

# 重度視覚障害を有する教職員等の点字教材の自立的作図を可能にする Bplot (コマンド記述方式)<sup>†</sup>

藤芳 衛<sup>\*1</sup>・藤芳 明生<sup>\*2</sup>・石田 透<sup>\*3</sup>大学入試センター名誉教授<sup>\*1</sup>・茨城大学工学部<sup>\*2</sup>・国立障害者リハビリテーションセンター<sup>\*3</sup>

重度視覚障害を有する視覚特別支援学校の教員や点字出版所の職員が点訳の専門家として手で触察して把握する点字教材の点図を自立的に作図可能にするため点字教材作図システム Bplot を更に改良し、重度視覚障害者に特化した Bplot (コマンド記述方式) を開発した。

主要な改良点は、エディタで記述する作図コマンドの引数を変数や関数を含む数式で記述可能としたこと、引数の計算がすべて自動化されたこと、また、蓄積された既存の画像データを Bplot (コマンド記述方式) の作図コマンドに変換する技術を開発したこと、更に重度視覚障害者も作図部品として既存の画像データの活用が可能となったことである。

Bplot (コマンド記述方式) の開発は、ただ単に教職員のみならず高校や大学の学生や社会人等、従来作図が困難であったすべての重度視覚障害者の点図の自作と活用を可能にする。

キーワード：重度視覚障害者、点図、点字教材作図システム

## 1. はじめに

### 1.1. 背景

近年の情報技術の進歩に伴い、点字教科書や点字教材の専門的点訳作業のうち文章部分の点訳は、点字熟達者である重度視覚障害者も可能となった。重度視覚障害者が点訳に使えるソフトウェアには、点訳ソフトウェア Extra for Windows (エクストラ 2016)、点字編集システム (テクノツール 2016)、コータクン (つっじ点訳友の会 2016)、ブレイルスター (ニュー・ブレイル・システム (株) 2016) 等が存在する。しかし、

手で触察して把握する点図の作図は、重度視覚障害者が使用可能なソフトウェアが存在しなかった。そのため、重度視覚障害者は、点図を触察して校正のための助言をする触読校正しかできなかった。

従来の国内外の点図作図ソフトウェアは、晴眼者がマウス等を使用してコンピュータ画面に描画する方式であり、重度視覚障害者には使用不可能である。晴眼者向け作図ソフトウェアには、エーデル(藤野 2016)、点字編集システム(テクノツール 2016)等が存在する。また、米国のタイガーソフトウェアスイート (ViewPlus 2016) は、コンピュータ画面の画像を自動的に解析して点図を作図する高機能のシステムである。しかし、重度視覚障害者が点字教科書や点字試験問題等、専門的な点図を触読校正しながら自立的に作図するためには適していない。

このため、2001年に大学入試センターは、重度視覚障害職員もコンピュータにより自立的に点字問題の点図の作図を可能にするため、グラフィックプロッタ制御コマンド方式を採用し、テキストエディタで作図コマンドを記述すれば作図が可能なソフトウェア Bplot (Braille Plotter system) を開発した(藤芳 2004)。グラフィックプロッタ制御コマンド方式は、従来、グラフィックプロッタ等で製図用に使用されてきた作図コ

2016年10月27日受理

<sup>†</sup> Mamoru FUJIYOSHI\*, Akio FUJIYOSHI\*2 and Toru ISHIDA\*3: A Tactile Graphics Production System Bplot with a New Command-line Version to Enable Teachers and Staff with Severely Visual Disabilities on Their Own to Produce Braille Teaching Materials

<sup>\*1</sup> National Center for University Entrance Examinations 2-19-23 Komaba, Meguro, Tokyo, 153-8501 Japan

<sup>\*2</sup> Ibaraki University 4-12-1 Nakanarusawa, Hitachi, Ibaraki, 316-8511 Japan

<sup>\*3</sup> National Rehabilitation Center for Persons with Disabilities 4-1 Namiki, Tokorozawa, Saitama, 359-8555, Japan

マンドである。

2007年に、日頃画面描画方式に慣れている晴眼職員用に画面描画にも対応した Bplot2 を開発した (FUJIYOSHI *et al.* 2008)。

2011年に、作図コマンド記述方式と画面描画方式とが相互に連動するユーザインターフェースを新たに開発し、ユニバーサルデザイン方式の Bplot (以下、「Bplot3」と表記) を開発した (FUJIYOSHI *et al.* 2010)。重度視覚障害者も、タブレット等を活用すれば画面描画方式の作図も擬似的に可能となった。

しかし、重度視覚障害者は、画面の画像を見ながら直接描画する WYSIWYG (What You See Is What You Get.) の使用が困難である。一方、晴眼者は WYSIWYG を活用して効率的な作図が可能である。このため、縦横2.4mm 程度の間隔で配置されたピンを上下に上げ下げして触覚的に点図を表示する触覚ディスプレイ装置及び、タブレットや2軸アームデジタイザー等で点図を触察している指の位置を計測する装置を活用して重度視覚障害者のために触覚的に WYSIWYG を実現する研究が進められている (Gardner 2002, TAKAGI *et al.* 2016, 渡辺・小林 2002, WATANABE *et al.* 2006)。しかし、触覚的 WYSIWYG で作図された点図はどうしても視覚的 WYSIWYG よりも精度が悪く、点字教材を作図するためには実用的でない。また、ユニバーサルデザイン方式の Bplot3は、重度視覚障害者もタブレットを使用すれば擬似的に触覚的 WYSIWYG の使用が可能である (FUJIYOSHI *et al.* 2014)。だが、点字教材として使用可能な程度に描画の完成度を上げるためには、描画とともに自動的にエディタに加筆された作図コマンドを後から数値を書き替えて修正するために多大な手間暇がかかることが見出された。

## 1.2. 研究目的

重度視覚障害を有する視覚特別支援学校の教員や点字出版所の職員の点字教科書や点字教材の自立的な作図を可能にするため、ユニバーサルデザイン方式の点字教材作図システム Bplot3を更に改良し、重度視覚障害者に特化したコマンド記述方式の Bplot (以下「Bplot4」と表記) を開発する。WYSIWYG の活用が困難な重度視覚障害者の作図を容易にするため次の改良を行う。

第1に、作図コマンドの引数を変数や関数を含む数式で記述可能にする。従来、作図コマンドの引数は前もって計算して数値で指定しなければならなかった。図を修正するたびに引数を計算し直し書き替える必要

があった。しかし、引数を変数や数式で記述可能となれば、引数の計算がすべて自動化される。また、変数の値を修正するだけで図の形や配置等も自由に最適化可能となる。

第2に、既存の画像データを作図システム Bplot4の作図コマンドに変換するインターフェースを開発する。重度視覚障害者も画像データベースに蓄積された既存の画像データの活用が可能となる。

コマンド記述方式の Bplot4の開発はただ単に視覚特別支援学校の教員や点字出版所の職員のみならず高校や大学の学生や社会人等、すべての重度視覚障害者の点図の自作と活用を可能にする。

第2節で Bplot4の概要と主要な改良点について紹介する。第3節で Bplot4の評価について報告する。第4節は結論である。

## 2. Bplot4の概要と主要な改良点

### 2.1. Bplot4の概要

#### 2.1.1. Bplot4の動作環境

Bplot4は、Windows 上で動作するソフトウェアである。作図コマンド処理部分は C++で、ユーザインターフェースは C#で開発した。

グラフィック点字プリンタには高解像度の ESA721 及び ESA600G (JTR (株)) を使用する。解像度は、国内外の大多数の点字プリンタが10~25DPI (Dot Per Inch) であるのに対して、ESA721は73DPI、ESA600Gは100DPI である。

#### 2.1.2. Bplot4の作図コマンド

Bplot4の作図コマンドは、グラフィックプロット制御コマンド方式である。作図プログラムは作図コマンドで記述される。各作図コマンドはコマンド名と引数で構成される。

各種の図が1コマンドで作図可能である。模式図や流れ図等を描くため、四角形やひし形や矢印等定形的な図が9種類、折れ線が1種類等、直線系の作図コマンドが10種類用意されている。円や放物線等曲線系の定形的な図が7種類、三角関数や指数・対数関数等関数系が14種類、自由曲線が4種類等、曲線系の作図コマンドは25種類用意されている。

また、その他のコマンドが59種類用意されている。点字プリンタの用紙サイズや用紙の縦方向や横方向の指定、作図点線の種類や点線の点間隔も指定可能である。

#### 2.1.3. 点図作図の流れ

Bplot4は、ウィンドウと呼ぶ相対座標が定義された

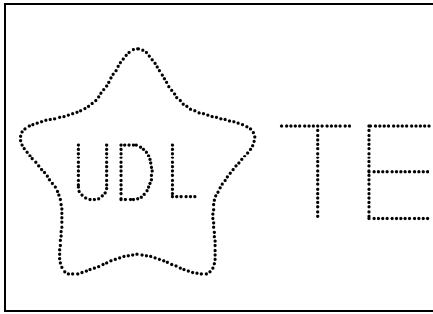


図 1 研究機構 UDLTE のロゴマーク

長方形の仮想平面と点字プリンタ用紙上の印字可能範囲にグリッドと呼ぶ絶対座標が定義された長方形の実平面を想定する。

点図作成者はウィンドウの仮想平面に各作図コマンドをウィンドウ座標を使用して記述する。Bplot4は記述された作図コマンドをもとに点や点の列の点図を作成し、点の座標をウィンドウ座標からグリッド座標に自動的に変換し、点字プリンタに転送する。点字プリンタは、点字用紙上のグリッド座標の位置に各点を印字して点図を印刷する。

ウィンドウは仮想平面であり、x 軸方向と y 軸方向の範囲を任意に指定できるためどのような大きさの図も作図可能である。また、相対座標であるため拡大縮小、平行移動、回転も任意に可能である。

一方、点図の点線の点間隔は、点字用紙のグリッド座標上のミリメートル単位で指定するため、図の拡大縮小、平行移動、回転によって点間隔は変化せず、触察される点線の種類は常に保持される。

## 2.2. Bplot4の主要な改良点

重度視覚障害者に特化した Bplot4の主要な改良点は次の2つである。

### 2.2.1. 引数を変数や数式で記述

従来、作図コマンドの引数はすべて前もって計算し、数値で指定しなければならなかった。図を修正するたびに関連する引数の数値を計算し直して書き替える必要があった。

引数を変数や数式で記述可能とした結果、引数の計算がすべて自動化された。図を修正する場合も変数の値を変えるだけで図の形や配置等も自由に調整される。

図 1 は、研究機構 UDLTE (Universal Design Laboratory for Testing and Education) のロゴマークである。

以下の fivestar.bpl は、図 1 のロゴマークの中の曲線で描かれた星形の作図コマンドプログラムである。

```
// fivestar.bpl
// Spline CURve of a Five Pointed Star
```

```
l = 6
m = 4
r = 360/10
pitch = 2.2
```

```
x0 = l*cos(90+0*r)
y0 = l*sin(90+0*r)
x1 = m*cos(90+1*r)
y1 = m*sin(90+1*r)
x2 = l*cos(90+2*r)
y2 = l*sin(90+2*r)
x3 = m*cos(90+3*r)
y3 = m*sin(90+3*r)
x4 = l*cos(90+4*r)
y4 = l*sin(90+4*r)
x5 = m*cos(90+5*r)
y5 = m*sin(90+5*r)
x6 = l*cos(90+6*r)
y6 = l*sin(90+6*r)
x7 = m*cos(90+7*r)
y7 = m*sin(90+7*r)
x8 = l*cos(90+8*r)
y8 = l*sin(90+8*r)
x9 = m*cos(90+9*r)
y9 = m*sin(90+9*r)
x10 = l*cos(90+10*r)
y10 = l*sin(90+10*r)
```

```
define range -10 10 -12 12
define EndofData 9999 0
func = 4
```

```
dot 1
spline range func 0 0 pitch
x0 y0
x1 y1
x2 y2
x3 y3
```

```
x4 y4
x5 y5
x6 y6
x7 y7
x8 y8
x9 y9
EndofData
```

各作図コマンドは、コマンド名と引数によって構成され、引数は変数や数式で記述されている。

作図プログラム `fivestar.bpl` の変数 `l`, `m` の値を変えれば星の形や大きさも任意に変更可能である。

星の頂点の座標  $(x_0, y_0)$ ,  $(x_1, y_1)$ , .....は三角関数を含む数式で記述され、自由曲線作図コマンド (`spline`) によって曲線で結ばれ星の形が描かれている。

引数の数式に使用できる演算子は、四則演算子 (+, -, ×, ÷), ベキ乗演算子とカッコ類である。

数式に使用できる関数は、変数を  $x$  とするとき、ルート  $\sqrt{x}$ , 三角関数  $\sin(x)$ ,  $\cos(x)$ ,  $\tan(x)$ , 指数対数関数  $\exp(x)$ ,  $\log(x)$ ,  $\log_{10}(x)$  である。

点字は、縦横の大きさがミリメートル単位で決まっており、点字を点図の中に読みやすく配置するため、図の対象と点字の間の距離を点図のウィンドウ座標とは無関係に、点字用紙上のミリメートル単位で直接指定できる関数すなわち、 $x$  方向の距離  $dx(x)$  と  $y$  方向の距離  $dy(x)$  も用意されている。

### 2.2.2. 既存画像データの活用

`udlte.bpl` は図 1 のロゴマークの作図プログラムである。

```
// udlte.bpl
// Fig. 3 Logo Mark of UDLTE
```

```
a4
origin -4 0 1 1

paste fivestar.bpl 0 0 1 1
```

```
w = 2.2
h = 0
```

```
s1 = 0.1
t1 = 0.15
s2 = 0.25
```

```
4
```

```
t2 = 0.25
```

```
paste upperYu.bpl -w h s1 t1
paste upperYd.bpl 0 h s1 t1
paste upperYl.bpl w h s1 t1
paste upperYt.bpl 4*w h s2 t2
paste upperYe.bpl 6*w h s2 t2
```

```
ff
```

ロゴマークは、星の形の作図プログラム `fivestar.bpl` とアルファベット大文字の字形の作図プログラム `u.bpl`, `d.bpl`, `l.bpl`, `t.bpl`, `e.bpl` が貼り付け (`paste`) され作成されている。

このように各種の画像が `Bplot4` の作図コマンドに変換され、作図部品として用意されていれば、重度視覚障害者も既存の画像を作図部品として組み合わせて多様な点図の作成が可能となる。

既存の画像データを活用するため 2 つの方法を用意した。

第 1 は、世界地図や日本地図等地図の画像や仮名や漢字及びアルファベットなど文字の字形の画像データ等を `Bplot4` の作図コマンドに変換して、データベースを構築して蓄積する。

画像データベースから必要な画像を読み込み、点図の任意の位置に任意の大きさと貼り付ける `paste` コマンドが用意されている。また、傾いた試験管やフラスコ等模式図の作成用に作図部品を任意の角度に回転して貼り付けるコマンド `rpaste` (`rotated paste`) も用意されている。

画像データベースに蓄積される作図例は、重度視覚障害者がコマンド記述方式の `Bplot4` により、また晴眼者がユニバーサルデザイン方式の `Bplot3` により作成される。

第 2 は、画面描画方式の既存の作図ソフトウェアで作成された画像データを `Bplot4` の作図コマンドに変換して活用する方法である。現在作図ソフトウェアエーデル (藤野 2016) と `Bplot4` の作図データの相互変換が実現されている。

## 3. Bplot4の評価

### 3.1. 評価実験

#### 3.1.1. 実験目的

実験により重度視覚障害被験者群のコマンド記述方

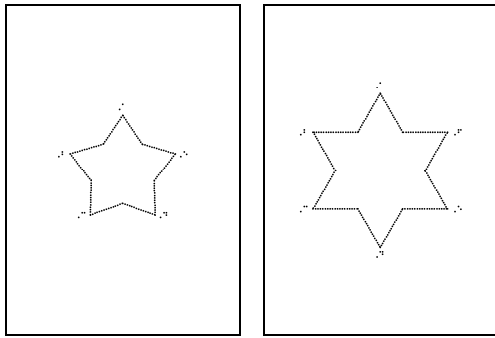


図2 課題1 五芒星 図3 課題2 ダビデの星

式と晴眼被験者群の画面描画方式により作成された点図の完成度と作図所要時間を比較する。

### 3.1.2. 実験方法

被験者群は2群である。重度視覚障害被験者群は理系の重度視覚障害者2名（60歳代と70歳代の男性）、晴眼被験者群は文系の晴眼点訳者2名（40歳代と60歳代の女性）である。現在、Bplot4の作図が可能な重度視覚障害者は男性2名しかいないこと、また作図が可能な点訳者は女性が大多数であることから被験者は前

記の2名ずつとした。

実験計画はコマンド記述方式と画面描画方式の作図方式と作図課題の2要因である。作図課題は模式図や流れ図のうち、三角関数を使用する単純な幾何図形2課題と作図工数が多い流れ図2課題である。次の課題1～課題4を順次出題する。

課題1：五芒星 ABCDE（五芒星の外周）

課題2：ダビデの星 ABCDEF（2つの正三角形が上下逆向きに重なった形の外周）

課題3：自然数  $n$  を入力し、1 から  $n$  までの積  $n!$  を出力する流れ図

課題4：定数  $a$ ,  $b$  を入力し、 $a < b$  ならば  $-1$ ,  $a = b$  ならば  $0$ ,  $a > b$  ならば  $1$  を出力する流れ図

出題方法は、重度視覚障害被験者群の理系の被験者には4課題を文章で出題し、Bplot4を使用してコマンド記述方式で作図してもらふ。一方、文系の点訳者に対して三角関数や流れ図の知識を問うことは困難であるため晴眼被験者群には図2～図5の点図を提示し、その写しを作図ソフトウェアエーデル（藤野 2016）を使用して画面描画方式で作図してもらふ。

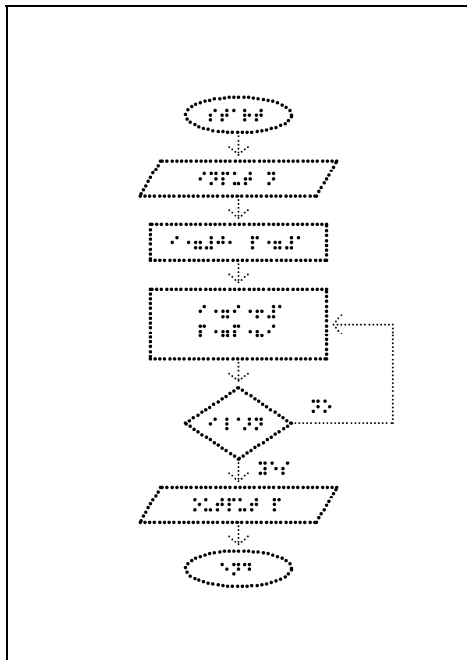


図4 課題3 nの階乗を求める算法の流れ図

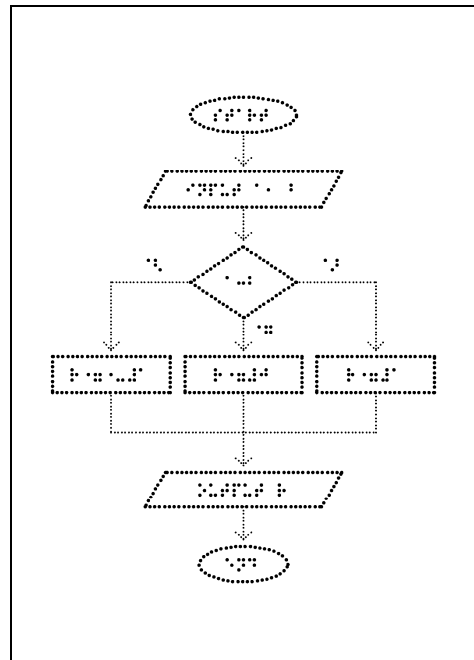


図5 課題4 2つの数値の大小判定の流れ図

表 1 課題別被験者群別作図所要時間(分)の平均値と倍率

	課題 1	課題 2	課題 3	課題 4	平均
重度視覚障害被験者群	46.5	71.0	127.5	103.0	87.0
晴眼被験者群	22.5	9.0	47.0	36.5	28.7
倍率	2.1	7.9	2.7	2.8	3.0

### 3.1.3. 実験結果

重度視覚障害者の触読による評価の結果、重度視覚障害被験者群のコマンド記述方式と晴眼被験者群の画面描画方式の点図の完成度は、各課題ともほぼ差異は認められなかった。晴眼被験者群に課題として提示された図2～図5の点図は、重度視覚障害被験者がコマンド記述方式で作図した点図である。点字教材として十分な完成度だと推測される。

次に課題別被験者の作図所要時間を図6に示す。図中、A、Bは重度視覚障害被験者、C、Dは晴眼被験者である。

作図所要時間は4課題とも晴眼被験者群の方がかなり早い。また、両被験者群とも作図工数が多い流れ図の方が時間がかかることが知られる。

被験者群別、課題別に被験者2名の作図所要時間の平均値を表1に示す。表中、倍率は作図所要時間の平均値の被験者群間の比（重度視覚障害被験者群：晴眼被験者群）である。

重度視覚障害被験者群のコマンド記述方式は晴眼被験者群の画面描画方式よりも作図時間が長い。作図時間の倍率は、課題2を例外として2.1倍～2.8倍であった。課題2は、コマンド記述方式の方が7.9倍長い。課

値を調整して作図を最適化させており、点図は触読校正済みである。一方、晴眼被験者群は触読校正を終了していない。しかし、ひな型として提示された点図の写しを作成する課題であり、十分な完成度が得られたものと推測される。

作図所要時間は、コマンド記述方式は画面描画方式に比べ2ないし3倍程度要することが見出された。確かに、コマンド記述方式は、作図所要時間が長い。しかし、たとえ長いとはいえ、この2ないし3倍の作図所要時間の倍率は、重度視覚障害被験者の文章処理所要時間の倍率とほぼ同程度であったという興味深い結果であった。テストデータ収集実験の結果、大学入試センター試験の現代社会の解答所要時間の倍率（重度視覚障害被験者群：晴眼被験者群）は解答終了率の中央値付近で2.4倍程度であった（藤芳ほか 2006）。

確かに被験者数が極めて少ない。また、被験者は、重度視覚障害被験者群が男性で、晴眼被験者群が女性である。しかし現在、Bplot4の作図が可能な重度視覚障害者は男性2名しかいないため、また作図が可能な点訳者も女性が大多数であるため、やむを得ず被験者は前期の2名ずつとした。課題の出題順序、被験者の作図習熟度、性差、年齢差等の要因に関する分析は今後の課題としたい。

今後、Bplot4の学習者を支援して使用者数を増やし、信頼性のある実験を実施する計画である。

### 3.2. Bplot4の特色

Bplot4の特色は次のように要約される。

(1) Bplot4は、重度視覚障害者が点字教科書や点字教材の点訳の専門家として主体的に作図が可能となる世界唯一のシステムである。

(2) 開発は、重度視覚障害の情報処理技術者が担当しており、視覚障害に対する十分な配慮が図られている。

(3) Bplot4により大学入試センター試験の点字問題の全教科・科目の作図が重度視覚障害者にも可能であることが実証されている。

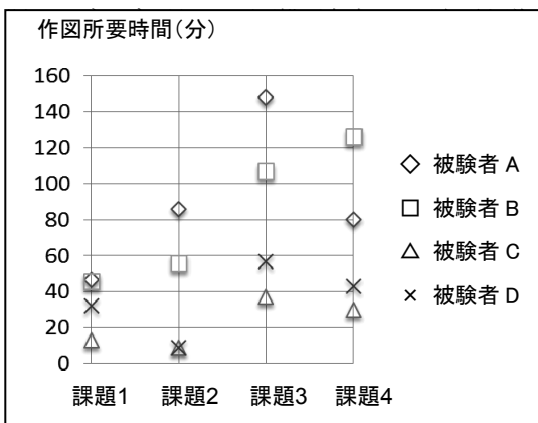


図 6 課題別被験者の作図所要時間

(4) 作図プログラム例を掲載した解説書が作成されており、作図プログラム例をコピーして組み合わせれば目的の作図プログラムの作成が容易である。

(5) 重度視覚障害教員も模式図やグラフ等点字教材の点図の自作と活用が可能となる。

(6) 重度視覚障害の児童・生徒も関数をはじめ各種のグラフの自作体験と触察が可能となる。

(7) 高校や大学の学生や社会人等、重度視覚障害者も実験や調査結果の点図のグラフを自作して触覚的な観察が可能となる。

(8) 点字プリンタの信頼性の向上に伴い多品種少量印刷に適したコンピュータ印刷が主流となるため、Bplot4の作図技術を習得すれば点字教科書や点字教材の専門家として重度視覚障害者の視覚特別支援学校や点字出版所等の職域拡大に貢献する。

(9) Bplot4の作図プログラムはエディタで容易に修正可能であるためインターネット上に公開すれば点字教材の相互利用が可能となる。

(10) 作図プログラム中の点字をその国の言語の点字に書き替えるだけで点図教材の国際的な相互利用も可能となる。

#### 4. 結 論

重度視覚障害者に特化したコマンド記述方式のBplot4の開発は、点字教科書や点字教材の専門家として重度視覚障害の教職員の自立的な作図を可能にする。また、高校や大学の学生や社会人等重度視覚障害者の点図の自作と活用を可能にする。

Bplot4の改良点は、作図コマンドの引数に変数や数式で記述可能となり、引数の計算がすべて自動化されたことである。

また、画像データをBplot4の作図コマンドに変換する技術の開発により既存の画像データを活用して重度視覚障害者も多様な作図が可能となったことである。

実験の結果も、重度視覚障害者のコマンド記述方式の作図の完成度は、晴眼者の画面描画方式と同様であり作図所要時間も、2ないし3倍程度で可能であることが見出された。

コマンド記述方式のBplot4及びユニバーサルデザイン方式のBplot3の活用により重度視覚障害者と晴眼者とが情報を共有し、相互協力して点図の作図をはじめ点字教科書や点字教材の点訳作業を行う共生的職場環境の実現が可能となる。

多くの重度視覚障害者は完成度の高い専門的点図の

自立的作成は困難と諦めているため、重度視覚障害者に対してBplot4の作図技術の学習を支援する計画である。

このため、作図プログラム例を収集し、相互利用を可能とするためインターネット上にデータベースを構築する。

また、Eメールによる通信教育を実施する計画である。

なお、本研究の一部は日本特殊教育学会第54回大会で口頭発表されている。

#### 謝 辞

点字教材作図システムBplot4の開発にあたり研究環境を与えていただいた大学入試センターに厚く御礼申し上げます。また、研究助成を受ける機会を与えていただいた日本学術振興会に心から感謝申し上げます。本開発は、平成20～22年度科学研究費補助金（課題番号20300282）基盤研究（B）「文字認知障害者のセンター試験の受験を可能にするバーコード・リーダ音声問題の開発」及び平成23～25年度科学研究費補助金（課題番号23300313）基盤研究（B）「文字認知障害者のセンター試験等の受験を可能にする文字と音声のマルチモーダル問題」の研究の一部である。どうしても図表の出題は音声だけでは困難である。本点字教材作図システムBplot4の開発により、音声説明付の点字の図表の作成に成功した結果、音声問題の開発が可能となった次第である。

#### 参 考 文 献

エクストラ (2016) Extra for Windows Version 6.

<http://www.extra.co.jp/extra/>

(accessed 2016.10.25)

藤野稔寛 (2016) エーデルで図形点訳の世界を広げましょう！

<http://www7a.biglobe.ne.jp/~EDEL-plus/>

(accessed 2016.10.25)

藤芳 衛 (2004) 視覚障害者の触読図の作成を可能にするプロッタシステムの開発, 電子情報通信学会技術研究報告福祉情報工学, 103(746): 7-12

藤芳 衛, 藤芳明生, 澤崎陽彦 (2006) 大学入試センター試験のユニバーサル・デザイナー—学習障害者と中途失明者の受験を可能にするデジタル音声問題出題システムの評価—, 大学入試研究ジャーナル, 17: 57-64

- FUJIYOSHI, M. FUJIYOSHI, A., OTAKE, N. and YAMAGUCHI, K. (2008) The Development of a Universal Design Tactile Graphics Production System Bprot2. *in K. Miesenberger et al. (Eds.), ICCHP 2008, LNCS, 5105*: 938-945
- FUJIYOSHI, M., KANEKO, T., FUJIYOSHI, A., OOUCHI, S., YAMAZAWA, K., IKEGAMI, Y., WATANABE, Y. and TESHIMA, Y. (2010) Development of Tactile Graphics Production Software for Three-Dimensional Projections. *in K. Miesenberger et al. (Eds.) ICCHP 2010, Part II, LNCS, 6180*: 541-547
- FUJIYOSHI, M., FUJIYOSHI, A., OOSAWA, A., KURODA, Y. and SASAKI, Y. (2014) Development of Synchronized CUI and GUI for Universal Design Tactile Graphics Production System Bplot3. *in K. Miesenberger et al. (Eds.) Proceedings of ICCHP 2014, Part III, LNCS, 8548*: 18-25
- Gardner, J. (2002) Access by Blind Students and Professionals to Mainstream Math and Science. *Computers Helping People with Special Needs, LNCS, 2398*: 502-507
- ニュー・ブレイル・システム株式会社 (2016) ブレイルスター for Windows Ver4.  
<http://www.nbs.co.jp/bsw.htm> (accessed 2016.10.25)
- テクノツール (2016) 点字編集システム.  
<http://www.ttools.co.jp/product/eyes/BES/>  
 (accessed 2016.10.25)
- TAKAGI, N., MORII, S. and MOTOYOSHI, T. (2016) Consideration of the Experiences of Blind People Using Four User Interfaces for Independent Editing of Tactile Graphics. *The Third International Wworkshop on Digitization and E-Inclusion in Mathematics and Science 2016, (DEIMS2016)*: 61-68
- つつじ点訳友の会 (2016) 点訳ソフト「コータクン」Windows版のご案内.  
[http://www.tutuji.org/ktn\\_win.html](http://www.tutuji.org/ktn_win.html)  
 (accessed 2016.10.25)
- View Plus (2016) Tiger Software Suite  
<https://viewplus.com/product/tiger-software-suite/>  
 (accessed 2016.10.25)
- 渡辺哲也, 小林真 (2002) 視覚障害者用電子レーズライタの試作. *日本バーチャルリアリティ学会論文誌 7(1)*: 87-94
- WATANABE, T. and KOBAYASHI, M. (2006) A Prototype of the Freely Rewritable Tactile Drawing System for Persons Who Are Blind. *Journal of Visual Impairment and Blindness, 96(6)*: 460-464

### Summary

In order to make it possible for teachers and staff with severely visual disabilities in blind schools and braille publishing companies to produce tactile graphics on their own, by improving the tactile graphics production system Bplot, we developed a new command-line version of Bplot that is specially made for people with severely visual disabilities.

The first improvement is that parameters of drawing commands of Bplot can be written in mathematical formulas including variables and functions. Calculations of parameters can be done automatically. The second improvement is that drawing data of graphics can be converted into drawing commands of Bplot. People with severely visual disabilities can use stocks of drawing data to produce tactile graphics by this technology.

KEYWORDS: PERSONS WITH SEVERELY VISUAL DISABILITIES, TACTILE GRAPHICS, TACTILE GRAPHICS PRODUCTION SYSTEM

(Received October 27, 2017)