

特集：ICTの高度化による先進的学習支援に向けて
—技術と人間の共生を目指して—

仮想環境における双腕型剛体操作インタフェースを用いた体験型力学学習支援システムの開発

岡本 勝*, 岩崎 幸路*, 松原 行宏*

Development of Experience-Based Dynamics Learning Support System Using Rigid Body Operation Interface in Virtual Space by Dual Arm

Masaru OKAMOTO*, Koji IWASAKI*, Yukihiro MATSUBARA*

1. はじめに

物理教育における目的の一つとして、自然界の物体の動きを物理的な観点から理解し、特に運動に関する学習では、その知識を日常生活とのかかわりのなかで利用できる力を養うことが挙げられている⁽¹⁾。この目的を達成するためには、解法や公式の暗記による学習だけではなく、学習者が実際に実験を行い、検証を行うなかで物理的な概念を理解していく必要がある。しかし、空間的な制約やコストの問題から、実際に行える実験は限られてしまい、十分な理解を行うことは困難である。このため、コンピュータ上でのバーチャルリアリティ（Virtual Reality：以下VRと略記）技術を用いたシミュレーションによる物理学習が提案されている⁽²⁾。シミュレーションによる実験では、準備に必要な空間やコストが軽減されるだけでなく、空気抵抗、気温などのように現実空間では調整が難しい環境設定を容易に行えるため、理想環境での物理現象を観察できる。

また近年では、VR技術の一種である力覚フィードバック機能を有した3次元ポインティングデバイスを用いた学習、訓練支援システムの開発が数多く行われている。特に物理学分野では、佐藤らは独自に開発

した力覚インタフェースであるSPIDARを用いて、体験的な熱力学運動学習を支援できるシステムの開発を行った⁽³⁾。このシステムでは、熱力学における断熱膨張などの力を、インタフェースを通じて疑似的に体験しながら学習を進められる。また中村らは、製品化された力覚インタフェースであるPHANToMをインタフェースとして用いた体感的学習が可能なシミュレーションシステムを構築した⁽⁴⁾。このシステムでは、仮想空間内で物体の運動を再現し、仮想空間内の物体にインタフェースを用いて触れることによって、インタラクションを通じた力覚フィードバックを体験できる。われわれの研究グループでも、これらのインタフェースを用いて、高等学校で学ぶ物理学（物体の鉛直投げ上げ運動、滑車、天体の運動）を対象とした学習支援システムの開発を行ってきた^{(5)~(7)}。これらの開発システムにおいて、力覚フィードバックデバイスを用いる利点として力覚フィードバックだけではなく3次元空間における自由な操作によって、実際の授業における学習と同様の仮想実験シミュレーションを実装可能であり、特に天体の運動のように実際には操作できない対象を体験的に操作しながら学習できる可能性を示した。しかしながら、これらのシステムでは対象物体が質点系とされていることが多く、剛体運

* 広島市立大学大学院情報科学研究科（Graduate School of Information Sciences, Hiroshima City University）

受付日：2012年5月10日；再受付日：2012年8月8日；採録日：2012年8月27日