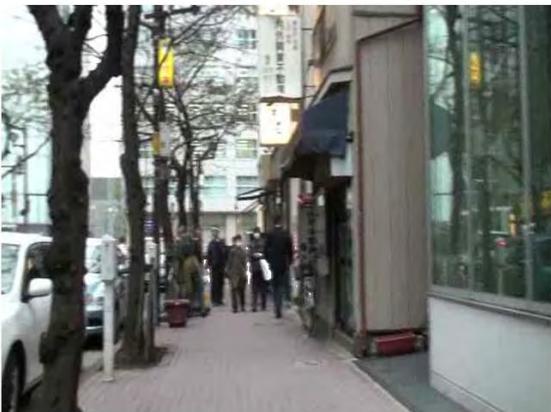


#### II. 2-2. B. 2. 4. 4 実用試験

東京駅周辺のモニタ実験環境において画像による障害物検知実験を行った結果画像を次頁以降に連続画像として掲載する。これらの画像では、障害物として検出された部分を白色で表示している。

これらを見ると、実障害物の周辺部において検出が行われていることが確認できる。大きな同色の障害物内部は、変化が存在しないので障害物として検出されない。



## II. 2-2. B. 2-5 評価

本研究では、路面の移動量を推定することにより画像に路面動き補正を行い、補正画像を用い差分を行うことで、人間の視点において見えるほぼ全ての領域で障害物の検出を目指した。多くの場合良好な結果を得たが、誤検出が多数出現することもあった。

本研究では、差分を行うことによって得られる白い領域を障害物としたが、さらに、この差分画像に領域グルーピング処理を施し、予め設定した閾値を超える差分領域を障害物と判断することで、より精度が向上した障害物検出が実行できると考えられる。また、障害物との距離についても考えることで、遠くにある物は検出せず、近くにある物のみを検出するという方法も考えられる。

## II. 2-2. B. 2-6 検出結果報告方式

差分画像を複数の領域に分割し、各領域において検出された領域面積が閾値を越えたときに、その領域に障害物が存在すると報告する。

領域ごとに、方位・距離を設定し、設定された方位・距離を報告する。

本研究で採用した障害物検出方式では、障害物までの正確な距離を得ることはできないので、この方式を用いる。また、利用者に障害物情報を提示する際に、きわめて正確な方位を提示することは、提示情報の爆発を導く可能性があり、領域ごとに離散化された報告形式が望ましい。

## II. 2-2. C. 研究開発結果

本研究で実装した方式を各種の状況において試験した。試験環境は、本研究で試験サイトとして選定した東京駅周辺、研究者根拠地である宇都宮大学構内である。

宇都宮大学工学部グラウンドの障害物の存在しない状況では、100%の精度で障害物がないことを検出した。

実験サイトにおける状況のように多数の障害物が存在する状況では、障害物の検出確率は、50%程度であった。3秒間の検出結果を統合して利用することにより87%の確率で障害物を検出する。

検出もれの原因の最大のものは、カメラの振動・回転に付随する検出失敗である。方式の詳細で述べたように、本研究で採用した単一カメラを利用した障害物検知方式では、連続して撮影された2画像において、カメラが路面と等距離を維持しつつ移動することを前提としている。カメラの光軸が路面となす角が大きく変動した場合やカメラ光軸周りの回転が生じた場合には、路面移動量補正を正しく行うことは不能である。その際には、画像による障害物検知モジュールは、検出失敗となり、障害物を検知しない。

次の検出失敗の例としては、障害物とその周辺でコントラストの差が存在しない場合がある。この場合には、画像による障害物検知方式では基本的に障害物を検出困難である。

誤検出が発生した状況を以下に列挙する。

- 地下街の床面において、反射が存在する場合。このとき、見えは反射光に支配されており、路面と同一の移動を行わないため、障害物として検知される。
- カメラが光軸の周りの回転運動を行った場合。本研究で実装した方式では、カメラの光軸周りの回転は生じないと仮定している。このため、光軸周り回転に対する補正を行っていない。このとき、検出失敗とならない場合には、誤検出となる。
- 地下街などの天井が存在する場合。このとき、輝度変動の大きい照明器具が路面移動指定誤差がある時、上方障害物検知において誤検出が生起する。

本研究で実装した画像による障害物検知方式は、大空間において障害物が散在する環境においてもっとも有効に動作する。そのような環境において、ある程度の速度で歩行する利用者に障害物の情報を提示し、警告することが可能である。画像による障害物検知方式のみが大電力を用いずに遠距離から障害物を検知する可能性のある方式であり、障害物が多くない環境では、利用者に障害物を十分な時間的余裕を持って警告することができる。

また、本研究で実装した方式では、路面（歩行平面）と異なる運動を示すものを障害物として検出する方式であり、路面よりも低い障害物も高い障害物も同様に検出する。

本研究における実装では、処理時間は0.5S程度必要としており、近接障害物を検知するには、応答時間が遅い。また、障害物の距離推定精度は低く形状を把握することは困難である。また、多数障害物を検知した場合の情報提示方式は最善解が得られていない。

モニタ試験における利用者からの聞き取りでは、近接障害物を検知するには、0.1秒の遅れでも実用上は問題であり、本研究で達成した0.5秒の遅れでは、近接障害物を検知するには遅れが多すぎる。

#### II.2-2.D 考察

本研究で実装した画像による障害物検知方式は、最新のスマートフォンにも実装可能である。その際には、スマートフォンに実装されている加速度センサを利用してカメラ向きの変動を推定する方式を利用することにより、より高い精度で障害物の検知を実現することが可能である。利用者の肩などの位置に固定したスマートフォンにより画像による継続的障害物検知が可能となる。また、1個のスマートフォンを画像による障害物検知専用割り当てることにより、システムの構成が容易となり利用者にも分かりやすい機器となる。

本研究では、単一のハードウェア上で複数のソフトウェアが協調して動作する形態を採用したが、複数のハードウェア（スマートフォン）上で機能を分散した構成を利用することにより、より安価で柔軟・強力なシステムが構成できる。現時点で本研究と同一の目的を持って開発研究を行うのであれば、複数ハードウェアによる機能分散構成が最適と考えられる。

複数ハードウェアによる機能分散構成においては、本研究において開発した各種技術の一部利用や一部改良も容易であり、より急速な進歩を実現することが可能となる。また、利用者にとっても単一の箱が単一の機能を担う形式は理解しやすく、分かりやすい。

#### II.2-2.E 結論

本研究で開発した、画像による障害物検知サブシステムは、単独で現時点のスマートフォンに移植し、動作させた場合には、近接障害物を含

めた画像により把握可能な障害物の検知を実現する。

実験環境において、明らかになったように、反射のある床面やきわめて混雑した環境（路面が見えない）においては、本研究で開発した画像による障害物検知サブシステムは、適切に動作することは理論的にも不可能である。

本研究の別部分で開発したLRFによる障害物検知システムは、近接障害物（5m以下）においては、良好な性能を示す。

画像による障害物検知は、考察でも述べたように遠距離障害物を検知可能な唯一の方式であり、実用システムでは多様な方式を組み合わせ、信頼度の高い安価なシステムを構成することが必要である。

#### II.2-2.F. 研究発表

- ・電子情報通信学会画像工学会などに発表予定

# 障害者自立支援機器等研究開発プロジェクト

## 分担研究報告書

### 3. PDR による相対位置・方位計測と LRF・PDR による障害物検知に関する研究

研究分担者 産業技術総合研究所 興梠正克、石川智也、蔵田武志

研究要旨 歩行者デッドレコニング (PDR) 及び前方下向きの障害物検知のために、まず、加速度、角速度、磁気、気圧の各センサを組み合わせた簡易防水小型 PDR センサモジュールを試作する。次に、従来、健常者向けに開発されていた PDR を視覚障害者の歩行パターンへ対応させる。前方下向きの障害物検知については、その精度向上のために、PDR から得られる相対運動に基づく LRF の時系列データの安定化機能を開発する。

#### A. 研究開発目的

歩行者デッドレコニング (PDR) 及び前方下向きの障害物検知のために、まず、加速度、角速度、磁気、気圧の各センサを組み合わせた簡易防水小型 PDR センサモジュールを設計、試作する。

加速度、角速度、磁気、気圧の各センサデータを用いて相対移動距離や進行方向を推定する PDR は従来健常者向けに開発されているため、視覚障害者の歩行パターン (例: 白杖や足先等によって前方を確認しつつ歩行) での検証や改良を行う。

前方下向きの障害物検知については、その精度向上のために、PDR から得られる相対運動に基づく LRF の時系列データの安定化機能を開発する。

#### B. 研究開発方法

1. PDR については、まず、簡易防水小型 PDR センサモジュールを設計、試作する。従来は、バッテリーを含むサイズや防水性、消費電力などの点で改善すべき点があった。そこで、本案件ではこれらの要素をかんがみ、新たなセンサモジュールの開発と改良に取り組む。仕様は下記のとおりである。

##### 【センサ】

- ・ 1 軸ジャイロセンサ : XV-3500CB (エプソントヨコム) x 3 軸
- ・ 3 軸加速度センサ : LIS3LV02DQ (ST マイクロ社)
- ・ 3 軸磁気センサ : AK8975 (旭化成エレクトロニクス)
- ・ 気圧センサ : BMP085 (Bosch 社)

- ・ 温度センサ : TMP36 (Analog Devices 社) x 3 個

##### 【RTC】

- ・ RTC モジュール : RX-8564LC (エプソントヨコム)

##### 【省電力通信モジュール】

- ・ RFID リーダ / 通信兼用モジュール : SUC-M100 (杉原 SEI)、IEEE802.15.4 に準拠

##### 【CPU】

- ・ AT91SAM7S256 (Atmel 社) x 2 個

##### 【データ記録】

- ・ MicroSD カード : SPI 通信によってマイコンからのアクセス可能

##### 【電源・電池】

- ・ USB によって給電動作及び内蔵電池充電
- ・ 内蔵電池による 8 時間前後の動作

##### 【その他】

- ・ 簡易防水ケース設計

PDR の視覚障害者の歩行への対応の検証については、実際にいくつかの状況において歩行データを計測して共通性や相違に関して検証する。また、実証実験においてはその相違を、測位結果を用いて確認する。

2. LPDR による障害物検知については、まず、

装着型の視覚障害者歩行支援システムに組み込まれた LRF で装着者前方路面をスキャンし、その凹凸データ及び歩行の妨げとなる障害物検出結果を、視覚障害者歩行支援システムのセンサ統合モジュールに通知するためのソフトウェアを開発する。

LRF は歩行とともに並進したり回転したりするため、それらの運動を打ち消す安定化機能も有する必要がある。安定化機能は、視覚障害者歩行支援システムの PDR のデータを入力として行う。LRF と PDR を用いた障害物検知のデータフローを図 II.3-1 に示す。また、LRF によるレーザの照射イメージを図 II.3-2 に示す。

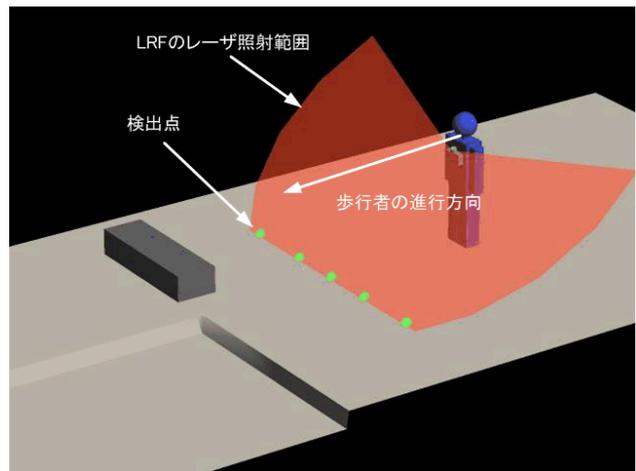


図 II.3-2 LRF によるレーザの照射イメージ

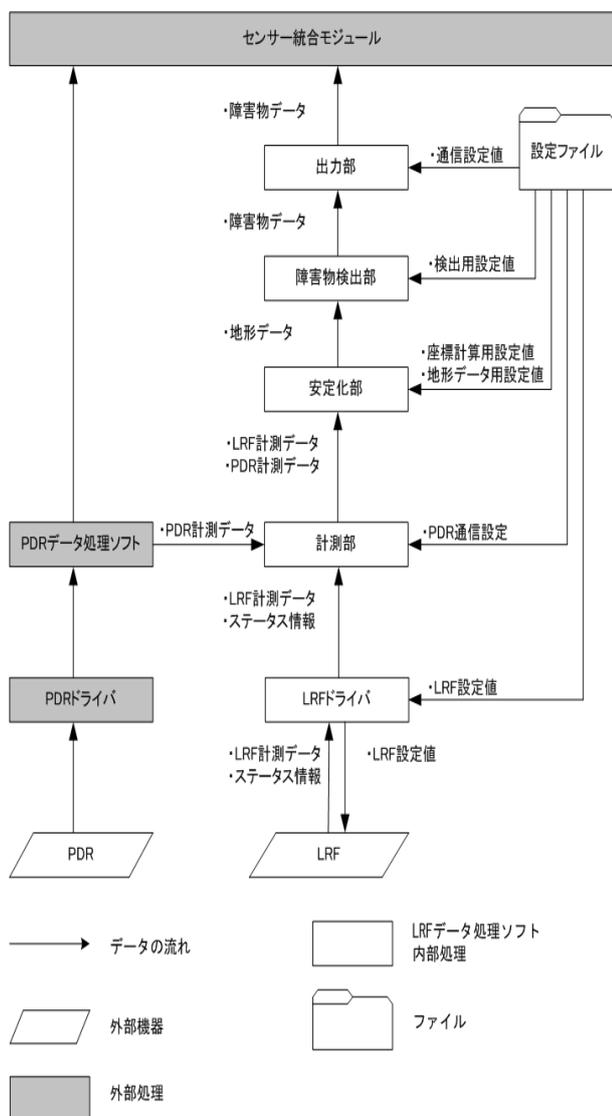


図 II.3-1 LRF と PDR を用いた障害物検知のデータフロー

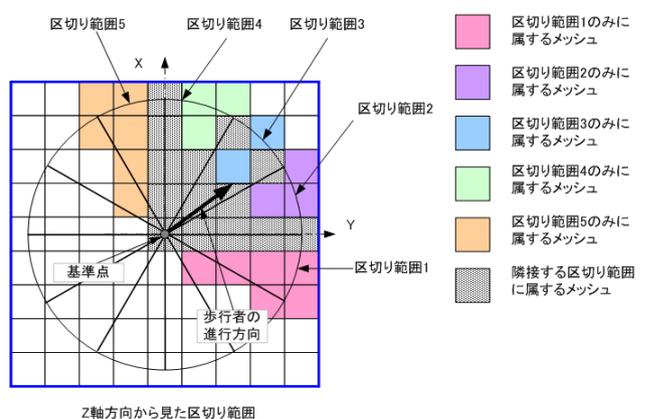


図 II.3-3 円筒座標系での区切り範囲

LRF により得られた検出点は、図 II.3-3 に示すように（実際には 3 次元なので直方体であるが）メッシュ状に離散化して表現し、ユーザを中心とする円筒座標系で扇形の区切り範囲ごとに障害物判定をして、その結果をセンサ統合モジュールに出力する。

安定化部では、PDR から得られる重力方向（鉛直下方向）ベクトルの追跡結果、ジャイロと磁気センサを統合して得られる方位ベクトル、ならびに各軸の加速度情報を用いて、LRF の計測データの安定化処理を行う。ここでは、一度の計測のみの安定化を行う「安定化モード」と、継続して安定化を行い結果を蓄積する「蓄積モード」の 2 種類のモードを開発する。

### C. 研究開発結果

1. PDR については、まず、簡易防水小型 PDR センサモジュールを試作した。図 II.3-4 に示すよ

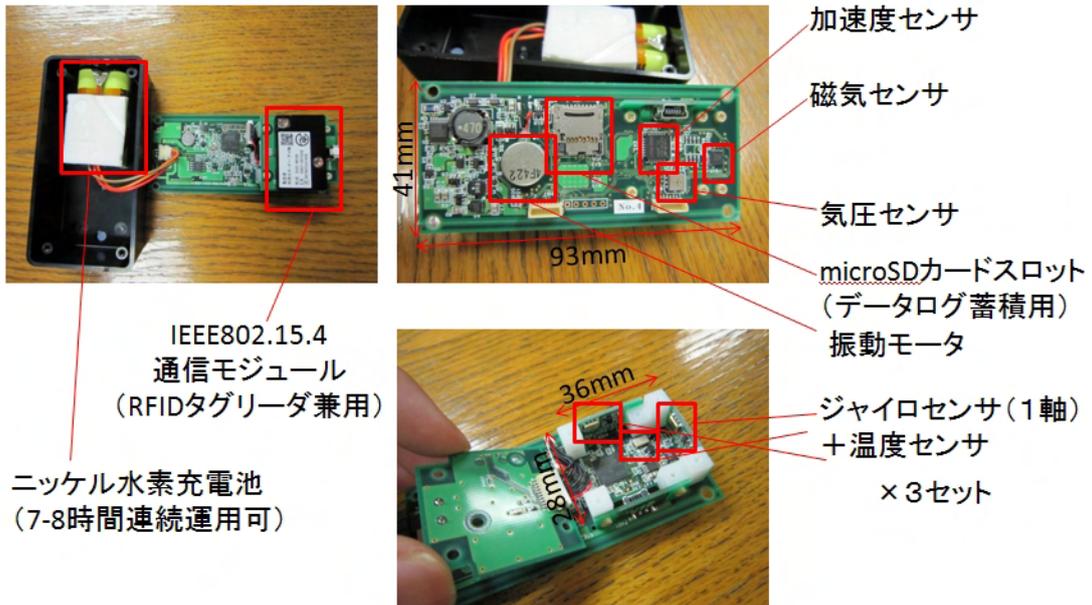


図 II.3-4 簡易防水小型 PDR センサモジュール

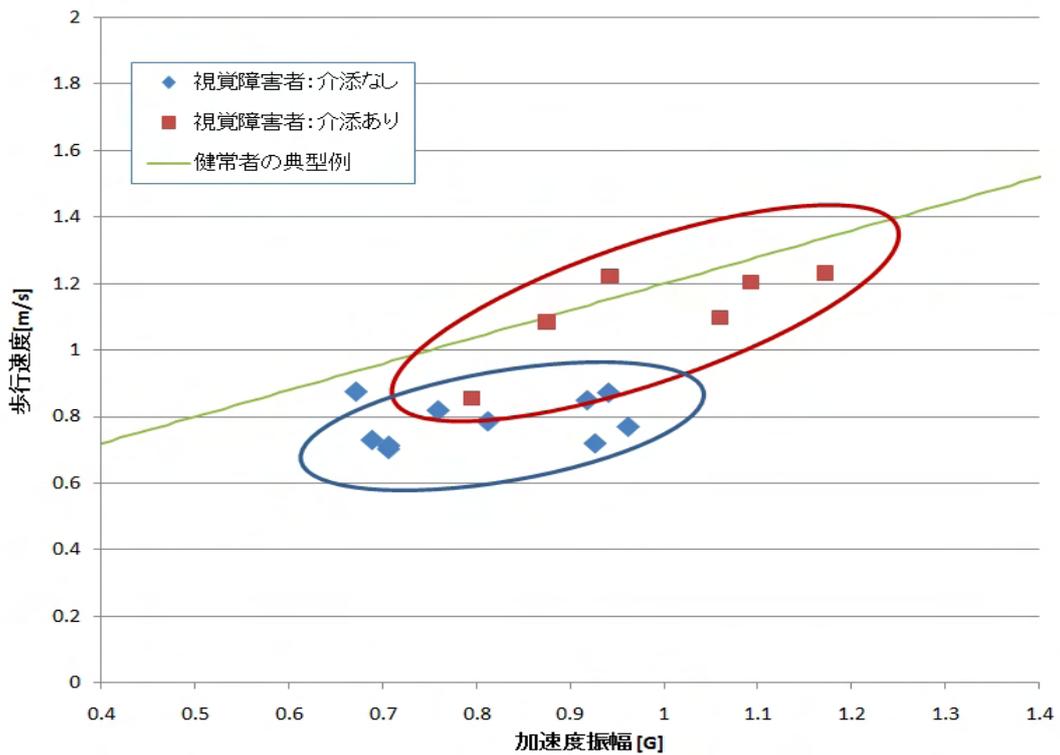


図 II.3-5 歩行速度パラメータの違い