

# 運動感覚に関わる時差順応が同時性知覚に及ぼす影響 —受動的運動と能動的運動の比較—

身体運動科学研究領域

5008A025-1 小林 功一

研究指導教員:山崎 勝男 教授

## 序 論

感覚信号の脳への入力、感覚信号間にわずかな時差がある。この時差は、各信号間の物理的伝達時間および神経伝達時間の違いに起因すると考えられる。例えば、マウスクリック動作を例にみると、クリック時の運動感覚、クリック音、クリックによるパソコンからの応答などである。脳へ到達する時間はそれぞれ異なるにも関わらず、これら全ての感覚信号を1つまとめた事象として知覚体験できる。脳はどのように複数の感覚信号の入力時間順序を判断するのだろうか？最近の研究により、信号間に生じ得る時差を埋め合わせ順応する、いわゆる時差順応と呼ばれる機序が脳に存在することが明らかになった(Fujisaki *et al.*, 2004)。この時差順応は、運動感覚・視覚信号間にも生じることが確認されており、環境への働きかけが強い程、その効果は大きいと考えられている(Stetson *et al.*, 2006)。

しかしながら、これまでの時差順応に関する研究では、呈示された信号に対して反応するといった受動的運動事態でしかその効果を検討していない。日常生活やスポーツ場面を想定した場合には、より複雑な運動事態が考えられる。そこで、本研究では、運動事態の違いが、聴覚・運動感覚信号間に生じ得る時差順応に及ぼす影響を調べた。

本研究では、受動的運動事態と能動的運動事態を想定した。それぞれの運動事態を具現する課題として、単純反応課題、感覚運動同期課題を用いた。前者は、感覚信号受容後、即座に運動反応する課題である。後者は、周期的な感覚信号に対して、可能な限り同期した運動反応を継続遂行する課題である。感覚運動同期課題では、単純反応課題とは異なり、次の感覚信号を見越した能動的な運動反応が必要となる。

本研究の目的は、運動事態の違いが聴覚・運動感覚信号間に生じ得る時差順応に及ぼす影響を検討す

ることとした。環境への働きかけが強い能動的運動事態では、受動的運動事態に比べて、より大きな時差順応が生じると仮説立てた。

## 方 法

【実験参加者】成人16名(男性;11名, 女性;5名)で、平均年齢は、 $22.19 \pm 0.83$  歳だった。参加者は全員、聴力に問題なく、常用手は右手であると報告した。

【条件と課題】本研究では、受動的運動条件と能動的運動条件を設定した。前者には、単純反応課題を、後者には感覚運動同期課題を用いた。参加者は、両条件にて、運動反応から100 ms後に聴覚刺激を呈示される適応課題を遂行した。また、その前後には、自らの運動反応と聴覚信号の時間順序を判断する時間順序弁別課題を遂行した。時間順序弁別課題のパフォーマンスから、適応前後の時間知覚特性について条件間で比較した。

【分析方法】各条件、適応課題前後に行った時間順序弁別課題のパフォーマンスから、精神測定曲線を取得した。精神測定曲線には、運動反応と聴覚刺激間の時差の関数として、聴覚刺激が先行したと参加者が応答した割合を表した。精神測定曲線から主観的同時点と丁度可知差異を算出し、時間知覚特性を検討した。主観的同時点は、参加者が“最も”同時だと判断した運動反応と聴覚刺激間の時差を表す。一方、丁度可知差異は、参加者が同時であると判断した運動反応と聴覚刺激間の時差の範囲を表す。

主観的同時点と丁度可知差異について、条件(受動的運動条件 / 能動的運動条件)×適応(適応前 / 適応後)の2要因多変量分散分析を行った。単純主効果の検定には、プールしない水準誤差項を用い、多重比較にはBonferroni法を用いた。有意水準は5%に設定した。

## 結 果

【精神測定曲線】図 1 には、各条件・適応前後における精神測定曲線の総加算平均を示した。

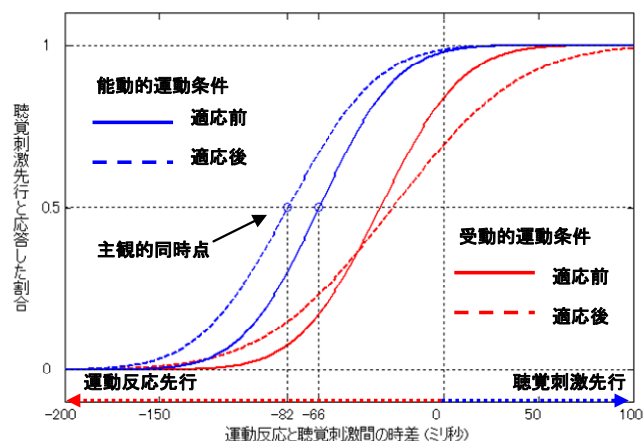


図 1. 精神測定曲線の総加算平均

【主観的同時点と丁度可知差異の変化】図 2 には、各条件・適応前後における主観的同時点と丁度可知差異を表した。

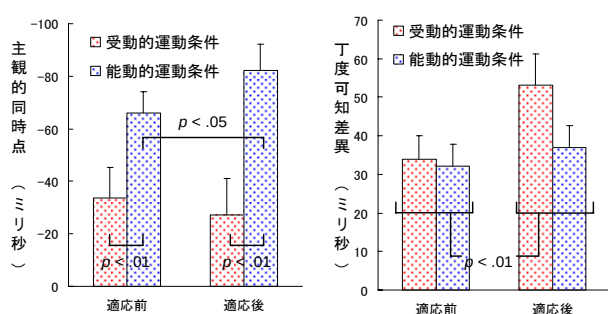


図 2. 主観的同時点と丁度可知差異

主観的同時点について、条件(2)×適応(2)の 2 要因多変量分散分析の結果、適応前後に生じた主観的同時点の変化の程度が条件間で異なった( $F(1, 15) = 5.13, p < .05$ )。単純主効果の検定の結果、能動的運動条件では、適応前後に主観的同時点の有意な陰性変化(-66 ms から-82 ms への変化)が認められた( $F(1, 15) = 8.40, p < .05$ )が、受動的運動条件には系統的な変化はみられなかった( $F(1, 15) = 0.69, n.s.$ )。また、適応前には、すでに条件間の主観的同時点は異なっており( $F(1, 15) = 10.66, p < .01$ )、適応後も同様に異なっていた( $F(1, 15) = 18.55, p < .01$ )。一方、丁度可知差異についても同様の統計処理を行った結果、条件に関わらず、適応前後に丁度可知差異が増大した( $F(1, 15) = 7.61, p < .05$ )。

## 考 察

【主観的同時点の変化】本研究では、運動事態が時差順応に及ぼす影響を検討した。その結果、能動的運動条件にのみ、主観的同時点が-66 ms から-82 ms へ変化した。つまり、この 16 ms の時差内では、適応前後に時間順序判断が反転した。したがって、脳が、聴覚信号・運動感覚信号の時間順序を再構成していることを示唆できる。しかしながら、受動的運動条件には、主観的同時点の変化は認められなかった。換言すれば、入力される信号は同一にも関わらず、能動的運動条件にのみ時差順応の効果が現れた。この結果より、本研究では、運動感覚・聴覚信号間に依存しない中枢機序が、運動事態に応じて、両信号間の時差順応に関与していることを新たに明らかにした。Stetson *et al.*(2006)が指摘したように、環境への働きかけの程度、本研究では能動的な運動反応による働きかけが、時差順応の効果に影響を及ぼすと考えられる。

【条件間の主観的同時点の違い】適応前の時点ですでに、両条件間の主観的同時点は異なっていた。すなわち、両条件にて、2 つの信号が脳に到達するまでに違いがないにも関わらず、運動事態に応じて時間知覚特性が異なっていた。これは、運動感覚・聴覚信号間の時間知覚に関わる神経回路が、運動事態に応じて複数介在することを示唆するものである。

【スポーツ科学への応用】タイミングはスポーツスキルの構成要素である(大築, 1988)。適切なタイミングを獲得するためには、各信号間の物理的タイミングに順応する必要があるだろう。我々は、日常生活を通して、各信号間に生じ得る様々な時差に順応している。しかしながら、時としてその順応により固められてきた主観的時間と物理的時間との間には大きな乖離が存在する。その乖離を克服するためには、日々のトレーニングを通して、“能動的かつ実戦的”に、求められる物理的タイミングに順応を果たしていくことが重要だと考えられる。

## 引 用 文 献

- Fujisaki, W., Shimojo, S., Kashino, M. & Nishida, S. (2004) Recalibration of audiovisual simultaneity. *Nat Neurosci.* 7, 773-778.
- 大築立志 (1988) 「たくみ」の科学 朝倉書店.
- Stetson, C., Cui, X., Montague, P. R., & Eagleman, D. M. (2006) Motor-sensory recalibration leads to an illusory reversal of action and sensation. *Neuron*, 51, 651-659.