

令和 5 年 6 月 21 日現在

機関番号：53601

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2019～2022

課題番号：19K12917

研究課題名（和文）感圧センサによる点字読み取り手法の確立

研究課題名（英文）Research of Braille Reading Method using Pressure Sensor

研究代表者

伊藤 祥一（Ito, Shoichi）

長野工業高等専門学校・情報エレクトロニクス系・教授

研究者番号：10369978

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：点字は視覚障害者用の文字であるが点字を読むことができない視覚障害者も少なくない。我々は指先に装着した感圧センサで点字をなぞると日本語で読み上げるウェアラブルデバイスの開発を目指している。本研究では圧力データを点字に再構築して翻訳する仕組みの精度向上に取り組んだ。直接的な読み取りアルゴリズムだけでなく、誤りを含む圧力データから正しい単語に訂正する点字用スペル訂正機能についても検討し、基本的な動作を確認できた。また、従来15cm四方の回路基板に一体化されておりそのままでは点字の読み取りに使うことができなかった感圧センサをハンディスキャナ型に改修した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は点字を指でなぞるという自然な動作のみで点字をコンピュータに取り込む処理を目指すものである。コンピュータに取り込まれた点字は自動翻訳されて音声として視覚障害者の耳に届けられる。本研究を推し進めることにより、点字を読むことができない視覚障害者でも点字を読んで身の回りの情報を入手することができる道を拓くことにつながる。視覚障害者に代わって機械が点字を読んでもくれるのであれば、他人に知られたくない私的な情報も晴眼者に読んでもらう必要がなくなり、視覚障害者が一人で活動できる場を拡げ、生活品質の向上に寄与できる。

研究成果の概要（英文）：Braille is a writing system for the visually impaired, but many of the visually impaired cannot read it. We are developing a wearable device that reads Braille when the user traces Braille text with a pressure sensor attached to their fingertip. In this study, we worked on improving the reading accuracy of the system that reconstructs and translates pressure data into Braille. We studied not only a reading algorithm that directly converts pressure data into Braille text but also a spell corrector system that is specialized for Braille. It corrects wrong pressure data into correct Braille words. The previous version of the pressure sensor has bonded onto a 15 cm square circuit board that is not to be used for reading Braille directly. We developed a new handy scanner-type pressure sensor.

研究分野：福祉工学

キーワード：点字 ウェアラブルデバイス

### 1. 研究開始当初の背景

点字は視覚障害者が使う文字として理解されているが、視覚障害者の 8 割以上は事故や病気による中途失明者が占めており、点字を習得している視覚障害者は全体の 1 割を超える程度である。一方で社会的に点字の必要性が認知されつつあり、公共施設や家電製品をはじめとして点字の併記が広がっている。点字を読めない人に代わって機械がこれらの情報を読んでくれるれば一人で出歩くことも楽になり、プライバシーに関わる情報を晴眼者に読んでもらう必要もなくなる。そのためには常に身につけておけるウェアラブルなデバイスであることが望ましく、研究代表者らは H26 年度科研費を起点としてウェアラブルな点字読み取りデバイス(「ウェアラブル点字リーダ」)の開発に取り組んできた。想定されるウェアラブル点字リーダの利用のシナリオを図 1 に示す。このデバイスを実現するためには点字を読み取るセンサが鍵となるが、多様なセンサを評価する中で、視覚障害者が点字を読むのと同じ方法、すなわち点字の点を触った圧力を利用するセンサが決定的な解決法であるという着想に至った。同時に、曲面にセンサ回路を形成できるフレキシブル加工技術を使えば感圧センサを指先に装着できる可能性に着目した。



図 1. ウェアラブル点字リーダの利用のシナリオ

### 2. 研究の目的

本研究の目的はこれまでに開発を進めてきた視覚障害者向けの点字読み取りデバイスのセンサとしてフレキシブル感圧センサを用いるための技術を確認することである。

センサ実装の面では、フレキシブル感圧センサと周辺回路をひとつにまとめて指先に装着できる形にする。センサの素材・分解能など、指先で点字をなぞって読み取るという用途に特化して最適な組み合わせを明らかにする。また、耐久性についても評価する。指先に装着できるセンサのサイズを 1.5cm × 1.5cm 程度と考えると点字の 1 文の長さはセンサが一度に読み取れる領域よりも横に長いので、一度センサを点字に押し当てただけではすべての点の有無を読み取ることはできない。指先で点字の 1 文をなぞったときにコンピュータ内にパノラマ画像のような形で点の並びを再構成する必要がある。指先の移動量検出に関して我々は Lucas-Kanade 法を用いた手法を提案しているがこれに加えて加速度センサを併用してより高精度な移動量検出と手ぶれ補正について検討する。

ソフトウェアの面では読み取りアルゴリズムの検討が中心となる。研究開始当初は PC 用の大型感圧センサで予備実験を行っていた。ここで得られていた知見として、センサ部に点字を押しつけて移動させる(=点字を指先のセンサでなぞる)動作を行ったとき、人間の力の加え方が均一でないことによってコンピュータに入力される圧力分布データからは個々の点の有無を切り分けることが難しいことや、なぞるスピードが安定しないことに起因して点の形がゆがむため整然とした点の座標集合を得ることが難しいことなどがあった。このため、感圧センサから入力された圧力分布データを用いて指先でなぞった点字の点の有無を正確につなぎ合わせ、パノラマ画像の形でコンピュータ内に再構成する手法について検討する。

### 3. 研究の方法

前述の研究目的を達成するため、ソフトウェアとセンサ実装の 2 つを並行して作業を進めた。

センサ実装の面では、センサ開発企業と協力しながら作業を進めた。研究開始当初は 15cm × 15cm の大型基板に圧力を検知するセンサ素子本体と素子を駆動する周辺回路が作り込まれていた。これらを分離して将来的にはセンサ素子を指先に装着できる形にしなければならない。しかし筋肉の弾力などの影響で読み取りが乱れることが想定されるため、指先に装着する前段階として堅い棒の先にセンサ素子部分を取り付けた形を試作する。この形状でソフトウェアと結合し、棒を手で動かして点字をなぞった際のデータを集める。

ソフトウェアの面では、まずこれまでに個別に開発していたソフトウェアモジュールを結合して 1 つのシステムとして動作するようにした。従来、専用のソフトウェアで取り込んだ圧力分布データを手動で点字リーダソフトウェアに移動して読み込ませていたが、専用のデバイスドライバを開発して感圧センサから直接読み取れるようにした。感圧センサから入力された圧力分布データをつなぎ合わせて 1 つのパノラマ画像として点の配置を再構成するソフトウェア

の開発を進めた。また、センサから多少誤ったデータが入力されたとしても最終的な点字翻訳結果が正しいものになるよう、点字に特化したスペル訂正アルゴリズムの検討とテストを行った。

#### 4. 研究成果

ソフトウェア面では、ウェアラブル点字リーダの動作に必要な処理を統合したソフトウェアの開発に取り組んだ。これまで個別に開発を行ってきた点字の認識・点訳エンジン・音声翻訳エンジンを結合し、適切なユーザインターフェースを追加して1つのソフトウェアとして動作するようにした。点字の凸点の情報を感圧センサから取り込む際に、従来はWindows用の専用ソフトウェアを使って取り込む必要があったが、移植性が高いデバイスドライバを新規開発してウェアラブル点字リーダのソフトウェアと結合させた。これにより点字を感圧センサに押し当てて水平に動かすことで凸点の情報をリアルタイムに取り込むことが実現できた。図2にシステムソフトウェアの動作画面を示す。

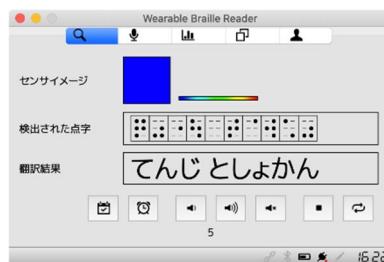


図2 ウェアラブル点字リーダ システムソフトウェア

感圧センサから取り込まれる信号は1フレームあたり60×60ピクセルのデータである。個別のフレームから点の位置を特定し、移動量を推測しつつフレームを結合することで1枚のパノラマ画像として再構成するアルゴリズムを開発した。点字の1文字目の1列目が空列であったり、最後の文字の2列目が空列である場合も適切に空列を挿入して文字単位の処理をすることができる。ただし点と感圧センサの接触の度合いや移動量にはゆらぎがあるため、本来ならば点があるべき部分が欠落したり、逆に点がない部分にゴースト的に点が現れてしまうことがある。誤りを含む点の配置をそのまま日本語に翻訳すると当然翻訳結果も誤ったものになる。これを改善するには、読み取りアルゴリズムをさらに改良することはもちろん重要であるが、別のアプローチとして、誤りを含むデータが送られてきても翻訳する段階で正しい単語に訂正してしまえば実用上は問題がないことに気づいた。そこで名詞を中心とする217万語の辞書を作成し、点の過不足を訂正する点字用スペルコレクタを試作した。図3は「つうえ」と誤ったデータが入ってきたときに点の配置が近い「つうろ」「つくえ」に訂正する例である。この例では「つうろ」へは「と」の2点の訂正が必要なものの「つくえ」には「の」1点の訂正でよいいため「つくえ」の方がより適切な候補と考えられる。円筒形の缶の上面に刻印された点字など、上下左右逆さに点字をなぞった場合にも訂正に対応する。固有名詞など一部のスペル訂正に問題があることがわかったので、品詞を識別するようにするなど今後の改良が必要である。

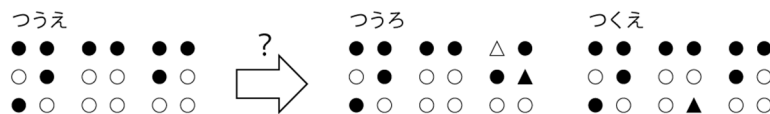


図3 点字に特化したスペル訂正の概念

センサ実装の面では、センサの開発会社と協力して改良を進めた。本研究の開始当初、圧力を検知するセンサ素子は15cm×15cmの大型基板と一体化しており、これを使って点字をなぞることはできなかった。そのため、点字を印刷したアクリルプレートを作成し、アクリルプレート有感圧センサに押し当てて動かすことで、点字を指先でなぞる動作を模擬的に再現していた。図4に感圧センサとマイコン、バッテリー、ワイヤレスイヤホンを結合した全体図を示す。図4左側の感圧センサ基板には圧力を検知する素子が埋め込まれており、ここにアクリルプレートを当てて動かすと右上のマイコンに読み込まれて翻訳結果が音声として出力される。センサ以外のマイコンとバッテリーは十分に小さいものでウェアラブルにすることも可能であるがマイコン側のソフトウェアがタッチパネルを前提としたインターフェースになっているため視覚障害者の利用を考えると今後改良が必要である。

最終的には指先に感圧センサを装着して指先で点字をなぞることを目標としているが、人間の指先の弾力による読み取りへの影響など考慮しなければならない点も多いため、まずは制御回路とセンサ素子を分離した。新開発のセンサを図4に示す。下の箱(30cm×15cm)に制御回路が収められている。試作品のため制御回路が大型であるがこれは今後小型化できる見通しがたっている。感圧センサの素子は図5の制御回路の上のせられているアクリル棒に固定されており、この棒を黒板消しのように手で左から右に移動させて点字を読む。これにより指先の弾力な

ど人間の指固有の要素を排除した状態で機能の作り込みや調整に取り組むことができるようになった。今後はこの新型感圧センサを用いてデータをとるため、より高精度な点字読み取りアルゴリズムとスペルコレクタアルゴリズムの開発に取り組む。そして最終的には感圧センサを指先に装着する形に改良し、ウェアラブル点字リーダの全システムを実用化したい。

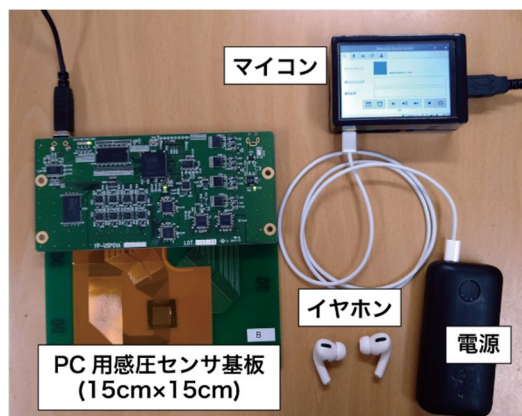


図4 ウェアラブル点字リーダ全体



図5 新型感圧センサ(上に乗っている透明の棒状のものがセンサ本体)

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 3件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Nanami Haga and Shoichi Ito	4. 巻 1
2. 論文標題 Wearable Braille Reader	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Proceedings of 2021 IEEE 10th Global Conference on Consumer Electronics	6. 最初と最後の頁 77-80
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Akiha Yanagisawa and Shoichi Ito	4. 巻 3
2. 論文標題 Development of Wearable Braille Reader	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The 14th International Symposium on Advances in Technology Education (ISATE2021)	6. 最初と最後の頁 18-21
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 伊藤祥一・藤澤義範	4. 巻 1
2. 論文標題 ウェアラブル点字リーダーの開発	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Japan ATフォーラム2021 in Toyama講演論文集	6. 最初と最後の頁 19-20
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Shoichi Ito and Yoshinori Fujisawa	4. 巻 13
2. 論文標題 Tender --- Smartphone Application for Braille Reading	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings of the 7th ACIS International Conference on Applied Computing & Information Technology	6. 最初と最後の頁 1-6
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1145/3325291.3325368	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計9件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 3件）

1. 発表者名 Nanami Haga and Shoichi Ito
2. 発表標題 Wearable Braille Reader
3. 学会等名 2021 IEEE 10th Global Conference on Consumer Electronics (GCCE 2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 伊藤祥一・藤澤義範
2. 発表標題 ウェアラブル点字リーダーの開発
3. 学会等名 Japan ATフォーラム2021 in Toyama
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Akiha Yanagisawa and Shoichi Ito
2. 発表標題 Development of Wearable Braille Reader
3. 学会等名 The 14th International Symposium on Advances in Technology Education (ISATE2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 伊藤祥一
2. 発表標題 小型感圧センサを用いた点字の読み取り手法
3. 学会等名 第19回情報科学技術フォーラム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 柳澤陽葉・伊藤祥一
2. 発表標題 感圧センサからの点字読み取りにおける補正アルゴリズム
3. 学会等名 情報処理学会第83回全国大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 伊藤祥一・藤澤義範
2. 発表標題 ウェアラブル点字リーダーの開発
3. 学会等名 第5回KMSメディカル・アーク2021 with MTO オンライン大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 岡村宙輝・伊藤祥一
2. 発表標題 光沢を考慮した点字画像の2値化アルゴリズム
3. 学会等名 情報処理学会第82回全国大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 下平啓太・伊藤祥一
2. 発表標題 圧力センサから読み込まれた点字のスペル訂正アルゴリズム
3. 学会等名 情報処理学会第82回全国大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Shoichi Ito and Yoshinori Fujisawa
2. 発表標題 Tender --- Smartphone Application for Braille Reading
3. 学会等名 The 7th ACIS International Conference on Applied Computing & Information Technology (国際学会)
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	藤澤 義範  (Fujisawa Yoshinori)  (00342494)	長野工業高等専門学校・電子情報工学科・教授    (53601)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------