

(論文内容の要旨)

ヒトの知覚過程には視覚、触覚、聴覚など、複数の異なる感覚器官を通して外界の情報が入力され、これらの異種感覚情報の相互作用がヒトの知覚の安定性を支えている。日常的には知覚過程が処理する情報の大部分は時間的に変化するものであるが、異種感覚相互作用に関する従来の研究の多くは、物体の大きさや位置といった時間的に変化しない静的な知覚対象を扱っており、動的な状況における異種感覚統合過程や時間情報の機能といったメカニズムの解明は不十分である。そこで本論文では時間的に変化する知覚対象を扱うことで、動的な状況における視触覚間の空間情報の統合過程や時間知覚過程を心理物理学的手法により検討し、ヒトの異種感覚相互作用における時間情報と空間情報の処理メカニズムを明らかにすることを目的とした。

第1章では心理物理学的研究を中心に異種感覚相互作用に関する従来の知見を概説し、ヒトの知覚処理における異種感覚相互作用の重要性、またこれを研究する意義を述べた。そして動的な知覚対象に対する処理メカニズムなど、従来の研究からは明らかでない問題を示し、本論文の主題である視触覚相互作用における時空間情報処理を検討する目的について記した。第2章から第5章ではそれぞれ独立した実験研究の中で「変形する物体を視覚と触覚により知覚する」という共通の知覚事態を調べることで、異種感覚相互作用における時間情報と空間情報の処理過程を心理物理学的に検討した。

第2章では、動的な空間情報に対する感覚統合の計算モデルを検討し、視触覚統合が荷重線形和モデルに従うことを示した。一方で静的な空間情報を扱う従来の研究とは異なり、統合過程における統計的最適性は認められなかった。さらに統合過程に対するトップダウンの制御が可能であり、感覚統合過程がボトムアップ、トップダウンの両方の要因により決定されることを示した。

第3章と第4章では時間情報処理という観点から視触覚によるタイミングの知覚に焦点を当てた。第3章では様々な動的特性の物体変形を視覚と触覚に呈示し、変形のタイミングが感覚間で同時であったか判断するという同時性判断課題を行った。その結果、変形速度により同時性知覚の安定性が、変形時間の長さにより主観的に同時と知覚される物理的な時間差(主観的同時点)が変化することが明らかとなり、同時性の知覚においてタイミング以外の情報が用いられることを示した。第4章では視触覚間で一定の時間ズレのある物体の変形を繰り返し経験することで主観的同時性が再調整されることを明らかとし、動的な知覚対象に対する視触覚間の同時性知覚が適応的な過程であることを示した。さらに同時性の再調整は時間ズレを経験しなかった手には転移しないことを明らかにし、視触覚間の時間情報処理が体部位選択的である可能性を示した。

第5章では第2章で示した計算モデルを用いて、時間情報処理という観点から視触覚統合のメカニズムを検討した。視触覚間に時間差をつけて物体の変形を呈示し、その変形量を判断する課題を行った結果、変形のタイミングに時間差があるときに変形量の推定が歪むことを明らかにし、動的な空間情報が異種感覚間の同時性を手掛かりとして統合されていることを示した。さらに統合の手掛かりとしての同時性に対しては時間ズレの経験による再調整が起こらず、顕在的な同時性知覚における時間情報とは異なるものである可能性を示した。

第6章では総合考察として第2章から第5章の心理物理実験の総括として視触覚間相互作用における統合のメカニズムや時間情報の機能に関する考察を行い、今後の研究の展望について述べた。

(論文審査の結果の要旨)

本論文は、ヒトにおける視覚と触覚の時空間情報処理の相互作用について、心理物理学的手法を用いた実験研究の成果をまとめたものである。本研究で得られた主要な成果は次の通りである。

- 1) 視覚と触覚に対して動的に変形する物体を呈示して、その最大変形量を知覚判断する課題を行い、動的な空間情報に対する視触覚間統合の計算モデルを検討した。感覚統合が荷重線形和モデルに従うこと、また従来の知見とは異なり、重み付けはアプリアリに最適ではないことを明らかにした。
- 2) 視覚と触覚に対して様々な時間差をつけて物体の変形を呈示し、視触覚間の主観的な同時の規定因を検討した。その結果、変形の時間の長さにより主観的な同時が移動することを明らかにし、動的な情報に対する主観的同時性の決定にはタイミング以外の情報も関わることを示した。また、視触覚間で一定の時間差がつけられた物体の変形を繰り返し経験することで主観的同時が移動することを示し、視触覚間の同時性知覚が適応的な過程であることを明らかにした。
- 3) 視触覚間で時間差のある物体の変形に対して最大変形量を判断する課題を行い、動的な空間情報の統合過程における時間情報の機能を検討した。視触覚間の変形に時間差があるときに最大変形量が小さく推定されることを示し、感覚間の時間関係が空間情報の統合の手掛かりとして機能することを明らかにした。さらに、統合における時間関係は経験によって変化しないことから、主観的同時とは異なる時間情報であることを明らかにした。

本論文の研究内容は従来の静的な情報に関する異種感覚相互作用の研究と比べ、動的な情報の処理という新しい観点から空間、時間情報を統一的に扱い、感覚統合の計算モデル、主観的時間の知覚特性に加え、統合過程における時間情報の機能を示し、主観的時間と情報統合に用いられる時間の乖離という新しい知見を得た点が評価できる。また近年急速に開発が進むマルチモーダルデバイスに関して、ヒトに対して有効なインターフェイス設計のための基礎的研究としての意義があり、工学的応用分野など、学際的にも高い評価を得ている。

ヒトの認知環境には運動する物体など動的な情報が多く存在する。ヒトは日常的に動的な情報を多種の感覚で受容しており、この相互作用がヒトの認知の安定性を支えている。本論文の内容は、ヒトの異種感覚相互作用の動的な側面を明らかにすることで、静的な知覚事態という従来の限定された状況を脱却し、ヒトの日常的な認知機能の解明に大きく貢献するものである。

よって、本論文は博士（情報学）の学位論文として価値あるものと認める。

また、平成21年1月8日実施した論文内容とそれに関連した試問の結果、合格と認めた。