

## GPS の測位精度 - II 最近の測位結果と SA の影響

中田 裕<sup>\*1</sup>・本村紘治郎<sup>\*1</sup>・田淵清春<sup>\*2</sup>・濱田悦之<sup>\*3</sup>

### Accuracy of Positioning by GPS- II

#### Recent Positioning Results and Effect of Selective Availability

Yutaka Nakada<sup>\*1</sup>, Kojiro Motomura<sup>\*1</sup>,  
Kiyoharu Tabuchi<sup>\*2</sup>, and Etuyuki Hamada<sup>\*3</sup>

The navigation system with time and ranging/global positioning system (NAVSTAR/GPS) has been used in various fields recently. The positioning, however, is inaccurate at present because the system is being put selective availability (SA) into operation. In order to examine the effects of SA, the observation data at a fixed station were studied comparing the SA-on condition with the SA-off condition. The conclusions were:

- (1) The maximum available time period of positioning by satellites was 23 hours and 38 minutes at the fixed station in Shimonoseki.
- (2) The DOP-2 data were most frequently observed on two dimensional positioning, whereas DOP-3 data were on three dimensional positioning.
- (3) When DOP were less than 2 under the SA-on condition, the average of the positions was close to that of the positions under the SA-off condition.
- (4) Measured positions were not necessarily concentrated in the averaged position, under the SA-on condition.
- (5) Most speed errors were less than 0.1m/sec, under the SA-off condition.
- (6) The approximated curve of the speed errors calculated from the positioning data was similar to the curve obtained from the speed data, in a time series under the SA-on condition.

---

水産大学校研究業績 第1446号, 1993年1月14日受付.

Contribution from Shimonoseki University of Fisheries, No.1446. Received Jan, 14, 1993.

\* 1 水産大学校漁業学科航海学講座 (Laboratory of Navigation, Department of Fishery Science and Technology, Shimonoseki University of Fisheries).

\* 2 水産大学校練習船天鷹丸 (Training Ship Tenyo-maru, Shimonoseki University of Fisheries).

\* 3 東京水産大学海洋生産学科 (Department of Marine Science and Technology, Tokyo University of Fisheries).

## 1 緒言

1978年に最初の実験用衛星が打ち上げられて以来、NAVSTAR/GPS (Navigation System with Time and Ranging/Global Positioning System : 以下 GPS という) は測位精度が高いことから飛躍的に普及し、水産、船舶、航空機、自動車、測量、レジャーなどの分野に広く利用されている。これと共に受信機が高性能化して、最近では、災害救助などの救難作業にも応用されはじめた。また、1993年度政府予算案で決定された国際漁業資源管理推進総合対策においても、GPS の利用がとりあげられるなど、今後ますます、GPS の活用範囲は拡大されるであろう。

かつて著者の一人は、GPS が実用化された初期に、下関で測位実験をおこない、その結果を報告した<sup>1,2)</sup>。当時は、運用されていた衛星数が少なく、測位可能時間や測位精度に大きな制約を受けた。その後、衛星数の増加に伴い、測位可能時間は大幅に長くなり、P(H)DOP (以下 DOP\* という) 値の小値安定化とともに測位精度の向上がみられた。ところが、米国の国防上の理由から、1990年3月、Block II 衛星に適用された選択利用性 (Selective Availability : 以下 SA という) が、湾岸戦争時を除いて実施の状態であるため、現在は測位精度に劣化を招いている。SA についての報告はまだ例が少なく<sup>3,4)</sup>、今後も詳しい調査・解析が必要であろう。本研究では、GPS の現状を把握する目的で、測位可能時間、DOP 値の傾向、SA の影響などについて検討した。

## 2 装置及び実験方法

実験には、1チャンネル高速シーケンシャル受信方式の

GPS 受信機 (日本無線(株)製, JLR-4100) を用いた。受信機の機能の設定では、航法測位モード、最適衛星選択モード、平滑化停止を選択し、DOP 値の範囲を5以下または99以下のいずれかに設定した。また、測位方法については、2次元測位 (以下 2D 測位という)、あるいは、3次元/2次元自動切りかえ測位 (以下 3D/2D 自動切りかえ測位という) のいずれかにした。

測位精度を評価する基準位置は、本校三科共用実験棟の4階屋上に設置されたアンテナの位置である。国土地理院発行の25000分の1の地図から、複数の人員でアンテナ位置を読みとり、その平均位置を WGS-84 測地系に変換した。実験にともなう作業の安全を確保するため、1992年10月以降はアンテナを東に8.5m移動し、高度を4m低くしている。

本校周辺には、アンテナから北東、東及び西南西方向に、仰角がそれぞれ約6°、9°、14°の山が存在する。

受信機から5秒ごとに出力されるデータをパーソナル・コンピュータに取りこみ、フロッピー・ディスクに記録されたデータの24時間分を1グループとして、グループごとに解析をおこなった。

## 3 結果および考察

### 3.1 測位可能時間

GPS が実用化された初期に、著者らがおこなった実験の結果<sup>1,2)</sup>では、受信率は低く、一日の測位可能時間は合計で約11時間であった。また、合田らが、ほぼ同じ時期におこなった実験の結果<sup>5)</sup>では約9時間であった。最近では、衛星数の増加とともに、一日の測位可能時間はさらに長くなっている。24時間の連続観測における測位可能時間を

Table 1. Available time period of positioning by satellites in 24 hours

Exp. No.	Date	DOP	Available time period (h-m)		
			2D	3D	Total
1	Oct. 16~17 '91	<99	23-04		23-04
2	Jan. 15~16 '92	<99	22-55		22-55
3	May. 12~13 '92	<5	23-38		23-38
4	Dec. 23~24 '92	<99	9-54	13-37	23-31
5	Dec. 28~29 '92	<99	23-27		23-37
6	Dec. 30~31 '92	<5	23-17		23-17
7	Jan. 7~8 '93	<5	13-56	8-30	22-26

\*Dilution of Precision : 精度劣化をあらわす係数

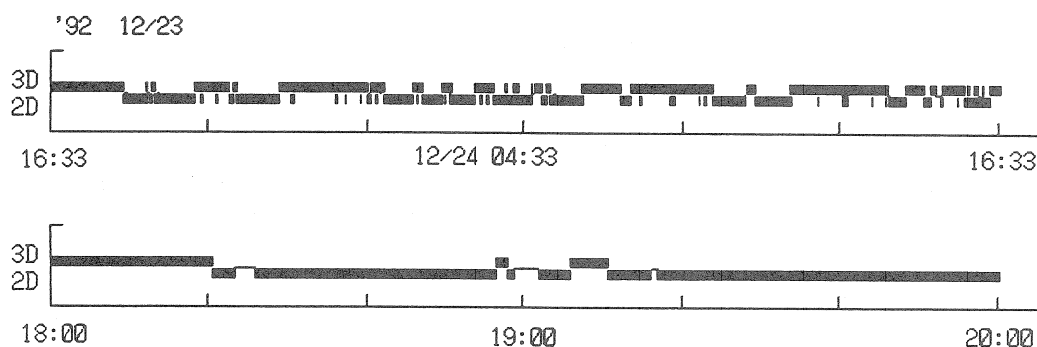


Fig. 1. An example of available time period of positioning by satellites.

Table 1に、そのうちの一例を Fig. 1 にそれぞれ示す。

Fig. 1 の上部は24時間の連続観測の結果であり、下部にそのうちの2時間を拡大して示す。この例では、測位中に現れる測位不可能な時間は、約3分間が2ヶ所、1分間以下が1ヶ所認められるが、他の実験データを見ると、約40分間のももあった。24時間の表示では連続して衛星測位が可能のようにみえるが、測位不可能な時間が短かった(約3分間)ため、この図では現せなかった。

それぞれの実験結果にいくらかの違いはあるが、最近の測位可能時間は、DOP 値の範囲を99以下にしたとき、2D 測位および3D/2D 自動切りかえ測位ともに、約23時間30分程度である。また、2D 測位でDOP 値の範囲を5以下にしたときは、約23時間15分程度である。GPS が開発された当初は、衛星15個で2D 測位が、衛星18個で3D 測位が、ほぼ1日中可能と予測されていたが、ときどきおこなわれる軌道修正やアンテナ周囲の地形、建築物、構造物など実験場所の条件により、予想通りにならないように思われる。

3D/2D 自動切りかえ測位の場合、DOP 値が99以下では3D 測位と2D 測位の割合は約7対5で3D 測位が多いが、DOP 値が5以下では約5対8となり2D 測位が多くなっている。

### 3.2 DOP 値の相対度数分布

24時間の2D 測位におけるDOP 値の相対度数分布の一例を Fig. 2 示す。Fig. 2 では、DOP 値2の相対度数が最も高い。つまり、2D 測位では、DOP 値2の実測データが最も多かったことを意味する。DOP 値の範囲で検討すると、DOP 値が2以下では92.5%、DOP 値が3以下では97.7%の実測データが得られた。

同様にして、3D/2D 自動切りかえ測位の相対度数分布

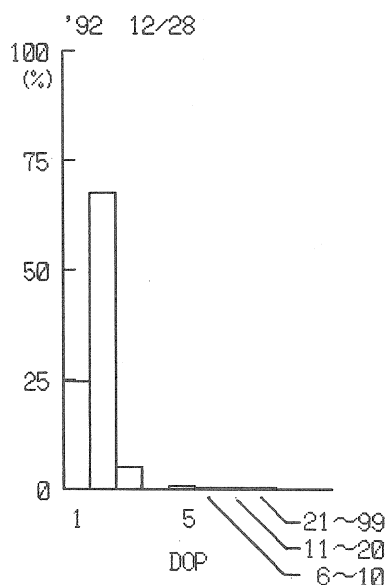


Fig. 2. Relative frequency distribution of DOP on two dimensional positioning.

を Fig. 3 に示す。この測位方法でも、やはりDOP 値2が最も高い。しかし、それは2D 測位の場合ほど高くはない。一方、DOP 値3では、2D 測位のDOP 値3に比べて18.3%高くなっている。そこで、この測位方法で得られたデータを3D 測位と2D 測位に分けて、DOP 値ごとの相対度数を調べてみた (Fig. 4)。

Fig. 4 の上部は2D 測位、下部は3D 測位である。2D 測位におけるDOP 値2の相対度数は26.6%で、他のDOP 値に比べて顕著に高い。一方、3D 測位では、DOP 値3が最も高いが、その高さは2D 測位のDOP 値2ほど顕著では

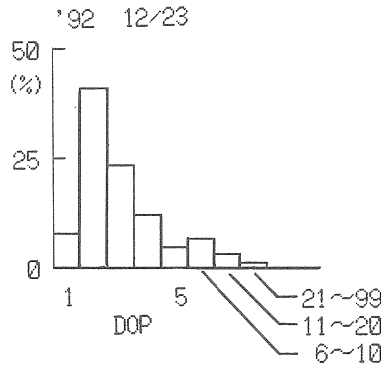


Fig. 3. Relative frequency distribution of DOP on automatic changing mode of three and two dimensional positionings.

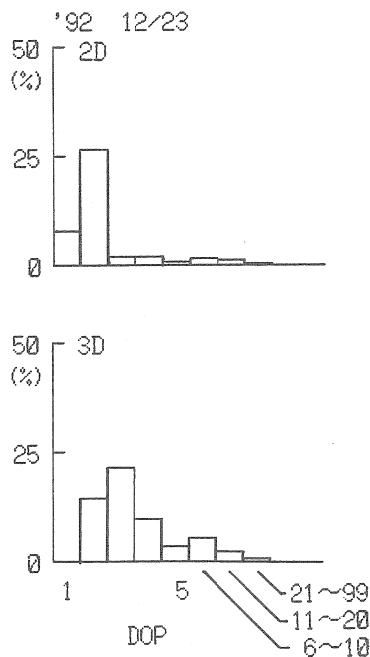


Fig. 4. Relative frequency distribution of DOP of three and two dimensional positionings.

ない。本研究の一過程で、受信機のDOP機能をDOP値5以下に設定すると、DOP値3の相対度数と両隣（DOP値2とDOP値4）の相対度数との差はさらに小さくなるという事例もみられた。このことから、DOP値が小さいデータは3D測位よりも2D測位に多いと考えられる。

実験結果の平均では、2D測位のDOP値3以下の相対度数は97.8%、DOP値5以下では99.2%であった。また、3D/2D自動切りかえ測位のDOP値3以下の相対度数は81.5%、DOP値5以下では94.3%であった。

### 3.3 測位誤差の分布、基礎統計解析、および距離誤差の相対度数

測位誤差を検討するため、誤差分布をDOP値別に平面表示し、Fig. 5およびFig. 6に示す。Fig. 5はSAが解除されているとき、Fig. 6はSAが実施されているときである。さらに、測位誤差の基礎統計解析を行い、その結果をTable 2およびTable 3に示す。Table 2はSAが解除されているとき、Table 3はSAが実施されているときである。測位方法はいずれも2D測位である。

Table 2を参考にして、SAが解除されているときの測位誤差について考察する。測位誤差の全体的な傾向は、数が多いDOP値2の位置データによって代表されている。DOP値が6~99では、データの数が少ないにもかかわらず、バラツキの範囲が広がり、レンジ、誤差の二乗平均平方根（distance root mean square：以下drmsという）の半径方向距離、標準偏差（以下 $\sigma$ と書く）の半径方向距離ともに大きい。つまり、DOP値6以上の位置データは、DOP値5以下の位置データに比べて、統計精度を低下させやすいと考えられる。

SAが解除されているときは、DOP値が小さくなるほど、当然、測位精度は向上する。前節で述べたように、DOP値3以下のデータの相対度数は非常に高い。また、DOP値5以下のデータの95%誤差界は2drmsで49.0m、 $2\sigma$ で40.0mである。

したがって、漁業調査や海洋観測のように高精度の船位が必要なときは、受信機の仕様にもとずき、DOP値の範囲を、3以下、もしくは5以下に限定して、2D測位をおこなうと、精度のよい位置データが数多く得られると考えられる。また、保存された位置データを後で何らかの解析に利用するようなとき、2D測位の場合は、DOP値2以下、もしくはDOP値3以下のデータを、また、3D測位の場合は、DOP値3以下、もしくはDOP値5以下のデータを、状況に応じて用いるなら、小さいDOP値の位置データが多く利用できると考えられる。

つぎに、Table 3を参考にして、SAが実施されているときの測位誤差について考察する。DOP値1およびDOP値2では、レンジ、drms、 $\sigma$ はそれぞれ、約255m以下、44m以下、42m以下であるが、DOP値が3以上になると、

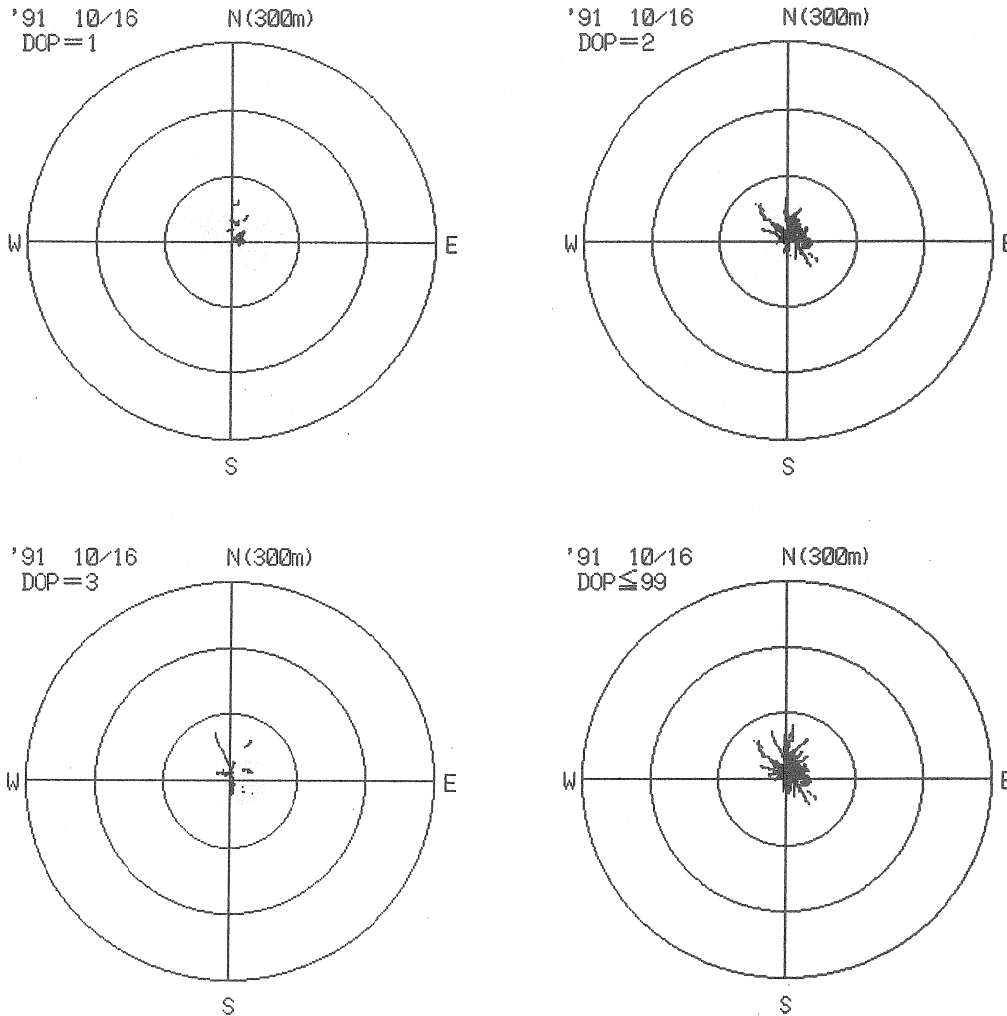


Fig. 5. Scattering of positioning errors when SA was off.

レンジ, drms,  $\sigma$ は急に大きくなり, DOP値が2以下のこれらの値と大きく異なっている。したがって, 95%誤差界は, DOP値が2以下の場合とDOP値が3以上の場合で大きな違いがある。この原因は, Fig. 6のなかでDOP値が3のときの分布図に示すように, 基準位置の北と南東に大きな誤差が現れたためである。このような大きな誤差は, DOP値が4, 5のときの位置データでもみられた。

Table 2とTable 3を比較して, SAの影響を検討してみる。DOP値が2以下なら, SAが実施されているときと解除されているときの平均位置の差は, 緯度方向で2.5m, 経

度方向で1.2mである。しかし, DOP値が3, 4, 5の場合の平均位置は, SAが実施されているときと解除されているときで大きく異なっている。つまり, DOP値が2以下の位置データなら, SAが実施されていても実施されなくても, 平均位置はあまり変わらないということになる。今回, 測位誤差の平均値は24時間の位置データの一部から得られたが, 平均値を求めるための最小限のデータ数が把握できれば, SAが実施されているときの測位において, 極めて有効であると思われる。

つぎに, drmsと $\sigma$ について比較してみる。SAが実施さ

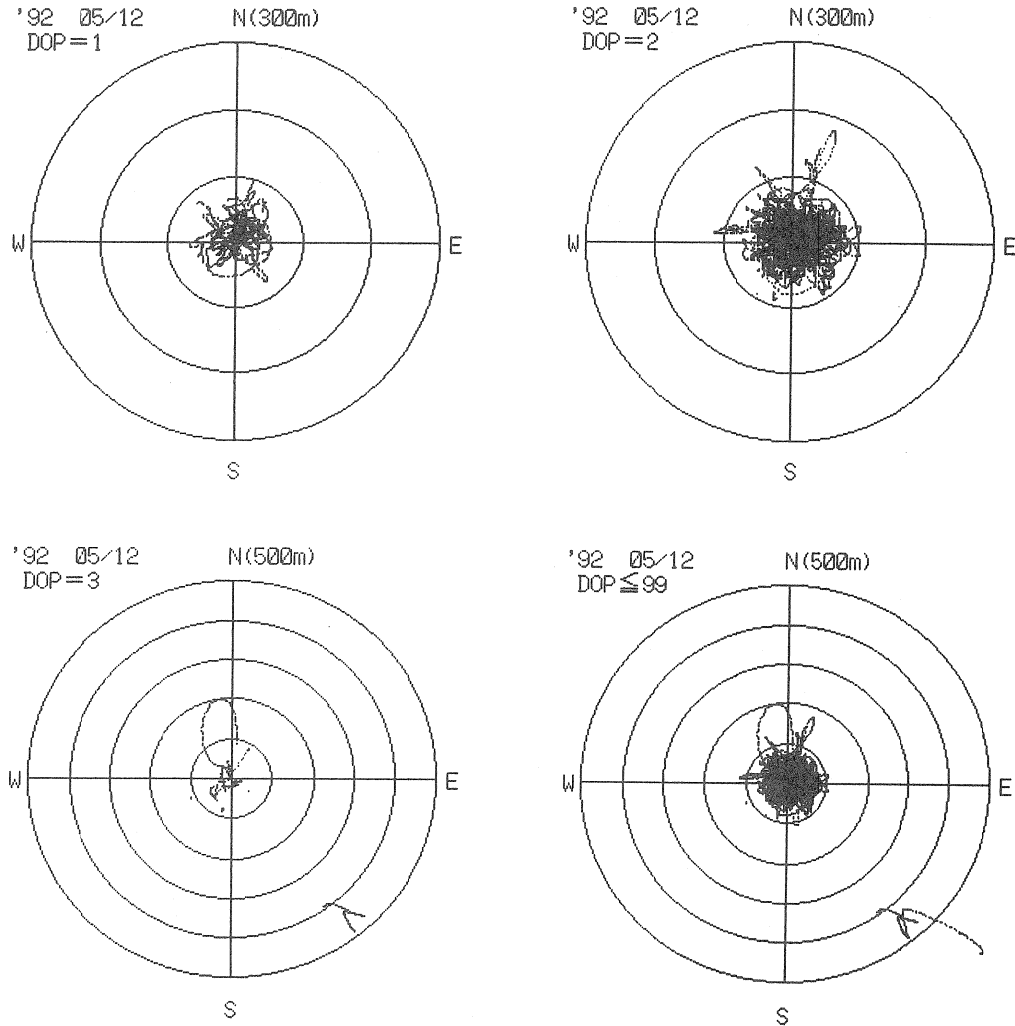


Fig. 6. Scattering of positioning errors when SA was on.

れているときのDOP値2以下のdrmsおよび $\sigma$ の半径は、SAが解除されているときの約1.5~2.2倍である。ところが、DOP値が3以上の場合は、前に述べた理由から、Table 2とTable 3の値は大きく異なっている。

24時間の位置データをもとに、基準位置からの距離誤差を5mごとに分割して、その相対度数分布をFig. 7およびFig. 8に示す。Fig. 7はSAが解除されているとき、Fig. 8はSAが実施されているときである。

SAが解除されているときは、基準位置から15m以上20m未満の距離誤差が最も多く、22.3%であった。また、20m

未満の距離誤差の相対累積度数は49.7%であった。したがって、位置データの約半数は、基準位置から20m以内の範囲に集まると考えてよい。

SAが実施されているときは、基準位置から30m以上40m未満の距離誤差が最も多い。この距離誤差はDOP値5以下の平均位置から約19~29m離れている。さらに大きな距離誤差も多くみられる。つまり、SAが実施されているときは、衛星測位された位置が平均位置の近くに集まるとは限らないと考えられる。このことは、片山の報告にもみられ<sup>4)</sup>、SAの特徴であろうと思われる。

**Table 2.** Mean, range, drms and  $\sigma$  corresponding to each of DOP or DOP range on two dimensional positioning error when SA was off (unit in meter)

DOP	Number of data	Mean			Range		Drms			$\sigma$			
		Lat.	Long.	Dist.	Lat.	Long.	Lat.	Long.	Rad.	Lat.	Long.	Rad.	Dist.
1	2647	16.7N	10.5E	22.4	68.1	30.8	22.1	12.2	25.2	14.5	6.4	15.9	11.7
2	12015	12.6N	6.4E	21.8	105.4	89.7	19.5	14.9	24.5	14.9	13.5	20.1	11.2
3	1407	4.8N	5.2E	19.6	49.5	11.2	19.1	14.2	23.8	18.5	13.2	22.7	13.5
4	269	4.0N	2.9E	18.0	14.8	5.6	13.8	14.3	19.8	13.2	14.0	19.2	8.2
5	53	1.9S	5.2E	7.7	16.5	2.8	5.9	5.3	8.0	5.6	0.9	5.7	1.6
6 ~ 99	217	35.1N	4.3E	41.5	102.0	15.4	47.4	5.9	47.8	31.6	3.9	31.8	23.5
< 2	14662	13.3N	7.1E	21.9	105.4	89.7	20.0	14.5	24.7	14.9	12.6	19.5	11.3
< 3	16069	12.6N	6.9E	21.7	109.2	89.7	19.9	14.5	24.6	15.4	12.7	20.0	11.5
< 4	16338	12.4N	6.8E	21.7	109.2	89.7	19.8	14.5	24.5	15.4	12.8	20.0	11.5
< 5	16391	12.4N	6.8E	21.6	109.2	89.7	19.8	14.4	24.5	15.4	12.8	20.0	11.5
< 99	16608	12.7N	6.7E	21.9	118.5	89.7	20.4	14.4	24.9	16.0	12.7	20.4	12.0

**Table 3.** Mean, range, drms and  $\sigma$  corresponding to each of DOP or DOP range on two dimensional positioning error when SA was off (unit in meter)

DOP	Number of data	Mean			Range		Drms			$\sigma$			
		Lat.	Long.	Dist.	Lat.	Long.	Lat.	Long.	Rad.	Lat.	Long.	Rad.	Dist.
1	2916	14.0N	2.4E	33.9	153.6	120.6	29.6	24.5	38.4	26.0	24.4	35.7	18.1
2	13182	10.1N	6.6E	36.8	255.1	215.9	30.5	31.2	43.7	28.8	30.5	41.9	23.5
3	634	51.1S	44.6E	119.8	580.5	426.2	155.1	124.0	198.6	146.4	115.6	186.5	158.2
4	228	129.8S	126.7E	198.6	441.7	503.3	212.4	205.8	295.8	167.9	162.0	233.3	218.8
5	52	238.3S	251.9E	356.8	465.9	497.7	300.8	346.0	458.4	180.5	234.6	296.0	283.7
< 2	16098	10.8N	5.9E	38.3	253.1	215.9	30.4	30.1	42.8	28.4	29.5	40.9	22.6
< 3	16732	8.4N	7.3E	39.5	580.5	440.2	42.4	38.1	57.1	41.6	37.4	55.9	41.2
< 4	16960	6.6N	8.9E	41.6	589.4	577.6	48.9	44.8	66.3	48.4	43.9	65.3	51.6
< 5	17012	5.8N	9.7E	42.6	621.1	602.8	51.6	48.7	71.0	51.2	47.8	70.0	56.8

基準位置から100m以内の範囲には、位置データの97.4%がおさまっていた。したがって、全体的な傾向としては、ほぼ計画通りのSAが実施されていると考えられる。このような距離誤差の分布については、今後、DOP値別に詳しく検討してみる必要がある。

### 3.4 測位誤差、速度誤差、衛星の組み合わせ、およびDOP値の時系列表示

緯度誤差、経度誤差、距離誤差および速度誤差の変化と、衛星の組み合わせやDOP値の変化をみるため、時系列表示して、Fig.9およびFig.10に示す。さらに、24時間の速度

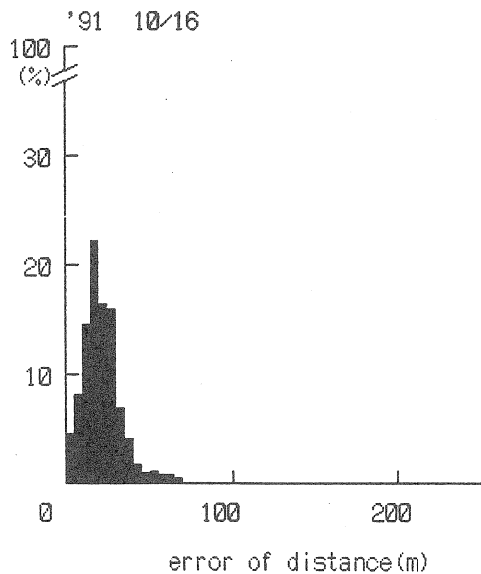


Fig. 7. Relative frequency distribution of distance errors when SA was off.

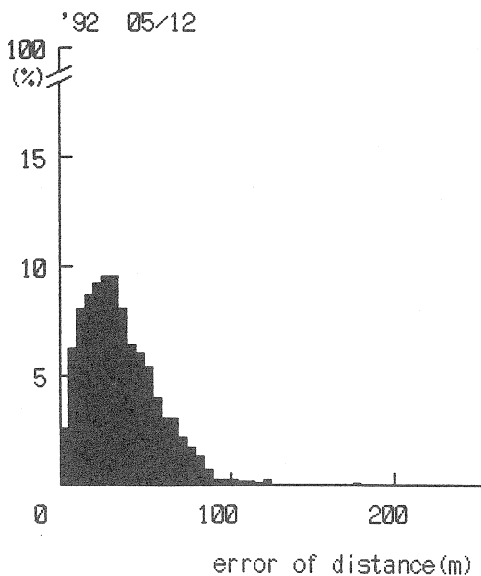


Fig. 8. Relative frequency distribution of distance errors when SA was on.

データをもとに速度誤差を0.1m/secごとに分割して、その相対度数分布を Fig.11および Fig.12に示す。Fig. 9と Fig.11

はSAが解除されているとき、Fig.10と Fig.12はSAが実施されているときである。これらの図からわかるように、測位誤差および速度誤差の傾向、衛星の組み合わせの変化、DOP値の変化、速度誤差の出現率などが明らかである。

まず、SAが解除されているときについて考察する。測位誤差の分布特性は観測者上空の衛星配置のバランスによることはすでに検討された<sup>1,2)</sup>。GPSの速度測定については、いくつかの報告<sup>3,4,6,7)</sup>がある。Fig. 9によれば、衛星の組み合わせの変化の有無にかかわらず、DOP値が3以下であれば、測位誤差が大きくなることはあっても、速度誤差の変化はほとんどない。そして、速度誤差は約0.05m/sec以下が多かった。しかし、DOP値が4以上になると、速度誤差は約0.15m/secを超えることが多い。DOP値が5以上になると、さらに大きな速度誤差が現れている。

Fig.11によれば、SAが解除されているとき、0.1m/sec未満の速度誤差の相対度数は極めて高く92.1%となった。このことを前述のDOP値が3以下のデータの相対度数と合わせて考えると、十分に納得できる。したがって、SAが解除されているときの速度データは、精度が高いものが多いとみなすことができる。GPSの完成後、SAが解除されるようなことがあれば、DOP値が3以下のときの速度データは貴重なデータとなり、有効に利用できるはずである。

つぎに、SAが実施されているときについて考察する。Fig.10に、SAの影響が明らかに現れている。緯度誤差、経度誤差、距離誤差、速度誤差ともに振幅の小さい変動と、大きい変動とがみられる。振幅の小さいものは衛星内部の原子時計に関するSA、大きいものは軌道情報に関するSAである。原子時計のSAは約7~10分の周期であり、軌道情報のSAは規則的ではないが、約1.5~2時間以上の周期である。速度誤差の変動の周期はさらに短く、約3~5分で、短い位置の変動の周期の約1/2である。しかも、距離誤差が変動の最大るとき、速度誤差が0を示し、距離誤差が0のとき、速度誤差が変動の最大を示していることが多い。この傾向を見やすくするために2時間の時系列表示にして Fig.13に示す。

DOP値が段階状に上昇すると、測位誤差や速度誤差が急激に大きくなることもある。Fig.10の12時27分から始まる位置のジャンプはこの例である。この実験はDOP値を5以下に設定して行われたため、この位置のジャンプの前後にあたるDOP値6~99のデータは出力されなかったが、DOP値が3~5の範囲でも、このように大きな誤差がまれに現れることに注意する必要がある。Table 3に示すように、DOP値3, 4, 5のときの統計精度が悪くなったのはこの



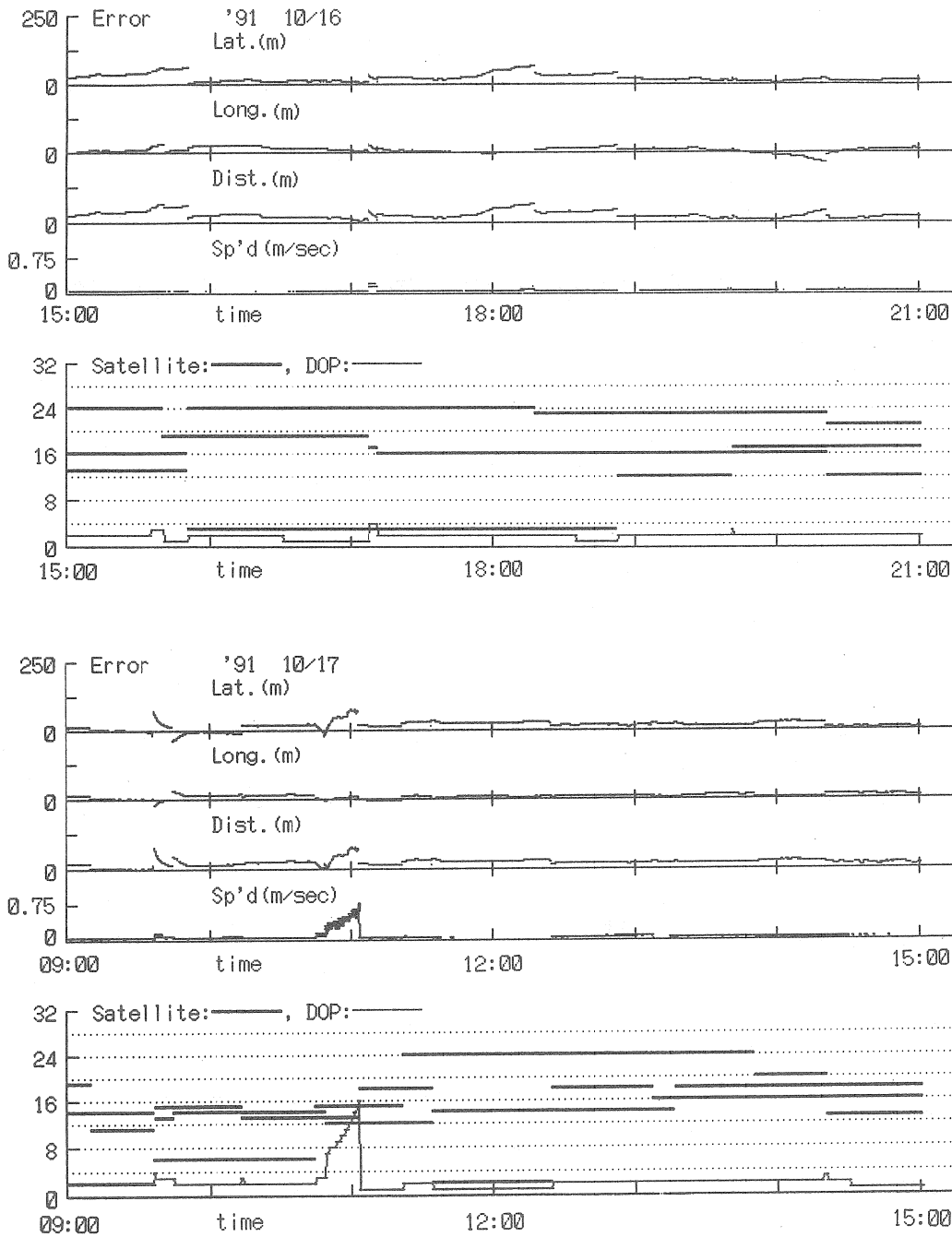


Fig. 9. Time series of errors of latitude, longitude, distance and speed, and combinations of satellites, and varied DOP when SA was off.

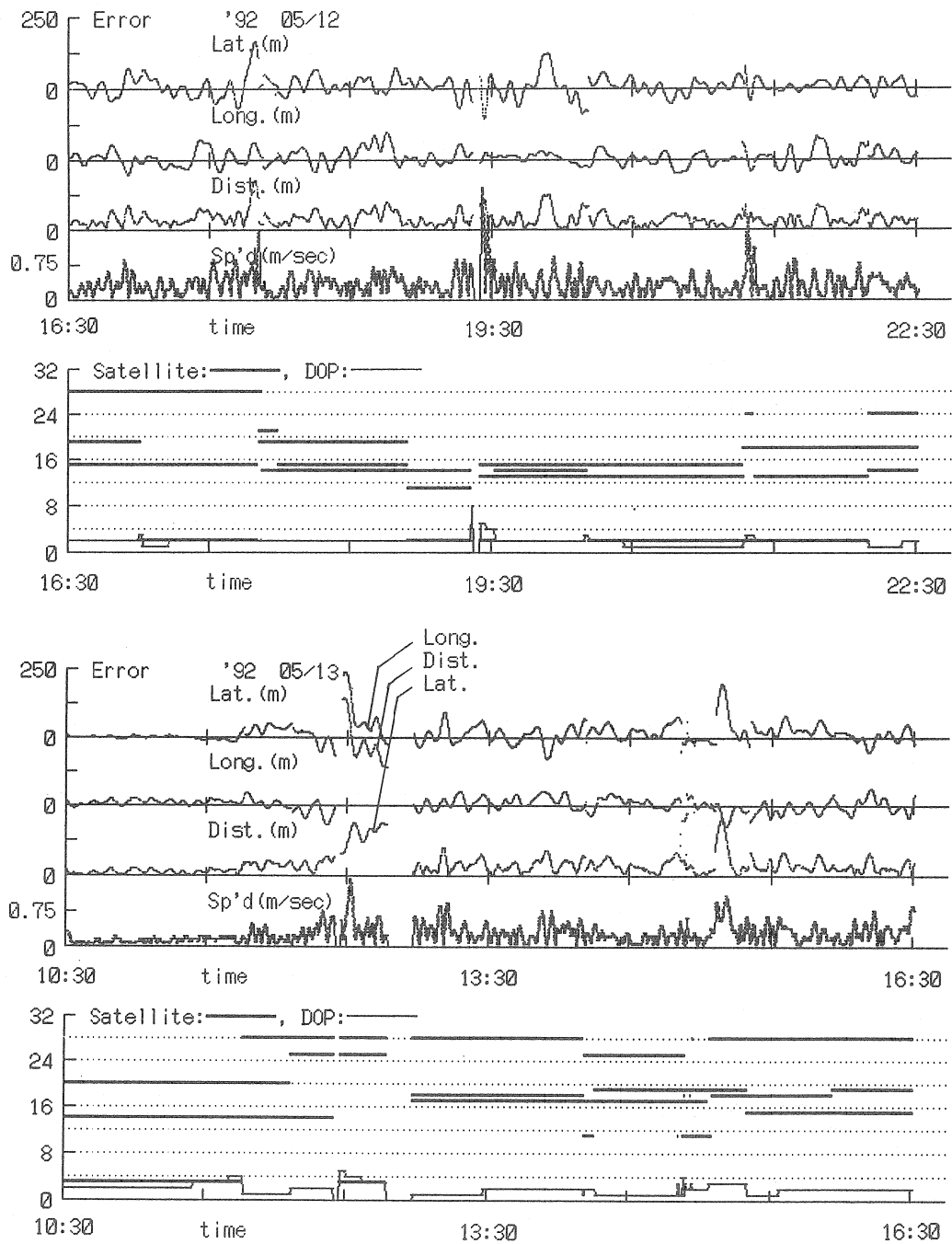


Fig. 10. Time series of errors of latitude, longitude, distance and speed, and combinations of satellites, and varied DOP when SA was on.

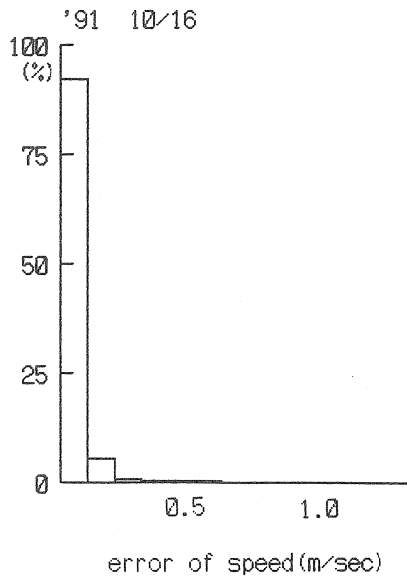


Fig. 11. Relative frequency distribution of speed errors when SA was off.

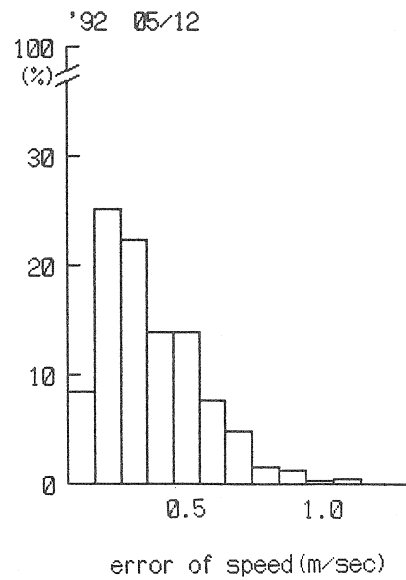


Fig. 12. Relative frequency distribution of speed errors when SA was on.

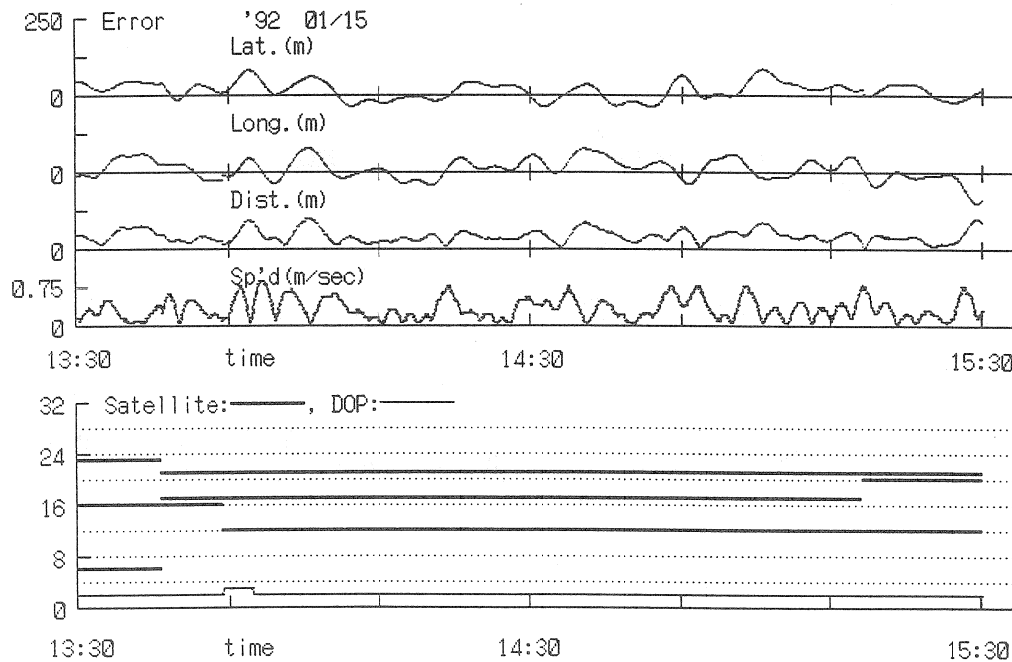


Fig. 13. Time series of errors of latitude, longitude, distance and speed, and combinations of satellites, and varied DOP in two hours period when SA was on.

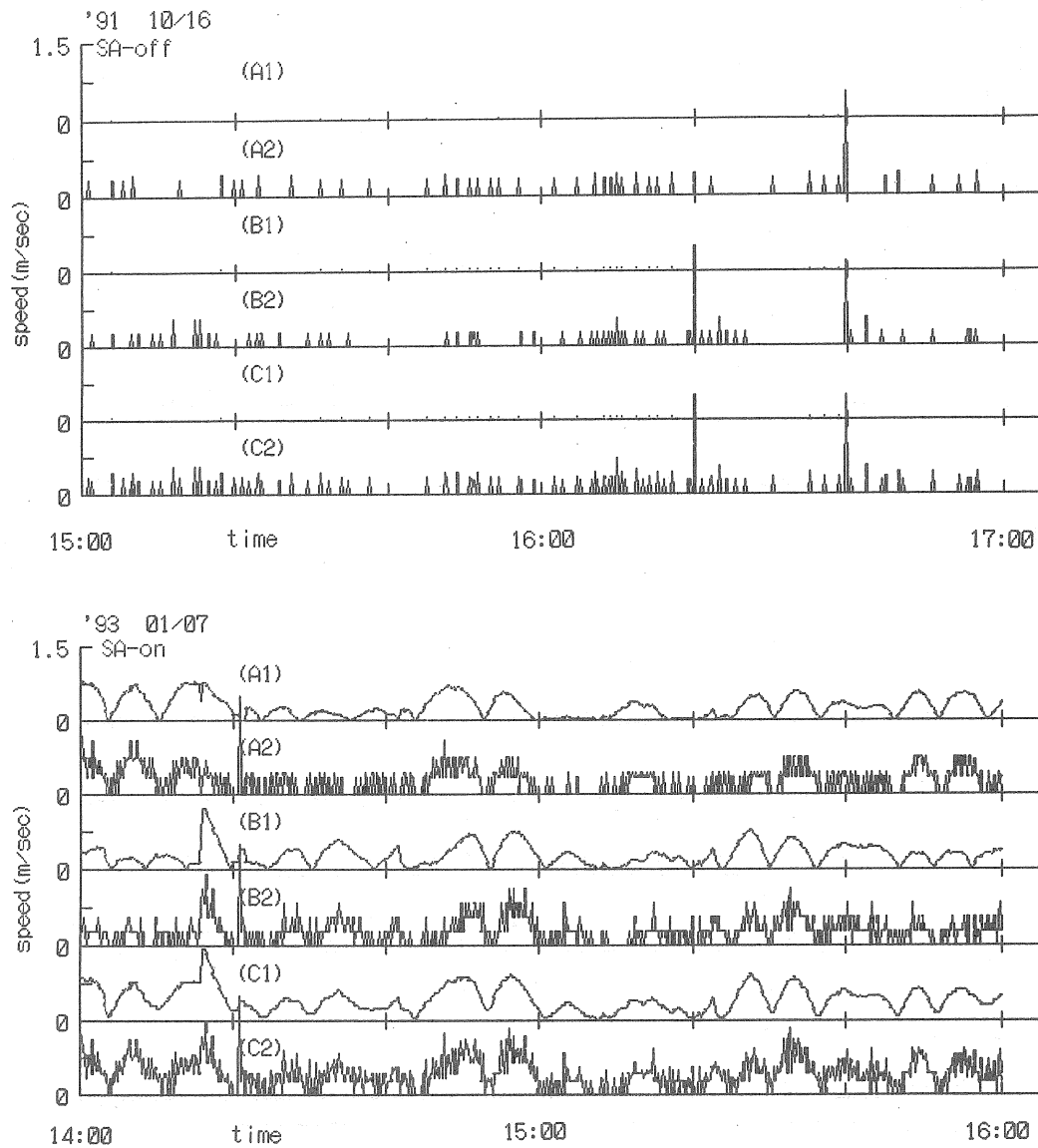


Fig. 14. Comparison of changes of errors of speed based on measured speed data and that of speed calculated from positioning data.

- Notes (A1) Latitudinal component(measured).  
 (A2) Latitudinal component(calculated).  
 (B1) Longitudinal component(measured).  
 (B2) Longitudinal component(calculated).  
 (C1) Errors of speed(measured).  
 (C2) Errors of speed(calculated).

誤差が原因である。また、3D/2D自動切りかえ測位で、衛星の組み合わせがひんぱんに変わるとき、何度かこの傾向が認められた。このことについては、衛星の組み合わせとともに、一層詳しい検討が必要である。

DOP値の急激な上昇とともに現れる大きな誤差については、片山<sup>4)</sup>が述べている。片山の報告によると、大きな誤差は1月で終わったとされているが、本研究では1月、5月、12月の実験でもみられた。

SAが実施されているときの速度誤差はFig.12に示されているように、0.1m/sec未満は8.4%で、0.2m/sec以上が多かった。

### 3.5 速度データと位置データによる速度誤差

GPS受信機から5秒ごとに出力されるデータのうち、速度データはドップラー周波数の測定によるもので、位置データとは別の測定系で得られる。一方、2D測位の位置データが定点観測にもかかわらず変化すると、1秒間の位置の変化を水平面における速度誤差と考えることもできる。そこで、ドップラー周波数による速度データを緯度方向、経度方向の各成分に分け、また、緯度、経度の1秒間の変化を緯度方向と経度方向のそれぞれの速度成分として、それらの合成速度とともに時系列表示した(Fig.14)。

Fig.14の上部はSAが解除されているとき、下部はSAが実施されているときである。図を見やすくするために、2m/sec以上は現れないようにした。

SAが解除されているときは、速度データによる速度誤差はほとんど現れていない。一方、位置データによる速度誤差は、たびたび、約0.37m/secが現れている。これは、緯度または経度の5秒間の偏位量の多くが、0.001分であったからである。ときどき、現れる大きな速度誤差は、衛星の組み合わせが変わり、位置が大きくジャンプしたためである。位置データが変化しない場合は、位置データによる速度誤差は当然0である。

SAが実施されているときの図(Fig.14の下部)において、位置データから計算された速度誤差の変動を、曲線で近似してみると、速度データによる速度誤差の傾向と類似していることがわかる。この原因の一つは、受信機内部の位置計算ソフトで、測位誤差を速度データにより平滑化していることであろう。

## 4 結言

GPS測位により得られたデータを解析して、最近の傾向について調べた。その結果は次のとおり要約される。

- (1) 実験場所における最近の測位可能時間は、最も長いときで23時間38分であった。
- (2) 2次元測位ではDOP値2のデータが最も多く、3次元測位ではDOP値3のデータが最も多い。
- (3) DOP値が2以下のときの平均位置は、SAが実施されていても実施されなくても、大きな違いはない。
- (4) SAが実施されているときの位置データは、平均位置に集中するとは限らない。
- (5) 精度のよい速度データは、SAが解除されたときのDOP値3以下のデータである。
- (6) SAが実施されているとき、位置データから計算された速度誤差の変化の近似曲線は、速度データによる速度誤差の変化に類似している。

本研究では、米国防相が管理運用しているGPSのSAが、実施されているときのデータと解除されたときのデータをもとに検討した。GPS利用者の安全を確保するため、また、海洋調査、漁業調査の正確な資料とするため、さらに、国際的なトラブル防止のためにも、必要以上の誤差を介入しないことが切望される。今回、ときどき、みられた大きな誤差が人為的なものであるなら、一時的な試みであることを利用者として願っている。

このように、SAについて今後も引き続き測位実験を行い、さらに詳しい検討や、また、GPSを漁業に効果的に応用するため、ディファレンシャルGPSの実験も行いたいと考えている。

終わりに、本実験を行うにあたり、機材提供の便宜をはかっていただいたジェーアールシーエス株式会社、特機営業部部長田中力氏、および同次長磯辺敏氏、また、多くのGPSに関する情報を提供していただいた日本無線株式会社九州支社船舶営業課佐古秀美氏に厚くお礼申し上げる。

## 文献

- 1) 本村紘治郎・実藤 了・水谷壮太郎・長友洪太・大村千之：航海, 96, 39-46(1988)
- 2) 実藤 了・本村紘治郎・水谷壮太郎：航海, 97, 77-82(1988)
- 3) 林 忠夫：航海, 111, 19-29(1992)
- 4) 片山 晋：航海, 113, 4-11(1992)
- 5) 合田政次：長崎大学水産学部研究報告, 64, 17-22(1988)
- 6) 奥田成幸・岡本康裕：航海, 111, 9-18(1992)
- 7) 荒井 修：航海, 113, 39-45(1992)