

# 行動開始時点での表面筋電位の立ち上がりが Sense of Agency に与える影響

○村林正堂 †, 池本有助 †, 大武美保子 †, 前田貴記 ‡,  
加藤元一郎 ‡, 浅間一 †  
東京大学 †, 慶應義塾大学 ‡

## Edge of Surface Myoelectric Activity at the Beginning of Action is one of effects of Sense of Agency

○Masataka MURABAYASHI†, Yusuke IKEMOTO†, Mihoko OTAKE†, Takaki MAEDA‡,  
Motoichiro KATO‡and Hajime ASAMA†  
The University of Tokyo†, Keio University‡

**Abstract:** We design the experiment with EMG and the tactile device in order to investigate the difference of the ratio of Sense of Agency when the timing of the feedback changes. The result showed that people experience Sense of Agency when the feedback begins after the surface electromyogram signal, even if it begins before the movement of the body.

### 1 はじめに

現在の社会では、様々な場面で機械が使用されるようになり、インタフェースの質を高めることは重要になってきている。特に人と機械の間のインタフェースであるヒューマンインタフェースは注目を集めており、人間の認知や心理の特性を考慮した設計が行われはじめている。こういったインタフェース設計にとって重要な認知特性の例としては、たとえば Sense of Agency が挙げられる。Sense of Agency とは人がある行為や思考をしたときに、その作用主体 (agent) が自己であるという体験のことである [1]。近年、Sense of Agency に関する研究も盛んになり、その認知モデル等も提案されはじめている [2]。しかし、Sense of Agency の体験が行為のどの段階で始まるかはまだ理解されていない。

本稿では、この Sense of Agency という感覚に着目した実験を行った。具体的には、筋電計と触覚提示デバイスを用いた被験者実験によって、実際に行為を起こすために必要な表面筋電位が起こる前と後では Sense of Agency がどのように変化するかを検討した。その結果、表面筋電位活動開始時点で人は Sense of Agency を体験することが示唆された。

### 2 実験

#### 2.1 実験装置とアプリケーション

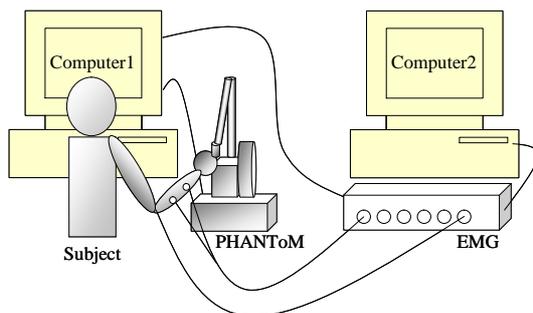


Fig. 1 The experiment equipment

本実験は、仮想空間上を動いている物体に対して、Sense of Agency を経験するかをいくつかの条件下で確かめるものである。実験装置全体の説明をする (図 1)。触覚提示デバイス (PHANTOM premium 1.0 Sensable, Inc) を用いることによって、特定の場所で被験者の中指には触覚が提示される。それによって、被験者は仮想空間上に存在する物体にあたかも触れている様な感覚を得ている。また、実験の最中、被験者の右腕には表面筋電位計測装置 (personal-EMG 追坂電子機器) がつけられており、被験者が右手の中指を屈折する前の筋電が獲得される。さらに、アプリケーション用計算機から筋電計にトリガ信号を出すことによって、これら二つの装置の時間的同期を実現している。

次に、アプリケーションの説明をする。アプリケーション用計算機のディスプレイ上には以下の三つの物体が表示される。Cursor 仮想空間上に存在する緑色の円錐型オブジェクトであり、実空間の指の動きに対応して動く。Box 仮想空間上に存在する、黒色の立方体型のオブジェクトである。ある条件によって上方向への等速運動をする。Start 仮想空間上に存在する水平面に平行である透明な平面型のオブジェクトである。位置は Box の下にある。基本的に被験者は Cursor を Start の上面に接しておくように求められる。被験者は健康な三人の大学院生 (男性, 右利き) である。被験者には実験後にインフォームドコンセントをとっている。被験者は Box が動いた際に、Box を動かした感じがするかをたずねられる。Box が動く条件は Cursor が Box に触れたとき (条件 A) と合図が出てから一定時間たったとき (条件 B) の二種類である。また、筋電計には 1 試行あたり 2 回のトリガ信号が入力される。それぞれ「Box の色が変わったとき」と「Box が動き始めたとき」である。

#### 2.2 手順

被験者は、腕の位置が快適になるようにいすの高さを調節し、その顔の高さと腕の位置を掌が上に向くように保持

した．その状態で，筋電計を前腕屈筋に取り付けた．

実験は Measure と Test の二種類があり，被験者は Measure, Test の順番に実験をおこなった．Box の色が変化したら，即座に右腕の中指を上方に動かすように指示されている．Measure の目的は，被験者の反応速度を計測するためであり，被験者が行う 100 回の試行すべてにおいて，Box が動く条件は条件 A である．被験者はすべての試行において自分の行為によって Box が動くことを Measure 開始前に知らされた．実験後，書く試行ごとの最初のトリガ信号と筋電の時間差の平均  $t_m$ [ms] が計測された．Test の目的は筋肉が動きが Sense of Agency にどのように影響を与えるかを確認することであり，被験者が行う 80 回の試行における Box が動く条件はすべて条件 B である．被験者は自分の指の動きによって Box が動いたかどうかを各試行ごとに判断する．なお，条件 B で用いられる時間は 0[ms] から  $2 \times t_m$ [ms] の範囲で試行ごとにランダムに決定する．

### 3 結果・考察

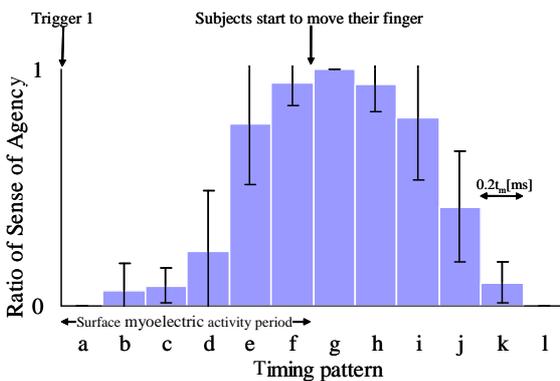


Fig. 2 Ratio of Sense of Agency

図 2 は横軸に実験水準，縦軸に Sense of Agency を感じた割合をとったグラフである．実験水準は，すべての試行をアクションが起こる時間と指が運動する時間差によって区別したものである．各水準は  $0.2 \times t_m$ [ms] で区別されており，たとえば，水準 a ではフィードバック開始時間から指運動開始時間の差が  $-t_m$ [ms] の時であった試行における Sense of Agency の割合を，水準 b ではその差が  $-0.8 \times t_m$ [ms] から  $-0.8 \times t_m$ [ms] の範囲だったときの試行における Sense of Agency の割合を意味している．水準 a から f までは，指が動くより早くフィードバックが起きており，g から l までは，指が動くより遅くフィードバックが起きている．分散分析より Sense of Agency に関して，Action 開始時間が有意であることが示された ( $F(11, 22) = 23.86, p < .05$ )．また，多重比較より，水準 d と e の間に有意な差があること，つまり，実際に指の運動が開始される前でも，フィードバックが起こる時間によっては Sense of Agency に違いがあることが統計的に示された．次に，実際に運動が起こる前にフィードバックが起こった試行のみを抽出し，フィードバック

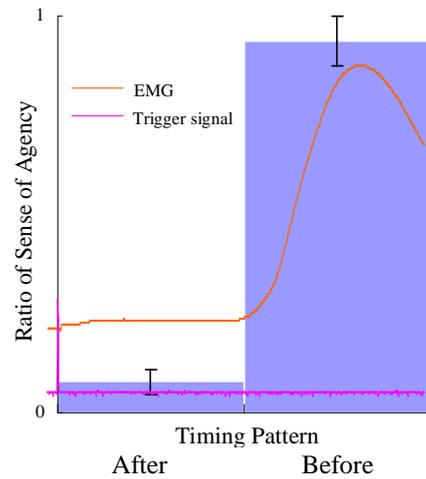


Fig. 3 Ratio of Sense of Agency when action happens before subjects moves their finger

クが起こる前に表面筋電位が立ち上がった場合 (before) とフィードバックが起こる後に立ち上がった場合 (after) の Sense of Agency を比較した (図 3)．分散分析より，表面筋電位立ち上がり前後によって，Sense of Agency に有意な差があることが示された ( $F(1, 2) = 974.5, < .05$ )．以上の結果より，実際に行為を起こす前の腕の筋電の立ち上がり時点で，目標とするフィードバックが起こっていれば，人は Sense of Agency を感じる事が示唆された．

### 4 まとめ・展望

本研究では筋電計と触覚提示デバイスを用いた被験者実験から，物体の移動開始のタイミングを表面筋肉運動の前後にずらすことによって，Sense of Agency がどのように変化するか確かめた．その結果，フィードバック開始のタイミングが表面筋肉運動よりも後に来た場合には，そのタイミングが指が動く前でも，Sense of Agency を感じる事が示された．今後は，実験系をより厳密化して被験者を増やし，結果の精度を高めるとともに提案されている Sense of Agency のモデルの改良を目指す．

### 謝辞

本研究は，文部科学省科学研究費特定領域「身体，脳，環境の相互作用による適応的運動機能の実現 移動知の構成論的理解」によって行われた．ここに感謝の意を表す．

### 参考文献

- [1] C.Farrer, N.Franck, N.Georgie, C.D.Frith, J.Decety, and M.Jennerod. Modulating the experience of agency: a positron emission tomography study. *NeuroImage*, Vol. 18, pp. 324 333, 2003.
- [2] S.-J.Blakemore, D.A.Oakley, and C.D.Frith. Delusions of alien control in the normal brain. *Neuropsychologia*, Vol. 41, pp. 1058 1067, 2003.