

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 19 日現在

機関番号：32692

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2012～2013

課題番号：24650358

研究課題名(和文) 情報融合による視覚障害者用歩行支援システム

研究課題名(英文) Study on walking support system for visually impaired person using information fusion

研究代表者

橋野 賢 (HASHINO, Satoshi)

東京工科大学・医療保健学部・教授

研究者番号：00350504

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,500,000円、(間接経費) 450,000円

研究成果の概要(和文)：GPSセンサから得られる位置情報と地磁気センサから得られる方位角情報から構成される広域位置情報と、マウスを改造した光学センサから得られるマイクロな位置情報を融合することによって視覚障害者が一定程度安全が確保された屋外を一人で散策するために必要な基礎技術を開発した。前記センサ類の組合せを人が携帯できる小型、軽量、低価格など実用化の観点からシステムに統合し、実際に健常者がシステムを装着して実用性と有効性を確認した。

研究成果の概要(英文)：It is fairly difficult for visually impaired person to walk around home to keep active daily life in safety. In order to offer one possible instrument, one special tool and usually used sensors are composed in one system for this purpose. Our system is composed of GPS, geomagnetic sensor, microscopic position sensor using modified optical mouse and laptop computer. Information from these sensors is carried to computer via USB connector. Language processing and arduino are using for processing all information. Information taken from modified optical mouse will be used for compensating global position taken from GPS sensor.

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：人間医工学・リハビリテーション科学・福祉工学

キーワード：視覚障害者 光学マウス センサ情報融合 組み込みコンピュータ

### 1. 研究開始当初の背景

現在日本の視覚障害者は160万人、うち全盲者は30万人と言われている。日常生活の情報の約9割は視覚に依存していると言われており、視覚障害は障害者の日常生活動作(AOL)の自立度を著しく低下させている。屋外の散策は心身のリフレッシュには大いに効果があると思われるが、かなり改善されたとは言え日本の道路事情には多くの問題が内包されている。歩道車道の分離、段差、溝、歩道上や目の高さの障害物など視覚障害者が単独に移動することはかなりの危険を伴うと容易に理解できる。特に糖尿病などの後遺症として後天的に失明した人は家にこもりがちになると言われている。移動手段として盲導犬は理想であるが、訓練の難しさ、訓練犬としての寿命の短さなどから、1000頭をなかなか超えないのが現状である。

盲導犬の機能をロボット化しようという試みは30年以上前から国の研究機関、大学で研究として行われてきたが、人間の機能とのギャップの大きさや構造化されていない道路環境を克服できないためにまだ基礎研究の段階を抜け出していない。しかし、実用化されていないとはいえ、コンピュータ、センサなど電子技術の急速の進歩のおかげで幾ばくかの不便を許容すれば屋外を移動できるシステムは開発されている。

移動において足元の段差と顔面頭部の衝突防止が極めて重要である。顔面頭部の衝突防止についてはメガネなどに設置されたカメラで物体の輪郭を抽出しその情報をピンによる機械的触覚情報として前頭部に提示するシステムが開発され、実用段階に達したと言われている。遠近の識別、ピン数の増加がさらなる開発課題であろう。

静岡県立大学の石川教授はGPS情報、街中の様々な情報を利用して音声とブレイラーで情報を得る散策システムを開発している。彼は視覚障害者としてのユーザの立場から実用的なシステム開発を行っている。周辺技術の進歩によって、安全・安心と移動の自由がトレードオフの関係ではなく、共有できる状況に近づくことが期待される。

### 2. 研究の目的

上記で述べたように視覚障害者の屋外移動支援装置として、カメラ、GPSなど単体を利用したものが多く開発されてきた。近年コンピュータやカメラ素子を含む周辺機器の小型高機能化が長足の進歩を遂げているが、これら周辺分野の技術を利用もしくは改善して視覚障害者の移動を支援する基礎技術を開発する。その際、100%の自立性を目指すよりは、周囲の人の少しの援助で自立支援を助けるようなシステムを提案する。

### 3. 研究の方法

グローバル位置と絶対方位角情報を得るためにGPSセンサと地磁気センサを用いる。

ミクロな位置情報を得るために光学マウスを利用する手法を提案する。これら3つのセンサを1台のパソコンに接続し情報処理を行う。本研究は基礎技術の開発であるため、視覚障害者への情報処理結果の提示については考慮されていない。

(1) コンピュータシステム： 携帯情報機器の世界的な普及によってコンピュータのコアであるCPUの性能は飛躍的に向上し、その恩恵でノートパソコンの性能が向上し価格が低下している。パソコンを動かす基本OSはWindows, Mac, Linuxと競合しているが、本システムの開発言語としてどのOSでも開発可能なprocessingを選択した。この言語はJavaを基礎としながらも、構造化を感じさせない開発効率の高い言語である。コンピュータと周辺機器の接続はUSB接続が一般的であるが、USBに対応していない周辺機器をUSBに変換するために小型組込みコンピュータが必要である。組込みコンピュータの開発言語としてパソコンのprocessingと相性の良いArduinoを用いた。図1にシステム概要を示す。

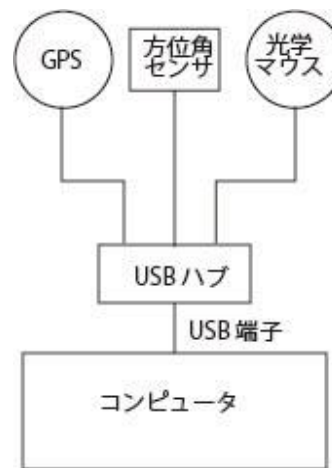


図1 システム概要

(2) センサシステム： 視覚障害者の位置と方位を計測するためにGPS、地磁気センサ、光学マウスを用いる。GPSと光学マウスはUSB端子を有しているが、地磁気センサの中にはUSB出力でないものがあつたので組込みコンピュータを用いてUSB端子に接続した。

GPS受信器からはNMEA-0183フォーマット(米国海洋電子機器協会が決めたGPSなどのシリアル通信プロトコル)の情報がシリアルに送られてくる。GPS受信器の選定は価格と仕様から選定したが、携帯可能な小型受信器で誤差3m以上のものは現在入手不可能である。NMEA-0183データから受信器の緯度、経度を抽出し、GoogleMap上に表示するプログラムを作成した。

光学マウスはコンピュータの入力機器と

して最も一般的に用いられ、そのため価格も極めて安価であるが、その構造は極めて精細で高度なものである。すなわち、CCD センサで机上の模様変化を高速にオプティカルフロー処理することによって、机上 2 次元の動きを通常 500Hz 以上の速度でパソコンに送り出している。高速処理のために短時間で蓄光量を得るために机上照射光源には高輝度 LED やレーザーダイオードが用いられている。人の腰に設置して地面の動きを計測できるように光学系を試作した。

地磁気センサは地球座標系上の絶対角を計測できるので光学マウスから得られる移動量の補正には絶対必要なセンサである。最近半導体を用いた地磁気センサの発展は目覚しく加速度、角速度補正をプログラムで行う数 mm 角のセンサが市販されている。組み込みコンピュータを用いて信号処理と USB 変換を行った。

#### 4. 研究成果

(1) ソフトウェア開発： パソコン用ソフトウェア言語 processing は java 上に、組み込みコンピュータ用言語 arduino は c++ 上で作成されており、それぞれ構造化言語であるため、開発効率が優れている。また、周辺センサに関するプログラムもネット上でライブラリーとして提供されていることが多い。開発言語、ライブラリーともオープンであるため、バグ更新も速く、なにより無料であることが嬉しい。ただし、processing と arduino の更新頻度が早いため、ライブラリーがそれに追いついてないことが多く、センサシステムを急遽変更しなければならぬことも起こりうる。

(2) GPS センサ： GPS センサは自動車のナビシステムに採用されて久しく、最近はドライブレコーダにも独立に GPS センサが取り付けられるほど小型低価格化が著しい。GPS センサのコアの部分には 1 チップ化され、

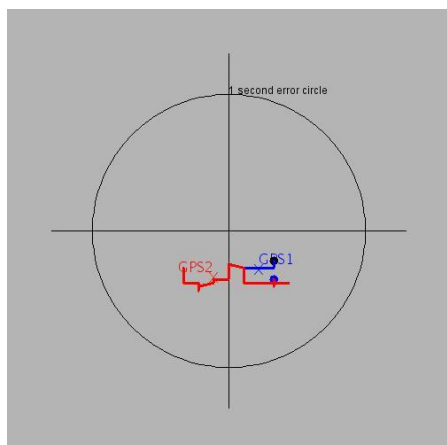


図 2 オープンな環境での GPS 信号のゆらぎ (2 台同時計測)



図 3 自宅近辺の軌跡

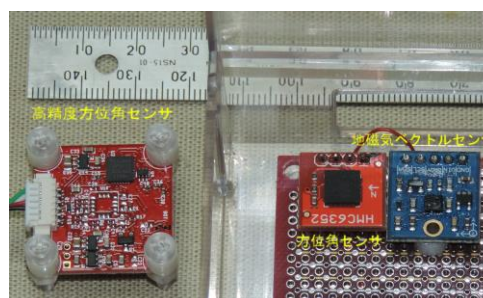


図 4 方位角を計測できる各種センサ (本写真では 3 種示す)

アンテナ、USB 変換器と一体化されて提供されている。当初民間使用の GPS には精度を劣化するために SA というノイズが印加されていたが、2000 年以降の国際状況の変化により、それ以後 SA は印加されていない。市販の GPS でも衛星配置状況と周辺環境がよければ精度 3 m である。

図 2 はオープンな環境でそれぞれ違うメーカーの 2 台の GPS で同時に約 1 5 分定点計測した値をプロットしたものである。円は 1 秒角 (0.00028 度) に相当する直径 30.9 m で、その中心は google Map で計測した地点をポイントして得た値である。GPS1 の平均値は南東約 5 m、GPS2 は南西約 5 m であり、GPS1 のブレは東西約 3 m、GPS2 のブレは東西約 15 m であることを示している。

GPS 計測値には衛星配置状況が良い時でもこのように 10m 近い誤差を含んでいるため、視覚障害者の散策時の道路の左右を識別するには不十分な精度である。道路に面して建物や樹木など精度を更に悪化させる要素を含んでいるため、GPS 単独で散策することは困難である。GPS 精度向上のため各国で衛星が打ち上げられている。ヨーロッパ、ロシア、中国、インドで GPS と独自もしくは GPS を補完する衛星システムがほぼ完成している。日本においても準天頂衛星構想があるが、まだ 1 機の運用が行われているだけで、24 時間サ



ービス体制のために 2010 年代後半までにあと 3 機打上げが計画されている。さらにその後運用効率を上げるために全体で 7 機体制が構築される。現在の 1 機体制では 1 日のうち 8 時間しか衛星が見えない。

図 2 の誤差の大きい GPS2 は準天頂衛星の信号を受信できるものであるが、計測時は高度が低いために恩恵は被っていない。準天頂衛星の運用は天頂近くに衛星があるために建物による電波のマルチパスが少なくなり、位置精度のバラつきがなくなる補完機能のほかに、GPS と同じ周波数に補強信号 L1-SAIF や LEX を組込むことによって水平精度 0.3m を目指している。近々民間機器として市場に出ることが期待される。

図 3 は 2 台の GPS を自転車に搭載し、ゆっくりと自宅周辺 6 m 幅の道を散策した時の軌跡を google map に重ねたものである。座標軸交点の円は先程と同じ 1 秒角の円である。得られた軌跡は道に沿ってはいるが、道の左右どちらかを判定するほどの精度でないことがわかる。

(3) 方位角センサ： ユーザの進む方位角は地磁気センサを用いて絶対角度として計測される。最近の地磁気センサは加速度、

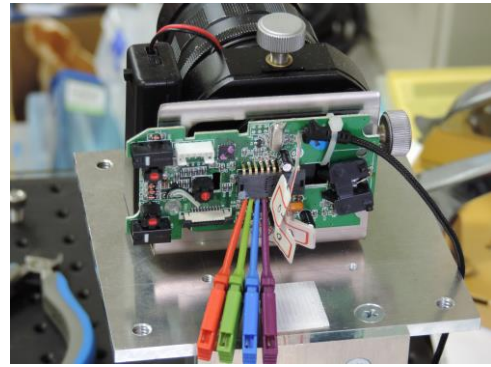


図 6 改造光学マウスの裏面

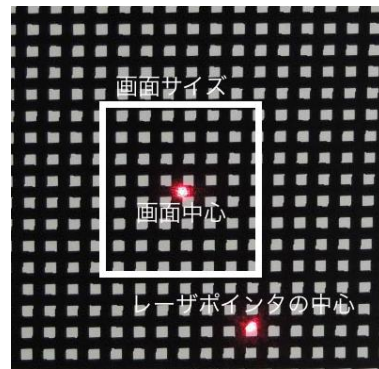


図 7 合焦を確認するためのレーザー光線と計測パターン

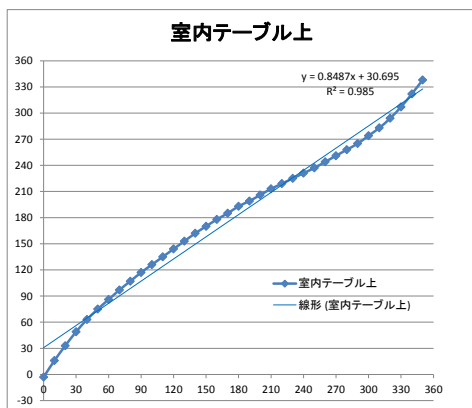
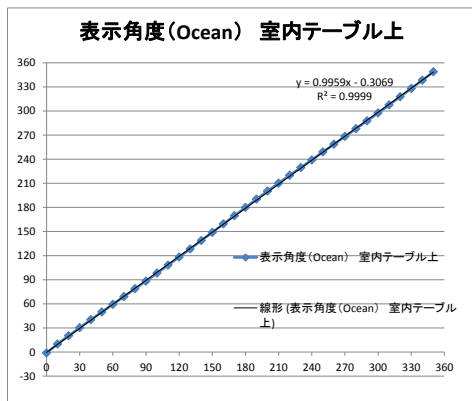


図 5 センサによる方位角の精度の違い (上のグラフは図 4 左のセンサの計測値、下は図 4 中央のセンサの計測値である)

角速度、地磁気をそれぞれ 3 自由度ベクトルとして計測でき、一般に 9 軸センサと呼ばれ市販されている。計測に用いた各種センサの 1 例を図 4 に示す。センサをインデックス回転機に搭載し、10 度ごと回転しその時の出力値をプロットしたものが図 5 のグラフである。図 5 上のグラフは図 4 左のセンサのものである。1 度以上の精度があり、また、水平面に対して 30 度の傾斜を持たせて計測しても内部で加速度、角速度の補正を行っているため傾斜角に依存せず正確な方位角（正確には磁北極からの角度）を示す。図 4 中央のセンサの出力結果を図 5 下に示す。前記センサと比較して線形性が悪いことがわかる。水平面に対して 30 度傾斜し回転させるとさらに線形性が悪化する。

(4) 光学マウス： GPS と方位角センサを用いてユーザの地球上の位置と向きをある程度正確に把握することができた。しかし、現状 GPS 単独の精度では道の左右を識別することはできない。cm オーダの相対的位置精度を得るために、通常パソコンの入力機器である光学マウスを改造して微小移動センサとして用いることにした。光学マウスはマウスパッドの上にピタリと設置させなければ、光の散乱とピンボケのためカーソルがふらつくか反応しない微妙な構造となっている。

改造マウスをユーザの腰に設置するため、マウス底面に焦点を合わせている集光レンズ系を足元の地面に合焦するように改造した。一眼レフカメラの交換レンズの光軸と CCD センサのセンサ面の中心が一致し、センサ面に合焦するように工夫した。

試作した改造光学マウスを図 6 に示す。図 6 手前が光学マウスの中に入っていた基板である。図 6 はレンズ系の光軸と合焦を確認するために CCD センサに出力ピンを刺しているところである。

合焦を確認するために用いたパターン (3 mm の白黒格子模様) を図 7 に示す。組込みコンピュータで信号を読み取り、明るさを数値及びアナログ値として表示したのが図 8 である。図 7 の中央部白で囲ったところがモニタ画面に写っており、図 8 右の白いところがレーザー光が当たっているところである。この円が最小になったとき合焦したと判断した。

図 9 は改造光学マウスを自転車荷台に搭載し移動実験を行っているところである。ノートパソコンの下に改造光学マウスが地面

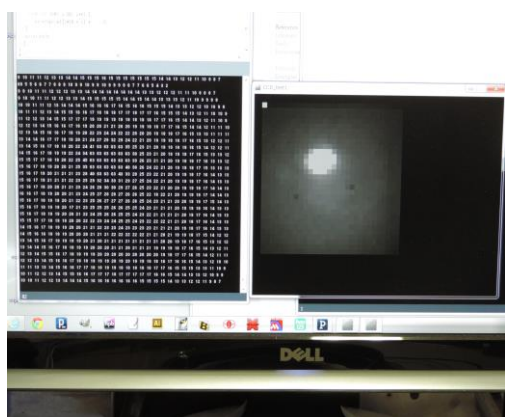


図 8 モニタに出力された図 7 のレーザー光



図 9 改造光学マウスを用いた移動実験風景

を向いて設置されている。実験では 1 パルス

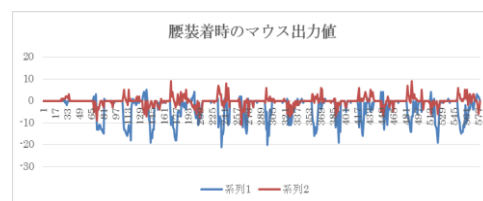
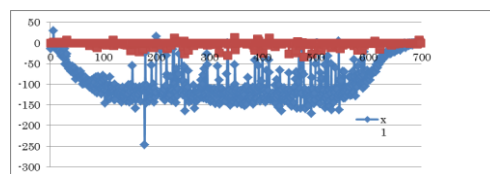


図 10 移動実験結果 (上) 自転車に装着したとき (下) 人の腰に装着したとき

当たり 0.15mm の精度であった。

アスファルト舗装道路 (黒くて反射率は良くない) において改造光学マウスを装着して 10m 直進移動し計測した実験結果を図 10 に示す。横軸は時間、縦軸はパルス数である。マウスは x 軸負が進行方向に取り付けられた。上のグラフは自転車での移動、下は人の腰に装着した時の結果である。下のグラフでは歩行に伴う腰の振りがパルス数として表れている。

高輝度 LED は自動車のヘッドライトに用いられるほど明るくなっており、夜中地面を照らすことによって本マウスは夜間使用可能である。出力パルス数は太陽光下よりは少ないが今後定量的に計測する予定である。単 3 電池 2 本で数時間の使用が可能なので数回の散歩に対応可能である。

(5) システムの現状: GPS, 方位角、光学マウスの各 USB 端子をパソコンに接続し、データを取得できた。GPS, 方位角に関する高度化については電子回路で解決できるが、光学マウスに関しては精密機械設計が必要であり、また光学レンズが相対的に大きいためシステムとして小型軽量にまとまりにくい。

(6) 今後の課題: コンピュータ部を含めシステム全体を 1Kg 以下の携帯型に構成することは可能である。ただし、触覚ブレイヤーなど視覚障害者への情報提供部は含んでいない。最近の組込みコンピュータのハードウェア性能は携帯機器に迫るものがあり、java ライブラリーの早期の移植を期待したい。

光学マウスは CCD センサ、CPU、USB 変換を 1 個のチップに収めたものが主流となりつつあるので、最新のマウスに関して改造は難しくなっている。マウスに使用されているチップ類のメーカー名と型番は企業秘密なので、ユーザはマウスマニアの情報をネットで検索するか、マウスを購入して分解する手間がかかる。実用性を向上させるには改造光学マ

ウスの精密な特性を計測しなければならない。そのために太陽光をマックスとする明るさの変化と様々な反射特性を有する地面を再現できる実験設備が必要である。

図 10 下の人の腰に装着した場合、出力パルスから距離に変換するには、マウスのロール、ピッチ、ヨー角の変化を加速度、角速度センサで計測し補正しなければならない。

人の位置を正確に把握し続けるためには、交差点などのランドマーク上で位置情報の確定を行う必要がある。この技術として RFID と Bluetooth を検討した。それぞれ、通信距離 10cm、10m と違うが、携帯電話各社がそれぞれの特徴を生かしたサービスソフトウェアの開発を行っており、極めて短い期間にトレンドが変化しているので今後の開発動向に注目し、普及するものをランドマークとして利用する予定である。

実用システムにするには個別センサを融合する技術と資金が必要であるが、個別技術とくに改造光学センサに関しては実用化に近いと確信している。

## 5. 主な発表論文等

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

橋野 賢 (HASHINO, Satoshi)

東京工科大学・医療保健学部・教授

研究者番号：00350504