

視聴覚刺激における一体性の仮定が 同時性知覚の再較正に与える影響

宇野 究人
横澤 一彦

東京大学大学院人文社会系研究科／日本学術振興会

東京大学大学院人文社会系研究科

視覚刺激と聴覚刺激が一定順序で連続提示されると、2刺激に対する同時性判断が提示順序の方向へシフトする（同時性知覚の再較正）。視聴覚刺激が同一の発生源から生じているという推定（一体性の仮定）が同時性知覚の再較正に与える影響については明らかになっていない。本研究では感覚間協応（実験1）及び男女の顔と声のマッチング（実験2）を用いて、上記の問題について検討した。参加者は順応フェーズで交互に提示される視聴覚刺激を観察後、一対の視聴覚刺激の同時性判断を行った。順応フェーズの刺激系列は、一体性の仮定が成立する視聴覚刺激のペア内で視覚刺激が先行する場合（例：男性顔-男性声-女性顔-女性声...）と、聴覚刺激が先行する場合があった。同時性判断の結果から主観的同時点を算出したところ、いずれの実験でも順応フェーズの条件間で有意な差が見られた。この結果は、一体性の仮定により同時性知覚の再較正が調節されることを示している。

Keywords: audiovisual integration, timing perception, unity assumption.

問題・目的

視覚刺激と聴覚刺激の2刺激が提示されると、観察者は刺激間の時間ずれの大きさに応じて、これらの刺激が同時であると判断するか、あるいは異なるタイミングで提示されたかと判断する。このような視聴覚の同時性知覚は、時間ずれの幅に対して固定されているわけではない。視覚刺激と聴覚刺激が一定順序で連続提示されると、2刺激に対する主観的同時点（PSS）が提示順序の方向へシフトすることが知られている（時間的再較正, Fujisaki et al., 2004; Vroomen et al., 2004）。

Yarrow et al. (2011) は、視聴覚刺激の空間一致性が時間的再較正に影響するという知見を示した。彼らの実験では、参加者は注視点の左右から連続提示される視聴覚刺激に順応後、同時性判断課題を行った。順応刺激は、同じ場所では常に視覚刺激が聴覚刺激に先行する場合（左から音-右から光-右から音-左から光の繰り返し）と、同じ場所では常に聴覚刺激が先行する場合があった。その結果、順応刺激に応じたPSSのシフトが見られ、同じ場所から提示された刺激間の順序に従って時間的再較正が生じることが示された。

この結果は、視聴覚刺激が同一の発生源から生じているという推定（一体性の仮定）が時間的再較正に影響する可能性を示している。ただし、空間一致性には物理的なボトムアップの要因と、「空間的に一致しているということは同一発生源である可能性が高い」という推定（認知的な要因）のいずれも含まれるため（Spence, 2007）、一体性の仮定が物理的な要因とは独立して時間的再較正に影響するか否かはまだ明らかにされていない。そこで本研究では、視聴覚刺激間に存在する協応関係（実験1：視覚刺激の位置と聴覚刺激のピッチの高さの協応、実験2：男女の顔と声のマッチング）を用いて、空間一致性とは独立に一体性の仮定が時間的再較正に影響するかどうか検討した。

実験1

目的 視聴覚刺激の間には、「高音と高い位置の視覚刺激、低音と低い位置の視覚刺激が結びつきやすい」という協応関係が存在することが知られている（Spence, 2011）。実験1では、この協応関係に基づく時間的再較正が生じるか否かを検討した。

参加者 20名の参加者（女性13名、男性7名、年齢： $M = 21.9$ 歳、 $SD = 1.6$ 歳）が実験に参加した。

手続き 実験は暗室で行われ、視覚刺激はCRTモニター、聴覚刺激はヘッドフォンから提示された。実験は8つのブロックに分かれており、各ブロックには順応フェーズとテストフェーズが存在した。参加者は各ブロック内で、順応フェーズで60sの間連続提示される視聴覚刺激を観察後、テストフェーズにおいて55試行の同時性判断課題を行った。同時性判断の各試行の前には、順応刺激の提示が5sの間行われた。

順応刺激には2つのパターンがあり、2ブロックごとに変更された。視覚先行条件では、「高音（4000 Hzの正弦波）-低い位置の円-低音（1000 Hzの正弦波）-高い位置の円」という刺激系列が繰り返し提示された。すなわち、視覚刺激の位置と聴覚刺激のピッチの高さの協応関係に整合する視聴覚刺激をグループとみなせば、グループ内では必ず視覚刺激が聴覚刺激に先行して提示されるようになっていた。聴覚先行条件はその逆で、協応関係に基づくグループ内では必ず聴覚刺激が先行していた。なお、各刺激の提示時間は20msであり、刺激間のSOAは200msで固定されていた。参加者は順応フェーズの間、画面中央に提示される注視点に視線を合わせながら刺激を観察するように教示された。

同時性判断課題では、5sの順応刺激提示後に注視点の色が変化し、その後一対の視聴覚刺激（高音と高い位置の円、あるいは低音と低い位置の円）が提示さ

れた。参加者はこれらの刺激について、同時に提示されたか否かを判断して回答するよう求められた。視聴覚刺激の SOA は $\pm 350, \pm 250, \pm 150, \pm 100, \pm 50, 0$ ms (プラス方向: 視覚刺激が聴覚刺激に先行) の 11 条件が設けられた。

分析 順応刺激の 2 条件それぞれについて、テスト刺激の各 SOA において「同時」と判断された割合をプロットし、正規分布関数でフィッティングを行った。このとき、調整済み決定係数が 0.5 を下回った 2 名の参加者は以降の分析から除外した。得られた正規分布の平均を主観的同時点 (PSS) と定義した。

結果・考察 各パラメータの推定値を Table 1 に示す。mean (PSS) について条件間で有意差が見られ ($t(17) = 2.30, p = .035, d_p = 0.54$)、視覚先行条件の方が聴覚先行条件に比べ、PSS の値が正の方向に大きくなっていた。この結果は、感覚間協応に整合する視聴覚刺激における提示順序に従って時間的再較正が生じるという予想と整合している。

σ は条件間で有意な差が見られなかった ($t(17) = 0.17, p = .869$)、 $amplitude$ は視覚先行条件の方が有意に大きくなった ($t(17) = 2.74, p = .014, d_p = 0.65$)。このことは、同時性判断課題において「同時」と回答される割合が視覚先行条件の方が高くなったということを示唆している。

Table 1. 実験 1 のフィッティングにおけるパラメータ推定値。

条件	mean	sigma	amplitude
視覚先行	16.45 (10.33)	168.13 (14.89)	1.04 (0.02)
聴覚先行	4.36 (9.83)	169.35 (10.75)	1.02 (0.02)

Note: 平均値 (標準誤差)

実験 2

目的 実験 1 では、視聴覚刺激間の協応関係が時間的再較正に影響する可能性が示された。この知見がより複雑な視聴覚刺激においても一般化できるのか検討するため、実験 2 では男女の顔と声のマッチングを操作し、時間的再較正への影響について調べた。

参加者 32 名の参加者 (女性 14 名, 男性 18 名, 年齢: $M = 21.4$ 歳, $SD = 1.9$ 歳) が実験に参加した。サンプルサイズは実験 1 の効果量を元に再決定した。

手続き 全体の流れは実験 1 と同様であったが、視聴覚刺激として円と正弦波の代わりに男女の顔画像と声 (/a/ と発音時の音声) を使用した。顔画像は画面中央の注視点の左右に提示され、声はヘッドフォンからモノラルで提示された。順応刺激パターンにおける視覚先行条件では、「男性声 - 女性顔 - 女性声 - 男性顔」という刺激系列が繰り返し提示された。すなわち、同一話者 (性別) においては必ず視覚刺激が聴覚刺激に先行して提示されるようになっていた。聴覚先行条件はその逆で、同一話者においては必ず聴覚刺激が先行していた。なお、各刺激の提示時間は 120 ms に変更された (SOA は 200 ms で固定)。

同時性判断課題では一対の視聴覚刺激 (男性声と男性顔, あるいは女性声と女性顔) が提示された。視聴

覚刺激の SOA は $\pm 400, \pm 320, \pm 240, \pm 160, \pm 80, 0$ ms の 11 条件に変更された。

分析 実験 1 と同様に正規分布関数によるフィッティングを行った。調整済み決定係数が 0.5 を下回った 1 名の参加者は以降の分析から除外した。

結果・考察 各パラメータの推定値を Table 2 に示す。Mean (PSS) について条件間で有意差が見られ ($t(30) = 2.35, p = .026, d_p = 0.42$)、視覚先行条件の方が聴覚先行条件に比べ、PSS の値が正の方向に大きくなっていた。この結果は、同一話者 (性別) の顔と声における提示順序に従って時間的再較正が生じるという予想と整合している。なお、 $\sigma, amplitude$ のいずれのパラメータについても、条件間で有意な差は見られなかった ($\sigma: t(30) = 0.93, p = .361; amplitude: t(30) = 1.30, p = .203$)。

Table 2. 実験 2 のフィッティングにおけるパラメータ推定値。

条件	mean	sigma	amplitude
視覚先行	-6.35 (11.27)	183.63 (12.34)	1.05 (0.02)
聴覚先行	-18.45 (9.48)	179.03 (11.87)	1.07 (0.01)

Note: 平均値 (標準誤差)

総合考察

視覚刺激の位置と聴覚刺激のピッチの高さの協応関係 (実験 1)、および男女の顔と声のマッチング (実験 2) が時間的再較正に影響することが示された。2 つの実験のいずれにおいても順応フェーズにおける視聴覚刺激間に空間的な一致/近接は存在せず、また、時間的にも全ての視聴覚刺激は均等に配置されていた。そのため、低次の物理的要因 (刺激間の時空間的な一致/近接) が時間的再較正に影響したとは考えにくい。以上を踏まえると、視聴覚刺激が同一発生源であるという推定 (一体性の仮定) が、時間的再較正に影響を与えたと考えられる。この結果は、無数の信号が存在する自然環境の中で、同じ発生源に由来すると考えられる信号間の非同期が脳内で選択的に補正されているという可能性を示唆するものである。

引用文献

- Fujisaki, W., Shimojo, S., Kashino, M., & Nishida, S. (2004). Recalibration of audiovisual simultaneity. *Nature Neuroscience*, 7, 773–778.
- Spence, C. (2007). Audiovisual multisensory integration. *Acoustical Science and Technology*, 28(2), 61–70.
- Spence, C. (2011). Crossmodal correspondences: A tutorial review. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 73, 971–995.
- Vroomen, J., Keetels, M., De Gelder, B., & Bertelson, P. (2004). Recalibration of temporal order perception by exposure to audio-visual asynchrony. *Cognitive Brain Research*, 22, 32–35.
- Yarrow, K., Roseboom, W., & Arnold, D. H. (2011). Spatial grouping resolves ambiguity to drive temporal recalibration. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 37, 1657–1661.