

# 三次元触覚デバイスを用いた視覚障がい者のための 可聴化機能を有する物理学習支援システムの構築

## Building a Physical Learning Support System Using 3D Tactile Devices and Audio Function for the Visually Impaired

横山 廉<sup>\*1</sup>, 寺西 大<sup>\*1</sup>, 鈴木 貴<sup>\*2</sup>, 松本 慎平<sup>1</sup>

Ren YOKOYAMA<sup>\*1</sup>, Masaru TERANISHI<sup>\*1</sup>, Takashi SUZUKI<sup>\*2</sup>, Shimpei MATSUMOTO<sup>\*1</sup>

<sup>\*1</sup> 広島工業大学情報学部

<sup>\*1</sup> Faculty of Applied Information Science, Hiroshima Institute of Technology

<sup>\*2</sup> 広島工業大学工学部

<sup>\*2</sup> Faculty of Engineering, Hiroshima Institute of Technology

Email: {bl19114, teranisi, stakashi, s.matsumoto.gk}@cc.it-hiroshima.ac.jp

**あらまし**：物理の学習において、理解の礎になるのはさまざまな自然事象のイメージである。これらのイメージは自然を観察することによって培われるものだが、観察には視覚が圧倒的に有利である。とりわけ、動きを伴う事象や、広範囲で起こる事象の全体像を視覚以外の感覚で捉えることはほぼ不可能だと考えられている。視覚に障がいをもつ中学・高校生や大学生は、観察の機会が著しく制限されるため、物理学習は容易ではない。そこで我々は、ブラウザ上で読む/聴くことができるテキスト本体に、可触化、可聴化された自然事象を力覚/触覚を提示するデバイスを利用して、仮想体験するアプリケーションを組み込んだマルチモーダルな物理学習教材の開発を進めている。ここでは、物理学習課題の中から、放物線運動の学習を対象とする。また、力覚提示デバイスとして、3DSystems 社製 3 次元触覚/力覚インターフェースデバイスである Touch USB を用いている。先行研究によって、可触化された自然事象の提示は、視覚障がい者の物理学習支援に有用であることが明らかにされた。本研究では、視覚障がい者の学習における可触化の有用性に着眼し、可触化の機能により従来システムの学習効果向上を試みる。

**キーワード**：視覚障がい者、可触化、可聴化、物理学習支援

### 1. はじめに

物理の学習において、理解の礎になるのはさまざまな自然事象のイメージである。これらのイメージは自然を観察することによって培われるものだが、観察には視覚が圧倒的に有利である。とりわけ、動きを伴う事象や、広範囲で起こる事象の全体像を視覚以外の感覚で捉えることはほぼ不可能だと考えられている。

視覚に障がいをもつ中学・高校生や大学生(以下、盲の学習者という)は観察の機会が著しく制限されるため、物理学習は容易ではない。そこで我々は、ブラウザ上で読む(聴く)ことができるテキスト本体に、可触化、可聴化された自然事象を力覚(触覚)を提示するデバイスを利用して、仮想体験するアプリケーションを組み込んだマルチモーダルな物理学習教材の開発を進めている<sup>(1)</sup>。ここでは、物理学習課題の中から、放物線運動の学習を対象としている。力覚提示デバイスとして、3DSystems 社製 3 次元触覚/力覚インターフェースデバイスである Touch USB (Phantom Omni, 以降 Touch USB)を用いている。

先行研究によって、可触化された自然事象の提示は、視覚障がい者の物理学習支援に有用であることが明らかにされた<sup>(1)</sup>。そこで本研究では、従来システム<sup>(1)</sup>の学習効果を高めるため、可聴化の機能を加えた学習支援システムの開発を目的とする。本研究のリサーチクエスションは、「可触化及び可聴化された

自然事象の提示は、視覚障がい者の物理学習支援に有用であるか？」と位置付ける。

### 2. 視覚障がい者における物理学習の現状

晴眼者は子どもの頃からの視覚的経験によって得た膨大な数のイメージを持っているため、それらを素材として、複雑な事象のイメージでも自由に組み立てることができる。一方、視覚障がい者は視覚以外の感覚、とくに触覚や聴覚をフルに活用して観察することになるが、これらの感覚で知覚できる現象は極めて少なく、適切な教材なしでは観察の機会が著しく制限される。また、教科書にも適切な工夫が必要である。特別支援学校で使用されている教科書では、図は投影図法による点図で描画されるなどの配慮がなされてはいるものの<sup>(2)</sup>、基本的には通常の教科書の内容が点字に翻訳されている。通常の物理の教科書では、おのずと十分な視覚的経験が想定された上で説明がなされているため、思考の素材としてのイメージを十分に持たない盲の学習者にとっては、そのような教科書を使っただけの学習には大きな困難が伴っている。

### 3. 関連研究

これまで、Touch USB を用いて、その特性を活かした学習支援システムの開発が進められている。ひとつは、初等・中等教育におけるものづくり科目の

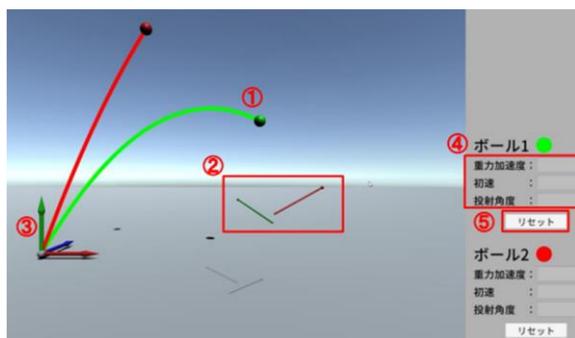
技能訓練学習を支援するためのシステム<sup>(3)</sup>、もうひとつは、視覚に障がいをもつ中学・高校生や大学生(以下、盲の学習者という)が、物理をスムーズに、かつ効果的に学べるような学習支援システムである<sup>(4)</sup>。本研究では、これらの成果を土台とする。

力覚デバイスを利用した物理の学習支援システムの先行研究はいくつか存在する<sup>(4)</sup>。しかし、そのいずれもが晴眼の学習者を対象としているため、力覚デバイスに加えてディスプレイ上への動画呈示などの視覚情報を併用している。著者等のシステムは、盲の学習者を対象として、触覚と聴覚だけでもイメージ形成から定量的な理解までを可能とする学習支援教材を見据えた点で従来のものとは異なっている。

盲の学習者にとって物理を学習する上での最も大きなハンディは、動きをとまなう自然事象のイメージを形成することだと考えられる。しかしながら、物理の理解にはこのようなイメージが基軸になることも事実である。そこで、この教材提案システムの基本理念は、盲の学習者に動きを伴う事象のイメージを可能な限り芽生えさせ、イメージと言葉、数式を三位一体として物理の本質を理解させることと位置付ける。テキストを読み進めながら、随所で事象を触覚、聴覚を通して仮想体験し、定性的かつ定量的に物理現象の本質が学べる環境が重要となる。



(a) 提案システムの外観



(b) 放物線運動の学習の様子

図1 提案システムの外観

#### 4. 提案システム

システムの外観及びアプリケーションの画面例を図1に示す。本システムにより、著者イメージ形成に効果的と思われる概念や事象を触覚や聴覚によって仮想体験できる。力覚デバイスは学習者に力覚を

提示し、事象の触体験を可能にする。

盲の学習者は、図1(a)に示されたエンコーダスタイルス部の2つのボタンを用いて学習を行う。図1(b)は放物線運動の学習支援アプリケーションの外観を示している。図1(b)の①はボールと軌跡、②はハプティックオブジェクト、③は座標軸、④はパラメータ(重力加速度、初速、投射角度)の入力フォーム、⑤はボールの座標・軌跡をリセットするためのボタン、となる。盲の学習者は音声ガイドを得ながらこれらのボタンを操作し、学習を進めることができる。

これまで、力学事象の体験アプリはいくつか作成されている。小泉らは、盲の学習者を被験者として評価実験した結果、触覚だけでは知覚しづらい事柄は可聴化し、触体験しながら音を聴くことでより鮮明なイメージが形成できることを明らかにした<sup>(6)</sup>。具体的には、物理量の値を音の周波数で表わせば、音の高低でその物理量の時間的な変動を明瞭に知覚させた。本研究では、小泉らが示した「音の有用性」を論拠として、視覚障がい者における物理学習の促進を試みた取り組みと位置付けられる。

#### 5. おわりに

本研究では、視覚障がい者の学習における可触化の有用性に着眼し、可触化の機能を取り入れた物理学習支援システムの開発を行った。我々が行った実験の結果からは、視覚障がい者の物理学習において、可触化及び可聴化された自然事象の提示は有用であることが示された。実験の詳細は、当日発表で明らかにする。提案法が有用であった理由については、重力加速度のような触覚のみではイメージ形成しにくい部分を音で十分に再現することができ、それが知識の正しい理解に役立ったと考えられる。

#### 謝辞

本研究は、独立行政法人日本学術振興会科学研究費助成事業(基盤研究(C)20K02810, 21K02843)の助成を受けて実施した成果の一部である。

#### 参考文献

- (1) 鈴木貴, 荒木智行, 長尾博. 力覚デバイスを利用した視覚障害者への物理学習支援の試み. 応用物理教育= Japanese journal of applied physics education, Vol. 40, No. 2, pp. 93-99, 2016.
- (2) 文部科学省. 特別支援学校における小中学校学習指導要領. 2017.
- (3) N. Fujimoto et. al. Examining efficient instructional methods for computer aided brush coating skill training system in elementary and secondary education). Artificial Life and Robotics, Vol. 22, No. 2, pp. 265-275, 2017.
- (4) 荻原貴文, 林大作, 中村直人. 体感的学習が可能な物理シミュレーションシステムの構築. 第9回情報科学技術フォーラム, 2010, Vol. 3, No. 2, pp. 609-610, 2010.
- (5) 小泉亮, 熊澤逸夫. 触覚・聴覚フィードバックを通じて、視覚障害者の感覚を拡張するコンピュータ操作支援システム. 映像情報メディア学会誌, Vol. 66, No. 2, pp. 116-121, 2012.