

地理情報の高度利用技術の開発と配送支援システムへの応用

奥田 篤, 宮崎 俊之, 高橋 裕之

Research on Advanced Application of the Geographic Information

Atsushi OKUDA, Toshiyuki MIYAZAKI, Hiroyuki TAKAHASHI

抄 録

地理情報を生活分野や産業分野で高度に利活用する社会を実現し、新たな産業を創出するために、地理情報処理システムの適用範囲の拡大が期待されている。そこで、GPSを補強する測位衛星の利用による測位精度の向上を検討した。さらに、配送支援に用いる地理情報提示システムを開発した。

キーワード：地理情報システム, 準天頂衛星システム, 配送支援

Abstract

The expansion in the range of application of geographical information systems realizes a society using geographical information widely and is to build new industry. Therefore, we examined improvement of the positioning precision using the positioning satellite which can reinforce GPS. Furthermore, we developed a geographic information system to improve efficiency of the delivery.

KEY-WORDS : Geographic Information System, Quasi-Zenith Satellite System, Delivery System

1. はじめに

衛星測位により簡便に自己位置を知ることが可能となったことを受けて、地理情報を高度に活用する社会の実現が目指されており、地理情報の生活分野や産業分野での利活用の促進、地理情報サービス産業のような新たな産業の創出が期待されている。

国・地方公共団体は連携して基盤地図の整備を進めており、これを活用した官民による地理情報の共用も取り組まれている。また、高機能かつ携帯可能なスレート端末（スマートフォン、タブレット端末等）の普及が急速に進んでおり、これらの端末の多くは衛星測位が利用可能である。このようなことから、場所を選ばずにどこでも地理情報と結びついたサービスを提供することが可能になりつつある。

デスクトップコンピュータでの利用を前提としていた地理情報システムは、携帯することが可能になったことで、測位精度を向上させたり、時間経過に伴い変化する情報を逐次適切に処理して提示したり、目の前にある現実世界を写した画像へ情報を合成して提示するなどの新たな技術を導入することにより、その適用範囲が拡大できると期待されている。

このような地理情報サービスは、道内においても市場の拡

大が見込まれ、観光・流通など幅広い分野での需要が期待される。中でも、運送分野は、冬期の降雪・積雪による配送・運行効率の低下などの地域課題を抱えており、効率維持に有効なシステムを求めていることから、地理情報サービスの利活用が特に有望である。

このような状況を踏まえて、当场では、地理情報処理システムの高度化に関する技術開発を進めている。その一環として、本研究ではGPS（Global Positioning System）を補強する測位衛星の利用による測位精度の向上を検討した。また、得られた知見を利用して、配送支援に用いる地理情報提示システムを開発した。

2. GPS補強システムによる測位精度向上の検討

2.1 衛星測位の現状と課題

衛星測位は、複数の測位衛星からの信号を受信機で受信し、測位計算することで自己位置を取得できる。現在は米国が運用する全地球型衛星測位システムであるGPSが広く用いられている。GPSにおける測位衛星であるNAVSTAR衛星からの信号が安定的に受信できる場合には、測量などに比べて簡便かつ即時的に測位可能であり、GPS受信機の低価格化

に伴い普及が進んでいる。

しかし、市街地や山間地では、低仰角に位置するNAVSTAR衛星からの信号がビルや樹木で遮られるため、測位が不可能であったり、測位精度が著しく低下する場合があります、GPSを補強できる測位衛星の併用による改善が期待されている。

GPSによる測位の精度や信頼性を向上させる方法の一つに、静止衛星型衛星航法補強システム（SBAS：Satellite-based Augmentation System）がある。国内では、2機の運輸多目的衛星（MTSAT：Multi-functional Transport Satellite）を利用するSBASとして運輸多目的衛星航法補強システム（MSAS：MTSAT Satellite-based Augmentation System）が運用されている。補正情報を無償で利用でき、先行した欧米でのSBAS実用化を受けて多くのGPS受信機がMSASにも対応しており、ハードウェア構成を大きく変更することなく利用できることから、単独測位における精度向上に広く利用されている。

しかし、建築物・樹木でGPS信号が遮蔽される現象は、運輸多目的衛星からの補正信号でも同様に生ずるため、市街地等では、しばしば安定して補正することが困難となる。

2.2 GPS補強システムによるGPSの補完および補正

これらの課題への対応を目的として、日本上空に長時間留まる軌道（準天頂軌道）をとり、天頂付近からGPSを補完および補正する信号を放送する準天頂衛星システム（QZSS：Quasi-Zenith Satellite System）の整備が始まっており、現在1機が試験運用されている^{1),2)}。準天頂衛星はGPSおよびMTSATと互換な信号を放送しているため、受信機側の対応も容易であり、測位計算にこれらの信号を利用できる受信機が供給され始めている。

また、ロシアが運用している全地球型衛星測位システムであるGLONASS（Global Navigation Satellite System）が注目されている。GPSと併用することで、測位に利用し得る衛星を増し、低仰角に位置する衛星が遮蔽される影響を回避できると期待されるからである。そのため、GLONASS衛星からの信号を受信し、測位計算の対象とすることができる受信機が供給され始めている。

2.3 GPS補強システムの測位精度への寄与の検討

衛星測位は地理情報処理システムの基盤であり、その測位精度はシステムのあり方に大きな影響を与え、システムを高度化するために重要な要素であることから、これらのGPS補強システムの測位精度への寄与を検討した。

準天頂衛星およびGLONASS衛星からの信号（L1-C/A）を利用してGPSを補完しながら定点測位を行い、測位精度を評価した。また、準天頂衛星が放送する補正信号（L1-SAIF（Submeter-class Augmentation with Integrity Function））を利用してGPSを補正しながら定点測位を行い、

測位精度を評価した。

定点測位に供した受信機は以下のとおりである。

- u-blox社 EVK-6N
- Ashtech社 MB100
- コア CD311

定点測位は、GPS信号再放射システム（SAN JOSE NAVIGATION社RK-104）を使用して行った。すなわち、3階建て建屋の屋上に設置したアンテナでGPS等の信号を受信し、ここから屋内に引き込んだアンテナケーブルに接続した再放射アンテナから信号を再放射した。これを評価対象である受信機で所定の時間受信し、1秒間に1回、測位結果である緯度および経度を出力させた。なお、建屋の近隣にはより高層な建築物等が無く、アンテナは全天が見通せる状態で設置されている。

定点測位結果の一例を図1に示す。緯度・経度として出力された測位計算の結果を平面直角座標に変換し、時間経過に従ってプロットしている。この例では、GPS信号のみを用いて測位した結果とQZSS信号を加えてGPSを補完しながら測位した結果を示しており、両者の測位誤差を比較することにより、QZSSの測位精度向上への寄与が確認された。

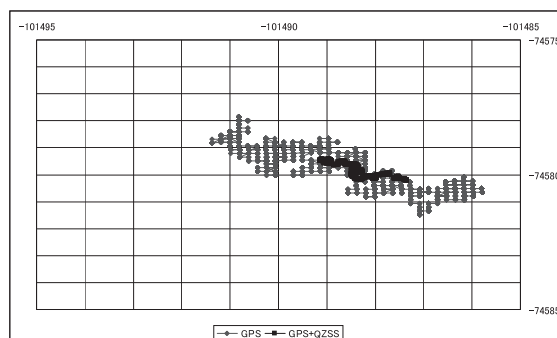


図1 定点測位結果の例

（淡点はGPSのみを、濃点はGPSとQZSSを用いて測位。）

同様に、GLONASS信号によるGPSの補完、MSASないしQZSS（L1-SAIF）によるGPSの補正を組合せながら定点測位を行い、測位精度向上への有効性を検討した。

表1に、それぞれの測位方法における測位誤差の平均を示した。季節の異なる2週間程度の期間において、連日昼夜各

表1 補強システムの測位精度向上への寄与

測位方法	補足衛星数	2DRMS(m)
GPS	9.85	3.20
GPS + QZSS	10.00	0.63
GPS + GLONASS	13.76	0.53
GPS + MSAS	9.35	0.37
GPS + QZSS-SAIF	9.00	0.47
GPS + GLONASS + MSAS	13.56	0.24

10～12時間程度測位して得られた結果を取りまとめたものである。保有機材数の制限により、必ずしも同時に測位した結果のみを比較検討しているわけではないが、測位方法の違いに起因する測位精度の差が現れており、QZSSおよびGLONASS併用によるGPS補完、QZSSによるGPS補正のいずれも測位精度の向上に有効であることを確認した。評価した測位方法の中では、GLONASSをGPSと併用して衛星配置を改善しつつ、MSASによりGPSを補正する場合は、最も高精度な測位が可能であった。

今後、さらに受信機のQZSS・GLONASS対応が進むと考えられることから、地理情報処理システムの開発においては、これらを積極的に利用することで、市街地等での測位精度・安定性の向上が期待できる。

現在はMSASないしQZSSから放送される補正信号がGPSのみを対象としているが、QZSSやGLONASSを対象とした補正信号を放送する試みも開始されており、対応した受信器の供給に応じて、引き続き測位精度向上への寄与を検討する予定である。

3. 配送支援システムの開発

3.1 多積雪下における大型車両を用いる配送の課題

多積雪地域では冬期に積雪により道路が狭隘化することが多いが、都市部では除排雪が積雪に追いつかないため、生活道路のほとんどに及ぶ広い範囲で長期間にわたって道路幅員が減少する。そのため、大型車両を用いる配送では、経路を適切に選択し損なった場合に、これを修正することが容易でなく、配送効率が運転手の地理習熟度に大きく影響を受ける。しかも、近年、運転手の定着率の低下や休日の増加などにより、配送先を固定することが難しくなっており、配送先の地理に未習熟な運転手を相当数起用せざるを得ない。そのため、地理習熟度によらずに配送効率を平準化することが求められている。

そこで、走行軌跡をデータベース化し、そこから抽出した経路を提示することで、地理未習熟な運転手でも効率的に配送が行えるよう誘導する配送支援システムを開発した。

以下に、配送支援システムの概要とシステムを灯油配送に適用した結果について紹介する。

3.2 配送支援システムの概要

開発した配送支援システムは、車両に搭載する走行軌跡記録・経路提示システム（以下、車載システムという）と、走行軌跡データベースから構成した。

車載システムは、タブレット端末（Mobile In Style社 EdenTAB）から構成されており、内蔵GPS受信機を用いた走行軌跡の取得と配送先までの経路の提示に供した（図2）。

車両が走行中は、継続的に測位が行われており、1秒毎に



図2 走行軌跡記録・経路提示システム

出力される位置情報を記録することで、走行軌跡を取得する。

車載システムは地図を搭載しており、経路データベースから配送先毎に応じて抽出される経路データを搭載できる。配送時は、各配送先付近において、車両の現在位置と配送先への経路を運転手に提示することで、転回や再アプローチなどの冗長走行が生じないように誘導する。

取得した走行軌跡は、走行終了後に走行軌跡データベースに追加した。

走行軌跡データベースは、車載システムで取得された走行軌跡を処理して、各配送先毎に、その付近での経路を蓄積す

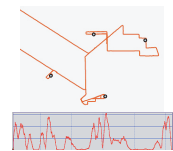
走行軌跡データベースの構築



収集した走行軌跡の例



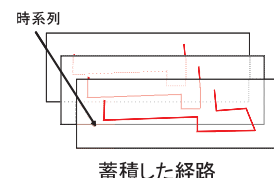
経路の切り出し



時間-速度曲線
停止位置の特定

走行軌跡
データベース

経路生成手法の開発



蓄積した経路



経路の抽出



ノードとリンクに分解
各リンクに重み付け



生成した経路の例

図3 走行軌跡データベース構築及び経路生成手法の原理

る。走行軌跡は以下の手順に従って処理した。最初に、走行軌跡から時間-速度曲線を生成し、速度の変化を観測して、所定の時間を超えて速度が0 km/h付近に設けた閾値を下回る位置を、配送先の停止位置として特定した。次いで、各停止位置から走行軌跡を辿り、所定の右左折角を経過する位置まで経路を切り出し、データベースに登録する。登録した経路はデータベース中で、住所などの配送先情報と連結される。

走行軌跡データベースからの、与えられた配送先に対応する経路の抽出は、蓄積された当該配送先に対応する複数の経路から走行頻度と時系列を考慮して経路を生成することで行った(図3)。まず、登録されている各経路を解析して、停止位置および右左折点(ノード)を求める。次に、停止位置から、順に、連結しているリンク(ノード間の区間)を辿り、隣接しているノードへ至ることを繰り返して経路を生成した。あるノードにおいて、次のノードの候補となる隣接ノードが複数ある場合には、各ノードとの間のリンクに走行日時の新しい順に高い重みを付けた得点を与え、それを重畳して最も高い得点を得たリンクを選択することで次ノードを決定した。

車載システムを、灯油・ガス配送用タンクローリーに搭載して、走行軌跡を収集した。

収集した走行軌跡の例として、同一車両の一週間分の走行

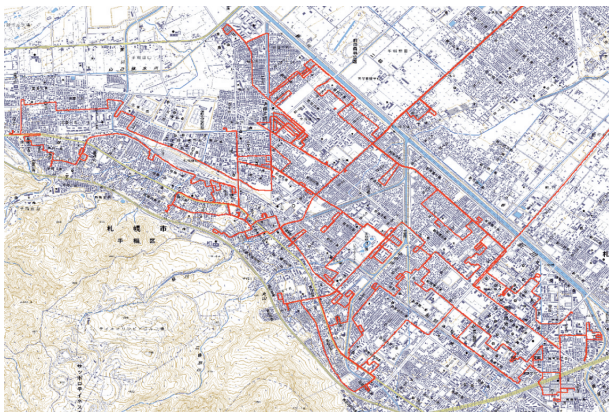


図4 収集した走行軌跡の例

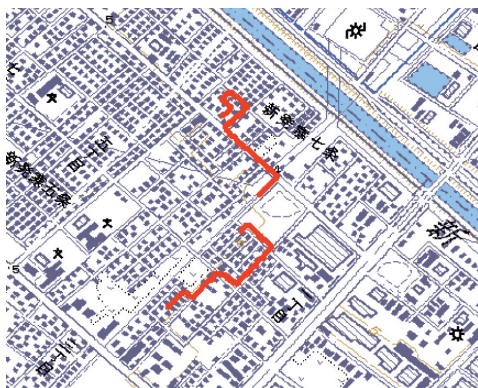


図5 抽出した経路の例

軌跡の一部分を図4に示す。データベース化した走行軌跡から、所定の配送先を与えて抽出した経路の例を図5に示す。

配送を行う際には、あらかじめ、経路データベースに配送先リストを与えて、各配送先に対応した経路データを抽出する。前述のとおり、これを車載システムに搭載して、配送先付近での誘導に利用する。

3.3 灯油配送への配送支援システムの適用

大型車両であるタンクローリーを用いる灯油配送へ配送支援システムの適用を試みた。

まず、地理に習熟した運転手が実際に配送を行った際の走行軌跡を取得した。これを経路データベースで処理して、得られた経路データを車載システムに搭載した。各配送先付近の地理に未習熟な運転者が、車載システムを携帯して、あるいは地図のみを携帯して、取得済走行軌跡を対象に、それぞ

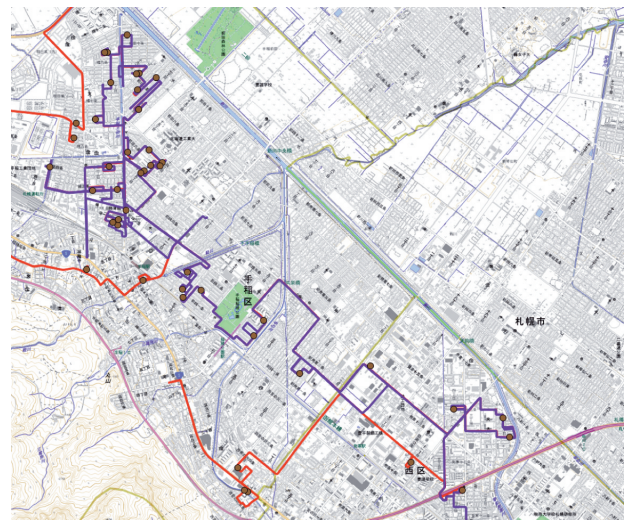


図6 走行試験(追走行)における走行軌跡の例
(淡線は配送における、濃線は追走行における走行軌跡。)

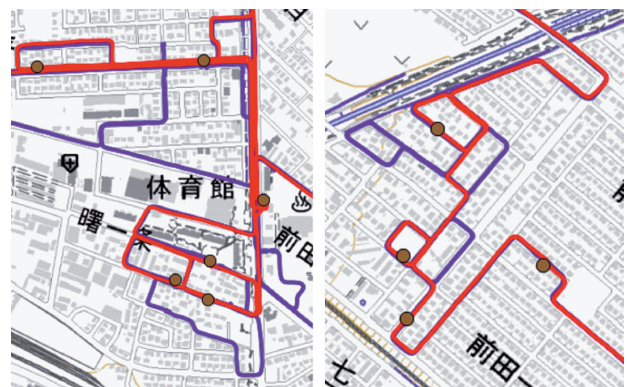


図7 追走行における冗長走行の例
(濃線は地図のみ携行した際の走行軌跡、淡線は対象軌跡。濃線において配送先(点)付近での冗長走行が認められる。)

れ追走行を実施し、その走行の冗長性を評価した。追走行時の走行軌跡の一例を図6に示す。

地図のみを携行した追走行により得られた軌跡の一例を図7に示した。走行軌跡の一部を、対象軌跡と重ねて表示している。図から明らかなように、配送先（図中の点）付近で頻繁に冗長な走行が発生していることが認められる。他方、車載システムを携帯した追走行においては、対象軌跡どおりに走行しており、このような冗長な走行は認められなかった。これらの結果から、配送支援システムの配送効率平準化への有効性が確認された。

4. おわりに

本研究では、GPS補強システムの利用による測位精度の向上など、地理情報処理システムの適用範囲の拡大に有効な知見の確立を図り、これを用いて配送支援システムを構築し、配送効率の平準化に有効であることを確認した。

今後は、引き続き、地理情報処理システムの高度化に関する技術開発に取り組み、配送システムの実用化を進める予定である。

引用文献

- 1) 矢来博司, 準天頂衛星「みちびき」による高精度測位補正技術, (2010)
- 2) 宇宙航空研究開発機構, 準天頂衛星システム ユーザインタフェース仕様書 (IS-QZSS), 1.1 版, (2009)