

## 触覚刺激に対する脳電位を指標とした視聴覚体験の評価

### Assessment of Audio-Visual Experience Using Brain Potentials to Tactile Stimuli

研究代表者 広島大学大学院総合科学研究科 准教授 入戸野 宏  
Graduate School of Integrated Arts and Sciences, Hiroshima University  
Associate Professor Hiroshi NITTONO

視覚と聴覚の情報が複合的に与えられると、リアリティや臨場感が高まり、多くの注意が向けられる。そのため、記憶に残りやすく、その後の行動に影響を与える。視聴覚体験が人間に与える影響を科学的に研究するためには、内省報告に頼るのではなく、体験の質を客観的に評価できる方法があると望ましい。本研究では、視聴覚体験（映画の視聴）に向ける注意の量を、それとは無関係な触覚刺激（携帯電話等に使われる小型振動モータ）に対する脳の電氣的応答によって評価しようと試みる。これまでの実験から、面白い映画を見ているときは、触覚刺激が呈示されてから 0.5 秒以内に生じる脳電位の振幅が低下することが明らかとなった。この新しい試みは予想以上に有望であったので、刺激や課題の設定を整理し、データ分析を洗練化することにより、視聴覚体験を客観的に評価する新しい定番テクニックとして提案できると期待される。

Auditory and visual information plays an important role in daily life. In particular, the combination of these stimuli leads to highly realistic sensation and attracts participants' attention, which makes the audio-visual experience memorable. Traditionally, the effect of audio-visual experience on humans has been examined by subjective reports. In the present study, I attempt to develop a new psychophysiological measure to assess the quality of audio-visual experience (i.e., how much attention it attracts) using brain potentials to vibratory tactile stimuli produced by a small vibration motor. My previous research showed that two distinct brain potentials (N140 and P300) were elicited within 0.5 seconds after vibratory stimuli and these amplitudes were smaller when participants were watching interesting video clips than when watching boring video clips. By refining methods of recording and analysis, this vibratory probe technique can be a useful tool of measuring attentional resources allocated to various audio-visual experiences.

#### 1. 研究目的

視聴覚体験は日常生活において大きな役割を果たしている。本研究では、視聴覚体験に向ける注意や関心の量を客観的に評価するために、触覚刺激に対する脳電位反応(事象関連電位 event-related brain potential: ERP) に注目した。ある心理状態を推定するために、別の刺激を呈示し、それに対する反応の大きさを測定する方法をプローブ (probe) 刺激法という(総説として、入戸野, 2006)。

本研究の目的は、ERP を指標とした振動プローブ刺激法を開発することであった。

第 31 回(平成 17 年度)の研究助成により、映画に対して注意を向けているときは、それとは無関係に呈示される振動刺激に対して出現する ERP (N140 と P300) の振幅が低下することが示された。この結果は、振動刺激に対してボタン押しという行動反応を求める方法で得られた。しかし、そのような行動反応を求めることにより、視

聴覚体験への没頭が妨げられるかもしれない。振動刺激を無視させると、刺激呈示後 100–200 ms に出現する N140 は惹起されるが、300–600 ms に出現する P300 は惹起されない。そこで、今回の延長助成では、振動刺激に対して行動反応を求めない方法を用いて、N140 振幅が視聴覚体験に対する注意を反映する指標となるかを検討した。これに加えて、背景脳波を周波数分析することにより、視聴覚体験への注意を反映する補足的な指標が得られるかを検討した。

## 2. 研究経過

### 2-1. 振動刺激装置の改良

これまで用いてきたモータによる振動刺激装置には、通電から振動開始までに遅れがあり、刺激の開始時点が試行ごとに一定しないという欠点があった。このような時間制御の不確かさは、P300 のような高振幅・低周波の後期 ERP 成分にはそれほど影響しないが、N140 のような低振幅・高周波の電位には影響する（加算平均することで振幅が見かけ上低下してしまう）。そこで、小型のハンマーによって打撃刺激が呈示できる装置の作成を依頼した（内田電子株式会社 FB2007P）。振動子は Figure 1 に示すような直方体型（長さ 35 mm、幅 8 mm、厚さ 4 mm）であり、ノイズを防ぐために電磁シールドを貼付した。振動周波数はヒトにとって最も感度が高いとされる 250 Hz とし、持続時間は 200 ms とした。

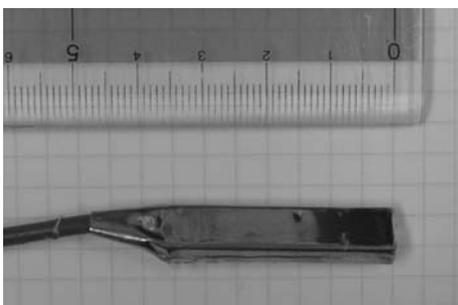


Figure 1. 今回用いた振動子（内田電子株式会社製）。

### 2-2. 映像視聴中の脳電位

12名の大学生・大学院生が実験に参加した。右手または左手の中指掌面に振動子をサージカルテープで固定した。振動刺激は 2–14 秒（平均 8

秒）に 1 回のランダムな間隔で呈示した。映像として、コメディ映画から抜粋した音声ありのビデオクリップ（6.5 分）を 2 つ用いた。映像は眼前 2 m の 80 インチスクリーンに液晶プロジェクタで呈示した。一つの映像は実験前に 4 回繰り返し視聴させ、他の映像は実験時に初めて呈示した。各条件で用いる映像と条件の順序は実験参加者間でカウンタバランスした。

脳波は、頭皮上 38 部位から鼻尖を基準として時定数 10 秒、サンプリング周波数 500 Hz で記録した。その後、Brain Vision Analyzer（Brain Products 製）を用いて 0.05–120 Hz のデジタルフィルタを適用し、Gratton et al.の方法に基づく眼球アーチファクトの補正を行った。振動開始時点の 200 ms 前から 500 ms 後までを加算平均して ERP 波形を求めた。さらに、振動刺激が呈示されていない 2,048 ms 区間を 1 条件（6.5 分）あたり 21 回抽出して高速フーリエ変換を行い、アルファ帯域（8–13 Hz）の平均パワーを求めた。

質問紙では、初めてみる映画の方が面白く、注意を向けていたと評定された。Figure 2 に示すように、振動刺激の呈示後 100–200 ms に陰性電位 N140 が生じた。N140 振幅を前頭正中中部（Fz）における 100–200 ms の区間平均電位として求めたところ、繰り返し見た映像を見る反復条件（ $M = -1.5 \mu\text{V}$ ,  $SE = 0.6$ ）に比べて、初めての映像を見る新奇条件（ $M = 0.4 \mu\text{V}$ ,  $SE = 0.6$ ）の方が低振幅であった、 $t(11) = 2.15$ ,  $p = .06$ , 両側検定。Figure 3 に示すように、後頭部（O1, O2 の平均値）におけるアルファ帯域（8–13 Hz）の平均パワーは、新奇な映像を見ているときの方が低い傾向が認められた、 $t(11) = 1.72$ ,  $p = 0.11$ , 両側検定。

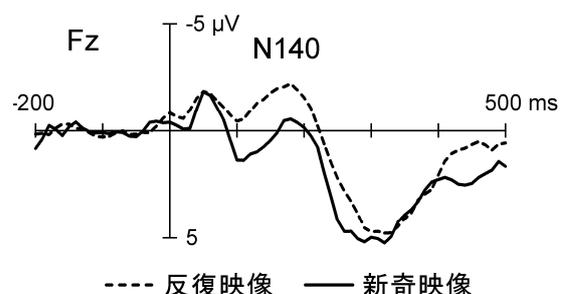


Figure 2. 反復映像と新奇映像を視聴しているときの振動刺激に対する ERP 総加算平均波形（ $N = 12$ ）。

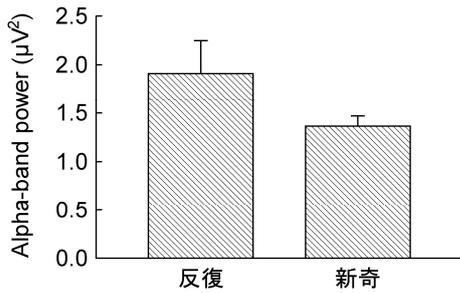


Figure 3. 背景脳波のアルファ帯域 (8-13 Hz) の平均パワー。バーは標準誤差を示す (N = 12)。

### 2-3. コンピュータゲーム遂行中の脳電位

映画視聴以外の場面でも、振動プローブ刺激法が有効であることを確かめるために、体を動かして操作する家庭用テレビゲーム機 (任天堂 Wii) で遊んでいるときの脳波を測定した。

10名の右手利きの大学生が実験に参加した。参加者は、Wii Sports のボウリングを 4 ゲーム行った。1 ゲームの平均所要時間は 5.5 分であった。画面は眼前 2 m に設置した 42 インチプラズマディスプレイに表示し、参加者は立った状態でコントローラを右手で操作した。両手を自由に使えるようにするため、振動子は左鎖骨上にサージカルテープを用いて固定した。刺激間隔は 5-7 s (平均 6 s) でランダムとした。ゲームを行う前後に約 3 分間ずつデモ画面を眺めておく開眼安静条件を設けた。

脳波と眼電位は、携帯型脳波計 Polymate (ティアック製) とアクティブ電極を用いて記録した。左耳朶を基準とし、頭皮上 4 部位および左眼窩上下・左右眼角外から記録した。時定数 3 s, ローパスフィルタ 30 Hz, サンプリング周波数 200 Hz とした。その後、Brain Vision Analyzer を用いて 1-30 Hz のデジタルフィルタを適用し、Gratton et al.の方法に基づく眼球アーチファクトの補正を行った。振動開始時点の 200 ms 前から 500 ms 後までを加算平均して ERP 波形を求めた。さらに、振動刺激が呈示されていない 2,560 ms 区間 (刺激開始後 1,500 ms から 4,060 ms まで) の脳波データに高速フーリエ変換を行い、アルファ帯域 (8-13 Hz) の平均パワーを求めた。

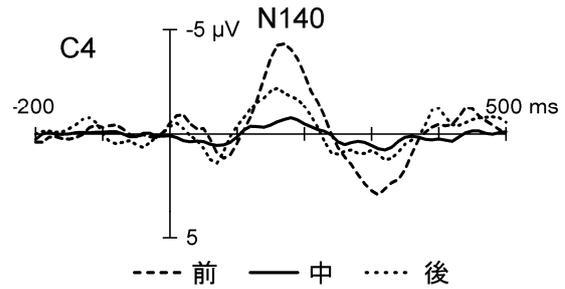


Figure 4. コンピュータゲームで遊んでいるときとその前後の安静区間における振動刺激に対する ERP 総加算平均波形 (N = 10)。

Figure 4 に示すように、振動刺激に対して N140 が惹起された。その振幅は、ゲーム中に減衰した。Figure 5A にゲーム前後の開眼安静条件とゲーム中 (4 ゲーム) における N140 振幅の推移を示す。ゲーム中には N140 の振幅が低下しているが、ゲームを終えると振幅が回復していることが分かる。4 ゲームを平均した値を用いて、ゲーム前・中・後を水準とした反復測定の分散分析を行ったところ有意差が得られた、 $F(2, 18) = 6.13, p = .01$ , Greenhouse-Geisser  $\epsilon = .88$ 。Bonferroni 法を用いた多重比較により、ゲーム前に比べてゲーム中には N140 振幅が小さいことが示された。Figure 5B に、後頭正中部 (Oz) におけるアルファ帯域の平均パワーを示す。N140 振幅と同様に、条件による差が認められた、 $F(2, 18) = 9.52, p = .007, \epsilon = .66$ 。多重比較により、ゲーム中はゲーム前と比べてパワーが大きいことが示された。

N140 振幅の結果は、動かずに映像を見ているときに得られた実験 1 の結果と共通していた。しかし、背景脳波のパワーは反対の傾向を示しており、背景脳波だけから注意状態を一義的に推定することは難しいといえる。

### 3. 研究成果

本研究で実施した 2 つの実験により、振動プローブ刺激に対して行動反応を求めないときにも、N140 の振幅には参加者の注意状態が反映されることが示された。この方法は、自発的に生じる背景脳波のパワーに比べて、異なる状況においても安定した指標になると考えられる。

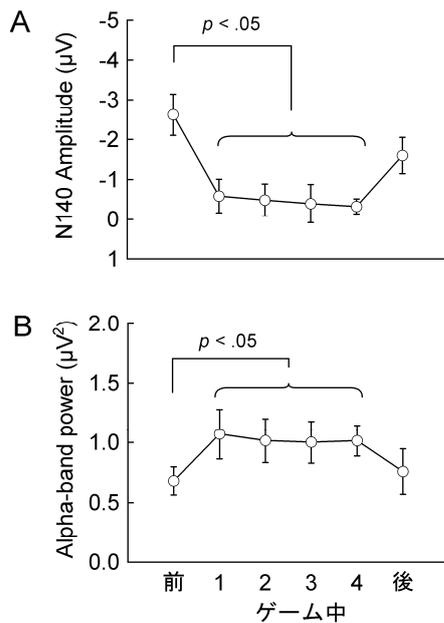


Figure 5.A: N140 振幅の継時的変化。ゲームをしているときは振幅が低下した。B: 背景脳波のアルファ帯域 (8–13 Hz) のパワーの継時的変化。ゲーム中にはパワーが増大した。バーは標準誤差を示す (N = 10)。

予備実験や先行研究の結果を踏まえると、ERPを指標とした振動プローブ刺激法の雛形として、以下のプロトコルが提案できる。(1)振動刺激の周波数は 250 Hz、持続時間は 200 ms とし、約 6 秒に 1 回呈示する。N140 の振幅は刺激間間隔が長い方が大きくなる。(2)運動することでその部位の体性感覚が弱まるので、振動子は動かさず邪魔にならず確実に固定できる場所 (鎖骨など) に装着する。(3)振動刺激は 1 種類でよく、行動反応を求める必要はない。(4)振動刺激を始めた直後は N140 振幅が大きいので、3–5 分間の馴化期を設けるとよい。(5)記録時の時定数 (ハイパスフィルタ) は脳波記録と同じ 0.3 s (0.5 Hz) 程度でよく、分析時のデジタルバンドパスフィルタは 1–30 Hz 程度でよい。(6)サンプリング周波数は 200 Hz 程度とする。(7)眼球運動や瞬きが生じるので眼電図を同時に記録して眼球アーチファクトの補正を行うとよい。(8)ERP は前頭部または刺激と反対側の中心部から導出した脳波から算出する。(9)背景脳波によるノイズを消すために 10 回 (1 分間) 以上の加算平均を行う。(10)刺激呈示後 100–200 ms の区間平均電位を N140 振幅の測度とする。

#### 4. 今後の課題と発展

本年度の研究により、視聴覚体験を客観的に評価する方法として、ERPを指標とした振動プローブ刺激法が有効であることが示された。従来から検討されてきた背景脳波よりも安定した結果が得られる可能性がある。今後は、N140 振幅が心理状態の違いにどのくらい鋭敏かを明らかにしていく必要がある。実験 2 で示したように、ゲームをしている / していないという状態の違いは N140 振幅に反映されたが、ゲームに対する注意や関心度の微妙な差は反映されないかもしれない。今回提案したプロトコルを用いて、さまざまな場面で測定を行い、知見を積み重ねていきたい。

#### 5. 発表論文リスト

- 入戸野 宏 (2006). 映像に対する注意を測る : 事象関連電位を用いたプローブ刺激法の応用例 生理心理学と精神生理学, **24**, 5–18.
- Nittono, H. (2008). Electrophysiology of kansei: Recent advances in event-related brain potential research. *Proceedings of the Second International Workshop on Kansei*. pp. 15–18.
- Shigemitsu, Y., & Nittono, H. (2008). Assessing interest level during movie watching with brain potentials. *Proceedings of the Second International Workshop on Kansei*. pp. 39–42.
- 重光ゆみ・入戸野 宏 (2007). 視聴覚体験時の関心度が背景脳波に及ぼす影響 [学会発表抄録] 生理心理学と精神生理学, **25**, 111.
- 重光ゆみ・入戸野 宏 (2007). 振動プローブ刺激を用いた映像視聴中の注意配分量の評価 [学会発表抄録] 日本心理学会第 70 回大会大会発表論文集 p. 767.
- 重光ゆみ・入戸野 宏・堀 忠雄 (2006). 映像視聴中の体性感覚 3 刺激オドボール課題における事象関連電位 [学会発表抄録] 生理心理学と精神生理学, **24**, 161.
- 重光ゆみ・入戸野 宏・堀 忠雄 (2007). 振動プローブ刺激に対する P300 を指標とした視聴覚体験に対する注意配分の検討 生理心理学と精神生理学, **25**, 277–285.