

視覚障害者のセーフ・モバイル・アクセスを実現する腕時計型点字ディスプレイの開発

代表研究者 南 谷 和 範
共同研究者 萩 川 友 宏

独立行政法人大学入試センター 研究開発部 准教授
筑波大学大学院システム情報系情報工学域
学術情報メディアセンター 准教授

1 はじめに

いつでもどこでも安全に視覚障害者の情報アクセスを実現するデバイスとして、腕時計型点字ディスプレイの開発を行った。スマートフォンに代表される携帯端末は、視覚障害が当人に及ぼす社会生活上の制約、情報障害と移動障害を軽減するデバイスとしての活用が期待できる。そのような観点から構想された製品化も随時進められてきた。しかしながら、従来視覚障害者はこうした端末を音声出力で利用する以外にほとんど手段がなかった。

携帯端末が優位性を発揮するのは、野外、パブリック・スペースにおける起立状態であるが、こうした場で音声出力を用いることは（他人に聞かれる気恥ずかしさやプライバシーの問題をひとまず置くとしても）周囲の騒音を考慮すると快適な UI（ユーザ・インターフェイス）とは言えない。また、周囲の状況を聴覚を通じて認識する視覚障害者にとって、環境音以外に端末の音声ガイドに注意を分散させるということは環境認知能力の低下につながる。とりわけ災害下での利用は危険をとまなうものともなりかねないことは留意されなくてはならない。視覚障害者がいつでもどこでも安全に情報にアクセスできるデバイスとしての腕時計型点字ディスプレイの意義はこうしたニーズの達成にある。時計・分針を触って読み取る触読式腕時計は視覚障害者の中で古くから利用されてきた。触読式腕時計の写真を図 1 に示す。



図 1 触読式腕時計
(研究代表者所有)

ICT の利用における点字ディスプレイの活用は、点字使用者の間で定着している。古典的な点字ディスプレイの典型である旧 Alva 社(現 Tieman 社)の Satellite 544 点字ディスプレイの写真を図 2 に示す。触読式腕時計と点字ディスプレイそれぞれの経験的に裏打ちされた実用性を総合し、片手首に小型点字ディスプレイを固定し、他方の手の指で読み取る本研究の方針は実用的と判断され、開発を進めた。



図 2 Alva 社 Satellite 544 点字ディスプレイ
<http://www.visioncue.com/braille-displays/ALVA-544-satellite-traveller.html> より引用

1-1 表示文字数の制約と実用性の検証

点字ディスプレイを腕時計に準じた大きさ、形状とするために、表示文字数は制約されることとなる。後述するように本点字ディスプレイの表示文字数は 1 行 8 桁であり、1 行 32 桁ないし 40 桁を採用する従来の点字ディスプレイと比較して 1/5 程度となる。

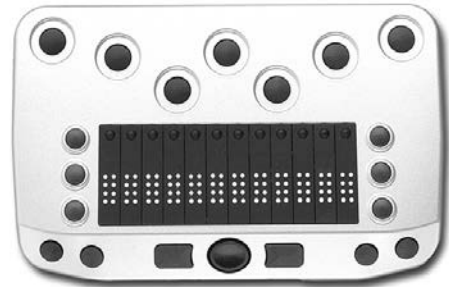
表示文字数の制約については、近年の小型点字ディスプレイの動向を踏まえ、一定の実用性が確保できると判断した。1990 年代には、1 桁の点字ディスプレイを搭載したノートテイク BrailleMate（テレセンサリー社）や 8 桁表示の Bookworm 点字ディスプレイ（Handy Tech 社）が製品化されている。これらはコストの低減が主要な目的であり、当時の技術による小型化は不十分であった。そのため、市場で十分な成功を

取めたとはいいがたく、後継機種 of 継続的開発・販売は行われていない。

近年、欧米ではスマートフォンの文字入出力デバイスとしてキーボード付き点字ディスプレイの製品化が盛んに行われている。これらの製品は小型化を重視しており、14桁表示の FreedomScientific 社 Focus Blue 14[1]や、12桁表示の BAUM 社 VarioConnect 12[2], Optelec 社 EasyLink 12[3], Harpo 社 BraillePen 12[4] も存在する。



FreedomScientific 社 Focus Blue 14



BAUM 社 VarioConnect 12



Optelec 社 EasyLink 12



Harpo 社 BraillePen 12

図 3 スマートフォン用キーボード付き点字ディスプレイ

このように、10桁前半の表示文字数の製品が1つのジャンルを形成していることは、表示桁数の制約された小型点字ディスプレイへのユーザニーズの存在の傍証と考えられる。

このジャンルの製品は着座での使用を想定しており、起立状態でのデバイス保持への配慮は行われていない。本腕時計型点字ディスプレイはこの限界を解決する。その一方で、表示文字数は8桁となり、また形態上の制約から文字入力機能は省略される。

2 腕時計型点字ディスプレイの仕様

利用目的と種々の制約を勘案し以下のように仕様を決定した。

2-1 出力インターフェース

出力インターフェースには、市販の小型点字セルを用いる。点字セルは、一般には piezo 素子に高電圧を印加することにより生じる反りによりピンを上下に駆動し点字の点を表現する。ごく僅かな piezo 素子の反りから蝕知可能な 1mm 弱のストローク量を得るため、piezo 素子は長いアーム状に成形され、その反りを累積させている。8 点点字セルには、このアームが 8 本平行に内蔵されており、表示面の後方にこのアームのための奥行きを必要とする。筆者らが入手可能な点字セルユニットで最も小型のものは、KGS 社の SC11 で、その 1 セルあたりの幅は 6.4mm、奥行きは 67.45mm であった。従って、奥行きはこれより小さくできない。

一方、幅については、ユニットをいくつ並べるかで自由に選択可能であるが、6セルで38.4mm、8セルでは51.2mmの幅を占めるから、腕に装着するにあたってはそのセル数は少ないほどよい。一方で、セル数が少ないほど可読性は低下する。たとえば、6セルでは、日付や時刻を表示するにも不足気味である。

事前の検討結果より表示は8セル必要と考え、他のコンポーネントを可能なかぎり小さく保つ設計方針とした。8桁は、元来ユーザネームやパスワード、ファイル名の上限值として用いられていたこともあり、慣習的な1単位の目安として機能しやすいことも考慮した。点字セルはセル数にかかわらず、ピンの上下データをクロックで内蔵シフトレジスタに転送し、ストロブで反映させる（GNDを含めた）4線式制御である。

2-2 電源

ピエゾ素子の駆動には高圧電源が不可欠である。その電圧は150Vないし200Vであるが、電流はピンあたり μA のオーダーでしか消費しない。8セルの場合、同時に駆動すべきピンが一般的な点字ディスプレイの1/5程度であるため、電力消費はさらに限られる。KGS社がSC11用に提供するDC-DCコンバータPSR-BE03-PK551は35mm×35mm×12mmの大きさがあり、利用できない。同社により選択的に推奨されるベルニクス社のBYH05-200S01も32mm×20mm×12mmの大きさがあり、不適當である。そのため、フットプリントが0.5インチ四方のPico Electronics社製超小型DC-DCコンバータ5SM200Sを採用し、5Vから200Vへの昇圧を行うことにした。さらに、5SM200Sは点字セルのような低負荷では昇圧が安定せず、点字セルを破壊する可能性があることが判明した。そこで、5SM200Sとサイズ、ピンハイチに互換性のあるUltraVolte社製0.2PXS5-SMT-FL1.5-Mに変更した。

また、5Vの給電には、1,500mAhの容量をもつサンコー株式会社のリストバンドバッテリー2を採用した。バッテリーは一定の容積を占有するため、しばしばモバイルデバイスの小型化を阻む要因となる。本腕時計型点字ディスプレイでは既に点字セルユニットにより大きな容積が占有されており、本体へのバッテリーの単純な追加は装着性を損なう。この製品を用いることで、腕時計のバンドにあたる部分にバッテリーを搭載でき、点字セルユニットが搭載される腕時計本体部の容積を増大させない。重量の分散も実現される。

2-3 通信方式とマイクロコントローラ

本腕時計型点字ディスプレイは、点字出力とスイッチ入力の機能のみを有し単体での動作は行わない。実際の使用に際しては、ホストコンピュータ（スマートフォンないし小型パソコンを想定）上で動作するソフトウェアによりもっぱら制御される。携帯機器との通信のための無線インタフェースとしては、Bluetoothを採用し、SPP (Serial Port Profile) で制御することにした。電力面からBluetooth Low Energy (LE) も検討したが、現状ではまだ接続機器が限定されることから採用しなかった。

自作機器のBluetooth制御には、Bluetooth-シリアル変換モジュールと外部のマイクロコントローラを接続するのが一般的である。しかし、複雑な通信プロトコルをハンドリングするため、Bluetooth-シリアル変換モジュールそのものにも通信制御用のマイクロコントローラが搭載され、そこにBluetoothのプロトコルスタックが実装されている。従って、この通信制御用のマイクロコントローラにユーザプログラムを書き込み点字セルの駆動ができれば、機器制御用の外部マイコンを不要にでき、小型化と省電力化を両立しうる。本腕時計型点字ディスプレイでは小型化が優先度の高い課題であり、システム全般を制御するマイコンと無線通信をハンドリングするマイコン二つを搭載することは許容できない。

このような条件を満たすものとしては、CSR社のBlueCore4をベースとするBluetooth-シリアル変換モジュールが存在し、BlueLabという開発ツールで開発が可能である。図4にBlueCore4ベースのBluetooth-シリアル変換モジュールを用いた試作ボードを示す。

しかし実際に開発を進めたところ高速I/O処理に向かず、点字セルにデータを送出するのに多量のウェイトを挿入しなければならないことが判明した。このため、逆に機器制御用マイクロコントローラにBluetoothスタックを載せることで、Bluetoothスタックが載る通信制御用マイクロコ

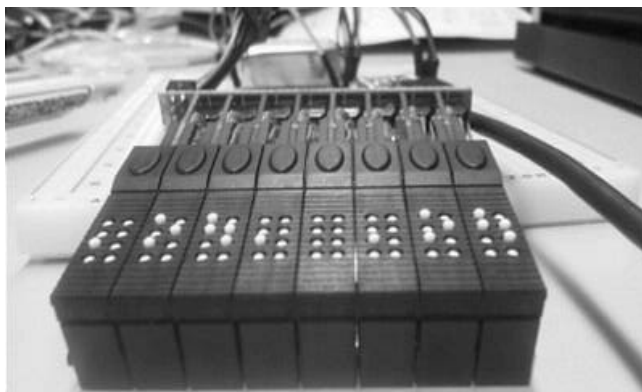


図4 BlueCore4ベースのBluetooth-シリアル変換モジュールを用いた試作ボード

ントローラを省く設計へ転換した。

最終的に採用したコントローラは Microchip 社の PIC24FJ64GB002 で、これに PIC24F シリーズにポーティングされた Bluetooth スタック `pic24f_btstack[5]` と制御用ファームウェアを搭載した。制御コードは、独 Baum 社が VarioConnect に採用しているコントロールコード[6]と互換になるよう実装した。

2-4 入力インターフェース

8 セルでは桁スクロールを頻繁に行わなければならないため、その指示をはじめとした入力を行うインターフェースが重要になる。プロトタイプでは、点字セル1つずつに対応するタッチカーソルのほか、上下左右に加え押下操作の 5 自由度をもつナビゲーションスイッチを親指側に配置することにした（フラットケーブルでメイン基板と接続される）。

さらに、基板裏側に実装される DC-DC コンバータの幅から生じる右側の余白を利用して、点字セルの右側にも 5 自由度ナビゲーションスイッチを配置した（図 5）。触読で左手人差し指が右端に達するとナビゲーションスイッチに当たり、そのまま右に倒せば自然にスクロールできる目論見である。部品実装後のプロトタイプ腕時計型点字ディスプレイを図 5 に示す。

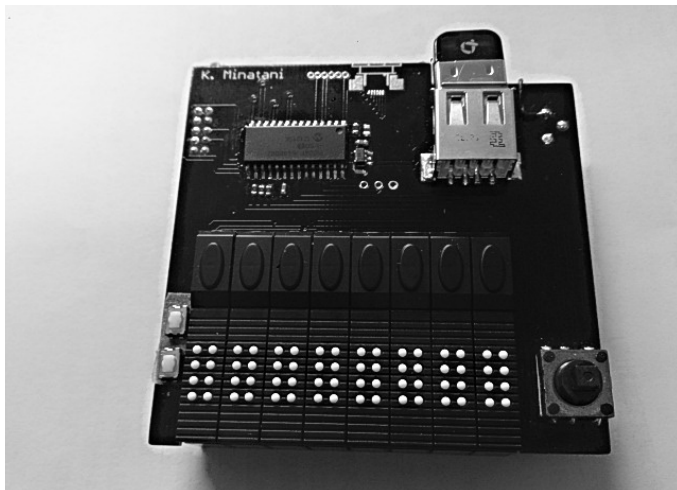


図 5 プロトタイプ腕時計型点字ディスプレイ

2-5 装置の小型化

プロトタイプは、DC-DC コンバータの裏面実装によって生じる右側の余白が大きく、腕に装着するにはいくらか無理が生じた。このため、初回試作では（診断やパターン修正などのため）SOIC パッケージで設計していた PIC24FJ64B002 を SSOP パッケージに変更し、生まれたスペースを利用して DC-DC コンバータを表面に移動した。さらに、SC11 のバックプレーンコネクタを逆向きに付け変えることにより左上の飛び出しをなくし、小型化を図った。この変更により、基板サイズは 70mm(W)*69mm(D) から 59mm(W)*64mm(D) に縮小された。上記、

バックプレーンの付け替えにより SC11 の奥行を 3mm 程度削減することに成功し、SC11 搭載後のサイズも 59mm(W)*64mm(D) となった。桁スクロールは、基板の左余白に 3 つのボタンを設け、そのうち 1 つが点字セル表示面の真左になるようにした。これを押してから右に指を滑らすことで、次々と文章を読み進むことができる。通信プロトコルを互換とした BAUM 社 VarioConnect のボタンレイアウトとも整合的である。最終的に装置の大きさは、60mm(W)*64mm(D)*28mm(H) となった。日本人成人男性が腕に装着した状態を示す。



図 6 腕時計型点字ディスプレイを装着した状態

3 制御ソフトウェアの概要

腕時計型点字ディスプレイのハードウェアの開発と並行して、ホストコンピュータで動作する制御ソフトウェアの開発を行った。ホストコンピュータの OS は Debian GNU Linux を用い、処理系には Python 2.7 を利用した。当初よりスマートフォンをホストコンピュータとした腕時計型点字ディスプレイの使用をユースケースとして重視していた。システム層に関わるソフトウェア開発を必要とするため、ホストコンピュータとして利用できるスマートフォンは現実的には Android OS を採用したものとなる。研究期間中、随時 Android OS の新リリースに伴うアクセシビリティの向上や開発環境の動向を注視した。その中で、接続す

る点字ディスプレイをハンドリングするミドルウェアの成熟が現状不十分で、UI 開発に注力する今回の目的には未だ適切な環境ではないという結論に到達した。そこで、引き続き Android スマートフォンにおけるアクセシビリティのアセスメントを続けつつ、研究代表者所有の超小型パソコン(ソニーVAIO P)に上記 Linux 環境を構築し、これをメインのホストコンピュータプラットフォームとした。点字ディスプレイとの通信は、Linux 用のスクリーンリーダー BRLTTY[7]で行い、制御ソフトウェアからは BRLTTY が提供する BrIAPI[8]を通じて点字ディスプレイを制御する。開発途上の腕時計型点字ディスプレイの代わりに、プロトコルを互換とした BAUM 社の VarioConnect 40 点字ディスプレイの実機を用いた。同点字ディスプレイは 40 桁の点字表示ができるが、制御ソフトウェアは左端 8 桁のみを表示に用い、腕時計型点字ディスプレイへの出力をシミュレートする。

日本語文章を日本語点字に変換するためには、漢字カナ交じり文から仮名分かち書きへの変換を含む点訳処理が必要である。今回は、神戸大学大学院医学研究科医療情報学分野で管理されている、自動点訳サーバ eBraille を用いた[9]。同サーバは触地図自動作成システムでの利用を考慮し、地名などの仮名分かち書きの精度向上が試みられている[10]。この特質は、後述するように災害、気象、公共交通機関の運行状況などの情報提示を重視する本腕時計型点字ディスプレイにとっても有用と考えられる。同サーバでの点訳は、

- (1) 漢字カナ交じり文から仮名分かち書きへの変換
- (2) 仮名分かち書きから点字への置き換え

の 2 段階の処理を行う。後述するように、本制御ソフトウェアでは独自に点字表記の工夫による短縮を行うため、同サーバは第 1 段階の漢字カナ交じり文から仮名分かち書きへの変換のみに利用する。なお、同サーバを利用するために、本制御ソフトウェアの動作にはホストコンピュータのインターネットへの接続が必須となる。

4 表示文字数の制約の下で効率的な情報アクセスを実現する UI の開発

4-1 対象文章の設定

前述のように、本腕時計型点字ディスプレイ表示部は 1 行 8 桁であり、制御ソフトウェアを用いて提示するコンテンツとその表記形式について検討を行った。点字ディスプレイで文章を閲覧する際、対象の文章が点字ディスプレイの表示文字数に収まらない場合には、表示領域をスクロールさせることで文章全体の閲覧を行う。1 行 8 桁の本腕時計型点字ディスプレイでは、従来型の (32 桁ないし 40 桁の) 点字ディスプレイに比してユーザが頻繁にスクロール作業を行う必要がある。そのため、一般に流通する文章をそのまま閲覧することはユーザビリティの点で望ましくない。利用目的に即して、特に対象とする文章の長さ、類型を定めることとした。

前述した欧米で近年製品化されている小型点字ディスプレイは、スマートフォンなどのモバイルデバイスの端末として用いることが想定されているが、しばしば SMS の入出力デバイスとしての利用が明示的に提案されている。図 7 に当該諸製品のウェブページにおける利用提案の一部を示す。

**-anywhere Braille interface device. Read text messages, navigate your Smartphone
ig your phone off your belt or out of your bag. With Focus 14 Blue, you have an effic
smartphone, plus the ability to read your Smartphone's display silently.**

例 1: Focus 14 Blue

devices. Whether on the move, working with regular
computer applications, or reading and writing
SMS messages on a smart phone, VarioConnect
is an essential tool for reading and writing Braille

例 2: VarioConnect 12

2 Braille cells and a keyboard composed of 6 ergonomically-placed Braille inq
allows you to effortlessly receive e-mails, send text messages, chat with youi
e internet, all in Braille.

例 3: EasyLink 12

図 7 スマートフォン用小型点字ディスプレイのウェブページにおける利用提案

SMS は1つのメッセージの最大文字数が、半角 160 文字に制約されている。12桁の点字ディスプレイを用いて 160 文字のメッセージを読む場合、13回のスクロール(12桁点字セルユニットで14回分の表示)が必要となる(ワードラップを有効にしたり、冗長な点字表記法を用いたりする場合には増大する)。これを一つの基準として、本腕時計型点字ディスプレイで13回のスクロールに相当する1メッセージの上限の目安を112文字程度とするような伝達手段を探索、構成することとした。

今回は、短文投稿サイトに投稿されるメッセージを腕時計型点字ディスプレイで表示する文章と想定し、特に Twitter をターゲットとした。Twitter は SMS の文字数制限に即して一つのメッセージの長さを最大 140 文字に制限している。そのため、メッセージの長さは、小型点字ディスプレイでの表示に一定の親和性があると考えられる。Twitter に代表される短文投稿サイトは、災害、気象、公共交通機関の運行状況など本研究で提示の対象とする情報をアナウンスする手段として広く利用されている。また、非公開で特定個人にメッセージを送るダイレクトメッセージ機能が存在し、個人のメッセージの送受信にも活用できる。1つのメッセージの長さが最大 140 文字に制約されているため、簡潔で凝縮された情報の伝達が発信者に要求される。こうした Twitter の特質は、腕時計型点字ディスプレイの表示対象として適切であり、今回の主要なコンテンツとした。

ただし、日本語メッセージを想定する場合、SMS と Twitter のメッセージの長さは異なる。Twitter の文字数制限には、半角・全角の区別はない。漢字カナ交じり文の日本語を表音文字の日本語点字に点訳すると経験的に2倍程度の文字数になる。これは1メッセージの上限の目安として設定した112文字を大きく上回る。そこで、

- (1) Twitter に投稿されるメッセージを長文化する要素の探索
 - (2) 腕時計型点字ディスプレイでの閲覧に支障のない元メッセージの省略方法の検討
 - (3) 点字表記の工夫による短縮方法の検討
- を行った。

4-2 Twitter に投稿されるメッセージを長文化する要素の探索

Twitter に投稿される日本語メッセージを収集しメッセージの長さと含まれる文字列の関係を分析した。メッセージの収集は Twitter の Stream API で提供されるパブリックタイムラインのサンプルの取得を用いた。2014年1月13日22時から収集を開始し、日本語によるメッセージ100,000件を取得した。取得したメッセージの文字数の中央値は35、平均は45.9であった。取得したメッセージをURIを含むもの(20,220件)と含まないもの(79,780件)に分類し分析した。URIを含むものは中央値68平均76.7となり、URIを含まないものは中央値29平均38.1となった。このことから、全投稿の20%に相当するURIを含むメッセージが、含まないメッセージの2倍程度の文字数であり、全体の文字数を引き上げていると判断した。

4-3 閲覧に支障のない元メッセージの省略方法の検討

(1) 一般的省略

上記の結果を踏まえ、メッセージ全般に適用できる一般的省略方法を検討した。本腕時計型点字ディスプレイは簡便な情報アクセスに特化しており、文字列としてのURIが意味を持つ文字入力機能は有さない。そこで、メッセージ中のURIはそこにURIがあったことを示す"u"という表示に省略することとした。また、Twitter上で話題の共有のために用いられるハッシュタグも、"h"と省略することとした(ハッシュタグの省略については実用性を勘案した再検討の必要を考慮している)。

表1 コンテキストを前提とした略記方式の検討

事例 1a(注1)	原文(48文字)	恵比寿駅でドア点検を行った影響などで、現在も列車に遅れが出ています[14/02/14 12:28]
	略文(11文字)	列車に遅れが出ています
事例 1b(注2)	原文(69文字)	恵比寿駅でドア点検を行った影響などで、列車に遅れが出ていましたが、14:00現在、ほぼ平常通り運転しています[14/02/14 14:06]
	略文(8文字)	ほぼ平常通り運転
事例 2(注3)	原文(117文字)	地震速報 2014/02/12 13:10頃、奄美大島近海の深さ40kmでマグニチュード4.5の地震が発生しました。予想される最大震度は震度3です。 #jishin #earthquake
	略文(22文字)	予想震度3 奄美大島近海の深さ40km m4.5

eew_jp:

- source: 地震速報 \d{4}\d\d\d\d\d (+) マグニチュード (.*) の地震が発生.* (予想) される最大 (震度) は震度 (\d.*) です。

dst: \3\4\5 \1m\2

図 6 YAML での略記規則の記述

図 9 に元メッセージをそのまま点訳した場合の文字数と URI, ハッシュタグを省略して点訳した場合の文字数の分布を示す。

点訳サーバへの負荷を考慮し、点訳文字数の測定は、上記 100,000 件の日本語メッセージから抽出した URI を含むメッセージ、URI を含まないメッセージ 1,000 件ずつ合計 2,000 件を用いて行った。

元メッセージをそのまま点訳した場合の文字数は中央値 75 平均 84.3, URI とハッシュタグを省略して点訳した場合の文字数は中央値 47 平均 62.1 となった。

(2) 個別的省略

一般的省略と合わせて個別のアカウントが投稿するメッセージの省略方法を検討した。

表 1 で、山手線の運行状況をアナウンスする事例 1a の原文は 48 文字であるが、それが山手線の運行状況についての最新のステータスを示すものであることが分かっている、運行状況のみを知りたいという条件が整えば、略文の 11 文字で略記できる。同様に事例 1b も略文の 8 文字で略記できる。

また、地震を速報する事例 2 の原文は 117 文字であるが、それが地震の速報と分かっているならば、略文の 22 文字で略記できる。この省略例では、重要な情報を前方に移動している。この変更により、表示文字数の少ない腕時計型点字ディスプレイで閲覧する場合でも、速やかに要点を把握でき、またユーザが自分の現在地を斟酌して、文章の途中で読作業を中断することができる。

こうした、災害、気象、公共交通機関の運行状況などをアナウンスするアカウントは、半自動で定型化されたメッセージを送出しており、機械的な省略が可能である。ユーザが任意で、対象とする Twitter id ごとに、マッチさせる元メッセージの正規表現と適用する省略・翻案を対にしたものを YAML で記述可能とした。

上記、地震速報の省略を実現する設定の記述は図 8 のようになる。

4-4 点字表記の工夫による短縮方法の検討

元メッセージの省略に加えて、点字表記の工夫による短縮方法を検討した。

(1) ワードラップの不使用可

点字を用いた文章提示では、通常ワードラップを行い、スペースで区切られた一つの文節が行間を跨がないように表記する。点字ディスプレイを用いる場合も一般には同様のワードラップを行う。ワードラップは文章の提示に必要な行数（点字ディスプレイの場合はスクロール回数）を増大させる。そこで、本腕時計型点字ディスプレイ制御ソフトウェアではワードラップを行わず、字詰で表示することとした。

(2) 符号類の省略と下点を用いた文字種の表示

1 ます (1 桁) が 6 点で構成される点字は、1 ますで 64 種類のパターンを表現する。日本語カナ文字、アルファベット大文字・小文字、数字を表現するには 64 パターンでは不足である。そのため、日本語点字では外文字、大文字、数符と呼ばれる符号 (シフトコード) を用いて、それぞれの符号以後の文字列の一定区間をアルファベット、アルファベット大文字、数字とする規則が用いられる。符号の挿入は文章の提示に必要なます数 (桁数) を増大させ、本腕時計型点字ディスプレイでは望ましくない。

そこで符号を利用せず、下点で文字種を表現することとした。今回用いる点字セルユニットには、通常の

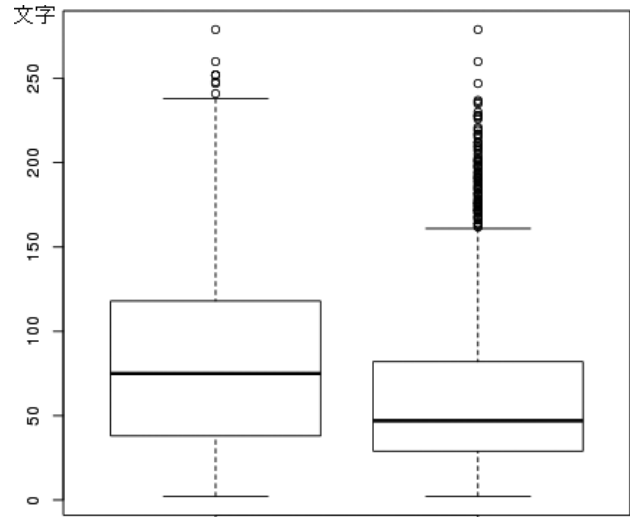


図 7 元メッセージをそのまま点訳した場合の文字数と URI, ハッシュタグを省略して点訳した場合の文字数の分布

点字表現に用いる縦3点・横2点の6点の下部に左右1点ずつが追加され、縦4点・横2点の8点表示ができる。縦4点・横2点の8点表示のレイアウトを図10に示す。

1	4
2	5
3	6
7	8

図8 縦4点・横2点の8点表示のレイアウト

この下部の2点を利用し、

アルファベット大文字には下部左側の点、アルファベット小文字お

よび数字には下部左右の2点を表示し、符号を用いなくとも文字種の区別を可能とした。下部に1点が出現する場合よりも下部に2点が出現する方が読みやすいと考えられ[11]、後者の方が出現頻度の高い表示とした。

なお、アルファベットのaからjの点字による表現は数字の1から0の表現と等しい。今回の表示方法ではアルファベット小文字と数字の区別ができない。そこで、通常縦3点・横2点の6点の上部4点を用いて表現する数字を下に1段移動された表現（いわゆる下がり数字）で示すこととした。

下点による文字種の表現は、ワードラップを用いないことに起因する可読性の低下を補う。符号で文字種が示される文節が、8セル表示の境界を

またがる場合、スクロール後の文表示をみただけでは文字種を判定できないため、文章前方へのスクロールが必要になる。1文字単位で下点により文字種を表現することでこうしたスクロールは不要となる。標準的な表記と本腕時計型点字ディスプレイで採用した表記の対応関係を図11に例示する。

点字表記の文字	通常表記		工夫した表記
る			
D			
d			
4			

図11 標準的な表記と本表記の実例

(3) 結果

点字表記の工夫（ワードラップの不使用と下点による文字種の提示）による短縮を用いない場合と用いる場合それぞれで必要となる8セル表示の回数を測定した。URI、ハッシュタグの省略の有無による文字数への影響の測定に用いたデータ2,000件を用いた。図12に必要となる8セル表示の回数の分布を示す。

点字表記の工夫を用いない場合の回数は中央値8平均9.9、点字表記の工夫を用いる場合の回数は中央値6平均7.7となった。88%のメッセージが上限の目安として設定した13回のスクロール（8セルユニットで14回の表示）に収まった。

現在、本制御ソフトウェアではメッセージ閲覧対象として登録したTwitter idが1文字のシンボルで一覧され、シンボルに対応するタッチカーソルを押下するとそのidのステータスメッセージが表示される。

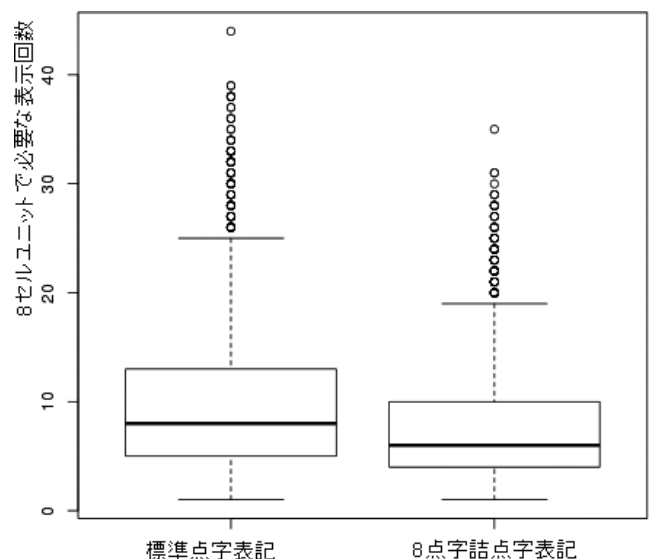


図12 表示に必要な8セル表示の回数の分布

4-5 腕時計型点字ディスプレイの有効利用を提案する諸機能の実装

これまで述べてきた Twitter を用いる効率的な情報アクセス手段の探索とあわせて、腕時計型点字ディスプレイの有効利用を提案する機能の実装を行った。

(1) 簡易音楽プレーヤー

近年のモバイルデバイスには、Apple 社の iPod Touch に代表される音楽プレーヤーの役割がある。こうした機能を利用するために視覚障害者は搭載されるスクリーンリーダの音声ガイドを頼りに操作することになる。音楽と重なった音声ガイドを聞き取りながら操作する UI のユーザビリティは高くない。

そこで、プレーヤーの操作を腕時計型点字ディスプレイで行い、オーディオ出力を音楽再生にのみ用いる簡易音楽プレーヤーを作成した。停止、巻き戻し、一時停止、再生、早送り、曲名表示を 1 文字で示すシンボルが点字ディスプレイ上に表示される。それぞれのシンボルに対応するタッチカーソルを押下することでその機能呼び出すことができる。

(2) 時計、ストップウォッチ機能

現状、視覚障害者は音声時計や触読式腕時計を用いて時間を把握している。これらの方法で秒単位での時間の把握、管理はできない。そこで、本腕時計型点字ディスプレイを用いて、秒単位までの時刻表示ができる時計機能と、秒単位での測定ができるストップウォッチ機能を実装した。

(3) ノートビューア機能

手順フロー、必要物品の一覧など作業中に起立状態でメモを閲覧したい場合はしばしばある。現状の支援機器では視覚障害者は一度作業を中断し、音声出力や（着座利用の）点字ディスプレイでメモを閲覧し作業を再開することになる。このような非効率を回避しうるものとして、本腕時計型点字ディスプレイでメモを閲覧できるノートビューア機能を実装した。ユーザはあらかじめ所要所で段落分けされたメモを作成し、ホストコンピュータにロードする。ノートビューア機能を実行すると腕時計型点字ディスプレイに段落番号が一覧される。これは点字ディスプレイを用いたコンテンツへの構造化されたアクセスを実現するための UI である。点字ディスプレイ上の段落番号に対応するタッチカーソルを押すとその段落の内容を閲覧するモードに遷移する。

5 まとめ

腕時計型点字ディスプレイを開発し、同点字ディスプレイを制御するソフトウェアを実装した。腕時計型点字ディスプレイでの閲覧が適当と考えられる Twitter に投稿されるメッセージについて、効率的な閲覧を実現するためのメッセージの省略方法と点字表記の工夫を検討した。9 割程度のメッセージを小型点字ディスプレイの用途を参照して設定した 13 回のスクロールの上限に収めることができた。

現在、3d プリンタを用いて腕時計本体部にあたる装置全体を収容できるエンクロージャをデザイン・製作している。エンクロージャに収容することで、より実践的な環境下でのユースケースの分析が可能となることが期待できる。

【参考文献】

- [1] Focus 14 Blue Wireless Refreshable Braille Display - Freedom Scientific
<http://www.freedomscientific.com/products/blindness/Focus-14-Blue-wireless-refreshable-braille-display.asp>
- [2] Braille Displays - Stay connected to the world: always and everywhere - BAUM Retec AG
<http://www.baum.de/cms/en/braille/>
- [3] Optelec International - EasyLink 12
<http://in.optelec.com/products/easylink-12.html>
- [4] Braille display and keyboard: Mobile access to information
<http://www.braillepen.com/>

- [5] 原田 明憲, 1,000 円でどこでも買える無線モジュールで作れる!
1Mbps が数十 m 飛ぶ! Bluetooth 対応のワイヤレス PIC マイコン I/O 基板,
トランジスタ技術, 49(9), 2012, pp. 140-146.
- [6] BAUM Retec AG, Firmware Description VarioConnect, 2009.
- [7] BRLTTY,
<http://mielke.cc/brlTTY/>
- [8] BrlAPI,
<http://brl.thefreecat.org/>
- [9] 菅野亜紀, 大田美香, 三浦研爾, 松浦正子, 高橋京子, 池上峰子, 前田英一, 松本裕治, 大島敏子,
高岡裕,
自動点訳サーバ eBraille の開発,
電子情報通信学会技術研究報告, WIT, 福祉情報工学, 107(368), 2007, pp. 93-98.
- [10] 菅野亜紀, 三浦研爾, 大田美香, 喜多伸一, 山口俊光, 渡辺哲也, 前田英一, 高岡裕,
自動点字翻訳プログラムの触地区用途向け最適化,
電子情報通信学会技術研究報告: 信学技報, 112(473), 2013, pp. 285-288.
- [11] 南谷和範,
重度視覚障害者の読み速度に 6 点点字準拠多点点字が及ぼす影響,
視覚リハビリテーション研究, 4 巻 1, 2014, (近刊).

注 1 https://twitter.com/train¥_yamanote/status/434167247850844161

注 2 https://twitter.com/train¥_yamanote/status/434191974044672000

注 3 https://twitter.com/eew¥_jp/status/433453210527739904

〈 発 表 資 料 〉

題 名	掲載誌・学会名等	発表年月
重度視覚障害点字使用者の多点点字の読み速度についての基礎的研究	第 22 回視覚障害リハビリテーション研究発表大会予稿集	2013 年 6 月
視覚障害者のセーフ・モバイル・アクセスを実現する腕時計型点字ディスプレイの開発	電子情報通信学会技術研究報告 113(481), pp. 121-126	2014 年 3 月
重度視覚障害者の読み速度に 6 点点字準拠多点点字が及ぼす影響	視覚リハビリテーション研究, 4 巻 1 号	2014(近刊)