

脳波を用いた時間知覚の実験的研究

軽部裕介^{*1} 安藝史崇^{*2} 木村達洋^{*3} 山崎清之^{*4}

Experimental Study of Time Perception Using EEG

by

Yusuke KARUBE, Fumitaka AKI, Tatsuhiko KIMURA and Kiyoyuki YAMAZAKI

(Received: October 31, 2023, Accepted: November 14, 2023)

Abstract

The authors conducted experiments on healthy participants with the aim of clarifying the relationship between subjective sense of the passage of time and EEG. As a result of analyzing the frequency spectrum structure of EEG when the elapsed time shown in the experiment was overestimated and underestimated, a difference was observed in the peak frequency of the alpha wave band in the occipital region.

Key Words : EEG, Time sense, Spectral analysis

1. はじめに

同じ時間を過ごしたとしても、楽しい場合に時間は短く感じ、退屈な作業中は長く感じる。本研究ではこれらの経過時間感覚の差について脳波を用いて検討することを目的としている。脳波を用いて時間感覚の定量化が可能になれば生活環境における時間感覚を客観的に評価できると考えている。例えば、病院の待ち時間などの待機時間を短く感じさせるような環境を構築することなどに応用できる可能性が期待される。

1.1 研究の背景

時間は心理学や神経科学などの分野で研究されてきたがその実態は定かではなく、ヒトが時間を認識する方法も不明である。しかし、本人にとって楽しい体験であれば主観的な時間経過は加速し、その一方で、無意味な作業中や退屈な体験では主観的な時間知覚が延長することが知られている[1]。このような時間に対する過大もしくは過小評価はさまざまな錯覚で観察されている。また、一般的に同じ感覚であれば刺激強度の大きいものほど持続時間が長く感じられる。静止刺激よりも運動刺激のほうが提示時間を長く感じられ、さらには低速よりも高速な刺激の方が時間的に長く感じる事が報告されて

いる[2]。

しかし、これらの時間感覚の違いが発生する要因はいまだ確かなものではなく、さまざまな時間認識モデルが存在している。代表的なものとしては古典的な体内時計モデルであり、蓄積されたパルスを記録しカウントをすることで時間を調べているとされている。このパルスのペースメーカーと考えられる脳波における α 波周期との関連性が示唆されている[3]。時間の知覚に関する研究では、心理学的手法や、神経モデルによって説明されているが、生理学的な指標による客観的かつ定量的に満足できる報告は少ない。そこで、本研究では脳波を用いて、主観的時間経過に関する情報を抽出できるかについて検討する。

2 実験方法

本研究では、先行研究において心理学実験で被験者の体感時間感覚が変化したと考えられる条件下での脳波を測定する事で、時間感覚との関連性を調べた。

2.1 測定について

先行研究にウィナーらの研究[4]において1秒以下といった短時間の領域ではあるが、時間を過大評価する場合、つまり刺激が実際よりも長く感じられる場合においては頭頂部の α 波帯域(8~14Hz)の脳波の周期が延長することが確認されている。そのため、頭頂部に電極を配置した。また、一般的な脳波における α 波との関連を

^{*1} 東海大学院工学研究科医用生体工学専攻 修士2年

^{*2} 東海大学工学部医工学科 助教

^{*3} 東海大学文理融合学部人間情報工学科 准教授

^{*4} 東海大学工学部医工学科 教授

観察するため後頭部にも電極を配置して測定を行った。電極配置としては国際 10-20 法に基づき電極を Fz, C3, C4, P3, P4, O1, O2, A1, A2, Cz (REF) とし、デジタル脳波計でサンプリング頻度 250Hz で記録した。実験はノイズを抑制し与える刺激や環境をコントロールするために、シールドルーム内で行った。刺激提示にはシールドルーム内に配置したモニターやスピーカーを用いて実験を行った。

2.2 測定項目について

本研究では先行研究において、時間感覚が変化すると予想した単純な音刺激、単純作業課題を被験者に与え、同時に脳波を測定し関連性について以下の実験を行った。

2.3 時間感覚の指標化

時間感覚の指標化の方法として、本研究では心理物理学において用いられる一対比較法と再現法を用いた。一対比較法とは比較したい刺激を2種類ずつ順序を入れ替えてすべてのパターンで提示し、それぞれの刺激提示後にどちらが長く感じたかをアンケートに記入させる方法である。また、再現法は刺激の強度自体を数値として再現させる方法で、本研究では刺激提示後に実刺激時間を日常で過ごした場合と比べて、どれだけ長く感じるか、もしくは短く感じるかを±5段階でアンケートに回答させた。

2.4 実験1 単純音刺激での方法

被験者は聴覚に異常のない20代5名の男女とした。音刺激の提示回数が増えるごとに、体感時間が延長すると考えて音刺激を設定した。0bpm（無刺激）、30bpm、60bpm、120bpmのテンポでクリック音が鳴る音声15秒を刺激とした。なお最初と最後の合図として特徴的な音を提示し、それぞれの区間を比較可能にした。これらの聴取後一対比較法によりどちらの刺激区間がより長く感じたかを答えさせた。

2.5 実験2 単純作業下での方法

被験者は聴覚に異常のない20代7名の男女とした。被験者には単調な作業課題として1分間、無作為に配置した5本の線からなる図形をボールペンで紙に書き写させる作業を行わせた。その際、音刺激として60bpm、120bpmでクリック音が鳴る音声（メトロノーム）をスピーカーでそれぞれ視聴させた場合でも作業を行わせた。また、作業の有無による変化を観察するために作業なしでのそれぞれの音声刺激を与えた。それぞれの作業

後に作業時間が実時間の1分に比べて、長く感じたか、短く感じたかスケールを実時間の1分を0とし、±5をそれぞれの極としたスケールを作成し、作業時間がどの程度であったかアンケートを用いて答えさせた。また、すべての作業が終わった後に再度評価を変更できるようにし、順序効果を排した。

2.6 分析方法

脳波の分析はMATLABを用いてFFT周波数分布を調べ、α波、β波、γ波及びθ波の成分と、提示した刺激に対する時間感覚との対応関係を調べた。それぞれのチャンネルで刺激開始から15秒間を1秒ごとに分割し、パワースペクトルの変遷を求め、また平均することで周波数の傾向を調べた。

3 実験結果

3.1 実験1 結果

アンケートの結果、音刺激頻度と主観的な時間経過は個人差が大きく、必ずしも高頻度で経過時間の過小評価となる傾向はみられなかった。次に脳波スペクトルを比較検討した。その結果7人中4人の被験者の後頭部の電極に当たるO1, O2において、長く感じた場合にα帯域のピーク周波数の高周波化が見られる傾向が観察された。特徴がよく出ている波形として、被験者1の開眼時におけるそれぞれのチャンネルで長く感じた場合、短く感じた場合のスペクトルを図1に示した。特徴的な点として、右後頭部の電極に当たるO1において、長く感じた場合にα帯域の高周波化が見られる。この高周波化はO1以外の後頭周辺のチャンネルでも見ることができ、頭頂部のチャンネルでは顕著ではなかった。

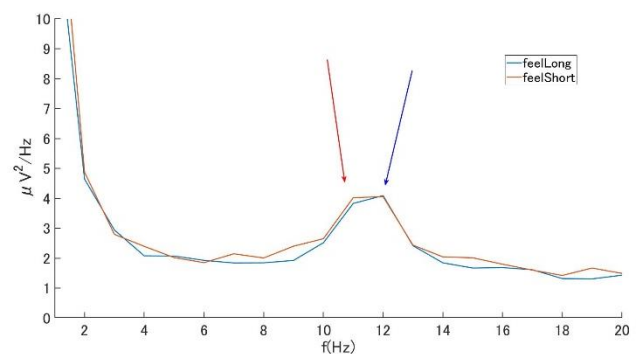


図1 被験者1人における後頭の平均脳波スペクトル

3.2 実験2 結果

アンケートの結果、作業なしでは、時間経過の感じ方に特定の傾向を示さなかったが、刺激アリでは7人中6人は体感時間が実時間よりも短く感じる結果となった。図2に作業課題を付加した場合の体感時間のアンケート結果を示す。

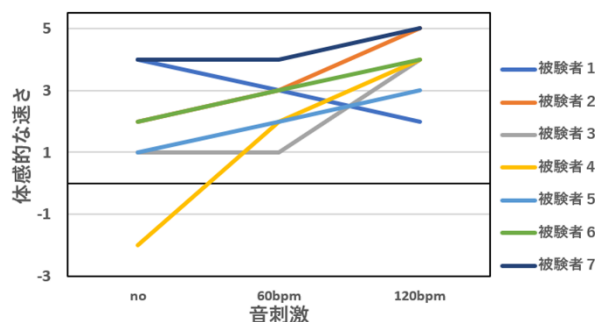


図2 アンケート結果

グラフの縦軸は刺激に対する時間評価、横軸は刺激の頻度、折れ線はそれぞれの被験者を示している。刺激ごとのアンケートからは、体感時間は（120bpm>60bpm=>無刺激）になる傾向が観察された。脳波においては8～14Hzの範囲の α 帯域の脳ピーク周波数が、アンケートにおける時間感覚が短縮つまりは実時間より短く感じた場合に低周波化していることが観察できた。例として2名のデータを添付する。（図3、図4）矢印はそれぞれのピークを示す。図2の被験者1は、アンケートでは無刺激、60bpm、120bpmの順で短く感じており、図3の被験者2は120bpm、60bpm、無刺激の順で時間経過を短く感じていた。これらのアンケートでの主観的時間感覚が早く経過したと感じるにつれて8～14Hzの α 波帯域成分のピーク周波数が低周波化する傾向が観察された。

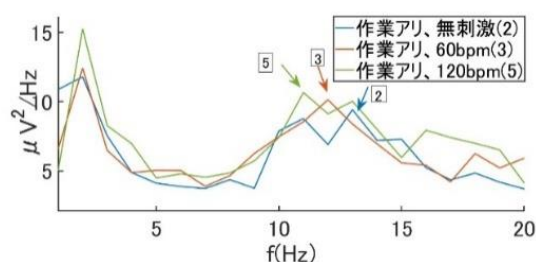


図3 被験者1 の後頭脳波スペクトル

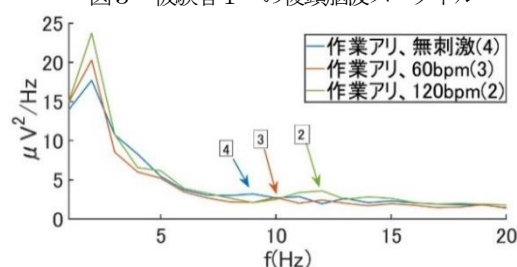


図4 被験者2 の後頭脳波スペクトル

4 考察

4.1 実験1の考察

本研究で用いた音刺激の頻度は0.5Hz、1Hz および2Hzであるため音刺激による引き込み現象でないことは明らかである。 α 帯域におけるピーク周波数が被験者によっては確認できなかった理由として、一対比較を用いた本実験では被験者に対する刺激提示回数が非常に多く、また、音声刺激自体が単純であったため、呈示刺激に対する慣れが生じたためと考えられる。実際実験終了後において眠気を感じたといった感想や刺激自体に集中できなかったという感想を多く受け取った。本実験での音刺激の頻度が時間認識の基礎的なペースを作っているのであれば、脳内処理に何らかの作用を及ぼして、脳波の基礎律動である α 帯域におけるピーク周波数に変化をもたらしている可能性が考えられる。

4.2 実験2の考察

実験1で示されたO1の脳波の α 帯域のピーク周波数の変動を示すことができた。また、作業中であってもメトロノームを用いた音刺激によって時間感覚と α 波帯域のピーク周波数の対応関係の可能性を示すことができた。1分間のパワースペクトルの変遷として、時間経過と共に α 帯域におけるピーク周波数のスペクトル自体が低下する傾向が観察された。

5 今後の展望

後頭部の電極における α 帯域の脳波スペクトルと時間感覚との関連性が観察された。本研究においては単純音刺激や他にも、時間感覚を変化させる条件として映像刺激や嗅覚刺激、より複雑な音声刺激等で実験を行っている。今後はそれらを総合的に分析することで、より実践的な環境における活用を目的として研究を進めていく予定である。

6 参考文献

- [1] 田山 忠行 近年の時間知覚研究の諸問題とモデル (2018) 北海道大学文学研究科紀要 107-142
- [2] 田山忠行 (2012) . 運動刺激と静刺激に対する時間評価 — 異なる刺激と実験方法による比較. 北海道大学文学研究科紀要, 138, 63-99.
- [3] Tse, P. U., Intriligator, J., Rivest, J., & Cavanagh, P. (2004). Attention and the subjective expansion of time. *Perception & Psychophysics*, 66, 1171-1189.
- [4] Wiener, M., Turkeltaub, P., & Coslett, H. B. (2010). The Image of Time: A Voxel-Wise Meta-Analysis. *Neuroimage*, 49 (2), 1728-1740.