

同期タッピング及び交互タッピングにおける タイミング制御機構の解析と比較

東京工業大学大学院 総合理工学研究科 ○朝日 健太, 中島 壮人, 三宅 美博

Analysis and Comparison of Timing Control mechanism between Synchronization Tapping and Alternation Tapping

○Kenta Asahi, Masato Nakajima and Yoshihiro Miyake Interdisciplinary Graduate School of
Science and Engineering, Tokyo Institute of Technology

Abstract: To improve cooperative process in Man-Machine interaction system, we have to investigate the cooperation mechanism between humans. We used synchronization tapping task and alternation tapping task to compare timing control mechanism. We made an experiment, measured tap-onset times, calculated synchronization error (SE) and inter tap-onset interval (ITI). We clarified that difference of temporal development of SE and ITI and correlation between SE and ITI in both task.

1. はじめに

人間は常に変化しつづける動的環境に適応しつつ生活している。このような自己と環境とのダイナミックな相互作用過程は、“自己と環境の共創過程”と捉えることができる。人間のコミュニケーションを共創という観点から考えた場合非常に重要となるのが、タイミングを合わせる能力である。人間のタイミング制御機構を調べる研究は古くから行われているが、未だ機構の解明には至っていないのが現状である。

タイミングの合わせ方という観点から考えると、人間のタイミング合わせは大きく2つに分けられる。1つが、ダンスや音楽等に見られるような、タイミングを同期させるタイミング合わせを観察する研究である、同期タッピング課題^[1]である。これは、音や光などで与えられる周期的な刺激とスイッチを押すタップ動作を同期させる課題であり、タイミング制御モデルも複数提唱されている。一方、対話やテニス等に見られるような、交互にタイミングを取るタイミング合わせを観察する研究として、交互タッピング課題^[2]がある。これは、音や光などで与えられる周期的な刺激に対し、交互にタップ動作を行う課題である。これらの課題に関して、我々の研究グループでは、注意資源の影響を考慮した認知心理学的側面からの解明^[3]や、時系列データ解析によるダイナミクス^[4]の推定等、人間のタイミング制御に関連する様々な知見を明らかにしてきた。

人間のコミュニケーションにおいて、この2つのタイミング制御は切り離すことが出来ない問題であると考えられる。しかし、両課題の間のタイミング機構を比較した研究は未だ無い。そこで本研究では、同期タッピング課題及び交互タッピング課題に注目し、両課題の間におけるタイミング機構を比較し、その違いを明らかにすることを目標とする。

2. 実験方法

2.1 実験課題

実験1 (同期タッピング課題) : 周期的なパルス音刺激を提示し、被験者はその音刺激の開始時刻に同期するようにボタンを押す。

実験2 (交互タッピング課題) : 周期的なパルス音刺激を提示し、被験者はその連続する音刺激のちょうど中間の時刻に合わせるようにボタンを押す。

2.2 実験条件

二重課題法を用いた実験から、タイミング機構が提示刺激周期に依存し身体的過程と認知的過程として二重化されているという知見^[3]に基づき、周期依存性を見るために、両課題において、提示刺激周期 (ISI) として 600ms, 1200ms, 1800ms, 2400ms, 3000ms を与えた。

被験者は健常な右利きの20代男性4名であり、両課題共に1回の試行を120Tapとした。自己のタップに対する聴覚フィードバックは与えなかった。また、試行中は、視覚刺激を排除するために瞑目してもらい、身体の一部を動かしてリズムをとることと1周期を分割してカウントすることを禁止した。

3. 結果と考察

解析には120Tapのうち不安定な最初の20Tapを除いた有効100Tapを使用した。連続するタップの時間間隔であるITI (Inter Tap-onset Interval)、パルス音刺激とタップの時間間隔であるSE (Synchronization Error) を解析の対象とした。

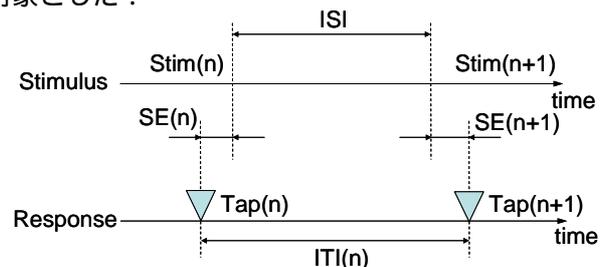


Fig.1 Timing-Chart of temporal relationship between each subject's tap

1) ITI, SE の時系列

Fig.1 は ITI の時系列データである。ISI=1200(ms)では、両課題の ITI のゆらぎに変化が無いのに対し、ISI=3000(ms)では、同期タッピング課題の方が ITI のゆらぎが大きいことが見て取れる。さらに、ITI の標準偏差を取り、課題間で検定を行うと、短周期側(600ms,1200ms)では課題間の値に差は無く、長周期側(1800ms,2400ms,3000ms)では有意な差がある($p<0.05$)ということが分かった。SE の時系列においても同様の傾向が得られた。

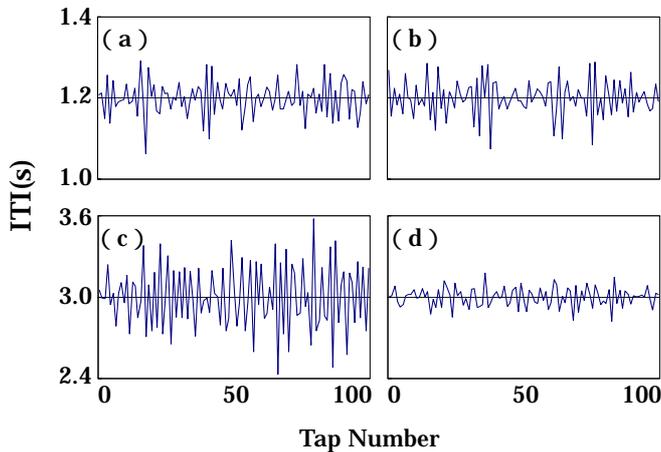


Fig.1 Temporal Development of ITI : (a),(c) synchronization tapping task, (b),(d) alternation tapping task, (a),(b) ISI=1200(ms) (c),(d) ISI=3000(ms)

2) 回帰直線の傾き

ここで、ITI の変化量として ITI_v を、SE の変化量として SE_v を新たに導入する。

Fig.2 は SE-ITI, SE-ITI_v, SE_v-ITI, SE_v-ITI_v の 4 つの関係について分布図を取った時に引くことが出来る回帰直線の傾きである。この傾きは 2 変数間のフィードバック強度を表し、同期タッピング課題におけるモデルにも影響を与える^[5]。

同期タッピング課題では提示刺激周期の大きさに従って傾きも増加し、交互タッピング課題では傾きは提示刺激周期の大きさに依存しないことが分かった。

Fig.3 はそれらを各関係毎に分けたグラフである。それぞれの関係により差はあるものの、短周期側では課題間の値に差は無く、長周期側では有意な差がある($p<0.05$)ということが分かった。

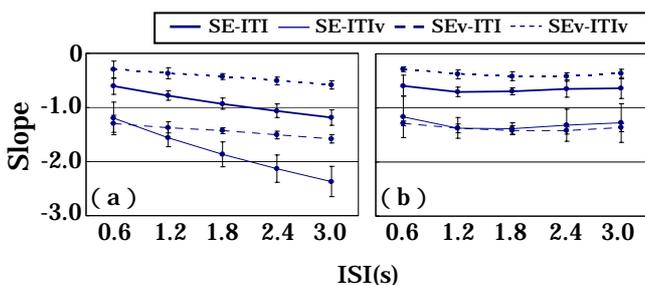


Fig.2 Slope of regression line : (a) synchronization tapping task, (b) alternation tapping task

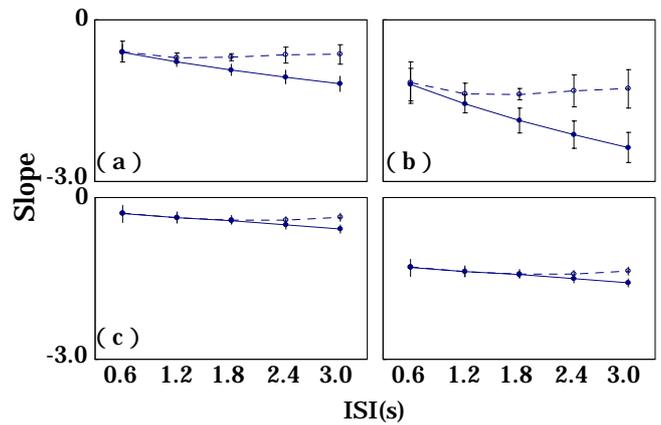


Fig.3 Slope of regression line : solid line - synchronization tapping task, dotted line - alternation tapping task, (a) SE-ITI, (b) SE-ITI_v, (c) SE_v-ITI, (d) SE_v-ITI_v

4. おわりに

本研究は、コミュニケーションにおいて重要である同期及び交互のタイミング制御を考えるために、同期タッピング課題と交互タッピング課題のタイミング機構の比較を行うものであった。

ITI(Tap 周期)と SE(位相誤差)の時系列を見ると、同期タッピングではゆらぎ(標準偏差)が提示刺激周期に依存して大きくなり、交互タッピングではゆらぎが周期に依存しないことが見て取れた。SE から ITI へのフィードバック強度を示す回帰直線の傾きにおいても同様に、同期タッピングでは周期に依存して傾きが大きくなり、交互タッピングでは傾きは周期に依存しないことが見て取れた。さらにこれらの統計的指標において、提示刺激周期が短い場合は両課題で近い値を、長い場合は両課題で異なる値を取ることが分かった。

周期に依存して両課題の統計的性質が変わることから、先行研究の知見と合わせると、短周期側では似たタイミング制御機構を持ち、長周期側では異なるタイミング制御機構を持っていると考えられる。

実際のコミュニケーションにおいて、同期と交互のタイミング同調は機能的に異なるものであるが、これが今回の結果のタイミング制御機構の違いとどのように結びつくかは、更なる実験と解析を行うことにより解明していく必要がある。

参考文献

- [1] L.T.Stevens: On the time sense: Mind, Vol.11, 393/404 (1989).
- [2] Ding M, Chen Y and Kelso JAS.: Statistical analysis of timing errors; Brain Cogn, Vol.48, 98/106 (2002)
- [3] Miyake, Y., Onishi, Y. & Poeppl, E.: Two types of anticipation in synchronous tapping; Acta Neurobiologiae Experimentalis, Vol.64, 415/426 (2004).
- [4] 小松, 三宅: 同期タッピング課題における予測的挙動の時系列データ解析; 計測自動制御学会論文集, Vol.39, No.10, 952/960 (2003).
- [5] Mates, J.: A model of synchronization of motor acts to a stimulus sequence: Stability analysis, error estimation and simulations; Biological Cybernetics, vol.70, 475/484 (1994)