

令和元年6月6日現在

機関番号：12501

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2016～2018

課題番号：16K14822

研究課題名（和文）ヒトの時間知覚特性の生理的評価に関する研究

研究課題名（英文）Physiological evaluation of human temporal perception

研究代表者

岩永 光一（IWANAGA, Koichi）

千葉大学・大学院工学研究院・教授

研究者番号：70160124

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,900,000円

研究成果の概要（和文）：(1)刺激が提示された時間の長さを記憶し、その直後にボタン押し等によって再現する時間長再現タスクでは、個人によって再現する時間長のばらつきや再現の正確性が大きく異なることが明らかになった。(2)大脳皮質の右後頭頂葉の活動水準が抑制されると、異なる時間の長さを識別するパフォーマンスが高まることが明らかとなった。(3)音を提示する時間間隔が変化すると、大脳皮質の活動を表わす事象関連電位と呼ばれる脳波の成分に変化が生じる可能性が認められた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、ヒトのさまざまな行動の基盤となる認知能力のひとつである時間知覚に関するメカニズムの一端を明らかにしたものであり、脳科学における新しい知見を提供するものとして学術的意義は大きい。さらに、ヒトの時間知覚の評価方法における問題点を実験データによって確認し、脳波を用いた客観的評価方法の可能性を見出したことも、今後のヒトの認知科学研究の発展に寄与することが期待される。

研究成果の概要（英文）：(1) In a temporal reproduction task in which the participants reproduced the duration of a given standard stimulus by pressing a push button, there were individual differences both of precision and accuracy of reproduced duration. (2) Inhibition of neural activity in the right posterior parietal cortex led enhanced performance of temporal discrimination task. (3) Change in a specific component of event related potential could be appeared when temporal interval of sound stimuli was altered abruptly.

研究分野：生理人類学

キーワード：時間知覚 右後頭頂葉 経頭蓋直流電気刺激 脳波 事象関連電位

様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19（共通）

1. 研究開始当初の背景

時間知覚は、日常生活や社会生活を健全に遂行するにあたって不可欠な認知機能のひとつであり、その重要性から長い研究の歴史を持っている。その結果、時間知覚は外界からの刺激に対する感覚や心的な活動を統合した結果として生じ、これには多くの脳部位が複雑に関わっていると考えられているが[1][2]、詳しいメカニズムは未だ明らかではない。このようなメカニズムの複雑性と心的現象としての時間知覚の性質が、研究を困難にしているのが現状である。

時間の長さを知覚する能力やその精度を評価する指標には幾つかの種類があるが[3]、主観的要素が交絡しやすい点や、想起という心的活動によって結果が歪められてしまう懸念があるなど、問題も多い。また、主観的回答を用いた研究では、被験者は刺激提示時の体験を想起しながら回答するため、刺激による時間知覚の変化が生じた瞬間の反応を測定することは難しい。

以上の問題を解決する指標として、主観的な回答を必要としない身体的な反応に関する生理指標があげられる。生理指標は、知識や経験、先入観などの主観的要素が介入しにくく、科学的客観性が高い指標として知られている。また、実験参加者は「回答」という行動をとる必要がないため、意識的活動を刺激へ集中させることができる。生理指標のこれらの性質は、時間知覚を評価する上で大きな利点となる。

本研究は、時間知覚の評価指標の見直しと未検討の生理指標に着眼した初めての研究である。もし将来的に、生理指標による時間知覚の定量的評価が可能になれば、主観的回答を得ることが困難な状況での時間知覚について直接的に研究することも可能になり、時間知覚研究の飛躍的な発展が期待できる。

2. 研究の目的

本研究は、時間知覚と生理指標の関連性を探り、時間知覚の変化を説明しうる生理的パラメータを見出すことを最終的な目的とした。研究を進めるにあたっては、これまで用いられてきた時間知覚評価方法の問題点を実験的に再確認すると共に、信頼性の高い時間知覚の定量的評価指標を開発することが課題であった。

3. 研究の方法

本研究では、時間知覚のメカニズムに関連する可能性が報告されている大脳皮質部位（右後頭頂葉、rPPC）の活動水準を経頭蓋直流電気刺激（tDCS）によって変化させた条件で、従来から用いられている複数の時間知覚評価法によって時間知覚のパフォーマンスを評価した。さらに、時間知覚の客観的な評価指標を開発することを目的として、時間の長さやその変化を知覚する時の脳波の事象関連電位の変化を検出する実験パラダイムを考案し、実験を行った。本研究で実施した実験の全ては、千葉大学大学院工学研究科倫理委員会の審査と承認の元で、全ての被験者から書面による同意を得て実施したものである。以下に方法の概要を示す。

(1) 経頭蓋電気刺激（tDCS）

刺激電極（5×5 cm²）を国際10-20法におけるP4部位に配置し、リターン電極（7×5 cm²）は右肩とした。電極は食塩水を浸した専用のスポンジ電極を用い、刺激の強度は2 mAとした。実験では、刺激電極を陽極あるいは陰極とする条件と、実験開始時のみに電流を提示し実験中は提示しない偽刺激条件を用いた。陽極条件と陰極条件は被験者に告知しないブラインドとし、偽刺激であるかどうかは被験者、実験者ともに告知しないダブルブラインドとした。

(2) 時間長再現タスク

実験では、被験者は直前に提示された基準となる刺激（光または音）の提示時間長と同じ時間の長さをボタン押しによって再現するよう指示された。基準刺激の長さは、1500、1600、1700、1800、1900 ミリ秒の5種類とし、被験者の顔前に置いた緑色面光源の点灯またはヘッドホンからの1000 Hz・83 dB(A)の純音によって提示された。

(3) 時間長弁別タスク

実験では、光源の点灯による基準時間長（1800 ミリ秒）の提示1.5秒後に、基準時間長よりも長い時間長（1800+T ミリ秒）の光刺激を提示し、被験者はどちらの時間が長かったかを回答した。両時間長の差（T）を段階的に小さくしていき、両時間長の違いを弁別できる最小のTを時間長弁別閾として求めた。時間長弁別閾が小さいほど、時間知覚の精度が高いと言える。

(4) 事象関連電位（ERP）

時間長弁別タスクを実施している時に特徴的に出現する脳波の成分を抽出することを目的として、実験パラダイムを考案した。短い音（5回程度）を一定の時間間隔で提示し（基準時間長）、最後に提示する音の間隔を変化させた時に、変化した音の時間間隔について基準時間長よりも長いのか短いかを判断し回答するものであった。実験中は脳波を連続的に導出し、最後から1つ前の音刺激をトリガーとして、時間間隔が変化した時のERPを得た。加算平均回数は60回程度とした。脳波の電極は国際10-20電極法に従い、脳波用キャップを用いて装着した。

4. 研究成果

(1) 時間長再現タスクのパフォーマンスにおける提示刺激モダリティの影響と個人差

再現時間長は基準時間長の刺激モダリティによって異なり、聴覚刺激によって基準刺激を提示した場合、視覚刺激の場合と比較して、再現時間長比（再現時間長／基準時間長）が有意に大きくなることが示された ($F(1, 12) = 27.216, p < 0.001$)。このような、聴覚刺激による時間長の過大評価は、先行研究の結果と一致するものであるが[4]、そのメカニズムについては明らかになっていない。また、被験者毎の再現時間長の変動係数は、13名の被験者中（内男性8名、平均年齢24.8歳）、最小0.103(図1・被験者A)、最大0.229(図1・被験者C)であり、中央値は0.146(図1・被験者B)であった。再現時間長のばらつきは、被験者によって大きく異なり、基準時間長と再現時間長との差異にも大きな個人差が存在することがわかった。

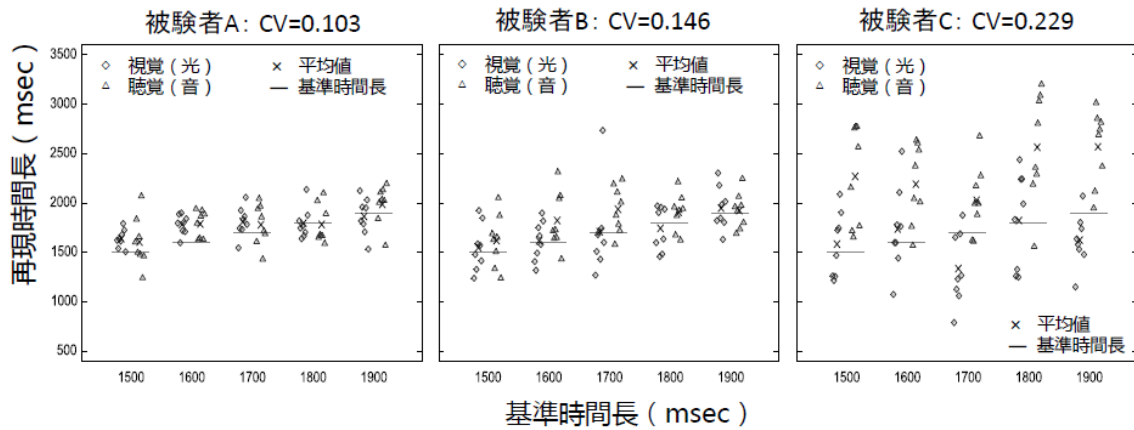


図1 時間長再現タスクによる基準時間長に対する再現時間長の分布（被験者3名の例）

(2) 時間長弁別閾に及ぼす右後頭頂葉の活動水準の影響

右後頭頂葉に tDCS の刺激電極を配置し、その極性および偽刺激の条件で、時間長弁別閾を比較した。その結果、陰極条件の時間長弁別閾は偽条件よりも有意に短いことが明らかとなった ($p = 0.041$, 図2)。この結果は、右後頭頂葉への陰極 tDCS が、ヒトの時間長弁別パフォーマンスを向上させることを示している。これまでは、時間長再現パフォーマンスに関して同様の結果を報告した例が知られているが[5]、時間長弁別閾に関する結果は、本研究が最初である。

さらに、右後頭頂葉への tDCS の影響を確認するために、刺激の前後の時間長弁別パフォーマンスの評価を加えて検討を行った。その結果、陰極条件において、時間長弁別閾が刺激前から刺激中に低下することが確認され(図3)、その変化率には偽条件と陰極条件の間で有意差が認められた ($p = 0.035$)。

一般には、陰極 tDCS は脳機能を低下させる作用があると理解されることが多いが[6]、条件によっては陰極 tDCS は認知パフォーマンスを向上させることを示した報告も存在し、本研究もそれらを支持する結果となった。

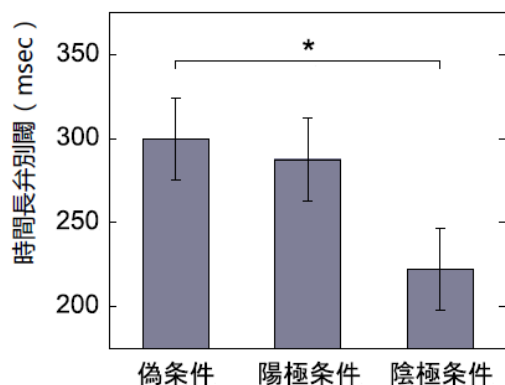


図2 tDCSの各条件における時間長弁別閾

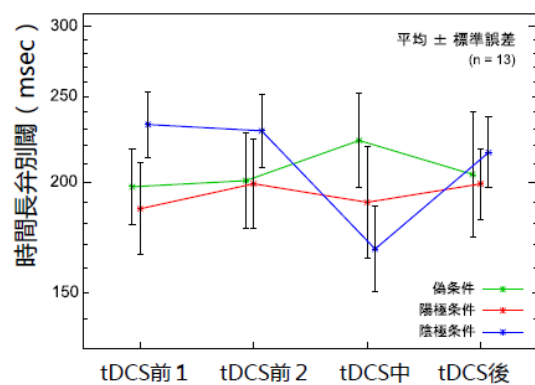


図3 tDCSの各条件による時間長弁別閾の変化

(3) 事象関連電位 (ERP) を指標とした時間知覚評価法の開発

時間長の変化とともに発生するERP成分を抽出するために、時間長が変化したときのERPから時間長が変化しないときのERPを差し引いた差分波形を求め、解析を行った。その結果、Fz部位から導出したERPの800~900msecの潜時付近にミスマッチネガティビティと呼ばれる成分が出現する可能性が認められた。しかし、時間感覚の変化が小さい条件では検出されず、現在結果の解析を行っている。今後は、検出の再現性や限界、個人差などについてさらに検討

する必要がある。

<引用文献>

- ① Buhusi CV, Meck WH: What makes us tick? Functional and neural mechanisms of interval timing. *Nat Rev Neurosci*, 6:755-765 (2005).
- ② Eagleman DM: Human time perception and its illusions. *Curr Opin Neurobiol*, 18:131-136 (2008).
- ③ Brown SW: Time perception and attention: the effects of prospective versus retrospective paradigms and task demands on perceived duration. *Percept Psychophys*, 38:115-124 (1985).
- ④ Goldstone S, Lhamon WT: Studies of auditory-visual differences in human time judgment: 1. sounds are judged longer than lights. *Percept Mot Skills*, 39:63-82, (1974).
- ⑤ Vicario CM, Martino D, Koch G: Temporal accuracy and variability in the left and right posterior parietal cortex. *Neuroscience*, 245:121-128, (2013).
- ⑥ Nitsche MA, Fricke K, Henschke U, Schlitterlau A, Liebetanz D, Lang N, Henning S, Tergau F, Paulus W: Pharmacological modulation of cortical excitability shifts induced by transcranial direct current stimulation in humans. *J Physiol (Lond)*, 553:293-301, (2003).

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計2件)

- ① 小山冬樹、石橋圭太、岩永光一、感覚様相および経頭蓋直流電気刺激が時間長再現タスクパフォーマンスへ及ぼす影響、日本生理人類学会誌、査読有、23巻2号、2018、53-61
https://doi.org/10.20718/jjpa.23.2_53
- ② Fuyuki Oyama, Keita Ishibashi, Koichi Iwanaga, Cathodal transcranial direct-current stimulation over right posterior parietal cortex enhances human temporal discrimination ability, *Journal of Physiological Anthropology*, Vol.36 (Article No. 41) 2017
<https://doi.org/10.1186/s40101-017-0157-3>

[学会発表] (計4件)

- ① 小山冬樹、時間知覚に関する実験研究：経頭蓋直流電気刺激を用いた基礎的研究、産業疲労研究会第89回定例研究会、2018
- ② Fuyuki Oyama, Keita Ishibashi, Koichi Iwanaga, Intra-individual variation in human time perception performance: measurement of psychophysical quantities, The 13th International Congress of Physiological Anthropology (Loughborough, UK), 2017
- ③ 小山冬樹、石橋圭太、岩永光一、右後頭頂葉への経頭蓋直流電気刺激が時間長弁別閾に与える影響：時間長弁別閾の個人内変動を考慮した検討、日本生理人類学会第75回大会、2017
- ④ 小山冬樹、石橋圭太、岩永光一、経頭蓋直流電気刺激によるヒト時間長弁別閾の変化に関する研究、2016年度日本生理人類学会夏期セミナー・研究奨励発表会（関西地区）、2016

6. 研究組織

(1) 研究分担者

研究分担者氏名：石橋 圭太

ローマ字氏名：(ISHIBASHI, Keita)

所属研究機関名：千葉大学

部局名：大学院工学研究院

職名：准教授

研究者番号 (8桁)：40325569

(2) 研究協力者

研究協力者氏名：小山 冬樹

ローマ字氏名：(OYAMA, Fuyuki)

※科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。