

音声 UI でアクセスする学習分析システムの図表

山口 琢¹ 大場 みち子²

概要：文章のジグソー・パズルの分析アプリ「ジグソー・テキスト分析」を題材に、教育者や研究者を対象とする学習分析システムの音声 UI を試作して、図表の音声 UI の実装方法を提案する。セルの強調表示を含む表では強調の意味を含めてスクリーン・リーダーに読み上げさせることができた。ヒストグラムでは、度数が最大の区間を読み上げテキストに含めることができた。コンピューターシステムが自動生成する一部の図表は、元となるデータからいったん中間データを生成し、それに線や円といった基本的な図形を対応付けて図表全体を生成する。この内部データを音声で表現することで、より意味に沿った読み上げテキストや会話フローを生成できるだろう。

キーワード：スマートスピーカー、音声ユーザインタフェース、スクリーンリーダー、アクセシビリティ、SDGs、持続可能な開発目標、学習分析、共起行列、ヒストグラム、図、表

Diagrams and Tables Accessible by Voice User Interface in Learning Analytics Systems

TAKU YAMAGUCHI¹ MICHIKO OBA²

Keywords: smart speaker, voice user interface, VUI, screen reader, accessibility, a11y, SDGs, Sustainable Development Goals, learning analytics, co-occurrence matrix, histogram, diagram, table

1. 背景

Google Home や Amazon Echo など、対話型の音声 UI を備えたスマートスピーカーが普及し始めている。米国では Audible などオーディオブックの利用が広がっている [1]。

国内外では、障害者差別の解消や、生涯学習/生涯現役が求められている。国内では、2016 年 4 月に障害者差別解消法が、2019 年 6 月に「視覚障害者等の読書環境の整備の推進に関する法律」(読書バリアフリー法) が施行された [2]。読書バリアフリー法では、基本理念で「アクセシブルな電子書籍等 (デジタイズ図書・音声読上げ対応の電子書籍・オーディオブック等) が視覚障害者等の読書に係る

利便性の向上に著しく資する特性を有する」(本文と別紙)と述べられ、国は「先端的な技術等に関する研究開発の推進及びその成果の普及に必要な施策を講ずる」との基本施策が示された。国連の開発目標である SDGs (Sustainable Development Goals) では「すべての人に包摂的かつ公正な質の高い教育を確保し、生涯学習の機会を促進する」など、教育・雇用・社会参加・経済参加などですべての人に等しい機会を保障するという目標を掲げている。

Web ページのアクセシビリティは向上しつつあるものの、「折れ線グラフのようなものに対し、人間は大まかな傾向を見たり、代表的な数値を見るだけでも意味がある…いまのままでは我々 (注: 障がい者) にとってはそういう情報はゼロなのです」[3](注は本稿の筆者による)。

2. 動機

音声ユーザインタフェース (Voice user interface, VUI) やスクリーンリーダーなどを備えたデバイスの普及は、教

¹ フリー

Independent Researcher

² 公立はこだて未来大学システム情報科学部

Faculty of Systems Information Science, Future University
Hakodate

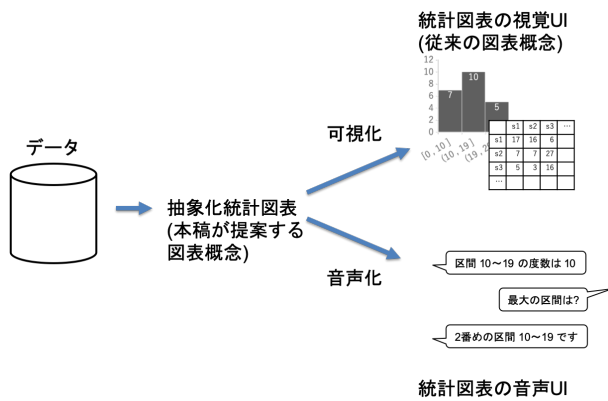


図 1 視覚的な図表の抽象化

育学習過程や教育学習研究を音声によって情報化する可能性を高めるだろう。従来、データを人が知覚できるようにすることは、視覚に限定して可視化と呼ばれ、しばしば情報化のゴールの1つとされてきた。音声UIの普及は、この知覚として、視覚だけでなく聴覚をも求めていると言えるのではないかな。

これからは統計図表を一段抽象化して考え、これまで統計図表と呼ばれてきたものは、その視覚的表現とみなしてはどうか？（図1）。実際、データから図表を自動的に生成するコンピューターシステムは、視覚的な表現を生成する処理の前に、内部的なデータ表現を作り上げているはずである。抽象的な統計図表を音声で表現することは、可視化に対応して「可聴化」と呼ぶべきかもしれない。しかし、まだ具体像が見えないので、本稿では「音声化」「音声UI」などと表現しておく。「9.1 今後」で述べるように、音声による表現は、静的な可視化と違って会話・対話を含むものとなるかもしれない。

教育のデジタル化は、児童や生徒や学生にとってだけでなく、教師や教育研究にとっても、機会拡大やアクセシビリティ向上のチャンスであろう。新しい指導法や教育・学習システムの研究者であるわれわれは、それに貢献できる立場にある。研究者が学習分析の分野で長く活躍するために、さまざまな情報可視化ツールが、他の知覚でもアクセシブルになるよう工夫していく必要がある。このとき、幅広いデバイス、スクリーンリーダー、ブラウザに対応する相互運用性を確保することも重要である。

3. 先行する取り組み

スマートスピーカーによる学習・教育システムの事例としては、Google Home を使った研究で、Moodle の小テストを VUI で受けられるプロトタイプを開発している [4]。本稿では、音声で図表を取り扱う観点から、まずスクリーン・リーダーで図表を読み上げるための技術を検討する。

接触 IF による図表の研究など、アクセシビリティ対策の研究は多い。現状を鑑みると現実的で有益な研究である。

n \ n+1	s1	s2	s3	s4	s5	s6	s7
s1	17	16	6	5	3	10	5
s2	7	7	27	15	1	1	1
s3	5	3	16	23	7	15	4
s4	3	2	11	15	37	7	4
s5	14	0	9	2	8	16	8
s6	4	3	4	7	5	10	35
s7	12	1	2	11	6	8	3

× s1 7

図 2 VoiceOver による通常のセルの読み上げ

本稿の主旨とは若干ずれるため、取り上げない。

3.1 スクリーン・リーダー

VoiceOver のようなスクリーンリーダーは、ただ Web ページを最初から順に読み上げるだけでなく、Web ページ内の見出し、例えば h2 要素などへ、目次のようにジャンプして移動できる [5]。また、続いて述べるような配慮をすることで、スクリーン・リーダーが対応しやすくなる。

3.2 HTML

HTML のタグのセマンティックに沿ってページを作ること、Web ページのアクセシビリティは高まる。例えば、table 要素 (表) では、th 要素によって見出しを設定できるが、この th 要素に scope 属性を設定することでセル td 要素との対応関係を、スクリーン・リーダーに伝えられる。

図 2 は、HTML の table 要素 (表) を、VoiceOver が読み上げる内容を示している。図は、s2 行 s1 列のセルを VoiceOver が読み上げているところのスクリーン・ショットである。下のグレーの背景に白抜き文字のエリアは、読み上げている内容を表示するキャプションパネルで、左端の「X」はパネルを閉じるボタンである。「s1 7」が読み上げている内容で、「s1」は列の見出し、「7」がセルの内容である。VoiceOver は、同じ行内を移動している場合、セル毎にいちいち行見出しを読み上げない。s2 行のセルを左から右へ順に移動して読み上げさせたので、行見出し「s2」が読み上げられるのは最初だけで、s2 行 s1 列にたどり着いたところでは、行の見出し「s2」は読み上げない。

しかし、図 2 で s2 行 s3 列のセル「27」は赤い背景で強調されているが、この色などの情報は読み上げられない。

3.3 WAI-ARIA

JavaScript や CSS などによって Web ページに機能を追加することで、インターアクションするアプリケーションにできる。これをリッチインターネットアプリケーション (rich internet application, RIA) と呼ぶ。

スクリーンリーダーは、JavaScript や CSS などによって動的に更新される内容の扱いが苦手である。W3C の Web Accessibility Initiative – Accessible Rich Internet Applications (WAI-ARIA)[6] が定めた属性を使うことで、内容の更新など動的な変化をスクリーンリーダーに伝えることができる。

3.4 SVG とスクリーン・リーダー

Scalable Vector Graphics (SVG) は画像データ形式の一種で、ベクタ形式で画像を表現できる。SVG は W3C の標準である [7]。Web ブラウザで、ラスタ形式の画像と同様に表示できるため、グラフの表現などに使える。

スクリーン・リーダーは、SVG の個々の図形、例えば circle(円) や rect(矩形、四角) などを読み上げない。

SVG には title 要素、desc 要素があって、それらの親要素に対する補足説明を記述できる。title 要素は短い代替テキスト、desc 要素は詳細な説明である。しかし、これらの要素をただ配置しただけでは、多くのスクリーン・リーダーは、やはりそれらを読み上げてくれない。title 要素や desc 要素が説明する対象の要素に、前に述べた WAI-ARIA の aria-labelledby 属性や aria-describedby 属性を設定して、その属性値に title 要素や desc 要素の id を含めることで、スクリーン・リーダーに対応関係が伝わり、読み上げられるようになる [8]。

3.5 D3.js の Histogram Layout

D3.js は JavaScript のライブラリで、Web ページでの図表の描画に使える。後の「4.3 簡易分析アプリ」で述べる、われわれが開発したアプリは D3.js のバージョン 3 を使っている。最新のバージョンは 4 である。

D3.js の histogram 関数は、離散的なデータを、いくつかの区間 (bin) にグルーピングする。戻り値は配列の配列であり、外側の配列の要素は生成された区間である。区間要素は配列で、要素は元のデータの値である。区間は下端が閉じて (inclusive) 上端が開いて (exclusive) いる。この配列には属性も付加されていて、区間の下端、幅、度数が分かる。幅は、下端値に幅を加えると上端値になるという意味で、視覚的な長さ (画面上のドット数など) ではない [9]。

histogram 関数を使うプログラマーは、戻り値を元に SVG を出力することで、視覚的なヒストグラムを自分で描画する。histogram 関数は SVG による視覚的ヒストグラムを出力するものではない。この仕組みは「2 動機」で述べた統計図表の概念と相性がよい。D3.js は、横軸などグラフの要素を描画する関数/オブジェクトを用意している (図 3)。

3.6 天気予報

天気予報は、同じ天気情報から、Web ページが生成され

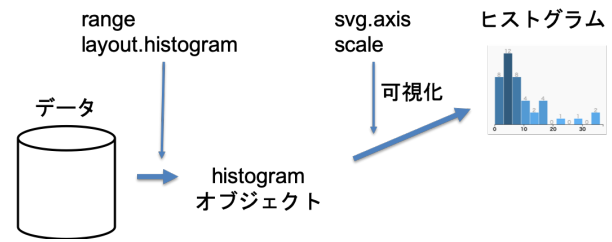


図 3 D3.js を使ったヒストグラムの描画

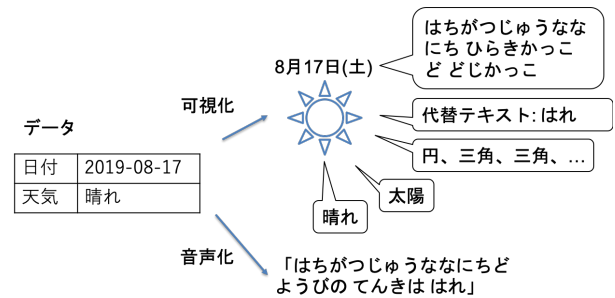


図 4 データの知覚化

る一方で、ラジオでも流される (図 4)。

Web ページでは、通常は、太陽マークの画像に「はれ」という代替テキストが設定されている。もし Web ページがこのような構成されていなくても、賢い画像認識ならば「晴れ」と読み上げるかもしれない。

ラジオの天気予報は、もちろん、Web ページの読み上げよりも自然なこととなる。音声で聞いても、リスナーは向こう一週間の天気情報を受け取ることができる。

4. これまでのわれわれの取り組み

われわれは以前、文章のジグソーパズルを題材に、学習者のための音声 UI を試作して報告した [14]。

4.1 ジグソー・テキスト

ジグソーテキストはテキストのピースをドラッグ&ドロップで並べ替えて完成させる、読解・作文のジグソー・パズルである (図 5)。プログラミングについても同様なジグソー・コードがある。どちらも講義中の演習問題アプリとして使われている。

4.2 並べ替え操作の測定・分析

ジグソー・テキストは、プレイヤーの並べ替え操作を測定 (記録) している [13]。ジグソー・コードでは、測定データを使ってプログラミングの思考過程を分析する学習分析研究が行われている [11][12]。これらの研究では、測定データを分析して、どういう順番でどのピースを動かしているかといったパターンから、プレイヤーの思考パターンを推定している。

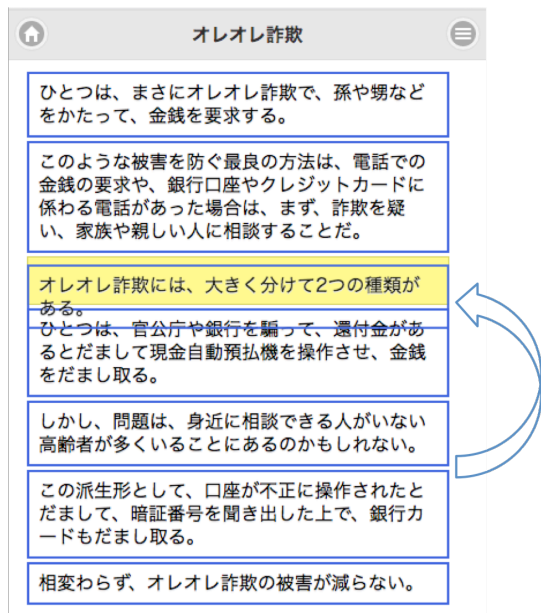


図 5 ドラッグ&ドロップで並べ替えるジグソー・テキスト

4.3 簡易分析アプリ

ジグソー・テキストには、測定データを簡易的に可視化するダッシュボードアプリ「ジグソー・テキスト分析」を用意している。ジグソー・テキスト分析は、最初に動かされたピース(図 7)、各ピースが動かされた回数(図 8)、最終結果の分布やある順序からの編集距離(図 6 の右側の表)、ピース同士が前後して動かされる頻度(操作の時間的な共起)(図 9、図 10、紙面の都合で分けて図示)、各プレイの操作の時系列(図 12)などを集計して、表やヒストグラムや散布図で表示する。

ジグソー・テキスト分析の図表は、図は SVG、表は HTML の table で実現している。測定データを入力して、これらを動的に生成している。

これら図表は、これまでの経験から、並べ替え操作の傾向が現れやすいと考えているものである。ダッシュボードを意図して、特徴や着目点を強調している。最終結果(各自の解答の並び順)の分布を示す図 6 は、演習でも使われていて、学習者がクラス全体の結果を共有して、そのように並べた理由などをディスカッションする役に立っている。解答数が多い方から降順に上から下へ並んでいる。右側の完成順序表で行をクリックすると、その行の順序に応じて、左側のパズルが並び替わる。赤く強調された行は、多くの場合最も適切と教師が考える完成順序である。この順序は、別の並びを指定して変えることができる。

4.4 ジグソー・テキストのアクセシビリティ

ジグソー・テキストは 3 つのユーザインタフェースを持つ。先生が問題データを登録するインタフェース、学習者がパズルをプレイするインタフェース、先生や学習者や研究者が測定データを概観・分析するインタフェースである

(図 13)。本稿の対象は、3 番目の、測定データを概観・分析するインタフェースであり、ジグソー・テキスト分析が該当する。

パズルのアクセシビリティとは、プレイヤーがパズルをプレイ(操作)できることである。JavaScript や CSS による Web アプリケーションでは、スクリーンリーダーによって画面に表示されているテキストは読み上げられるものの、ドラッグ&ドロップできず、並べ替え操作ができない。われわれは、スクリーン・リーダーで並べ替え操作できる代替 UI を開発して、課題などを報告した(図 14)[14]。

測定データや分析のアクセシビリティとは、教師・学習者・研究者が、さまざまに可視化した傾向情報にアクセスできることである。共起行列や最終結果の分布表は HTML の table 要素である。ピース操作の時系列散布図や共起頻度のヒストグラムは、Scalable Vector Graphics (SVG) でタグ付けされたグラフィックである。このアクセシビリティが向上すれば、例えば、障害者が学習分析の研究者として活躍するチャンスに貢献するのではないか。

5. 目的と目標

目的は、視覚 UI において図表が果たしているのと同様な役割を持つ何らかの仕組みを、音声 UI において実現することである。

この目的への一歩として、ジグソー・テキスト分析の図表を、スクリーン・リーダーで読み上げられるようにすることを目標とする。この分析アプリのダッシュボードの性格を踏まえて、読み上げられる内容には、これら図表が重要視している要点が含まれるようにする(図 15、図 16)。まず、最初の対象を共起行列の表および共起頻度のヒストグラムとする。スクリーン・リーダーは VoiceOver[5] を想定する。

課題は 2 つある。ひとつは、各図表の特徴とは何か、それをどのようなことばで表現すればよいか(テキストを生成すればよいか)という、図表側の課題。ひとつは、そうやって生成したテキストを、前に述べた標準技術によって、スクリーン・リーダーに読み上げられるように Web ページに埋め込めるかという、Web 技術側の課題である。

図 9 の共起行列は、度数が平均 + 標準偏差 (1 シグマ) や平均 + 標準偏差 $\times 2$ (2 シグマ) よりも大きいセルを重要視していて、それぞれ背景色で強調している(図 10)。そこで、仮に背景色を読み上げることができても不十分で、1 シグマ区間や 2 シグマ区間の外にあることをユーザに伝えることが課題となる。

6. アプローチ

「3 先行する取り組み」で述べた、HTML、WAI-ARIA、SVG など Web の標準技術を使って実現する。標準の技術を採用することで、他のデバイスなど適用範囲を広げるた

パズル

- s1 相変わらず、オレオレ詐欺の被害が減らない。
- s2 オレオレ詐欺には、大きく分けて2つの種類がある。
- s3 ひとつは、まさにオレオレ詐欺で、孫や甥などをかたって、金銭を要求する。
- s4 ひとつは、官公庁や銀行を騙って、還付金があるとだまして現金自動預払機を操作させ、金銭をだまし取る。
- s5 この派生形として、口座が不正に操作されたとだまして、暗証番号を聞き出した上で、銀行カードもだまし取る。
- s6 このような被害を防ぐ最良の方法は、電話での金銭の要求や、銀行口座やクレジットカードに係わる電話があった場合は、まず、詐欺を疑い、家族や親しい人に相談することだ。
- s7 しかし、問題は、身近に相談できる人がいない高齢者が多くいることにあるのかもしれない。

折りたたむ

完成順序

ピースの並び順	ed.	数	割合	グラフ
s1, s2, s3, s4, s5, s6, s7	0	14	28	#####
s1, s2, s4, s5, s3, s6, s7	2	6	12	##
s2, s3, s4, s5, s6, s7, s1	2	4	8	##
s2, s4, s5, s3, s6, s7, s1	4	4	8	##
s1, s2, s3, s6, s7, s4, s5	4	4	8	##
s2, s3, s4, s5, s1, s6, s7	2	3	6	#
s2, s3, s4, s5, s7, s1, s6	4	2	4	#
s1, s2, s3, s6, s4, s5, s7	2	2	4	#
s3, s1, s6	5	1	2	
s2, s3, s4, s5, s7, s1	3	1	2	
s2, s3, s6, s4, s5, s7, s1	4	1	2	
s3	6	1	2	
s2, s3, s4, s5, s6, s1, s7	2	1	2	
s1, s2, s4, s3, s5, s6, s7	2	1	2	
s1, s2, s3, s4, s5, s7, s6	2	1	2	
s1, s2, s3, s4, s7, s5, s6	2	1	2	
s2, s3, s5, s4, s6, s1, s7	4	1	2	
s2, s3, s6, s4, s5, s1, s7	3	1	2	

s1, s2, s3, s4, s5, s6, s7 ←編集距離(ed.)の基準の順序

図 6 ジグソー・テキストのパズル「オレオレ詐欺」の構成ピース(文)一覧表と完成順序の一覧表

最初に動かした文

ID	回数	割合	グラフ
s1	13	26%	#####
s2	29	59%	#####
s3	2	4%	#
s4	1	2%	
s5	1	2%	
s6	2	4%	#
s7	1	2%	
合計	49		

図 7 文が最初に動かされた回数の一覧表

文が動かされた回数

ID	回数	割合	グラフ
s1	75	15%	###
s2	61	12%	##
s3	77	15%	###
s4	79	16%	###
s5	68	13%	###
s6	69	14%	###
s7	61	12%	##
合計	490		

図 8 文が動かされた総回数の一覧表

めである。

WAI-ARIA を採用すれば、わずかな設定でスクリーンリーダーに対応できると見積もれる。ジグソー・テキスト分析が採用している jQuery UI や jQuery Mobile といった JavaScript ライブラリが、すでに WAI-ARIA に沿って実装されている。

表のセルが強調されていることや、その強調の意味を表現するために、aria-labelledby 属性や aria-describedby 属性を使って、強調の意味を説明したテキストと関連付けることにする。

評価は、これらが実装できて、VoiceOver によって目論

n \ n+1	s1	s2	s3	s4	s5	s6	s7
s1	17	16	6	5	3	10	5
s2	7	7	27	15	1	1	1
s3	5	3	16	23	7	15	4
s4	3	2	11	15	37	7	4
s5	14	0	9	2	8	16	8
s6	4	3	4	7	5	10	35
s7	12	1	2	11	6	8	3

図 9 各文が前後して動かされる共起行列(表)

見通りに読み上げられることを確認する。

7. 結果

7.1 共起行列の表

3章で述べた Web の標準に従うことで、協調を含めて表を読み上げさせることができた。セルの強調は、表の下にある背景色を説明するテキストと背景色で強調されたセルとを aria-labelledby 属性に関連付けることによって、説明が読み上げられることで実現できた。

図 17 は、背景色で強調されたセルを読み上げているところである。「s3 2 シグマ区間の外 27」が読み上げている内容で、「s3」が列の見出し、「27」がセルの値で、これに「2 シグマ区間の外」とあるという説明が加わっている。タグのセマンティックに従ってコーディングするだけでは「2 シグマ区間の外」とは読み上げられない。table 要素に背景色の情報はあっても、「2 シグマ区間の外」というテキスト情報は無いからである。3.3 節の WAI-ARIA の仕組みを

対角線を含む統計

セルの値の合計: 441, セルの数: 49, 平均: 9, 分散: 65.6, 標準偏差: 8.1,

対角線を除いた統計

セルの値の合計: 365, セルの数: 42, 平均: 8.7, 分散: 76.5, 標準偏差: 8.7,

1シグマ区間の外、すなわち、平均 + 標準偏差 = 17.4 <、ただし対角線を除く、

2シグマ区間の外、すなわち、平均 + 標準偏差 x2 = 26.1 <、ただし対角線を除く。

図 10 共起行列の表に付けられた説明文

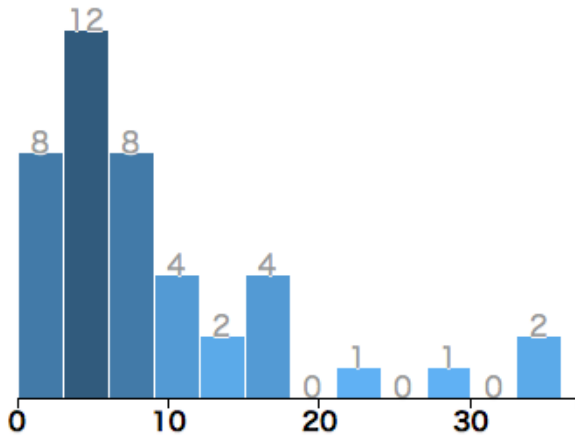


図 11 共起行列のセル値のヒストグラム

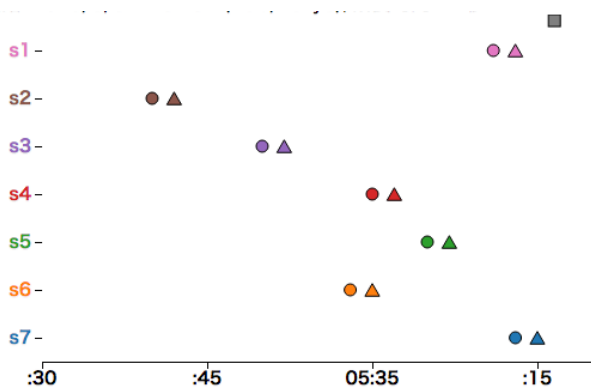


図 12 各文が動かされた時刻の散布図、○がドラッグ開始、△がドロップ

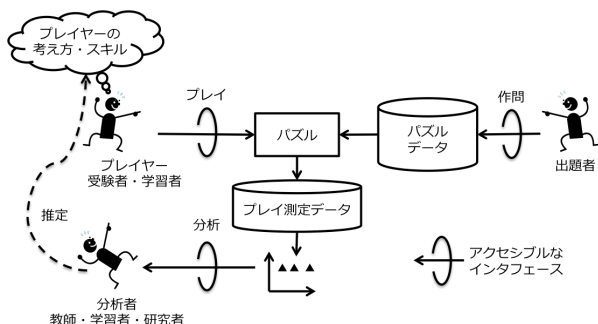


図 13 ジグソー・テキストの学習分析における 3 つのアクセシビリティ

利用して本稿の工夫することで、「2シグマ区間の外」は実現される。

システムが表を生成するとき、背景色を設定すると

パズル

移動先 先頭
このような被害を防ぐ最良の方法は、電話での金銭の要求や、銀行口座やクレジットカードに係わる電話があった場合は、まず、詐欺を疑い、家族や親しい人に相談することだ。
移動先 1
ひとつは、まさにオレオレ詐欺で、孫や甥などをかたって、金銭を要求する。
移動先 2
ひとつは、官公庁や銀行を騙って、還付金があるとだまして現金自動預払機を操作させ、金銭をだまし取る。
移動先 3
移動するピース: オレオレ詐欺には、大きく分けて2つの種類がある。
移動先 4
この派生形として、口座が不正に操作されたとだまして、暗証番号を聞き出した上で、銀行カードもだまし取る。
移動先 5
しかし、問題は、身近に相談できる人がいない高齢者が多くい

図 14 移動するピースを選択し、次に移動先を選択するという UI

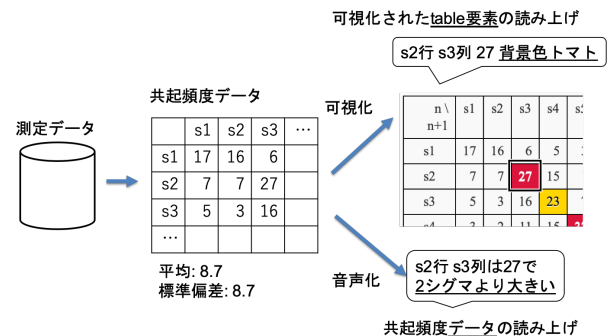


図 15 意味を踏まえたデータの読み上げ: 表のセルの強調

同時に、強調の意味を説明するテキストを指して aria-labelledby 属性を設定している。スクリーン・リーダーは、aria-labelledby 属性の値に従って説明テキストを見つけ出し、それを読み上げている。図 18 は aria-labelledby 属性が設定されたセルの HTML コード、図 19 は、関連付けられた説明テキストの HTML コードである。

7.2 共起頻度のヒストグラム

ヒストグラムの説明として、区間 (bin) の数と、最大度数の区間の位置 (何番目か) を採用した。ヒストグラムは

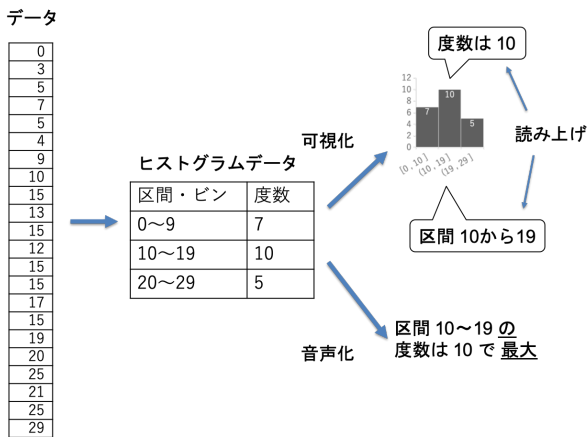


図 16 意味を踏まえたデータの読み上げ: ヒストグラムの特徴

n \ n+1	s1	s2	s3	s4	s5	s6	s7
s1	17	16	6	5	3	10	5
s2	7	7	27	15	1	1	1
s3	5	3	16	23	7	15	4
s4	3	2	11	15	37	7	4
s5	14	0	9	2	8	16	8
s6	4	3	4	7	5	10	35
s7	12	1	2	11	6	8	3

× s3 2シグマ区間の外 27

図 17 背景色で強調されたセルの読み上げ

```

<tr>
  <th scope="row">s2</th>
  <td class="7"></td>
  <td class="7"></td>
  <td class="two-sigma" aria-labelledby="cc_two-sigma">27</td> == $0
  <td class="15"></td>
  <td class="1"></td>
  <td class="1"></td>
  <td class="1"></td>
</tr>
<tr>...</tr>

```

図 18 強調されたセルに設定された aria-labelledby 属性

```

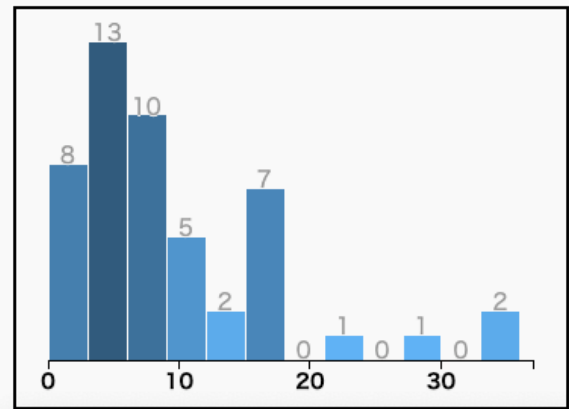
<span class="one-sigma" style="padding: 0.3ex 0.3ex;">
  <span id="cc_one-sigma">1シグマ区間の外</span>
  ", すなわち、平均 + 標準偏差 = 17.4 <, ただし対角線を除く"
</span>
", "
<br>
<span class="two-sigma" style="padding: 0.3ex 0.3ex;">
  <span id="cc_two-sigma">2シグマ区間の外</span> == $0
  ", すなわち、平均 + 標準偏差 x2 = 26.1 <, ただし対角線を除く."
</span>

```

図 19 セルの強調の意味を説明するテキスト

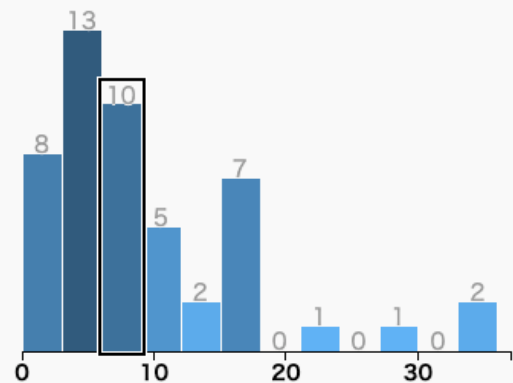
SVG の svg 要素として視覚化されてるので、svg 要素の下に title 要素や desc 要素を配置し、aria-labelledby 属性や aria-describedby 属性で関連付けることで、ヒストグラムの説明を読み上げさせることができた (図 20)。

柱 (bar) の説明として、その区間と度数を採用した。柱



× 共起行列のヒストグラム 12個の区間を持つヒストグラム。度数が最大の区間は2番目の区間で、度数は13です。、現在、あなたはグループ内のグループ上にいます。このグループ内の項目を操作するには、Caps Lock-Shift-下矢印を押します。このグループを終了するには、Caps Lock-Shift-上矢印を押します。

図 20 ヒストグラム全体の説明の読み上げ



× 区間は6から9未満。度数は10、イメージ

図 21 ヒストグラムの柱の読み上げ

は SVG の g 要素で視覚化されてるので、その g 要素の下に title 要素や desc 要素を配置し、aria-labelledby 属性や aria-describedby 属性で関連付けることで、柱の説明を読み上げさせることができた (図 21)。

8. 考察

この方式を使えば、今回採用した以外の図表の特徴を読み上げさせることができる。例えば、表中の強調表示されたセルの有無や、そのような特定のセルの数や配置などである。

一方で、今回のように特定の特徴を併せて読み上げる手法は、誤った印象、偏った印象をユーザーに与える危険を伴うだろう。ただし「提供される大まかさや曖昧さに躊躇するユーザは受け取った情報をシャットアウトしたらしい、

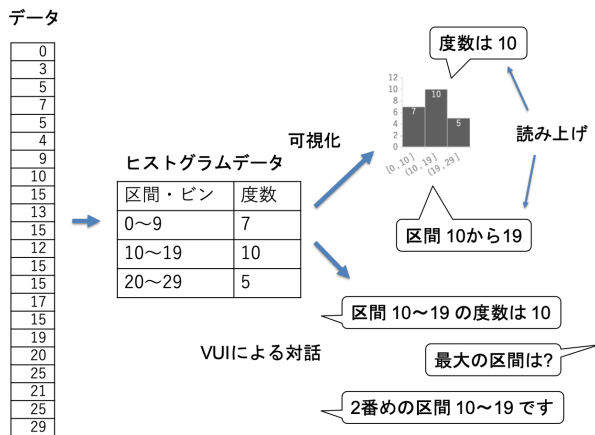


図 22 VUI による対話でアクセスするヒストグラム

今の問題は、情報がゼロだから我々に選択の余地がないということです。」[3] という意見もある。他方で、視覚的な図表で陥ることがある誤り、例えば目盛りの間隔がおかしいとか、目盛りが0から始まらないといった問題は、音声UIでは起きないのかもしれない。図 21 では、柱に対応付けて区間を読み上げるので、目盛りに依存して表現する機会がないのかもしれない。その代り、音声ならではのリスクがあるのかもしれない。

9. まとめ

図表を、図形やデータだけでなく、強調や特徴も併せて読み上げられるように実装できた。共起行列の表では、背景色で強調表示したセルを、背景色ではなく強調の意味を説明するように、スクリーン・リーダーに読み上げさせることができた。ヒストグラムでは、区間の数や、柱ごとの区間や度数を読み上げさせることができた。視覚的な図表で陥りがちな誤りと、音声による図表の表現が持つリスクが、異なる可能性があることが分かった。

9.1 今後

今後は、散布図など他の図表についても、同様のアプローチで取り組む。散布図、ヒートマップなどは困難が予想される。

読み上げるべき各図表の特徴は、さらなる調査が必要である。また、今後の実践を通じて明らかになるだろう。図表の読み上げに伴うリスクや、視覚的な図表にはないメリットについても同様であろう。

今回のスクリーン・リーダーによる読み上げでは、図表が持つ様々な特徴を一気に読み上げることになる。一方、スマートスピーカーのような対話する音声UIであれば、関心に従ってユーザーが質問して聞き出すことができるだろう。それによって、よりの確に視覚的な図表が持つ情報を聞き出せるかもしれない(図 22)。

謝辞 本研究は JSPS 科研費 17K01085 の助成を受けた

ものです。

参考文献

- [1] 鎌田 博樹, 米国のオーディオブック普及が 50% を突破, E-Book2.0 Magazine, 2019
<https://www.ebook2forum.com/members/2019/05/whither-audio-publishing/>
- [2] 文部科学省, 視覚障害者等の読書環境の整備の推進に関する法律の施行について (通知), 2019
http://www.mext.go.jp/a_menu/ikusei/gakusyushien/1418383.htm
- [3] 福島 智, 坊農 真弓, 障がい者・高齢者と築く社会参加支援: 7. 盲ろう者が見る世界 -情報のインフラからコミュニケーションのインフラへ-, 情報処理学会 情報処理, 56(6), 550-554, 2015
- [4] 喜多 敏博, 長岡 千香子, 平岡 斉士, スマートスピーカーを通じた LMS 上での学習活動, 情報処理学会 研究報告教育学習支援情報システム (CLE), 2018-CLE-26(16), 1-5 (2018-11-30), 2188-8620
- [5] VoiceOver, iPhone ユーザガイド,
<https://support.apple.com/ja-jp/guide/iphone/iph3e2e415f/12.0/ios/12.0>
- [6] Accessible Rich Internet Applications (WAI-ARIA) 1.1
<https://www.w3.org/TR/wai-aria-1.1/>
- [7] Scalable Vector Graphics (SVG) 1.1 (Second Edition)
<https://www.w3.org/TR/SVG11/>
- [8] 早川 稔, 【SVG アクセシビリティ】グラフィックスをアクセシブルにする方法, 2014
<http://blog.e-rivertype.com/2014/12/svg.html>
- [9] Michael Bostock, Histogram Layout, D3.js, D3 3.x API, 2016
<https://github.com/d3/d3-3.x-api-reference/blob/master/Histogram-Layout.md>
- [10] Accessibility Features of SVG
<https://www.w3.org/TR/SVG-access/>
- [11] 川北 紘正, 大場 みち子, 山口 琢, プログラミング思考過程に基づくプログラミング時の行動分析と傾向, 情報処理学会 第 81 回全国大会, 2019
- [12] 大場 みち子, 山口 琢, パズルを利用したプログラミング思考過程の分析, 情報処理学会 情報教育シンポジウム SSS2019, 2019
- [13] 山口 琢, 大場 みち子, 高橋 慈子, 小林 龍生, ジグソー・テキストによる文並べ替え操作の測定, 情報処理学会 研究報告コンピュータと教育 (CE), 2017-CE-142(27), 1-6 (2017-12-01), 2188-8930
- [14] 山口 琢, 大場 みち子, スクリーンリーダーで操作するジグソー・テキスト - アクセシブルな学習分析と Computer Based Testing, 情報処理学会 研究報告コンピュータと教育 (CE), 2019-CE-149(15), 1-8, 2019