

第5章 結論

5.1 本研究の要約

本論文では、仮想空間に存在する物体に対して仮想手による直接的な、あるいは仮想道具を利用した操作を実現するために実際の現象を考察し、実際に仮想空間操作システムを実現するための手法について述べた。

本手法は、実際の現象を厳密に再現するためのものではなく、既に実用レベルにあるハードウェアを用いて、対話的な操作が可能な動作速度を保ちつつ実際の現象に対して違和感の少ない状況を再現するものである。現在、仮想空間操作は様々な方面から注目されており、それを実現するための装置が種々、開発されている。またソフトウェアに関しては、「個別の目的を満たす操作」自体を実現するための研究は行われている（例えば対象を移動、変形できればよい）。しかし、「操作の方法」については十分研究されておらず（例えば、どのように対象を選ぶか、どのように移動を指定するか）、今後の発展が望まれる。本手法は、実世界でものを選ぶのと同じように対象を指定し、実世界でものを動かすのと同じように対象を移動できるようにするためのものである。

第2章では、色々な形状の物体を片手で持ち、動かすという実際の動作について考察し、現在の計算機環境で実現可能な手による物体操作のための一モデルを提案した。また、複数の物体が存在することにより操作対象とならない物体も存在するため、対話操作を不可能としない範囲で、ある時点で操作対象となっていない物体の運動を表現するためのモデルについても述べた。また、これらのモデルに基づいて、実際に仮想手による物体操作システムを構築し、どの指のどの部分においても物体の操作が可能なこと、さらに手の影響下でない物体の挙動についても実世界の印象に近づけるこ

とができたことを確認した。

第3章では、ある物体に片手だけではなく両手で干渉することにより移動を行う実際の動作について考察し、「その物体をある位置まで移動したい」という目的を持っていることに注目して、両手による物体操作のためのモデルを提案した。これは前述の片手操作モデルを基にしており、様々な形状の物体を、両手のどの指のどの部分においても操作可能なものである。さらに、操作していない物体の運動モデルも考慮した、両手による物体操作システムを実際に構築した。そして、両手を用いた物体の移動、右手から左手へ物体を手渡す操作などが従来よりも少ない違和感で行えることを確認した。

第4章では、道具を利用した物体操作について考察し、道具の種類は多様であるが個々の道具は限られた使用法により、限られた用途に利用されることに注目して、一般的な道具のデータ構造について提案した。これは特定の道具を対象としたものではなく、同一のシステムに新たな道具のデータを与えるだけで様々な道具を利用可能とするものであり、各道具に応じた自身の形状はもちろん、手と道具との相互作用、最終的に影響を与えたい物体との相互作用に関する知識を有するものである。また、実際に仮想手による道具を介した物体操作システムを実現し、システム自体の改良を行わずに様々な道具の利用が可能であることを確認した。

これらは、互いに独立なものではなく、仮想環境に存在する物体を片手で、あるいは両手で操作することが可能であり、さらに多種多様な道具を利用した操作も可能なものである。同時に、操作対象でない物体の挙動も考慮されている。

5.2 今後の課題

今後の課題としては、本研究では重要度の低さから簡略化の度合いを大きくしている、複数の指で物体を押したときの自然な挙動、物体同士の干渉時の自然な挙動を、動作のリアルタイム性を損なわない範囲で実現していく必要がある。また、これらの実現のために、本研究で既の実現されている実際の処理方法についても計算の一層の高速化を行う必要があるであろう。

両手による操作時の、統合手の決定に必要な重みを決定する要因、および重みの値

に関しても、体験実験などにより心理的要因をより考慮した検証が必要であると考えられる。また、同一人物の左右の手だけではなく、それぞれの手が独立に動いてしまう可能性の高い、多人数の手による同時干渉、および協調操作への対応も検討すべき問題である。

道具のデータ構造については、実際にデータを記述する際の書式の分かり易さ、記述の容易さについて検討する必要がある。この点に関して、仮想道具定義用エディタの開発は有効であろう。また、道具自身の形状は物体（本文中でいう、最終的な操作対象）と同様な表現を採っているが、現時点では、道具を物体として扱うことはできない。システムの動作速度に影響を与えない範囲で、道具を物体として扱うことも必要であろう。これにより、道具を道具として利用するだけでなく、物体として手渡すことなどが可能となる。

また現時点では、仮想空間からのフィードバックは視覚によるものだけであるため、力覚のフィードバックについても検討する必要がある。この点については、本文中において仮想空間における手、あるいは指を補正する場合に、同時に力覚を返すことが考えられる。また、道具のデータ構造に、手と道具、道具と物体の干渉時に返る反力に関する知識を追加することも考えられる。しかし、実際に実現する場合には、様々な問題点が出てくることが予想され、それらを解決する必要があるであろう。

さらに、本研究の中で実現した仮想空間操作システムは、実験的なものであり、特定の具体的な応用について考慮したものではない。具体的問題を含むさまざまな状況における仮想空間操作の体験実験により、本モデルによる仮想操作の実現の容易さおよび問題点を検証することも必要である。用途、目的によっては、本手法をさらに簡略化することが可能な場合もあるであろう。あるいは、より厳密な状況を表現する必要も考えられる。そのため、個々の状況に対して、様々な段階の簡略化を行ったモデルを統合的に扱い、目的に応じた簡略化レベルのモデルを選択可能としておくことは、一般的な VR 技術において非常に有効であろう。

