

漁船の操業動向解析のためのポータブルGPSロガーの特性

奥田邦晴^{1†}, 川崎潤二¹, 酒出昌寿¹

The Characteristics of the Portable GPS to Analyze the Operating Movements of the Small Fishing Boat

Kuniharu Okuda^{1†}, Jyunji Kawasaki¹ and Masatoshi Sakaide¹

Abstract : As the method to analyze the operating motion of the small fishing boat, the kinematic GPS is used. However, this method is hard for the small fishing boat to set up the measurement equipments. As for the reasons, there is almost no setting space for the equipment and supply of the power source.

Therefore, the authors examined the portable GPS logger as an alternative way. As a result, by setting up the portable GPS in longitudinal direction of the fishing boat (the small boat) in pairs, the heading angle of the operating fishing boat could be acquired in a certain accuracy.

Key words : Portable GPS, Kinematic GPS, Heading angle, Measurement accuracy, Ship motion

まえがき

これまで筆者らは、船体の動揺計測にキネマティックGPS (KGPS) を使用する場合の測定精度解析についての研究¹⁻⁴⁾を行ってきた。その結果、船体の動揺を計測するのに十分な測定精度が得られることを明らかにした。しかし、小型漁船の作業特性や操業形態を解析する必要から、漁船の動揺計測にこのKGPSを使用するにはKGPSの機器設置上、若干の問題があることが分かった。それは、機器の設置スペースや電源の確保等である。沿岸の小型漁船の場合、船体は98%近くが20トン以下で小さく、船上は漁具などが占め、また操業時の漁獲作業スペースも必要であり、機器を設置する余剰のスペースはほとんどない。船橋も操船や操業に必要な機器で狭隘を極めている。さらに電源を船側から供給する余裕はなく重い発電機を設置することは操業の邪魔にもなり、操業時間の関係から、機器の設置に要する時間が限られる場合が多い。

そこで、漁船の操業形態を知る情報の中で、船首方向を把握するだけの目的ではKGPSのような高い精度は特に必要ないという考えの基に、設置が容易なバッテリー型で、測位データを多時間にわたって記録できるポータブルGPS

ロガー (以下、PGPSと記す) の採用を検討した。この構想は、近年GPSに使われている衛星等の性能が向上し、受信機の種類にもよるが、単独測位の精度が、良いもので4~5m (95%確率誤差) になっており、2つの受信機によるディファレンシャル方式を行えば、許容できる精度の範囲内で、船首方向が得られるのではないかということから検討の対象とした。また、このようなPGPSは比較的安価であり、一度に多数の漁船に設置すれば、漁場全体の漁船の操業形態を把握できる利点もある。

しかし、PGPSの性能等は、仕様書の記載事項しか分からず、実際にディファレンシャル方式によって許容できる精度が得られるかは未知数であった。そこで、KGPSと比較しながら、静止地点と車および小型船舶の移動体による実験を行い、PGPSの精度の特性を解析したのでその結果を報告する。

ポータブルGPSロガーの仕様について

GPSは、携帯電話など広く一般に身近な形で使用されている。今回使用した受信機は衛星からの電波を受信して測位計算したデータを記憶する型で、ディスプレイは付いて

2010年12月6日受付. Received December 6, 2010.

1 水産大学校海洋生産管理学科 (Department of Fisheries Science and Technology, National Fisheries University)

† 別刷り請求先 (Corresponding author) : okuda@fish-u.ac.jp

いない。リアルタイムで地図上に測位点を表示するには、USBケーブルでパーソナルコンピュータ（パソコン）等と接続する必要がある。本研究の目的から、多くの必要なデータを長時間にわたって記憶し、オフラインでそのデータをパソコンに取り出して解析できる型を選択した。また、一度に多くの漁船に設置できるように安価な型を選んだ。主な要求仕様は、データのサンプリング間隔が最小1秒以下であること、データの出力フォーマットがNMEAであること、測位時間、緯度、経度はもちろんのこと、高度、速力、PDOP（Position Dilution of Precision）、使用衛星数、衛星状況（方位、仰角）を記憶し出力できること、また連続10時間以上のデータが記憶でき、バッテリー仕様で、小型で簡単に漁船に設置でき操業の妨げにならないこと等である。

上述の仕様を基に、カタログで調べた結果、2種類のPGPSが候補に挙がったが、そのうち最も安価（約7千円）で衛星状況なども出力できるR社のRGM3800について解析することとした。主な仕様をTable 1に表す。

この受信機によって、実際に1秒ごとで受信した結果、緯度、経度の出力の桁数は分の単位で小数4桁まで出力できるが、各衛星状況の出力値は同じ数値が繰り返し出力されて信用できるものではなかった。その原因を調べた結果、多量の測位データを記録するために記憶容量を節約する目的で記憶されないということが一因であるらしいことが分かった。この手の受信機にはカタログ仕様と若干の乖離があることを認識する必要がある。

実験および解析方法

実験は、次の3種類行った。

(1) 静止地点による基線長別測位実験

実験期日は2010年6月22日11:00~19:00の8時間で、水産大学校三学科共用実験棟屋上にて行った。PGPS受信機を2mおきに4個直線上に設置して単独測位を行った。実

Table 1. Specifications of Portable GPS logger

Item	Remarks
Dimensions	70mm × 36.6mm × 24mm
Weight	Approx. 50g
GPS Antenna	Built-in patch antenna
Channel	20 channels
Protocol	NMEA 0183 ver.3 GGA, GSV, RMC
Battery	Two 1.5v AAA Battery
Operation Time	Over 10hrs
Interface	Mini USB connector

験構成図をFig.1に示す。データは1秒ごとに受信機に蓄え、実験終了後、パソコンに取り込んだ。データ内容は、時間、緯度、経度、DOP、使用衛星数、速力、衛星状況である。これらのデータの内、衛星状況（使用衛星の方位、仰角）は、上述の如く利用できなかった。

各受信機の単独測位の結果を互いに差し引いて相対的なベクトルを求める簡易型のデファイレンシャル方式を行い、また基線長別に受信機ごとの緯度及び経度の相関を求めて受信機の特性を解析した。なお、ベクトルの精度は船首方位を求めるときの重要な要素となる。

(2) 車両による走行実験

実験期日は2010年5月18日である。実験の都合で静止地点による実験よりも先だてて行った。この実験は、移動時におけるPGPSの測定精度を波浪の影響のない状態として解析するために行った。丁度南北に走る道路に受信機を搭載した車両を走行させ、KGPSの結果と比較した。実験構成図をFig.2に示す。車体上部にPGPS4個とKGPS用のアンテナ4個を設置した。キネマティック用の受信機と衛星からのRAWデータを蓄えるためのパソコン及び電源は車内に設置した。PGPSによって計算した前方方位と

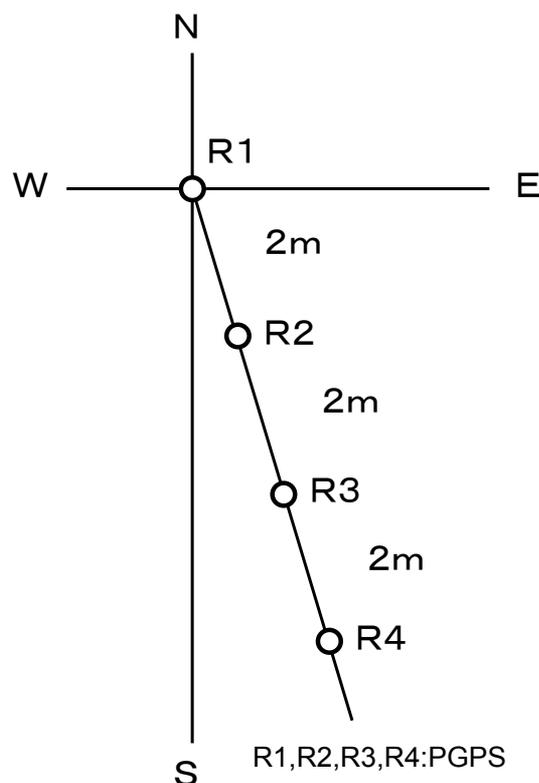


Fig. 1. Composition of the experiment by the fix point.

KGPSによって計算した前方方位を比較することによってPGPSの測定精度や特性を解析した。なお、KGPSの解析には、後処理用解析ソフト（Graph Move）を使用して、基準となるアンテナからのベクトルを求めて前方方位を計算した。

(3) 小型船舶による航走実験

実験期日は2010年7月17日に吉見湾で行った。天候は晴れて海況は2程度で東寄りの風であった。使用船舶は水産大学校実習船「海燕」（3トン）である。この船舶は漁船ではないが、海上でのPGPSの特性解析を行う上では漁船とほぼ同様な条件下となる。KGPSのアンテナはブリッジのルーフ上に設置し、受信機、パソコン及び電源はブリッジ内に設置した。PGPSはブリッジのルーフ上に1個、そこから船首尾線に沿って船首側に1個設置した。実験構成図をFig.3に示す。航走は直線及び旋回とした。解析は車両による走行実験と同じ方法である。

結果及び考察

静止地点による基線長別測位実験

Fig.1に示すようにアンテナが静止しているときの各PGPSの緯度方向及び経度方向の時系列の測位結果を

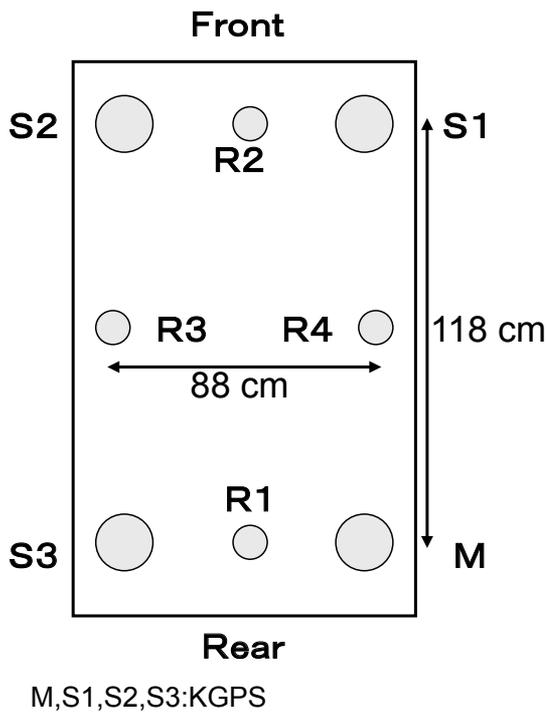


Fig. 2. Composition of the experiment by the vehicle.

Fig.4及びFig.5に示す。Fig.4では縦軸に緯度の分の値の小数部分をとっており、横軸には経過時間を秒の単位で示している。各受信機による測位結果はほぼ同様な誤差を持った値となっていることが分かる。Fig.5は同様に経度方向の結果で、経度の値は重なっているもののほぼ同じ誤差を含んでいることが推察される。Fig.1の実験構成図では、緯度方向より経度方向の各受信機の位置の差が小さく、そのためこのような結果になったものと考えられる。

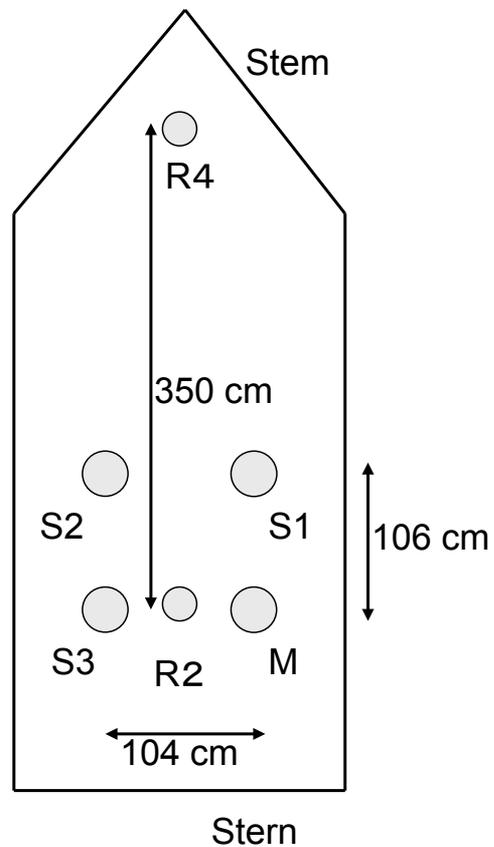


Fig. 3. Composition of the experiment by the small boat.

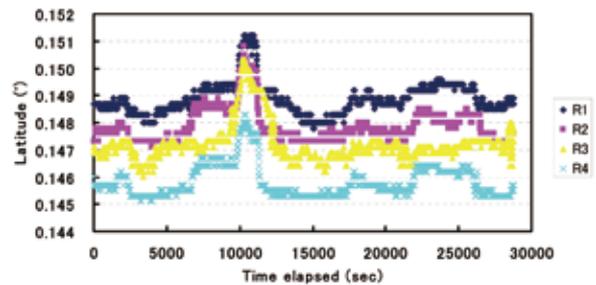


Fig. 4. Distribution of latitude of each PGPS by the time series.

各受信機の測位結果の関係を数値で表した表がTable 2である。基線長が2mの受信機の組合せは, R1とR2, R2とR3及びR3とR4である。同様に基線長が4mの組合せは, R1とR3及びR2とR4で, 基線長が6mではR1とR4となる。これらの測位結果の相関係数を計算したところ, R3と組み合わせた緯度及び高さ方向の相関係数を除くと0.8以上の高い相関を示していることが分かる。このことから, 位置誤差を相殺した各受信機間のベクトルを求めるディファレンシャル方式が採用できることが判断できると共に, 使用する受信機によってその精度は劣化することが分かる。これは受信機自体のハード的なものが起因すると考えられる。

表中, 基線長を計算したベクトルの平均値とその標準偏差を見ると, 上述と同様にR3と組合せた平均値は, 実測の値からの誤差が大きく, また標準偏差もR3を含まない組合せの結果よりも大きな値を示している。R3を除いた基線長別の精度ではそれほど大きな差はなかった。

次に組合わせた受信機の片方を基準として方位を計算した結果, R2とR3の組合せの標準偏差がかなり大きな値を示した以外は, 基線長が長くなるほど測定精度が良くなっていることが分かる。方位は各受信機の組合せによる緯度差と経度差から計算している。

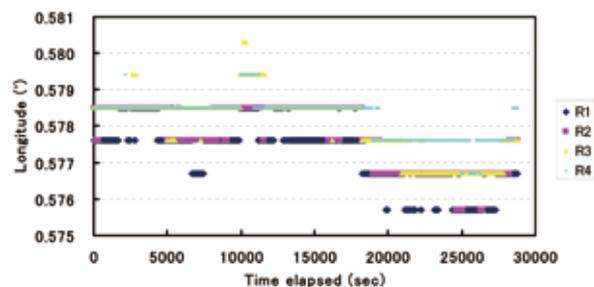


Fig. 5. Distribution of longitude of each PGPS by the time series.

測定精度は, 受信機のハード的なものや一般的な誤差要因の他, PGPSで言えば, 有効桁数, データの更新数値の幅, 基線長による誤差の増減などが複雑に絡み合うが, 操業漁船の船体方位の特徴を少しでも精度良く把握するためには, あらかじめ上述のような受信機別の特性解析と, 測定には船長の範囲内でなるべく基線長を長くとることが必要であることが分かった。

車両による走行実験

海上での測位実験では風や波浪による影響で, 針路が一定の方向に定まらない, 船体の動揺があるなどで航行中の正確な精度が把握できない。そこで, 車両による走行実験を行い, 移動体による進行方位の測定精度を解析した。車両進行方向は南で, 前進と後進を行った。また, 前項の結果から車両の前後方向に設置したR1とR2のPGPSの組合せについて解析した (Fig. 2参照)。KGPSによる方位測定はFig. 2に示すMとS1の組合せで行った。KGPSによる方位測定の精度は 0.5° 以内³⁾であり, PGPSの精度と比較すると格段に高い精度で求めることができる。従って, KGPSの測定値をほぼ真の値としてPGPSの測定値の解析を行った。

Fig. 6にPGPSとKGPSによる車両の前方方位を測定した結果を示す。縦軸に前方方位, 横軸には測定を開始したときからの経過時間を示している。経過時間が16秒の時に前進からほぼ停止し, 17秒過ぎから後進に移った結果である。KGPSではほぼ 180° 方向が車両のフロント方位となっているが, PGPSではほぼ2つの値をとっている。なお, KGPSの測定値が若干揺らいているのは, 誤差が生じているのではなく, 実際の車両の走行状態を示している。

PGPSが2値の値をとる原因解析のために, Fig. 7に方位計算の要素となるR1とR2の緯度と経度の差を示した。緯度の差は約 0.37m ($0.0002'$)から 0.56m ($0.0003'$), また

Table 2. Measured result by baseline length

Baseline length (m)	Combination of receiver	Correlation coefficient			Measured baseline length		Measured direction	
		Latitude	Llongitude	Height	Average (m)	S. D. (m)	Average (deg.)	S. D. (deg.)
2	R1・R2	0.881	0.840	0.913	2.13	0.541	159.7	21.38
	R2・R3	0.727	0.868	0.723	1.59	0.716	158.7	40.28
	R3・R4	0.690	0.890	0.794	2.66	0.926	170.7	17.49
4	R1・R3	0.747	0.846	0.723	3.43	0.737	159.0	16.15
	R2・R4	0.942	0.833	0.943	3.93	0.424	169.4	10.62
6	R1・R4	0.881	0.816	0.924	5.89	0.589	165.6	7.40

経度の差は約1.38m (0.0009') ごとに更新されていることが分かる。緯度、経度の測定値を調べたところ、分の小数部分の4桁目が0.0001'ごとに更新されているのではなく、緯度は約0.0002'から0.0003', 経度は0.0009'ごとに更新されていることが分かった。これは、緯度が度の単位と分の単位で整数部分4桁と分の小数部分4桁、経度がそれぞれ5桁と4桁となっており、PGPSの計算容量の関係と考えられる。

Fig. 8は車両の速力をKGPSで求めた図である。操業中の漁船の速力を考慮して微速で走行している。後進に移って数秒で経度のデータ更新が生じ、R1とR2の経度が同じ値になり、180°の前方方位を示している (Fig.6, Fig.7)。今回の実験でのPGPSの配置では、経度差が一度に1.38m更新されると、移動体が180°あるいは0°方向に移動している場合、測定緯度差をFig.7より約4.5mとすると、方位は一度に17°程度更新される計算結果となる。しかし、全体的に見れば、車両の前方方位は把握できる。なお、実測の基線長と比較すると測定緯度差は実測の4倍位の値となっており、単に基線長の精度を言えば、非常に劣化している。

小型船舶による航走実験

小型船による航走実験では、南北方向及び東西方向の直線コースと、右旋回及び左旋回のコースで行った。航走中は、風及び波浪の影響を受けて船首方位が定常しないが、KGPSで求めた船首方位をほぼ正確な船首方位として考察した。PGPSはFig.3に示したR2とR4を使用して、R2を基準としてR4の方位を求め、それを船首方位とした。なお、この項では北方向 (0°方向) 及び西方向 (270°方向) の直進コース、また左旋回の結果解析について述べる。他の直進及び旋回の結果は上述の結果とほぼ同じなのでここでは割愛する。

Fig.9にKGPSで測定した平均速力2.8ノットで0°方向に航走したときの方位を示す。縦軸が方位で横軸は直進コースに入ってから経過時間である。KGPSが示す値がほぼ正確に航走している方位である。PGPSによる方位は車両による実験と同じく2値の値をとっている。Fig.10はこのときのR2とR4の緯度差と経度差を示している。小型船舶が0°方向に航走していれば、R2とR4の経度差は0mである。しかし、実際はKGPSの方位が示すように0°を保っていないことと測位誤差のためPGPSの経度差は0乃

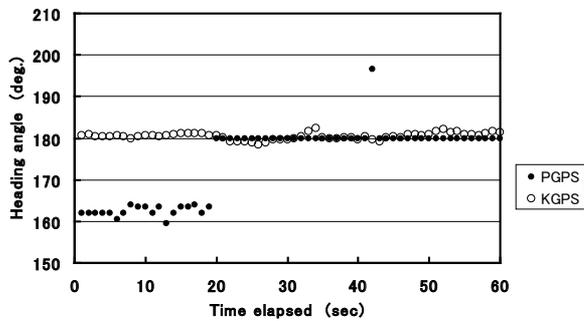


Fig. 6. The heading angle moving forward and backward by KGPS and PGPS. (10:43:30 - 10:44:30)

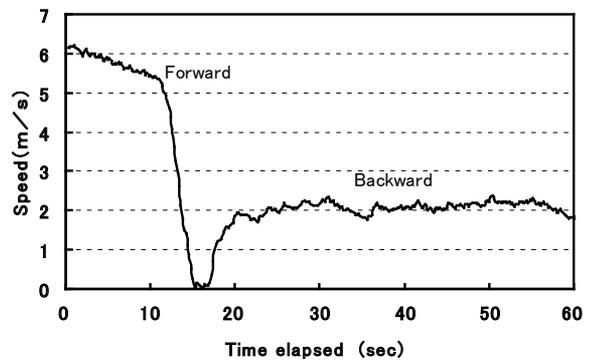


Fig. 8. The speed by KGPS. (10:43:30 - 10:44:30)

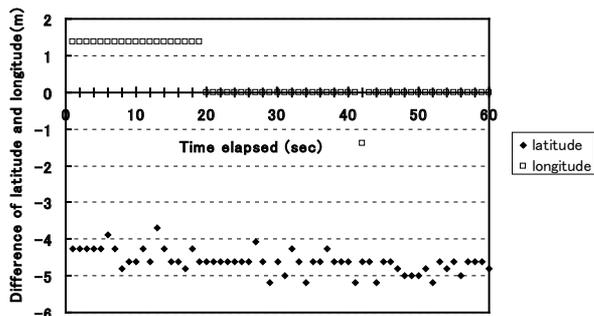


Fig. 7. The difference of the position of R1 and R2. (10:43:30 - 10:44:30)

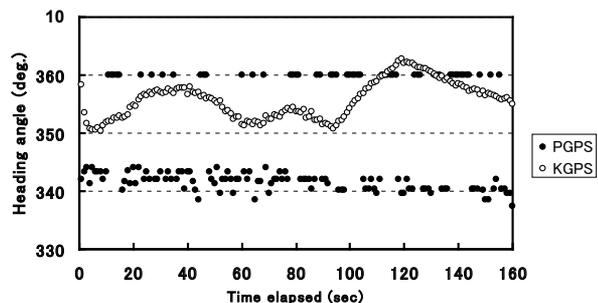


Fig. 9. The comparison of the heading angle by KGPS and PGPS. (Course is 0 degree)

至1.38mの値を示している。緯度差とこの経度差から方位を計算するとFig.9に示すようにPGPSの方位はほぼ2つの値を示し、その差は約17°から20°となる。

次に270°方向に平均速力2.6ノットで航走したときの方位をFig.11に示す。また、Fig.12にこのときのR2とR4の緯度差と経度差を示す。270°に定常航走していれば、緯度差は0mで、経度差は基線長と同じ長さになるはずである。しかし、航走した方位は定常でないため、PGPSの経度方向のデータ更新の幅と測位誤差も絡んで、経度差は4つの値を示している。方位の誤差が大きいのは経度差が小さいときであり、経度差が0mとなれば、方位は90°異なる。しかし、Fig.11の結果を見れば、全体的に前方方位の把握はできる。

左旋回したときのR2及びR4の位置とベクトルを示した図をFig.13に示す。舵角は35°、平均速力は5.1ノットで旋回した。実験当時は東寄りの風が吹いていたので1回目の旋回の軌跡と比較して2回目の旋回の軌跡は西側に寄っている。以上のように、低速で航走したとき、船首方位はよく把握でき、操業中の漁船であってもその操業形態の把握は可能である。Fig.14は船首方位をKGPSと比較した図である。旋回開始からの方位を時系列で示している。二者の方位は時間がずれて一致していない。この原因は、

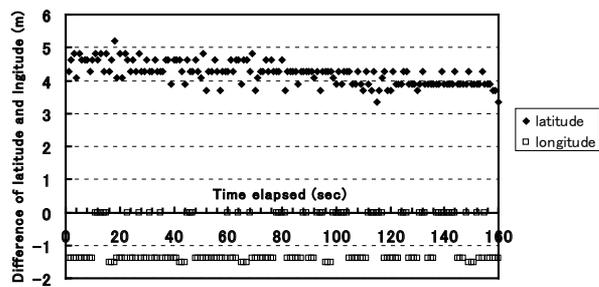


Fig. 10. The difference of the position of R2 and R4. (Course is 0 degree)

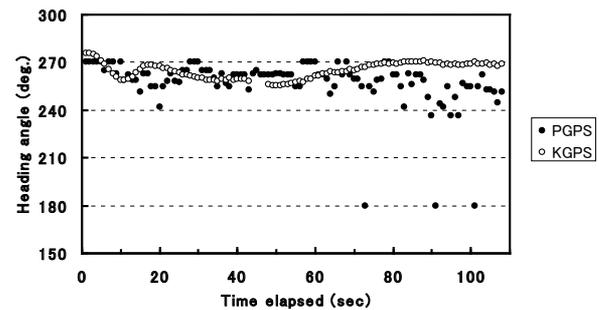


Fig. 11. The comparison of the heading angle by KGPS and PGPS. (Course is 270 degree)

PGPSの出力値が移動平均をとった値となっているのではないかと考えられる。単独測位のGPSは誤差が大きく出るときがあるため、ある種のフィルターをかけているのが通常である。安価なこのような機種では、前測の値を考慮に入れた移動平均値をとっているものと考えられる。従っ

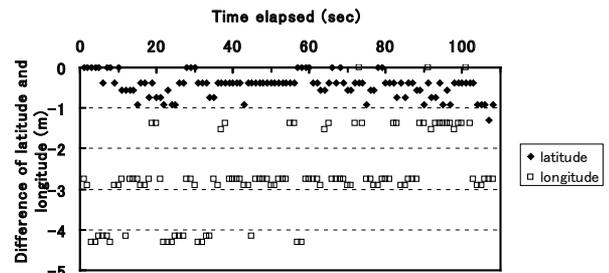


Fig. 12. The difference of the position of R2 and R4. (Course is 270 degree)

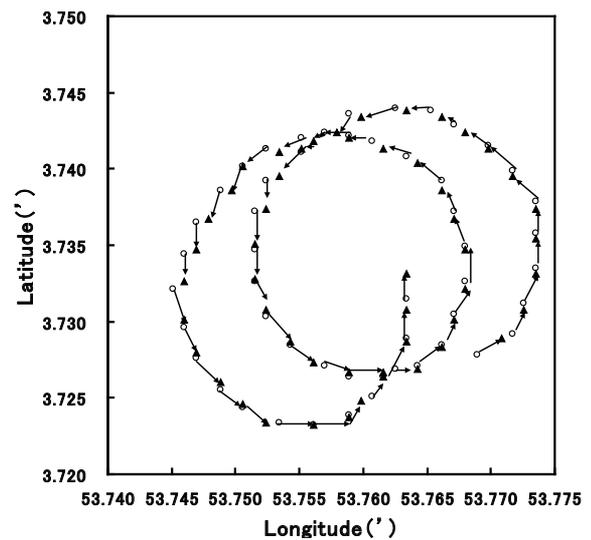


Fig. 13. The track of PGPS (R2 and R4), when boat is circling. (10:29:40 - 10:30:30)

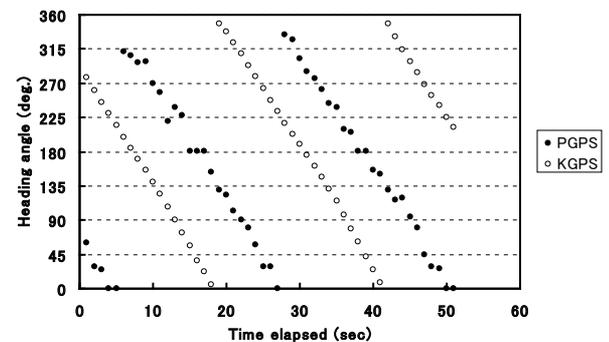


Fig. 14. The comparison of the heading angle by KGPS and PGPS, when the boat is circling. (10:29:40 - 10:30:30)

て、移動平均をかけた時間だけの前測の値が参考にされて出力される。停止や直進しているときは、その時間のずれの影響は感じられないが、速力を持って曲がる時には、方位や位置などの真の値と比較すれば、その差は明らかとなる。今回使用したPGPSの場合、Fig.14より移動平均の時間は10秒となった。例えば、KGPSの10:29:40の方位はPGPSの10:29:50の方位と比較すればよく、その値が10:29:40の方位となる。このようにして二者を比較すると旋回時の方位変化の傾向はよく一致する。PGPSでは、大きく変針するような時には実時間と方位とに差があるということを確認して扱う必要がある。

あとがき

漁船の操業形態を調査するとき、より詳細なデータを得たいと考えるのが通常である。予備調査として小型漁船を訪れ、実験機器の設置のスペース、電力の供給等を調べるうち、KGPSによってデータを得るにはかなりハードなことが分かってきた。そこで、操業の邪魔をせずかつ容易に一つのデータでも良いから多くの操業漁船の特性を得る目的でPGPSの使用を考えている。本論文の解析により、多少の誤差はあるが船首方位は得られ、漁船の作業や操業形態の一部データは得られることが分かった。もちろん、詳細な操業漁船の動向の調査には、位置、速力の他、縦揺

れ、横揺れなどの6軸の動揺が同時に得られるKGPSなどが必要となる。

今後、PGPSにおいてはさらに他機種の特性をも解析して、調査目的に適ったより良い機種の選択をしたいと考えている。

文 献

- 1) 奥田邦晴, 川崎潤二, 酒出昌寿: キネマティックGPSの動揺時における傾斜角度の測定誤差について. 水大校研報, 58, 217-222 (2010)
- 2) K. Okuda, J. Kawasaki, K. Motomura : Characteritics of Kinematic GPS Measurement Accuracy over a Short Baseline Length. J Nat Fish Univ. 53. 1-8 (2005)
- 3) K. Okuda, K. Minami, K. Motomura, S.Inoue, M. Sakaide: Characteristics of the Measurement Accuracy by the Inclination of Kinematic GPS Antenna. J Nat Fish Univ. 54, 55-62 (2006)
- 4) K. Okuda, K. Motomura, S.Inoue: Degradation in the Accuracy of Baseline Vectors due to Errors in KGPS Reference Station Data. Fisheries Engineering. 40, 65-72 (2003)

