

卒業論文 2008 年度 (平成 20 年度)

YochiNavi:

視覚障害者の安全な屋外歩行のための
移動体接近情報提供システム

指導教員

慶應義塾大学環境情報学部

徳田 英幸

村井 純

楠本 博之

中村 修

高汐 一紀

重近 範行

Rodney D. Van Meter III

植原 啓介

三次 仁

中澤 仁

慶應義塾大学 環境情報学部

中津川 紘太

nakatsu@ht.sfc.keio.ac.jp

卒業論文要旨 2008 年度 (平成 20 年度)

YochiNavi: 視覚障害者の安全な屋外歩行のための 移動体動作予測手法と情報提供手法

視覚障害者は健常者に比べ、屋外歩行時の精神的負担が大きい。電柱や階段などの障害物の有無、通行人や自動車などの移動体に気を配る必要がある。屋外歩行時の視覚障害者の精神的負担を減少させることは、視覚障害者の社会復帰や社会参加のために重要な課題である。

現在、視覚障害者の歩行支援を対象とした様々な研究が行われている。しかし既存研究では、障害物の有無や歩行者の検知には有用であったが、検知範囲が狭く、自動車や自転車などの移動体の検知は困難であった。移動体はユーザに接触した場合のダメージが大きく、またユーザが認識・予測が困難であることも精神的負担を高めている大きな要因になっている。精神的負担を軽減させるためには、時間的に余裕を持って危険をあらかじめ通知する必要がある。

本稿では、視覚障害者の移動体に対する精神的負担を軽減させる YochiNavi-予知ナビ-を提案、構築する。YochiNavi は、5 秒後、10 秒後といった少し先の危険を提供することで、精神的・肉体的に余裕を持って危険回避を可能にする。本研究では、まずユーザに危険を及ぼす可能性のある移動体を検出する。移動体の検出手法として道路沿いにネットワークカメラを設置し、カメラ画像を解析することにより移動体を検出する。ユーザの位置情報とユーザ周辺のネットワークカメラから集められた移動体の情報は、地図データにマッピングされ、ユーザと移動体の距離や道路情報からユーザに接近している移動体を検出する。ユーザに接近する移動体全てを情報提供してはユーザの混乱を招くので、本システムでは危険度という指標でフィルタリングすることにより、ユーザにとって危険と考えられる移動体を抽出する。またユーザへの危険情報提供では、横浜訓盲学院の協力を得て必要な情報を適切なタイミングで提供する。

また本システムの性能評価、ユーザビリティ評価により、システムの有効性を示す。

キーワード：

視覚障害者、歩行支援、画像解析、ITS、ネットワークカメラ

慶應義塾大学 環境情報学部

中津川 紘太

Abstract of Bachelor's Thesis

YochiNavi: The detection method of mobility behavior and information providing service for safety outdoor ambulation of visual handicapped person

A visual handicapped person has great spiritual burden when they walk outdoor compared with a person with a healthy body . And they have to be aware of the obstacle like an utility pole and of mobile object like a pedestrian and a car . This is very important problem that reduce the spiritual burden of visual handicapped person when they walk outdoor to be able to social comeback and social participation .

Recently , there is various research that help walking for visual handicapped people . However , existing research can detect obstacle and pedestrian well but is hardly possible to detect mobile object like a car and a bicycle . Mobile object give them the big damage when they happen a minor collision and it is so hard to recognize and estimate the mobile object for them . These are the serious factor that increase their spiritual burden . This is because , to give previous notice is necessary for reduce their spiritual burden .

In this paper , we propose the system that reduce their spiritual burden "YochiNavi" and construct this . YochiNavi provides a little previous notice like 5 seconds after ,10seconds after and it make possible the danger avoidance spiritually and physically . We detect the mobile object that has possibility that has danger for visual handicapped person . The way to detect mobile object is that analyse the picture of network camera that set around the load . The information that user position and the mobile object position from the network camera is overlaid on the map data . And detect the approaching mobile object from the information that the distance between user and mobile object and load information . User will be confused if notice the all approaching mobile object . So we use the parameter "degree of danger" and filter the approaching mobile object and we can detect the mobile object that has high degree of danger . And we provide the information with the best timing cooperated with the "Training School for Visual Handicapped in Yokohama" . We evaluate this system and certificate this system .

Kota Nakatsugawa

**Faculty of Environmental Information
Keio University**

目次

第 1 章	序論	1
1.1	本研究の背景	2
1.2	問題意識	3
1.3	目的	4
1.4	本研究の概要	4
1.5	本論文の構成	5
第 2 章	視覚障害者の屋外歩行支援	6
2.1	視覚障害者の屋外歩行支援の種類	7
2.1.1	障害物検知	7
2.1.2	状況認識	7
2.1.3	移動体検知	7
2.2	移動体の危険回避を対象とした屋外歩行支援の流れ	8
2.3	位置情報取得フェーズ	9
2.3.1	移動体の位置情報取得	9
2.3.2	ユーザの位置情報取得	11
2.4	情報提供フェーズ	12
2.4.1	聴覚による情報提供	12
2.4.2	触覚による情報提供	13
2.4.3	ユーザへの情報提供手法の比較	13
2.5	既存の屋外歩行支援手法の問題点	14
2.5.1	危険回避	14
2.5.2	情報提供手法	15
2.6	本章のまとめ	15
第 3 章	視覚障害者の屋外歩行	16
3.1	横浜訓盲学院における調査	17
3.1.1	調査手法	18
3.2	調査結果	19

3.2.1	視覚障害者の屋外歩行時の危険とニーズ	19
3.2.2	屋外歩行の特徴, 実態	19
3.3	本研究の方向性	21
3.4	本章のまとめ	22
第 4 章	YochiNavi のアプローチ	23
4.1	システムの概要	24
4.2	想定環境	24
4.2.1	対象とする道路	24
4.2.2	カメラ環境	25
4.2.3	無線環境	25
4.2.4	地図データ	26
4.3	危険移動体抽出アルゴリズム	26
4.4	情報提供手法	29
4.4.1	提供する情報の種類	29
4.4.2	情報を提供するタイミング	29
4.5	本章のまとめ	30
第 5 章	YochiNavi の設計	31
5.1	機能要件	32
5.2	設計概要	32
5.2.1	システム構成	32
5.2.2	動作概要	33
5.3	各モジュールの詳細	34
5.3.1	移動体抽出モジュール	34
5.3.2	移動体解析モジュール	34
5.3.3	危険情報算出モジュール	34
5.3.4	危険度算出モジュール	35
5.3.5	音声出力モジュール	35
5.4	本章のまとめ	35
第 6 章	YochiNavi の実装	36
6.1	実装環境	37
6.1.1	実装デバイス環境	37
6.1.2	実装ソフトウェア環境	37
6.2	移動体の抽出	38
6.3	本章のまとめ	38

第7章	評価	39
7.1	システム性能評価	40
7.2	ユーザビリティ評価	40
7.3	移動体検出	40
7.4	危険度算出	40
7.5	情報提供	41
7.6	本章のまとめ	41
第8章	結論	42
8.1	今後の課題	43
8.1.1	フレーム間差分	43
8.1.2	音以外での情報提供手法	43
8.1.3	危険な歩行者の検出	43
8.2	まとめ	44
参考文献		46

目次

1.1	道路での危険	2
1.2	屋外歩行時に危険を感じる障害	3
1.3	危険性のある移動体の検知	4
2.1	AuxDeco	8
2.2	Robotic Communication Terminals	8
2.3	視覚障害者の屋外歩行支援システムの流れ	9
2.4	VICS	10
2.5	出会い頭の接触危険	14
2.6	自転車との接触危険	14
3.1	学校法人 横浜訓盲学院 普通部	17
3.2	学校法人 横浜訓盲学院 理療科	17
3.3	社会福祉法人 横浜訓盲院	17
3.4	移動する障害	21
3.5	研究領域 1	22
3.6	研究領域 2	22
4.1	システム利用例	24
4.2	システムの処理の流れ	25
4.3	ネットワークカメラ	25
4.4	ユーザと移動体のマッピング	26
4.5	危険移動体抽出アルゴリズム	27
4.6	危険度	28
4.7	危険度算出	28
4.8	危険通知を行う場合	30
4.9	安全通知	30
5.1	システム構成	32
5.2	ハードウェア構成	33

6.1	環境側端末	37
6.2	ユーザ側端末	37
8.1	フレーム間差分	43

第1章

序論

本章では、まず本研究の背景を述べると共に視覚障害者のニーズを明確にし、その後本研究の概要を述べる。

1.1 本研究の背景

人間は周囲の環境から取得する情報の 8 割を視覚から得ていると言われている [30]。そのため、視覚からの情報を取得が難しい視覚障害者は様々な日常生活において様々な困難がある。

視覚障害者にとっての大きな障害の一つは歩行などの移動と言われている。例えば白杖を使い慣れている視覚障害者においても階段や段差は大きな障害である。また道路標識、信号など視覚を通じた情報が主流の現状では移動時の障害を克服する技術が確立されていない。そのため屋外歩行時の事故や不安も多く、視覚障害者の自由な行動や社会参加が進まない要因になっている。視覚障害者の社会復帰や社会参加において屋外歩行時の安全性の確保は重要な課題である。視覚障害者が単独歩行する際には白杖や盲導犬などを利用して歩行することが一般的である。しかし、白杖は知覚できる範囲が狭い、盲導犬は育成の問題から絶対数が少ない、などの問題点がある。

近年、視覚障害者を対象とした歩行支援に関する研究が多く行われている。その背景には、視覚障害者の屋外歩行時の事故の多さ、精神的・肉体的負担の高さが挙げられる。屋外では、様々な危険や障害に対して気を配る必要があるため、常に緊張を強いられる。

視覚障害者の屋外歩行時においては、特に道路が危険である。道路上での視覚障害者における危険と危険を感じる障害について、図 1.1, 1.2 にそれぞれ示した。例えば階段や段差などの動かないものと比較し、自動車や自転車、歩行者などの移動体の検知が困難であり、危険な状態に繋がりがやすいためである。視覚障害者の 8 割が道路で様々な危険を感じており、また道路の横断に絞っても 6 割が危険を感じている。[22]。

	実数	%
いつも感じる	49	79.0
ときどき感じる	9	14.5
ほとんど感じない	3	4.9
いつも感じない	1	1.6

	実数	%
いつも感じる	36	58.1
ときどき感じる	8	12.9
ほとんど感じない	8	12.9
いつも感じない	8	12.9
その他・無回答	2	3.2

図 1.1 道路での危険

段差や障害物だけでなく、急に飛び出してくる人や自転車、自動車といった大きな被害に繋がる対象に危険を感じている。これは健常者より危険を事前に認知、回避しづらいためと考えられる。また予備調査において、少し先にある障害物、起こりうる危険の情報を知りたいというニーズがあることも判明した。予備調査に関しては、第 3 で詳しく述べる。

現在行われている視覚障害者を対象とした歩行支援の研究としては、環境システムが障害物や移動体を検出し、情報提供する Robotic Communication Terminals [14] や、ステレオカメラをユーザに装着することにより、カメラに写る歩行者などを追跡し視覚障害者に対して危険通知をする研究 [19] が行われている。

表7 どんなものに危険を感じますか
(60名に対する複数回答)

	実数	%
歩道上の放置物	50	83.3
看板	0	0
商品の張りだし	2	3.3
放置自転車・バイク	28	46.7
通行人	18	30.0
歩道上を走っている自転車	44	73.3
走っている自動車	34	56.7
駐車中の自動車	39	65.0
側溝	21	35.0
電信柱・標識	33	55.0
石ころや段差などつまづくもの	25	41.7
その他		
工事現場	12	20.0
駅のホーム	6	10.0
階段	2	3.3
街路樹・植木	2	3.3
落下物	1	1.7

図 1.2 屋外歩行時に危険を感じる障害

1.2 問題意識

既存研究では、ユーザ周囲の危険や障害物を検知するには有用であり、肉体的、精神的負担を軽減可能と考えられる。しかしユーザが屋外を歩く際に精神的な負担になるのは障害物や段差だけではない。例えばユーザの後方から抜き去る自転車や、曲がり角から飛び出してくる移動体などは接触しなくても精神的負担は大きい。既存研究では、ユーザの周辺の状態しか検知しないため、ユーザに接近した移動体しか検知できない。そのため危険な移動体を検知してからユーザが回避するまでの精神的、時間的余裕がないという問題点が挙げられる。時間的に余裕がないと精神的・肉体的な負担を軽減することは困難である。

また、危険な情報のユーザへの情報提供手法もユーザの精神的負担軽減のために重要である。既存研究でも音声を用いて情報提供しているシステムは開発されている。しかし、視覚障害者は空間把握や状況判断にも周囲の環境音を頼りにしているため、多量な情報を流すだけでは、視覚障害者を混乱させる要因となる。音声にてユーザへ情報提供する場合、必要な情報を、必要なタイミングで、簡潔に伝える必要がある。既存の屋外歩行支援システムのもうひとつの問題点としては、視覚障害者にとって情報提供手法が適切ではないという点が挙げられる。視覚障害者支援の研究の多くは提供可能な情報の多様性と正確性から聴覚を用いて情報提供している。しかし先述したように視

覚障害者にとって聴覚は周囲の状況を把握するために必要である。既存研究では、視覚障害者の聴覚を奪わないように音声ではなく骨伝道で情報を提供する手法 [16] や振動を用いて情報提供する研究 [25] も行われている。これらの手法では、提供する情報量の多さからユーザの混乱を招いたり、情報量の少なさや伝わりにくさから適切な意思伝達が行われない場合が考えられる。

1.3 目的

本研究では、屋外歩行時における移動体の危険回避を対象としたサポートを行う。本研究の目的は、5 秒後、10 秒後に起こりうる危険（移動体の接近）を予めユーザに提供することで精神的、肉体的な負担を軽減させ、危険を回避することである。具体的には、ユーザに接触する可能性のある自動車などの移動体を検知し、予めユーザに提供することで余裕をもって危険回避を可能にする。



図 1.3 危険性のある移動体の検知

1.4 本研究の概要

本研究では、視覚障害者の屋外歩行時の精神的、肉体的負担を軽減させる YochiNavi-予知ナビを提案・構築する。道路沿いに設置したネットワークカメラの画像を解析して道路を走る自動車などの移動体の動作を予測し、視覚障害者に接近する移動体情報を提供する。全ての移動体情報をユーザに提供するのユーザを混乱させるので、移動体データから危険度を求める。危険度は移動体の速度やユーザとの距離、地図データからの道路情報より算出する。危険度でフィルタリングすることにより、ユーザが危険と考えられる移動体情報に絞った情報を提供する。

本稿では、ユーザへの情報提供手法に関して事前調査を行った。情報提供手法は、伝える情報量の多さと正確さから音声を用いる。ユーザが危険情報を必要とする場面や必要な情報を調査すべく、盲学校にて計 15 回のフィールドワーク、調査を行った。また、適切な情報量、質、タイミングを設定するためにインタビューを行った。

本研究では、街中の道路沿いに計算処理機能を持ったネットワークカメラが設置されている環境を想定する。実装したシステムに関して障害者の評価、健常者の評価、アンケート、精度の評価、アルゴリズムの評価を行う。

本研究で対象とするユーザは、全盲および弱視の視覚障害者である。弱視にも視力障害、視野狭窄、色覚異常、順応障害など様々な種類があるが、具体的には、日常生活に支障をきたす程度の視覚障害を持つユーザとした。

1.5 本論文の構成

本稿では、視覚障害者の屋外歩行時の安全性を向上させるシステム YochiNavi-予知ナビ-の構築を行う。第2章では、視覚障害者の歩行支援に関する技術要素として、位置情報取得および情報提供手法を挙げ、既存研究との差異を明確にする。第3章では、本研究を進めるにあたって行った実地調査に関して述べる。また調査で得られた結果から、本研究の方向性を明確にする。第4章では、YochiNaviを構築するためのアプローチに関して述べる。環境システムとユーザシステム双方に関して説明し、位置情報取得手法、危険度算出手法、情報提供手法に関して述べる。第5章では、YochiNaviの設計に関して各モジュールの説明をし、第6章では実装環境および開発環境に関して述べる。第7章では、本システムの議論を行ない、第8章で本システムの有用性と今後の展望に関してまとめ、本章の結論とする。

第 2 章

視覚障害者の屋外歩行支援

本章では，まず視覚障害者の歩行支援の手法に関して既存研究をまとめ，その後本研究が対象とする移動体の危険を検知，提供する研究の技術要素に関してまとめる．

視覚障害者の屋外歩行支援の流れを 2 つに分けて整理する．次に本稿が対象とする歩行支援の手法について課題を整理する．また視覚障害者の歩行支援の既存研究やその有用性・問題点を挙げ，本研究との関連性を明確にする．最後に YochiNavi の機能要件を整理する．

2.1 視覚障害者の屋外歩行支援の種類

本項では、視覚障害者を対象とした屋外歩行支援の種類を示し、それぞれの既存研究を挙げて支援手法をまとめる。視覚障害者の屋外歩行支援の研究は多く行われている。大きく分けて以下の3種類に分かれている。

- 障害物検知
- 移動体検知
- 状況認識

それぞれの研究で対象や目的が異なっているが、視覚障害者の歩行支援に共通する大きな目標は危険回避である。

2.1.1 障害物検知

視覚障害者の危険回避を対象とした歩行支援研究で最も行われているのが障害物検知である。視覚障害者が屋外歩行する際に道路状況や障害物を検知するために白杖を用いる。白杖での検知範囲は最大で直径 1m の範囲である。白杖で得られる凸凹や障害物情報に加えて、白杖では届かない範囲の情報をユーザに提供する研究が行われている。例えばユーザが持つ白杖に超音波センサを装着し、前方にある障害物を検知する研究や [21]、ユーザにカメラを装着させ、周囲の歩行者や信号などの情報を音声にて提供する研究 [19] がある。これらの研究はユーザ周辺の危険や障害物を検知するには有用であり、肉体的、精神的負担を軽減可能と考えられる。

2.1.2 状況認識

視覚障害者の歩行支援も、情報を提供するものだけでなく、視覚代行システムの研究も行われている。オーデコ [7] は額における感覚（触覚）を使って物を認識する感覚代行技術を用いている。まずサングラスにつけられた小さなカメラが装着者の眼前の視界をとりこむ。とりこまれた視界の画像は電気刺激により触覚情報に変換される。訓練を積むことで視覚障害者にとって外科手術の必要のない視覚代行システムである。また RFID タグを点字ブロックに埋め込み、白杖に RFID リーダを搭載することでユーザの現在位置や目的地への誘導を行う研究 [21] が行われている。

2.1.3 移動体検知

視覚障害者と移動体の接触事故は多い [22]。また次章で述べるが、移動体が及ぼす視覚障害者への精神的負担は大きく、これを解決することは安全な屋外歩行のためには必要であると考えられる。移動体検知を試みている研究として、環境システムが障害物や移動体を検出し、ユーザ端末に情報提供する Robotic Communication Terminals (RCT) [15] が挙げられる。



図 2.1 AuxDeco

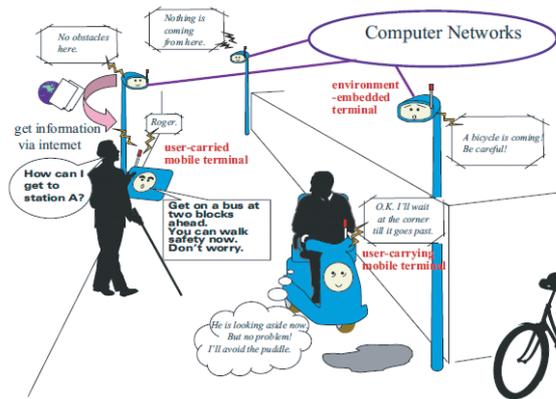


図 2.2 Robotic Communication Terminals

2.2 移動体の危険回避を対象とした屋外歩行支援の流れ

前節では、視覚障害者を対象とした屋外歩行支援の手法をまとめた。本節では、視覚障害者の移動体の危険回避を目的とした屋外歩行支援の流れを3つに分けて整理する。移動体およびユーザの位置情報を取得する段階を位置情報取得フェーズ、それらの情報を統合してユーザに提供する段階を情報提供フェーズと呼ぶ。屋外歩行支援の流れを図 2.3 に示す。次節より、位置取得および情報提供フェーズの詳細を述べる。移動体とユーザの位置情報の取得は、それぞれ位置や進行方向を算出することで、それぞれの位置に応じたサービスや情報提供が可能になるまたユーザを混乱させないように、道路を走る全ての移動体情報を提供するのではなく、ユーザに危険が及ぶ可能性が高い移動体に関してユーザに情報を提供する必要がある。さらに、精神的負担を軽減させるために、ユーザに必要な情報を必要なタイミングで提供することが必要である。

このような屋外歩行支援システムを実現するためには、システムは3つの機能要件を満たす必要がある。第1に移動体とユーザの位置情報、および移動情報である。位置情報とは、移動体やユーザの現在位置である。また、移動体およびユーザの位置情報を継続的に取得することで移動情報を取得することが可能である。移動情報とは移動している方角と速度を指す。これらの情報を統合することで、ユーザに危険を及ぼす可能性のある（ユーザに再接近する）移動体を抽出することが可

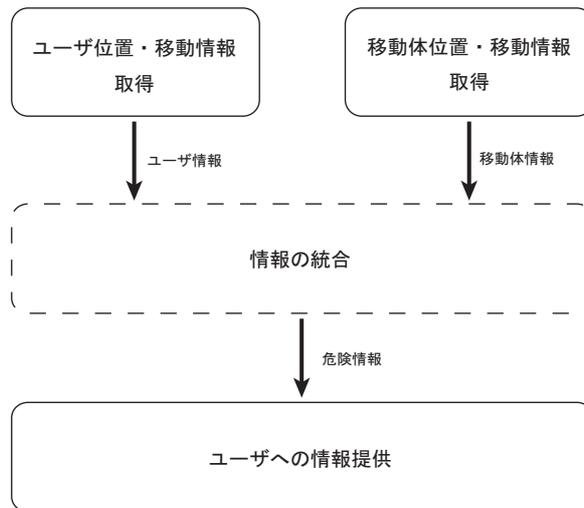


図 2.3 視覚障害者の屋外歩行支援システムの流れ

能である。以下，移動体の移動情報を移動体情報とする。第 2 にユーザへの情報提供である。視覚障害者にとって聴覚は周囲の状況を認識する重要な器官なので，むやみに情報を流すだけではユーザを混乱させる要因になる。危険な移動体を検出した際に，ユーザに適切な質・量・タイミングで情報提供する必要がある。

2.3 位置情報取得フェーズ

本研究では，移動体とユーザの位置情報を取得する。位置情報取得フェーズでは，移動体の位置取得，ユーザの位置取得に分けて整理する。

2.3.1 移動体の位置情報取得

本項では，移動体の位置情報取得に関して述べる。移動体の取得手法としては，移動体にセンサデバイスを装着するか，道路などの環境にセンサデバイスを設置するかの 2 つに分かれている。以下より，それぞれの手法を挙げて利点欠点をまとめる。

移動体にセンサデバイスを設置

移動体や自動車の位置情報取得においては GPS が広く普及している。GPS は，複数の人工衛星からの電波の到達時間を測定し，三辺測量から現在位置を算出するシステムである。カーナビゲーションシステムは GPS データを基に自動車の位置情報を割り出しており，近年では走行する自動車の GPS データを収集し，渋滞情報などを収集する研究 [8] も盛んに行われている。現在，GPS は多くの自動車に装着されているが，全ての移動体の情報を収集する場合，装着を強制することはできない。また，今後も全てのバイクや自転車などに GPS が装着されることは考えにくい。

環境にセンサデバイスを設置

近年、道路など環境側にセンサデバイスを設置し、移動体を検知するシステムが普及しつつある。道路交通情報通信システムセンターの VICS [3] では、道路に設置された光ビーコンや車両感知器が走行する自動車を抑える。

VICS とは、VICS センターで編集、処理された渋滞や交通規制などの道路交通情報をリアルタイムに送信し、カーナビゲーションなどの車載機に文字・図形で表示する情報通信システムである。



図 2.4 VICS

また Yairi ら [14] は道路沿いに設置されたカメラを用いて移動体や歩行者を検出し、ユーザ注意を促すシステムを研究している。カメラ画像を解析することでユーザに接近する移動体を検出し、ユーザに地図データや音声で情報提供する。

移動体位置情報取得手法の比較

ここでは、先述した移動体にセンサデバイスを設置した場合と、環境側にセンサデバイスを設置した場合双方の利点や欠点を整理し、比較する。

● 移動体にセンサデバイスを設置する利点

取得する移動体の情報は、各移動体が取得している位置情報を基にしているため、センサデバイスを設置している移動体であれば確実に、かつリアルタイムの情報を取得可能という利点がある。そのため、GPS を搭載している移動体を検出したい場合、精度の高い情報を継続的に得ることが可能である。

● 移動体にセンサデバイスを設置する欠点

ユーザにとって危険な移動体を検出するためには、全ての移動体を検出する必要がある。自動車ではカーナビに代表される GPS の普及率は、2008 年現在 47 %であるが、ネット接続

が可能なカーナビでは 7.5 %にとどまっている [9]。また普及率も 4 年で約 1 割の増加傾向であるので、全ての自動車の位置を取得するのは困難であるといえる。また今後バイクや自転車など全ての移動体に搭載されることは考えづらい。

- 環境側にセンサデバイスを設置する利点

環境側にカメラなどのセンサデバイスを設置する場合、バイクや自転車など、車種に限らず検知することが可能である。また、光ビーコンや車両感知器は移動体の有無を正確に取得することが可能である。またカメラを用いた移動体検出では、移動体を検出可能なだけでなく、継続的に検出することで移動体の速度や進行方向を検出することが可能である。また今後、近年のロンドンのように街中にカメラが多数設置される環境は想定できる

- 環境側にセンサデバイスを設置する欠点

取得できる情報量の問題がある。光ビーコンや車両感知器を用いた場合、交通量は分かるが、速度はわからない。またカメラを用いた場合、移動体が多数走行している場合やカメラに写る光の影響により正確に移動体情報を取得できない可能性がある。また、移動体を検出する場合、道路にセンサデバイスを多数設置する必要があり、インフラ面のコストの問題がある。

以上より、移動体にセンサデバイスを設置する場合、環境にセンサデバイスを設置する場合双方に利点欠点があり、補完する関係にある。以下の表 2.1 に移動体位置情報取得手法の利点欠点をまとめる。

表 2.1 移動体位置情報取得手法

手法	情報量	検出可能な移動体
移動体		自動車
環境		自動車 + 自転車

2.3.2 ユーザの位置情報取得

本項では屋外におけるユーザの位置情報取得手法に関してまとめる。現在、屋外における位置特定研究としては、GPS および電波強度を用いた研究が多く行われている。以下よりそれぞれの手法を挙げ、利点欠点をまとめる。

GPS による位置取得手法

現在、屋外における位置取得手法は GPS が広く普及している。GPS はカーナビゲーションなどの自動車用システムだけでなく、ez ナビウォーク [5] などの歩行者用ナビゲーションにも用いられている。近年、GPS の精度を地磁気センサや加速度センサを用いて補正することにより、精度を上げる研究 [28] も行われている。

電波強度による位置取得手法

電波強度による位置取得手法は 基地局の電波強度を測定し，三辺測量することで位置を特定する技術である．近年，Wi-Fi や Zigbee，RFID の電波強度を用いた位置情報取得手法の研究も盛んに行われている．Koozyt の PlaceEngine [4] では，Wi-Fi 機器を使用し，現在位置を推定する．アクセスポイントからの電測情報を用いるため，屋内や地下街のように GPS が機能しない場所でも位置を求めることが可能である．Zigbee や RFID は環境にタグやマーカを設置し，それらを読み取ることで位置を推定する．

ユーザ位置情報取得手法の比較

表 2.2 に示した．

表 2.2 ユーザ位置情報取得手法

手法	環境	精度
GPS	屋外	
電波強度	屋外 + 屋内	

2.4 情報提供フェーズ

情報提供フェーズでは，ユーザへの情報提供を行う．視覚障害者は日々の生活の中で主に聴覚や触覚を用いて周囲の状況や環境を把握している．その際に，システムが一方向的に情報提供することは，ユーザの負担にもなりうる．適切なユーザへの情報提供手法として聴覚を用いた情報提供と触覚を用いた情報提供の 2 つに分けることができる．前者は，音声での案内や音響によって情報を提供する．後者は振動や電気刺激により情報を提供する．

2.4.1 聴覚による情報提供

音声

音声を用いた情報提供手法は具体的な情報を提供する際に有効である．例えば目的地までの案内や障害物を検知した場合などに具体的な指示を出すことが可能である．Communications Research Laboratory の Kayama らは [15] ユーザにヘッドホンを装着させ，「前方より歩行者が来ます」といった情報を提供している．音声による情報提供手法は具体的な情報提供が可能であるが，情報提供している間はユーザの聴覚を奪う可能性もある．その間はユーザは周囲の環境音を取得しづらい．この問題を解決するために情報通信研究機構の小山らは [24]，骨伝導スピーカを用いた情報提供を行っている．骨伝導スピーカは，外耳道が空いた状態で装着できるので，環境音が聞き取れ，かつ頭骨に密着するので環境音の影響を受けにくいのが特徴である．

音響

音響を用いた情報提供では、提供する情報を最低限の音響情報により提供することにより感覚的に状況を認識することが可能である。公立はこだて未来大学の金川らは [23]、センサで得られた距離情報を音響情報に変換して出力している。出力される音は距離に応じて音程、音量を変化させ、その音によって距離が感覚的に把握させることを目標としている。音響による情報提供は感覚的に周囲の状況を認識することは可能であるが、例えば前方に障害物がある場合、音程と実際の障害物までの距離感など、学習が必要である。

2.4.2 触覚による情報提供

振動

振動を用いた情報提供では、バイブレータなどを用いて、方向指示や簡単な情報を提供することが可能である。北陸先端科学技術大学院大学の村上らは [25]、目的地までの方向指示に振動を用いている。振動による情報提供はユーザの聴覚を奪わずに情報を提供することが可能であるが、

電気刺激

電気刺激も振動と同様に触覚情報としてユーザに情報提供される。株式会社アイプラスプラスの「オーデコ (AuxDeco)」 [7] は顔における感覚 (触覚) を使って物を認識する感覚代行技術を用いている。まずサングラスにつけられた小さなカメラが装着者の眼前の視界をとりこむ。とりこまれた視界の画像は電気刺激により触覚情報に変換される。訓練を積むことで視覚障害者にとって外科手術の必要のない視覚代行システムである。

2.4.3 ユーザへの情報提供手法の比較

ここでは、先述した聴覚による情報提供と触覚による情報提供双方の利点や欠点を整理し、比較する。

- 聴覚による情報提供の利点
具体的な言葉としてユーザに指示や警告を出すことが可能である。もしくは音色や音量などの音響情報により感覚的に指示を出すことも可能である。
- 聴覚による情報提供の欠点
情報提供している間、視覚障害者の状況把握に重要な役割を果たす聴覚を奪う可能性がある。視覚障害者は周囲の音から空間や環境を把握しているため不適切な質、量、タイミングの情報提供は混乱させる要因になる。
- 触覚による情報提供の利点
聴覚を奪うことなく情報提供が可能である。ユーザは普段通りに歩行しながら触覚を通じて情報を受け取ることが可能である。

- 触覚による情報提供の欠点

触覚による指示では刺激を与える場所や刺激の与え方による簡単な指示しか出せない．複雑な情報や指示を提供する場合は学習が必要である．

2.5 既存の屋外歩行支援手法の問題点

本研究では視覚障害者の屋外歩行時の精神的負担を軽減させることを目的とする．本節では精神的負担という点で既存手法の問題点を述べる．精神的負担の軽減のために危険回避手法と情報提供手法の観点から述べる．

2.5.1 危険回避

既存の屋外歩行支援手法では，ユーザ周囲の障害物を検知し，情報を提供する研究が多い．そのため，障害物などを検知するには有用であるが，視覚障害者の精神的負担を高めている自動車や自転車などの速度の速い移動体の情報を検知，提供するには検知範囲が狭いという点が挙げられる．例えば既存研究では，図 2.5 や 2.6 のように交差点での出会い頭の自動車の接近や，後方からユーザの横を通り過ぎる自転車などを検知することは困難である．



図 2.5 出会い頭の接触危険

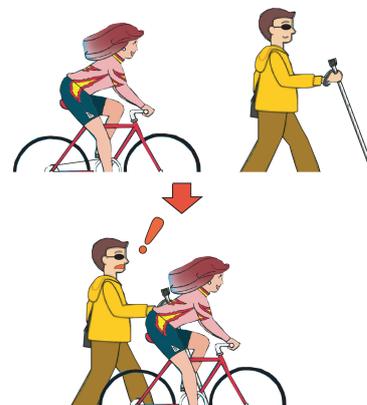


図 2.6 自転車との接触危険

2.5.2 情報提供手法

検知した移動体の情報提供手法も考慮する必要がある。提供する情報の質・量・タイミングが適切でないと、ユーザを混乱させるだけでなく、視覚障害者にとって重要な聴覚を奪うことになりかねない。既存研究では、視覚障害者の聴覚を奪わないように鼓膜を介さない骨伝道で情報を提供する手法 [16] がある骨伝導による情報提供により、周囲の音も聞きながら情報も聞くことが可能である。しかし提供する情報量が多い、またはタイミングが悪ければユーザを混乱させる要因となる。また振動を用いて情報提供する研究 [25] も行われている。しかし振動を用いた場合、情報量の少なさや誤認識が考えられる。

2.6 本章のまとめ

ここで本章のまとめを行う。本章では、視覚障害者の屋外歩行支援の流れを2つに分けて整理した。次に視覚障害者の歩行支援の種類に関してまとめ、移動体の危険回避を対象とした屋外歩行支援の流れを述べた。また視覚障害者の歩行支援の既存研究の有用性・問題点を挙げた。

第3章

視覚障害者の屋外歩行

本章では、視覚障害者の屋外歩行の実態や特徴などに関して述べる。最初に8月より行ってきた盲学校でのボランティア活動をまとめる。次に事前調査、フィールドワーク、インタビューで得た結果をまとめ、視覚障害者のニーズと本研究の方向性を明確にする。

3.1 横浜訓盲学院における調査

本節では、7月19日より行ってきた盲学校での活動に関して述べる。本研究を始めるにあたり、本当に視覚障害者が必要とするシステムを構築するため、神奈川県横浜市山手にある学校法人横浜訓盲学院（以下訓盲学院）にてボランティアとして週に1回活動してきた。訓盲学院は、119年の歴史を誇るキリスト教系の盲学校である。幼稚部、小学部、中学部、高等部普通科・専攻科までの全課程があり、教育過程は重複障害教育と理療科教育に大別される。2007年度、全国に先駆けて重複障害教育を行う専攻科生活科を開設するなど、重複障害生徒のより豊かな社会自立の実現を目指して、実習を中心とした実践的な教育を行っている。理療科は盲学校の職業課程で、あん摩・マッサージ・指圧師の資格を取得する本科保健理療科と、あん摩・マッサージ・指圧師、鍼師、灸師の資格を取得する専攻科の課程がある。



図 3.1 学校法人 横浜訓盲学院 普通部



図 3.2 学校法人 横浜訓盲学院 理療科



図 3.3 社会福祉法人 横浜訓盲院

訓盲学院では、視覚障害者の実態・ニーズなどの事前調査、フィールドワーク、教職員および生徒へのインタビューおよび評価を行った。事前調査として訓盲学院を選択したのは、以下の3点の

理由が挙げられる。

- 幼稚園～成人まで幅広い世代の視覚障害者が在籍しているので、年齢別に様々な調査が可能。
- 横浜訓盲院という児童福祉施設を併設しており、日々の生活に関してもフィールドワークが可能。
- 生徒と接している教職員やボランティアの現場の声を聞くことが可能。

ここでは事前調査、フィールドワーク、インタビューに関して述べ、本研究のアプローチを明確にする。

3.1.1 調査手法

横浜訓盲学院での調査手法は以下のとおりである。

事前調査

本研究を行うにあたり、まず視覚障害者が屋外歩行においてどのような場面で危険を感じるか、精神的負担が高まるか、どのような情報があると歩きやすくなるかを調査した。私は7月19日および26日の2日間、訓盲学院の長嶋教頭に視覚障害者の屋外歩行の実態やニーズに関して調査を行った。

フィールドワーク

さらに研究の方向性を明確にするために、8月26日よりボランティアとして毎週金曜日に訓盲学院にてフィールドワークを行ってきた。ボランティアとしての活動は、歩行に関しては主に以下のカリキュラムをサポートする形で行った。

- 幼少グループにて屋内歩行訓練（伝え歩き、白杖を用いた歩行、目印となるポイント）
- 小中グループにて屋外歩行訓練（白杖の使用方法、道路の歩き方、誘導ブロックの活用、注意点など）
- 目的地と自分の位置関係など空間を把握するための訓練

インタビュー

放課後や休み時間などに教職員の方々に視覚障害者の歩行や生活に関して話を伺った。視覚障害者のニーズや屋外歩行における危険や問題点に関して質問や議論を重ねた。主な質問内容は以下のとおりである。ご協力を頂いた教職員は、普通部では石田先生、斉藤先生、理療科で歩行訓練士である大山先生、長嶋教頭の4名である。主な質問内容は以下のとおりである。

- 屋外歩行時にどのような場面で精神的負担が高まるか
- どの器官をどのように働かせて空間や障害を認識しているか
- 歩行動作で特徴的な部分はあるか

それに対する回答では，教育者としての考えが多く含まれているものが多かった．

3.2 調査結果

本項では訓盲学院での調査結果を示す．

3.2.1 視覚障害者の屋外歩行時の危険とニーズ

視覚障害者は道路の段差や傾斜だけでなく，脇道や後方から急に飛び出てくる人や自転車、自動車に危険を感じる事が分かった．また，周囲の音によって自動車などの存在は把握できるが，訓練されていないと進行方向や交通量の把握は困難である．そのため，慣れていても道路を渡る際の判断は難しいという．そこで少し先にある物、起こりうる事の情報を知ることができれば心身の準備ができるという．具体的なタイミングとしては，5秒～10秒後の危険や障害を把握できると有用であろうという意見を得た．理由としては，タイミングが早すぎてもユーザは行動に困り，遅すぎても危険回避が困難である点が挙げられる．また欲しい情報の種類としてはどの方角からどのような危険が迫っているかという情報を提供できれば有用であろうという意見を得た．第2章で挙げた既存研究では，電柱や段差，歩行者など動かないあるいは低速で移動する障害物に関してはユーザに装着したカメラやセンサを用いて検知し，ユーザに情報提供することが可能であった．しかし自転車や自動車などの移動する障害物に関しては検出や情報提供が困難であった．移動体に関する精神的負担を軽減したいというニーズはあるものの，具体的な解決策が示されていないことが分かった．

3.2.2 屋外歩行の特徴，実態

ここでは，私が行ってきた調査結果より視覚障害者の屋外歩行時の精神的負担や特徴に関して述べる．

周囲の認識・検知に関して

視覚障害者の単独歩行においては，周囲の環境の認識は，主に聴覚と触覚（白杖での認識，足裏の振動など）を用いている．人間は外部から取得する情報の8割は視覚から得ている．視覚障害者は，視覚情報を得にくい分，聴覚や触覚が晴眼者より発達していると言われている．中でも，聴覚からの情報は人や自動車など周囲の環境を把握する場合のみならず，声の響きなどで空間を把握する場合にも重要な働きをする[29]．障害の程度とキャリアによるが，人によっては反射音によって壁や柱などの障害物や空間を認識できる．これは障害物知覚と呼ばれる．

視覚障害者の傾向として，白杖（触覚）による検知および自身の耳（聴覚）による検知によって周囲の情報を取得，状況を判断している．また自分のすぐ周辺の凹凸や障害物などは白杖により認識し，さらに広い範囲の移動体やを耳からの情報によって認識している．

歩行動作の特徴

歩行動作の特徴としては、以下の2点が挙げられる。

- 速度が遅い（おおむね 1m/s 以下）
- 頭は動かさない

歩行速度は、慣れている道を歩行する際にもおおむね 1m/s を超えることはない。移動体の速度と比較して無視できる速度であることから、ユーザに関しては歩行速度を算出せずに、歩行軌跡より進行方向のみ取得することとした。また多くの視覚障害者において、歩行時に頭をほとんど動かさないことが分かった。このことから、ユーザの進行方向と顔の向きは一致しているものとし、「右からの接近する」「後方からの接近する」といった方向の情報提供も有用であると考えられる。

精神的負担

視覚障害者は、健常者と比較し屋外を歩く際に大きな精神的負担を強いられる。精神的負担は大きく2つの種類に分かれていると考えられる。1つは、視覚障害者周囲の障害物に対する精神的負担である。これは道路の段差や傾斜であったり、道路にある電柱や標識あるいは放置自転車といった障害に対する負担である。視覚障害者は白杖を用いて単独歩行する際、自分より1、2歩先の道路状況を探っている。道路の段差や傾斜、柱や壁の有無の判断は、特に慣れていない道路であると精神的な負担になりがちである。これらの障害に関しては白杖をうまく使用するようになることで逆に道路を歩行する際に歩道と車道の境界を見つけたり、目的地までの目印になる。放置自転車やゴミが誘導ブロックの上に置かれている場合に大きな負担になる。

もう1つの負担は視覚障害者が検知しづらい障害に対する精神的負担である。ユーザが検知しづらい障害とは、移動する障害である。例えば歩行者、自転車、自動車、電車が挙げられる。特に音を発しない障害や、速い速度ほど検知しづらく、これらの障害は急接近した際の驚きが大きく、さらに接触した場合のダメージも大きい。移動する障害に関して、発する音の大きさと速度の関係を図3.4に示す。次にそれぞれの移動する障害に関して述べる。視覚障害者にとって歩行者は、歩行時に発する音は小さく検知しづらいが、自転車などと比較すると低速であり、回避しやすいため比較的危険は少ない。また第2章で挙げたようにユーザにカメラを装着し、画像を解析することで歩行者を検出する研究は行われている。またホームにおいて電車との接触事故は報告されているが[10]、これはホームに安全柵などを設置することである程度回避できると考えられる。一方、自転車や自動車はある程度速度が速い上に検知や回避が困難である。自転車は走行時にあまり音を発さず、かつ高速であるため検知しづらい。自動車も近年はハイブリッドカーなど走行音がしづらい車種が多く、かつ複数台走行している場合は音が混ざり、正しい検知、正しい判断は困難である。また移動体の速度が速い場合や道幅が狭く、危険を回避するスペースが少ない場合も移動体に対する精神的負担を高める要因になっている。

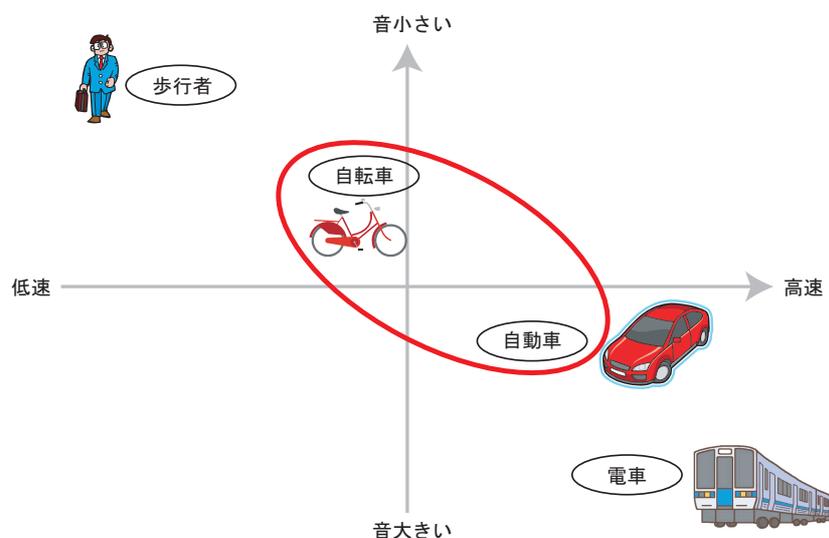


図 3.4 移動する障害

3.3 本研究の方向性

本項では、前項までの調査を踏まえたうえで構築するシステムの考察を行う。視覚障害者の屋外歩行時における要求事項は2点ある。

- 5秒後、10秒後といった少し先に起こりうる移動体との接近
- ユーザへ提供する情報の適切な質・量・タイミング

視覚障害者の歩行速度は移動体と比較して無視できる速度であるので、本システムでは、ユーザの歩行速度は考慮せず、ユーザの位置と進行方向のみを考慮することとした。調査により、視覚障害者は単に歩くことに対してだけでなく、自動車や自転車などの移動体にも気を配る必要があった。

ユーザ周囲の障害物などに関しては、既存研究で行われているが、屋外をより安全に歩行するためには移動体を検知し、ユーザに提供する必要がある。既存研究では、広くてもユーザの周囲10m程度の範囲に関して障害物検知などを行ってきた。図3.5、図3.6の赤や黄色の部分である。本研究では、ニーズはあったが手法が確立していなかったユーザの周囲200mの範囲の危険に関して焦点をあて、研究を行った。

YochiNaviは、既存の視覚障害者歩行支援システムと組み合わせることで、視覚障害者の幅広いニーズに応えられるのではないかと考えている。

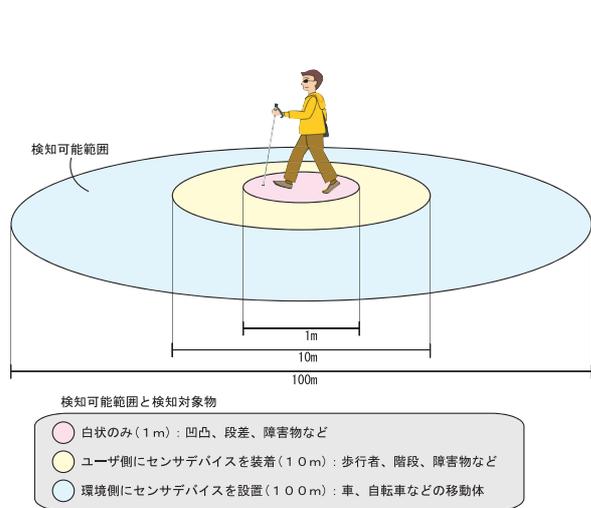


図 3.5 研究領域 1

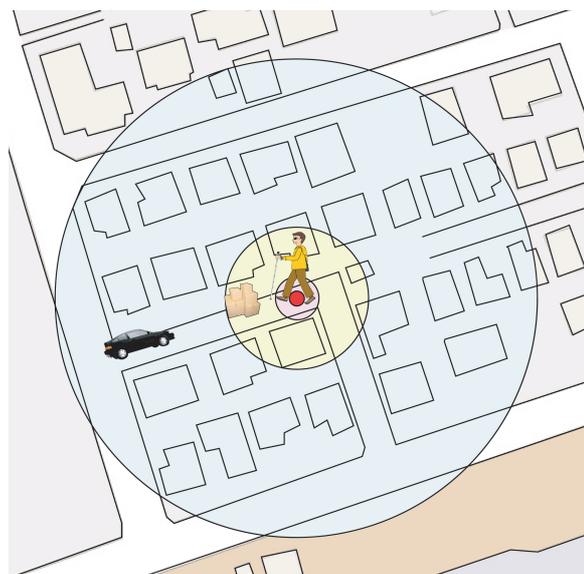


図 3.6 研究領域 2

3.4 本章のまとめ

本章では、視覚障害者の屋外歩行の実態や特徴などに関して述べた。最初に 8 月より行ってきた横浜訓盲学院でのボランティア活動をまとめた。次に事前調査、フィールドワーク、インタビューで得た結果をまとめ、視覚障害者のニーズと本研究の方向性を明確にした。

第 4 章

YochiNavi のアプローチ

本章では，YochiNavi のアプローチに関して述べる．まずシステムの概要および想定環境を示す．次にアプローチの具体的な手法である移動体動作予測手法および情報提供手法に関して述べる．

4.1 システムの概要

視覚障害者の移動体に対する精神的負担を軽減させる YochiNavi-予知ナビ-を提案，構築する．YochiNavi では，5 秒後，10 秒後といった少し先に起こりうる移動体との接近情報（以下，危険情報）を提供することで，精神的・肉体的に余裕を持って危険回避を可能にする．本システムでは，「危険なものが来た！」ではなく，「危険なものが来る！」という情報を提供する．

本システムは環境側とユーザ側のシステムからなる．環境側はネットワークカメラと画像処理する PC で構成されている．ユーザ側は，携帯端末と GPS で構成されている．ユーザはこの端末を身に着けることを想定している．システム使用シナリオを図 4.1 に示す．ユーザが道を歩いていると，『左に避けましょう．およそ 10 秒後，後方より自転車が通過します。』といった情報が音声にて片耳イヤホンから提供される．ユーザが収集する情報はユーザ周辺のネットワークカメラの情報である．ユーザの位置から周囲 200m の範囲の環境システムの情報を無線で収集する．

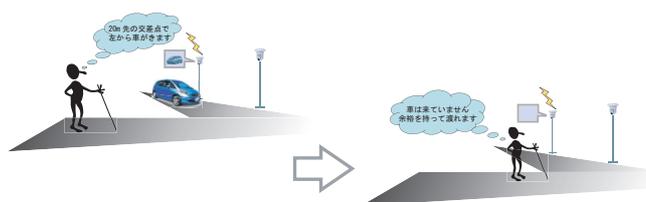


図 4.1 システム利用例

YochiNavi は，位置・進行方向・速度といった移動体情報およびユーザ情報から危険度を算出し，ユーザに危険情報を提供する．そのために，詳細な地図情報が必要である．地図データには，通りごとに ID が振られており，道路幅といった情報も付加されている．地図情報とユーザ，移動体情報のマッピングを行う．YochiNavi を使用すると，ユーザの周囲のネットワークカメラが移動体を検知し，移動体の速度や進行方向などの情報とユーザの位置，進行方向からユーザに危険が及ぶ可能性が高い場合にいつ頃・どこで危険があるかを推定する．本システムの新規性は 2 点ある．1 つは今まで検知が困難だったがユーザにとっては脅威だった移動体の情報をユーザに提供する点，1 つは適切な情報を適切なタイミングでユーザに提供する点である．

本システムの処理の流れを図??に示す．

4.2 想定環境

4.2.1 対象とする道路

本研究では藤吉ら [26] と同様に，対象とする道路は歩行者・二輪車・自動車が共存するような，比較的流量が少ない（その分規則性が少ない）道路を対象とする．ユーザが状況を認識しやすい大通りなど車の往来が多い（規則性が高い）通りを除くことで，よりニーズに則した研究が行えると

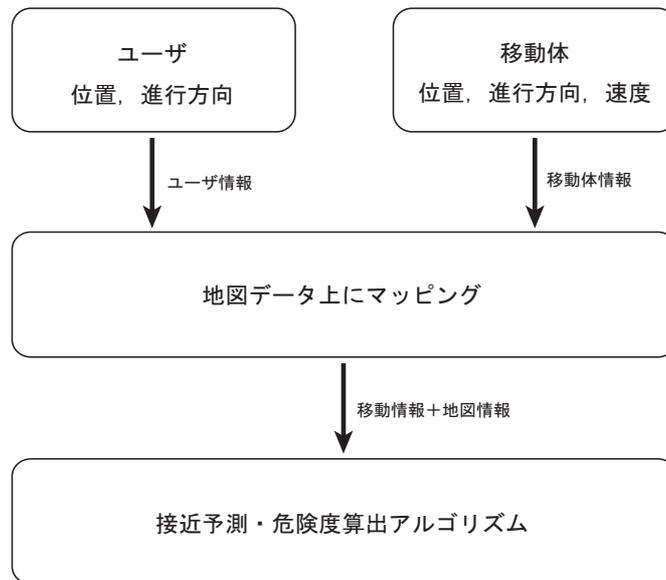


図 4.2 システムの処理の流れ

考えられる。

4.2.2 カメラ環境

本研究では、道路沿いにネットワークカメラが設置されている環境を想定している。図 4.3 にネットワークカメラの設置イメージを示す。



図 4.3 ネットワークカメラ

4.2.3 無線環境

本研究にネットワークカメラとの通信は必要不可欠であるので、街中でネットワーク環境が整備されている環境が必要である。現在 WiMAX の研究も盛んに行われており、実証実験も行われているので、将来的に可能であると考えられる。

4.2.4 地図データ

ネットワークカメラの情報を収集するサーバ上で管理される道路の通り情報を含んだデータベースである。具体的には、各通りに ID が割り振られ、streetID ごとに道幅や交差した streetID を持つ。地図上の絶対二次元座標をキーに検索することでこれらの通り情報を取得できる。ネットワークカメラの位置情報も付随され、データベースに保存されている。

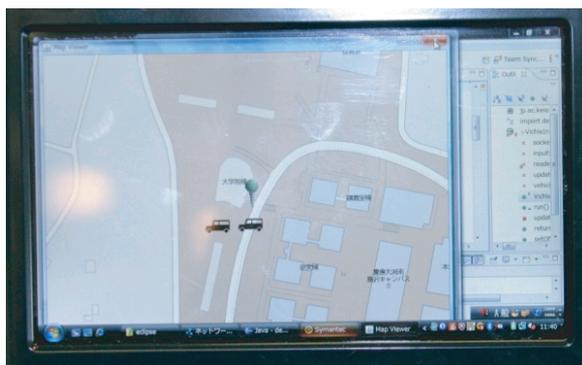


図 4.4 ユーザと移動体のマッピング

4.3 危険移動体抽出アルゴリズム

危険移動体算出アルゴリズムは、危険度という指標を用いる。危険度とは、ユーザに危険が及ぶ度合である。同じユーザに接近する移動体でも、ユーザの位置（直線道路、交差点の近く等）や移動体の状況（速度、車種）、環境（道幅の狭さ）に応じてユーザに及ぼす危険は変化する。そのため、危険度によってフィルタリングすることで、ユーザにとって危険と考えられる移動体を抽出する。ユーザの歩行速度は、移動体の速度と比較して無視できる程度の速度（歩行速度 = 1m/s 以下）であるとし、取得しない。本アルゴリズムの流れを図 4.5 に示す。本アルゴリズムの処理として 2 つのフェーズがある。1 つはユーザに接近する移動体を抽出するフェーズ。もう 1 つは接近する移動体の危険度を算出するフェーズである。次に各フェーズに分けて説明する。まず、ユーザの周囲のネットワークカメラを画像解析することで走行する移動体の情報を取得する。取得した各移動体および GPS で取得したユーザの位置情報を共通の 2 次元座標に変換する。共通の座標上にプロットすることでユーザ周囲 200 m 以内の移動体を全検索することが可能になる。次に 200 m の範囲内の移動体の中でユーザに接近する可能性のある移動体を抽出するために、移動体およびユーザの位置情報から通り情報を収集する。ユーザと同じ通りあるいはそこと交差している通りを走行している移動体を抽出する。それらの移動体の位置や速度、進行方向といった情報とユーザの位置情報より、移動体とユーザの距離や接近までの時間が算出できる。これらの情報および地図情報を用いることで、危険度を算出する。つぎに危険度に用いるパラメータに関して述べる。

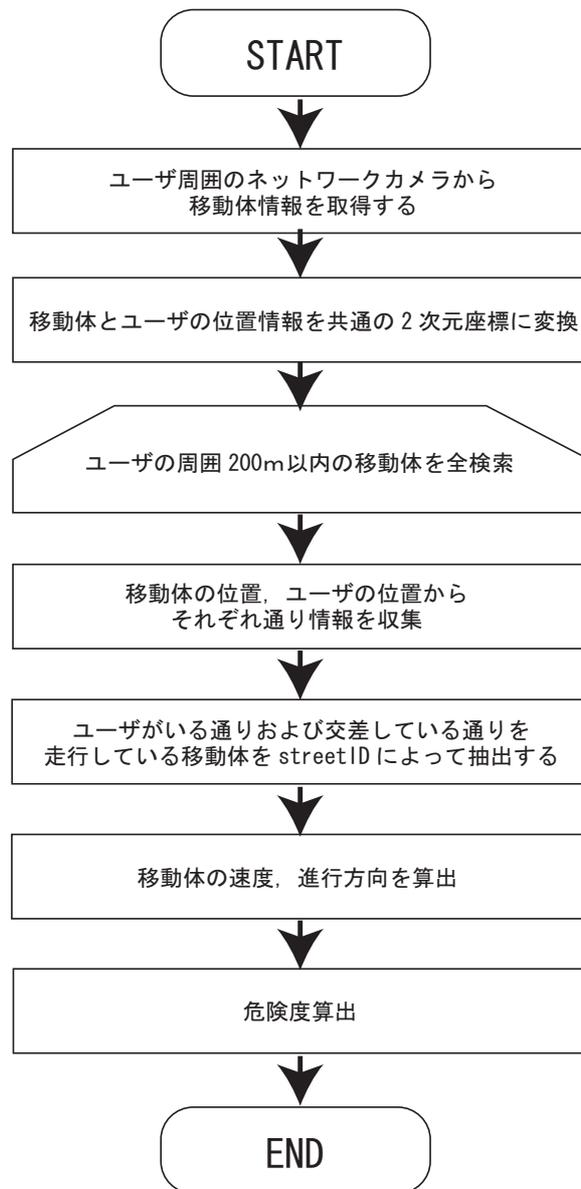


図 4.5 危険移動体抽出アルゴリズム

第3章のインタビュー結果より，ユーザの精神的負担を軽減させるために必要なデータとして以下の4点が考えられる．道幅や速度など，ユーザの精神的負担高める要因を危険度として用いる．接近する移動体に関して4点をパラメータとして危険度を求める．

1. 通り情報 s (0~2)
2. 道幅 w (1~3)
3. 移動体の速度 v (実際の速度/10 m/s)
4. 移動体との距離 d (実際の距離/10 m)

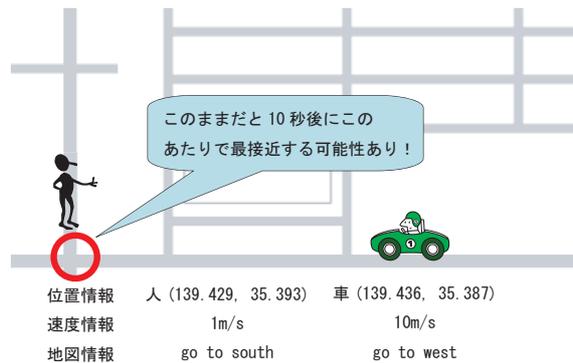


図 4.6 危険度

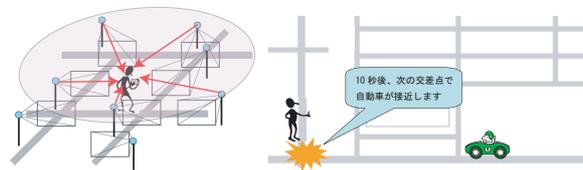


図 4.7 危険度算出

危険度は、 $s(w+v+d)$ によって求める。

本アルゴリズムでは、危険な移動体とする判断材料として上記パラメータを用いる。以下、各パラメータの設定に関して述べる。

通り情報： ユーザと同じ通り（以下、本通り）か、そこに交差あるいは派生している通り（以下、派生通り）に移動体が走行している場合にパラメータを上げる。本通りに移動体がある場合が最もパラメータは高いが、ユーザが交差点ゾーンの入ると、交差している派生通りのパラメータが本通りと同等になる。

道幅： ユーザと移動体の接近は狭い通りの方が危険であるとし、パラメータを上げる。

移動体の速度： 移動体の速度と比例してパラメータを上げる。

移動体との距離： ユーザと移動体との距離と反比例してパラメータを上げる。

$s(w+v+d)$ が閾値を超えた移動体に関してユーザに通知する。

本システムでは、複数の危険移動体がユーザに向かっている場合、一つ一つの移動体に関して情報を提供してはユーザが混乱するので、地図データ上で前後を走行する移動体同士の距離が近い場合、あるいは多数の移動体が走行している場合は、個別の移動体として扱うのではなく、「複数の移動体」として抽象的に表現することで、システムとしても簡便化する。

4.4 情報提供手法

本節では、ユーザへの情報提供手法に関して述べる。危険情報は、システムがユーザに危険を及ぼしそうな移動体を検知した場合に時間的に余裕を持ってユーザに提供する。ユーザには音声で危険情報を提供する。音声を用いるのは、2.4 項で述べたように必要な情報を的確にユーザに伝えることができるためである。しかし単純に音声情報を流すだけでは、ユーザを混乱させたり、視覚障害者にとって重要な聴覚を奪いかねない。

提供する情報は、適切な種類とタイミングが求められる。以下でそれぞれに関して述べる。

4.4.1 提供する情報の種類

ユーザの精神的負担を軽減させるために、第 3.2 項の内容に基づき、次の情報を提供する。ユーザに提供する情報の種類は次の 3 つである。ユーザに危険が及びそうな場合に、

1. アラート音
2. どの方角から
3. どのような危険が迫っているか

を提供する。危険が迫っているアラート音を発した後、どこからどのような危険が迫っているかを提供することで、その方角に意識を向けることが可能である。また、ユーザにとっての前後左右はユーザの進行方向を基に指示を出す。また、例えば道路を渡る場合に、何も危険がない場合には「危険がありません」といった情報を提供することで、より安全に歩行できると考えられる。

4.4.2 情報を提供するタイミング

本項では、危険情報を提供するタイミングに関して述べる。情報提供のタイミングは、早すぎても遅すぎても意味を成さない。例えば 1 分後の危険を通知してもユーザは何をしたら良いか分からず、一方で情報提供が遅すぎてもユーザの精神的負担は軽減されない。

ユーザのニーズとして情報を欲しいタイミングがある一方、システムとしての精度も求められる。ユーザの危険通知してほしいタイミングの条件を満たし、かつシステムとしての精度を保つ必要がある。

今回の想定は一般道なので、速くても時速 60 キロである。直線道路であった場合、160m 手前で検知すれば約 10 秒前にユーザに提供することが可能である。そこで本研究では危険が迫る 5 秒 ~ 10 秒前に危険を通知するのがベストであると考えた。YochiNavi では、ユーザを中心とする半径 200m の範囲のカメラの情報を取得し、解析する。

ユーザと移動体が接近するまでの時間は、ユーザ周囲の環境システムから送られてくる移動体情報とユーザ情報より算出する。移動体情報を継続的に取得することで移動体との距離と速度が求まるので、そこからユーザと移動体が接近するまでの時間を求める。

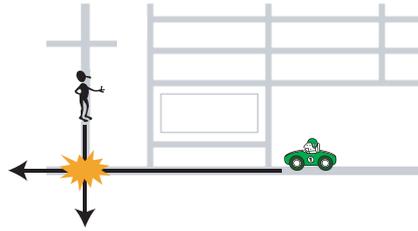


図 4.8 危険通知を行う場合

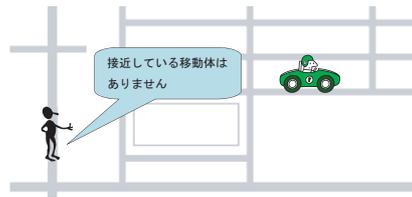


図 4.9 安全通知

4.5 本章のまとめ

本章ではまず、本研究の目的を実現するためのアプローチについて述べた。次に、そのアプローチの具体的な実現手法である移動体の検出手法、移動体の接近予測手法、危険度算出手法に関して述べた。次章では、YochiNavi の設計に関して述べる。

第 5 章

YochiNavi の設計

本章では，YochiNavi の設計に関して述べる．

5.1 機能要件

YochiNavi の機能要件としては、

- ・ 実時間での危険通知の保障
- ・ 複数多種に対応する移動体情報取得
- ・ 詳細な地図情報とユーザ、移動体情報のマッピング

が挙げられる。1 は 5 秒後～10 秒後に危険な移動体の情報を提供するためであり、2 は本研究が想定する道路上において複数かつ多種を判別する必要があるためである。3 は地図情報を用いて危険な移動体を判別するためである。

5.2 設計概要

本項では、YochiNavino システム構成と各モジュールの動作概要を述べる。

5.2.1 システム構成

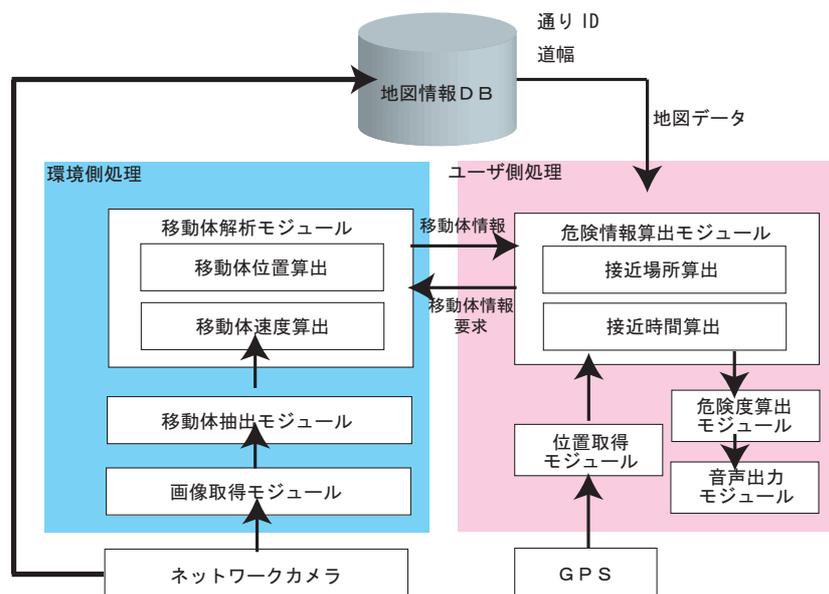


図 5.1 システム構成

YochiNavi のソフトウェア構成を図 5.1 に示す。YochiNavi は主に環境端末側の処理とユーザ端末側の処理に分かれている。環境端末側の処理は、画像取得モジュールと移動体解析モジュールからなる。ユーザ端末側の処理は、位置取得モジュール、危険度算出モジュール、音声出力モジュールからなる。移動体解析モジュールは、カメラ画像を解析して移動体を抽出、移動体の位置などを

算出して地図データを更新する．危険度算出モジュールは，移動体解析モジュールで得た移動体情報と地図データよりユーザに危険を及ぼす可能性のある移動体を検出し，ユーザに情報を提供する．

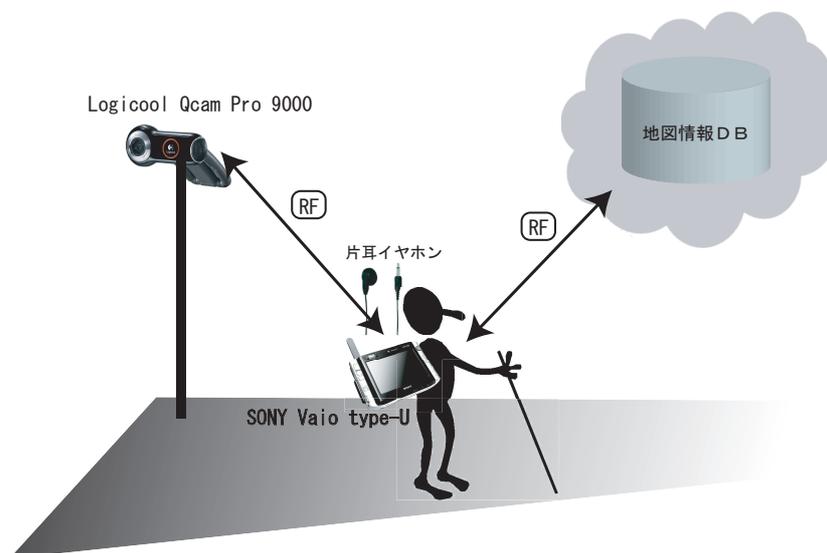


図 5.2 ハードウェア構成

YochiNavi のハードウェア構成を図 5.2 に示す．YochiNavi は移動体を認識，解析するネットワークカメラ，ユーザの位置や危険度を算出する携帯端末，地図情報データベースで構成されている．それぞれの機器間は無線 LAN で通信が行われる．

5.2.2 動作概要

次に YochiNavi の動作概要を述べる．YochiNavi は，環境側処理とユーザ側処理に分かれている．まず環境側の処理では，移動体の位置情報を取得する．移動体の位置情報はネットワークカメラの画像を背景差分によって移動体を抽出する．抽出した移動体に関してフレームごとの差分を見ることで速度を算出する．また画像内の位置情報を緯度経度の座標に変換することで位置情報を求める．一方ユーザ側の処理では，まずユーザの位置情報は GPS を用いる．GPS 情報に基づいてユーザ位置を更新する．位置を取得したのち，環境側で処理した移動体情報，地図情報データベースから地図情報を取得する．これらの情報を随時更新し，処理することでユーザと移動体が接近する場所や時間を算出する．さらに速度や道幅といった情報から危険度を算出し，危険度によってフィルタリングした移動体情報をユーザに提供する．

YochiNavi は大きく分けて移動体情報取得手法，接近予測手法，危険度算出手法からなる．以下にそれぞれの概要と各モジュールに関して詳細に述べる．

移動体情報検出

カメラ画像を解析して、移動体の位置情報を検出する。カメラ画像を背景差分によって移動体のみを抽出する。地図データ上でネットワークカメラ関連付けられている位置情報より移動体の位置情報を取得する。

接近予測

ユーザの周囲のネットワークカメラから走行する移動体情報を取得する。ユーザと同じ通りおよびその通りと交わる通りを走行している移動体を streetID によって抽出する。取得した移動体とユーザとの距離を継続して算出することにより、各移動体の速度および進行方向を算出する。ユーザに接近している移動体を抽出する。

危険度算出

危険度は接近する移動体に関してユーザ情報、移動体情報、地図データの情報を用いてフィルタリングすることにより、ユーザに危険が及ぶ移動体を抽出する。危険度の指標としてユーザと同じ通りに移動体がいるか、道幅、移動体の速度、移動体の距離から求める。危険度が高い移動体に関してユーザに通知する。

5.3 各モジュールの詳細

5.3.1 移動体抽出モジュール

移動体抽出モジュールでは、カメラから取得してきた画像を背景差分により移動体のみを抽出するモジュールである。抽出した移動体は移動体解析モジュールに出力される。

5.3.2 移動体解析モジュール

移動体解析モジュールは、抽出された移動体の位置や速度を算出して地図データを更新する。具体的には抽出された移動体を二値化し、移動体の矩形を求める。その移動体の矩形がフレームごとの差分を抽出することで速度を求める。移動体の位置は地図情報とマッピングされているカメラの位置情報に基づき、画像内の位置から緯度経度に変換される。算出した位置情報および速度情報は、ユーザ端末の要求に応じて情報提供される。

5.3.3 危険情報算出モジュール

危険情報算出モジュールは、移動体解析モジュールで得た移動体情報と地図情報よりユーザに危険を及ぼす可能性のある移動体を検出し、ユーザに情報を提供する。具体的には、まず地図情報データベースよりユーザ周辺の移動体情報を取得する。ユーザと移動体の位置および移動体の通り

情報，速度からユーザに接近する可能性のある地図情報上の場所と時間を算出する．危険情報は地図情報と共に危険度算出モジュールに出力される．

5.3.4 危険度算出モジュール

危険度算出モジュールでは，算出してきた移動体の速度・ユーザと移動体との距離，および地図情報（通り情報・道幅）より求める．危険度によってフィルタリングされ，危険度が高い情報に関してユーザに音声出力される．

5.3.5 音声出力モジュール

音声出力モジュールでは，危険度算出モジュールにおいて算出されたユーザに提供すべき情報を音声出力するモジュールである．音声出力では，どの方角からどのような危険が迫っているかといった情報を提供する．

5.4 本章のまとめ

本章では，YochiNavi の設計に関して述べた．

第 6 章

YochiNavi の実装

本章では YochiNavi の実装について述べる。まず、実装デバイス環境および実装ソフトウェア環境について述べ、その後画像解析による移動体の抽出に関して述べる。

6.1 実装環境

本項では，YochiNavi の実装環境を述べる．実装に用いた環境を表??，??に示す．

6.1.1 実装デバイス環境

実装デバイスとして，web カメラ (Logicool Qcam Pro 9000) と PC2 台 (IBM ThinkPad T43p, SONY Vaio Type-U) を使用した．Qcam Pro 9000 は道路沿いに設置し，走行する移動体情報取得デバイスとして使用し，ThinkPad T43p は取得した画像を解析し，移動体検出，位置，速度の算出に使用した．また Vaio Type-U は危険度を算出し，移動体情報を音声出力により提供するユーザ端末として使用した．

表 6.1 実装デバイス環境

項目	説明
Logicool Qcam Pro 9000 移動体検知用デバイス	web カメラ
IBM ThinkPad T43p 画像解析	ノート PC
SONY Vaio Type-U 危険度算出，ユーザ端末	携帯 PC



図 6.1 環境側端末



図 6.2 ユーザ側端末

6.1.2 実装ソフトウェア環境

YochiNavi は，ネットワークカメラの環境側およびユーザ端末側共に WindowsOS 上で開発し，それぞれ Visual C++ 2005，Eclipse を用いた．画像解析においては OpenCV を使用した．

表 6.2 実装ソフトウェア環境

OS	Windows XP professional SP2	
CPU	PentiumR M プロセッサ 730 1.6GHz	
メモリ	1GB	
言語	C++, java	
開発環境	Visual C++ 2005, Eclipse	
ライブラリ	OpenCV	
無線 LAN	802.11b	

6.2 移動体の抽出

使用した Qcam Pro 9000 は、市販の web カメラであり、解像度および FPS は 1600x1200/30fps である。

6.3 本章のまとめ

本章では YochiNavi の実装について、実装概要と実装環境について述べた。

第7章

評価

本章では， Yochinavi の評価について述べる．

7.1 システム性能評価

移動体を撮影した複数の動画を処理させ、システムが判断した移動体到達時間と実際の到達時間を比較する。動画内の一定区間を通る移動体の誤差を計測することでシステムの性能評価を行う。本システムでは、カメラ画像を解析して移動体情報を抽出後、それらをユーザ端末に無線 LAN を通じて送信している。システムの処理と、ネットワークを通じた誤差は、2 秒以下であった。システムの処理が重くなりすぎないように予め提供する情報において、全ての処理で 2 秒以下という数値は使用に耐えうるものだと考えられる。

7.2 ユーザビリティ評価

ユーザビリティ評価では、健常者 5 名をアイマスクにより目の見えない状態にして評価を行った。まず目の見えない状態にして、歩行コースを歩いてもらい、障害者の心理的な状態を把握してもらう。その上でシステムが情報提供し、そのような変化があったかを調査した。評価は主に以下の項目に関してアンケートを行った。

- ・精神的負担の軽減
- ・情報提供のタイミング
- ・情報に気をとられるか

精神的負担に関しては、5 名全て精神的負担が軽減された。情報提供のタイミングに関しては、10 秒前だと待ち時間が長すぎるという評価が多かった。提供するタイミングに関しては考慮する必要がある。また 10 秒待っている間に何かしらのアナウンスがあると安心するといった意見を得た。提供する情報に気をとられるか（環境音取得を妨げるか）ということに関しては、5 名全員今回提供した情報量では問題はないとのことだった。

7.3 移動体検出

本研究では、カメラ画像の背景差分を用いて移動体を検出し、高い精度で移動体を検出することができた。かつ複数台の自動車の検出も高精度であった。また検出した移動体に関して速度や進行方向を求めることも可能であった。しかし背景差分では、光の変化に弱く、長時間システムを稼働させることには適していなかった。今後は背景画像を必要としないフレーム間差分によって移動体を検出する手法が考えられる。

7.4 危険度算出

本システムでは、危険度という指標を設けることで、全ての移動体情報を提供するのではなく、ユーザに危険を及ぼす可能性の高い移動体を抽出することが可能となった。また実際には危険度が

高くないケースでも高い危険度を算出するケースもあったので、今後も改善が必要である。

7.5 情報提供

本システムのユーザへの情報提供では、ユーザが必要なタイミングで適切な情報を提供することが可能となった。今後の改善点としては、今後は聴覚を用いたフィードバックでもアラート音の音程や音量の違いによって情報提供したり、あるいは予め起こりうる事象と文字との対応表を作成することで「ア6」などと簡潔にかつ聴覚を奪うことなく情報提供できるのではないかと考えている。

7.6 本章のまとめ

本章では、YochiNavi の評価を行った。システムの性能評価およびユーザビリティ評価を行い、本システムの妥当性を検証した。

第 8 章

結論

本論文では，YochiNavi の設計と実装を行った．

本章では本論文のまとめを行う．

まず，本研究の研究背景として，視覚障害者の歩行支援研究の普及と，それに伴う問題意識についてまとめる．次に，本研究の提案として，研究目的を述べたあと，環境システムとユーザシステムについて述べ，その特徴についてまとめる．次に，本論文執筆に当たって構築した YochiNavi システムの実装面についてまとめる．次に，YochiNavi システムの評価実験を通して得られた評価についてまとめ，最後に今後の課題についてまとめる．

8.1 今後の課題

本節では、本研究の今後の展望を述べる。

8.1.1 フレーム間差分

今回実装した YochiNavi では、カメラ画像から移動体を検出する際に背景差分を用いている。しかし現在の手法であると太陽光などの光の変化に脆弱性があり、屋外での長時間の使用は困難であると考えられる。今後は逐一移動体の背景画像を更新するフレーム間差分を用いることで対応する予定である。

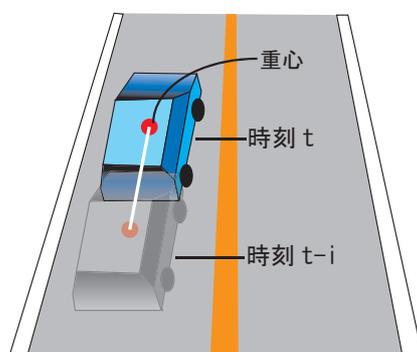


図 8.1 フレーム間差分

8.1.2 音以外での情報提供手法

本研究では、音声による情報提供にて最も適切と考えられる手法を提案した。音声では、具体的な状況や指示を提供することができるが、その分不必要な情報も含まれている。本研究で、ユーザに伝えるべき指示は多くないことが分かった。今後は聴覚を用いたフィードバックでもアラート音の音程や音量の違いによって情報提供したり、あるいは予め起こりうる事象と文字との対応表を作成することで「ア6」などと簡潔にかつ聴覚を奪うことなく情報提供できるのではないかと考えている。

8.1.3 危険な歩行者の検出

本研究では、ユーザに提供する情報は移動体に特化した。しかし、カメラ画像の解析を行うことでユーザに精神的負担を与えるような歩行者（交差点の角でぶつかりそう、ユーザの後方から走ってきている等）を検出することは可能であると考えられる。

8.2 まとめ

本稿では、視覚障害者の移動体に対する精神的負担を軽減させる YochiNavi-予知ナビ-を提案、構築した。YochiNavi では、5 秒後、10 秒後といった少し先の危険を提供することで、精神的・肉体的に余裕を持って危険回避を可能にした。本研究では、まずユーザに危険を及ぼす可能性のある移動体を検出する。移動体の検出手法として道路沿いにネットワークカメラを設置し、カメラ画像を解析することにより移動体を検出する。ユーザの位置情報とユーザ周辺のネットワークカメラから集められた移動体の情報は、地図データにマッピングされ、ユーザと移動体の距離や道路情報からユーザに接近している移動体を検出する。ユーザに接近する移動体全てを情報提供してはユーザの混乱を招くので、本システムでは危険度という指標でフィルタリングすることにより、ユーザにとって危険と考えられる移動体を抽出する。またユーザへの危険情報提供では、横浜訓盲学院の協力を得て必要な情報を適切なタイミングを調査した。評価において、本システムの有効性を示した。

謝辞

本研究の機会を与えてくださり，絶えず丁寧なご指導を賜りました，慶應義塾大学環境情報学部教授徳田英幸博士に深く感謝致します．また，貴重なご助言を頂きました慶應義塾大学政策・メディア研究科准教授高汐一紀博士に深く感謝致します．

また，慶應義塾大学徳田研究室の諸先輩方には折に触れ貴重なご助言を頂き，また多くの議論の時間を割いて頂きました．特に政策メディア研究科修士課程鈴木慧氏，今枝卓也氏には，本論文の執筆にあたってご指導を頂き，得られたものも非常に大きかったです．政策メディア研究科講師中澤仁博士には本研究を進めるにあたって多くの励ましとご指導を頂きました．ここに深い感謝の意を表します．横浜訓盲学院の長嶋教頭，石田教諭，斉藤教諭，大山教諭にはボランティア活動中に大変お世話になりました．先生方の様々な指導，アドバイスなしにこの論文は書けませんでした．感謝致します．

また，研究生活を支えてくれた家族，同じ研究会で家族同然に同じ時間を共に過ごした小川正幹氏，金澤貴俊氏，山本純平氏，徳田義幸氏，16th 島津氏，野沢高弘氏，荒ちゃん，研究の日々を共に過ごした ACE 研究グループの唐津豊氏，天野雅哉氏，その他多くの友人に感謝の意を表し，謝辞と致します．

2009年2月9日

中津川 紘太

参考文献

- [1] Hide Tokuda Lab.
<http://www.ht.sfc.keio.ac.jp/>
- [2] ACE Project.
<http://www.ht.sfc.keio.ac.jp/ace/>
- [3] VICS.
<http://www.vics.or.jp/>
- [4] PlaceEngine
<http://www.placeengine.com/>
- [5] ez ナビウォーク
http://www.au.kddi.com/ez_naviwalk/
- [6] 横浜訓盲学院
<http://homepage3.nifty.com/kunmou/>
- [7] オーデコ (AuxDeco)
<http://www.eyepius2.com/service.html>
- [8] Honda「インターナビ・フローティングカーシステム」とパイオニア「スマートループ渋滞情報」のリアルタイムプローブデータを相互に活用
<http://www.honda.co.jp/news/2008/4080828b.html>
- [9] カーナビの利用に関して
<http://www.myvoice.co.jp/biz/surveys/12501/index.html>
- [10] 旅客施設及び車両等の構造及び設備に関する意見
http://www.mlit.go.jp/pubcom/02/kekka/pubcomk97_.html
- [11] Kemmerling, M., et al.: An Orientation and Information System for Blind People based on RF-Speech-Beacons. TIDE third congress <http://www.dinf.org/tide98/tide98.htm>, Helsinki, July (1998).
- [12] Reginald G.Golledge, Roberta L.Klatzky, Jack M.Loomis, Jon Speigle, Jerome Tietz. A geographical information system for a GPS based personal guidance system. *int. j. geographical information science*, 1998, vol.12, no.7, 727-749
- [13] kentaro Kayama, Ikuko Eguchi Yairi, Seiji Igi. Construction of Elevation Map for User-

- Carried Outdoor Mobile Robot using Stereo Vision. IEEE(2003).
- [14] Ikuko Eguchi Yairi, Kentaro Kayama, Seiji Igi. Robotic Communication Terminals as a Ubiquitous System for Improving Human Mobility by Making Environment Virtually Barrier-Free. JSAI 2003/2004, LNAI 3609, pp. 61.75, 2007. Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2007.
 - [15] Kentaro Kayama, Ikuko Eguchi Yairi, Seiji Igi. Semi-Autonomous Outdoor Mobility Support System for Elderly and Disabled People. IEEE(2003).
 - [16] Shinya Oyama, Ikuko Eguchi Yairi, Seiji Igi, Takuichi Nishimura. Walking Support Using Compact Terminals with Infrared Audio Communication. ICCHP 2004, LNCS 3118, pp. 468.475, 2004. Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2004.
 - [17] 西村 拓一, 中村 嘉志, 伊藤 日出男, 山本 吉伸, 中島 秀之. インタラクティブ情報支援のための無電源小型情報端末.
 - [18] 鈴木 有吾, 岡本 誠, 伊藤 精英, 秋田 純一, 小松 孝徳, 小野 哲雄. CyARM-非視覚モダリティによる距離感覚の評価とウェアラブルインタフェースのデザイン-. 電子情報通信学会.
 - [19] 加藤 亮一, 青木 茂樹, 福永 邦雄. 移動カメラの自己位置および移動物体の追跡と視覚障害者に対する危険通知への応用. 電子情報通信学会.
 - [20] 関 喜一. 感覚代行技術. 電子情報通信学会誌 Vol.85, No.4, pp.241-244, 2002-4.
 - [21] 立石 敏隆. 視覚障害者のための状況推定を導入した電子白杖システム. 2002-2-8, 奈良先端科学技術大学院大学.
 - [22] 高山 佳子, 大野 久奈. 視覚障害者の道路環境に関する実態.
 - [23] 金川 浩久, 美馬 義亮, 岩田 州夫. 耳で見る擬似視覚システム. 公立はこだて未来大学.
 - [24] 見持 圭一, 塘中 哲也, 日浦 誠司, 富田 文博, 井上 政雄. 動画像処理技術を用いた移動体監視システムの開発. 三菱重工捜報, Vol.36, No.2 (1999 - 3) .
 - [25] 村上 直之, 藤波 努. 入力画像に基づく振動サインを用いた視覚障害者歩行支援システム. 北陸先端科学技術大学院大学.
 - [26] 藤吉 弘亘, 小村 剛史, 香山 健太郎, 吉永 宏. 歩行者支援を目的とした環境変動に頑強な道路状況の自動抽出. The 17th Annual Conference of the Japanese Society for Artificial Intelligence, 2003.
 - [27] 伊藤 精英, 関 喜一. 盲人の障害物知覚とナビゲーション.
 - [28] 興相 正克, 蔵田 武志. GPS と歩行動作解析に基づくデッドレコニングの統合によるパーソナルポジショニング.
 - [29] 関 喜一, 伊福部 達, 田中 良広. 盲人の障害物知覚における障害物の遮音効果の影響. 日本音響学会誌 50 巻 5 号 (1994) , pp.382-385.
 - [30] 視覚障害者が街を歩くとき : ケーススタディからみえてくるユニバーサルデザイン . 津田美智子, 都市文化社, 1999.7 .