

偏位流速計データ フィルタリングの一方法について —観測ノート—

井本泰司 ・ 穀田昇一 : 測量船 拓洋

An experiment of Data Filtering of Ship-Drift Current Meter —A Survey Notes—

Taiji Imoto and Shoichi Kokuta

Survey Vessel TAKUYO

1. まえがき

昭和58年8月31日に就役した測量船「拓洋」に我が国はじめての偏位流速計システムが搭載された。この偏位流速計は1～60分毎に海流を測定してその結果をディスプレイ表示、プリンタ、およびカセットテープに出力できるようになっている。このデータから海流図を作成するために、カセットテープ読み取りプログラム (HENRYU)、およびプロッタによる海流図作成プログラム (CUPLT) を作った。図化をしてみたところ、流向流速を示すベクトルに明らかにミスと分るデータが含まれていることが分り、これを取り除く必要がでてきた。フィルタとして、(1)最初に一定の大きさのフィルタをかけて原因のはっきりしている大きなミスデータを取り除き、そのあとで(2)測定値の標準偏差の平均値を求めこれの3倍 (3σ) をフィルタとしてかける二段構えの方法を試み、良い結果を得た。ここでは、フィルタリングの一方法としてその効果について報告する。

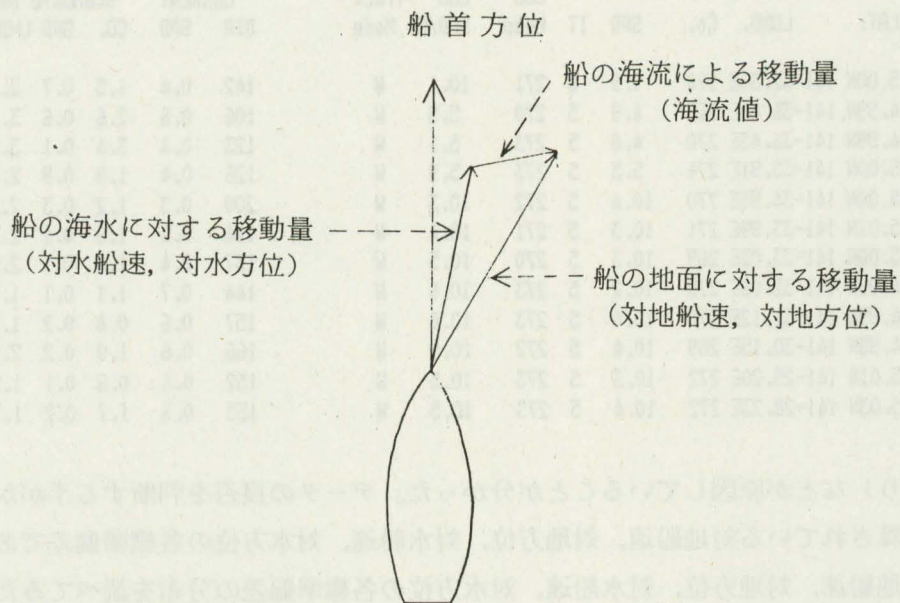
2. 海流測定の原理

偏位流速計 (Sena SNM-1) は、音波ログ (Furuno Cl-20-H型) から対水船速および対水方位、複合測位装置 (Magnavox Model 200改型) から対地船速および対地方位を取り込み、両者のベクトル差を求めることによって海流を求めている(第1図)。水深450～550mまでの浅い所では音波ログにより対地船速や対地方位を求めることができるため、音波ログだけでも海流測定ができるが、深いところでは困難である。このため、拓洋では複合測位装置 (ロランC) から詳しい位置の情報を得て対地船速および対地方位を求め、水深15m以上の海域ならどこでも海流を測定することができるようになっている。このシステムの構成を第2図に示す。

3. 偏位流速計の測定データ

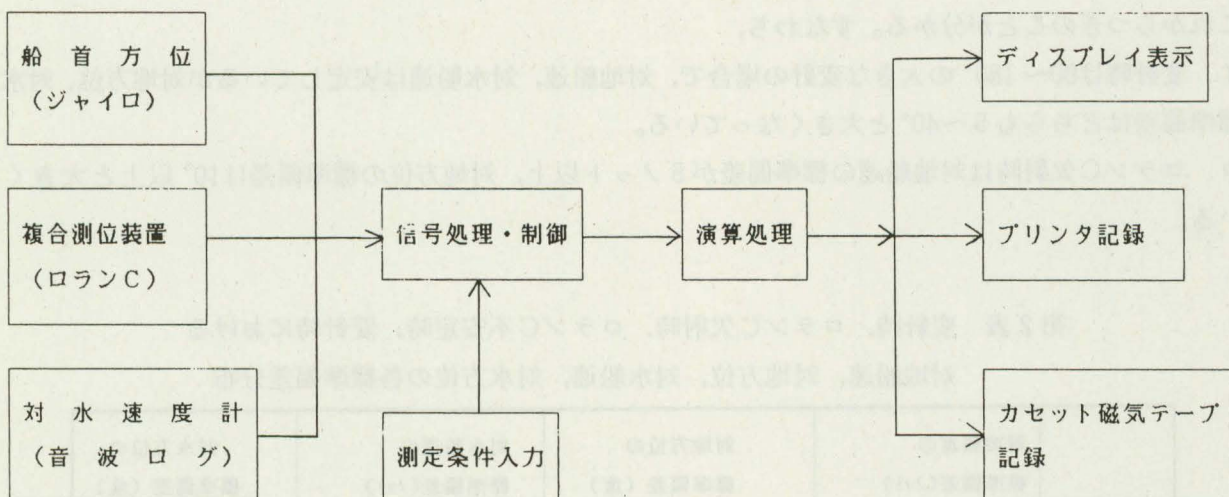
海流の測定間隔は1～60分の中から選択できる。この測定値は、音波ログおよび複合測位装置から送ってくる2秒毎の対水船速、対水方位、対地船速、対地方位データを選択した測定間隔の時間に相当する個数だけとりこみ、平均計算を行ったあと、流向および流速として算出される。

プリンタおよびカセットテープに記録されるデータは第1表のとおりである。プリンタ記録には、ST (測点番号)、TIME (時刻)、LAT. (緯度)、LONG. (経度)、Co. (対地方位)、SPD. (対地船速)、IT (計算間隔)、LOG Head (対水方位)、LOG SPD/C (対水船速)、Track Mode (対水・対地モード)、CURRENT DIR (流向)、CURRENT SPD (流速)、Standard Deviation Co. (対地方位の標準偏差)、SPD (対地船速)



$$\begin{aligned} \text{海流値} &= (\text{船の海流による移動量}) \\ &= (\text{船の地面に対する移動量}) - (\text{船の海水に対する移動量}) \end{aligned}$$

第1図 偏位流速計測定原理



第2図 偏位流速計システム構成図

の標準偏差), LHDG (対水方位の標準偏差), LSPD (対水船速の標準偏差), Sa (データ数) などが出力される。

4. 測定データのミスの内容および出現率

(1) ミスの内容

これまでの測定結果をみるとプリンタおよびカセットテープに出力される流向・流速にはミスデータ (以下単にミスデータ) が含まれている。ミスデータが含まれるのは、当然のことながら対地船速, 対地方位, 対水船速, 対水方位の測定条件が悪いときである。調べてみると変針, ロランCが不安定, 変速, 海

第1表 プ リ ン タ 記 録

ST.	TIME	LAT.	LONG.	Co.	SPD	IT	LOG Head	LOG SPD/C	Track Mode	CURRENT		Standard Deviation				
										DIR	SPD	CO.	SPD	LHDG	LSPD	Sa
8512471	20:00	26- 5.00N	141-37.33E	270	9.9	5	271	10.1	W	142	0.4	1.5	0.7	2.3	0.8	150
8512472	20:05	26- 4.99N	141-36.88E	267	4.9	5	270	5.5	W	106	0.6	2.6	0.6	3.1	0.6	150
8512473	20:10	26- 4.99N	141-36.43E	270	4.8	5	273	5.1	W	123	0.4	3.4	0.1	3.4	0.3	150
8512474	20:15	26- 5.00N	141-35.91E	271	5.5	5	273	5.9	W	126	0.4	1.8	0.9	2.9	1.1	150
8512475	20:20	26- 5.00N	141-34.95E	270	10.4	5	272	10.3	W	200	0.3	1.2	0.3	2.3	0.4	150
8512476	20:25	26- 5.01N	141-33.99E	271	10.3	5	271	10.4	W	116	0.2	1.9	0.1	2.4	0.3	150
8512477	20:30	26- 5.00N	141-33.03E	269	10.3	5	270	10.5	W	137	0.4	1.2	0.1	2.5	0.4	150
8512478	20:35	26- 4.99N	141-32.08E	270	10.2	5	273	10.6	W	144	0.7	1.1	0.1	1.9	0.3	150
8512479	20:40	26- 4.99N	141-31.12E	270	10.4	5	273	10.6	W	157	0.6	0.8	0.2	1.8	0.2	150
8512480	20:45	26- 4.98N	141-30.15E	269	10.4	5	272	10.5	W	166	0.6	1.0	0.2	2.0	0.3	150
8512481	20:50	26- 5.01N	141-29.20E	272	10.3	5	273	10.5	W	152	0.4	0.6	0.1	1.5	0.3	150
8512482	20:55	26- 5.03N	141-28.23E	272	10.4	5	273	10.5	W	155	0.3	1.7	0.2	1.7	0.4	150

上模様（風浪・うねり）などが原因していることが分かった。データの良否を判断する手がかりとしたのは測定データごとに計算されている対地船速，対地方位，対水船速，対水方位の各標準偏差である。

そこで原因別の対地船速，対地方位，対水船速，対水方位の各標準偏差の分布を調べてみた。海上模様（風浪・うねり）については風浪階級別に調べた。使用した資料は第2回西太平洋共同調査（昭和60年2～3月）および，第7回大陸棚調査（昭和60年10～11月）に測定した616点のデータである。データのサンプリングは次のようにした。変針時，ロランC欠射，変速時のデータはミスが発生した10回の値をつかった。風浪階級別のデータはロランCが比較的安定している時間帯08h～16hを選んだ。その結果は第2表，第3表のとおりである。

これからつぎのことが分かる。すなわち，

イ．変針時は90～180°の大きな変針の場合で，対地船速，対水船速は安定しているが対地方位，対水方位の標準偏差はどちらも5～40°と大きくなっている。

ロ．ロランC欠射時は対地船速の標準偏差が5ノット以上，対地方位の標準偏差は10°以上と大きくなっている。

第2表 変針時，ロランC欠射時，ロランC不安定時，変針時における
対地船速，対地方位，対水船速，対水方位の各標準偏差分布

	対地船速の 標準偏差(ノット)	対地方位の 標準偏差(度)	対水船速の 標準偏差(ノット)	対水方位の 標準偏差(度)
変針時	0.1～0.2	5～40	0.1～0.3	5～40
ロランC 欠射時	5<	10<	0.1～0.3	1.5～2.5
ロランC 不安定時	2<	3～6	0.1～0.3	1.5～2.5
変速時	2<		2<	

第3表 風浪階級別対地船速, 対地方位, 対水船速, 対水方位の各標準偏差分布

	対地船速の 標準偏差(ノット)	対地方位の 標準偏差(度)	対水船速の 標準偏差(ノット)	対水方位の 標準偏差(度)
風浪1~2	0.1~0.5	0.2~0.9	0.1~0.3	1.3~2.1
風浪3	0.1~0.5	0.2~1.5	0.1~0.4	1.1~2.9
風浪4	0.1~0.7	0.9~3.2	0.1~0.9	2.0~3.1
風浪5	0.1~0.5	0.7~2.1	0.2~0.9	1.8~4.1
風浪6	0.6~2.0	0.6~2.6	0.5~1.5	2.1~5.5
風浪7	0.8~1.5	1.0~2.7	0.6~1.3	4.2~8.1

(船速8~10ノット)

ハ. ロランC不安定時は, 対地船速の標準偏差が2ノット以上, 対地方位の標準偏差が3~6°となっている。

ニ. 変速時の対地方位, 対水方位は安定しているが, 対地船速の標準偏差が2ノット以上, 対水船速の標準偏差も2ノット以上となっている。

ホ. 風浪階級別の各標準偏差は, 対水船速, 対水方位とも階級が大きくなるにつれて標準偏差が大きくなっており, 風浪階級の影響を受けていることは明らかである。また, 対地方位の標準偏差も風浪階級とともに増大している。

結果として, 対地船速, 対水船速の標準偏差が2ノット, 対地方位の標準偏差が3°, 対水方位の標準偏差が5°を超えるような大きな測定ミスは変針, ロランC欠射, 不安定, 変速によって起こり, 海上模様が悪化すると測定値のランダム誤差が増大することが分かった。

第4表 ミスデータの出現率

調査名	変針%	ロランC欠射%	ロランC不安定%	変速%	その他%	合計%
第6回大陸棚調査	1.96	0.01	0.07	0.24	1.67	3.95
第7回大陸棚調査	5.19	0.13	0.80	0.14	2.79	9.05
第8回大陸棚調査	2.60	0.02	0.37	0.17	2.38	5.54
平均	3.41	0.06	0.42	0.19	2.25	6.33

(2) ミスデータの出現率

ミスデータの発生原因が明らかになったので参考までにこれらの出現率を調べて第4表に示した。使用した資料は第6, 7, 8回大陸棚調査(昭和60年5月~12月)のとき測定した23,882点のデータである。変針によるミスは3.41%, ロランC欠射0.06%, ロランC不安定0.42%, 変速0.19%, その他2.25%となっている。このことから、変針時によるミスが多く発生しており、全体として6.33%のミスデータを含むことが分った。ロランC欠射, ロランC不安定によるミスは調査海域によって変化しており、第7回大陸棚調査は沖縄西方海域でロランC北西太平洋チェーン, 韓国チェーンの受信状態が悪くミスが多くなっている。第6, 8回大陸棚調査は小笠原近海で北西太平洋チェーンの受信状態が非常によくミスも少なくなっている。

5. フィルタの設計

測定データの検討結果から大きな測定ミスの発生原因や大きさが明らかになったのでこれを取り除くための原因別固定フィルタおよび原因別固定フィルタで取り除くことができなかったミスを除くための 3σ フィルタを考えてみた。

(1) 原因別固定フィルタ

次のような原因別フィルタをかけてそれぞれの原因によるミスデータを取り除くことにした。

すなわち、変針時のミスデータに対しては(a)対地方位の標準偏差5.0, 対水方位の標準偏差5.0, ロランC欠射時ミスのデータにたいしては(b)対地船速の標準偏差5.0, 対地方位の標準偏差10.0, ロランC不安定時のミスデータにたいしては(c)対地船速の標準偏差2.0, 対地方位の標準偏差3.0, 変速時のミスデータに対しては(d)対地船速の標準偏差2.0, 対水船速の標準偏差2.0を固定フィルタとした。

(2) 3σ フィルタ

原因別固定フィルタをかけた後に残ったミスデータを除くために、対地方位の標準偏差, 対地船速の標準偏差, 対水方位の標準偏差, 対水船速の標準偏差, の各標準偏差の平均値の3倍(3σ)をフィルタとして用いた。フィルタは1時間毎に計算した。これは海上模様による条件の変化を避けるためである。

6. フィルタリング

ここでフィルタリングの方法をまとめてみる。カセットテープに出力されたデータからミスデータを取り除くため次のような処理をした。

イ. 読み取ったデータの対地船速の標準偏差, 対水船速の標準偏差, 対地方位の標準偏差, 対水方位の標準偏差が原因別固定フィルタ(a), (b), (c), (d)の値よりも大きな値であればミスとみなしてそのデータを取り除く。すべてのデータについてこの操作を行う。つぎに,

ロ. 1時間毎のデータから 3σ フィルタの値を計算し, その時間内にあるデータの対地船速の標準偏差, 対水船速の標準偏差, 対地方位の標準偏差, 対水方位の標準偏差のどれかが 3σ フィルタの値よりも大きい場合, このデータを取り除く。

7. フィルタリングの効果

フィルタの効果を確認するために原因別固定フィルタをかけないときの1時間毎の 3σ (第5表), 原因別固定フィルタをかけたときの1時間毎の 3σ (第6表), 原因別固定フィルタで除かれたミス(第7表)および 3σ フィルタで除かれたミス(第8表)を調べた。また, フィルタをかける前とかけた後の海流を図化し

第5表 原因別固定フィルタをかけないときの3σ

DAY	H	M	DSY	DSV	DLHD	DSVL
6	6	25	11.9	1.3	11.2	.7
6	7	20	2.5	1.7	6.6	.9
6	8	20	2.2	1.7	6.1	.8
6	9	40	8.7	1.7	11.4	1.0
6	10	45	16.7	2.0	17.2	1.2
6	11	45	2.9	2.0	6.2	1.1
6	13	0	3.9	2.3	6.6	1.0
6	14	0	13.1	1.8	14.9	.6
6	15	0	27.6	2.1	27.3	1.0
6	15	55	3.8	2.3	6.2	.7
6	17	0	5.2	2.0	6.6	.6
6	18	0	1.5	2.3	5.5	.7
6	19	0	3.0	2.4	6.5	.7
6	20	0	1.8	2.3	6.0	.7
6	21	0	22.7	1.5	18.0	.6
6	22	0	1.1	1.5	5.5	.5
6	23	0	1.2	1.2	5.4	.6

注) DSY: 对地方位の標準偏差
 DSV: 对地船速の標準偏差
 DLHD: 对水方位の標準偏差
 DSVL: 对水船速の標準偏差

第6表 原因別固定フィルタをかけたときの3σ

DAY	H	M	DSY	DSV	DLHD	DSVL
6	6	15	9.1	1.0	7.1	.6
6	7	15	2.9	1.5	6.8	.7
6	8	15	1.5	1.9	5.9	1.0
6	9	35	4.7	1.7	7.4	1.0
6	10	45	9.3	2.0	10.1	1.1
6	11	45	2.9	2.0	6.2	1.1
6	13	0	3.9	2.3	6.6	1.0
6	14	5	4.9	1.6	5.9	.6
6	15	15	7.9	2.1	7.1	1.1
6	16	15	5.7	2.1	6.9	.7
6	17	15	3.1	2.2	5.5	.6
6	18	15	1.4	2.3	5.6	.7
6	19	15	3.1	2.5	6.8	.8
6	20	20	5.0	1.8	6.1	.6
6	21	25	5.2	1.5	7.0	.5
6	22	25	1.1	1.3	5.6	.5
6	23	25	1.4	1.1	5.1	.6

注) DSY: 对地方位の標準偏差
 DSV: 对地船速の標準偏差
 DLHD: 对水方位の標準偏差
 DSVL: 对水船速の標準偏差

第7表 原因別固定フィルタで除かれたミス

DAY	H	M	DSY	DSV	DLHD	DSVL
5	22	0	66.1	2.8	1.8	.2
5	22	40	39.7	1.3	38.6	.5
5	23	10	23.3	.6	26.2	.6
5	23	15	8.7	1.2	6.9	.7
5	23	55	6.2	3.0	1.8	.3
6	0	0	4.8	3.6	1.8	.2
6	1	30	26.1	.5	28.0	.5
6	1	40	47.6	8.1	3.9	.3
6	1	50	12.7	.5	8.4	.1
6	1	55	22.1	2.7	1.8	.2
6	2	0	25.5	.9	27.6	.4
6	2	5	5.3	.6	5.3	.4
6	2	55	41.3	2.2	2.1	.3
6	4	45	34.2	1.3	35.8	.9
6	5	40	8.0	.2	9.3	.1
6	5	45	10.5	.6	9.4	.2
6	5	50	8.5	.5	6.4	.3
6	9	45	17.1	.4	18.1	.3
6	10	15	31.9	.6	31.1	.6
6	13	45	35.3	.8	37.2	.3
6	14	25	39.9	.9	46.0	.3
6	14	30	39.2	1.5	39.5	.2
6	20	5	39.6	.8	31.5	.4
6	20	40	17.2	1.1	14.6	.2
7	1	0	20.6	.3	16.5	.4

注) DSY: 对地方位の標準偏差
 DSV: 对地船速の標準偏差
 DLHD: 对水方位の標準偏差
 DSVL: 对水船速の標準偏差

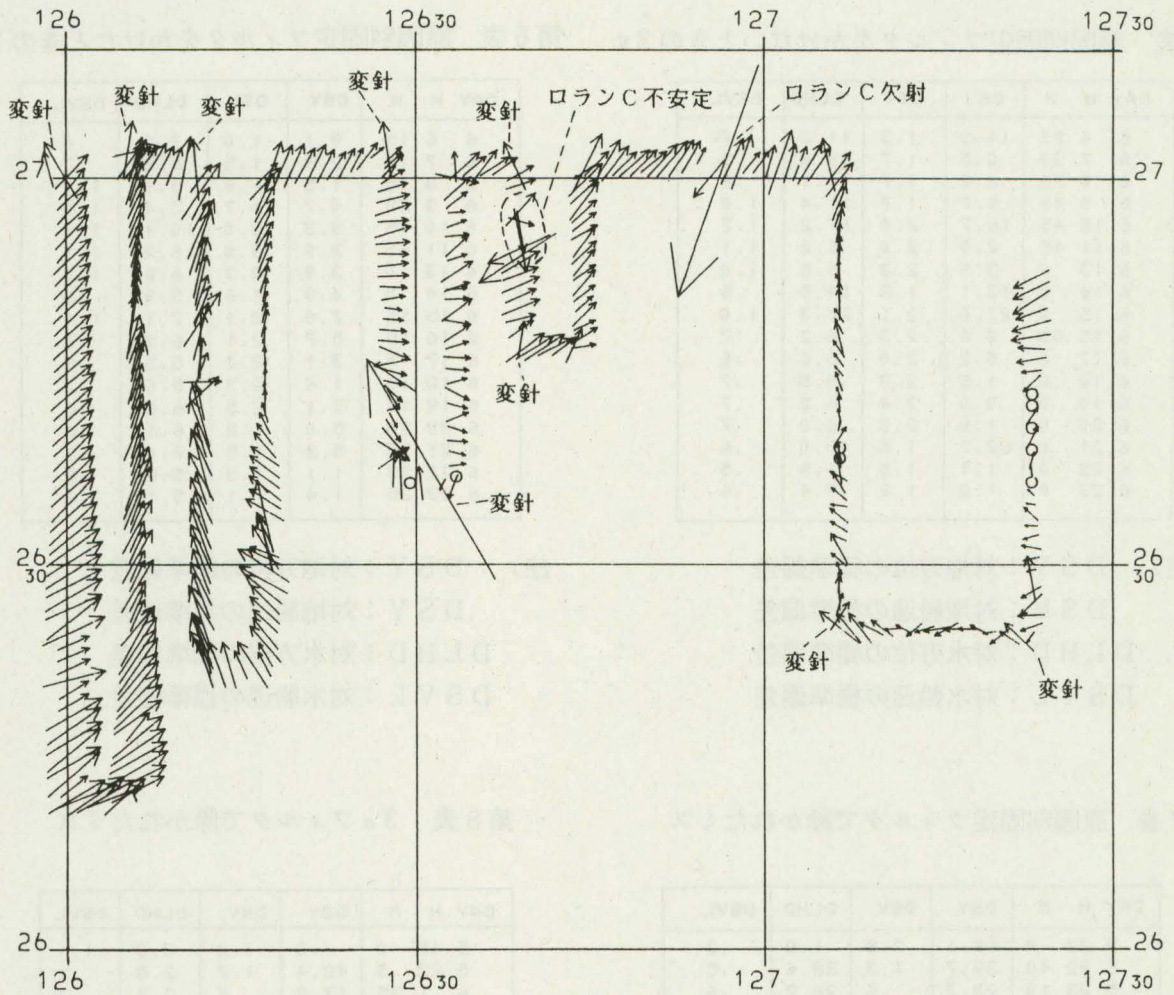
第8表 3σフィルタで除かれたミス

DAY	H	M	DSY	DSV	DLHD	DSVL
5	15	0	.8	1.2	3.3	1.1
5	22	5	48.4	1.7	2.8	.2
6	1	35	13.2	.4	2.7	.3
6	1	45	8.4	.5	4.6	.1
6	9	0	1.0	2.0	2.1	1.6
6	10	35	2.1	1.8	3.8	1.6
6	20	10	5.2	.2	3.5	.2
6	20	15	5.5	.1	1.9	.2
6	20	25	6.9	.4	2.3	.1
7	8	10	1.4	1.7	1.7	1.7
7	8	45	.5	1.7	2.3	1.7
7	11	40	4.4	.8	4.4	.2
8	1	10	7.8	.6	3.8	.2
8	2	30	1.5	.4	2.3	.1
8	18	5	4.4	.7	5.0	.1
8	19	45	4.1	.9	1.9	.7
8	19	50	3.9	1.2	1.7	.6
8	20	45	3.8	1.0	4.6	.1

注) DSY: 对地方位の標準偏差
 DSV: 对地船速の標準偏差
 DLHD: 对水方位の標準偏差
 DSVL: 对水船速の標準偏差

て第3図, 第4図に示した。

結果として, 原因別固定フィルタをかけないときと比較してフィルタをかけたときの3σの値は小さくな



第3図 偏位流速計データによる海流図 (フィルタをかけない海流図)

第7回大陸棚調査 (60.10.1 ~ 11.11) による。東シナ海

っている。また、原因別固定フィルタで取り除けなかったミスが30フィルタをかけることによって除かれており、特に変針時のミスが多く除かれている。海流図ではフィルタをかける前は変針時のミス、ロランC欠射によるミス、ロランC不安定によるミス等が入っていたが、フィルタをかけたあとのデータには大きなミスがなくなっている。これらのことからフィルタの効果は十分あることが分かった。

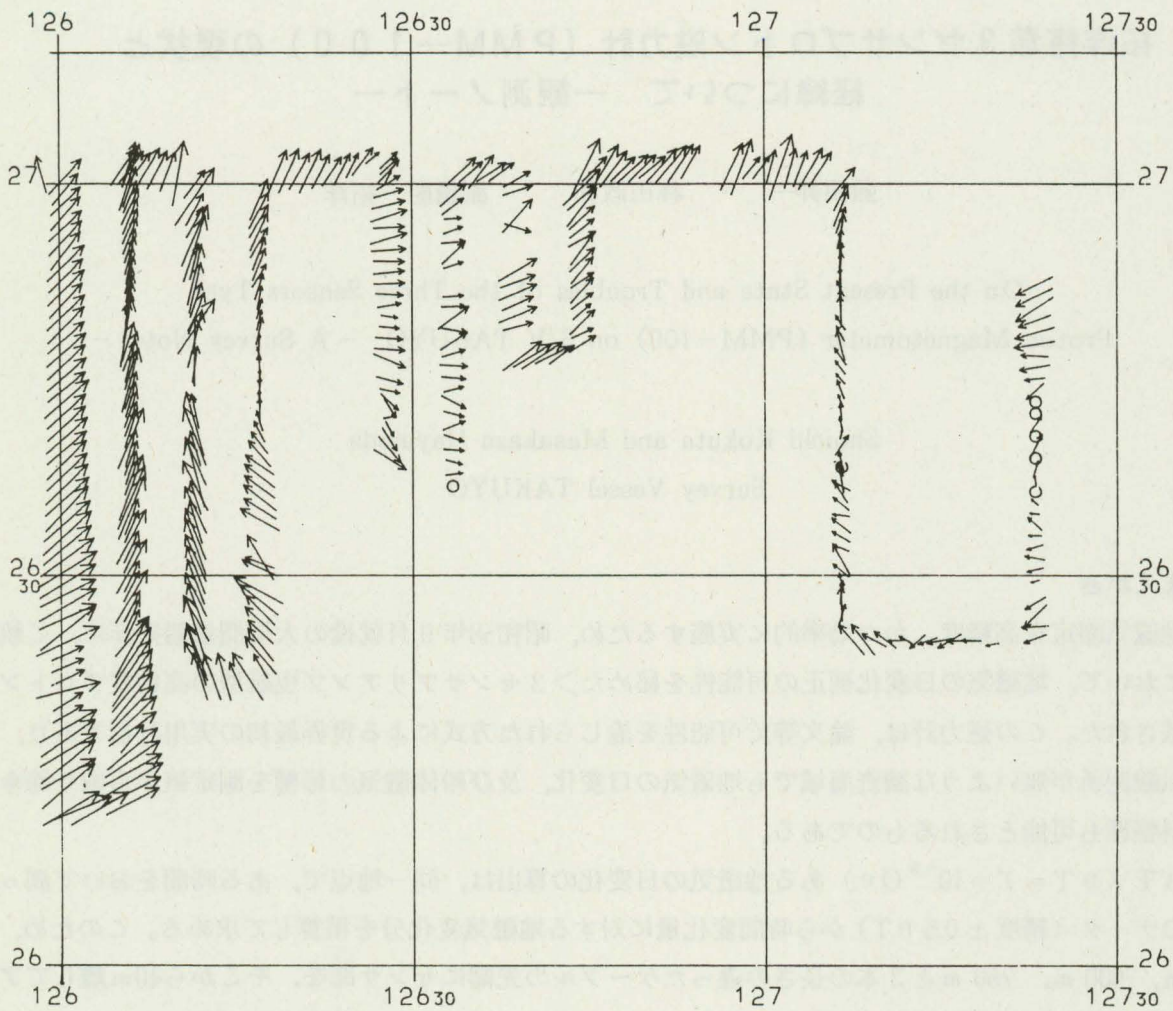
8. あとがき

偏位流速計システムによる海流観測を始めてからデータ数は飛躍的に増加したがその処理が一つの課題として残っている。不良データを取り除くフィルタリングの一方法を検討したが、少しでもミスデータが減少し、測定成果の質的向上を図ることができれば幸いである。

今後の課題として

(1) 海流の測定間隔は1~60分の間で選択できるようになっている。今までは測定間隔を5分として検討して来たが、海象条件、測位条件に最も適した測定間隔の検討をする必要がある。

(2) 偏位流速計によって測定間隔毎に出力される海流値 (流向, 流速) の個々の精度について評価を行なう必要がある。



第4図 偏位流速計データによる海流図 (フィルタをかけた海流図)
 第7回大陸棚調査 (60.10.1~11.11) による。東シナ海

最後に、御指導頂いた測量船「拓洋」観測長 桜井 操氏に厚く御礼申し上げます。

参 考 文 献

KRUPP ATLAS 社：1975航海用アトラス・ドップラーソナー・ログについて, OCEAN AGE 1975 5月号
 T.M. Joyce. D.S. Bitterman. Jr. and K.E. Prada 1982 : Shipboard acoustic profiling of upper ocean
 currents, Deep Sea Research Vol. 29
 古野電気株式会社：超音波式音波ログ C1-20H, 造船技術 83, 11

報 告 者 紹 介



Yasushi Imoto
 井本 泰司 昭和61年3月現在,
 測量船「拓洋」次席観測士



Shōichi Kokuta
 穀田 昇一 昭和61年3月現在,
 測量船「拓洋」首席観測士