

スリット光を用いた 携帯型点字読取装置

小嶋 祐登^{†1} 吉高 淳夫^{†1}

概要: 日常生活に存在する点字による公共文章や、案内板に対して点字が読取れない視覚障害者であっても「ユーザー自身が文字を読取る」体験を携帯型点字読取装置により提供することで、視覚障害者のQOL (quality of life) の向上をもたらすことを目的とする。本研究では持ち運び可能な携帯型点字読取装置を開発するために課題となる、点字が印刷された環境に依存せず点字の突起を検出する手法としてスリット光を用いることで、スリット光の変位により点字の突起を直接読み取る方法を提案する。

1. はじめに

1.1 点字とは

点字はルイ・ブライユにより開発された2行3列の計6点の突起を組み合わせることで表現される文字である。JIS規格[1]の点字の大きさを図1と表1に示す。

1-2 縦間隔 a が 2.2~2.8mm、1-4 横間隔 b が 2.0~2.8mm、マス間の1-1'間隔 p が 5.1-6.8mm 行間隔1-1''間隔 q が 10.0~15.0mm 各点の直径は 1.0~1.7mm で高さ 0.3~0.7mm である。この6点の突起を「触る」ことにより文字として読取る。点字は日本国内において、駅などの公共施設の案内板や公共文章や食品のパッケージなど幅広い場面で利用され紙面や金属、プラスチックなど様々な環境に印刷されている。

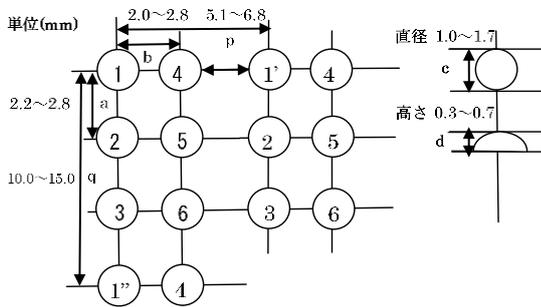


図1 点字サイズ

表1 JIS規格 点字サイズ

JIST0921 (単位 mm)					
縦間 a	横間 b	マス間 p	行間 q	直径 d	高さ c
1-2 間	1-4 間	1-1 間	3-1 間		
2.2	2.0	5.1	11.0	1.0	0.3
-2.8	-2.8	-6.8	-15.0	-1.7	-0.7

2. 目的

視覚障害者数は日本国内では約35万人[2]とされている。点字は指先の触覚のみで点のパターンを読みとる必要があ

り、習得には長期間の訓練が必要となる。実際、身体障害児・者等実態調査[3]において点字ができると回答したものは12%程度であった。しかしながら、点字は視覚障害者にとって触覚を使用して「ユーザー自身が文字を読取る」唯一の手段であり、点字を容易に読取ることができる環境を提供することは、視覚障害者のQOL (quality of life) の向上をもたらす。日常生活に存在する点字に対して点字が読取れない視覚障害者であっても複雑な手順を必要とせず点字に対して走査するだけで点字が読取れる携帯型点字読取装置を開発するために課題となる、点字が印刷された環境に依存せず点字の突起を検出する手法と検出した突起から文字へ翻訳するアルゴリズムを提案する。

2.1 先行研究

先行研究では、持ち運び可能な点字読取装置が提案されている。高梨[4]らの研究では、板ばねにストレインゲージを貼り付け点字に対して板ばねを接触させることで、物理的な変位により点字を読取る方法が検討されている。しかしながら、板ばねで直接点字を読み取る方法では、点字を磨耗させてしまう可能性や点字の突起に対して板ばねを正確に接触させる必要があり、装置の使用に熟練が必要となる。米沢[5]らの研究では光源と光センサを用いて点字に生じる陰影から点字を検出し、装置の移動量をロータリーエンコーダで検出する手法を提案している。12m/s までの速度で走査した場合では、100%の検出精度となっているが、両面に打たれている点字に対しては検出精度が1割程度低下する。Mihara[6]らはPCを背負い、ヘルメットに装着したカメラと光源で点字を読取る装置を提案している。カメラを用いて点字を読取る方式は非接触で測定でき、点字を磨耗させない利点がある。しかしながら、点字の突起により生じた陰影から点字を検出する手法のため、点字の磨耗や破損によって陰影の状態が異なる場合や、墨字（通常のインクで印刷された文字）と点字が重なり点による陰影と墨字との判別ができない。そのため、点字が印刷された環境や、点字の状態によって検出精度が低下する傾向が見られる。しかしながら、現実的に公共文章や案内板など様々な

^{†1} 北陸先端科学技術大学院大学

素材に点字が印刷され、点字の印刷状態も様々である。複雑な手順を必要とせず持ち運び可能な携帯型点字読取装置を開発するためには点字や印刷環境に依存せず安定的に点字を読取る手法の確立が必要である。

3. 方法

3.1 概要

点字により生じる陰影から点字を検出した場合、陰影と墨字との区別が困難なことや点字の摩耗や破損によって陰影の状態が異なる場合に出力精度が低下する。このような印刷環境に依存しない点字読取り手法として「光切断法」を応用した方法を用いる。スリット光の点字突起により生じる変位から点字の読取りを行う。試作した点字読取装置は、点字読取りを行う部分と計測した結果から点字として翻訳する PC(windows)で構成される。システム構成図を図 2 に示す。

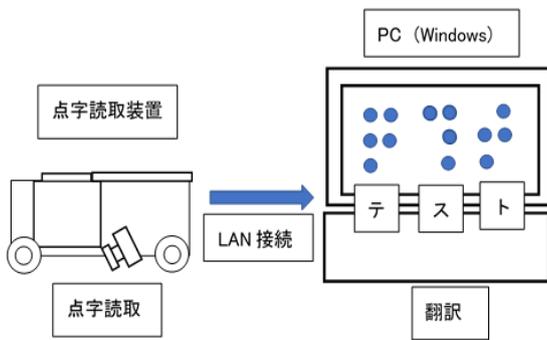


図 2 システム構成図

3.2 点字読取部装置

点字読取装置の構成図を図 3 に、試作した点字読取装置を図 4、5 に示す。赤色 LED(OptoSupply : OSR5XNE1C1E) を光源とし、厚さ 0.2mm のアルミ板で 2mm 幅のスリット光を作成する。点字読取装置の移動量を測定するため直径 20mm のローラーに 2 相ロータリーエンコーダ(アルファ技研 : REL18-100BP)を装着する。2 パルス (0.324mm) 毎にカメラ(OmniVision Technologies : OV5647)にて画像取得を行う。点字印刷面に対して垂直に投影されたスリット光を、15°の角度で固定されたカメラによりスリット光の変位を計測する。

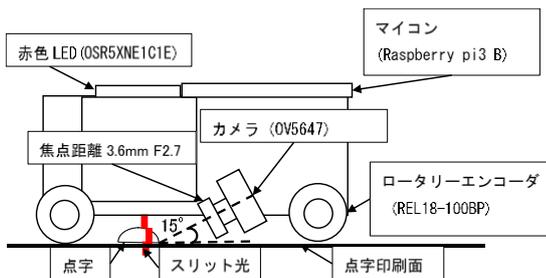


図 3 点字読取装置 構成図

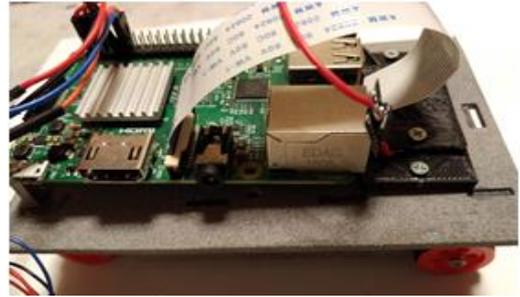


図 4 試作した点字読取装置

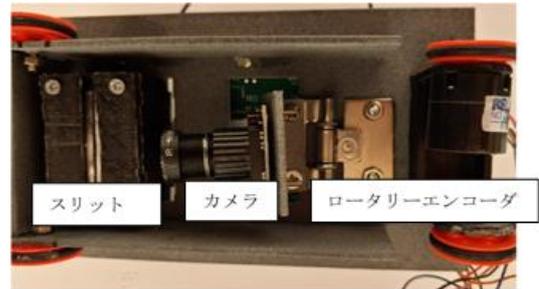


図 5 試作した点字読取装置の背面

3.3 点字読取アルゴリズム

取得した画像から点字の突起によるスリット光の変位を計測するため処理を図 6 に示す。

320x240pixel でカメラから取得した画像をグレースケールに変換し手動で決定した閾値により 2 値化する。2 値化画像 N[x,y]に対して、Y 軸方向で白色ピクセルの中央値 S を求めることで、スリット光の座標を求める。

$$S(x) = (N[x,y] + N[x,y+1]) / 2, \quad (1)$$

点字の突起によりスリット光が変位しているグレースケール画像と 2 値化画像を図 7,8 に示す。画像の縦方向が点字の行に対応している。

取得したスリット光の座標は CSV ファイルにて LAN 経由で PC へ転送する。

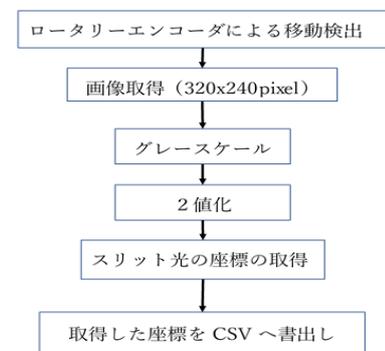


図 6 点字読取装置アルゴリズム

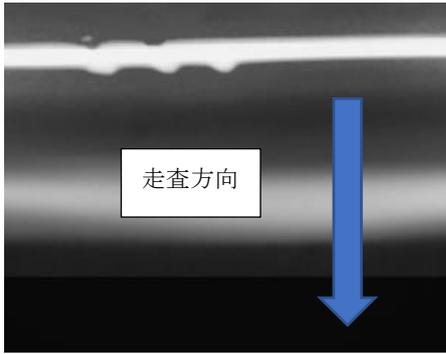


図 7 点字計測画像 (グレースケール)



図 8 点字計測画像 (2 値化)

3.4 点字翻訳アルゴリズム

3.4.1 点字の画像化

点字読取装置にて取得したスリット光の座標 $S(x)$ から、座標の平均を減算することで、バイアス成分を除去する。

$$S(x) = S(x) - \underline{S(x)}, (2)$$

その後、バイアス成分を除去した座標の一定以上の変位を点字と「考え」点字を画像化する。座標から生成した点字画像を図 9 に示す。

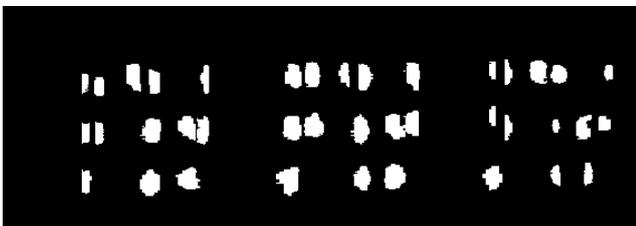


図 9 スリット光の変位から作成した点字画像

3.4.2 点字検出器

図 10 に示すテンプレートを点字検出器として用いる。円弧半径 r 内の白色ピクセル数から点字の検出を行う。円形範囲内の白色ピクセル数を $DotScore$ と定義する。

$$DotScore(x, y) = \sum_{r=0}^r \sum_{r=0}^r (S[x+r, y+r]), (3)$$

X 軸方向に対しての点字探索を行う間隔を T_x と定義し 16Pix 毎に探索を行う。Y 軸方向に対して点字探索を行う間隔を T_y と定義し 40Pix 毎に探索を行う。また、点字配列に合わせ X 軸方向に 2 回、Y 軸方向に 3 回評価を行う。点字を評価した結果を $TenjiScore$ と定義する。

$$TenjiScore(x, y) = \sum_{i=0}^2 \sum_{j=0}^3 (DotScore[x + Tx(i), y + Ty(j)]), (4)$$

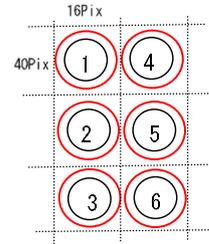


図 10 点字検出器テンプレート

3.4.3 点字翻訳

点字翻訳アルゴリズムを図 11 に示す。点字画像を読み込み、点字検出器により白色のピクセル数が最大となる Y 座標 $EstimationCol$ から点字①の位置を推定する。

$$EstimationCol(y) = \max \left(\sum_{x=0}^x \sum_{y=0}^y (TenjiScore[x, y]) \right), (5)$$

その後、算出された Y 座標から、X 軸方向に連続する白色ピクセルの中央値を各文字の点字①の X 座標 $EstimationRow$ として推定する。

$$EstimationRow(x) = \frac{\sum_{x=0}^n \sum_{i=0}^3 S[x + Txi, Estimation(y)]}{2} \quad (S > 0), (6)$$

各点字の推定された①の X, Y 座標から、点字検出器 (4) により点字を評価することで、①～⑥点の有無を判定し点字文字の翻訳を行う。点字翻訳を行った結果と、試作した点字翻訳ソフトを図 12 に示す。

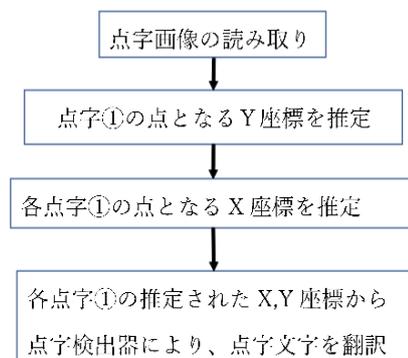


図 11 点字翻訳アルゴリズム



図 12 点字を翻訳した出力結果



図 14 点字「め」「め」「め」「め」「め」翻訳結果

4. 実験

4.1 実験方法

本研究で提案した点字の検出精度を検証するため、点字器(日本点字図書館：N632 小型点字器 6 行×32 マス)で 6 点全てを使用する点字「め」5 文字を紙面上に作成した。作成した点字対して試作した装置を手で持ち 15 回走査し合計 450 点の検出を行った。点字に対して水平に操作するための治具として、3mm 厚の亚克力板を用いた。実際に走査実験を行った点字を図 13 に示す。

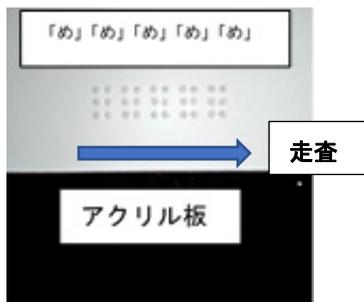


図 13 点字「め」「め」「め」「め」「め」

4.2 実験結果

点字文字「め」5 文字にたいして 15 回走査した結果、450 点中で欠落し検出されなかった点が 25 点、検出率は 94% となった。45 文字の中で誤翻訳された文字は 14 文字と翻訳率は 81% だった。点字の翻訳結果を図 14 に示す。誤翻訳された結果の詳細を表 2 に示す。「に」に誤翻訳された場合、点の検出は正確に行えていたが、ロータリーエンコーダのパルスを過剰に検出してしまい、「め」が 2 文字分と判定された結果として画像化された段階で点間隔が正確に取得できず誤翻訳された。「ね」「て」「も」「せ」は、画像化した段階で点が欠落していたため結果として誤翻訳となった。「に」「き」「し」「い」については、走査時に装置が傾いたこと、ローラーが滑ったことにより、点が欠落してしまうことや移動量が正しく読めとれず誤翻訳となった。誤翻訳された結果は翻訳アルゴリズムが誤った分類をしたのではなく、スリット光の変位から点字画像を生成した段階で点が正確に読み取れていなかった。

表 2 点字誤翻訳結と点誤検出結果

文字	誤翻訳数	取得できなかった点数	点字配列
ね	3	6	⠠
て	3	3	⠠
も	2	2	⠠
せ	1	1	⠠
き	1	3	⠠
し	1	2	⠠
い	1	8	⠠
に	2	0	⠠
合計	14 文字	25 点	

5. 考察

点の検出精度は 94%、点字から文字への翻訳率は 81% となった。翻訳率を低下させている原因として、スリット光の変位から点字画像を生成する段階で、点が欠落することや、移動量が取得できていないことが原因であった。点が欠落する理由として、点字読取り装置が傾いた場合や印刷面が水平ではない場合に、スリット光が傾くことが原因と考えられる。現在のアルゴリズムではスリット光のある座標の平均値を差分することでバイアス成分を除去し点字成分を強調させているが、傾きがあることにより座標の平均値を差分したとしても、バイアス成分を除去することができず点字成分がバイアス成分に埋もれ画像化できなくなっていた。そのため、今後スリット光の傾き補正を行うことで、バイアス成分を除去でき点の検出精度が向上すると考えられる。また、ロータリーエンコーダによる移動量が取得できない箇所がみられた。移動量が正確に取得できない要因として、ローラーの滑りやパルスのチャタリング

と考えられる。試作した点字読取り装置をより操作しやすい形状へ変更することや、ロータリーエンコーダを接続する回路にLPFを装着することで高周波成分のパルスを除去することができ正確な移動量が取得できるように改善されることが考えられる。2値化する閾値やスリット光の変位を検出する閾値を手動で決定しているため、今後、自動で閾値を決定するアルゴリズムを導入する事や画像化した点字に対して回転補正を行うことで点字読取り精度が向上すると考えられる。

6. おわりに

本研究で提案したスリット光の変位から点字読取りを行う方法が有効であることが分かった。

しかしながら、スリット光から点字を読取るアルゴリズムに、不安定な部分があり精度を向上させる必要がある。

本研究の目的である様々な環境に適応できる点字読取り方法なのか検討は今後の課題である。紙面上だけでなく公共施設等にある点字や、墨字と重なる点字の読取り精度の検証を実施する。

参考文献

- [1] JIST0921 アクセシブルデザインー標識, 設備及び機器への点字の適用方法
<http://kikakurui.com/t0/T0921-2006-01.html>
- [2] “身体障害児・者等実態調査”
<https://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/shintai/06/index.html>
- [3] 高梨 宏之, 王 鋒, 田中 真美, 長南 征二, 御室 哲志. 携帯型点字読み取り支援装置の開発. 日本機械学会論文集 C 編 2012. 78 (790), 2143-2151,
- [4] 米沢 義道, 伊東 一典. 計測自動制御学会論文集 1988, Vol. 24, No. 10, 1071/1076
- [5] Y. Mihara, A. Sugimoto, E. Shibayama, and S., Takahashi (2005), “An Interactive Braille-Recognition System for the Visually Impaired Based on a Portable Camera”, Proceedings of CHI Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems, pp. 1653-1656.