

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 5 年 6 月 1 日現在

機関番号：32675

研究種目：若手研究

研究期間：2020～2022

課題番号：20K14269

研究課題名（和文）視覚の時間処理特性に着目した視聴覚間の同期知覚メカニズムの解明

研究課題名（英文）Experimental study for mechanism of audiovisual synchrony perception focusing temporal characteristics of vision

研究代表者

竹島 康博 (Yasuhiro, Takeshima)

法政大学・文学部・講師

研究者番号：50755387

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：本研究課題では、視聴覚刺激間の同期知覚の処理過程で視覚刺激の処理速度の情報がどのように寄与するのかについて、実験的に検討した。研究の成果として、主観的に同期と知覚されるタイミングは視覚処理が速さに応じて変化することが繰り返し確認された。また、視覚刺激が処理速度の異なる2つの特徴を含む場合には、処理速度が遅い方の特徴が強く寄与する可能性が示された。一方、先行する情報に応じて視聴覚間の同期知覚のタイミングを調整する処理段階では、視覚処理の速度の違いを補正していることも示された。本研究の遂行により、視覚の処理速度の情報が視聴覚間の同期知覚の処理過程で柔軟に用いられることが明らかとなった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究課題では、視覚の処理速度の情報も視聴覚間の同期知覚に処理過程で利用されていることを明らかにした。異なる感覚情報同士の相互作用は魅力的な映像作品の作成に応用可能な技術であり、同期の知覚はその相互作用の生起に重要な要素の1つである。本研究の成果は、異種感覚間の相互作用を効果的に引き起こすための基礎的な知見を提供するものである。加えて、異なる感覚の情報を利用する情報処理は外界の安定した知覚を効率よく形成する重要な機能である。本研究の成果は、このような異種感覚情報の統合処理へも有益な知見を提供するものである。したがって、人間の感覚情報処理システムの理解に寄与した点も本研究成果の意義と言える。

研究成果の概要（英文）：This study investigated the experimental approach of how the processing speed of visual information contributes to the synchrony perception process of audiovisual stimuli. The experimental results indicated that the perceived timing of subjective simultaneity is flexibly altered depending on the processing speed of visual stimuli. Moreover, visual features with slower processing speeds contributed more to synchrony perception when visual stimuli included multiple components with different processing speeds. However, the timing shift of subjective simultaneity occurred, compensating for the difference in visual processing speeds during the rapid temporal recalibration process. This study revealed that the processing of synchrony perception in audiovisual stimuli flexibly utilizes information about visual processing speed.

研究分野：実験系心理学

キーワード：視聴覚統合 異種感覚間相互作用 同時性知覚 急速時間再較正 処理速度 空間周波数

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

私たちは、日常的に1つの感覚の情報だけではなく、複数の感覚からの情報を利用している。このような異なる感覚からの情報を統合する処理過程に注目した「多感覚統合」の研究は盛んに行われている。これまでの多感覚統合に関する研究の知見から、異なる感覚情報間の相互作用（異種感覚間相互作用）が生じるためには感覚刺激の提示の同期が重要であることが明らかとなっている (e.g., Bolognini et al., 2005; Stein et al., 1996)。

異種感覚間相互作用において感覚刺激同士の提示タイミングの同期も重要であることから、多感覚統合の分野では異なる感覚刺激同士の同期知覚に関する研究も数多く行われている。しかし、主観的に同期と知覚されるタイミング（主観的同期点）を物理的な同期のタイミングとずらす要因になると推測される感覚刺激の処理速度に関する研究はあまり行われてこなかった。これまでの研究では、空間周波数と呼ばれる視覚刺激の明暗の周期性によって処理速度を操作して聴覚刺激との主観的同期点を測定している研究がいくつか報告されているに留まる。これらの実験課題の結果からは、主観的同時点が視覚刺激の処理速度の違いに応じて変化することが示されている (Takeshima & Gyoba, 2015; Tappe et al., 1994)。

多感覚統合の同期知覚の研究では、主観的同時点は事前の情報に応じて変化することも報告されている。Van der Burg et al. (2013) は、直前の試行の視覚刺激と聴覚刺激の提示タイミングに次の試行の同時性判断が影響を受ける、急速再較正と呼ばれる現象を発見している。つまり、直前の試行で聴覚刺激が視覚刺激よりも先行して提示されていた場合は主観的同時点が聴覚刺激先行のタイミングに、視覚刺激が先行していればその逆方向のタイミングに変化するということである。このような主観的な同期知覚の柔軟さに対して、視覚刺激の処理速度の違いがどのように寄与するのかについては申請者が検討に取り組み始めたばかりである。

### 2. 研究の目的

本研究課題の目的は、視覚刺激の処理速度の情報が視覚刺激と聴覚刺激の主観的な同期知覚の処理過程でどのように処理されるのかを検討することにより、視聴覚間の同期知覚の処理メカニズムの解明への寄与を目指すことである。これまでの研究から、視覚刺激の処理速度に応じて聴覚刺激との提示タイミングの主観的同時点が変わることは示されているものの、急速再較正のような調整機能への関与については検討が不十分である。また、これまでの研究では視覚刺激の処理速度の操作は空間周波数を用いて行っているが、視覚刺激の提示視野による操作も可能である。さらに、視覚刺激の空間周波数を操作する場合であっても、これまでの研究では単一の空間周波数成分を持つ視覚刺激しか使用していない。日常的に視覚処理を行う場合、対象は複数の空間周波数の成分を含んでいることから、空間周波数による処理速度の操作に関してもより日常場面に近い同期知覚の処理過程を調べることが必要と考えられる。以上のことから、本研究課題では (1) 視覚刺激の空間周波数が急速再較正に与える影響の詳細な検討、(2) 視覚刺激の提示視野による処理速度の違いが聴覚刺激との同期知覚に与える影響の検討、(3) 2つの空間周波数成分を含む視覚刺激と聴覚刺激との同期知覚の検討を実施する。

### 3. 研究の方法

#### (1) 視覚刺激の空間周波数が急速再較正に与える影響の詳細な検討

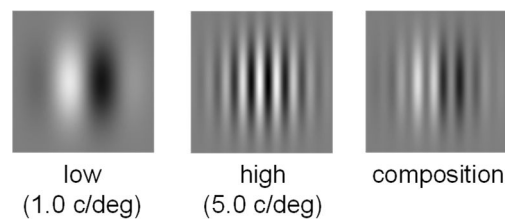
視覚刺激の空間周波数による処理速度の操作が同時知覚の処理過程にどのように寄与するかを検討するため、申請者が行っていた同時性判断課題を用いた実験の継続と同時に、新たに時

間順序判断課題を用いた実験を行った。2つの課題はともに、視覚刺激として低空間周波数と高空間周波数を持つ2種類の空間周波数刺激を、また聴覚刺激として純音を使用した。視覚刺激と聴覚刺激の提示タイミングのずれ(SOA)は9種類を設定した。同時性判断課題の実験では、実験参加者に視覚刺激と聴覚刺激の提示タイミングが同時であったかの判断を実施した。時間順序判断課題の実験では、実験参加者に視覚刺激と聴覚刺激のどちらが先に提示されたかの判断を実施した。分析では、どちらの課題も急速再校正による主観的同時点の変化量を算出した。また、時間順序判断課題では判断の偏りによる主観的同時点の変化量として算出した。

### (2) 視覚刺激の提示視野による処理速度の違いが聴覚刺激との同期知覚に与える影響の検討

視覚刺激を提示する視野による処理速度の違いについても、空間周波数の操作と同様に聴覚刺激との提示タイミングの主観的同時点が異なるのかについて検討を行った。視覚刺激として白色の円を使用して、処理速度が遅い視野の中心と速い視野の周辺のどちらかに提示した。聴覚刺激および視覚刺激と聴覚刺激のSOAは、上記の空間周波数の実験と同様とした。実験参加者の課題は、実験1では時間順序判断、実験2では同時性判断の課題であった。加えて、実験3として聴覚刺激による視覚刺激の運動軌道の変化を利用した実験を実施した。2つの円刺激が互いに接近するように移動し、重なった後に離れていくような運動刺激を提示する。運動刺激だけを提示した場合には運動軌道は2つの円が通り抜けていったように知覚されるが、重なったタイミングおよびその前後で聴覚刺激を提示すると跳ね返った運動軌道として知覚される(Sekuler et al., 1997)。運動刺激を視野の中心と周辺のいずれかに提示し、2つの円刺激が重なるタイミングを起点に聴覚刺激とのSOAを9種類用意した。実験参加者には、運動軌道が通過と反発のどちらに見えたかを判断させた。分析では、視覚刺激が提示される視野別に主観的同時点(実験3では反発判断が最大となるタイミング)と時間窓(時間ずれに対する同時知覚の許容範囲)の推定を行った。

Figure 1. 本研究課題で使用した空間周波数刺激



Note. 左から低空間周波数刺激,高空間周波数刺激,これら2つの空間周波数成分を合成した刺激である。

### (3) 2つの空間周波数成分を含む視覚刺激と聴覚刺激との同期知覚の検討

複数の空間周波数を持つ視覚刺激と聴覚刺激の同期知覚の処理過程を検討するために、2つの空間周波数を合成した視覚刺激を用いた実験を実施した。上記の実験と同様に空間周波数が異なる2種類の空間周波数刺激と、この2つの空間周波数を合成した視覚刺激(合成刺激)の3種類を使用した(Figure 1)。聴覚刺激は純音を使用し、視覚刺激と聴覚刺激のSOAは9種類とした。また、同時性判断課題や時間順序判断課題よりも参加者の回答に偏り(バイアス)が生じにくい二重提示タイミング課題を使って検討を行った。分析では、Garcia-Pérez & Alcalá-Quintana (2020)で提案されている推定モデルを使って主観的同時点の推定を行った。さらに、合成刺激の同期知覚に低空間周波数成分と高空間周波数成分のどちらが寄与するのかを検討するため、

合成刺激と低空間周波数刺激および高空間周波数刺激の主観的同時点の相関係数をそれぞれ求めた。また、このモデルに組み込まれている、視覚刺激と聴覚刺激の入力から同時性判断が行われるまでの時間差を示すパラメータ $\tau$ も推定した。

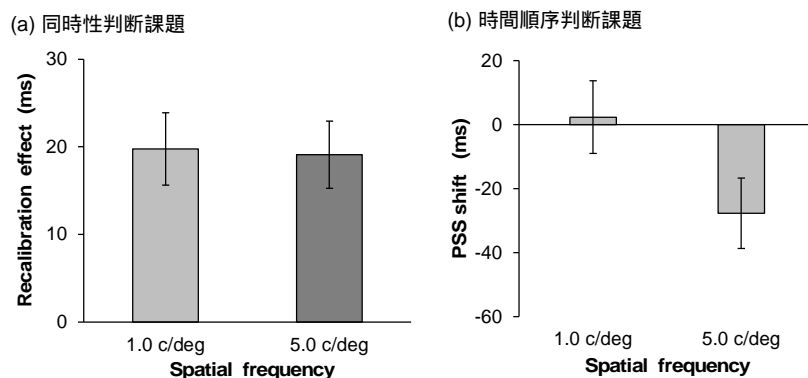
#### 4. 研究成果

##### (1) 視覚刺激の空間周波数が急速再較正に与える影響の詳細な検討

同時性判断課題を使った急速再較正の実験では、Van der Burg et al. (2013) が報告したように 1 試行前の視覚刺激と聴覚刺激のずれと同方向に主観的同時点の値が変化する急速再較正の効果が確認された。一方、視覚刺激の空間周波数にかかわらず急速再較正による主観的同時点の変化量は一定であった (Figure 2a)。時間順序判断課題を使った急速再較正の実験では、低空間周波数刺激と比べて高空間周波数刺激の方が 1 試行前の視覚刺激と聴覚刺激のずれとは逆方向に主観的同時点が大きく変化していた (Figure 2b)。しかし、判断の偏りによる主観的同時点の変化の方向も 1 試行前の提示タイミングのずれと逆方向であった。Kean et al. (2020) は判断の偏りによる変化が急速再較正による変化を上書きすることを指摘しており、判断の偏りの効果を差し引けば急速再較正による変化量は空間周波数刺激間では同程度であると解釈される。

これら 2 つの研究から、急速再較正による主観的同時点の変化は視覚刺激の処理速度の違いの影響を受けないことが示された。したがって、急速再較正を引き起こす視聴覚刺激間の同期知覚の調整過程では、視覚刺激の処理速度の違いも補正していることを本研究により明らかにすることができた。

Figure 2. 2 つの課題による空間周波数が急速再較正処理に与える影響の検討結果



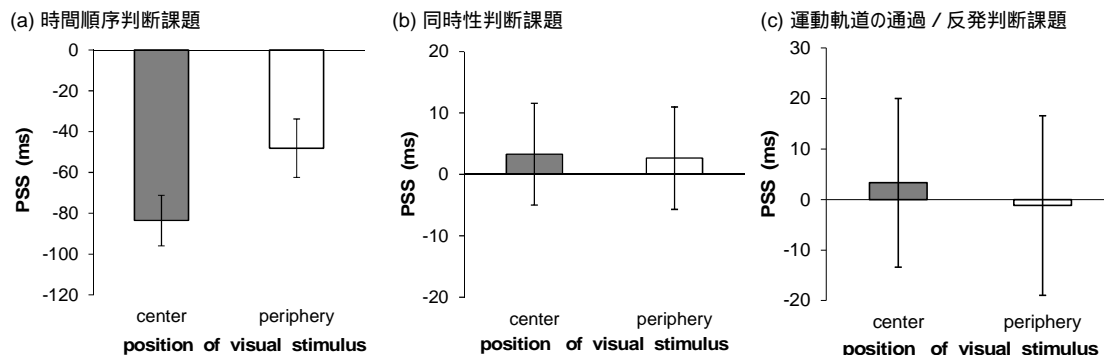
Note. (a)は同時性判断課題の結果を、(b)は時間順序判断課題の結果を示す。

##### (2) 視覚刺激の提示視野による処理速度の違いが聴覚刺激との同期知覚に与える影響の検討

時間順序判断課題 (実験 1) では、視覚刺激を中心視野に提示した場合に周辺視野に提示した場合と比べて主観的同時点により聴覚刺激先行のタイミングとなった (Figure 3a)。同時性判断課題 (実験 2) では、主観的同時点では視野感の違いが観察されなかった (Figure 3b) が、視覚刺激を周辺視野に提示した場合に中心視野に提示した場合と比べて時間窓の幅がより狭くなった。運動軌道の通過 / 反発判断 (実験 3) では、主観的同時点と時間窓のどちらの指標でも視覚刺激が提示される視野間の違いは観察されなかった (Figure 3c)。上記で報告したように時間順序判断課題と同時性判断課題でも、視野間の違いは異なる指標において観察されている。これら 3 つの課題はいずれも同期知覚について検討する実験にて数多く用いられている一般的な課題である。しかし、ほぼ同一の実験手続きを用いて実施しても一貫した結果が得られないことから、これら 3 つの課題はそれぞれ異なる特性を測定している可能性がある。視野間の違いを検討し

た一連の実験結果から、本研究課題での主な目的に加えて副次的に同期知覚の測定法が抱える問題点についても知見を提供することができた。

Figure 3. 3つの課題による視野間の同期知覚に関する比較の検討結果

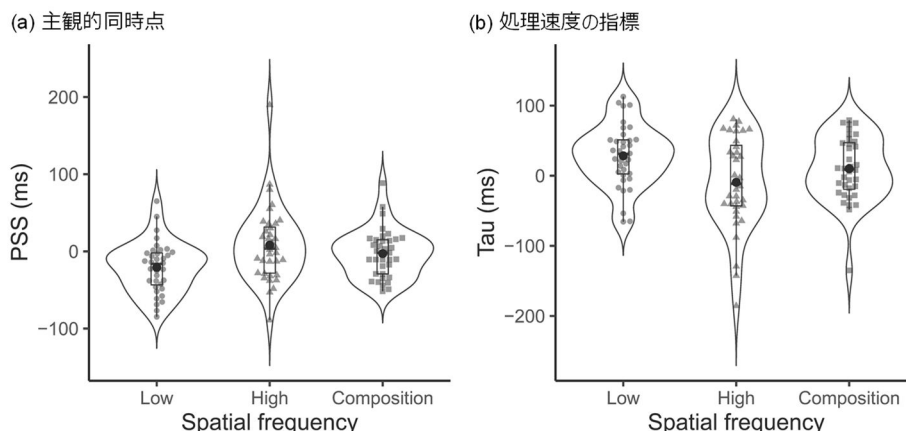


Note. (a)は時間順序判断課題の結果を、(b)は同時性判断課題の結果を、(c)は運動軌道の通過 / 反発判断課題の結果を示す。

### (3) 2つの空間周波数成分を含む視覚刺激と聴覚刺激との同期知覚の検討

3種類の視覚刺激間で推定された主観的同時点を比較した結果、低空間周波数刺激では高空間周波数刺激および合成刺激と比較してより聴覚刺激先行のタイミングとなった (Figure 4a)。この結果は、低空間周波数成分に対する視覚処理の速さが起因していると考えられる。また、合成刺激と高空間周波数刺激との主観的同時点同士の相関係数は、低空間周波数刺激の主観的同時点との相関係数よりも大きかった。したがって、異なる空間周波数成分を含む視覚刺激と聴覚刺激の同期知覚の処理過程では、高い方の空間周波数成分の処理がより寄与することが示唆された。また、処理速度を表すパラメータ $\tau$ を比較したところ、低空間周波数刺激の方が高空間周波数刺激よりも処理速度が速いことを示す値となった (Figure 4b)。これまで、同期知覚の検討では主観的同時点に対する視覚刺激の処理速度の影響について、視覚刺激に対する反応時間の値から間接的に示すにとどまっていたが、本研究ではより直接的な指標で示すことができた。これらの実験結果より、対象の視覚処理過程で複数の空間周波数成分を同時に処理するというより現実に近い場面における、視覚刺激と聴覚刺激の同期知覚の処理メカニズムに対する有益な示唆を得ることができた。

Figure 4. 二重提示タイミング課題を使った空間周波数刺激間の同期知覚の比較実験の結果



Note. (a)は主観的同時点の、(b)は処理速度の指標となるパラメータ $\tau$ の推定結果を示す。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Takeshima Yasuhiro	4. 巻 16
2. 論文標題 Visual field differences in temporal synchrony processing for audio-visual stimuli	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 PLOS ONE	6. 最初と最後の頁 e0261129
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1371/journal.pone.0261129	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 竹島康博	4. 巻 93
2. 論文標題 時間順序判断における視聴覚間の急速再校正と空間周波数による処理速度の違いとの関連	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 心理学研究	6. 最初と最後の頁 65～71
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.4992/jjpsy.93.21303	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 Yasuhiro Takeshima	4. 巻 11
2. 論文標題 Rapid Temporal Recalibration to Audiovisual Asynchrony Occurs Across the Difference in Neural Processing Speed Based on Spatial Frequency	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 i-Perception	6. 最初と最後の頁 1-11
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1177/2041669520966614	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計6件（うち招待講演 0件／うち国際学会 1件）

1. 発表者名 竹島康博
2. 発表標題 視聴覚刺激間の急速再校正量は時間窓幅によって決まる
3. 学会等名 日本心理学会第86回大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 竹島康博
2. 発表標題 視聴覚刺激の同時性知覚における空間周波数情報の処理過程の検討
3. 学会等名 日本基礎心理学会第41回大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 竹島康博
2. 発表標題 分裂錯覚における認知バイアスの影響を低減する方法の探索的検討
3. 学会等名 第13回多感覚研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Yasuhiro Takeshima
2. 発表標題 Temporal resolution difference modulates the temporal synchrony perception between visual and auditory stimuli
3. 学会等名 The 32th International Congress of Psychology ( 国際学会 )
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 竹島康博
2. 発表標題 時間順序判断における視聴覚間の急速再較正効果の視野差 選択反復バイアスの影響に関する再検討
3. 学会等名 日本心理学会第85回大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 竹島康博
2. 発表標題 時間順序判断課題における急速再較正と空間周波数との関連の検討
3. 学会等名 日本基礎心理学会第40回大会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関