

モーションセンサの併用による指文字習得支援システムの開発

Development of a Learning Support System on Fingerspelling with the Dual Use of Motion Sensors

松永 信介[†]

Shinsuke MATSUNAGA

1. はじめに

厚生労働省が 2011 年に実施した「生活のしづらさなどに関する調査（全国在宅障害児・者等実態調査）」[1]によると、日本国内で障がい者手帳が交付されている聴覚・言語障がい者は、約 324,000 人（国民の約 400 人に 1 人の計算）いとされている。昨今の ICT の進展により、コミュニケーションのグローバル化は進む一方ではあるが、コミュニケーションのバリアフリー化は十分とはいえない。教育の世界では、国連が主導する共生社会実現のためのインクルーシブ教育（障がいの有無に関わらず、個々のニーズに合わせた差別のない学習支援を行う教育）が各国で謳われ、日本もその方向に舵を切りつつある。文部科学省は 2015 年 2 月に「障害を理由とする差別の解消と推進に関する対応指針」[2] をこれまでの議論の総括として策定し、2016 年 4 月に法律として施行した。

健聴者と聴覚障がい者との間のやりとりには、通常、手話・指文字・筆談・読唇などによるトータルコミュニケーションが用いられる。このうち、手話や指文字などの視覚言語は健聴者がすぐに使えるようになるものでなく、ましてその独習となると、従来は教則本やビデオなどに頼るしかなく、実際に正しく表現できているのかどうかを自己確認する術はなかった。そこで筆者は、2014 年よりモーションセンサを活用した指文字学習支援システムの開発を進めてきた。指文字は手話を補完するものであり、仮名やアルファベット・数字などで表現するものである。一部動きのある指文字もあるが、その多くは静的なサインである。

当初開発した LEAP Motion を用いたシステムは、ある程度の精度で指文字形状を認識して正誤判定するに至った。しかし、指を揃えるような文字はセンサが誤認識するなどの課題が残った。このシステムでは、最終的には指文字モデルの辞書との照合により指の関節の曲げ方やその方向の正確な情報を取得できないと正誤判定ができなくなることがある。すなわち、手のひらや他の指の死角となる指や関節の位置情報を特定することが難しい。一つのモーションセンサでは、細かな形状処理に難があり、手のひらや他の指の死角となる指の位置情報を特定することが難しい。そこで本研究では、さらに詳細な 3 次元処理をするため、LEAP Motion に Senz3D という別のモーションセンサを組み合わせることで、その課題の解消を試みた。評価実験の結果、動きのある指文字以外に対応できるようになり、その有用性を確認した。

本稿では、システムや教材の概要およびその評価実験の結果について報告する。

2. プロトタイプシステムの概要

2.1 システムの構成

当初、プロトタイプとして開発してきたシステムでは、LEAP Motion を机の上に置き、その上に翳した手全体や指の形状をセンサで捉えるというものであった。統合環境は Visual Studio とし、LEAP Motion SDK で開発を行った。また、C++ のライブラリーとして Cinder を使用した。

システムは、図 1 のような構成になっており、チュートリアルに始まり、実践の練習モードあるいはテストモードへと移行する。なお、練習モードとテストモードの違いは、見本の指文字写真が画面に表示されるか否かである。

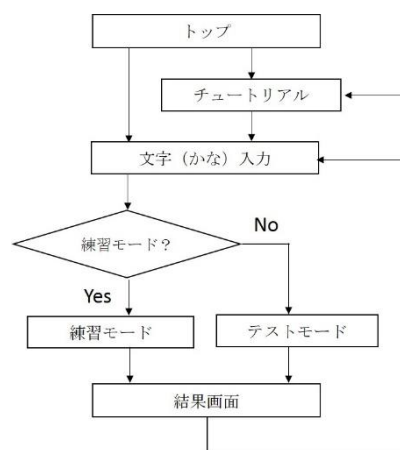


図 1 システムの構成

図 2 は、テストモードにおいてシステムがリアルタイムに正誤判定の処理をしている様子である。正しく指文字が表現できていれば、右上に該当する“かな”が表示される。

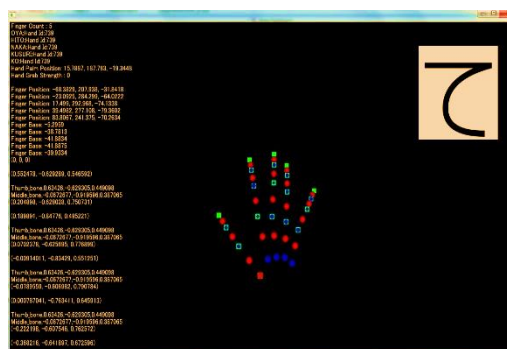


図 2 テストモードにおける正誤判定の処理

[†] 東京工科大学メディア学部

School of Media Science, Tokyo University of Technology

2.2 評価実験

本学の学生の計18名（手話経験者6名／指文字経験者2名／手話・指文字未経験者10名）を対象に、あ行～さ行の15文字の中からランダムに5文字を課題として出題し、システムによる正誤判定の精度と有用性の検証を行った。なお、手話・指文字未経験者には、指文字の一覧表を紙で配布し、それをまねる形で取り組んでもらった。

結果は、経験者も未経験者も正誤の検出率は約7割ほどであった。これには運用上の問題もあったが、指を閉じるタイプの指文字の認識の精度が低いということがわかった。手のひらや他の指などとの重なりで何らかの死角が生じ、それが影響しているものと推察している。また、手話・指文字未経験者と同経験者の検出理由の傾向が変わらなかったのは、経験者の慣れや癖も影響したと思われる。

しかし、適度に高い割合で正誤判定をシステムが自動処理したことへの被験者からの評価はかなり高かった。

3. 本システムの概要

3.1 LEAP Motion と Senz3D の併用

先述したように、本システムでは、LEAP Motion と Senz3D という2種類のモーションセンサを併用する。LEAP Motion 2台という選択肢は、赤外線干渉が激しいという問題があるため、距離センサ方式の異なる Senz3D を組み合わせることとした。

図3は、これらのセンサデバイスを組み合わせた活用イメージである。机の上に置かれた LEAP Motion を通じて先ほどと同様に下から手の前後左右の動きを認識し、正面に置かれた Senz3D で手の上下左右を認識することでカメラからの死角を無くすねらいがある。今回の統合環境は Unity Pro であり、両センサの標準的な SDK に加え、Unity Asset も組み入れて開発を進めた。また、開発言語は C# とした。この2種のセンサカメラにより認識された位置情報は Unity エンジンにより、LEAP Motion の方は手のモデルとして、Senz3D の方は手のひらと指先のモデルとしてそれぞれ表示される。

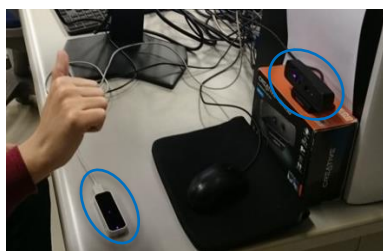
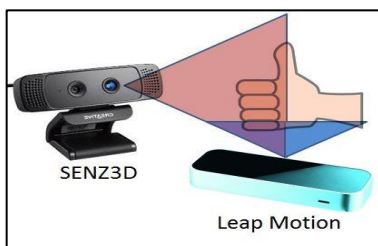


図3 2つのモーションデバイスの位置関係

3.2 システムの処理フロー

システムのデータ処理やモデル生成処理のフローは、図4のようになっている。

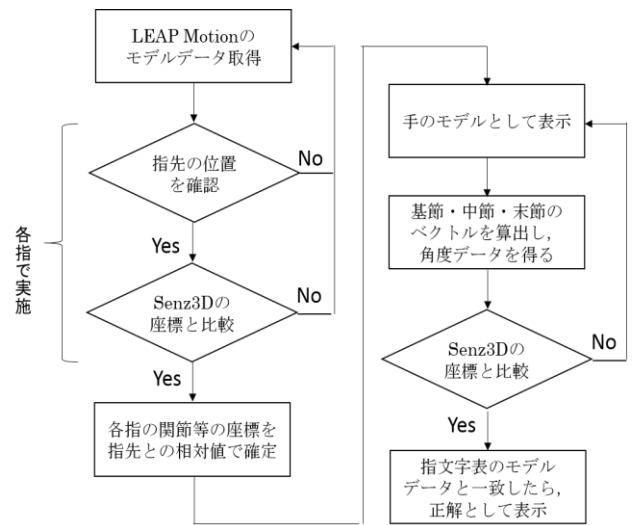


図4 システムの処理フロー

まず初めに、両センサで取得した手のモーションデータを Unity に取り込み、LEAP Motion のデータを基にした手のモデルと Senz3D のデータを基にした指先のモデルを比較して各指の指先位置の座標を同期させる。次に、この一致した指先の位置情報をアンカーとして、各指の関節等の他の位置情報を指先からの相対位置として一致させる。これで実質的に LEAP Motion と Senz3D は手や指の動きを同期をとって追うことになり、一方のデータ取得エラーを他方がある程度補うことができる。最後に、各指の関節の曲がり具合である角度を算出する。これは基節・中節・末節（親指は基節・末節のみ）のベクトル（長さとし向き）から容易に計算できる。最終的にはあらかじめ用意された指文字モデルとの照合で、指文字が正しく表示できたかを検証するので、この角度情報も一定の誤差の範囲で必要となる。

図5は、LEAP Motion のデータを基にした手のモデルと Senz3D のデータを基にした指先のモデルが合成された状態を示している。



図5 2つのセンサデータの同期

3.3 教材の概要

本システムは、現状では、指文字の自由練習を想定した教材のみを載せている。最初と最後の手続き以外は、端末操作は基本的に不要であり、NUI 環境でのドリル学習を自主的に進める仕組みとなっている。

図 6 が、そのイメージである。画面右上の小さな手の絵は、2 つのセンサの同期をとった図 5 の画像そのものである。そして、そのデータ収集の過程で常時連動しているモーションセンサが画面左下（Senz3D）と画面左半ば（LEAP Motion）で参照できるようになっている。一方、画面右下の 50 音表は学習課題の基本資料であり、興味のある指文字あるいは苦手な指文字を主体的に反復練習するためのものである。したがって、学習者は、左半分に表示される自らの手の形状と右下の基本資料を見比べながら指文字を習得していくこととなる。

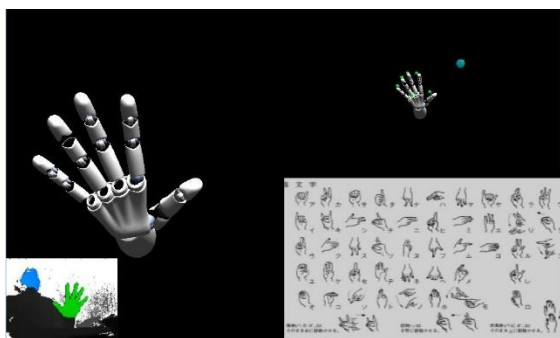


図 6 指文字学習画面

なお、3.2 で述べたように、各関節の実測角度を理想の指文字モデルの角度情報と比較し、一定の誤差範囲内で全関節の曲がり具合が正しいと検出できたときに正解として、当該の指文字を 50 音表に拡大表記する仕様となっている。図 7 は「あ」を表示できたときの例であるが、表 1 のような角度情報を参考にもとに正誤判定している。（※ 薬指、小指についても同様に確認している）。

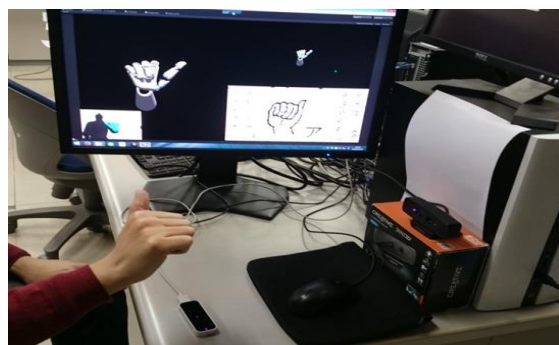


図 7 指文字「あ」の正解画面

表 1 「あ」の親指・人差し指・中指の関節間角度

関節	親指		人差し指			中指		
	1	2	1	2	3	1	2	3
あ	6	-5	112	85	81	103	87	78

4. 評価実験

4.1 概要

構築したシステムならびに開発した教材がどこまで有効であるのかを検証する目的で評価実験を行った。

- ・対象：本学の手話サークル学生 7 名と一般学生 12 名
- ・検証ポイント
 - ① 指文字認識の精度
 - ② LEAP Motion と Senz3D との組み合わせ効果
 - ③ 学習効果

4.2 結果

4.2.1 検証ポイント①

プロトタイプの際に検出しづらかった握るタイプの指文字への認識精度が上がった。ただ、角度には多少の自由度を設定したものの関節間距離がサンプルに固定されていたため、手の小さい女子学生などに正誤判定の不安定さが生じた。手の大きさは個体差があるが、モーションセンサ（カメラ）との距離をあらかじめ調整することで、この問題は解消するものと思われる。しかし、関節間距離の個体差という課題が依然として残る。このパラメータの誤差自由度も適度に調整する必要があると思われる。

4.2.2 検証ポイント②

本稿では触れていないが、この評価実験の前に予備実験を実施していた。LEAP Motion のみを用いた際の精度を測る目的であった。プロトタイプの際にインタフェースと被験者が変わったことによる。前項で述べたように、前システムで検出しづらかった指文字への認識精度は向上した。しかし、2 つのセンサの設置位置と場所によっては、多少認識精度が不安定になる。もとより赤外線を利用しているので、他の機器との関係もあるが、明らかに LEAP Motion と Senz3D との干渉によるエラーと思われるケースもあった。2 器のモーションセンサデバイスの設置位置に課題が残った。

4.2.3 検証ポイント③

手話サークルの学生には、事前・事後テストを実施した。あまり頻度の高くない指文字に関する 10 文字に関してである。事前テストはシステム利用の直前に、事後テストはシステム利用の一週間後にそれぞれ問うた。なお、事後テストについては、実施することを事前に伝えずに行い、記憶保持の確認をした。その結果、事前テストで平均 4.6 点であった理解度は、事後テストで平均 7.4 点と上昇した。学習時の様子は、一般学生も含めて集中しており、前システムと同様、リアルタイムで正誤判定するという仕組みは有用であることが示唆された。独習を前提としているので、学習者自身での機器設置やキャリブレーションの調整という課題は依然残っている。

4.2.4 認識率の向上

動きのある“の・も・り・を・ん”を除く 45 文字に関して、前システムで認識できなかったが不安定ながらも認識できるようになった文字が 6 個、前システムでも認識することはあったがより精度が高まった文字が 9 個あった。逆に、赤外線干渉で精度がやや下がった文字が 4 個あった。

5. まとめ

本稿では、指文字を学ぶ人を主対象とするモーションセンサを活用した学習支援システムの概要とその評価実験の結果について述べた。

本システムの特徴は、見よう見まねでは正しく学べているのかが判定しづらい指文字という体得課題を 2 器のモーションセンサを援用することで解消するというものであった。昨今安価に手に入るモーションセンサの活用方法は、ある程度の常識的な行動認知という $+\alpha$ 要素を前提としている場合が多い（ゲームなど）。本研究は、指文字という題材のもと、ゼロからのスタートで九九のような認知反射と挨拶のような運動反射ができるようになることを支援することを目的としていた。評価実験の結果、本システムが指文字学習の支援に資することが示唆されたが、課題も残った。

第一の課題は、各センサが取り込む赤外線の影響である。手の翳す位置によっては両機器が干渉してしまい、正解を出すこともあれば不正解を出すこともあるという不安定要素がある。これに関してはあらたにカラーセンサを導入しての改良を現在検討中である。次に、実証実験において、関節情報を得るという処理が機能していないケースが一件あったことが挙げられる。原因の特定には至っていないが、今後精査の必要がある。最後に、学習者の生体間格差へのシステムの対応が挙げられる。本システムは適度に画一化された利用者を想定した仕組みに留まったが、個々の特性に応じてのきめ細かな学習者特性適応の仕組みが望まれる。

謝辞

本研究の一部は、日本学術振興会の科学研究費補助金（課題番号: 16K04848）の助成により行われた。

参考文献

- [1] 厚生労働省, 平成 23 年 生活のしづらさなどに関する調査, (全国在宅障害児・者等実態調査) (2011), http://www.mhlw.go.jp/toukei/list/seikatsu_chousa.html
- [2] 文部科学省, 障害を理由とする差別の解消と推進に関する対応指針 (2015), http://www.mext.go.jp/b_menu/hakusho/nc/1338278.htm