

## 導電性ゴムを用いた点字読み取り器

田野 英一 白田 信吾 松田 英夫 古野 二三也

職業能力開発大学校 福祉工学科

〒229 神奈川県相模原市橋本台 4-1-1

E-mail: e.tano@uitech.ac.jp

あらまし

本報告では簡易型の点字読み取り器について述べる。本点字読み取り器を、点字文1行の行頭部に置き、行末に向けて移動することで点字を読み取る。点字の凸の検出には感圧導電性ゴムを用いた。感圧導電性ゴムを主要センサとする点字凸の検出部を点字の上に置き、一定の力で加圧すると、感圧導電性ゴムの凸のあるところの導電率は、凸がないところのそれよりも増加することを利用して、点字の凸部の検出を行った。

和文キーワード

点字, 点字読み取り, 触覚, 感圧導電性ゴム

## Braille Reader Using Pressure Conductive Rubber

Eiichi TANO, Shingo SHIRATA, Hideo MATSUDA and Fumiya FURUNO

Department of Rehabilitation Engineering, The Polytechnic University

4-1-1 Hashimoto-dai, Sagamihara-shi, Kanagawa, 229 Japan

E-mail: e.tano@uitech.ac.jp

Abstract

In this paper we describe a handy-typed braille reader. It is placed on a line of braille sentences and moved from the top of the line to the end. The key device to detect convexes of braille is a sheet of pressure conductive rubber. The electrical conductivity of the rubber where convexes exist increases in comparison to that of other area. In this way, the convexes of braille are detected.

英文 key words

*braille, braille reader, tactile, pressure conductive rubber*

## 1. まえがき

国内には視覚障害者が約 35 万人おり、しかも高齢者の占める割合が高い。疾病あるいは事故等により中途失明した人が点字を覚えようとしても、特に高齢者の場合はかなりの困難を伴う。点字を触読できない視覚障害者にとって、比較的手軽に点字を読むための補助機器が望まれる。また、ほとんどの晴眼者は点字を判読できない。しかし晴眼者が点字を判読するための補助機器があれば、晴眼者と視覚障害者とのコミュニケーションの向上が期待できる。

最近では点字による受験や、官公庁での点字文書の届け出が認められつつあり、公共施設等には点字読み取り器が導入されるようになった。しかし、手軽に持ち運びができないばかりか、価格は個人が購入できる範囲とは言い難い。一方、個人ユースを目的とした、点字文を 1 行単位で読む携帯型の点字読み取り器は研究段階に留まっており<sup>(1),(2)</sup>、未だ実用化の域に達していない。その理由の一つとして、据え置き型に比べて点字を 1 行単位で読み取らなければならず、正確な点字凸の検出がむずかしいことが挙げられる。

従来から提案されている点字凸の検出方法、あるいは実用化された点字読み取り器の点字凸の検出方法としては、次のような方法がある。

1. 点字文書に斜めから光を照射した時に、凸部あるいは凹部に生ずる陰影を読み取る方法<sup>(3),(4)</sup>
2. 点字凸の側面から光を照射し、反対側に置かれた受光器でその光を受光できるか否かで点字凸の検出を行う方法<sup>(1)</sup>
3. 機械式接点により、点字凸を検出する方法<sup>(5)</sup>

(1)の方法は点字文書が汚れている時は、汚れと陰影の区別がむずかしい。また、(1)、(2)の方法の共通の問題点として、点字凸が半透明の樹脂で作られている場合は、陰影の有無の検出あるいは光の透過と遮光の区別がむずかしいことが挙げられる。(3)の方法は、多数の接点を精度よく配置する必要がある、また複数行を同時に読み取ることによって演算処理を行うものであり、携帯型の点字読みとり器には不向きである。

本研究では、点字凸の検出に感圧導電性ゴムを用いた。感圧導電性ゴムを点字の上に置き軽く加圧すると、凸のある感圧領域のコンダクタンスが凸のない感圧領域のそれよりも増大することに基づく方法である。本方法は、視覚障害者が指先の触覚で点字を

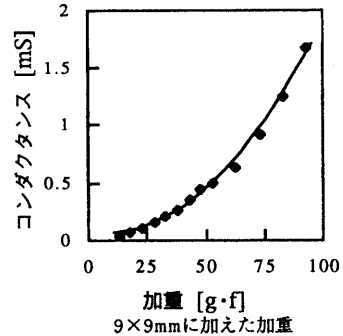


図 1 感圧導電性ゴムの特性

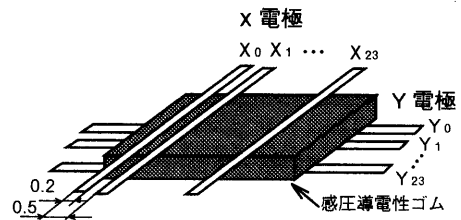


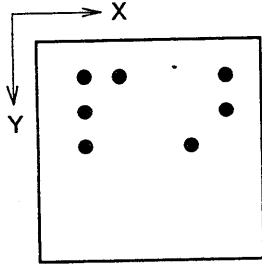
図 2 感圧導電性ゴムを用いた触覚センサ

読み取ることに近い検出方法である。本報告では、点字凸の検出に感圧導電性ゴムを触覚センサとして用いることで、従来の検出方法の問題点が解消できることを示す。また、点字のマス間の識別、1 マス内の左右の列の識別など（これらを、以下では切り出しという）の演算にはソフトウェア処理とともに、ハードウェア的に処理回路を付加することによって、演算時間が短縮できることを示す。

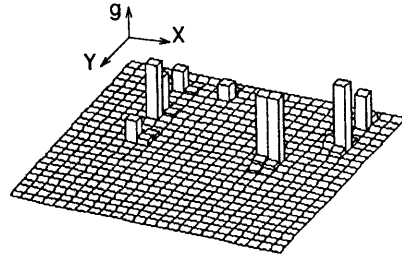
## 2. 触覚センサ

### 2.1 感圧導電性ゴム

感圧導電性ゴムはシリコンゴムにカーボンの粒子を混ぜ込んだものである。このゴムに圧力が加えられると、ゴム内のカーボン粒子が互いに接触してコンダクタンスが増大する。図 1 に本研究で使用した感圧導電性ゴムのコンダクタンスと圧力の関係を示す。コンダクタンスの変化は、室温で 100 Hz 程度の加圧サイクルに追従するから、これによって、比較的ゆっくりと変化する圧力を計測できる。本研究では、図 1 に示す感圧導電性ゴムに加えられる圧力とコンダクタンスの関係を点字凸の読み取りに応用した。本研究では、(株)横浜イメージシステム社の感圧導電性ゴムを使用した。その寸法は縦横が 12 mm、厚



(a) 点字の例



(b) コンダクタンスの面分布

図3 点字凸による触覚センサのコンダクタンス  $g$  の分布

さ 0.5 mm である。横方向の長さを 12 mm とした理由は、少なくとも連続する点字 2 マスを同時に検出するためである。縦方向の長さを 12 mm とした理由は、1 行の点字の上をなぞる際に、点字読み取り器が蛇行して当該行から外れる場合に備えるためである。

## 2.2 構造

Bejczy の提案によるサンドイッチ型と呼ばれる分布圧覚センサ<sup>(6)</sup>を参考にして、図 2 に示す触覚センサを製作した。フレキシブル基板の片面に、ピッチが 0.5 mm の 24 本の直線状の銅箔パターンを設ける。このフレキシブル基板 2 枚で、感圧導電性ゴムを挟む。この時、銅箔パターンが感圧導電性ゴムと接するように、かつ互いに直角となるように配置する。一方の銅箔パターンを X 電極、他方の銅箔パターンを Y 電極とする。このように構成することで、2 枚のフレキシブル基板とそれによって挟まれる感圧導電性ゴムは触覚センサとして機能する。即ち、24 個の X 電極と 24 個 Y 電極でアドレッシングされる 576 の感圧領域のコンダクタンスは、それぞれの感圧領域に加えられる圧力に応じた値となる。

この触覚センサを点字文の上に置き、上から一様に軽く加圧する。点字凸がある感圧領域では、点字凸部からも圧力が加わる。その結果、点字凸がある感圧領域のコンダクタンスは、点字凸のない感圧領域のそれよりも増大する。従って、それぞれの感圧領域のコンダクタンスを調べることで、点字凸を検出できる。

以下では、感圧領域のコンダクタンスが、マトリックスを形成する 24 個の X 電極と 24 個の Y 電極とに接続されているとして取り扱う。

本研究で製作した触覚センサを図 3(a) に示す点字の上に置いた時のコンダクタンスの変化の一例を図 3(b) に示す。

## 3. 点字切り出しの方法

携帯型の点字読み取り器では、利用者がセンサ部を点字文書の各行に沿って移動させることにより各点字を読み取っていく。センサを動かす速さは、視覚障害者の触読に相当する程度の速さが実用性の観点からは望ましい。また、利用者自身がセンサ部を動かすのでセンサは点字文書の行方向に対して傾く可能性もある。従って、点字凸の検出と検出した点字の切り出しにおいては、以下の点を考慮する必要がある。

- 触覚センサの各コンダクタンスを短時間で計測する
- 触覚センサがある程度傾いた場合でも正確に点字の切り出しを行う

本節では、この 2 つの条件を考慮に入れた点字切り出し方法を述べる。

図 4 は、●で示した点字に対して触覚センサが若干傾いて置かれている状態を示している。まず、点字の左列と右列の点の切り出しを行う。切り出しの方法は以下の通りである。各 X 電極には 24 個のコンダクタンス  $g_{ij}$ ,  $i = 0, \dots, 23$  が接続されている。ここで、 $g_{ij}$  は、第  $j$  番目の X 電極と第  $i$  番目の Y 電極の交点におけるコンダクタンスである。第  $j$  番目の X 電極について、この電極に接続されている 24 個のコンダクタンス  $g_{ij}$  の総和として  $V_j$  を次式のように定義する。

$$V_j \equiv \sum_{i=0}^{23} g_{ij} \quad (1)$$

点字凸が  $j$  番目の X 電極の領域にあると  $V_j$  の値は大きくなる。X 電極について、 $V_j$  の値があらかじめ定めた閾値を越える範囲を求める。図 4 の例では、

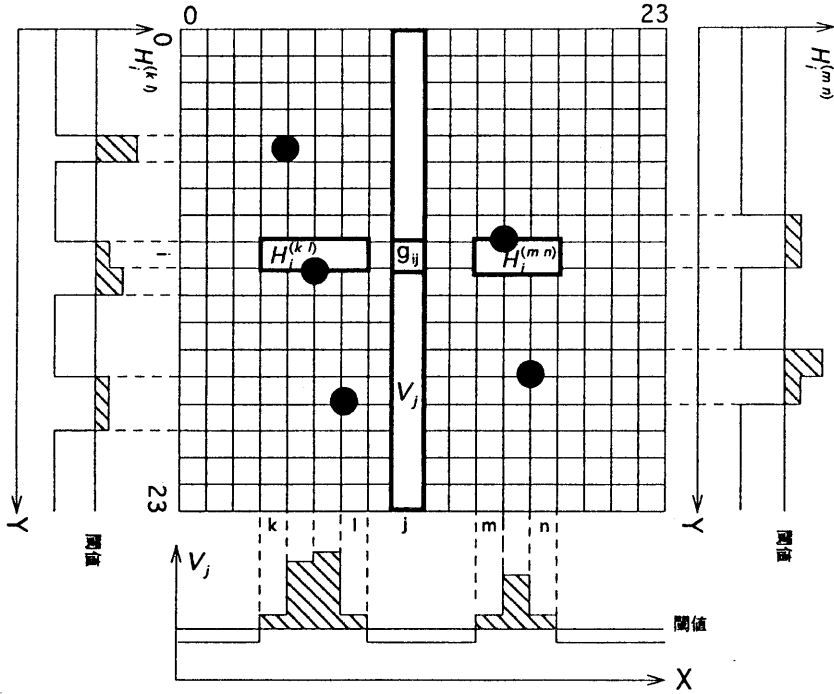


図4 点字の切り出し

連続する第  $k$  番目から第  $l$  番目の X 電極と第  $m$  番目から第  $n$  番目の X 電極において  $V_j$  の値が閾値を越えている。この2つの区間に点字の左列と右列の点それぞれ入っている。

次に、切り出した点字の左列と右列から各点字凸の切り出しを行う。点字の左列と右列を構成する点字凸は、X 電極の  $k$  番目から第  $l$  番目の区間と  $m$  番目から第  $n$  番目の2つの区間内にある。この区間内において各 Y 電極に接続されているコンダクタンスの和を求める。コンダクタンスの和  $H_i^{(kl)}$ 、 $H_i^{(mn)}$  を次式のように定義する。

$$H_i^{(kl)} \equiv \sum_{j=k}^l g_{ij} \quad (2)$$

$$H_i^{(mn)} \equiv \sum_{j=m}^n g_{ij} \quad (3)$$

点字凸が  $i$  番目の Y 電極の領域にあると  $H_i^{(kl)}$ 、 $H_i^{(mn)}$  の値は大きくなる。従って、 $H_i^{(kl)}$ 、 $H_i^{(mn)}$  の値から点字の左列と右列を構成する点字凸の存在を判断できる。図3に例示した点字を、上記のアルゴリズムによって切り出した結果を図5に示す。

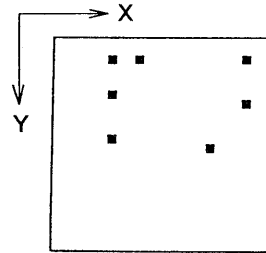


図5 点字の切り出し例

上記のアルゴリズムでは、すべてのコンダクタンスを計測する必要はない。一つの感圧領域のコンダクタンスを計測するのに要する時間を  $t_s$  とする。今回用いた触覚センサの感圧領域すべてを計測すると  $24 \times 24 \times t_s$  の時間を要する。一方、上記したアルゴリズムによる場合は次のようになる。図4に示す例の場合では、 $V_j$ 、 $H_i^{(kl)}$ 、 $H_i^{(mn)}$  について、 $3 \times 24 \times t_s$  となる。但し、コンダクタンスの和をハードウェア演算で求めるものとして、その演算時間を無視した。すべてのコンダクタンスを計測する場合に比べて  $1/8$  の時間で済む。

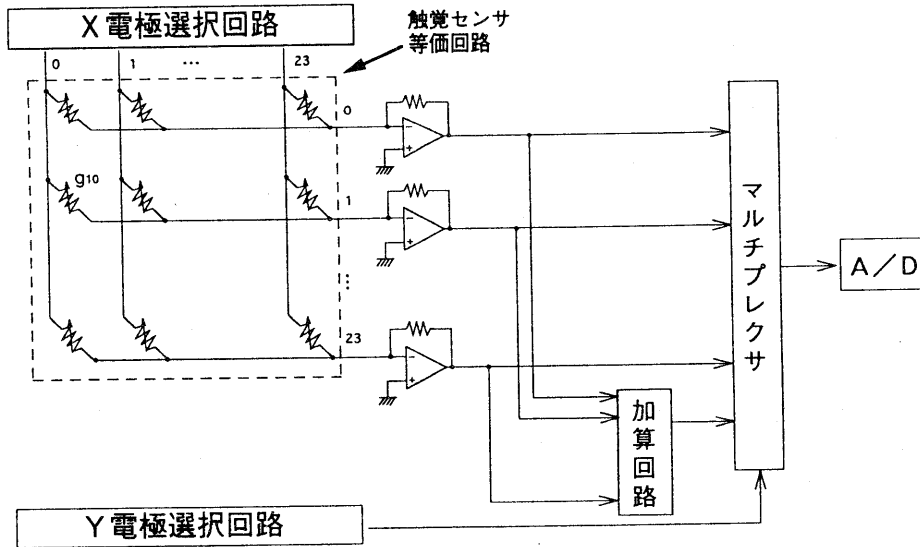


図7 インタフェース回路

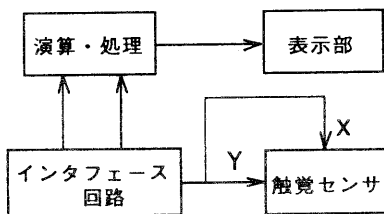


図6 ブロック図

## 4. システムの構成

### 4.1 システムの概要

図6にシステム全体のブロック図を示す。演算・処理部は、インタフェース回路を介して、触覚センサのX電極、Y電極を選択的に駆動する。インタフェース回路は、X電極とY電極によって選択される感圧領域のコンダクタンスに比例する電圧をデジタル値に変換する。変換されたデジタル値は演算・処理部へ入力される。演算・処理部では、入力されたデータに対して演算処理を施し、点字の切り出しをする。そして、切り出した点字データから墨字データを作り、表示部へ出力する。

本研究では、携帯型の点字読み取り器の開発を目標としているが、現段階では演算・処理部にはパーソナルコンピュータを使い、また、インタフェース回路は、ユニバーサル基板上にディスクリート素子で製作した。

### 4.2 インタフェース回路

図7にインタフェース回路を示す。インタフェース回路の製作にあたっては、前項で述べたアルゴリズムに基づくソフトウェアの実行時間を短縮するために、コンダクタンスの加算をハードウェア的に行うようにした。さらには、単純に各X電極と各Y電極間の電圧とそこに流れる電流からコンダクタンスを求めようとする、目標とするコンダクタンス以外を経由する不要な電流が流れてしまうので、これを防止するようにした。

以下、図7に基づいてインタフェース回路を説明する。X電極選択回路は図6に示した演算・処理部によって制御され、X電極の一つあるいは複数を選択して $-5V$ とし、非選択の電極を $0V$ にする。演算増幅器は選択されたX電極と各Y電極間のコンダクタンスに比例した電圧を出力する。X電極の複数が $-5V$ にバイアスされた時は、その複数の電極に接続されるすべてのコンダクタンスの和に比例した電圧を出力する。

加算回路は、X電極が一つ選択された場合は、その電極に接続されるコンダクタンスの和に比例した電圧を出力する。X電極が複数選択された場合も同様にして、加算回路は $24 \times$ (選択されたX電極の数)個のコンダクタンスの和に比例する電圧を出力する。

Y電極選択回路はマルチプレクサを駆動し、24個の演算増幅器の出力、あるいは加算回路の出力電圧

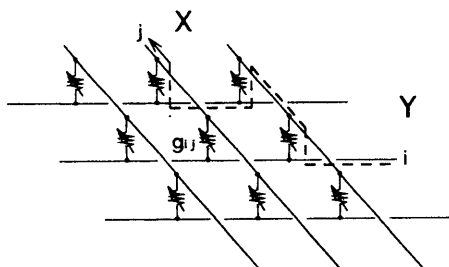


図8 不要電流経路

のいずれか一つのみを、アナログ/デジタル変換回路（以下 A/D 変換回路という）へ入力する。

A/D 変換回路はマルチプレクサを介して入力されたアナログ電圧をデジタル値に変換する。変換されたデジタル値は、図6に示した演算・処理部へ入力される。

上記のように構成した回路は、不要な電流を防止する機能を併せ持つ。即ち、前述したように電極  $X_j$  と電極  $Y_i$  間のコンダクタンス  $g_{ij}$  を求めるために、単純に  $X_j$  と  $Y_i$  の間に電圧を印加すると、コンダクタンス  $g_{ij}$  以外を通る不要電流経路が生ずる。これを図8に破線で示す。このため、測定されたコンダクタンスは真のコンダクタンス  $g_{ij}$  よりも高い値となる。そこで、本研究ではインタフェース回路を製作する際、下条らが提案した方式<sup>(7)</sup>を参考にして不要電流を抑える回路構成とした。図7に示したように、Y 電極のそれぞれの電極は電位が 0V の演算増幅器の反転入力端子に接続されている。上述したように、X 電極のうち、選択された電極の電位は -5V、他の電極の電位は 0V とされるから、各 Y 電極から -5V にバイアスされている X 電極へ流れる電流は、両者の間のコンダクタンスを通る電流のみであり、不要電流は流れない。

本インタフェース回路を用い、前項で述べたアルゴリズムを C 言語でプログラミングして、PC-9801vm 上で実行した。その結果、図3(a)に示す点字を図5に示した点字パターンに切り出すのに要した時間は 26 ms であった。

## 5. むすび

本報告では、点字凸の新たな検出方法として、感圧導電性ゴムを用いる方法を提案した。本方法は視覚障害者が指先で点字を触読するのに近い凸の検出方法であり、従来提案されている点字凸の検出方法に付随する問題点が解決できることを示した。また、

点字凸の検出と点字の切り出しに要する時間が、回路的な演算処理を含むアルゴリズムによって、短縮できることを示した。また、触覚センサが点字に対してある程度傾いて置かれた場合についても、正しく読み取りできることを示した。今後は、読み取りの信頼性評価を行うとともに、墨字表示あるいは音声表示をする表示部を含むシステムを小型化することを目標として研究を継続していきたいと考えている。

## 文献

- (1) 米沢, 片桐, 伊東, 佐々: “点字読取装置の開発”, 第7回感覚代行シンポジウム, pp. 88-91 (1981).
- (2) 福田, 伊東, 米沢: “各種点字に対応する手持ち点字読み取り装置”, 第12回感覚代行シンポジウム, pp. 75-78 (1986).
- (3) 長谷川: “点字図書館と点字システムの開発”, 第25回IBM ウェルフェアセミナー, pp. 23-32 (1986).
- (4) S. Nitta and M. Ohkawa: “Recognition probability of braille reading prototype system”, SICE'88 第27回学術講演会予稿集, pp. 799-802 (1988).
- (5) 小川, 菊地: “点字・触図読取装置の試作”, 第8回リハ工学カンファレンス講演論文集, pp. 393-398 (1993).
- (6) A. K. Bejczy: “Sensor systems for automatic grasping and object handling”, Proc. of Int. Conf. on Telemanipulators for the physically Handicapped, pp. 279-299 (1978).
- (7) 下条, 石川, 金谷: “高密度フレキシブル圧力分布イメージャ”, 日本機械学会論文集 C, 57, 537, pp. 150-156 (1991).