

# Primary Motor Cortex Activation during Action Observation of Tasks at Different Video Speeds

異なる再生速度による課題の運動観察中における大脳皮質運動野の活性化

長崎大学大学院医歯薬学総合研究科医療科学専攻 森内 剛史

## 【 目 的 】

Mirror Neuron System (MNS) は、他者の動作を運動観察した際に、その動作に対応した自分自身の脳領域が活性化されるシステムである。MNS の活性化は観察した動作と関連のある運動表象の再活性化をもたらすことから、リハビリテーションツールとしての応用が期待されている (Ertelt et al., 2007 ; Jaywant et al., 2016)。これまで f-MRI を用いた脳イメージング研究では、MNS を構成している領域に含まれている腹側運動前野 (PMv) や下頭頂小葉 (IPL) は観察した運動関連要素の理解に対して強く関連しており、MNS の活性化は運動の要素を認識しているかによってダイナミックに調整されることが報告されている (Ogawa and Inui, 2012)。しかしながら、一部の運動競技にてビデオ判定が導入されている様に、人の運動観察能力には限界があり素早く複雑な運動の場合には、その運動の要素の認識は不十分である可能性がある。したがって、運動観察中における MNS の活性化は、提示する映像の再生速度によっても異なる可能性がある。一方、経頭蓋磁気刺激法 (TMS) を用いた研究により、運動観察中には MNS と関連して大脳皮質運動野 (M1) の興奮性が、安静時と比較して筋特異的に増大することが報告されている (Fadiga et al., 1995)。

本研究の目的は、TMS によって誘発した運動誘発電位 (MEP) を指標として、提示する映像の再生速度が MNS に関連した運動観察中の M1 の活性化にどのような影響を与えるかを明らかにすることである。

## 【 研究 1 】

(方法) 対象は、神経生理学的疾患の既往のない健常成人 18 名とした。運動観察させる課題には、素早い動作の運動課題として、“正面にいる他のモデルから下手投げで投げられたボールをモデルが右手でキャッチする”動作を採用した (図 1)。再生速度の異なる条件における運動観察中の M1 の興奮性を比較検討するために、3 つの異なる再生速度条件 (NORMAL : 1 倍速, HALF : 1/2 倍速, QUARTER : 1/4 倍速) で再生された映像を観察している際に TMS を与え、母指球筋 (TH) と小指外転筋 (ADM) より MEP の計測を行った。実験は、運動観察条件の前に、安静時における MEP を計測した (Control 条件)。続いて、全被験者に対して「映像に映し出される手に注目して動作を観察してください」と説明した後、3 つの異なる再生速度条件で刺激映像を提示した。1 回の刺激映像の提示につき TMS は 1 回とし、映像提示を繰り返すことで各再生速度条件において、2 か所のタイミングでそれぞれ MEP を導出した。本研究においては、再生速度条件の順番に関しては、実験者がランダムになるように設定を行い、再生速度やトリガーのタイミングのランダム化に関しては、Lab View (National Instruments, USA) にて作成したプログラムを用いてコントロールした。記録された MEP は振幅 (peak to peak) を計測し、Control 条件の MEP 振幅を基準に相対値化し、条件間で比較検討を行った。



図 1 研究 1 に用いた運動課題映像の流れと TMS のタイミング

【結果】図2に、各筋における各条件における MEP 振幅の平均値を示す。「再生速度」を主要因とした1元配置分散分析を行った結果、両筋ともに主効果が認められ、事後検定により、THでは、NORMALとQUARTER間で、ADMでは、NORMALとHALF、ならびに、NORMALとQUARTERの間で有意差が認められ、再生速度が遅い条件でMEP振幅の増大が認められた。

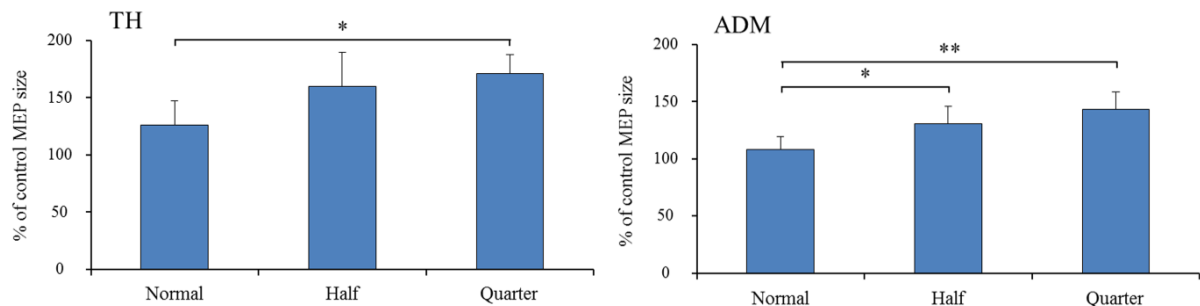


図2 研究1における MEP 振幅の平均値

## 【研究2】

【方法】対象は、神経生理学的疾患の既往のない健常成人24名（実験1；12名，実験2；12名）とした。研究1における結果を踏まえ、研究2では、素早い動作：正面から投げられたボールをキャッチする動作（実験1）とゆっくりとした動作：ボールに手を伸ばして持ち上げる動作（実験2）の2つの課題を、異なる映像再生速度（SLOW：1/2倍速，NORMAL：1倍速，FAST：2倍速）で運動観察させ、再生速度の違いがM1の興奮性に与える影響について総合的に検討した（図3）。全被験者に対して「映像に映し出される手に注目して動作を観察してください」と説明した後、3つの異なる再生速度条件で刺激映像を提示した。1回の刺激映像の提示につきTMSは1回とし、映像提示を繰り返すことで各再生速度条件において、2か所のタイミングでそれぞれMEPを導出した。被験筋は、第一背側骨間筋（FDI）と小指外転筋（ADM）とした。

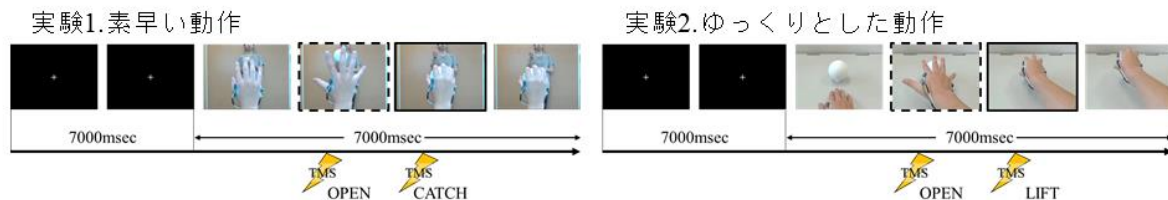


図3 研究2に用いた運動課題映像の流れとTMSのタイミング

(結果) 素早い動作課題において、「再生速度」、「筋肉」、「刺激のタイミング」を主要因とした3元配置分散分析を行った結果、「再生速度」と「筋肉」の間に有意な交互作用が認められ、事後検定にて、ADMにのみ、SLOWとNORMAL、SLOWとFASTの間で有意差が認められた。また、ADMのSLOWとFDIのSLOWの間においても有意差が認められ、ADMにおいて筋特異的な活性化が認められた(図4)。一方、ゆっくりとした動作においても3元配置分散分析を行ったが、有意な主効果ならび交互作用は認められなかった(図5)。

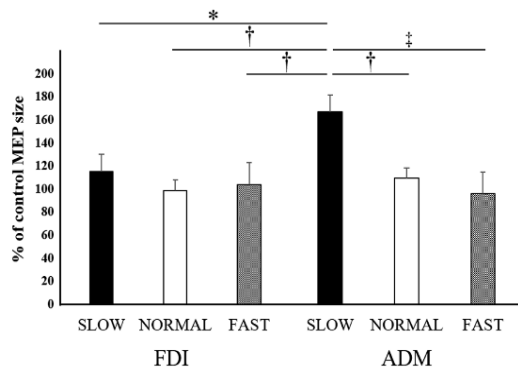


図4 研究2: 素早い動作における

【考察】MEP振幅の平均値

研究1,2より、素早い動作の課題では再生速度を遅くすることで運動観察中のMEPは筋特異的に増大するが、ゆっくりとした動作課題では再生速度の影響を受けないことが明らかとなった。また、その影響は支配筋肉で異なることが示唆された。この素早い動作課題でのみ再生速度を遅くするとMEPがより増大することについては、再生速度が遅くなることで、肉眼では認識できなかった運動の要素等について認識が高まることでMNSがより活性化することが影響しているものと推察された。また、FDIにおいて再生速度の影響を受けなかったことについては筋の機能の違いによるものと推察された。

本研究は、MEPを指標としてM1の興奮性変化を調査することにより間接的にMNSの活性化を検討したものであり、今後は直接的なMNS領域の活性化についても検討すべきと考える。本研究の成果は、リハビリテーション領域への運動観察の効果的応用方法の検討に寄与するものとする。

### 【基礎となった学術論文】

1. Moriuchi T, Iso N, Sagari A, Ogahara K, Kitajima E, Tanaka K, Tabira T and Higashi T : Excitability of the Primary Motor Cortex Increases More Strongly with Slow- than with Normal-Speed Presentation of Actions. *PLoS One*, 9 (12), e114355 (2014).
2. Moriuchi T, Matsuda D, Nakamura J, Matsuo T, Nakashima A, Nishi K, Fujiwara K, Iso N, Nakane H and Higashi T : Primary Motor Cortex Activation during Action Observation of Tasks at Different Video Speeds Is Dependent on Movement Task and Muscle Properties. *Frontiers in Human Neuroscience*, 11 (10), 1-10 (2017).

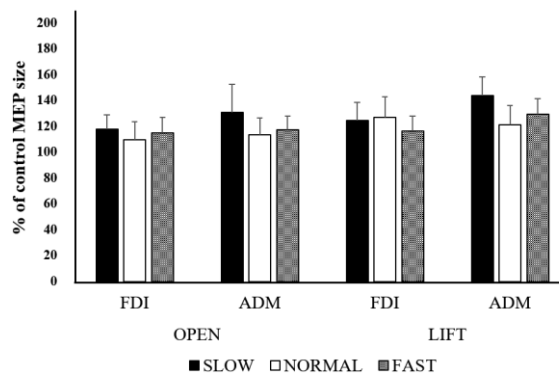


図5 研究2: ゆっくりとした動作における

MEP振幅の平均値