

K-028

工学実験における顔と手先の動作追跡システムの構築 Construction of motion tracking system for face and hand in engineering experiments

比嘉健太郎[†]
Kentarō Higa

野口健太郎[†]
Kentarō Noguchi

神里志穂子[†]
Shihoko Kamisato

1. はじめに

近年、工学系の大学や高等等の教育機関において、工学実験の授業改善が行われている [1]。この工学実験で、学生は座学の授業で学習した理論等を実験により確認し、各種実験装置の取扱いや実験手順などの実験技能を習得している。

我々は実験技能に着目して研究を行っており、これまでに機器操作の観点から実験をスムーズに行える学生とそうでない学生の違いを明確にしている [2]。そして、この違いを利用して、実験手順を予習するための簡便な動画教材作成法を提案している [3]。この作成法は一部手作業の工程が残っており、完全な自動化までには至っていない。

そこで本稿では、機器間における視野移動および手先移動の軌跡を自動的にデータとして取得するシステムの構築を行う。これは機器に取り付けた赤外線センサから実験者が装着する赤外線マーカを検出することで視野移動と手先の動作追跡を行い、データを集約して記録するものである。

2. 動作追跡システム

2.1 システム概要

本研究で開発する実験者の視野と手先の移動軌跡を記録する動作追跡システムの概要について述べる。図 1 は動作追跡システムの構成と稼働イメージを示している。本システムは大きく分けて 3 種類のパーツからなっており、1 つ目は実験者の動きを検出する赤外線マーカ・赤外線センサ、2 つ目はセンサをまとめて各センサの状態等を管理するマイコンボード、3 つ目は集約されたセンサデータを記録するタブレット端末である。

まず、実験者は両手首および顔に、図 2 と図 3 に示す赤外線マーカを装着する。視野用マーカの使用条件として、視線と顔の向きが一致するように作業を行ってもらう。次に、各機器へ図 4 に示す赤外線センサを図 5 のように取り付け、それらをまとめてセンサ制御用のマイコンボードへと接続する。そして、センサ制御用マイコンボードを全体制御用マイコンボードを介して Bluetooth 経由でタブレット端末と接続している。

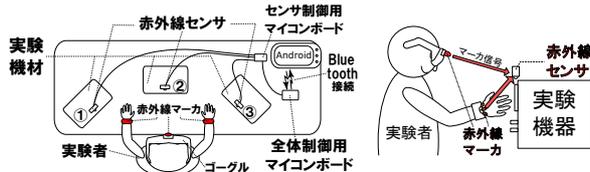


図 1: 動作追跡システムの外観と
センサ・マーカの稼働イメージ

[†] 沖縄工業高等専門学校 情報通信システム工学科 〒 905-2192
沖縄県名護市辺野古 905, TEL 0980-55-4146

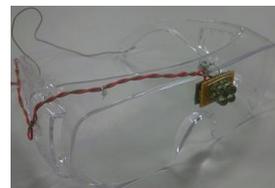


図 2: 手首用赤外線マーカ 図 3: 視野用赤外線マーカ

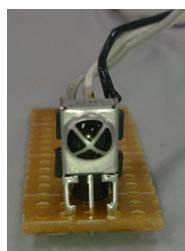


図 4: 使用する赤外線センサ 図 5: 機器へのセンサ取付例

2.2 マーカおよびマイコンボードの実装

図 6 は動作追跡システムの内部実装の構成である。赤外線マーカは右手用・左手用・視野用ゴーグルそれぞれで独立して動作しており、赤外線センサがどのマーカであるか識別するために、PSoC マイコン内の UART (非同期シリアル通信) モジュールを用いて 1667bps のビットレートで 8bit 長の個別 ID を送出している。また、赤外線センサは 38kHz の周波数で変調された赤外線光のみを受光するようになっており、38kHz 変調赤外線を発生している時をデジタルの論理値の '1'、赤外線光を発生していない時を論理値 '0' としている。

赤外線センサは PSoC マイコン内の利用可能なモジュール数からセンサ制御ボードひとつ当たり最大 8 個接続可能となっており、赤外線マーカからの ID を 8bit 長シリアル受信モジュール (以降 RX8) にて受信する。この時、受光したセンサの ID として RX8 のモジュール番号を用い、受信したマーカの ID と合わせて「センサ ID: マーカ ID」という形式の一組のデータとする。このデータをペリフェラルバス規格である I²C [4] を経由して全体制御ボードへと送出する。I²C による接続を行うことでセンサ制御ボードを最大 117 台並列接続することができ、扱えるセンサの数は最大 936 個にもなる。これにより、一般的な工学実験においては使用する機器の個数に対して余裕を持ってセンサを割り当てることができる。そしてセンサ制御ボードを束ねた全体制御用ボードは、まず各ボードのアドレスと I²C 経由で受信したセンサ ID およびマーカ ID のデータを組にしたデータとして保持する。次に SPP (SerialPortProfile) スタックを

内蔵した Bluetooth モジュールへデータをシリアル送信する．最後に，Bluetooth モジュールを経由して，タブレット端末へとデータが送られ，次章で述べる端末内のアプリケーションでデータを記録していく．

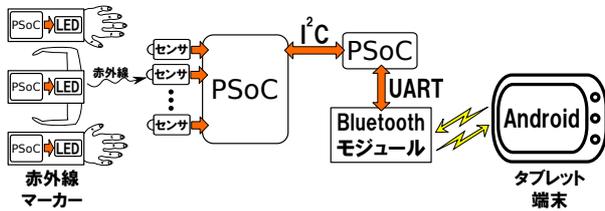


図 6: 動作追跡システムの内部実装

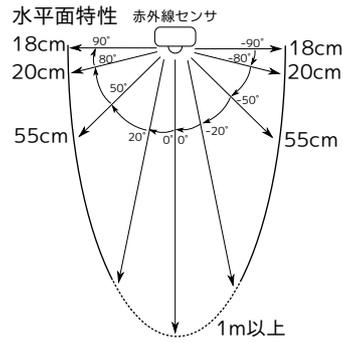


図 7: 水平面特性

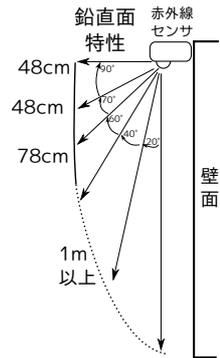


図 8: 鉛直面特性

2.3 Android 用センサデータ記録アプリケーション

Android 用センサデータ記録アプリケーションは，マイコンボードから Bluetooth を経由して送られてきたセンサデータを記録するものである．本アプリケーションは，Bluetooth API が正式にサポートされた Android バージョン 2.0 以降で動作する．Google 社が配布している Android SDK のサンプルアプリケーションである BluetoothChat をベースとして，SPP にて文字列の受信を機能に加え，実験開始時刻を 0 秒としてセンサの反応があった経過時間と該当センサ ID およびマーカー ID をリスト形式で表示する機能，およびそのリストを SD カードへテキストファイルとして保存する機能を実装している．これにより，マイコンボードから流れてくる大量のセンサデータをテキストデータへ整形して保存している．

3. システムの動作検証

3.1 赤外線センサの性能測定

ここでは，本システムの基本性能となる赤外線センサの赤外線マーカー信号検出性能を検証する．その検証方法は，赤外線センサをテーブルに固定し，赤外線マーカーを赤外線センサの受光面に向け，センサから出力が得られなくなった地点までの距離を反応距離と定義する．この反応距離をテーブルに対する水平面および鉛直面において 10° 間隔で測定し，赤外線センサの受光面軸に対する赤外線マーカーの角度対センサ・マーカー間距離を測定する．

赤外線センサとマーカーの角度対距離の水平面特性および鉛直面特性をそれぞれ図7と図8に示す．これらの結果から，センサの左右方向には感度が低く，センサの正面から直上にかけては比較的感度が高いという結果が得られた．このことから，実験机上に並べた機器において，それらの距離が 40cm 以上離れていればそれぞれの機器を区別して認識できることがわかった．

3.2 簡易実験における動作追跡

ここでは，簡易的な実験作業において実験者の動作の追跡データが得られるかの動作追跡検証実験を行う．3つの機器 (1. 直流安定化電源，2. オシロスコープ，3. デジタルマルチメータ) を前述した図1のように配置し，各機器において電源電圧の設定・電圧レンジおよび時間レンジの設定・測定モードの設定という簡単な作業を本校情報通信システム工学科の3年生の学生3名に行ってもらった．実験者には，必ず視線と顔の向きを一致させ

るようにして機器を見てもらうように指示している．動作追跡システムで動作データを記録し，同時にその記録が正しいかどうかを確認するために，作業中の手の位置や視野の移動を目視にて確認した．その結果，開発した動作追跡システムで記録されたデータと目視にて確認した作業工程は概ね一致した．しかし，机の上に置かれた手順書を読む行為によって，視野用赤外線マーカーの光が手順書に反射して，実験者の正面にあるオシロスコープに取り付けられたセンサへと入光するという誤検出があり，この点については今後調整する必要がある．

4. まとめ

本稿では，機器間での実験者の視野と手先の移動軌跡を赤外線センサと赤外線マーカーを用いて自動的に追跡記録するシステムを構築した．今回，赤外線センサの性能を測定して実験環境において実験者の動作追跡が可能な反応範囲であることを確認し，簡易的な実験によって基本的な動作追跡が行えることを確認した．今後は，動作追跡の検出精度を上げ，得られた動作データから実験における実験者の技能評価を行う手法について検討する．

参考文献

- [1] 岸田悟, 中井生央, 伊藤良生, 小西亮介, “鳥取大学工学部電気電子工学科における教育改革と評価,” 工学教育, vol.53-3, pp.81-86, 2005.
- [2] 野口健太郎, 神里志穂子, 比嘉修, 佐竹卓彦, 比嘉信, 野崎真也, 奥田篤士, 鈴木龍司, “工学実験の教育法をカイゼンするための試み-機器の取扱いに着目した手先軌道解析と特徴抽出-,” 高専教育, vol.31, pp.403-408, 2008.
- [3] 山城信裕, 野口健太郎, 神里志穂子, 奥田篤士, 石田好輝, “工学実験における簡易動画教材提示法の開発,” 工学教育, vol.59-2, pp.16-21, 2011.
- [4] Philips Semiconductors, “I²C バス仕様書 バージョン 2.1,” http://www.nxp.com/documents/other/39340011_jp.pdf, 2000.