

課題番号	LS034
------	-------

**先端研究助成基金助成金(最先端・次世代研究開発支援プログラム)
実施状況報告書(平成 24 年度)**

本様式の内容は一般に公表されます

研究課題名	身体運動適応性の原理解に基づいた運動スキル・調節能の評価法と訓練方略の開発
研究機関・ 部局・職名	東京大学・大学院教育学研究科・教授
氏名	野崎大地

1. 当該年度の研究目的

<p>「身体運動適応原理の包括的理解」「適応の観点からみた運動機能の評価と訓練方略の開発」という2つの研究目的を踏まえて、平成24年度の研究目標を以下の通り定める。</p> <p>(a) 運動計画—内部モデル—エラーの対応づけ：複数の身体部位のエラー情報が脳の内部モデルに関連づけられる機序を明らかにしてきた(Kasuga and Nozaki, J Neurophysiol 2011)。運動遂行時に、①複数の視覚情報が与えられる場合、②視覚情報が様々な時間遅れを伴って与えられる場合、の各々について、エラー情報が内部モデルにどのように関連づけられるかを明らかにする。</p> <p>(b) 他の身体部位からの干渉を補償するメカニズム：腕運動の制御系が、もう一方の腕運動によって生じる力学的な干渉を補償するメカニズムを明らかにしてきた(Yokoi et al., J Neurosci 2011)。このメカニズムの解明過程で浮き上がってきた、干渉補償という観点からみた腕運動制御過程の左右差、腕運動制御間の相互作用の詳細を明らかにする。</p> <p>(c) 内部モデルの冗長性：我々が開発した視覚運動変換課題を用いると、被験者が異なった方向に腕を伸ばそうとしても、実行される運動方向が常に同一になる状況を作り出せる(Hirashima and Nozaki, Curr Biol 2012)。この課題中の脳活動をモニタリングし、内部モデルが冗長な神経ネットワークによって実装されていることを明らかにする。また経頭蓋直流電気刺激(tDCS)装置を用い、人為的に複数の内部モデルを構築・切り替えることができるかどうか検討する。</p> <p>(d) 脳内過程の解明：経頭蓋磁気刺激(TMS)を用い、運動学習に伴う一次運動野興奮性の変化を明らかにしてきた(Kadota et al., 投稿準備中)。今年度は、間もなく完成予定のTMS装置、およびfMRIを用いることにより、運動学習に伴う脳活動変化をより詳細に捉えることを目標とする。</p> <p>(e) 直立姿勢制御：開発済みの直立姿勢時の身体の動的特性を変化させるシステムを用い、姿勢制御系が新奇な環境に適応していく動態を明らかにする。</p> <p>(f) 歩行制御：モーションキャプチャシステムにより計測した身体動作に変換を加え、リアルタイムでディスプレイに表示させるシステム(すでに開発済)、および、現在購入手続き中のダブルベルト型のトレッドミルを用いて、歩様を強制的に変更させるシステムを構築し、視覚情報や体性感覚フィードバック情報を変化させたときの応答をみることにより、歩行運動の持つ柔軟な適応性、安定性の起源を明らかにする。</p>

(g) **運動学習過程の数学的モデル化**：一定のリズムで繰り返し行う場合の運動について、運動学習過程の状態空間モデル化を試み、周期運動による学習固有の性質を明らかにするとともに、視覚情報を適当に間引くことにより運動成績が改善することを理論的に予測し、実験的にも確認した (Ikegami et al., J Neurosci 2012)。今年度は、両腕運動時の左右の腕運動制御プロセス間の相互作用を考慮したあたらしい数学的モデル、および、従来の単純な線形モデルでは表現しえない様々な運動学習動態を説明するべく新しい数学的モデルの提唱およびその妥当性の実験的検証を行う。

(h) **脳の冗長性とリハビリテーション**：平成 23 年度に導入したロボットアーム (KINARM) のセットアップを行う。その上で、片麻痺患者を対象に、視覚運動変換、両腕運動などの運動課題を課し、本来出来ないはずの麻痺側の到達運動が可能になるかどうかを検討する。

(i) **ミスとスランプ**：到達運動による運動学習課題では、十分に新奇な環境に適応した後でも、突発的な運動成績の低下、運動成績のうねりなどの現象が生じる。こうしたミス、スランプ様の変化が、何か特別な運動適応動態を前兆として生起するものなのかどうかを明らかにする。

2. 研究の実施状況

- ・到達運動の視覚的情報が複数与えられた場合、全てのカーソルで生じた誤差情報が同時に参照され、以後の運動指令の更新に用いられること、また一見無関係な視覚情報によって適切な運動修正が阻害されることを明らかにした(目標 a, i, 論文投稿中)。
- ・到達運動の視覚的情報が時間遅れを伴って与えられた場合、誤差に基づく運動指令の修正率が低下するが、時間遅れに十分に適応した後にはこの修正率が回復することを明らかにした(目標 a, 論文 1,3)
- ・他方の腕の運動情報を取り入れて制御に活かす能力は非利き手である左腕の方が高いことを明らかにした(目標 b, 論文投稿中)。
- ・tDCS 装置を用いて一次運動野に電気刺激を加えることにより、運動学習記憶を人為的に切り替えられるかどうか実験を進めている(目標 c)。
- ・産業用ロボットによって脳磁気刺激コイルを動かす、新しいシステムを開発し、脳の近接領域を短い時間間隔で磁気刺激する手法を確立した(目標 d, 学会発表済)。
- ・重心の動きや歩行ステップに応じて床面が急速に動く環境への適応動態を調べ、この適応が異なった文脈下で行われる重心・歩行調節にどのように転移するかの実験を進めている(目標 e,f, 学会発表済)。
- ・運動の誤差に応じて、ニューロン間の結合度を変更するニューラルネットワークモデルを構築した。学習の際に、わずかな忘却効果の導入により、運動学習が最適化されることを明らかにした(目標 g, 論文 2)
- ・生じる誤差の予測に基づいた運動学習が生じると仮定すると、従来、個別のモデルによって説明されてきた数多くの知見が、一挙に説明可能であることを示した(目標 g, 学会発表済)。
- ・KINARM のセットアップを行い、様々な運動学習実験を用意を行う準備が整った(目標 h)。片麻痺患者を対象とした測定はまだ 3 名に留まっているが、今後精力的に実験を進めていきたい。
- ・上記目標には含まれていないが、ロボットアームを用いて運動中に急速な外乱をかける実験系を新たに確立した。加えた外乱への応答を調べることにより、運動指令に基づいた予測の重要性を調べる研究が進行している。

3. 研究発表等

<p>雑誌論文 計4件</p>	<p>(掲載済みー査読有り) 計4件 Takuya Honda, Masaya Hirashima & Daichi Nozaki, "Adaptation to Visual Feedback Delay Influences Visuomotor Learning." PLoS One, 2012, Vol.7(5), e37900.</p> <p>Masaya Hirashima & Daichi Nozaki, "Learning with slight forgetting optimizes sensorimotor transformation in redundant motor systems.", PLoS Computational Biology, 2012, Vol.8(6), pp.432-436.</p> <p>Takuya Honda, Masaya Hirashima & Daichi Nozaki, "Habituation to feedback delay restores degraded visuomotor adaptation by altering both sensory prediction error and the sensitivity of the adaptation to the error", Frontiers in Perception Science, 2012, 3, 540</p> <p>(掲載済みー査読無し) 計1件 野崎大地, 「運動制御・学習の脳内過程がもつ冗長性」, Japan Journal of Rehabilitation Medicine (リハビリテーション医学), 2012, 49-10号, 679-682</p> <p>(未掲載) 計0件</p>
<p>会議発表 計12件</p>	<p>専門家向け 計10件</p> <p>Gaku D Yamawaki, Daichi Nozaki & Masaya Hirashima, "The presence of multiple potential visual targets affects the retrieval of motor memory for a reaching movement", Venice, Italy, 2012.4.23-29, The 22nd Annual Meeting Society for the Neural Control of Movement</p> <p>Atsushi Yokoi, Masaya Hirashima & Daichi Nozaki, "Dominant arm is not always dominant: A hidden excellence of non-dominant arm in adapting to dynamical environments resulting from contralateral arm movement", Venice, Italy, 2012.4.23-29, The 22nd Annual Meeting Society for the Neural Control of Movement</p> <p>平島雅也・野崎大地, 「行動選択と運動制御の不可分性を示す行動学的証拠」, 岡崎, 2012.6.16-18, 第6回生理学研究所 Motor Control 研究会</p> <p>岡林亜紀・平島雅也・野崎大地, 「描画運動における2/3乗則成立における視覚情報の重要性」, 岡崎, 2012.6.16-18, 第6回生理学研究所 Motor Control 研究会</p> <p>Shinya Fujii, Hama Watanabe, Hiroyuki Oohashi, Masaya Hirashima, Daichi Nozaki & Gentaro Taga, "Precursors of dancing and singing in three- to four-months-old infants.", Thessaloniki, Greece, 2012.7.23-28, Joint Conference of the 12th International Conference on Music Perception and Cognition (ICMPC12) and the 8th Triennial Conference of the European Society for the Cognitive Sciences of Music (ESCOM8)</p> <p>Shoko Kasuga, Masaya Hirashima & Daichi Nozaki, "Automatic processing of multiple errors information in visuomotor learning", Tokyo, 2012.8.30, The 4th Biennial Symposium on Brain and Mind Research in the Asia-Pacific (BMAP2012)</p> <p>Masaya Hirashima, Gaku D Yamawaki & Daichi Nozaki, "The brain as a redundant motor control system achieving identical movement with various processes -A behavioral study using a motor learning paradigm- 同一の身体運動を多彩に実現可能な冗長制御システムとしての脳ー運動学習パラダイムを用いた行動学的研究ー", Sapporo, 2012.9.19-21, 第27回生体・生理工学シンポジウム (Gait and Motor Control 歩行と運動 Session Chair)</p> <p>Atsushi Yokoi, Masaya Hirashima & Daichi Nozaki, "Uncovered hidden ability of nondominant arm for bimanual action", New Orleans USA, 2012.10.12, Translational and Computational Motor Control 2012</p> <p>Masaya Hirashima, Gaku D Yamawaki & Daichi Nozaki, "Motor planning process affects the retrieval of motor memory for a reaching movement", 山口, 2012.12.9, 時間学特別国際セミナー</p>

様式19 別紙1

	<p>Takuji Hayashi, Atsushi Yokoi, Masaya Hirashima & Daichi Nozaki, "Fast corrective responses to perturbations applied during reaching reflect estimated limb state: Evidence for optimal feedback control in the motor system", Tokorozawa, Japan, 2013.3.13-14), Systems-Neuroscience and Rehabilitation</p> <p>一般向け 計2件 野崎大地, 「上肢到達運動の制御と学習: リハビリテーション応用可能性を見据えて」, 長野県上田市, 2012.9.1, 第2回鹿教湯神経脳科学セミナー</p> <p>野崎大地, 「上肢到達運動の制御と学習: リハビリテーション応用可能性を見据えて」, 東京, 2013.3.31, 第3回脳神経科学セミナー運動神経科学研究会</p>
<p>図書 計1件</p>	<p>野崎大地、小松泰喜(編) 「運動療法ガイド第5版」 日本医事新報社, 2012.5, 282p, ISBN:9784784960149</p>
<p>産業財産権 出願・取得状況 計0件</p>	<p>(取得済み) 計0件 (出願中) 計0件</p>
<p>Webページ (URL)</p>	<p>「忘却がもたらす驚くべき効果—軽微な忘却は、運動指令を最適化することを理論的に証明—」 東京大学[広報・情報公開]記者発表一覧 <http://www.u-tokyo.ac.jp/public/public01_240629_j.html></p> <p>「忘却がもたらす驚くべき効果—軽微な忘却は、運動指令を最適化することを理論的に証明—」 Todai Research <http://www.u-tokyo.ac.jp/ja/todai-research/research-news/the-surprising-power-of-forgetting/></p> <p>研究室のホームページ <http://www.p.u-tokyo.ac.jp/~dnl/index.html></p>
<p>国民との科学・技術対話の実施状況</p>	<p>ポスター展示「未来からの招待状」(2012.8.17-8.23)、東京大学医学部附属病院ロビー、一般人向け、研究内容をまとめたポスターを展示した。</p> <p>第2回鹿教湯神経脳科学セミナー(2012.9.1, 長野県上田市, 理学・作業療法士および一般人向け、80名程度参加): 「上肢到達運動の制御と学習: リハビリテーション応用可能性を見据えて」を講演</p> <p>第3回脳神経科学セミナー運動神経科学研究会(2013.3.31, 蒲田東京工科大学, 理学・作業療法士および一般人向け、80名程度参加): 「上肢到達運動の制御と学習: リハビリテーション応用可能性を見据えて」を講演</p> <p>論文として発表した研究成果については、上記「Webページ」に記載のとおりプレスリリースを出し、さらに twitter や Facebook などのメディアを通じて積極的な配信に努めた。</p>
<p>新聞・一般雑誌等掲載 計1件</p>	<p>マイナビニュース, 「東大、運動学習では少しずつ記憶を忘れる方が運動制御に最適と理論的に証明」, 2012.7.2 <http://news.mynavi.jp/news/2012/07/02/063/index.html></p>
<p>その他</p>	

4. その他特記事項

様式19 別紙1
特になし

実施状況報告書(平成24年度) 助成金の執行状況

本様式の内容は一般に公表されず

1. 助成金の受領状況(累計)

(単位:円)

	①交付決定額	②既受領額 (前年度迄の 累計)	③当該年度受 領額	④(=①-②- ③)未受領額	既返還額(前 年度迄の累 計)
直接経費	123,000,000	84,640,000	19,490,000	18,870,000	0
間接経費	36,900,000	25,392,000	5,847,000	5,661,000	0
合計	159,900,000	110,032,000	25,337,000	24,531,000	0

2. 当該年度の収支状況

(単位:円)

	①前年度未執 行額	②当該年度受 領額	③当該年度受 取利息等額 (未収利息を除 く)	④(=①+②+ ③)当該年度 合計収入	⑤当該年度執 行額	⑥(=④-⑤) 当該年度未執 行額	当該年度返還 額
直接経費	25,627,809	19,490,000	0	45,117,809	39,214,372	5,903,437	0
間接経費	1,163,077	5,847,000	0	7,010,077	3,099,710	3,910,367	0
合計	26,790,886	25,337,000	0	52,127,886	42,314,082	9,813,804	0

3. 当該年度の執行額内訳

(単位:円)

	金額	備考
物品費	19,814,071	実験用機器類、解析用ソフト、書籍、その他消耗品
旅費	2,947,133	学会参加、成果発表等(Neural Control Movement 学会、北米神経科学学会 他)
謝金・人件費等	15,059,490	特任研究員人件費、研究室補佐員人件費、被験者謝金
その他	1,393,678	英文校正、ソフトウェアライセンス、その他
直接経費計	39,214,372	
間接経費計	3,099,710	
合計	42,314,082	

4. 当該年度の主な購入物品(1品又は1組若しくは1式の価格が50万円以上のもの)

物品名	仕様・型・性能 等	数量	単価 (単位:円)	金額 (単位:円)	納入 年月日	設置研究機関 名
ダブルベルトトレッドミル		1	13,929,300	13,929,300	2012/6/8	東京大学
増幅器付小型6分力計		1	1,503,474	1,503,474	2012/10/30	東京大学
e-nuvo IMU-Z		1	832,050	832,050	2012/10/10	東京大学
6分力両手腕カメラ ニュピュランダム		1	1,225,560	1,225,560	2013/1/21	東京大学