

聴覚刺激による視覚情報処理の促進と妨害 - 顔刺激の弁別反応時間と再認率を指標として -

小西 慶治
中島 亮一
横澤 一彦

東京大学大学院人文社会系研究科
東京大学大学院人文社会系研究科
東京大学大学院人文社会系研究科

聴覚刺激の存在が視覚刺激の弁別反応時間を早めることは古くから知られているが、視覚刺激の符号化段階から促進されているのかどうかについては議論が続いている。本研究では、顔の弁別課題と再認課題を課し、同時に提示した純音が顔の符号化処理に影響を及ぼしているのかどうかを調べた。この純音の操作については、半数の試行で強い音を提示し、残り半数では弱い音を提示するか（実験1）、音を提示しない（実験2）ことにした。その結果、強い音は、実験1、2のいずれでも弁別反応時間を短縮し、従来研究を再現した。しかしながら、続けて行った顔の再認課題では、強い音は残り半数で弱い音と提示された実験1のみで記憶成績を向上し、残り半数で音が提示されなかった実験2ではむしろ記憶成績を下げた。これらのことから、聴覚入力によって視覚刺激の反応時間が短縮されたとしても、聴覚入力に対する予測性に依りて、符号化処理が促進されることもあれば、妨害されることもあることが分かった。

Keywords: cross-modal memory, auditory accessory stimulation, audiovisual interaction

問題・目的

我々は多感覚情報を利用することで豊かな知覚経験をしている。ある感覚器官への入力が別の感覚情報の処理に影響することが実験的にも示されてきた。例えば、課題非関連な聴覚刺激が同時に提示されると、視覚刺激の弁別反応時間が短縮することが知られており、聴覚アクセサリ効果と呼ばれている(Jepma et al., 2009)。

聴覚入力が同時に存在することで視覚刺激がより強く知覚される(Stein et al., 1996)ことから、視覚刺激そのものの符号化処理が促進されていると考えられる。しかしながら、視覚刺激の提示から反応の完了までには反応選択過程(Posner et al., 1973)や運動準備過程(Miller et al., 1999)といった、視聴覚情報の統合とは別のプロセスに参与する可能性も指摘されてきた。聴覚アクセサリ効果が視聴覚相互作用の何の側面を反映しているかについては、いまだ議論が続いている。

そこで本研究では、視覚刺激の弁別課題後に記憶課題（再認記憶課題）を行うことで、聴覚入力が視覚情報の符号化処理を促進するかを検討した。再認課題ではそれ以前に形成された記憶表象に基づいて判断がされるため、弁別課題の遂行にのみ関係する反応選択、運動準備の両過程での影響を排除できると考えられる。

具体的には、参加者に対して純音と視覚刺激と同時に提示した上で弁別課題を行い、そののちに視覚刺激について再認課題を課した。純音の提示方法については、2種類の典型的な聴覚アクセサリ効果の実験パラダイムを採用した。実験1では純音の強度を操作し(Miller et al., 1999)、実験2では純音の有無を操作した(Jepma et al., 2009)。聴覚アクセサリ効果によって視覚刺激の符号化処理が促進されるならば、弁別課題時に強い音と同時に提示されていた視覚刺激に対する再認成績が弱い音(実験1)や音なし(実験2)と比べ高くなると予想される。

方法

実験参加者 実験1に24名、実験2に21名が参加した。
刺激 視覚刺激は日本人の有名人の顔156枚で、男女半数ずつであった。聴覚刺激は強い音と弱い音の2種類であった。



図1. 顔弁別課題の模式図.

実験手続き 参加者は図1に示す通り、順次提示される顔を見て、特定の性別の顔が提示された場合にのみキー押しで反応した（顔弁別課題）。この際、顔の提示時に、実験1では強い音と弱い音がランダムに提示され、実験2では強い音が提示される場合と何も提示されない場合が混在した。音に関しては無視するように教示された。1セットは156試行で各顔が一度ずつ提示され、提示順を変えて2セット行われた。各有名人は2回提示されたことになるが、いずれも特定の音（ないしは無音）と組み合わせられていた。

事前の教示はなかったが、弁別課題が終了してから約1分後に再認課題が行われた。弁別課題時に出現した顔と出現しなかった新しい顔が同時に提示され、参加者はいずれが弁別課題に出現したものを強制二肢選択で回答した。

実験1 結果と考察

顔弁別課題 顔弁別のHit率, FA(False Alarm)率, 正答試行の平均反応時間を算出した. Hit率は強い音で $98.6 \pm 0.6\%$ ($mean \pm SE$), 弱い音で $97.8 \pm 0.7\%$ であった. FA率は強い音で $3.2 \pm 0.6\%$, 弱い音で $2.5 \pm 0.3\%$ であった. これら顔判断の正確性は音の強弱に左右されなかった (Hit率, $t(23) = 1.55, p = .13$; FA率, $t(23) = 1.22, p = .23$). 一方, 強い音と同時に提示されていた顔に対する反応時間 (379 ± 7 ms) は弱い音 (386 ± 7 ms) と比べて短かった ($t(23) = 2.33, p < .05$).

再認課題 顔判断課題時に強い音が同時に提示されていた顔の再認成績は $80.3 \pm 1.9\%$, 弱い音と同時に提示されていた顔の再認成績は $77.4 \pm 2.1\%$ であり, 強い音の方が高かった ($t(23) = 2.01, p = .056$).

考察 同時に提示する音の強度を大きくすると, 視覚刺激に対する反応時間が短くなり, よく再認されるようになった. これは聴覚入力が存在が運動準備過程を短縮するとの説 (Miller et al., 1999) では説明がつかないが, 視覚刺激自体の符号化を促進しているとの主張 (Jepma et al., 2009) を支持する. 実験1は従来の先行研究の知見を拡張し, 高強度な聴覚刺激は頑健な視覚記憶表象の形成にもつながることを示唆している.

実験2 結果と考察

顔弁別課題 顔弁別のHit率は音ありで $98.9 \pm 0.3\%$, 音なしで $99.1 \pm 0.4\%$ となり, 音の有無の効果は認められなかった ($t(20) = 0.57, p = .58$). 一方, FA率は音ありで $4.2 \pm 0.8\%$, 音なしで $2.7 \pm 0.7\%$ となり, 音ありの場合に誤ってキーを押す試行が多くなっていた ($t(20) = 2.38, p < .05$). また, 強い音と同時に提示されていた顔に対する反応時間 (379 ± 8 ms) は, 弱い音の場合 (384 ± 7 ms) と比べて短くなっていたものの, 統計的には有意ではなかった ($t(20) = 1.58, p = .13$).

再認課題 顔判断課題時に強い音が同時に提示されていた顔の再認成績は $78.3 \pm 1.9\%$, 音なしで提示された顔の再認成績は $81.4 \pm 1.7\%$ であり, 後者の方が高かった ($t(20) = 2.73, p < .05$).

考察 反応時間のデータは聴覚アクセサリ効果の先行研究とは矛盾しないが, FA率を見ると, 音の存在は弁別課題の正確性を損なっている. これは Posner et al. (1973) が指摘するように, 反応選択過程においてキー押しを行うための閾値が低下したことによるものと考えられる. つまり, 本実験結果は, 聴覚入力による視覚刺激の符号化促進を示してはいない. 一方で, 再認成績からはむしろ音の存在が視覚刺激の符号化を妨げることが示された. これは, 予期しない音の出現に注意が捕捉され視覚課題の遂行が妨げられたためだと考えられる (Wetzel et al., 2012). 以上より, 課題非関連に提示された聴覚刺激が反応選択過程を短縮し, 視覚刺激の符号化は妨害する場合もあることが示された.

実験1, 2の比較 強い音と同時に提示されていた顔の再認成績を比較したところ有意な差は認められなかった ($t(43) = 0.75, p = .46$). つまり, 強い音と同時に提示されていた顔の再認成績を基準に, 弱い音はそれより低く, 音なしではそれより高いことがわかった.

総合考察

本研究で用いた強い音は実験間で共通であり, 残り半数で提示される音のみが異なっていた. 実験1では弱い音, 実験2では音なしであった. 実験結果より, 音の存在は視覚刺激の符号化を妨害するが, その妨害の度合いは音の強度が低い方が大きいと言える. 課題非関連な音には, 注意の捕捉 (Wetzel et al., 2012) と視覚符号化処理の促進 (Stein et al., 1996) の二つの側面があり, 聴覚アクセサリ効果は聴覚入力符号化, 反応選択の各段階へ作用する複合的な現象である可能性が示唆された. そして, 聴覚アクセサリ効果が視聴覚相互作用におけるどの段階で生じるかは課題に依存するものだと考えるべきである (Jepma et al., 2009; Miller et al., 1999). それでは, 本研究の二つの実験で異なる影響 (聴覚刺激による促進/妨害) が観察された原因は何だろうか.

一つの可能性として, 音の存在についての予測性の違いが挙げられる. Emberson et al. (2010) は, 視覚課題遂行中に二人の人物の会話音声を聞かせる群と, そのうちの片方の音声のみを聞かせる群をもうけた. すると, 後者の方が聴覚入力の総量は小さいにも関わらず視覚課題成績を著しく下げた. 彼らはこの結果を聴覚入力の存在自体ではなく, 予測の不確かさに起因するとした. また Wetzel et al. (2012) は, oddball課題を用いて, 課題非関連な聴覚刺激の変化が予測できる場合には視覚刺激の処理を促進し, 予測できない場合には視覚刺激の処理を妨害させることを示した. 本研究では, 実験1では聴覚入力が必要存在していたが, 実験2では聴覚入力が存在するかどうかは半々の確率であり, 後者では音の存在という観点では不確かさが高かった. よって不確かさが低い場合には聴覚刺激による妨害が小さくなり, 視覚刺激の符号化促進が強く表れ (実験1), 不確かさが高い場合には聴覚刺激による妨害が大きくなった (実験2) と説明できる.

本研究は聴覚入力に対する予測性に依りて, 視覚刺激の符号化処理が促進されたり, 妨害されたりする可能性があることを示した. 今回は音がない場合に一番記憶成績がよくなるという結果であったが, 聴覚入力に対する予測性を調整することで, 視覚記憶の向上につながる可能性がある.

引用文献

- Emberson, Lupyan, Goldstein, & Spivey. (2010). *Psychological Science*, 21, 1383–1388.
- Jepma, Wagenmakers, Band, & Nieuwenhuis. (2009). *Journal of Cognitive Neuroscience*, 21, 847–864.
- Miller, Franz, & Ulrich. (1999). *Perception & Psychophysics*, 61, 107–119.
- Posner, Klein, Summers, & Buggie. (1973). *Memory & Cognition*, 1, 2–12.
- Stein, London, Wilkinson, & Price. (1996). *Journal of Cognitive Neuroscience*, 8, 497–506.
- Wetzel, Widmann, & Schröger. (2012). *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, 38, 664–674.