

# 脳性麻痺児のためのリズムベース上肢リハビリテーションの提案 認知運動発達支援の観点からのトレーニング効果検証と生体計測の取り組み A Rehabilitation Framework for Children with Cerebral Palsy by Using Rhythm-Based Tool - Clues as to the Effect of Their Improvements in Motion and Possible Neurocognitive Measurements

小路 健太\*1  
Kenta Shoji

艾 広焔\*1  
Guangyi Ai

我妻 広明\*1,\*2  
Hiroaki Wagatsuma

橘 香織\*3  
Kaori Tachibana

\*1 九州工業大学大学院生命体工学研究科  
Graduate School of Life Science and Systems Engineering, Kyushu Institute of Technology

\*2 理化学研究所脳科学総合研究センター  
RIKEN BSI

\*3 茨城県立医療大学保健医療学部理学療法学科  
Department of Physical Therapy, Ibaraki Prefectural University of Health Sciences

We have explored a potential of brain-inspired engineering technologies to apply a neurocognitive rehabilitation method. In considering of training for children with cerebral palsy (CP), we focused on a contribution of spontaneous generation of internal rhythmic cycle in motion, and attempted to provide clues as to the effect of their improvements with an assistance of external modulation of the rhythm. In the present study, subjects were asked to perform cyclic pushing repeatedly by right and left hands in accordance with a rhythmic flashing in the right and left side differently. Interestingly, subjects with low performance in the beginning tended to improve their performance rapidly, and demonstrated difference of performance rates in right and left sides, which suggests a good clue as to the effect for CP children in the near future.

## 1. はじめに

脳性麻痺(Cerebral Palsy ; CP)とは、受胎から新生児(生後4週以内)までに何らかの原因で脳に損傷を受け、運動機能や姿勢に異常が生じる障がいの総称である。CPは周産期医療の進歩によって1950年代から1970年代後半まで出生1000あたり3から0.75まで減少したものの、1980年代以降、人口換気などの導入により低出生体重児や早産児の生存率が上昇したため、再び増加傾向にある[平田 2013]。またCPはリハビリテーション(以下、リハ)トレーニングを行うことにより、重度になるに従い、もともと低い発達率を上昇させることは難しくなり、粗大運動発達からみると低下を防ぐ程度の効果を得るに留まる傾向にある[千田 1991]。そのため、早期のトレーニングが望ましく、より効果の高いもの、例えば個人のレベルや成長に合わせたトレーニングが行える可変可能なもの、あるいは家庭におけるトレーニングに対するモチベーションの維持できるものが求められる。

本研究では、認知運動発達支援トレーニングの観点からCPのためのリハ支援機器(以下、機器)の開発を行い、脳の可塑性や学習の進展について工学的な立場から可視化する方法について検討を行っている。光呈示のボタン押し機器によって上肢の伸張を自然に促す認知運動トレーニングを行い、認知と運動の関係性について繰り返し動作におけるリズムとタイミングに着目した分析およびリハトレーニング効果検証を目指す。

## 2. 運動支援機器

本研究では、認知運動に着目した練習方法を提案する。その一つの案として、CPが苦手とする認知運動、特に上肢の伸

張運動に着目した練習方法を提案する。本研究機器の制御にはArduinoマイコン基板を用いた。これによりボタンの押す回数、光の強度、音のタイミングなどがプログラミングによって制御でき、プログラムを書き換えることで様々なトレーニングを実施することが可能となる。PCと接続して用いれば、使用者の課題遂行に関連する情報も記録することができる。これは、トレーニング効果の可視化につながり、固定されたリハ機器から、拡張性と改善効果の可視化に重要な役割を果たすと考える。

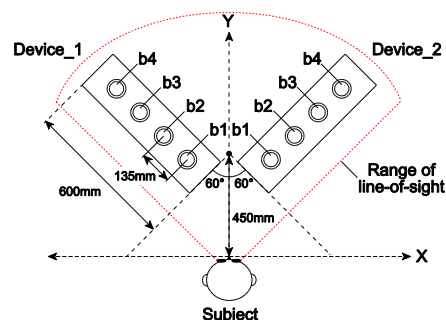


図1. 実験環境の設定. 各機器のボタンをb1, b2, b3, b4とし、2台ともに使用者の視界に入る位置にそれぞれ配置した。

## 3. 仮説

生物が自ら体内時計を持ち、外部環境のリズムに同調するサーカディアンリズム(概日周期)はよく知られる。心臓の拍動リズム、蛍の点滅周期の振動引込みの現象などは、人間を含めた生物にリズムが内在し、体内機構に影響を与えていることがわかる。一定の周期を維持する安定性と外部刺激への応答性は、生物体内の振動引込みの力学の重要な要素である[郡 2011]。本研究では、リズムベース、つまり脳神経系—身体制御における振動引込みの自然な力学をリハトレーニングに取り入れることを

提案する。作業仮説としては、リハビリトレーニング中にある適当な外部リズムを供給することで、課題達成に影響を与えることが考えられる[Wagatsuma 2012] [Fukudome 2012]. 本研究では、第一にリズム感を持たないと達成できない課題を設計し、外部リズムとしてメロノーム音源を与える条件も付与した。

#### 4. 方法

上肢の伸張運動としてタッピング(ボタン押し)課題を健常実験協力者 4 名(全員右利き)で実施した。機器(図 1)のボタンは  $b4 \rightarrow b3 \rightarrow b2 \rightarrow b1$  と 300ms 毎に順に光る。b1 が光る瞬間にタイミングよく(b1 光呈示の瞬間前後 75ms 以内)押した場合に成功としてできなければ失敗とする。成功率は、全 30 回点灯に対する成功回数の比率とする。b4~b1 までの点滅 1 周期が、次の周期に入るまでの時間を WaitingTime(以下、WT)とし、左右で異なる WT で課題実施した。利き手(Dominant Hand ; DH)と非利き手(Non-Dominant Hand ; NDH)における WT のパターンを集団 A と集団 B (2 名ずつ)に区別し(表 1, 2), 実験実施した。

Tempo	No sound				108bpm				No sound			
Condition	A1	A2	B1	B2	A1	A2	B1	B2	A1	A2	B1	B2
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

interval : 60s

図 2. 実験課題番号。実験 1~12 において各 30 回(両手合わせて 60 回)のボタン押し課題を実施。Tempo はメロノームのテンポを、Condition は実験タスク番号 A1, A2, B1, B2 を示した。

表 1. 集団 A の WT 設定

	A1	A2	B1	B2
利き手	300ms	300ms	500ms	300ms※
非利き手	500ms	300ms ※	300ms	300ms

表 2. 集団 B の WT 設定

	A1	A2	B1	B2
利き手	500ms	300ms ※	300ms	300ms
非利き手	300ms	300ms	300ms	300ms※

※は実験開始直後に 300ms の WT を設けた

#### 5. 結果

実験結果を図 3, 4 に示す。図 3 は各集団から 1 名ずつ課題の達成率向上が著しい協力者を選んで結果を例示した。成功率向上度を実験 1 と実験 12 の成功率の差分とすると、実験協力者 A<sub>1</sub> は利き手・非利き手ともに 40% 程度の向上度、B<sub>1</sub> では利き手 50.0%, 非利き手で 83.3% の向上度が認められた。

全実験協力者の実験結果の平均と標準偏差を図 4 に示した。成功率向上度は利き手・非利き手大きな差は見られず、利き手は 32.5% 向上で、非利き手は 47.5% 向上していた。平均値の全体的な傾向を見ると、やや非利き手の成功率が高いようにも見える。これらの結果の妥当性は、十分な実験協力者数を確保して更なる検証を進める必要がある。

#### 6. 考察

利き手と非利き手には、非利き手がやや成功率が高い様子も認められるが、実験協力者によっては差が無い場合もある。本実験では協力者数が少ないため、可能性の議論に留まるが、課題が不得意な協力者において、点滅のタイミングに合わせるという本課題が随意性の高い利き手よりも、不随意性が含まれる非利き手により効果が高いとすれば、リハビリトレーニングへの効果が期待される。

興味深いことは、実験協力者 A<sub>1</sub> のようにメロノーム音源が与えられた実験 5 から実験 8 のような安定的な向上特性である。同協力者は、同時生体計測の一部である視線追尾解析において、左右を区別して注意しながら課題を進めていた様子が認められており、注意喚起や個人の特性によって、外部リズム音源の効果が変わることも、今後の検証すべき課題である。

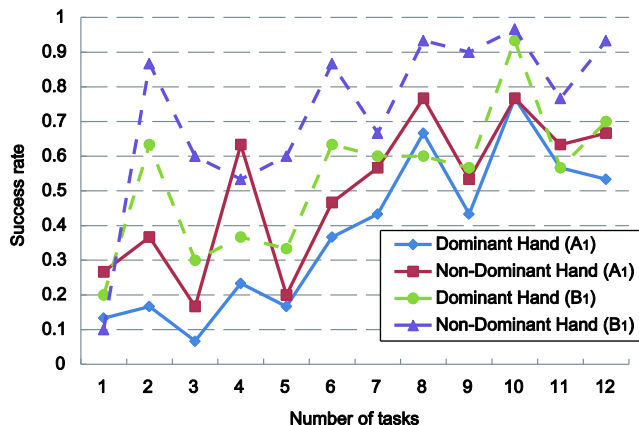


図 3. 集団 A と集団 B の実験協力者 A<sub>1</sub>, B<sub>1</sub> の結果

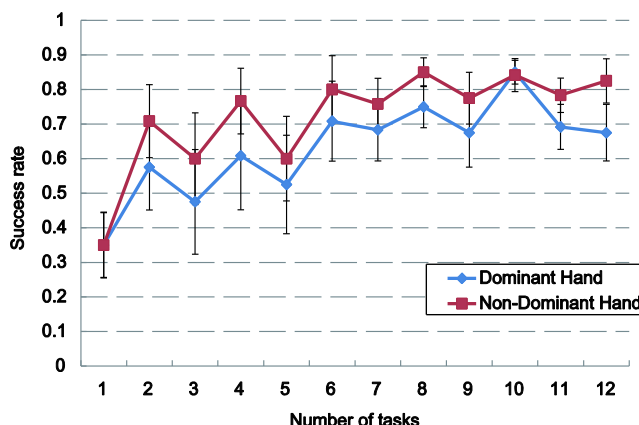


図 4. 全実験協力者における成功率変化(平均)

#### 参考文献

[平田 2013] 平田正吾: 脳性麻痺の疫学についての研究動向 ~近年の Hagberg らの調査についての文献検討~, 千葉大学教育学部研究紀要, 61, 39-43, 2013.

[千田 1991] 千田益生: 脳性麻痺の訓練効果に関する検討, 日本リハビリテーション医学会, 28, 107-114, 1991.

[郡 2011] 郡宏: 生物リズムと力学系, 共立出版, 9-35, 2011.

[Wagatsuma 2012] H.Wagatsuma, M. Fukudome, K. Tachibana, K. Sakamoto: Extending the World to Sense and Behave: A Supportive System Focusing on the Body Coordination for Neurocognitive Rehabilitation, Proc. 4th International Conference on Advanced Cognitive Technologies and Applications (COGNITIVE 2012), 171-174, 2012.

[Fukudome 2012] M. Fukudome, Wagatsuma, K. Tachibana, K. Sakamoto: Neurocognitive rehabilitation approach for cerebral palsy syndrome by using the rhythm-based tapping tool to extend fields of perception and motion, Proc. 9th International Conference on Disability, Virtual Reality and Associated Technologies (ICDVRAT 2012), 451-454, 2012.