

平成21年 6月 1日現在

研究種目：若手研究（B）
 研究期間：2006～2008
 課題番号：18700211
 研究課題名（和文） 視覚障害者のための自律移動型歩行補助システムの開発
 研究課題名（英文） Development of Autonomous Mobile Guide System
 for Persons with Visual Impairment
 研究代表者
 山本 正幸（YAMAMOTO MASAYUKI）
 山口大学・大学院理工学研究科・助教
 研究者番号：20304496

研究成果の概要：視覚障害者が単独歩行するためには、白杖または盲導犬の助けが必要である。盲導犬は実働数が少ないため、簡易に利用できる白杖による歩行が現状では主となっている。しかし、白杖を用いた歩行には十分な訓練が必要であり、また、安全性の問題もある。そこで、本研究では、盲導犬のように視覚障害者を安全に誘導できる自律移動型歩行補助システムの開発を目指した。その結果として、ユーザとシステムの相対速度を検出する機構の提案とシステム速度を調節することで使用者に危険の有無を呈示する手法の提案を行った。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	1,400,000	0	1,400,000
2007年度	1,200,000	0	1,200,000
2008年度	900,000	270,000	1,170,000
年度			
年度			
総計	3,500,000	270,000	3,770,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・感性情報学 ソフトコンピューティング

キーワード：福祉工学、視覚障害、歩行補助

1. 研究開始当初の背景

現在、視覚に障害をもつ人々は、日本全国に約30万人と言われている^[1]。それらの人々の移動手段としては、介護者による誘導、白杖、および盲導犬があげられる。現在では、身体障害者補助犬法も施行され、高齢者、身体障害者等が円滑に利用できる特定建築物の建築の促進に関する法律（ハートビル法）などによるユニバーサルデザインやバリアフリーの考え方に基づく施設・設備も増えており、以前に比べると視覚障害者の歩行環境は良くなってきている。しかし、それぞれの

移動方法が抱える問題も依然残っている。例えば、介護者に誘導してもらう方法では、誘導者にある程度の慣れが必要であり、また、誘導者は常に視覚障害者と行動を共にしなければならない。盲導犬による誘導を希望する人も多いが、その実働数は1000頭よりも少なく^[2]であり、視覚障害者の数と比べて絶対的に少ない。

このような現状から、視覚障害者の主な移動手段としては、安価で使いやすい白杖による方法が取られている。これは、視認性を高めるために白く塗られた棒であるが、ユーザ

が訓練を重ねることで点字ブロック等の誘導設備を用いて屋外も歩くことができる。しかし、訓練を重ねたとしても、安全性に対する疑問が残る。

これらの背景を踏まえ、我々は先行研究として、超音波距離測定器を主とした障害物検知機能および各種ナビゲーションシステムを備えた歩行補助システムの開発を行ってきた⁴⁾。これは、超音波による障害物検知機能により、白杖よりも広範囲な状況をユーザに伝えることができ、マップとランドマークをもとにして盲導犬では行えない目的地までの誘導方法の検討を行った研究である。しかし、白杖の延長上としてシステムを構築したために、軽量かつ安価ではあるが、歩行時の状況判断および進路の決定はユーザである視覚障害者に委ねる必要があった。

そこで、本研究では、先行研究のシステムに移動機構を持たせ、より安全性と状況判断能力を向上させた自律移動型歩行補助システムの開発を目指した。

2. 研究の目的

本システムは、先行研究で行った障害物検知機能とナビゲーション機能に自律移動機構を加えることで、盲導犬のようにユーザを安全なエリアへ誘導を行うことができ、また、盲導犬にはない目的地までの誘導機能も想定している。

視覚障害者には、当然ながら視覚による情報呈示が不可能である。そのため、先行研究⁴⁾では、周囲の状況および進むべき進路の呈示をブザー音、合成音声および指先に取り付けた小型モータによる振動によって呈示していたが、より細かな状況を知らせることができなかつた。しかし、本研究のように歩行補助システムに自律移動機能を付加することで、「安全な方向へ引っ張っていく」、「停止することで、危険を知らせる」等の動作が可能となり、視覚障害者に対し新しい情報呈示法を与えることができると予想される。

本研究では、主に自律移動型歩行補助システムの移動機構の検討を行った。まず、ユーザとシステムの相対速度を検出してユーザの歩行速度に追従して移動する新しい機構を開発した。また、本システムの速度調節によりユーザに危険の有無を呈示する手法の検討を行った。さらに、本システムへ接近する障害物の検知を目的として、カメラ画像による動画処理アルゴリズムの提案を行った。

3. 研究の方法

(1) ユーザの歩行速度の検出

本システムは、盲導犬のようにユーザの前方を移動し、ユーザの歩行速度に合わせて自律移動するシステムの開発を目指している



図1 視覚障害者のための自律移動型歩行補助システム外観

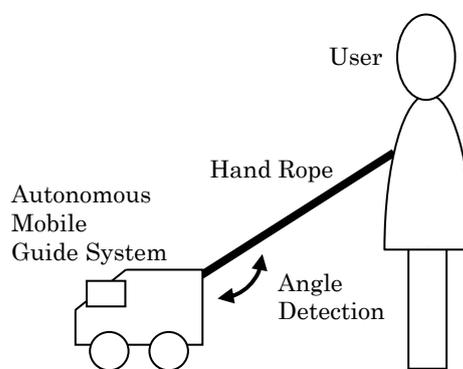


図2 視覚障害者のための自律移動型歩行補助システム

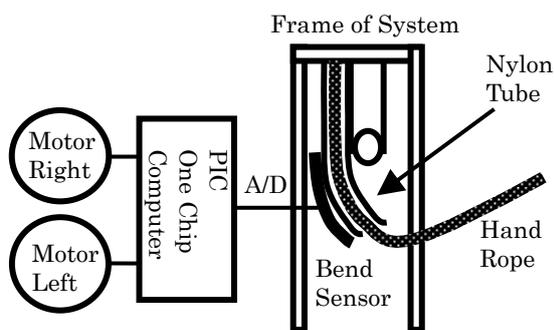


図3 歩行速度検出部

(図1)．何かを追いかけながら追従するシステムの構築は容易であるが、本システムのように、前方を移動しながら、後方に位置するユーザの歩行速度に追従させる機構は難しい。そこで、本システムでは、ユーザが本システムにつながる犬用引き綱を持ち、その張力が一定になるようにシステムの速度を制御する手法を採用した(図2)。

綱の張力を計測する手法として、歪みゲー

ジヤポテンションメータ等を用いて綱から直接計測することも考えられるが、それらの手法では事故などで強い張力が綱にかかった場合、容易に破損してしまうこと、綱自体の伸びがクッションとなり、相対速度の変化による綱の伸び幅の計測が難しい等の欠点がある。そこで、本システムでは、綱をナイロン管に通し、そのナイロン管の曲がり具合を曲げセンサ（イクシスリサーチ製）によって感知することで、間接的に綱の張力を計測している（図3）。この手法では、綱に直接、センサを取り付けていないので、綱自体の伸びに左右されることがない。また、万が一、事故等により綱に一時的に強い張力が加かったとしても検出部分が損傷を受けない機構となっている。

(2) ユーザの歩行に追従する動作

本システムの移動速度の制御は、ワンチップマイコン（PIC）を用いて行う。ナイロン管に取り付けた曲げセンサの情報は PIC の A/D 変換機能によって読み込まれる。

ここで、綱が引っ張られてナイロン管の曲がりが大きくなりすぎれば、システムの移動速度がユーザの歩行速度よりも速すぎると判断できるので、減速するようにモータを制御する。逆に、綱が緩んでナイロン管の曲がり小さくなれば、システムの移動速度がユーザよりも遅いので、システムの移動速度を速めるように制御を行う。

このように、通常時の速度制御は、曲げセンサの出力をもとに決定することができ、ユーザの前方を移動しながらユーザの歩行速度に合わせて移動するシステムを構築できる。

このときのモータの駆動は、バッテリーの消耗を防ぐためにも、適切に制御されなければならない。本研究では、混合整数計画法にもとづいてモータの消費エネルギーを最小にする制御計画を立てることを試みたが、PIC のプログラミングとしては大きすぎる処理であったために、本システムでは実装を見送った。

(3) 速度制御による安全・危険呈示手法

歩行補助システムが外部のセンサにより進行方向に障害物等を感知した場合、危険であることをユーザに呈示する必要がある。これまでは、音による危険呈示方法が主に使われており、我々の先行研究^[3]では、音と共に指に振動を与える呈示方法も試みた。しかし、音による呈示方法は、最も簡易な呈示方法ではあるが、周囲の雑音の影響を受けやすかった。一方、振動による呈示は、周囲の雑音に対する影響は少なかったが、振動のバリエーションをつけ辛く、例えば、危険物の方向など、細かな情報をユーザに伝えることが困難

であった。

そこで、本システムでは前述した歩行速度追従機能に着目した。安全時にはシステムがユーザの歩行速度に追従して移動しているので、逆に本システムがユーザの歩行速度に追従せず、その速度変化をユーザが手に持つ綱の張力から感知することで、ユーザに危険な状態であること呈示できると予想される。これは、次のルールで行うこととする。

- ① 本システムが進路上に障害物を感知し、回避ルートが設定できる場合
本システムは、進路変更をユーザに伝えるために、移動速度を増加させて綱に少し張力を与え、回避ルートへ誘導する。
- ② 現在位置に障害物が近づいており、進路方向へ早急に退避が必要な場合
本システムは、進路方向へ向けて速度を速め、ユーザを軽く引くように誘導を行う。
- ③ 進路上の障害物に対し、回避ルートが設定できない場合、または、進路上に障害物が近づいている場合
本システムは、ユーザの歩行速度に関係なく停止する。このとき、本システムが停止したことは、綱を通じてユーザに伝わるが、判断しづらい場合も想定し、音や振動による二次的な呈示も行う。

これらのルールを用いることにより、音や振動による呈示方法を単独で用いるよりも、より多くの情報をユーザに伝えることができる。

(4) 動画像処理による運動物体の検知

上記(3)のルール②③における障害物の接近の検知には、カメラを本システムに搭載して用いることを想定した。屋外での利用を考慮し、車等の高速に移動する障害物の検知には観測距離の長くとれるセンサが必要だからである。カメラが静止している場合、撮影画像中の運動物体を検知することは容易であるが、本システムのように自らが移動している一方で現在本システムが存在する位置へ接近する障害物を検知し、さらにその進行方向を予測することは難しい。本システムでは、動画像処理により撮影画像中のオプティカルフローを算出し、自身の移動にともなうオプティカルフローと、障害物の移動によるオプティカルフローを分離することとした。そして、分離したフローを分析し、移動する障害物の進行方向の推測することとした。

4. 研究成果

本研究は、盲導犬のように安全で、白杖のように気軽に使用できる自律移動型歩行補

助システムの開発を行った。その結果、以下の提案を行った。

- (1) 曲げセンサを利用して、システムとユーザを繋ぐ綱の角度を検出する機構により、システムとユーザの相対速度を検出する手法を提案した。この機構は、綱の伸び縮みに影響されない特徴があり、さらに、綱に急激な力がかかっても検出部を破損させない安全な構造となっている。
- (2) 歩行補助システムがユーザの歩行速度に追従しないことでユーザに危険な状態を呈示する手法を提案した。この機構により、安全時には本システムがユーザの前方を歩行速度に合わせて移動してくれる。また、本システムの移動速度が歩行速度に追従しなくなる状況を引綱の張力の変化からユーザが感じることで、従来の音や振動とは別の安全・危険呈示方法となりえる。
- (3) 歩行補助システムに搭載されたカメラで撮影された画像を動画処理することにより、歩行補助システムに接近する障害物を検知するアルゴリズムを考案した。これにより、模擬的に撮影された画像を対象にした処理の結果では、本システム自身の動きよる画像中のオプティカルフローと、移動物体の動きによるオプティカルフローの分離が可能であった。また、移動物体の移動方向の推定も可能であった。ただし、演算コストが高い、複数の移動物体があった場合それらの切り分けが難しいという問題があった。現在のところ、歩行補助システムへの実装には至っていないものの、屋外における利用を考えるとこのようなカメラによる移動物体検出は必須事項であるといえる。

本研究では、実生活において階段等を利用することを想定し、軽量で持ち運べるシステムの設計を行った。そのため、小型のバッテリーを搭載し、ノート PC 等の重い機器の搭載を避けてシステムの構築を行った。しかし、昨今の軽量なモバイル PC の登場により、コンピュータを搭載しても軽量なシステムの設計が可能となった。今後は、このようなモバイル PC を利用して、より安全な障害物検出、適切なモータ制御、詳細なナビゲーション機能の搭載を計画し、より安全かつ安心感を与える歩行補助システムの構築を目指していく予定である。

〔参考文献〕

- [1]厚生労働省社会・援護局障害保健福祉部企画課：平成13年身体障害児・者実態調査結果、表II-2, 2001
- [2]関西盲導犬協会：盲導犬について、http://web.kyoto-inet.or.jp/org/kgdba/main_info/guidedog2.html
- [3]千々和直樹, 山本正幸, 酒井義郎, 池田勝利：自立した歩行を支援する視覚障害者用歩行補助システムの開発, 第7回日本感性工学会大会, 346/346, 2005

5. 主な発表論文等

(研究代表者, 研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計7件)

- ① 山本正幸, 栗山憲, 中村安弘, 松山健, 非線形性を有する空調用熱源プラントの最適運転制御に関する研究 第2報-蓄熱槽の放熱運転におけるオン-オフ制御のポンプ動力の最適性に関する考察, 空気調和・衛生工学会論文集, No.130, pp.1-8, 2008年, 査読有
- ② 長 篤志, 三池秀敏, 杉村敦彦, 不均一照明下におけるオプティカルフロー検出手法の紹介, 画像ラボ, 19(8), pp.58-63, 2008年, 査読無
- ③ 三池秀敏, 三浦一幸, 長 篤志, 杉村敦彦, 一般化勾配法によるオプティカルフローの検出:不均一照明下での物体運動の計測, 情報処理学会論文誌:コンピュータビジョンとイメージメディア, Vol.49, No.SIG 6, pp.1-12, 2008年, 査読有
- ④ Kazumi Nagata, Atsushi Osa, Makoto Ichikawa, Takeshi Kinoshita, Hidetoshi Miike, Magnification rate of objects in a perspective image to fit to our perception, Japanese Psychological Research, Vol.50, No.3, pp.117-127, 2008年, 査読有
- ⑤ 三浦一幸, 長 篤志, 三池秀敏, 空間フィルタ速度計速法による特徴抽出:動作認識への応用例の紹介, 画像ラボ, 19(2), pp.14-19, 2008年, 査読無
- ⑥ 山本正幸, 中村安弘, 栗山憲, 松山健, 非線形性を有する空調用熱源プラントの最適運転制御に関する研究 第1報-冷凍機とポンプ動力の非線形性を線形計画法で扱うための手法とその効果, 空気調和・衛生工学会論文集, No.122, pp.9-16, 2007年, 査読有
- ⑦ 三浦一幸, 治部成記, 長 篤志, 三池秀敏: 空間フィルタ速度計測法による動作の特徴抽出・認識, 電子情報通信学会論文誌 D, Vol.J90-D, No.9, pp.2573-2582, 2007年, 査読有

〔学会発表〕（計3件）

- ① 山本正幸, 長篤志, 岡本哲也, 青柳圭祐,
視覚障害者のための自律移動型歩行補助
システムの開発, 計測自動制御学会 シス
テム・情報部門学術講演会, 2008年11
月26～28日, 兵庫県姫路市
- ② Atsushi Osa, Hidetoshi Miike,
Human-eye-oriented image rendering;
basing size perception and an idea for
improvement of driving simulation, Chosyu
Five Memorial Lecture 2008, 2008年
- ③ 三池秀敏, 長 篤志, 杉村敦彦, 時間・空
間的な照明の変化を伴う環境下での物体
移動におけるオプティカルフロー抽出, 情
報処理学会研究報告, pp61-67, 2007年

〔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

山本 正幸 (YAMAMOTO MASAYUKI)
山口大学・大学院理工学研究科・助教
研究者番号：20304496

(2) 研究分担者 なし

(3) 連携研究者 なし

(4) 研究協力者

長 篤志 (OSA ATSUSHI)
山口大学・大学院理工学研究科・講師
研究者番号：90294652