

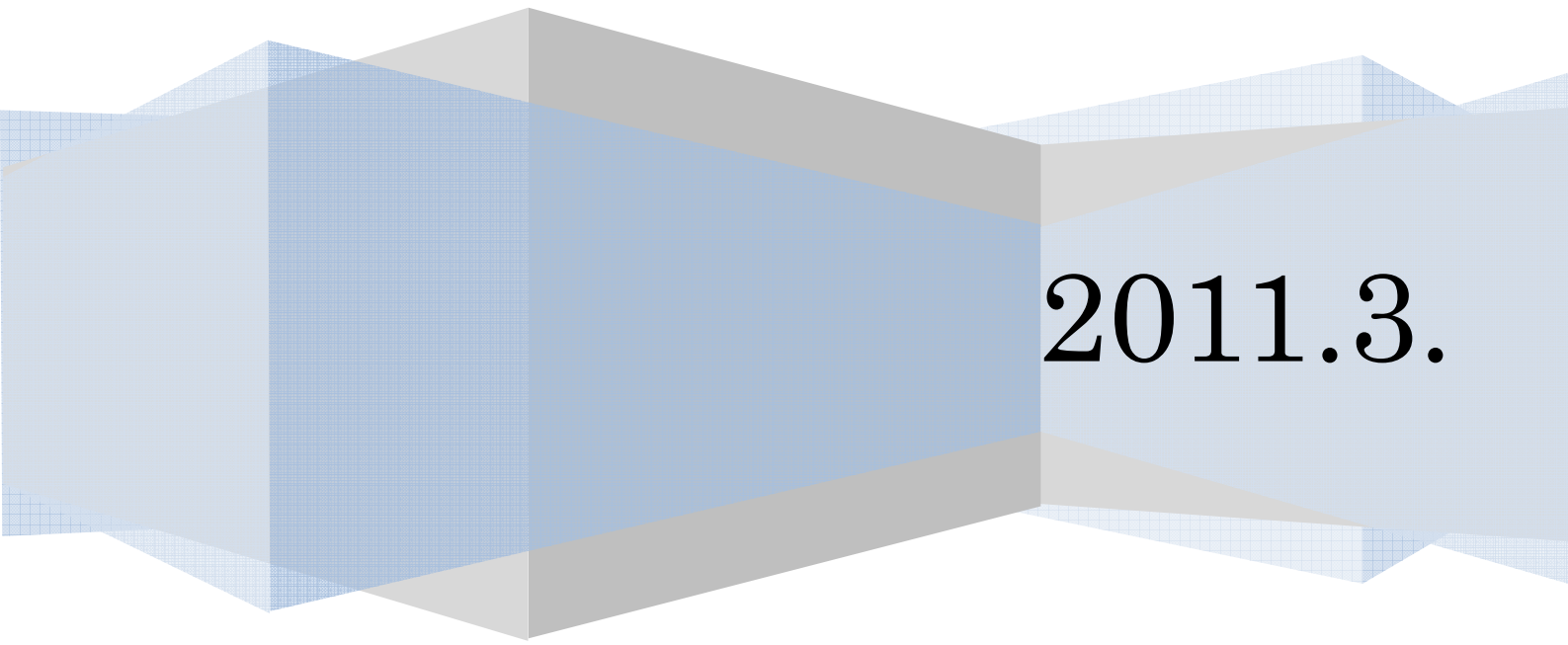
2010・2011 年度総務省戦略的情報通信研究開発推進制度委託研究

教科書等における文章以外の素材 の音声化の手引き

音声化教材作成のための提案 第 0.1 版

福岡教育大学 氏間研究室

(現：広島大学)



2011.3.

はじめに

現在、教科書等の印刷物にアクセスすることが困難な状態にある人に対する支援方法として肉声や音声合成などにより音声化する方法がある。文章の音声化は基本的に文章を読み上げることで行われる。文章の読み上げに際しては、アクセントや抑揚などについて熟練を要する要素があるものの、提供される情報の量や質に読み手による差異は出にくいといえる。教科書等には、このような文章のみではなく、グラフ、表、図譜、写真等の文章以外の素材も掲載される。音声化する場合、これらの文章以外の素材についても検討しておく必要がある。なぜなら、文章に比べ、文章以外の素材を音声化する場合、提供される情報の量や質に読み手による差異が出やすくなることが十分に予想されるからである。グラフや表などの素材の音声化について、素材と利用者の双方向でやり取りしながら利用者が情報を得る方法等の情報技術を駆使した高度な音声化手法については検討されている。しかし、オーディオブックのように素材から利用者に向けて一方向に継続的に情報が与えられる形式における音声化手法についての検討は十分とはいえない。現在、視覚障害や発達性読み書き障害などの分野では DAISY(Digital Accessible Information SYstem)規格の音声化教材が使用され始めている。この状況を踏まえ、オーディオブックのように音声により一方向で読み上げる方法について、文章以外の素材の音声化について検討しておくことが必要であると考えられる。

本稿は、3つの調査を通して得られた結果を示しながら、文章以外の素材の分かりやすい音声化手法についていくつかの提案を試みるものである。

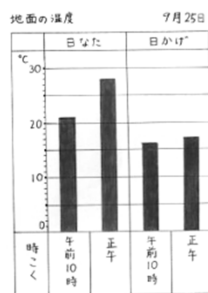
1. 文章以外の素材の音声化の難易の要因について

(1) 目的

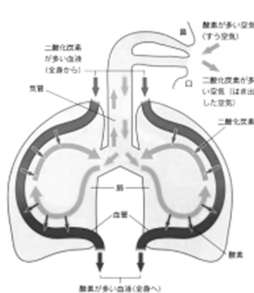
ここでは、文章以外の素材を音声化する際の難易度について、その要因を探る。その要因は素材に帰属するものと朗読者に帰属するものがあると考えられる。それぞれの要因を明らかにし、音声化しやすい要因を参考にして、音声化に貢献することを目的としている。

(2) 方法

- 調査期間：2009年8～9月
- 調査協力者：教員13名（中国・四国の4校の視覚障害者を対象とする特別支援学校（以下、「盲学校」とする。））
- 調査に使用した素材：読み上げに用いた図表等の素材を図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出版社が偏った。素材の音声化の難易を調査する目的があったため、様々な種類の素材を選択した。素材は、課題0から課題6の7種類で構成された。
- 手続き：
 - インフォームドコンセント
 - 練習
 - 本調査
 - ◇ 音声化課題：提示された素材の音声による説明
 - ◇ 事後評価：主観的難易度得点による評価及びその理由についての聞き取り

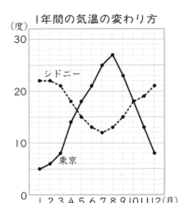


課題0



課題1

課題2



課題3

下の表は、ひろしさんが見つけたごん食の種類と、場所をまとめたものです。下の表を見て、答えましょう。

見つけたごん食の種類と場所 (ひき)

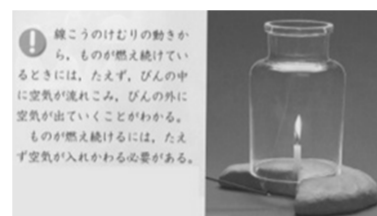
種類	場所	公園	林	牧場	合計
チヨウ	7	4	8	3	17
クロガタムシ	0	1	4	1	5
アサトウムシ	5	2	7	6	15
トンボ	5	4	2	8	19
合計	17	11	21	16	55

(1) ①、③、⑤、⑦に入る数は、それぞれいくつですか。
 (2) 細く見つけたごん食は、ぜんぶで何匹ですか。

課題4



課題5



課題6

図1 調査で利用した素材

主観的難易度得点は、「とてもしやすい：4点」、「しやすい：3点」、「しにくい：2点」、「とてもしにくい：1点」の4件法であった。

(3) 結果

① 全体の傾向

図2は主観的難易度得点の平均値を棒グラフで、主観的難易度得点の平均値の±5%の値を横線で示してある。各課題の主観的難易度得点の値が平均値+5%以上を易音声化課題、平均値-5%以下を難音声化課題とした。

易音声化課題は、課題0：棒グラフ（「新編 新しい理科3 上」，東京書籍，p.46）、課題2：筆算（「課題2 新編 新しい算数6 上」，東京書籍，p.60）、課題3：折れ線グラフ（「新編 新しい算数4 上」，東京書籍，p.45）であった。難音声化課題は、課題1：図譜：「新編 新しい理科6 上」，東京書籍，p.23）、課題5：写真（「新編 新しい理科5 上」，東京書籍，p.50）、課題6：実験（「新編 新しい理科6 上」，東京書籍，p.8）であった。どちらにも属さない課題は、課題4：表の空欄問題（「新編 新しい算数4 上」，東京書籍，p.54）であった。

なお、保有免許を目的変数、主観的難易度得点を説明変数とした重回帰分析では有意な関係は見いだせなかった。同様の分析を盲学校の経験年数、特別支援学校免許（視覚障害）を目的変数として行ったが、有意な関係はなかった。

② 自由記述の結果

課題別の主観的難易度得点のヒストグラムを図3に示した。易音声化課題は「音声化がとてもしやすい」と「音声化しやすい」の回答者数が10以上であった。難音声化課題は「音声化がとてもしにくかった」と「音声化がしにくかった」の回答者数が8以上であった。

易音声化課題の回答から、音声化しやすかったと回答した調査協力者に理由を尋ねたところ、

- 全体から部分というふうに、書いてある通りを順番に説明するだけだった（20）
- 単調な変化のため（6）
- 横軸が少ない・情報が集約しやすい（5）
- あいまいでない（4）
- 温度が身近な数値である。（1）
- 値が示されている（1）

といった回答が得られた（（ ）内は易音声化課題の全課題における回答者数を示す。以下同じ）。

一方、易音声化課題について音声化しにくかったと回答した調査協力者に理由

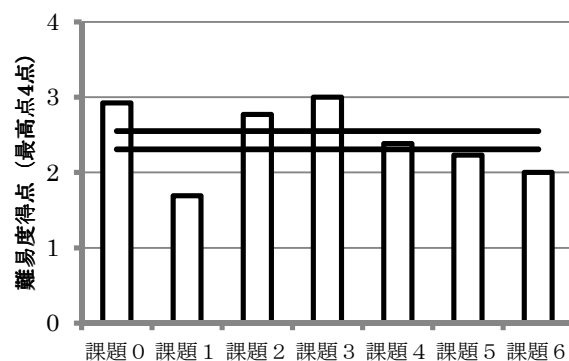


図2 難易度得点のグラフ

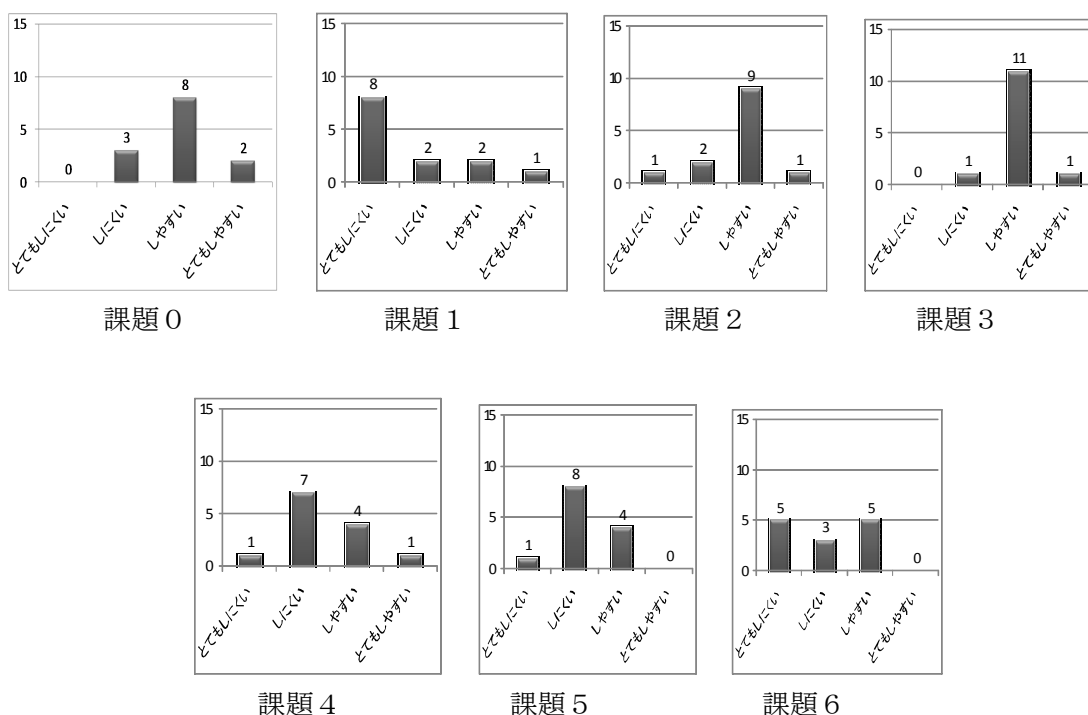


図3 課題別の主観的難易度得点のヒストグラム

を尋ねたところ、

- 分数・表・グラフをわかりやすく言うことが難しい（12）

といった回答が得られた。

難音声化課題の中から音声化しにくかったと回答した調査協力者に理由を尋ねたところ、

- どこまで説明してよいか（どこにポイントをおいたらよいのか）判断が難しい（8）
- 矢印や2つの循環、各部分の機能、関連、形状等複雑で難しい（10）
- 客観的に表現しにくい（3）
- 図に頼ると何一つイメージできないと思った（2）

といった回答が得られた。一方、難音声化課題について音声化しやすかったと回答した調査協力者の理由は、

- 空気の流れに沿うなど順番に説明すればよい（6）
- 相対的に比較でき、単純に写真に写っているものを説明した（4）

であった。

難音声化課題の中でも、5名が「しやすい」と回答した課題6については、「写真の意図が空気の流れを示す写真だということで、説明しやすかった。」「集気瓶、粘土、ロウソク、線香の状況、関係が分かりやすいため。」といったように、写真を構成している構造物同士の構造や系列を捉えやすかったといった感想もみられた。

4. 考察

主観的難易度得点から、グラフや筆算は音声化しやすく、写真や図譜は音声化しにくい

ことという結果となった。

主観的難易度得点の結果から、易音声化課題は、棒グラフ・折れ線グラフ・筆算の計算過程であった。素材の構造の持つ特性としては、値や項目が文字や数字で示されており図画に比べると情報の明瞭性が高いこと、グラフの場合、見出し、軸、系列のように、また筆算の計算過程の場合は計算の順序といった具合に、構造化・系列化されていることが挙げられる。聞き取り調査で音声化しやすいと回答した調査協力者は、「全体から部分というふうに、書いてある通りを順番に説明するだけだった」、「値が示されている」など、素材が構造化・系列化されていることや、明瞭性の高さを指摘した理由が挙げられていた。一方、音声化し難いと回答した調査協力者は、「分数・表・グラフをわかりやすく言うことが難しい」といった内容であった。これらの回答は、いくら素材が明瞭で構造が捉えやすくて音声化に対し困難さを感じる人がいることを示している。素材が明瞭で、構造化・系列化されているという素材の特性と、その素材の特性をうまく捉えられる読み手の特性の両方が揃うと音声化がしやすくなるようだ。

難音声化課題は、「座礁した船」や「実験装置の写真」、「呼吸の図譜」であった。易音声化課題の素材とは異なり、数字や文字が示されておらず、素材の中にある構成要素間の関係性も曖昧である。つまり、難音声化課題の素材は構成要素に値などが示されていない点で明瞭ではなく、構成要素は易音声化課題ほど構造化・系列化されていないことが考えられる。音声化し難いと回答した調査協力者は、「どこまで説明してよいか（どこにポイントをおいたらよいのか）判断が難しい」、「客観的に表現しにくい」といった感想を挙げた。これらの回答からも難音声化課題は明瞭性が低く、構造化・系列化が十分でないことが示唆される。しかし、これらの特性をもつ素材であっても音声化しやすいと回答した調査協力者もいた。彼らの聞き取り調査の結果は「空気の流れに沿うなど順番に説明すればよい」、「相対的に比較でき、単純に写真に写っているものを説明した」であった。前者の回答は素材の構成要素間の構造化や系列化を自らが見出していることを、後者の回答は素材の構成要素を自らが明瞭にしていることを示していると考えられる。

これらのことから、図表等の音声化のし易さは、素材の持つ構造上の特性と、音声化する人（読み手）が持つ特性の2つが絡み合っていることが考えられる。つまり、素材の中に数字や文字など音声化する内容が明瞭に示されており、素材内の構成要素の関係性が構造化・系列化されている場合、音声化し易い素材になると考えられる。また、素材がそのような特性を持ち合わせていなくても、読み手が素材の構成要素の構造化や系列化を行ったり、相対的に量的関係を捉えられたりできる場合、音声化し易いと感じるようである。

本調査で扱った素材の中の表は、空欄式の問題文の一部を採用した。基本的に表も構成要素の明瞭性が高く、構造化・系列化されている素材であるが、聞き取り結果から「空欄の説明が難しい。」とした調査協力者がおり、今回は易音声化課題に入らなかったものと考ええる。

その他に調査協力者の聞き取りで以下のようなコメントが得られた。

- 本当はグラフなので特徴が言いたかった。山型とか谷型とか。しかし、教室で、「最高は？」といった発問があるだろう。このあたり（の判断）は苦慮した。（()内は筆者加筆部）
- グラフは目盛りを授業では読みとるだろうから、あえて何度であるというようなことを言わずに、「15度から2目盛り上」といった具合に表現した。

これらのコメントは、教科書等、授業で利用する教材を音声化する際、読み手のみの判断ではなく、授業の展開や、授業内での教科書等の役割を十分に考慮して、適切な形式で、適切な情報量を音声化することが重要であることを示唆するものである。

2. グラフの音声化ルールについて

(1) 目的

小学校用の教科書からグラフを抽出し、調査協力者に口頭で説明させ、その説明の流れからグラフの音声化ルールを導出することを目的とする。

(2) 方法

- 調査期間：「2. 文章以外の素材の音声化の難易の要因について」に同じ。
- 調査協力者：「2. 文章以外の素材の音声化の難易の要因について」に同じ。
- 調査協力者に、図4で示した、折れ線グラフと棒グラフを音声で読み上げさせる。(音声データ取得)
- 音声データを文字に書き起こす。(テキストデータ作成)
- テキストデータを分類枠に従って要素に分類する。
 - 分類は2階層で行う。
 - 1階層目：グラフ全体の構成の説明(構造説明)、値を導くための説明(内容説明)
 - 内容説明は、2階層目があり、内容説明は文節でカテゴリーに分類(表1)
 - 内容説明のカテゴリーの流れを音声化ルールとした。

(3) 結果

(1) 棒グラフの音声化ルール(表2)

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する音声化ルール1と、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2を6名ずつが採用していた。

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、分かりやすさを高めることを挙げていた。

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、できるだけ前置する情報を

表1 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

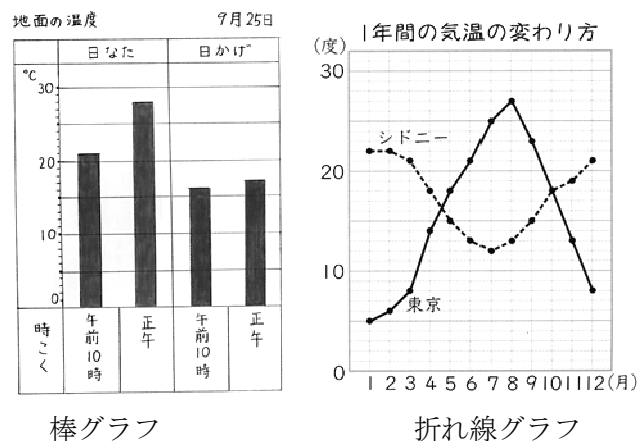


図4 調査に利用したグラフ

省略することで説明の冗長性を低下させ簡潔にすることで、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（表３）

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縦軸を間引いて説明するルール５を２名が採用していた。

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、説明の冗長性を低下させるために系列の値に前置する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縦軸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。

（４）考察

結果から、縦軸の値を説明するために縦軸の前に前置する情報、つまり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た音声化ルール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。折れ線グラフでは、音声化ルール２と同様に前置情報を節約した音声化ルールを全員が採用していた。この音声化ルールを採用した割合の違いは、棒グラフと折れ線グラフの違い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、縦軸の前置情報を節約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 ずつに分かれるが、横軸の値の数が多いた折れ線グラフでは簡潔性の向上を優先する者が増加したと考えられる。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るが簡潔性が低下し、冗長となり、少ない情報を縦軸の値に前置すると縦軸の値を確実に伝えることが困難になり確認性が低下するも、簡潔性が向上する、この確認性と簡潔性の間の二律背反関係を示唆すると考えられる（図 5）。

表 2 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 3 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 >> 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



グラフを構成する情報量に応じて縦軸の値に前置する情報量を操作し、分かりやすさを高める。

図 5 前置情報量と分かりやすさの関係

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よって、グラフの分かりやすさを高めようとしていたと考えられる。

3. グラフの音声化ルールがグラフの聞き取りに及ぼす影響について

(1) 目的

前項の「2. グラフの音声化ルールについて」では、横軸の値の数や系列の数などのグラフを構成する情報量（グラフ構成量）に応じて、グラフの分かりやすさを高めるために、縦軸の値に前置する情報量（前置情報量）を操作することで、確認性と簡潔性のバランスをとっていたことが盲学校に勤務する教員の音声データより示された。本研究では、前置情報量とグラフ構成量を操作し、グラフの理解度に及ぼす影響を実験的に調査することを目的とする。

(2) 方法

- 調査期間：2010年11～2月
- 調査協力者：晴眼大学生21名、当事者5名（盲学校教員、オーディオブック類の使用歴7～20年）
- グラフ構成量（図6）
 - 系列数要因：少ない（系列数2）、多い（系列数8）
 - 横軸目盛数要因：少ない（3目盛）、多い（12目盛）
- 前置情報量（読み方）
 - 前置情報量要因：各月読み（横軸の値を各縦軸の値に前置）、まとめ読み（横軸の値をはじめにまとめて読む）
- 刺激
 - 前置情報量要因（2水準）×系列数要因（2水準）×横軸目盛数要因（2水準）

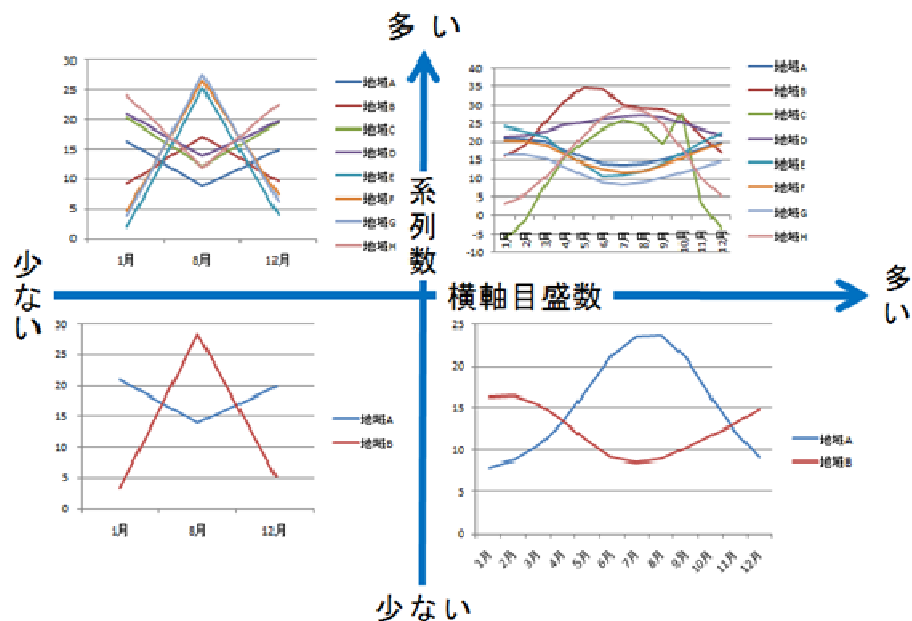


図6 グラフ構成量の要因と水準

= 8 水準

- 4 種類のグラフを 2 種類の前置情報量で読み、合計 8 種類の説明をテキスト化し画面読み上げソフト(XP-Reader)で読み上げ
- 読み上げ速度は、2 (初期値 4)、位取り、記号読みをさせた

● 手続き

- グラフの系列から 2 つを指定し「山型」、「谷型」の聞き取りを指示
- ヘッドフォンでグラフの音声化データを聞く
- 晴眼大学生は白濁ゴーグルを装着
- 山形・谷型の解答 (2 系列について聞き取らせたため、1 系列正答で 1 点を与えた)
- 読み方 (前置情報量) のグラフ解釈への貢献度を 4 件法の主観尺度により評価、評価した理由を聴取

実際の読み上げ方を以下に例示する。例示は系列数が少なく、横軸目盛り数が少ない条件のものである。音声化されたのは、図 7 のグラフである。なお、グラフの内容の説明に入る前に、リード文として、グラフの概要説明を行っている。このリード文は全てのグラフに共通の部分であるため、調査の最初に 1 度のみ行っている。

<各月読み>

課題 00A のグラフです。

横軸は、1 月、8 月、12 月です。

地域は、地域 A と地域 B の 2 地域です。

地域 A の気温です。

1 月は、21 度、8 月は、13.9 度、12 月は、19.8 度、です。

地域 B の気温です。

1 月は、3.2 度、8 月は、28.5 度、12 月は、5.3 度、です。

グラフの説明は以上です。

<まとめ読み>

課題 00B のグラフです。

横軸は、1 月、8 月、12 月です。

地域は、地域 A と地域 B の 2 地域です。

地域 A の気温です。

1 月から順に、21.2 度、27.2 度、22.7 度、です。

地域 B の気温です。

1 月から順に、16.3 度、8.9 度、14.9 度、です。

グラフの説明は以上です。

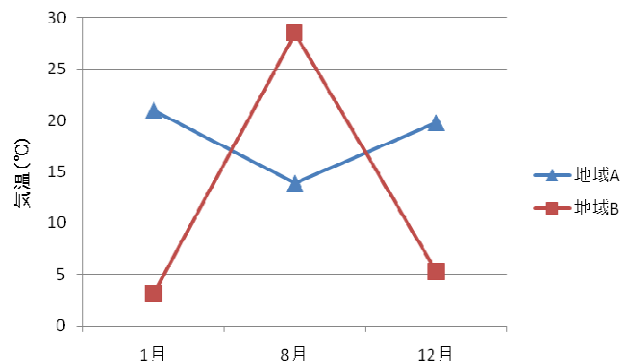


図 7 例示用のグラフ

(3) 結果

① 解答数の結果 (図 9 上段)

晴眼協力者及び全盲協力者ともに 2 点 (2 点満点) を取った者が多く、要因の効果は確認できない。晴眼協力者と全盲協力者の両方に共通にみられる特徴としては、系列数が多く、横軸目盛数が多い場合、各月読みよりもまとめ読みで 2 点満点をとる者の数が減ることであった。

② 主観評価の結果 (図 9 下段)

晴眼協力者と全盲協力者の両方に共通にみられる特徴としては、系列数が多く、横軸目盛数が多い場合、各月読みよりもまとめ読みにおいて、読み方がグラフの概要を解釈するのにとても貢献したとした者の数が減ることであった。晴眼者の主観評価得点のヒストグラムを図 8 に示した。まとめ読み・系列多い・横軸多い条件の最頻値は主観評価 3 であるのに対し、それ以外の条件の最頻値は主観評価 2 であった。

晴眼協力者と全盲協力者のそれぞれで 3 要因被験者内分散分析を行った結果、晴眼協力者では 3 要因の交互作用がみられなかった ($F(1,20) = 1.74$, n.s.)。晴眼協力者において読み方要因の主効果は有意であった ($F(1, 20) = 7.55$, $p < 0.05$)。各月読みの平均値が 3.3、まとめ読みの平均値が 2.9 であった。全盲協力者では 3 要因の交互作用がみられた ($F(1, 4) = 10.24$, $p < 0.05$)。全盲協力者において、系列数が多く、横軸目盛数が多い場合、まとめ読みは各月読みより主観評価が低かった。

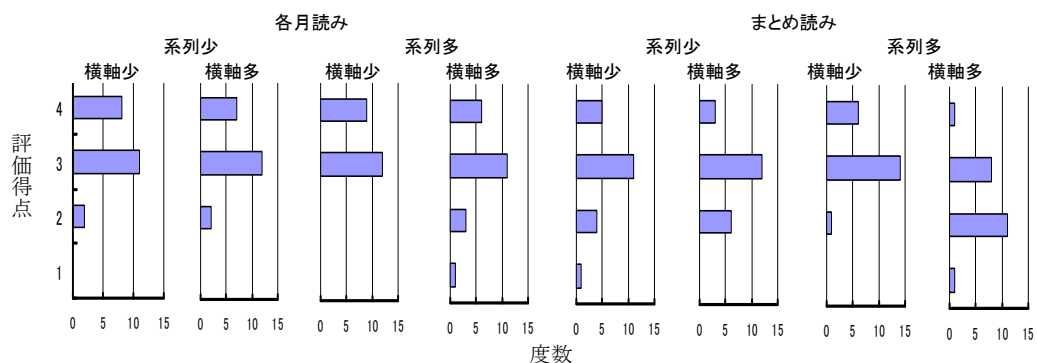


図 8 主観評価点のヒストグラム

(4) 考察

簡潔性と確認性の大小の調節は、単にグラフ構成量が多い際、簡潔性を向上すればよいということではなく、系列数や横軸目盛数が多い場合は簡潔性を低下させることになったとしても各月読みの方がグラフの概要を捉える課題には貢献することが主観評価から示されたと考えられる。これはまとめよみに比べ各月読みの方が総じてグラフの理解に対する貢献度が高いようであるが、特に横軸目盛や系列数が増えた場合にはその傾向が強くなると考えられる。これは音声でグラフを聞いていると横軸の値と縦軸の値の対応が曖昧になってしまうことが理由と考えられる。

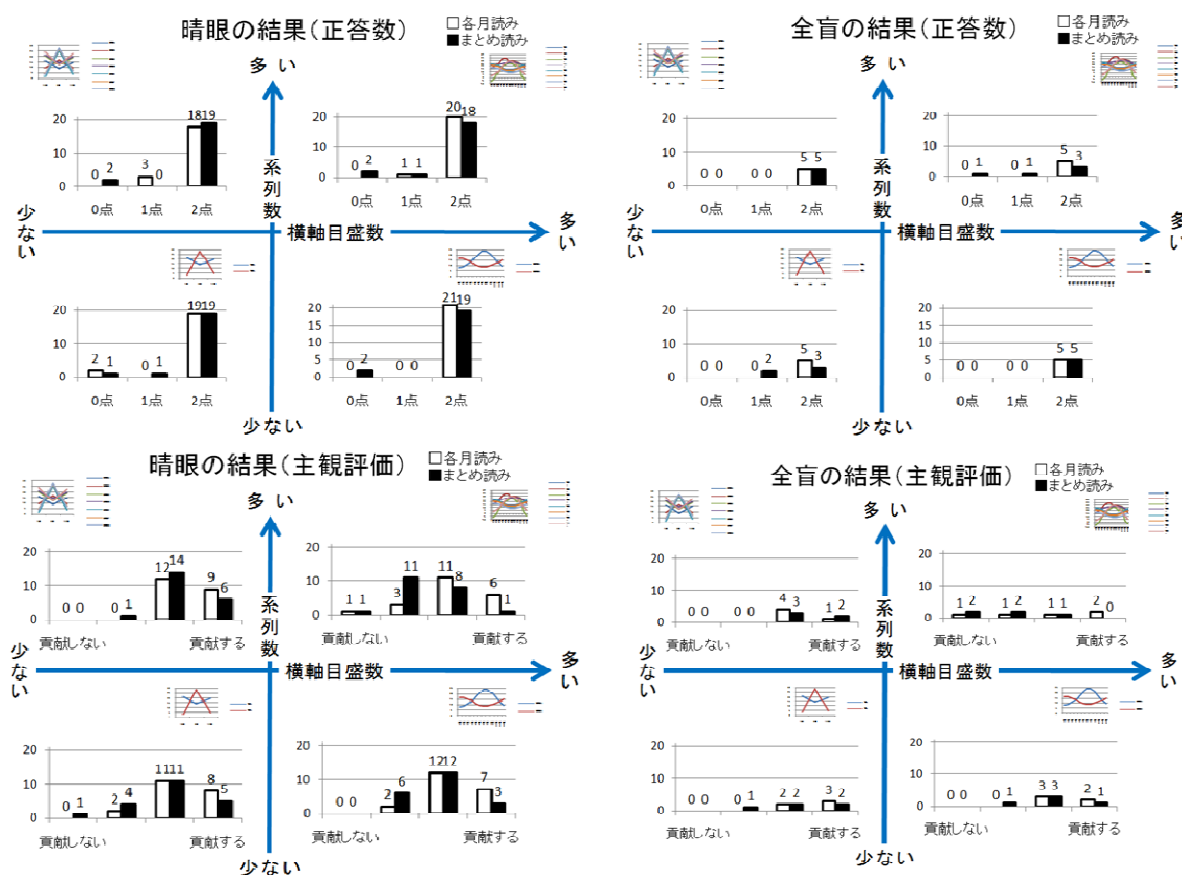


図9 解答数と主観評価の結果

4. ポイント

今回の調査を通じて、以下のことがポイントとして挙げられよう。以下、グラフ・表・計算過程のように、構成要素の値が明瞭で、構成要素間の関係が構造化・系列化されている素材を易音声化素材、そうではない写真・図譜などの素材を難音声化素材という。

- 易音声化素材は音声化しやすい。→ 易音声化素材は文章以外の素材の音声化の初心者には向いている素材といえる。
- 難音声化素材は音声化しにくい。→ 難音声化素材は文章以外の素材の音声化の熟練者に向いている素材といえる。
- 難音声化素材を音声化する場合、素材の時間的な流れ、配置的な関係、相対的な量的関係などに着目することで、素材の構成要素間の関係を階層化したり、系列化したり、また量的な情報についても相対的に表現したりすることで音声化に役立つ。→ 難音声化素材を音声化する際の視点となる。
- グラフを音声化する際、聞き手の分かりやすさを向上するために、縦軸の値を伝えるのに横軸の値を常に前置することが効果的である。
- さらに、グラフ構成量が多い場合と少ない場合とでは読み方を使い分ける必要があるが、グラフ構成量が少ない場合、前置情報量を増やして確認性を向上しても、前置情報量を減らして簡潔性を向上してもグラフの聞き取りには影響を及ぼしにくい。
- グラフの構成量が多い場合は、簡潔性を向上させるためにグラフ構成要素を省略すると（前置情報量を減少すると）かえってグラフの聞き取りを困難にすることが考えられる。
- 上記のグラフの構成量と読み方の関係は表においても同様と考えられる。
- 教科書や授業で用いる教材の音声化に際しては、単元の目的や授業での教科書等の使い方などを熟知した教科指導を行う立場にある教師からの意見を考慮することが必要である。

おわりに

デイジーの音声化に際して、氏間研究室では文章以外の音声化について調査を行った。ここで明らかになったことはデイジーに限らず、音声により図表等を伝える際の一つの指針になると思われる。これまで、データに基づいたこれらの指針は十分でなかったため、今後の音声化の分野の発展に本研究及び本書が貢献すればなによりである。

また、本書で提案している読み上げの際のポイントは、単に音声化教材を作成する際の配慮事項にとどまらず、授業や講演会などの際、口頭でグラフや表を説明する際にも応用できると考えられる。

本調査にご協力いただいた、福岡県立福岡視覚特別支援学校、福岡県立北九州視覚特別支援学校、福岡県立福岡高等視覚特別支援学校、愛媛県立松山盲学校、高知県立盲学校の先生方及び学生実験参加者として参加していただいた福岡教育大学の学生の皆様に心より感謝申し上げます。

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年間に渡り受けました。ここに表明することで感謝の意を表します。

2011年（平成23年）3月吉日

福岡教育大学 氏間和仁

2010・2011 年度総務省戦略的情報通信研究開発推進制度委託研究

教科書等における文章以外の素材の音声化の手引き

平成 23 年 3 月 25 日発行

発行・編集 福岡教育大学 特別支援教育講座 氏間研究室
〒811-4192 福岡県宗像市赤間文教町 1 番 1 号
電話 (0940) 35-1522

発行人 氏間和仁

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。