

体験型熱力学学習支援システムの開発 —ダイアログ操作系と温覚提示系の一体化—

Development of Experience-based Learning Support System for Thermodynamics - Integration of Dialog Operation System and Warmth System -

置塩 正祐^{*1}, 村山 淳^{*2}, 平田 幸広^{*3}, 佐藤 誠^{*4}, 山口 武彦^{*5}, 原田 哲也^{*5}
Shosuke Okishio^{*1}, Jun Murayama^{*2}, Yukihiro Hirata^{*3}, Makoto Sato^{*4}, Takehiko Yamaguchi^{*5}, Tetsuya Harada^{*5}

*1 東京理科大学大学院 基礎工学研究科

*1 Graduate School of Industrial Science and Technology, Tokyo University of Science

*2 産業技術短期大学

*2 College of Industrial Technology

*3 諏訪東京理科大学 システム工学部

*3 Department of Electronics Engineering, Tokyo University of Science, Suwa

*4 東京工業大学 精密工学研究所

*4 Precision and Intelligence Laboratory, Tokyo Institute of Technology

*5 東京理科大学 基礎工学部

*5 Faculty of Industrial Science and Technology, Tokyo University of Science

Email: j8113610@ed.noda.tus.ac.jp

あらまし：先行研究の体験型熱力学学習支援システムでは、例えば定積変化の学習時に系への熱量操作をする場合、マウスを用いて画面中のダイアログボックスを操作する必要があった。しかし、右手を力覚提示装置、左手を温覚提示装置に用いるため、マウスを操作する際はどちらかの手を提示装置から離す必要があった。この問題により生じる頻繁なマウス操作が学習時のインタラクティブ性を損ねて学習プロセスに影響を与えてしまうことが考えられる。そこで本研究では、従来の温覚提示装置の使い方に影響がない左手の指の動きのみでダイアログボックスの操作を可能にする機構として、温覚提示装置に5方向スイッチを付けることでこの問題を解決した。その結果、学習者はマウスを用いることなく従来の体験型熱力学学習支援システムの体験が可能となり、システムのインタラクティブ性の向上が示唆された。

キーワード：バーチャルリアリティ、学習支援システム、熱力学、温覚提示装置

1. はじめに

教育・学習支援システムは、1960年代頃からCAI(Computer Aided Instruction)と呼ばれ開発されてきた。特にCAIのシミュレーション型の1つであるVR技術を用いた学習支援システムが注目されている。その主な特徴として、VR空間とのインタラクションによってユーザが発見的学習を行うことができる。また、現実では物理的、コスト的に実現が困難な実験もできる⁽¹⁾。

本システムでは、VR技術を用いて熱力学、特に気体の状態変化である定積変化、断熱変化、等温変化、定圧変化の各過程で生じる現象を対象に、その理解の支援を目的としている。具体的には、それらの現象のミクロな挙動の可視化を行い、温覚提示装置、力覚提示装置を通してユーザが可視化に伴う温度や圧力の変化を直観的に学習できる。

2. 先行研究のシステム構成と問題点

先行研究のシステム⁽²⁾⁽³⁾では力覚提示装置にSPIDAR-G⁽⁴⁾を用いた。また、温覚提示装置は温覚提示部にペルチェ素子を用いた。

先行研究のシステム構成を図1に示す。

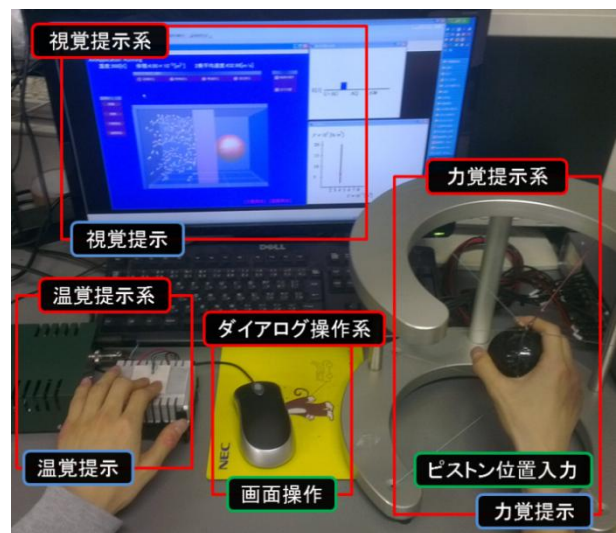


図1 体験型熱力学学習支援システム

先行研究のシステムでは、画面中のダイアログボックスを操作するためにマウスを用いていた。しかし、ユーザは右手でSPIDAR-G、左手の指でペルチェ素子に触って学習するため、気体の圧力と温度を同時に感じながらマウスを操作することが不可能であるという問題点があった。例えば定積変化ではマウス操作で熱量操作を行うが、温度を変更した時の

圧力の変化を感じたい場合に頻繁なマウス操作が行われる。この場合、上記の問題点によって学習時のインタラクティブ性が損なわれ、学習プロセスに影響を与えてしまうことが考えられる。

そこで、温覚提示装置に添えられる各指の可動域に着目し、従来の温覚提示装置の使い方に影響がない親指の動きのみでダイアログボックスの操作を可能にする機構を検討した。

3. ダイアログ操作系と温覚提示系の一体化

3.1 新温覚提示装置の開発

先行研究の温覚提示装置をベースに、5方向スイッチ AS-5PS(浅草ギ研社製:押下,上下左右の5方向)を付けることで、左手のみで温覚を感じながらダイアログボックスの操作を可能とする新しい温覚提示装置(以下一体型温覚提示装置)を開発した。開発した一体型温覚提示装置を図2に示す。



図2 一体型温覚提示装置(左下)

スイッチに割り当てたい機能は8つあり、5方向スイッチ単体では割り当てることができない。そこで、機能を2つのモードに分けてそれぞれ上下左右に対応させた。また、モードの切替えを押下に対応させた。スイッチの操作とダイアログボックスの処理の対応を表1に示す。

表1 スイッチとダイアログボックスの対応

ダイアログボックス	スイッチ
定積変化切替え	上(モード1)
断熱変化切替え	右(モード1)
等温変化切替え	下(モード1)
定圧変化切替え	左(モード1)
吸熱操作	上(モード2)
放熱操作	下(モード2)
圧力提示方法切替え	右(モード2)
軌跡残し切替え	左(モード2)

3.2 一体型温覚提示装置の操作性の検証

開発した一体型温覚提示装置のスイッチの操作性について簡易的な検証を行った。なお検証は9名の成人男性を対象に、「定積変化 → 500Kまで吸熱 → 100Kまで放熱 → 断熱変化 → 等温変化 → 定圧変化」の流れを1タスクとし、被験者に指示することでスイッチを操作してもらった。これを被験者1人につき3タスク行った。

3.3 検証結果

モードを切り替える際に誤操作して別方向に入力してしまうことが考えられたが、その際に誤操作はなかった。しかし、定積変化に切り替えてもらう際にモードを切り替えてしまう誤操作が見られた。実験後被験者にスイッチの操作性について尋ねたところ、「上下左右方向は小さい力で操作できやすい」、「押下方向はスイッチを押した感覚がなく、押した感じがわかりにくい」という意見があった。

4. まとめと今後の課題

4.1 まとめ

力覚と温覚を同時に感じながらダイアログボックスを操作することを可能にするため、体験型熱力学学習支援システムにおける温覚提示系とダイアログ操作系を一体化させた一体型温覚提示装置を開発した。スイッチの操作性について、定積変化に切り替えてもらう際にモードを切り替えてしまう誤操作が見られた。

4.2 今後の課題

モード切替え時におこる誤操作が学習環境への没入感やインタラクションの透明性を低下させる原因になることから、その影響の定量的評価を行い、今後の新しいシステムの設計指針を提案する。また、体験型熱力学学習支援システムにおいて、温覚・力覚といった感覚提示が学習支援にどれほど有効であるか定量的に評価する必要がある。評価には、熱力学に対する理解力を測るための筆記テストによるパフォーマンス評価や、アンケートによる主観評価など様々な方法で行う予定である。

参考文献

- (1) 松原行宏, "シミュレーション・仮想現実システム", 電子情報通信学会「知識ベース」, 電子情報通信学会, 2011
- (2) 出縄弘貴, 山岸奨, 村山淳, 平田幸広, 佐藤誠, 原田哲也: "体験型熱力学学習支援システムの開発: 循環過程の実現", 電気学会研究会資料. IIS, 次世代産業システム研究会, pp.15-18(2011)
- (3) 山岸奨, 村山淳, 平田幸広, 佐藤誠, 原田哲也: "視覚・力覚・温覚を提示する体験型熱力学学習支援システム", 第17回日本バーチャルリアリティ学会大会論文集, CD, 2012
- (4) Seahak Kim, Shoichi Hasegawa, Yasuharu Koike, Makoto Sato: "Tension Based 7-DOF Force Feedback Device: SPI-DAR-G", Virtual Reality, 2002, Proceedings. IEEE, pp.283-284(2002)