

機関番号：13301

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2008～2010

課題番号：20700155

研究課題名（和文） 高安全・安心な Plug-and-Play 型

自己位置姿勢推定手法の開発

研究課題名（英文） Development safe, secure, and reliable

Plug-and-Play type localization method

研究代表者

菅沼 直樹 (SUGANUMA NAOKI)

金沢大学・機械工学系・講師

研究者番号：50361978

研究成果の概要（和文）：移動ロボットにとって、その自己位置姿勢を推定することは重要な共通基盤技術のうちの一つである。多種多様に存在する移動ロボットの自己位置姿勢推定に適切なセンサは、ロボットの種類、環境などに応じて、精度、確実性、経済性等を考慮し、専門的知識を有する設計者がセンサの選択・設置を行うと同時に、これらのセンサに適した推定アルゴリズムを個々に設計する必要があった。また、センサ特性や設置位置のキャリブレーション(校正)も必要であった。そこで本研究では次世代型のセンサフュージョンアルゴリズムとして、ユーザによるセンサの柔軟な選択・レイアウトを可能とする高安全・安心な Plug-and-Play 型自己位置姿勢推定手法の開発を行った。

研究成果の概要（英文）：Localization is one of the most important basic technology for mobile robot. A most suitable sensor to various type of mobile robot depends on kind of robot and environment where the mobile robot works. Therefore, the specialist must select and install the most suitable sensors to the robot considering robustness and economic efficiency, and localizing estimator suitable for these sensors must be taken into account. Moreover, there is a problem that the specialist must calibrate sensor parameters before using the robot. So, in this research, safe, secure, and reliable “Plug-and-Play” type localization method, which the general user can flexibly select and install sensors, is developed as a next generation localization method of the mobile robot.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	2,100,000	630,000	2,730,000
2009年度	700,000	210,000	910,000
2010年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	3,300,000	990,000	4,290,000

研究分野：ロボティクス

科研費の分科・細目：情報学・知覚情報処理・知能ロボティクス

キーワード：センサ融合・統合, Plug-and-Play センサ

1. 研究開始当初の背景

現在多種多様のロボットが開発され、様々な場所での利用が期待されている。このようなロボットが自律的もしくは半自律的に移

動し、作業を行うためには様々な技術が必要となる。その中でもロボットの自己位置姿勢を推定することは重要な共通基盤技術のうちの一つである。

多種多様のロボットの自己位置姿勢推定に適切なセンサは、ロボットの種類、環境などに依り様々なものが考えられる。このため精度、確実性、経済性等を考慮し、専門的知識を有する設計者がセンサの選択・設置を行うと同時に、これらのセンサに適した推定アルゴリズムを個々に設計する必要があった。また、センサ特性や設置位置のキャリブレーション(校正)も必要であった。このためユーザが使用環境に応じて柔軟にセンサを選択し、柔軟にレイアウトを変更することが極めて困難であるという問題があった。

2. 研究の目的

そこで本研究では次世代型のセンサフュージョンアルゴリズムとして、ユーザによるセンサの柔軟な選択・レイアウトを可能とする高安全・安心な Plug-and-Play 型自己位置姿勢推定手法の開発を行う。そして、車輪型移動ロボットへ提案手法を搭載し、その性能評価を行うことを目的とする。

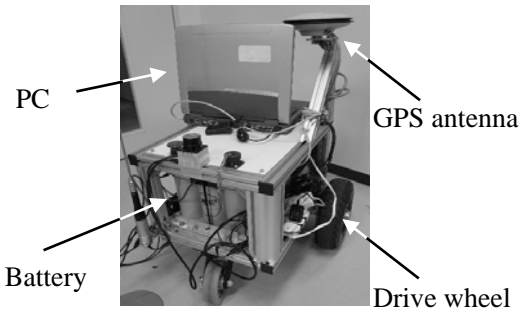


Fig.1 Overview of mobile robot

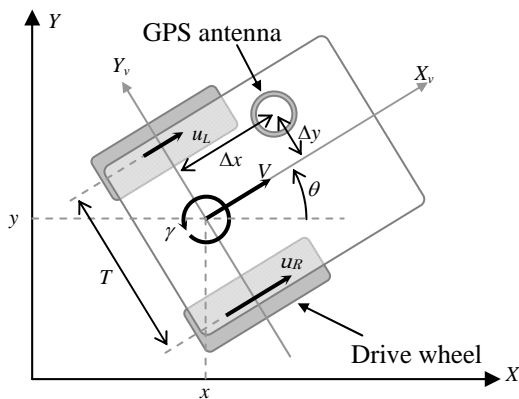
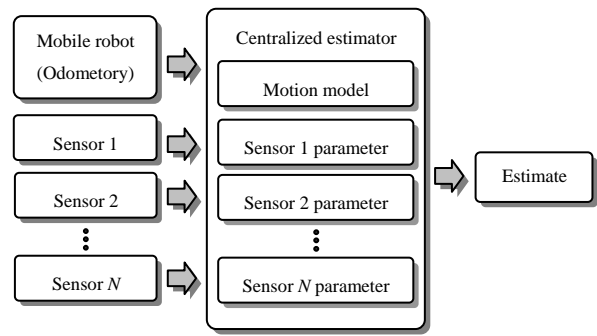


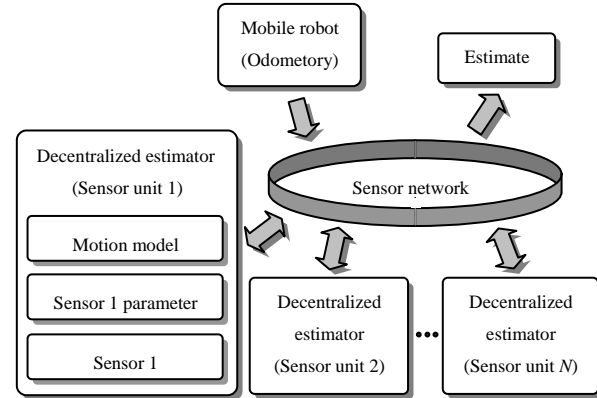
Fig.2 Geometry of mobile robot

3. 研究の方法

図1に本研究で使用した移動ロボットを示す。本ロボットは我々が開発した左右独立



(a) Centralized type estimator



(b) Plug and play (decentralized) type

Fig.3 Overview of sensor fusion method

駆動 (Power Wheeled Steering : PWS) の車輪型移動ロボットであり、最大 2.0[m/s] の速度で走行が可能である。本ロボットの左右両輪には光学式エンコーダが設置してあり、100[Hz] の周期で左右両輪の進行距離を計測することができる。また本移動ロボットには、RTK-GPS 受信機 (Novatel 社製 OEM4 G2-RT20) が設置されており、上空が開いている場合約 20cm 程度の精度でロボットの絶対位置を計測することができる。また同受信機からは、GPS 搬送波信号のドップラー効果により、ロボットの進行方向を計測することが可能となっている。ただし図2に示すように、RTK-GPS アンテナはロボットの左右両輪の中心位置 (以降簡単にロボット中心と述べる) からずれた位置に設置されている。

図3 (b) に本研究で提案する Plug and Play (PnP) 型自己位置推定法の概略を示す。図3 (a) に示すようなセンサ情報を 1 つの演算器に集約して情報統合を行う中央集中型統合手法とは異なり、PnP 型位置推定法は分散型の情報統合手法に基づいている。また各センサは、センサ単体としてではなく演算器を有するセンサユニットとして取り扱われる。移動ロボットおよび各センサユニットはネットワークを介して接続され、移動ロボットか

Table 1 Specification of mobile robot

Tread T		0.48[m]
GPS antenna offset	Δx	-0.040 [m]
	Δy	0.135 [m]
Pulse coefficient	Left tire μ_L	8.03×10^{-3} [m/pulse]
	Right tire μ_R	8.06×10^{-3} [m/pulse]
Standard deviation	Encoder pulse	0.03[pulse/s]
	GPS position	0.1~0.3[m]
	GPS attitude	20~40[deg]
Sampling period	Odometry τ	0.01[s]
	GPS position	0.05[s]
	GPS attitude	0.05[s]

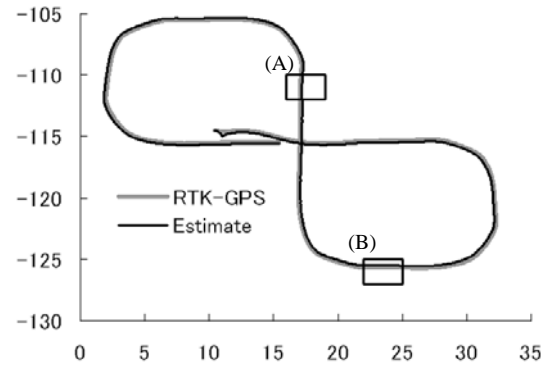
ら各センサユニットには移動ロボットの運動情報(オドメトリ)が伝達される。また各センサユニットでは、ユニットに接続されたセンサ情報とロボットから送信された運動情報を統合して、ユニット毎に位置姿勢の推定値を生成する。そして各センサユニットはネットワークを介してお互いの位置姿勢推定値を送受信し、情報統合を行うことで、センサの数に依存せず全てのセンサ情報を加味した位置姿勢推定値を生成することができる。一方、各センサ固有のセンサパラメータはセンサユニット内で自動的に推定される。このため、センサパラメータを補正した後の位置姿勢推定値が各ユニット間で送受信されるため、センサパラメータに依存しない汎用的な情報統合手法となっている。またユニット間で送受信する情報は、センサの種類に依存せず常に位置姿勢推定値とすることで、各センサの種類に依存しない情報統合手法となっている。

このように PnP 型位置推定法では、接続されるセンサの数・種類・センサ固有のパラメータに依存せず情報統合が可能であるため、ユーザによるセンサの柔軟な選択・設置を可能とすることができる。

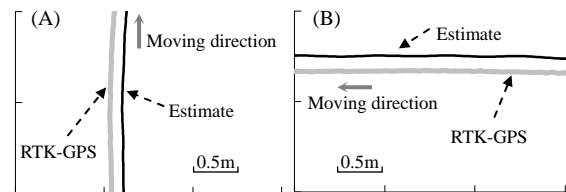
4. 研究成果

本章では、中央集中型自己位置推定手法と、本研究で提案した PnP 型自己位置推定手法を比較することでその有効性を確認する。本実験で用いた移動ロボット・搭載センサのパラメータを表 1 に示す。なお、本実験は上空が開けており GPS が比較的精度よく観測可能な研究代表者の大学構内の広い駐車場構内で行った。また GPS 位置計測値および姿勢計測値の標準偏差は、GPS 受信機から得られる計測精度情報を用いる。

本実験では、移動ロボットから得られるオドメトリ情報および GPS から観測される位置

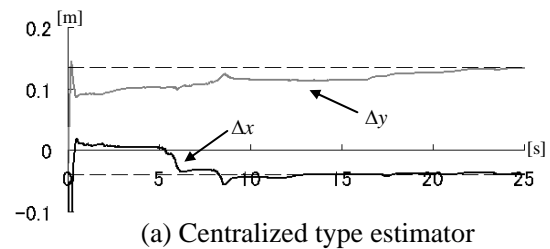


(a) Trajectory of PnP estimator and RTK-GPS

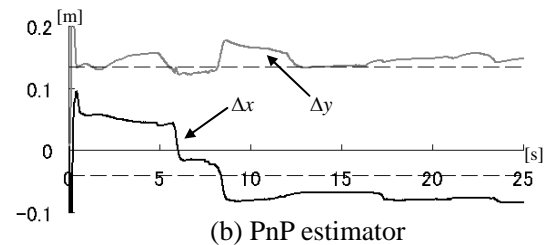


(b) Enlarged trajectory

Fig.4 Position estimate by PnP



(a) Centralized type estimator



(b) PnP estimator

Fig.5 Comparison of sensor parameter estimate

情報・姿勢角情報を、それぞれ Ethernet を介して UDP マルチキャスト通信で送信する。そして GPS 位置ユニット、GPS 姿勢ユニットは、UDP マルチキャスト通信により Ethernet から送信された対応する情報を取得し、各ユニットで推定した情報を UDP マルチキャスト通信で送出することで、本研究で提案した PnP 型システムを実装した。

図 4(a)は移動ロボットを 8 の字状に走行させた時の PnP 型位置推定システムの位置推定結果と RTK-GPS 位置観測値を示したものであり、図 4(b)は図 4(a)の(A)点付近および(B)点付近を拡大したものである。図 4(b)から、PnP 型位置推定システムの位置推定結果が RTK-GPS 位置観測値よりも移動ロボットの進

行方向に対して常に右側に存在している。これはGPSアンテナがロボット中心に対して左側にずれて設置されているためであり、PnP型位置推定システムが正しい位置推定を行っていることが定性的に確認できる。

図5はGPSアンテナ取り付け位置(センサパラメータ)を、(a)従来型の中央集中型位置推定システムおよび(b)PnP型位置推定システムにより推定した結果である。これらの結果より、PnP型位置推定システムを用いた場合、中央集中型と比較すると推定精度が1~2割程度劣化していることが分かる。一方で、表1よりそもそもGPS位置計測値の標準偏差が10~30cm程度であったことを勘案すれば、PnP型位置推定システムによる推定結果も十分に実用的なレベルであると考えることができる。またPnP型自己位置推定の処理時間は、Intel Pentium 4 1.6GHzのPCを用いた場合1[ms]以下であり、中央集中型と比べてもほとんど処理コストの増加が見られなかった。

これらのことから、提案したPnP型位置推定手法は、従来型の中央集中型位置推定手法に対して若干の精度劣化が生じるものの、実用的なレベルで位置姿勢推定が可能であることが確認できた。

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1件)

- ① 菅沼直樹, 林雄一, センサの柔軟な選択・設置を可能とする移動ロボットのプラグアンドプレイ型自己位置推定法, 日本機械学会 論文集 C 編, Vol76, No. 764, 908-913 (2010), 査読あり

[学会発表] (計2件)

- ① Naoki Suganuma, Yuichi Hayashi, Tomonori Shimizu, Proposal of Plug and Play Ego-motion Estimator for Mobile Robot, 4th International symposium on communications, control and signal processing, 2010.3.4, Le Meridien Limassol (Cyprus)
- ② Yuichi Hayashi, Naoki Suganuma, Plug and Play (PnP) Type Ego-position Estimation System for Mobile Robot, International Symposium on Test Automation and Instrumentation, 2008.11.18, Beijing Yanxiang Hotel, (China)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

菅沼 直樹 (SUGANUMA NAOKI)
金沢大学・機械工学系・講師
研究者番号: 50361978

(2) 研究分担者

該当なし

(3) 連携研究者

該当なし