

上肢運動における身体所有感及び運動主体感が

指の知覚位置に与える影響

○濱崎 峻資（東京大学）、安 琪（東京大学）、温 文（東京大学）、田村 雄介（東京大学）、
山川 博司（東京大学）、畝中 智志（杏林大学）、渋谷 賢（杏林大学）、大木 紫（杏林大学）、
山下 淳（東京大学）、浅間 一（東京大学）

Effect of Sense of Ownership and Sense of Agency on Perceived Finger Position during Upper Limb Movement

○Shunsuke HAMASAKI (The Univ. of Tokyo), Qi AN (The Univ. of Tokyo), Wen WEN (The Univ. of Tokyo), Yusuke TAMURA (The Univ. of Tokyo), Hiroshi YAMAKAWA (The Univ. of Tokyo), Satoshi UNENAKA (Kyorin Univ.), Satoshi SHIBUYA (Kyorin Univ.) and Yukari OHKI (Kyorin Univ.), Atsushi YAMASHITA (The Univ. of Tokyo), Hajime ASAMA (The Univ. of Tokyo),

Abstract: Certain diseases such as phantom pain or hemiplegia are caused by a mismatch between the real body and the own body model in brain. Mirror therapy is considered to improve these diseases and it can be considered as a process of eliminating the mismatch between the real body and the own body model. In this research, we focused on the changes in the perceived position of the finger. We performed an experiment with participants on four conditions and we designed four experimental conditions in which participants felt different sense of ownership and sense of agency. We investigated the relationship between the change in the perceived position and the sense of ownership and agency. We model the change according to the result, and furthermore, we showed that we can predict the future perceived position change with proposal model.

Keywords: Sense of ownership, Sense of agency, Body representation

1 序論

片麻痺や幻肢痛などの疾患には実際の身体と脳内の身体モデルのズレが関係していると考えられており、そのリハビリテーションとしてミラーセラピーが効果的であることがわかっている[1]。身体モデル変容は身体所有感や運動主体感と密接に関係しているといわれており[2]、そのメカニズムを明らかにするため、本研究では指の知覚位置に着目し、身体所有感及び運動主体感がその変容に与える影響について調査し、モデル化を行った。

2 実験と結果

2.1 被験者実験

Figure 1 の側面図に示した実験機器において被験者に上肢の運動を行わせ、与える視覚フィードバックに介入することで知覚位置の変容を促した。被験者はマニピュランダムに乗せた右上肢を運動させる。この時被験者は自らの身体を見ることができず、上部のディスプレイから投影される視覚フィードバック（Virtual

Image）のみを鏡を通して与えられる。被験者は電子音によって3秒1往復に制御された前後60 mm、1分間の往復運動を10セット行う。視覚フィードバックは常に実際の手より120 mm前方に見えるように表示される。被験者が異なる身体所有感、運動主体感を感じるように以下の4つの実験条件を設計した。Virtual imageは正位置の条件において実際の手と同じ向き、逆位置条件ではその逆に見えるよう表示される。

- Virtual image が正位置、運動が能動的
- Virtual image が正位置、運動が受動的
- Virtual image が逆位置、運動が能動的
- Virtual image が逆位置、運動が受動的

実験開始前と各セットの終了時の計11回、被験者が実際に感じている身体所有感と運動主体感を内観アンケートで、指の知覚位置を左手による指差しをモーションキャプチャによって計測することで測定した。被験者は12名（平均年齢35.8歳、右利き）であり、被験者全員のインフォームドコンセントを得て実施された。

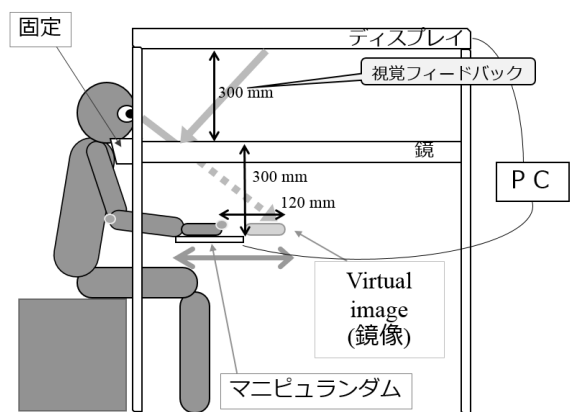


Fig. 1 Experimental Device

2.2 結果

内観アンケートの結果, Virtual image が正位置の条件で身体所有感を感じやすく, 逆位置で感じにくかった. また, 運動が能動的な条件で運動主体感を感じやすく, 受動的な条件で感じにくいことが確認され, 設計した4条件により意図通りの身体所有感, 運動主体感を与えられていることが分かった.

知覚位置が変容しなかった逆位置かつ受動的な条件を除いた3条件に関して, 指の知覚位置の変容を全被験者について平均した結果を Fig.2 に示す. 被験者からみて前方を正方向とする.

3 考察

知覚位置が変容していく過程で, 人間は固有受容器から得られた体性感覚情報と視覚情報を用いている. このことから, 以下のようなモデル化を行った.

$$I_{t+1} - I_t = \rho(V_t - I_t) + \sigma(S_t - I_t) \quad (1)$$

I_t は時刻 t における指の知覚位置, V_t , S_t はそれぞれ時刻 t において視覚から得られた指の位置, 体性感覚から得られた指の位置を示し, ρ , σ は定数である. 式(1)をもとに4セット目までの実験データから最小二乗法によって定数を求めた結果を Fig. 2 に示した. 能動的な条件において ρ が大きくなっており, 運動主体感を強く感じている時, 知覚位置の変容が視覚に影響されやすいことを示している. また, 視覚フィードバックが逆位置に表示される条件において σ が大きくなっており, 身体所有感を感じにくい時に知覚位置の変容が体性感覚に影響されやすいことを示している. モデルから将来の知覚位置変容を予測するため, 4セット目までのデータを用いて5セット目以降の知覚位置を予測することを試みた. 4セット目までのデータから得られた定数 ρ , σ を用いて5セット目以降を予測した結果を Fig.2 の予測値に示した. その条件において試行を繰り返した時, 知覚位置がどの位置に収束していくかについて, すべての条件において予測ができていることがわかる.

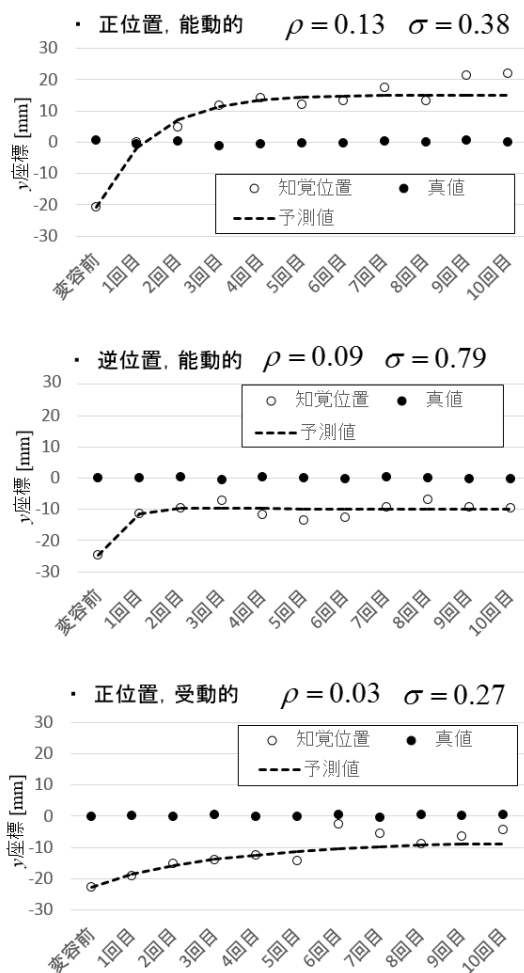


Fig. 2 Experimental Result

4 結論

異なる身体所有感, 運動主体感を与える複数の実験条件の下に上肢の運動実験を行い, 手が遠方に存在するように視覚フィードバックに介入し, 指の知覚位置変容を促した. 実験結果から, 身体所有感, 運動主体感の感じ方によって指の知覚位置の変容に差があることを明らかにし, データをもとにモデル化を行った. 提案モデルにより, 将来の指の知覚位置変容を予測できることを示した.

謝辞 本研究の一部は JSPS 科研費新学術領域研究「脳内身体表現の変容機構の理解と制御」(課題番号 26120005) の助成を受けたものである.

参考文献

- [1] V. S. Ramachandran et al. : Touching the phantom limb, Nature, Vol.377, 489/490 (1995)
- [2] M. Tsakiris et al. : Having a body versus moving your body: How agency structures body-ownership, Consciousness and cognition, Vol. 15,423/432 (2006)