

## Ⅳ 「冷水域と漁業について」のシンポジウム

共催 水産海洋研究会  
日本海区水産研究所

日時：昭和44年9月25日 09時～15時30分

場所：宮津市 京都府漁連宮津支所

コンビーナー：小味山 太一（京都府水産試験場）

### 話題および話題提供者

1. 冷水域移動の観測設計について 川合英夫（日水研）  
—同時的広域海洋調査設計の基本的考え方（予報）—
2. 島根沖冷水に関する研究 小川嘉彦（山口外海水試）  
—序：Working hypothesisとしての問題提起—
3. 底部冷水の変動が底曳網漁況に与える影響について 山崎 繁（島根水試）
4. 旋網漁場と環境要因について 小田切 忠夫（鳥取水試）
5. 総合討論

### 1. 冷水域移動の観測設計について

同時的広域海洋調査設計の基本的考え方（予報）

川合英夫（日本海区水産研究所）

#### I. はじめに

海洋生物の環境をとらえる場合には、2通りの方法が考えられる。一を内包的環境、他を外延的環境と呼ぶことにする（川合、1969）。内包的環境とは、海洋生物の存在する地時点の海水の状態を、周囲の分布または前後の変動より切り離して、とらえた環境である。たとえば漁獲水温曲線における適水温や、T-Sダイアグラム上の漁獲量分布図における適水温塩分などが、これに当たる。広義には、ある時空間の範囲内の海水の状態の平均値や積分値も含める。その例としては、累加水温偏差、渦動粘性、渦動拡散などがあげられる。これに対して外延的環境とは、海洋生物の存在する地時点の周囲の時空間における海水の状態を、分布構造または時間的変動として、とらえた環境である。たとえば躍層の深さと傾角、均質水域の広がりや形状、躍層や前線の両側の水温差、対流細胞や循環流の径、波動現象の振幅と周期などがこれにあたり、生物環境としては重要である。

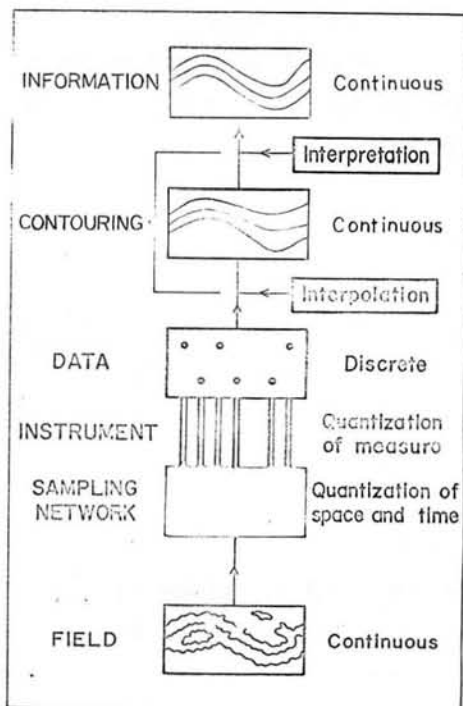
時間的には外延的であつても、空間的には内包的である場合も、またはその逆の場合も考えられる。概して、内包的環境はデジタル的であり、外延的環境はアナログ的であるが、

アナログ的なものなるべくデジタル的に表現することが、研究の進展にとって大切である。

外延的環境が内包的環境よりも、生物環境を表現するのに効果的であるという適例は、気象における気圧そのものの値と等圧線により描き出された気圧配置の関係に見出されよう。

以上に述べたことより、水産生物の環境をとらえるには、漁場や漁期のみに限らない、漁場の周辺や漁期の前後にわたる、海洋構造とその時間的変動の研究が必要であるといえる。これには synoptic analysis の助けをかりなければならない。synoptic analysis はわが国では総観的解析と訳されているが、同時性の意味がうすく、あいまいなものに誤解されやすい。その内容を簡潔に言えば、広域同時観測値解析となる(川合、1969)。この解析の一手段として有効なものに、等値線解析(contouring)があるが、これに到達するには、まず連続的な海洋の時空間構造(field)を、離散的観測網によりサンプリング(観測時空間の量子化)し、各々のサンプルの属性を測器によつて測定(観測値の量子化)することが必要である。この観測値は、時空間内の分布としても、また数値的にも離散的であるから、これを補間(定型的作業)し、解釈(創造的活動)することによつて、再び連続の時空間構造を推定する段階をふまねばならない。これが contouring に相当する(図1)。

ここでは上述の情報体系のうちサンプリング網、つまり観測点配置の問題について考えてみる。なお冷水域移動の観測のみに限らずに、変動する海洋構造(geostrophic な規模)の観測にまで、問題を一般化して考えることにする。



第1図 海洋水理学に関する情報体系において等値線解析が占める位置

## II 観測時間々隔

(1) 情報理論における標本抽出の定理  
時間的に変化する量  $f(t)$  が  $1/P$

サイクル以上の周波数を含まなければ、つまり周期  $P$  以下の短い波動を含まなければ、

$$\Delta t = \frac{P}{2}$$

(1)

の時間々隔の測定値で、 $f(t)$  が完全に決定される。

(2) F O F O N O F F ( 1 9 6 3 ) の基準 (ノイズがある場合)

ある固定点で、継続的に観測が行なわれている場合に、次の量を考える。

$\Delta t$  : ある観測より次の観測までの時間々隔

N : 全観測回数

P : 統計的有意性をもつて検出しようとする周期で、その振幅はバックグラウンドのノイズの振幅と同程度とする。

この場合には、次の不等式を満足するPについて、周期が統計的に有意に議論できる。

$$4 \Delta t \leq P \leq \frac{1}{10} N \Delta t \quad (2)$$

ここに  $N \Delta t$  は全観測期間に、ほぼ等しい。また、Nは40回以上であることを要する。

(例)	P	4年	1年	4ヶ月
	$\Delta t \leq$	1年	3ヶ月	1ヶ月
	$N \Delta t \geq$	40年	10年	40ヶ月

### III 観測空間々隔

#### III-1 観測時刻のズレがない場合

##### (1) 鉛直方向 (基準観測深度)

I A P O (現在の I A P S O) の事務局は、フィンランドのヘルシンキにあり、その案は寒帯海域については適当であるかもしれないが、温帯や熱帯海域については妥当ではない。日本海の漁海況予報事業に対しては、表1のような私案を提唱する。

##### (2) 水平面上の観測点配置

###### (i) 方眼観測網と亀甲観測網

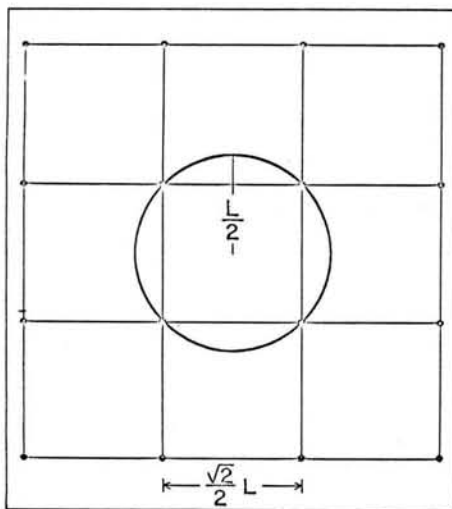
直径Lの円形暖・冷水域の存在を確かめるためには、図2のように方眼観測網では1辺の長さ $\sqrt{2}L/2$ 以下の正方形を、亀甲観測網では1辺の長さ $\sqrt{3}L/2$ 以下の正三角形を、単位要素としてもたねばならない。亀甲観測網は方眼観測網にくらべて、同一観測点数で約1.3倍の面積をおおうことができるから、ロボットブイなどの固定観測網の場合には経済的である。観測船による場合には、航走距離や資料解析の点から考えると、方眼観測網の方がよいであろう。

###### (ii) 暖・冷水域の観測

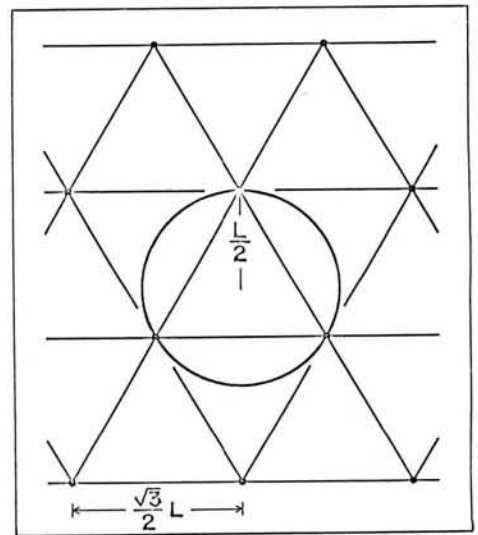
図3のような短径Lの暖水域または冷水域を、観測点間隔 $\Delta d$ の方眼観測網によつて、とらえようとする場合に、もしも図2aのように、 $\Delta d = \sqrt{2}L/2$ のようにとれば、暖水域または冷水域の存在は確かめられるが、その形状や大きさの概略についての情報は、ほとんど得られない。この目的のためには、 $\Delta d$ をどれくらいにしたらよい

表 1 いろいろな基準観測深度の例

I A P O (1936)	気象庁	WHO I EQUALANT (1963)	漁海況予報事業	私案
Surface	Surface	Surface	Surface	Surface
10m	10m		10m	(10)m
20	20		20	25
30	30	30m	30	
50	50	60	50	50
		70		
75	75	75	75	75
		80		
		85		
		90		
		95		
100	100	100	100	100
		110		
		120		(125)
150	(150)	140	150	150
		160		
200	200	200	200	200
(250)	(250)	250		250
300	300	300	300	300
		350		
400	400	400		
		450		
500	500	500		
		550		
600	600	600		
(700)	700	700		
800	800	800		
	(900)	900		
1000	1000	1000		



第2図a 直径Lの円形暖・冷水域の存在を確かめるために必要な方眼観測網の網目の大きさ

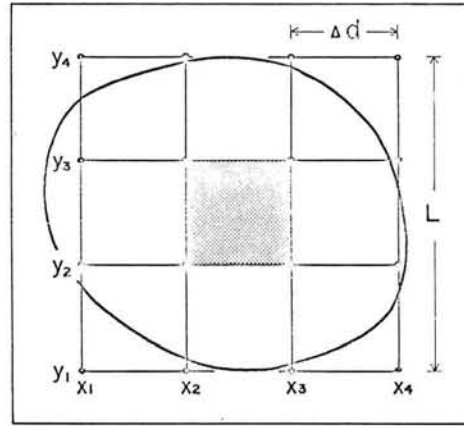


第2図b 直径Lの円形暖・冷水域の存在を確かめるために必要な亀甲観測網の網目の大きさ

かについて、次に考えてみよう。ある1観測点におけるナンセン型観測によつて得られた、水温や塩分などの離散的観測値より、基準深度の値を補間する場合に用いられる、鉛直方向に1次元の放物型LAGRANGE補間式(RATTRAY, 1962)を、水平面上の2次元に拡張して、

$$P_{i,j,k;l,m,n}(x,y) = \sum_{(i,j,k)} \sum_{(l,m,n)} \frac{(x-x_j)(x-x_k)(y-y_m)(y-y_n)}{(x_1-x_j)(x_1-x_k)(y_1-y_m)(y_1-y_n)} f(x_1, y_1) \quad (3)$$

を考える。ここに集計記号( $\sum$ )はたとえば(i, j, k)の場合には、iをjに、jをkに、kをiに、順次にサイクリックにいれかえて和をとることを表わすものとする。またfは現場の水温や塩分の分布を表わす。もしも図3のように、 $\Delta d$ がL/3くらいの方眼観測網で、暖・冷水域をおおうと、 $[x_2, x_3; y_2, y_3]$ の範囲(図3の砂目の部分)では、補間値は



第3図 暖・冷水域の形状と大きさを描きだすために必要な方眼観測網の網目の大きさ

$$I = rs P_{123;123} + r(1-s) P_{123;234} + (1-r)s P_{234;123} + (1-r)(1-s) P_{234;234} \quad (3')$$

であたえられる。ここにrとsは

$$0 < r < 1, \quad 0 < s < 1,$$

である。他のます目についても、Pの添字を順次に変えれば(3')←と同様の補間値が定まる。今たとえば $y=y_2$ 上の実際の水温分布を考えると、冷水域の場合には、 $x_1$ 付近では水温が下降し、 $x_2$ および $x_3$ 付近では水温はほぼ一定し、 $x_4$ 付近では水温は上昇するという3部分に大別される。また式Pはxについての2次式となり( $x_2, x_3$ )間の補間値Iは、( $x_1, x_2, x_3$ )の3点および( $x_2, x_3, x_4$ )の3点でのそれぞれの実測値に一致する2組の2次水温曲線の楕型結合であたえられる。(  $x_1, x_2$  )間および(  $x_3, x_4$  )間についても同様にして補間値Iがあたえられる。これには上述の実際の水温分布の2部分の一つの2次曲線にあてはめる操作を含んでいるが、 $D=L/2$ の場合に比べ、ほとんど無理がない。したがって暖・冷水域の観測では

$$\Delta d \leq \frac{L}{3} \quad (4)$$

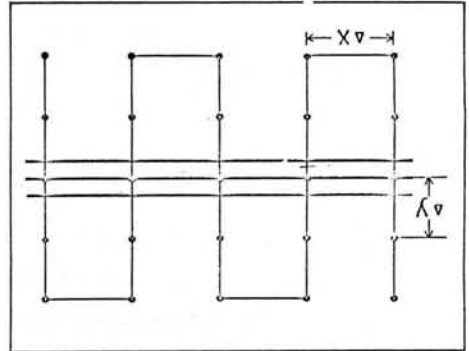
にとれば、ほぼ形状と大きさを描きだすことができよう。

(例)

$$L = 60 \text{ 海里} \quad \Delta d \leq 20 \text{ 海里}$$

(iii) 直線状前線帯

図4のような直線状前線帯を、数本の横断線で観測する場合に、横断線の間隔  $\Delta x$  と横断線上の観測点間距離  $\Delta y$  との比は、通常1より大きくなるようにとられるが、その比の値は、ほかの条件を考えにいれないと定まらない。



第4図 直線状前線帯の観測網

(iv) 波状前線帯

図5のような波長  $L$  の波状前線帯を、数本の横断線で観測する場合に、横断線の間隔  $\Delta x$  は、F O F O N O F F の規準の不等式(2)の左半分を空間へ適用して、

$$4 \Delta x \leq L \quad (5)$$

となるようにとればよい。

(例1)

$$L = 300 \text{ 海里}$$

……(黒潮前線)

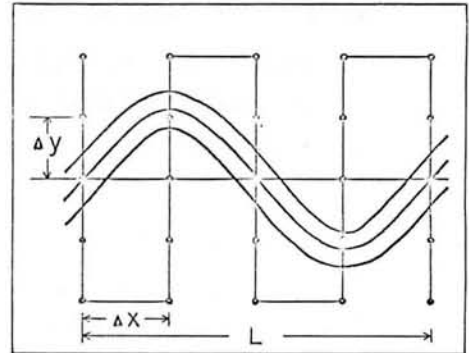
$$\Delta x \leq 75 \text{ 海里}$$

(例2)

$$L = 140 \text{ 海里}$$

……(対馬暖流)

$$\Delta x \leq 35 \text{ 海里}$$



第5図 波状前線帯の観測網

III-2 観測時刻のズレがある場合

(1) 移動速度の定義と性質

まず、水平移動速度  $C_n$  について考える。接近した2時点  $t_0$  と  $t_0 + \Delta t$  の間に、水平面上のある等値線の位置がAよりBに変わったとする(図6)。  $C_n$  の大きさは、2曲線AとBの両者に垂直に測つたAB間の距離  $\Delta n$  を時刻差  $\delta t$  でわつたもので、  $C_n$  のプラスのむきはAよりBにむかう。したがって  $C_n$  は次に示す式(63)であら

えられる。このほかに3種類の移動速度が考えられ、式(6)に一括して示す(図7)。ここに $f$ は水温・塩分などの海水の性質を表わす。

$C_q$  : 空間移動速度  
 $q$  : 等値面に垂直に測つた距離

$$C_q = \left( \frac{\partial q}{\partial t} \right)_f = \frac{-\frac{\partial f}{\partial t}}{\frac{\partial f}{\partial q}} \quad (6.1)$$

$C_z$  : 鉛直移動速度  
 $z$  : 鉛直座標

$$C_z = \left( \frac{\partial z}{\partial t} \right)_f = \frac{-\frac{\partial f}{\partial t}}{\frac{\partial f}{\partial z}} \quad (6.2)$$

$C_n$  : 水平移動速度  
 $n$  : 水平面上の等値線に垂直に測つた距離

$$C_n = \left( \frac{\partial n}{\partial t} \right)_f = \frac{-\frac{\partial f}{\partial t}}{\frac{\partial f}{\partial n}} \quad (6.3)$$

$C_x$  : 線上移動速度  
 $x$  : 考えている直線にそう座標

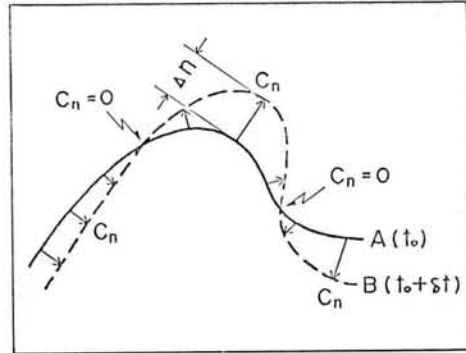
$$C_x = \left( \frac{\partial x}{\partial t} \right)_f = \frac{-\frac{\partial f}{\partial t}}{\frac{\partial f}{\partial x}} \quad (6.4)$$

式(6.1)と(6.3)をベクトルで表わせば、

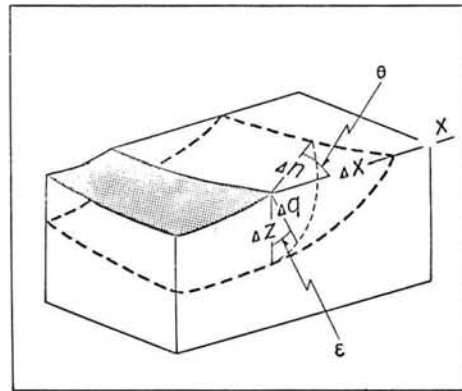
$$C_q = \frac{-\frac{\partial f}{\partial t} \nabla f}{(\nabla f)^2} \quad (6.1')$$

$$C_n = \frac{-\frac{\partial f}{\partial t} \nabla_h f}{(\nabla_h f)^2} \quad (6.3')$$

となる。ここに $\nabla_h$ は水平面内の勾配を示す。



第6図 水平移動速度の定義



第7図 4種類の移動速度の関係

また、これら4種類の移動速度の間には、式(7)のような関係がある。(図7を参照)。

$$\frac{C_n}{C_x} = \left( \frac{\partial n}{\partial x} \right)_f = \cos \theta \quad (71)$$

$$\frac{C_q}{C_n} = \left( \frac{\partial q}{\partial n} \right)_f = \sin \theta \quad (72)$$

$$\frac{C_q}{C_z} = \left( \frac{\partial q}{\partial z} \right)_f = \cos \varepsilon \quad (73)$$

$$\frac{1}{C_x^2} + \frac{1}{C_y^2} + \frac{1}{C_z^2} = \frac{1}{C_n^2} + \frac{1}{C_z^2} = \frac{1}{C_q^2} \quad (74)$$

式(71)は、ある1本の観測定線による水平移動速度の臆測値は、その定線が流れや前線に垂直でない限り、かならず過大評価となることを表わしている。これらの式に見られるように、移動速度の下つき添字は、ベクトル成分を表わしていないことに注意すべきである。また地衡流関係がよく成立するような、ある程度以上の規模の現象(波長が100 Km程度以上、持続時間が2~3ヶ月程度以上)については、 $C_n \sim 0.1 - 0.2$  ノット(5-10 Cm/sec)、 $\sin \varepsilon \sim 10^{-4} - 10^{-2}$  であるから、式(7)より  $C_q \sim C_z \sim 10^{-1} - 10^{-3}$  Cm/sec となる。したがって

$$C_q \leq C_z \leq C_n \leq C_x \quad (8)$$

という関係が成立する。

もしも  $f$  が保存量であり、渦動拡散や大気海洋間の相互作用の影響が無視できれば、

$$\frac{\partial f}{\partial t} + v_q \frac{\partial f}{\partial q} = \frac{\partial f}{\partial t} + v_n \frac{\partial f}{\partial n} + v_z \frac{\partial f}{\partial z} = 0 \quad (91)$$

となる。ここに  $V$  は流速を、 $v_q$ 、 $v_n$ 、 $v_z$  は  $V$  の  $q$ 、 $n$ 、 $z$  方向の各成分を表わす。式(91)と(91)より

$$C_q = v_q \quad (92)$$

また式(91)に式(72)と(73)を代入して整理すると

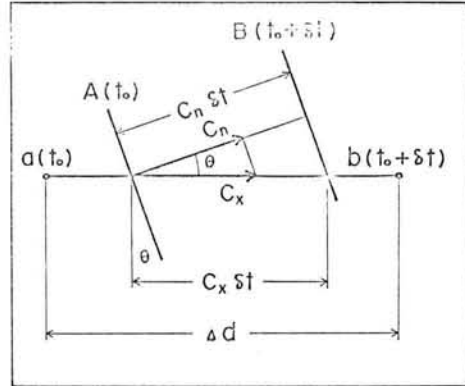
$$C_n = v_n + v_z \cot \varepsilon \quad (93)$$

となる。式(93)は、もしも鉛直流速成分  $v_z$  が0でなければ、たとえ拡散や大気よりの影響がなくても、水平移動速度  $C_n$  は水平面内の等値線に垂直な流速成分  $v_n$  とはことなることを示している。



(2) 観測時刻のズレと観測点の空間々隔と移動速度が満たすべき条件

図8のように、距離 $\Delta d$ をへだてて隣接して存在する2観測点aとbがあつて、b点での観測時刻がa点より $\delta t$ 時間ズレる場合には、 $\Delta d$ が小であればあるほど、 $\delta t$ も小にしなければならない。この両者の合理的関係は、観測対象となる現象の水平移動速度 $C_n$ によつて定まる。図8のように、ある1本の等値線が、 $\delta t$ の時刻差の間AよりBの位置まで、線分abと角 $\theta$ をなす方向に、 $C_n$ の速さで動いた場合を考える。もしも



第8図 観測時刻のズレ( $\delta t$ )と観測点の空間々隔( $\Delta d$ )と等値線の水平移動速度( $C_n$ )が満たすべき条件

$$C_x = \frac{C_n}{\cos \theta} \leq \frac{\Delta d}{\delta t} \quad (10)$$

であれば、 $\delta t$ の時刻差のために、線分abにそつて等値線が見かけ上に生ずる位置のズレは、距離 $\Delta d$ 以上離れた観測点をおかすことはなく、等値線図のひずみは大きくなりません。しかし角 $\theta$ が直角に近づくと、条件(10)を満足することが、非常に困難となる。したがつて条件(10)をゆるめて、次の不等式

$$C_n \leq \frac{\Delta d}{\delta t} \quad (10')$$

をもつて、観測設計上の一般的基準と考えるべきである。これは、観測時刻のズレのための等値線の見かけ上の位置のズレが、等値線に平行な観測線上の多くの観測点を侵犯することがあつても、等値線に垂直な方向の等値線のズレは、観測網の網目間隔 $\Delta d$ をこえないことを意味している。(川合、1958)。

上述の基準を導く過程では、 $\delta t$ は2つの隣接した観測点の間の観測時刻の差として考えられたが、1組の一斉観測の最初と最後の観測時刻の差として考えれば、より合理的である。また $C_n$ の値としては、最大値を考えれば充分である。

(3) 調査船の進路のとり方

(1) 等値線の走行方向と調査船の進行方向との関係

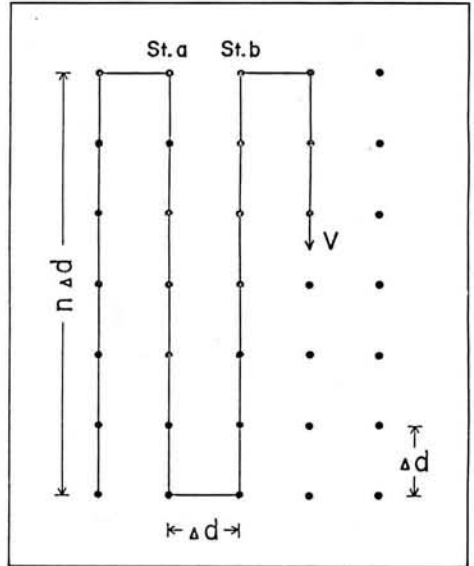
図8において、点aとbを結ぶ方向の観測線にそつて、調査船が $v$ の平均速度で走つていた場合には、aとbの間の観測時刻のズレ $\delta t$ は $\Delta d/v$ となる。したがつて条件(10)は、

$$\cos \theta \geq \frac{C_n}{v}$$

となる。 $\theta$ が小であれば船速 $v$ は水平移動速度 $C_n$ にくらべて数十倍も大であるからこの条件は容易に満足される。しかし $\theta$ が直角に近いと、この条件は満足されない。したがって、調査船の進行方向が全体の等値線の走行方向に、なるべく平行にならぬように、観測線をたとえば図5のようにとればよい。

(ii) 1隻の調査船による方眼観測網において1線上にとり得る観測点数

1隻の調査船により、一定の間隔 $\Delta d$ で方眼状に配列した観測点を、図9のような観測線にしたがつたどつて行く場合に、観測点間隔 $\Delta d$ と1観測線上にとり得る観測区数 $n$ を、どのように決めたらよいかについて次に述べる。この場合には、観測域全体の時刻のズレについて条件(10')を満足させることは困難であるから、隣接した観測点間の時刻のズレのみを考えることにする。図9の隣接した観測点のうち、もつとも観測時刻のズレが大きくなる箇所は、観測点a、bのような2点間である。したがって、条件(10')は次のようになる。



第9図 1隻の調査船による方眼観測網において1線上にとり得る観測区数

$$(2n+1) \left( \frac{\Delta d}{v} + T \right) \leq \frac{\Delta d}{C_n} \quad (11)$$

ここに $v$ は船速を、 $T$ は1観測点での停船時間を表わす(川合、1958)。

$T=0$ 、つまり表面観測やBT航走中観測の場合には、式(11)は

$$n \leq \frac{\left( \frac{v}{C_n} - 1 \right)}{2}$$

となり、 $n$ は $\Delta d$ とは無関係に定まる。 $C_n$ と $v$ のいろいろの値に対する $n$ の値を表2に示す。

表2. 1線上にとり得る観測区間数n、  
停船時間 T=0 (表面観測、BT航走中観測) の場合

$$2n+1 < \frac{v}{C_n} \quad n < \frac{\left(\frac{v}{C_n} - 1\right)}{2} \quad \begin{array}{l} v: \text{船速} \\ C_n: \text{水平移動速度} \end{array}$$

v \ C	ノット				
	0.1	0.2	0.4	0.5	1.0
4	19.5	9.5	4.5	3.5	1.5
6	29.5	14.5	7.0	5.5	2.5
8	39.5	19.5	9.5	7.5	3.5
10	49.5	24.5	12.0	9.5	4.5
12	59.5	29.5	14.5	11.5	5.5
14	69.5	34.5	17.0	13.5	6.5

nの値は、小数第1位を切りすてて、整数として使用する。

Tが1時間で、C<sub>n</sub>が0.1および0.2ノットの場合に、vと△dのいろいろの値に  
対するnの値を表3と表4に示す。

表3. 1線上にとり得る観測区間数n  
停船時間 T=1時間、水平移動速度C<sub>n</sub>=0.1ノットの場合

$$2n+1 < \frac{1.0 v \Delta d}{v + \Delta d} \quad \begin{array}{l} v: \text{船速} \\ \Delta d: \text{観測点間隔} \end{array}$$

v \ Δd	海里					
	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0
4	13.8	16.2	17.1	17.7	18.0	18.2
6	18.2	22.6	24.5	25.6	26.3	26.8
8	21.7	28.1	31.1	32.8	34.0	34.8
10	24.5	32.8	37.0	39.5	41.2	42.4
12	26.8	37.0	41.2	45.7	47.9	49.5
14	28.7	40.7	47.2	51.4	54.2	56.3

nの値は、小数第1位を切りすてて、整数として使用する。

表4. 1線上にとり得る観測区間数n

停船時間 T = 1 時間、水平移動速度  $C_n = 0.2$  ノットの場合

$$2n + 1 < \frac{5v\Delta d}{v + \Delta d} \quad \begin{array}{l} v: \text{船速} \\ \Delta d: \text{観測点間隔} \end{array}$$

v \ Δd	海里					
	10	20	30	40	50	60
4 ノット	6.6	7.8	8.8	8.6	8.8	8.9
6	8.9	11.0	12.0	12.5	12.9	13.1
8	10.6	13.8	15.3	16.2	16.7	17.1
10	12.0	16.2	18.2	19.5	20.3	20.9
12	13.1	18.2	20.9	22.6	23.7	24.5
14	14.1	20.1	24.5	25.4	26.8	27.9

n の値は、小数第1位を切りすてて、整数として使用する。

IV 観測時刻のズレと観測時空間々隔の関係

ある海域で数次にわたる一斉観測をくり返す場合に、ある一斉観測より次の一斉観測までの観測時間々隔 ( $\Delta t$ )、各々の一斉観測内の観測時間のズレ ( $\delta t$ )、各々の一斉観測における観測点間隔 ( $\Delta d$  または  $\Delta x$ ) が、どのような関係にある場合に合理的であるかについて考えよう (図10)。

(1) 観測時刻のズレ ( $\delta t$ ) の上限

ここで観測時刻のズレ  $\delta t$  は、ある一斉観測の全域を通じて、最初および最終の観測点間の時刻差とする。条件 (10') を書きなおせば

$$\delta t \leq \frac{\Delta d}{C_n} \quad (10'')$$

となる。  $\delta t$  の下限は 0 であることが望ましいが、現実には

$$0 < \delta t$$

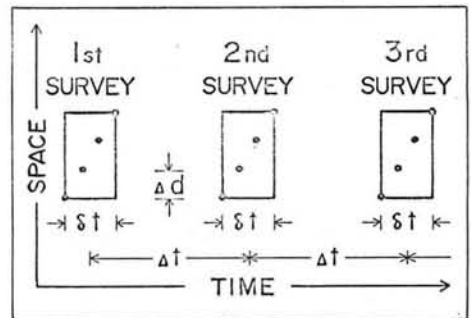
となる。

(2) 観測時間々隔 ( $\Delta t$ ) の下限

観測時間々隔  $\Delta t$  の下限については、少なくとも

$$\delta t \leq \Delta t \quad (12)$$

でなければならない。さらに  $C_n$  をもつて各々の等値線の水平移動速度の最大値を表わす



第10図 観測時刻のズレ ( $\delta t$ ) と観測時間々隔 ( $\Delta t$ ) と観測点間隔 ( $\Delta d$ ) との関係

ものとする、 $\Delta t$ の時間に等値線が移動する最大距離は、 $C_n \Delta t$ となる。これが観測点間隔 $\Delta d$ より小さければ、これほど短期間に頻りに観測をくり返すことをやめるか、または観測点間隔 $\Delta d$ をもつと細かくするとでもしなければ、苦勞の割に得られる情報が少ないことになる。もしも観測時刻のズレがなければ、

$$\Delta d \leq C_n \Delta t$$

とすればよいが、観測時刻のズレ $\delta t$ のために、個々の観測点間の実際の観測時間々隔は、 $\Delta t \pm \delta t$ となるから、

$$\Delta d \leq C_n (\Delta t \pm \delta t) \quad (13)$$

とせねばならない。条件(10)と(12)を考えにいれると、条件(13)が成立するために必要かつ充分な条件は、

$$\delta t \leq \frac{\Delta d}{C_n} \leq \frac{\Delta t}{2} \quad (14)$$

となる。

### (3) 観測時間々隔 ( $\Delta t$ ) の上限 (一般の場合)

一般的に考えると、

$$\Delta t \leq M \frac{\Delta d}{C_n}$$

において、 $M$ をどれくらいにしたらよいかという問題になる。もし $M$ を10とすると、ある一斉観測より次の一斉観測までに、個々の等値線が観測点間隔 $\Delta d$ の10倍も移動することもあり、大きすぎる。実際的なとり扱いの便宜上、 $M$ の値は3より6ぐらいとすれば適当であろう。

$$\Delta t \leq M \frac{\Delta d}{C_n}, \quad 3 \leq M \leq 6 \quad (15)$$

### (4) 観測時間々隔 ( $\Delta t$ ) の上限 (特殊の場合)

図11のように、波長 $L$ の波状等値線またはそれに付随した渦動列(暖・冷水域の列)が、 $U$ の移動速度で全体として右方へ移行する場合を考える。ある1観測点における海況要素は、周期 $P=L/U$ で時間的に変動する。これをF O F O N O F Fの規準(2)の左半分に代入すると、

$$\Delta t \leq \frac{L}{4U} \quad (16)$$

となる。これは図12において、もしも

$$\Delta t \leq \frac{L}{2U}$$

の時間々隔で観測を行なつた場合には、暖・冷水域が左右どちらより移動してきたかわからないが、さらにその半分である式(16)の時間々隔で観測をすれば、どちらの方より移動してきたかを判断できるということに対応しているであろう。

次に、図5において

$$\Delta x = \frac{L}{4}$$

$$\Delta d = \Delta y = \frac{\Delta x}{k} \quad (17)$$

とすれば、 $L = 4k\Delta d$ となる。これを式(16)に代入すると、

$$\Delta t \leq \frac{k\Delta d}{U} \quad (18)$$

となる。

(例1) 遠州灘沖大冷水域の出現にいたるまでの日本南海における黒潮蛇行流路東進の観測設計

$L = 240$ 海里、 $U = 0.2$ ノット、

$\Delta d = 20$ 海里、

$\Delta x = L/4 = 60$ 海里、

$k = \Delta x / \Delta d = 3$ 、

$C_n = 0.2$ ノット

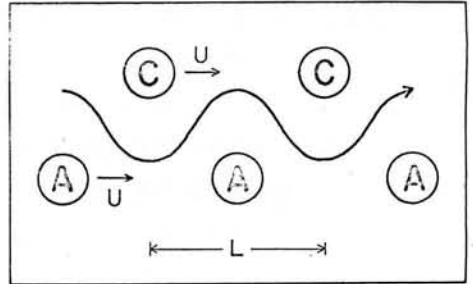
の場合。

式(10')より  $\delta t \leq 4$ 日

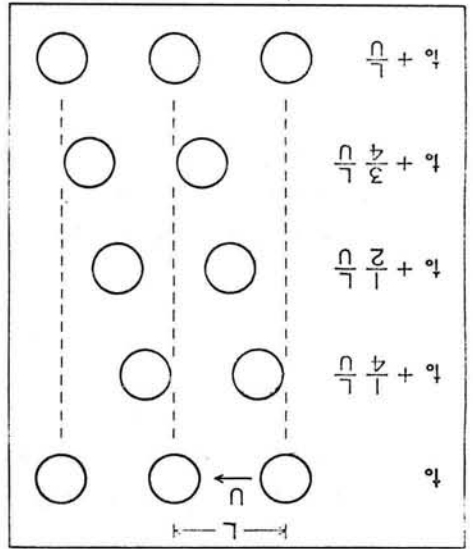
式(14)と(18)より

$$8 \text{日} \leq \Delta t \leq 12.5 \text{日}$$

したがって、約4日以内の一斉観測を、毎旬1回程度くり返して行なえばよい。また $\Delta d = 10$ 海里の場合には、 $k = 6$ 、 $\delta t \leq 2$ 日となるほかは、上記と同様である。



第11図 波状等値線の波長、または暖・冷水域の間隔



第12図 数個の同形の暖・冷水域の移動方向を知るために必要な観測時間々隔

## (例2) 日本海区漁海況予報事業海洋観測

$L = 140$  海里、 $U = 0.05$  ノット、 $\Delta d = 20$  海里、 $\Delta x = L/4 = 35$  海里、 $k = \Delta x / \Delta d = 1.75$ 、 $C_n = 0.1$  ノットの場合。

式(10")より  $\delta t \leq 8$  日

式(14)と(18)より  $17 \text{日} \leq \Delta t \leq 29 \text{日}$

## (例3) 精密海洋構造調査

$\Delta d = 8$  海里、 $C_n = 0.2$  ノットの場合

式(10")より  $\delta t \leq 40$  時

式(14)より  $80 \text{時} \leq \Delta t$

式(15)で $M = 3$ とすれば  $\Delta t \leq 120$  時

## V おわりに

観測時刻のズレは海洋学に特有の問題であり、他の分野の自然科学では、あまり問題にされていなかった。観測時刻のズレを考慮にいたった観測設計については、従来ほとんど研究が行なわれておらず、したがって本稿でのべたことには、あるいは誤まりがあるかも知れない。後日、書きあらためて、よりよい報告を出したい。

なお、本稿でのべた、いろいろの設計基準は、一般的な場合の考え方についてのべたもので、それぞれの研究目的に応じて、これらの基準をみちびいた前提を考慮にいて、その基準が当てはまるかどうかを検討する必要がある。

## 参 考 文 献

- FOFONOFF, N. P. (1963): Bedford海洋研究所開所記念講演。(STO-MMEL, H., 1963: Some thought about planning the Kuroshio Survey, "Proc of Symposium on the Kuroshio", Tokyo, 22-33. より孫引き)
- 川合英夫(1958): 表面等温線の描き方について. 東北水研報告12, 106-120.
- 川合英夫(1969): 海洋における synoptic analysis の問題概観. 水産海洋研究会報、特別号、宇田記念論文集、水産海洋研究の現状と展望、77-79.
- RATTRAY, M. J. R. (1962): Interpolation errors and oceanographic sampling. Deep-Sea Res., 9 (1), 25-37.

## 討 論

現実の漁場と海洋学的漁場とはしばしば一致しないが、この質疑に対し、川合は、魚群や漁況に関する情報が量的にも質的にも得られ難いところに問題があり、漁況と海況とを対応させるには、漁況や魚群の質的な層化が必要である。同じ魚種でも、生活周期の位相の違いや、発育段階により海況との対応関係が異なるからである。またこれらの相異によつて、海況とはつきりした対応関係が成立する場合もあるが、そうでない場合もある。主漁場や主漁期をはずれると、偶然の変動をもつて本来のものとは見誤まるおそれもあると述べ、①式(10')の $\Delta d$ が7海里の時には、 $\Delta d=7$ 海里で計算したらよいか。②客観的解析は3次の多項式で解析しているか。③時系列を海洋構造からどのようにみるのか、の質疑に対して、①'  $\Delta d$ の単位を海里、 $C_n$ の単位をノットとすれば、 $\delta t$ の単位は時間となる。また $C_n$ の単位を海里/日とすれば $\delta t$ の単位は日となる。 $\Delta d$ の単位をKm、 $C_n$ の単位をKm/時とすれば、 $\delta t$ の単位は時間となる。②' 気象の天気図解析では、この式を使用しているようである。しかし試験的に時々客観的解析を行なうのか、かなりの程度まで定型的に現場作業化しているかはよくわからない。③' まず変動そのものの事実を、実体的に記述することが、基本的に重要であろう。単に水温の高低としてでなく、海洋構造の変動として、とらえることが基本的に、水産生物との関連においても有意義である。と答え、さらに野沢(鳥取水試)の底層流流動調査を行なう場合に、南西水研では、クラゲ型物体に塩塊を使用しているが、この場合の薬品の成分と薬品名を教えてくださいと述べたことに対し、川合は、この塩塊の作成には、ある篤志家の業者が当り、薬品の成分については教えてくれなかつた。日水研で分析した結果、その薬品の成分は判明したが、電気炉で1昼夜以上、加圧しながら乾燥を必要とし、大量生産にはむかない。現在、日水研では砂糖に水あめを加え、よく加熱し、融解したものを型に流し込み、沈降用おもりとして使用している。

## 2. 底部冷水の変動が底曳網漁況に与える影響について

山 崎 繁(島根県水産試験場)

## 1) ま え が き

筆者は本誌第14号において、底部冷水の一般的な性質、特にその変動現象について述べ、この量的変動と旋網漁業の単位努力当り漁獲量とを対応させることにより、底部冷水が漁場形成に働く機構についての一端を紹介した。その後シンポジウムでの質疑、また多くの人の示唆もあつて、今回は前報と対象的な底曳網漁況との関連をとりあげてみた。

漁海況論で一番問題になるのは、漁獲量という非常に粗い情報だけでしか資源、漁場内部の動態を推定する方法をもたないことであつて、この漁獲量は環境・資源的要因、更に漁船・漁具等多くの複合された要因による結果としてあらわれたものであるから、現在私達が試