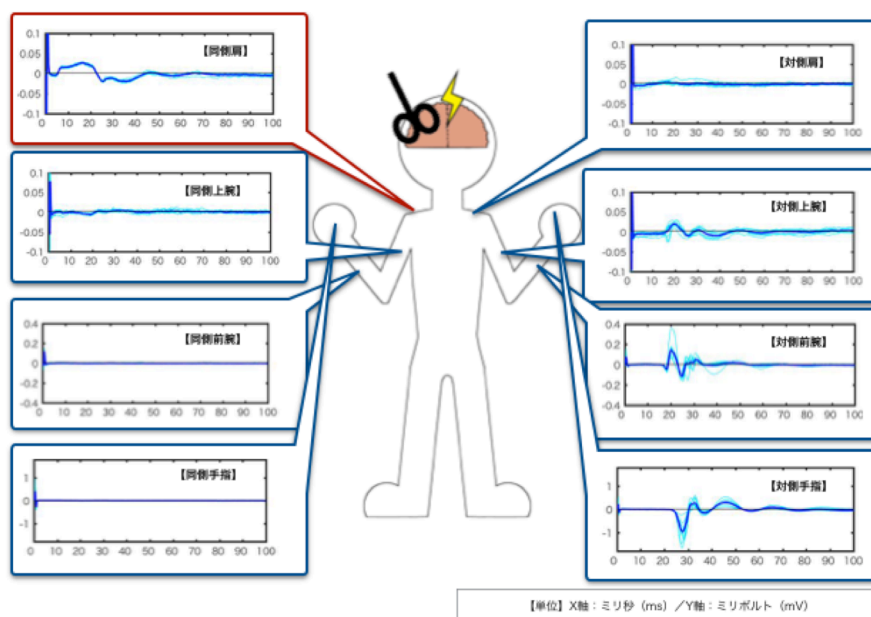


図2 : TMS 実験結果 (同側応答がみられた体操競技選手1名の代表例)

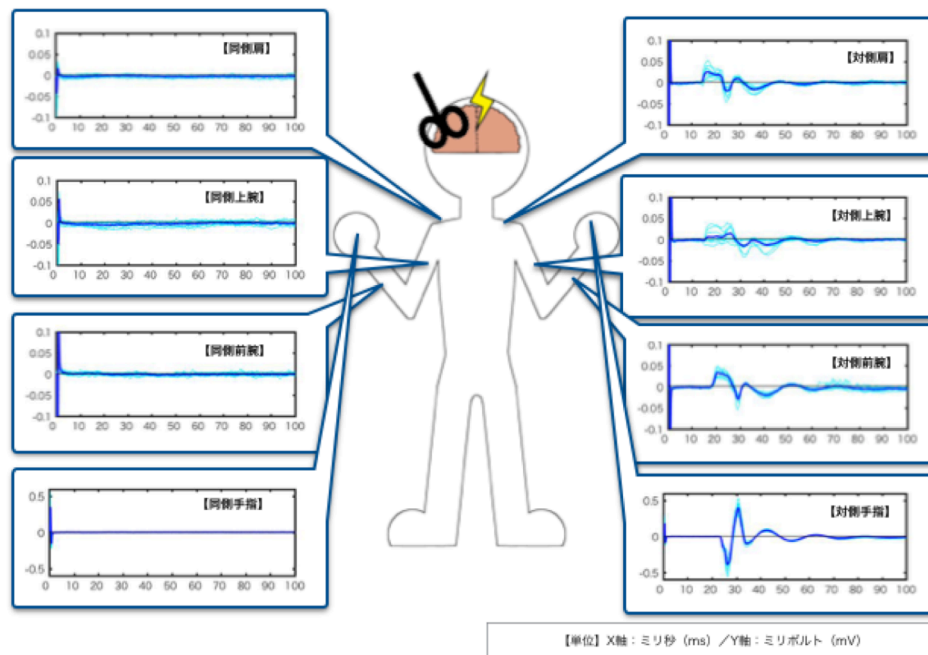


図3：TMS 実験結果（同側応答がみられない一般健常者1名の代表例）

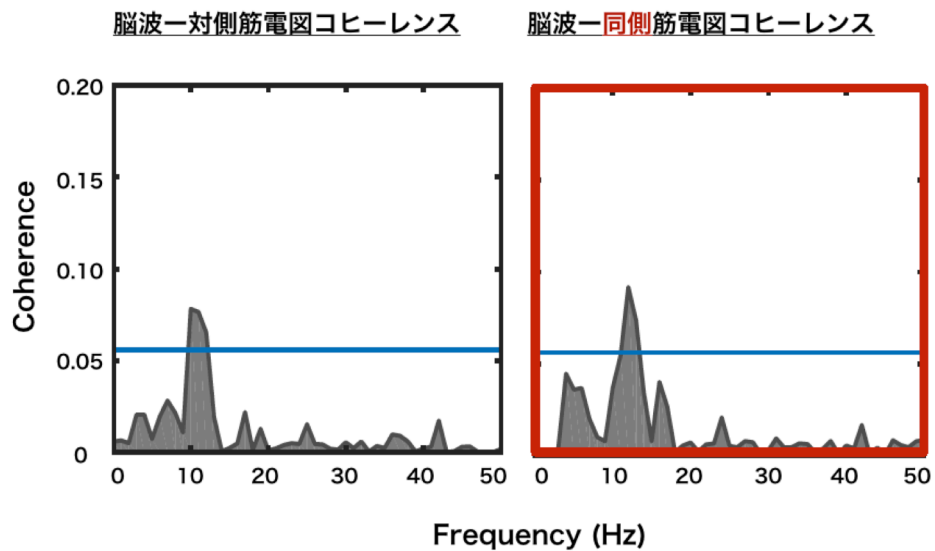


図4：脳波筋電図コヒーレンス実験結果（対側・同側双方の上肢近位筋の筋電図と脳波の間に有意なコヒーレンスが得られた体操競技選手1名の代表例）

## 5. 今後の課題

当初、10名程度を対象とした実験では健常被験者内には TMS 実験による同側応答は観察されなかったものの、実験を重ねるにつれ、一般健常者内にも一定割合の被験者から同側応答が検出された。今後、50-100名を対象にした多人数計測を実施し、被験者の運動歴などとの関連性を検討しながら、同側皮質脊髄路の残存に関わる先天的・後天的要因を整理していく。脳波筋電図コヒーレンス実験については、TMS 実験での同側反応の有無を基準として、解剖学的にこの経路をもっている被験者がこれを随意筋収縮中に使っているのかの検討をさらに深めていく。同時に、課題依存性についても検証するために、体操競技により近い上肢によるバランス保持動作中の計測も加えていく予定である。