

博士学位論文

感覚刺激の処理速度が  
視聴覚統合にもたらす影響の心理物理学的研究

東北大学大学院文学研究科人間科学専攻

竹島 康博

# 感覚刺激の処理速度が視聴覚統合にもたらす影響の心理物理学的研究

## 論文要旨

本論文は、視覚情報と聴覚情報の統合（視聴覚統合）に焦点をあて、統合を規定する新たな制約として感覚刺激の処理速度を取り上げることで、視聴覚情報の統合過程でそれぞれの感覚情報をどのように利用、統合されているのかを明らかにすることを試みた。

第1章では、まず、これまで視聴覚統合の分野で行われてきた研究について概説した。特に、視聴覚統合が感覚処理の複数の段階において生起することを議論した。最後に、統合の生起を制約する種々の要因が存在することについて説明し、これらの制約について検討を進めることの意義について述べた。

第2章では、これまでの研究で明らかとなっている視聴覚統合の生起を制約する2つの要因として、時空間情報の一致と感覚情報の信頼性について議論を行った。さらに、感覚情報の信頼性が継時的に変化するような場合の統合過程についてはこれまでの研究では取り上げられていないので、運動刺激を用いて研究1で検討した。3つの実験より、情報信頼性が運動とともに継時的に変化する場合には、一連の変化の中で信頼性が相対的に低くなる状態になったときに、視覚と聴覚の感覚情報の統合が行われることが示された。さらに、運動が滑らかに知覚されない場合には、運動につれて情報信頼性が低くなる場合であっても視聴覚統合による運動軌道の変容が生じないことが示された。このことから、一連の運動が1つの事象として脳内で表象形成され、その中で情報の信頼性の変化が検知された場合に、視聴覚統合処理が生起することが示唆された。

第3章では、感覚刺激の処理速度も視聴覚統合の生起を制約する重要な要因であることを示す検討を行った。研究2では、視覚処理の低次過程で処理速度を規定している空間周波数を取り上げ、視覚と聴覚の同期判断に与える影響について検討を行った。同期判断課題と反応時間の計測より、視覚処理が遅い高空間周波数刺激では、聴覚刺激との同期に対して処理速度が遅延する分だけ視覚刺激を先行して提示する必要があることが示された。さらに、研究3では空間周波数の違いによる分裂錯覚の生起頻度の比較を行った。実験の結果、高空間周波数刺激では、低空間周波数刺激と比較して分裂錯覚が生じにくいことが示された。研究2および研究3より、空間周波数による視覚処理の処理速度の違いによって視覚刺激と聴覚刺激の同期知覚が変容し、それによって視聴覚相互作用にも影響が波及することが明らかとなった。

第4章では、高次過程における視覚処理の処理速度を規定する要因として、視覚刺激の複雑さと物体数の影響について検討を行った。研究4では、視覚刺激の複雑さによる分裂錯覚の生起頻度の違いを調べた。3つの実験より、複雑な視覚刺激では、単純な刺激と比べて分裂錯覚が生じにくくなり、さらに、視覚刺激と聴覚刺激のオンセット非同期時間(SOA)を操作したところ、SOAが長くなると視覚刺激の複雑さによる分裂錯覚の生起頻度の違いが観察されなくなった。したがって、視覚刺激の複雑さによる分裂錯覚の生起頻度の違いは、視覚処理の処理速度による聴覚刺激との統合処理時間の変容によって生じてい

ると考えられる。また、研究5では視聴覚相互作用の指標として聴覚刺激による視覚表象の形成の促進効果を利用して物体数の影響を検討した。2つの実験より、物体数が増えるほどより長い刺激間時間間隔 (ISI) で聴覚刺激による逆行マスキング効果の低減が見られ、さらに、物体数による処理速度の影響は刺激の符号化段階において生じていると証拠が得られた。研究4および研究5より、感覚刺激の処理速度が視聴覚統合に与える影響はより高次の過程における処理速度の操作によっても生じ、視覚刺激の処理速度が遅延することで視聴覚情報の統合処理に必要な時間が伸長し、視聴覚相互作用が変容することが明らかとなった。

第5章では、これまでの研究から明らかになった統合過程に制約をあたえる諸要因の機能的役割について考察した。本研究より、視聴覚統合における各感覚情報の重みづけは、知覚される事象をベースに行われていることが示唆された。事象の知覚は生体の感覚処理の最終目標であるため、その目標達成に最適な感覚情報の統合プロセスを経ることができるといって有益であるといえる。視聴覚刺激の物体表象は、それぞれの感覚入力から物体情報と時空間情報を並列に処理を行い、その後各情報を統合することで形成される。したがって、視聴覚統合処理では、高次過程において形成された視聴覚表象からフィードバック経路を利用してそれぞれの感覚情報の信頼性に基づいた入力の重みづけを行い、知覚を再構成していると推測される。また、視聴覚統合では視覚と聴覚の同期が情報源の同一性を保証する役割を担っていると考えられるが、感覚刺激の物理的特性や反応潜時の影響から同期知覚には一定の許容範囲をもっている。感覚刺激の処理速度によって統合に必要な処理時間が変容するのも、視覚情報と聴覚情報を正しく統合しようとする同じはたらきによるものと推測される。言い換えると、感覚刺激の処理速度による統合の処理時間の伸長により、感覚処理の低次過程にも誤った統合を抑える機能が存在していることが示唆される。今後は、プロセスやメカニズムの解明からの検討だけでなく、感覚刺激の情動的・感性的特性の影響の検討といった生態学的妥当性の観点からの視聴覚統合についてアプローチを行っていくことで、多感覚処理に対する理解が深まることが期待される。また、本研究から得られた知見は、感覚情報の統合過程で必要となる処理時間をアルゴリズム化することで、視聴覚相互作用を効果的に利用した映像コンテンツの作成への応用が期待される。さらに、自閉症スペクトラム障害などについて多感覚統合処理からアプローチすることや、統合失調症などのスクリーニングテストの開発など、臨床場面への応用も可能である。

論文審査結果の要旨および担当者

提出者	竹島 康博
論文審査担当者	(主査) 教授 行場 次朗 教授 大淵 憲一 教授 阿部 恒之 准教授 坂井 信之 准教授 辻本 昌弘 准教授 小泉 政利
論文名	感覚刺激の処理速度が視聴覚統合にもたらす影響の心理物理学的研究
<p>本論文は視覚情報と聴覚情報の規定する要因として感覚刺激の処理速度に焦点をあて、刺激の複雑性や空間周波数などの違いによって生じる処理速度の違いが、同期性知覚や分裂錯覚などの視聴覚統合現象に大きな変容をもたらすことを、精密な心理物理学的実験を重ねて明らかにしたものである。</p> <p>本論文では、まず、従来の研究を概観し、視聴覚統合が感覚処理の複数の段階において生起すること、視聴覚統合の生起を制約する要因として、時空間情報の一致と感覚情報の信頼性が主に取りあげられてきたことが論じられた。そして、新たに感覚刺激の処理速度も重要な要因であることを示すために、以下に示す種々の厳密な心理物理実験が行われた。</p> <p>その結果、同期判断課題と反応時間の計測より、視覚処理が遅い高空間周波数刺激では、聴覚刺激との同期に対して処理速度が遅延する分だけ視覚刺激を先行して提示する必要があることが示された。また、空間周波数の違いによる分裂錯覚（聴覚刺激を2回提示することにより、1回しか提示されない視覚刺激が2回に分かれて提示されたように見える錯覚）の生起頻度の比較を行ったところ、高空間周波数刺激では、低空間周波数刺激と比較して分裂錯覚が生じにくいことが示された。</p> <p>さらに、高次過程における視覚処理の処理速度を規定する要因として、視覚刺激の複雑さと物体数の影響について検討を行ったところ、複雑な視覚刺激では単純な刺激と比べて分裂錯覚が生じにくいこと、聴覚刺激間の SOA を長くすると視覚刺激の複雑さによる分裂錯覚の生起頻度の違いが観察されなくなること、刺激物体数が増えるほどより長い ISI で聴覚刺激による視覚マスキング効果の低減が見られることなど、数々の新たな知見が得られた。</p> <p>これらの一連の研究により、低次情報処理および高次情報処理のいずれの段階においても、視聴覚刺激の処理速度の違いを吸収するように統合処理の許容時間範囲がシフトすることが実証された。また、本研究から得られた知見にもとづいて、感覚情報の統合を促進するように伝送時間補正をアルゴリズム化することで、感覚間相互作用を効果的に利用する多感覚映像コンテンツ作成手法も期待されるので、基礎と応用にわたってこの分野の研究の発展に大きく貢献することが見込まれる。よって、本論文の提出者は博士（文学）の学位を授与されるに十分な資格を有するものと認められる。</p>	