

京都大学	博士（文学）	氏名	本間（武）千鶴
論文題目	時間認知と空間認知の相互作用を非対称にする要因について		
<p>（論文内容の要旨）</p> <p>時間・空間・数の認知には高い共通性があり、多数の認知的な相互作用が報告され、共通して処理を行うメカニズムがあると提唱されている。本研究ではこのうち時間・空間認知について、特に視覚における相互作用について心理物理実験による検討を行った。</p> <p>先行研究において、「線分が長いほど呈示時間も長く、線分が短いほど呈示時間も短く（空間→時間）」、「呈示時間が長いほど線分も長く、呈示時間が短いほど線分も短く（時間→空間）」感じられることが報告されている (Merritt, Casasanto & Brannon, 2010, <i>Cognition</i>, 117(2), 191-202)。また、この相互作用のバランスは「空間認知が時間認知に与える影響(空間→時間)が、時間認知が空間認知に与える影響(時間→空間)より大きく」非対称であることを示す結果が繰り返し得られている (Casasanto & Boroditsk, 2008, <i>Cognition</i>, 106(2), 579-93; Casasanto, Fotakopoulou, & Boroditsky, 2010, <i>Cognitive Science</i>, 34, 387-405 他)。先行研究では、相互作用が非対称となるのは、時間は直接的には認知出来ず、運動知覚・視覚情報を元に間接的に認知しているからとしている。しかしながら、時間知覚を担う神経基盤の存在が示されている (Coull, Vidal, Nazarian, & Macar, 2004, <i>Science</i> 303(5663), 1506-8 他) ことを考えるとそれだけでは不十分で、非対称な相互作用の要因について再検討する必要がある。</p> <p>相互作用を非対称にする要因の一つとして、課題難易度の不均衡が考えられる。つまり、空間課題が簡単だったのに対し、相対的に時間課題が難しかったために相互作用が非対称となっていたかもしれない。だとすれば、相対的に空間課題が難しい条件では逆方向の相互作用が強くなる可能性がある。しかし、これまでの研究では時間・空間における異なる課題の難易度の違いについては詳細に検討されていない。そこで、本研究では空間・時間課題の相互作用における課題難易度の影響について検討する実験を行った。</p> <p>まず、線分を視覚刺激として画面上に呈示し、その長さまたは呈示時間が「長い」・「短い」という二つの群のどちらだったか弁別する空間課題と時間課題を実施した。その際、弁別対象でない刺激次元、つまり空間課題の場合は呈示時間で時間課題の場合は線分長も変化させ、課題の弁別反応に与える影響について調べた。また、実験参加者による課題難易度の評定と、誤反応率の算出を行った。</p> <p>実験 1 では時間課題の方が空間課題より有意に難しかった。結果として、空間認知</p>			

が時間認知に与える影響が、時間認知が空間認知に与える影響より大きくなる形で相互作用が非対称になることが示された。この結果は先行研究とも一致している。実験2では、空間課題の方が時間課題より難しくなるように刺激範囲を調整した。結果として、先行研究や実験1とは反対に、時間認知が空間認知に与える影響が、空間認知が時間認知に与える影響より大きくなる形で相互作用が非対称になることが示された。課題難易度は、時間・空間次元の刺激の顕著性(saliency)に基づくと考えられる。そして、刺激の顕著性は知覚判断のしやすさと呼応関係にあると推測される。本研究で使用した、刺激の長短を弁別するような単純な課題の場合、知覚しやすい刺激であればあるほど弁別しやすく、顕著性は高く、課題難易度は低くなると考えられる。よって、実験1・2から、時間・空間刺激の顕著性が、時間・空間認知の相互作用のバランスに影響を与える要因の一つであることが示唆された。

実験2では空間課題の難易度が時間課題より有意に高かったが、実験1と同様に、反応時間は空間課題のほうが有意に短くなっていた。ヒト大人の視知覚はよく発達しており、さらに空間分解能が高いという特性がある。これらのことから、視覚による空間情報処理の自動性は高いと考えられる。

実験1・2では、時間課題・空間課題をそれぞれ別のブロックで実施しており、刺激呈示中に時間・空間どちらの刺激について弁別するか分かっていた。そのため、弁別対象の刺激に注意が向きやすくなっており、時間刺激に比べ処理の自動性が高い空間刺激の方が、非弁別対象のときにも知覚されやすく、弁別への影響が大きくなりやすかったと考えられる。そこで、実験3では時間刺激と空間刺激の弁別学習をそれぞれ行った後、時間課題・空間課題を分けずに、同一ブロック内でランダム順に実施した。刺激呈示後に課題が指示された以外、基本的な方法・手順は実験1・2と同じで、刺激値の範囲は実験1と同じであった。結果、同じ刺激を用いた実験1より実験3で、空間課題における非弁別対象の時間刺激が弁別に与える影響が大きくなっていた。

これら3つの実験結果により、時間・空間認知の相互作用は固定的なものではなく、そのバランスに影響を与える主な要因の一つが時間・空間刺激および情報の顕著性であることが示唆された。また、視覚による空間情報処理の自動性が高いことによつて、先行研究に見られたように、空間認知が時間認知に与える影響が、時間認知が空間認知に与える影響より大きい形で非対称になりやすいという可能性が示唆された。この結果は、言語的なバイアスなどではなく、より低次の段階で時間・空間・数の認知的処理には共通したメカニズムが利用されていると考えるATOM理論 (a theory of magnitude; Walsh, 2003, *Trends in Cognitive Sciences*, 7(11), 483-488) と整合性が高い。また、このような刺激の顕著性が相互作用の大きさやバランスに影響を与えるという仮説は、視覚における時間・空間認知の相互作用だけでなく、視覚・聴

覚・触覚における時間・空間認知の相互作用や感覚間相互作用といった他の相互作用についても共通に説明しうるものであり、感覚知覚の相互作用研究に広範囲なインパクトを与えうるものと言える。

(論文審査の結果の要旨)

一般に五感と称されるように、感覚・知覚は異なる物理的信号に基づいており、それらを捉える感覚器も目と耳のように独立している。しかしながら、現実の事象は複数の感覚を共起させることが多く、我々の感覚情報処理においても相応の内的な相互作用が生じうる。近年、心理学や生理学においてそのような感覚間相互作用の研究が盛んになってきた。同様に、同じ視覚モードの中でも、時間と空間は物理的に独立した次元でありながら、現実には物理・知覚の両面において相互作用が生じうる。例えば、大きいものは小さいものより速く動きにくい。本研究は、空間的な量（長さ）と時間（呈示時間）の知覚・認知的な相互作用について、心理物理学の実験に基づいて精査し、感覚間相互作用研究の文脈を踏まえて議論したものである。

なお、論者は全般的に「認知」という用語を用いているが、ここでは言語的な判断の段階ではなく、ある程度低次の自動的な情報処理を踏まえた議論になっていることを強調するため、審査者の立場で空間と時間の「知覚」と読み替えている。知覚と認知の区別は微妙であり、研究者によっても見解が異なるが、これまでに論者とも議論した上で、この点は本論文の評価には影響しないことを付記しておきたい。

時間、空間、そして数に共通した量知覚の情報処理メカニズムとしてATOM(a theory of magnitude)理論が提唱されている。おそらくそのような共通メカニズムのため、本来独立しているはずの空間的大きさと時間の判断は相互に影響し合うことがある。具体的には、画面に線分を短時間呈示してその時間を判断させる課題において、画面の線分が長い場合には短い場合に比べて呈示時間が長く感じられる。しかし、その相互作用は対称的ではなく、逆に呈示時間が長くなると線分が長く見えるということはいずれもない。目で見て「明らか」な線分の長さに対して、時間の長さはより主観的とすら感じられ、研究者の間でも時間の知覚は空間知覚ほど直接的ではないと考えられがちであった。つまり、これまでの研究では空間知覚から時間知覚への影響はあるものの、逆はほとんど起こらないとされてきた。一方、我々は数秒程度の短い時間をかなり正確に知覚でき、少なくともヒトにおいては単なる推測ではない直接的な知覚メカニズムが存在する可能性が高い。論者はまさにこの点に疑問を持ち、時空間知覚の相互作用における非対称性は各次元の情報の顕著性に依存するはずだと考え、これを実験的に検証した。

実験1では、先行研究と同様に時間判断が空間判断より難しい状況での相互作用が検討された。先行研究に従って、空間的長さと呈示時間が変化する状況で、空間あるいは時間を長い、短いという二つのカテゴリに弁別する課題が用いられた。弁別の確率は心理測定関数と呼ばれるS字型の関数で表され、非弁別次元、すなわち空間判断における呈示時間あるいは時間判断における空間的長さによって関数全体が移動することが相互作用の証拠となった。結果として、時間課題が空間課題より有意に難しいと判断された状況下でのみ空間から時間課題への影響が示され、時間から空間課題への影響はなかった。つまり、これまでの研究と同様に空間と時間の相互作用の非対称性

が示されつつ、その効果と課題難易度の関係が示唆された。

課題難易度が相互作用の決定要因であるならば、難易度が逆転すると相互作用も逆転すると予想される。実験2では、刺激の範囲を工夫することによって実際に空間課題の方が難しい状況を設定し、この予想を実証した。なお、実験1と2では判断すべき次元が予め明確な状況で実験が行われたので、即時に判断できる空間課題と呈示終了までわからない時間課題で反応の仕方が違った可能性がある。このことは結論に重大な影響を与えるわけではないが、論者は議論をさらに堅牢なものとするため、実験3として各試行で時間・空間判断をランダムに切り替える形で同様の実験を行った結果、空間と時間で対称に近い相互作用が単一の実験において測定可能であることを確認した。

論者は実験結果に基づき、感覚間相互作用研究における知見と理論を参照しながら議論を展開している。特に、判断における刺激の顕著性と処理の自動性という概念を議論の中心に据えている。感覚間相互作用の研究において、かつては空間次元における視覚の優位性というように、感覚モード間でほぼ固定的な相互関係があるという考え方が一般的であったが、近年はベイズ理論の影響のもと、刺激の信頼性に依存した柔軟な相互作用があるという議論が強くなってきている。論者は、そのような議論における世界的な権威の一人であるドイツのMarc Ernst教授と直接議論する機会を経て、本論文でもErnst教授が提唱する多感覚におけるMLE(maximum likelihood estimation)理論との関係も議論している。

このように、本論文は時間・空間知覚における次元間相互作用の柔軟な相互性を示唆する新しい重要な実験的証拠を示したという点で、関連分野における大きな貢献が認められる。また、結果をふまえて、多感覚相互作用研究における最新の議論を参照しながら包括的な理解を目指した意欲的な試みがなされている。難点を挙げるとすれば、理論的考察にはまだ不十分な面もないわけではない。例えば、刺激の顕著性という概念は、注意研究においてよく知られる顕著性の概念とは若干異なる論者独自の視点を含んでおり、それが十分に消化し切れていない印象が残る。また、既存の数理モデルの理解に不十分な点も残り、より具体的、定量的なモデル構築の段階には達していない。しかしながら、そういった問題はこれまでの指導で大きく改善しており、より高度な議論のためにはさらに時間をかけた実験的検討も必要となるだろう。それは今後の課題であり、本論文の意義を減じるものではない。

以上、審査したところにより、本論文は博士（文学）の学位論文として価値あるものと認められる。2019年2月6日、調査委員3名が論文内容とそれに関連した事柄について口頭試問を行った結果、合格と認めた。

なお、本論文は、京都大学学位規程第14条第2項に該当するものと判断し、公表に際しては、当分の間、当該論文の全文に代えてその内容を要約したものとすることを認める。