

# 人間と協調歩行する盲導犬ロボットのインタラクション方式

## Interaction Design for Cooperative Walking in a Guide Dog Robot

佐野 睦夫<sup>\*1</sup>

Mutsuo Sano

<sup>\*1</sup> 大阪工業大学

Osaka Institute of Technology

This paper describes an interaction design for cooperative walking in a guide dog robot, which can assist visually impaired people as a partner interface. We propose a hierarchical model for walking support interaction based on multi-channel interface composed of audio, tactile, and vibration. Its effectiveness was evaluated by the experimental results which showed that the implemented system helped visually impaired people to walk smoothly by observing foot motion using acceleration sensors.

### 1. はじめに

現在、視覚障害者の歩行ガイドを行う盲導犬は需要に対しては圧倒的に不足しており、代替手段が求められている。また、盲導犬の育成には多大なコストを有する。本研究では、盲導犬ロボットに要求される機能を定義するとともに、人間社会と共存できる盲導犬ロボットのインタラクション方式を提案する。実用的な歩行ガイドロボットとしては、手押し車型の歩行支援ロボット[森 2001]や車椅子型のロボット[神山 2006]がすでに提案され、車椅子型は実運用されている。しかしながら、これらはロボットと人間が一体化した強依存関係にあり、人間の自然な歩行をアシストするものではない。人間の自然な歩行をアシストする盲導犬タイプの研究としては、ロボットの皮膚感覚による情報伝達に基づく歩行補助の試み[舘 1978]など提案されているが、人間と盲導犬ロボットの自然なコミュニケーションを実現するまでには至っていない。

### 2. 盲導犬ロボットの位置づけと要求条件

#### 2.1 パートナーインタフェースとしての盲導犬ロボット

視覚障害者が現在利用している歩行補助手段としては、白杖と盲導犬であり、入手のしやすさから圧倒的に白杖が多い。白杖にセンシング機能を持たせ、段差などを検出できる電子白杖[村上 2003]もいろいろ提案されている。しかし、センシング範囲が限定されており、自転車などの移動物体を予測するなど高度なセンシング代行はできない。一方、盲導犬のセンシング能力は、広範囲である。ここで、我々は、盲導犬の最大の特長は、歩行以外の生活の場面でコミュニケーションを常にとることにより、視覚障害者との信頼感を構築し、安心感や安らぎを与えることができる点であると捉える。本研究では、盲導犬の広範囲なセンシング機能を活かしつつ、コミュニケーション機能を「介護者」のコミュニケーション機能まで拡張し、人間との真のパートナーインタフェースとなり得る盲導犬ロボットの完成を目指す。

#### 2.2 盲導犬ロボットへの実用面での要求条件

図1に示す盲導犬ロボットのプロトタイプを構築し、視覚障害者に対して、盲導犬ロボットの使い方に関するヒアリングを行っ

た。プロトタイプシステムは、Wiiリモコンにより命令を出し走行する機能を有する。カメラにより状況を認識し、超音波センサなどの近接センサにより障害物を検出できる。ヒアリング結果を以下に示す

- (1) 白杖を見ただけでは道を譲ってくれないことも多いが、盲導犬ロボットは存在感があり、裾払い役としての機能を持っており、安心して歩行できる。
- (2) 足元を確認するために、白杖は必要であり、盲導犬ロボットは白杖では感知できない周囲の危険を知らせてくれればよい。
- (3) 歩行時は、環境音を絶えず聴いているので、音声による情報伝達は必要などときにのみにしてほしい。
- (4) 情報伝達のタイミングは、数秒先読みして伝達してほしい。



(a) プロトタイプ1号



(b) プロトタイプ2号

図1 盲導犬ロボットプロトタイプ

### 3. 盲導犬ロボットのインタラクション設計

2章のヒアリング結果に基づき、盲導犬ロボットのインタラクション方式を提案する。

#### 3.1 歩行支援インタラクションの階層モデル

盲導犬ロボットからのセンシング結果に基づき推測されるナビゲーション情報を人間にいかにかに伝達するかが重要となる。絶えず、情報を提示し続けると、視覚障害者にとって負荷が大きくなる。図2に提案する歩行支援インタラクションの階層モデルを示す。詳細ナビゲーション層、基本ナビゲーション層、危険度提示層の3層から構成され、コミュニケーションチャネルを、それぞれ、音声(言語)、触覚、振動とし、視覚障害者への情報負荷分散を図っている。実際の盲導犬ではハーネスを介して情報伝達を行い、お互いに確認しあう触覚インタフェースを活用している。しかし、この微妙な触覚刺激を人間と盲導犬で共有可能とするには大きな時間的コストを有する。本研究では、白杖のヘッドにア

クティブ点字型のグリッパ(現在試作中)を付け、歩行方向などの基本的なナビゲーション情報をお互いに提示し確認しあうことができる構成とする。障害物までのアナログ的な距離(または到達時間)に対しては、白杖ヘッドの振動の大きさにより伝達する。基本的なナビゲーションは、この2層により実現させ、音声提示は極力行わない構成とした。何や誰が近づいてきているのか、それがどのような状態なのか、または複雑なナビゲーション情報については、詳細ナビゲーション層において必要に応じて音声(言語)提示を行う構成とする。

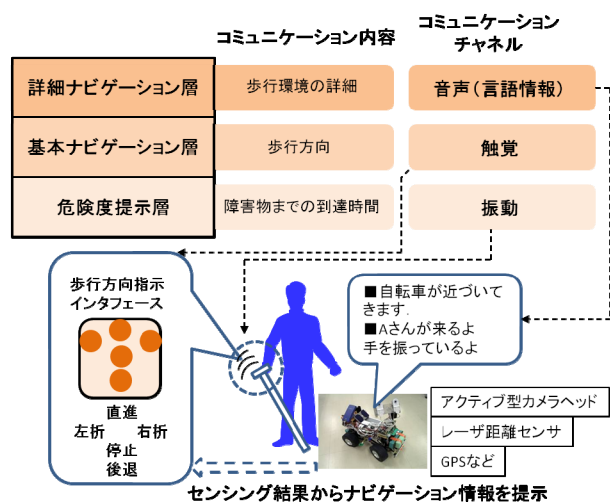


図2 歩行支援インタラクションのための階層モデル

### 3.2 ナビゲーションのためのセンシング処理

盲導犬ロボットの自己位置定位は、GPSでは信頼性や精度の面で問題があるため、外界センサとしては基本的にレーザ距離センサを用い、地図とマッチングを行い、オドメトリ情報を補完的に用いることにより実現を図る。障害物認識についても、レーザ距離センサにより検出を行い、危険度マップをリアルタイムで作成し、人間の歩行速度を考慮し、経路生成を行う。また、アクティブ駆動型のカメラヘッドにより、人物認識や環境の詳細情報の認識を行い、コミュニケーション生成部に情報を渡す。

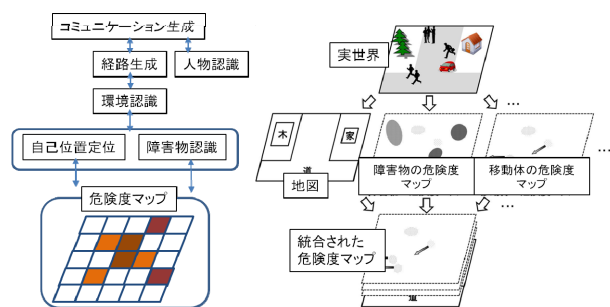


図3 ナビゲーションのためのセンシング処理

### 4. 評価実験

視覚障害者の歩行状態を想定し、晴眼者に目隠しを行い、白杖のみを用いたときと、提案方式に基づき構築した本システムを用いたときの歩行リズムを足の膝下に加速度センサを装着して、5人の被験者に対して廊下の角を曲がるタスクを与え、歩行ダイナミクスが維持されるか否かを評価した。図4、図5はそれぞれ、白杖のみ、本システム使用の歩行リズム例(グラフ上から

x軸、y軸、z軸の遷移)を示す。白杖のみでは、角を曲がるときは、歩行リズムの乱れが確認されたが、本システム使用時には、目隠しをしていない状態の歩行リズムと同一になった。

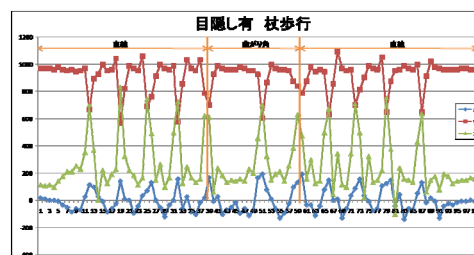


図4 白杖のみを用いたときの歩行リズム

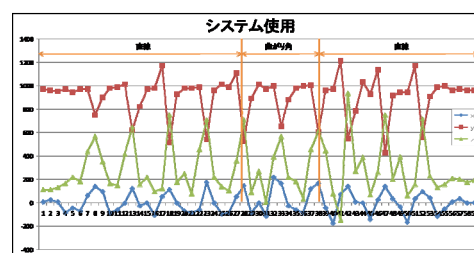


図5 本システムを用いたときの歩行リズム

### 5. まとめ

人間との真のパートナーインタフェースとなり得る盲導犬ロボットのためのインタラクション方式を提案した。具体的には、音声、触覚、振動刺激によるマルチモーダル歩行支援インタラクションの階層モデルを示し、評価実験を行い、視覚障害者の歩行ダイナミクスを考慮した歩行支援が行えることを示した。今後、白杖アクチュエータの試作、盲導犬ロボットのナビゲーション機能の強化を行い、盲導犬ロボットを完成させていく。最後に、本実験を担当していただいた佐伯豪介氏、緩利圭輔氏に感謝します。

### 参考文献

[森 2001] 森英雄: 歩行ガイドロボット実用化のための研究開発について, 精密工学会第2回動画処理実用化ワークショップ, pp.72-75, 2001.  
 [神山 2006] 神山洋一, 中田貴映, 森英雄: 視覚障害者向けインテリジェント車椅子“ひとみ”の研究開発, 信学技報 WIT2006-54, pp.25-28, 2006.  
 [館 1978] 館 暲, 小森谷 清他: 人と一定間隔を保つ移動ロボット制御の一方法, バイオメカニズム学会論文誌, Vol.4, pp.279-289, 1978.  
 [村上 2003] 村上満佳子他: 視覚障害者のための状況推定を導入した電子白杖の構築システム, 制御情報学会論文誌, Vol.16, No.6, pp.287-294, 2003.  
 [Sano 2007] Mutsuo Sano, et al.: Multi-Aspect Model for Human-Robot Interaction - Mutual Understanding and Estimation, Proc. of RO-MAN 2007, pp.69-74, 2007.  
 [緩利 2009] 緩利圭輔他: 人間の歩行と融和するナビゲーションロボットの実現を目指して, 第10回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会論文集, 2009