

運動中枢の解剖学的近接度と機能の相互干渉に関する研究

山下陽一郎 (中京大学大学院体育学研究科体力学講座)

指導教授 山本高司
朝比奈一男The Relationship between Anatomical Distance in Motor Cortex
and Functional Interference during Voluntary Movement

Yoichiro YAMASHITA

Abstract

Functional localization of the motor cortex has been already noted, and voluntary movement is started by exciting the motor cortex. Naturally, it is expected that each movement at two portions of the body is interfered strongly, if several motor centers which are near each other are excited simultaneously.

The purpose of this study is to investigate the relationship between the anatomical distance of the motor cortex and the functional interference during voluntary movement in 10 right- and 12 left-handed students. The test required the subjects to tap by bilateral movements combined index finger with middle finger in each hand and combined each hand with each foot. In addition, single movement at eight parts in body was compared with paired movements as control experiment.

The results were as follows:

- 1) Mean interval time of paired tapping movement is larger than that of single tapping movement.
- 2) Mean interval time of paired tapping movement in left-handedness is larger than in right-handedness.
- 3) The nearer the anatomical distance is, the stronger the functional interference of each movement at two portions of the body is.
- 4) The relationship between anatomical distance (X) in motor centers and functional interference (Y) was expressed as regression lines of;

$$Y = -0.211X + 27.333, r = -0.7109 (p < 0.001) \text{ in right-handedness and}$$
$$Y = -0.237X + 38.428, r = -0.8840 (p < 0.001) \text{ in left-handedness.}$$

1. 緒言

大脳皮質運動野の機能局在はすでに知られている。ヒトの随意運動は、動作に関与する運動中枢の興奮が特定の効果器（筋）に伝達されて発現す

る。この時、異なる2つの筋への興奮性出力の分布は多峰性を示しながら重複し合うことが示唆されている。つまり、複数の筋群への運動野からの興奮性出力は、混在する部位から重複して発せら

れるのである。このことから、興奮の重なり合いが存在することが十分考えられる。特に、運動中枢が解剖学的に近接している身体2部位の同時動作では、興奮の重なり合いの結果、動きに強い相互干渉の起こることが予想される。

そこで本研究では、身体各部位の中で手の人差し指と中指および手と足に注目し、これらの部位の組合せによる相互干渉度をタッピング動作によって求めた。さらに、ヒトの運動野の機能局在を示す図から運動中枢間の距離の近接度を求めた。そしてこの両者をつき合せ、運動中枢の解剖学的近接度と機能の相互干渉との関係を明らかにしようとした。

2. 方法

被検者は、中京大学体育学部男子学生の中から選出した右利き10名、左利き12名の合計22名であった。各被検者は、左右の手の人差し指と中指の組合せ、左右の手と足の組合せについて、2部位同時に異なるリズムでタッピング動作を行なった。得られたデータから、Main側とInterference側（干渉側）の2部位のうち、Main側の平均インターバル・タイムを求めた。さらに、コントロールとして各8部位の単独タッピング動作を行なった。これも平均インターバル・タイムを求めた。試行時間は15秒とし、最初の10秒間のデータ採用した。また、組合せ、単独のタッピング動作ともに無作為な順序で行なった。

2部位の組合せタッピング動作によって生じる干渉をみるために、次式から相互干渉度を求めた。

$$\text{相互干渉度(\%)} = \frac{(\text{MITp} - \text{MITc})}{\text{MITc}} \times 100 \dots (A)$$

ただし

MITp: Mean interval time of paired tapping movement.

組合せのタッピング動作の平均インターバル・タイム

MITc: Mean interval time of control tapping movement.

コントロールの平均インターバル・タイム

運動中枢間の解剖学的近接度を示す指標として距離率を求めた。これは、Penfieldらの前額断面図を用いて行なった。この前額断面図が実際の脳とほぼ近似的に描かれていることは前もって確認してある。そして、左右の脳の間の幅および大脳縦裂の深さを求め、距離率を算出した。具体的な距離率の求め方は以下のものである。

- 1) 前額断面図の大脳皮質表面に沿って、各運動中枢間の距離を測定する。
- 2) 測定結果から、同側の手の人差し指と中指の間の距離を基準値(=1)とし、その時の各組合せにおける距離が何倍になるかを計算する。

以上によって得られた倍率を距離率として表わした。

3. 結果

各組合せの平均インターバル・タイムは、右利

表1 タッピング動作の組合せ

M	I	M	I
1, R 2-R 3		13, RH-LH	
2, R 2-L 2		14, RH-RF	
3, R 2-L 3		15, RH-LF	
4, R 3-L 2		16, LH-RF	
5, R 3-L 3		17, LH-LF	
6, R 3-R 2		18, LH-RH	
7, L 2-L 3		19, RF-LF	
8, L 2-R 2		20, RF-RH	
9, L 2-R 3		21, RF-LH	
10, L 3-R 2		22, LF-RH	
11, L 3-R 3		23, LF-LH	
11, L 3-L 2		24, LF-RF	

M: MAIN TAPPING

I: INTERFERENCE TAPPING

R 2: RIGHT FOREFINGER

R 3: RIGHT MIDDLE FINGER

L 2: LEFT FOREFINGER

L 3: LEFT MIDDLE FINGER

RH: RIGHT HAND

LH: LEFT HAND

RF: RIGHT FOOT

LF: LEFT FOOT

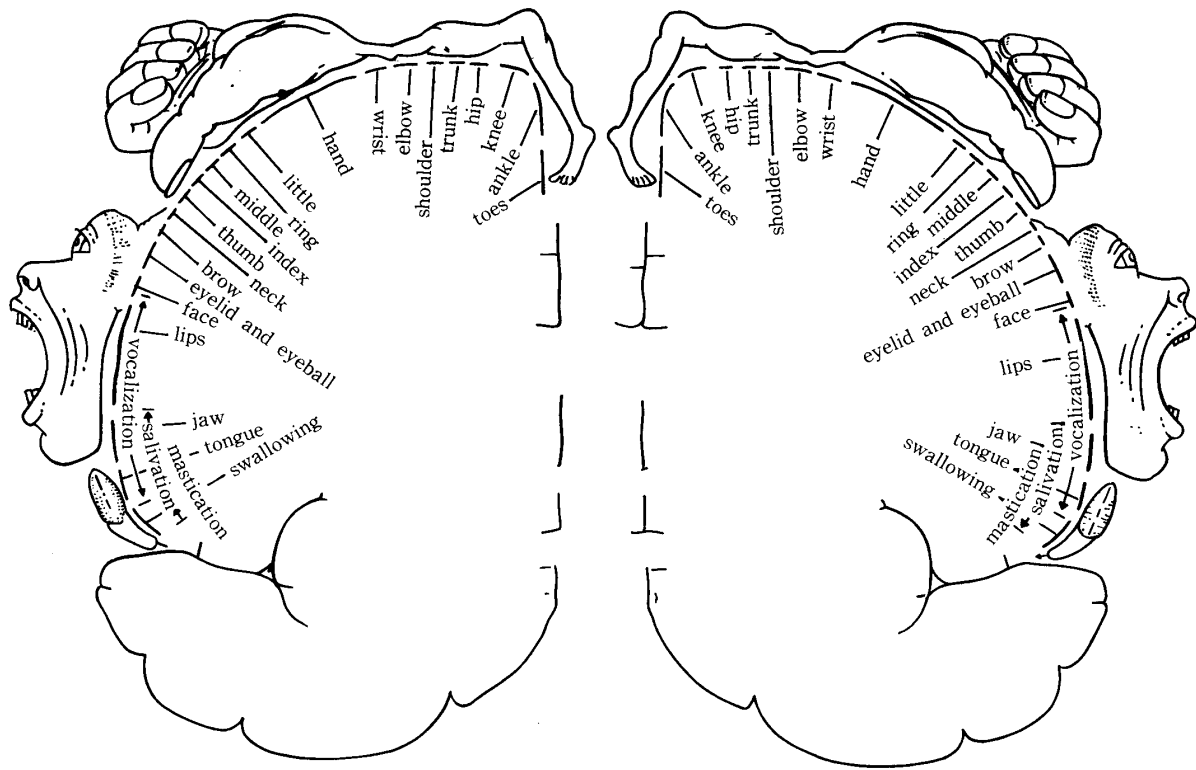
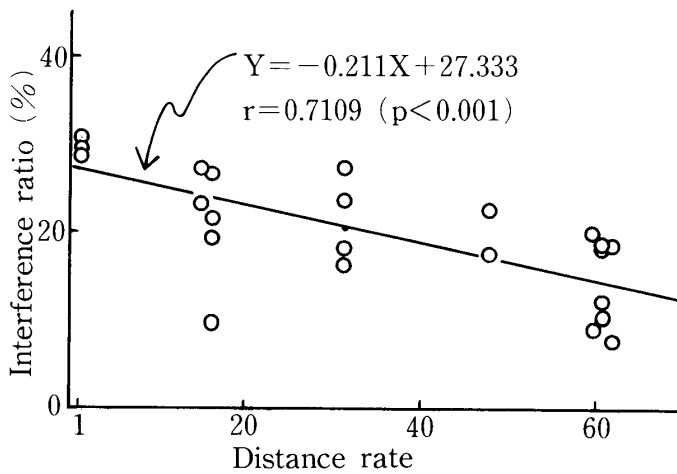


図1 ヒトの運動野の機能局在を示す前額断面図

き群、左利き群ともによく似た傾向を示した。その中で特に、指と指の組合せにおいて、同側の手の指同志の組合せでインターバル・タイムが長くなっていた。このことは反復速度が遅いことを示している。手と足の組合せについては、両群ともに明らかな傾向がみられなかった。

(A) 式より求めた相互干渉度より、組合せのタッピング動作は単独のタッピング動作よりもパフォーマンスが低下することが示された。このこと Right-handedness



とは右利き群、左利き群ともに共通であった。しかし、群別に見た時、左利き群はすべての組合せで右利き群よりも大きな相互干渉度を示した。

さらに、相互干渉度と距離率との関係を求めた。右利き群では距離率(X)と相互干渉度(Y)の間に、

$$Y = -0.211X + 27.333$$

$$r = -0.7109 \quad (p < 0.001)$$

という直線回帰式が成り立った。

左利き群では両者の間に

Left-handedness

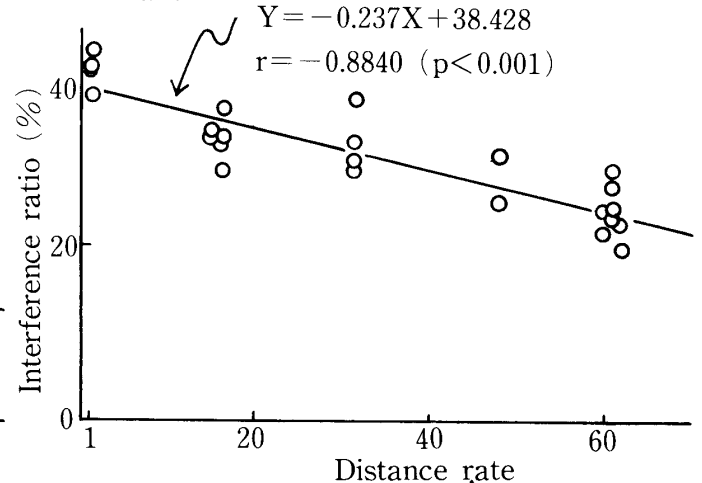


図2 距離率と相互干渉度との関係

左：右利き群

右：左利き群

$$Y = -0.237X + 38.428$$

$$r = -0.8840 \quad (p < 0.001)$$

という直線回帰式が成り立った。

また、両群のそれぞれの相関係数の差の検定を行なった。その結果、2つの相関係数の間に有意な差のないことが明らかとなった。

4. 考察

単独のタッピング動作にくらべ、組合せのタッピング動作のパフォーマンスが低下することが示された。この結果は、当初予想していた相互干渉の現象が存在することを示唆する。この身体2部位同時動作時にパフォーマンスの低下する神経学的背景として、2つのことが考えられる。1つは、異なる筋を支配する錐体細胞が脳皮質において混在していることである。これは、すでに報告されている実験結果 (Phillipsら;1964, Jankowskaら;1975, 1976, Shinodaら; 1976) から十分推察されるものである。つまり、解剖学的に距離の近い2つの運動中枢の動作においては、錐体細胞の皮質内での混在によって、互いの筋への興奮性出力が影響し合う。その結果、動作の相互干渉を引き起こすと考えられるのである。もう1つの背景

は周辺抑制の問題である。脳皮質のある1点が興奮状態にあり、まわりの細胞が抑制されている状態では、非常に集中力が高められる。これに対して、興奮状態が2か所で起こっている場合、脳の働きからみれば集中力は低下せざるを得ないと考えられる。すなわち、同時動作を行なうことによって効果器(筋)に対する中枢性の出力コントロールが低下する。ひいてはパフォーマンスの低下という形につながると考えられるのである。

さらに、右利き群、左利き群ともに距離率と相互干渉度との間に有意な相関があり、しかも両群の相関係数の間に統計的に有意な差のないことが示された。このことは、2部位同時動作では運動中枢間の距離が近い程相互干渉度が大きくなることを示す。つまり、2つの運動中枢の解剖学的距離が大きくなれば、パフォーマンスを低下させるような機能の相互干渉が相対的に発生しにくくなると考えられる。また、左利き群の相互干渉度が右利き群よりも大きかった。これは、右利き群だけは予備実験を行なっていたため、ある程度の学習効果も影響していると思われるが、確かなことはわからない。この点については今後の検討が必要と思われる。