

## GPS による船体の姿勢計測

寄高三和子・矢吹哲一郎・浅田 昭：海洋研究室

富田輝勝：海洋調査課

### Attitude measurement of hull by using multi antenna GPS receiver

Miwako YORITAKA, Tetsuichiro YABUKI, Akira ASADA : Ocean Research Laboratory

Terukatu TOMITA : Ocean Surveys division

#### 1. はじめに

GPSの目的は、本来、船舶や航空機等の移動体の位置を計測することであったが、近年、地殻変動等の観測のために2つの固定点間の精密な測量に応用されるようになってきている。このような高精度の測位は、GPSから送られる一定周波数の搬送波の位相を観測することにより達成される。

この、高精度のGPS技術を応用すれば、測量船の正確な姿勢角を測ることが可能になる。船上に固定された2つのアンテナの相対位置関係は、測量船の動揺にともない、時事刻々と変化するが、GPSによりその変化を測定することが可能だからである。このような姿勢測定は、マルチビーム音響測深・地磁気3成分測量・ADCP等のデータの精度向上に有効と考えられる。

GPSを用いた船舶姿勢計測の実用化のための実験を平成8年7月16日から8月8日まで、測量船明洋において行った。

#### 2. 測定方法

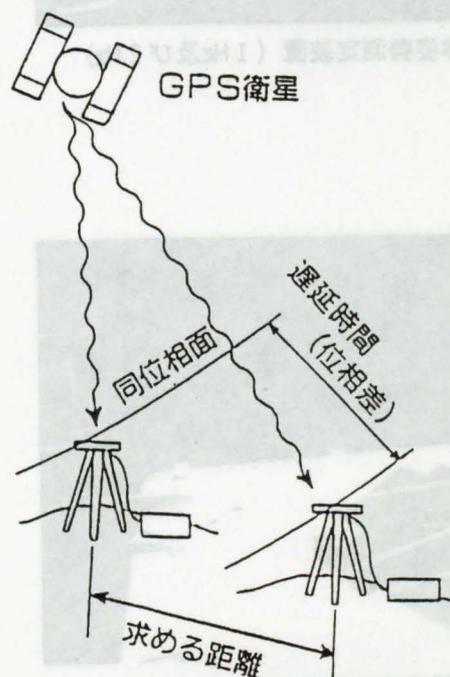
GPSによる測位は、1地点だけで衛星からのコード情報を受信して決定する単独測位と2点の位置関係を求める相対測位がある。相対測位は、衛星からある測点へGPS信号が到達する時間と、衛星からもう一つの測点へ到達する時間の差から、2点間の位置関係を求めるものである。この到達の時刻の差を搬送波位相(L1周波数では1波長は19cm)を単位目盛として測定することにより高い精度の相対測

位が可能になる。これを位相差観測と呼ぶ。(図1)

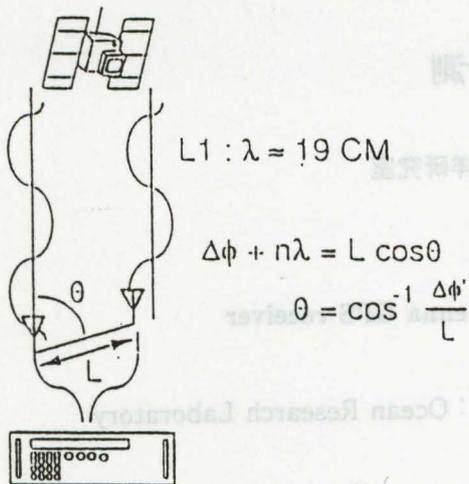
船舶等の姿勢を測定する場合は、アンテナ取り付け時に2点間の距離は固定されるので、搬送波の位相差観測から2点間の基線ベクトルとGPS衛星への視線ベクトルの間の角度を求める。(図2)

なお、船の姿勢を決めるためには、3軸(方位、ロール、ピッチ)の角度を求める必要がある。そこで、4つの独立したアンテナおよび受信機を用意した。1つのアンテナを基準の測位点とし、残りの3つの測位点と比較し相対的な位置関係を求めることにより、姿勢角を求める。(図3)

受信装置を設置するにあたり、4つのアンテナが衛星からの信号をできるだけ同じ条件で受信できる



第1図 位相差観測の概念図



第2図 位相差観測によって求められる2つのGPSアンテナを結んだ直線ベクトルとGPS衛星の視線ベクトルとの間の角度

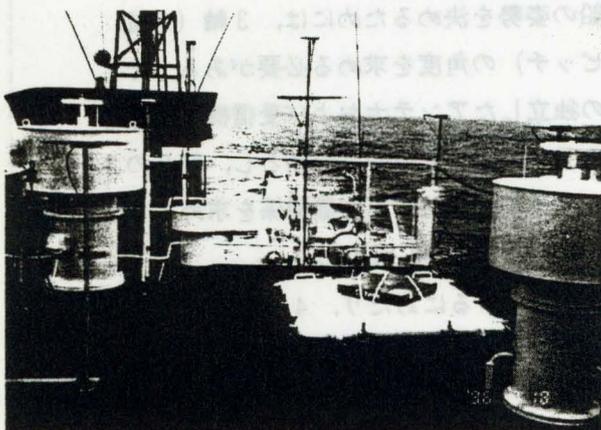
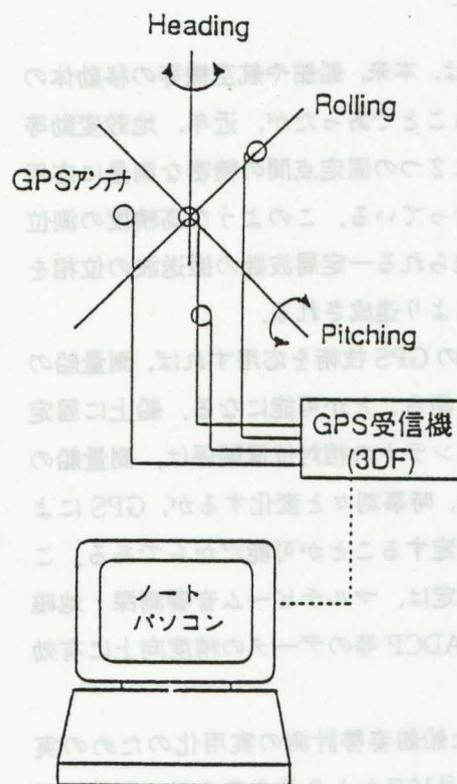


写真1 船体姿勢測定装置 (1 Hz及び2 Hz)

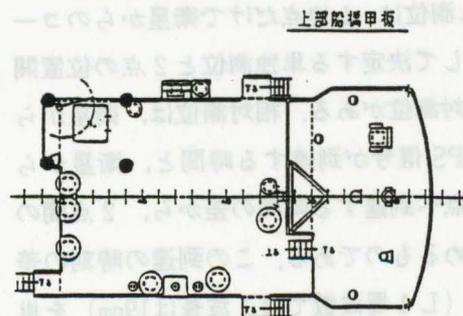


写真2 船体姿勢測定装置 (1 Hz)

場所を検討し、上部船橋甲板に設置した。(図4)  
 アンテナの設置間隔が広いほど姿勢測定精度は良くなるが、気温の変化や時化の時に船体にかかる力などにより生じる船体の歪みにより基線長が変化し、誤差を生じた角度を測定してしまう恐れが強くなる。そこで、およそ3 m間隔で立てたアンテナ設置用ポール(高さ約1.5 m)の上にアンテナを設置したもの(写真1)と、0.5 m間隔に甲板上に直接アンテナを設置したもの(写真2)の2組を用意した。このとき、3 m間隔のものを0.5秒ごと、0.5 m間隔のものを1秒ごとにデータ出力するよう設定し、明洋



第3図 4つのGPSアンテナの位相差観測と方位角、ロール角、ピッチ角の計測



第4図 明洋船橋甲板

観測室に用意したノートパソコンへリアルタイムで収録した。

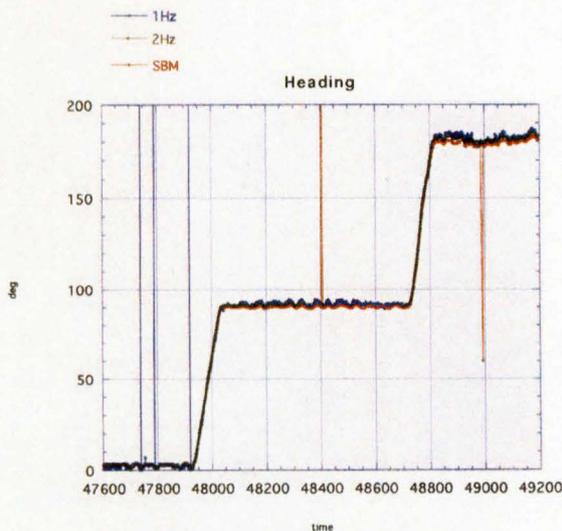
3. 結果

1秒に1回計測する1Hzのデータと1秒に2回計測する2Hzのデータ及びシービームデータに付加されている動揺測定装置のデータの3種類のデータについて、方位角・ロール角・ピッチ角の3成分を図5・6・7に表わした。時間は、日曜日の0時から始まる1週間を1サイクルとした通し秒で表わし

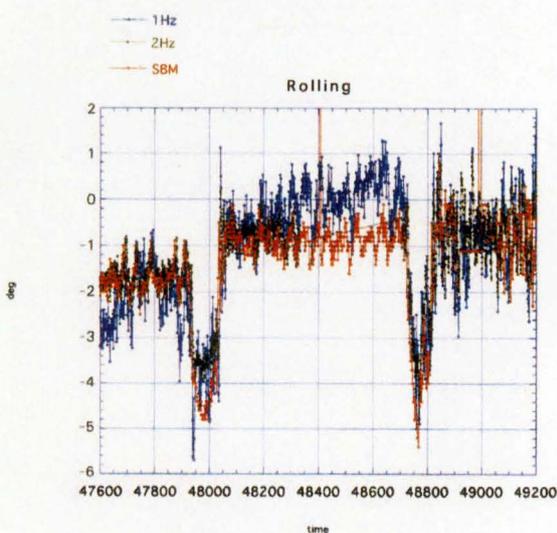
た。このときの横軸に示す47600~49200は、7月24日13時13分20秒~7月24日13時40分00秒である。また、縦軸は、角度で、このときの表示分解能は、シービームの動揺測定装置は0.1度、GPSによる姿勢測定装置では、0.01度であった。

3成分すべての図において、2Hzの姿勢測定装置より1Hzの姿勢測定装置のばらつきが大きい。これは、1Hzの姿勢測定装置は直接甲板に設置したため、ポールの上にアンテナを設置した2Hzの姿勢測定装置に比べると、周囲の排気口等がGPS電波受信の障害になった可能性が高い。(写真1)また、1Hzの姿勢測定装置のアンテナの設置間隔は、2Hzの姿勢測定装置のアンテナの設置間隔の1/6程であるので、1Hzの方が精度は落ちると予想される。

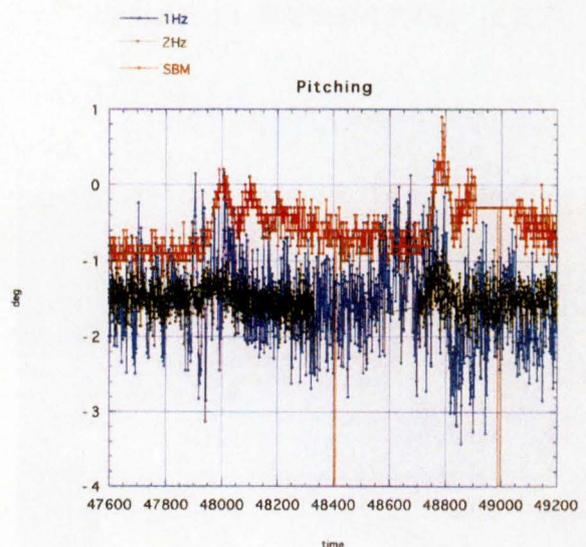
図8・図9及び図10は、時間の横軸を拡大し、揺れの時間変化がわかるようにした。シービーム動揺測定とGPS姿勢測定装置の2Hzのデータはほぼ同じ時間変化を示している。方位角を示した図8では、シービームデータの時間が約1秒進んでおり、ロール角を示した図9からは、シービームデータの時間が、約7秒遅れていることがわかる。シービームデータと姿勢測定装置の時間のずれは、シービームデータの時間が、シービーム本体にセットされている時計の時間であり、姿勢測定装置の時間は、GPS衛星



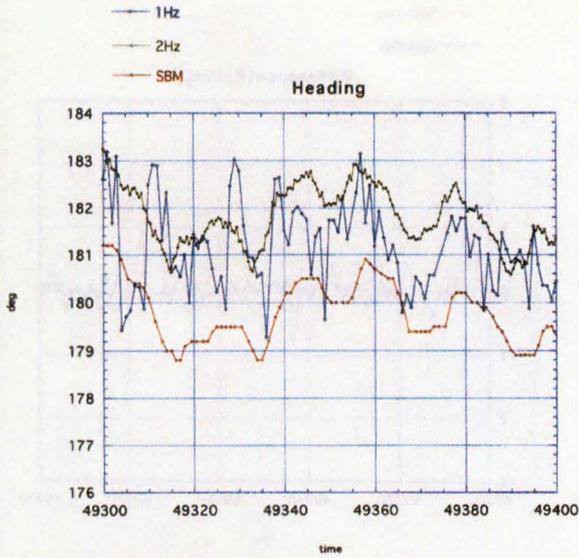
第5図 船体姿勢測定装置の1Hz、2Hz及びシービームによる方位角



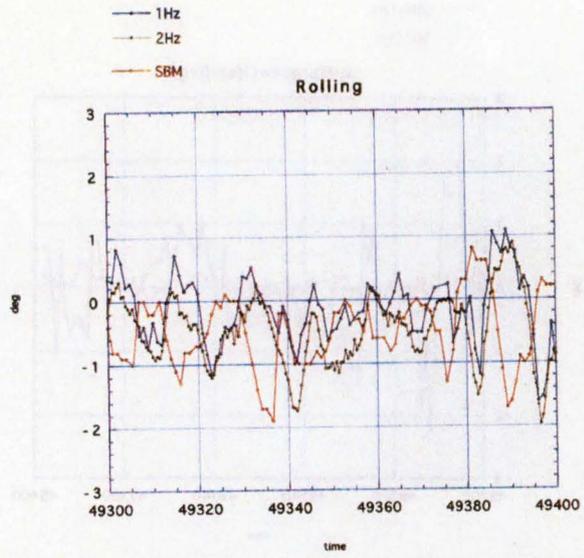
第6図 船体姿勢測定装置の1Hz、2Hz及びシービームによるロール角



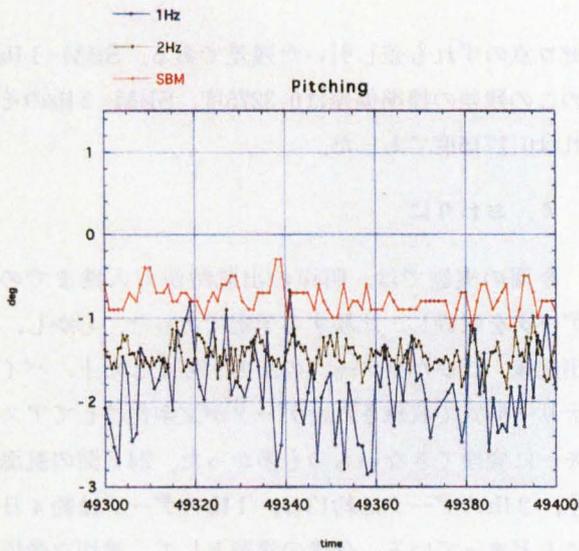
第7図 船体姿勢測定装置の1Hz、2Hz及びシービームによるピッチ角



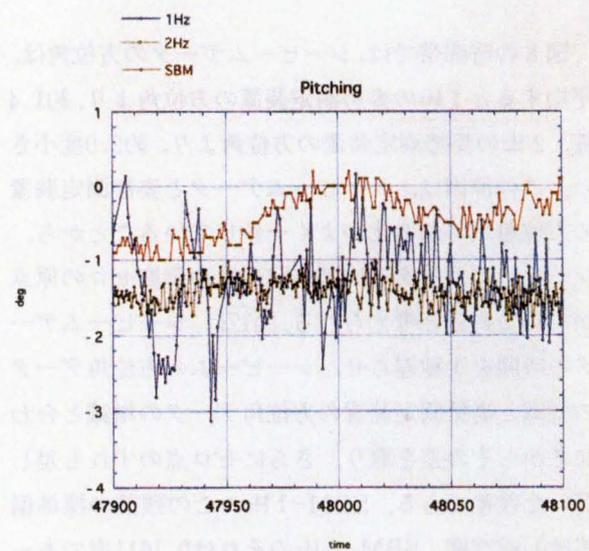
第8図 時間軸を拡大した, 船体姿勢測定装置の1Hz, 2Hz及びシービームによる方位角



第9図 時間軸を拡大した, 船体姿勢測定装置の1Hz, 2Hz及びシービームによるロール角



第10図 時間軸を拡大した, 船体姿勢測定装置の1Hz, 2Hz及びシービームによるピッチ角

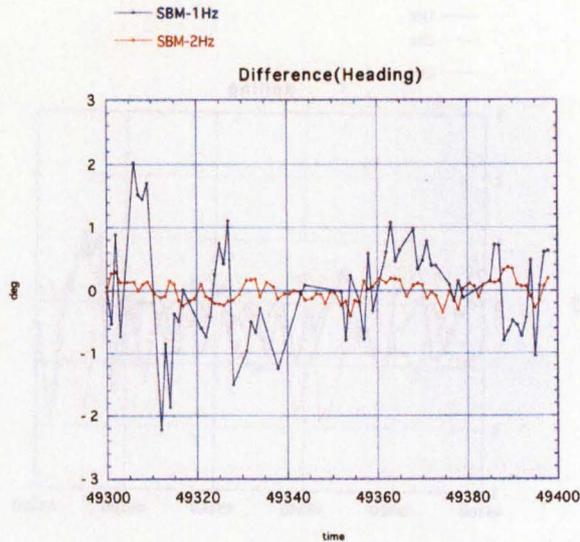


第11図 船体動揺の大きい廻航時の1Hz, 2Hz及びシービームによるピッチ角

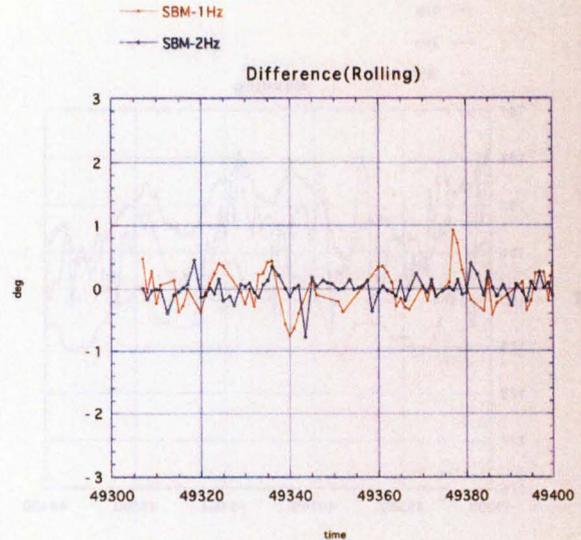
から送られてくる時間のためである。

図10では, シービームデータのピッチ角と姿勢測定装置のピッチ角を比較した。シービームデータのピッチ角は, ロール角と同じ時刻に収録されているため, ロール角と同じ7秒のずれがあるはずである。しかし, 図10の変動には, 図9のロール角の測定結果にみられるような, はっきりした同期性は見られない。そこで, 船体の動揺の大きい廻航時(図5に

おいて0度から90度に方位角が変化している時)のデータを比較した結果が図11である。シービームと姿勢測定装置のピッチ角の時間変化を見ると, 明らかにシービームデータのピッチ角の変化率が大きく, シービームの動揺測定装置とGPSによる姿勢測定装置のピッチ角データは, 一致しない。ロール角がよく一致していることを考えるとこの不一致は不可解で, まだ原因はわからない。



第12図 船体姿勢測定装置のGPS時間とシービームデータの時間を合わせ、ゼロ点のずれも差し引いた上でのシービームと船体姿勢測定装置の1Hz・2Hzの方位角の残差



第13図 船体姿勢測定装置のGPS時間とシービームデータの時間を合わせ、ゼロ点のずれも差し引いた上でのシービームと船体姿勢測定装置の1Hz・2Hzのロール角の残差

図8の時間帯では、シービームデータの方位角は、平均すると1Hzの姿勢測定装置の方位角より、約1.4度、2Hzの姿勢測定装置の方位角より、約2.0度小さい。この原因は、シービームデータと姿勢測定装置の方位角の時間変化がよく一致していることから、シービームデータと姿勢測定装置の角度ゼロの原点がずれていると考えられる。図12は、シービームデータの時間を1秒遅らせ、シービームの方位角データの増減と姿勢測定装置の方位角データの増減と合わせてからその差を取り、さらにゼロ点のずれも差し引いた残差である。SBM-1Hzのこの残差の標準偏差は0.8227度、SBM-2Hzのそれは0.1611度であった。

同じく、図9の時間には、シービームデータのロール角は、1Hzの姿勢測定装置のロール角より、平均して約0.3度小さく、2Hzの姿勢測定装置のロール角より約0.02度小さい。これもまた、シービームデータと姿勢測定装置のロール角の時間変化がよく一致していることから、シービームデータと姿勢測定装置の角度ゼロの原点がずれていると考えられる。図13は、シービームの時間を7秒早くし、シービームのロール角データの増減と姿勢測定装置のロール角データの増減と合わせてからその差を取り、さらに、

ゼロ点のずれも差し引いた残差である。SBM-1Hzのこの残差の標準偏差は0.3275度、SBM-2Hzのそれは0.1715度であった。

#### 4. おわりに

今回の実験では、明洋の出航時から入港までのデータを収録し、比較する予定であった。しかし、出航後、たびたびデータの出力が停止した上、バイナリー形式で収録されたデータが文字化けしてアスキーに変換できないものも多かった。24日間の航海中、2Hzのデータは約13日、1Hzのデータは約4日にとどまっている。今後の課題として、適切な受信アンテナの設置場所とその間隔を調査し、データが絶え間なく一定の周期で正常に収録されるようにする必要がある。

#### 謝 辞

本研究を実施するにあたり、GPSデータの収録等に協力いただいたセナー株式会社、トリンプルジャパン株式会社及び測量船「明洋」の船長を初めとする乗組員の皆様に感謝致します。