

学位論文内容の要旨

北海道工業大学大学院工学研究科

電気工学専攻

博士後期課程

申請者氏名

鈴木 昭弘

空間表現システムによる空間表現能力の把握に関する研究

近年、幼児や児童の空間認知および表現に関する発達過程の把握や解明を行い、効果的な教育方法や教材を開発するための様々な研究が行われている。空間認知および表現能力の発達過程の解明は、一般的に幼児に何らかの手法によって、認知した空間や幼児が考えている空間、すなわち内在的な空間を表現させることにより行われている。しかしながら、これらの研究において、幼児の空間表現能力を適切に把握するのは難しい課題である。例えば、紙への描画や言動からの抽出のように非 3D 空間によって表現させる試みがあるが、幼児が認知した 3D 空間を紙などの 2D 空間に対して描画したり、口頭で説明したりするよりも 3D 空間に対して表現する方が、より詳細な空間表現を把握できると考えられる。また、立体迷路を解かせる、もしくは対象物を複数の視点から見せ、対象物の場所を当てるなど 3D 空間において表現させる試みもあるが、幼児期の重力に対する感覚が大人とは異なる可能性や、認知した空間や表現したい空間の座標軸が現実空間とは異なる可能性については考慮されておらず、内在的な空間表現を十分に把握できていないと考えられる。

また、幼児の空間認知能力や表現能力を把握するために、知能検査の一つである WPPSI 知能診断検査や WISC-III 知能検査などを用いることも可能である。しかし、基本的に 2D 空間における能力を測定するものであり、3D 空間における能力を測定することは難しい。また、検査者の習熟が必要であるだけでなく、検査自体にも 1 時間から 2 時間以上の時間を必要とするため、検査者および被験者である幼児の負担が大きい。

以上の課題を解決するために、本研究では、紙への描画において立体的な空間表現が生まれ始めるとされている 4 歳児から 7 歳児を対象として、コンピュータの仮想 3D 空間内において空間の表現をさせることにより、3D 空間における空間認知および表現能力の把握や、その発達過程の把握をねらいとした 3D 表現システムを作成した。コンピュータの仮想 3D 空間であれば、認知した空間を 3D 空間のまま表現可能であり、また、重力などのパラメータを柔軟に変更可能である。さらに、幼児が仮想空間の任意の軸を上下や前後として扱うことが可能であり、例えば、現実空間では基本的に不可能である、物体を空中に配置したり、奥行き方向を地面と決めて、表現を行ったりと様々な表現が可能である。また、実験の効率化が行えることから、空間表現能力の把握に必要な所要時間の短縮、検査者と被験者の負担の軽減、および効率化を見込める。さらに、従来、WPPSI 知能診断検査や WISC-III 知能検査のような知能検査で計る必要があった空間認知および表現能力を両親や幼稚園教諭が簡単に把握できるようになるとすれば、個人に適した指導や教材の開発が期待できる。また、発達過程の解明や、空間認知および表現能力を把握するための、新しい指針の作成が期待できる。

本論文は6章構成となっており、各章の内容は以下のようになっている。

第1章では、今日の幼児を対象とした空間表現能力の把握の現状、および、問題点を挙げた。これを踏まえ、本研究の目的および意義を示し、論文の構成について述べた。

第2章では、空間表現能力の定義について説明し、紙への描画における幼児の空間表現の推移と特徴について述べ、紙への描画では幼児は立体的な表現が難しいことを述べた。次に、そのような幼児からコンピュータの仮想3D空間内において表現を得るためには、空間表現の手法が重要であることを述べ、複数の紙を仮想3D空間内で組み合わせる表現手法や立方体の移動や回転による表現手法が有効に働く可能性があることを示した。また、その上で、空間表現能力を把握するための幼児に適した空間表現手法として、現実空間である2枚の紙の関係を見せ、コンピュータの仮想空間内にあらかじめ用意された同様な2枚の紙を使用して、見せたとおりの関係を表示させる手法を提案した。また、3枚の紙を仮想空間内に提示し、これらを組み合わせる表現手法を提案した。さらに、2個の立方体をあらかじめ仮想空間に用意しておき、片方の立方体を移動して他方の立方体の位置に合わせる表現手法、および、2個の立方体を異なる向きで仮想空間内に用意しておき、片方の立方体を回転させて他方の立方体の向きと合わせる表現手法を提案した。

第3章では、3D表現システムのインタフェースについて述べるとともに、本システムに使用する操作デバイスである3Dリモコンによる操作について述べた。また、前章において提案した、幼児から空間表現を把握するための空間表現手法に基づいて本システムに実装した、各実験手法について述べた。次に、本システムのインタフェースの有効性の検討のために、本システムの3Dリモコンにおける操作と、一般手法であるマウスとマニピュレータによる操作との比較実験について述べ、所要時間や完了することができた被験者の割合などから、本システムのインタフェースが幼児に適していることを示した。

第4章では、本システムに実装した空間表現能力を把握するための実験手法の有効性の検討を行うためには、標準化されている発達の取得手法との比較が有効であることを述べ、比較対象には知能検査の一つであるWPPSI知能診断検査が適切であることを述べた。次に、本システムとWPPSI知能診断検査知能との比較実験について述べ、その結果、本システムとWPPSI知能診断検査との間に相関があるという結果を示すとともに、本システムは幼児の発達過程に則しており、その発達過程を把握可能であることを示した。

第5章では、幼児から空間表現の移り変わりや、空間表現能力の把握、また、その発達過程が把握可能かを検討するための、幼児を対象とした評価実験について述べ、その結果を分析した。分析の結果、同一被験者において同一の実験を半年の期間において2回実施した結果、1回目と2回目では有意差が生じ、2回目、すなわち、半年経過後の方が結果が向上する結果を得ることができ、幼児の半年間における空間表現能力の発達を把握できることを示した。また年齢層ごとにおける発達過程の推移について検討し、年齢層が高くなるほど結果が向上する様子を得ることができ、年齢層ごとの発達を把握可能であることを示した。また、これらの実験について男女における比較について検討し、移動実験と回転実験では発達の進み方が男女によって異なる可能性を指摘した。また、2枚の模様が描かれた紙を使用して表現を行う実験である配置実験において、「地面」や「花」といった絵が描かれた紙を使用するよりも、「まる」や「ばつ」といった単純な記号を用いる方が結果が向上したことから、単純な記号を紙の模様として用いることによって、より純粋に空間認知能力および空間表現能力が把握できることを示した。以上の結果から本システムによって幼児の空間表現能力の発達を把握可能であることを示した。

第 6 章では、本論文の結論として、評価実験結果について要約して述べるとともに、本研究で得られた知見を総括した。