

鹿児島における自動車走行による GPS 測位

松野保久, 山中有一

Positioning by GPS Usable for a Vehicle in Kagoshima Region

Yasuhisa Matsuno*, Yuichi Yamanaka*

Key words : GPS, DOP, Vehicle, Delivery Navigation

Abstract

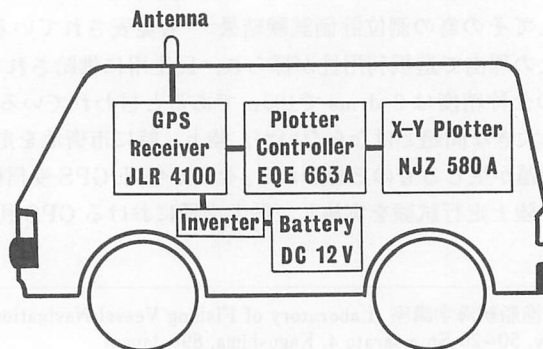
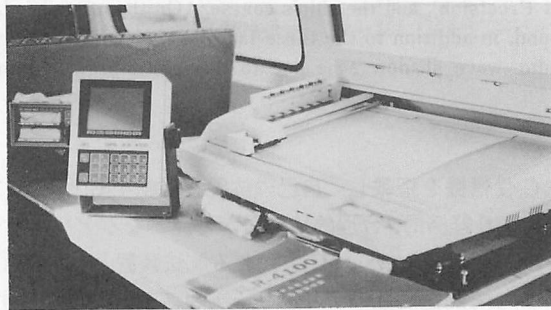
The experiment of positioning by a GPS (Global Positioning System) receiver and a track plotter on board a car was carried out at three areas, Yojiro, Tenmonkan and Kagoshima-Ibusuki Route, in Kagoshima Prefecture. As a result, the values of rms (root-mean-square) at the three areas were fixed to be 61.4 m, 231.9m and 109.0 m, respectively. In Tenmonkan area, because of many multistorey buildings, GPS accuracy was very low and the positioning was difficult at many places. When sailing, the characteristic of positioning by GPS was dependent on three factors; the geometry of satellites, DOP (Dilution of Precision), and the ship's course. On the other hand, when our car was running on a ground, in addition to the three factors, the characteristic was dependent on the satellites radio-wave shadow zone due to the multistorey buildings, mountains and precipices.

自動車に Loran - C 受信機を搭載し、自己の位置を確認すると同時に、中央指令室と連結して高度な情報を得、より経済的、合理的に配送が可能となるデリバリー・システムの研究、実験¹⁾がなされてきた。その後 Loran - C に代わる航法装置として NAVSTAR GPS が現在実用段階に入った。よって配送会社のデリバリー・システムのみならず自家用自動車へこの航法装置の搭載がいよいよ現実のものとなり、今後自動車用 GPS が大いに開発普及されるものとする。そしてその為の測位評価試験結果²⁻⁴⁾も発表されている。しかし GPS 測位精度は米国の国防上の理由で選択利用性が採られ、民生用に供給されている C/A コードによる測位の劣化後の公称精度は 2 drms で 100m であると言われている。大洋中を航行する船舶にとってこれは大きな問題とはならないが、陸上、特に市街地を走行する自動車の位置決定精度としては問題が生じるものと思われる。そこで今回、GPS 受信機を自動車に搭載し、鹿児島地域において陸上走行試験を実施し、陸上交通における GPS 利用の問題点について検討した。

*鹿児島大学水産学部漁船航海学講座 (Laboratory of Fishing Vessel Navigation, Faculty of Fisheries, Kagoshima University, 50-20 Shimoarata 4, Kagoshima, 890 Japan)

方 法

自動車走行中の GPS 測位に関する問題点と精度を検討するために小型貨物自動車バンに GPS 受信機 JLR-4100 (C/A コード, 日本無線社製) とトラックプロッタ (X-Y Plotter NJA-580A, Plotter controller EQE663A, 日本無線社製) および電源装置の12Vバッテリーと DC-AC 変換器 (X-TAL TRANVERTER, 日本情報機器製) を搭載し, アンテナは自



自動車前部ルーフ部分に路面高約 2 m となるよう設置した (Fig. 1)。自動車走行区域は GPS 衛星電波を遮蔽する建造物の少ない与次郎区域に 4.4km, 高層建造物の多い鹿児島市の中心街である天文館区域に 5.3km, そして郊外における長距離域の国道 226 号線上, 水産学部から指宿市の指宿観光ホテルまで往復 103km と定め (Fig. 2) それぞれ 14 周回, 5 周回, 1 往復の測定を実施した。測定期間は 1989 年 12 月 2 日 ~ 5 日であり, 全測定は測位可能時間帯である 12 時 10 分 ~ 20 時 20 分に実施した。自動車走行は全区域できる限り 40km/h の一定速度を保つようにし, 5 秒間隔で GPS 測位点を X-Y プロッターで描かせた。X-Y プロッター作動時の縮尺は与次郎, 天文館両区域は 1 万分の 1, 鹿児島—指宿往復区域は 2 万 5 千分の 1 に設定した。GPS 測位に関して二次元測位の場合は高度入力差による水平誤差が現れる^{5,6)}。しかし今回設定した走行区域前二者は全域にわたって高低差はなく, 後者はごく一区域に約

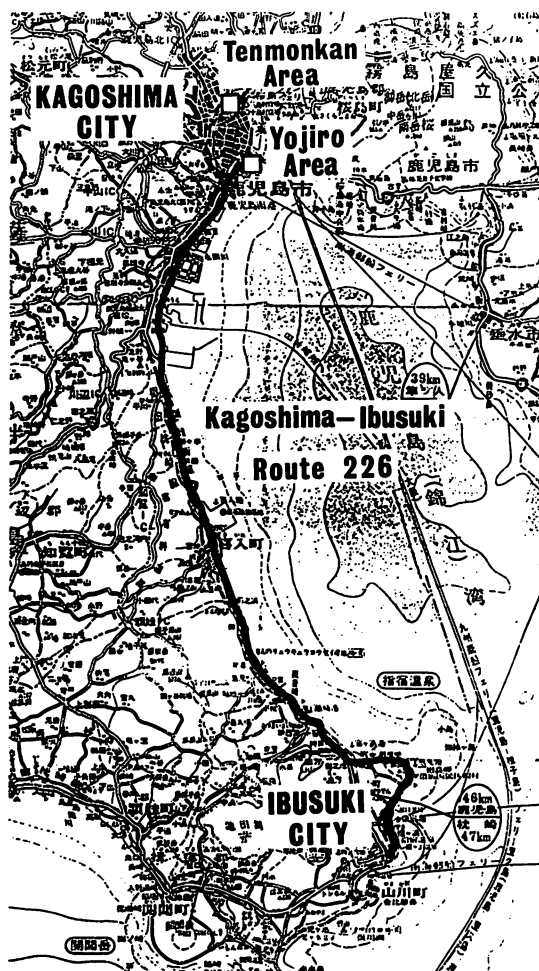


Fig. 2-1. A map showing experimental areas of running by vehicle in Kagoshima.

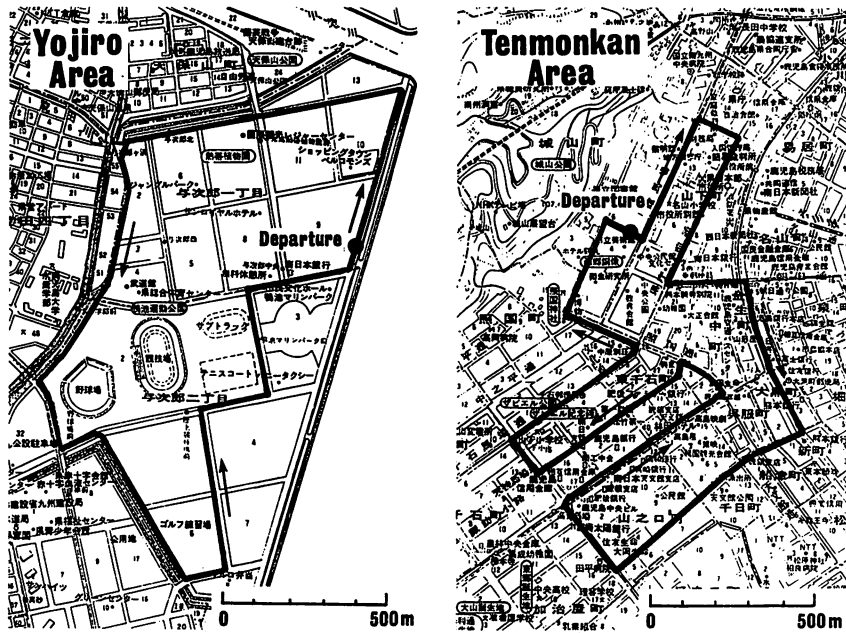


Fig. 2-2. The experimental areas of Yojiro and Tenmonkan.

30mの高低差があるのみであったので、この誤差は無視した。なお地図は市販の1万分の1（鹿児島市全図、塔文社発行）および2万5千分の1（鹿児島南部、瀬々串、喜入、今和泉、二月田、指宿、国土地理院発行）を使用した。

X-YプロッターによるGPS測位点は測地変換のための Δl （緯度方向）、 ΔL （経度方向）を求め処理した。このときの5秒間隔のGPS測位点すなわち自動車走行軌跡（以下走行軌跡という）と地図の道路路上に設定したコース（以下設定コースという）からの隔たりを絶対位置の誤差（絶対誤差）とした。また、この方法とは別に出発点におけるGPS測位点と地図上の出発位置を平行移動して一致させたときの走行軌跡と設定コースとの隔たりを相対位置の誤差（相対誤差）とした。

結果および考察

与次郎区域 Fig. 3 に示したように走行軌跡は二種類のパターンに分類できた；(A)は走行軌跡の乱れは小さく設定コースと近似し、(B)は走行軌跡の乱れが大きく設定コースとは大きく隔たった。(A)は14例中5例、(B)は9例みられた。(A)における測位点の絶対誤差および相対誤差のrmsはそれぞれ37.5m、22.5m、(B)は85.2m、60.6mであった。また全測定の絶対誤差のrmsは61.4mであった。

この時の衛星配置を Fig. 4 に示した。(A)の場合は各衛星を結んで得られる四辺形の中に測定者が必ず含まれており、(B)の場合はその外にあった。この幾何学的衛星配置はDOPの

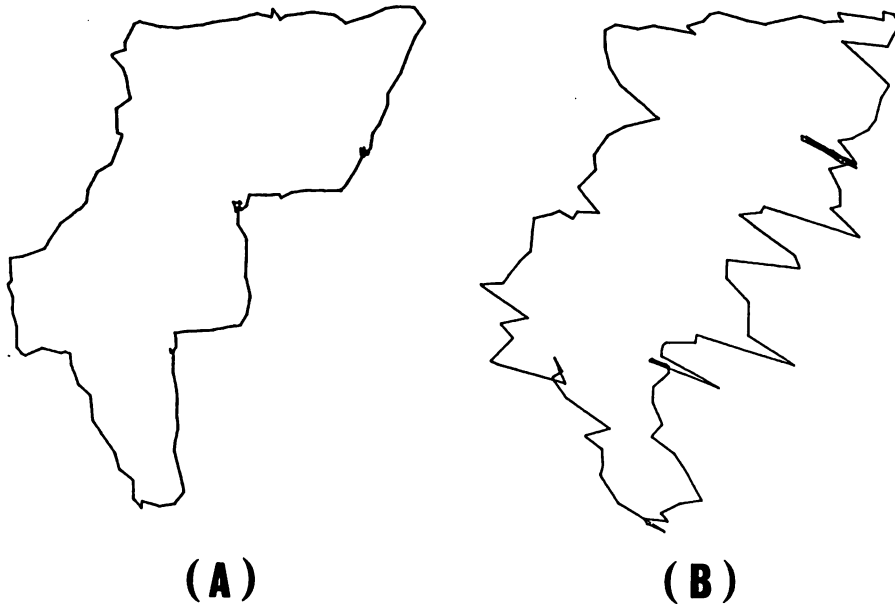


Fig. 3. The running loci by GPS at Yojiro area.

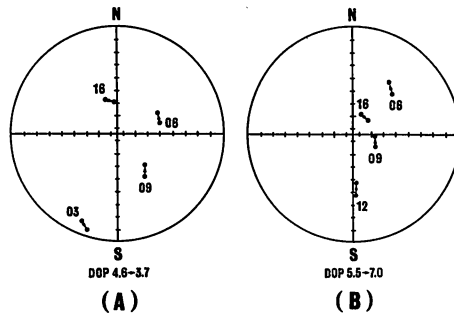


Fig. 4. The configuration of satellites during the running at Yojiro area.

大きさに大いに関連し、GPS 測位精度に影響を及ぼすものである。今回の測定では DOP 5 以下の場合、良好な走行軌跡を得ることができた。(B)の場合における衛星配置は衛星を結ぶ長辺が NE-SW の方向にあり、この時の走行軌跡の乱れは NW-SE の方向にあり、この時の走行軌跡の乱れは NW-SE の方向にある。これは船舶に装備された GPS 受信機により、定点あるいは航走中の測位分布特性、すなわち衛星を結ぶ長辺に対し GPS 測位点は直角方向に分布する⁷⁻⁹⁾という特性と同様の傾向を示した。

天文館区域 走行軌跡を Fig. 5 に示した。(I)は走行期間中 GPS 信号を連続受信することができ、測位不能区間が極めて少なかった例であり、(II)は測位不能区間が多い例、(III)

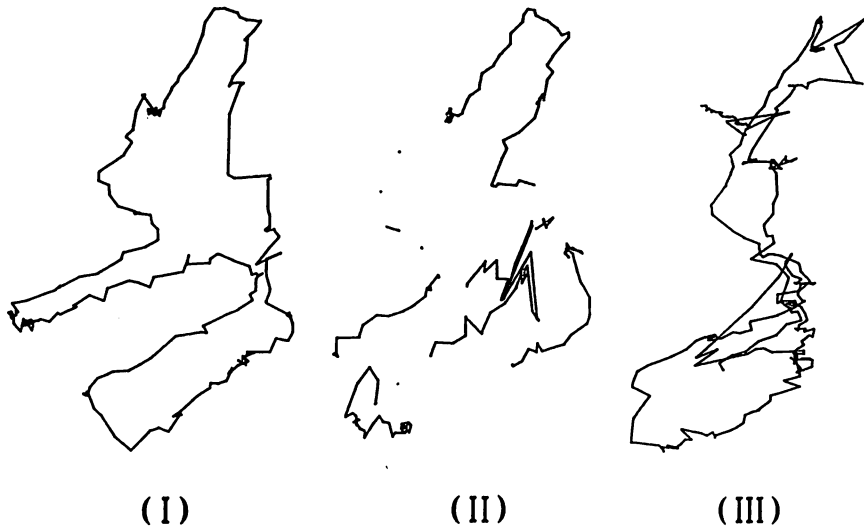


Fig. 5. The running loci by GPS at Tenmonkan area.

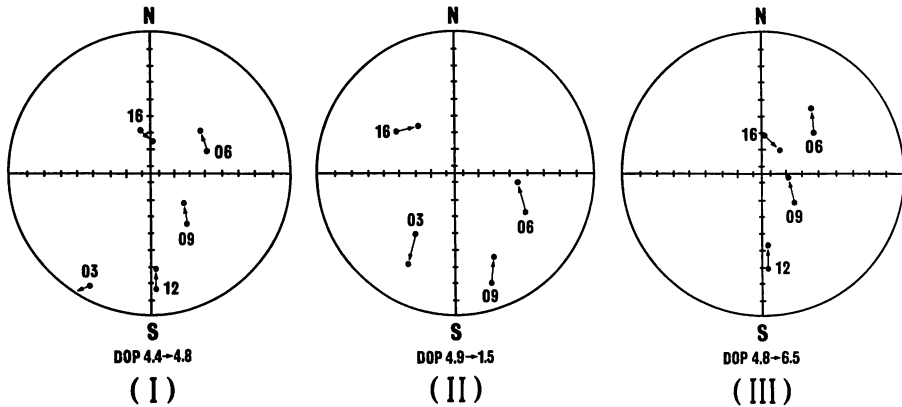


Fig. 6. The configuration of satellites during the running at Tenmonkan area.

は測位不能区間は少なく走行軌跡が設定コースと大きく隔たった例である。(I)の絶対誤差および相対誤差のrmsはそれぞれ250.7m, 47.4m, (II)は194.3m, 38.9m, (III)は313.3m, 114.1mであった。また全測定の絶対誤差のrmsは231.9mであった。Fig. 6の衛星配置図に示したように(I)(II)ともDOPは測定期間全て5以下という好条件にあったにもかかわらず、rmsは与次郎区域に比し大きなものとなった。また(II)は(I)より測定期間中のDOPの平均値は小さく、この為rmsも小さかったが、測位不能区間が多く観測された。(I)においては二次元測位が可能となる3衛星, SV. No. 06, 09, 16の方位は155度未満であったが高度は全て50度以上であった。(II)においては衛星の方位差は230度の広範囲にまたがったが、高度は全て50度未満であった。また(III)はSV. No. 09, 16の高度はともに60度以上

であったが, SV. No. 06は45度から35度へと低下しており, 3衛星の方位は130度未満であった。このような衛星配置から考察して, 林立する高層ビルにより衛星の電波の遮蔽域が形成され, GPS 測位を行う為に最小限必要な3衛星の電波の同時受信が不可能となることから(Ⅱ)の現象が起これたと推定される。特に走行軌跡の中央部付近における大きな乱れは, 3衛星による二次元測位から4衛星による三次元測位へと, また逆に4衛星から3衛星へと頻りに測位モードが変化し, その間 DOP が大きく変化したことによるものと推定する。また衛星の方位, 高度から推定して受信不能と思える場所においてもしばしば不連続に当該衛星の電波の受信が不能となった例がみられた。これはビルの壁面による電波の鏡面反射, あるいは回折などによることが考えられるが, このことに関しては今後の問題としたい。

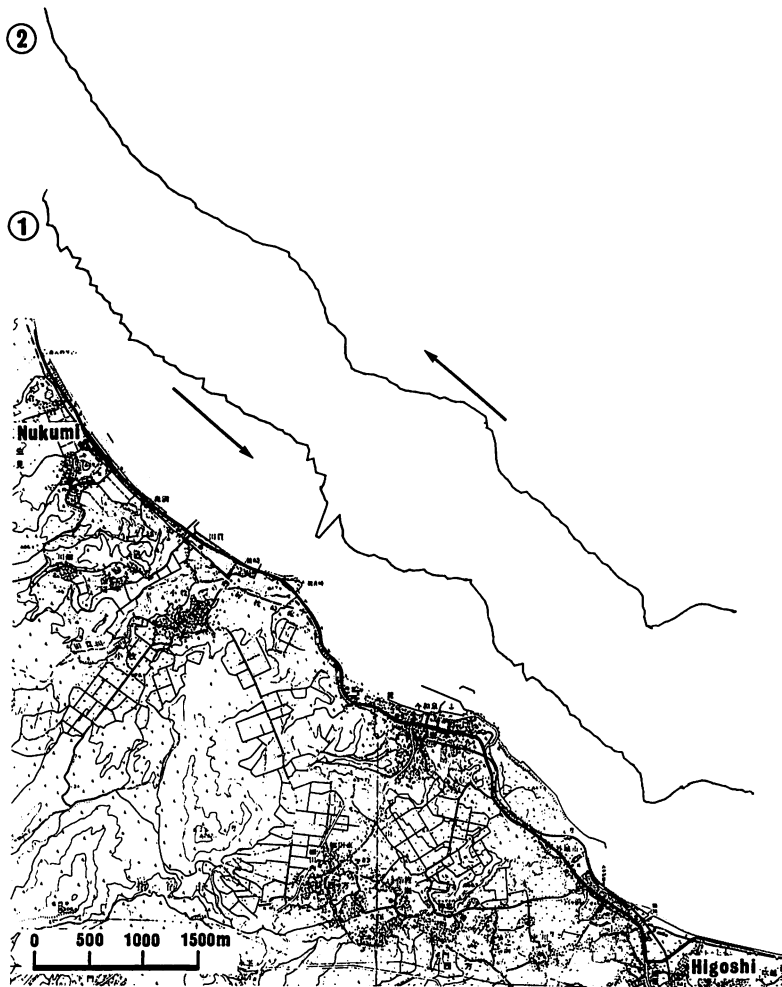


Fig. 7-1. The running loci of the Kagoshima-Ibusuki route.
-----Nukumi-Higoshi-----



Fig. 7-2. The running loci of the Kagoshima-Ibusuki route.
-----Goino-Sesekushi-----

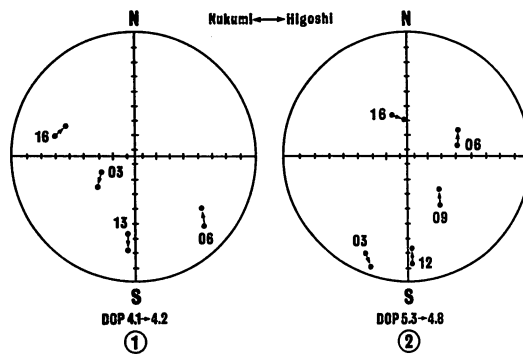


Fig. 8-1. The configuration of satellites during the running at Nukumi-Higoshi.

鹿児島—指宿区域 走行中、視認によって位置を確認できる47点において、GPS 測位点の絶対誤差を求めた結果、その最小値は0 m、最大値180 m、rmsは109.0 mとなった。次に測定結果の具体例を示す。Fig. 7-1に生見—吹越間の設定コースおよび走行軌跡を示した。往路①、復路②とも両者はほぼ重なった。このときの衛星配置をFig. 8-1に示した。前述したGPS 測位分布特性⁷⁻⁹⁾の通り往路においては進行方向の左右に、復路は前後に偏位する傾向がみられたがその偏位量は小さかった。また両者がほぼ重なった起因は往路のDOP

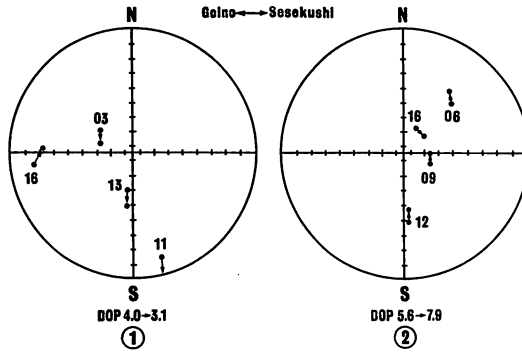


Fig. 8-2. The configuration of satellites during the running at Goino-Sesekushi.

4.1~4.2, 復路は5.3~4.8と DOP が小さく, 測位精度が良好で走行軌跡が安定していた為と推定する。Fig. 7-2に伍位野-瀬々串間の設定コースおよび走行軌跡を示した。この例では往路①と復路②の走行軌跡は大きく異なった。このときの衛星配置をFig. 8-2に示した。往路において DOP が3.1~4.0と小さな値であったにもかかわらず走行軌跡は進行方向に対し, 左右方向に大きく乱れた区域が観測された。この区域では道路西側すぐ近くに標高約125mの山と崖が存在し, その仰角は最大67度であったため, 方位270度, 高度18度のSV. No. 16が受信できなくなった。その間の測位はSV. No. 03, 11, 13の3衛星による二次元測位しか行なえず, DOP も9.3と大きくなったためと推定する。また SV. No. 3も受信できなかった区域では測位不能となった。これに対し復路においては, 衛星は全て東側にあり, 西側に存在する山の影響を受けることなく DOP は5.6~7.9で, 走行軌跡は設定コースより左の方向へ平均約60m 偏位したが安定したものとなった。

要 約

1989年12月2日~5日, GPS 受信機とトラックプロッタを自動車に搭載し, 鹿児島において, 3コースを設定し走行による測位実験を実施した。その結果, 絶対誤差のrmsは与次郎区域61.4m, 天文館区域231.9m, 鹿児島-指宿区域109.0mであった。これは道路が輻輳する区域において, 1万分の1の地図上に, それが紙面上であれCRT上であれGPS位置をプロットする時, 視覚的に大きな誤差が存在するような感じを受けるのは否めない。このような場合, 顕著な建造物あるいは交差点などにより自動車位置を地図上で確認できた時, GPS位置をその位置に一致するよう移動させれば, その後における誤差の大きさは約30~40%減少する。その時DOPが5以下であれば50m以内の誤差で測位可能であった。しかし高層建造物が林立する天文館区域における走行軌跡はDOP5以下の場合でも設定コースから大きく隔たり, かつ乱れ測位不能区域も多かった。この起因は建造物により衛星電波の遮蔽域が形成されたことによるものと推定した。これと同様の現象は鹿児島-指宿区域において, 山岳あるいは切り立った崖の近くを走行する時に観測された。船舶が洋上を航行する場合は, 衛星の幾何学的配置とDOPおよび針路の3要因について考察すれば測位分布特性を

推定できたが⁹⁾、自動車による陸上走行では、これら3要因に加え、市街地においては高層建築物、郊外においては山、崖による衛星電波の遮蔽域の影響に十分注意を払う必要があると考える。

参 考 文 献

- 1) 福原裕成 (1986) : デリバリ-ナビゲーションシステム. 電波航法, 32, 28-34.
- 2) 沖田利通, 伊賀章, 景山浩二, 藤田雅博 (1985) : GPS 受信機の車両及び船舶搭載実験. 昭和60年度電子通信学会総合全国大会, S7-2.
- 3) 島田一雄, 石藤智昭, 東口實 (1987) : GPS に関する自動車走行実験結果. 電子情報通信学会創立70周年記念総合全国大会, 2511.
- 4) 島田一雄, 石藤智昭, 東口實 (1987) : GPS に関する高速道路での自動車走行実験結果. 電子情報通信学会技報, SANE87-29, 51-58.
- 5) 石藤智昭, 島田一雄, 東口實 (1987) : GPS の三衛星による測位について. 電子情報通信学会技報, SANE87-19, 13-19.
- 6) 柿原利治, 若木毅, 柳川三郎 (1988) : アンテナの高さが GPS 測位精度に及ぼす影響. 日本航海学会論文集, 79, 33-38.
- 7) 奥田邦晴 (1987) : 船舶用 GPS 受信装置の測位精度について. 航海, 94, 39-43.
- 8) 本村紘治郎, 実藤了, 水谷壮太郎, 長友洪太, 大村千之 (1988) : GPS の測位精度-I, 一定点における測位結果-I. 航海, 96, 39-46.
- 9) 松野保久, 山中有一, 嶋田起宜, 内山正樹, 日高正康 (1989) : GPS の測位結果について一定点および航走中-I. 航海, 102, 17-26.