

復元菱垣廻船「浪華丸」の実船実験における 高精度 GPS による船位, 方位の計測*1

木下正生 *2, 寺田幸博 *2, 柿本英司 *2,
正会員 一色浩 *2, 正会員 榎本孝史 *3,
正会員 長谷川和彦 *4, 平田法隆 *5, 正会員 小瀬邦治 *5

High Precision GPS Measurements of the Position and the Direction of Restored Higaki Kaisen Naniwa-maru at the Sailing Experiments in Osaka-bay

By Masao KINOSHITA, Yukihiro TERADA, Hideshi KAKIMOTO,
Hiroshi ISSHIKI (Member), Takahumi ENOMOTO (Member),
Kazuhiko HASEGAWA (Member), Noritaka HIRATA and Kuniharu KOSE (Member)

Higaki Kaisen which is the most popular Japanese sailing ship in Edo-era was restored by Osaka-city and was completed by Hitachi Zosen Corporation in July, 1999. Naniwa-maru, the name of the ship, is 29.9 m in length and 150 t in displacement. To test the sailing performance, experiments were conducted in Osaka-bay for two weeks in the same month.

To clarify the sailing performance, it is quite necessary to measure the ship position, speed and direction accurately. The high precision GPS has the accuracy of 2 cm, and is very suited for this kind of measurements. The measuring system using the high precision GPS and the results are discussed.

Keywords : Higaki Kaisen, Naniwa-Maru, Edo Era, GPS, Position, Direction

1. はじめに

江戸時代の代表的な帆船である菱垣廻船が大阪市によって復元建造され、平成11年7月に日立造船(株)において竣工し「浪華丸」と命名された。同船は全長29.9m、排水量150 tonで、できるかぎり当時と同じ材料と工法を用いて建造されている。その帆走性能を確かめるために、同年7月から8月にかけて大阪湾において2週間だけ海上帆走実験が行われた。

帆走性能を求めるためには、船の位置、速度、方位を正確に計測することが極めて重要である。高精度

GPSは数cmの精度が出るので、このような目的には最適である。そこで、主計測班の他に、GPS計測を担当する副計測班がボランティア・グループとして作られた。副計測班が実験に用いた計測システムと計測結果を報告する。

2. 計測の計画

まず、GPSで計測する目的を述べる。計測は、本船(浪華丸)と伴走船(レインボウ:桜井教授所有のクルーズ・ヨット)で行われた。伴走船において、対地速度をKGPS(Table 1参照)で計測するとともに、対水速度をプロベラ式対水速度計で、船首方位をGPSジャイロ Tans-Vector (Table 1参照) およびフラックスゲートコンパスで計測する。このようにして得られた対地速度、対水速度、船首方位から、潮流速度を求める。一方、本船においても、対地速度をKGPSで計測し、伴走船で計測した潮流を引いて、本船の対水速度を出す。以

*1 平成12年5月26日 関西造船協会春季講演会において講演 原稿受付 平成12年6月9日

*2 日立造船(株)技術研究所

*3 大阪大学大学院工学系研究科(当時)

*4 大阪大学大学院工学系研究科

*5 広島大学工学部

Table 1 Various kinds of GPS system and their accuracy.

Measurement type	Signal	Accuracy	Reference point	Worst case	Trimble's product name	
Single	Code	with SA:15m without SA:100m	Not required		Geo Explorer II	When used as DGPS, the accuracy is 5m
HDGPS +Reference pt.	Code	1m 0.05m/s	Required		ProBeacon DMS12RS DMS212H	High precision DGPS by carrier Phase
DGPS +Beacon	Code	10m	Beacon by MSA			
○ HDGPS +Beacon	Code +Carrier phase	1m 0.05m/s	Beacon by MSA	Conventional DGPS +Beacon	DMS212H	High precision DGPS by carrier Phase
RTK (Online measurement)	Carrier phase	horizontal:2cm vertical:4cm	Electronic reference pt. (Sakai or Kumatori)	Single	4000SSI	Base line distance must be smaller than 10km.
○ Kinematic (Offline measurement)	Carrier phase	horizontal:2cm vertical:4cm	Required		4000SSI	highest precision 5mm
○ GPS gyro 1 (MRTK)			Not required		MS750	Depends on the distance between antennas
○ GPS gyro 2		angle:0.1deg	Not required		TANS-Vector	

GPS: Global Positioning System, DGPS: Differential GPS, HDGPS: High Precision DGPS, RTK: Real Time Kinematic, MRTK: Moving Base RTK

上は、対水航跡図を出すときの話である。一方、定常航走時のデータは、主計測班では下記のように求めたことである。すなわち

- (1) 本船と伴走船の相対速度ベクトルを、両方のHDGPS(Table 1 参照)による計測結果から求める。
- (2) 伴走船の対水速度をプロベラ式流速計で、船首方位を Tans-Vector で計測して、対水速度ベクトルを求める。
- (3) 伴走船の対水速度ベクトルに、相対速度ベクトルを加えて、本船の対水速度ベクトルとする。

この方式では、潮流速度ベクトルを媒介していない。相対速度ベクトルを使う方が、実際的であるようである。海上保安庁より許可された実験海域を Fig. 3 に示す。大阪湾のほぼ中央であるので、陸岸からの距離は 10 km 以上あるので、以下に述べる RTK 方式は採用できない。

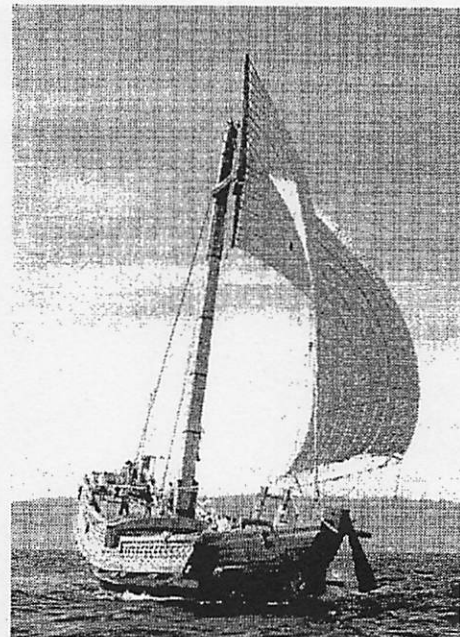


Fig. 1 Naniwa-maru running at Osaka Bay.

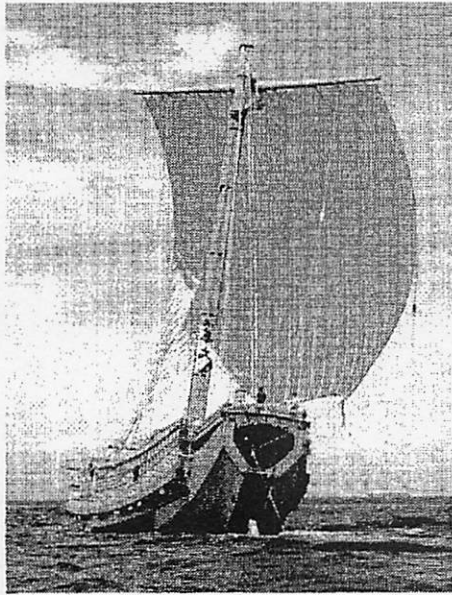


Fig. 2 Naniwa-maru running at Osaka Bay.

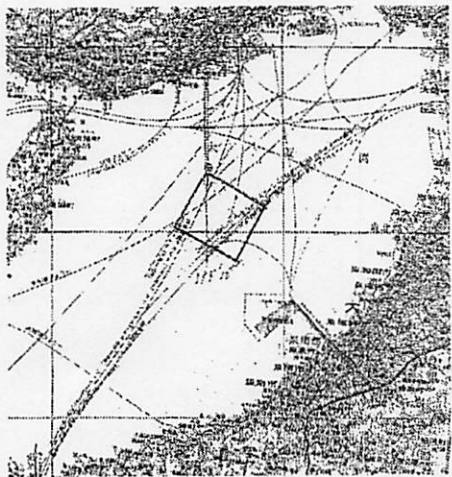


Fig. 3 Experimental area admitted by Maritime Safety Agency.

計測精度に関しては、主計測班より、位置は 10 m 程度、速度は 0.1 m/s、方位は 1 deg の精度が欲しいという要求が出された。

そこで、各種の GPS とそれらの精度を調べた。その結果を Table 1 に示す。その結果、本船には

高精度位置測定に KGPS 受信機 1 台

高精度船首方位測定に MRTK (Table 1 参照) 受信機 1 組

実時間位置測定に HDGPS ビーコン受信機 1 台

を積むことにした。また、伴走船には

高精度位置測定に KGPS 受信機 1 台

高精度船首方位測定に Tans-Vector 1 台

実時間位置測定に HDGPS ビーコン受信機 1 台

を積んだ。

本船上の GPS 機材の配置の状況を Fig. 4 と Fig. 5 に示す。うわかんぬきと呼ばれる横通し部材の上に、上に述べた受信機のアンテナを並べた。伴走船に対しては、船首にポールを立てて、上下に KGPS と HDGPS のアンテナを取り付けると共に、キャビン前方のハッチの上に Tans-Vector のアンテナを置いた。

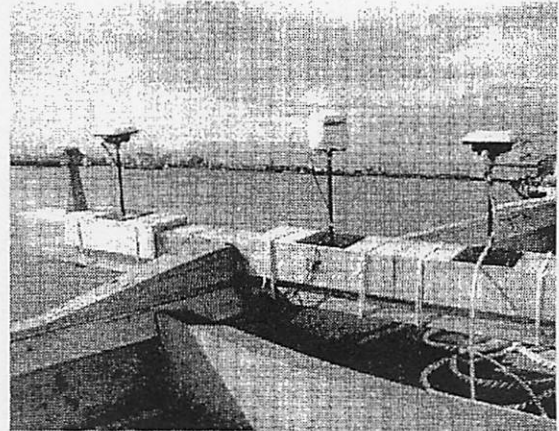


Fig. 4 GPS antennas on Naniwa-Maru.

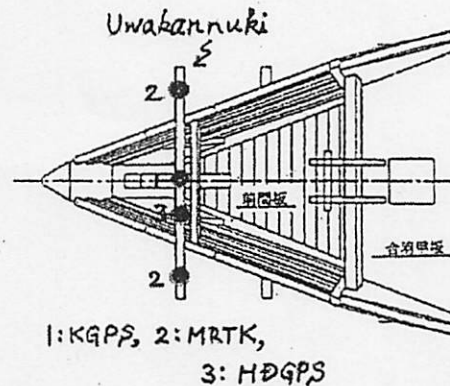


Fig. 5 Arrangement of GPS antennas on Naniwa-Maru.

計測ブロック図を、Fig. 6 に示す。KGPS の参照点 (reference point) は大阪大学工学部の曳航水槽の上に設けられた。観測点との距離は約 40km である。本船および伴走船で計測された KGPS のデータは 1 日の実験終了時に、GPS 受信機からフロッピー・ディスクに移されて、参照点のある大阪大学に持ち込まれた。そこで、参照点のデータと共に解析された。一方、KGPS 以外のデータは、主計測システムに直接渡された。

3. 計測結果

KGPS による計測結果を、Fig. 7~9 に示す。

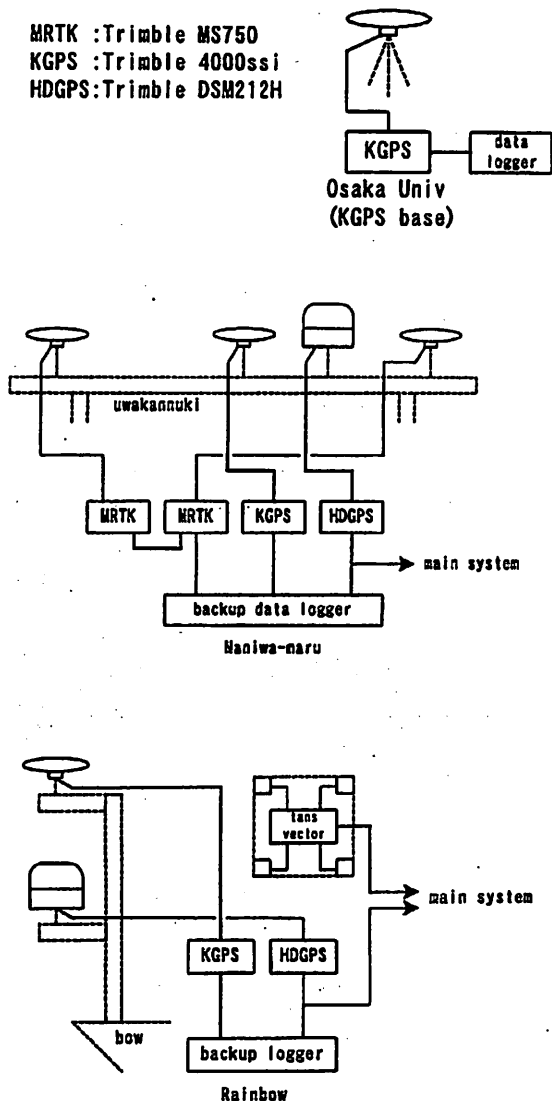


Fig. 6 Block diagram.

一応、それなりに安定した結果が得られたようである。しかし、結果を仔細に見ると、ひげが出ている箇所があるが、何らかの理由でデータが跳んでいるところである。原因を明らかにすべきであるが、今回は計測だけで精一杯であった。

4. 結言

高精度の GPS を用いることにより、本船および伴走船の正確な航跡および対地速度を求めることができた。また、GPS ジャイロにより、船首方位も極めて正確に求めることができた。

計測結果をもっと多角的に分析すべきであるが、ボランティア活動としては、計測で精一杯であった。反省する次第である。

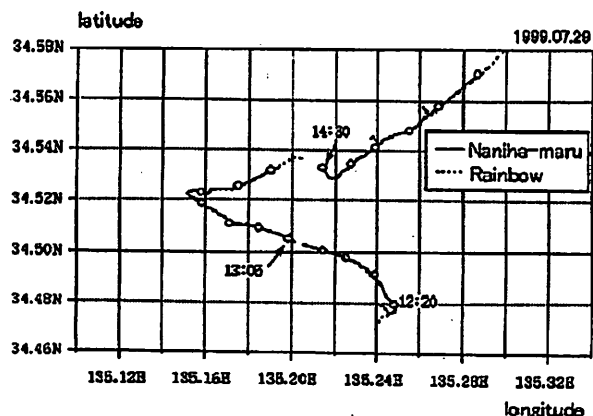


Fig. 7 Loci of Naniwa-maru and Rainbow on the 29th of July.

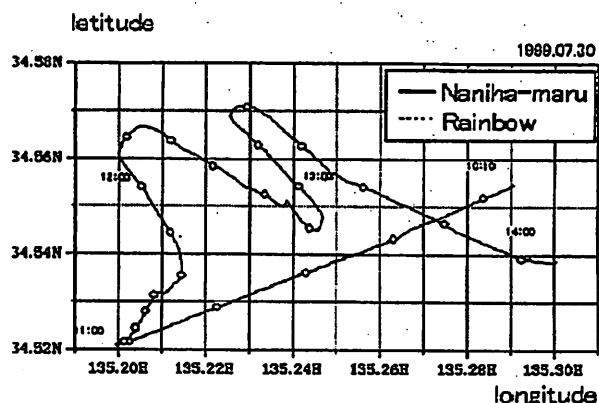


Fig. 8 Loci of Naniwa-maru and Rainbow on the 30th of July.

謝辞

この帆走実験は、野本謙作大阪大学名誉教授のご指導の下に、大阪市港湾局が日本財団の補助を受けて行ったものである。実験にあたって、(株)トリンプル・ジャパン、(株)日立造船情報システムには、機材の提供等で多大のご協力を頂いた。また、大阪大学工学部船舶海洋工学科の田代剛君を始めとする学生諸君には、計測作業及びデータ解析作業においてご協力を頂いた。深甚なる謝意を表します。主計測班の九州大学・桜井晃教授、金沢工業大学の増山豊教授を始めとする皆様とは、楽しく協同作業を進めることができました。心より、感謝申し上げます。

参考文献

- 1) セーリングヨット研究会、「菱垣廻船を海へ」ホームページ, <http://bills.iis.u-tokyo.ac.jp/higaki/>
- 2) 野本謙作：菱垣廻船復元船「浪華丸」帆走実験速報, 全国北前船セミナー, 1999.

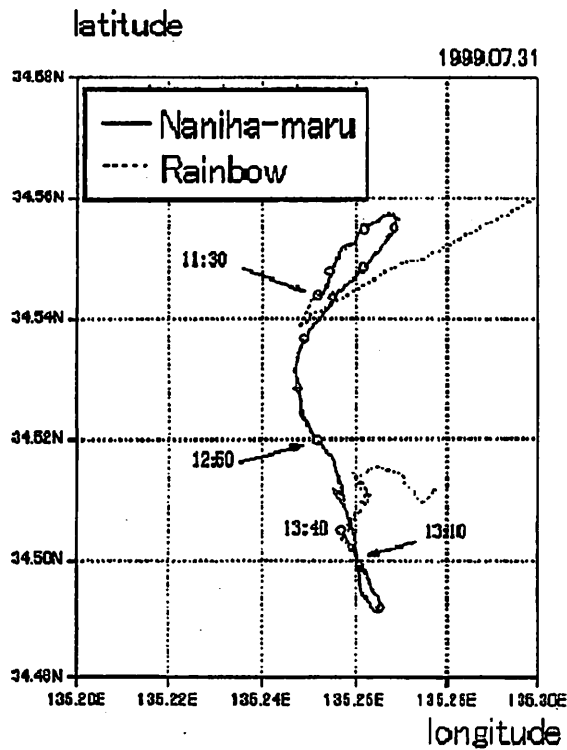


Fig. 9 Loci of Naniwa-maru and Rainbow on the 31th of July.

- 3) 野本謙作：浪華丸帆走実験の解析について，菱垣廻船「浪華丸」帆走実験等関係者懇談会，1999
- 4) 中井正弘：菱垣廻船「浪華丸」実験航海記，大阪春秋，96号，1999.
- 5) 大阪港振興協会：菱垣廻船「浪華丸」帆走実験報告書，1999.
- 6) 日立造船：大阪市港湾局向け千石積級菱垣廻船“浪華丸”，日立造船技報，Vol. 60, No. 3, 1999.
- 7) 桜井 晃，東野伸一郎，松原 学，増山 豊：復元菱垣廻船帆走実験の計測システムについて，日本航空宇宙学会西部支部講演会講演集，1999.
- 8) 寺田幸博：復元千石積級菱垣廻船，非破壊検査，Vol. 49, No. 2, 2000.