

DGPS的手法による船首方位の測定*

中村善彦**・宮本佳則**・林 敏史**

Measurement of ship heading using DGPS technique*

Yoshihiko NAKAMURA** Yoshinori MIYAMOTO** and Toshihumi HAYASHI**

Abstract: Gyro compass and magnetic compass have been used for measuring the ship heading. But gyro compass is need a space, stabilized electric power, have to do a routine check up and have long time to be stabilized for indicate ship heading. In these reasons, gyro compass is not fitted with a small boat. Magnetic compass is difficult to get and electric signal and have to correct deviation. GPS (Global Positioning System) computes a vessel speed and direction which is not ship heading. Measurement of ship heading was done using two sets of GPS; one was set on bow and the other on stern. Both GPS position data were recorded into their memory. Afterwards, all data were down-load for a personal computer and the ship heading (GPS heading) was calculated from two GPS position data by a personal computer. This measurement observations were tested on the ground and observed on the ship. On the ship observations, gyro compass heading data were recorded in a personal computer to compare with GPS heading. As a results, GPS heading was almost match with gyro compass heading, but stability was slightly unstable. In some case, the GPS heading data were remarkably deviated from gyro compass data because of various value of each GPS PDOP (Positin Dilution Of Precision).

1. 緒言

船首方位の測定機器には、ジャイロコンパスと磁気コンパスがある。前者は起動に時間がかかり、安定した電源や設置場所を必要とすること、定期的な整備に手間がかかることなどのために、特に出入港の頻繁な小型船舶には適さない。後者は、小型であるが地磁気や船体磁気の影響で真方位を示すものではなく、方位の電気的信号を取り出すには特別な装置(鈴木ほか, 1979)が必要となる。近年普及してきたGPS受信機にも移動方向をベクトル表示する機能(富岡・関根, 1990)はある。しかし、この場合の移動方向は、風や潮流などの影響を含めた合成ベクトルであり、船首方位とは一致しないことが多く、移動速度が遅い場合には表示されない。また、GPSアンテナを3台から4台用い、衛星からの疑似距離の差を搬送波で比較し、ヨーイング、ローリングおよ

びピッチングを求める研究が行われている。しかしこれらのGPS受信機は特殊であり、一般的ではない。

一方、近年盛んに行われている超音波ピンガー等を用いて魚の行動追跡(韓他, 印刷中)および有索式水中カメラ(ROV)(韓他, 1994)や潜水中のダイバーの位置(KHALID *et al.*, 1994)を計測する場合、それらの位置は船に対する相対位置として求められる。従って、その絶対位置を得るためにはまず船首方位情報が必要である。しかも、これらの研究で用いられる船舶は小型であり、ジャイロコンパスや磁気コンパスでは不都合な点が多く、GPSのベクトル方位では船首方位と異なる。

本研究では、ハンディータイプのGPS受信機2台の位置から船首方位の測定を試みた。2台のGPSを用いたDGPS法で位置を求めた場合、SA (Selcive Availability)、時計誤差、電離層遅延誤差、対流圏遅延誤差は除去できるが、多重経路(マルチパス)にもとづく誤差や機器誤差は残る。そこでまずマルチパスにもとづく誤差や機器誤差が方位測定に与える影響を確認するために、予備実験として地上の同一線上に2台のGPSアンテナを設置し、それらのアンテナ間の距離を変え、方位

* 1995年9月12日受理 Received September 12, 1995

** 東京水産大学海洋生産学科, 〒108 東京都港区港南4-5-7

Tokyo University of Fisheries, Konan 4-5-7, Minato-ku, Tokyo, Japan, 108

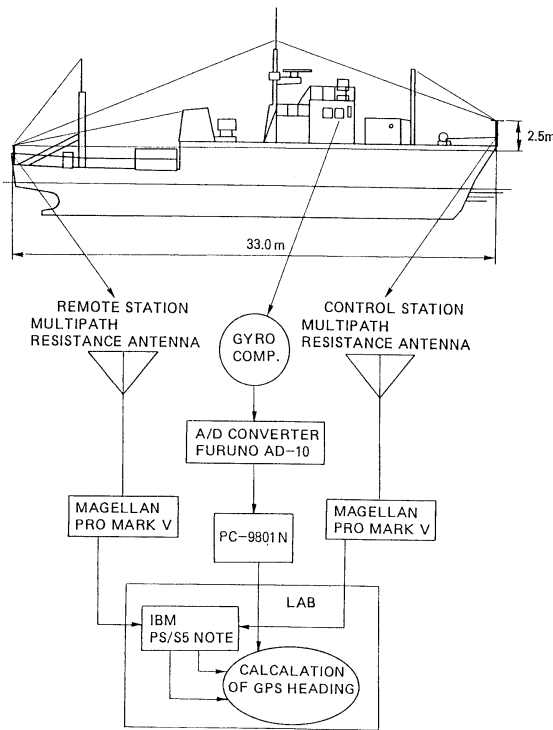


Fig. 1. Sketch of 2 GPS multipath resistance antennas and structures on decks of T/S Seiyo-Maru (upper) and experimental setup for calculating shipborne heading (lower).

の測定を行った。次に、海上において東京水産大学練習船青鷹丸の船首および船尾にそれぞれGPSアンテナを設置し、航行中の直進および変針時に船尾を基準として船首方位を測定した。同時にジャイロコンパスの指示方位も記録し、GPSで求めた船首方位(GPS方位)を評価した。

2. 実験方法

測定には、ハンディタイプのGPS受信機(Magellan Pro MARK V)とマルチパスレジスタンスアンテナ(Magellan)を2組用いた。このGPS受信機は1秒毎にデータを更新し、測位データ等を収録する機能を有している。

予備実験では、東京水産大学海洋生産学科A棟の屋上において、同一方位線の上に2組のGPSアンテナを設置して行った。2つのGPSアンテナ間の距離を1, 2, 5, 10, 33および50mに変え、それぞれの距離で10分間の連続測定を5回ずつ行った。GPS受信機の設定は

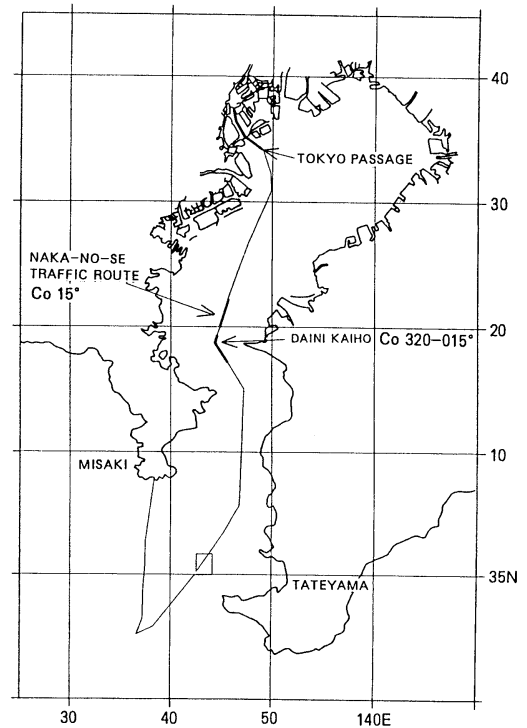


Fig. 2. Experimental waters and Seiyo-Maru track chart.

3次元測位で、2つの受信機が受信する衛星番号はそれぞれの距離で同一に設定した。

Fig. 1は青鷹丸を用いた海上測定における機器配置および甲板上的構造物の配置を示したものである。アンテナは船首尾線上の船首旗竿台と船尾部に設置した。アンテナ間距離は33mで、船尾に設置したアンテナが船首のそれより2.5m低い。屋上における予備実験と同様、受信する4個の衛星の番号を合わせ、1秒間隔で三次元測位した。ジャイロコンパス(トキメック TG-5000)の指示方位は、A/Dコンバータ(FURUNO AD-10)を通じて1秒毎に、10分の1度の分解能でパーソナルコンピュータ(NEC PC-9801N)のフロッピーディスクに記録した。Fig. 2に実験海域および航跡を示す。測定は航跡図中に示すように(1)直進航行、(2)変針を含む航行、(3)港内航行の3つの条件で行った。測定中の船の速度は5~10ノットに設定した。

予備実験および海上測定とも、測定終了後RS 232Cインターフェイスを通じてパーソナルコンピュータ(IBM PS/55 NOTE)に2台分のデータを転送し、ハードディスクに記録した。GPS方位の計算には、2組のGPSデータの時刻合わせを行い、平均中分緯度航

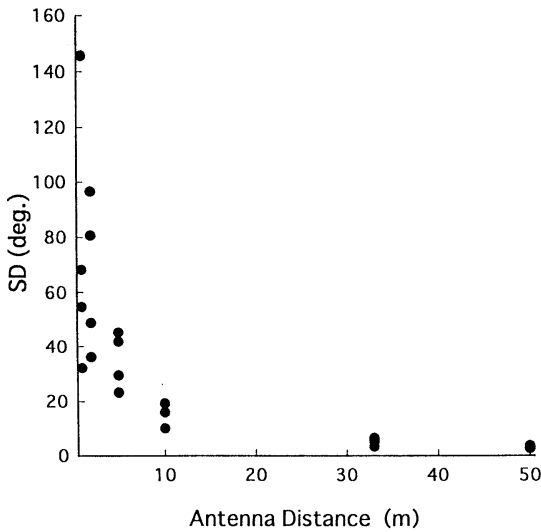


Fig. 3. Standard deviation of the azimuth distribution for a duration of 10 minutes at different distances.

法を用いた。2台のGPS測位位置の緯度経度をそれぞれ (ϕ_a, λ_a) および (ϕ_b, λ_b) とすれば、同航法からGPS方位 θ° は次式で求められる。

$$\theta = \tan^{-1} \frac{(\lambda_a - \lambda_b) \cos \frac{\phi_a - \phi_b}{2}}{\phi_a - \phi_b}$$

予備実験ではどちらかを基準とし、もう一方の方位を計算した。海上測定では船尾のGPSを基準として船首のGPSの方位を船首方位としてGPS方位を計算した。

3. 予備実験の結果

2台のGPSを用いたDGPS法で位置を求めた場合、SA、時計誤差、電離層遅延誤差および対流圏遅延誤差など時間経過に伴う位置の変動は除去できるが、マルチパスにもとづく誤差や機器誤差など独立した誤差要因にもとづく誤差は残る。そこで、独立した誤差要因がGPS方位測定に与える影響を明らかにするために、方位が分かっている同一線上に2台のGPSアンテナを設置し、そのアンテナ間の距離を変え、方位を測定した。測定に用いた2台のGPS受信機においては、最初の信号受信時刻は異なるが、あとに続く信号は1秒間隔で精度良く受信されている。10分間の測定期間において、2台のGPSアンテナの受信時刻の時間の食い違いはほぼ一定で、0.003秒以内に収まっている。

Fig. 3は2台のアンテナの距離の変動にともなう

GPS方位誤差の標準偏差を示したものである。標準偏差は同図からも明らかのように、距離が10mまでは大きな値を示しているが、33m以上離れると 3° 程度に収まっている。今回のDGPSによる測位の相対誤差は、測定距離内では距離が変わってもほぼ一定であった。従って、GPS方位の誤差は一点から他の点の誤差を見込む角度で示されるので、2点間距離(アンテナ間距離)が増すことによって誤差は減少したものと考えられる。

4. 測定結果

1) 直進時

Fig. 4は中の瀬航路を針路 15° で直進航行中のジャイロコンパスの指示方位とGPS方位およびジャイロコンパスを基準としたGPS方位誤差を示したものである。GPS方位誤差は 7° 程度の幅で変動している。GPS方位はほぼ安定しているが、丸印で示すように指示方位が大きくずれて、方位誤差が大きく現われているところがある。GPS方位が大きくずれた場合を除いたときの船首方位の誤差の標準偏差は 3.9° であり、屋上のアンテナ間距離33mで測定されたGPS方位の標準偏差 3.3° に比べてわずかに変動が大きい。

2) 変針時

浦賀水道航路の第2海堡付近において針路を 320° から 15° へ変針したときの結果をFig. 5に示す。針路 320° で航行しているときに、ローリングによるマルチパスの影響と考えられるGPS方位の大きな変動が認められる。しかし変針時には、GPS方位にわずかな遅れが認められるが、ジャイロコンパスの指示方位とほぼ一致している。この測定ではGPS方位の安定性は先の直進時に比べ悪く、大きな指示誤差(丸印)を示すところも増加している。GPS方位が大きくずれた場合を除いたときの船首方位の誤差の標準偏差は、直進時に認められたGPS船首方位の大きい変動が効いて、 8.4° と大きくなっている。

3) 港内航行

港内航行の結果をFig. 6に示す。東京航路9番ブイから16番ブイまでの海域で、頻繁に舵を使用した場合である。先の変針時の結果と同じようにGPS方位にわずかな遅れが認められるが、ジャイロコンパスの指示方位とよく整合している。この測定では、1)直進時や2)変針時と比較して、方位誤差が大きく現われている丸印の箇所が多く見られる。GPS方位が大きくずれた場合を除いたときの船首方位の誤差の標準偏差は 5.6° であった。

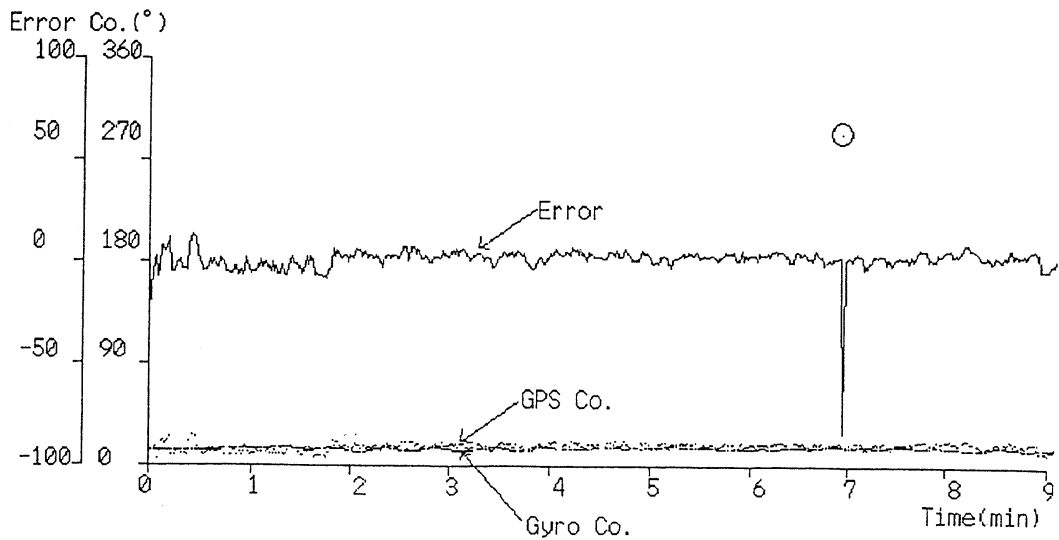


Fig. 4. Ship headings obtained by GPS fitted with 2 multipath resistance antennas set on fore and aft decks and by gyro compass and the heading error while cruising along Naka-no-se traffic route compass course of 15 deg. Symbol \circ represent large error deviated from the ship heading.

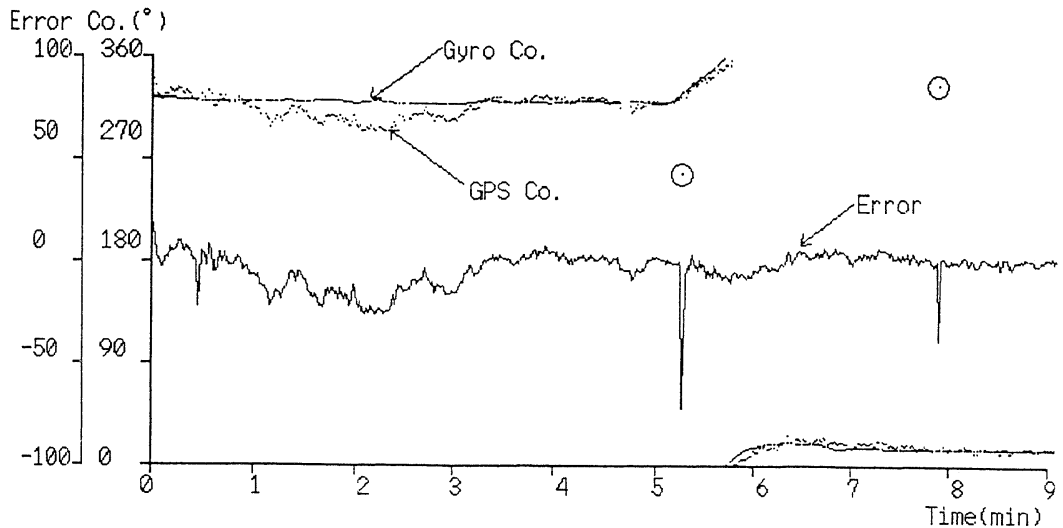


Fig. 5. Ship headings obtained by GPS and by gyro compass and the heading error while cruising along Uragasuido traffic route when changing course from 320 deg to 15 deg near Daini kaiho. Same symbol as in Fig. 4.

5. 考察

青鷹丸の航走中の船首方位の変動は大学屋上で測定した結果と比べて変動が大きい。Fig. 1 に示すように、青鷹丸の船首尾線上に設置したマルチパスレジスタンスアンテナの高さは船首側が2.5m高い。船首と船尾のGPSのアンテナの高さが異なることは両者のPDOP値 (Position Dilution Of Precision : 3次元測位を行う上での

精度低下率) にずれを生じさせる原因 (柿原他, 1988) と考える。そこで、この影響を調べるために、屋上にアンテナ間距離を青鷹丸の長さと同しく33mに設定し、アンテナの高さに2.5mの差をつけた場合および差が無い場合についてそれぞれGPS方位を測定した。その結果、GPS方位の平均値は両者とも同一値であった。しかし、GPS方位の標準偏差は前者が7.4度であり、アンテナの

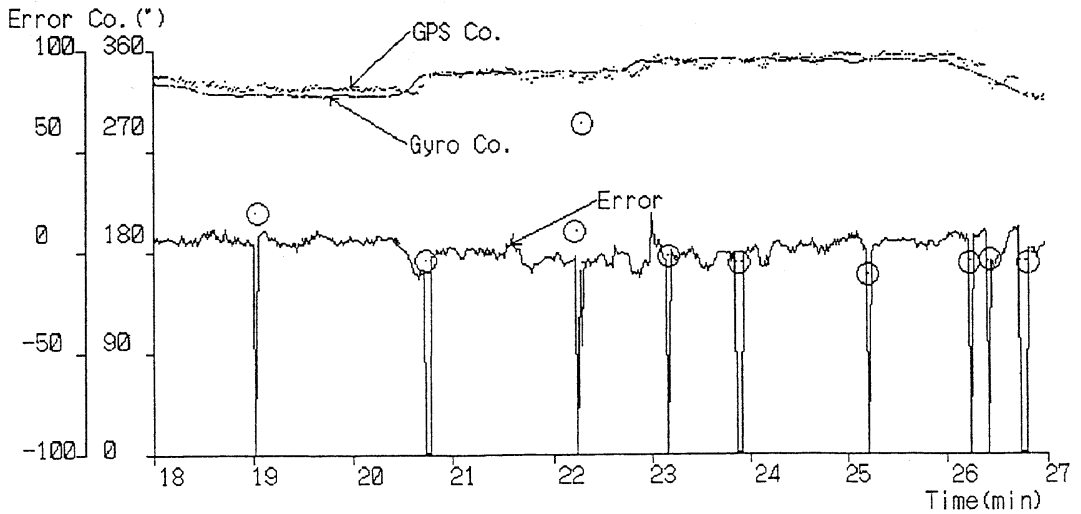


Fig. 6. Ship headings obtained by GPS and by gyro compass and the heading error while cruising along Tokyo passage from No. 9 to No. 16 buoy under varying course and speed. Same symbol as in Fig. 4.

高さが等しい場合の標準偏差 5.3° と比較するとばらつきが大きく、アンテナの高さの違いによると考えられる影響が認められた。標準偏差はかなり大きい、これは PDOP 値が大きいことによるものと考えられる。

Fig. 4, 5, 6 の図中に丸印を付けてある点がいくつかある。この点は、船首尾の GPS で PDOP が 0.5 以上異なっているデータに該当する。海上測定当日の風向は南、風力 4~5、海況 2~3 であった。測定に用いた青鷹丸は、船の長さの割に風圧面積が広く、風の影響を受けやすい船型であることから、たとえマルチパスレジスタンスアンテナを用いたとしても、船体の動揺が大きい場合にはマルチパスの影響を受けたものと考えられる。また、2つの GPS が使用する 4つの衛星を同じにしても両者の PDOP 値が大きく異なるのは、船体の動揺により甲板上の構造物が衛星を遮蔽した場合およびレーダや無線通信波のスプリアスが影響した場合などが考えられる。さらに、港内航行の結果では航路両側に大きな建物が多く建ち並んでいるために、それらによるマルチパスの影響を受けていたものと考えられる。

変針時に GPS 方位の追従が遅れる原因については、GPS 受信機がそれぞれ個別に衛星からの信号を受信しているため、受信時間にはずれが生じることが考えられる。測位に要する時間は、一般的に受信してから 1 秒余りかかるとされており、指示された位置は 1 秒余り前の位置と言うことになる。したがって、航行中の測定では GPS 受信機間の受信時間のずれおよび処理に要する時

間に起因するずれ等が加算され、方位誤差として現れたものと考えられる。

本研究では 2 台の GPS の測定位置だけを用いて船首方位の測定を行った。この方法であれば、ジャイロコンパスを装備できない船舶でも、特殊な磁気コンパス（宮本他、1992）や GPS 受信機を用いることなく船首方位をデジタル信号で得ることが可能である。ジャイロコンパスと比較して指示安定性はあまり良くないが、GPS 方位を移動平均等の処理をすれば方位指示は安定し、簡便な船首方位指示器として利用できると考える。今回は、小型船に適用するにはアンテナ間距離が大きすぎる結果であった。今後さらにチャンネル数を増やすなど、実験を続ける必要がある。

文 献

- 柿原利治, 若木毅, 柳川三郎 (1988): アンテナ高さ誤差が GPS 測位精度に及ぼす影響, 日本航海学会論文集 79, 33-38.
- KHALID S., E. HAMADA, K. SAITO and Y. NAKAMURA (1994): Acoustic Telemetry of position data to a diver from a support boat in shallow water. Tokyo Suisandai Kempo 81, 57-69.
- 韓軍, 宮本佳則, 濱田悦之, 中村善彦: 魚の行動解析のための同期法超音波ピンガー追跡システム, 日本水産学会誌 61 (3): 369-374. (印刷中)
- 韓軍, 濱田悦之, 中村善彦, 斎藤清隆 (1994): 同期法超音波ピンガーを用いた ROV の測位, 水産工学 31 (1): 1-6.
- 宮本佳則, 白井靖幸, 濱田悦之, 斎藤清隆, 鈴木裕

- (1992) : 磁気センサを用いた3磁気軸検出方式電子コンパスに関する研究, 日中航海学会, 169-176.
- 鈴木裕, 濱田悦之, 白井靖幸, 波多野浩, 斎藤清隆, 松瀬隆哉 (1979) : デジタル指示磁気コンパスの試作と性能に関する研究, 日本航海学会論文集 60:29-36.
- 富岡源一郎・関根兆五 (1990) : 船首方位測定装置, 特許広報 (B2), 平2-5-5750, 日本国特許庁.