

## 視覚障害者の音声情報と環境認知の分析

戸澤 清茂<sup>†</sup>

今宮 淳美<sup>‡</sup>

小谷 信司<sup>‡</sup>

<sup>†</sup> 山梨大学大学院医学工学総合教育部 〒400-8510 山梨県甲府市武田 4 丁目 3-11

<sup>‡</sup> 山梨大学大学院医学工学総合研究部 〒400-8510 山梨県甲府市武田 4 丁目 3-11

E-mail: <sup>†</sup> tozawa@hci.media.yamanashi.ac.jp, <sup>‡</sup> {imamiya, kotani}@yamanashi.ac.jp

あらまし 本研究では、視覚障害者 10 名を被験者として音声情報と環境認知の分析結果を示す。音声による歩行支援ユーザインタフェースと歩行経路地図作成との相関関係を検証した。アンケート調査や実験分析より、安全な単独歩行に必要な歩行経路誘導できる情報処理機能をもたせた音声バリアフリーの実装を提案する。

キーワード 視覚障害者, 音声情報, 環境認知, ユーザインタフェース,

## An Analysis of Phonetic Information and Environment Cognition for the Visually Impaired

Kiyoshige TOZAWA<sup>†</sup> Atsumi IMAMIYA<sup>‡</sup> and Shinji KOTANI<sup>‡</sup>

<sup>†</sup> The University of Yamanashi 4-3-11 Takeda, Kofu, Yamanashi, 400-8510 Japan

<sup>‡</sup> The University of Yamanashi 4-3-11 Takeda, Kofu, Yamanashi, 400-8510 Japan

E-mail: <sup>†</sup> tozawa@hci.media.yamanashi.ac.jp, <sup>‡</sup> {imamiya, kotani}@yamanashi.ac.jp

### Abstract

In this paper, observing ten visually impaired participants walking at the station, we analyzed phonetic (voice and sound) information and environment cognition for the visually impaired. We investigated the relationship between the user interface of walking support with voice and walking mental map. From the experimental analysis of observation and questionnaire survey, that we suggested that it is necessary for safe individual walking to provide voice and sound barrier-free used the Transaction on Computer-Human Interaction.

**Keyword** Visually impaired, Phonetic(voice and sound) Information, environment cognition, user interface

### 1. はじめに

近年、視覚障害者の歩行ガイドにインタフェースシステムを導入した研究[1][2][5]や歩行者 ITS(Intelligent Transport System)と呼ばれる情報提供システム[4]が研究開発されている。しかし、全盲の視覚障害者を被験者とする実験観察はまだ十分でない。前回の研究[3]では、視覚障害者の歩行時での有効な音声情報の分析を中心に実施した。今回の実験では、音声情報に加えて視覚障害者に、自分の歩いた歩行経路地図を紙面の上に再現し、視覚障害者が歩行空間から 2 次元の変換で空

間をどのように認知していたか、歩いた環境をどのように理解して歩行していたかを総合分析する。全国の盲学校 71 校中 36 校のアンケート調査とどのような点を克服することが今後の視覚障害者の歩行に寄与できるかも検討する。本実験は、歩行経路を 2 次元で表現することで、単独歩行に必要な諸条件とユーザインタフェースをシステム化するための基礎調査を提案することである。清川 [1] らによれば、歩行ガイドと被験者間の「対話空間」は、視線やジェスチャなどのノンバーバルな対話の手がかりを共有することは重要

であると述べているが、視覚障害者単独での環境認知情報は十分でない。単独で歩行する視覚障害者（先天盲や後天盲）は3次元を認知するまでに3m四方を瞬時の判断がなければ、安全は十分に確保されないと言われる[9][10][11]。視覚障害者を目的の場所に安全かつ正確に誘導するために、タグを用いた点字ブロックのシステムが提案[8]されているが、本実験では、アンケート調査や実験分析より、安全な単独歩行に必要な歩行経路誘導できる情報処理機能をもたせた音声バリアフリーの実装を提案する。

## 2. 研究目的

視覚障害者が限られた空間を音(声)だけで安全に、かつ効率的に単独歩行するために、どのようなインタフェースが安全に優れているかを明らかにするための実験分析についてこれまで述べた。本研究では、被験者が3次元のイメージをどのように空間認知し、広い環境での単独歩行につなげているか、歩行経路を2次元に復元することでどのように歩行イメージを連続することができるか、さらに、安全に歩行するためにどのようなユーザインタフェースが必要なのかを検討する。歩行支援インタフェースとシステムの関係性を歩行経路とアンケート調査を基に解析することである。

## 3. 事前調査

点字ブロックが設置されているJ R東日本(株)甲府駅を中心に10名の全盲の視覚障害者に協力をいただいて実験を開始した。対象者は、図1に実験の様子を示した。全盲男性4名、全盲女性6名が今回の実験観察の被験者である。全盲男性4名は、県立盲学校の卒業生で歩行に関しては基礎的な歩行地図、歩行環境は身につけている。全盲女性4名についても同様に、県立盲学校の卒業生である。他の2名については、中途失明者で、後天盲の視覚障害者である。全盲状態になったときから、各人の特質を分類し参考材料に含めた。盲学校卒業生は、歩行訓練を受けているが、白杖での郊外での訓練は、個人差がある。被験者全員歩行困難な場所に限り、音声ガイドが必要と言う。



図1 実験の様子

Fig.1 Condition of experiment

事前調査より、発達段階に応じて、歩行に必要な環境認知力は、盲学校中高等部、社会人となるに従い重要な位置を占める。この背景には、白杖や盲導犬だけでなく最も安全に単独歩行するために、適切に認知する音声誘導システムが検討されている。

## 3.1 被験者の実態

被験者の10名には、インタビュー項目を設定してにおいて事前調査項目に回答する。十分な事前調査のもとに実験開始とする。視覚障害者である被験者の実態はそれぞれ異なり、事前調査の結果と事後調査の結果で相違点が生じる可能性がある。事前調査も行い、次の6項目の調査である。

- ① 特徴(被験者の性別、年齢、実態)
- ② 歩道を歩くこと(経験の有無)
- ③ 交差点を歩くこと(経験の有無)
- ④ 前もって情報を得ること(必要か不必要か)
- ⑤ 位置の確認(メンタルマップが作れるか)
- ⑥ 道にまよったときの対応(定位の確認)

表1の調査結果より、歩行経験の度合いを行動パターンで示し、パターンの低・中・高の3種類に類別し表に示した。行動パターン[12][13][14]は環境を認知する上で、重要な要因であり、①から⑥の調査項目平均を考慮する中で、30%以上を低(Z)、60%以上を中(Y)、90%以上を高(X)として表した。20代女性、30代男性の2名は後天盲で、全ての行動パターンに対処できた。又、先天盲の50代男性も全ての行動パターンに対処できている。先天盲より同じ環境での歩行を繰り返していた後天盲の場合、被験者は始め既存の場所はスムーズな歩行を繰り返す。しかし、初めての場所の歩行では、後天盲の歩行に戸惑いがある。先天盲の歩行が後天盲より感覚的に優れていることも参考材料である。以上の調査結果が4箇所の中継地点の観察データに関与し、図1に示した実験の様子と行動観察の重要なデータとなる。

表1 被験者10名のプロフィール

Table1 Profile of Ten Blind									
被験者	①	②	③	④	⑤	⑥	年 齢	性	障 害
A	x	x	x	x	x	x	50代	男	全盲
B	x	x	y	x	x	x	30代	男	全盲
C	x	x	x	x	x	x	30代	男	全盲
D	x	x	y	x	x	x	40代	男	全盲
E	x	x	x	x	x	x	20代	女	全盲
F	x	z	z	y	y	z	50代	女	全盲
G	x	y	y	y	y	y	40代	女	全盲
H	x'	z	z	y	y	z	50代	女	中失
I	x'	z	z	y	y	z	50代	女	中失
J	x	y	y	x	x	x	30代	女	全盲

- xは先天盲で行動パターン高  
 x'は中途失明者で行動パターン高  
 yは後天盲，中途失明者とも行動パターン中  
 zは後天盲，中途失明者とも行動パターン低

### 3.2 視覚障害者と音声情報

音声によるインタフェースには，音声認識機能も音声合成機能も要求される．さらに，システム構築するために誘導システムが必要である．特に，誘導システムでは，タスク管理，外部インタフェース，ユーザインタフェースなどが構築されることが必要である．「音のイメージと環境適応行為である．初回の実験[3]で最も重要な部分であり，視覚障害者が単独歩行する場合に歩行支援インタフェースを導入する重要な場面である．以上の段階を経て，音のイメージの確立が被験者にインプットされ，フィードバック作用を繰り返す中で，視覚障害者がどのように空間を認知し，イメージの連続性につなげているか．今回の研究では，この点に言及し有効な音声情報と環境認知を分析する．

### 3.3 視覚障害者と環境認知

先天盲：単独歩行（屋外）の場合で，視覚障害者自身が白杖を利用して単独歩行ができる被験者の場合と，まだ習得していない被験者とは，歩行ガイド[16]の方法が異なる．まず，男女差，年齢差，経験，理解度，環境認知力，情報収集力，空間認知力などがある．

安全な歩行を確立するには，その個人にあった実態を理解した上でなければ，歩行練習が実施できない．例として，白杖使用技術や障害物から身体を保護したり，階段や路上の変化を瞬時に判断する環境認知力，空間認知力，情報収集力[17][18][19]などを総合して，状況を判断する力量の習得訓練が必要である．さらに，縁石や段差，路面の材質の違いを把握する中で，自分の歩く方向を一定に保つ訓練なども必要となる．

従って，白杖を自分の身体の一部にする訓練がなければ，単独歩行の習得は困難になる．歩行における情報として，把握できるものを箇条書きすれば，次の8項目になる．

- (1)白杖からの情報収集で，路面の変化の理解度，歩道の段差からの理解度，道路上の設置物等からの環境認知力，位置判断力の訓練が必要である．
- (2)音からの情報収集で，自動車の音により，脇道，道路の方向，曲がり角度，道路の広さ，自分が歩く方向が瞬時に理解できる練習が必要である．さらに，通行人の声等も積極的に活用する情報収集能力，周りの設置物で，会社や工場，商店街からの音も活用し，現在の自分の位置を判断する力も必要である．
- (3)においからの情報収集で，周りの商店街において，自分の現在地を確認することができる力の習得が必要である．
- (4)目的地までの経路図の理解が必要で，歩行道順や住

宅街や市街地など自分が歩く範囲内で道路状況を把握できる理解力が必要である．

(5)定位（Mobility）のてがかりの情報収集や，ナビゲーション，オリエンテーションにかかわる総合的訓練が必要である．

(6)交通機関（歩行訓練の応用）：バスを利用しての目的地までの安全確保で，乗車方法，車内の安全移動訓練が必要である．

(7)交通機関（歩行訓練の応用）：電車を利用しての目的地までの安全確保で，券売機での切符の購入，改札口での通貨，電車の乗り降り等，スムーズに行えることが必要である．

(8)雨天時の歩行，夜間時での歩行，薄暗い時の歩行（主に白杖を使つての弱視児）未知の場所での歩行について，その場所での通行人の援助依頼の方法などを取得しておくことの必要性などが考えられる．

### 4. 実験方法

実験では，点字ブロックが敷き詰められている JR 東日本甲府駅構内で，歩行支援のためにどのような指示が適切であったか（誘導者からのコミュニケーション），被験者にとっていかに音（声）情報が重要な意味をもち安全に空間を認知するために必要なものであるか．この分析結果が多くの視覚障害者の歩行ガイドと行動分析になることを考慮して実施した．調査対象となる中継地点は，図2で示すとおり，第1中継地点はエスカレータ，第2中継地点は改札口，第3中継地点は階段，第4中継地点は，プラットホームである．

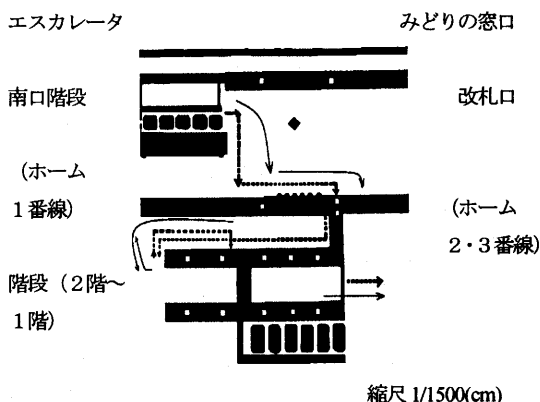


図2 JR 東日本甲府駅

Fig.2 JR Higashi Japan Kofu Station

### 5. 実験結果（歩行経路復元方法）

本研究では，実際に視覚障害者が音声情報を認識し，その上で空間認知したものを 2D の世界で紙面上にトレースすることで，障害者自身の安全な単独歩行に何が必要であるか復元図をもとに検討する．視覚障害者自身の生来の歩行経験が単独歩行をより柔軟なものにしている中で，全盲である被験者を年代で分類し，代表となる視覚障害者に実験場所の歩行経路のトレース

をお願いした。10名の被験者の中で、歩行速度が同じ場合を抽出して実験場所である4箇所の中継地点の検討を行なった。50代の全盲男性、20代の全盲女性、40代全盲男性、50代全盲男性で白杖の変わりに盲導犬を歩行の補助として実験に加わった。全盲男性で歩行経験が長い被験者の場合、歩行トレースに直線性が見られない。歩行環境にかかわる多くの要因が被験者のイメージを形づくり、発話にかかわる指示文[3]のとおり歩行を続けていたが、進行方向にゆがみが見られた。このゆがみについては、指示文が全くない状態での空間を認知したバックグラウンドで補正される。被験者は歩行経験が長く、環境を認知する速さは優れている結果をもとに検証する。4箇所の中継地点での平均認知度をtaskとすると次のようなグラフに表すことができる。

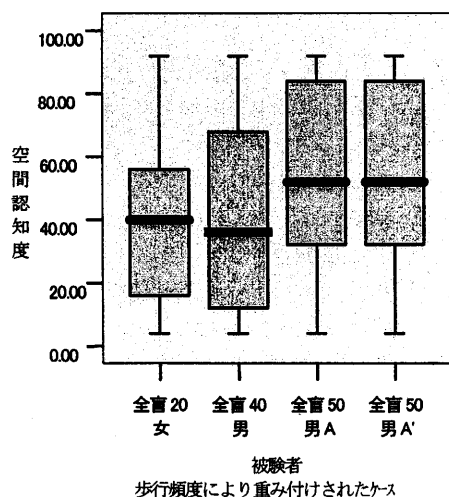


図 3 全盲者の空間認知度

Fig. 3 Rate of Spatial Cognition

図 3 の最初の被験者は、全盲女性 20 代であるが、歩行経験が 50 代の男性より少ないことで、歩行トレースは直線で描かれた。途中、人に衝突したことはあるが認知度に相当するタスクは高くでた。又 40 代全盲男性で実験場所の歩行は、介助者によることが多い被験者である。動きが、単一で単独歩行の際、歩行前の障害物に衝突する回数は最も多かった。もう一人の 50 代全盲男性は、盲導犬を介助者として歩行を介助犬に依存しているため、自分の歩行経路は全てイメージの固まりとして認知されていて単独歩行のインタフェース導入に対しては、個人差もあるが最も必要とされる。介助犬が歩行システムの代わりになることも考えられる。しかし、介助犬は全て色盲であるために、白黒映像の集合体で全盲者を介助することになり、先天盲で 3D を経験することには訓練が必要になる。特に、空間を認知する形状となる対象物とイメージ形成

概念[10]は、限られた色彩の概念を認知しながら歩行を繰り返す。図 3 より、4 タイプの歩行における自由度は 1 で  $F(1)=4.264$ ,  $P<0.05$  で有意差はみられる。従って、それぞれを年代別に認知度を比較できた。

## 6. 歩行アンケート調査

アンケート調査の質問事項は、幼稚園・小学部・中学部・高等部・保健医療科職員・理療科職員に分けて 10 項目のアンケートを作成し、平成 18 年 6 月をはじめ全国 71 校 36 校に依頼し小学部児童 (16 名)、中学生部生徒 (25 名)、高等部生徒 (32 名)、理療科職員 (28 名) の合計 101 名の回答を基に歩行に関する基礎的概念を集計した。本研究と類似の分野で、過去特総研の渡辺氏[25]が別の方法でアンケート調査している文献がある。児童生徒・職員の実態に応じて歩行支援に関わる質問事項に回答してもらう形式をとった。様式はそれぞれ質問紙法 (点字で作成含) での回答である。その結果については、付記の質問事項を参照の上、次の各種分析方法で検討を加えた。10 項目ある中で、④と⑧の 2 項目について、分析結果を次に示す。

## 7. 調査結果結果

調査項目に沿って、集計し歩行時の注意点、危険度、補助具について集計したものを SPSS 回帰分析で表した。今回の調査で、全盲・中途失明・弱視の類別をする中で、101 名の回答者を全盲・中途失明に限定してデータを解析。弱視については、環境認知度をデータ解析する上で、弱視のみの調査も行った。又、全盲者の男性・女性についてもそれぞれの調査を行った。④では高齢になるに従い、空間をイメージする環境認知力に影響がでてきている。調査結果から全盲小学部の児童は歩行経路範囲が狭いことから、注意度は初期より 60% 代までの分散分析で推移していた。中高等部生徒については、歩行範囲が広く交通機関での移動も積極的に行われている。理療科職員の場合には、経験年数、指導的立場も踏まえ既成の場所での単独歩行は補助具の必要性を感じさせない。しかし、後天盲の職員は歩行の方向を誘導してくれるインタフェースの必要性を要望する意見が多くあった。交通機関では、最も危険度がある駅プラットフォームの安全性の確保を要望する意見が多くあった。⑧の補助具であるが、後天盲高齢者になるに従い白杖が盲導犬にかわるインタフェースをそなえた情報機器の必要性を要望する意見が多くあった。

④ どんなことに注意して歩いていますか。

- ・小学部 (回答者 16 名) : 物や人にぶつからない。
- ・中学部 (回答者 25 名) : 信号や物に注意する。
- ・高等部 (回答者 32 名) : 路上の障害物、車の音、歩道の段差、自転車、白杖からの情報
- ・理療科職員 (回答者 28 名) : 前方の障害物、階段、

側溝、車、段差、音響のない交差点

以上の回答がそれぞれ80%を占める中で、前回の駅中継地点のtaskでは、歩行時の安全性が考えられる。

⑧ 危険な場所を歩行するとき、どんな補助具があればよいと考えますか。

- ・小学部 (16名) : 万歩計のようなもので危険をしらせるもの、自分の向かっている方向がわかるもの、白杖があるとよい
- ・中学部 (25名) : 白杖にセンサー、音声ガイド、白杖、段差、音声信号
- ・高等部 (32名) : 障害物の方向を教えてくれるもの、行きたい方向がわかるもの
- ・理療科職員 (28名) : 障害物の方向を教えてくれるもの (既に製品化されているものあり)、行きたい方向がわかるもの、自分の向かっている方向がわかるもの

以上の回答が80%を占める中で、白杖、盲導犬に続く歩行支援ガイドの必要性が高齢者に提案されている。

## 8. まとめ

今回の実験では、視覚障害者がいかに歩行空間[9]を認知して、安全な単独歩行につなげるか、適切な歩行インタフェースにはどのような情報処理が実装されていることが必要なのか、4 箇所の中継地点での指示は適切であったか、指示の場所・タイミング、内容が適切であったか、実験の分析結果を基に考察し、全盲の被験者、全国の県立盲学校 7 1 校中 3 6 校の教職員・児童生徒のアンケートと併せてまとめた。その結果、歩行時の注意度、危険度、補助具などの観点から環境認知が必要とされる事柄として、次の 3 項目にまとめられる。

- (1) 先天盲と後天盲の場合、駅のように限られた空間では、後天盲に音声ガイドは必要である。
- (2) 全盲の視覚障害者に対して、障害物の方向を教えてくれる指示文に「この先何歩」と言う具体的な音声ガイドが必要であること。
- (3) 歩行経路誘導できる音声バリアフリーとして、ユーザインタフェースに適切な指示文が入っていること。

本研究をとおして、音声ガイドは全ての視覚障害者に必要であるとは言いきれないが、白杖や盲導犬と共に視覚障害者の安全歩行の補助具として、有効な活用方法が検討されていくものとする。筆者は、今後も視覚障害者用インタフェースの task 等についても提案する。

## 謝 辞

本研究を行うにあたり、山梨大学の清弘教授、博士課程の渡辺氏、小俣助手には多くの議論を頂いた。全国 71 校中 36 校 (東北地方から関東甲信越地方) 県立

盲学校の全児童生徒・教職員並びに山梨県視覚障害者福祉協会の諸氏の方々、山梨県立盲学校理療科の教職員諸氏の多大な協力に感謝する。

(付録) 歩行支援に関するアンケート調査 (高等部)

全国 7 1 校の 3 6 校 (東北から関東甲信越)

- 1 性別についてどちらかを選んでください。
- 2 あなたの様子について選んでください。  
(全盲 中途失明 弱視)
- 3 障害を知ったのは何歳ぐらいのときですか。
- 4 あなたはどんなことに注意して歩いていますか。
- 5 歩行が出来るようになったとき、最初に行った場所はどこですか。
- 6 歩行が出来るようになったとき、いちばん困ったことはなんですか。
- 7 歩行しているとき、もっとも危険だと思った場所はどこですか。
- 8 危険な場所を歩行するとき、どんな補助具があればよいと考えますか。次にあげる事例をもとに、答えてください。

事例： 障害物の方向を教えてくれるもの

行きたい方向がわかるもの

自分の向かっている方向がわかるもの

- 9 歩行全般について、気が付いたことを教えてください。
- 10 (感想)

\*盲学校小学部、中学部、理療科職員は表記に順ずる。

## 参考文献

- [1] Kiyokawa, K., Mark, B., Daniel, B., Amah, G.: Communication Behaviors in Face-to-face Co-laboration using AR Interfaces. Trans. VRSJ, Vol.7, No.2, 2002.
- [2] 長島祐二, 安村通晃, 猪木誠二, 市川 薫, 岡本 明, 権藤恭之, 手島教之, 畠山卓朗: “高齢者・障害者支援とバリアフリー技術の動向” ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol. 5, No.4, pp.397-410, 2003
- [3] 戸澤清茂, 今宮淳美, 小谷信司: “視覚障害者の歩行時での有効な音声情報の分析” 電子情報通信学会技術報告, WIT 2006-24, pp.43-48, July 2006.
- [4] 村井, 矢入, 柏野, 五味, 猪木: “移動の問題点からみた高齢者・障害者の多様性の検討” 第 16 回人工知能学会全国大会 2002 論文集 1B4-02, 2002.
- [5] 松野博文, 北山一郎, 宇野正美: “視覚障害者のための誘導システムの開発” 福祉の街づくり工学研究所研究報告集 2003.
- [6] 船場ひさお他: “視覚障害者の歩行誘導システムに関するアンケート調査” 騒音・振動研究会資料 <ANI049188X>2002.
- [7] Anderson, A., Newlands, A., Mullin, J., Fleming, A., Doherty-Sneddon, G., Velden, J. vander, Impact of video mediated communication on simulated service encounters. Interacting with Computers, Vol.8, No.2, pp.193-206, 1996.
- [8] 雨宮, 山下, 広田, 廣瀬: “視覚障害者のためのバーチャル点字ブロックの開発” 日本バーチャルリアリティ学会第 8 回大会, September 2003.
- [9] 秋田, 伊藤, 小野, 岡本: “非視覚モダリティによる空間認識

- 装置” 情報処理学会論文誌, Vol.46, No.7, pp.1693-1700, July 2005.
- [10] 矢入郁子, 奈良博之, 猪木誠二: “歩行者のアクセシビリティ向上のための GIS と地域コミュニティによる運用の提案” ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol.7, No.4, pp.463-475, 2005.
- [11] Anderson, A., Newlands, A., Mullin, J., Fleming, A., Doherty-Sneddon, G., Velden, J. vander, :Impact of video mediated communication on simulated service encounters. *Interacting with Computers*, Vol.8, No.2, pp.193-206, 1996.
- [12] Saaty, T. L., “The Analytic Hierarchy Process”, McGraw-Hill, 1980.
- [13] Tanigawa, S., Kubota, H., Hasegawa, T., :User-Friendly Route Guidance interface for Internet-based Information service, *TOSHIBA Review*, Vol.55, No.4, pp.24-28, 2000.
- [14] 柏野, 矢入, 村井, 五味, 猪木: “移動支援の視点からみた高齢者・障害者の多様性の検討” ヒューマンインタフェースシンポジウム 2002 論文集, p.647-650, 2002.
- [15] 後藤豊: “視覚障害者のための音声アシストシステムについて” —電気通信技術審議会の答申から—筑波技術短期大学テクノレポート, No.8, pp.227-230, 2001.
- [16] Kitazaki, M. and Yoshino, T., :Self-motion sensation in virtual reality improves spatial updating for mobile observer, *Journal of Vision*, Vol.2, No.7, pp.633, 2002.
- [17] Kayahara, T., Kitazaki, M., Yoshino, T., Ogi, T. and Hirose, M., :Effect of observer's selfmotion sensation on scene recognition in immersive virtual reality environment, perception, Vol.32(supplement), No.68, 2003.