様　式　Ｃ－１９、Ｆ－１９－１、Ｚ－１９　（共通）

科学研究費助成事業　　研究成果報告書

令和　５ 年　５ 月 １０ 日現在

機関番号：１７１０２
研究種目：若手研究
研究期間：2018～2022
課題番号：１８Ｋ１３３７０

研究課題名（和文）異種感覚情報の時間的統合に感覚間協応が果たす役割の解明

研究課題名（英文）Elucidation of the role of crossmodal correspondences in the temporal integration of multisensory information.

研究代表者
山本　健太郎（Yamamoto, Kentaro）

九州大学・人間環境学研究院・講師

研究者番号：３０７２７０８７

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費）　　3,100,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では，異種感覚情報の時間的ずれが感覚間における刺激特徴の類似性や一貫性により調整されるという仮説を立て，感覚間協応が時間的腹話術効果に及ぼす影響や，動作と映像の動きの一貫性がタッピングの時間精度に及ぼす影響などを実験的に検討した。また視聴覚間における感覚間協応のメカニズムの整理や，感覚統合における言語環境の影響などについても検討を行った。その結果，刺激特徴の類似性や一貫性が時間判断に及ぼす影響は限定的であ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
脳内での情報統合に関する問題は「結合問題」と呼ばれ，特に感覚間の処理の時間差を脳がどのように克服しているのかという問題は，人の主観的な同時性や時間順序の知覚の成り立ちを解明する上で非常に重要な課題である。本研究では，感覚モダリティ間における刺激特徴の類似性や一貫性が感覚統合に果たす役割について，基礎的な知見を集積することができた。また研究成果を国内外の学会や学術雑誌で報告し，社会的還元にも努めた。一部の成果は権威のある国際誌に掲載されるなど，学術的にも高い評価を受けた。

研究成果の概要（英文）：Based on the hypothesis that differences in processing time between sensory modalities are modulated by the similarity or consistency of stimulus features across senses, this study empirically examined the effect of crossmodal correspondences on the temporal ventriloquism effect and the effect of consistency between body and stimulus motion on the temporal accuracy of tapping. In addition, this study also investigated the mechanisms of crossmodal correspondences between audiovisual modalities and the influence of linguistic environment on sensory integration, etc. The results showed that the influence of similarity and consistency of stimulus features on temporal judgments was limited.

研究分野：実験心理学，認知心理学

キーワード：感覚統合　感覚間協応　時間認知　行動制御　視聴覚　身体

※科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

様　式　Ｃ－１９、Ｆ－１９－１、Ｚ－１９（共通）

１．研究開始当初の背景

人は光や音などの複数の感覚情報を通して外界を認識している。これらの感覚情報は異なる感覚器官で受容され，専門の脳領域で独立に処理されるが，その後統合されることで安定した知覚世界が構築されている。しかしながら，感覚からの情報が脳に到達するまでの時間はそれぞれ異なるため，同じタイミングで生じた複数の感覚情報が，脳内で時間的にどのように統合され知覚的に同時と認識されるのかについては大きな研究課題となっている。

これまでの研究では，視聴覚などの感覚刺激を対にして呈示し，感覚間の同時性の判断にどのような要因が影響するのかが検討されてきた。しかし日常場面では，感覚情報が連続的に入力されることも多くあり，私たちが受け取る情報はいつも一対一で対応しているとは限らない。例えば会話場面では，一連の音声情報が口の動きとともに入力される。このような時間的に近接して様々な刺激が入力される状況で感覚情報を統合するためには，時間ずれの期待だけでなく感覚情報を結びつけるための手がかりが必要となるが，どのような手がかりを用いているのかについてはよくわかっていない。またこのような時間的統合過程が，人の行動制御にどのような影響を与えるのかについても未だ明らかでない。

２．研究の目的

本研究では，異種感覚情報の時間的ずれが，感覚間協応のような感覚モダリティを超えた特徴間の意識的・無意識的な結びつきにより調整されるという仮説を立て，この仮説を実証的に検討することを目的とした。感覚間協応は共感覚のような少数の人にある特殊な感覚ではなく，一般の人に広くみられる現象であり，例えば視聴覚間では，高い音には明るい色が，低い音には暗い色が直観的に結びつくことが知られている。感覚間協応が時間的統合に及ぼす影響については，これまでにいくつかの研究で検討が行われているが，一貫した結果が得られていなかった。この原因として，用いられる課題の性質の違いや，感覚間協応の種類の違いが影響した可能性が考えられたため，これらの違いに着目しながら時間的統合との関連を検討することとした。また，このような時間的統合過程が行動に及ぼす影響についても検討の対象とした。

３．研究の方法

感覚間協応が時間的統合に及ぼす影響については，時間的腹話術効果を用いて検討を行った。時間的腹話術効果とは，視覚刺激の出現タイミングが聴覚刺激の出現タイミングに引きずられる現象で，時間的に近接した二つの視覚刺激の前後に音を呈示すると，視覚刺激間の時間間隔が実際よりも知覚的に離れて感じられ，どちらの光が先に出現したかの判断が容易になるという効果をもたらす。そこで，前後の視聴覚刺激ペアの間で，特徴が一致する場合と不一致の場合で，視覚刺激間の時間順序判断の成績が異なるかどうかを比較した。

感覚間の時間的統合と運動制御との関係性については，タッピング課題を用いて検討した。参加者に一定のリズムでタッピングを行ってもらい，感覚フィードバックとして音もしくは光を呈示して，感覚間協応がリズム保持の時間的精度に及ぼす影響を検討した。

また研究の進展に伴って，身体運動とそれに伴う感覚情報の間の時間的統合について新たな方向性が示されたことから，この点について時計パラダイムを用いて検討を行った。加えて，感覚間協応タイプの探索的な分類手法の提案や，時間以外の情報も感覚間協応によって統合が促進されるのか，またそれに過去の経験がどのように関わるのかなど，新たな研究課題への展開も行った。

４．研究成果

(1) 感覚間協応が時間的腹話術効果に及ぼす影響を検討した。具体的には，大きさの異なる二つの視覚刺激を，音の高さの異なる二つの聴覚刺激と組み合わせて連続呈示し，視覚刺激の時間順序判断課題を行った（図 1）。刺激の特徴が適合する組み合わせ（小さい円–高い音，大きい円–低い音）では，不適合な組み合わせ（大きい円–高い音，小さい円–低い音）に比べて，時間順序の弁別感度が高い傾向が示された。一方で，この傾向は時間的腹話術効果が生じないとされる長い視聴覚刺激の呈示間隔（SOA = 450ms）でも同様であった。これらの結果から，感覚的協応による時間的腹話術効果への影響は感覚処理レベルで生じるのではなく，判断レベルで生じることを指摘した（山本・吉田，2020）。

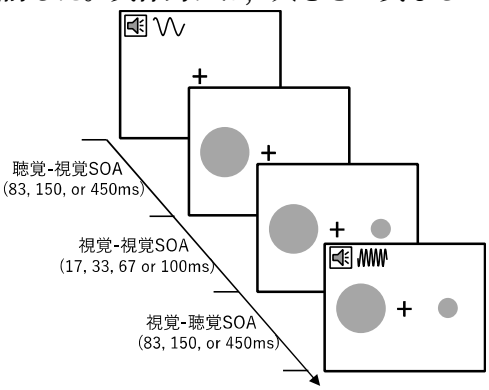

図1 適合条件における刺激呈示の例

(2) 視覚刺激の運動方向とタッピング動作の方向が，感覚運動同期の精度に及ぼす影響を検討した。実験では，運動刺激と動作の方向について垂直・水平の二種類ずつを設け，各組み合わせの条件で刺激の跳ね返りのタイミングとボタン押しが時間的に同期するように，参加者にタッピングをおこなってもらった。刺激と動作の時間差（SE）と，動作の周期（ITI）を分析したところ，ITI には条件間で有意な差は見られなかったが，SE は動作の方向に関係なく運動刺激の方向の影響が見られ，特に垂直方向条件で水平方向条件よりも有意に SE が小さかった（図 2）。この結果から，感覚運動間の時間的統合に視覚的な運動方向が大きく関与することを示唆した（山本・村岡，2019）。

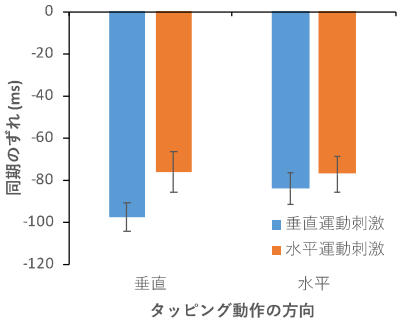

図2 各条件における同期ずれ(SE)の大きさ

(3) 行為と感覚結果の生起タイミングが知覚的に接近して感じられる現象に着目し，この現象が感覚間の統合過程によるものかを時計パラダイムを用いて検討した。感覚結果として視覚的な変化を用い，時間判断の精度の高さを操作して，知覚タイミングの変化量を比較した。その結果，感覚結果の時間精度が高い条件では，低い条件に比べて行為のタイミングの変化量が大きかったが，感覚結果のタイミングの変化量は反対に小さかった。これらの結果から，行為と感覚結果の知覚タイミングの変化に感覚統合が大きな役割を果たすことを明らかにした（Yamamoto, 2020）。

(4) 行為と感覚結果の時間的結合において，行為の種類と結果の種類の組み合わせが時間評価に及ぼす影響を検討した。その結果，行為の種類については押す動作の方が離す動作よりも結合効果が強く，結果の種類については視覚刺激の出現時に視覚刺激の消失時よりも効果が強くなった。一方で，これらの影響の間に有意な交互作用は示されなかった。この結果から，行為の種類と結果の種類が時間的結合に及ぼす影響は，それぞれ独立した効果であることを明らかにした (Yamamoto & Xiu, in press)。

(5) 多様な感覚間協応のメカニズムの違いを整理するため，五種類の視覚特徴と二種類の聴覚特徴の間の協応に対して，同一の参加者にオンラインで回答を求め，参加者間での評価傾向の一貫性をもとに種類毎の共通性・差異性を検討した。実験の結果，協応のパターンは概ね先行研究と一致しており，探索的因子分析によって二つの因子が抽出された（図 3）。各因子を構成する協応の特徴から，これらの因子は協応が言語的に媒介されているか否かという点で異なると解釈された。この結果から，視聴覚における感覚間協応は意味的協応，感覚的協応の二つのタイプが基盤となっている可能性を示した（大竹・田中・山本，2021）。

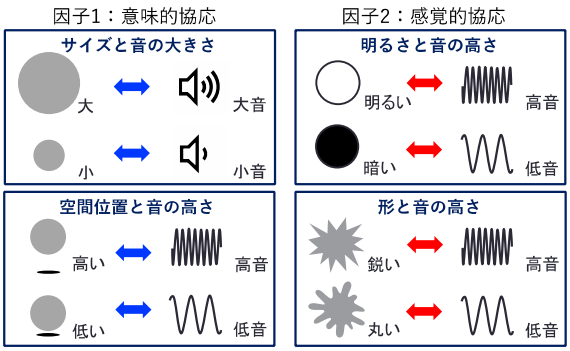

図3　因子分析によって分類された感覚間協応の種類の例

(6) 視覚的運動の対応問題の解決に聴覚情報が及ぼす影響について，Ternus display を用いて検討した。視覚刺激の各フレームと同じタイミングで，1)二種類の音が一緒に片耳ずつ呈示される，2)一方の音は両耳に呈示され，他方の音が片耳ずつ呈示される，3)音を呈示しない，の３つの条件を設定して参加者の反応を比較したところ，動きの見えが切り替わる ISI に条件間で有意な差は示されなかった。この結果から，視聴覚間の空間的な特徴の結びつきは対応問題の解決に影響しないことを示唆した。

(7) 音高（ピッチ）変化が視覚的な運動方向の判断に及ぼす影響に着目し，日本語母語話者と中国語母語話者で影響の強さを比較することによって，感覚間協応の形成における言語環境の役割を検討した。中国語には，語の意味が一つの音節内における音の高さ変化のパターンによって変わるという特徴があることから，中国語母語話者は音の高さの変化を視覚的なイメージと結びつけやすいという仮説を立て，これを実験的に検証した。その結果，曖昧運動刺激の運動方向の判断は，同時に呈示される音高変化の方向に影響される形で変化した。一方で，日本語母語話者と中国語母語話者の間で影響の強さに違いは見られなかった。この結果は，言語における音高変化パターンの学習や使用経験が，音高変化と視覚的な運動の間の協応の形成に大きくは寄与しない可能性を示した（山本・張，2022）。

５．主な発表論文等

〔雑誌論文〕　計4件（うち査読付論文　2件／うち国際共著　0件／うちオープンアクセス　1件）

１．著者名 Yamamoto, K.	４．巻 205
２．論文標題 Cue integration as a common mechanism for action and outcome bindings	５．発行年 2020年
３．雑誌名 Cognition	６．最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.cognition.2020.104423	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 －

１．著者名 山本健太郎・吉田耕心	４．巻 120(306)
２．論文標題 感覚間協応が時間的腹話術効果に及ぼす影響の再検討	５．発行年 2020年
３．雑誌名 電子情報通信学会技術研究報告	６．最初と最後の頁 35-38
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 －

１．著者名 Yamamoto, K., & Xiu, H.	４．巻 -
２．論文標題 Action and outcome types independently influence intentional binding	５．発行年 2023年
３．雑誌名 The Japanese Journal of Psychonomic Science	６．最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	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 山本健太郎・張雅梅	４．巻 HIP2022-66
２．論文標題 視聴覚間の協応における言語環境の影響-日本語母語話者と中国語母語話者の比較-	５．発行年 2022年
３．雑誌名 電子情報通信学会技術研究報告	６．最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	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　0件）

１．発表者名 大竹裕香・田中観自・山本健太郎
２．発表標題 視聴覚間における感覚間協応の因子構造の探索
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 山本健太郎
２．発表標題 Intentional bindingにおける手がかり統合仮説の検討
３．学会等名 第101回Internet Vision Meeting
４．発表年 2021年

１．発表者名 山本健太郎・吉田耕心
２．発表標題 感覚間協応が時間的腹話術効果に及ぼす影響の再検討
３．学会等名 電子情報通信学会ヒューマン情報処理研究会
４．発表年 2020年

１．発表者名 山本健太郎，村岡瑞奈
２．発表標題 感覚運動同期における空間的効果
３．学会等名 日本心理学会第83回大会
４．発表年 2019年

１．発表者名 山本健太郎
２．発表標題 行為と感覚結果の時間的結合における手がかり統合プロセス
３．学会等名 日本基礎心理学会第38回大会
４．発表年 2019年

１．発表者名 山本健太郎・張雅梅
２．発表標題 視聴覚間の協応における言語環境の影響-日本語母語話者と中国語母語話者の比較-
３．学会等名 電子情報通信学会ヒューマン情報処理研究会
４．発表年 2022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