

音読時間とポーズ時間の特徴に基づく音読流暢性評価と そのフィードバックツールの提案

丸山 裕也^{*1}, 香山 瑞恵^{*2}

^{*1} 信州大学大学院総合理工学研究科, ^{*2} 信州大学工学部

Proposals of metrics for reading fluency based on features of reading aloud and feedback tool using these metrics

Graduate School of Science and Technology, Shinshu University^{*1},
Faculty of Engineering, Shinshu University^{*2}

The purpose of this research is to develop an assessment tool for reading aloud by pupils. We have proposed some metrics for evaluating reading fluency based on features of pauses in reading. In this paper, we show the results of assessment for some reading aloud data from pupils who born in foreign countries using these metrics. Moreover, we propose two types of feedback interfaces with heat-map method and glyph methods.

キーワード: 音読, 流暢性, 音読時間, ポーズ, 可視化

1. はじめに

学校教育においては、読み書き困難児童の発達性ディスレクシアに対する認知度が低く、特別な支援が受けられない現状が見受けられる⁽¹⁾。家庭でも保護者は経験や専門知識が乏しく、児童に対して適切な評価を行うことは困難である。しかし、児童は読み書き練習を重ねて流暢性を評価、アセスメントすることで学習効率を高めることが示唆されている⁽²⁾。

読み書き困難のうち、特に読みに着目した場合の流暢性評価法として、読みの速度に着目した検査方法⁽³⁾や文字の読み書きの正確性を調べる検査方法⁽⁴⁾がある。これらの方法では、単一項目による評価や特殊な検査が用いられる。また、評価に関する専門知識が必要であったり、評価に長時間を要したりするなどの問題もある。さらに、評価のために取得した音読の特徴が音読のアセスメントに活かされないことが多い。

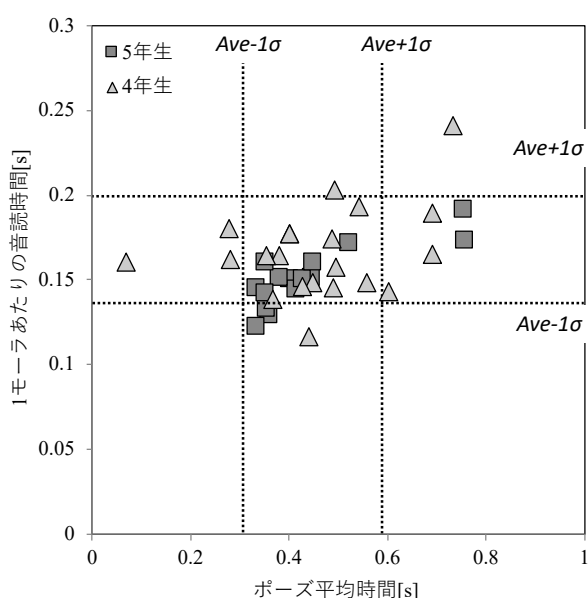
本研究では、読みに着目し流暢性評価を試みている。単一項目ではなく、聞き手の印象を反映させた指標と

して文章音読に挿入されたポーズ情報を利用した多面的指標⁽⁵⁾を提案している。そして、評価算出を自動化するために提案している多面的指標を用いた読みの流暢性の自動評価ツール⁽⁶⁾を提案してきた。今回は読みに困難を示す児童の例として、外国にルーツを持つ児童の音読を評価した。本稿では、外国にルーツを持つ児童の音読に対して音読時間とポーズ時間の特徴に基づく解析結果を示す。また、音読時間とポーズ時間の特徴を自動的に評価するツールの仕様を示した上で、音読特徴を教師と音読児童に効果的かつ効率的にフィードバックする可視化方法を提案する。

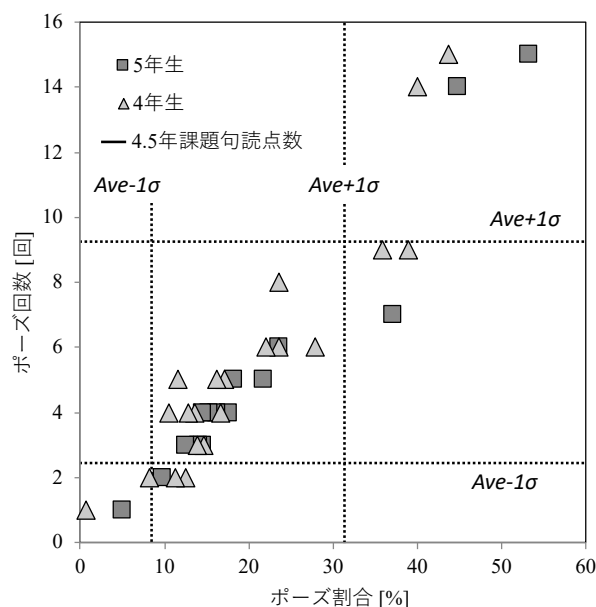
2. 流暢性評価

2.1 流暢性の評価指標

本研究では、流暢性を「適切な間を取りながら、すらすら読めて言い淀みが無く逐次読みではない様子」と定義する。本研究で読みの流暢性評価指標としている特徴量は以下の5つである⁽⁶⁾。



(a) モーラとポーズの平均時間



(b) ポーズの回数と割合

図 1 本研究で提案する音読の流暢性評価指標

- (1). ポーズの平均時間
- (2). 1モーラあたりの音読時間
- (3). 音読中のポーズ回数
- (4). 全音読時間に対するポーズ割合
- (5). ポーズの位置種類

(1)は、音読中に出現したポーズの総和時間をポーズ回数で割った結果である。(2)は、結果文章を単語ごとに分解し、各モーラ数で割った結果である。(3)は、音読中のポーズ回数である。以降、ポーズ回数と呼称する。(4)は、音読中に出現したポーズの総和時間を読み始めから終わりまでの音読所要時間で割った結果である。以降、ポーズ割合と呼称する。(5)は、ポーズに対して挿入された文章位置の種類である。ポーズの種類は、「句点」「読点」「改行位置」「文節途中」の4種類である。

2.2 流暢性評価指標から得られる音読の傾向

2.1 に示した 5 指標の内の 4 指標 ((1)~(4)) と音読特徴の関係を図 1 に示す。これらの図は、4 年生が 22 名と 5 年生は 15 名の計 37 名の音読評価結果を示している。音読文章は 2 種類であり、最初の 1 文のみを評価対象とした。4 年生の音読文章のモーラ数は 52 であり、5 年生は 59 である。ここでは音読文末の句点をカウントしている。これらの児童には定型発達児童と音

読困難児童が混在している。左図は、ポーズの平均時間(1)と 1 モーラあたりの音読時間(2)の関係を示している。ポーズの平均時間の平均値 $\pm 1\sigma$ は 0.46 ± 0.14 [s]であり、1 モーラあたりの音読時間の平均値 $\pm 1\sigma$ は 0.17 ± 0.03 [s]であった。右図は、音読中のポーズ回数(3)とポーズ割合(4)の関係を示している。対象文章の句読点数は 4 であった。それに対して、ポーズ回数の平均値 $\pm 1\sigma$ は 5.4 ± 3.7 [回]であり、ポーズ割合の平均値 $\pm 1\sigma$ は 20.57 ± 11.93 [%]であった。

これらの児童の音読の特徴を以下に示す。

- ポーズの平均時間は 1 モーラあたりの音読時間に比べ広範囲に分布した
- ポーズの平均時間が 1σ を超える児童の音読は、間が適切でないことがある
- ポーズ回数が多く、全音読時間に対するポーズ割合が大きい児童の音読は逐次読みに近い
- ポーズの平均時間が長い児童の音読は、全音読時間に対するポーズの割合が大きくかつポーズ回数も多い

2.3 5 指標自動取得ツール

2.1 に示した音読の流暢性を評価する 5 指標を自動取得するツールを作成した。本ツールでは音声認識エンジンとして Google Cloud Speech API(Google 社) (7)

を用いる。Google Cloud Speech API は音声認識クラウドサービスであり、高精度かつ長時間の音声データを認識できる。

しかし、Google Cloud Speech API では、ポーズ情報を取得することができない。そのため、本ツールではポーズ情報を追加する処理を行っている（後述）。5指標を算出するための入力音声は、wav形式のサンプリングレート16kHz、ビット数16bit、チャンネル数1chとする。算出処理の概要を図2に示す。提案ツールは音圧の正規化をしたwav形式の音読音声ファイルを入力データとする。音声認識エンジンでは取得できないポーズ情報は以下のように算出した。音読音声から指定した音圧閾値以下の状態が0.25[s]以上続いた区間を取得し、ポーズのタイムスタンプを記録する¹。この結果より、ポーズ回数と平均時間を算出する。また、音読音声と音声認識エンジンを用いて、単語単位での認識語とタイムスタンプ、モーラを取得する。この結果より、1モーラあたりの音読時間を算出する。さらに、取得したポーズと認識語をタイムスタンプで比較し、認識語群にポーズを挿入することで、ポーズを含む文章情報を得る。この結果より、ポーズの位置種類と全音読時間に対するポーズ割合を算出する。

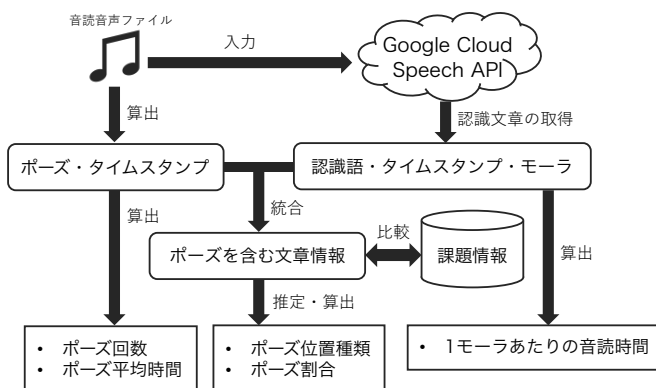


図2 自動取得ツール処理概要

3. 外国にルーツを持つ児童の音読解析

3.1 対象音読データと音読データのグループ分け

外国にルーツを持つ児童の音読データ36データを2.3に示した5指標自動取得ツールを用いて解析した。音読児童は小学1~6年19名である。これらの児童の日本滞在年数は1~12年である。音読文章は1~4文の12

種類（縦書き6種類、横書き6種類）である。横書きには分かち書き文章も含まれる。音読時間は平均で23.95[s]（最大48.59[s]、最小8.81[s]）であった。音読文章の平均モーラ数は85.75（最大116、最小23）である。本ツールでは、音読文末の句点に関してカウントしない処理としている。

これらの音読文章はDAISY規格のePUBとしてタブレット端末に表示された。今回の解析では5指標のうち「ポーズの位置種類」を除く4指標に着目した。

ここでは、「学習言語習得には5~7年の学習が必要である」「外国にルーツを持つ児童は縦書きテキストでは読みにくい」⁹⁾という先行研究の知見に基づき、19名の児童を日本滞在年数（5年未満・5年以上）と音読課題の提示方法（縦書き・横書き）で4グループに分けた。各グループの特徴を表1に示す。括弧内は音読音声ファイル数である。group1は滞在期間が5年以上かつ横書きの音読群の12データである。group2は滞在期間が5年未満かつ縦書きの音読群の7データである。group3は滞在期間が5年以上かつ縦書きの音読群の12データである。group4は滞在期間が5年未満かつ縦書きの音読群の5データである。

表1 各グループの特徴

	5年以上	5年未満
横書き	group1 (12)	group2 (7)
縦書き	group3 (12)	group4 (5)

表2 ポーズ平均時間と1モーラあたりの音読時間の特徴

	ポーズ平均時間[s]	1モーラあたりの音読時間[s]
group1	0.50±0.11	0.15±0.04
group2	0.63±0.07	0.24±0.07
group3	0.51±0.09	0.15±0.05
group4	0.61±0.10	0.23±0.07

3.2 解析結果

自動取得ツールでの解析結果を図3と図4に示す。図3の横軸はポーズの平均時間、縦軸は1モーラあたりの音読時間である。全被験者のポーズの平均時間の平均値±1σは0.54±0.11[s]である。1モーラあたり

¹ 一般に無発声区間の絶対時間は0.1~0.3[s]である⁸⁾。

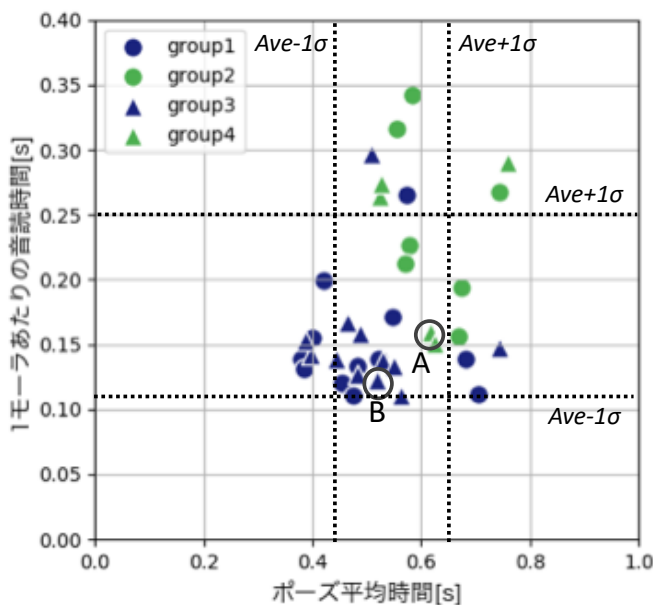


図 3 モーラとポーズの平均時間

の音読時間の平均値 $\pm 1\sigma$ は 0.18 ± 0.07 [s]である。各グループのポーズ平均時間と1モーラあたりの音読時間の特徴を表2に示す。両指標ともに5年以上の滞在グループの値が5年未満のグループの値よりも短い。文章の横書き縦書きでは大きな違いはみられない。

図4の横軸はポーズ割合、縦軸はポーズ回数である。全被験者のポーズ割合の平均値 $\pm 1\sigma$ は 27.03 ± 11.33 [%]である。ポーズ回数の平均値 $\pm 1\sigma$ は 11.94 ± 7.71 [回]である。各グループのポーズ割合の特徴とポーズ回数の特徴を表3に示す。両指標ともに5年以上の滞在グループの値が5年未満のグループの値よりも少ない。文章の縦書き横書きについては、ポーズ割合では大きな違いはみられないが、ポーズ回数では5年未満のグループに5.17の違いが見られる。

表 3 ポーズ割合とポーズ回数の特徴

	ポーズ割合[%]	ポーズ回数[回]
group1	22.79 ± 9.56	8.00 ± 3.91
group2	35.42 ± 7.03	21.57 ± 6.80
group3	23.22 ± 11.86	8.42 ± 5.74
group4	34.63 ± 10.86	16.40 ± 6.80

3.3 考察

表2と表3の値に対するShapiro-Wilk検定より4指標全てで正規性が確認できなかった。そこで、ノンパラメトリック検定の手法であるWilcoxon rank sum検定を用いて平均値の差を検定した。滞在年数の長短

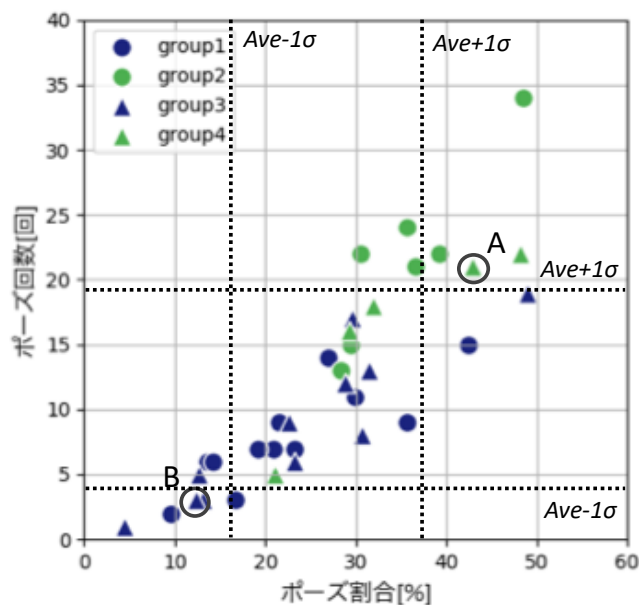


図 4 ポーズの回数と割合

で比較した結果、横書きでは4指標において5%水準での有意差が示され、縦書きではポーズ割合を除く3指標において5%水準で有意差が示された。一方、文書の縦書き横書きで比較した結果、滞在年数の長短によらず4指標で有意差は示されなかった。

すなわち、外国にルーツを持つ児童の音読は、滞在期間が短いグループは、長いグループに比べてポーズの平均時間が長くなっていった。2.2に示した日本人児童の音読特徴の1つである「ポーズの平均時間が長い児童の音読は、全音読時間に対するポーズの割合が大きかつポーズ回数も多い」に関連する可能性が考えられる。

また、滞在期間が短いグループは、長いグループに比べてポーズ割合が有意に多くなっている。ポーズ回数は有意では無いが、多い傾向にあった。これは、2.2に示した日本人児童の音読特徴の1つである「ポーズ回数が多く、全音読時間に対するポーズ割合が大きい児童の音読は逐次読みに近い」に関連する可能性が考えられる。

しかし、ポーズ回数に関しては今回の解析結果を一律に考察することはできない。なぜならば、音読文章は12種類あり、それぞれの文章での句読点数が異なり(読点数3~6, 句点数1~4), 分ち書きとそうでない文章が混在しているからである。

4. フィードバック方法の提案

前章までに示した音読の流暢性を評価する指標での解析結果を示すグラフでは、音読に対する読みの傾向は明らかにできるが、児童にとっての困難箇所や困難理由を明らかにすることができない。そのため、困難箇所や困難理由を明らかにするための可視化方法を検討した。

4.1 評価指標の可視化インターフェースの提案

図 5 に提示手法の例を示す。(1)はルビ振りであり、認識文の上に 1 モーラの音読時間、下にはポーズ時間を示す。(2)は読み速度表示であり、実時間で認識文を順番に提示する。(3)は読み速度下線表示であり、実時間で認識文に下線を引いていく。(4)は分かち書きであり、ポーズの長さに対して対応する数の□を挿入する。(5)は文字サイズ変更であり、音読時間を文字サイズに対応させた。(6)はヒートマップであり、音読時間を色情報に対応させた。

これらの提示手法に対して、特別支援の専門家 4 名より評価を得た。その結果、音読の評価が可視化されることは児童の指導に役立つという意見を得た。具体的には、指導時間に制約のある指導者でも児童の音読特徴を概観することができること、客観的な評価が行える可能性があること等が指摘された⁽⁶⁾。また、可視化手法に関しては、(6)のヒートマップが特に好評であり、困難箇所や困難理由の発見に役立つと指摘された。一方、児童向けのフィードバックツールの必要性も指摘された。

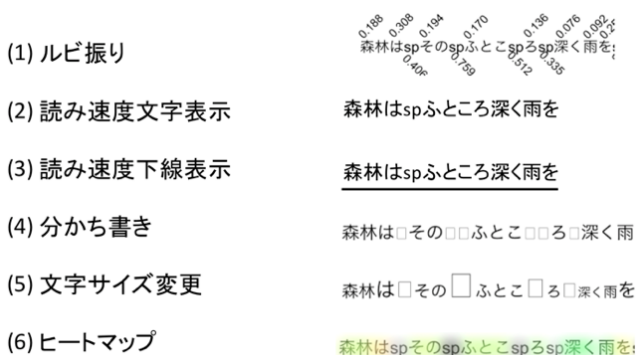
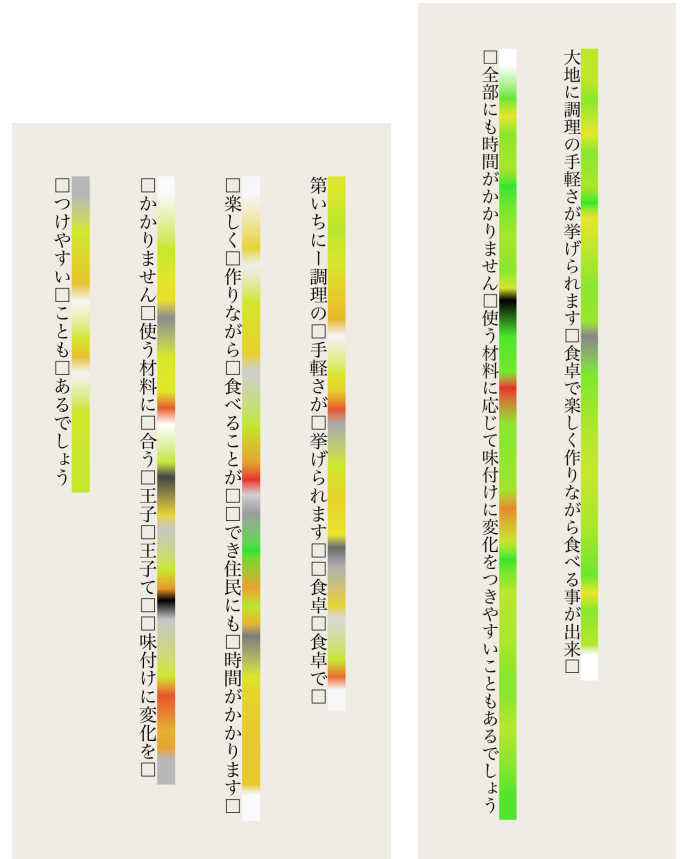


図 5 音読特徴の提示方法

4.2 ヒートマップの設計

今回は、1 モーラあたりの相対音読時間と各ポーズの相対時間とポーズ回数、およびそれらの位置(種類)



(a) 児童 A (b) 児童 B

図 6 ヒートマップ例

を提示することとした。これらの提示手法では、ポーズを含む単語単位で各特徴量を付与する。

本研究で提案するヒートマップ式の音読可視化では、1 単語ごとの音読時間と 1 ポーズごとの時間を表示色の特徴に対応付けた。1 単語ごとの音読時間では、相対音読時間を色相スケールと対応させた。赤に近い箇所は音読時間が長く、緑に近い箇所は音読時間が短いことを表している。中間色には橙色、黄色、黄緑がある。相対化をしているため、赤と緑の色は必ず 1 単語ずつ出現する。色ムラが多いと音読の流暢さに問題が生じている可能性がある。また、1 ポーズごとの相対時間は明度スケールに対応させた。黒いほど長いポーズで、白いほど短いポーズである。中間色は灰色である。相対化をしているため、黒と白の色は必ず一箇所ずつ出現する。ポーズが句読点以外で生じた場合に、音読の流暢さに問題が生じている可能性がある。

図 3 と図 4 に示した児童 A と児童 B の音読に対するヒートマップを図 6 に示す。これらの児童は同一文章(縦書き、分かち書きなし、句読点数 6、改行数 4、

モーラ数 93)を音読していた。図 6 (a) は児童 A の結果である。このヒートマップは、全体的に中間色かつ色ムラがある。また、黒もしくは灰色が多数確認される。ポーズ回数は 21 回であった。一方、図 6 (b) は児童 B の結果である。このヒートマップは、全体的に緑色であり、色ムラは少なく、灰色は少ない。ポーズ回数は 3 回であった。

主観的な音読の評価では、児童 A は、たどたどしく感じられる。児童 B は、すらすら読めて言い淀みが無く逐次読みでない流暢な読みであった。

4.3 児童向けのインターフェース作成

4.1 に示した特別支援の専門家からの指摘を踏まえ、児童向けのフィードバックツールとしてグリフを作成した。グリフ例を図 7 に示す。今回はヘビ図形を用いて、柄の明瞭度によって各行の音読評価結果を表現する。ヘビの頭は音読冒頭の文を、ヘビの尾は最後の文に対応させる。図 7 中の②の区間は逐次読みであるため、ぼかしが強くなり柄が見えないが、③の区間はしっかりと読めているため柄がはっきりと見えるという表現である。

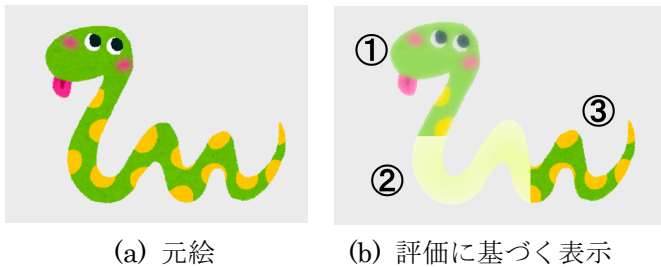


図 7 グリフ候補案

5. おわりに

本稿では、外国にルーツを持つ児童の音読に対して音読時間とポーズ時間の特徴に基づく解析結果を示した。滞在年数の長短の違いにより、本研究で提案した流暢性評価指標に有意な差が確認された。

また、音読の流暢性を評価する 5 指標を自動的に取得するツールの仕様を示した上で、音読特徴を教師と音読児童に効果的かつ効率的にフィードバックする可視化方法を提案した。ヒートマップ式の音読可視化では、読みに特徴のある児童のアセスメントの可能性が示唆された。

今後は、提案ツールの実用性を高める工夫を試みる。

また、グリフ式の音読可視化では、可視化の方法と指標との対応を更に精査し、児童の音読のアセスメントに適用したい。

謝辞

児童の音読音声の提供及びインターフェースの評価にご協力して頂いた大阪大学 楠敬太先生、立命館大学 小澤亘先生、大阪教育大学 金森裕治先生に感謝いたします。

参考文献

- (1) 奥村智人: “発達性読み書き障害 (ディスレクシア) の評価と指導”, 明星大学発達支援研究センター紀要, Vol.1, pp.13-15 (2016).
- (2) Deno, S.L., et al.: Relationships among simple measures of spelling and performance on standardized achievement tests [Research Report No.21], Minneapolis: University of Minnesota, Institute for research on Learning Disabilities (1980).
- (3) 近藤 武夫: “読み書きのアセスメント”, http://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/detail/_icsFiles/fieldfile/2016/10/27/1378381_15_1.pdf (2018 年 9 月 27 日確認)
- (4) 宇野彰他: “改訂版 標準読み書きスクリーニング検査 - 正確性と流暢性の評価-(STRAW-R)”, インテルナ出版 (2017).
- (5) 北川耕平他: “音読時間とポーズの特徴に着目した読みの流暢性の評価指標に基づく音読の流暢性評価の提案”, 信学論 D, Vol.J101-D, No.2, pp.338-347 (2018).
- (6) 丸山裕也他: “音読のポーズ特徴に基づく音読流暢性アセスメントツールの設計”, 2017 年度教育システム情報学会学生研究発表会北信越地区, pp.29-30 (2017)
- (7) Google Cloud Speech API : <https://cloud.google.com/speech-to-text/> (2018 年 9 月 27 日確認)
- (8) 石崎晶子: “日本語の音読において学習者はどのようにポーズをおくか”, 世界の日本語教育日本語教育論集, No.15, pp.75-89 (2005).
- (9) 楠敬太他: “外国にルーツを持つ児童の読み困難度に関する基礎的研究(第 2 報)”, 日本デジタル教科書学会 第 7 回年次大会(2018)