

協調タッピングにおけるタイミングの分化プロセス

東京工業大学 小松 知章, 今 誉, 三宅 美博

Temporal differentiation process in co-operative tapping

Tomoaki Komatsu, Homare Kon, and Yoshihiro Miyake Tokyo Institute of Technology

Department of Computational Intelligence and Systems Science,

Interdisciplinary Graduate School of Science and Engineering, Tokyo Institute of Technology

Abstract: Anticipation in timing control is one of the important human's abilities to cooperate with dynamic environment. We had studied anticipatory behaviour in synchronization tapping task. In this research, we built up the system to experiment with timing control when two persons are doing cooperative tapping. And, we analyzed anticipatory behaviour from the data obtained using this system.

1. 研究俯瞰

我々は、記号化・逐次化された現代社会を補う要素として、人間同士のインタラクションにおける身体性・同時性に基づいた『共創システム』¹⁾を模索している。そうしたインタラクティブな行為においては、タイミングや軌道を、またより高次には意図を相互的な行為のなかで模索・確立してゆく過程が存在すると考えられる。が、タイミング制御ひとつとっても、そこで個人に獲得されるのは“主観的”認知上の時空間であり、それを物理的な時空間におけるタイミングでのみ捉えるのは難しい。実際タイミング制御に関しては、物理時間と必ずしも合でない認知上の「同時」が存在する。たとえば定常周期の感覚刺激に対して運動応答を同期させた場合、応答のタイミングが刺激のそれに数十ミリ秒先行する『負の非同期(Negative Asynchrony)』がひろく知られており²⁾³⁾⁴⁾、これは出力が入力に先立つという予測的挙動である。そこで本研究は、単純な音刺激と運動応答とで結ばれた人間2人という最小限の人間-人間系において、リズム同期タスクを行なわせた。そこに現れる同期・非同期を解析することで、行為の中に互いの関係性を確立してゆく共創プロセスの可視化を目指す。

2. タッピング実験

2.1 課題

リズム同期タスクとしては、被験者2人の指タッピング(打鍵様運動)が自身ではなく互いに音パルスとして与えられる、いわば交差フィードバック状態をとる。それに対し、主観的に1~2secの範囲でタップ周期を同期してもらい、1試行あたりタップ開始からの不安定期を除いて100回の打鍵タイミングを計測した。

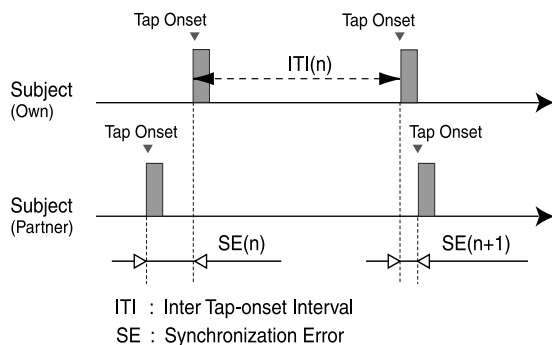


Fig.2 Timing-Chart of temporal relationship between tapping and auditory stimuli.



Fig.1 Equipment of tapping system between two subjects.

2.2 実験系

シングルタスク OS(PC-DOS2000)にて駆動されるPCのRTCおよびRS-232C、タイマIC(NE555)を組み合わせ、音提示およびタップ計測のタイミング精度1/1024sec、音刺激は500Hz矩形波を100ms間提示する実験系を構築した(Fig.1)。被験者には、音提示用ヘッドフォンおよびタップ用スイッチがそれぞれ与えられた。

2.3 計測・解析

被験者3名中2名を1組とする、計3組で課題を運用した。被験者各々のタップ時刻を記録、それらから『タップ周期(ITI)』と『同期誤差(SE)』とを算出(それぞれ定義についてはFig.2参照)し、課題を行なう1組の被験者間においてタイミング制御の挙動を統計的に解析した。

3. 結果および考察

ある2被験者間で計測された1試行のITIサンプル(Fig.3a)およびSEサンプル(Fig.3b)を示す。2つのSEデータ列は、被験者それぞれが自身のタップ時刻に対する相手の同期誤差として算出されるため、正負対称に現れる。

今回の実験は時間認知等の研究に広く用いられるタッピング課題のうち、継続タッピングと同期タッピング、両者の特徴を併せ持っている。よって、協調状態下の周期と同期誤差それぞれについて挙動を検討する。

3.1 周期の検討

試行全長に渡ってITIは振動しているが、被験者個々では2拍周期で増減を繰り返している。また被験者間では、両者の位相が顕著に反転している(Fig.3a)。統計的には全試行平均で、自己相関

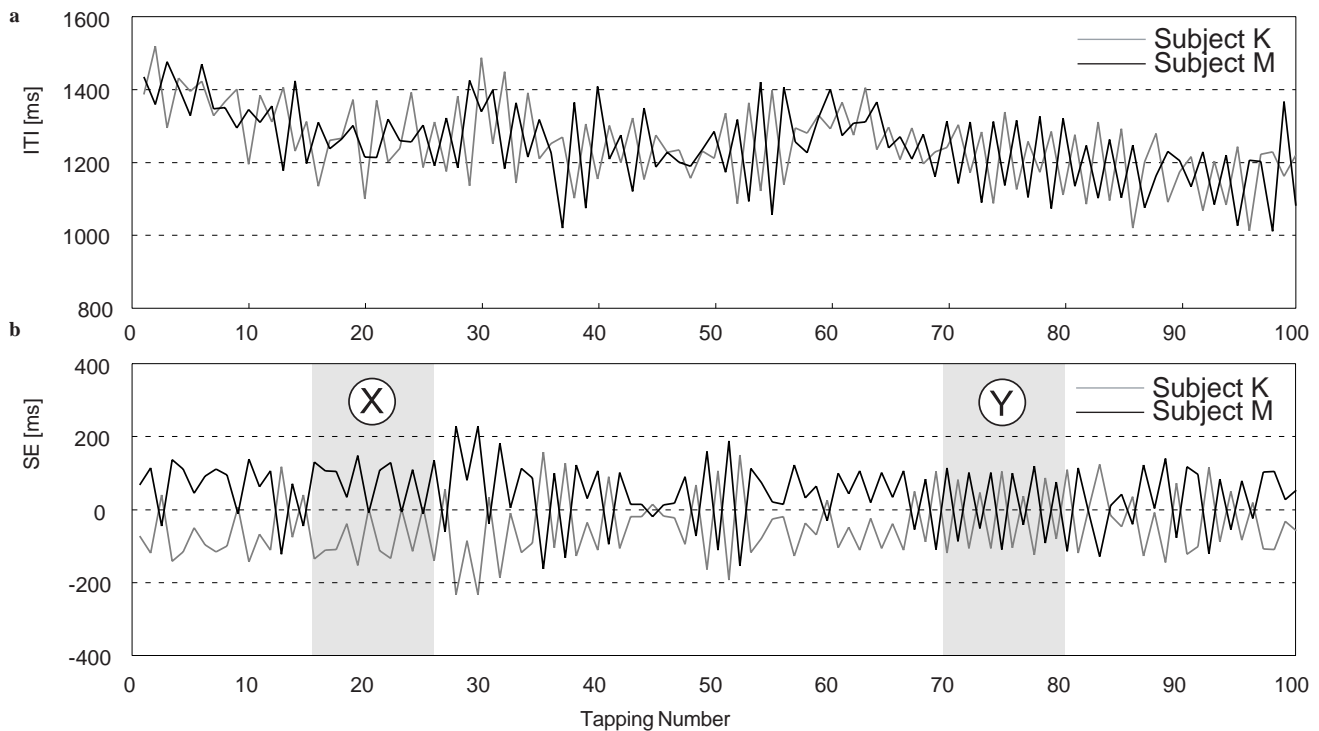


Fig.3 Typical example of a pair of subject's behaviour. a Inter Tapping-onset Interval (ITI) distribution. b Synchronization Error (SE).

C(2)および相互相関C(1)ともに $P < 0.05$ と、有意な相関がこの挙動を裏付けている。

3.2 同期誤差の検討

これは被験者同士のタップにおいて一方が進んで他方が遅れている場合、発生する測定量である。一見して明らかなようにSEの正負は必ずしも一様の値になく、2パターンの領域が観測された。1つは分離している時間域で、もう1つは混在している時間域である (Fig.3b)。

分離している領域とは、互いのSEが正または負に分離されている状態である (例: 25 ~ 35 タップ付近 / Fig.3b中の灰色領域 X)。これは一方のタップが先行し続け、もう一方は後追いでタップし続けるという、役割の分化を示している。

混在している領域とは、互いのSEが正と負とを交互に繰り返している状態 (例: 70 ~ 80 タップ付近 / Fig.3b中の灰色領域 Y)。双方のタップの時間的前後がせめぎあっていることに相当する。

4. 考察および総括

本研究は、協調状態下の人間-人間系におけるタイミング制御プロセスの可視化を目指し、実験系を構築してその解析を行なった。タップ間隔 (ITI) と被験者間でのタップの同期誤差 (SE)、その変動を評価することで、協調状態の被験者間にタイミング制御の分化が現れる場合と現れない場合があることを観測した。この結果は、プロセス全体の中でいかなる位置づけにあるだろうか。

一定パターンリズムに対する同期タッピング実験の知見として、ITIは直前に提示された音間隔に強く影響されるという『トラッキング戦略』がある⁶⁾。今回、ITIの挙動に見られた被験者同士での逆位相振動はこの戦略に相当する現象と考えられる。しかしこれはSEの制御に寄与しないプロセスであり、そのSEについては今回、上述の2パターンが存在することを見出した。これは同期と

してのみ見れば複数の誤差状態が存在するということに過ぎないが、協調下におけるタイミング制御という観点からすれば、2者の役割が分化している状態としていない状態ということを少なくとも一部反映している可能性がある。

たとえばリズム同期に対しては『負の非同期』として知られる先行戦略が存在する事は既に述べた。しかし人間同士がこれのみに従えば、周期は前倒しとなり容易に協調状態が崩壊することひとつとっても、協調下において確立されるプロセスおよびそれを生起する高度なタイミング制御機構の必要は明らかである。それが今回見出された分化であるのか、あるいはその生成・消滅自体が意味を持つのか等、プロセスの具体像は不明であり、今後はそれに注視した実験系を構築してゆく予定である。

加えて最後にいまひとつ可能性を語る事が許されるならば、この小さな足掛かりの先には、人間同士の協調行動における役割の分化を捉える指標が存在するかもしれない。それは今後、共創⁷⁾における関係性の定量的解析に繋がるという点で興味深い。

参考文献

- 1) 三宅美博: 場と共創 (分担“ コミュニカビリティと共生 ”), 第4章 339/397, NTT出版, 東京 (2000)
- 2) L.T.Stevens: On the time sense, *Mind*, **11**, 393/404 (1886)
- 3) P.Fraisse: Anticipation of rhythmical stimuli, set-up speed and accuracy of synchronization, *L'Annee Psychologique*, **66**, 15/36 (1966)
- 4) G.Aschersleben, W.Prinz: Synchronizing actions with events: The role of sensory information, *Perception & Psychophysics*, **57-3**, 305/317 (1995)
- 5) J.Mates, T.Radil, U.Müller and E.Pöppel: Temporal Integration in Sensorimotor Synchronization, *Journal of Cognitive Neuroscience*, **6-4**, 332/340 (1994)
- 6) M.H.Thaut, B.Tian and M.R.Azimi-Sadjadi: Rhythmic finger tapping to cosine-wave modulated metronome sequence: Evidence of dibliminal entrainment, *Human Movement Science*, **17**, 839/863 (1998)