

実用技術紹介

GPS 自律移動監視システム

瀧口 純一*1 梶原 尚幸*1 島 嘉宏*1
 廣川 類*1 黒崎 隆二郎*1 目黒 淳一*2
 石川 喜一郎*2 天野 嘉春*2 橋詰 匠*2
 (*1三菱電機(株) *2早稲田大学理工学総合研究センター)

1. はじめに

近年、測位に関する地上/宇宙インフラが急速に整備されつつあり、RTK (Real Time Kinematic)-GPSをはじめとする高精度のGPSが市場に出回ってきている。しかし、建物による遮蔽によって生じる可視衛星数の減少・配置劣化、さらにはマルチパスの影響によって常に高精度の測位を望むことは難しく、特に潜在的需要の多い都市部において、その影響が大きくなることが予測される。そのため、GPSの高精度な位置標定機能を応用した移動体用アプリケーション例は少ない[1][2]。

そこで、筆者らは高層の建物を含む工場や倉庫等での自律移動監視システムの構築を目的とし、T/C (タイトカップリング) GPS/DR 複合航法に加え、レーザレダによる周囲環境情報と地図の交差点情報の複合により、様々な状況下で相補的に作用する誘導制御手法と、この位置情報を利用した監視画像データベース生成を特徴とする、構内移動監視システムを構築した。

2. 開発システムの概要

開発システムの構成を図1に示す。本システムは、自律走行車(図2)と監視センタ、さらに、電子基準点網から当該GPSの誤差を算出し、GPS補正信号として配信するPAS (Positioning Augmentation System) データセンタから構成される。自律走行車は、監視センタから送信された走行経路に基づき走行を行う。監視センタは自律走行車の走行軌跡を含む状況表示機能、命令送信機能等を有している(図3)。オペレータは、GUIから既存の監視経路、または直接目的地をマウス選択することで移動体を走行させることができ、自律走行から遠隔操縦モードへの変更や緊急停止も随時可能である。以下、開発システムの特徴について述べる。

3. 特徴

3.1 タイトカップリング型GPS/DR複合航法システム

自律走行車の位置標定機能に関しては、UAV等で実用化

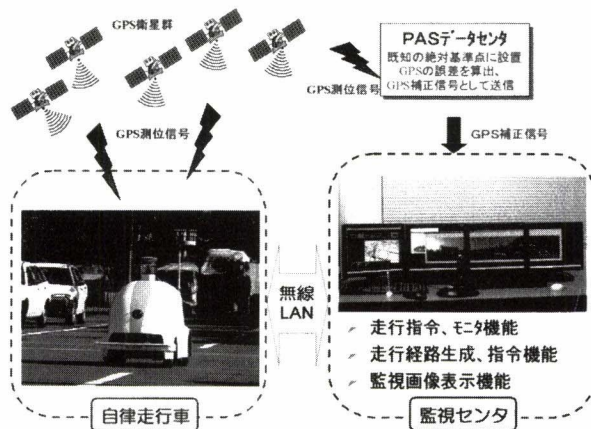


図1 開発システム構成



図2 走行車の構成



図3 制御画面

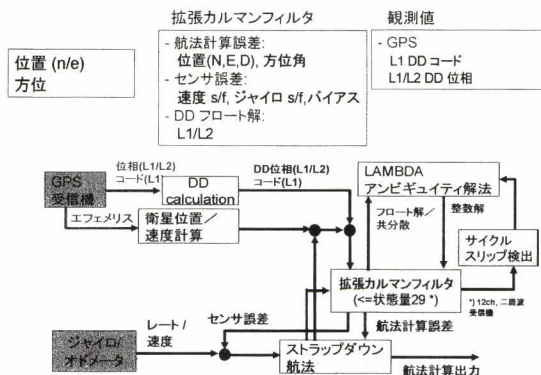


図4 T/C型GPS/DR複合航法システム

例が多いルーズカップリング(L/C)型GPS/INS方式の問題点である、衛星可視性が悪いときの測位精度劣化、高価な慣性センサが必要、という点に対処しなければならない。そこで、シンプルなオドメータとヨーレートジャイロを用いたデッドレコニング(DR)により、航法計算の誤差をGPS位相(二重位相差)を観測値とするT/C型拡張カルマンフィルタ(EKF)により補正を行うT/C型GPS/DR複合航法システムを開発した(図4)。本提案の航法システムにより、L/C型では観測衛星数が4未満ではGPS観測更新が不能であるのに対して、T/C型では可視衛星数が2個まで減っても観測更新ができ、センサ誤差補正が随時可能である。このような、GPS受信機のRAWデータ(擬似距離、ドップラ、キャリアフェーズ)を使用し、DRと組み合

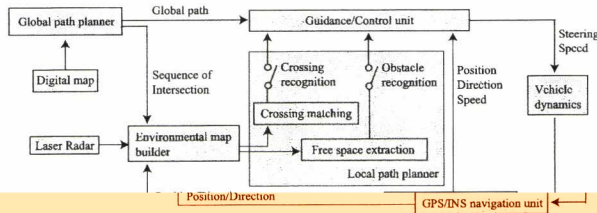


図5 車両誘導制御システム

わせて測位演算，ストラップダウン演算やアンビグニティ解法を自前でを行うタイトカップリング型の車載用GPS/DR複合航法システムは，世界的に例が少ない。

3.2 測量地図とリアルタイム環境地図を複合した誘導制御方式

自律走行車を実環境に適用する際，走行環境の変化（建物による衛星遮蔽やマルチパスの影響，衛星配置，経路上の駐車車両等）にロバストな車両誘導制御則が必須である．そこで本システムでは，リアルタイムに計測可能な絶対位置／相対距離情報と測量地図というアプリオリな情報という，相互に異なる性質の情報を複合させた誘導制御システムを開発した．図5に，測量地図とリアルタイム環境地図を複合した誘導制御系のブロック図を示す．その構成は，測量した地図情報から経路を生成するオフライン経路計画部（Global path planner）と，自走車に搭載されたセンサ（T/C GPS/DR，レーザレーダ）から環境地図を生成し，リアルタイムで経路生成を行うオンライン計画部（Local path planner）と，“Normal”，“Road tracking”，“Cross recognition”の三つのモード遷移を制御するモード／シーケンス制御部，そして非ホロノミック系車体のステアリングと車速を制御し，サブゴール追従を行う誘導制御部からなる．図6に，衛星仰角と建物の影響により十分な衛星数が観測できない過酷な環境下で試験した結果を示す．図6より，長期にわたり衛星が観測できないため，累積したセンサ誤差によってT/C型GPS/DR複合航法による“Normal”モードからリアルタイム環境地図を利用した“Road tracking”モードに遷移しており，さらに交差点マッチング結果による“Cross recognition”モードに遷移していることが分かる．しかし，このようなGPSにとって過酷な条件においても，相互に異なる性質の情報を複合させて三つの移動体誘導制御モードを自在に遷移させることで，走行環境の変化にロバストな車両誘導制御が実現できていることが分かる．

3.3 全周リアルタイム撮像および位置情報をキーにした画像データベース

本システムでは監視装置として，全周撮像装置（ODV：Omni-Directional Vision）とパン・チルト機能つきカメラを組み合わせて用い，その画像を圧縮された後に構内に張り巡らされた無線LANにより監視センタに送信することで，

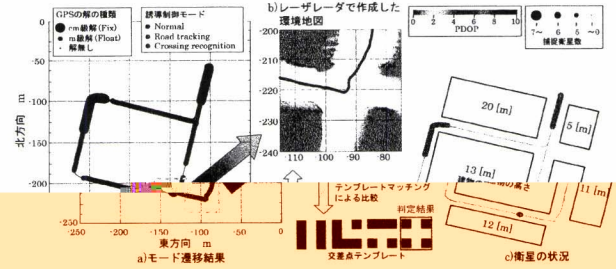


図6 衛星可視性の悪い環境下での走行結果



図7 監視画像データベース

広大な敷地内を少人数で監視することを可能にした．さらに本画像は，画像取得タイミングに同期してT/C GPS/DRの位置・姿勢・時刻のタグも保存されているため，監視画像データベースとして活用することが可能である．図7に，図6の試験において生成した監視画像データベース例を示す．図7の例から任意の時間・地点において画像データをソートすることにより，人・車等がその場所に存在したことを証明でき，あたかも固定カメラをフィールド全体にうまく配置したように不審物・人・車両等の挙動を監視することが可能となることが確認できる．

4. おわりに

本技術は，技術実証機を経て試作機が完成し，PASシステム，監視センタ，自走車からなるGPS自律移動監視システムとして，三菱電機（株）鎌倉製作所の構内監視に試用するとともに，サンプル販売を開始している．

参考文献

- [1] J. Meguro, et al.: “Omni-directional Motion Stereo Vision based on Accurate GPS/INS Navigation System,” 2nd Workshop on Integration of Vision and Inertial Sensors 2005, 2005.4.
- [2] C. Früh and A. Zakhor: “3D Model Generation for Cities Using Aerial Photographs and Ground Level Laser Scans,” IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Conference, vol.2, no.2, pp.II-31-38, 2001.