

Treemap の理解を助けるアニメーションの作成

渡邊 玲^{1,a)} 三末 和男^{b)} 田中 二郎^{c)}

概要: 木構造の可視化手法である Treemap は大規模なデータを空間的に効率良く表すことが出来る。しかしながら、Treemap は可視化手法として必ずしも普及していないため、人によっては表現された情報を読み取ることができない。読み方の解説にも一定の時間を要するため、一般の人に向けたプレゼンテーション等では使用しにくいという問題がある。このような問題に対して、我々は Treemap を短時間で解説する手法の開発を目指している。短時間で解説を実現するために、よく知られた木構造の可視化手法であるノードリンクダイアグラムと Treemap をアニメーションで対応付けることにした。アニメーションは、ひとつの固定されたデータを表現するものではなく、ユーザデータによるテイラーメイドを可能にした。開発した解説手法の有用性を評価するために、静的なテキストによる解説との比較実験を実施した。現時点では、アニメーションの有効性を示す客観的な結果は得られなかったが、被験者の主観的評価では若干の優位性が見られる。今後被験者数を増すことで、より明確な結果が得られるものと期待している。

Animation that facilitates the understanding of Treemaps

Abstract: Treemaps, which represent a visualization technique of tree structures, can represent large-scale data and use space efficiently. However, some people cannot read the information in a Treemap because it is not necessarily popular as a visualization method. Since it takes a certain amount of time to explain how to read Treemaps, it is difficult to use them in presentation to the general public. For such a problem, we aim to develop a method that explains Treemaps in a short period of time. To actualize the explanation in a short time, we associate Treemap with node-link diagram, that is a well-known visualization method of tree structure using animation. The animation does not represent a fixed data; we make it possible to represent data customized by the user. To evaluate the usefulness of the proposed method, we performed comparative experiments with explanations using static text. At the moment, we cannot obtain objective results that show the effectiveness of animation; however, some positive feedback can be seen in the subjective evaluations of the participants. By increasing the number of participants in the future, it is expected that a clearer result can be obtained.

1. はじめに

木構造はあらゆる場面で現れるデータ構造である。例えば、ファイルシステムや階層的な組織、あるいは系統学や自然言語における構文木などで使用されている。木構造を視覚的に表現する際には、ノードリンクダイアグラムを使用することが一般的である。

木構造の可視化手法のうちの 1 つとして、Treemap [1]

がある。これは、木構造の空間充填による可視化手法であり、ノードリンクダイアグラムによる木構造の可視化に比べると、大規模なデータを表すことができる。また、ノードの重みの比を面積の比で表しており、重みの情報を読み取りやすい。しかし、Treemap は必ずしも普及していないため、人によってはデータを読み取ることが難しい。また、読み方の解説をすることには時間がかかるため、プレゼンテーションに用いにくい。

本研究は、短時間で Treemap の理解を助けることを目的としている。そのために、木構造の可視化手法の中でもよく知られた可視化手法であるノードリンクダイアグラムと Treemap をアニメーションによって対応付けることにした。対応付けによって、ノードリンクダイアグラムという既知の知識から Treemap という新しい知識を得ること

¹ 筑波大学 情報学群 情報メディア創成学類
College of Media Arts, Science and Technology, School of Informatics, University of Tsukuba

² 筑波大学 システム情報系
Faculty of Engineering, Information and Systems, University of Tsukuba

a) watanabe@iplab.cs.tsukuba.ac.jp

b) misue@cs.tsukuba.ac.jp

c) jiro@cs.tsukuba.ac.jp

ができると考えたからである。

本研究の貢献として次の2点が挙げられる。

- (1) Treemapの理解を助けるためのアニメーションの提案をしたこと
- (2) 作成したアニメーションに対する評価実験を実施したこと

2. 関連研究

まず木構造の可視化手法について述べ、その後解説に使用する教材を作成する研究について述べる。また、教材の表現手法として有効な、視覚的表現の変化を表現する方法に関する研究を紹介する。

2.1 木構造の可視化手法

木構造はしばしばノードリンクダイアグラムによって表現される。ノードリンクダイアグラムはノードを表す図形同士を線で結ぶことでノードを繋ぐエッジを示す視覚的表現である。離散数学の教科書^{*1}などにも載っているように、木構造の一般的な視覚的表現である。

木構造は Treemap という手法でも表現することができる。Treemap は空間効率が良く、大規模な木構造のデータを表すことができる視覚的表現である [1,2]。しかし、必ずしも普及している表現ではないために読み取りに訓練が必要であり [2]、学習に数分を要するということが指摘されている [3]。Treemap でもっとも基本的なレイアウトは Slice and Dice レイアウト [1] である。これは同じ親を持つノードが水平または垂直に並ぶレイアウトである。この方式は実装が簡単であるが、ノードが細長くなりがちで、そのためノードを表す矩形を見にくい、選択しにくい、矩形同士のサイズを比較しにくい、矩形にラベル付けをしにくいなどの欠点を持つ [4]。それらの問題の対処として squarified レイアウト [5] が考案されている。これは矩形を正方形に近くなるように描画するレイアウト方式である。

2.2 教材

文字を用いたテキストについての研究が数多く行われている。テキストから読んだ文章内容を学び、別の状況でも使えるためには、内容が読み手の既有知識と関連付けられた状況モデルを形成できるかが重要になる [6]。Beck らは読み手の既有知識を考慮した教科書の改訂を行うことで、生徒がより多くの知識を獲得できたことを示した [7]。

また、文字だけではなく視覚的表現を用いた教材に関する研究が進んでいる。Carney らは図のテキストに対する機能を、読み手の注意を向けさせる機能、簡潔にする機能、具体的にする機能、組織化する機能、理解しやすくする機能、読み手の事前知識とテキストを対応させる機能、

記号化する機能とまとめた [8]。アニメーションが教材に用いられることもあり、その代表として、アルゴリズムアニメーションが挙げられる。アルゴリズムアニメーションとは、アルゴリズムによって問題が解かれる過程を逐次ディスプレイ画面上に表示し、アルゴリズムの振る舞いを動画として見せることによって、アルゴリズムの振る舞いの全体的な流れを把握させるアニメーションのことである [9]。Hansen らはアニメーションだけではなく、テキストやオーディオ、静止画も用いたアルゴリズムの学習を提案した [10]。アルゴリズム説明におけるアニメーションの効果については多く議論がされている。Tversky らは、アルゴリズムアニメーションによる学習は静止画による学習よりも有効でないと主張しているが、リアルタイムな時間的、空間的变化を持つ事象を伝えることには有用であるとしている [11]。Betrancourt らは、アニメーションを用いた学習は、学習者がその分野の初心者であり、ある現象のメンタルモデルを形成するのが難しいときに有効であるとしている [12]。アルゴリズム以外にもアニメーションを用いた学習の研究がされている。Mayer らによると、アニメーションは学習の間注目する部分の選択の労力が少なくて済む、努力を発揮するための動機付けになるという利点があると述べている [13]。

2.3 視覚的な変化の表現

視覚的表現の変化をもたらし要因として、データ内で注目する時間の変化がある。DiffAni は、時間の変化によってネットワークの視覚的表現が変化する様子を small multiples、アニメーション及び変化の前後を重ねて描画する方法を混合させて表現している [14]。このハイブリッドな手法によって、単純な small multiples よりも視覚的表現の空間効率が改善され、違う時間のネットワーク同士を比較することが容易になる。また、可視化分野ではインタラクティブな操作による視覚的表現の変化が多く用いられている。例えば 3D 画面において、ある視点から見た視覚的表現と違う視点から見た視覚的表現を繋げる際にアニメーションが用いられることがある [15]。また、あるデータを表している視覚的表現から、より細かいデータを表している視覚的表現へ変化させる際にアニメーションが用いられることもある [2]。以上の表現はいずれも同一の視覚的表現における変化の表現である。一方 Heer らは同一のデータにおいて視覚的表現を変化させる場合、その視覚的な変化をアニメーションで表現することによる知覚的な好影響を示した [16]。

3. Treemap とノードリンクダイアグラムの比較

文献 [6,7] から、既有の知識であるノードリンクダイアグラムと新規の知識である Treemap を対応付けることに

^{*1} 例えば、牛島和夫、朝廣雄一、相利民。離散数学。コロナ社、2006。などがある

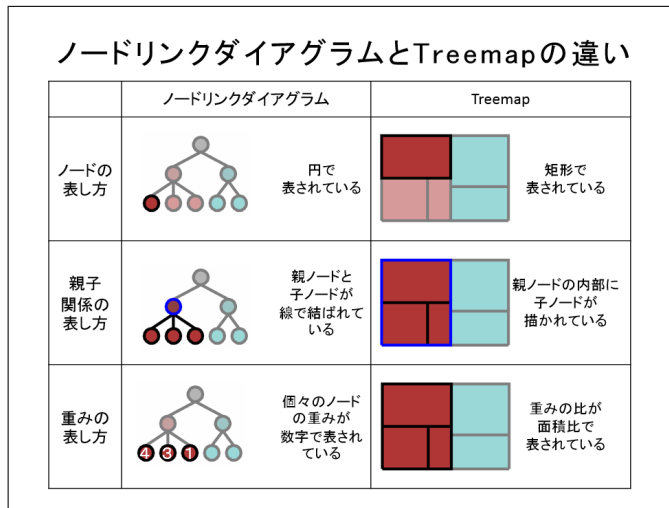


図1 ノードリンクダイアグラムと Treemap の違い

よって、Treemap の理解を助けることができると考えた。そこで、2つの視覚的表現を対応付けるということを考えた。対応付けのために、2つの視覚的表現が同じ木構造を表しているときの表現の違いをまとめる。

3.1 Treemap

Treemap は重み付き木を以下のように表現する。

- (T1)ノード:矩形で表現する
- (T2)親子関係:親ノードを表す矩形の内部に子ノードを表す矩形を描画することで表現する
- (T3)重み:ノードの重みの比を、矩形の面積比で表現する

3.2 ノードリンクダイアグラム

ノードリンクダイアグラムを用いた重み付き木の表し方は様々であるが、今回対応付けを行うにあたって使用するノードリンクダイアグラムでは、以下のように重み付き木を表現する。

- (N1)ノード:円で表現する
- (N2)親子関係:親ノードを表す円を子ノードを表す円よりも上部に配置しながら、親ノードを表す円と子ノードを表す円を線で結ぶことで表現する
- (N3)重み:ノードを表す円内に数字を書き込むことで表現する

3.3 Treemap とノードリンクダイアグラムの違い

ノードリンクダイアグラムの表現 (T1)(T2)(T3) と Treemap の表現 (N1)(N2)(N3) の違いを、特徴ごとに表 (図1) にまとめた。なお図1は後述の実験に使用している。

4. アニメーションによる対応付け

3.3項でまとめた表現の違いをアニメーションによって対応付けることで、2つの異なる視覚的表現を対応付ける。4.1項では、情報ごとの視覚的表現同士の対応付けのため

に考えた手法を述べ、4.2項では、それらの手法のうち最も適当であると考えられる手法を採用し実際に作成したアニメーションについて述べる。

4.1 特徴ごとの視覚的表現同士の対応付け

3.3節でまとめたノード、親子関係、重みの視覚的表現の違いの対応付けを行う。

4.1.1 ノード

ノードの視覚的表現を対応付けするために、(N1) と (T1) を対応付ける。図形同士の対応付けの方法として、以下のような線で結ぶ、ハイライト、オブジェクトの変形を検討し、それぞれの利点について検討した。

手法 (A1).ノードリンクダイアグラムの円を Treemap の矩形に変形させる (図2手法 (A1))

手法 (A2).ノードリンクダイアグラムと Treemap を並べて、対応するノードを表す円を線で結ぶ、またはハイライトさせる (図2手法 (A2))

手法 (A3).ノードリンクダイアグラムと Treemap を並べて、対応するノードを表す円を線で結ぶ、またはハイライトさせながら、ノードリンクダイアグラムの円を Treemap の矩形へ変形させる (図2手法 (A3))

手法 (A1) は画面に表示する視覚的表現が1つで済むため、注目してほしい点を示しやすくなる。手法 (A2) は視覚的表現が並んでいるため、対応付けを確実に行うことができる。手法 (A3) は変化後の状態を明示しているため、変化する先を予測しやすくなる。手法 (A1) については、ノードリンクダイアグラムの円が変形する前に、変化後の Treemap を半透明で表示し、ノードの親を表す図形を太く縁取りするという工夫をすることで、変化する先を予測しやすくなる。

4.1.2 親子関係

親子関係の視覚的表現を対応付けるために、(N2) と (T2) を対応付ける。そこで、ノードリンクダイアグラムで表現されている親子関係が Treemap でも同様であることを示すために、4.1.1で示した変化に順序をつける。我々は以下のような変化の順序を検討し、その利点、欠点について検討した。

手法 (B1).ノードを表す円を、根から深い方へ、ノードの深さ順に変化させる (図3手法 (B1) の順)

手法 (B2).ノードを表す円を、最も深い葉から浅い方へ、ノードの深さ順に変化させる (図3手法 (B2) の順)

手法 (B3).ノードを表す円を、深さ優先探索順に変化させる (図3手法 (B3) の順)

手法 (B4).ある親ノードを表す円に対して、ノードリンクダイアグラムにおける一番左の子ノードを表す円を、ノードの深さ順に変化させる (図3手法 (B4) の順)

手法 (B1)(B2) は一度に目で追うノードの数が多くなるが、同じ階層の深さにあるノードが分かりやすくなる。手

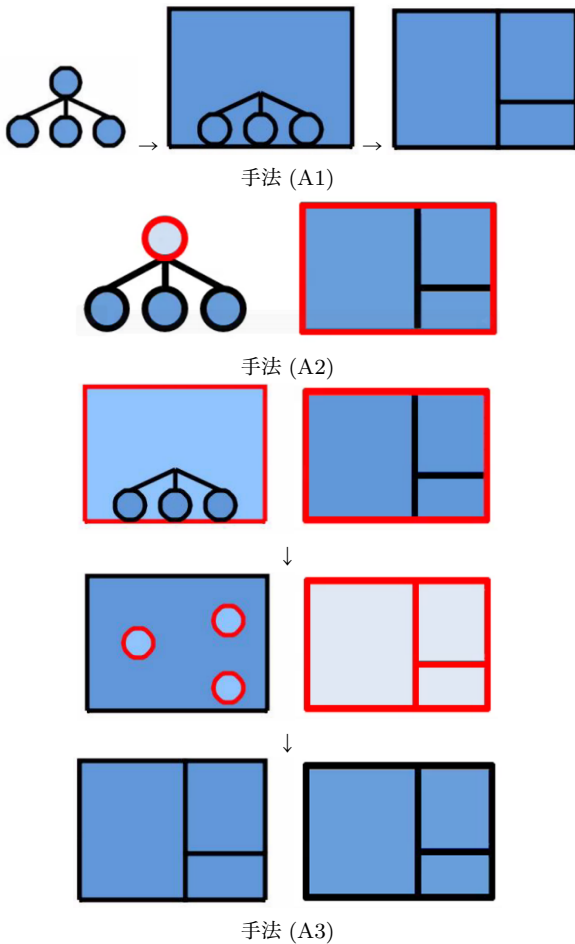


図 2 ノードの表現の対応付け

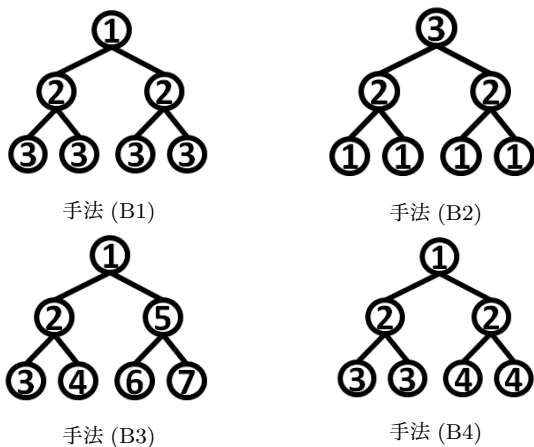


図 3 親子関係の表現の対応付け

法 (B3) は一度に追うノードの数が1つで済むが、同じ階層の深さにあるノードが分かりにくくなる。手法 (B4) は一度に追うノードの数が手法 (B1) よりは少なく済み、同じ階層の深さにあるノードも分かりやすくなるが、違う親の子供との関係が分かりにくくなる。

4.1.3 重み

重みの視覚的表現を対応付けるために、(N3) と (T3) を対応付ける。そこで、ノードリンクダイアグラムにおいて重みを表している数字の比に基づいて、ノードリンクダイア

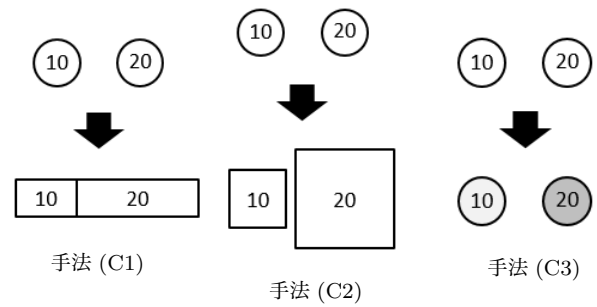


図 4 重みの表現の対応付け

グラムのノードを表す円を変化させる。ここでは、以下の手法を検討し、それぞれの利点、欠点について検討した。

手法 (C1).数字の比を長さの比で表現するように、ノードリンクダイアグラムのノードを表す円を変形させる (図 4 手法 (C1))

手法 (C2).数字の比を面積の比で表現するように、ノードリンクダイアグラムのノードを表す円を変形させる (図 4 手法 (C2))

手法 (C3).数字の比を色で表現するように、ノードリンクダイアグラムのノードを表す円を変化させる (図 4 手法 (C3))

手法 (C2) はノードリンクダイアグラムのノードを表す円を直接 Treemap の矩形に変形させるものである。手法 (C1) はノード同士が隣り合っている必要があるという制限を持つ。手法 (C2)(C3) はそのような制限はないが、長さよりも正確に知覚しにくくなる [17]。また、それぞれの手法は変化する前にノードリンクダイアグラムの数字を大きくすることによって、どのノードがこれから変化するのが分かりやすくすることができる。

4.2 アニメーションの作成

まず 4.1 項で考えた手法の適不適について、複数のアニメーションを作成しながら検討した。今回作成したアニメーションは、プレゼンテーションに用いることを目的としているため、インタラクティブな操作を用いず、ノードリンクダイアグラムから Treemap という一方向に変化するアニメーションである。よって、2つの視覚的表現を並べるのみ手法 (A2) では注目して欲しい点を見逃しやすくなるため、不適と考えた。また、入力するデータにはノード数 100 程度の規模の大きいデータサイズを想定しているため、2つの視覚的表現を並べる手法 (A3) も不適と考えた。また、作成するアニメーションは Treemap の効率的な理解を目指しているため、変化の段階を少なくすることで変化に要する時間を短くしたい。そこで、変化の段階が多い手法 (B3)(B4) 及び手法 (C1) は不適だと考えた。また、Treemap は葉を表す図形が前面に描画されるため、葉でないノードを表す円が目立ちにくい。よって、変化が目立ちにくくなる手法 (B2) は不適だと考えた。さらに、今回作

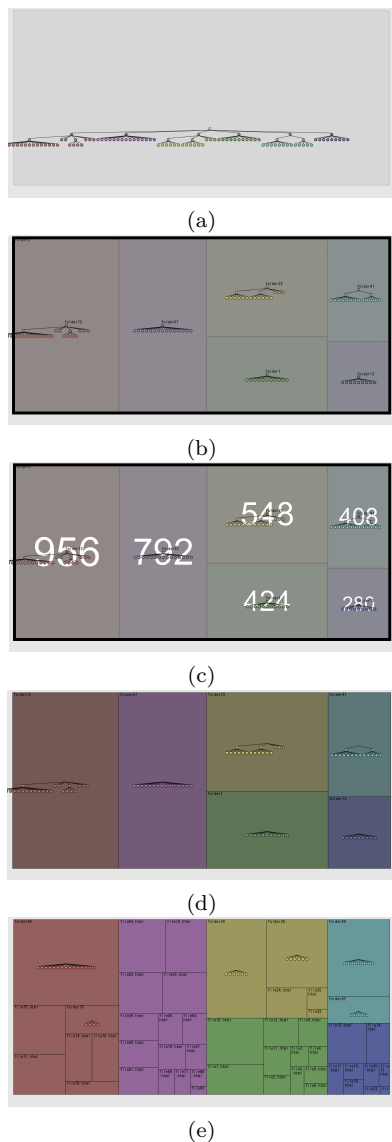


図 5 作成したアニメーション (a) 最初の状態 (b) ノードを表す図形が、Treemap に変化した後の状態を半透明で表示している状態 (c) ノードを表す図形の数字が大きくなっている状態 (d) ノードを表す図形が Treemap の矩形に変形しおわった状態 (e) 変形を繰り返した最終的な状態

成する Treemap はノードを表す図形に色を用いるため、色による重みの表現である手法 (C3) は不適だと考えた。

以上によって絞られた手法 (A1)、手法 (B1)、手法 (C2) の組み合わせによってアニメーションを作成した (図 5)。作成したアニメーションは、入力データによって作成される Treemap とノードリンクダイアグラムを対応付ける。なお、Treemap のレイアウトは squarified レイアウトとした。

5. 評価実験

作成したアニメーションが Treemap の理解を助けるかどうかを調べるために実験を行った。

5.1 実験の設計

Treemap を用いた問題を実施し、アニメーションによる

解説を見る前後の正答数及び回答時間を比較する。作成したアニメーションの比較対象として、静的なテキストによる解説を用いることにした。なお、全被験者に対して同一の計算機を用いることにした。

5.1.1 実験の流れ

実験は以下の流れで実施することにした。

- (1) 事前アンケートを実施
- (2) 実験の趣旨について説明し、同意書への署名を依頼
- (3) 実験ツールと問題について説明
- (4) ノードリンクダイアグラムを用いた練習問題を実施
- (5) Treemap を用いた問題を実施
- (6) 解説を提示
- (7) Treemap を用いた問題を実施
- (8) 事後アンケートを実施

5.1.2 事前アンケート

事前アンケートの目的は、ノードリンクダイアグラムがよく知られた表現であるかどうかを確認することである。そのため、被験者に対し「ファイルシステム (ファイルとフォルダの関係) を視覚的に表現する場合、どのように描くか」という質問を行うことにした。

5.1.3 使用した解説

実験で使用した解説は以下の 2 種類である。

- 作成したアニメーション (60 秒) を見ってもらう
- テキスト (図 1) を 60 秒間見ってもらう

作成したアニメーションは入力するデータによって表示されるノードリンクダイアグラム及び Treemap が変化するよう設計されており、今回は解説後に聞いてもらうタスクで使用する Treemap のデータを使用する。被験者には、2 種類の解説のうちランダムに割り当てられた 1 つの解説を見ってもらう。

5.1.4 実験タスク

被験者には Treemap を見て問題を聞いてもらう。タスクで提示した問題は以下の 2 種類である。

タスク (a).あるフォルダやファイルの兄弟 (それ自身は含まない) を答える

タスク (b).あるフォルダやファイルの兄弟 (それ自身を含む) の中で、一番サイズが大きいフォルダやファイルを答える

タスクに使用したデータセットは、重み付きの木構造データセット (ノード数 100) 2 種類である。1 つの Treemap 内にある 20 個のファイルやフォルダに対し 2 種類の問題を、解説を見せる前後で聞いてもらう。被験者 1 人に対するタスクの合計実施回数は 80 回である。

5.1.5 実験ツール

PC 上で実施できる実験ツールを、Java を用いて開発した (図 6)。被験者には、このツールによって提示された Treemap から問題に対する回答に当てはまるファイルやフォルダを回答してもらう。まず、問題に対する回答が分

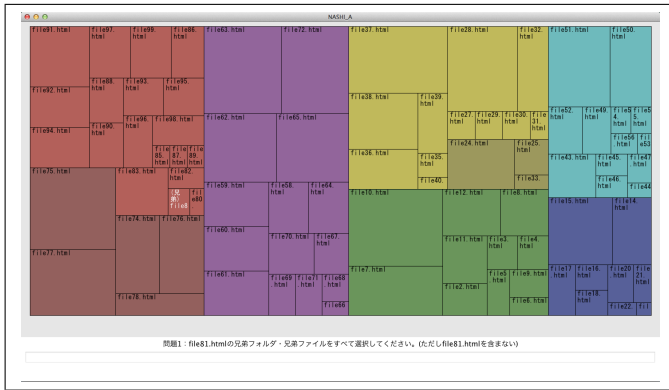


図 6 実験に使用したツールの画面例

かった段階で Enter キーを押してもらおう。このことによつて判定に要する時間と回答に要する時間を切り離している。これは認知科学の分野における実験でも行われている方法である [18]。その後、ファイルやフォルダをクリックやドラッグ操作によって選択してもらおう。選択が終わる次第 Enter キーを押してもらおう。選択が終わった後の Enter キーによって、問題が切り替わる。

この実験ツールでは以下の情報を記録する。

- 問題番号
- 選択したファイルやフォルダの名前
- 問題に対する答えを考えるまでの時間 (最初に Enter キーを押した時間)
- 回答を終えた時間 (二回目に Enter キーを押した時間)

5.1.6 事後アンケート

解説及び Treemap に対する評価をしてもらうために、事後アンケートを行う。

5.2 被験者

9 人の被験者を対象に実験を行った。被験者は、情報系を専攻している大学生及び大学院生 (22-25 歳、うち男性 8 人女性 1 人) であった。ただし、被験者は全員が情報可視化を研究分野としておらず、Treemap についての知識がないことを確認している。被験者に対して口頭で色覚異常に当てはまらないことを確認した。

5.3 実験結果

この先、図に振った 1 から 9 の番号はすべて被験者の番号を示す。なお、1 から 4 番の被験者はテキスト、5 から 9 番の被験者はアニメーションの解説を見ている。実験に要した時間は 1 人あたり概ね 40 分程度であった。

5.3.1 事前アンケート

事前アンケートの結果を表 1 にまとめた。事前アンケートの結果には、5.2 項の被験者の回答だけではなく、別の実験の被験者にも回答してもらった同様のアンケートの回答を含めている。このアンケートに答えた被験者は、32 名 (うち男性 23 人、女性 9 人、情報系を専攻している学生 26

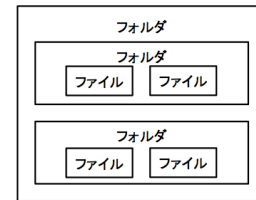


図 7 包含を使用した図の例

表 1 事前アンケート結果

種類	数
ノードリンクダイアグラム	23
包含を使用した図	1
Finder やファイルエクスプローラーのイラスト	8
その他イラスト	4

表 2 正答数結果

被験者番号	合計 (前)	合計 (後)	タスク (a)(前)	タスク (a)(後)	タスク (b)(前)	タスク (b)(後)
1	22	15	2	3	20	12
2	23	26	6	6	17	20
3	26	26	6	6	20	20
4	6	18	6	0	0	18
5	22	24	6	6	16	18
6	16	28	0	11	16	17
7	22	21	6	1	16	20
8	21	34	4	14	17	20
9	25	34	5	14	20	20

人、情報系を専攻していない学生 6 人) であった。なお、包含を使用した図は図 7 のような図を指す。Finder 及びファイルエクスプローラーは、Mac OS や Windows で使用されるファイル管理アプリケーションを指す。

5.3.2 正答数

解説を見る前後のタスクの正答数を表 2 にまとめた。なお、タスク (b) の問題は、タスク (a) に正解していなければ正解できない問題であるが、重みの読み取りについて調べるために、その直前に回答してもらっているタスク (a) の問題に対する回答の中で一番大きいものを答えていれば正解としている。そのため、タスク (a) の問題に不正解でも、タスク (b) では正解となることがある。

5.3.3 回答時間

解説を見る前後のタスクの回答時間を表 3 にまとめた。

5.4 考察

5.4.1 事前アンケート

ノードリンクダイアグラムの回答が一番多く、ノードリンクダイアグラムが多くの人にとって馴染みのある表現であることが分かった。

5.4.2 正答数

解説を見る前のタスク (a) の正答率は、テキストが平均

表 3 回答時間結果 (秒)

被験者 番号	合計 (前)	合計 (後)	タスク (a)(前)	タスク (a)(後)	タスク (b)(前)	タスク (b)(後)
1	85.3	56.7	62.8	27.5	22.6	29.2
2	144.9	128.5	114.8	105.1	30.1	23.4
3	127.5	111.2	99.2	85.1	28.4	26.1
4	229.0	72.3	149.3	46.1	79.7	26.3
5	135.9	150.2	103.0	110.8	32.9	39.4
6	88.8	155.1	59.3	117.6	29.6	37.5
7	152.7	97.6	117.6	61.7	35.1	35.9
8	116.3	92.4	83.0	66.1	33.3	26.3
9	94.6	84.7	71.9	65.0	22.8	19.7

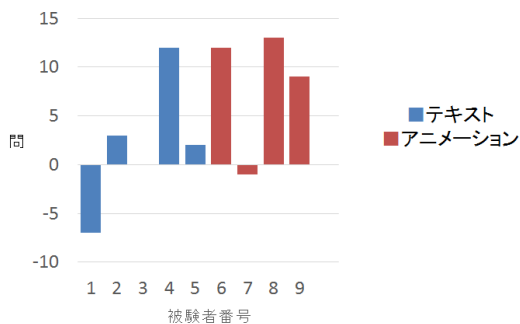


図 8 正答数の差のグラフ

25%、アニメーションが平均 21%と低い数値となっている。数値から、被験者にとって兄弟の読み取りが難しかったと言える。タスク (b) の問題の正答率は平均が 85.3%であり、被験者にとってサイズの読み取り方は分かりやすかったと言える。解説を見る前後の正答数の差を図 8 にまとめた。

今回の実験では正答数の差に関して Wilcoxon rank sum test(独立した 2 群に対するノンパラメトリック手法) による検定では有意差は見られなかった。

5.4.3 読み取り方の誤り

実験によって Treemap に対する読み取り方の誤りのパターンをいくつか発見することができた。特に、フォルダの境界 (兄弟) の間違え方にはパターンがあったと考えられる。図 9(a)(b) の緑色の Treemap のノードはすべて兄弟であるが、(a) のように、小さい矩形で区切られる範囲を兄弟と考えるパターンが見られた (図 9(a))。区切り方の範囲は被験者によって様々であった。これはゲシュタルト要因の中の包含の要因によるものだと考えられる。また、図 9(b) のようにある一辺が連続する矩形を兄弟と考えるパターンも見られた。これはゲシュタルト要因の中の連続の要因に

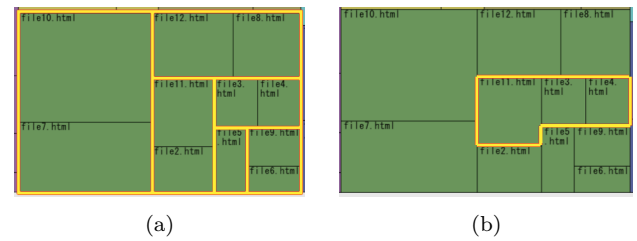


図 9 フォルダの境界の誤り

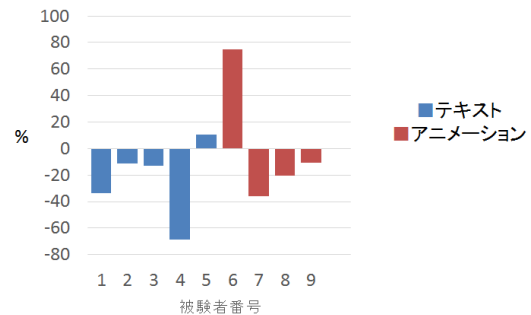


図 10 回答時間の差のグラフ

よるものであると考えられる。

5.4.4 回答時間

表 3 から、タスク (a) の問題と比べて、タスク (b) の問題の回答時間が短く、被験者にとってサイズの読み取り方は分かりやすかったと言える。

解説を見る前後のタスクの回答時間の変化率を図 10 にまとめた。被験者 4 はタスク (b) の問題の正答率が大きく上昇し、回答時間が減少している。このことから、テキストが被験者 4 に対して、Treemap の面積の意味をよく理解させたと考えられる。

今回の実験では回答時間の差に関して Wilcoxon rank sum test による検定では有意差は見られなかった。

5.4.5 事後アンケート

事後アンケートによって、アニメーションが Treemap の理解を助けたこと、Treemap がやや分かりにくい表現であることが分かった。「解説によって、Treemap が分かりやすくなりましたか?」(1=まったくそう思わない、5=強くそう思う) という質問に対し、テキストを見たグループは中央値 2.5、アニメーションを見たグループは中央値が 4 となり、アニメーションによって分かりやすくなったと感じた被験者が多かったことが分かる。アニメーションを見たグループに対してのみ、「速さは適切でしたか?」(1=遅すぎる、5=速すぎる) という質問を行ったところ、4 名が 4(速い) を答えた。また、自由記述に「アニメーションが速すぎた」と回答した被験者もいたため、アニメーション

の速度が必ずしも適切とは言えなかったことが分かる。また、テキストにおいてもアニメーションにおいても「色付けの定義が分からない」という記述があったため、色付けに対する説明が必要であったと考えられる。

Treemap の評価については、「Treemap は分かりやすい表現でしたか？」(1=まったくそう思わない、5=強くそう思う)という質問に対し中央値 2 となり、やや分かりにくい表現であったと考えられる。「Treemap において分かりにくかった点をお答えください」という自由記述に対しては、「親子関係や兄弟関係が分かりにくい」「ファイルサイズが分かりにくい」という回答が得られた。この 2 点が解説において重視すべき点だと考えられる。

6. まとめ

Treemap の理解を助けるために、ノードリンクダイアグラムとの対応付けを行った。そのために、アニメーションによって 2 つの視覚的表現の対応付けをした。対応付けをする際には、Treemap とノードリンクダイアグラムで共通する情報をまとめた。そして、実際に Treemap とノードリンクダイアグラムを対応付けるアニメーションを作成した。

また、被験者実験によって作成したアニメーションの評価を行った。実験では正答数及び回答時間に有意な差は見られなかったが、アンケートによる主観的評価では若干の優位性が見られた。また、被験者実験によって Treemap の読み取りの誤りに関する知見も得られた。

今後の課題として、実験ではテキストとアニメーションで違うデータセットを用いたため、同じデータセットによる比較が挙げられる。そして、被験者の数を増やすことで実験の精度を上げる必要があると考えている。また、より時間の短いアニメーションを作成する必要がある。これは、今回の実験で作成したアニメーションが 1 分近いもので、プレゼンテーションなどで使用するにはまだ長いものである。

参考文献

- [1] Shneiderman, B.: Tree visualization with tree-maps: 2-d space-filling approach, *ACM Transactions on graphics (TOG)*, Vol. 11, No. 1, pp. 92–99 (1992).
- [2] Plaisant, C., Grosjean, J. and Bederson, B. B.: Space-tree: Supporting exploration in large node link tree, design evolution and empirical evaluation, *Proceedings of IEEE Symposium on Information Visualization*, pp. 57–64 (2002).
- [3] Shneiderman, B.: Discovering business intelligence using treemap visualizations, *B-EYE-Network-Boulder, CO, USA* (2006).
- [4] Shneiderman, B. and Wattenberg, M.: Ordered treemap layouts, *IEEE Symposium on Information Visualization*, IEEE Computer Society, pp. 73–73 (2001).
- [5] Bruls, M., Huizing, K. and Van Wijk, J. J.: *Squarified treemaps*, Springer (2000).
- [6] 稲垣佳世子, 鈴木宏昭, 大浦容子: 認知過程研究—知識

の獲得とその利用, 放送大学教育振興会 (2007).

- [7] Beck, I. L., McKeown, M. G., Sinatra, G. M. and Loxterman, J. A.: Revising social studies text from a text-processing perspective: Evidence of improved comprehensibility, *Reading Research Quarterly*, pp. 251–276 (1991).
- [8] Carney, R. N. and Levin, J. R.: Pictorial illustrations still improve students' learning from text, *Educational psychology review*, Vol. 14, No. 1, pp. 5–26 (2002).
- [9] 榎原博之, 中野秀男, 中西義郎: 解説アルゴリズムアニメーション, *電気情報通信学会誌*, Vol. 73, No. 3, pp. 244–247 (1990).
- [10] Hansen, S., Schrimpscher, D., Narayanan, N. H. and Hegarty, M.: Empirical studies of animation-embedded hypermedia algorithm visualizations, Technical report, Tech. Rep. CSE98-06. Computer Science and Software Engineering Dept. Auburn University (1998).
- [11] Tversky, B., Morrison, J. B. and Betrancourt, M.: Animation: can it facilitate?, *International journal of human-computer studies*, Vol. 57, No. 4, pp. 247–262 (2002).
- [12] Betrancourt, M.: The animation and interactivity principles in multimedia learning, *The Cambridge handbook of multimedia learning*, pp. 287–296 (2005).
- [13] Mayer, R. E., Hegarty, M., Mayer, S. and Campbell, J.: When static media promote active learning: annotated illustrations versus narrated animations in multimedia instruction., *Journal of Experimental Psychology: Applied*, Vol. 11, No. 4, p. 256 (2005).
- [14] Rufiange, S. and McGuffin, M. J.: DiffAni: Visualizing dynamic graphs with a hybrid of difference maps and animation, *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, Vol. 19, No. 12, pp. 2556–2565 (2013).
- [15] Robertson, G. G., Mackinlay, J. D. and Card, S. K.: Cone trees: animated 3D visualizations of hierarchical information, *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, pp. 189–194 (1991).
- [16] Heer, J. and Robertson, G. G.: Animated transitions in statistical data graphics, *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, Vol. 13, No. 6, pp. 1240–1247 (2007).
- [17] Mackinlay, J.: Automating the design of graphical presentations of relational information, *ACM Transactions on Graphics (TOG)*, Vol. 5, No. 2, pp. 110–141 (1986).
- [18] 森田ひろみ: ウェブページ観察時の注意走査パターン, *図書館情報メディア研究*, Vol. 11, No. 2, pp. 61–71 (2013).