

小学校教科書のグラフの音声化ルールの提案[※]

氏 間 和 仁^{※※}

本稿は視覚を通じた文字や図表等へのアクセスに困難を示す人々が利用する音声化コンテンツの研究を報告する。文章の音声化については先行研究が豊富である。本稿はグラフの音声化について検討した。13名の教師を対象に調査を行った。教科書で散見される棒グラフ・折れ線グラフの音声による説明をテキスト化して発話記録とした。発話記録はグラフ全体の構造説明とグラフの値を説明する内容説明にカテゴリー化された。内容説明の部分では、発話データは文節に分解され、各文節は系列、縦軸、横軸、補足の4つのカテゴリーに分類された。この4つのカテゴリーの出現順序をもって音声化ルールとした。その結果、棒グラフでは3種類、折れ線グラフでも3種類のルールが見られた。

キーワード：音声化 教科書 視覚障害

1. はじめに

視覚障害や発達性読み書き障害などのように視覚チャンネルからのみの情報の入力では通常の教科書などを利用することが無理であったり困難であったりするケースがみられる。そこでDAISY (Digital Accessible Information System) (Tazawa, Totihara, Iwahana, Imai, Seiyama, & Takagi, 2010; Strobbe, Engelen, & Spiewak, 2010) やパーソナルコンピュータ上で動作する画面読み上げソフト (渡辺・岡田・伊福部, 1998) を利用して文字等の視覚情報を音声化する方法が開発され実用化されている。その際の音声化の主な対象は文章である。一部に数式を音声化する試みは行われている (山口・川根・駒田・鈴木, 2003) もの、グラフや表などの音声化についての研究は十分とはいえない。グラフ等の音声化については、音声読み上げをするボランティア向けの解説書 (全国視覚障害者情報提供施設協会, 2001) が出版されているものの、その内容の妥当性などに関する記述は見当たらない。

氏間 (2011) は、小学生の教科書から図やグラフ等の文章以外の素材を、視覚障害者を対象とした特別支援学校 (以下、視覚特別支援学校) に勤務する教員に音声での説明を求め、音声化の際の主観的難易度を調査した。その結果、音声化しやすい理由は、素材が持つ構造上の要因と、読み手が持つ要因が関係していることを指摘した。そのうち、素材が持つ構造上の要因としては、素材の中に数字や文字などの音声化する内容が明瞭に示されており、素材内の構造物の関係性が構造化・系列化しやすい場合、その素材は音声化しやすいと判断されやすいことを示唆した。同研究で取り上げた7種類の素材の中で、この特徴を備えている素材はグラフや表であった。

本研究では、小学生の教科書に登場するグラフに着目し、グラフを音声で説明するためのルール (以下、音声化ルール) について提案する。音声化ルールの提案により音声化される教材の数が増加し、世の中の音声化教材が豊富になることを本研究の最終目的としている。なお、本研究で対象とするグラフの音声化ルールが充実することにより、教科書などの書籍類の音声化のみならず、講義やプレゼンテーション、電話などの様々な音声を介したコミュニケーションの場での応用が可能となるであろう。

※ Proposal for Rules for Verbally Explaining Graphs in Elementary School Textbooks

※※ 福岡教育大学附属特別支援教育センター研究部員 (第5部門) 広島大学大学院教育学研究科

2. 方法

小学校用の教科書から2種類のグラフを抽出した。調査協力者はそれらを口頭で説明した。その音声データは発話データとしてテキスト化され、説明の順序を音声化ルールとした。

(1) 調査協力者及び調査期間

日常的にグラフ等の音声化の機会が多い視覚特別支援学校に勤務する教員13名の協力を得た。依頼した学校は四国と九州から2校ずつ、合計4校であった。教員のプロフィールは、盲学校免許状保有者：6名、小学校免許状保有者：9名、理科免許状保有者：2名、数学免許状保有者：3名であった。教員としての盲学校経験月数は、6カ月から136カ月で、平均は71カ月であった。調査期間は2009年8月から9月であった。調査前に調査目的及び内容とそれに伴うリスクについて書面及び口頭で説明し、書面で同意を得た。

(2) 調査用素材

読み上げの対象のグラフを表1に示した。それぞれの画像を図1に示した。盲学校で採択されている教科書から選択したため東京書籍の教科書のみとなった。グラフは、折れ線グラフと棒グラフで、棒グラフは系列数が2、横軸の目盛が2の構造を、折れ線グラフは、系列数が2、横軸の目盛が12の構造をしていた。横軸の数を変えることで、グラフを構成する要素数に差がつき、グラフ

表1 調査で利用したグラフ

No.	教科書名	出版社	頁	種類
1	新編新しい理科3上	東京書籍	46	棒グラフ
2	新編新しい算数4上	東京書籍	45	折れ線グラフ

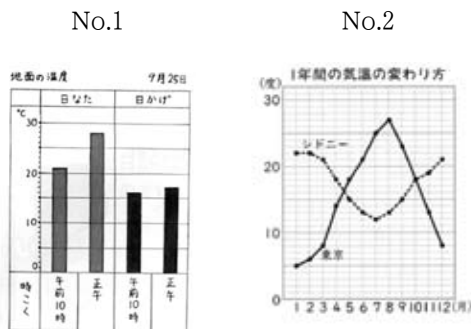


図1 調査で利用したグラフのイメージ

の説明方法に違いがみられるか、観察できると考えた。

(3) 調査手続き

調査は調査協力者の勤務校で行われた。1人の調査協力者の調査時間は最大50分であった。学校で行われる授業の1単位時間を45分及び50分に設定している学校が多いためである。調査はインフォームドコンセント、練習、本調査で構成された。本調査は提示されたグラフを音声で説明する音声化課題であった。調査協力者は、「このグラフを全盲の児童や生徒に説明するように読み上げてください。」と教示された。グラフの説明の様子はデジタルビデオカメラで撮影された。

音声化ルールはまず調査協力者の説明音声をテキスト化し発話データとした。その発話データを分類枠に従って各要素に分類した。分類枠を2階層とした。1階層目はグラフ全体の「構造説明」とグラフの縦軸の値を説明する「内容説明」であった。1階層目ではテキストが文章単位で分類され、「構造説明」と「内容説明」に分類された。1つ下の階層である2階層目は、グラフの縦軸の値を説明する「内容説明」の枠を対象にした。グラフを構成する要素を分類枠により分類した(表2)。2階層目では発話データが文節を単位に分類された。これらの結果は時系列上に配置された。この時系列で捉えられるカテゴリーの流れを音声化ルールとした。

表2 文節の分類枠

カテゴリー	定義と例
系列	系列に関する情報 例：系列名、系列の線種
縦軸	縦軸に関する情報 例：変数名、目盛、値
横軸	横軸に関する情報 例：変数名、目盛、値
補足	①文字で明記されていない情報 例：棒グラフです、赤い棒があります、～のグラフは実線です ②説明を誘導する情報 例：はじめに左端のグラフは、それではグラフの説明をします、まず～について

3. 結果

(1) 棒グラフの音声化ルール

時系列で捉えたカテゴリーの流れの例を表3に示した。音声化ルールの導出を行うのに用いられたのは、第1階層が「内容説明」のカテゴリーであった。グラフで伝えたい情報は最終的に縦軸の値であると考えられるため、表3の中で、「○」（白丸）に至るまでの説明過程を模式化した。表3に示した音声化ルールは、縦軸の値を説明するために、各縦軸の値に、系列の値と横軸の値を前置していた。このように目的とする値に前置される情報を、前置情報とよぶこととする。この各縦軸の値に系列の値と横軸の値両方の前置情報を布置する音声化ルールを「音声化ルール1」とした。同様の方法で発話データを分析した結果、縦軸の値を説明するために、系列の値を1度前置し、各縦軸の値に横軸の値を前置するルールがみられ、「音声化ルール2」とした。さらに、各縦軸の値に横軸の値、系列の値の順に前置するルールを

「音声化ルール3」とした。これらの音声化ルールを表4に示した。音声化ルール1と音声化ルール2はそれぞれ6名が、音声化ルール3は1名が採用していた。

音声化ルール1を用いた調査協力者に理由を尋ねたところ、縦軸の値を説明するためにできるだけ全ての値を前置することで、グラフの音声での説明の分かりやすさを高めることを挙げていた。音声化ルール3を採用した調査協力者も同様の理由を挙げていた。

音声化ルール2を用いた調査協力者に理由を尋ねたところ、できるだけ前置情報を省略することで説明の冗長性を低下させ説明を簡潔にすることで、グラフの音声による説明の分かりやすさを高めることを挙げていた。

(2) 折れ線グラフの音声化ルール

棒グラフと同じ手法で音声化ルールの導出を試みた。縦軸の値を説明するために、系列の値を1度前置し、各縦軸の値に横軸の値を前置する音声化ルール4を10名が採用していた。同様のルールであるが横軸の値を間引いて説明するルール5を2名が採用していた。系列の1つ目の際は音声化ルール1を採用し、2つ目の際は音声化ルール2を採用した音声化ルール6を1名が採用していた。

表3 発話データの分析例

第1階層	発話	表題	文節の分類			
			系列	横軸	縦軸	補足
構造説明	地面の温度を	●				
	日向と日陰2つの場所について	●				
	棒グラフで表しています。					●
	調べた日は9月25日です。	●				
	横軸に時刻を、			●		
	縦軸に温度をとっています。				●	
	時刻は日向の午前10時、日向の正午、それから、日陰の午前10時、日陰の正午の4つがあります。					●
	温度は下から0度から30度まであります。				●	
内容説明	日向の	●				
	午前10時の			●		
	温度は21度。				○	
	日向の	●				
	正午の			●		
	温度は28度。				○	
	日陰の	●				
	午前10時の			●		
	温度は16度。				○	
	日陰の	●				
	正午の			●		
	温度は17度です。				○	

○（白丸）を説明するために、●（黒丸）が前置されている。

表4 音声化ルール（棒グラフ）

No.	音声化ルール	出現頻度
1	〈系列→横軸→縦軸〉	6 / 13
2	《系列→《横軸→縦軸》》	6 / 13
3	〈横軸→系列→縦軸〉	1 / 13

〈 〉 内を4回反復
《 》 内を2回反復

表5 音声化ルール（折れ線グラフ）

No.	音声化ルール	出現頻度
4	〈系列→《横軸→縦軸》〉	10 / 13
5	〈系列→（横軸→縦軸）〉	2 / 13
6	《系列→横軸→縦軸》	1 / 13

〈 〉 内を2回反復
《 》 内を12回反復
（ ） 内を12回より少ない回数反復

音声化ルール4を採用した調査協力者にその理由を尋ねたところ、横軸の値が多いため、説明の冗長性を低下させて、グラフの音声説明による理解を促すことを目的として前置情報量を減らしたことを挙げていた。さらに冗長性を低下させるために、グラフの概要が分かる程度に横軸の値を間引いた調査協力者は音声化ルール5を採用していた。音声化ルール6を採用した調査協力者は、系列の1つ目は縦軸の値の確認性を向上することを目的として各縦軸の値に系列の値と横軸の値を前置したものの説明してみると冗長さを感じたため、系列の2つ目の説明の際は前置情報を減らしたということであった。

4. 考察

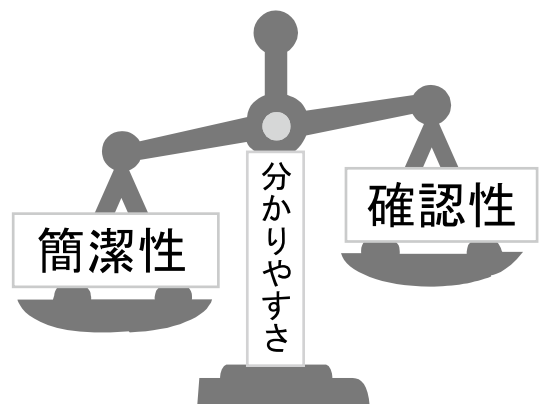
結果から、縦軸の値を説明するために前置情報を操作してグラフの分かりやすさの向上を図っていたことが分かった。棒グラフでは系列の値と横軸の値を全ての縦軸の値の前置情報として確認性の向上を図りグラフの聞き取りに貢献しようとする音声化ルール1を採用する者と、冗長性を抑え簡潔性を向上するために系列の値を1度だけ読み上げグラフの音声による聞き取りに貢献しようとする音声化ルール2を採用する者の割合が6/13 (46%) ずつの同数であった。音声化ルール3は確認性を向上しようとすることを目的にしているため、簡潔性の向上を目的とした音声化ルールを採用した者は7名 (54%) ということになる。

折れ線グラフでは、音声化ルール2と同様に前置情報をできるだけ少なくして、音声によるグラフの聞き取りやすさに貢献しようとする音声化ルールを全員が採用していた。棒グラフと折れ線グラフで音声化ルールを採用した割合が異なったことは、棒グラフと折れ線グラフといったグラフの種類の要因が働いているというよりも、横軸の値の数の要因が働いていると考えられる。つまり、横軸の値の数が少ない棒グラフでは、縦軸の値にできるだけ多くの情報を前置して、縦軸の確認性を向上してグラフの内容を分かりやすくしようとする者と、縦軸の前置情報を少なくして冗長性を低減し、簡潔性を向上してグラフの内容を分かりやすくしようとする者が約2分の1ずつに分かれる。一方、横軸の値の数が多い折れ線グラフでは、音声によるグラフの聞き取りやすさを向上

するためには、簡潔性の向上を優先した方がよいと全員の者が判断したと考えられる。このことは多くの情報を縦軸の値に前置すると縦軸の値を確実に伝えられ、縦軸データの「確認性」は向上するものの、「簡潔性」が低下し冗長となる。一方、前置情報を減らすとグラフの状態を確実に伝えることが困難になり「確認性」が低下するものの、「簡潔性」が向上することを示しているといえよう。音声でグラフを読み上げる際は、この「確認性」と「簡潔性」の間の二律背反関係が存在しており (図2)、読み手はその関係の中でグラフを分かりやすく伝えようと努力していたといえる。今回の場合、グラフを構成する要素が少ない棒グラフにおいては、簡潔性を優先する者と確認性を優先する者が約2分の1に分かれたが、グラフの構成要素が多かった折れ線グラフでは、全員の者が簡潔性の向上がグラフの音声による説明の理解を向上すると判断していたと考えられる。

5. むすび

調査協力者はグラフを構成する情報量の多少によって、グラフを音声化する際に前置情報量を操作して確認性と簡潔性のバランスを取ることにによって、グラフの分かりやすさを高めようとしていた。今後は、本研究で調査協力者が行っていた、グラフの音声化の際の前置情報量をグラフの構成要素によって操作することがどのように音声化されたグラフの聞き取りやすさに影響するのかを、



グラフを構成する情報量に応じて前置情報量を操作し、「分かりやすさ」を高めようとしている。

図2 前置情報量と「分かりやすさ」の関係

実験的に確かめる必要があると考えている。

文献

Tazawa, N., Totihara, S., Iwahana, Y., Imai, A., Seiyama, and N., Takagi, T. (2010) Rapid listening of DAISY digital talking books by speech-rate conversion technology for people with visual impairments. Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics) 6179 LNCS (PART 1), 62-68.

Strobbe, C., Engelen, J., and Spiewak, V. (2010) Generating DAISY books from OpenOffice.org. Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics) 6179 LNCS (PART 1), 5-11.

渡辺哲也・岡田伸一・伊福部達 (1998) GUIに対応した視覚障害者用スクリーンリーダーの設計. 電子情報通信学会論文誌 D-II, J81-D-II(1), 137-145.

氏間和仁 (2011) 文章以外の素材の音声化の主観的難易度による評価. 福岡教育大学附属特別支援教育センター研究紀要, 第3号, 105-110.

山口雄仁・川根深・駒田智彦・鈴木昌和 (2003) 日本語数式エディターの視覚障害者用音声インターフェース開発について. 子学技術報 (WIT), 103(402), pp.29-34.

全国視覚障害者情報提供施設協会, 音訳マニュアル. 大活字, 東京, 2001.

謝辞

本研究は総務省が実施する, 戦略的情報通信研究開発推進制度の支援を, 2009, 2010年度の2年間に渡り受け, 実施されました。