

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 5 月 15 日現在

機関番号：82636

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2010～2011

課題番号：22800096

研究課題名（和文）運動学習システムのエラー参照機構の解明

研究課題名（英文） A study on error feedback mechanism of motor learning system

研究代表者

池上 剛（IKEGAMI TSUYOSHI）

独立行政法人情報通信研究機構・未来 ICT 研究所脳情報通信研究室・専門調査員

研究者番号：20588660

研究成果の概要（和文）：視覚的情報に基づいてリズムカルな反復運動（周期運動）を学習する場合、運動の視覚的情報を常に与えられるよりも、数サイクルに1回だけ与えられる方が、むしろ学習の到達度（上手さ）が向上することを明らかにした。これは、絶え間なく与えられる運動の視覚的情報が、脳にとっては、運動の学習を促進するどころか、かえって阻害するように働いてしまうという周期運動の学習に特有の運動情報処理機構によるためであった。

研究成果の概要（英文）：Appropriate association between motor command and the resultant movement error is crucial for motor learning, but here a system identification technique revealed that such temporal association degraded in rhythmic movements: Movement errors in more than one past trials influenced or even interfered the correction of motor command. We confirmed a counterintuitive prediction that intermittent rather than continuous visual error feedback boosted the visuomotor learning performance by removing the harmful effect.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010 年度	1,050,000	315,000	1,365,000
2011 年度	1,050,000	315,000	1,365,000
年度			
年度			
年度			
総計	2,100,000	630,000	2,740,000

研究分野：社会科学

科研費の分科・細目：身体教育学

キーワード：運動学習、実験系心理学、神経科学

## 1. 研究開始当初の背景

一般に、バスケットのドリブルのような繰り返し動作を伴う周期運動を学習して上達していくには、実際の運動と目標とする運動との違いを常にしっかりと見定めることが重要であると直感的には感じる。

ドリブルのほかにも、歩行、楽器演奏、タイピングなど、繰り返し動作を伴ういわゆる「周期運動」は、我々の日常生活や文化的活動にとって重要な運動形態の一つである。しかしながら、これまで運動学習に関する脳内メカニズムの研究は、主に一回きりの運動（物を投げたり、何かに

手を伸ばしたりといった「離散運動」を対象に行われており、日常運動の大きな部分を占める「周期運動」の学習メカニズムについては、よく分かっていなかった。

## 2. 研究の目的

本研究の目的は、周期運動の運動情報処理機構を明らかにすることとした。

## 3. 研究の方法

我々は、「周期運動」を学習する場合に、脳が視覚的な誤差情報(実際の運動と目標の運動との“ずれ”)をどのように処理し、運動を修正・学習しているのかを、“システム同定”というデータ解析手法を用いて調べることにした。具体的には、被験者に、ロボットマニピュランダムの手柄を動かして、画面上のカーソルが2つのターゲットの間を周期的に往復するよう運動を行なってもらった(図1)。このとき、画面上のカーソルの動きと実際の手柄の動きが、常に食い違うように人為的な誤差を作り出し、この誤差がその後のサイクルでどのように修正されるかを調べた。

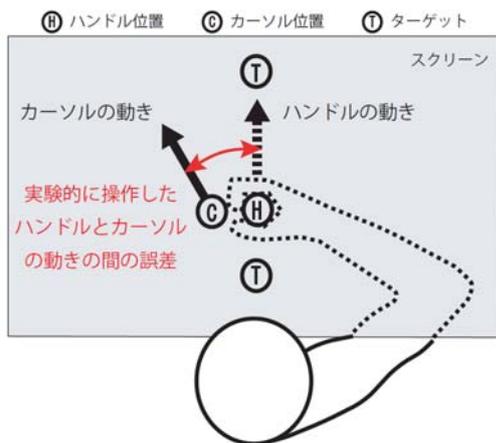


図1: カーソルを2つのターゲット間で周期的に往復させる運動課題

## 4. 研究成果

実験の結果、実際の運動と目標の運動との間のずれの情報(運動誤差情報)が、視覚を介して脳に入ると、脳はこの運動誤差情報に基づいて、次の運動を行うときには誤差が減るように運動指令を修正していることが明らかになった。この結果は、運動誤差情報が運動学習を適切な方向に導く、という従来の知見と合致するものであった。ところが、驚いたことに、この運動誤差情報は、次のサイクルだけでなく、さらにその次の

サイクルおよびそれ以降(以下2サイクル後以降と表記)の運動指令の修正にも影響を与えており、しかもその影響は、学習を促進するどころか、かえって阻害するように働いていることが明らかになった。

運動誤差情報が2サイクル後以降の運動指令の修正に阻害するという結果が事実であれば、運動の視覚的情報を常に被験者に与え続けるよりも、数サイクルに1サイクルだけ間欠的に与えた方が運動学習の促進が観察されるはずである。なぜなら、運動誤差情報の2サイクル後以降の運動学習系への害悪的な影響を遮断することができるからである。このことを確かめるために、次に、先の実験と同じ実験システムを用いて、ハンドルとカーソルの動きが30度ずれる状況に被験者がどのように適応していくかを調べた。

様々な視覚情報提示条件において、周期運動の学習成績を調べたところ(図2)、我々の予測どおり、運動の視覚的情報を4サイクルに1サイクル、あるいは5サイクルに1サイクルだけ与える方が、毎サイクル与えるよりも、運動課題に対する学習成績が向上することを見出した。

本研究によって、周期運動の学習においては、運動の誤差情報が学習を促進するだけでなく、阻害するものにもなり得ることを、今回初めて示すことができた。過度な運動情報のフィードバックは、かえって学習を阻害するという結果は、スポーツの練習法やリハビリテーション手法に対して実践的な示唆を与えると考えられる。

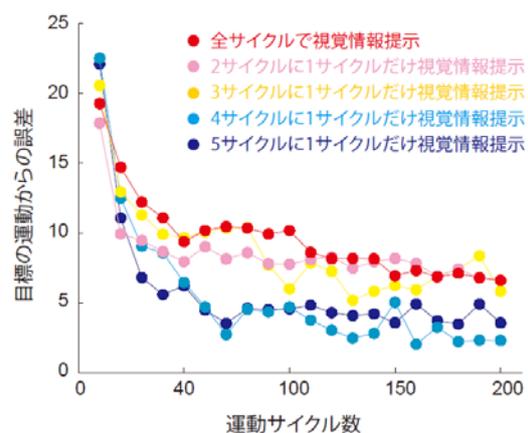


図2: 様々な視覚情報提示条件における運動学習の成績の変化(各データは10サイクル毎の運動誤差の平均値)

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 1 件)

- ① Ikegami T., Hirashima M, Osu R, Nozaki D, Intermittent visual feedback can boost motor learning of rhythmic movements: evidence for error feedback beyond cycles. *The Journal of Neuroscience*, 32(2), 653-657, 2012. 査読あり.

[学会発表] (計 9 件)

- ① Ikegami T., Ganesh G, Gibo T, Yoshioka T, Kawato M, Osu R: Multiple motor plans for the same environment modulated by history of endpoint error. Neuroscience2011, Pacifico Yokohama, Yokohama, Japan (2011.9.16).
- ② 池上剛: 周期運動学習システムのシステム同定. 医用診断のための応用統計数理の新展開 III, 統計数理研究所, 東京都 (2011.9.8)
- ③ 池上剛, Ganesh G, Gibo T, 吉岡利福, 川人光男, 大須理英子: Effect of endpoint error on trajectory adaptation during force field learning: model. 第5回生理学研究所 Motor Control 研究会, 自然科学研究機構 岡崎コンファレンスセンター, 愛知県 (2011.6.17)
- ④ Ganesh G, 池上剛, Gibo T, 吉岡利福, 川人光男, 大須理英子: Effect of endpoint error on trajectory adaptation during force field learning: behavior. 第5回生理学研究所 Motor Control 研究会, 自然科学研究機構 岡崎コンファレンスセンター, 愛知県 (2011.6.17)
- ⑤ Ganesh G, Ikegami T. Gibo T, Yoshioka T, Burdet E, Kawato M, Osu R: Effect of endpoint error on trajectory adaptation during force field learning: model. The Society for the Neural Control of Movement

21th Annual Conference. El San Juan Hotel & Casino, San Juan, Puerto Rico, USA (2011.4.28).

- ⑥ Ikegami T., Ganesh G, Gibo T, Yoshioka T, Kawato M, Osu R: Effect of endpoint error on trajectory adaptation during force field learning: experiment. The Society for the Neural Control of Movement 21th Annual Conference. Puerto Rico El San Juan Hotel & Casino, San Juan, Puerto Rico, USA (2011.4.27).
- ⑦ Ikegami T., Hirashima M, Osu R, Nozaki D: Visuomotor learning for rhythmic movement is driven by errors in previous movement cycles: A system identification study. Society for Neuroscience. San Diego Convention Center, San Diego, USA (2010.11.14).
- ⑧ Ikegami T., Hirashima M, Osu R, Nozaki D: Intermittent visual feedback can boost visuomotor learning of rhythmic movements. Advances in Computational Motor Control. San Diego Convention Center, San Diego, USA (2010.11.12).
- ⑨ Ikegami T., Hirashima M, Osu R, Nozaki D: Intermittent visual feedback can boost visuomotor learning of rhythmic movements. Neuroscience2010, Kobe convention center, Kobe, Japan (2010.9.3).

6. 研究組織

(1) 研究代表者

池上 剛 (IKEGAMI TSUYOSHI)  
独立行政法人 情報通信研究機構 未来 ICT 研究所 脳情報通信研究室 専門調査員  
研究者番号 : 20588660

(2) 研究分担者

( )

研究者番号 :

(3) 連携研究者

( )

研究者番号：

