



BLE を用いた iOS 用一体型 SPIDAR-tablet の開発と 熱力学学習支援システムの搭載

久保泰奈¹⁾, 佐藤誠²⁾, 原田哲也³⁾

1) 東京理科大学大学院基礎工学研究科電子応用工学専攻 (〒125-8585 東京都葛飾区新宿 6-3-1, 8118520@ed.tus.ac.jp)

2) 東京工業大学 (〒226-8503 神奈川県横浜市緑区長津田町 4259, mkt.sato@gmail.com)

3) 東京理科大学基礎工学部電子応用工学科 (〒125-8585 東京都葛飾区新宿 6-3-1, harada@te.noda.tus.ac.jp)

概要 : 本研究では, タブレット用力覚提示装置である SPIDAR-tablet を Bluetooth Low Energy を用いて無線化し, iOS に適用した. また, iPad 向けに持ち運び可能な一体型のフレームを作成した. さらに, 先行研究での熱力学学習支援システムを iPad に搭載した.

キーワード : バーチャルリアリティ, タブレットデバイス, 学習支援

1. はじめに

SPIDAR-tablet は SPIDAR-mouse をタブレットデバイスに適用した力覚提示装置である[1]. しかしながら, タブレット端末との接続方法が USB に限られていたため, Windows 以外のプラットフォームとの接続が容易にできなかった. そのため, 接続方法を USB から Bluetooth Low Energy に変更し, iOS をプラットフォームにして iPad に適用した. また, 従来の SPIDAR-tablet は, タブレット PC と SPIDAR-tablet のフレームが分離しているため持ち運びに不便であった. さらにプリーが露出しているため, 腕がプリーと接触して糸の巻取りを阻害してしまうおそれがあった. そこで, 本研究ではプリーのカバーを新たに作製し, 一体型 SPIDAR-tablet のフレームを作製した.

さらに, 熱力学学習支援を目的としたシステム[2]を本デバイスに搭載した. 高校物理における熱力学で学ぶ断熱変化, 等温変化, 定積変化, 定圧変化の4つの状態変化のシミュレーションを行い, VR 空間内で圧力, 温度, 体積, 熱移動, 気体分子の速度のそれぞれが変化の様子を直感的に理解できるようにした.

2. iOS 用一体型 SPIDAR-tablet

2.1 システム構成

図 1 に本研究で提案した iOS 向け SPIDAR-tablet の全体のシステム構成を示す. Mac において Unity アプリケーションを iOS 向けにビルドし, さらに Xcode 上で Core Bluetooth フレームワークをインポートし, ビルドして iPad へ転送する. iPad では Unity によるオブジェクト描画を行い, タッチイベント処理があった場合にタッチ座標に応じた力覚値を算出し, BLE 通信により力覚値を, PIC 基

板を中心とした SPIDAR-tablet 無線化用基板に送信する. そして, PIC 基板が力覚値を受信するとその力覚値に応じて PWM 制御でモータを制御する.

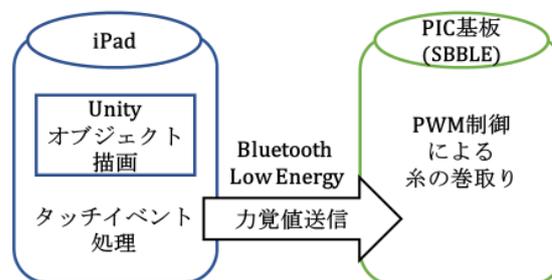


図 1 全体のシステム構成

図 2 に SPIDAR-tablet 無線化用基板を示す. 本研究では, USB Bluetooth アダプタが接続可能な PIC 基板である SBDBT5V(Running Electronics 社)[3]を用い, BLE フィジカルコンピューティング用サンプルプログラムである SBBLE (サブレー, <http://runele.jp/>) を改造して書き込んだ. タブレット側のアプリケーションから PIC 側の GATT サーバの中の GATT プロファイル 0x3000, 0x3001, 0x3004, 0x3005 を利用して PIC の PWM の初期設定をし, 0x3006 を使用して PWM 制御を行っている.

Unity の FixedUpdate 関数を用いてタブレット側のイベント更新周波数を変化させたときの PIC 基板側の更新周波数を測定した結果, 約 390Hz であった.

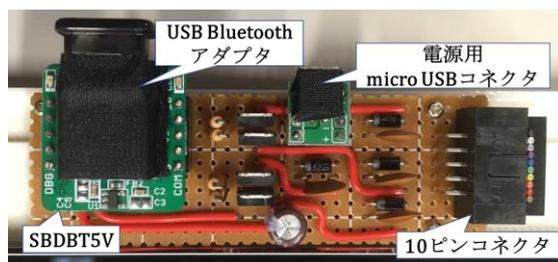


図 2 PIDAR-tablet 無線化用基板

2.2 フレームの構成

本研究ではタブレットデバイスに Apple 社の iPad Pro 12.9 インチ(Model:A1670)を用い、一体型 SPIDAR-tablet を開発した。作製した SPIDAR-tablet のフレームを図 3 に示す。作製には 3D プリンタ Value3D MagiX MF-1100 を使用し、フィラメントは ABS HG 1.75mm を用いた。

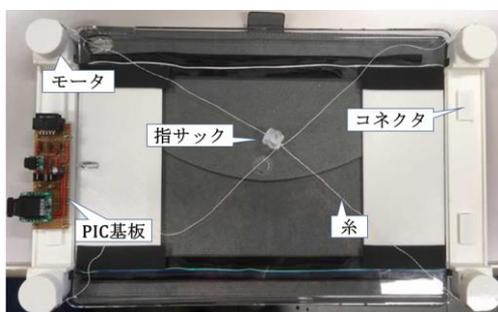


図 3 iPad Pro12.9 インチ用 SPIDAR-tablet のフレーム

ELECOM 社のタブレットケース TB-A17L360BK に作製したフレームを取り付けた。取り外し可能にするためにモータと基板はコネクタを用いて接続した。また、安全性向上のためモータとプールのカバーを作製した。その際、糸がすれるのを改善するためにプーリカバーの糸の出口にはハトメを両側から装着した(図 4)。また、指を装着する部分にはシリコンゴム製の指サックを使用した。

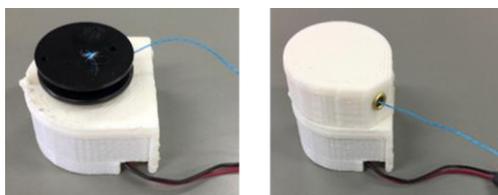


図 4 モータとプーリのカバー

3. 熱力学学習支援システムの搭載

本システムは、タブレットデバイスと力覚デバイスによって構成されている。ユーザがタッチ操作によりピストンを動かすことで熱力学現象のシミュレーションを体験することができる。これらにより、熱力学現象を直感的に理解できると考えられる。

3.1 コンテンツ

コンテンツ開発は Unity で行った。開発中のコンテンツ画面の一例を図 5 に示す。ユーザはタッチ操作によりピストンを動かすことができ、ピストンの動きに応じて、圧力、温度、体積、熱移動、気体分子の速度が変化する。また、断熱変化、等温変化、定積変化、定圧変化の 4 つの状態変化をシーン上のボタンによって切り替えることができる。

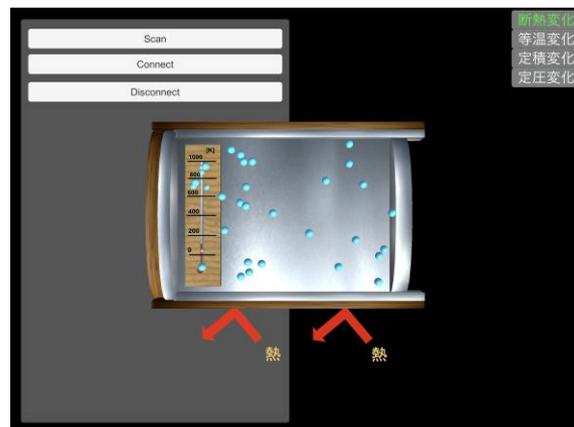


図 5 コンテンツ画面の一例

3.2 力覚デバイス

圧力を提示するデバイスとして、iOS 用一体型 SPIDAR-tablet を使用した。ピストン操作に応じて圧力が力覚として提示される。

4. まとめと今後の展望

BLE 通信による iOS 用 SPIDAR-tablet の開発を行い、さらに熱力学学習支援システムを搭載を試みた。今後は、冷温覚デバイスを加え、さらに直感的に熱力学現象が理解できるようにしたいと考えている。

参考文献

- [1] 田村理乃・村山淳・平田幸広・佐藤誠・原田哲也：タッチパネルのための力覚インターフェース SPIDAR-tablet とその力覚計算方法の開発，日本バーチャルリアリティ学会論文誌，Vol. 6, No. 3, pp. 363-366, 2011.
- [2] 置塩正祐・高星賢二・平山理恵・山口武彦・原田哲也：身体的インタラクションモデルを用いた体験型熱力学学習支援システムの開発と評価，電気学会次世代産業システム研究会，No. IIS15031, pp. 41-46, 2015.
- [3] ランニングエレクトロニクス，PIC24FJ64GB004 5V 入出力対応マイコン基板 SBDBT5V，Running Electronics，<http://www.runele.com/cal/8/p-r-s/>，(閲覧日：2018.7.26)