

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 16 日現在

機関番号：23201

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24501198

研究課題名(和文) 手書き図形認識技術の開発とその触図作成支援システムへの応用

研究課題名(英文) Development of Hand-drawn Figure Recognition Methods and Its Application to Computer-aided System for Tactile Graphics Production

研究代表者

高木 昇 (Takagi, Noboru)

富山県立大学・工学部・教授

研究者番号：50236197

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,100,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、視覚障害者が使用する触図(紙などの台に凹凸を付けることで触って理解できる図)の作成を支援するためのソフトウェア・システムを開発することを目指し、手書き図形認識手法を検討し、手書きによる図形入力をインタフェースに持つ作図ソフトと、Microsoft PowerPointのような従来のマウスとキーボードによる図形入力をインタフェースに持つ作図ソフトとのユーザビリティ評価を行った。その結果、使い慣れた従来の作図ソフトとの平均評点を比較して有意な差があるという主観評価結果を得た。

研究成果の概要(英文)：Tactile graphics are images that use raised surfaces so that visually impaired people can feel them. In this study, we have developed an algorithm for recognizing hand-drawn figures. We have then conducted a usability evaluation experiment with 13 sighted participants. In this experiment, our software system, which is with an interface of a hand-drawn figure input method, has been compared with the two conventional software systems, Microsoft PowerPoint (PPT) and Edel. Here, Edel is a software system for drawing figures of tactile graphics, and its user interface is similar with that of PPT. As results, there was a significant difference between the average scores of our system and PPT, and also there was a significant difference between the average scores of our system and Edel. Our result suggests that a drawing software system with an interface of a hand-drawn input method is better than conventional drawing software systems with mouse-and-keyboard input methods.

研究分野：視覚障害者が視覚情報へアクセスするための支援システムに必要な画像処理やパターン認識などの技術開発

キーワード：福祉情報工学 視覚障害者 触図 画像処理 ファジィ推論 ユーザビリティ評価 コンピュータ支援システム

## 1. 研究開始当初の背景

(1) 点字図書やデジタル録音図書の充実で、視覚障害者にとって言語情報へのアクセスは改善されつつある。また、スクリーン・リーダーと呼ばれる画面読み上げソフトを使えば、視覚障害者はパソコンを使用でき、ネット・サーフィンにより様々な言語情報へアクセスできる。反面、視覚情報へのアクセスはほとんど改善されておらず、視覚障害者が容易に視覚情報へアクセスするための支援技術を検討することは、福祉情報工学の重要な研究課題の一つであると言える。

(2) 視覚障害者へ視覚情報を伝達する場合、主に触図が用いられる。触図とは、紙などの台に凹凸を付けることで触って理解できる図のことである。触図の作成には手間暇がかかるが、その主な2つの理由を以下に挙げる。(ア) 晴眼者向けの図は複雑過ぎ、そのまま触図にしても触察が困難である。このため、触察向きに図の構成を単純化し、図を再描画する必要がある。

(イ) 触図作成者は、主に盲学校教員やボランティア・スタッフである。彼らの多くはコンピュータ操作に不慣れなため、触図作成に多大な時間を要する。例えば、高校数学の参考書「チャート式数学」6冊の、触図を含めた点訳作業では、約90名のボランティア・スタッフが1年の歳月を費やした。

(3) 触図原稿は、Microsoft PowerPoint (PPT) や Edel などの既存の作図ソフトを使用する。ここに、Edel とは、触図原稿作成専用のソフトウェア・システムで、そのユーザ・インタフェースは、PPT などと同様で、マウスやキーボードを使用して描画する。したがって、コンピュータ操作に不慣れなユーザにとって、既存の作図ソフトを使って触図原稿を描画するには、多大な時間を要することになる。

## 2. 研究の目的

(1) 本研究では、触図作成を支援するための知的なコンピュータ支援システムの開発を目指し、そのための画像処理技術やパターン認識技術を検討する。

(2) 触図原稿は、構造が単純な線図形であることを考慮すると、紙と鉛筆による手書き図形からコンピュータが触図原稿を自動作成する作図ソフトの開発が、重要であると考えた。

(3) そこで、手書き地図を入力対象にし、以下の3項目を具体的な研究目的とした。

(ア) 手書き地図認識技術を開発し、そのソフトウェア・システムを試作、認識精度を計算機実験により検証する。

(イ) 試作したソフトウェア・システムを元に、手書き入力方法をインタフェースにもつ作

図ソフトを試作する。

(ウ) 試作した作図ソフトと、マウスとキーボードで図を入力する既存のソフト (PPT と Edel) の使い易さを評価するため、図形の入力についてのユーザビリティ評価実験を行う。

## 3. 研究の方法

(1) まず、手書き地図の認識手法を検討した。ここでは、研究代表者が今までに開発してきた図形認識手法を応用して、手書き図形認識手法を検討する。

(2) 次に、(1)で検討した手法のソフトウェア・システムを試作した。使用言語は Visual C++ で、開発環境は Visual Studio 2013 である。Windows OS が稼働する汎用のパソコンで動作するようにソフトウェアを試作した。

(3) (2)で試作したソフトウェア・システムを元に、手書き図形入力方法を持つ作図ソフトを試作した。この作図ソフトでは、まずユーザは紙と鉛筆で地図を作図する。このとき、地図は触察向きに線図形で表現する。その後、デジタル・カメラやイメージ・スキャナなどを使って、手書き地図をビットマップ画像へと変換する。ビットマップ画像をコンピュータで自動認識し、整形した触察し易い触図原稿を自動的に作成する。

(4) 試作した作図ソフトと既存の作図ソフト (PPT と Edel) との使い易さを比較するために、ユーザビリティ評価実験を行った。ここでは、コンピュータ操作に慣れた13名の晴眼の被験者の協力を得て、主観評価を実施した。

## 4. 研究成果

(1) 手書き地図を対象としたパターン認識手法を開発した。認識対象となる手書き地図の例を図1に示す。また、手書き地図で用いることのできる記号を図2に示す記号に限定した。また、手書き図形認識手法の概要を図3に示す。

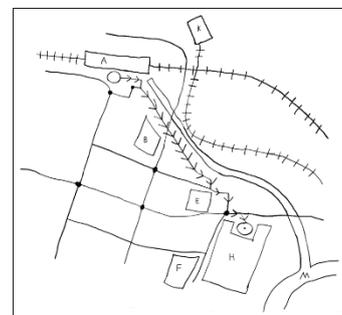


図1 手書き地図の例

(2) 計算機実験により、(1)で検討した手書き図形認識手法の認識精度を評価した。評価指標には、精度、再現率、およびF値を用いた。精度とは、パターンAと認識されたオブ

ジェットの総数に対する正解数の比である。再現率とは、パターン A のオブジェクトの総数に対する正解数の比である。F 値は精度と再現率の調和平均である。

5名の被験者に合計で15枚の手書き地図を描画してもらい、これら15枚の手書き地図を100pdiの解像度で、イメージ・スキャナでビットマップ画像へ変換した。その後、開発した手法で手書き地図を認識した。認識精度の結果を表1に示す。

意味	記号
出発地点	○
目標地点	●
信号機	●
移動経路	→→→
線路	+++
ランドマーク	□
道路	—

図2 手書き地図で用いる記号

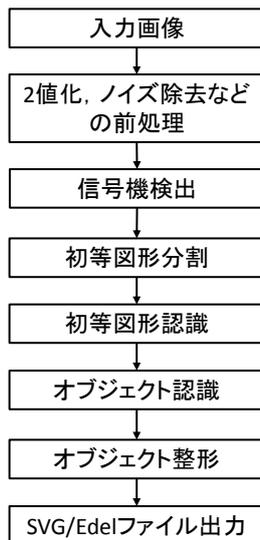


図3 手書き地図認識手法の概要

(3) 本研究で試作した作図ソフトと、既存の2つの作図ソフト(PPTとEdel)を評価対象に、作図ソフトのユーザビリティ評価実験を行った。ここでは、手書き図形入力方法をインタフェースに持つ我々の作図ソフトと、既存のマウスとキーボードで図形入力する作図ソフト(PPTとEdel)で、何れが使いやすいかを、被験者の主観評価で評価するものである。

#### ① 被験者について

13名の健常な大学生を被験者(男性12名, 女性1名, 平均年齢20±0.0)として実験に参加してもらった。事前に、コンピュータ操作経験と、2つの作図ソフト(PPTとEdel)の使用経験についてアンケート調査を行った。詳細は省略するが、ほとんどすべての被験者

は、1週間に少なくとも5時間以上、コンピュータを使用していた。また、13名すべての被験者はEdelの使用経験はなかったが、ほとんどすべての被験者はPPTの使用経験は十分であった。

表1 手書き地図認識手法の認識精度

Nは記号*i*のオブジェクト数, Tは正しく記号*i*と認識されたオブジェクトの総数, Cは記号*i*と認識されたオブジェクトの総数, Pは精度, Rは再現率, FはF値。

記号	N	T	C	P(%)	R(%)	F(%)
A	50	50	52	96.2	100	98.1
B	15	15	15	100	100	100
C	15	14	14	100	93.3	96.5
D	40	38	38	100	95.0	97.4
E	130	125	125	100	96.2	98.1
F	122	121	121	100	99.2	99.6
G	15	14	16	87.5	93.3	90.3
H	28	28	28	100	100	100

#### ② 実験手順

本実験の手順を以下に示す。

- (ア) インストラクション: 5分×3回
- (イ) 第1セッション: 10分×3回
- (ウ) アンケート回答(質問項目1, 2)
- (エ) 休憩(15分)
- (オ) 練習セッション: 5分
- (カ) 第2セッション: 10分×3回
- (キ) アンケート回答(質問項目1~3)

インストラクションでは、我々の作図システム, PPT, Edelに関する必要最小限の使い方の方のビデオを制作し、被験者に視聴してもらった。それぞれ、約5分にまとめた。アンケート調査の質問項目は以下の3項目を設定した。

- 質問項目1: 簡単に触地図原稿を作成できましたか?
- 質問項目2: このソフトウェアを使って作成したいですか?
- 質問項目3: 思うように触地図原稿を作成できましたか?

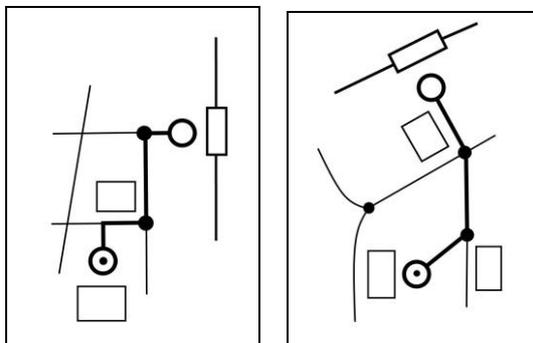
各質問項目について、被験者には1から6までの6段階で評価してもらった。なお、評価値が大きい程、肯定的な意見とした。

第1セッションでは、図4(a)に示す地図を、我々の作図ソフト, PPT, Edelの3つのシステムを使って描画してもらった。被験者には、同じ地図を合計3回、作図してもらうことになる。各作図に対して、10分を上限に描画を完了するよう口頭で伝えた。なお、どの被験者も描画は10分以内で完了した。3つの図の描画完了後、質問項目1と質問項目2に回答してもらった。

練習セッションでは、被験者に自由に3つの作図ソフトの練習をしてもらった。観察したところ、すべての被験者はEdelの操作方法を練習していた。使い慣れたPPTと、コンピュータ操作のほとんど必要ない我々の作

図ソフトの操作練習をする被験者はいなかった。

第2セッションでは、図4(b)に示す地図を、第1セッションと同様に3つの作図ソフトと描画してもらった。第2セッション完了後、被験者には質問項目1から質問項目3に回答してもらった。



(a) 第1セッション (b) 第2セッション  
図4 評価実験で用いた地図

### ③ アンケート分析結果

質問項目1の平均と標準偏差を図5に示す。同様に、質問項目2と質問項目3の結果を図6と図7にそれぞれ示す。

まず、図5のグラフについて検討する。統計検定の結果、我々の作図システムとPPTの平均評点には、有意な差が存在している。さらに、我々の作図システムとEdelの平均評点にも有意な差が存在している。質問項目1は、作図の簡単さに関する質問内容であったが、使い慣れたPPTと比較しても手書き図形入力のインターフェースを持つ、我々の作図ソフトの方が、描画が簡単であるとの結果を得た。

次に、質問項目2の結果について述べる。ここでも質問項目1の結果と同様に、我々の作図ソフトは、PPTやEdelと比較して、平均評点に有意な差が存在していた。つまり、手書き入力インターフェースを持つ我々の作図ソフトを使って描画する方が良いと言える。

最後に、質問項目3の結果について述べる。この質問項目は、思うように作図出来たか否か、すなわち、出力結果の良し悪しに関する質問である。統計検定の結果、我々の作図ソフト、PPT、Edelの間には、平均評点の間に有意な差は存在しなかった。つまり、我々の作図ソフトでは、コンピュータに地図を自動認識させ、コンピュータに自動で整形した触図原稿を出力させているが、この出力結果は、PPTやEdelで描画した図とほとんど視覚的に変わらないことを意味している。

以上の考察から、ヒトは図形を描画する際、マウスとキーボードを使って描画するより、紙と鉛筆を使って、手書きで描画する方が、より描画し易いと感じていると結論付けることができる。本実験では、コンピュータ操作に慣れた大学生を被験者としているので、

コンピュータ操作に不慣れた盲学校教員やボランティア・スタッフがユーザの場合、今回の評価実験と同様な結果が得られるものと考えられる。

本研究では、手書き地図を認識対象として、触図原稿を作成する作図ソフトを試作した。ここでの評価実験の結果は、今後、様々な触図原稿を作図する上で、どのような画像処理技術やパターン認識技術が重要であるかを示唆しているものである。

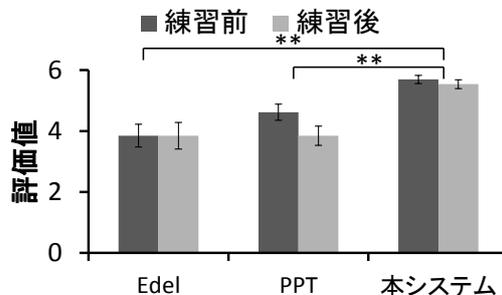


図5 質問項目1の分析結果

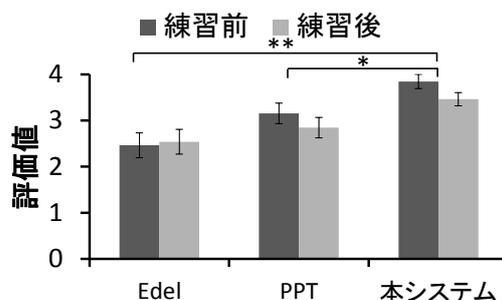


図6 質問項目2の分析結果

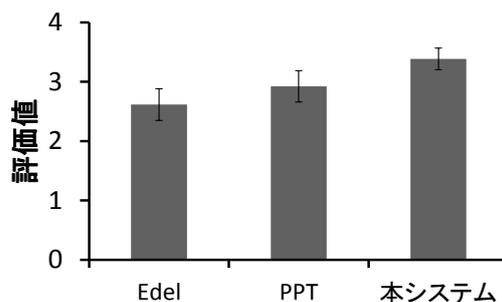


図7 質問項目3の分析結果

## 5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計3件)

① J. Chen and N. Takagi, "Mathematical Morphology Based Image Segmentation and Character Extraction Using Fuzzy Inference", Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics, 査読有, Vol.19, No.4, 2015 (in press)

② J. Chen and N. Takagi, "Development of

a System to Assist Automatic Translation of Hand-drawn Maps into Tactile Graphics and Its Usability Evaluation”, Advances in Fuzzy Systems, 査読有, Vol.2014, Article ID 357380, 2014, 11 pages  
<http://www.hindawi.com/journals/afs/>

③ J. Chen and N. Takagi, “Development of a Method for Extracting and Recognizing Graph Elements in Mathematical Graphs for Automating Translation of Tactile Graphics”, 日本知能情報ファジィ学会誌知能と情報, 査読有, Vol.26, No.2, 2014, 593-605

[学会発表] (計 9 件)

① N. Takagi and J. Chen, “Development of a Computer-aided System for Automating Production of Tactile Maps and Its Usability Evaluation”, 9th International Forum on Multimedia and Image Processing, World Automation Congress, 2014.7, Mexico (CD-ROM, Available on IEEE Xplore Database)

② J. Chen and N. Takagi, “Development of a System for Producing Tactile Maps to Support the Visually Impaired”, 日本知能情報ファジィ学会第 30 回ファジィシステムシンポジウム, 2014 年 9 月, 高知市

③ 高木昇, “手書き図形からの触図作成支援システムについて”, 日本オペレーションズ・リサーチ学会「数理的手法の展開と応用」研究集会, 2014 年, 金沢市

④ J. Chen and N. Takagi, “A Pattern Recognition Method for Automating Tactile Graphics Translation from Hand-drawn Maps,” IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics, 2013.10, Manchester (UK)

⑤ 陳建軍, 高木昇, “手書き地図の触図翻訳システム開発”, 日本知能情報ファジィ学会第 29 回ファジィシステムシンポジウム, 2013 年 9 月, 大阪市

⑥ 陳建軍, 出町駿明, 高木昇, “触図作成支援のための手書き地図の自動翻訳手法について”, 電子情報通信学会平成 25 年度第 1 回福祉情報工学研究会, 2013 年 6 月, 新潟市

⑦ J. Chen and N. Takagi, “Development of a Method for Extracting Graph Elements from Mathematical Graphs,” Proceedings of IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics, 2012.10, Soule (South Korea)

⑧ J. Chen and N. Takagi, “Development of a Computer-aided System for Automating Tactile Graphics Translation of Mathematical Graphs,”

電子情報通信学会福祉情報工学研究会, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol.112, No.472, 2013 年 3 月, 福岡市

⑨ J. Chen, R. Nagaya and N. Takagi, “Extraction Method of Graph Elements in Mathematical Graphs”, 日本知能情報ファジィ学会第 28 回ファジィシステムシンポジウム, 2012 年 9 月 12 日, 名古屋市

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]  
○出願状況 (計 0 件)

○取得状況 (計 0 件)

[その他]  
ホームページ等 なし

## 6. 研究組織

(1) 研究代表者  
高木 昇 (TAKAGI, Noboru)  
富山県立大学・工学部・教授  
研究者番号: 50236197

(2) 研究分担者 なし

(3) 連携研究者 なし

(4) 研究協力者  
陳 建軍 (CHEN, Jianjun)  
長屋 竜治 (NAGAYA, Ryuji)