

## 盲人の空間認知に関する実験的考察

神野進\* 皆川洋喜\*\* 大西昇\*

\*名古屋大学大学院工学研究科情報工学専攻

\*\*筑波技術短期大学電子情報学科情報工学専攻

人間の歩行は、身体的動作の模倣や環境の認知といった視覚的経験から自然に身につくものとされているが、盲人の場合はその能力の習得が困難である。本研究では仮想空間を利用した実験をもとに、盲人の歩行行動と空間認知の関連性について分析し考察する。実験は計算機によって仮想的に作成された平面地図内を、ランドマークとして発せられる音情報を手掛かりに被験者が足下に設置されたスイッチを使って主体的に疑似歩行し、提示された課題の二次元的構成を理解することを目的とする。実験終了後に被験者は自分が習得した環境の地図を描写する。こうして得られたスケッチマップの作成過程と実験時の踏査パターンを組み合わせ分析し、被験者が空間認知をする上で利用している特徴や方法を分析する。

キーワード：盲人，空間認知，踏査，スケッチマップ

### An Experimental Consideration about Spatial Acknowledgement of the Blind

Susumu Jinno\*, Hiroki Minagawa\*\*, Noboru Ohnishi\*

\*Graduate School of Engineering, Nagoya University

\*\*Tsukuba College of Technology

Human learns a skill of walking from observing action of the others or his surroundings. But blind people can't do that. We examined the relevancy between their behavior and spatial acknowledgement with a system which composes a imaginary spatial environment. The system consists of a personal computer, a soundboard, and switches. We conducted an experiment with this system on blind school students. The subjects try to acquire the spatial structure of an environment presented by the system in the form of sounds, exploring the environment with switches which are arranged on four directions. Then they sketch a map which they understand. We analyzed their thought process from both exploring patterns and sketch map.

Keywords: Blind, Spatial Acknowledgement, Explore, Sketch Map

## 1. はじめに

人間の歩行は、身体的動作の模倣や環境の認知といった視覚的経験から自然に身につくものとされている。しかし、盲人の場合それができないため、視覚以外の諸感覚を利用した歩行に対する意図的・計画的な指導によって、運動と認知の調和がとれた能力の育成が行われている<sup>[8]</sup>。

盲人のための歩行支援として、GPS を使って自己の位置を知らせる装置<sup>[3]</sup>や誘導ビーコンを建物に設置し誘導するシステム<sup>[2]</sup>などが研究・開発されている。しかし、こうしたシステムを使いこなすには、高度の環境認知能力が既に備わっている必要がある。特に環境認知の中でも物理的環境の全体像の認知や、自己と対象物の移動関係の認知といった、環境構造の総合的認知は歩行において重要であり、それをもとに歩行コースをイメージ化したり、複数コースから適切なコースを選択する能力が養われてゆくものである。実際に盲学校等の歩行指導においてもそうした能力を育成する努力がなされている。しかしながら、これらの能力は第三者が明確にとらえるのは難しく、個人差も大きい歩行指導において十分に検討されているものの成果が現れにくい所である。

ところで、普段の歩行において、我々は周囲を探索することで、「個々の状況」と「その状況での行動」という「刺激-反応対」を通して空間イメージが形成されてゆくことがわかっている<sup>[4]</sup>。ただ、盲人の場合、実環境での訓練は危険を伴い、指導者が同時に付いて行動しなければならないという負担もある。そこで本研究では計算機を使った疑似歩行により、安全かつ省力的な空間認知に対する能力の育成を支援するシステムの実現に向け、システムを試作し実験をおこなう。すでにコンピュータを使った空間概念獲得を支援するシステムは存在する<sup>[5]</sup>が、使用者の理解度を評価したものは少ない。本研究ではシステムを使う際の被験者の行動を記録し、そのデータをもとに空間認知の様子を分析する。また対照実験として晴眼者にも同様の実験を行い、結果を比較する。

## 2. システム

本研究で要求されるシステムの仕様は次のとおりである。

- (1) 盲人の空間認知を支援するため、環境を音声と自然音によって聴覚に提示する。
- (2) システムと実際の歩行に障壁を作らないために、方向転換など身体運動を伴った利用ができる。
- (3) 使用者が主体的に行動の選択ができる。
- (4) 被験者の行動の記録や、新たな実験課題の追加など、システム管理が容易であること。

### 2.1 ハードウェア構成

本研究で使用するハードウェア構成を図1に示す。

以下にシステムの主要部について説明する。

①音出力ボード：あらかじめ同装置でパソコンのメモリに記録した効果音データを再生する。ランドマーク情報や移動の際の効果音を被験者提示するのに用いる。(I/Oデータ PIO-9016A)

②フットスイッチおよびガイドスイッチ：フットスイッチは被験者を中心にして約 30cm のところに4方位にあわせて配置され、仮想空間の移動に用いる。ガイドスイッチは手に持ち、現在地とそこから移動できる方向の情報を得るのに用いる。(自作スイッチ、パソコンのジョイスティックポートに接続)

③パソコン：スイッチの入力、仮想空間及び音データを処理し、各ハードウェアを制御する。

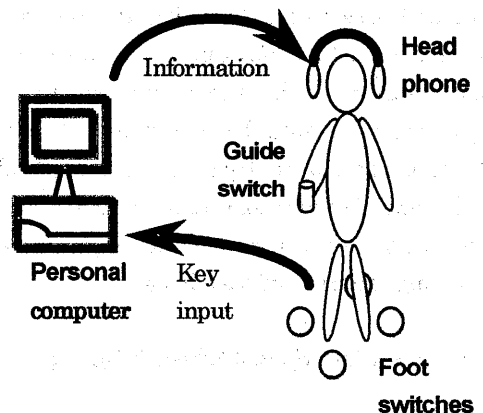


図1 ハードウェア構成

また、音声合成ソフトを用い、文字列を音声に変換して出力する。(NEC PC-9821Ap)

## 2.2 システムの流れ

システムは基本的に終了の処理はなく、使用者が課題となる仮想空間を認識したと判断した時点で終了とする。(図2)

音声による開始の合図の後、現在地の情報が被験者に提示される。被験者はそれを聞いてフットスイッチまたはガイドスイッチを押してシステムに行動を伝える。システムはスイッチの入力に対し、フットスイッチであれば移動の処理を、ガイドスイッチならば情報の提示の処理を行う。移動の場合、まず入力に対するフィードバックとして移動可能であれば足音を、不可能であれば壁に衝突した音を被験者に提示し、移動したのであれば計算機内の仮想空間における被験者の位置の変更を行う。ガイドスイッチの情報提示は、現在地の地点名もしくはランドマークとなる音が提示され、続いてそこから移動可能な方位を音声で知らせる。この操作を繰り返し、被験者は提示された環境課題を習得する。

移動の際、進みたい方向に体を向けてからスイッチを押すことで、実際の歩行での方向転換をまねた、より現実的な体験ができるようになっている。また、システムから行動を要求することがないため、被験者が主体的に行動を決定できる。

## 2.3 提示課題

被験者に提示する課題は3つである。そのうち

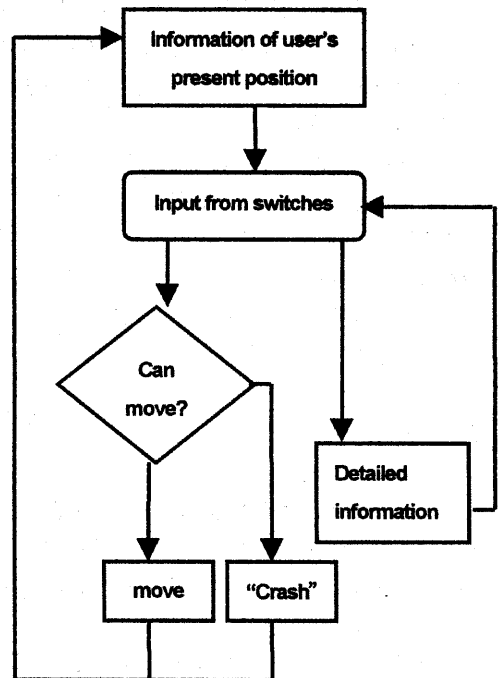
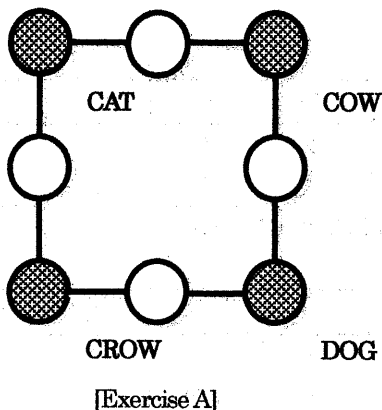


図2 システムの流れ

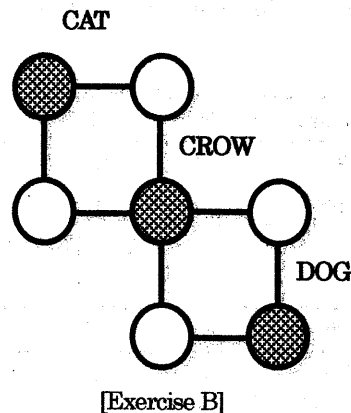
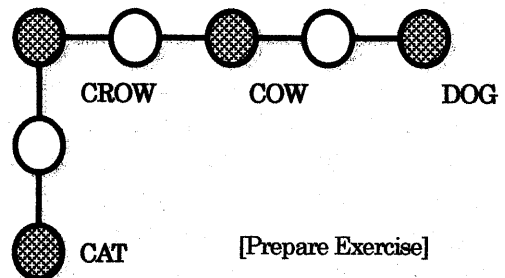


図3 提示課題

一つはシステムに慣れるための練習用課題、残りの二つが実験用課題である(図3)。動物が配置されている地点ではランドマークとしてその動物の鳴き声が被験者に提示される。

それぞれの課題について、練習課題は直線・直角といった基本的概念を、課題Aは一周することで歩行コースを空間的にイメージ化することを、課題Bは北西のランドマークから南東のランドマークへ到達するまでのコースが複数あることが認知できること目的としている。

### 3. 実験

#### 3.1 方法

システムを使った空間認知の様子を調査するため、盲人6名に対し実験を行った。年齢は15才から19才まで、うち一名が後天盲、残り5名は先天盲である。

実験は、本システムを盲学校に持ち込み、それぞれの被験者に対して時間をずらして行った。実験の際には、被験者とシステムを操作する筆者の二名で行った。

はじめに被験者に対して、スイッチ操作やシステムの簡単な概要を口頭で説明した後、練習課題を用いてシステムの流れを理解してもらった。その後、二つの課題に対して実験を行った。各実験においては、システムを使った踏査を、被験者が課題を理解したと申しでた直後に踏査を中止し、その直後にレイズライトを用いて認知した地図の作成を求めた。踏査の様子は実験と同時に計算機

が記憶し、地図作成の様子はビデオカメラで撮影し記録した。

同様の実験を目隠しした晴眼者2名にも行った。

#### 3.2 実験結果

##### 3.2.1 課題A

被験者が作成した地図における、パスと地点(ノードとランドマーク)のエラー数を表1に示す。

誤答の内容は、パスについてTRはルートをコの字に、TKは正しいパスの中心を十字に結び、南西のランドマークに達するパスを描き損ねた。ランドマークについてHYは北東と南西のランドマークを取り違えて描写した。

踏査に要した時間は、平均13.2分(最短2分、最長44分)であった。

晴眼者に対する対照実験では、2名とも完答し、踏査時間は平均3.5分であった。

##### 3.2.1 課題B

前節と同様に結果を表2に示す。

誤答の内容は、パスについてTR,TK,HYがクランク型の地図を描いた。特にHYにおいては提示課題を右に90度回転させた地図を描いたため、評価についてその点も考慮することとした(表の括弧内)。TKにおいてはその後のやりとりでクランクの中心から東西にパスを追加した。ランドマークについてTRは中心のカラスの位置をひとつ南のノードと取り違い、HYは北西と中心のランドマークを取り違えた。

踏査に要した時間は、平均17.7分(最短4分、最長24分)であった。

Subject	HS	TR	IT	IG	TK	HY	MS	HR
Path	0	2	0	0	2	0	0	0
Spot	0	0	0	0	1	2	0	0

表1 課題Aのスケッチマップにおけるエラー数

Subject	HS	TR	IT	IG	TK	HY	MS	HR
Path	0	2	0	0	4	6(4)	0	0
Spot	0	1	0	0	0	3(2)	0	0

表2 課題Bのスケッチマップにおけるエラー数

晴眼者に対する対照実験では、2名とも完答し、踏査時間は平均4分であった。

#### 4. 考察

##### 4.1 空間認知の評価方法

盲人の空間認知を分析するのに、本研究では次の2つの評価方法を参考にす。環境内を歩行する過程を記録する Gaunet らの評価方法<sup>[1]</sup>と、認知した地図を描く際の、スケッチマップの成長過程を記録するカンターの評価方法<sup>[6]</sup>である。

Gaunet らは、盲人が環境内を実際に歩行して目印となるランドマークを認知する（これを踏査と呼ぶ）際の、到達順序を記録する方法である。そしてその実験結果を、2つのランドマーク間を往復する B&F パターンと、すべての異なるランドマークに到達してはじめて到達したランドマークに戻る Cycles パターンに分類している。本研究ではこれをさらに拡張し、新たに Straight パターンを追加する。これは先の B&F パターンや Cycles パターンには当てはまらず、ランドマーク間を直線的に移動するだけのパターンである。これにより環境内の探索すべてをいずれかのパターンに分類できる。

さらに数値的な評価方法も変更した。本研究ではそれぞれのパターンにおいて、到達するランドマークの数をそのパターンの得点とする。例えば3つのランドマークを巡回する Cycles パターンは3点とする。これにより、到達するランドマークの数が等しい B&F, Cycles, Straight パターンは同じ得点がつけられることになる。また、踏査におけるパターン分類はこの得点が最大となるパターンを優先的に採用することとした。

スケッチマップの評価において、カンターは書き始めからの時間で評価したが、本研究ではスケッチマップの要素であるパスと地点の描かれる順

を記録することとした。これはカンターの研究が晴眼者を被験者としているのに対し、本研究では盲人を対象としているため、スケッチマップを描写する速度に個人差が大きく、時間で評価が適切でないのと、先の踏査パターンとの関連を調べるため各要素の描写順序を記録する必要があると判断したためである。

##### 4.2 踏査パターンから見た空間認知

前章の結果より、盲被験者を2つの課題を共に正しく描くことのできた完答者と、一つ以上間違いをした誤答者に分類する。その結果、誤答者が完答者と比較して B&F パターンを多くとり、対称的に Cycles パターンが少ない事がわかった(図4)。

これはルートを設定しない実験<sup>[9]</sup>とは対照的な結果であった。

晴眼者による実験で、ルートマップはランドマークを覚えようとする傾向があり<sup>[4]</sup>、ランドマークは隣り合ったランドマーク間の関係を理解しようとするため、隣り合っていないランドマーク間の結びつきを弱めてしまう効果がある<sup>[9]</sup>という報

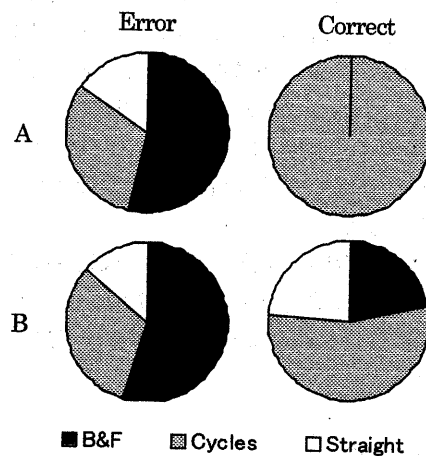


図4 踏査パターン

	HS	TR	IT	IG	TK	HY	MS	HR
Exercise A	T	T	T	T	C	T	T	P
Exercise B	T	T	T	C	T	T	C	C

表3 スケッチマップの型

告がある。

本研究から、こうした傾向が空間を踏査する段階から既に現れていることがわかったと同時に、誤答者に強く見られる事から、この傾向が空間認知の初期の段階を表していると考えられる。

#### 4.3 スケッチマップから見た空間認知

スケッチマップの成長過程を、踏査の様子を加味しつつ、次の3つの型に分類した。

- ・時系列型 (Time-ordered pattern, T) : 踏査パターンに沿って地図を描く型
- ・接続型 (Connection pattern, C) : 一つのノードから伸びるパスを一通り描いてから次のノードに移る型
- ・配置型 (Placement pattern, P) : パスまたはノードをすべて描いてから他方を付記する型

前章の実験結果では、盲人は時系列型・接続型のいずれかをとり、誤答者・完答者による明確な違いは現れなかった。それに対し晴眼者は、課題 A において時系列型と配置型、課題 B においては二名とも接続型をとった(表3)。

時系列型は時間軸を基にした一次元的な認知であり、空間的な認知とは言い難い。接続型は提示された地図全体を二次元的に捉えた上で描いていると考えられ、空間認知としての能力も備わっているものと考えられる。そして配置型は、接続型での空間認知に加え、階層的な空間イメージ<sup>4)</sup>を用いて合理的な空間認知能力が育成されているものと考えられる。

但し、今回の実験はルートが設定されているうえ形状が単純なため、時系列型のスケッチマップを描きやすい傾向があったことは否定できないと考えている。

#### 5. まとめ

今回、計算機を使った盲人の空間認知に対する能力の育成を支援するシステムの実現に向け、システムを構築し、実験を行った。また実験結果を分析・評価するのに、踏査パターンとスケッチマップの成長過程を記録して用い、パターン分類をした。今後は、今回の実験結果をもとにシステムと課題の改善を行い、盲人による実験をさらに行

っていく必要があると考えられる。

#### 謝辞

本研究において、多大なご協力を頂いた愛知県立名古屋盲学校の先生方、実験に際し快く承諾していただいた生徒の皆様に感謝いたします。

#### 参考文献

- [1] Florence Gaunet, Catherine Thinus-Blanc: "Early-blind subjects' spatial abilities in the locomotor space: Exploratory strategies and reaction-to-change performance", *Perception* 25, pp.967-981, 1996
- [2] P. Blenkhorn and D.G.Evans: "A System for Enabling Blind People to Identify Landmarks: The Sound Buoy", *IEEE Transactions on Rehabilitation Engineering* 5-3, 1997
- [3] Thomas A. Herring: "The Global Positioning System", *Scientific American*, 1996
- [4] Wilton R. N. and File P. E.: "Knowledge of spatial relation: A preliminary investigation", *Quarterly Journal of Experimental Psychology* 37 pp.192-198, 1975
- [5] 清水亮太, 皆川洋喜, 大西昇: "盲人の空間理解獲得を支援するシステムの作成", *信学技法 HSC96-32* pp.57-64, 1996
- [6] デイヴィッド・カンター, 宮田紀元・内田茂 訳: "場所の心理学", 彰国社, 1982
- [7] 中村奈良江: "空間探索ストラテジーによる空間表象の差違", *心理学研究* 64-2 pp.99-106, 1993
- [8] 文部省: "歩行指導の手引", 慶應通信株式会社, 1985
- [9] 山本利和, 上村幸子, 賀集寛: "幼児における2種類の空間能力の発達とそれに及ぼすランドマークの効果", *教育心理学研究* 35-2 pp.97-104, 1987