

小学校国語科における児童の音読の流暢性と イントネーションの適切さを判定する機能の開発

神保一樹¹ 加藤直樹²

概要：近年の教育現場では学習の基盤となる言語能力の育成が重要とされている。文章を読み内容を理解する言語能力の育成には音読が効果的であり、流暢さやイントネーションを意識した音読が好ましい。しかし、児童自身がそれらを意識しながら音読するのは難しく、間違えた際に気づきにくい。そこで本稿では、児童が流暢に適切なイントネーションで読めたかを判定する機能の開発について述べる。流暢に読めない児童は音読にかかる時間が長いことに着目し、見本となる教師の音読音声から各文節を読むのにかかる時間を求め、読み時間が平均値 $\pm 2SD$ 秒の値を基準とし、流暢性を判定した。また、イントネーション判定では疑問文に注目し、疑問文は文末にピッチが上昇することから、機械学習を利用して基本周波数の変化を検出した。さらに、評価実験から2つの有用性を示した。

キーワード：音読、小学校、国語、機械学習

Development of a Function to Assess Fluency and Appropriate Intonation in Japanese Oral Reading among Elementary School Student

KAZUKI JIMBO^{†1} NAOKI KATO^{†2}

1. はじめに

2.1 研究背景

令和2年度から順次実施されている学習指導要領では、教科横断的な学びが重視されており、その中で学習の基盤となる資質・能力の育成が必須とされ、その項目には文章を読み内容を理解する力が含まれている[1]。

文章の内容理解について、高橋らは音読の有用性を3つ挙げている[2]。一つ目は、低年齢の児童は言葉や文の構造を音声情報から学ぶため、音声情報を伴う音読活動が書き言葉を習得させるのに効果的である。二つ目は、音読には口を動かし発声をする能動的な活動が含まれ、脳内の文字情報の保持を促進して言葉の理解を支える可能性がある。三つ目に、読解中に文章に集中することが難しい児童にとっては、文に注目し読解の内容理解がしやすくなる点をあげている。音読時には、読み手の内容を理解する力にかかわらずこれらの活動を確実に実行するため、文章の内容理解がしやすくなると考えられる。

文章の内容理解をする際は、音読より黙読の方が機会は多く、黙読による文章理解を促すほうが重要だと考えられやすい。実際に、小学校中学年、高学年からは文章の内容理解を黙読で行う。しかし、効果的な黙読を行うためには、頭の中で音韻変換をすると良い[3]。つまり、効果的な黙読ができるためには、発声を伴わない音読と位置づける必要があり、児童に効果的な黙読を習得させるためには、音読による音韻変換を習得した上で、黙読では声を出さずに音韻変換を行わせることが重要である。

音読の学習効果については有働らによる学生を対象としたアンケート結果から分かる[4]。このアンケートは大学生147名に印象的に記憶している音読活動とその指導内容、音読についての印象を選択式で答えてもらったもので、アンケートの自由記述欄には「文章を読むことによって理解

が深まる」といった記述が多く見られ、学生が音読によって内容理解の深まりを実感しているといった記述が多かったことが分かった。文の内容理解には音読活動が効果的で、その効果を学習者が実感していることが分かる。

音読について、小学校学習指導要領解説の国語編では「声の大きさや抑揚、速さや間の取り方といった音読の技能を活かすことが重要」とあり、文を読み上げる際に重要な技能について述べている[5]。内容を理解する力と音読の速さに関して、佐藤は読みの力を育てる基礎・基本は「すらすら音読」にあると述べている[6]。一文字ずつ読んでしまう逐次読みではなく、一定の速さで文をすらすらと流暢に読めることが内容の理解にたどり着くと報告している。今泉はアクセントやイントネーションなどの韻律情報は、言語情報の意味や感情理解などに関与すると述べている[7]。よって、流暢性やイントネーションは内容の理解において重要である。

しかし、児童が音読をする時に、自分自身で流暢性やイントネーションを意識して、様々な工夫をして読むことは難しい。読むことに集中すると、どこでつかえたのか、はっきりと読めたのか、不自然なイントネーションではないかが気づきにくいからである。反対に音読中に、つかえたか、はっきりと読めたかに意識が向いていると、文の内容理解や記憶に十分気をつかえないかもしれない。さらに、音読が苦手な児童は、周りの児童に比べ、語のまとまりを意識できない、読んでいる部分に注意できないなどの困難を持っていることが多いが、そのことに気づかれないことがある。そのような困難に対処せずに周りの児童と同じかそれ以上の練習をしても効果が表れず、結果上手に読めない場合がある。音読練習をしても上達しないことから、音読が嫌いになったり、周りから努力不足を疑われ抑うつ的な状況に陥ったりすることもあり得る。その経験から文字を読むことへの抵抗感につながり、音読を避けることで、文章から言葉の持つ意味を捉えることが難しくなり、他の学習活動にも影響を及ぼすことがある[8]。

¹ 東京学芸大学大学院
Graduate School of Education, Tokyo Gakugei University

² 東京学芸大学
Tokyo Gakugei University

2.2 研究目的

本稿では、文章を読み、内容を理解する力を高めるためには、音読の流暢性向上と適切なイントネーションの習得が重要であることに注目し、流暢ではない部分や不自然なイントネーションを指摘し児童が気づき修正しやすくなることを目指し、流暢性とイントネーションの判定手法の開発と、その判定機能の有用性の検証について述べる。

本稿では、流暢性を「よどみなくはっきりと、一定の間隔の速さで読める」こととする。読む速さはこの定義における流暢性とは異なるが、文全体を読むのが遅いまたは速い音読も判定する。全体を読むのが遅い場合は、逐次読みをしている可能性があり、文章の内容を理解しにくい。読むのが速い場合は、十分な内容理解をせずに読んでいる可能性があるからである。またイントネーションは論理的音調を対象とする。論理的音調とは疑問や断言などの文の意味をあらわす音調である。論理的音調の他には感情的音調があり、こちらは発話者の感情の起伏などを表す音調で、個人差があり定まった判定をするのは難しいため本研究では扱わない。なお、イントネーションと似た言葉のアクセントは、単語ごとに定められた音調である。イントネーションはすでに決められた音調ではなく、文の意味に合わせて変化するものである。

3. 流暢性とイントネーション判定手法の設計

3.1 流暢性判定手法の設計

3.1.1 流暢性判定の必要性

流暢に音読するのが苦手な児童は、周りの児童に比べ、読む速さが遅い場合や、一文字ずつ読む逐次読みになる場合があるが、それを児童自身では気づかないことがある。そのような困難に対処せずに周りの児童と同じかそれ以上の練習をしても効果が表れない可能性があり、音読が嫌いになったり、音読することを避けたりする。

そこで、児童自身が気づきにくい流暢ではない音読を判定し示すことで、それを気づかせることを目指す。判定結果から、流暢ではない文節や文を指摘することで、児童自身が流暢に読めていない箇所を理解し、読みの改善をしやすくなる。また、流暢性の判定における一定の基準を設けることで、指摘する人ごとの個人差を排除することが可能になる。

3.1.2 瀧田らの手法

流暢に読めない児童は他の児童に比べて音読にかかる時間が長い。そこで瀧田らは、児童の音読の時間から流暢性を評価している[9]。

瀧田らは、それまでの評価手法と瀧田らの新しい評価手法の違いを紹介している。それまでの評価手法では、文章全体を読むのにかかる時間から評価していたが、この方法では全文の中で速く読む部分と遅く読む部分が発生した際に、合計した時間が一定の速さで読む場合と変わらず、流暢と判定される。しかし、実際音読は一定の速さで読めていないため流暢ではなく、今までの評価手法では正確な判定がされていないことになる。それを踏まえ、瀧田らは、児童の音読を句読点ごとにかかる時間で記録し、同じ文節の見本の音読音声にかかる時間との差を求め判定する。

しかし、瀧田らの手法では、見本の時間を求めるために児童の音声を複数用意する作業が必要がある。さらに評価の基準を決定するためには、読み聞かせ経験者を集め、録音した音読音声を全て聞き、流暢であるかどうかを評価をする必要もありコストがかかる。

3.1.3 流暢性判定アルゴリズムの設計

本研究では、瀧田らの手法を参考にしながら、瀧田らの手法の問題点を解消するために、評価する基準を決定する新たな方法を提案する。

(1) 基準データ

本手法では、前述の理由から児童の音読音声を評価基準には使用せず、教師の音読音声から評価基準を生成する。小学校の授業では教師が文章を読み上げる場面があり、児童がよく聞く音声で、児童達の学年や能力に合わせて読む速さを選ぶため、教師の音読音声は児童が参考にするのに適した音声である。ただし、教師が特に何も考慮せずに音読した音声は児童の見本としては不適なこともある。そのため、教師の音読音声は児童の音読の見本となる速さを意識して音読したものにする配慮が必要である。

音読の見本として声優が行う朗読劇やデジタル教材として提供されている朗読音声も考えられる。しかし、それらは物語の内容や場面展開、登場人物の心情を伝えるため、読む速さが極端な場合があり、児童の音読の見本には適さない可能性がある。

(2) 流暢性評価の基準時間の算出

児童に読み書きの困難があるかを調べる際に用いられる標準読み書きスクリーニング検査では、様々な単語や文を音読しその読み時間や読み間違いを計測して、児童の読み書きの困難を判定する[10]。判定時の一項目に文章の音読が含まれており、その読み時間が平均値+1.5SD (SD: 標準偏差) 秒以上の児童は困難を持っているとされ、+2.0SD 秒以上の児童は明らかに困難を持っているとされる。同様に、特異的発達障害診断・治療のための実践ガイドラインでは、複数の文を読んだ音読から読み書きの症状を把握するが、「複数の音読課題で+2SD 以上を示す児童」について、2SD を越える場合は異常と判断してよいと述べている[11]。今回はこれらの基準を参考にする。

具体的には、録音した教師の音読音声の文節ごとの読みにかかる時間を元に、その平均値と標準偏差を求め、平均値±2SD 秒の範囲を流暢であると判定をする基準とする。また、詳細な判定結果を示すために平均値±1.5SD 秒以上の範囲も補助基準として用意する。詳細な判定とは、文全体を読むのが遅いまたは速い場合や、文節間の速さに緩急がある場合である。

平均値を求める際に、教師の音読が他の教師と比べて言いよどみやつかえていることで読む時間が長い場合や、聞き取りにくく発音が不明瞭なほど読む時間が短い場合を除くために、他の教師達の読み時間の平均値±3SD 秒以上を外れ値として除外する。

(3) 流暢性評価の基準時間からの判定

判定は、児童の音読音声の文節ごとの読みにかかる時間を求め、その時間が基準の範囲を外れた場合に、読むのにつかえた、字が読めず思い出すのに時間がかかったため読むのが遅くなったと予想し、流暢ではないと判定する(図1)。同様に、はっきり発音しない、読み方が分からない字を読み飛ばしたために、読むのが速くなったと予想し、流暢ではないと判定する。

さらに、流暢ではないと判定された文節だけが読むのに時間がかかっている(かかっている)のではなく、文全体をゆっくり(はやく)読んでいるため読むのに時間がかかっている(かかっている)可能性を考慮して、流暢性

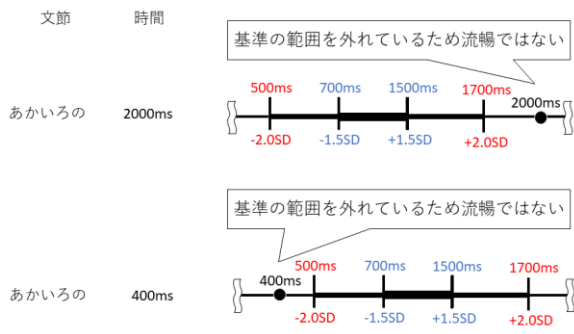
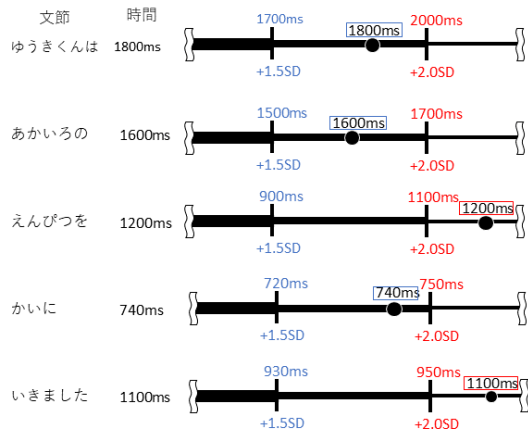


図1 流暢性判定の結果



「えんぴつを」と「いきました」は基準の範囲から外れているため流暢ではない文節である。

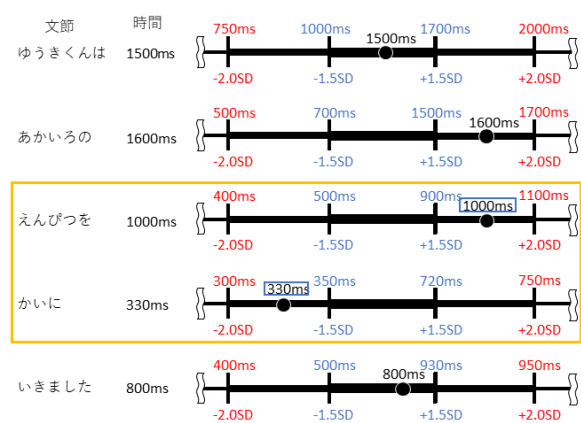
さらに「他の文節」は補助基準の範囲から外れているため、文全体の読み時間が長いと判定される。

図2 文全体の読み時間が長い判定の結果

判定の判定補正を行う。基準の範囲を外れた文節が存在する文の文節全ての読み時間を調べ、全ての文節が補助基準の範囲を外れた場合は、その文節の読み時間が長い(短い)のではなく文全体を読む時間が長い(短い)と言えるため、文全体を読むのに時間が長い(短い)ため、逐次読みや口が早いという判定に修正する。読む時間が長い場合は文を読むペースを速めるように促し、読む時間が短い場合は文を読むペースを落とすように指摘する

たとえば、5つの文節で構成される文のそれぞれの文節の基準が、750ms~2000ms, 500ms~1700ms, 400ms~1000ms, 300ms~750ms, 400ms~950msの場合を考える。音声の読みにかかる時間が、1800ms, 1600ms, 1200ms, 740ms, 1100ms際は、3つ目と5つ目の文節が読むのにかかる時間が長すぎると判定されるが、他の文節全てが補助基準の範囲を外れている(図2)。これは、全体的に読む時間が長いことを示しているため、文全体を読むのが遅く、逐次読みをしている可能性がある。

また、基準の範囲内で読む時間が短い文節と長い文節が連続する際、音読に緩急が出てつかえているように聞こえるが、この判定手法では基準の範囲を超えていないため流暢ではないと判定されない。そこで、連続した文節の読み時間が補助基準の範囲を上回る場合と下回る場合の組み合わせだった場合はその連続した文節が流暢ではないと判定し一定のペースで読むように指摘する(図3)。3つ以上の連続した文節で読む時間が短い文節と長い文節が交互にある組み合わせだった場合も同様に3つ以上の文節を指摘する。図3の「あかいろの」と「えんぴつを」の文節のよう



「えんぴつを」が補助基準の範囲を上回り、「かいに」が下回るため流暢ではないと判定される

図3 文節の読み時間の差が大きい判定の結果

に、読み時間が補助基準を外れて+2.0の基準を外れていない文節が連続した場合は、その2つの文節は流暢ではないと判定されない。

3.2 疑問文イントネーション判定手法の設計

3.2.1 疑問文イントネーション判定の必要性

音読には自分が理解したことを表出する働きがある[3]。文脈に適したイントネーションで読むことは、その文の意味を理解していることを示し、逆に不適切なイントネーションな場合は理解していない可能性が分かる。不適切なイントネーションを判定し指摘することで、文の内容を理解するための気づきになる。気づきから適切なイントネーションを身に着けた自分自身の音読を聞くことで内容の理解が進むと考えられる。

文章の内容を理解するのが苦手な児童は、書かれている文字情報から、その単語や文を読み取り、意味を理解することが難しい。たとえば、児童が文字列を声に出して読みながら知っている単語を丸で囲む課題では、児童が覚えている単語を読んだ場合でも、読む時のアクセントを正確に思い出せないために、単語と認識できず丸で囲めない場合がある。他者が正しいアクセントで読むと、児童は知っている単語だと気づきその単語を丸で囲めた。同様な事例がイントネーションでも発生し、文章を文脈にあったイントネーションで読むことが場面の状況や登場人物の気持ちをつかみやすくする。したがって、アクセントなどの韻律情報には意味理解を促す効果があると考えられる。

イントネーションはアクセントに比べて適切ではない読み方でも、文の意味を汲み取って理解できることがあり、指摘されず修正されない場合があるため、文に含まれる意味情報に影響されない判定が必要である。さらに、会話に比べて書いてある文章を読む際はぎこちない不自然なイントネーションになりがちである。そのため、自然なイントネーションになるよう、繰り返し読み、その音声判定することが望ましい。

本研究では疑問文のイントネーションに注目する。その理由は、イントネーションが変化する文の種類の中で、学校の授業でよく使われる種類であること、個人に左右されにくいイントネーションになることからである。イントネーションには感情による音調の変化も含まれるが、個人差があり定まらず判定することが難しいため、扱わないこととする。

3.2.2 疑問文イントネーション判定アルゴリズムの設計

本項では、疑問文イントネーションを判定するための特

微量と手法の提案をする。

(1) イントネーション判定に用いる特徴量

イントネーションの判定では、音声の基本周波数 (F0) を特徴量に用いる。基本周波数とは波形の中で最も低い周波数成分で音の高さと関連する。イントネーションは、英語の場合は音の強弱を示す要素であるが、日本語の場合は音の高低が重要である。音声の高低は波形中に含まれる最も低い周波数に表れるため、基本周波数を用いる。

疑問文では、平叙文と比べ文末のピッチ (音の高低) が上昇する。そこで、文末部分の基本周波数の特徴量として取得し判定に用いる。

(2) イントネーション判定手法の検討

文末部分における基本周波数の値の増加を利用して判定する場合、個々の話者によって読み方が異なり、増加し始めるタイミングが異なるため、増加し始めるタイミングを用いて判定をするのは難しい。また、基本周波数の増加量も人によって異なるため、増加量を比較して判定するのも難しい。

その解決方法として、タイミングではなく決まった文字の音素の波形に注目する方法が考えられる。音声認識では音声からテキストを出力する過程で、音声から音響モデルを用いて音素を抽出し、対応した文字を見つける。これを利用して、文末の最後の文字を発見し、その文字とそれ以降の音声から基本周波数を抽出する方法が考えられる。しかし、音声認識では音声から文字候補を認識した後に言語モデルや構造モデルを活用して適切な文字を判定しており、音響モデルのみでは正しい判定になる確率は低い。また、音響モデルを作成するために大量の音声が必要なことと、児童の発音で正しく音素が判定できるかが不明という問題がある。

疑問文における文末を含む文節の基本周波数は、文節の最後が他の部分と比較して高いため、文末の文節全体の基本周波数を使用して疑問文を判定する。その方法として、基本周波数の値から線形回帰モデルによる回帰直線を求め、その直線の傾きから判定する方法が考えられる。疑問文は、基本周波数が増加するため傾きが正になり、平叙文の場合は減少するため、傾きが負になると予想できる。しかし、肯定か否定で答える「～ありますか。」のような疑問文には増加し始める前の「ます」の部分が文末部分の「か」の最後より高い場合があり、回帰直線の傾きが負の値になり疑問文ではないと誤った判定をされてしまう場合がある。また、平叙文で基本周波数が一定で文末が少しだけ高い場合に誤って疑問文と判定してしまう。

以上より、増加し始める位置の推定や増加する変化は異なるため、一つの基準で判定をすることが難しい。そこで、周波数の傾向を複数の要素から判定が行える、機械学習モデルを作成し判定する方法をとる。

(3) 学習させるデータ

機械学習モデルを作成するために学習させるデータは教師の音読音声を用いる。教師の音声データを使う理由は流暢性判定手法の時と同様である。

教師の音読音声の文末部分から DIO 法を用いて基本周波数を求める [12]。DIO 法とは、高 SNR (信号対雑音比が高い) な音声を適切なカットオフ周波数をもつ低域通貨フィルタにより基本波を抽出することに着目した基本周波数推定法である。求めた基本周波数から特にピッチが上昇している部分に焦点を当てるために、最後尾から 20 フレーム分を学習に使う。フレームとは、一定の時間で区切っ

た特徴量データのことである。

音圧が小さくマイクが音声を適切に拾えなかった部分がある場合や、無声音が含まれる文節を読み上げたため、母音の音が小さくなり取得できなかった場合、基本周波数が推定できず欠損値が生じる。さらに、本研究で採用した基本周波数推定モデルは音調が急激に変化した場合に値を取得できない場合があり、それが原因で欠損値が出る可能性もある。この欠損部分については、回帰補完を用いて補填する。回帰補完は欠損補完の手法の中でもデータの前後に連続性があった際に有効にはたらく手法であり、音声の基本周波数は連続値であるため有効である。

(4) 採用した機械学習方式

機械学習方式として AutoML を採用し学習モデルを作成する。AutoML とは機械学習における値の調整やアルゴリズムの選択を自動で行う技術のことである。

用意した学習データを平叙文か疑問文かを目的変数に基本周波数を説明変数として学習させる。

(5) モデルからの判定

児童の音読のイントネーション判定は、学習用データを作成した方法と同様に文末の文節部分の基本周波数を最後尾から 20 フレーム分のデータを用意する。判定は疑問文か疑問文ではない (平叙文) の二値分類を行う。

4. イントネーション判定モデルの実装

今回は Amazon Web Services (AWS) が提供している AutoGluon を採用する。

AutoGluon は学習データから前処理やチューニング等を自動で処理し学習するモデルである。10 種類以上のモデルを同時に学習させそれぞれのモデルの学習結果やテストデータの成績を示し、採用するモデルを選ぶことが可能である。前処理を終えたデータを平叙文と疑問文合わせて 82 個用意した。

今回は同じ教師データを用いて、学習データとテストデータの分割方法を異なる 5 通りで学習させた。学習データとテストデータの組み合わせを変えることで、偏った学習結果を回避できる可能性がある。そのため、テストデータに対して最も良い評価を出した判定モデルを選択した。

5. テストデータにおけるイントネーション判定モデルの評価

5.1 概要

テストデータの評価が高くても、基本周波数の特性を活かさず、論理的に説明しにくい判定をしている場合、実際の運用時に誤った判定をすることもかもしれない。そこで、判定モデルがテストデータをどのように判定しているかを 2 つの方法で調べる。1 つ目はテストデータの判定確率と基本周波数の変化を比較して、学習したモデルの判定傾向を示し、他手法の検討で考えた要素を考慮した判定器になっているかを考察する。2 つ目は学習データの特徴重要度をフ

表 1 学習モデルの詳細な評価値

モデル名	適合率	再現率	F値
CatBoost	1.00	0.92	0.96
ExtraTreesEntr	1.00	1.00	1.00
ExtraTreesGini	0.88	0.88	0.88
LightGBMLarge	0.82	0.90	0.86
KNeighborsDist	1.00	0.86	0.92

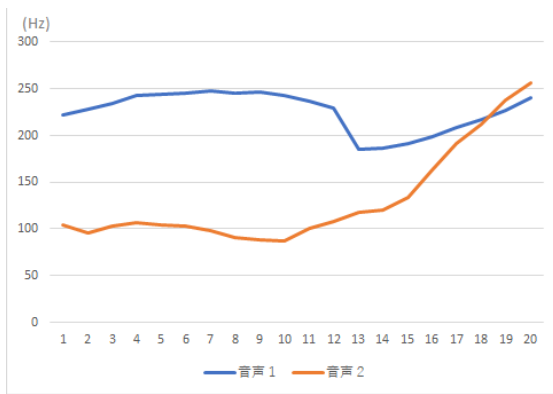


図4 文末基本周波数グラフ

フレームごとに調べ、どのフレームが判定に関与したかを考察する。特徴重要度とは、判定モデルを作る際にどの値を重視して学習したかをスコアで表したものである。

5.2 学習の結果

はじめに3章で学習させた5通りの学習結果で、正解率が最も高かったモデルを表1に示す。

ここで、正しいイントネーションにもかかわらず誤ったと判定されると、正しく読めたのに否定されることから、児童のモチベーションが低下する可能性があるため、正しいイントネーションを誤りと判定することより誤ったイントネーションを正しいと判定する確率が高いように設計する必要がある。そのため、評価においては再現率が高い値をとるモデルが望ましい。

もっとも高い再現率を示したのは2回目に学習させたモデルである。よってここからは一番良い評価を示した ExtraTreesEntr モデルの評価について述べる。

5.3 テストデータの判定時の確率

イントネーション判定モデルがテストデータをどのように判定したかを、テストデータの判定確率と周波数の変化に基づいて述べる。判定確率は、テストデータに対して各判定結果を出力する際の確率とする。

表1の結果においてF1スコアから誤った判定はないことが分かったため、判定した確率が高い文末音声と低い文末音声を抜粋した(図4)。音声1を疑問文と判定した確率は0.603であり、音声2を疑問文と判定した確率は0.960である。音声1は、高いピッチのままで前半と比べて後半でピッチが一度下がりその後増加するパターン、音声2は、音声の中央あたりからピッチが上昇し始め、最後まで上がり続ける音声である。音声1の場合全体を通してピッチ差が少なく、変化が分かりにくい、音声2の場合、増加し始める前との差があり変化が分かりやすい。文節末の初めでピッチが高く、一度下がってからまた上昇する音声は判定確率が低く、初めは低く、最後でピッチが上昇している音声の判定確率が高いのは、人の耳で聞いて判定した結果に近いと考えられる。

5.4 特徴重要度

この判定モデルが疑問文の文末部分の基本周波数をどのように学習をしているかを調べる。学習させたデータから学習する際に、どの特徴量(フレーム)を重視して学習したかを示す(表2)。

フレーム名が文節末音声を区切って求めた基本周波数ごとの番号になる。0が文節末音声の最初で19が文節末音声の最後を基本周波数にしたものである。特徴重要度スコアが、学習させたデータの中で判定に関わっていたかを示

表2 特徴重要度スコア

フレーム名	特徴重要度スコア	スコアの標準偏差
10	0.008824	0.008055
16	0.005882	0.008055
6	0.005882	0.008055
8	0.005882	0.008055
9	0.005882	0.008055
15	0.002941	0.006577
14	0.002941	0.006577
13	0.002941	0.006577
1	0	0
12	0	0
0	0	0
7	0	0
5	0	0
4	0	0
3	0	0
2	0	0
11	-0.00294	0.006577
17	-0.00588	0.008055
18	-0.00588	0.008055
19	-0.00588	0.008055

す。このスコアが正の値であれば判定に関わることを表し、負の値は学習に悪い影響を及ぼすことを示す。

学習時にどのフレームを重視したかを確認すると、8~10のフレームと13~16のフレームを重視していることが分かる。8~10のフレームは基本周波数が増加し始める位置にあたる。疑問文ではない音声の場合、この位置での増加は見られないため、その違いを判定に利用していると考えられる。後半の中間付近は増加した基本周波数が増加し続けるか減少するかを示す部分だと考えられる。音声のピッチが上昇しても、この範囲で上昇しない場合は疑問文ではないと判定しているかもしれない。

文末音声の前半部分は特徴重要度スコアが0になっており、判定に関係ない部分と学習されたようである。

文末音声の最後の部分にあたる17~19フレームのスコアは負の値になっており、学習に悪い影響を及ぼしている。判定手法の検討から考えれば、疑問文と平叙文を判定するうえで重要なフレームだと思われるが、学習データを調査した結果、ピッチを上昇した後に最後で下がっているパターンを発見した。読み上げた後に声が小さくなる場合にもピッチが下降している。平叙文も最後に向けてピッチが下降するため、その区別がつきにくいことから、判定において重要視されなかったと考えられる。ここで、イントネーションの判定に機械学習を用いる目的は、人によってピッチの上がり始めが異なり上昇し始める位置を定めることが難しいこと、文末音声の前半が高いことで全体的にピッチ数が減少しているようにとらえてしまうことの2点が理由である。

前4.3節と4.4節の結果より、学習モデルは機械学習を用いる目的にあった学習方法であることが理解できる。この手法では、上昇が開始する位置と上昇後の変化を判定の重要な要素としている。よってイントネーション判定モデルは、ピッチ数の上昇をとらえて判定していると推測でき、意図した判定をしていると考える。

6. 評価実験

6.1 概要

流暢性判定手法とイントネーション判定手法の有用性を検証するために、それぞれの手法を実装したアプリケー

ションを作成し、それを用いた評価実験を行った。対象は公立の小学校に勤務している教師である。流暢性判定手法では9人、イントネーション判定手法では8人の教師に協力してもらった。教師には児童の音読音声を聞いた後に、同じ音読音声に手法を用いて判定した結果から、手法の判定が適しているかと児童の音読を判定するのに有用かを、アンケートと記述式の回答で調べた。調査期間は11月と12月である。

6.2 実験方法

被験者に対し、本研究の手法について説明した後に、児童の音読音声を聞いて教師に流暢性とイントネーションの判定をしてもらった。

調査のために、公立小学校の第2学年に在籍している75名の児童から音読音声を録音した。録音する児童は保護者の同意があった者のみである。第2学年の児童を選んだ理由として、学習ツールの対象者が低学年であることと、第1学年は音読の習慣がまだ出来ていないのに対して第2学年は日ごろの宿題で音読を繰り返していたからである。

教師が判定するために聞く音声は、児童の音読音声の全文から1文のみを抜き出した音声である。それらを9つ用意し、これらを聞いて判定してもらった。判定中は気になった部分に線を引いてもらい、その理由も書いてもらった。その後、判定する際に何に気を付けたかどのような基準で判定したかを記述してもらった。そして、教師自身の判定と手法による判定結果を比較し、気づいた点や考察を記述し、手法が有用かを述べてもらった。これを流暢性とイントネーションの両方で行った。教師に流暢性を判定してもらった音声の手法を用いた判定結果を表3に示す。イントネーションを判定してもらった音声の手法を用いた判定結果は1~5は疑問文であると判定され、6~9は疑問文ではないと判定した。

6.3 結果

教師の判定結果を表4、5に示す。左側の番号は5.2で述

表3 流暢性判定に使用する音声
 音声番号 判定結果

①	連続した文節が流暢ではない
②	1文節の読み時間が長く流暢ではない
③	1文節の読み時間が大幅に長く流暢ではない
④	1文節の読み時間が短く流暢ではない
⑤	流暢である
⑥	流暢である
⑦	流暢である
⑧	文全体の読み時間が長い
⑨	文全体の読み時間が短い

べた音声の番号に対応している。

6.4 考察

6.4.1 流暢性判定手法

(1) 流暢である音声

流暢に読んでいる音読音声では、教師の判定と手法の判定はほぼ一致した。一部判定結果が不一致になり読むのが速いと判定したが、音読が苦手な児童と比較すると速いと感じたと述べており、教師自身の経験から相対的に判断した結果だった。

(2) 読み時間が長い音声

1文節の読み時間が長く流暢ではない音声と文全体を読むのが遅い音声の判定結果は教師と手法でほぼ一致した。音声番号2、3が読むのに時間がかかった原因は文字のつかえが起きたため、手法ではつかえたことによる読み時間の長さから流暢ではないと判定した。教師は流暢性を評価する基準について自由記述には「つかえていないか」が含まれており、その観点から教師は流暢ではないと判定したと考えられる。

(3) 連続した文節が流暢ではない音声

連続した文節が流暢ではない場合はどの教師も一致し

表4 教師による流暢性判定の結果

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
①	不一致 別部分が 非流暢	不一致 非流暢なし	不一致 非流暢なし	不一致 別部分が 非流暢	不一致 別部分が 非流暢	不一致 非流暢なし	不一致 別部分が 非流暢	不一致 別部分が 非流暢	一致
②	一致	一致	一致	不一致 非流暢	一致	一致	一致	一致	一致
③	一致	一致	一致	一致	一致	一致	一致	一致	一致
④	不一致 文全体が 速い	不一致 別部分が 非流暢	不一致 非流暢なし	一致	不一致 文全体が 速い	不一致 文全体が 速い	不一致 文全体が 速い	一致	不一致 文全体が 速い
⑤	一致	一致	一致	一致	一致	一致	一致	一致	一致
⑥	一致	一致	一致	一致	不一致 文全体が 速い	不一致 別部分が 非流暢	一致	一致	一致
⑦	一致	一致	一致	一致	一致	一致	一致	一致	一致
⑧	一致	一致	一致	一致	一致	一致	一致	一致	一致
⑨	一致	不一致 非流暢なし	不一致 非流暢なし	不一致 非流暢なし	不一致 非流暢なし	一致	一致	不一致 別部分が 非流暢	一致

表5 教師によるイントネーション判定の結果

	A	B	C	D	E	F	G	H
①	一致	一致	一致	一致	一致	一致	一致	一致
②	一致	一致	一致	一致	一致	一致	一致	一致
③	一致	不一致	一致	一致	一致	一致	不一致	不一致
④	一致	一致	一致	一致	一致	一致	一致	一致
⑤	一致	一致	一致	一致	一致	一致	不一致	一致
⑥	不一致	一致	一致	一致	一致	一致	一致	一致
⑦	不一致	不一致	不一致	不一致	不一致	不一致	不一致	一致
⑧	一致	一致	一致	不一致	一致	一致	一致	不一致
⑨	不一致	不一致	不一致	不一致	不一致	一致	一致	一致

なかった。教師による判定後の感想では、「聞いた時は特に気にならなかったが、手法の結果を提示された後に違和感を覚えた」と述べていたため、この手法は教師の判定基準を反映できている可能性がある。不一致の理由として流暢ではないと判定した人が少ないため、実際の指導の場面では、流暢ではないと指摘しないのかもしれない。また、別部分が非流暢と判定した原因として、発音があいまいなため気になったと記述していた。

(4) 読み時間が短い音声

1文節の読み時間が短く流暢ではない音声と文全体の読み時間が短い音声は不一致が多かった。自由記述より「教師が音声を聞いて読むのが速いと感じても指摘するほどでもない」と述べており、気になるがそれを指摘し指導する必要が無いと判断したことが分かった。手法による判定と同様の結果だが、越えたことを指摘するかが教師と異なる可能性がある。

以上の考察から読み時間から流暢性の判定をするのは有用であると考えられる。特に流暢な音声と読む時間が長く流暢ではない部分を指摘することは可能である。教師が流暢ではない判定する要因を、手法では文節ごとの読み時間で判定できたからである。連続した文節の読み時間に差がある場合と読み時間が短い場合は、教師は判定手法と異なり流暢ではないとは判断しないことが分かった。ただし、どちらの場合も教師は聞いていて違和感があったため、流暢性の指摘とは異なる指標が存在し、そこで判定すべきである。

また読み時間が長くつかえた読みに対して指摘する人に比べて、読み時間が短い早口を指摘する人は少なかった。さらに自由記述では「教員ごとに異なる判定の基準を配慮する部分が足りない」との指摘があり、教師によって異なる判定基準が手法に反映されていないことが示唆されている。そのため、判定手法とは別に、読むのが速い音読などのような流暢な音読と比べて気になる音読をどこまで指摘し指導すべきかを検討する必要がある。他に、自由記述からは機能として自動的に判定されることの利点に触れているものがあり、一定の基準で1文ごとに判定されることの良さについて述べられていた。教師によって一人ひとり判定するのは時間がかかるため、機能による自動判定は有効だと考えられる。

6.4.2 イントネーション判定機能の考察

イントネーション判定では、疑問文であるの判定(1~5)はほとんど一致したが、疑問文ではないの判定は半分以上

が不一致だった。疑問文ではないと判定した音声(6~9)が教師の判定と不一致だったのは、教師が疑問文であると判定したからである。そのため、手法による判定は、教師の判定より厳格である可能性が高い。ここで、不一致が多い原因を調べる。自由記述から教師がイントネーションを判定する際は、音声のピッチの上昇に注目する人が多いため、対象は手法による判定と同様だと考えられる。そのため、疑問文ではないと判定した6~9の音声の変化の様子を調べる。

疑問文ではない音声4つのグラフを示す(図5)。それぞれのグラフの番号は、表5教師によるイントネーション判定結果の音声番号と対応している。疑問文ではないと判定した音声で教師と一致した数が多かった6と8は、後半につれて上昇する量が小さい音声であった。そのため、ピッチが高くなっていないことが分かり、教師は疑問文ではないと判定した。

音声番号7は中間あたりで増加し、その後減少していることが分かる。教師はこの音声のピッチが上昇した部分を聞き疑問文であると判定したが、判定手法は上昇し始めるタイミングが速く、上昇後に急激に下がっているため、疑問文ではないと判定したことが予想される。急激に下がった部分は、音読とは関係のない別の音声の可能性があり、誤った文末部分を判定した可能性がある。これは、判定する以前にある音声処理の段階において、判定を阻害する部分を削除することで解決できる。

音声番号9はグラフから判断する限り減少し続けている。教師がこの音声を判定した際のコメントから、「上昇したのではなく、最後の文字だけがとても高い音声で読まれていた」ため、疑問文と判定していた。2.2.2(3)で述べている通

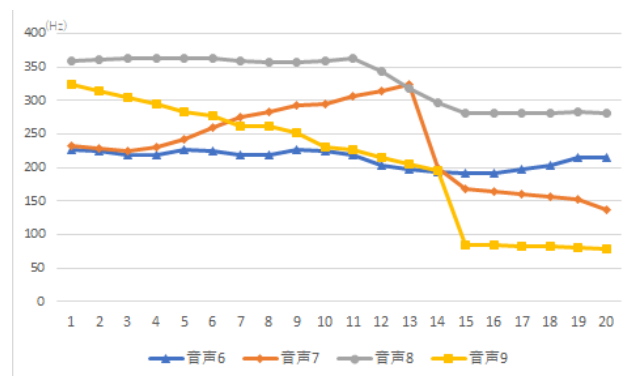


図5 疑問文ではない音声の周波数

り、基本周波数の急激な変化は推定しきれないことから、数値に現れなかった高いピッチが存在すると考えられる。これに関しては、多くの教師が疑問文に聞こえると判定したが、「適切な上昇とは言い切れず、指導する可能性がある」というコメントがあった。教師は疑問文であると判定をしたが、不自然なイントネーションと感じたことが予想できる。

上記より、教師が疑問文と判定した音声は判定手法も疑問文と判定し、疑問文ではない音声もピッチの上昇が少ない音声に対して正しく判定できる。手法と教師の判定が不一致だった音声は、自由記述より教師が違和感を覚えていることから手法と教師の基準が離れていないことが分かった。そのため、疑問文のイントネーションを判定することがおおむね可能だと考える。

手法と教師の判定が不一致だった場合について、前処理や推定する手法を改善することで解決できると考えられる。前処理では、ノイズと判定される周波数を適切に設定することで、余計な音声を排除することが可能になる。推定する手法を改善することで、周波数の急激な変化に対応し推定できない上昇具合に対応できるようになる。

また、「低学年ならよし、高学年ならだめ」というコメントがあり、流暢性判定と同様に先生の個人差と児童の発達段階に合わせた判定基準の調整も重要である。

7. おわりに

本稿では、文章を読み、内容を理解する力を高めるため、音読の流暢性向上と適切なイントネーションを身に着けることに注目し、流暢性とイントネーション判定手法の開発について述べた。

流暢性とイントネーション判定の評価実験では、教師が児童の音読に対する評価と比較し判定機能が有用かを検証した。その結果、どちらも教師の評価とは一致することが多く有用である可能性が示唆された。流暢性判定機能では、教師がつかえたと認識した文節を読み時間が長くなることから認識し、教師と同じ判定した。自由記述回答から、「速さについては同じだった」と回答があり、教師の評価に寄せた判定が行えた。イントネーション判定機能では、疑問文に聞こえる音読音声は教師とほぼ一致した。自由記述回答から「疑問文の読み方を正しく学習するにはよい手法だと思います」とあり、肯定的な意見があった。

今後は、読みに困難のある児童に一定の期間を今回の手法で判定し、読みの流暢性や適切なイントネーションを習得したか、文章の内容理解が向上したかを調査する必要がある。

また、評価実験より、流暢性に含まれないが適切ではない読み方をどのように評価するかを考え、整理する必要がある。どちらの判定機能でも課題として挙げた、教師が違和感を持って指摘するほどでもない音読に対する対応を考える必要がある。さらに、教師によって指摘するかどうかの個人差がある音読に関して、どこまで判定をするかを調査し設定する必要がある。この点に関して、教師の判断が適切ではない可能性を含めて考察する必要がある。教師による個人差を反映した判定手法が開発できれば、学校現場の利用も期待できる。

参考文献

- [1] 有働裕：音読の学習効果に関する一考察-聴解、黙読、つぶやき読みと比較して-、愛知教育大学発育創造開発機構紀要、vol.4, pp.55-61 (2014)

- [2] 高橋麻衣子：人はなぜ音読をするのか-読み能力の発達における音読の役割-、教育心理学研究、61巻, pp.95-111 (2013)
- [3] 高橋麻衣子：分離会における黙読と音読の認知過程-注意資源と音韻変換の役割に注目して-、教育心理学研究、55巻, pp.538-549 (2007)
- [4] 有働裕：音読の学習効果に関する一考察-聴解、黙読、つぶやき読みと比較して-、愛知教育大学発育創造開発機構紀要、vol.4, pp.55-61 (2014)
- [5] 文部科学省：学習指導要領解説国語編, pp.123 (2017)
- [6] 佐藤明広：特別支援の子どもの言語力をどう育成するか、明治図書 (2013)
- [7] 今泉敏：声の聴覚心理評価、声の検査法（基礎編）、第2版（日本音声言語医学会編）、医歯薬出版（2000）
- [8] 富山敦史・若森達哉・岩崎千尋・大西貴子：読み書き障害（発達性ディスレクシア）に適した教材と指導法の開発に向けて、次世代教員養成センター研究紀要、3巻, pp.131-137 (2017)
- [9] 瀧田寿明・中臺久和巨・星野准一：児童による音読の流暢性自動評価手法、情報処理学会論文誌、Vol.57, No.3, pp.922-930 (2016)
- [10] 宇野彰・春原則子・金子真人・Taeko N. Wydell：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—、インテルナ出版 (2017)
- [11] 稲垣真澄：特異的発達障害診断・治療のための実践ガイドライン—わかりやすい診断手順と支援の実際—、診断と治療社 (2019)
- [12] 森勢将雅・河原英紀・西浦敬信：基本波検出に基づく高 SNR の音声を対象とした高速な F0 推定法、電子情報通信学会論文誌、Vol.J93-D, No.2, pp.109-117 (2010)