



REPORT
OF
MARINE ECOLOGY RESEARCH INSTITUTE

海洋生物環境研究所研究報告

No. 88301

沿岸域で用いられる流向流速計の現場比較試験

昭和63年 3 月

March, 1988

沿岸域で用いられる流向流速計の現場比較試験

松野 健¹・須藤 静夫

An Intercomparison between Aanderaa and Ono-type Current Meter in Coastal Region

Takeshi Matsuno¹ and Shizuo Sudoh

Matsuno, T. and Sudoh, S. (1988). An intercomparison between Aanderaa and Ono-type current meter in coastal region. *Rep. Mar. Ecol. Res. Inst.*, No. 88301:1-16.

Abstract: Two current meters, Aanderaa RCM-4 and Ono-type OC-1, which have been most frequently used for current measurements in near shore region in Japan, were intercompared in the shallow water region near the Fukushima coast. It was discussed how wave height affects the difference V_D between measured current velocity of RCM-4 and OC-1. It was presented that V_D is proportional to $\ln V_{wr}$, where V_{wr} is relative wave normalized by current velocity of OC-1. Furthermore, when the wave height is fixed within a certain range, the relative difference V_{Dr} between RCM-4 and OC-1 normalized by current velocity of OC-1 is proportional to V_{wr} . And, the slope of the relation become smaller when the wave height is larger. That is, when the wave height decrease, the dependence of the relative difference of both current meters on the relative wave strenght increases. Therefore, it was indicated that the difference between RCM-4 and OC-1 tends to increase when the wave is relatively weak and the current speed is small. From the other point of view, the difference of both current meters due to time scale was investigated. The difference would be significant for short time scale phenomena. For example, when the coefficient of eddy viscosity is estimated, the difference of current speed due to the current meter could not be ignored.

Keywords: Current meter, Intercomparison, Wave height, RCM-4, OC-1.

松野 健・須藤静夫 (1988). 沿岸域で用いられる流向流速計の現場比較試験. 海生研報告, No. 88301:1-16.

要約: 我が国における沿岸域の測流調査に、従来最も多く用いられてきた2種の流向流速計の現場比較試験を行った。用いた機種は、Aanderaa流速計(RCM-4)と小野式流速計(OC-1)である。波浪の影響を無視できない海域で、両者の流速計から得られる結果にどのような相違があるか、波高との関連において検討した。RCM-4とOC-1とから得られた流速値の相違 V_D と、OC-1による流速値(V_{oc})に対す

1. 現在: 長崎大学水産学部 (〒852 長崎市文教町1-14)

Present address: Faculty of Fisheries, Nagasaki University (1-14, Bunkyo-machi, Nagasaki-shi, 852, JAPAN)

る波浪による往復流の相対的な大きさ V_{wr} ($=V_w/V_{oc}$; $V_w=0.5a(g/h)^{1/2}$, ここで a は波高, g は重力加速度, h は水深) との間には対数関数で示される関係 ($V_D \sim \alpha \ln V_{wr}$) があった。また, V_{oc} を基準とした両者の流速計の差 V_{Dr} ($=V_D/V_{oc}$) と V_{wr} との間では, 波の大きさの段階毎に相関関係が認められた。波高が小さいときは, V_{Dr} は V_{wr} に対する依存性が大きい。それに対して, 波高が大きくなると, その依存性は小さくなっていることがわかった。すなわち, RCM-4とOC-1の相違は, 波浪が比較的小さく, かつ流れも弱いところで最も大きくなる傾向にあることが示された。また, 双方の流速計の相違について時間スケールによる違いを調べた。長い時間スケールについてはあまり問題にならないが, 短い時間スケール, たとえば海域の渦特性の指標となる渦動粘性係数の見積りなどには, 双方の流速計による相違が無視できないものになる可能性があることを示した。

キーワード：流速計, 比較試験, 波高, RCM-4, 小野式流速計

目 次

| | | | |
|---|---|--|----|
| 要約 | 2 | 2. RCM-4とOC-1による流速値の相違と 波高との関係 | 9 |
| I. まえがき | 3 | 3. RCM-4とOC-1による流速値の相違の 移動平均時間による違い | 12 |
| II. 流速計の概要 | 4 | V. むすび | 15 |
| III. 試験方法 | 5 | 引用文献 | 16 |
| IV. 結果と考察 | 6 | | |
| 1. Aanderaa流速計 (RCM-4) と小野式 流速計 (OC-1) による測得値の比較 | 6 | | |

図 表 目 次

| | |
|---|----|
| 第1図 流向流速計の係留模式図 | 6 |
| 第2図 RCM-4およびOC-1によって得られた流速の絶対値, 流速の北向き成分, 東向き成分および有義波高の時間変化 | 7 |
| 第3図 流速の絶対値の流速別出現頻度分布 | 8 |
| 第4図 流速の絶対値, 北向き成分, 東向き成分についてのRCとOCの関係 | 10 |
| 第5図 RCとOCによる流速値 (2時間のスカラー平均値) の差と平均波高との関係 | 11 |
| 第6図 RCとOCによる流速値 (2時間のスカラー平均値) の差とOCによる流速値に 対する波浪による往復流の相対値との関係 | 12 |
| 第7図 平均波高の段階別に示した, OCによる流速値を基準とした双方の流速計の差の 相対値 V_{Dr} と, OCによる流速値を基準とした波浪による往復流の相対値との関係 | 13 |
| 第8図 移動平均時間 t_m とRC-OCの差の平均 Δr との関係 | 14 |

I. ま え が き

沿岸域における測流調査は、火力、原子力発電所の立地に伴う環境影響評価のための調査の一環として、各地で頻繁に実施されてきた。また、水産海洋、水産工学の立場からも沿岸域での流況の把握は重要であり、以前から多くの測流調査が実施されてきている。その際用いられている流速計としては、現在Aanderaa流速計（RCM-4）が最も一般的である。このRCM-4は、取得データを磁気テープに収録する記録方式をとっており、データの読み取りに際して大幅な省力化が可能な利点がある。現在、新しく開発される様々な流速計では電算機処理の可能なデータ記録方式が常識であるが、RCM-4が市場に出まわり始めた当初においては、このデータ読み取りの簡便さが注目された。それに加えて、測器自体も扱い易かったため、それまで多く使用されてきた小野式流速計（OC-1）等の流速計に代わって、その普及率は飛躍的に伸びた。ところが少し前から、特に外洋に面した海域など波浪の大きな海域で得られたRCM-4のデータに疑問がもたれるようになってきた。RCM-4の測流部は、サボニアス型のローターと大きなベーンによって構成されているが、振動流に対する応答特性が問題となっている。Karweit (1974) は振動成分をもつ流れの中でのサボニアスローターの応答に関する実験を行い、振動成分が大きくなると、振動流による誤差が増大することを示した。またNagashima and Okazaki (1982) は、サボニアスローターの応答特性について単純化した理論モデルを用い、解析的にその誤差の大きさを見積って、やはり振動流に対して大きな誤差の生じることを指摘している。

現場での流速計の比較試験もいくつか試みられており、例えばHalpern et al. (1974) は、CUE-I (Coastal Upwelling Experiment- I) の観測期間中に海面下20m前後の深さで、サボニアス型のローターをもつ3種類の流速計の比較を行い、それぞれの測流値は高周波成分を除くとよく一致する結果を得た。ただし、その中でRCM-4とVACM (Vector Averaging Current Meter) との間では2 cycles/hr以上の高周波成分に相違が認められた。またSaunders (1976), Beardsley et al. (1981) もRCM-4を含めた流速計の比較試験を行い、RCM-4の流向測定方法とローターの特性とが適合していないために、波浪中では高周波域に大きな誤差が生じることを指摘している。

我が国でも同様の比較試験がいくつかの機関で実施されてきた。中田 (1977) は比較的波浪の少ない海域で多種類の流速計の比較を行い、その中でRCM-4とOC-1の改良型

NC-2（インペラータイプ）とがよく一致した結果を得ている。また、堀口・中田（1981）は波浪の影響を考慮した比較試験を行って、OC-1に比べてRCM-4では各周波数帯でエネルギー密度が大きくなる結果を得た。このときOC-1の方のエネルギー密度は、同時に比較した別のベクトル平均型の流速計の値とほぼ一致していた。最近、國司ら（1985）は比較的静穏な海域で、ローター型とインペラー型および超音波流速計の比較試験を海底からの立ち上げ係留方式によって行い、やはりローター型では波浪の影響が大きいことを示した。

このように、RCM-4に代表されるローター型の流速計では、波浪の影響によって流速値を過大評価する傾向にあることが、いくつかの現地試験から示されている。しかし、波浪による過大評価が、波浪の大きさによってどのように異なるかという点についてまで言及したものはほとんどない。本報告では、波浪の影響が大きいと考えられる海域を選んで、RCM-4とOC-1を同じ測定点に係留して比較試験を行い、両者の相違を波浪の大きさと関連において検討した。なお波浪のデータは東京電力株式会社の御好意により、同社が福島第二原子力発電所の近く（岸から約1.3km）で観測した資料を使わせていただいた。ここに記して、感謝の意を表します。

報告に先立ち、本試験の機会を与えられた古川厚前所長ならびに深滝弘所長に感謝いたします。また、解析の一部は著者のひとりが(財)電力中央研究所に出向時になされたものである。同研究所在勤中御支援いただいた当時の加藤正進海洋環境研究室長、片野尚明水域環境研究室長ならびに曾我雅海氏、水鳥雅文氏ほか研究員の方々に感謝いたします。また、本報告の原稿を読み、有益な御意見を頂いた理化学研究所の長島秀樹博士にお礼申し上げます。

II. 流速計の概要

比較試験に用いたAanderaa流速計（RCM-4）と小野式流速計（OC-1）の概要を述べる。

Aanderaa流速計（RCM-4）

RCM-4は、ノルウェーのベルゲン市所在のAanderaa社で製作されていることから、ベルゲン型とも呼ばれる。本機種は鉛直軸のまわりを回転するサボニアス型ローターと

大型ベーンおよび内蔵式の記録部とから成っている。流速値は、所定の測定間隔の間のローターの回転数より算出され、また流向については、磁気コンパスによる測定間隔毎の瞬間値が測定される。これらの値は水晶時計によって制御される測定間隔毎に記録部の磁気テープに収録される。なお、ローターの径は10.5cm、高さ7cmで、またベーンの大きさは95×37cmである。

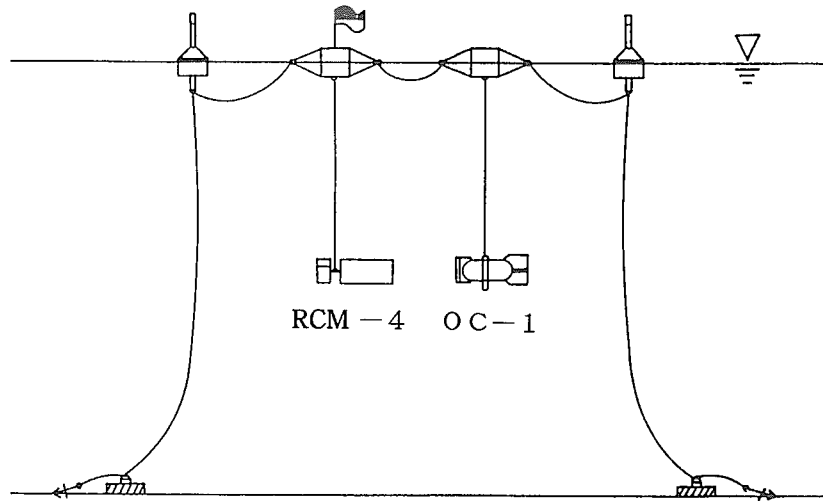
小野式流速計 (OC-1)

OC-1は協和商工(株)製で、全長は100cm、魚雷形をしており、その先端部に装着された径16.3cmのインペラーの回転によって流速値が測定される。記録は、機械的記録方式により、回転数100回について1回の割合で記録ペンが作動する。記録ペンは90度毎に4色あり、測器の向いている方向によって記録される色が異なる。ゼンマイで送られる記録紙に書かれた流向流速の記録は、専用の定規を用いて読み取られる。

III. 試 験 方 法

比較試験は、福島県楡葉町の沿岸域、岸から1km付近にRCM-4、OC-1各1台を係留して行った。係留は、第1図に示すように、2点アンカーの表層ブイ吊り下げ方式で行い、測流層は5m、両流速計間の距離はおよそ50m、測定間隔(OC-1の場合は記録紙の読み取り間隔)は10分とした。表層ブイからの吊り下げ方式は、水中ブイを用いた海底からの立ち上げ方式に比べて波の影響が大きいと考えられるが、沿岸域での測流調査の多くが、この表層ブイからの吊り下げ方式をとっているため、この方式を採用した。

昭和57年6月9日から7月6日までの第1回試験と、9月30日から11月13日までの第2回試験との2回に分けて試験を実施した。第1回試験ではRCM-4に約2日間の欠測が生じたのみであったが、第2回試験では台風の通過もあって、RCM-4、OC-1双方に多くの欠測が生じた。また第2回試験では途中で波高計に欠測が生じたため、波高との関連で十分な比較を行うことができなかった。そのためここでは第1回試験に絞って、比較試験結果の検討を行うことにする。

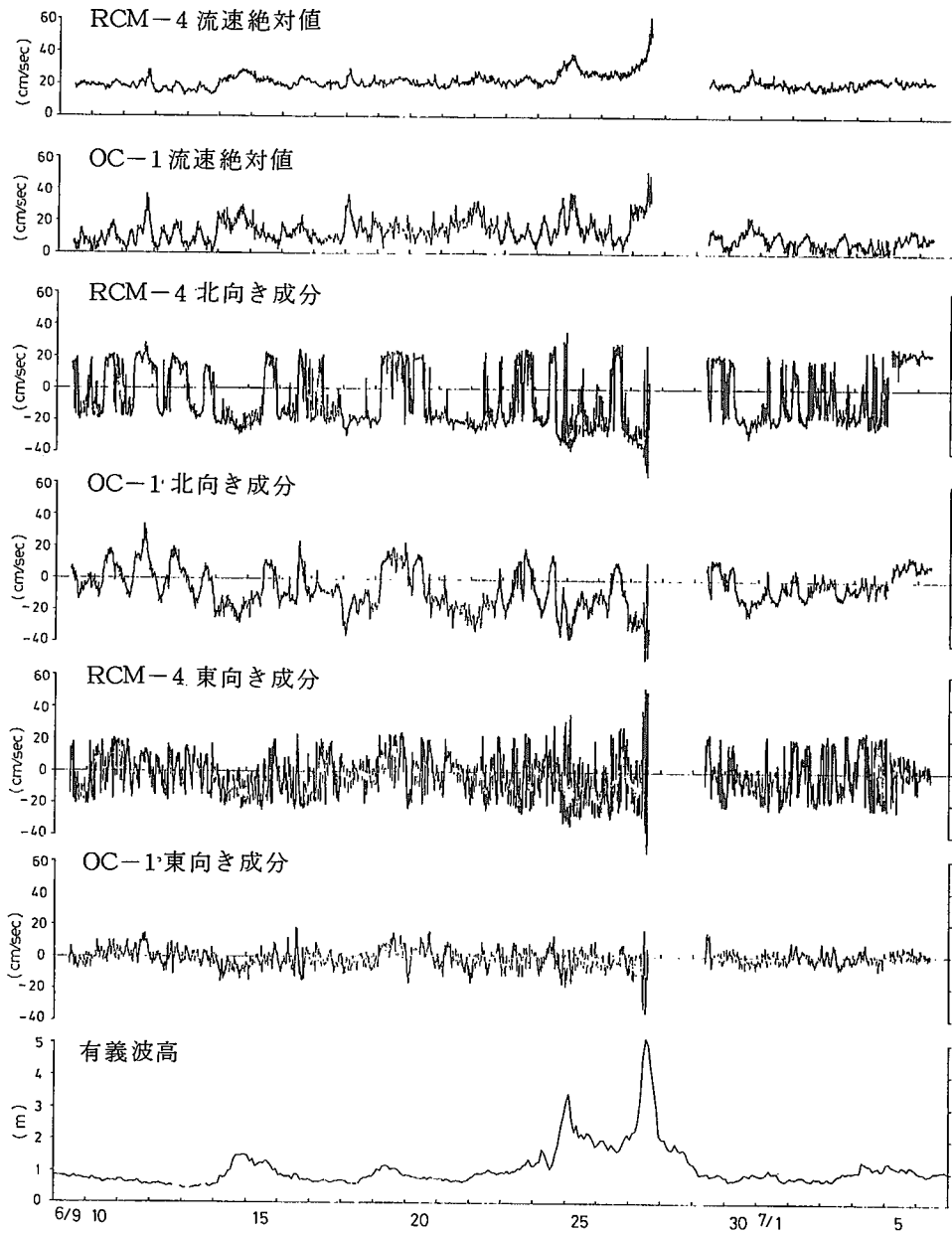


第1図 流向流速計の係留模式図

IV. 結果と考察

1. Aanderaa流速計 (RCM-4), 小野式流速計 (OC-1) による測得値の比較

第1回試験において、RCM-4およびOC-1（以下この章ではそれぞれRC、OCと表記する）によって得られた流速の絶対値、流速の北向き成分、および東向き成分の時間変化を有義波高の時間変化とともに第2図に示す。この時間変化の図から、両者の間の相違は決して小さくないことがわかる。



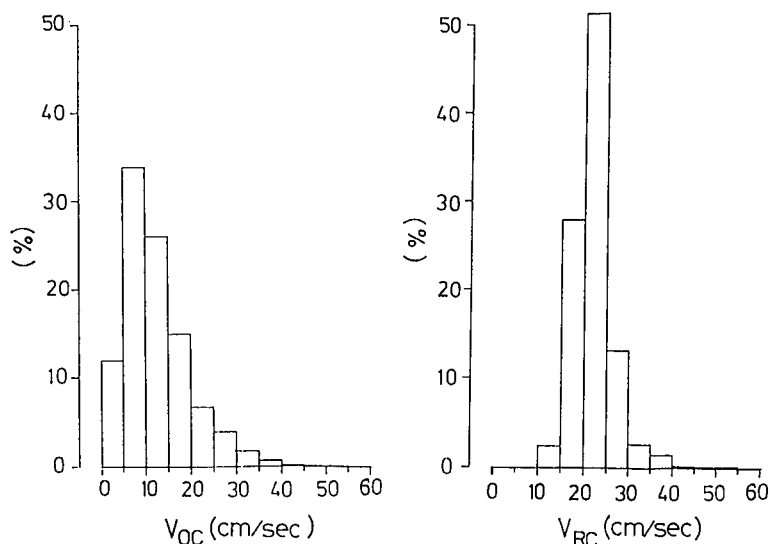
第2図 RCM-4およびOC-1によって得られた流速の絶対値，流速の北向き成分，東向き成分および有義波高の時間変化

まず流速の絶対値は、OCでは0 cm/secから40cm/sec前後までの間を変動しているのに対し、RCでは10cm/sec以下の流速値は測定されず、1, 2ヶ所の例外を除いて概ね15cm/secから30cm/secの間を変動しており、OCに比べてその変動幅の狭いのが特徴的である。

成分で比較すると、まず北向き成分（これはほぼ岸に沿った成分と考えることができる）では、変動の波形に明瞭な相違が認められる。OCでは鋸歯状の変動が見られるのに対し、RCでは矩形状の変動になっているのがわかる。一方、ほぼ岸沖方向の成分と考えられる東向き成分では、変動の波形の相違より、むしろ変動の振幅に大きな相違が認められ、RCの方が変動の振幅が大きい。

第2図には同時に波高の時間変化を示したが、双方の流速計間の相違と波高との関係はこの図からは明らかでない。ここでは6月27日における大きな流速値と、それに続く2日間の欠測が、荒天によるものであることが波高データから示唆されることを述べるに留める。

RCとOCにおける流速の絶対値の流速別出現頻度分布を第3図に示す。RCでは20~25 cm/secの範囲の出現頻度が50%を越えているのに対し、OCでは5~10cm/secの出現頻度が最も高く、次いで10~15cm/secが高く、両者を合わせると約70%になる。このことからRCによる測流値はOCによるものに比べて、2倍程度大きな値を示す場合が多いことがわかる。



第3図 流速の絶対値の流速別出現頻度分布

第4図には、流速の絶対値と、北向き・東向き成分に関する、RCとOCの相関を示した。流速の絶対値では、特にOCが20cm/sec以下の範囲でOC<RCの傾向が強い。また北向き成分では、相関分布が45度の直線からS字状にずれており、OCが小さい流速値を示す場合でも、RCによる測流結果では20cm/sec前後より小さな流速値を示すことは少ないという特徴がよく現れている。東向き成分でも、RCとOCとの相関は45度の直線から反時計廻り方向にずれている。これは、両者の間に一方が大きいときは他方も大きいという相関が大略的には認められるものの、その変動幅はRCの方が大きいことを示すものである。

2. RCM-4とOC-1による流速値の相違と波高との関係

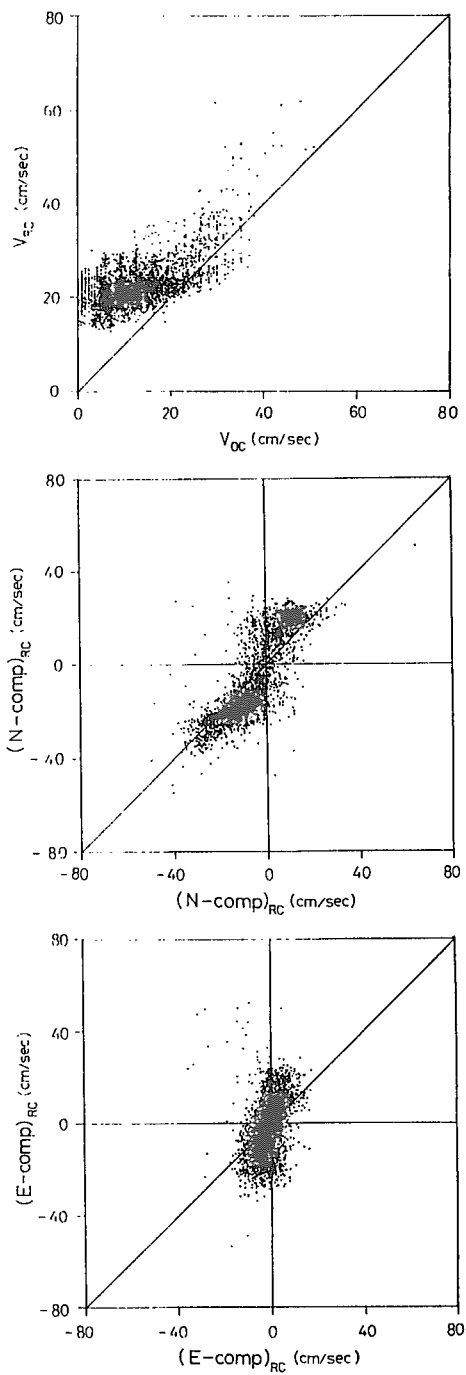
前節で述べたように、RCとOCとから得られる測流データには、ある程度系統的な相違が認められた。この相違の一因としてSaunders (1976) やBeardsley et al. (1981) が述べているように、波浪中での測流に適していないというRCの特性が考えられる。OCが波浪中での基準流速計として必ずしも適切であるとは言えないが、RCとOCとの相違を波浪のデータとの関連で検討する。

まずRCとOCの測得流速値（それぞれ V_{RC} 、 V_{OC} と表す）の相違と、波高（以下では平均波高を用いる）との関係を第5図に示す。波高のデータは距岸約1.3kmの地点において、2時間毎に20分間の測定を行うことによって得られた値である。一方、流速については10分毎の測得値が得られているが、波高データと対応させるため、ここでは2時間平均の値を用いた。その際、第5図では流速値のスカラー平均をとった。図からはRCとOCの相違と、波高との間には明瞭な相関は認められない。すなわち、両流速計の測得値の差 ($V_D = V_{RC} - V_{OC}$) の原因は、単純に波の高さのみに帰せられないということがわかる。

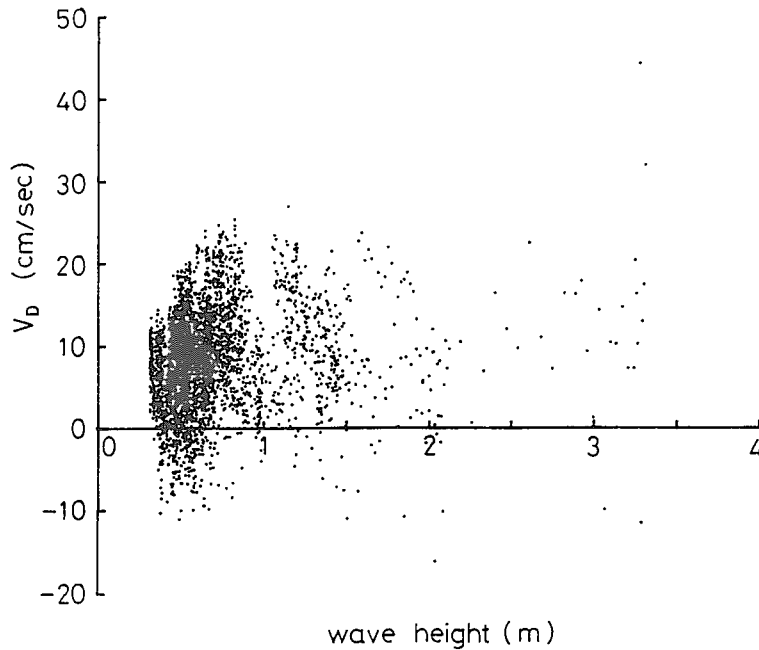
そこで次に、 V_D と、 V_{OC} に対する波による水粒子の流速 ($V_w = 0.5a(g/h)^{1/2}$ 、ここで a は波高、 g は重力加速度、 h は水深である) の相対値 ($V_{wr} = V_w/V_{OC}$) との関係を第6図に示す。流速に関しては前図と同様2時間のスカラー平均の値を用いた。図からは、 V_D と V_{wr} との間に、

$$V_D \sim \alpha \ln V_{wr} \dots \dots \dots (1)$$

の関係が認められる。ここで $\alpha (>0)$ は比例定数である。これは相対的な波高が大きくなるにつれて両者の流速計から得られる流速値の相違 (RCの方が大きな値を示す) は対数関数的に大きくなることを示している。言い換えれば、波高が大きくても、その時の



第 4 図 流速の絶対値，北向き成分，東向き成分についてのRCとOCの関係

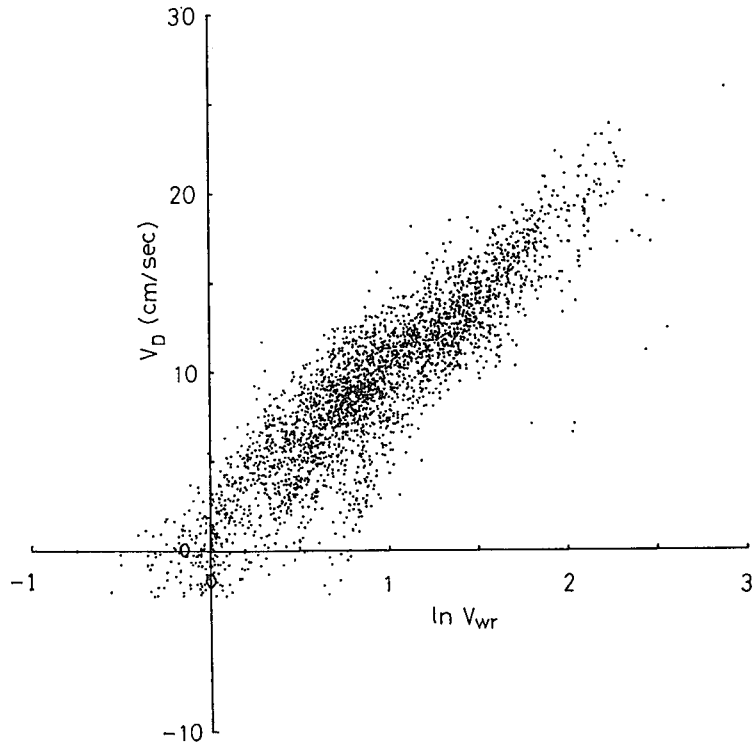


第5図 RCとOCによる流速値（2時間のスカラー平均値）の差と平均波高との関係

流れが強い場合には流速値の相違は比較的小さく、逆に流れが弱い場合には、波高が比較的小さくても、流速値の相違は大きくなることを示している。この結果はKarweit (1974) が室内実験で、またNagashima and Okazaki (1982) が解析的に論じた結果と定性的には同じである。

以上のように、RCとOCの相違は、波による水粒子の流速の、 V_{oc} に対する相対値と関係があることがわかった。次に、双方の流速計による流速値の相違を、波高の段階別に検討する。なお、前節では流速値として2時間のスカラー平均を用いたが、以下では、とくにRCでは流向の変動が大きいことを考慮して、2時間のベクトル平均を用いた。

OCの流速値に対する双方の流速計による流速値の差の相対値 V_{Dr} ($= (V_{Rc} - V_{Oc}) / V_{Oc}$) と、同じくOCの測得値に対する波浪による往復流の相対値 V_{Wr} との関係を平均波高の段階別に第7図に示す。それぞれの波高の段階毎に見ると、 V_{Dr} と V_{Wr} の間には比較的はっきりした相関があるのがわかる。これは前にも述べたように、流れに対して相対的に波高が大きくなると、RCとOCによる流速値の相違も大きくなることを示しているが、ここで注目されるのは、波高が大きくなるにつれて、 V_{Dr} と V_{Wr} の関係を示す直線の傾き

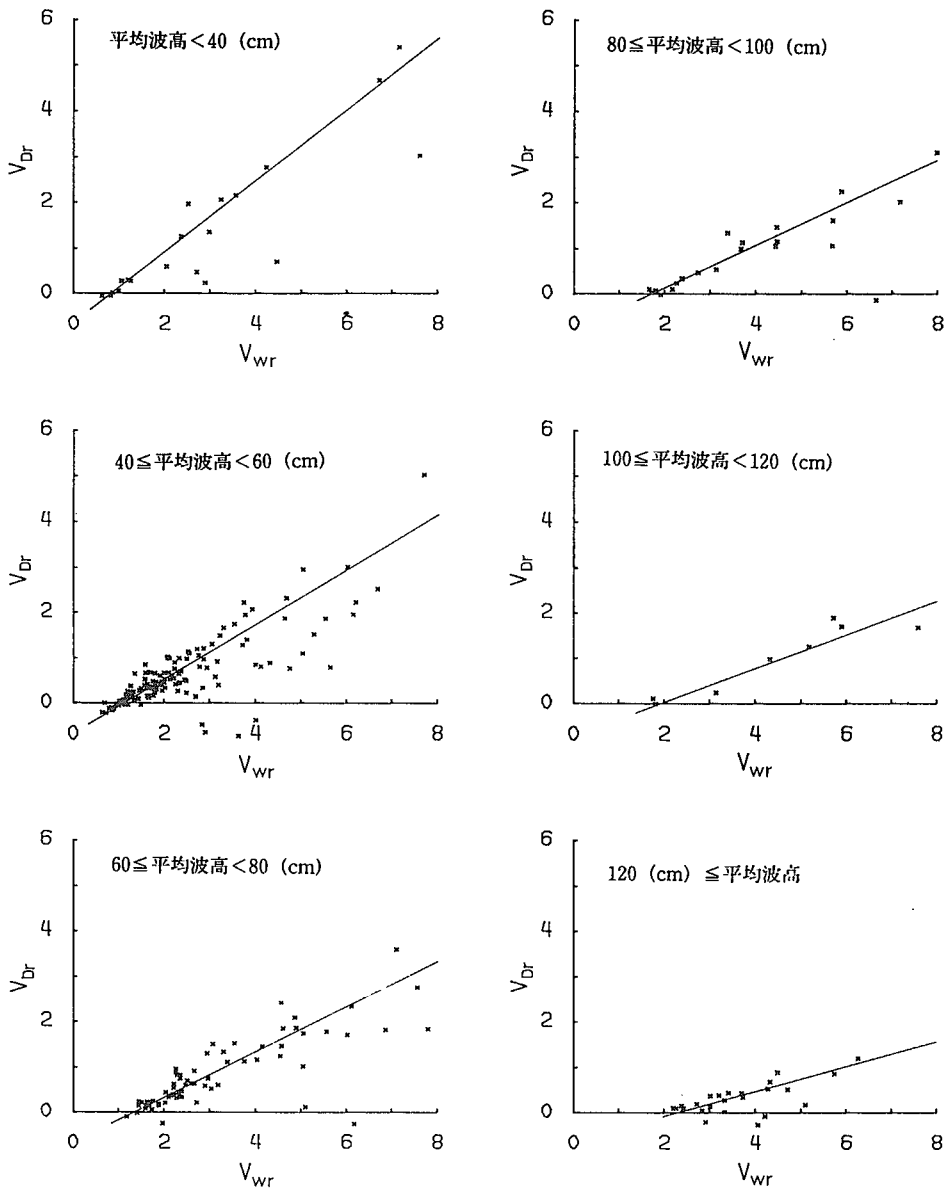


第6図 RCとOCによる流速値（2時間のスカラー平均値）の差とOCによる流速値に対する波浪による往復流の相対値との関係

が小さくなる傾向にあることである。波高が小さいときには、双方の流速計の相対的な相違は、相対的な波高に対して依存性が大きい。それに対して、波高が大きくなると、 V_{Dr} の V_{wr} による依存性が小さくなることがわかる。これは、流れに対して相対的に波浪の大きいところではRCとOCによる差異が大きくなるという言い方は必ずしも正確ではなく、両者の差はむしろ波浪が比較的小さく、かつ波浪に比べて流れがさらに弱いところで大きくなる傾向にあることを示すものである。

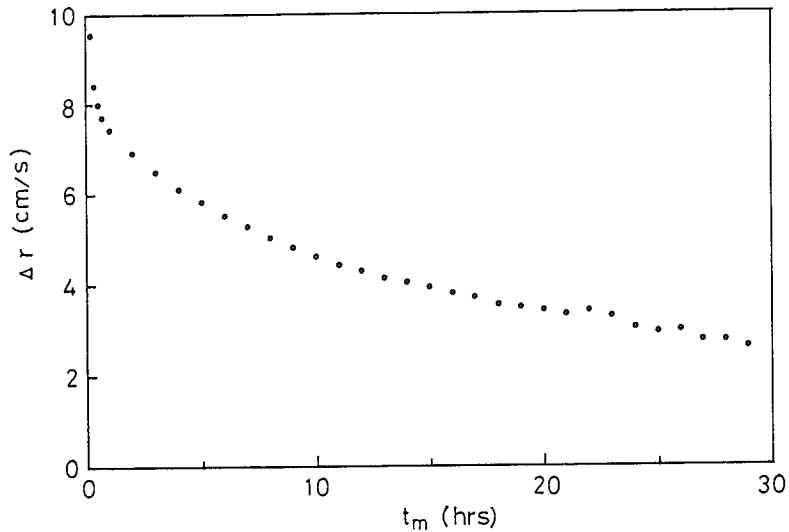
3. RCM-4とOC-1による流速値の相違の移動平均時間による違い

以上見てきたように、Aanderaa流速計と小野式流速計の相違には波高と流れの大きさが大きく関与していることがわかったが、流れの真値に関するデータがないため、さらに細かな分析はあまり有意義な結果をもたらさない。そこでこうした分析とは別に、この節では双方の流速計によって得られたデータの時間スケールによる相違を検討する。



第7図 平均波高の段階別に示した、OCによる流速値を基準とした双方の流速計の差の相対値 V_{Dr} と、OCによる流速値を基準とした波浪による往復流の相対値との関係

RCとOCによる測得値にそれぞれ t_m 時間の移動平均をかけて、両者の差の時間変化を求めた。移動平均の実行に際してはベクトル平均を用いた。 $t_m = 1 \text{ hr}$ の場合には大きい時で両者の差は 20 cm/sec 以上であったのに対し、 t_m が大きくなるに従ってその差は小さくなり、 $t_m = 24 \text{ hrs}$ で最大 10 cm/sec 程度になっている。第8図に両者の流速計の差の平均値 Δr を t_m に対して示した。測得値における Δr は約 9.6 cm/sec であり、 $t_m = 1 \text{ hr}$ のとき $\Delta r = 7.4 \text{ cm/sec}$ 、 $t_m = 12 \text{ hrs}$ のとき $\Delta r = 4.3 \text{ cm/sec}$ 、 $t_m = 24 \text{ hrs}$ のとき $\Delta r = 3.1 \text{ cm/sec}$ となる。 t_m を大きくとるほど、 Δr は小さくなることがわかる。特に、 t_m が小さいところでの Δr の減少率が大きく、 $t_m = 9 \text{ hrs}$ で測得値における Δr の約 $1/2$ となる。すなわち、時間スケールの長い現象に対しては、RCとOCの相違は比較的小さく、時間スケールが短いほど両者の差は大きくなる。このことは、半日周期の潮汐より長い時間スケールをもった現象、例えば沿岸流況等の把握に関しては、流速計の相違はあまり問題にならないが、短い時間スケールの現象、例えば海域の渦特性、具体的には自己相関係数から計算される渦動粘性係数の値の見積りなどには流速計による相違が決して無視できないものになる可能性があることを示している。



第8図 移動平均時間 t_m とRC-OCの差の平均 Δr との関係

V. む す び

福島沿岸域をモデル海域として、従来多く用いられてきたAanderaa流速計RCM-4と小野式流速計OC-1の2種の流速計の比較試験を行い、以下のような結果を得た。

RCM-4では15cm/sec以下の測得値は極端に少なく、OC-1が20cm/sec前後より小さい場合に双方の流速計間の相違が大きかった。この相違の原因として、波浪による短周期的往復流に対する両流速計の応答特性の相違が考えられる。しかし、波高と流速の絶対値の流速計による相違とは直接的な相関は認められなかった。相関はむしろその時の流れに対する相対的な波の大きさ V_{wr} との間に認められ、流速計間の相違は、 $\ln V_{wr}$ に比例する関係が認められた。また波高の段階別に、流速計間の流速値の相違と波高の流れに対する相対的な大きさとの関係を検討することによって、流速計による相違は、波浪が比較的小さく、かつ波浪に比べて流れが弱い場合に大きくなる傾向にあることが示された。これについては次のような解釈が可能である。RCM-4の場合は流れが弱いと、小さい波浪に対してもその影響を大きく受けるのに対して、OC-1の場合は波浪が小さい時は比較的波浪の影響が小さいことを示していると考えられる。ところが波浪が大きい場合には、OC-1の場合も波浪の影響が大きくなって、波浪による誤差の大きさがRCM-4の場合に近くなるため、両者の差が小さくなるとも考えられる。

このような議論から1つの問題点が浮び上がってくる。それはこの現場計測において真値が脱落している点であり、結果の解析にあたってはOC-1の測得値で代用している。実際には近年の測流技術の向上を考慮すると、より真値に近い計測値を得ることは可能であるが、結局は本質的に異なった厳密な解析が可能になるわけではない。真値との比較が困難であるという点は、決して無視できない問題点ではあるが、ここではむしろより実用的な面を考え、今回の比較試験の目的を、従来多く用いられた2種の流速計から得られたデータの特性に、どのような相違があるかを明らかにすることとした。このような意味で、双方の流速計によるデータでは、注目する時間スケールによってその相違の度合が異なるという点は重要である。IV-3でも述べたように、渦動粘性係数を推算した場合、OC-1によるデータとRCM-4によるデータとでは後者の方が大きくなることが考えられ、例えばその値を数値シミュレーションに用いる場合には注意を要する。

最近新しいタイプの流速計も数多く開発されており、現場で使用されている機種もより精度のよいものになっていくと考えられる。しかし、過去に取得されたデータは行

政面でも重要なデータとして用いられた場合も多く、それらが廃棄されるわけではない。今後新しい機種で新たに調査を行う場合には、そうした過去のデータとの関係を正しく理解することが必要であろう。

引用文献

- Bearsley, R.C., Boicourt, W.C., Huff, L.C., McCullough, J.R. and Scott, J. (1981). CMICE: A near-surface current meter intercomparison experiment. *Deep-Sea Res.*, **28**:1577-1603.
- Halpern, D., Pillsbury, R.D. and Smith, R.L. (1974). An intercomparison of three current meters operated in shallow water. *Deep-Sea Res.*, **21**:489-497.
- 堀口文男・中田喜三郎 (1981). 表層流測定法の相互比較. 公害資源研究所彙報, **11**(3):53-60.
- Karweit, M. (1974). Response of a savonius rotor to unsteady flow. *J. Mar. Res.*, **32**:359-364.
- 國司秀明・吉岡洋・中村重久・芹沢重厚・市川雅史・森田行司 (1985). 沿岸海域の係留観測における流速計特性の相互比較. 沿岸海洋研究ノート, **22**(2):165-175.
- Nagashima, H. and Okazaki, M. (1982). Dynamic response of a savonius-like rotor to unsteady flows. *La mer*, **20**:181-189.
- 中田喜三郎 (1977). 沿岸海域で使用されているいくつかの流速計の相互比較について. 公害資源研究所—通産省立地公害局委託研究報告書—:1-38.
- Saunders, P.M. (1976). Near-surface current measurements. *Deep-Sea Res.*, **23**:249-257.