

## LaTeX による理数系双方向コミュニケーションツールの開発

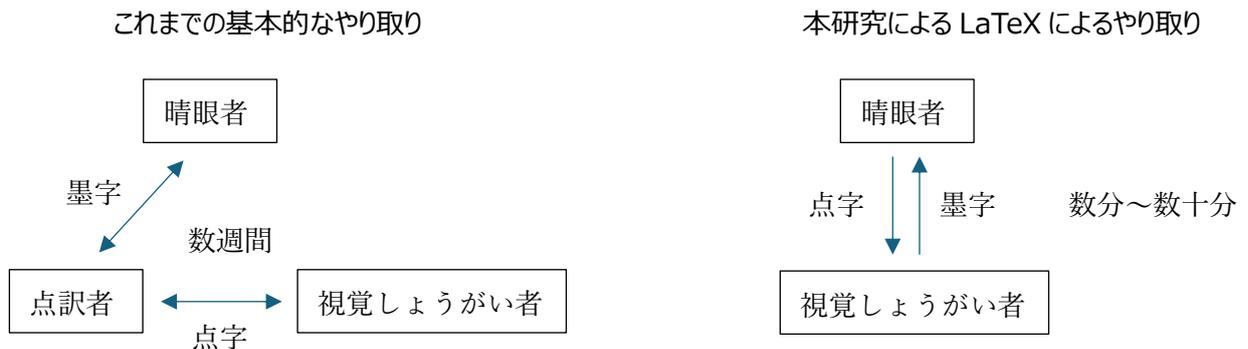
学校法人立教学院 立教大学 理学部数学科 教授 小森 靖

### 【研究の背景】

視覚しょうがい学生が理系学問を学ぶ上で最も大きな困難の一つが数式やグラフを含む資料へのアプローチである。音声や既存の自動点訳はこれらにほとんど対応しておらず、専門点訳者による手動点訳がどうしても必要となり、時間、コスト、人手不足などの問題が視覚しょうがい学生から学ぶ機会を奪っている。

意欲ある理系学生は自然科学という社会にとって重要な分野の発展には当然必要であり、視覚しょうがい学生達の進路や将来の活躍の場を狭めることはあってはならない。

本研究による理系文章点訳システムの構築は、視覚しょうがい学生の学習支援のみならず研究者である教員の負担軽減などを含む諸問題の解決を目指すものである。



（LaTeX と本開発の関係については付録図 1 も参照のこと。） これまでも LaTeX から点字を得る研究開発がなされているが[1, 2, 3]、点字の知識が必要であったり、他のアプリケーションの使用法の習得が必要であったり等何らかの制限があった。本システムでは、最初の導入時以外は他の要素はなく、通常の LaTeX として使うことができることが最大の特徴である。

### 【研究の経過・成果】

#### (1) 基本機能の作成および拡充：

一般的に晴眼者の理数系研究者は LaTeX ファイルの作成及びそのファイルから PDF を作成する手順は基本的なスキルとして身につけている。本研究開発では、その他の手間を一切必要とせずに点訳を作成する、ということを目指してプログラムを作成した。本システムを用いれば、通常の LaTeX から PDF を作成する手続きを行えば、そのまま点訳ができるため、ユーザからは全く意識することなく、どちらの文章も作成できる。したがって視覚しょうがい者も LaTeX に習熟すれば、晴眼者とのやり取りが非常にスムーズに進むことが期待できる。また大部分をマクロにより作成しているため、さまざまな OS（Windows, MacOS, Linux）やアーキテクチャー（X86\_64, Apple Silicon）、さまざまな種類の LaTeX システム（upLaTeX, XeLaTeX, LuaLaTeX）によらず、ここに挙げたすべての環境で実行可能となっている。点字の出力形式は nab+gnb、UNICODE（2800-28FF）などであり、市販のアプリでも編集可能である。

#### (2) 専門点訳用の機能拡充：

分かち書きには mecab [4]を利用することとし、日本語辞書は NAIST-jdic [5]を基に、品詞や内容を設計し直し、

専門用語（約 4000 語）を追加後、専門文章を学習させることで作成した。また一般的な自動点訳アプリでは全く対応できておらず、また点訳者による点訳も困難な複雑な数式にも対応することで、多くの学術的な文章の点訳が可能となっている。さらに英語（UEB grade 1, 2 [6]）は Liblouis [7] を利用することで対応し、実践的な英語論文も点訳可能である。数学や物理の論文は arXiv [8] に多く掲載されており、そこでは LaTeX も利用できる。これまで視覚しょうがい者は LaTeX ファイルを直接読むほか方法がなかった論文を、本システムを用いることで内容に集中することができるようになった。

### (3) 図への対応：

点字用の作図は非常に対応が難しい問題の一つである。表現方法（線や点、塗り潰し方）、表現形態（立体印刷、点図、ピンディスプレイ）、墨字と点字の大きさの違い、など考慮すべき点が多い。LaTeX では現在標準的となってきた TikZ により図を作成することが多いため、本システムではこれを直接点字用の図へ変換する方法を採用した（付録：図 2 を参照）。3 種類の変換方法を用意し、必要に応じて出力形式を変更できる。（なお[9]において CUI 形式の作図アプリが開発されている。）

- ① 立体印刷機用：EasyTactix [10]のように黒で描画されている部分を立体的に印刷できる機器を用いて印刷する場合の形式。一番忠実に表現することが可能だが、機器やランニングコストが高価であるため、個人で利用するのは難しい。
- ② 点字印刷機用：ESA721[11]で印刷すれば、3 種類の大きさの点で描画することができ、はっきりとした凹凸によって図の理解が比較的容易となる。機器そのものは大変高価だが、ランニングコストが安価である。また本システムでは、点図作成において先駆的アプリケーションである Edel [12]と同じ形式を出力するため、Edel による再編集も可能である。
- ③ ピンディスプレイ用：標準的なピンディスプレイは 2×4 ピンで構成されたセルが 32 個～40 個並んでいるものであり、この出力で図を理解することは非常に難しい。しかし、視覚しょうがい者が図を作成する場合、どのように描かれるかは、実際に印刷しないと把握できないことが多い（特に TikZ では配置を LaTeX が決定するのでほぼ不可能である）。この出力で概略を掴むことができれば、最終版だけ印刷すればよく、印刷機を簡単に利用できない一般のユーザーにとっては有用であると考えられる。

### 【今後の課題・展望】

OS や LaTeX の多様性には対応できているが、ピンディスプレイや印刷機にもさまざまな種類があり、機器依存性の解消や他分野への対応、さらに点訳精度の改良などまだやるべき課題は多い。また研究計画時には利用できなかった、広いピンディスプレイである Dot Pad [13]が国内販売されるようになった。これは大きなスクリーンを持っており、グラフや図など理数的なコンテンツとの相性が非常に良い。Dot Pad 自体はこのようなコンテンツを持っていないため、当研究開発と合わせることで理数系科目への敷居が下がることが期待される。今後はこのような機器との連携を考えたい。これまでの研究開発内容は常にどこかで必要とされていることであると考えられるため、今後も情報発信していく予定である。

### 【参考文献】

[1] S. Hara, N. Ohtake, M. Higuchit, N. Miyazakitt, A. Watanabe, K. Kusunoki and H. Sato, MathBraille; a system to transform LaTeX documents into braille.

ACM SIGCAPH Computers and the Physically Handicapped, Issue 66, (2000), 17-20.

[2] 数学文書用の点字変換ソフト（IMLtoBraille）、数学文書用の点字編集ソフト（BrailleInfty）<https://www.sciaccess.net/jp/BrailleInfty/>

[3] A. Papasalouros and A. Tsolomitis, latex2nemeth: A direct LATEX-to-Braille Transcribing Tool, TUG 2021.

[4] MeCab: Yet Another Part-of-Speech and Morphological Analyzer <https://taku910.github.io/mecab/>

- [5] NAIST Japanese Dictionary <https://ja.osdn.net/projects/naist-jdic/wiki/FrontPage>
- [6] Unified English Braille (UEB) <https://iceb.org/ueb.html>
- [7] Liblouis <https://liblouis.io/>
- [8] arxiv <https://arxiv.org>
- [9] 藤芳 衛, 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): (2004), 7-12.
- [10] 立体イメージプリンター <https://creativethings.jp/>
- [11] 点字プリンター・プロッタ ESA721 Ver'95 [http://www.jtr-tenji.co.jp/products/ESA721\\_Ver95/](http://www.jtr-tenji.co.jp/products/ESA721_Ver95/)
- [12] EDEL-plus <https://www7a.biglobe.ne.jp/~EDEL-plus/>
- [13] Dot Pad <https://pad.dotincorp.com/>

## 付録

図 1 : LaTeX と本開発について

LaTeX : 純粋なテキストファイルで、これを LaTeX によって変換することで PDF が得られる。記号が直接書かれているのではなく、記号を指示する命令が書かれており、また PDF に変換する時点で自動的に割り振られる番号などもあるため、このファイルを読んで内容を理解することは非常に困難である。

```

有限多重ゼータ値と対称多重ゼータ値は Kontsevich によって \eqref{eq:A}, \eqref{eq:S} のような表示があることが示されている。
\begin{align}
\label{eq:A}
\zeta_{\mathcal{A}}(k_1, k_2, \dots, k_r) &= \sum_{0 < m_1 < m_2 < \dots < m_r < p} \frac{1}{m_1^{k_1} m_2^{k_2} \dots m_r^{k_r}} \\
\frac{1}{\prod_{p \in \mathbb{F}_p} \zeta_{\mathcal{A}}(k_1, k_2, \dots, k_r)} &= \prod_{p \in \mathbb{F}_p} \frac{1}{\zeta_{\mathcal{A}}(k_1, k_2, \dots, k_r)} \\
\zeta_{\mathcal{S}}(k_1, k_2, \dots, k_r) &= \sum_{0 < m_1 < m_2 < \dots < m_r} \frac{1}{m_1^{k_1} m_2^{k_2} \dots m_r^{k_r}} \in \mathbb{R}/\pi^2 \mathbb{Z}.
\end{align}

```

PDF : LaTeX によって得られた PDF。晴眼者はこれで内容を確認することができる。一方視覚しようがい者は数式部分については、(スクリーンリーダーなどは数式を認識できないため) 情報を得ることはできない。

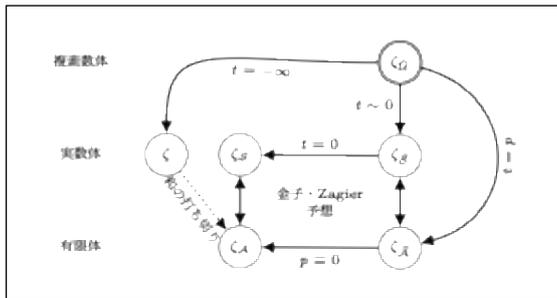
$$\zeta_{\mathcal{A}}(k_1, k_2, \dots, k_r) = \left( \sum_{0 < m_1 < m_2 < \dots < m_r < p} \frac{1}{m_1^{k_1} m_2^{k_2} \dots m_r^{k_r}} \right)_p \in \left( \prod_p \mathbb{F}_p \right) / \left( \bigoplus_p \mathbb{F}_p \right), \quad (1)$$

$$\zeta_{\mathcal{S}}(k_1, k_2, \dots, k_r) = \sum_{0 < m_1 < m_2 < \dots < m_r} \frac{1}{m_1^{k_1} m_2^{k_2} \dots m_r^{k_r}} \in \mathbb{R}/\pi^2 \mathbb{Z}. \quad (2)$$

点字 : 従来の方では専門の点訳者が PDF を見ながら点訳を作成する。本システムでは LaTeX から直接点訳が得られる。さらに、さまざま情報も付加されており、点字についての知識がなくても対応が理解できるようになっており、晴眼者にとっても有用である。

図 2 : 墨字用の図と本システムによる 3 つの点字用の図

墨字用 : 右が LaTeX による図の作成例である。このテキストファイルから下の図が得られるのだが、PDF 出力しないで理解することは非常に困難である。(通常晴眼者は PDF を確認しながら作成する。)



```
\begin{tikzpicture}
\scriptsize
\matrix [matrix of math nodes,row sep=8mm,column sep=5mm]
{\text{複素数体} & \zeta & \\
& \zeta_S & \zeta_G \\
\text{実数体} & \zeta_A & \zeta_B \\
& \zeta_C & \zeta_D \\
\text{有理数体} & \zeta_E & \zeta_F}
\end{tikzpicture}
```

点字用 : 点字と墨字では文字の大きさが異なるため、一般的に文字を含む図の場合は元の図を利用した印刷は難しい。(比率など変更が必要なので、点訳者が一から作り直すこともある。)

- ① 立体印刷機用 : 線などは綺麗に表示できるが、編集が難しく、また、うまく印刷できない場合もある。
- ② 点字印刷機用 : 凹凸がはっきりしているが、線の描画が難しい。
- ③ ピンディスプレイ用 : 荒く、図の理解が難しいが、印刷が不要である。

