

## 上肢へのリズム入力を用いた歩行支援方法

野村 寿敬<sup>\*1</sup> 太田 玲央<sup>\*1</sup> 関 雅俊<sup>\*2</sup> 小川 健一朗<sup>\*1</sup>  
一柳 健<sup>\*2</sup> 三宅 美博<sup>\*1</sup>

### Gait Rehabilitation Method using Rhythmic Stimulation Input to Upper Limbs

Toshitaka Nomura<sup>\*1</sup>, Leo Ota<sup>\*1</sup>, Masatoshi Seki<sup>\*2</sup>, Kenichiro Ogawa<sup>\*1</sup>,

Ken Ichiryu<sup>\*2</sup>, Yoshihiro Miyake<sup>\*1</sup>

**Abstract** – We have reported that gait rehabilitation using auditory stimulation was effective on hemiplegic gait. However, not only auditory stimulation but also proprioception is important for walking. We therefore consider a gait rehabilitation method using device changing gait movement by directly inputting rhythmic proprioception stimulation to the upper limbs. In this study, we measured the trunk trajectory and swing time of pseudo hemiplegic patients with moving elbows under two condition, arm rhythmic movement condition with arm fixed condition. We confirmed that the horizontal amplitude of trunk movement and left-right asymmetry of swing time were decreased in former condition. Consequently, we found that rhythmic upper limb movement during locomotion has a potential to improve the gait pattern.

**Keywords:** gait rehabilitation, elbow movement, gait analysis, hemiplegia

#### 1. はじめに

片側麻痺患者では歩行パターンが健常者と異なり、歩行が不安定化する。そのような患者に対してリズム聴覚刺激を用いる歩行支援が多く研究されており、我々の研究グループでは人とシステムのリズム相互引き込みを利用した歩行支援システム Walk-Mate を提案してきた<sup>[1]</sup>。

実際に聴覚刺激は歩行に重要な影響を持っているが、それは身体の構造と直接的な関係を持たない情報である。一方で、身体構造と関係の深い筋紡錘などの固有感覚情報は特に歩行の安定化に大きな影響を持っているため<sup>[2]</sup>、神経経路の再構築に効果的である可能性がある。

そのため、本研究では聴覚のような特殊感覚を通してではなく、直接身体の運動状態に影響を与える歩行支援方法を検討する。特に我々は上肢の運動状態に介入する方法を提案する。上肢と下肢の間で協調関係があること<sup>[3]</sup>や、上肢動作の抑制時の下肢動作の変化<sup>[4]</sup>が見られる報告からも、上肢動作への介入により間接的に歩行改善できる可能性があり、下肢運動に直接介入するより転倒のリスクが低いと考えられるからである。以上のことから、本研究では歩行における上肢の運動への介入と歩容の変化の関係性を調査することを目的とする。また、その知見に基づいて上肢の動作を支援することによって、歩行

改善を行う支援手法の有効性を示す。方針として肘関節の角度の制約を与えたことに対する擬似片麻痺歩行の歩容の変化を明らかにする。

#### 2. 実験

##### 2.1 肘駆動装置

図 1 のように肘駆動装置（菊池製作所製）を装着し実験を行った。任意の振幅、周期で両肘を外部から繰り返し屈伸させることが可能である。

##### 2.2 実験方法

被験者は右膝の屈曲を制限する擬似片麻痺装具を装着した健常者であった。条件として両肘を動かさない条件（肘固定条件）と周期的に屈伸させる条件（肘屈伸条件）を設定し、肘運動が片麻痺歩行へ与える影響を明らかにする。被験者は約 60m の廊下を歩行した。その際、フットセンサで脚接地・離地時刻を検出し、背面腰部に装着した加速度センサで歩行時の重心変動を算出した。そして西ら<sup>[6]</sup>が提案した腰加速度情報に基づく安定歩行 10 周期分の腰軌道から運動学的に評価した。図 2 に健常歩行時の腰軌道を示す。



図 1 肘駆動装置  
Fig.1 Elbow driving device

\*1: 東京工業大学大学院 総合理工学研究科

\*2: 株式会社菊池製作所

\*1: Interdisciplinary Graduate School of Science and Engineering,  
Tokyo Institute of Technology

\*2: KIKUCHI SEISAKUSHO CO.,LTD

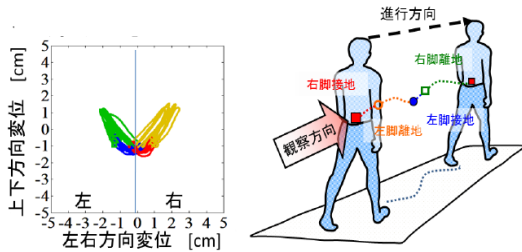


図2 腰軌道分析の概要  
Fig.2 Brief of trunk trajectory analysis

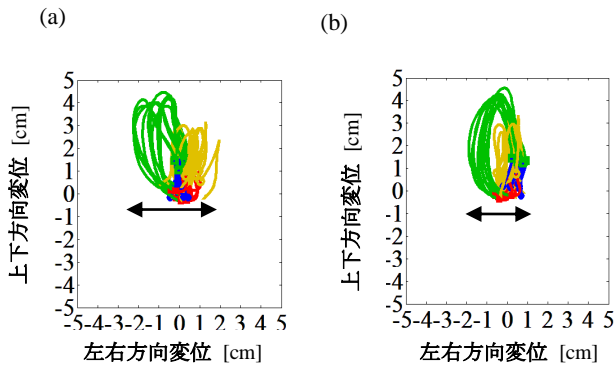


図3 条件間での腰軌道の対比  
Fig.3 Comparing conditions using Trunk Trajectory

表1 腰の左右振幅, 遊脚期の平均  
Table.1 Average of horizontal amplitude and swing time

肘の状態	左右振幅[cm]	遊脚時間[s]	
		左脚	右脚
肘固定条件	2.5±0.8	0.4±0.01	0.48±0.01
肘屈伸条件	1.9±0.4	0.42±0.01	0.42±0.01

### 2.3 結果

図3に擬似片麻痺患者の安定歩行期における腰軌道を示す。図2の健常者の腰軌道と比べ、上下方向変位において左右非対称性が見られた。また、肘固定条件(図3(a))と比べて、肘屈伸条件(図3(b))では、腰軌道の左右振幅が顕著に減少している。表1に安定10歩行周期における各特徴量の平均値と標準偏差を示す。肘の条件間での変化は見られなかった。遊脚時間(右脚:緑区間,左脚:黄区間)にも左右差が見られたが、肘固定条件に比べ、肘屈伸条件では左右差の減少が確認された。

### 3. 考察

本研究では、片麻痺患者を対象に歩行時の上肢動作に介入することによる歩行支援法を提案し、擬似片麻痺患者でその効果を検討した。右膝を伸展位で固定して疑似的な片麻痺歩行を構成したため、基準となる片麻痺歩行においては右足の遊脚時間が長くなり遊脚時間に左右差が生じていた。しかし、両肘を一定リズムで屈伸させた場合には、腰の左右方向の変位が減少し遊脚時間の左右

差も減少したため、前方への推進力が大きくなったと考えられる。このことから歩行において上肢動作は大きな役割を果たし、上肢に対してリズム入力を行うことで片麻痺歩行の改善ができる可能性が示唆される。

一方で今回は事前に設定した振幅, 周期で駆動する装置を用いた。これは我々が聴覚刺激による支援で用いてきた相互引き込みに基づくリズム生成<sup>1)</sup>とは大きく異なる。一定テンポの聴覚刺激による強制引き込みを利用した RAS と比べ揺らぎ特性の改善効果で優位性が示されており<sup>6)</sup>, 上肢のリズム動作支援においても相互引き込みの概念が有効である可能性があるため今後導入を検討していく。

### 4. おわりに

本研究では、歩行に与える上肢のリズム運動の擬似片麻痺患者の歩容に与える影響を調査した。その結果、遊脚時間の左右差と左右振幅が減少することが確認された。このことにより、歩行支援方法として外部から上肢へリズムを与えることの有効性が示唆された。

### 謝辞

本研究に用いた肘駆動装置作成にあたり、早稲田大学の藤江正克教授にご協力いただいた。ここに感謝の意を表する。

### 参考文献

- [1] Miyake, Y.: Interpersonal Synchronization of Body Motion and the Walk-Mate Walking Support Robot; IEEE Transactions on Robotics, Vol.25, No.3, pp.638-644, (2009).
- [2] Pearson, K.G: Proprioceptive regulation of locomotion; Curr. Opinion Neurobiol. 5, pp. 786-791 (1995).
- [3] Muto, T., Miyake, Y.: Dual-Hierarchical Control Mechanism of Interpersonal Embodied Interactions in Cooperative Walking; Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Information, Vol.15, No.5, pp.534-544 (2011).
- [4] Umberger, B. R.: Effects of suppressing arm swing on kinematics, kinetics, and energetics of human walking; Journal of Biomechanics Vol.41, pp.2575-2580 (2008).
- [5] 西,和田,三宅: 腰軌道の運動学的分析に基づく片麻痺歩行評価システム; 計測自動制御学会論文集, Vol.47, No.1, pp.8-16 (2011).
- [6] Hove, M.J. et al.: Interactive Rhythmic Auditory Stimulation Reinstates Natural 1/f Timing in Gait of Parkinson's Patients; PLoS ONE, Vol.7, No.3, e32600 (2012)