

盲人用図表現システムのための基礎的研究

皆川洋喜 伊藤毅志 大西 昇 杉江 昇

名古屋大学工学部

我々は、盲人が暗眼者と同じように自由に図を利用できるように、盲人にとって理解しやすく扱いやすい図表現システムの開発を行っている。本稿では、そのための基礎として盲人に対して行った心理実験の結果とその考察をまとめる。実験の結果、先天盲の被験者は、図の描画前に頭の中で図のレイアウトができなかったり、自分で描いた図が理解できなくなってしまうなど、図を利用するための基本的な能力を持っていないことが分かった。すまわち、先天盲に対しては、頭の中での図情報の表現と、それを外部に二次元的な図として表現したものとを適切に対応付けできるような図表現メディアが必要である。

A Basic Study for Diagram Acquisition and Generation Systems for Blind Persons

Hiroki Minagawa Takeshi Ito Noboru Ohnishi Noboru Sugie

School of Engineering, Nagoya University

We are engaged in developing a diagram acquisition and generation system which enables blind persons to use diagrams as sighted persons. We carried out a psychological experiment for blind students. The experimental result says that the congenital blind persons seem not to have such basic ability to use diagrams as constructing mental image layout of a diagram, and under standing diagrams that they have drawn. So we concluded that congenital blind persons need some tools or methods that enable them to correspond mental information representation of diagrams to its external representation such as tactile image.

1 はじめに

図というメディアは、人間の様々な思考活動において大変重要な役割を果たしている^{〔1〕}。

しかし、盲人が二次元的に表現される図を認識したり、作成したりすることは大変困難である。その理由は、少なくとも次の二つの問題として考えられる。

まず第一は、視覚によって処理すべき情報を、触覚や聴覚などの他の感覚によって処理する必要があり、盲人が知ることができる情報そのものが制限されるという問題である。これを「感覚レベルの問題」と呼ぶことにする。

そして第二は、図として表現されたものの解釈の仕方を理解していないとか、視覚的フィードバックのある状態で図を描いた経験がないなどの、盲人一人一人の様々な経験に基づいて形成される図というものの概念の違いの問題がある。これを「認知レベルの問題」と呼ぶことにする。

盲人用の図表現として一般的なものが、紙やプラスチックなどの表面を触察できるように浮き上がらせた触図と呼ばれるものである。触覚は、視覚と同様二次元的な知覚が可能であり、触図による表現はある程度有効である。しかし、触覚は視覚ほど広い範囲を知覚できず、また分解能も劣るため、触覚のみで図を認識することは困難である。これは、視覚の機能（の一部）を触覚で代行する場合に起こる感覚レベルの問題である。

この感覚レベルの問題を解決するために、図の情報を触覚情報と聴覚情報に分けて表現する方法がいくつか研究されている^{〔2〕}、^{〔3〕}。図中の記号や文字などを音声として聴覚的に表現することにより、それらを触覚のみで認識する場合より効率的な図の認識が可能になる。しかし、これにより本当に盲人が自由に図を利用できるようになるのかどうかということには依然として疑問が残る。すなわち、

盲人が図を使って情報を表現するという経験および概念を持っていないために図を利用することが困難なのではないかという、認知レベルの問題がある。

認知レベルの問題は、盲人の地理的空間概念の学習とからめていくつか議論されている^{〔4〕}、^{〔5〕}。しかし、この問題を考慮した盲人用の図表現メディアに関する研究は見られない。

我々は、盲人が嗜眼者と同じように自由に図を表現し、利用できるようにする独自の図表現システムの実現を目指している。そのためには、そもそも盲人がどのように空間を認識し、地図などの図というものをどのように理解しているのかを調べる必要があると考える。

そこで我々は、盲人がどのような図を表現するのか、どのような手順で図を表現するのかを調べる心理実験を行った。

本稿ではまず2節で、我々が現在開発を行っている盲人用図表現システムの概要を紹介する。そして3節で、今回行った心理実験の結果を示す。4節では、心理実験の結果について考察を行う。

2 盲人用図表現システム

現在我々が開発している盲人用図表現システムの概要を紹介する^{〔6〕}。

システムは、触覚ディスプレイ、音声入出力装置、キーボード、パーソナルコンピュータ、ディスク装置などで構成される（図1）。図の形状が触覚ディスプレイに出力され、さらに触覚ディスプレイの各ピンを指で押すとその位置に対応する音声データがスピーカーから出力されるようになっている。盲人が、音声を頼りにしてシステムと対話しながら図を作成することもできる。

現在試作されている触覚ディスプレイは、

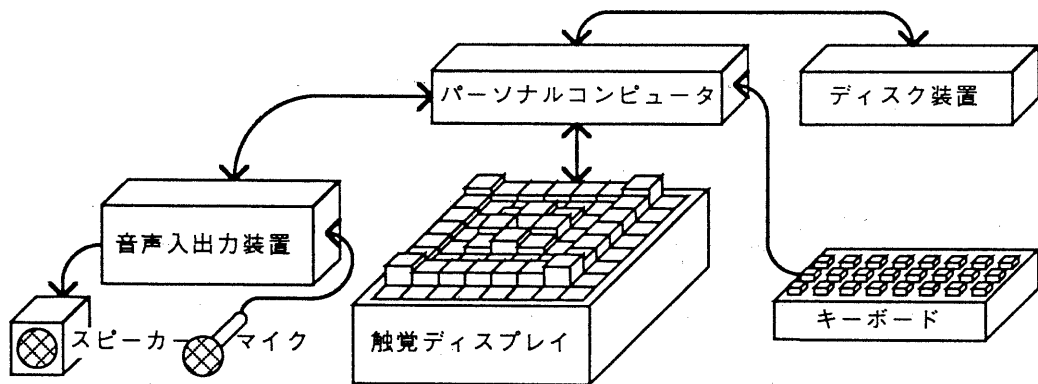


図1 盲人用図表現システムのハードウェア構成

底面が直径7mmの円柱のピンが17mm間隔で8×8本配置されており、各ピンの高さはソレノイド駆動により2mm単位で3段階に変えられるものである。しかし、今回の心理実験では地図を表現するために、17mm間隔で16×16個の穴を開けたボードに、底面17mm四方の角柱のピンを手で差し込むものを触覚ディスプレイとして使用した。ピンの高さは、2mm単位で異なる4種類のものを用意した。

Bと呼ぶことにする。後天盲2名のうち、1人は全盲で、5歳で失明、それまでは弱視であった（以後、後天盲Aと呼ぶ）。もう1人は光覚盲（光を弁別できる）で、小学生までは指数弁（指の数を弁別できる）程度であった（以後、後天盲Bと呼ぶ）。

被験者一人一人に対し以下の3つの方法で、被験者が知っている場所（盲学校周辺）の歩行地図を、その場所を知らない他の盲人に分かるように表現するよう教示した。

3 心理実験

3.1 目的

盲人がどのような図を表現するのか、どのような手順で図を表現するのか、先天盲と後天盲との間にどのような違いが見られるか、そもそも盲人は図という概念を持っているのかなどについて調べる。

3.2 方法

被験者は4名。全員盲学校高等部の3年生で、先天盲2名と後天盲2名である。先天盲2名は共に全盲で、以後、先天盲A、先天盲

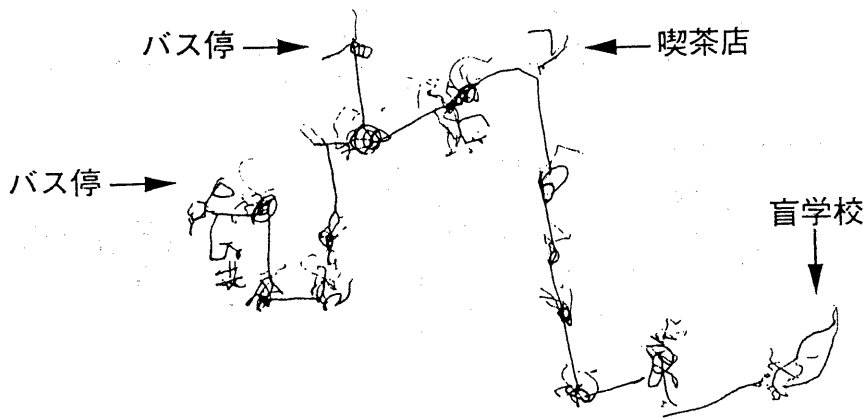
①文章（点字）のみで説明する〔言語表現〕。

②レイズライタ（線を引くとその線が浮き上がる特殊な紙）を使って地図を描き、後から言葉で説明を加える〔レイズライタ表現〕。

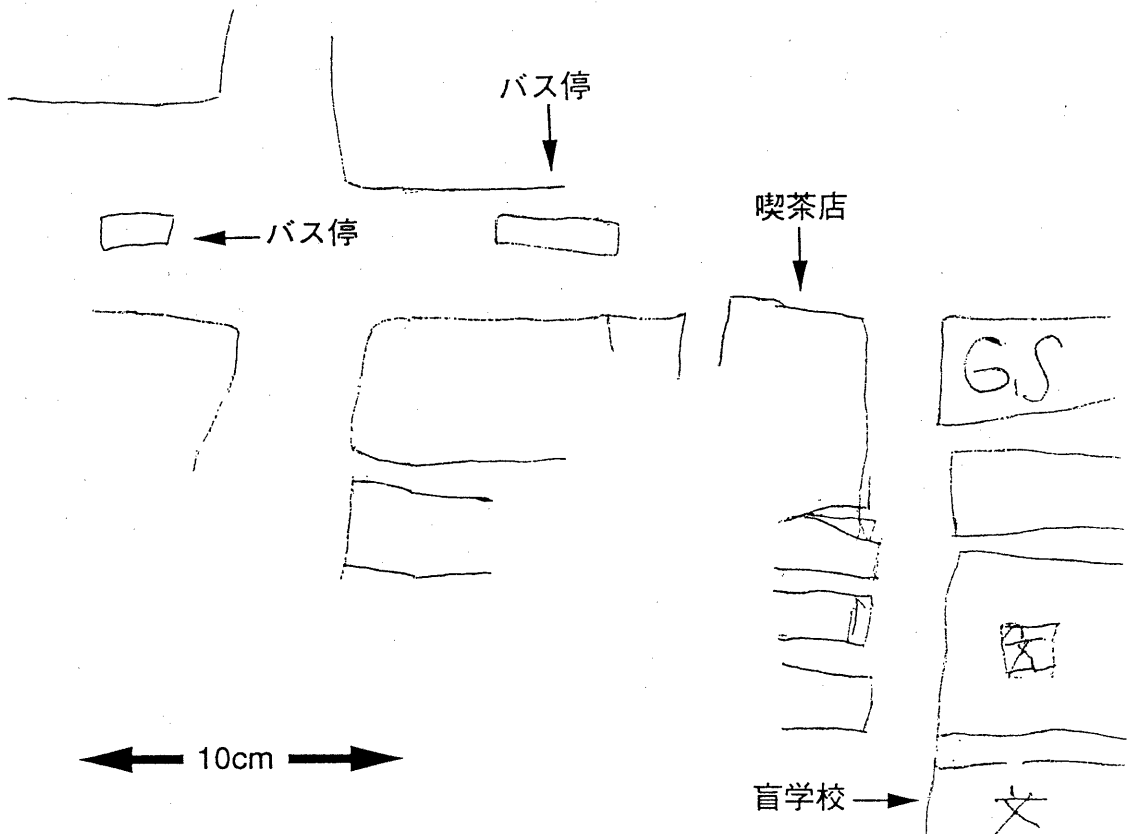
③2節で説明した実験用の触覚ディスプレイを使って地図を描き、後から言葉で説明を加える〔触覚ディスプレイ表現〕。

言語表現は、被験者が歩行環境をどのくらい理解しているかを調べるためのものである。

レイズライタ表現と触覚ディスプレイ表現は、図を表現するための道具（ハードウェア）の違いによる表現の違いを比較するためのものである。



(a) 先天盲Aが描いた図



(b) 後天盲Aが描いた図

図2 レイズライタによる地図表現

注：図中の←を付けた文字は、被験者の説明を基に筆者が書き加えた。

3.3 結果

図の表現内容および表現手順について、被験者による違いがいくつか見られた。その違いを中心にして、以下に結果をまとめる。

①言語表現について

- (1) 被験者が歩行時に目印（足印）にするランドマークとしては、点字ブロック、信号、横断歩道、店などを共通に使用していた。ただ、後天盲Aのみが道の広さについて言及していた。
- (2) 左右や東西南北などの方向に関する記述については、後天盲Aは左右と東西南北の両方の表現を併記していた。後天盲Bと先天盲Aは、左右の表現を多用していた。先天盲Bは、左右と東西南北の表現を併記していたが、東西南北の表現に一部誤りがあった。
- (3) 距離に関する記述は、先天盲Aが言及していたのみで、他の3人は言及していなかった。

②レイズライタ表現について

- (1) 先天盲A、Bと後天盲Bは、自分が歩く経路に沿って一本の線を引き、ランドマークに印（全て黒丸で表現）を付けて地図を表現した（図2(a)）。それに対し後天盲Aは、道路を2本の線で表現し、ランドマークをそれぞれ異なる記号で表現した（図2(b)）。
- (2) 先天盲A、Bと後天盲Bは、図を描く際に、何度も始点に指先を戻してから順に線をたどっていく振る舞いが見られた。

(3) 図を描く際、後天盲A、Bは指先を広げてペンの周辺の図を触察しながら線を引いていったのに対し、先天盲A、Bはペン先の後ろをなぞるのみであった。

(4) 先天盲A、Bは、図を説明する際、どこに何を描いたのか忘れてしまったり、説明しているうちに印を付けたランドマークの意味がすり変わってしまうことがよくあった。後天盲A、Bはこのようなことはほとんどなく、的確に指先で位置を指し示すことができた。

(5) 先天盲A、Bは、左にあるべきものを右に描いてしまったり、右に折れている道を左に折れて描いてしまうなどが見られた。（しかし、点字文章による言語表現ではどれも正しく表現されており、無論、支障なく歩行できる。）

③触覚ディスプレイ表現について

(1) どの被験者もレイズライタ表現で描いたものと同じような図を触覚ディスプレイ上に表現した。すなわち、先天盲A、Bは歩行経路を同じ高さのピンを並べて表現し、1段高いピンをランドマークとして表現した。また、後天盲Aは道路を一番低くし、まわりを1段高くして壁（歩けない所）を表現し、さらにランドマークを1段高くして表現した。（後天盲Bはこの実験を行っていない。）

(2) 触覚ディスプレイに対する評価は、後天盲Aは、「ピン数が少なく、道幅をうまく区別して表現できない」ということだったが、先天盲A、Bは、「図がごちゃごちゃしなくて、高さの違いがはっきりして描きやすい」ということだった。

以上の結果を見てみると、先天盲Aと先天盲Bについてはよく似た振る舞いが見られるが、後天盲Aの振る舞いは先天盲の2人と全く対照的であることが分かる。

また、後天盲Bについては、先天盲の二人と、後天盲Aの中間的な振る舞いが見られる。すなわち、①の(1),(2)と②の(1),(2)の表現内容に関する結果については先天盲の二人と共通しており、②の(3),(4),(5)の図の扱いに関する結果については後天盲Aと共通している。

4 考察

実験結果に基づいて、以下の点について考察を行う。

【1】図の描画能力

後天盲A、Bは、指先をうまく使って全体のバランスを見ながら図を描くことができるが、先天盲A、Bにはそれができない。この差が視覚経験の差に由来するならば、視覚的なフィードバックが図をバランスよく配置できる能力に影響を与えていると言える。

レイズライタを使って、片手でペンを動かし片手で図全体を触察しながら図を描くには、相当な技術を要する。触覚的フィードバックを有効に利用して、盲人が全体のバランスを把握しながら作図できるような機能が、新しい盲人用の図表現メディアに求められる。

【2】図の記憶能力

先天盲A、Bは、自分が描いた図ですら記憶することができない。

もっとも、晴眼者にしても図を「完全に」記憶することは不可能であり、図に表現された情報と頭の中の情報を対応付ける最小限の情報を記憶しているのである。

後天盲A、Bは、視覚経験により図の情報

と頭の中の情報をうまく対応付けする方法を自然に学習したと考えられる。

レイズライタによる図表現の場合、ランドマークなどのいくつかの特徴点を区別して表現することは困難である。このために、よく似た形の特徴点を他の特徴点と混同してしまい、分からなくなってしまうのである。

図の特徴点を音声で表現するなど、図の情報と頭の中の情報を対応付けしやすい方法を採用することにより、先天盲の図の記憶能力は改善するだろう。

【3】歩行地図の記憶

盲人は晴眼者のように遠くを見渡すことができないので、基本的には歩行経路に沿った「一次的な」ものとして記憶していると考えられる。このことは、図を描く際に何度も始点に戻ってから経路に沿って順に思い出しながら図を描く様子からも分かる。そのため、図2(a)のような表現がなされるのだろう。先天盲Aが、地図上で左右の描画を間違えたのは、それが右にあるか左にあるかは先天盲Aにとっては重要ではなく、右か左かはそこに行けば明らかな情報だからだろう。

しかし、後天盲Aは他の3人とは違い、あたかも上から見下ろしたことがあるかのような「二次元的な」地図を描いた。図を描く時間も他の3人に比べてかなり速いことから、後天盲Aはこの地図を二次元的に記憶していると考えられる。これは後から分かったことだが、盲学校には盲学校周辺の地図が置いてあり、後天盲Aはこの図を記憶し、これを参考にして今回の図を描いたとも考えられる。

後天盲Aが、頭の中の二次元的な地図を実際の歩行時にどのくらい有効に利用しているのかは今回の実験からは分からないが、歩行により記憶した一次的な地図と、図により（あるいは歩行を繰り返して）記憶した二次元的な地図をうまく対応付けて歩行地図を効率的に記憶していると考えられる。

先天盲A, B, および後天盲Bも, この場所の地図を触察したことがあるだろうが, あまり理解はしていないのだろう. 歩行経路の一次的な地図と, 二次元的な地図をうまく対応付けできるような機能が盲人用図表現システムに求められる.

【4】地図の表現方法

今回の実験では, 地図をどのように表現すべきかの教示は与えていない. しかし, 後天盲Aと, 他の3人では表現方法が異なった. これは, 盲人用の地図の一般的な表記方法が確立されてないためでもあるが, このような地図を特別な説明なしに他者が理解することは大変困難である. ある程度一般化された地図の表記法があれば, それに基づいて盲人が地図を表現しやすくなる. その表記法は, もちろん全ての盲人が理解できる形式である方がよいが, 人によってランドマークにするものが異なるので, いくつかの形式から使用者が選択して利用できるようにした方がよい. すなわち, 地図表現の標準化と, 個人のニーズに合ったカスタマイズの機能が必要である.

【5】触覚ディスプレイによる地図の表現

後天盲Aは, 道幅を重要なランドマークにしているので, 16×16本のピンでは, うまく表現できない. 逆に, 後天盲Aは, それだけ詳細な情報を地図に表現し, 理解できていると言える.

一方, 先天盲A, Bは, レイズライタではうまく図を描くことができず, また図をうまく記憶できないので, 16×16という解像度の荒さが, 逆に2人には適していると言える.

5 おわりに

盲人にとって理解しやすく扱いやすい地図表現について, 心理実験を行い考察した.

盲人, 特に先天盲が, 地図を使って歩行経路を記憶したり表現したりする場合, 「二次元的地図と, 頭の中の二次元的地図の記憶」, 「歩行経路と, 頭の中の歩行経路の記憶」, および「頭の中の二次元的地図の記憶と, 頭の中の歩行環境の記憶」をうまく対応付けできるような図表現メディアが必要とされる.

今後は, これらの要求を満たす盲人用図表現システムを作製し, さらに盲人による評価実験を行い検証することが必要である.

謝辞

本研究に際し, 多大なご協力をいただいた愛知県立名古屋盲学校の小野田明好先生, 水谷厚彦先生をはじめ皆様に感謝します.

筆者の一人皆川は, 財団法人テレコム先端技術研究支援センターより奨学金を受けている. また, 本研究の一部は文部省科学研究費補助金試験研究(B)(2)(04558009), および立石科学技術振興財団の助成による. ここに心よりの謝意を表します.

参考文献

- [1] 伊藤毅志, 大西昇, 杉江昇: "作図するとは何故ひらめくのか?", 情報処理学会ヒューマンインタフェース研究会, HI49-4 (1993).
- [2] 河井良浩, 大西昇, 杉江昇: "盲人用図面認識支援システム", 信学論, J72-D-II, No.9, pp.1526-1533 (1989).
- [3] 牧野秀夫, 石井郁夫, 馬場麻理, 大塚清和, 大和淳二: "盲人用地図作製および音声案内システムの開発", 信学論, J73-A, No.3, pp.619-625 (1990).
- [4] 文部省: "歩行指導の手引" (1985).
- [5] 山本利和: "視覚障害者の空間認知", 言語, 8月号 (1993).
- [6] 皆川洋喜, 大西昇, 杉江昇: "触覚と聴覚による盲人用マルチメディアシステム", 第18回感覚代行シンポジウム報告集, pp.106-109 (1992).