精密動作と生理振戦に関する検討

○遠藤博史（産業技術総合研究所）

A study of physiological tremor for precise movements

Hiroshi Endo (National Institute of Advanced Science and Technology)

1. はじめに

手先のスキルは、熟練技能だけでなく、日常生活上の多くの課題を遂行する際にも必要となる。スキルの実現には、認知的要因だけでなく、手指の感覚運動的要因も重要で、生体には微細で不随意的振動現象があることが知られており（生理振戦）、これまでに手先で行う精密な作業に振戦が影響することが報告されている¹⁾。しかし振戦に関して、振動の発振源について数多くの研究が行われているにもかかわらず²⁾、振戦の大きさを評価することで個人の精密動作能力を評価しようとした報告はほとんどない。そこで本研究では、精密動作能力の定量的評価を目的として、力あるいは姿勢を維持する際の変動と振戦との関係の予備的検討を行った。

2. 方法

1) 被験者

被験者は右利きの大学生23名（男性15名、女性8名）で、年齢 18 ± 27 才であった。実験は産総研倫理委員会の承認のもとに、全ての被験者から文書による同意を得て行われた。

2) 実験課題

力課題：示指単独、母指単独、および示指と母指の摘み動作による力の維持課題で、目標維持力

は1 Nに設定した。姿勢の影響を検討するため、計測は、示指（2姿勢）、母指（2姿勢）、摘み（2姿勢）の6条件を1セットとし、5セットを繰り返した。

位置課題：前腕を水平に保った状態（2姿勢）で、示指と母指で摘んだ対象物の高さを維持する課題を行った。高さの目標精度として、低い精度（範囲 $\pm 0.6\text{mm}$ ）、高い精度（誤差ゼロ）の2条件で行った。全ての条件はそれぞれ繰り返し2回計測を行った。

3) 計測方法

図1に示すように、指先で保持する対象物にロードセルと加速度センサを組み込み、力と加速度の計測を行った。位置課題における対象物の位置は、レーザー変位計で計測した。計測では、オシロスコープ上に拡大表示された計測値（ロードセル： 0.05N/div 、レーザー変位計： 0.6mm/div ）を、目標線に一致させることで、目標維持の課題を行った。

計測は、サンプリング周波数1kHzで、1回の計測時間を10秒とし、全て右手に対して行った。課題間で適宜休息をはさみ、練習を含めた全計測時間は1時間程度であった。

4) 解析方法

制御誤差は目標に対する変動の大きさで評価し、0～5Hzの帯域の波形データの標準偏差を用いた。また振戦の大きさは、振戦が10Hz近辺に最も顕著なピーク周波数を持つことから、5～15Hzの帯域通過フィルターを通した波形データの標準偏差で評価した。

3. 結果

図2に力課題における振戦と制御誤差との関係を示す。図2(a)には個々の条件をプロットしたものであるが、振戦の増加とともに制御誤差も増加する関係があることがわかる。図2(b)には個々の被験者において全ての条件を平均した結果を示すが、振戦の大きい被験者は、制御誤差も

図1. 実験系の概要

(a) 計測条件による違い

(b) 被験者間の比較

図2. 振戦と制御誤差の関係 (力課題)

(a) 計測条件による違い

(b) 被験者間の比較

図3. 振戦と制御誤差の関係 (位置課題)

大きくなっていることがわかる。

図3に位置課題における振戦と制御誤差との

図4. 力課題と位置課題における振戦の比較

関係を示す。図3 (a)は個々の条件の結果を、図3 (b)には被験者内で条件を平均化した結果を示す。力課題ほど明瞭ではないが、同様の傾向があることが見て取れる。

図4は全ての被験者における力課題と位置課題の振戦の関係を示したものであるが、力課題の振戦の小さい被験者は、位置課題においても振戦が小さい傾向があることが分かる。 R^2 値は0.275と高くないが、図中の大きく外れた1名のデータを除いた場合の R^2 値は0.456であった。

4. 考察

精密動作能力の定量的評価を目的として、指先の力あるいは腕の姿勢を維持する際の変動と振戦との関係の検討を行った。異なる2つの動作に関して評価した結果、動作に関係する筋群が課題ごとに異なるにもかかわらず、振戦と変動との関係は同じであり、また振戦の大きさが個人の特徴量として評価できる可能性が示された。今後、振戦の計測条件を精査することで、生理振戦が精密動作能力の評価に有効な指標となりうると考えられた。

参考文献

- 1) Vasilakos K. and Beuter A. : Interaction of tremor and magnification in a motor performance task with visual feedback, J Mot Behav, Vol.30, No.2, 158-168, 1998
- 2) McAuley J.H. and Marsden C.D. : Physiological and pathological tremors and rhythmic central motor control, Brain, Vol.123, No.8, 1545-1567, 2000