

Cortico-cortical coupling of neural oscillations
underlying human sensorimotor control

February 2023

Seitaro Iwama

報告番号	○甲	乙 第	号	氏 名	岩間 清太朗
主 論 文 題 名 : Cortico-cortical coupling of neural oscillations underlying human sensorimotor control (ヒトの感覚運動制御を支える大脳皮質間の律動的結合)					
(内容の要旨)					
<p>ヒトの巧緻な運動は複数の神経領域が情報伝達により筋出力を調整することで実現する。随意的な筋活動の出力を担う皮質脊髄路は大脳皮質体性感覚運動野 (Sensorimotor cortex, SM1) に起始し筋へと到達する。その興奮性制御に関与する神経機構の一つに両側半球の活動を互いに抑制する半球間抑制があるが、自然環境下での随意運動に半球間の相互作用が時空間的にどのような関与を示すかは明らかではない。</p> <p>SM1 近傍の頭皮上に貼付した電極から取得される頭皮脳波には、その興奮性を反映する成分である感覚運動リズムが含まれる。高密度頭皮脳波計を用いて全頭から頭皮脳波を多点計測し、運動内容や運動成績を反映する脳波特徴量を同定することで、上肢運動遂行中の巨視的な神経律動が示す時空間的な脳情報表現について検討した。</p> <p>第一章は序論である。まず、ヒトの運動制御や適応を評価するための行動学的な手法について概説した。次に、感覚運動制御に関連する神経基質について説明し、これらが示す脳情報表現について述べた。最後に、巨視的な神経細胞群の活動が示す脳律動に関するこれまでの知見について解説し、本研究の目的を述べた。</p> <p>第二章では、一側上肢運動遂行中の頭皮脳波信号から筋出力パターンを推定することを目的に、高密度頭皮脳波計を用いて健常成人 19 名を対象に運動課題中の脳波信号および随意筋電図を計測した。運動実行中に計測した頭皮脳波に対して学習した機械学習分類器に対する解析により、運動の有無の推定には運動手と対側半球の SM1 が、遂行中の運動の内容の推定には同側の SM1 がそれぞれ貢献することを見出した。ヒトの遠位筋は主に対側半球 SM1 に起始する皮質脊髄路を介した運動出力が支配的であることから、筋出力の調整に関与する半球間の神経修飾作用が頭皮脳波上に表現されていることを示唆した。</p> <p>第三章では、感覚運動リズムが半球間相互作用に関する脳情報を反映していることを検証するために、逆位相の両手指タップ課題を遂行中の頭皮脳波と運動成績の関連について、健常成人 62 名を対象に検討した。運動開始前の半球間の機能的結合性が運動成績に関連するかを検証した結果、運動開始前の感覚運動リズムの位相同期性と逆位相の両手指タップ課題の持続時間は負に相関することを認めた。逆位相運動は半球間の運動指令の干渉により自発的に順位相に転移するため、半球間の相互作用が低い条件で、逆位相運動の持続時間が延伸した実験結果は仮説を支持する。</p> <p>第四章は、結論である。本研究の成果を総括し、今後の展望と課題を述べている。</p>					

Thesis Abstract

No. _____

Registration Number	<input checked="" type="checkbox"/> "KOU" <input type="checkbox"/> "OTSU"	Name	Seitaro Iwama
	No. _____ <small>*Office use only</small>		
Thesis Title			
Cortico-cortical coupling of neural oscillations underlying human sensorimotor control			
Thesis Summary			
<p>Information processing among multiple neural regions play a critical role to achieve human fine motor skills by coordinating muscle output. The corticospinal tract, a neural pathway for voluntary muscle output, originates in the somatosensory motor cortex (SM1) and reaches muscles. One of the neural mechanisms involved in the control of SM1 excitability is interhemispheric inhibition. However, it is not clear how the interhemispheric interaction is spatiotemporally involved in voluntary movements under naturalistic conditions.</p> <p>Scalp electroencephalograms (EEG) acquired from electrodes around SM1 contains sensorimotor rhythm, a component that reflects SM1 excitability. Here, the author investigated the spatiotemporal representation of human sensorimotor control in macroscopic neural rhythms during the execution of upper limb movements using a high-density scalp EEG.</p> <p>Chapter 1 is an introduction section. First, behavioral methods for investigating human motor control and adaptation are outlined. Next, the neural substrates associated with sensorimotor control are described and the neural representation of motor information they exhibit are discussed. Finally, previous findings on neural oscillations reflecting the activity of macroscopic neuronal populations and the purpose of this study are described.</p> <p>In Chapter 2, we measured EEG signals and voluntary electromyograms during an exercise task in 19 healthy adults using a high-density scalp electroencephalograph to estimate muscle contraction patterns from scalp EEG signals. By analyzing the machine-learning classifier trained on the scalp EEG measured during exercise, we found that SM1 in the contralateral hemisphere to the motor hand contributed to detection of the presence of movement, and those in the ipsilateral contributed to the estimation of the content of the movement.</p> <p>In Chapter 3, to verify that sensorimotor rhythms reflect neural information about interhemispheric interactions, we examined the relationship between pre-movement sensorimotor interaction and motor performance in 62 healthy adults while performing an antiphase bimanual finger-tapping task. First, we tested whether interhemispheric phase synchrony prior to movement is related to motor performance. We found that pre-movement phase synchrony of sensorimotor rhythms was negatively correlated with the duration of an anti-phase bimanual finger-tapping task.</p> <p>Chapter 4 is the conclusion. It summarizes the results and limitation of this study and describes future prospects and challenges.</p>			