J024011

視覚・聴覚刺激の時間差による視聴覚統合の違いに関する ERP 研究中橋 康平^{*1}, 楊 偉平^{*1}, 高橋 智^{*2}, 呉 景龍^{*2}**Modulation of audio-visual integration by temporal alignment of visual and auditory stimuli : an event-related potential study**Kohei NAKAHASHI^{*1}, Weiping YANG, Satoshi TAKAHASHI and Jinglong WU^{*1} Graduate School of Natural Science and Technology OKAYAMA Univ.
3-1-1 Tsushimanaka, Kita-ku, Okayama 700-8530 Japan

Interaction occurs in brain when human gets stimuli from different sensory organs such as visual and auditory. Previous behavioral studies have shown that bimodal audiovisual stimuli simultaneously can be discriminated or detected more rapidly and accurately than unimodal visual or auditory stimuli presented alone. Many studies have shown that temporal asynchrony of audio-visual stimuli can influence the integration between visual and auditory stimulus, however, the multisensory mechanisms of asynchrony inputs were not well understood. In this study, we measured the behavioral and EEG data when the visual and auditory stimuli onset asynchrony were presented in the screen. This was done for each of the five different 50-ms subranges of stimulus onset asynchrony. Behavioral results showed that reaction times to the asynchrony audiovisual stimuli were faster than the unimodal stimulus. Moreover, the interaction of the asynchrony input was verified from event related potentials (ERPs). Especially, the results showed that the effect on EEG component around 200ms was largest when visual was presented after the auditory stimuli. This result suggested that might reflect the processing or adjusting for the temporal alignment of audiovisual stimuli.

Key Words : Biomedical engineering, EEG, Event-related potentials(ERP), Audiovisual integration

1. 緒 言

視聴覚の認知特性に関して、視聴覚刺激を同時に呈示した際に、視覚及び聴覚刺激が単独で呈示された時よりも素早く正確に反応できることが知られており、これを視聴覚統合と呼ぶ。また、以前の研究⁽¹⁾より視覚及び聴覚刺激が非同期的に呈示される際に、視聴覚統合に影響を与えることが示されたが、その際の脳内メカニズムについては不明な点も多い。そのため、本研究では、ある特定の刺激を選択的に注意した時に発生する事象関連電位(ERP)と呼ばれる脳波に着目し、非同期的な視覚と聴覚刺激に対する反応を測定し、その時の反応時間及び正答率、ERP データを用い、視聴覚統合について調査した。

2. 実験方法**2・1 実験環境**

健康な成人男性 15 名(平均年齢 22.3 歳)を対象として実験を行った。実験は暗室内で行い、室内には視覚刺激呈示用のディスプレイ、聴覚刺激呈示用のイヤホン及び反応ボタンであるマウスが置かれている。

脳波は国際 10-20 法に基づき、両耳朵連結を基準電極として被験者の頭皮に装着し 30 箇所(30 箇所)の電極で測定し、Brain Products 製 BrainAmp によって記録する。また、左眼球の左部と下部に装着した電極で眼球運動を測定する。

2・2 実験刺激

^{*1} 岡山大学大学院 自然科学研究科 (〒700-8530 岡山市北区津島中 3-1-1)

^{*2} 正員, 岡山大学大学院 自然科学研究科
E-mail: en420093@s.okayama-u.ac.jp

視覚標準刺激, 視覚標的刺激, 聴覚標準刺激, 聴覚標的刺激, 視聴覚標準刺激, 視聴覚標的刺激を用いた。視覚標準刺激は 52mm×52mm のチェッカーボードとし, 視覚標的刺激はチェッカーボードの中に黒色の四角が入っているもので, ディスプレイの右下もしくは左下に呈示される(図 1)。それぞれ呈示時間は 150ms とし, V と表記する。聴覚標準刺激は 1000Hz の純音, 聴覚標的刺激はホワイトノイズを用い, イヤホンを通して被験者の右耳もしくは左耳に呈示される。それぞれ呈示時間は 150ms とし, A と表記する。

視聴覚刺激は視覚刺激と聴覚刺激を同方向に呈示したものであり, さらに刺激間呈示間隔の違いによって刺激を 5 種類に分類した(図 2)。聴覚刺激が呈示される 50ms もしくは 100ms 前に視覚刺激が呈示されるものをそれぞれ A_{-V50} , A_{-V100} と表記する。また, 視覚刺激呈示後, 50ms もしくは 100ms 後に聴覚刺激が呈示されるものをそれぞれ A_{V50} , A_{V100} と表記し, 視覚刺激と聴覚刺激が同時に呈示されるものを A_{V0} と表記する。

Fig.1 Visual Stimuli

Fig.2 Exhibition Timing

2・3 実験課題

被験者は暗室内のイスに座り, あご台によって頭部位置が固定される。被験者の鼻根点から 60cm の位置にディスプレイが設置され, 両耳にはイヤホンを装着した状態で実験が行われた。

実験が開始すると 3000ms の間隔があり, その後で刺激が呈示される。刺激呈示間隔は 1300~1800ms である。実験中は刺激が被験者の右, もしくは左側にランダムに呈示され, 被験者には標的刺激が呈示された場合にのみ, 出た方向に対応するマウスのキーをクリックするよう求めた。また, 実験中は常にディスプレイの中心にある十字の固視点を注視するよう指示した。

2・4 データ解析

反応時間は, 標的刺激が呈示されてからマウスをクリックするまでの時間とした。次の刺激呈示までにマウスをクリックしなかった場合や, 刺激に対して左右逆のキーをクリックした場合は誤答としてデータを除き, 正答率も計算した。

また, 脳波測定後, 測定したデータに 0.01Hz~100Hz のバンドパスフィルタと 60Hz のノッチフィルタを適用し, 刺激条件ごとに複数回加算平均を行った。その後, 条件ごとに被験者全員の ERP として全体平均を行い, そのデータを結果として用いた。なお, 眼球の上下もしくは左右運動時の電位, 及び脳波が $100\mu V$ のしきい値を超えたデータについてはアーティファクトと判断し, 加算平均には加えずに除外した。

3. 実験結果

3・1 行動学データ

図 3 に被験者 15 名の平均反応時間を示す。縦軸は反応時間(ms)を表し, 横軸は刺激条件を表す。この図より単独で刺激を呈示した場合より, 視聴覚刺激に対する反応が早いことが分かる。しかしながら, A_{-V100} の条件では単独刺激呈示時の反応時間との有意な差は見られなかった。

図4に被験者15名の正答率を示す。縦軸は正答率(%)を表し、横軸は刺激条件を表す。これより、今回の実験において正答率は全刺激条件で高く、ほとんど差は見られないことから、実験中被験者は刺激を正しく認識出来たことが確認できる。

Fig.3 Response time

Fig.4 Hit rate

3・2 脳波データ

ERP について行われた視聴覚統合の研究⁽²⁾によれば、式(1)のように、視聴覚刺激(AV)による ERP から単独の聴覚刺激(A)による ERP と単独の視覚刺激(V)による ERP の波形の和を引いたときに残る要素が、視聴覚の相互作用(interaction)が起ることによって誘引されたものであると考えられている。

$$\text{ERP(AV)} - [\text{ERP(A)} + \text{ERP(V)}] = \text{ERP(interaction)} \quad (1)$$

このことより、視聴覚情報(AV)に対して誘発された波形と、聴覚情報(A)に対して誘発された波形及び視覚情報(V)に対して誘発された波形との和が一致しないのであれば視聴覚情報を取得した際に何らかの相互作用が起っていることが推測できる。そのため本研究でも単独刺激の ERP の和と視聴覚刺激の ERP を比較することで脳波データの考察を行う。

図5は電極 Cz における、各視聴覚刺激条件における単独刺激の ERP の和と視聴覚刺激の ERP との有意差を反復測定による分散分析により求めた結果である。縦軸に刺激条件、横軸を時間(ms)とし、 $p < .05$ を赤色の濃淡で表している。図6は各々の波形であり、視聴覚刺激による波形を赤線、単独刺激の和による波形を黒線で示す。縦軸は電位(μV)を表し、横軸は時間(ms)を示す。これらの図より、刺激の呈示タイミングによって ERP は変調を受けていることがわかる。また、単独刺激の ERP の和と視聴覚刺激によって発生した ERP を比較したとき、 A_{-V50} , AV , A_{V50} , A_{V100} の条件において、200ms~300ms で有意差が見られ、特に AV , A_{V50} , A_{V100} の条件では、強い有意差が現れるタイミングに差が見られた。

Fig.5 Result of ANOVA (AV vs. A+V)

Fig.6 EEG Data (AV vs. A+V)

4. 考 察

行動学データより、非同期的な視聴覚刺激が呈示された時に、単独刺激呈示時より反応時間が促進されることが確認された。また、視覚刺激より聴覚刺激が先に呈示された時、より短い反応時間が得られた。しかしながら、全体的に、視聴覚刺激が同時に呈示された時ほどの促進効果は確認されず、単一刺激呈示時と比べて明らかに促進効果があったといえる条件は A_{V50} の刺激が呈示された時のみであった。

脳波データより、視聴覚刺激が同時に呈示される A_{V0} 条件及び聴覚呈示後に視覚刺激が呈示される A_{V50} , A_{V100} の条件において、特に刺激呈示後 200ms~300ms で視聴覚統合による相互作用が見られた。また、 A_{V50} , A_{V100} 条件では 400ms~500ms の後期成分にも有意な差が見られた。一方、 A_{V50} 条件でも刺激呈示後 200ms~300ms で相互作用は見られたもののその影響は小さく、また、 A_{V100} の条件では明らかな違いは見られなかった。このことから、聴覚刺激の後に視覚刺激が呈示された場合に、より視聴覚統合に影響を与えている可能性がある。

5. 結 言

結果より、聴覚刺激の後に視覚刺激が呈示された場合により視聴覚統合に影響を与え、特に A_{V50} の条件において単独刺激呈示時と比べて有意な差が見られた。また、刺激呈示 200ms~300ms において視聴覚統合における相互作用が見られ、刺激呈示間隔によって有意な差が現れるタイミングに差が見られた。このことから刺激呈示 200ms 以降の成分が刺激の反応時間に影響を与え、非同期的な視聴覚刺激の処理や調整を反映している可能性を示唆している。今後は、高齢者においても同じ刺激条件で実験を行い、加齢効果の観点から非同期的な刺激が視聴覚統合に与える影響について考察する予定である。

文 献

- (1) Senkowski D, Saint-Amour D, Kelly SP, Foxe JJ, "Multisensory Processing of Naturalistic Objects in Motion: a High-Density Electrical Mapping and Source Estimation Study", *Neuroimage*, 36 (2007), pp.877-888.
- (2) J. Vidal, M.-H. Giard, S. Roux, C. Barthe'le'my, N. Bruneau, "Cross-modal Processing of Auditory-Visual Stimuli in a No-Task Paradigm: A Topographic Event-Related Potential Study", *Clinical Neurophysiology*, No.119(2008), pp.763-771