

氏 名	こ じま たか つぐ 小 島 隆 次
学位(専攻分野)	博 士 (教 育 学)
学 位 記 番 号	教 博 第 60 号
学位授与の日付	平 成 19 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 1 項 該 当
研 究 科 ・ 専 攻	教 育 学 研 究 科 教 育 科 学 専 攻
学 位 論 文 題 目	Spatial language understanding based on visual information (空間表現語理解を支える視覚情報)
論文調査委員	(主 査) 助教授 楠 見 孝 教 授 大 塚 雄 作 助教授 齊 藤 智

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、空間に関する言語表現（上下前後左右などの投射的空間表現語）の理解と空間認知特性との関係について実験的に検討したものである。5つの chapter, 6つの実験と計算シミュレーションから構成され、英文で執筆されている。

Chapter 1 “Introduction” では、従来の研究を展望し、空間表現語理解の計算モデルとして、SLI (Situating Language Interpreter) モデルを取り上げ、その問題点として、第1に、投影型空間表現語の適合度を決める距離制約に関する実証的データがないこと、第2に、3次元空間において参照対象の向きが変化する場合を考慮していないこと、第3に、空間表現語の空間状況内での最適点の問題を扱っていないことを挙げ、これら3つの問題を検討し、より妥当なモデルを提唱することが本論文の目的であるとしている。

Chapter 2 “Effect of extra objects and distance on the acceptability” では、投影型空間表現語の適合度を決める距離制約に関する実証的データを集めるために、実験1では、コンピュータ画面中央の参照対象に対して、指示対象を単独提示し、「上」として適合する程度を評定法で求めた。実験2では、同種の指示対象を2つ提示して、一対比較法により指示領域内の適合度測定をした。実験1と2の結果から、指示対象と同種の対象が場面内に存在する場合には、指示対象の単独提示の場合に比べて、参照対象との距離要因が、空間配置要因とともに、空間表現理解に大きく影響することを示し、距離制約導入の妥当性が実証されたとしている。

Chapter 3 “Acceptability on a level plane in three-dimensional space” では、参照対象の向きが3次元空間内で変化する場合に空間表現語の指示領域内の適合度がどのように変化するかを、3次元仮想空間を用いて検討した。実験3では、参照対象の向きを正面、90度、180度に変化させて、「前後左右」に関する適合度を評定法で求めた。その結果、参照対象の向きが変化することによって、空間指示領域の適合度は、参照対象を原点とした基本軸上の適合領域とそれに直交する軸上の不適合領域では変化がないが、その中間である許容可能な領域では変化することを明らかにしている。

Chapter 4 “Computing a prototypical point on the spatial template” では、空間表現語の指示領域の最適点を算定するために3つの実験をおこなった。実験4では「うしろ、さき」の指示領域の適合度を評定法に基づいて算出し、実験5と実験6では、それぞれ「うしろ、さき」、「まえ」の指示領域の適合度を視点水平位置、対象間距離のうち1つの要因に関して調整法を用いて算出した。3つの実験の結果、特定の3次元空間内の奥行き空間表現（うしろ、さき、まえ）を水平面上にある対象指示に使用する場合には、視点位置、参照対象位置、指示対象位置によって決まる仰角間比が空間表現内で一定であることを利用して、最適点位置が算定可能であるとしている。

Chapter 5 “Conclusion” では、5つの実験の結果をもとに、SLI アルゴリズムを展開して、投影型空間表現語の適合度分布を計算するためのアルゴリズム ACAP (Acceptability Computational Algorithm for Projective Spatial Terms) を提案した。ここでは、参照対象の回転に対応する R モジュールと適合度の中心部位を最適点位置に移動する P モジュールが新たに導入されている。そして実験データを用いてシミュレーションをおこなった結果、ACAPの方が、SLIよりも適合度

が高いことを示している。そして最後に、今後行なうべき研究の方向を示している。

論文審査の結果の要旨

本論文は、空間に関する言語表現（上下前後左右などの投射的空間表現語）の理解と空間認知特性との関係について実証的に解明した論文である。この論文では、工夫された精緻な方法による6つの実験を行い、さらに、従来の空間指示領域を計算するモデルを改良したACAPモデルを構築している。そして、実験データに基づいて計算シミュレーションをおこない、そのモデル適合度が飛躍的に改善されることを示した先進的な論文である。

本論文の特色は以下の4点である。

- (a) 言語と空間をめぐる認知心理学的研究と言語学的研究、情報工学的研究、人工知能学的研究を融合した認知科学的な統合的視点を持つ点
- (b) そのために、仮想空間を用いた刺激提示と精神物理学的測定法を融合した実験パラダイムを開発した方法論的な新しさを持つ点
- (c) 実験データに基づいてモデルを構築し、計算シミュレーションを行い、その妥当性や予測精度を示した点
- (d) 精密な実験データのもつ重要性、その心理学的な示唆、および教育分野、工学分野における応用可能性を持つ点

Chapter 1では、従来の空間表現語の適合度分布のモデルの問題点を指摘して、(1)空間表現語の適合度を決める距離制約に関する実証的データがないこと、(2)3次元空間において参照対象の向きが変化する場合は考慮していないこと、(3)空間表現語の空間状況内での最適点の問題を扱っていないことを挙げ、認知心理学的実験と計算シミュレーションによって、同時に検証する重要性を主張したところに、本論文の着眼点の鋭さが見られる。

Chapter 2では、空間表現語の理解に関して、刺激配置に複数の指示対象を導入することによって、参照対象との距離要因が、空間配置要因とともに、大きく影響することを示した点が、優れた着想であるとともに、重要な成果である。

Chapter 3では、参照対象の向きが変化する場合に空間表現語の指示領域内の適合度がどのように変化するかを、3次元仮想空間を用いて検討した点は新たな方法の開発であり、高く評価できる。また、空間指示領域の適合度は、参照対象の向きが90度、180度と変わっても、参照対象を原点とした基本軸上では安定しているが、その中間である許容可能な領域では変化することは、新たな発見である。

Chapter 4では、実験データに基づいて測定した空間表現語の認知的最適点に基づいて、適合度分布計算を行うという新たな手法を展開している。この手法は、異なる空間状況でも指示空間領域配置の差異を表現できる点で、重要な意味を持つ。さらに、異なる言語へ応用するという重要な示唆を導いている。

Chapter 5では、6つの実験の結果をもとに、投射型空間表現語の適合度分布を計算するためのアルゴリズムACAP (Acceptability Computational Algorithm for Projective Spatial Terms)を提案し、実験データを用いてシミュレーションをおこない、適合度の大幅な改善を示している。このように結果を統一的に説明し、予測可能なモデルを提案したことは、空間言語と空間認知に関する学際的研究への貢献が非常に大きいと評価できる。

以上のように本論文は、オリジナルな着想に基づき、新たに開発した先端的で精密な実験手法と計算シミュレーションを駆使して、多くの新たな成果をあげているが、今後に残された問題として以下の点が指摘できる。

- (a) 評定法と一対比較法による適合度の比較方法、相関値算出の問題
- (b) 実験データへのモデル適合度に関する比較方法の問題
- (c) モデルのパラメタの選択法やそれを支える心理学的実在性の検討の問題
- (d) 個人差の検討の問題

しかし、こうした点は、本論文で見出された多くの新しい知見の価値を損なうものではない。

よって本研究は博士（教育学）の学位論文として価値あるものと認める。

また、平成19年2月14日、論文内容とそれに関連した試問を行った結果、合格と認めた。