



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	時間情報処理における刺激規則性と知覚および運動タイミングの関係とその脳内基盤の検討 [論文内容及び審査の要旨]
Author(s)	新井田, 光希
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(文学)
Dissertation Number	甲第15996号
Issue Date	2024-03-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/92388
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Mitsuki_Niida_abstract.pdf, 論文内容の要旨



学位論文内容の要旨

博士の専攻分野の名称：博士（文学）

氏名： 新 井 田 光 希

学位論文題名

時間情報処理における刺激規則性と知覚および運動タイミングの関係と
その脳内基盤の検討

・本論文の観点と方法

外部からの感覚のインプットを参照し、それに対して自分自身の行動のアウトプットのタイミングを合わせることで、とりわけ、周期的な外部刺激にタイミングを合わせることを感覚運動同期という。感覚運動同期について調べるために使用される同期タッピング課題では、メトロノームのような等時間隔刺激にタイミングを合わせてタップをするが、タイミングを合わせる対象である刺激よりもタップの方が早く発生する、負の非同期という現象がしばしば起こる。インターバル過小評価説では、負の非同期の原因を、刺激のインターバルを実際よりも短く知覚し、それに基づいてタップをタイミングすることと仮定する。この説が正しいならば、規則的な刺激での運動のタイミング合わせと、規則性のない刺激での知覚的な時間判断に、共通するメカニズムがあるということになる。時間的規則性の有無により、時間処理の神経基盤が異なることが明らかになっており、また、運動タイミングと知覚タイミングには、共通する神経基盤と共通しない神経基盤があることが示唆されている。本研究では、タイミングの条件を規則的・不規則及び運動・知覚タイミングの2×2で分類し、それらを比較することで、規則的・運動タイミングに当たる感覚運動同期を中心に、タイミングのメカニズムや神経基盤を明らかにすることを目的とした。そのために、行動実験にてインターバル過小評価説を検証し、また、fMRI (functional magnetic resonance imaging) 実験にて各分類の神経基盤を比較検討した。

・本論文の内容

本研究は、第1章「序論」、第2章「負の非同期のインターバル過小評価説の検証」、第3章「持続時間ベースおよびビートベースの知覚タイミングと同期タッピングの関係」、第4章「知覚的タイミングの脳内基盤と刺激規則性」、第5章「持続時間ベースおよびビートベースタイミングと知覚および運動タイミングの脳内基盤」、第6章「総合考察」から構成されている。

第1章では、まず、感覚運動同期、同期タッピング、負の非同期とその原因について解説し、インターバル過小評価説を基に、規則的な刺激での運動のタイミング合わせと、規則性のない刺激での知覚的な時間判断に共通するメカニズムがある可能性を指摘した。次に、時間処理の状況の分類について、特に、不規則状況に対応する持続時間ベースタイミングと規則的状況に対応するビートベースタイミング、また、知覚及び運動タイミングの神経基盤についての先行研究を整理し紹介した。中でも、知覚及び運動タイミングに共通して関与し、規則性に対しては、持続時間ベースタイミングで選択的に活動する小脳と、ビートベースタイミングで選択的に活動する大脳基底核に着目した。最後に、インターバル過小評価説からの考察とタイミングの分類ごとの神経基盤を関連づけ、本研究の目的を示した。

第2章では、インターバル過小評価説の検証を目的とし、3つの行動実験を行った。実験1では、充実時程錯覚という時間の錯覚を利用し、空虚時程刺激（より短く知覚される刺激）と充実時程刺激（より長く知覚される刺激）での同期タッピングを比較した。その結果、インターバル過小評価説と一致して、充実条件よりも空虚条件で、すなわちより短く知覚される刺激でのタッピングでより早くタップが起こった。実験2は実験1と同様の実験であったが、タップに対して聴覚フィードバックを呈示した点が異なっていた。しかしながら、結果は実験1と同様であり、フィードバックによりタップのタイミングをより正確に知覚できる場合でも、刺激の知覚される長さがより強く影

響した。実験3では、充実時程錯覚を起こすと考えられるインターバルの分割の、同期タッピングへの影響を検討した。その結果、インターバル過小評価説と一致して、分割をする条件ではない条件に比べて、すなわちより長く知覚される場合のタッピングでより遅くタップが起こることが示された。

第3章では、2つの行動実験でさらにインターバル過小評価説を検証した。第2章では実際の知覚時間を測定しなかったため、実験4では、単一インターバルの持続時間の知覚を空虚条件と充実条件で比較し、持続時間ベースの知覚タイミングで充実時程錯覚が起こることを確認した。また、規則的刺激のテンポ知覚を空虚条件と充実条件で比較し、ビートベースの知覚タイミングで充実時程錯覚が起こらないことを確認した。実験5では、同期タッピングを空虚条件と充実条件で比較し、第2章と同様、空虚条件でより早くタップが起こることが示された。したがって、テンポ知覚と関係なく、知覚される長さに基づいてタップされることが示唆された。

第4章では、ボトムアップ処理の違いである、持続時間ベース対ビートベースの知覚タイミングでの小脳対大脳基底核という神経基盤の分離が、トップダウン処理でも見られるかどうかを、fMRI実験で検討した。トップダウン処理のみを分離させるために、単一インターバルとビート刺激両方を含む聴覚シーケンスを聴取し、単一インターバルで持続時間ベース、ビート刺激でビートベースタイミングを行う2条件で、脳活動を比較した。その結果、両条件で差は見られず、持続時間ベースの知覚タイミングとビートベースの知覚タイミングは、ボトムアップ処理においては、小脳と大脳基底核で分離しているものの、トップダウン処理の神経基盤は共通していることが示唆された。

第5章では、持続時間ベース・ビートベースタイミングと、知覚・運動タイミングの分類に関連する脳活動を比較するためにfMRI実験を行った。不規則あるいは規則的な聴覚シーケンスを刺激とし、刺激の持続時間を判断する知覚タイミング課題と、刺激にタイミングを合わせて持続時間を再生する運動タイミング課題で2×2の比較を行った。その結果、知覚タイミングで左運動野を中心とした強い活動が見られた。しかし、知覚課題と運動課題でボタン押しの指運動が異なっていたため、タイミングよりも運動量の差が反映されたと考えられた。持続時間ベース・知覚タイミング条件とビートベース・知覚タイミング条件を比較したところ、先行研究を再現せず、小脳あるいは大脳基底核の選択的な活動は見られなかった。ビートベース・運動タイミング条件で、持続時間ベース・運動タイミング条件よりも大脳基底核が活動することが確認され、運動タイミングでも、先行研究と一致したビートベースと大脳基底核の対応が見られることが示唆された。

第6章では、第2章から第5章までの実験結果を整理しながら、持続時間ベース・ビートベースタイミングと知覚・運動タイミングの2×2の分類に沿って、タイミングのメカニズムと神経基盤について考察した。特に、持続時間ベース・知覚タイミングとビートベース・運動タイミングの関連から、ビートベース・運動タイミングの神経基盤について詳細に考察した。加えて、課題と展望として、本研究では検討できなかった他の時間的状況の分類や、音楽経験の影響に言及した。