

視覚障害者用グラフ表示システム

海老名 毅*, 猪木 誠二*, 三宅 輝久**, 高橋 寛子**

*郵政省通信総合研究所

**筑波技術短期大学

*TEL:0423-27-6277 *FAX:0423-27-7105

*email:{ebi,igi}@crl.go.jp

文書を構成する要素に文字, 図や表, グラフがある. 視覚障害者が図形にアクセスするシステムは試みられてきたが, グラフにアクセスするシステムはほとんど試みられてこなかった. 本稿では, 触覚ディスプレイを用いてグラフをインタラクティブに出力し, また音声で座標値を確認できるシステムを試作し, 評価した. その結果, 本システムを用いて単純なグラフだけでなく, 日経平均株価のような複雑なグラフをも認識できることがわかった.

Graph Representation System for the Visually Impaired

Tsuyoshi EBINA*, Seiji IGI*, Teruhisa MIYAKE** and Hiroko TAKAHASHI**

*Communications Research Laboratory

*Tsukuba College of Technology

*TEL:+423-27-6277 *FAX:+423-27-7105

*email:{ebi,igi}@crl.go.jp

Business contents are composed of some visual elements, such as characters, graphs, charts and tables. However little effort had been made for representing the visually impaired some numerical graphs. We have developed an interactive graph representation system by using a tactile display and a sound synthesizer. Experiments were conducted, and it concluded that the visually impaired people can understand complex curve by using our Graph Presentation System.

1 まえがき

我々が文書内容を理解するには、本文のみならず文章中に挿入されている図、グラフ、表の内容をも理解しなければならない。しかしながら、図形はともかく、これまで視覚障害者にグラフ、表などの情報を伝える手段はあまり検討されなかった。

現在、代表的な図形提示手段として、図形を特殊な紙に立体的に転写し、視覚障害者が凹凸のある紙を触って形状を確認する方法（触図）が用いられている。しかし晴眼者が視覚的なグラフを元に触知しやすい触覚グラフを再構成しなければ、視覚障害者はグラフ形状を理解しにくい。また視覚的なグラフは複数の曲線から構成されたり、また凡例や墨字など余分な情報を含んでいることが多いので、視覚的なグラフを直接触図に変換しても、グラフの意味は理解しにくいであろう。

一方、グラフは通常パソコンで作成されるため、グラフを構成する元になるデータは電子的に保存されている場合が多い。そこで表形式の数値データを触覚的なグラフに変換して出力し、かつ視覚障害者自身がグラフを形状のみならず、各点の座標値をも確認できるプロトタイプシステムを試作し、評価する。

2 関連研究

グラフを非視覚的に表現する場合、触覚や音の利用が考えられる。

2.1 触覚を用いる方法

触覚を用いてグラフを理解させる研究例自体がほとんどないため、これまで開発された触覚ディスプレイをグラフ表示

に応用する場合について検討する。

Schweikhardt らは解像度の高い大型の触覚ディスプレイを開発した[1]。大型の触覚ディスプレイがあれば、グラフを触覚的に出力できる。しかし大型の触覚ディスプレイの利用は生産コストが高くなる、ユーザがグラフ上の点と点字で記された座標値とを区別しにくくなる、x軸、y軸にプロットする値の間隔が広くなり、座標値を得にくい、等の課題がある

一方 OPTACON, PantoBraille[2]などの小型触覚ディスプレイでは基準点と基準点から離れた点とを同時に表示できないので、座標位置の高低の比較作業がしにくい。振動により位置を伝えるシステムもあるが、やはり離れた点の高低の比較作業が困難である。

2.2 音を用いる方法

Douglass らは音でグラフを表現するプロトタイプシステム SoundGraph を試作している[3]。彼らはグラフの値を音の高低で表現し、グラフ形状を視覚障害者に伝えようと試みた。その結果、触覚グラフの方が音グラフよりも高い正答率が得られ両者間には有意差があること、しかしながら視覚障害者は音グラフの方が触覚グラフよりも早く形状を理解できることを示した。しかし Douglass らが実験で用いた評価項目は傾きや線の曲がり具合、単調性など比較的単純な形状に限定されており、複雑なグラフおよび複数の曲線の表現に音を適用できるか評価を行っていない。

また Kurze も音を用いたインタラクティブなグラフアクセスシステムを提案し

ている[4]が、評価等を行っていないようである。

マウスに音フィードバックを持たせて地図の形状を認識させるシステムもある。このシステムは操作に時間がかかるものの、マウス操作と音フィードバックにより合衆国の各州の形を確認することができる。しかしながら地図の理解は形状自体を理解するのに対し、グラフは通常複数の曲線同士を比較する作業が必要のため、上記のシステムをグラフ表示に応用できるかは疑問である。

3 非視覚的インタラクション

視覚障害者がグラフにアクセスするシステムを設計する。

3.1 Non Visual Interaction Model

従来に関連研究では、図形の形状理解自体に関心が向けられていた。そのため、グラフの利点である座標値の抽出、グラフ曲線同士の比較、さらにはグラフ自体が文章内容に寄与する意味については検討されなかった。一方グラフ形状に加えて座標値や曲線同士の関係などのグラフ情報をも提供するには、ユーザが操作し、欲しい情報にアクセスできるようなシステムが望ましい。

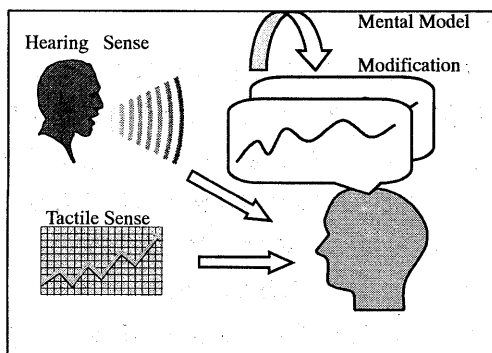


図1 非視覚的インタラクション

非視覚的インタラクションでは、図1のようにユーザが内部記憶に依存して操作するため、一度に詳細な情報を提示されてもユーザはグラフのイメージを把握しにくい。そこで最初から詳細な情報を伝えるのではなく、粗いイメージから順次詳細なイメージへとインタラクティブに理解できるシステムの方が便利である。

3.2 グラフアクセスシステム

我々の開発した、視覚障害者が触覚および音声を用いてグラフをアクセスするシステムについて述べる。本システムは触覚でグラフ形状を表現し、また音声で座標値などの情報を読み上げる。

触覚でグラフを表示する場合、2章で述べた問題を解決する必要がある。まず価格の上昇を抑えるため横長の触覚ディスプレイ装置を設計し、さらにユーザがスイッチを押して座標値を音声で確認することでグラフ上の点と座標値とを対応づける。触覚ディスプレイの表示面は横長なので、ユーザは基準点の位置と他の点の位置とを比較できる。

触覚ディスプレイ装置[5]を図2に示す。本装置は縦8ドット、横2ドットの触覚

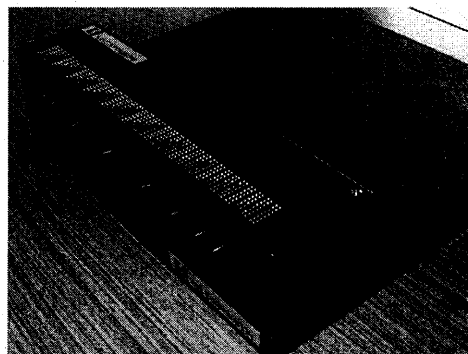


図2 触覚ディスプレイ装置 Cat

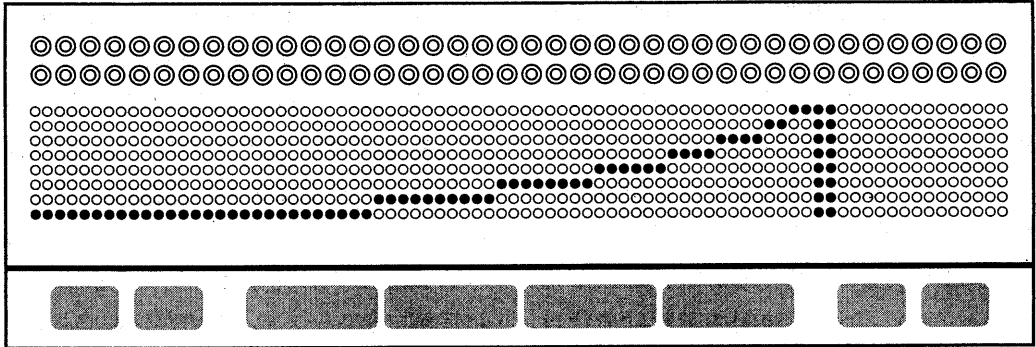


図 3 (a)部分拡大前のグラフ

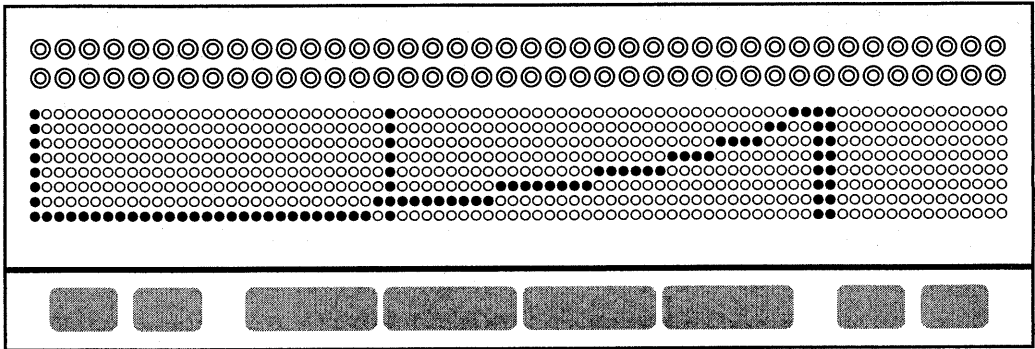


図 3 (b)拡大範囲指定後のグラフ

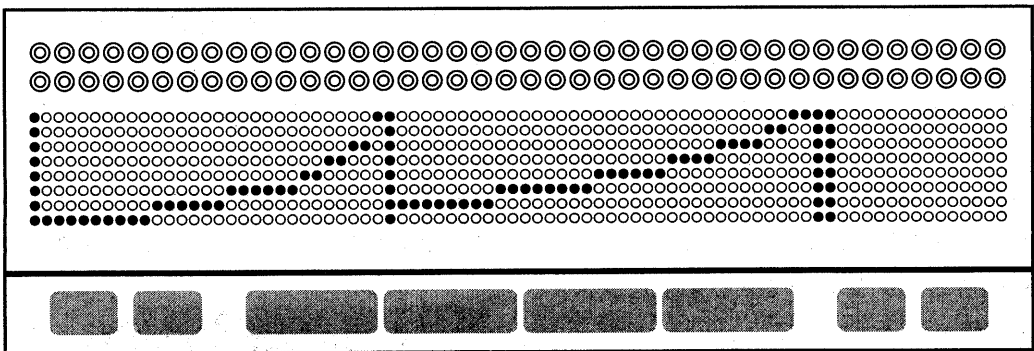


図 3(c)部分拡大後のグラフ

セル40個からなる。各触覚セル上にスイッチが2つずつ設置されている。下スイッチを押すとx軸の値を、上スイッチを押すとy軸の値を読み上げる。装置手前のボタンを押して表示するグラフ曲線を切り替えたり、領域を音声で確認する。

グラフの曲線同士が交差していると、

グラフ形状は確認しにくくなる。そこで触覚ディスプレイ上に表示するグラフをグラフ1、グラフ2、グラフ1とグラフ2、のように順次切り替えられるようにすることで、曲線同士が交差していてもグラフを正しく理解できるようにする。

また、本触覚ディスプレイ装置の縦方向の解像度は8ドットしかないため、表示

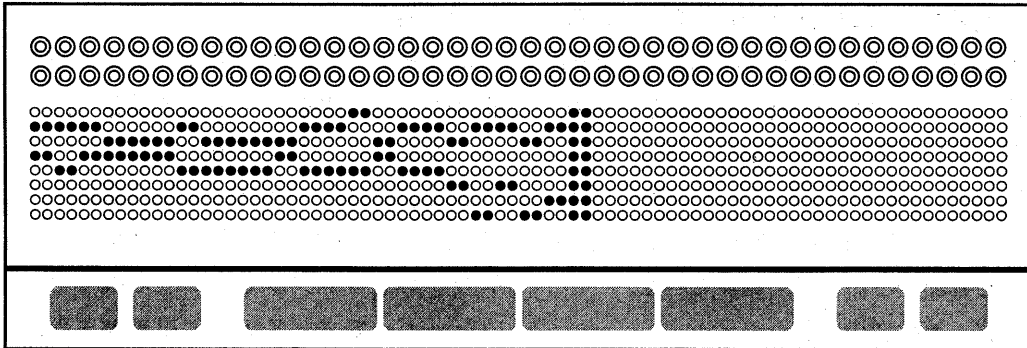


図4 3月および10月の日経平均株価のグラフ

されるグラフのy軸方向の解像度は粗い、そこでより詳細な形状を触知できるよう、部分拡大機能をつけ加える。

具体的には装置前面の部分拡大ボタンを押し、次に部分拡大したい場所の両端を装置上部のスイッチにより選択する。最後に拡大する領域の両端を指定後再び部分拡大ボタンを押すと、領域内が縦方向に部分拡大されたグラフを触知できる(図3(a)~(c))。この操作により縦方向で最大64ドットまでの解像度を仮想的に実現でき、また図形の詳細な形状を把握できる。

4 評価実験

全盲かつ点字の読める5名の視覚障害者の被験者に、プロトタイプシステムを評価してもらった。

多くのグラフは、日経平均株価の推移のように、複雑な形状をしている。よって本システムで複雑なグラフを認識できるか調べるため、図4に示す1997年の3月と10月における日経平均株価推移のグラフを課題として表示させ、各曲線の最大値/最小値の検索、および両者の相違を口頭で延べさせる評価実験を行った。その結果、被験者は3月の最高値の検索

で2名の被験者が最大値を誤った他は、いずれも正解を得られた。また、グラフの形状より日経平均株価の推移を以下のように認識していることがわかった。

- ・3月は株価が比較的高く変動は少ない
- ・10月は3月より平均株価が安く、株価は中旬以降、変動しながらも減少傾向に転じている

これらの特徴は、3月と10月の日経平均株価グラフの変動と一致する。

5 考察

5.1 実験結果の考察

まず最小値の探索において誤りが生じた理由を考察する。非最大値を最大値とした2名のうち1名は、最大値の次に大きな値を最大値と判断した。3月のグラフの最大値は1日の17842.16円、次に大きな値は6日の17824.78円と、差はわずか(17円38銭)であったため見落としたものであろう。なお、もう1名は10番目に大きな値である9日の17379.92円を最大値としたが、この理由は不明である。

以上より、被験者は概ねグラフの最大値、最小値、交差などの値を正しく検索できることがわかった。

次にグラフの形状認知について検討す

る。実験で、被験者は変動の激しい日経平均株価のグラフに対して株価の時間的な推移、グラフ同士の位置関係を、視覚的グラフの特徴と同様に把握できていた。以上より、触覚ディスプレイを用いて単純なグラフだけでなく複雑なグラフでも形状を確認できることを確認できた。

5. 2 被験者の感想

実験後、被験者とフリーディスカッションを行った。本システムの感想を訪ねたところ、被験者は触覚ディスプレイによるグラフ表示は便利かつ「これは使える」と答え、特に部分拡大機能はグラフを理解する上で非常に便利であると答えた。また触図のグラフと触覚ディスプレイのグラフとの違いについて訪ねたところ、触図はグラフの形を理解するために使うので通常、触図から座標値を読みとることはあまりないとのことだった。

また本プロトタイプシステムの今後改善してもらいたい点を訪ねたところ、ピンを触っていて上のスイッチを押すときに隣りのスイッチを押してしまうこと、縦方向の解像度をもっとあるといい、離れた2点間の大小関係を比較できる機能があるといい、複数の曲線を表示するときに曲線ごとにドットパターンが違えば比較がよりわかりやすい、があげられた。

最後に音でグラフを表現したらどう思うか訪ねたところ、実際に聴いてみないとわからないとしながらも、グラフを音の高さで表現すると値が増えているか減っているかはわかるが、グラフ全体のイメージはわからないであろう、とのことであった。

6 まとめ

触覚ディスプレイを用いてグラフを非視覚的に表示するシステムを提案、試作し、評価した。その結果、被験者はいずれも提示されたグラフから座標値を検索できたとともに、提示された触覚グラフから適切なメンタルモデルを形成できていた。よって本システムは視覚障害者がグラフにアクセスするインターフェースとして適切であることが実証された。

今後、指摘された問題点を検討してゆくとともに、表作成ソフトでの利用、また将来的な課題であるがグラフを含む web上の文書を非視覚的に確認する手段への応用を検討中である。

参考文献

- [1] Waltraud Schweikhardt: Beitrage der Informatik zur Integration Blinden, Mensch- Computer-Kommunikation: Benutzergerechte Systeme Auf Dem Weg in Die Praxis, Springer-Verlag, August, pp.179-189,1993 (in German).
- [2] Christophe Ramstein: Combining Haptic and Braille Technologies: Design Issues and Pilot Study, ASSETS'96, Vancouver, pp.37-44, Apr, 1996.
- [3] Douglass L. Mansur, Meera M. Blattner, and Kenneth I.Joy.: Sound-Graphs : A numerical data analysis method for the blind, in Proceedings of 18th Hawaii International Conference on System Science, IEEE Computer Society Press, Honolulu, 18, pp.198-203, 1985.
- [4] http://www.inf.fu-berlin.de/~kurze/publications/se_95/swerg95.htm
- [5] 海老名, 猪木, 三宅, 高橋:触覚ディスプレイを用いた GUI オブジェクトの探索法, 信学論 A, Vol. J80-A, No. 11, pp. 2007-2016, 1997