

触覚情報の視覚誘導自己運動感覚に与える影響

清水慶尚*・栗木一郎*・内川恵二*

石井雅博**・佐藤 誠**

* 東京工業大学 工学部 像情報工学研究施設

〒226-8503 横浜市緑区長津田町 4259

** 東京工業大学 工学部 精密工学研究所

〒226-8503 横浜市緑区長津田町 4259

1. はじめに

現実の運動を仮想に実現するために、実際に受けるものと全く同じ感覚、例えば視覚、聴覚、触覚、体性感覚などの様々な感覚情報を呈示すればよいと考えられる。誘導自己運動感覚では、静止しているはずの「自己」に対して運動している際と全く等しい「感覚情報」を次々と与えていくことで「自己」が動いているという感覚に対するコンフリクトを減らしてゆくことができると考えられる。特に誘導自己運動感覚の一種である視覚誘導自己運動感覚（ベクション）は視覚情報によって生起する運動感覚であるが、運動開始の際に加速度運動から生じる前庭系応答がないために、前庭系情報と視覚情報との間にコンフリクトが起こる。そのためベクションが生起しにくくなり、またベクション強度を弱めるのではないかと考えられている。本研究ではベクションを生起させる際に運動感覚を形成する要因となりうる「触覚情報」を与えることでベクションがどのような影響を受けるかを調べる。さらにベクションをより強めるための条件を探す。このように本研究では視覚刺激と触覚刺激を同期させて被験者に呈示

し、被験者のベクション強度の内観と生起までの潜時を測定することで触覚情報のベクションへの影響を調べることを目的とする。

2. 実験方法

視覚刺激として正方形の枠の形をした湧き出し画像を呈示し、それによって被験者に前進ベクションを生起させる。被験者は四角の枠の中を前進しているという感覚を持つ。それと同時に視覚刺激の運動と連動させた触覚刺激を与え、その存在によるベクションへの影響を測定する。

実験装置は図1に示すようにスクリーンと被験者ブース、視覚刺激を呈示するためのプロジェクターおよび触覚刺激を呈示するためのロボットアームと制御装置、そして両刺激を制御するコンピュータからなっている。

2.1 視覚刺激

被験者に正方形の枠が並んでいる道を前進してゆくという感覚を作り出すために、コンピュータによって作った正方形の枠の湧き出し画像を三管式プロジェクターによってスクリーンに背面から投影する。被験者はブース内でこの刺激を視距離 130 cm の位置からブースの窓を通して観察する。被験者の見る刺激の視角は 53.2 deg（窓からスクリーンの距離

50 cm, 窓の大きさ 77 cm × 77 cm) である。視覚刺激の刺激の速度及び周波数は、枠の湧き出しの中央から被験者の視野の外に消えるまでを一周期とし, slow 条件では周波数 1.19 Hz で速度は 31.67 deg/s, fast 条件では周波数 1.47 Hz で速度は 39.12 deg/s である。

2.2 触覚刺激

視覚刺激と同時にロボットアームによって木の棒を振ることで触覚刺激を被験者の右手に与える。触覚刺激は被験者が視覚刺激の枠の中を(仮想的に)通り過ぎる瞬間と同期して与えられる。それぞれのロボットアームが振動する平均速度は slow 条件で 61.4 cm/s で high 条件が 159.1 cm/s である。

2.3 実験手続き

被験者は被験者ブースの内部から窓を通してスクリーンを観察する。ブース内部はわずかに照明されており内部の様子が見える。被験者はブース内で両足が接地しないように調節された背もたれのない椅子に座る。ホワイトノイズを流したヘッドフォンを装着し, アームの振動音が聞こえないようにする。右手をアームレストに乗せ, ブース内に張られた暗幕の穴からブースの外に出してロボットアームからの刺激を受ける。視覚刺激を観察する際に刺激が湧き出してくる場所を注視す

るようにインストラクションされる。

視覚刺激は 90 s 呈示されその直後 60 s マスク刺激が呈示される。これを 1 試行とし, 視覚刺激の速度 (high と slow) の 2 条件と触覚刺激のあるなし (tactile ありとなし) の 2 条件の全 4 条件をランダムに続けて呈示する。この異なる 4 試行を 1 セッションとする。

1 試行では刺激が呈示されてからベクションが生じた時点を被験者が報告することで, ベクション生起までの潜時 (latency) を測定する。また刺激により生じたベクションの強度を 4 段階に回答 (response) する。ベクションが生起しない条件は存在しなかった。

被験者は, 1: わずかに自身が前進しているように感じる。2: 自身が前進しているように感じるがそれ以上に周囲が動いている, または画面が動いているように感じる。3: 自身が前進しているように感じるがわずかに画面の運動を感じる。4: 完全に自身が前進しているように感じる。という 4 段階の評価を報告した。以上の 2 つのデータを実験結果として得た。

各被験者で一回の測定で連続 3 セッション測定し, 8 回 (計 24 セッション) 測定を行った。

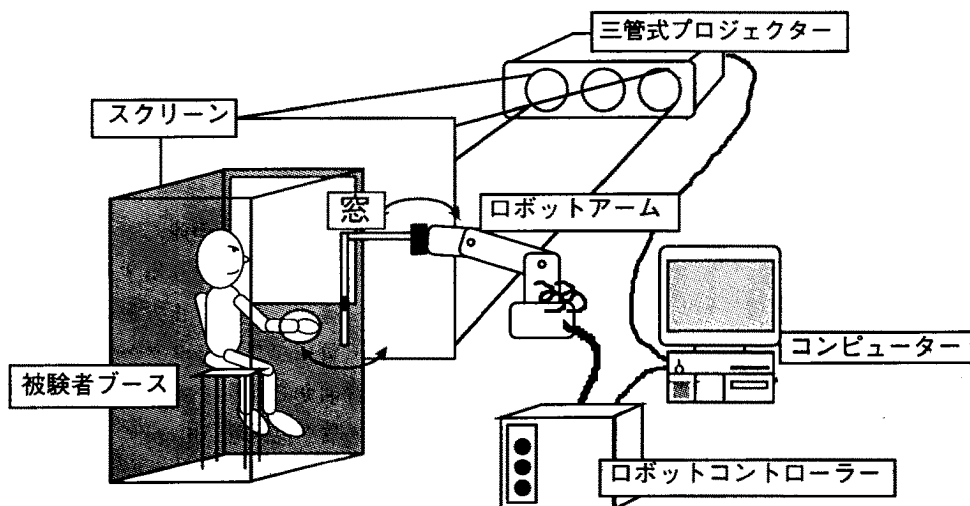


図1 実験装置

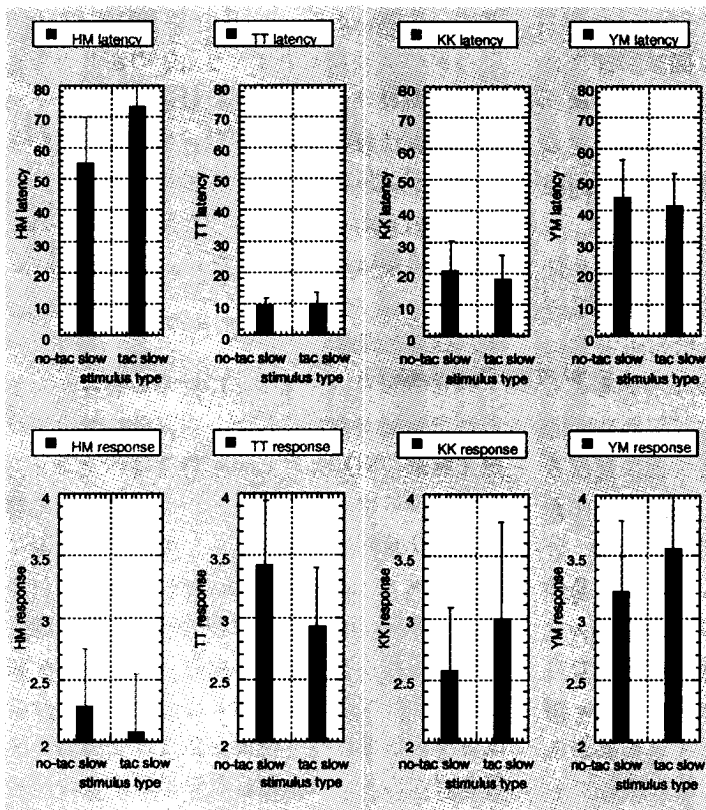


図2 Slow 条件での結果

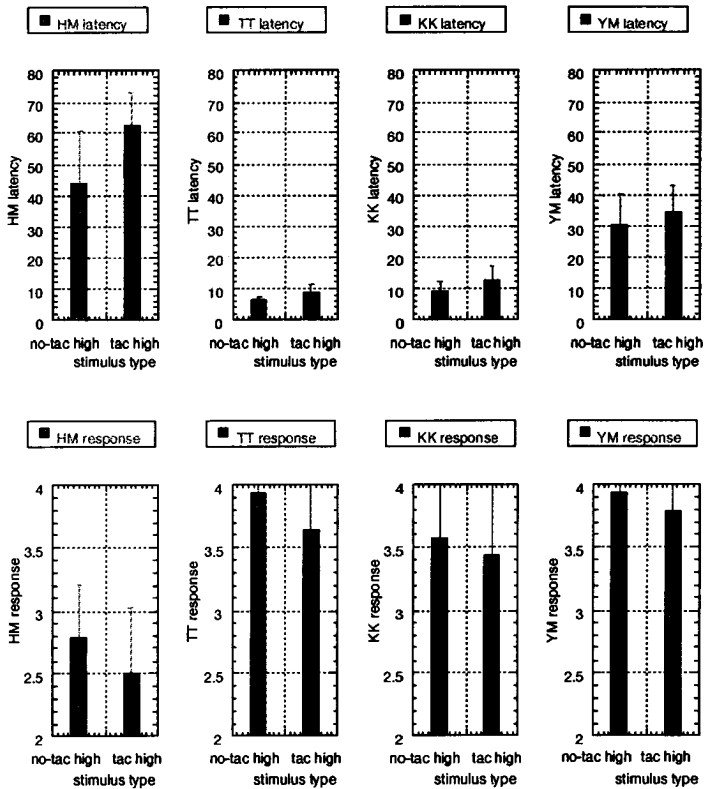


図3 High 条件での結果

3. 結果と考察

結果を slow と high 条件別に図 2, 図 3 に示す。両グラフとも上段が潜時, 下段がベクション強度評価値である。各パネル内の左の棒グラフが tactile 無しのデータ, 右が tactile 有りのデータになっている。

全被験者において言えることは, high 条件の方が slow 条件よりも潜時が減少し, 強度評価が増加することである。これは high 条件においてベクション強度が強くなっていることを意味する。tactile 刺激の存在に関わらず強度が上がっていることから視覚刺激の速度の影響は非常に大きいといえる。High 条件においては tactile 刺激を与えると潜時が延び, 評価が低くなることがわかる。これは high 条件では今回使用した tactile 刺激はベクションを抑制することを意味する。被験者の内観でも視覚刺激から予測される手に当たる tactile 刺激の速度及び衝撃があまりに低く違和感がある, という報告があり, 結果と一致している。

Slow 条件では被験者は結果によって二つのタイプに分かれた。tactile 刺激を与えることで潜時が増加し強度評価が減少するタイプとその逆のタイプである。前者は high 条件と同様に tactile 刺激がベクションを抑制していると考えられるが, 後者はベクションを増強さ

せているといえる。

今回の実験において, tactile のありとなしの条件を続けてランダムに呈示したが, その際, 触覚情報の影響が次試行に影響している可能性があるのではという指摘を受けた。しかし被験者からはそのような傾向がみられたという報告は得られていない。

4. 結論と課題

触覚情報のベクションに対する影響があることが確認できた。しかし本実験においては視覚刺激に同期した tactile 刺激はベクションを強めるには十分でなかった。視覚刺激の時間および空間周波数をさらに考慮し, 完全に整合させた tactile 刺激を呈示する必要があり, その際に tactile 刺激の速度および力積を考慮に入れる必要があると考えられる。今後の課題として以上の点をふまえた触覚刺激の改善や被験者のベクション強度評価方法の改善などがある。たとえば刺激呈示が低時間周波数の際に tactile 刺激の周波数及び速度を変化させることの影響などが考えられる。また response 評価方法としては 1 試行中にベクションが生起してから tactile 刺激を呈示することでの変化など時系列での変化を応答としてとることなどが考えられる。