

土木研究所資料

第 5 6 2 号

六角川河口部沿岸流調査報告書

昭和 45 年 3 月

建設省土木研究所

六角川河口部沿岸流調査報告書

河川部海岸研究室 室長 富永正照
研究員 佐久間 襄

目 次

1. ま え が き	1
2. 計 算 方 法	2
(1) 基礎方程式	2
(2) 数値計算の原理	5
3. 計 算 条 件	8
4. 計算結果およびその検討	11
(1) 計算値と実測値との比較	11
(2) 大潮時(領域小, ケース1, 2)	12
(3) 小 潮(ケース3, 4)	16
(4) 計算領域を拡げた場合(ケース5, 6)	20
5. 結 論	24
付 図 1.1 ~ 付 図 3.9.3	25 ~ 87

1. ま え が き

六角川は有明海の湾奥に位置し、流域の大半は干拓造成地であり、緩こう配の平地河川のため古来しばしば高潮による被害を受けてきた。また、下流域には約8000 haのいわゆる白石平野の穀倉地帯を擁しているが、その用水源は溜池、深井戸、クリーク、アオ取水などによるものが大部分を占めているため、水不足をきたすことが多かつた。

このような問題を解決するため、河口から約4.5 Kmの地点に河口堰をつくることが計画された。(図-1参照)この堰により高潮のそ上を防止するとともに、淡水化による用水の確保が可能となる。

堰の建設に伴って、河川の流況が著しく変化するので、これに関連して、水理調査、水質調査、浮泥調査など種々の調査が行なわれてきた。以下にのべる調査もその一環をなすもので、可動堰の開閉に伴う入退潮量の変化が河口付近の流況に与へる影響を調べたものである。

六角川は緩こう配の平地河川であり、また、潮差が大きいため、感潮区域は河口から約30 Kmの上流にまで及んでいる。堰のゲートを閉じた場合の入退潮量は、開いた場合の約6割に減少するので、河口付近の沿岸流に及ぼす影響が懸念された。

このような調査を行なう場合、一般に模形実験による方法と数値計算による方法とが考えられるが、問題の性質上、浅海域における流速を調べることが主たる作業となる。模形実験による場合は、施設、予算などの関係から、数cmの水深で10 cm/sec以下の流速を測定することになるので、堰の開閉による流速差を求めることはかなり困難であると考えられた。数値計算による場合も、浅海域であり、また境界条件が複雑であるから、正確な計算を実施することはやはりむずかしいと考えられるが、流速の絶対値ではなく、主として相対的な差のみに注目する場合は、一応計算が可能であろうと推定された。したがって、ここでは電子計算機による数値計算により堰の影響を調査することにした。

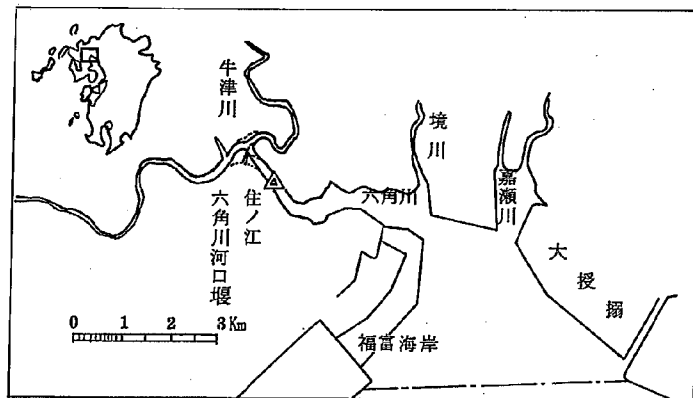


図-1 計算対象領域図

2. 計 算 方 法

(1) 基 礎 方 程 式

(a) 連 続 式

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0 \dots\dots\dots(1)$$

この式を平均流速を用いて書き表わすと、

$$\frac{\partial H}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} U (H - z) + \frac{\partial}{\partial y} V (H - z) = 0 \dots\dots\dots(2)$$

これを差分形式に書くと(図-2参照)、

$$\begin{aligned} & \frac{1}{\Delta t} (H_{i,j}^t - H_{i,j}^{t-1}) + \frac{1}{\Delta x} [U_{i-1,j}^{t-1} (H_{i-1,j}^{t-1} - Z_{i-1,j}) - U_{i+1,j}^{t-1} (H_{i+1,j}^{t-1} - Z_{i-1,j})] \\ & + \frac{1}{\Delta y} [V_{i,j+1}^{t-1} (H_{i,j+1}^{t-1} - Z_{i,j+1}) - V_{i,j-1}^{t-1} (H_{i,j-1}^{t-1} - Z_{i,j-1})] = 0 \dots\dots\dots(3) \end{aligned}$$

$H_{i,j}^t$ について解くと、

$$\begin{aligned} H_{i,j}^t &= H_{i,j}^{t-1} + [U_{i-1,j}^{t-1} (H_{i-1,j}^{t-1} - Z_{i-1,j}) - U_{i+1,j}^{t-1} (H_{i+1,j}^{t-1} - Z_{i-1,j})] \frac{\Delta t}{\Delta x} \\ &+ [V_{i,j+1}^{t-1} (H_{i,j+1}^{t-1} - Z_{i,j+1}) - V_{i,j-1}^{t-1} (H_{i,j-1}^{t-1} - Z_{i,j-1})] \frac{\Delta t}{\Delta y} \dots\dots\dots(4) \end{aligned}$$

水位の計算はこの(4)式を用いて行なう。

(b) 運 動 の 式

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} = X - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + \nu \nabla^2 u \dots\dots\dots(5)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + w \frac{\partial v}{\partial z} = Y - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} + \nu \nabla^2 v \dots\dots\dots(6)$$

$$\frac{\partial w}{\partial t} + u \frac{\partial w}{\partial x} + v \frac{\partial w}{\partial y} + w \frac{\partial w}{\partial z} = Z - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} + \nu \nabla^2 w \dots\dots\dots(7)$$

(7)式の左辺および右辺第3項は重力の加速度に比して小さいとみなして省略する。また、海底ま
さつを

$$\tau_b^x = \rho r^2 \sqrt{U^2 + V^2} \cdot U \dots\dots\dots(8)$$

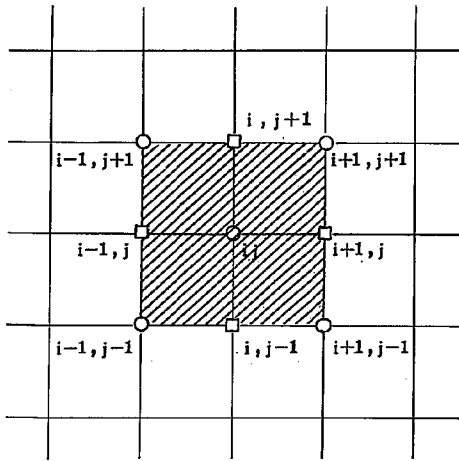


図-2 水位計算説明図

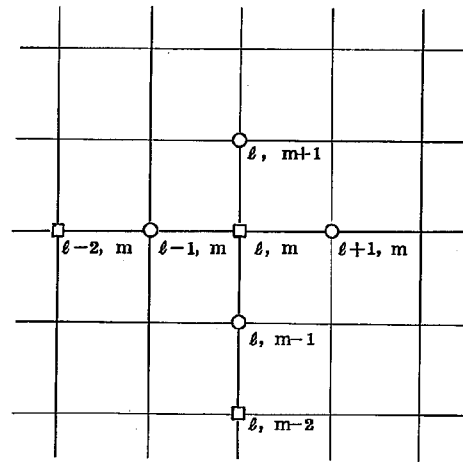


図-3 流速計算説明図

$$\tau \gamma = \rho r^2 \sqrt{U^2 + V^2} \cdot V \dots \dots \dots (9)$$

と仮定する。さらに、(5)、(6)式において、計算を簡単にするため、左辺の第3項、第4項を無視する。この場合このような省略は必ずしも適切ではないが、差分化した場合、時間項に比してその大きさは小さいので、結果に対する影響は小さいと考えられる。以上のような諸点を考慮して(5)~(7)式を水深方向に積分し、平均流速を用いて整理すると、運動の方程式はつぎのようになる。

$$\frac{1}{f} \frac{\partial U}{\partial t} + \frac{1}{2f} \frac{\partial U^2}{\partial x} + \frac{\partial H}{\partial x} + \frac{r^2}{f(H-z)} \sqrt{U^2 + V^2} \cdot U = 0 \dots \dots \dots (10)$$

$$\frac{1}{f} \frac{\partial V}{\partial t} + \frac{1}{2f} \frac{\partial V^2}{\partial y} + \frac{\partial H}{\partial y} + \frac{r^2}{f(H-z)} \sqrt{U^2 + V^2} \cdot V = 0 \dots \dots \dots (11)$$

差分形式に書き表わすと、(図-3 参照)

$$\begin{aligned} & \frac{1}{f \Delta t} (U_{l,m}^t - U_{l,m}^{t-1}) + \frac{1}{2f \Delta x} (U_{l+1,m}^{t^2} - U_{l-1,m}^{t^2}) + \frac{1}{\Delta x} (H_{l-1,m}^t - H_{l+1,m}^t) \\ & + \frac{r^2}{f} \frac{1}{(H_{l,m}^t - Z_{l,m})} \sqrt{U_{l,m}^{t^2-1} + V_{l,m}^{t^2-1}} \cdot U_{l,m}^t = 0 \dots \dots \dots (12) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \frac{1}{f \Delta t} (V_{l,m}^t - V_{l,m}^{t-1}) + \frac{1}{2f \Delta y} (V_{l,m-1}^{t^2} - V_{l,m+1}^{t^2}) + \frac{1}{\Delta y} (H_{l,m-1}^t - H_{l,m+1}^t) \\ & + \frac{r^2}{f} \frac{1}{(H_{l,m}^t - Z_{l,m})} \sqrt{U_{l,m}^{t^2} + V_{l,m}^{t^2}} \cdot V_{l,m}^t = 0 \dots \dots \dots (13) \end{aligned}$$

(12), (13)式は未知数 $U_{\ell, m}^t$, $V_{\ell, m}^t$ に関する2次方程式になっているので, $U_{\ell, m}^t$, $V_{\ell, m}^t$ について解くと,

$$U_{\ell, m}^t = -B - \sqrt{B^2 - C} \dots\dots\dots (14)$$

ここに,

$$B = - \left\{ \frac{dx}{dt} + \frac{r^2}{(H_{\ell, m}^t - Z_{\ell, m})} \sqrt{U_{\ell, m}^{t^2-1} + V_{\ell, m}^{t^2-1}} \cdot dx \right\} \dots\dots\dots (15)$$

$$C = - \left\{ -2U_{\ell, m}^{t-1} \cdot \frac{dx}{dt} + U_{\ell, m-2}^{t^2} + 2g(H_{\ell-1, m}^t - H_{\ell+1, m}^t) \right\} \dots\dots\dots (16)$$

$$V_{\ell, m}^t = -B' - \sqrt{B'^2 - C'} \dots\dots\dots (17)$$

ここに,

$$B' = - \left\{ \frac{dy}{dt} + \frac{r^2}{(H_{\ell, m}^t - Z_{\ell, m})} \sqrt{U_{\ell, m}^{t^2-1} + V_{\ell, m}^{t^2-1}} \cdot dy \right\} \dots\dots\dots (18)$$

$$C' = - \left\{ -2V_{\ell, m}^{t-1} \frac{dy}{dt} + V_{\ell, m-2}^{t^2} + 2g(H_{\ell, m-1}^t - H_{\ell, m+1}^t) \right\} \dots\dots\dots (19)$$

x 方向および y 方向の流速はそれぞれ(14)および(17)式で計算される。

(12), (13)式は2次方程式であるから, 一般に2根をもつが, ここではそのうちの小さい方を採用している。その判別はつぎのようにして行なつた。

(12)式を $U_{\ell, m}^t$ について整理し, $U_{\ell, m}^{t^2}$ の係数で両辺を割ると,

$$U^2 + 2BU + C = 0 \dots\dots\dots (20)$$

となる。これは図-4において, y 軸と交わる点の座標がCで, 下に凸の放物線である。ここで係数Bは(15)式から必ず負であるから, 曲線の頂点のx座標は必ず正すなわちy軸より右側にある。(12)式において比較的小さいと考えられる左辺第2項を無視した式を考えると, これは一次方程式となり, その答は(20)式にCで接する直線がx軸と交わる点である。これから, (20)式の根のうち正しいものは一次方程式の根と大差ないと考えると, 図-4からわかるように,

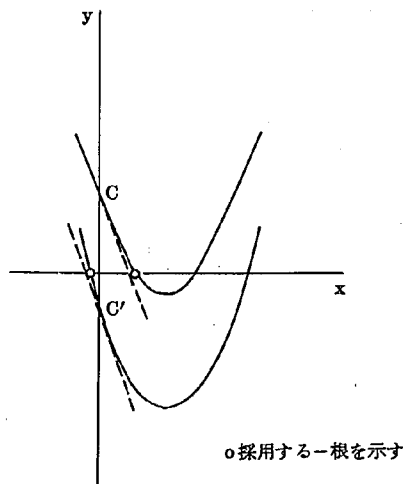


図-4 根の判別説明図

2 根のうち小さい方をとればよい。

すなわち

$$C > 0 \text{ のとき } U > 0 \text{ で, } U = -B - \sqrt{B^2 - C}$$

$$C < 0 \quad U < 0 \quad U = -B - \sqrt{B^2 - C}$$

$$C = 0 \quad U = 0 \quad U = -B - \sqrt{B^2 - C}$$

となり、結局 C の値いかにかわらず $-B - \sqrt{B^2 - C}$ を採用すればよいことがわかる。 V の場合も同様である。

(2) 数 値 計 算 の 原 理

(a) 水 位 の 計 算

(4)式における格子点 (i, j) (図-2 参照) の時刻 t における水位 H_{ij}^t は同点における時刻 $t-1$ における水位 H_{ij}^{t-1} およびそのまわりの4点 $\{(i-1, j), (i+1, j), (i, j-1), (i, j+1)\}$ の時刻 $t-1$ における流速 U, V が与えられると(4)式から計算される。この式は、図-2で斜線で示した部分に出入する水量の増減が (i, j) 点の水位を決めることを示している。

この計算に必要な流速点における水位は、流速に直角方向の左右の水位点の平均とした。すなわち、

$$H_{i+1, j} = \frac{1}{2} (H_{i+1, j+1} + H_{i+1, j-1}) \dots\dots\dots (21)$$

$$H_{i, j+1} = \frac{1}{2} (H_{i-1, j+1} + H_{i+1, j+1}) \dots\dots\dots (22)$$

$$H_{i-1, j} = \frac{1}{2} (H_{i-1, j+1} + H_{i-1, j-1}) \dots\dots\dots (23)$$

$$H_{i, j-1} = \frac{1}{2} (H_{i+1, j-1} + H_{i-1, j-1}) \dots\dots\dots (24)$$

(b) 流 速 の 計 算

図-3において、格子点 (ℓ, m) の時刻 t における流速は(14), (17)式から計算される。(14)式中 $H_{\ell, m}^t, U_{\ell, m}^{t-1}, V_{\ell, m}^{t-1}, U_{\ell-2, m}^t$ などは既知の量であり、また、 $U_{\ell-2, m}^t$ は $U_{\ell, m}^t$ の一つ前の値なので、これもやはり既知である。(17)式についても同様に計算される。

(c) 水 位 の 平 均 化

以上のようにして、水位と流速とを交互に計算してゆくと、つぎのような問題が生ずる。図-5において、水位 $H_{i+1, j+1}$ および $H_{i+2, j+2}$ を求めるときに用いる流速に注目してみる。 $H_{i+1, j+1}$ を計算するには、 $U_{i, j+1}, U_{i+2, j+1}, V_{i+1, j}, V_{i+1, j+2}$ を用いる。一方となりの線の

$H_{i+2, j+2}$ を求めるには $U_{i+1, j+2}$, $V_{i+2, j+1}$, $V_{i+2, j+3}$ を用いる。これからわかるように、ななめに隣り合った水位を比べてみると、それらを求めるにあたつて共通した流速成分はない。換言すると、隣り合った線上の水位は互いに平均化の作用がない。

一方、同一線上の $H_{i+1, j+1}$ と $H_{i+3, j+1}$ とは $U_{i+2, j+1}$ という共通の流速で結ばれており、互いに影響しあっている。実際に試算してみたところ、1線毎に交互に高低のある水位が計算され、全体的になめらかな水平面にならなかった。そこでこれを避けるため、1ステップ水位を計算することに次式を用いて平均化した。

$$H_{i+1, j+1} = \frac{1}{n+4} (nH_{i+1, j+1} + H_{i, j} + H_{i+2, j+2} + H_{i, j+2})$$

この式で n を 2, 4, 6 として試算を行なつたところ、従来用いられているように、4程度の値が適当と考えられたので、ここでは4を用いて水位を平均化した。

(d) 計算の手順

1) 図-6のように、計算対象領域を格子でおおい、格子上に水位点(水位を求める点)および流速点(流速を求める点)を交互にとる。これらの点のうち、沿岸の流速点をとくに沿岸点、外海の潮位を与える湾口点と名づける。

2) 海底高を水位点で与える。

3) 境界条件としては沿岸点において常に $U = V = 0$ とする。湾口点においては外海の潮位変化を与える。

4) 初期条件としては、全ての流速点にお

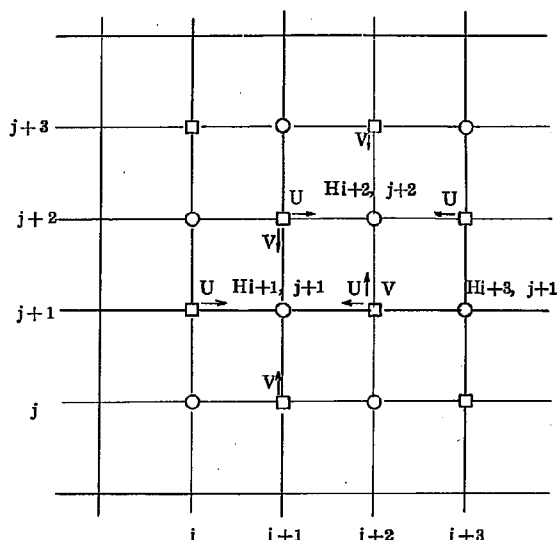


図-5 水位の平均化説明図

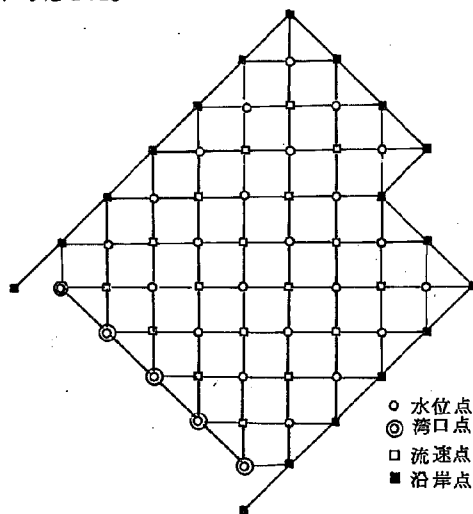


図-6 計算用格子図

いては、計算開始時の外海の潮位を与える。

5) (4)式を用いて全水位点の水位 H_{ij}^t を計算する。この場合、時刻 $t-1$ における値は初期条件として与えられている。

6) (4)および(7)式を用いて全流速点の流速を計算する。

7) 湾口点における潮位を1ステップ(Δt)進んだ値に与え直す。

8) (4)式を用いて H_{ij}^t を計算する。この場合、時刻 $t-1$ における値は1ステップ前で計算した値を用いる。

9) (4), (7)式を用いて $U_{l.m}^t, V_{l.m}^t$ を計算する。

10) 以下同様にして計算をくり返し進める。

11) なお、河川内の計算は、(4), (4), (7)式を一次元に書き直した式を用いる。

3. 計 算 条 件

計算ケースは表-1のとおりである。ケース1~4の領域を図-7に示す。ケース1は大潮で水門を開いた場合、ケース2は同じく水門を閉じた場合である。ケース3, 4は同領域で小潮の場合である。ケース5, 6は計算範囲の影響をみるため、領域を図-8のように拡大したもので、それぞれ水門を開いた場合、閉じた場合に相当する。

表-1 計算ケース

ケース番号	潮 汐	堰の有無	計算領域
1	大 潮	無	小
2	〃	有	小
3	小 潮	無	小
4	〃	有	小
5	大 潮	無	大
6	〃	有	大

格子の大きさ($\Delta x, \Delta y$)および計算の時間間隔(Δt)は計算の安定度、費用などに大きな影響をもつものであるが、ここでは、 $\Delta S / \Delta t > \sqrt{2gh_{\max}}$ の関係を参照して

$$\Delta S = \Delta x = \Delta y = 600 \text{ m}$$

$$\Delta t = 30 \text{ sec}$$

と定めた。なお、 $h_{\max}$ は領域中の最大水深である。

この計算で問題にしているのは、河口堰の開および閉時における入退潮量の相異による沿岸流の変化であるから、計算を簡単にするため、六角川は長方形の断面をもつものとして取り扱い、嘉瀬川は河川内に入り得る潮量と同じ貯留量をもつ小湾としてあらわした。

海中にあるみおすじの幅、位置、海底高は現地とは若干異なっている。幅は格子の大きさから定め、位置および海底高は計算の便宜上異なつた値を与へた。なお、みおすじのみでなく、他の部分の海底高も現地より若干低くした。

湾口で与へる潮位曲線は、ケース1, 2, 5, 6では現地における海中部の流向、流速の実測結果がある昭和42年5月23日、24日の河口における実測結果を少し修正したものを用いた。(図-9参照)

また、ケース3, 4では図-10のような潮位曲線を用いた。

(4)、(7)式における抵抗係数は $r = 0.0026$ とした。この値は水深によつて異なるが、マンニングの粗度係数にして $n = 0.03$ 程度に相当する。本計算の前に種々の試算を行なつたが、抵抗項の分母

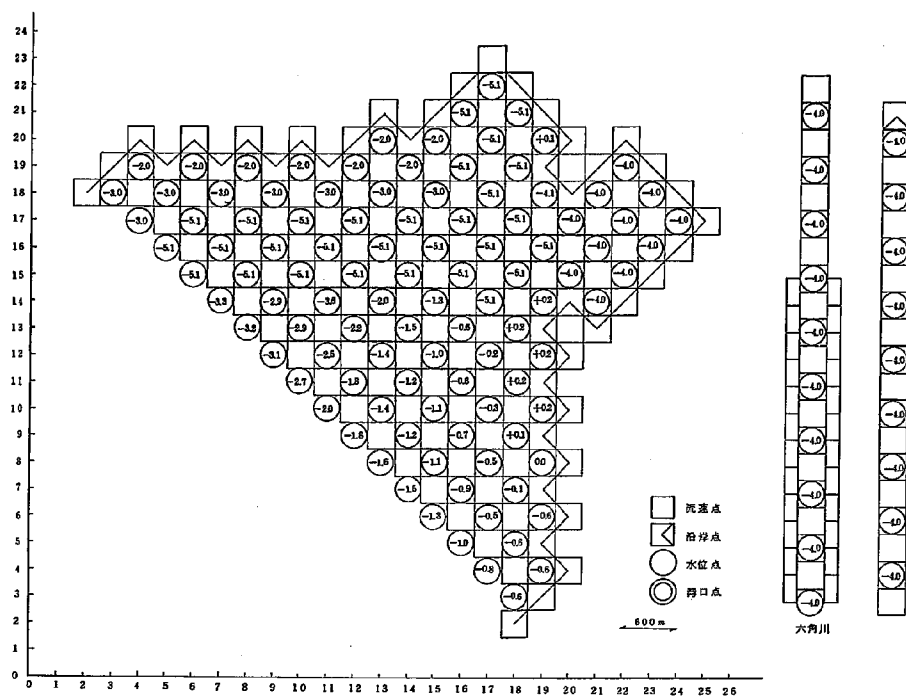


図-7 格子で区切られた計算領域および海底高（領域小）

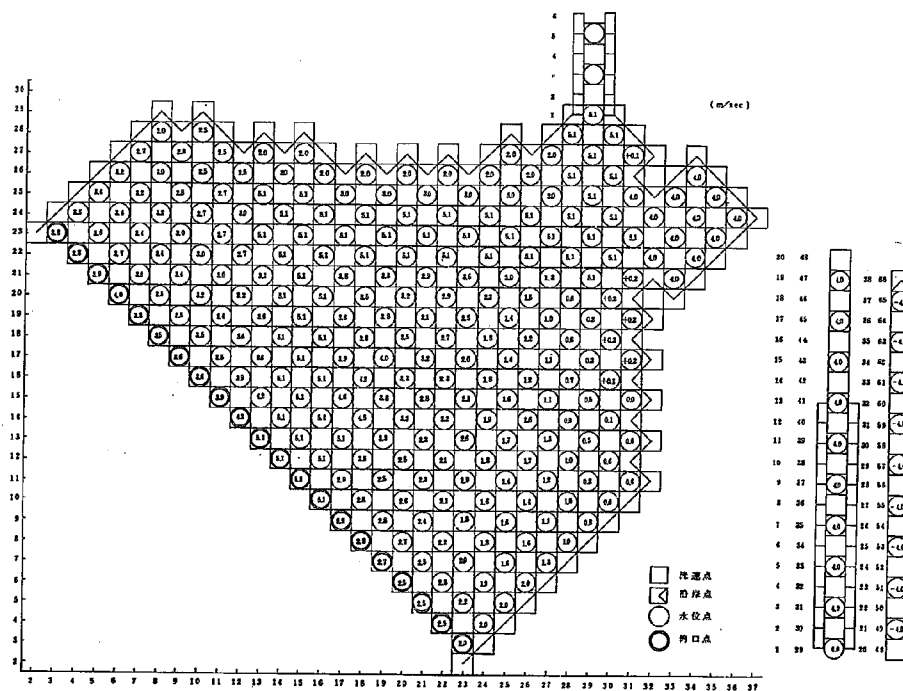


図-8 格子で区切られた計算領域および海底高（領域大）

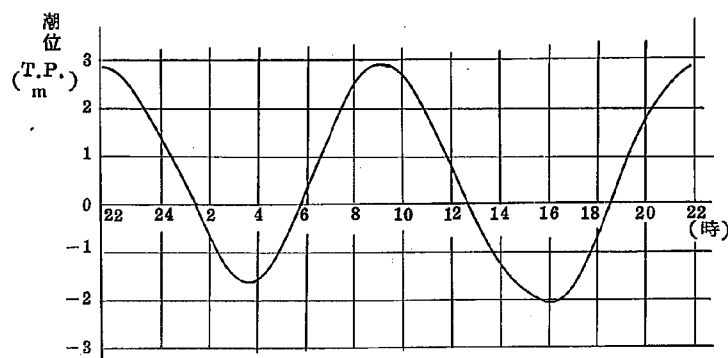


図-9 湾口に与えた潮位曲線 (昭和42年5月23, 24日 大潮)

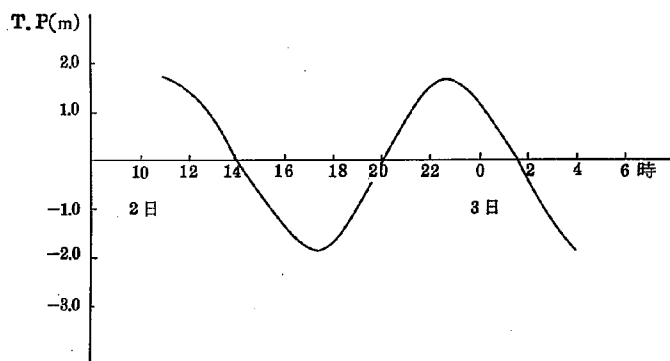


図-10 湾口に与えた潮位曲線 (昭和43年1月2日~3日 小潮)

に水深が入っているため、水位が下つてくると抵抗が大きくなり、湾口点と河口点との間にかなりの水位差を生じた。このため、抵抗係数を小さくすることを考えたが、こうすると、計算不安定が起り易く、計算がうまく進まないで、結局抵抗係数はそのままにし、先にのべたように海底高を実際より低くして計算を進めることにした。

計算領域内で潮位が下つてくると、水深が0となる区域がある。水深が0になると理論上計算が不可能になるので、計算を可能にするため、0.05mの水深を残して計算を進めた。すなわち、
 $(H - Z) \leq 0.05 \text{ m}$ 以下になると、 $\bar{U} = \bar{V} = 0$, $H = Z + 0.05$ とした。

4. 計算結果およびその検討

(1) 計算値と実測値との比較

住之江地点における実測潮位と計算潮位とを比較すると図-11のとおりである。振幅は両者はほぼ同程度であるが、計算値の方が全体的に若干高い値となつている。

流速について比較した結果は図-12および表-2のとおりである。図-12は住之江地点における流量の比較結果であるが、計算値は全般的に実測値より大きく、とくに入潮時の流量差が大きくあらわれている。海の部分については表-2のように、実測の流速値が計算値よりかなり大きい。これは湾口と河口との水位差があまり大きくならないように、全般的に海底を下げたためである。

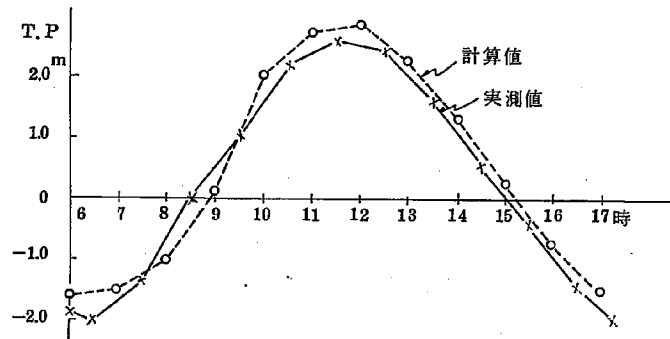


図-11 実測潮位と計算潮位の比較(住之江)

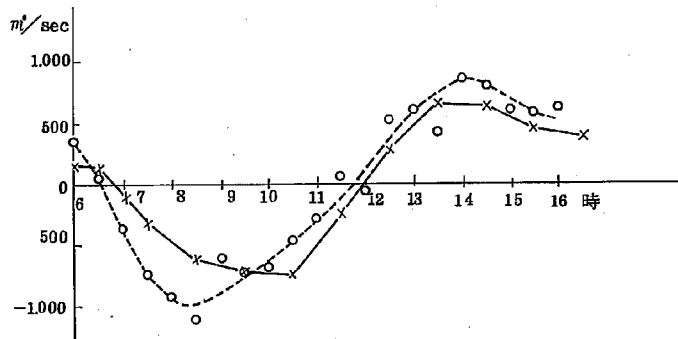


図-12 実測流量と計算流量との比較(住之江)

表-2 実測流速と計算流速との比較(沿岸部)

格子点	潮流の状況	実測値	計算値
7. 15	入潮	0.4 m/s	0.215 m/s
11. 11	〃	0.5	0.214
14. 8	〃	0.4	0.162
6. 16	退潮	0.7	0.254
12. 10	〃	0.7	0.299

以上の比較からわかるように、実測値と計算値との一致の程度はあまり良いとはいえないが、堰の設置による相対的な変化をしらべることは十分可能であると考えられる。

(2) 大潮時(領域小, ケース1, 2)

大潮時の計算結果を図-13~16および付図-1~15に示す。図-13は入潮時で水門を開いた場合と閉じた場合の各点における流速ベクトルを示したものである。これによると河口付近の数点を除いては、両者の流速の差は極めて小さく、水門を閉じたことによる流入量の減少は海の中ではごくわずかであることが推察される。図-14はこの点をさらに明瞭にしたもので、締切後の流速と現状における流速との比を各点ごとに求めたものである。河口付近の〔17, 21〕の点では、その比は0.405となつてゐるが、そこから1.2 Km離れた〔17, 17〕では0.865で15%程度小さくなるにすぎない。流速比が0.8以下の点は78点中8点にすぎず、大部分の点で0.85~0.95の範囲にある。

図-15は退潮時の流速ベクトルを示したものであり、図-16は流速比を計算したものである。全般的な傾向は入潮時の場合と同様である。流速差は一般に小さく、流速比が0.8以下の点は9点で、大部分は0.9以上の値となつてゐる。

表-3は各点における流速比を3段階にわけ、各段階に属する流速比の数をしらべたものである。これによると、流速比が0.8以下となる点の数は、特殊な例を除いて、全流速点の10%以下であることがわかる。8.30時の場合はとくに0.9以下の値が多くなつてゐるが、これは潮流の停止時に近く流速の絶対値は小さいので問題は少ないと考えられる。

この場合水位に関してはあまり問題はないが、参考のために、河口部および住之江地点の堰設置前後の水位を示すと、図-17のとおりで両者にほとんど差のないことがわかる。また、湾口点の潮位と比較してもその差は小さい。

表-3 各時刻における流速比の分布状況(ケース1, 2)

() の数字は格子点の総数に対するパーセント

時刻 流速比	h m 5.30	6.30	7.30	8.30	9.30	10.30	11.30	12.30	13.30	14.30	15.30	16.30	17.30	18.30	19.30	
0.8以下	4	5	7	19	8	5	4	6	9	5	1	0	0	7	6	
0.8~0.9	16 (22%)	8 (10)	0	32 (41)	18 (28)	14 (18)	11 (16)	6 (8)	13 (18)	7 (10)	6 (9)	3 (4.5)	1 (1.5)	19 (26)	1 (1.3)	平均 15%
0.9以上	53	65	71	27	52	59	63	65	50	56	62	63	67	47	71	

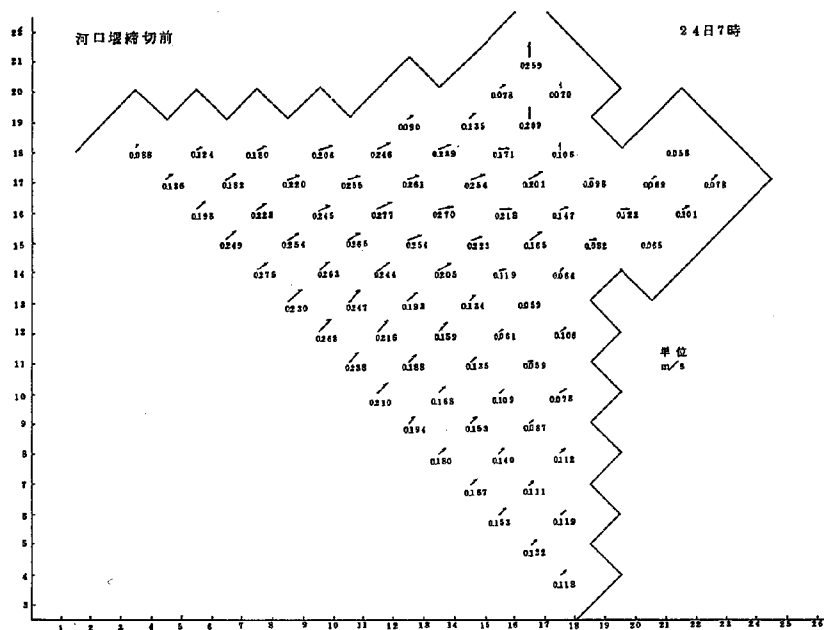


図-13-1 各点における流速ベクトル

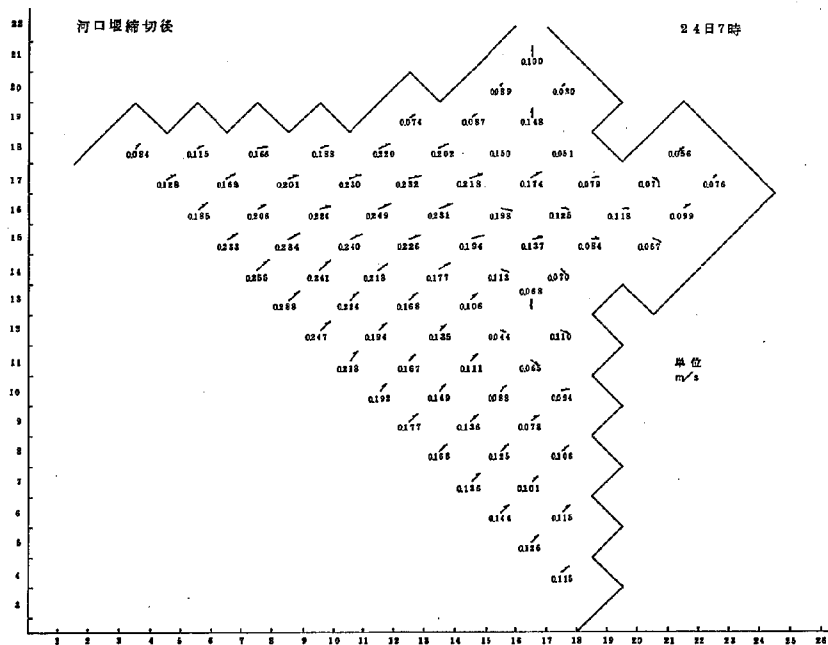


図-13-2 各点における流速ベクトル

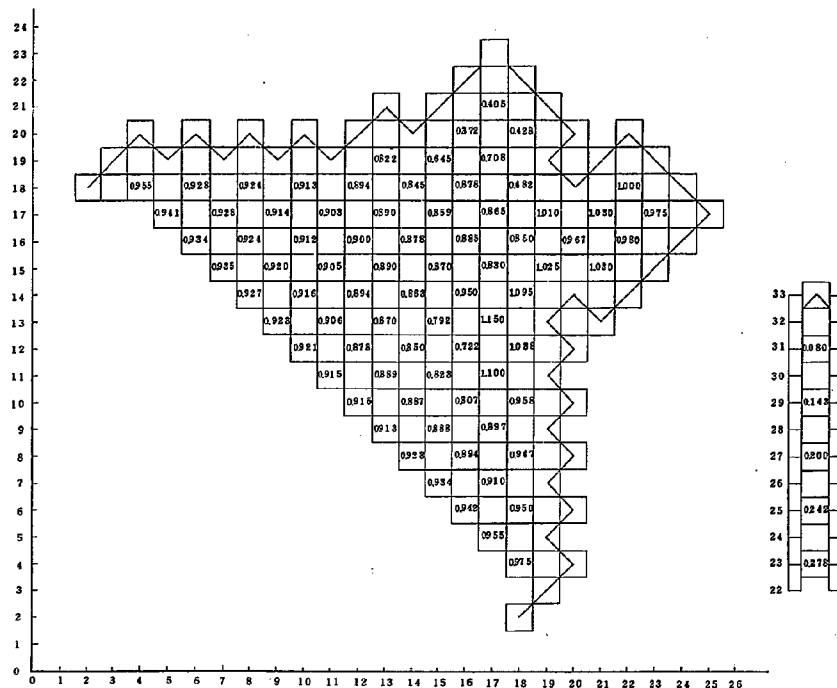


図-14 各点における流速比(大潮, 7時)

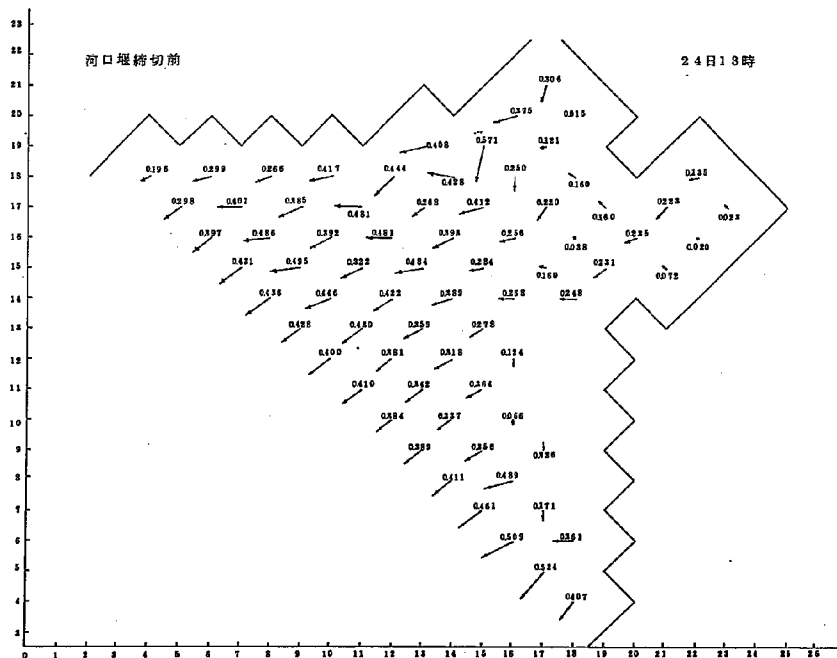


図-15-1 各点における流速ベクトル

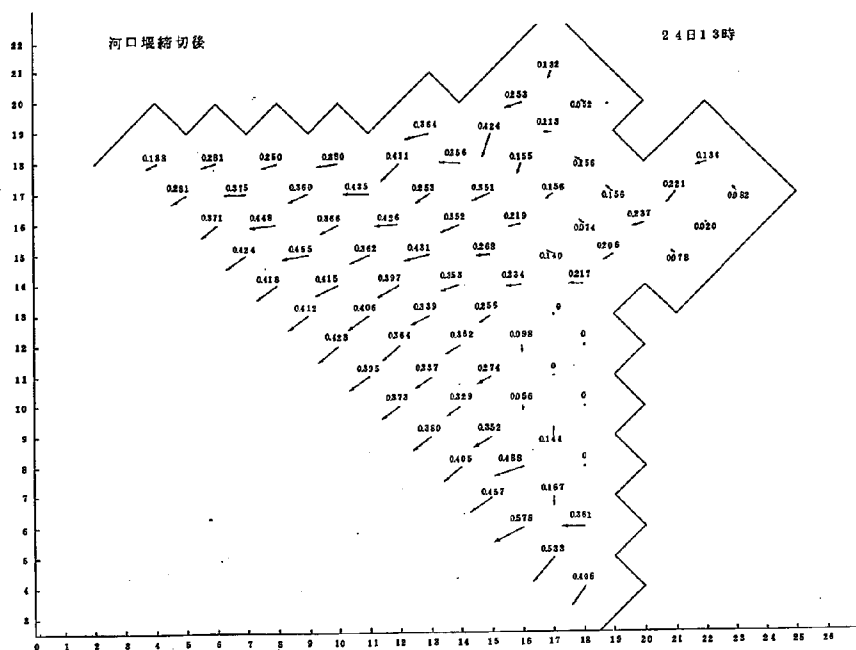


図-15-2 各点における流速ベクトル

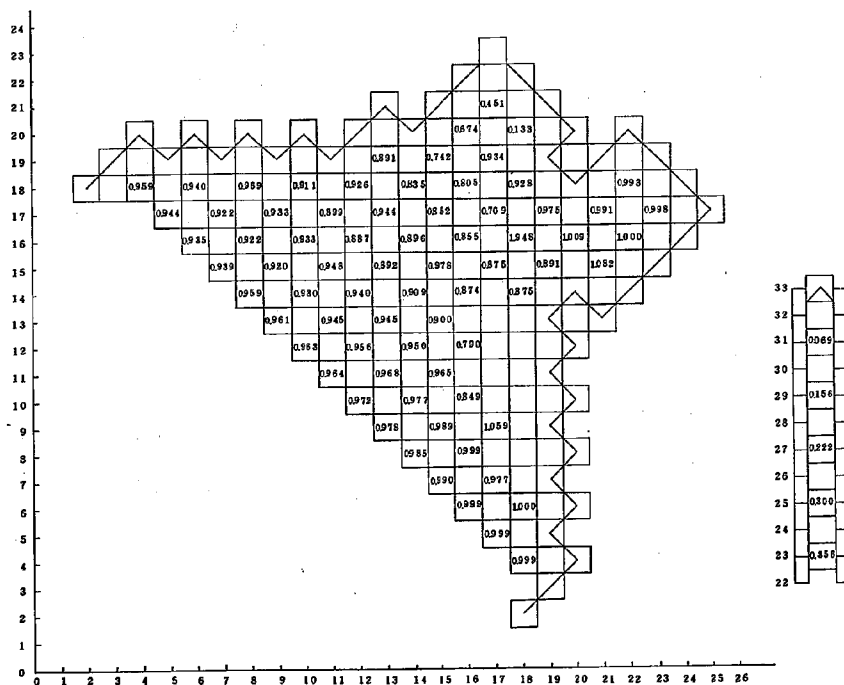


図-16 各点における流速比(大潮, 13時)

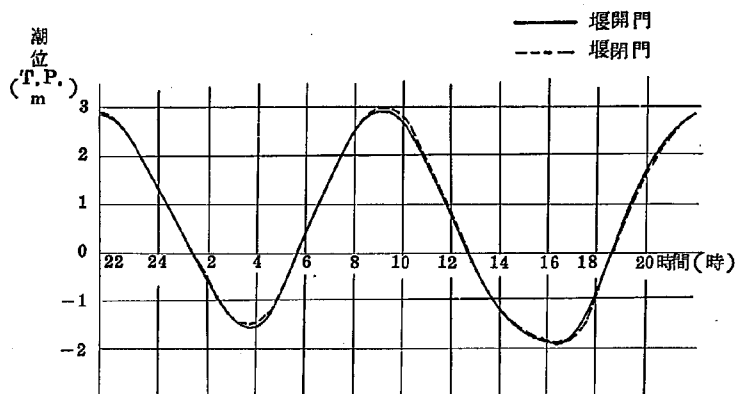


図-17(a) 堰開および閉時に於ける潮位の比較(六角川河口地点)

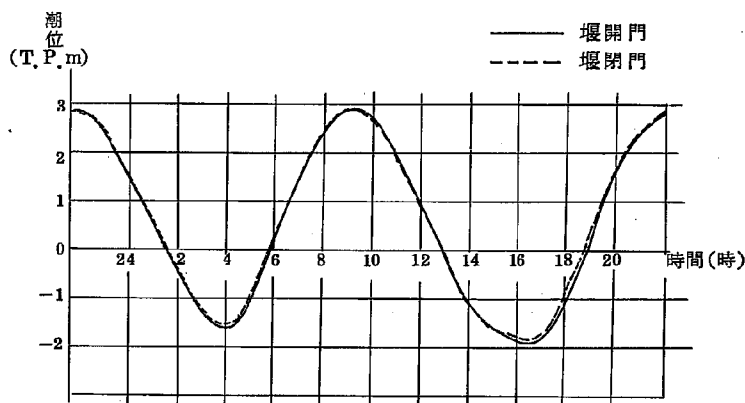


図-17(b) 堰開および閉時に於ける潮位の比較(住之江地点)

(3) 小潮の場合(ケース3, 4)

ケース3, 4の計算結果を図-18~19および付図-16~26に示す。図-18~19は入潮時および退潮時における各点の流速および流速比を例示したものである。これらによると、一般的な傾向は大潮の場合と同様である。流速比が0.8以下の点は、図-18では4点、図-19では3点にすぎず、両者とも大部分の点で流速比は0.9以上である。ケース1, 2の場合と同様に、流速比の分布状況を各時刻毎にしらべてみると表-4のとおりである。これによれば、上に例示したものとほぼ同じ傾向にあることが認められよう。3日0時の場合例外的であるが、ケース1, 2と同様潮流の停滞時に当つていて流速は小さい。

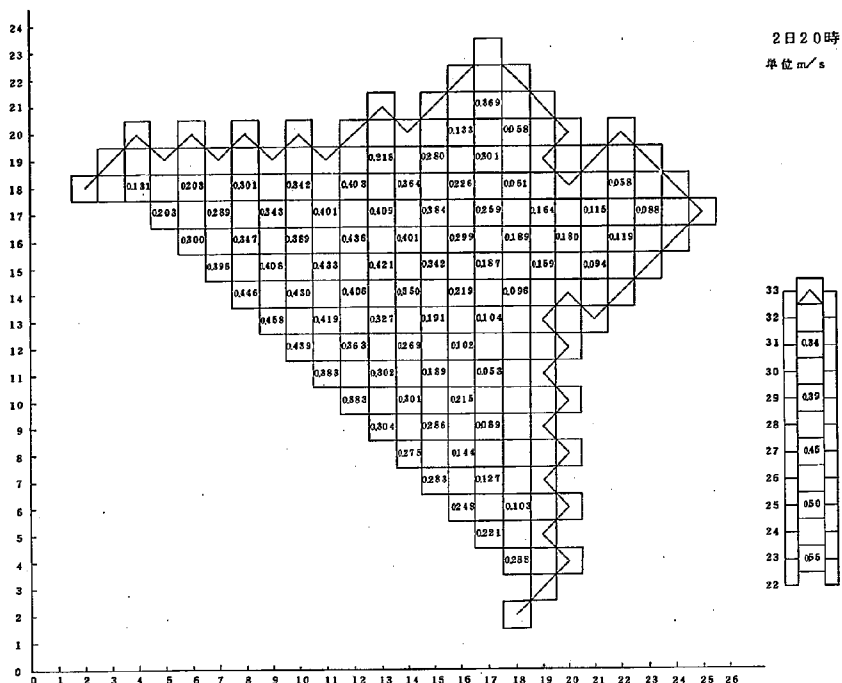


図-18-1 各点における流速(小潮, 縮切前)

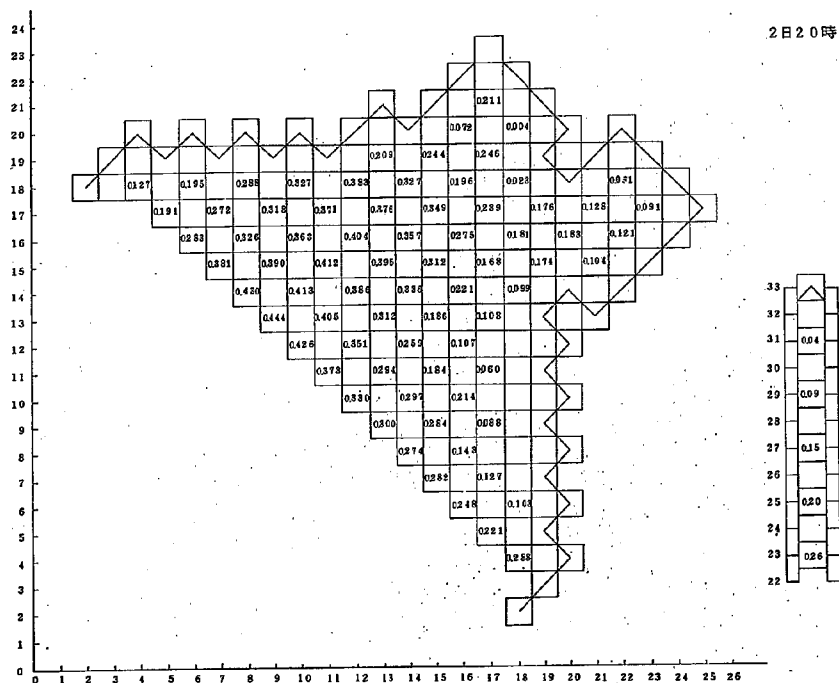


図-18-2 各点における流速(小潮, 縮切後)

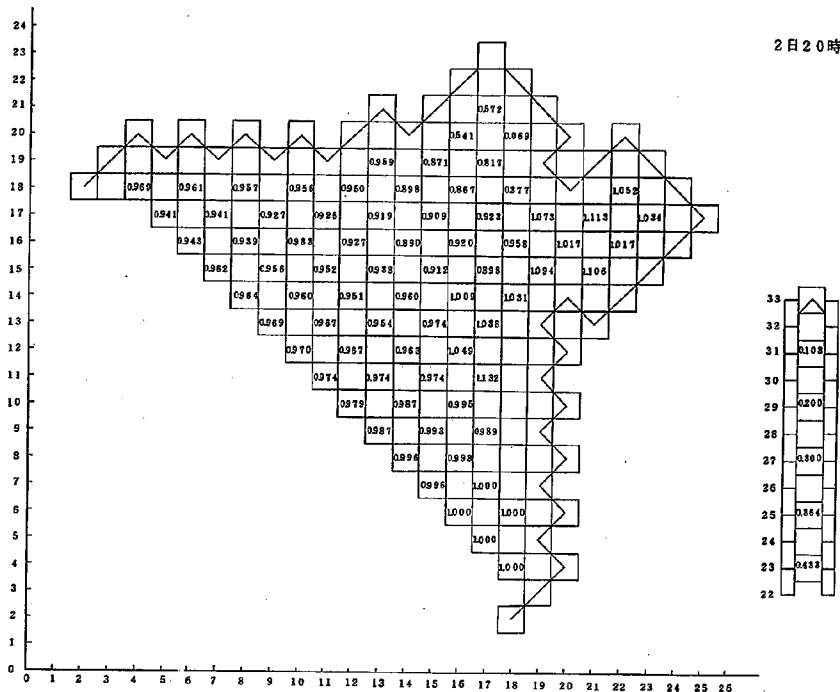


図-18-3 各点における流速比(小潮)

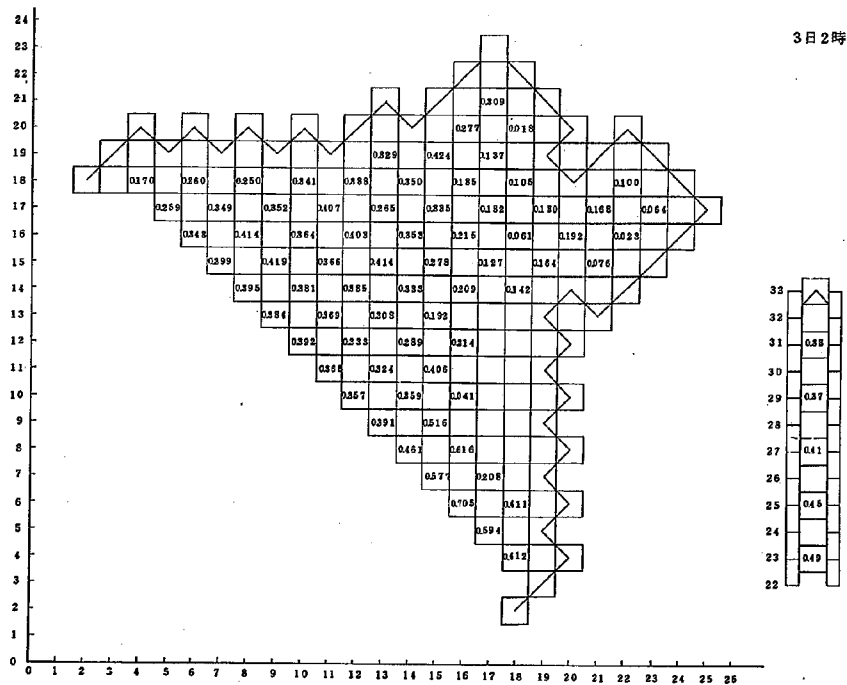


図-19-1 各点における流速(小潮, 締切前)

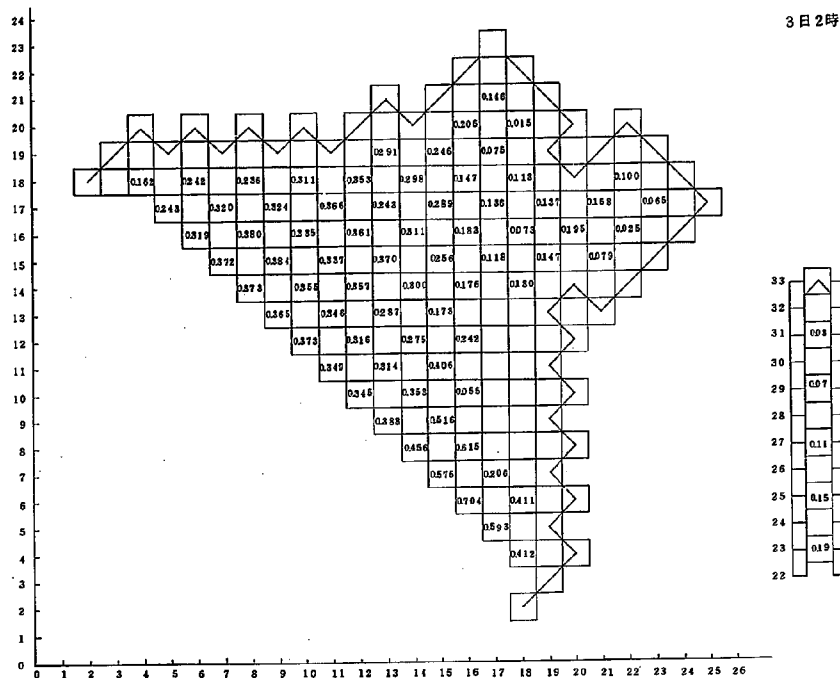


図-19-2 各点における流速(小潮, 縮切後)

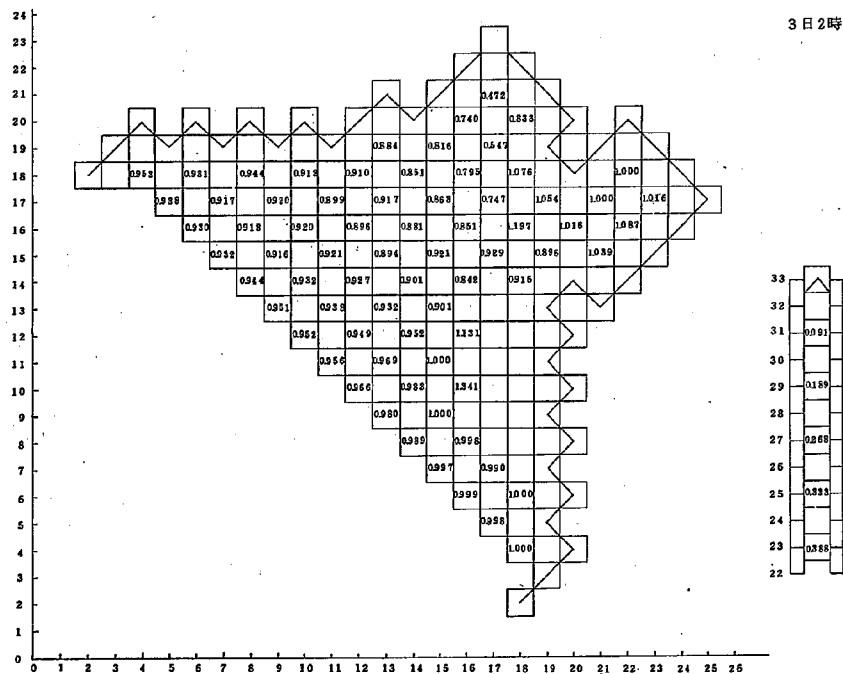


図-19-3 各点における流速比(小潮)

表-4 各時刻における流速比の分布状況(ケース3,4)

()の数字は格子点の総数に対するパーセント

時刻 流速比	2日 15時	16	17	18	19	20	21	22	23	3日 0	1	2	3
0.8以下	8	3	4	6	5	4	4	10	21	35	3	5	2
0.8~0.9	12 (17%)	7 (10)	4 (6)	2 (3)	21 (30)	6 (8)	3 (4)	26 (33)	15 (19)	30 (39)	7 (9)	12 (17)	5 (7)
0.9以上	52	60	60	61	44	65	71	42	42	13	68	55	63

平均
13.5%

(4) 計算領域を拡げた場合(ケース5,6)

ケース5,6の計算結果を図-20~21および付図-30~45に示す。図-20~21は各点の流速および流速比を例示したもので、付図 および 図-20~21は同一条件で領域のみ拡大したものである。両者を対比すると、ケース5,6の方が若干影響域が広いようである。

表-5は各時刻毎の流速比の分布状況であるが、表-3と対比してみると、0.8~0.9の範囲の値が多くなっている。しかし、極端な場合を除いて、0.85以下のものは少なく、全般的な傾向としては、堰の影響は小さいといえよう。10時30分の場合、0.8以下の領域がかなり大きい、前にも述べたように、この場合は潮流の停滞時で流速の絶対値は小さい。

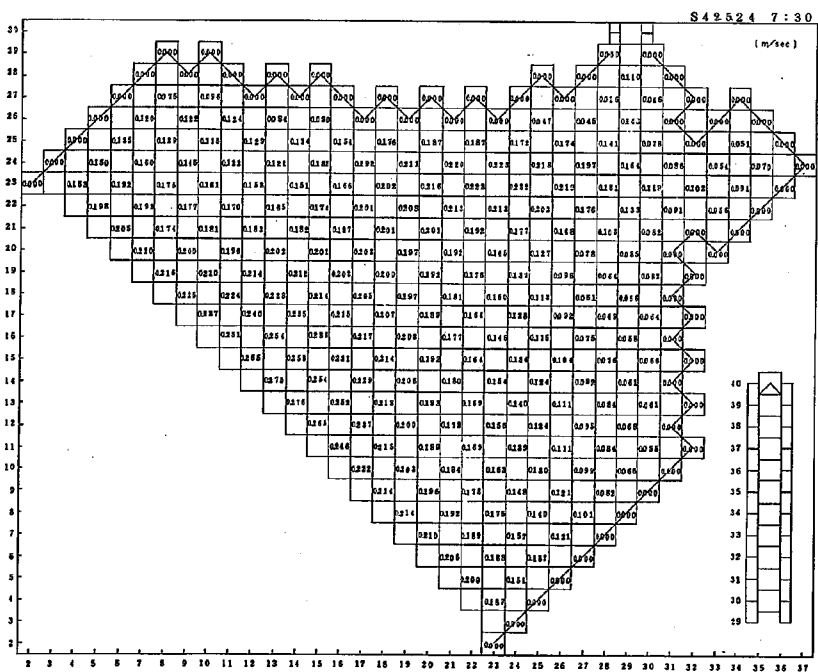
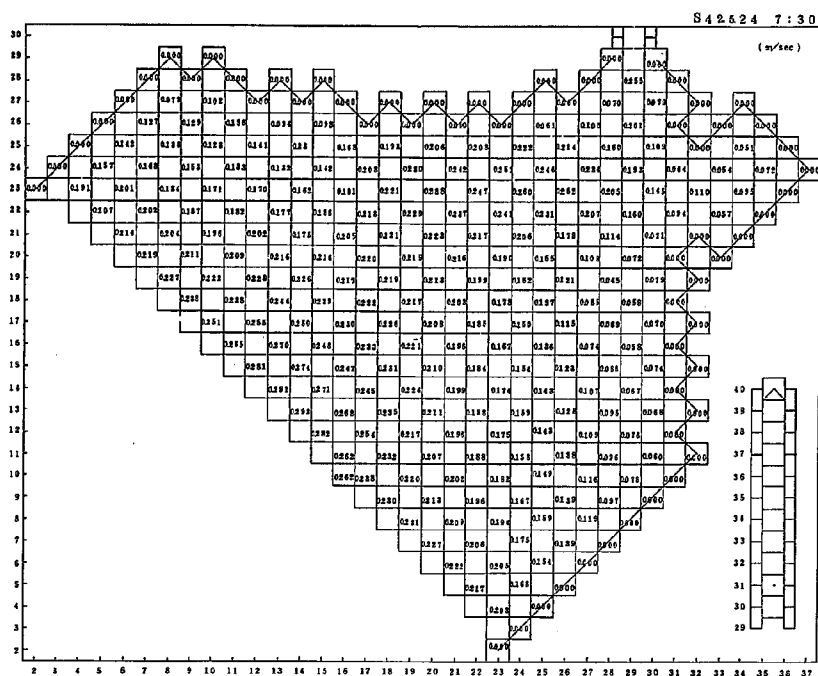
表-5 各時刻における流速比の分布状況(ケース5,6)

()の数字は格子点の総数に対するパーセント

[]の数字は0.85以下の流速比の格子点数

時刻 流速比	h m 5.30	6.30	7.30	8.30	9.30	10.30	11.30	12.30	13.30	14.30	15.30	16.30	17.30	18.30	19.30
0.8以下	2	6	10	30	4	91	5	6	8	6	4	2	0	7	6
0.8~0.9	[5] 24 (11.5%)	[7] 25 (11.5)	[12] 68 (32)	[30] 80 (37)	5 (2)	[62] 116 (54)	[12] 128 (60)	11 (5)	[4] 22 (10.5)	8 (4)	4 (2)	3 (1.5)	1 (0.5)	[12] 36 (17)	[1] 17 (8)
0.9以上	182	184	137	105	206	8	82	198	180	190	192	193	204	165	192

平均
17%



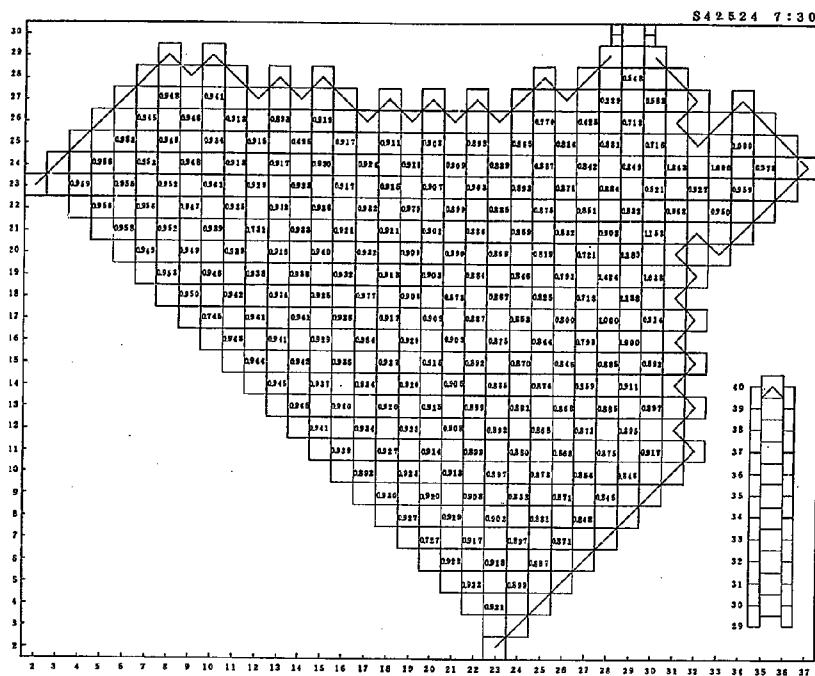


図-20.3 各点における流速比(大潮, 領域大)

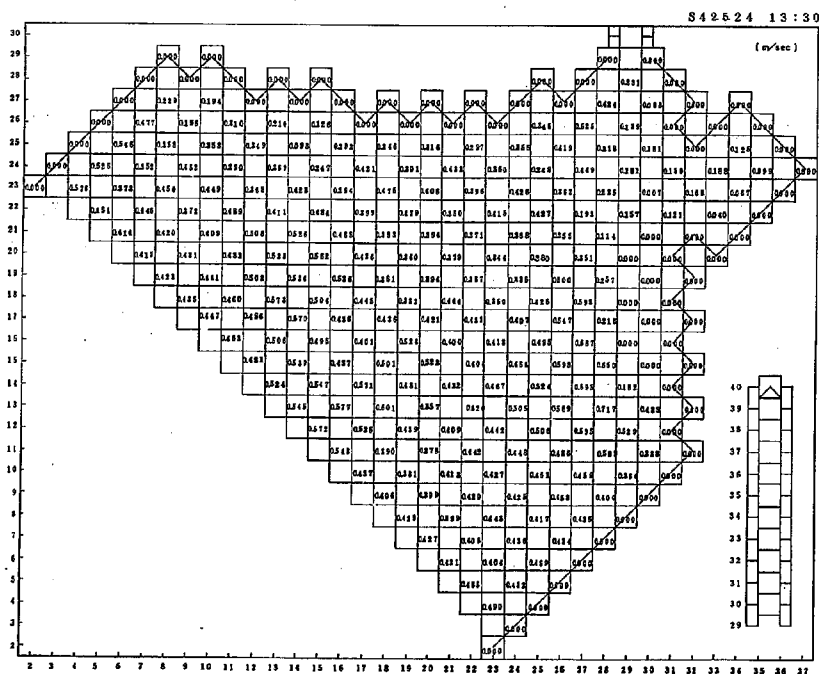


図-21.1 各点における流速(大潮, 縮切前, 領域大)

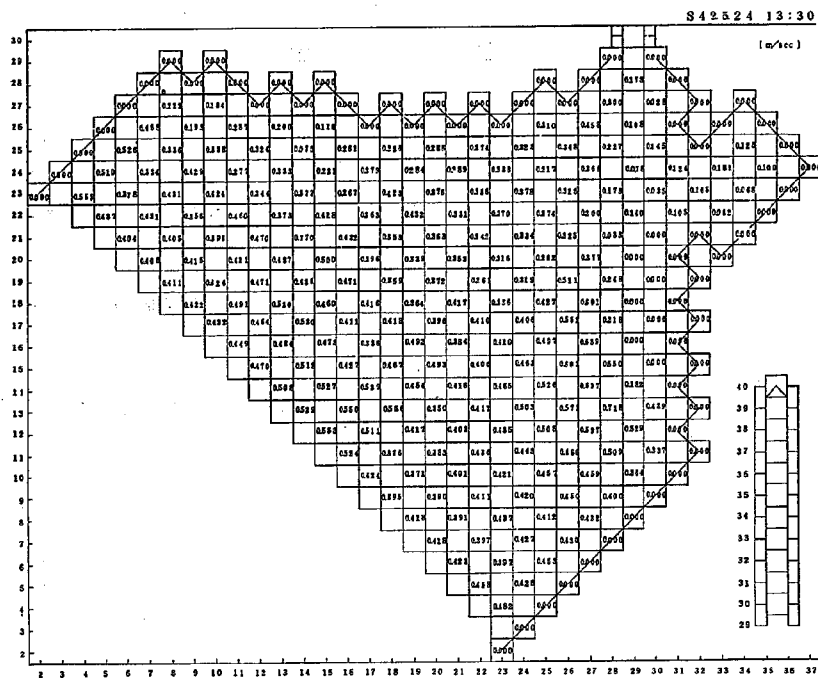


図-2.1.2 各点における流速(大潮, 締切後, 領域大)

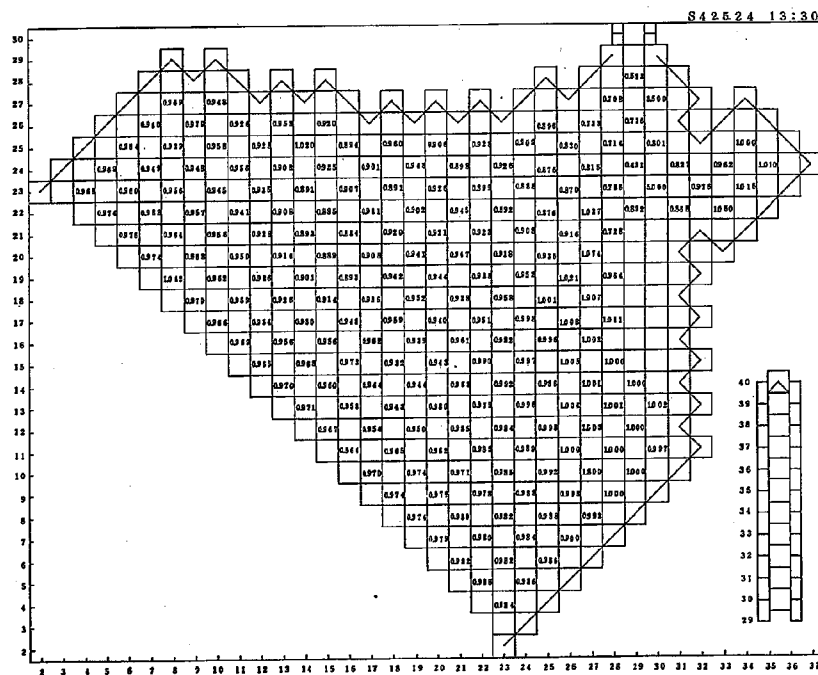
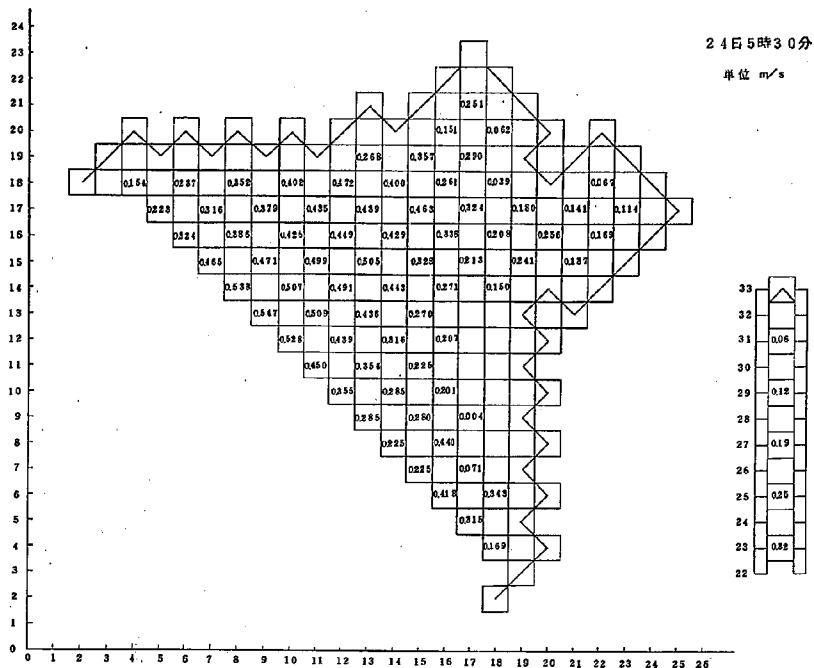


図-2.1.3 各点における流速比(大潮, 領域大)

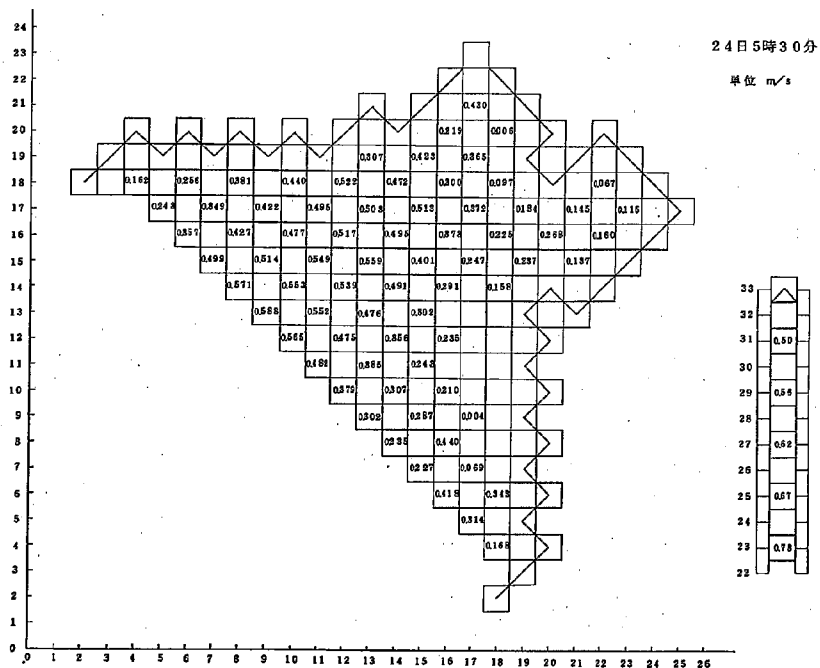
5. 結 論

以上のべてきたことからわかるように、境界条件が複雑なため、正確な計算を行なうことはできなかったが、堰の沿岸流に及ぼす影響はおおよそ把握されたものと考えられる。一般的な傾向を列挙するとつぎのとおりである。

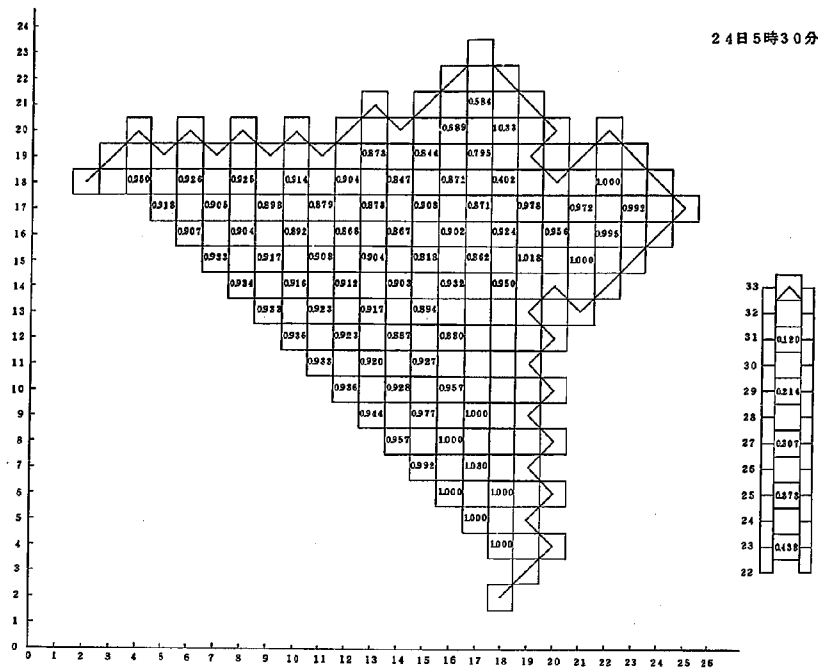
- (1) 河口堰による入退潮量の減少が沿岸流に及ぼす影響は小さく、計算領域の大部分の領域で、流速の減少は10以下である。
- (2) 20%をこえる流速の変化は、河口部の極めて狭い範囲に止まるが、10~20%変化する領域は計算領域の15%程度の範囲であると考えられる。
- (3) 潮汐の大小による差はほとんどない。
- (4) 領域の大小による差は若干認められ、ケース5, 6の方が一般に0.8~0.9の領域が大きいようである。



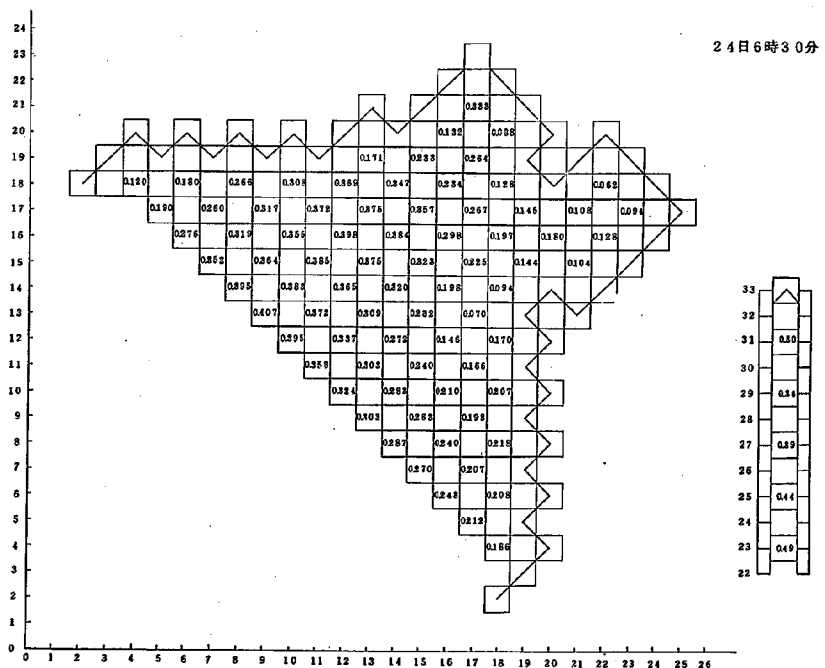
付図-1.1 各点における流速（大潮，締切前）



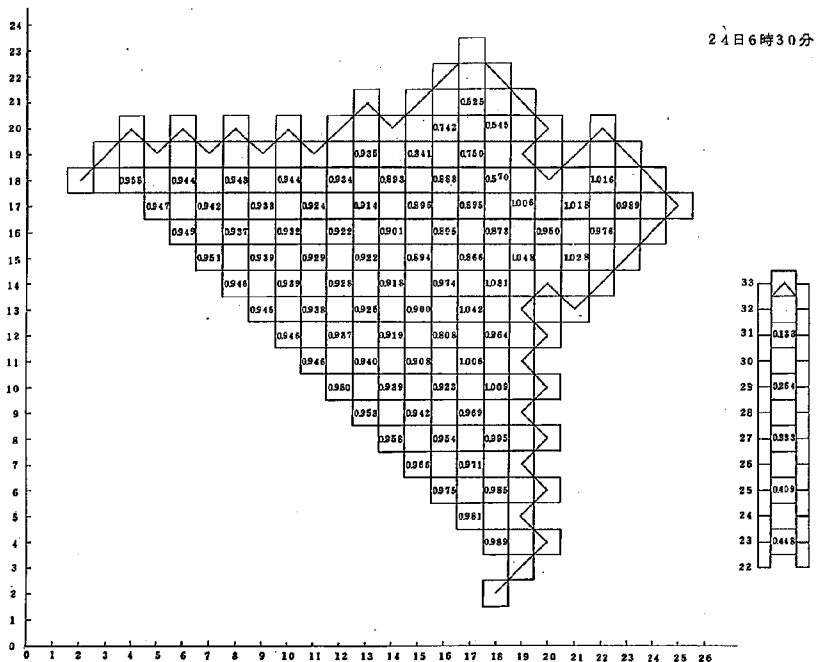
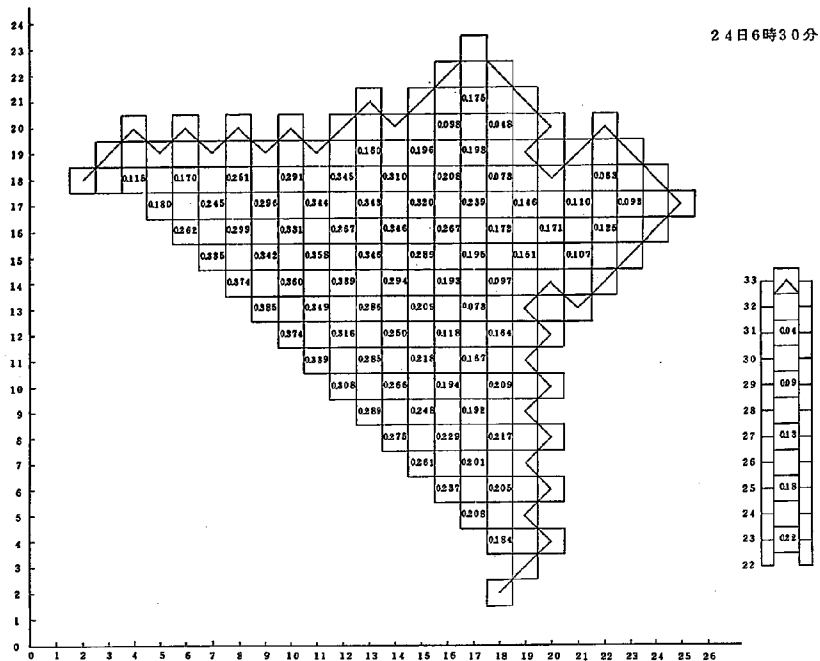
付図-1.2 各点における流速（大潮，締切後）

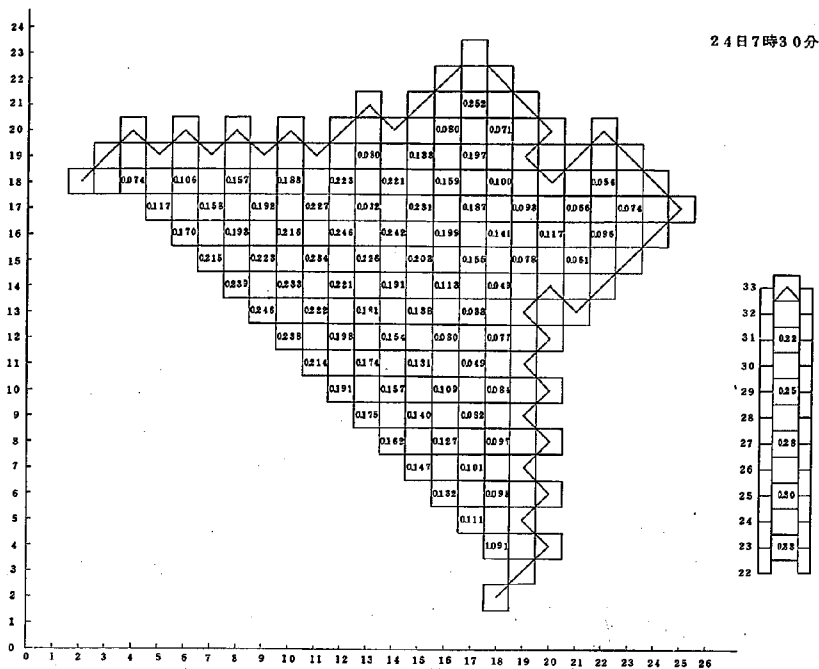


付図-1.3 各点における流速比(大潮)

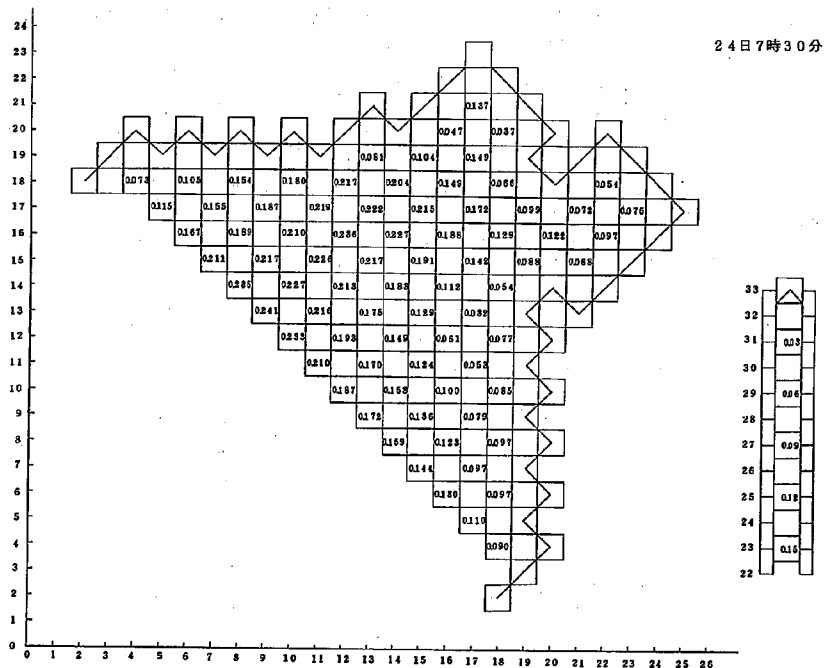


付図-2.1 各点における流速(大潮, 締切前)

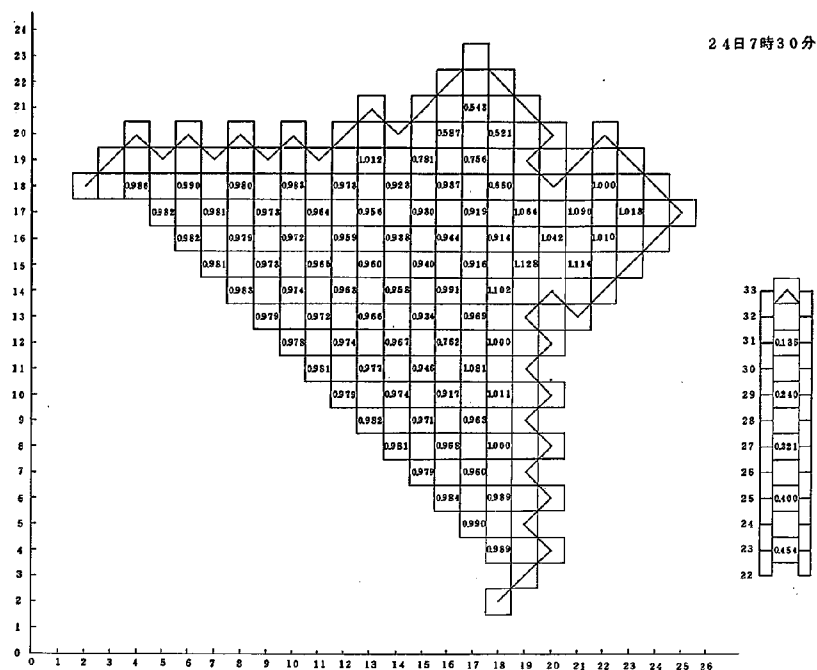




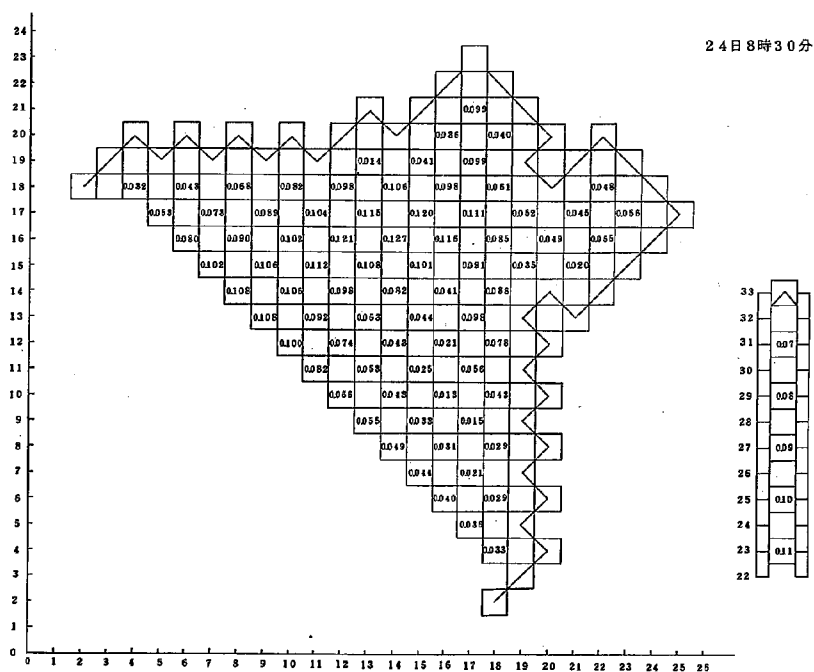
付図-3.1 各点における流速（大潮，締切前）



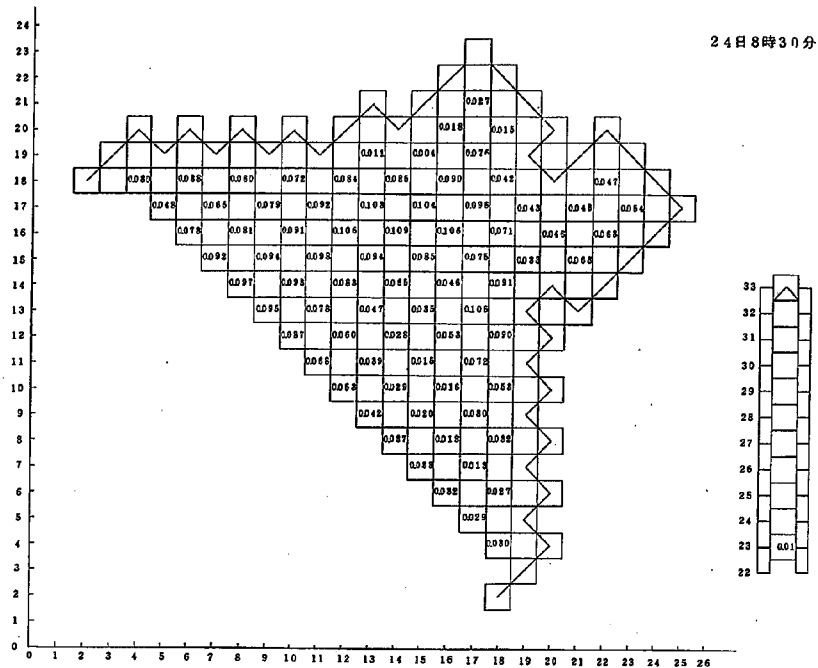
付図-3.2 各点における流速（大潮，締切後）



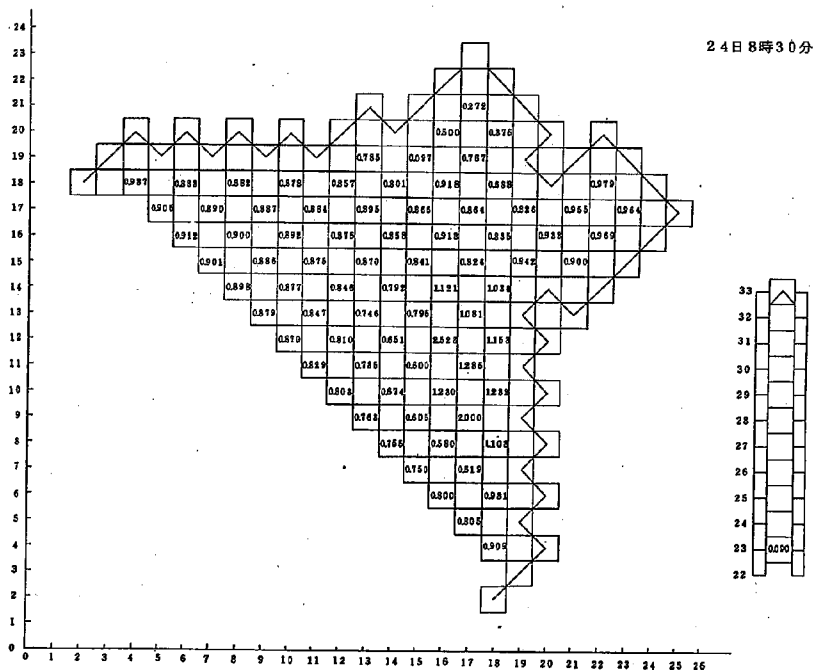
付図-3.3 各点における流速比(大潮)



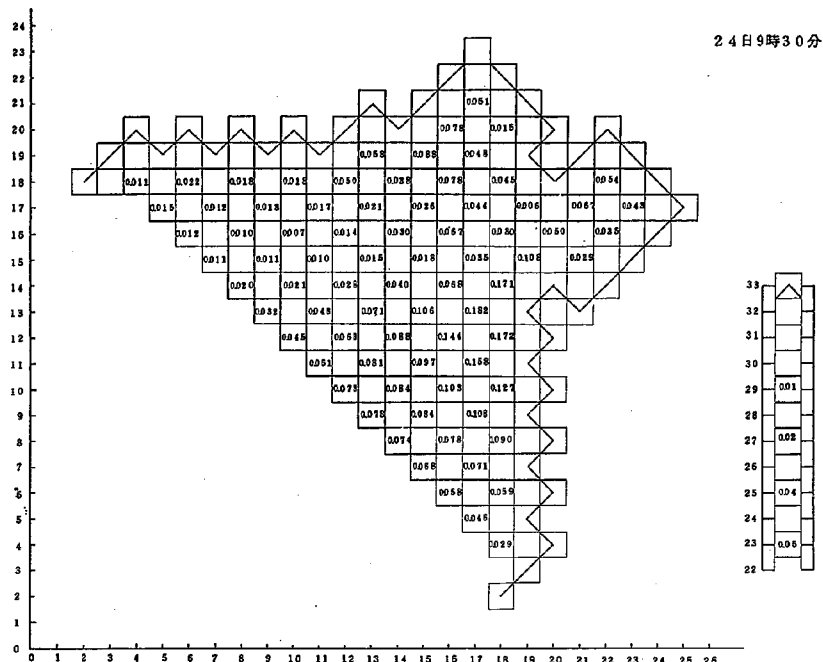
付図-4.1 各点における流速(大潮, 締切前)



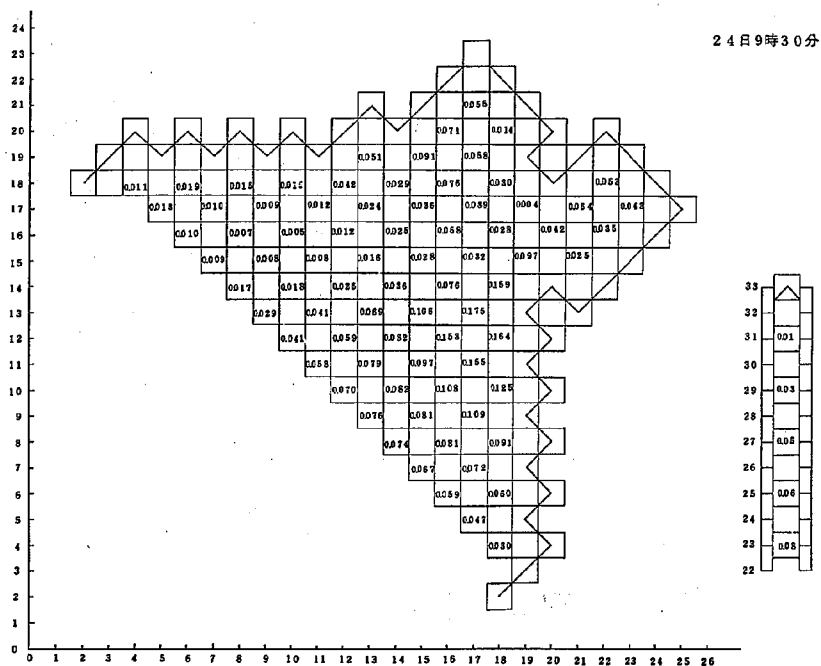
付図-4.2 各点における流速(大潮, 締切後)



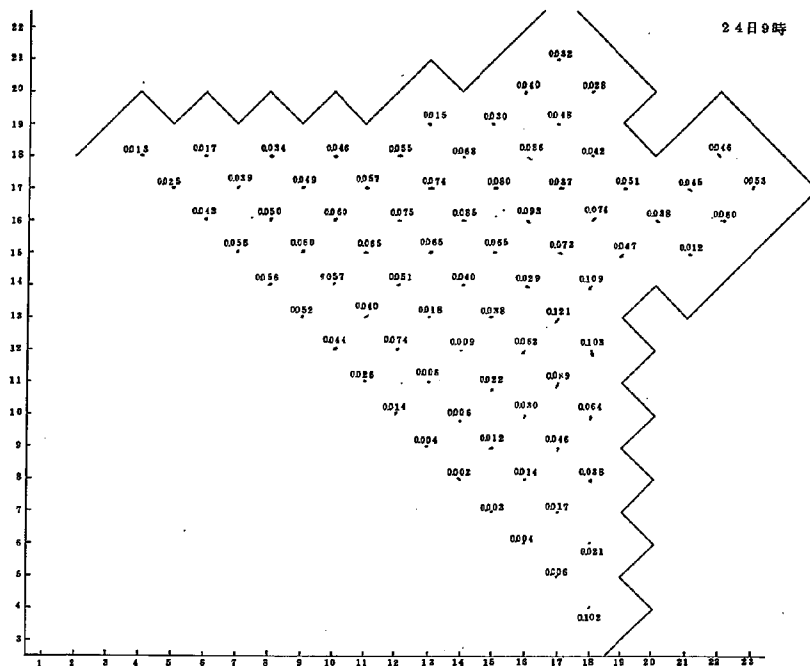
付図-4.3 各点における流速比(大潮)



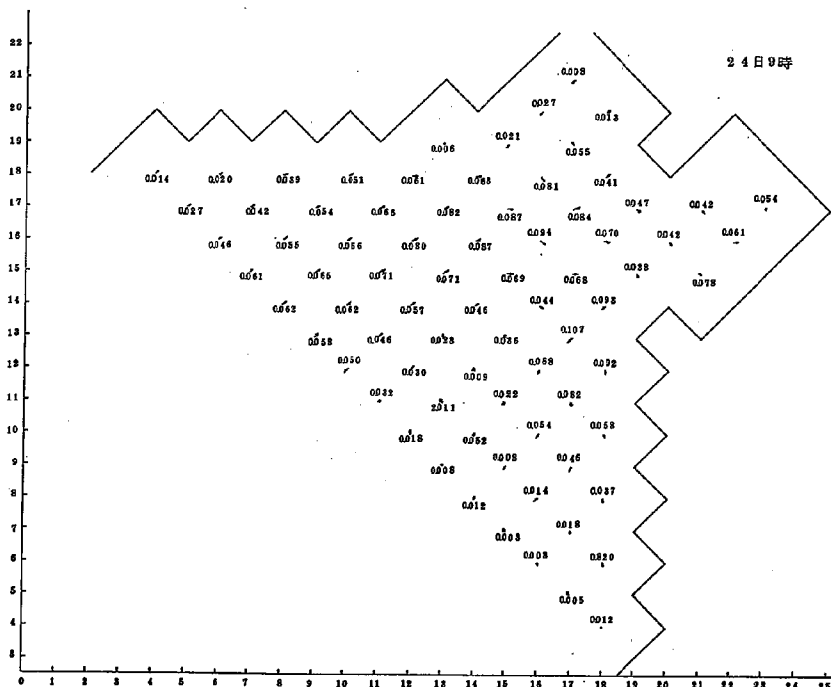
付図- 5.1 各点における流速（大潮，締切前）



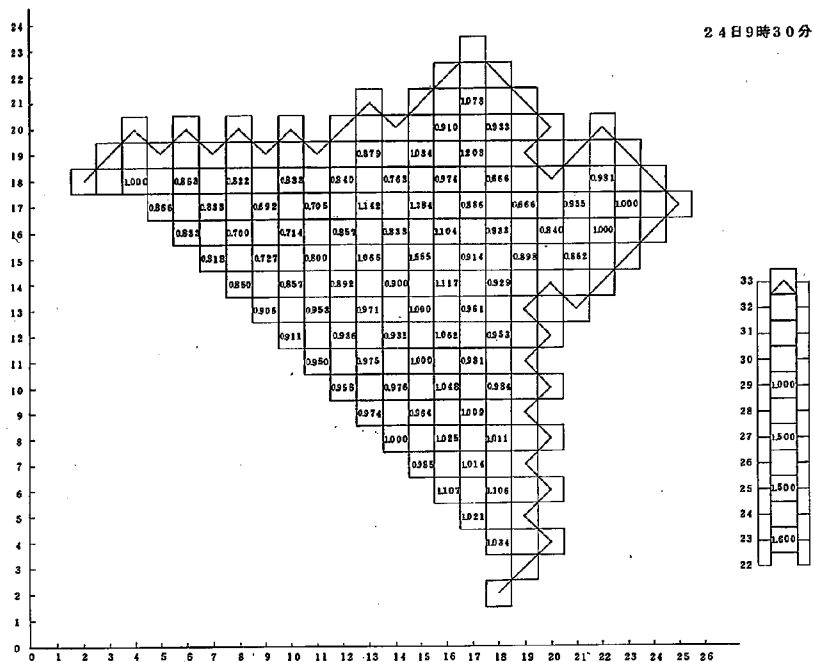
付図- 5.2 各点における流速比（大潮）



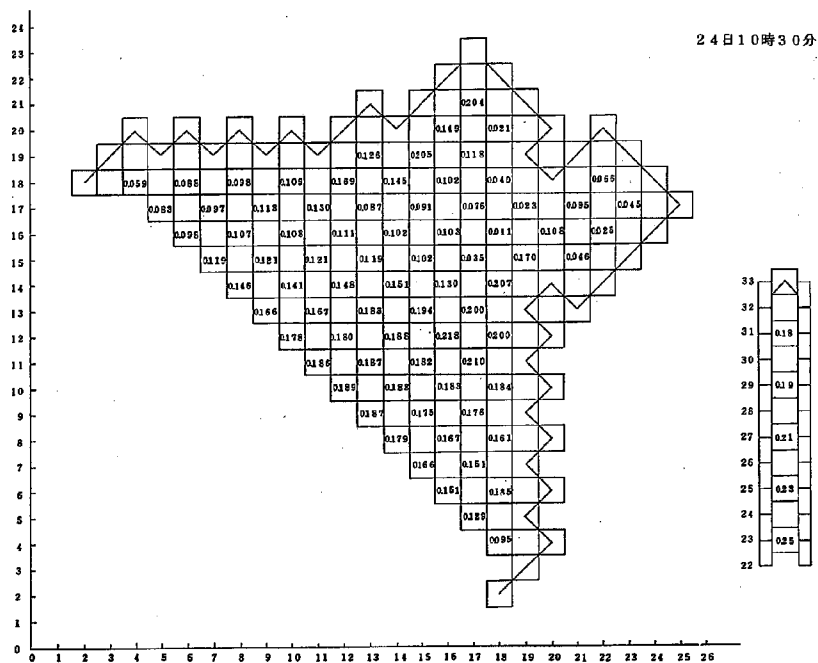
付図-5.3 各点における流速ベクトル(大潮, 締切前)



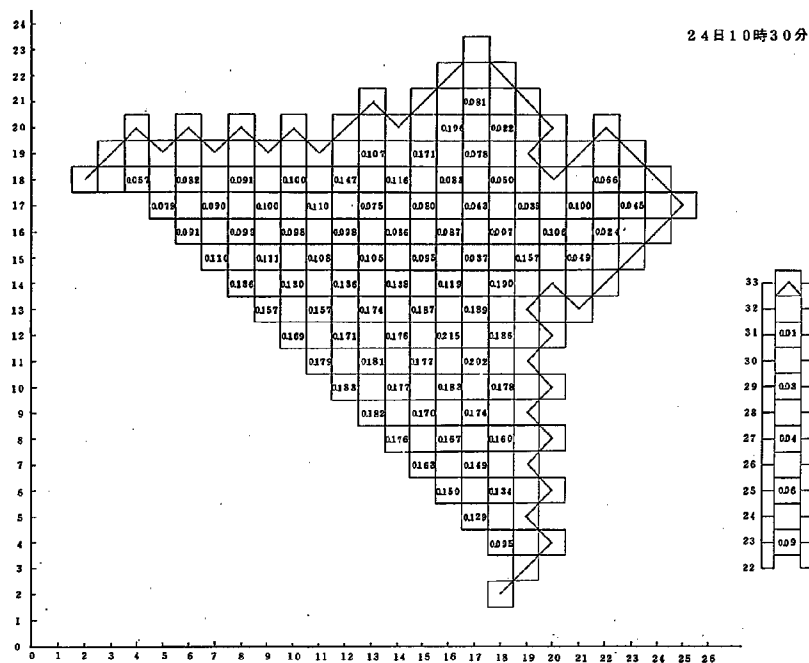
付図-5.4 各点における流速ベクトル(大潮, 締切後)



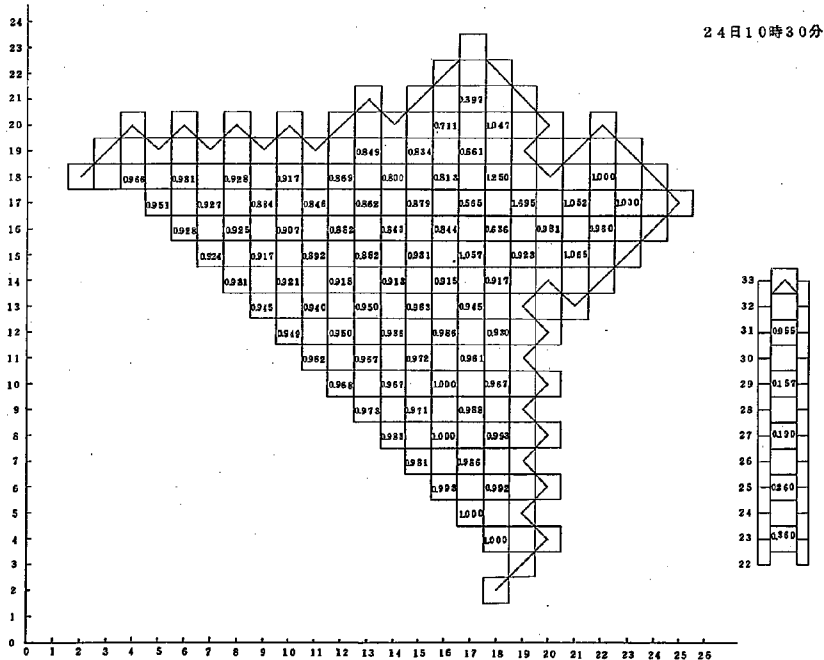
付図-5.5 各点における流速比



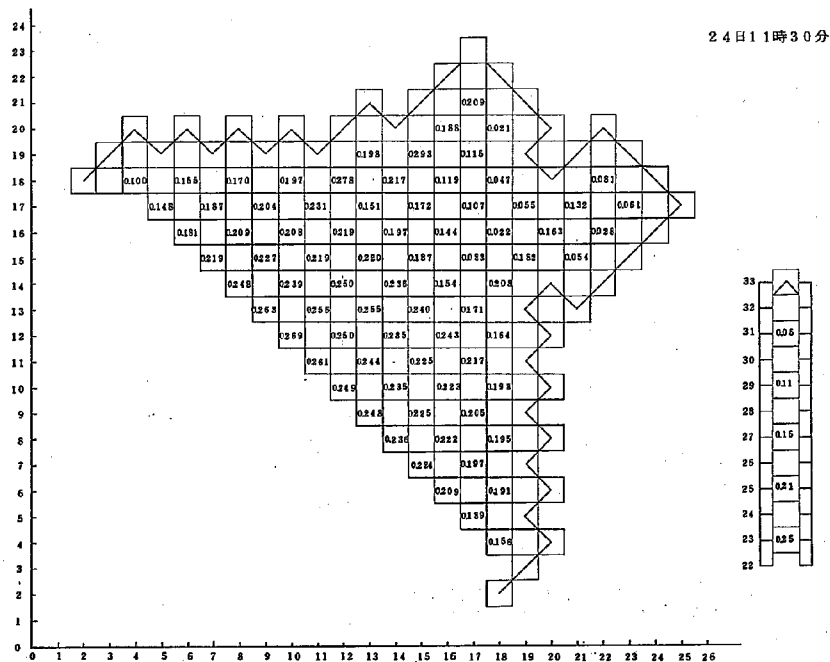
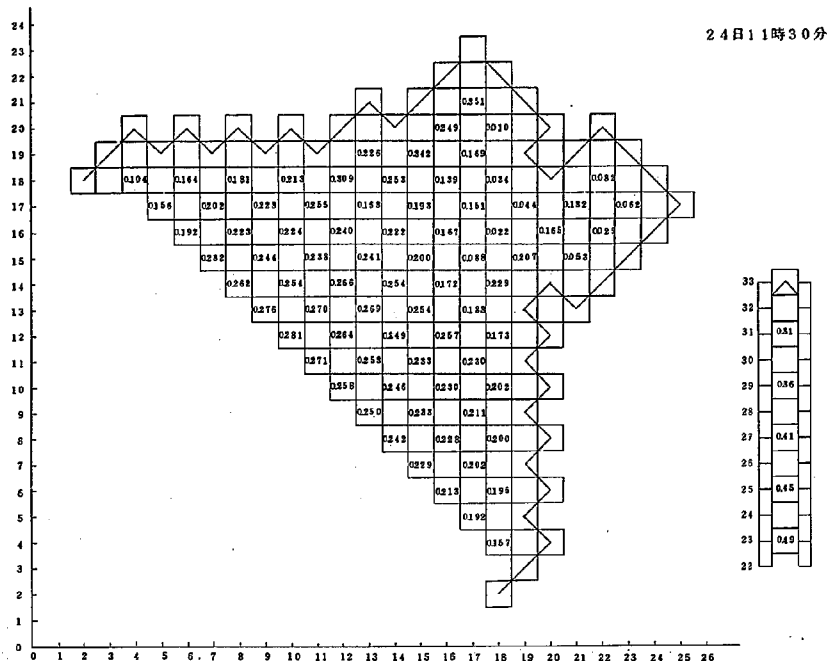
付図-6.1 各点における流速（大潮，締切前）

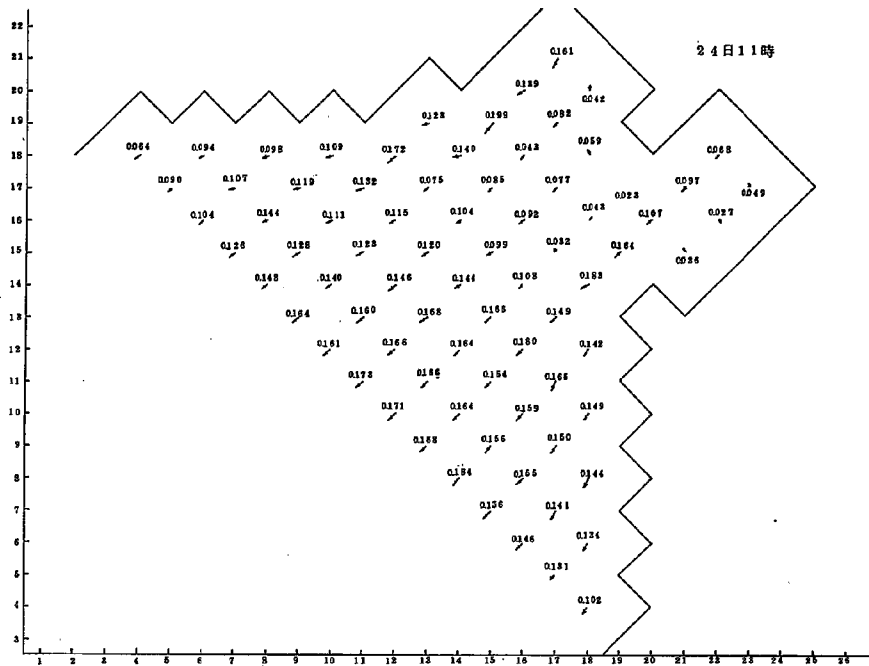


付図-6.2 各点における流速(大潮, 締切後)

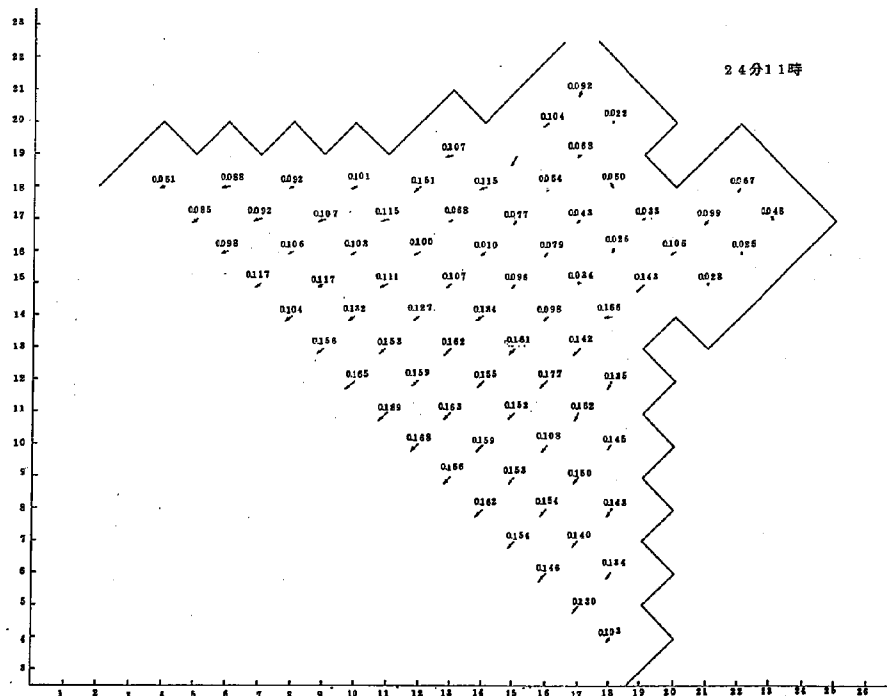


付図-6.3 各点における流速比(大潮)

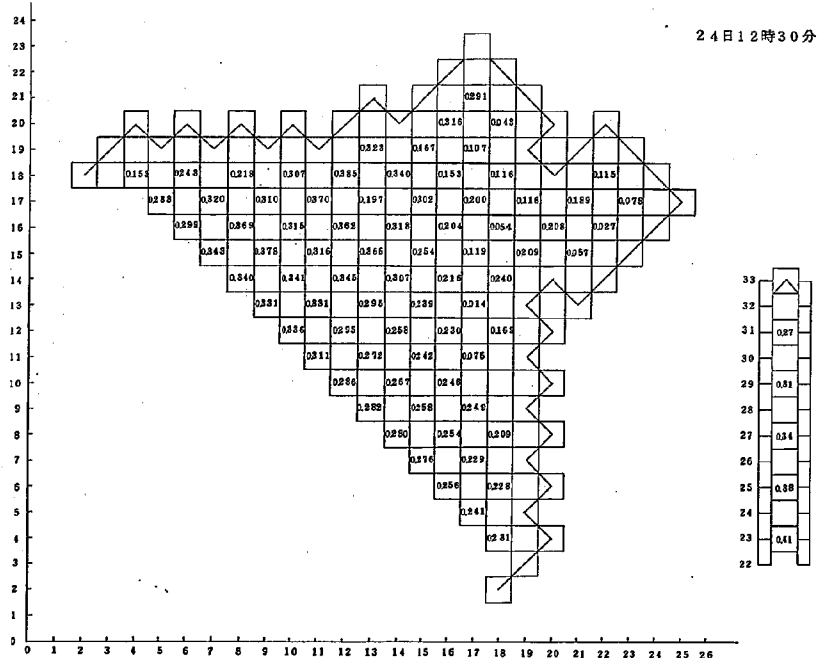
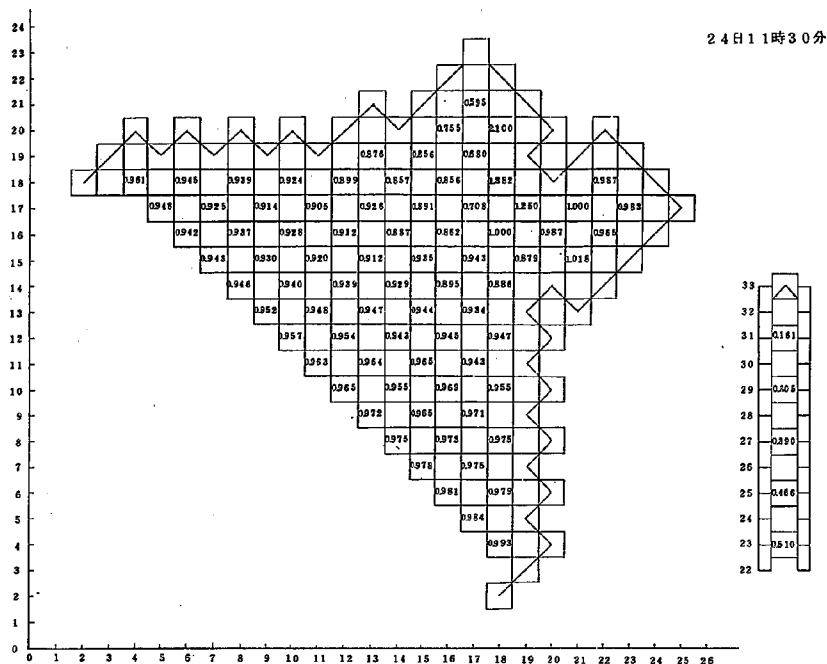


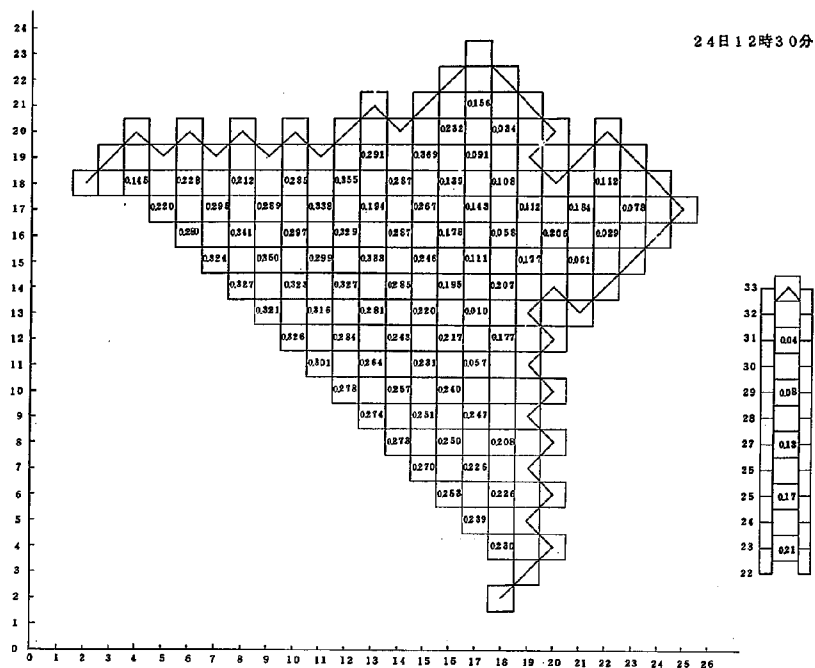


付図-7.3 各点における流速ベクトル(大潮, 締切前)

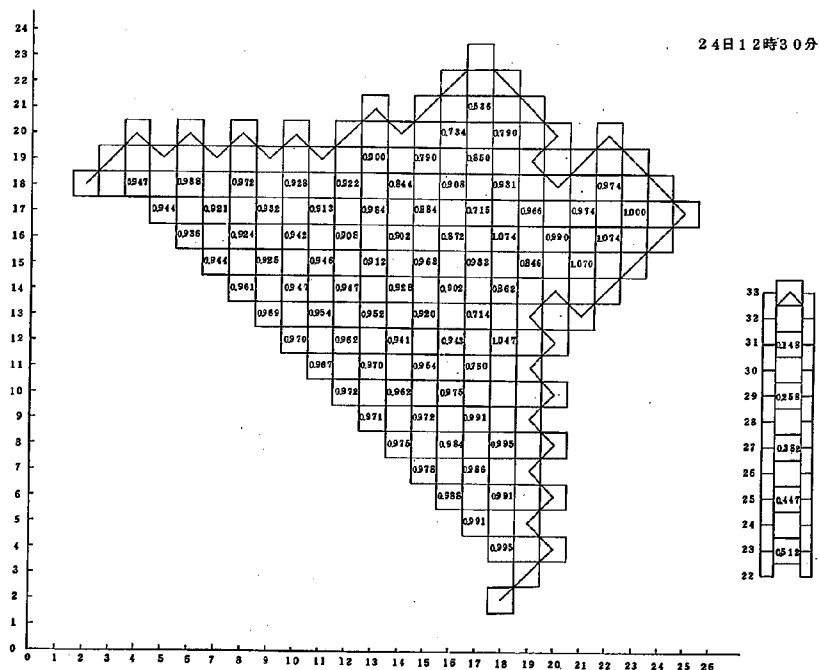


付図-7.4 各点における流速ベクトル(大潮, 締切後)

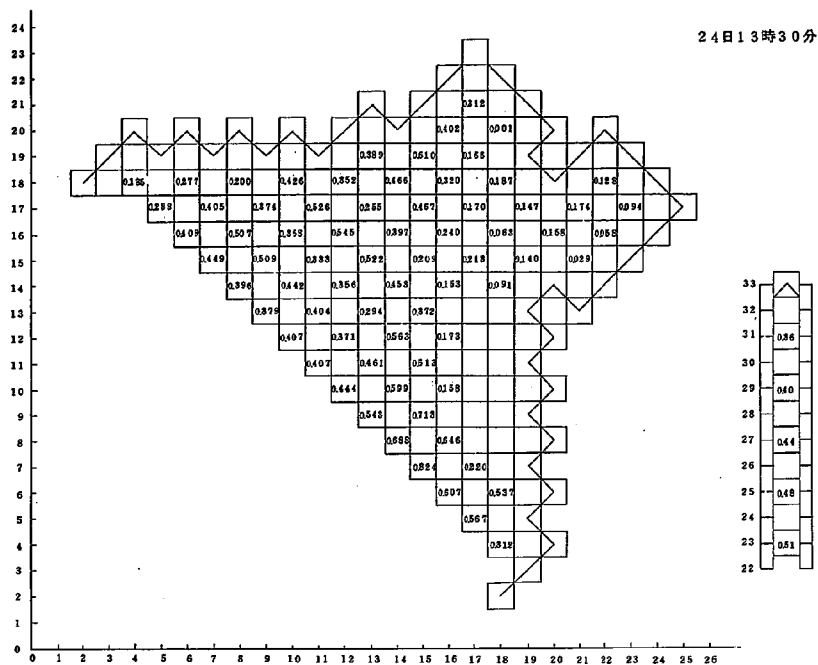




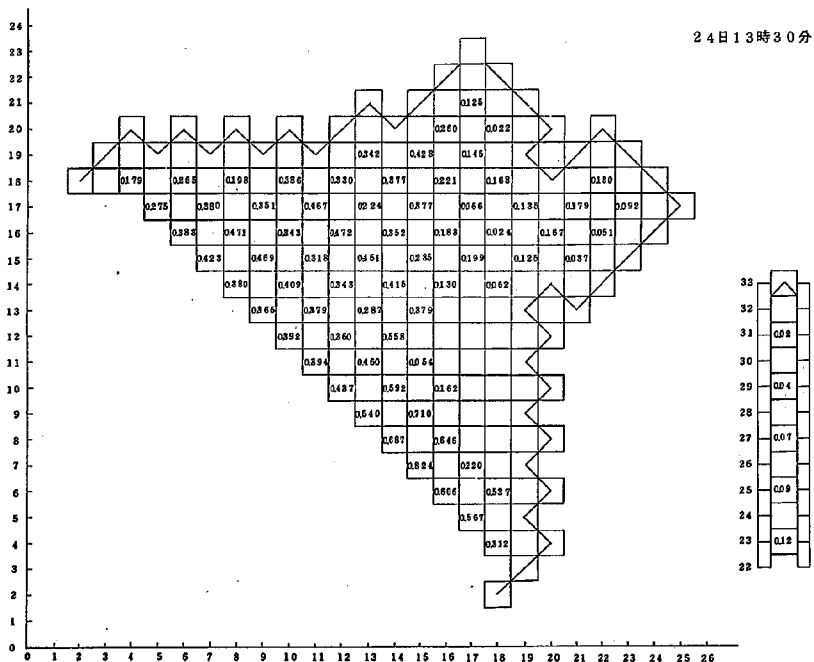
付図- 8.2 各点における流速 (大潮, 締切後)



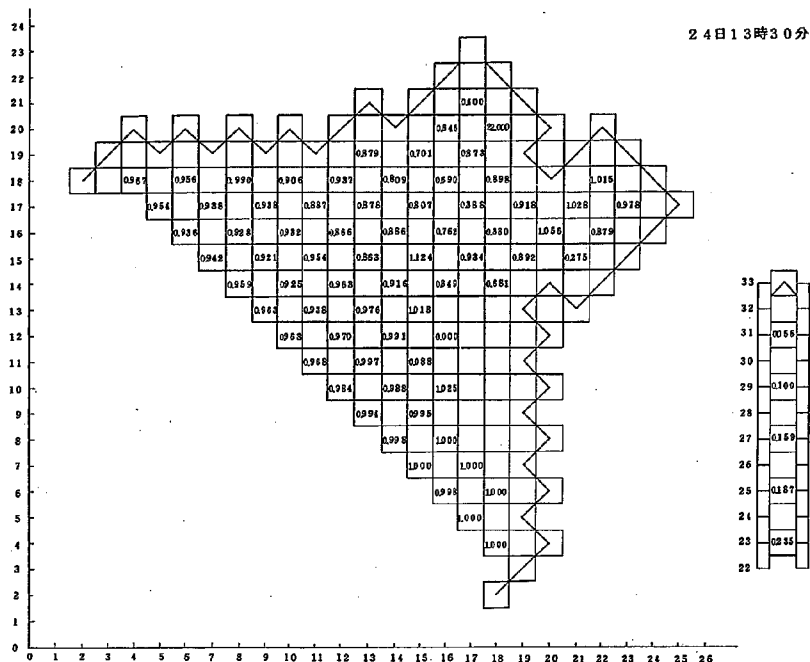
付図- 8.3 各点における流速比 (大潮)



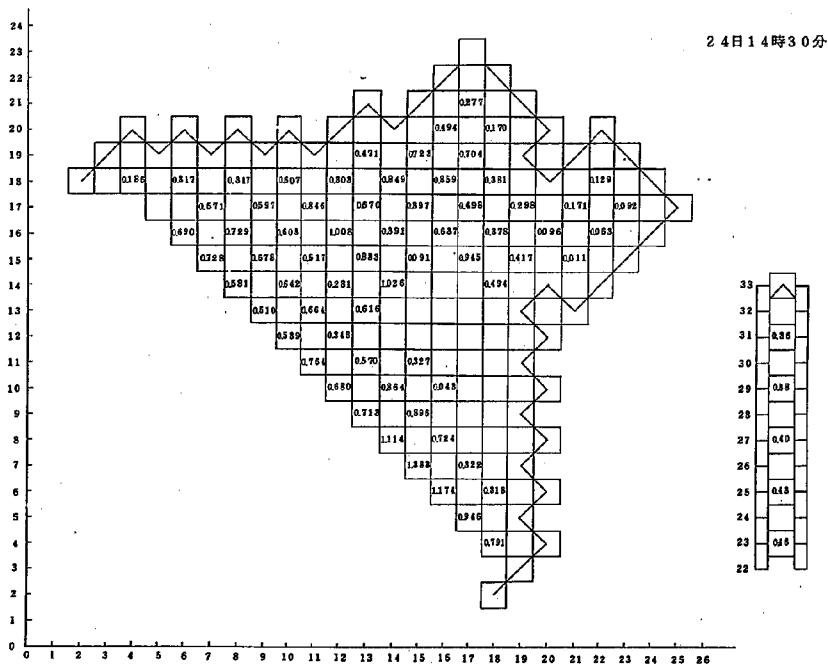
付図-9.1 各点における流速（大潮，締切前）



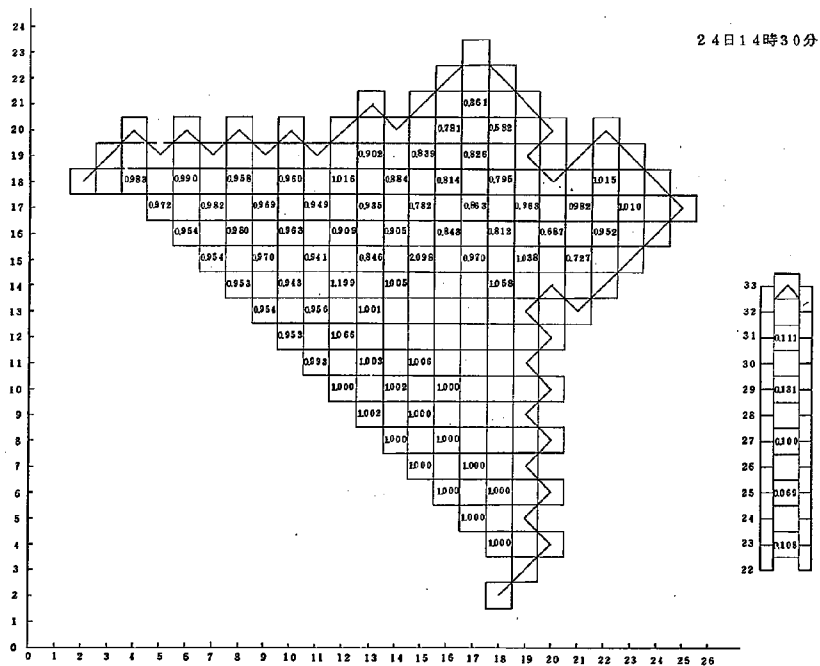
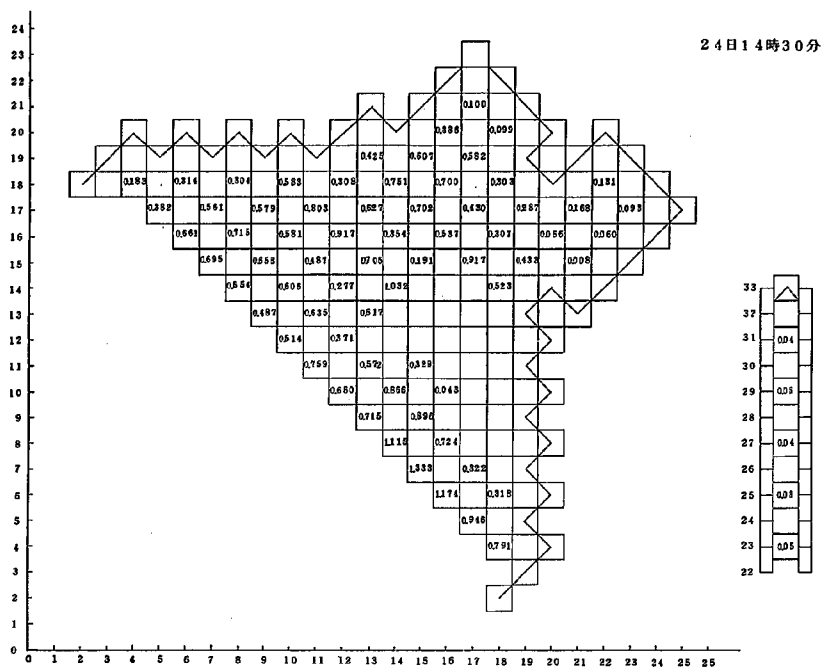
付図-9.2 各点における流速（大潮，締切後）

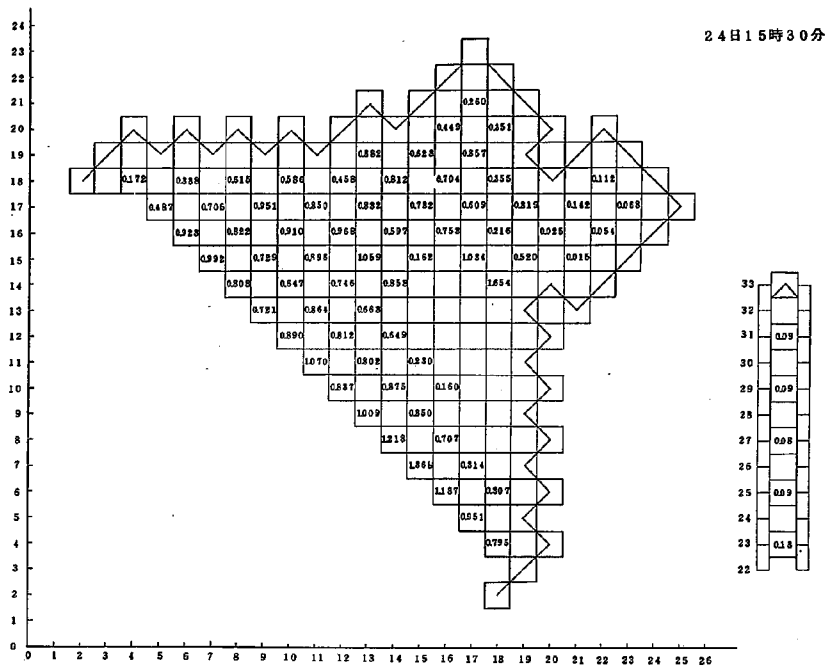


付図- 9.3 各点における流速比 (大潮)

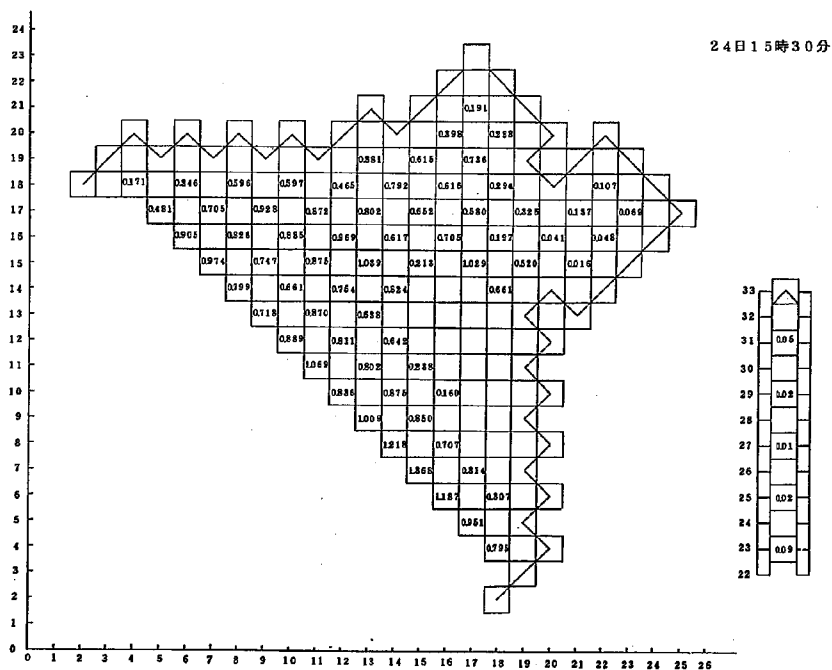


付図- 10.1 各点における流速 (大潮, 締切前)

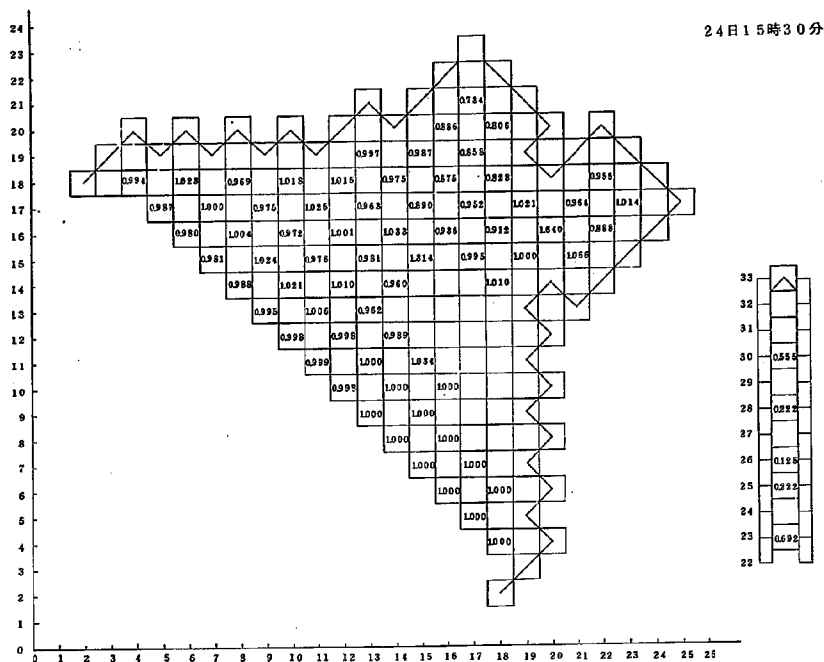




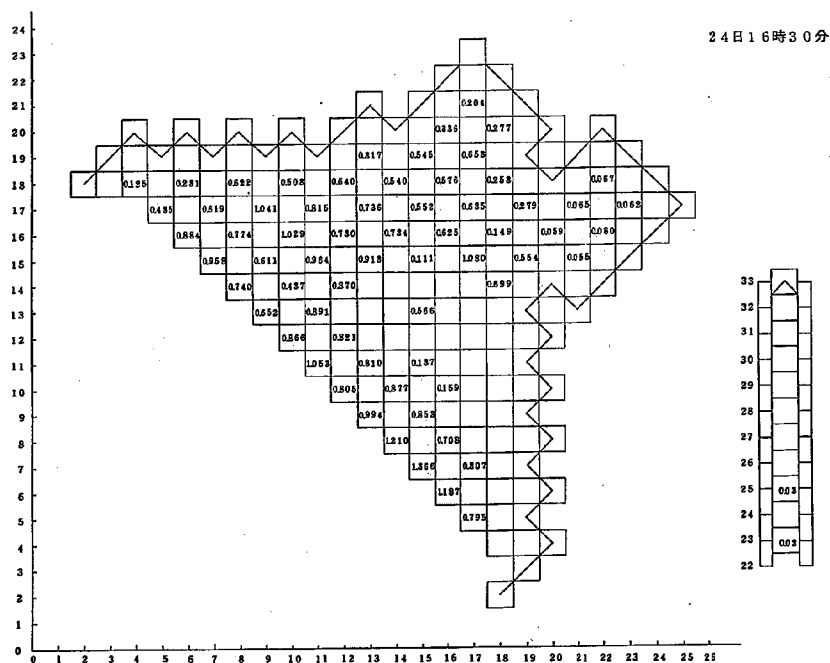
付図-11.1 各点における流速（大潮，締切前）



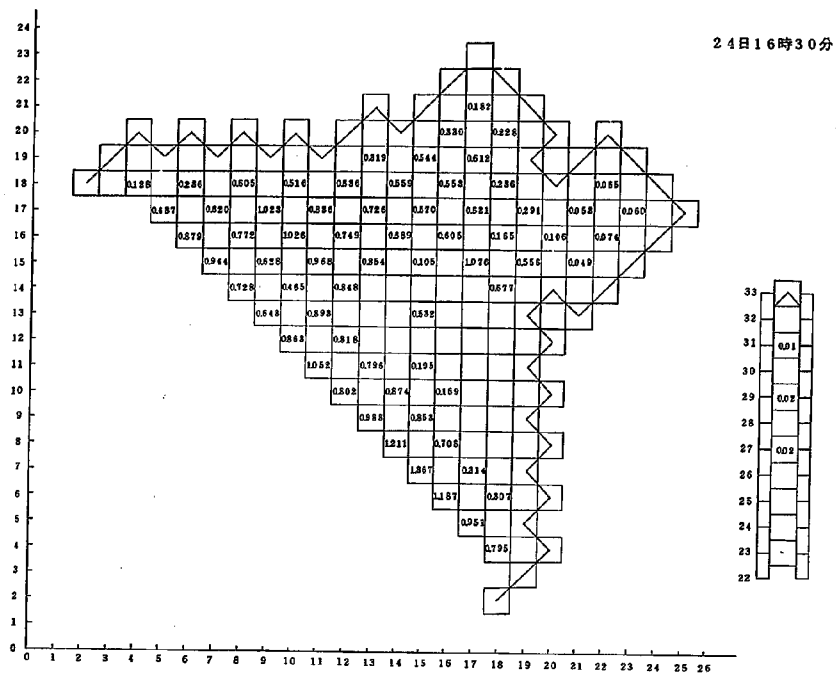
付図-11.2 各点における流速（大潮，締切後）



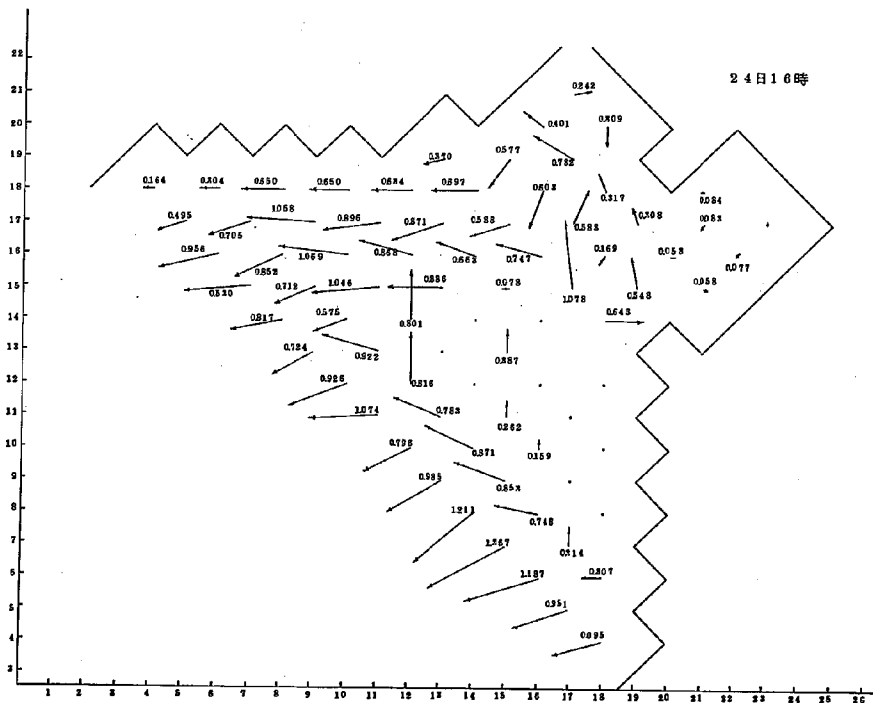
付図-11.3 各点における流速比(大潮)



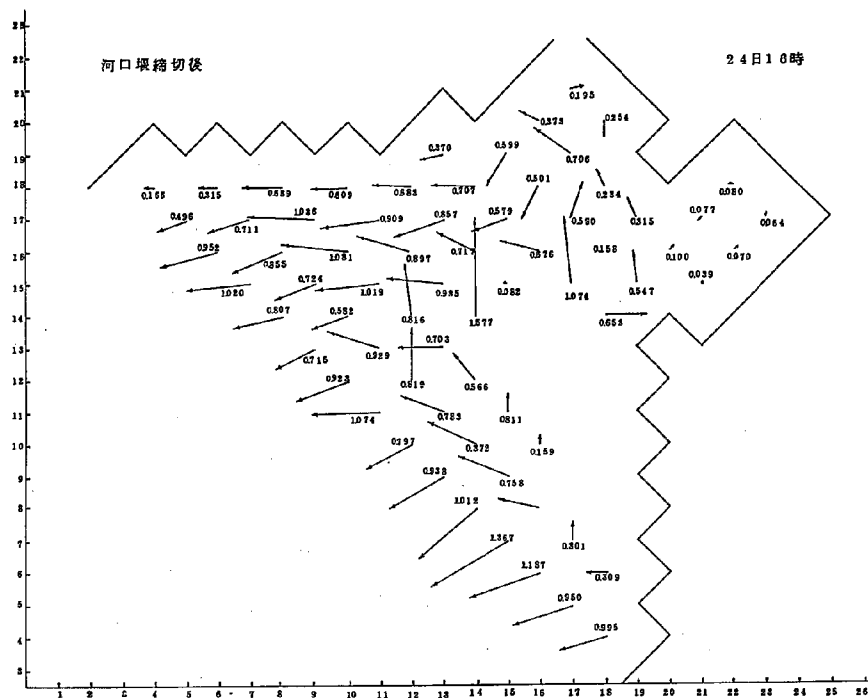
付図-12.1 各点における流速(大潮, 締切前)



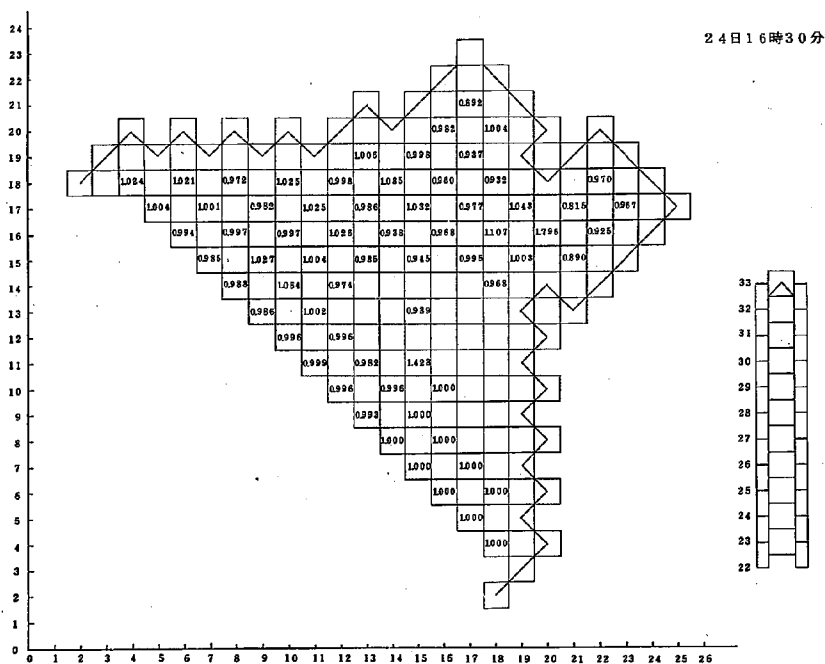
付図-12.2 各点における流速(大潮, 締切後)



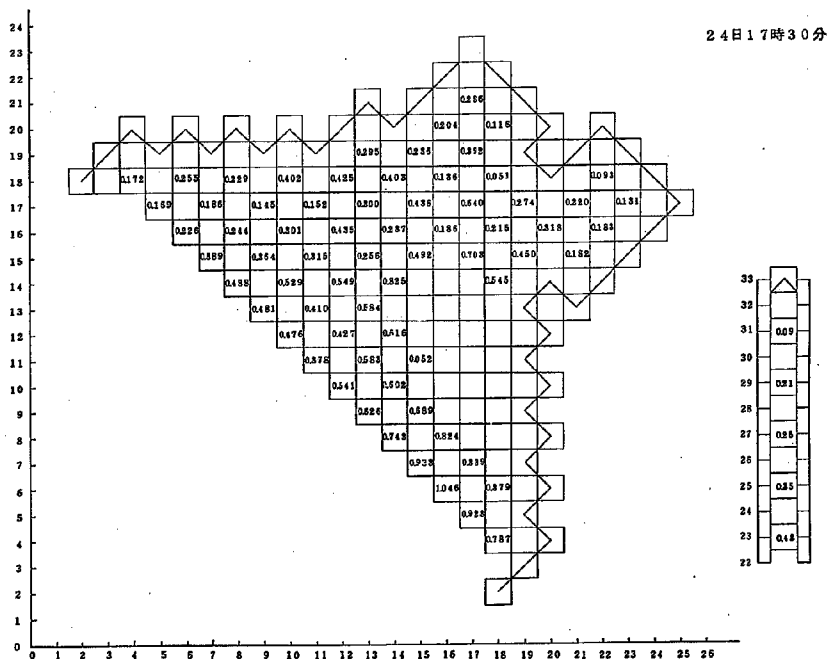
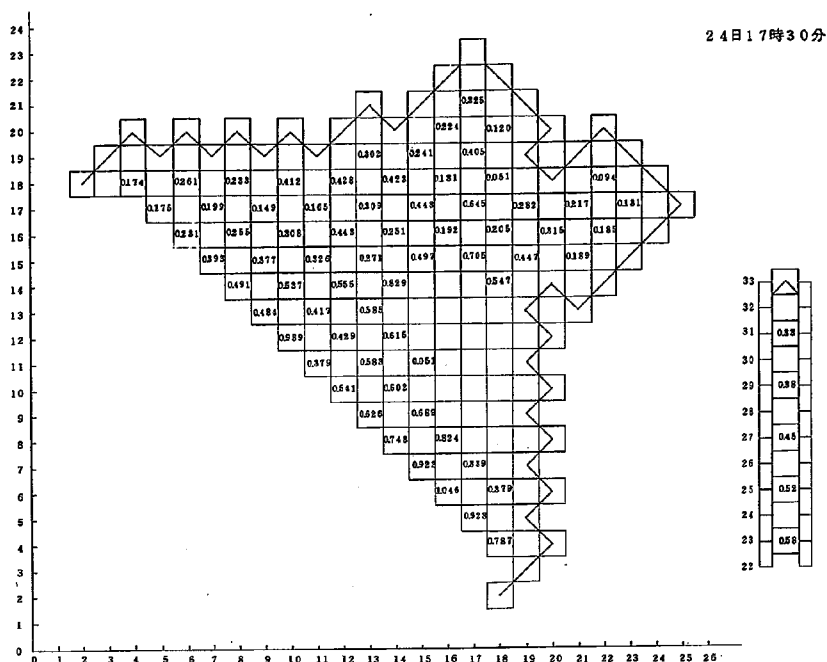
付図-12.3 各点における流速ベクトル(大潮, 締切前)

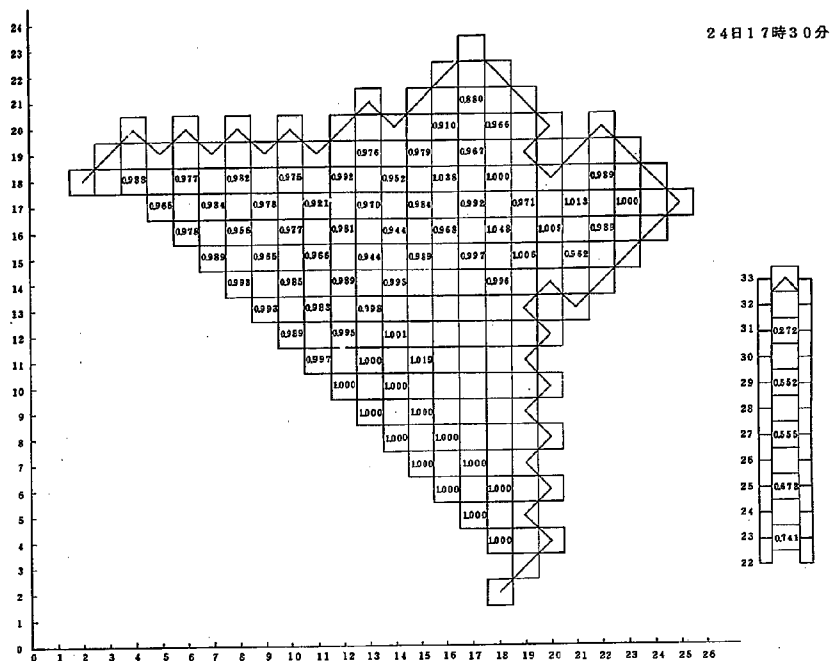


付図-12.4 各点における流速ベクトル(大潮、緒切後)

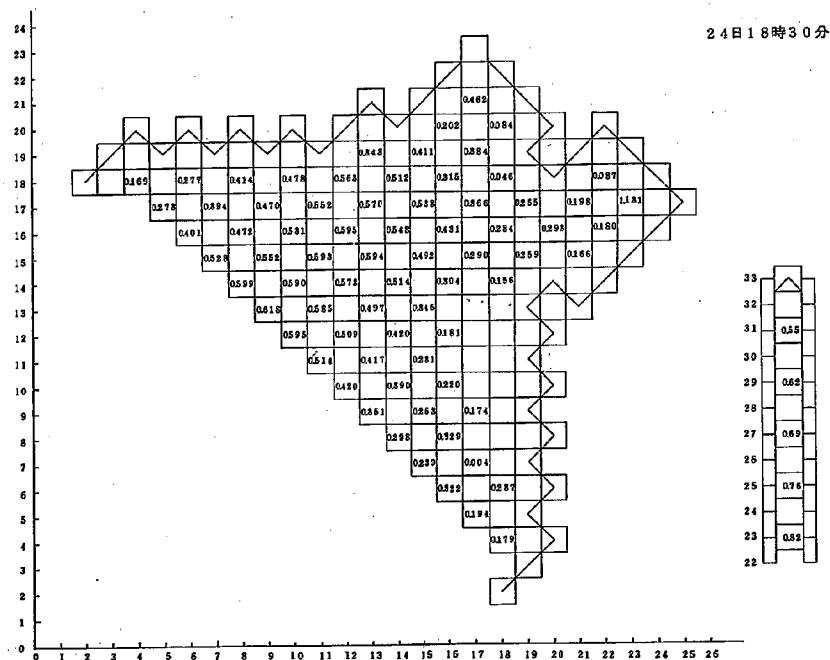


付図-12.5 各点における流速比(大潮)

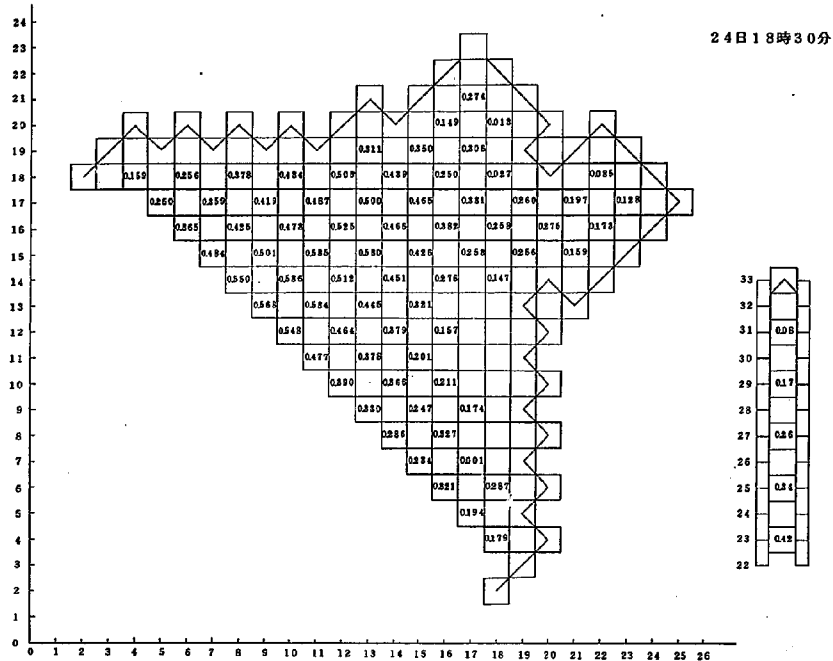




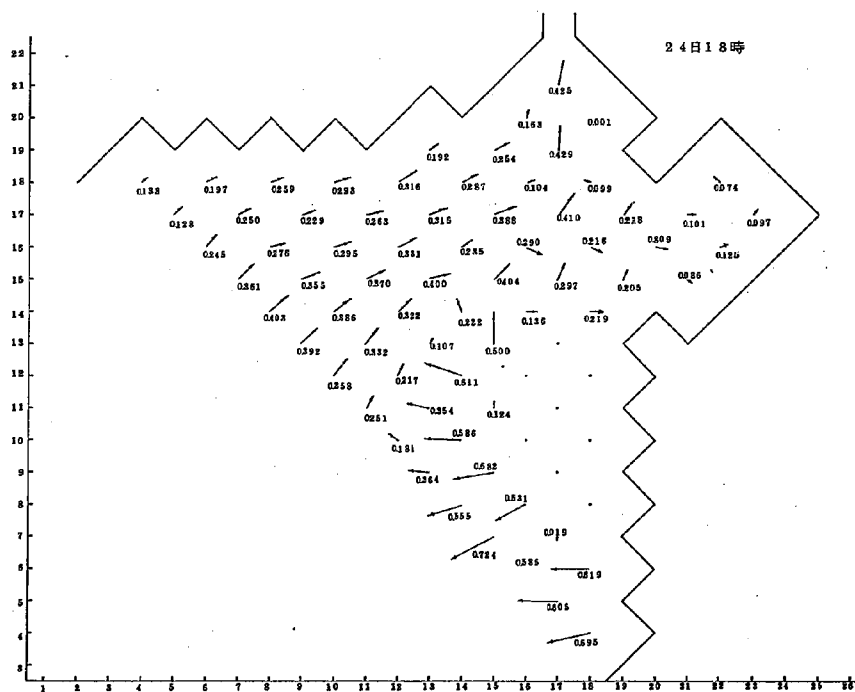
付図-13.3 各点における流速比(大潮)



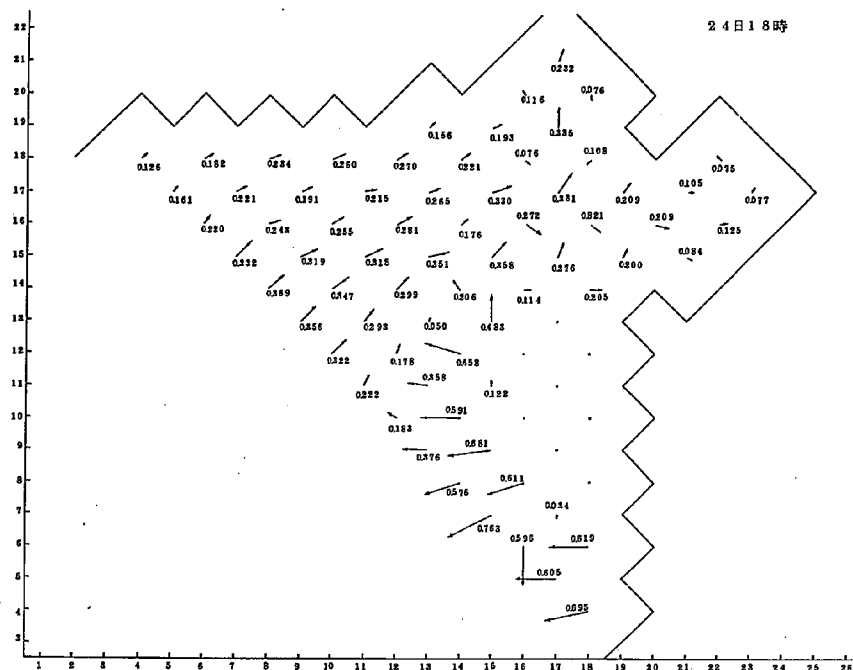
付図-14.1 各点における流速(大潮, 締切前)



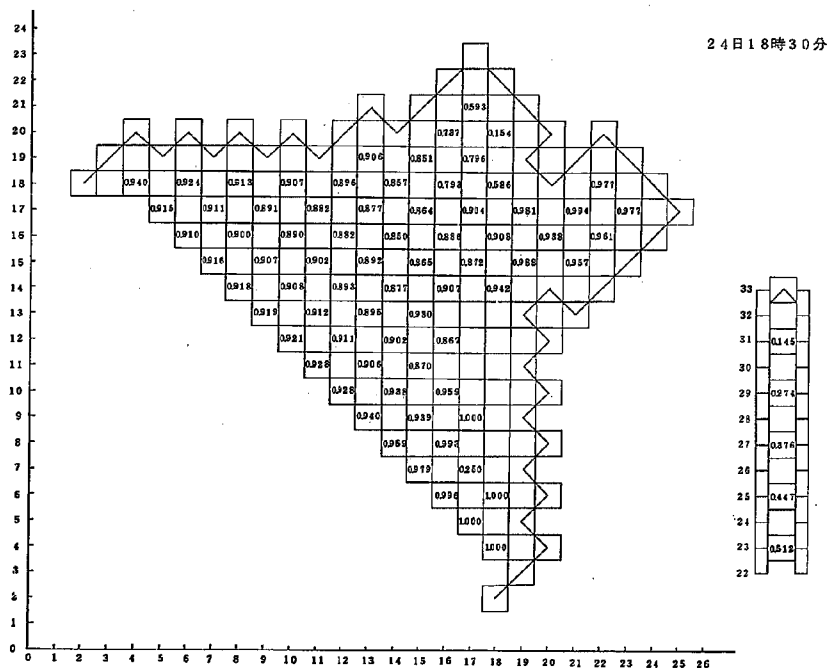
付図-14.2 各点における流速（大潮，締切後）



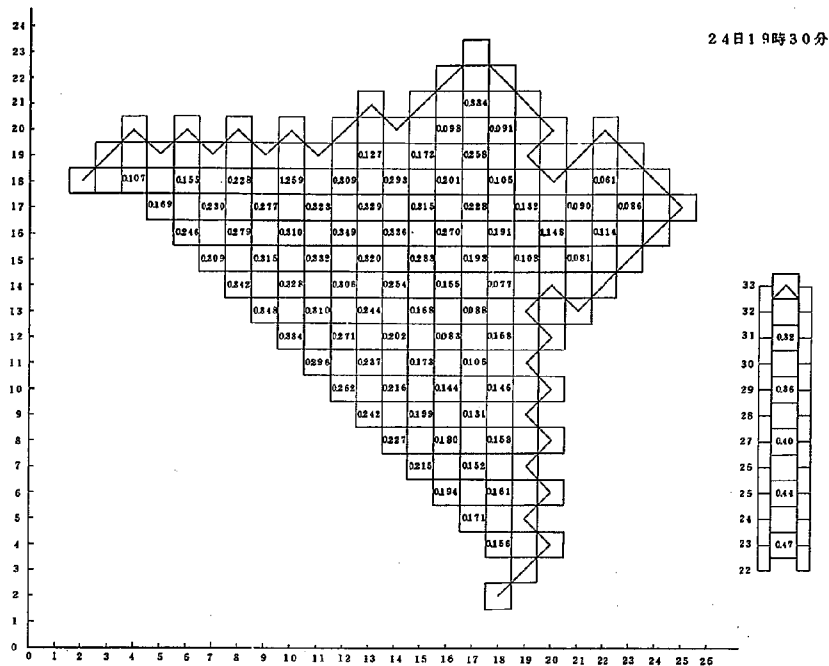
付図-14.3 各点における流速ベクトル（大潮，締切前）



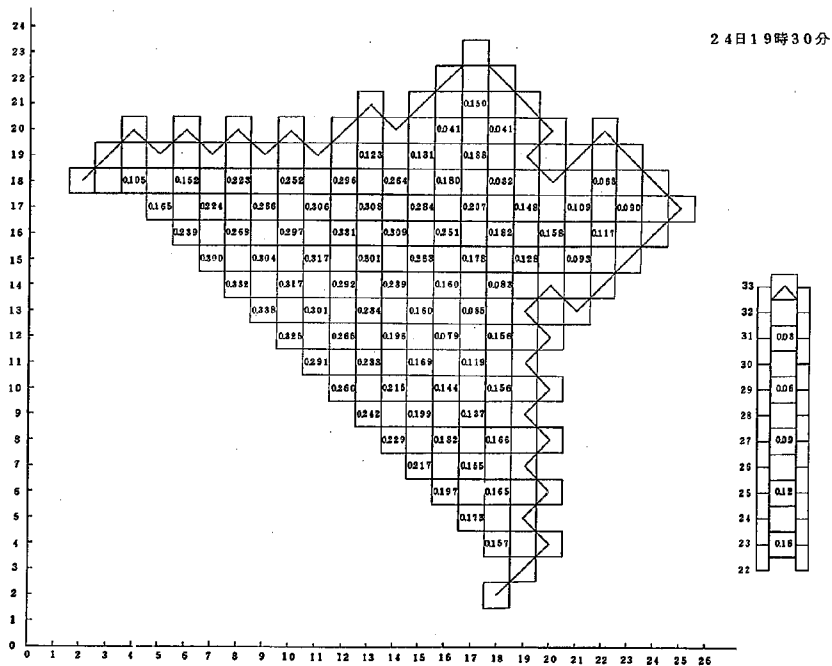
付図-14.4 各点における流速ベクトル(大潮、締切後)



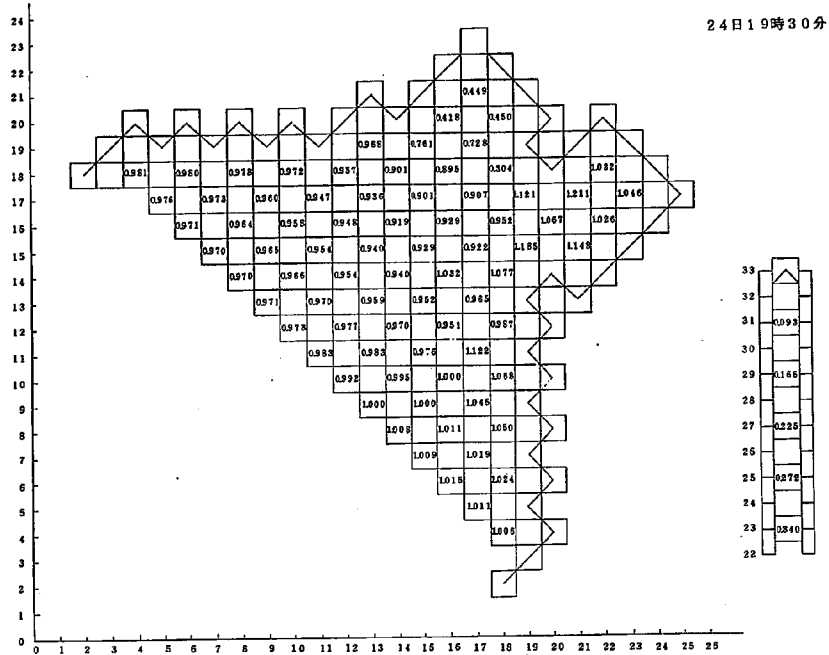
付図-14.5 各点における流速比(大潮)



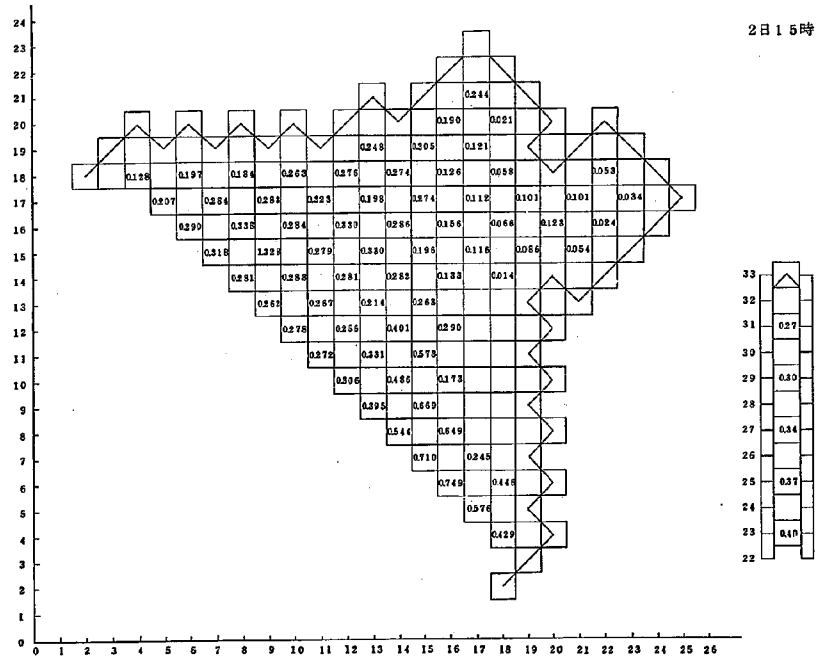
付図-15.1 各点における流速（大潮，締切前）



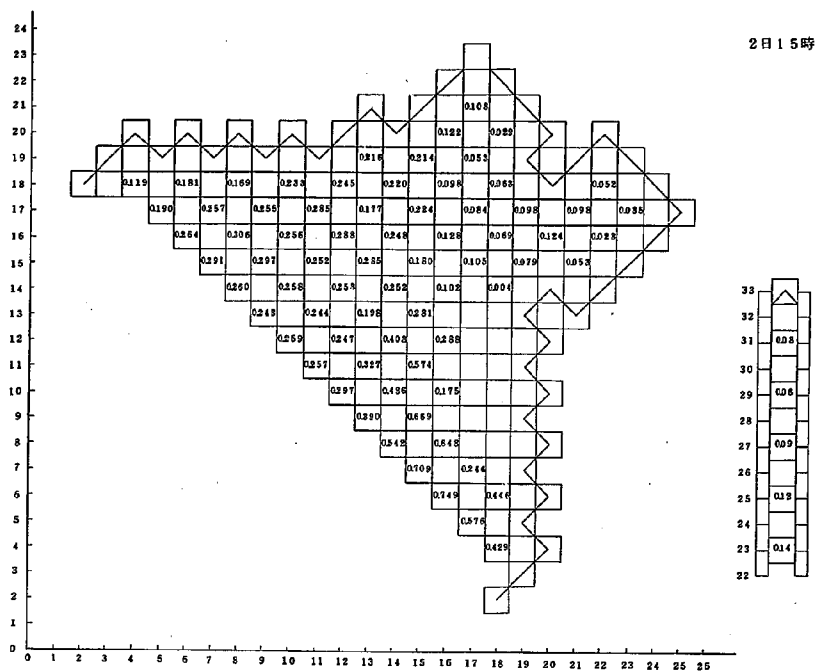
付図-15.2 各点における流速（大潮，締切後）



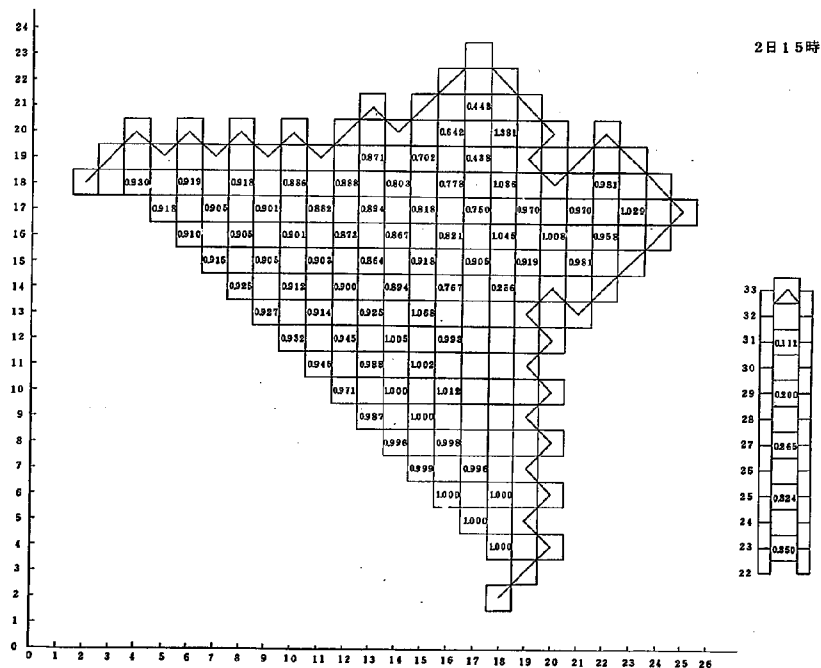
付図-15.3 各点における流速比



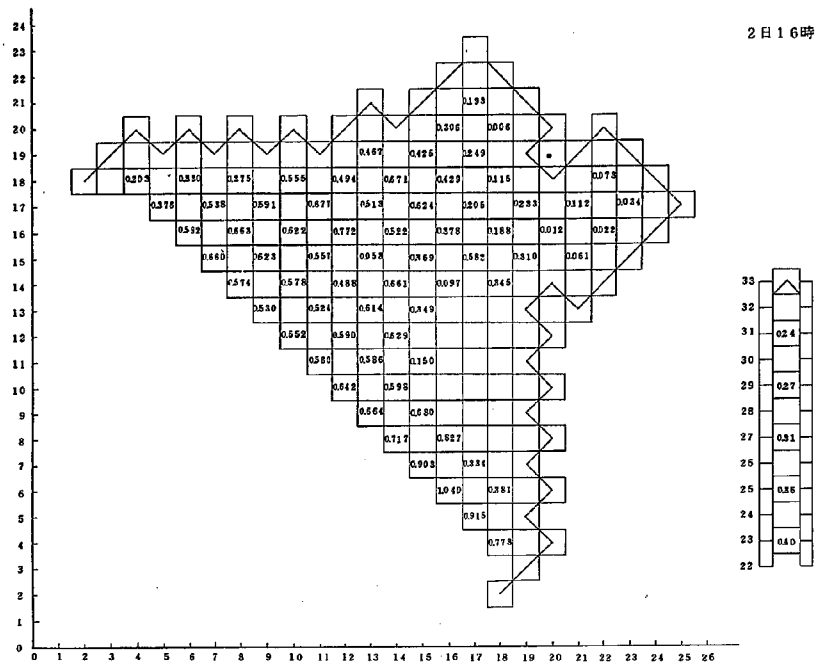
付図-16.1 各点における流速（小潮，締切前）



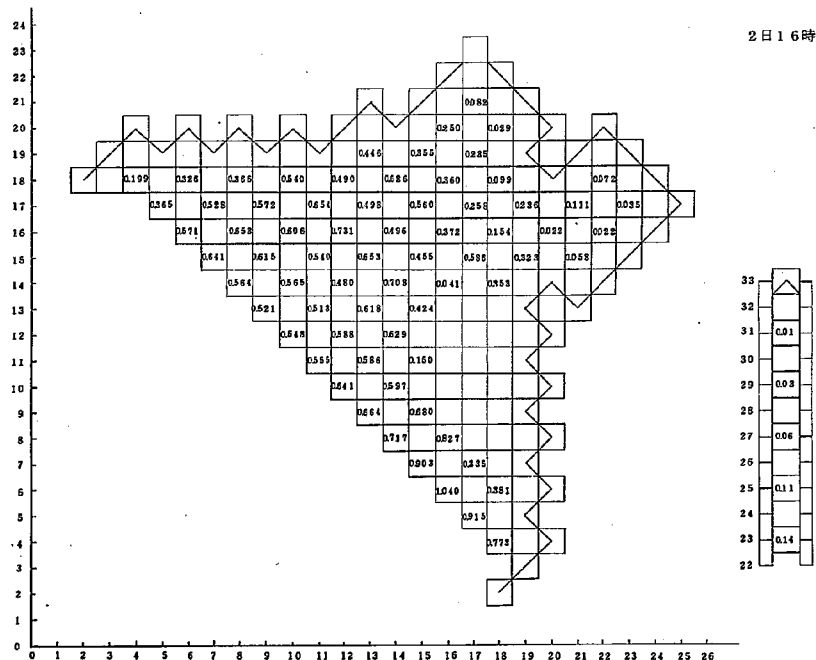
付図-16.2 各点における流速(小潮, 締切後)



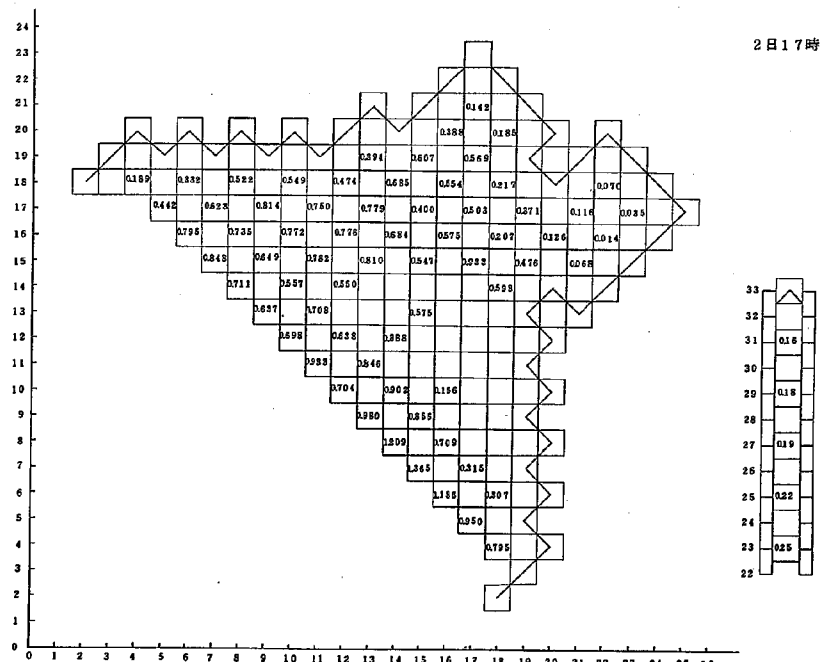
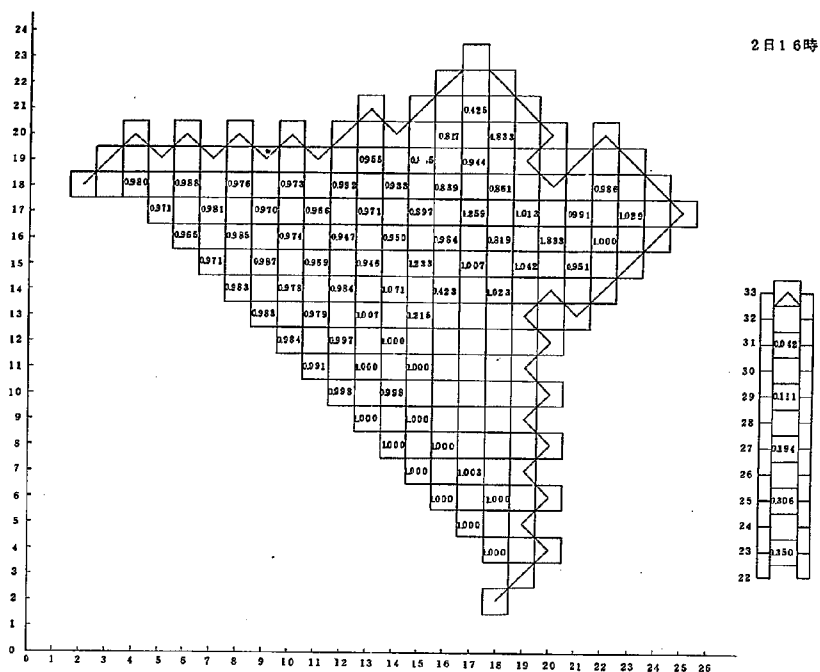
付図-16.3 各点における流速比(小潮)

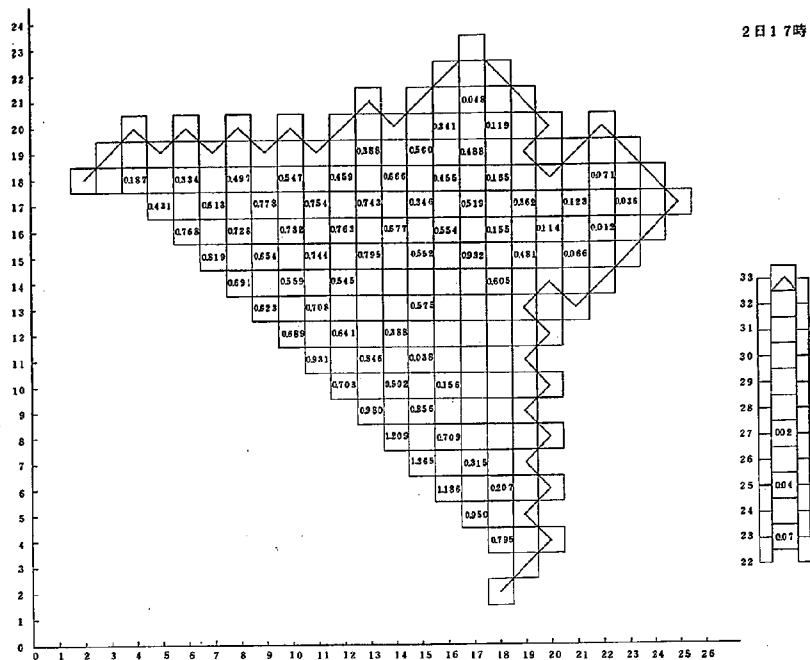


付図-17.1 各点における流速（小潮，締切前）

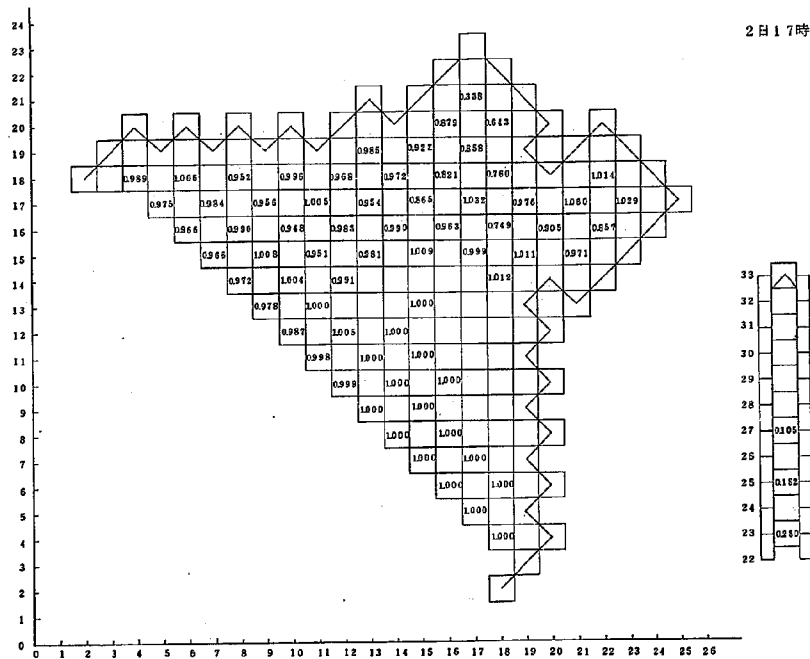


付図-17.2 各点における流速（小潮，締切後）

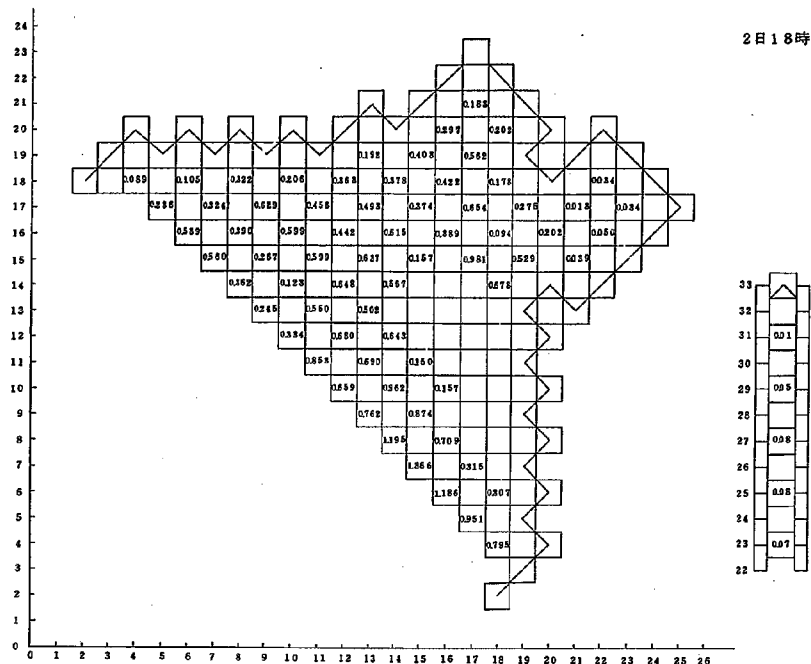




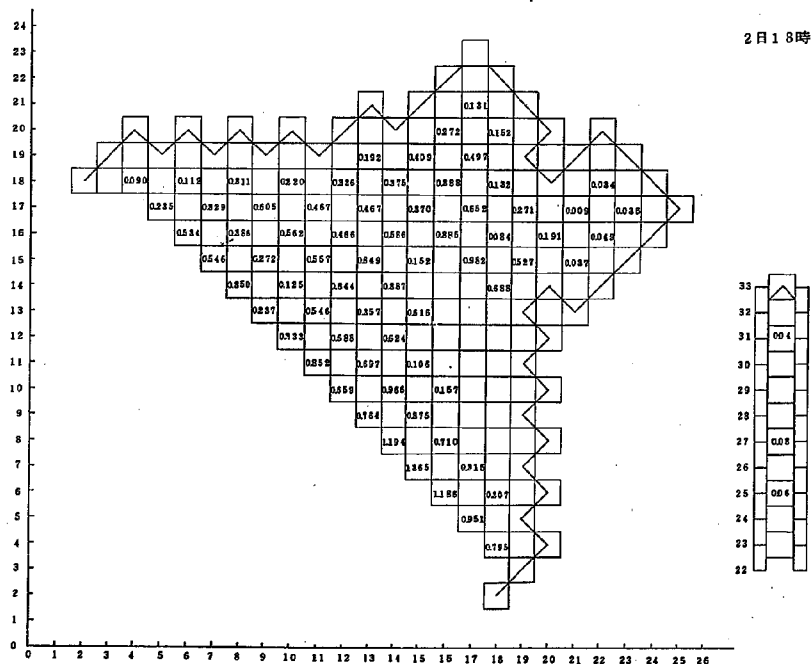
付図-18.2 各点における流速(小潮, 締切後)



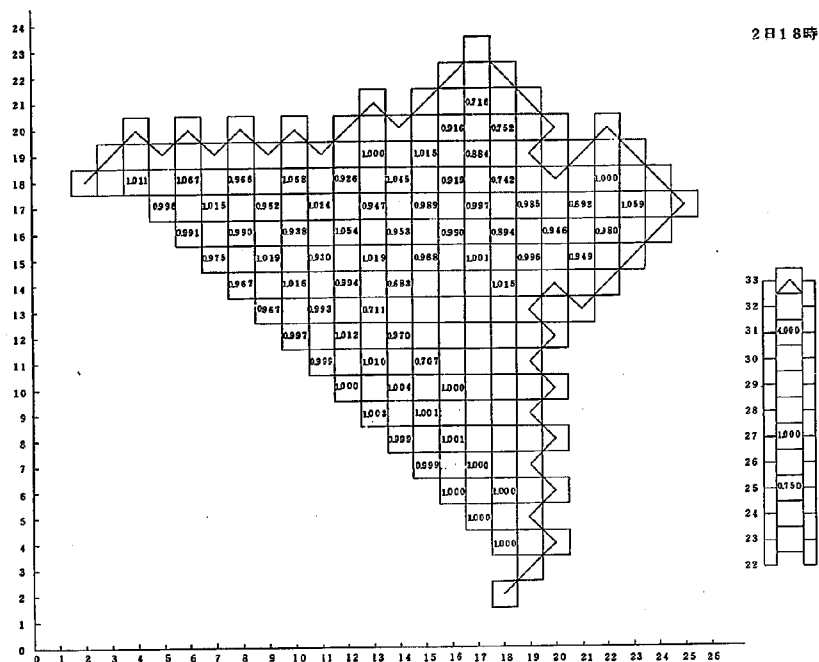
付図-18.3 各点における流速比(小潮)



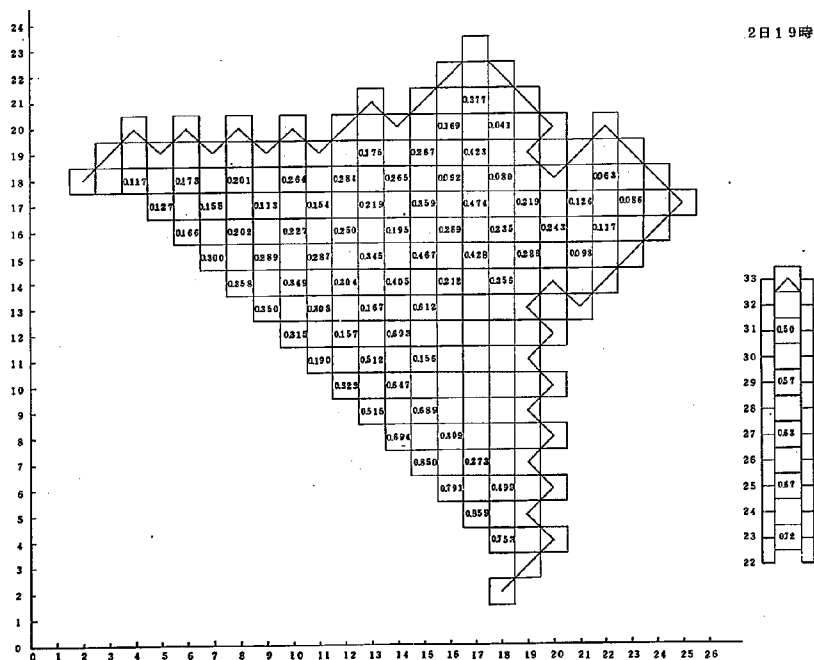
付図-19.1 各点における流速(小潮, 締切前)



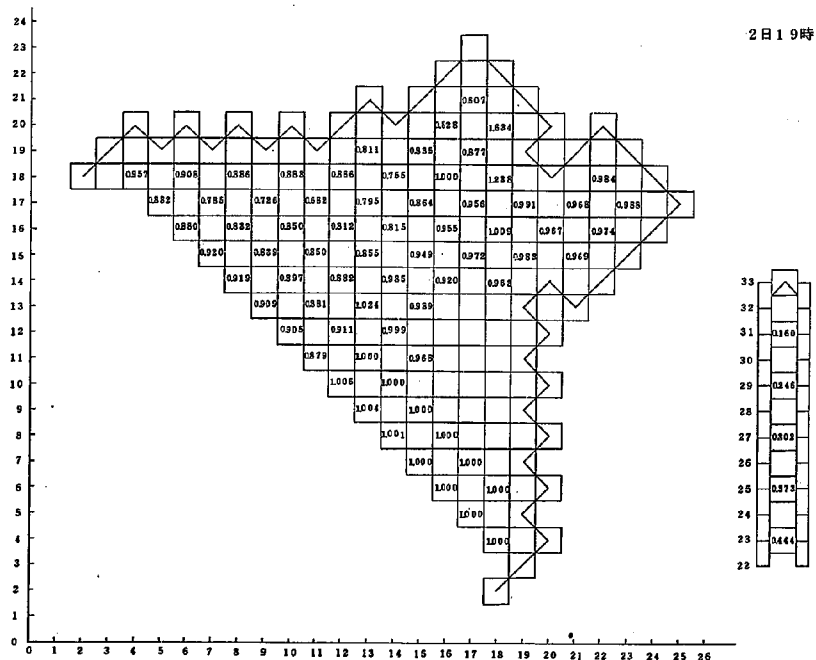
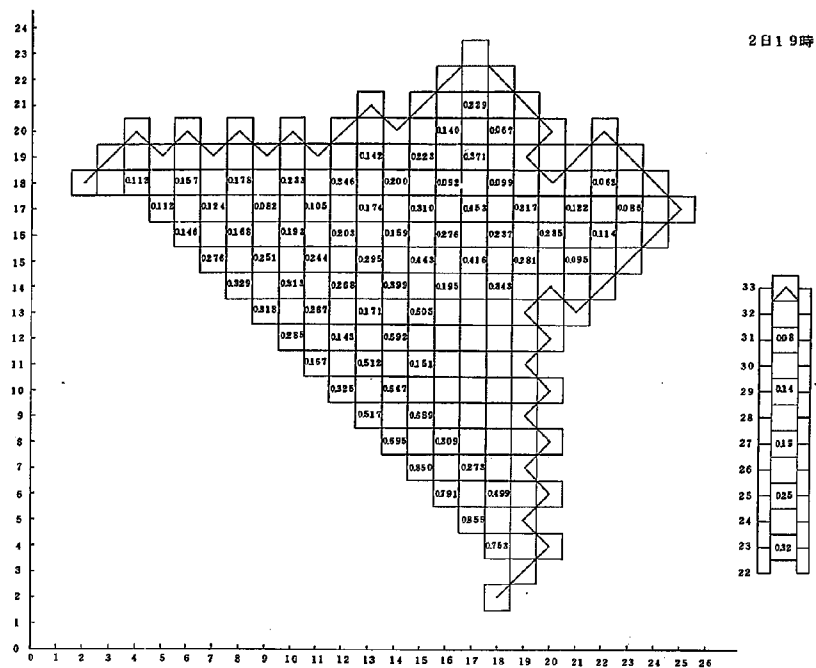
付図-19.2 各点における流速(小潮, 締切後)

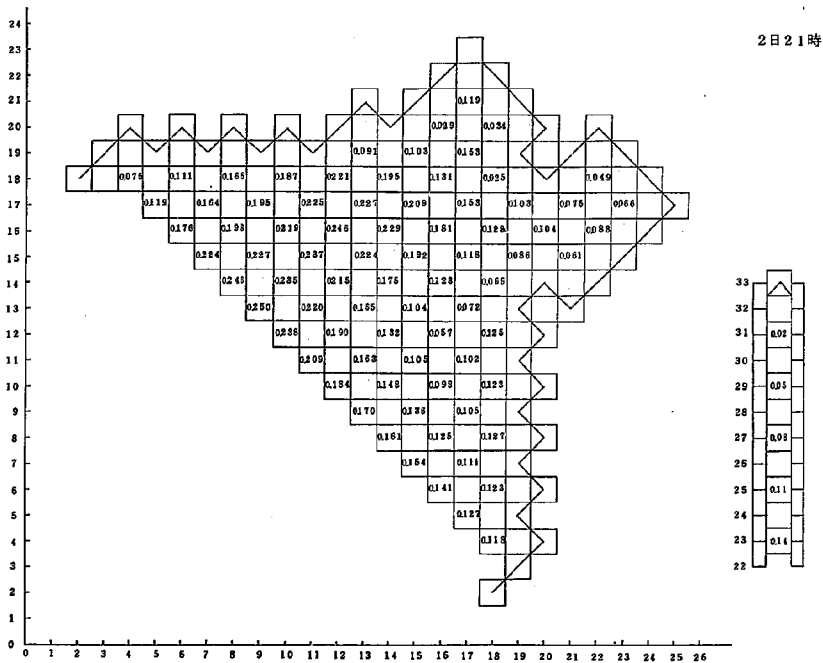
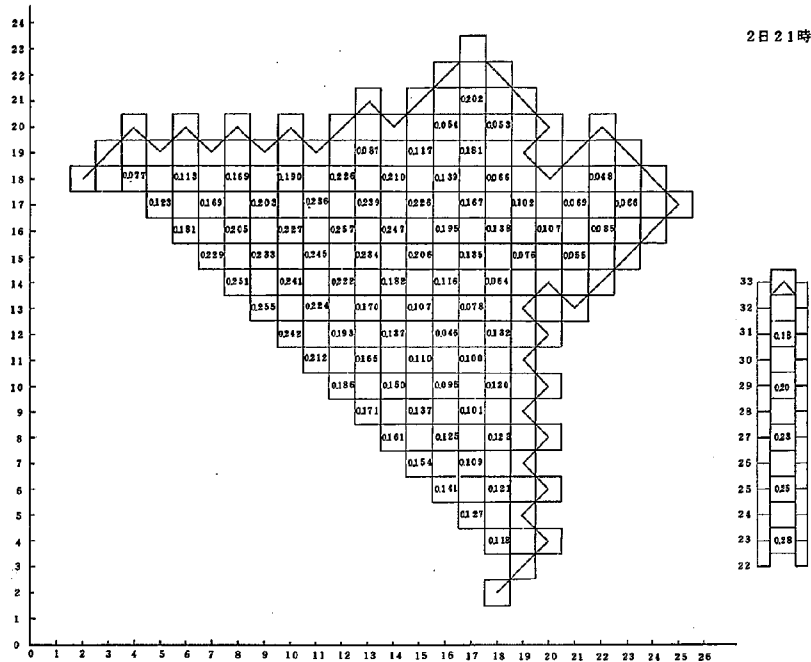


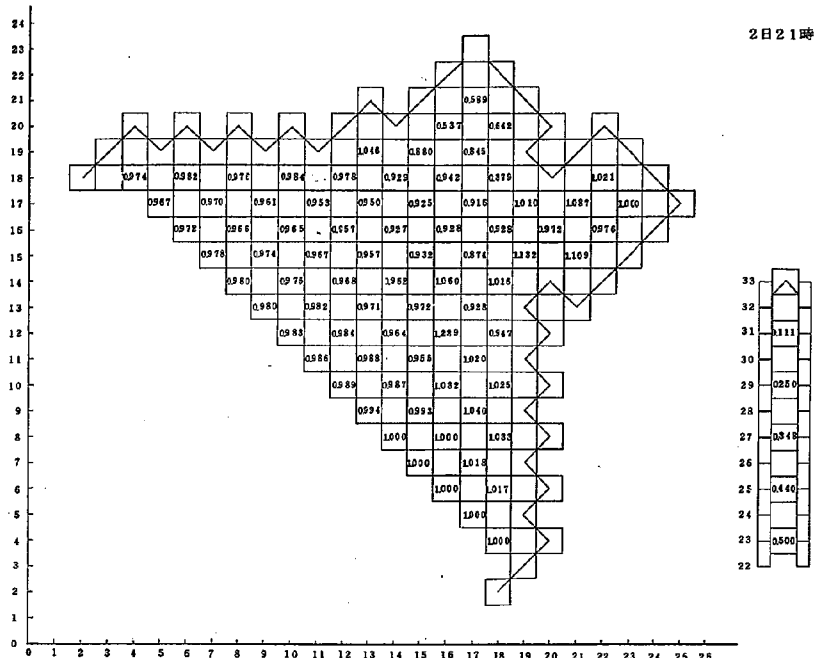
付図-19.3 各点における流速比(小潮)



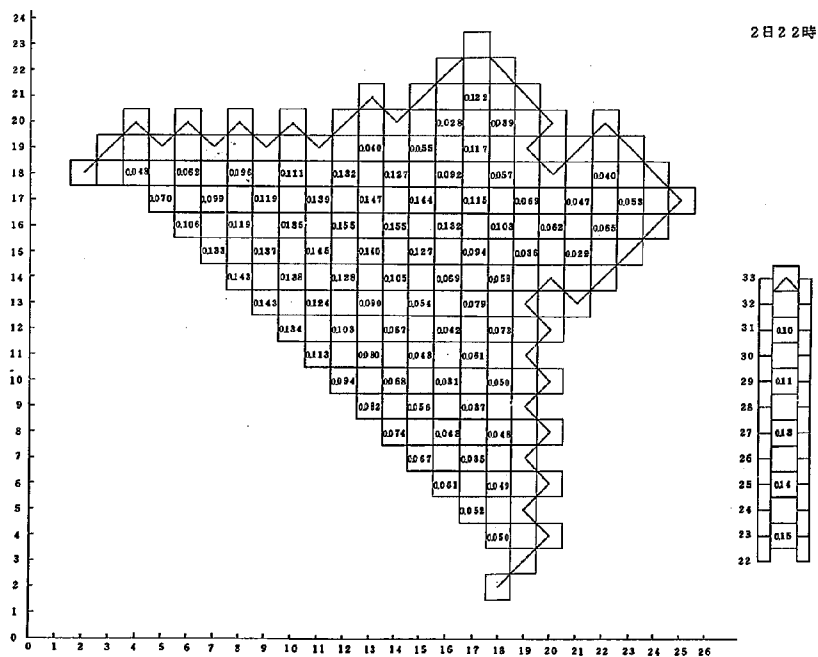
付図-20.1 各点における流速(小潮, 締切前)



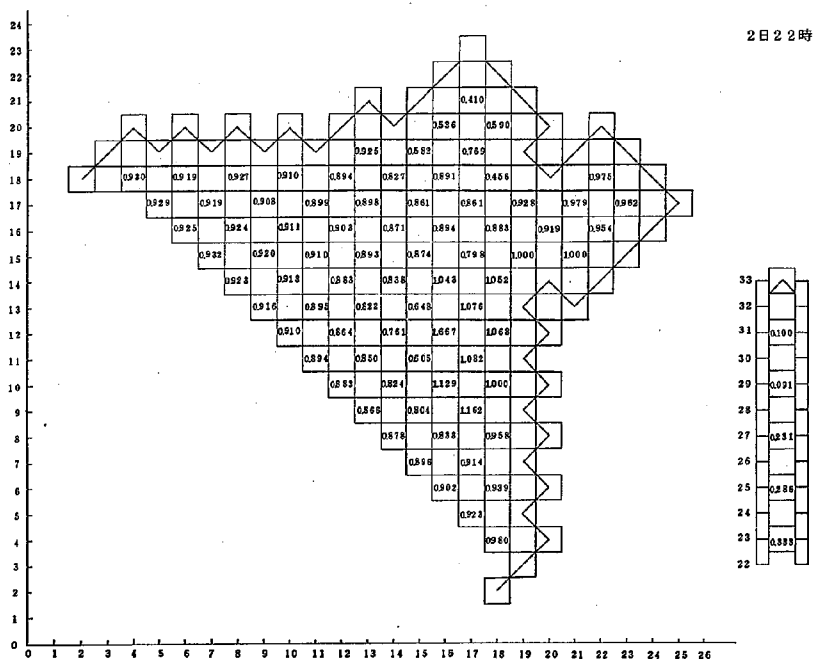
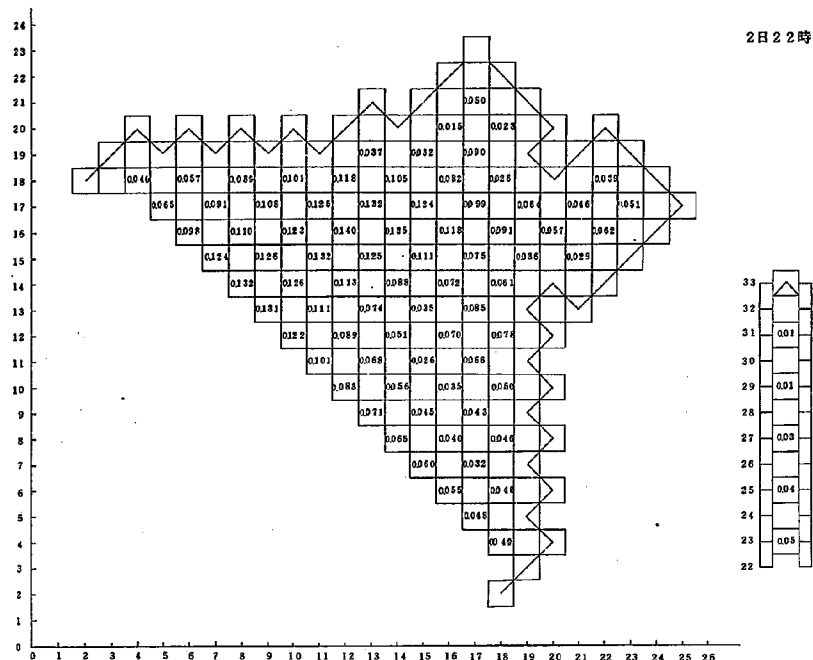


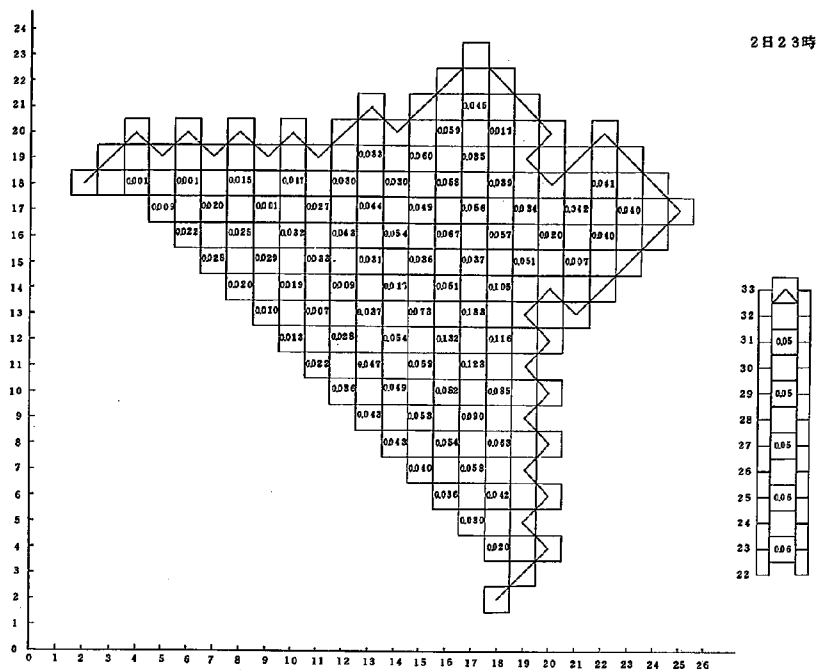


付図- 21.3 各点における流速比 (小潮)

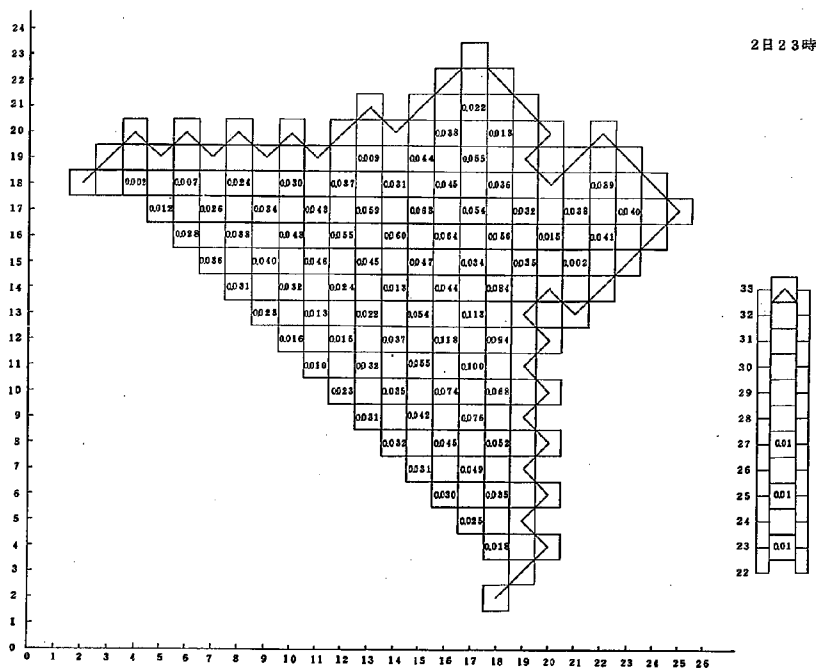


付図- 22.1 各点における流速 (小潮, 締切前)

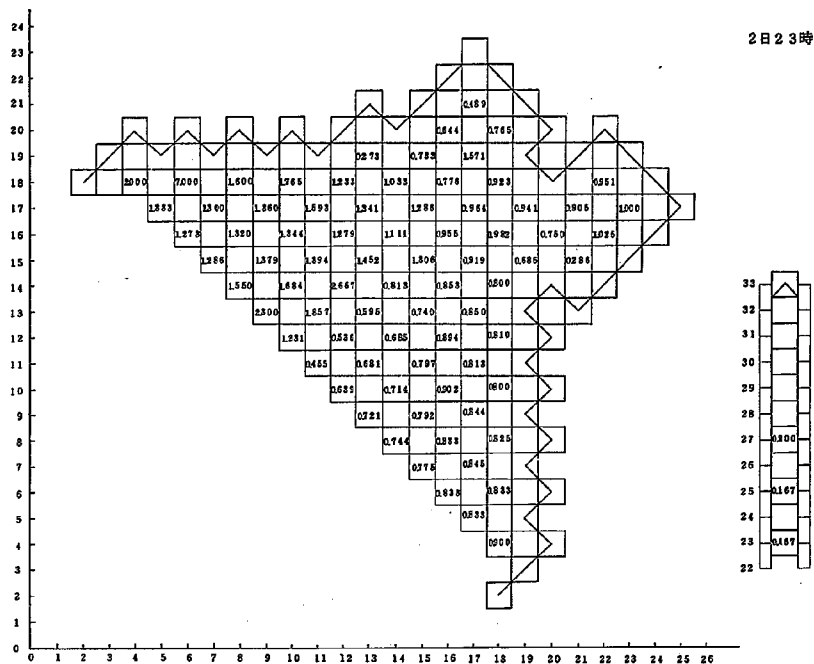




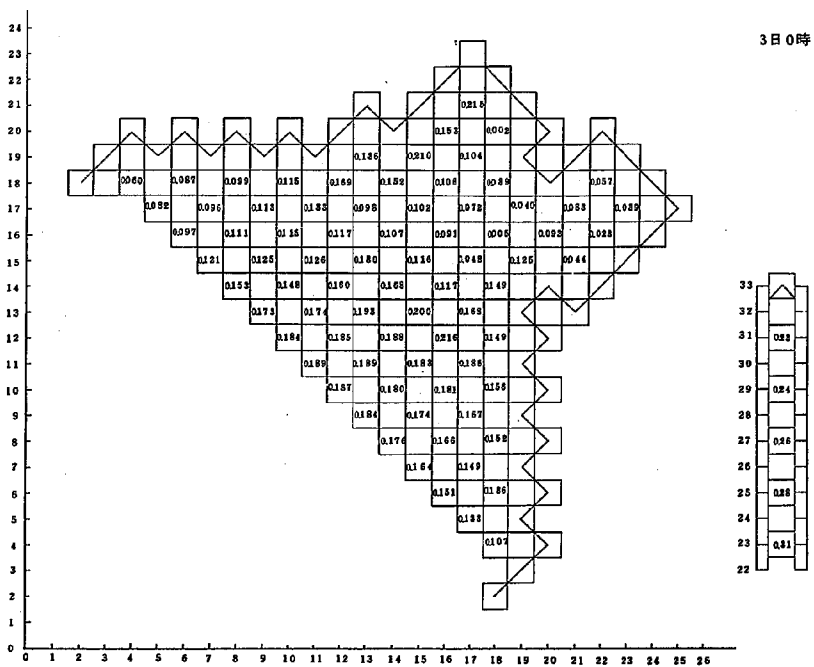
付図-23.1 各点における流速（小潮，締切前）



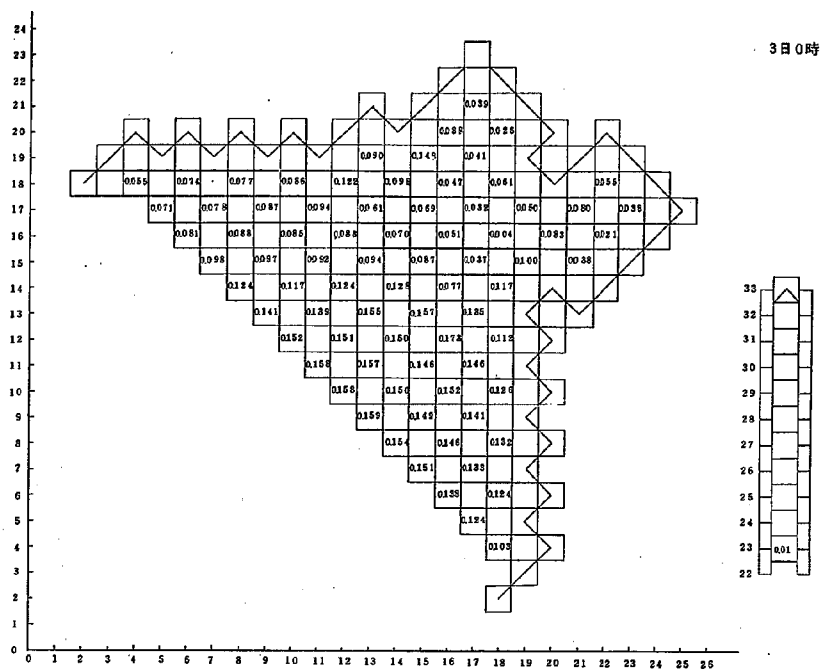
付図-23.2 各点における流速（小潮，締切後）



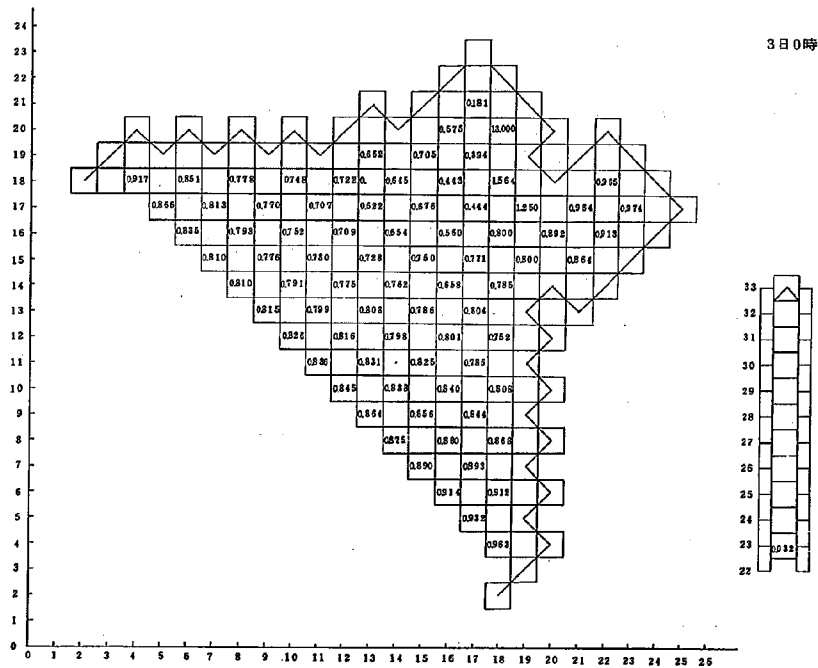
付図-2 3.3 各点における流速比(小潮)



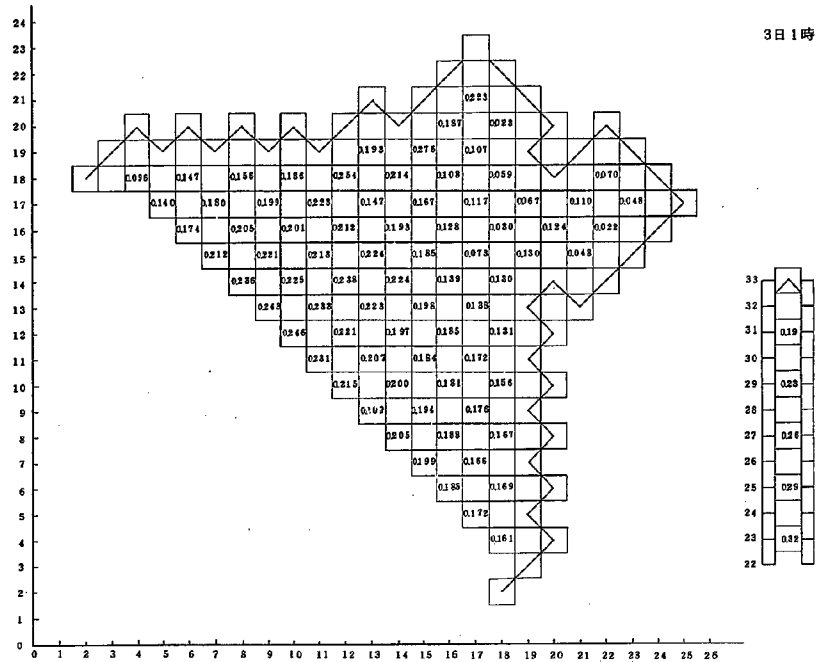
付図-2 4.1 各点における流速(小潮, 締切前)



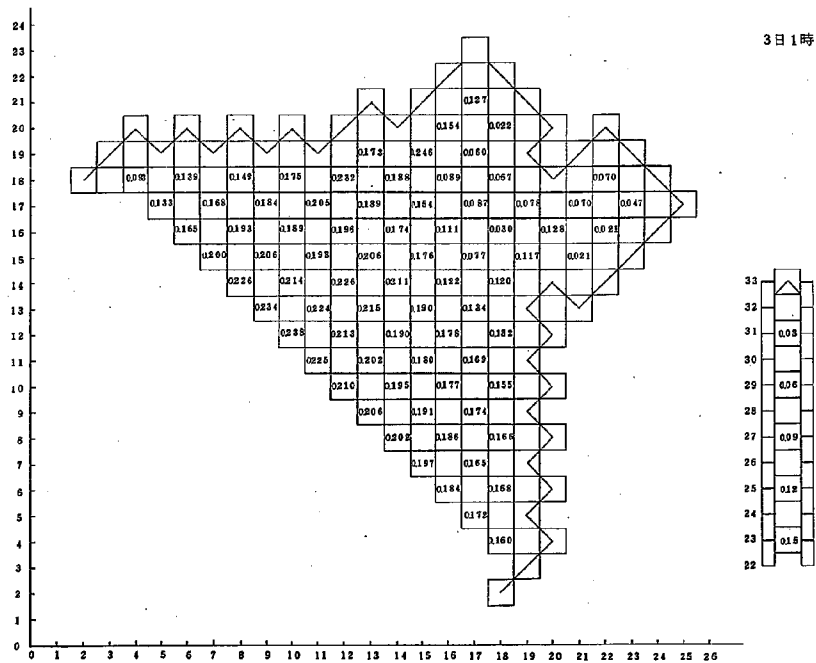
付図-24.2 各点における流速(小潮, 締切後)



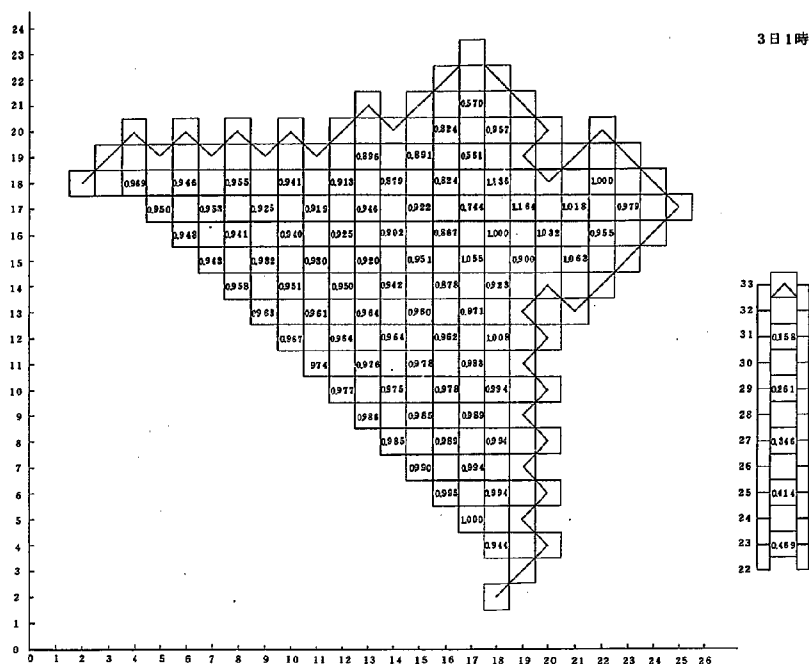
付図-24.3 各点における流速比(小潮)



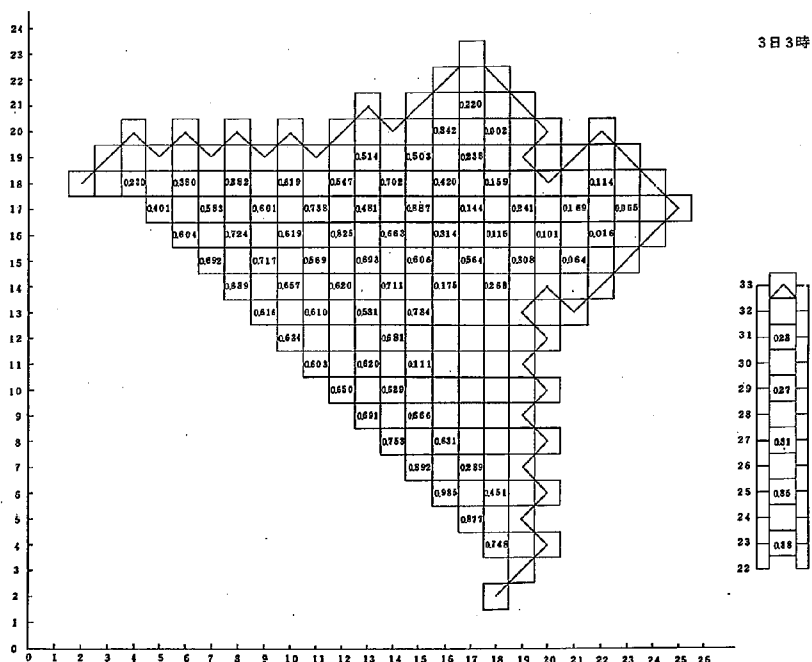
付図-25.1 各点における流速（小潮，締切前）



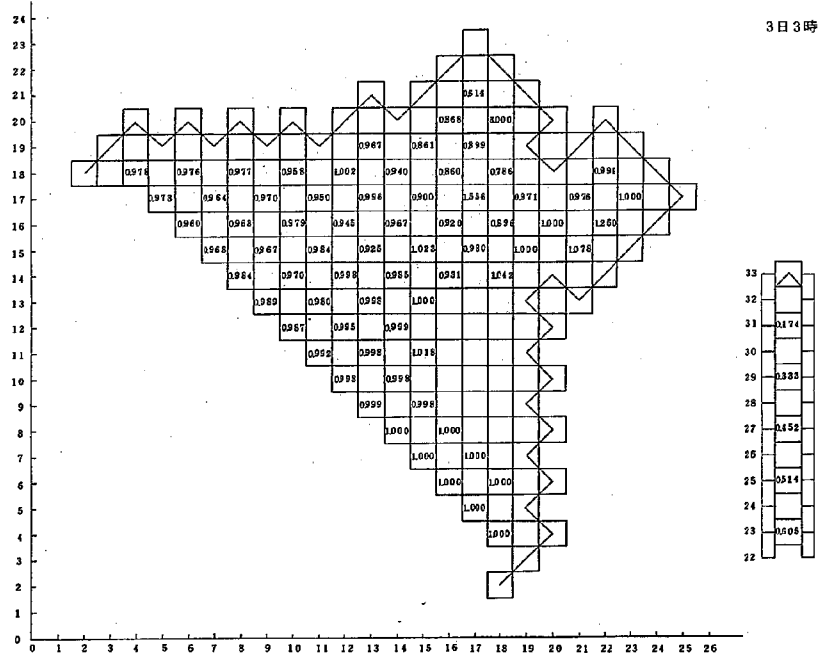
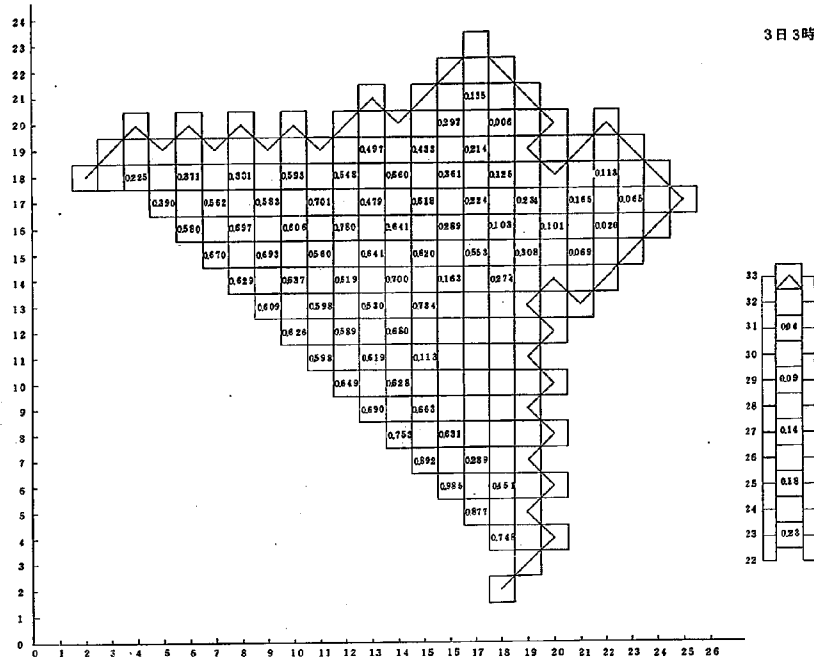
付図-25.2 各点における流速（小潮，締切後）

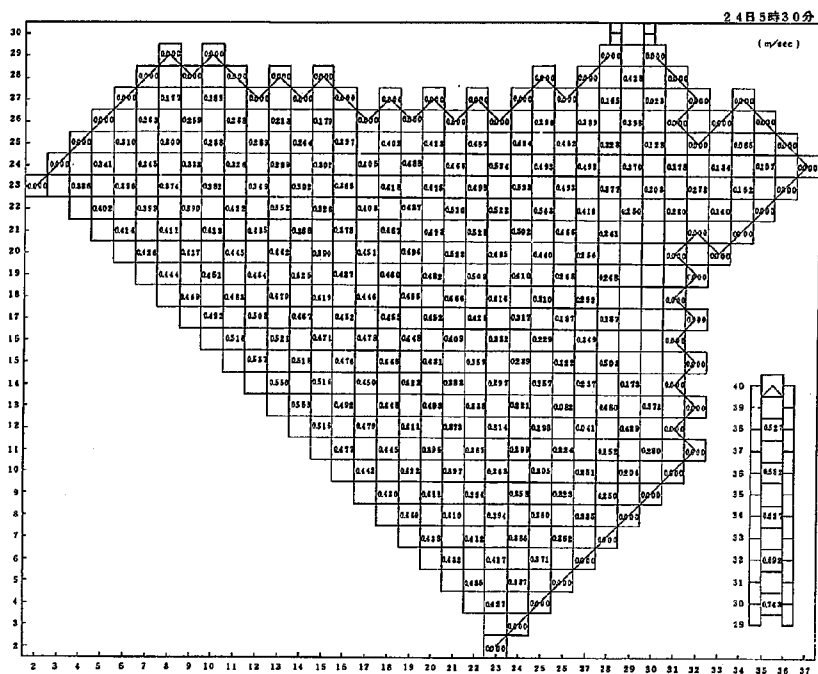


付図-2.5.3 各点における流速比(小潮)

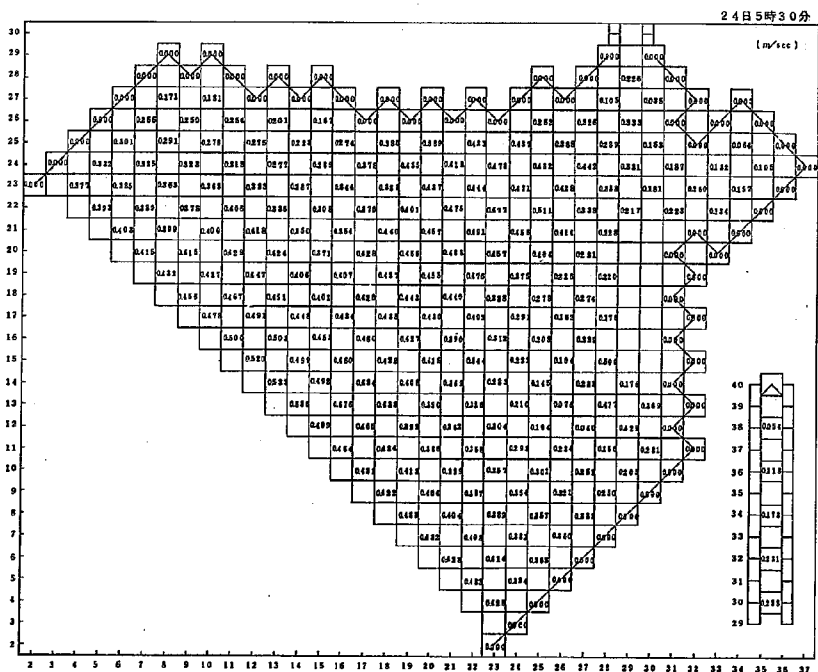


付図-2.6.1 各点における流速(小潮, 締切前)

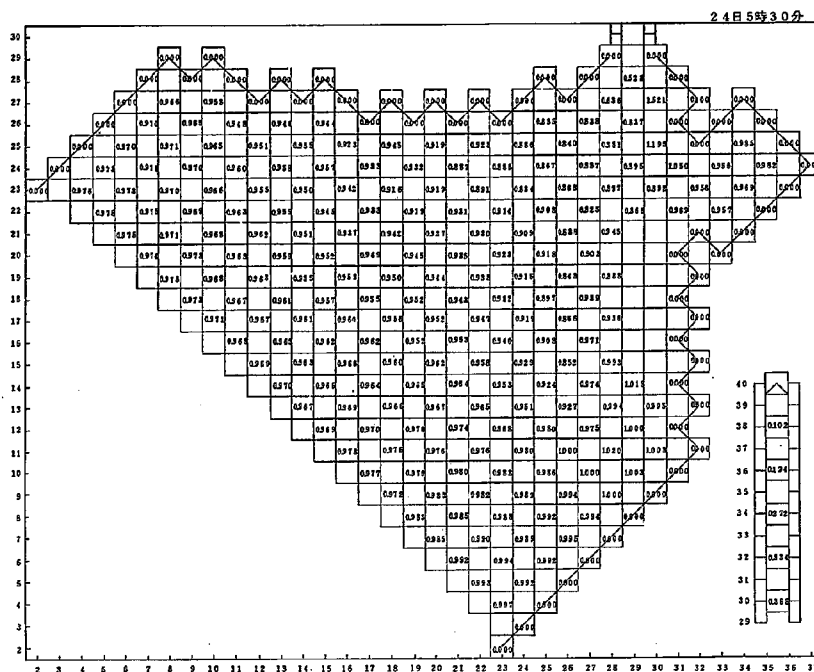




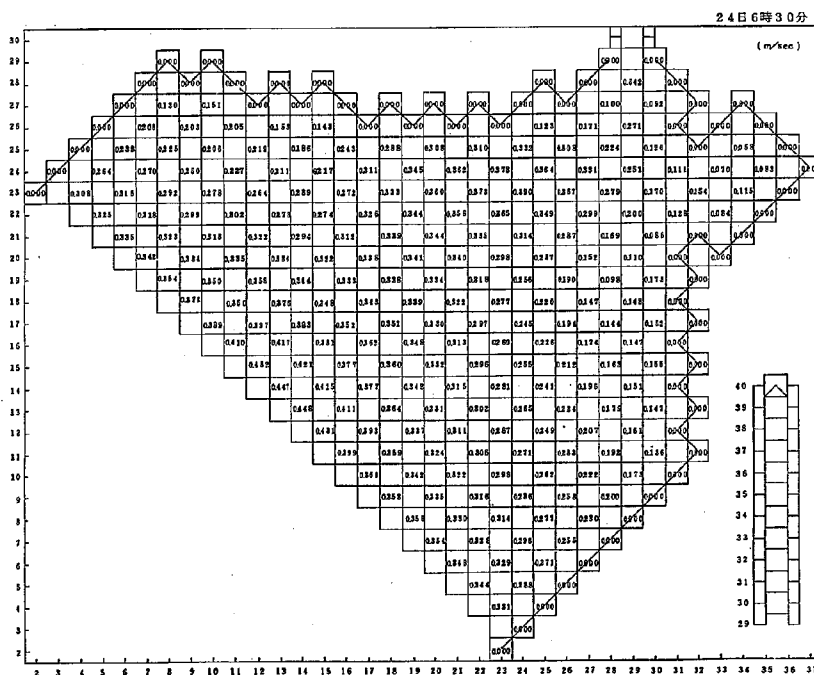
付図-27.1 各点における流速(大潮, 領域大, 締切前)



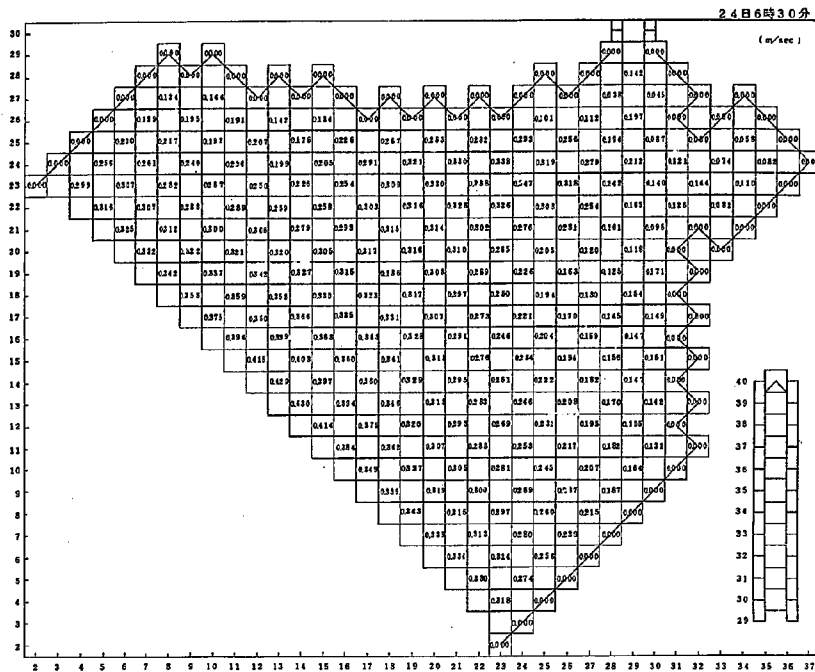
付図-27.2 各点における流速(大潮, 領域大, 締切後)



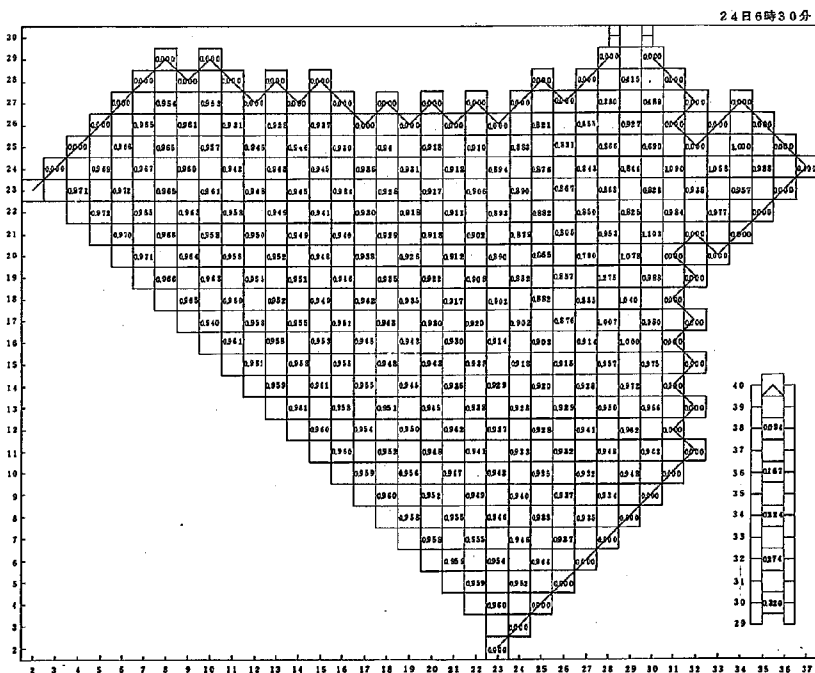
付図-27.3 各点における流速比(大潮, 領域大)



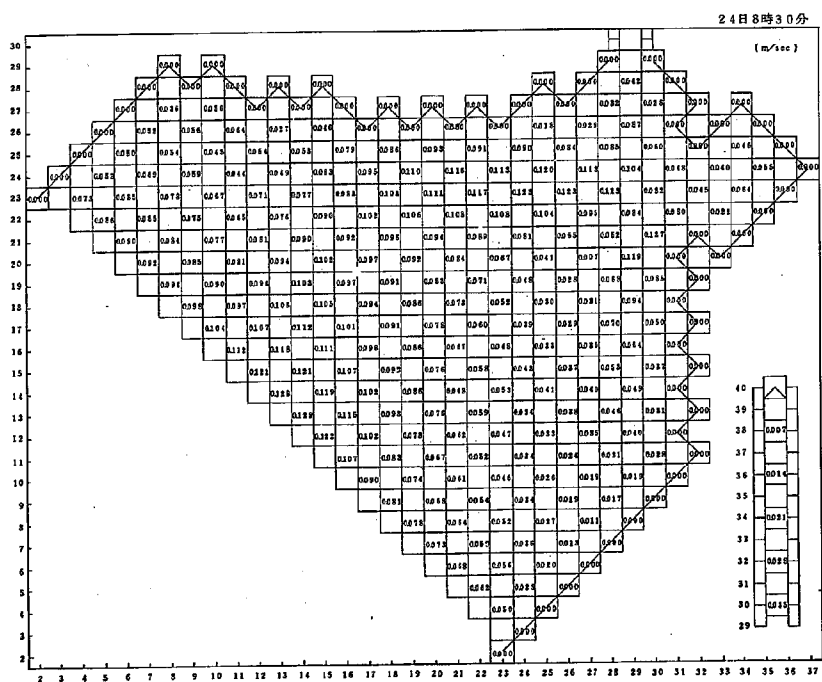
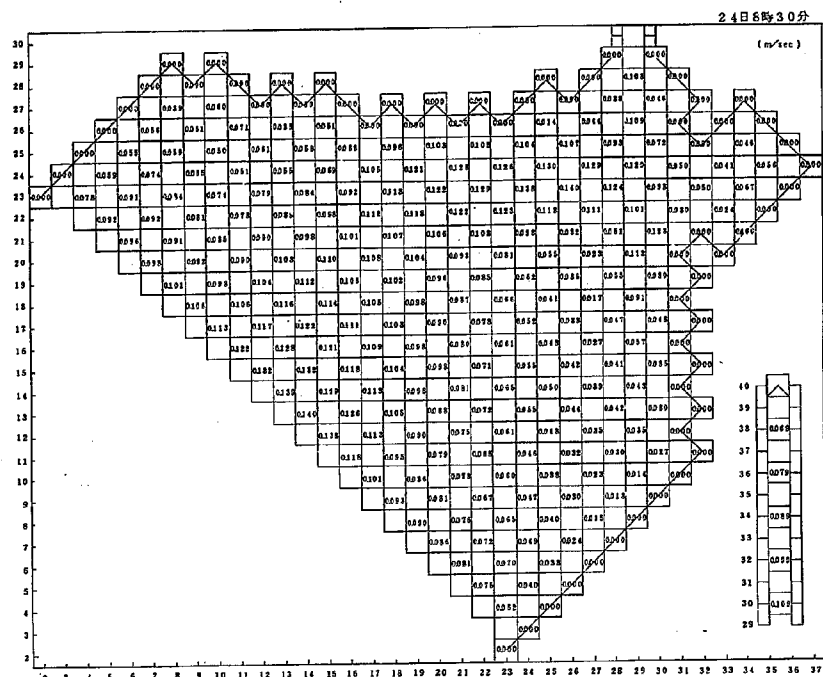
付図-28.1 各点における流速(大潮, 領域大, 縮切前)

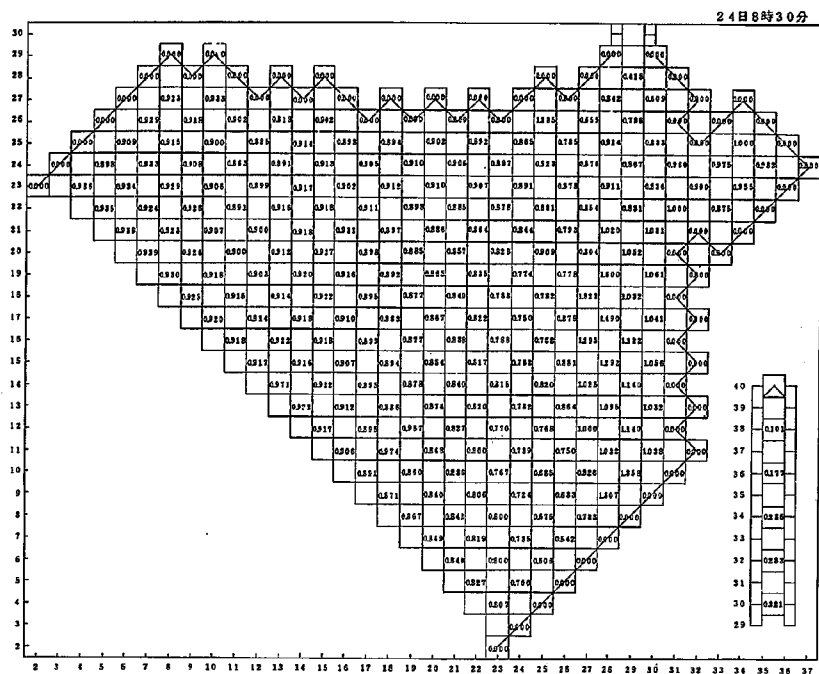


付図-28.2 各点における流速(大潮, 領域大, 締切後)

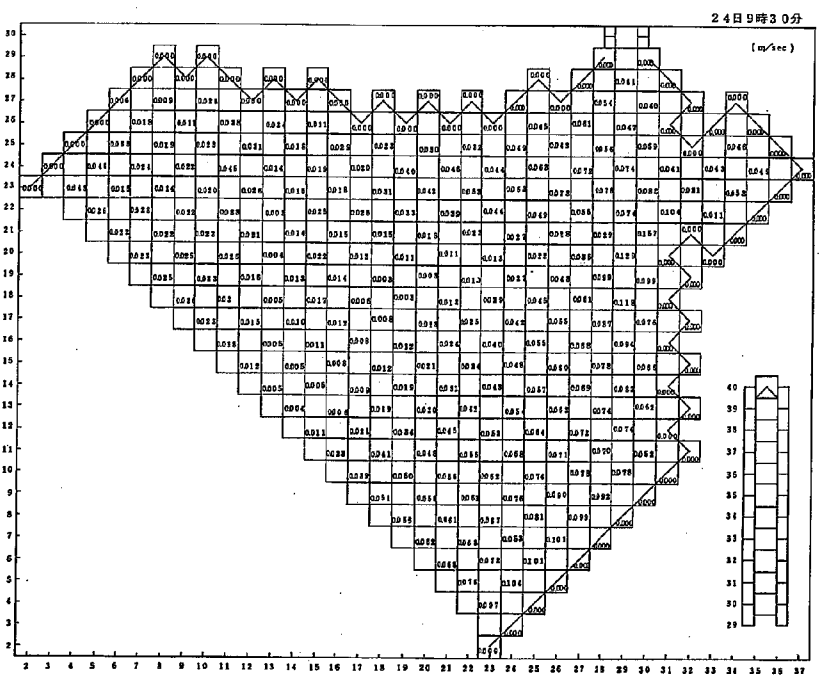


付図-28.3 各点における流速比(大潮, 領域大)

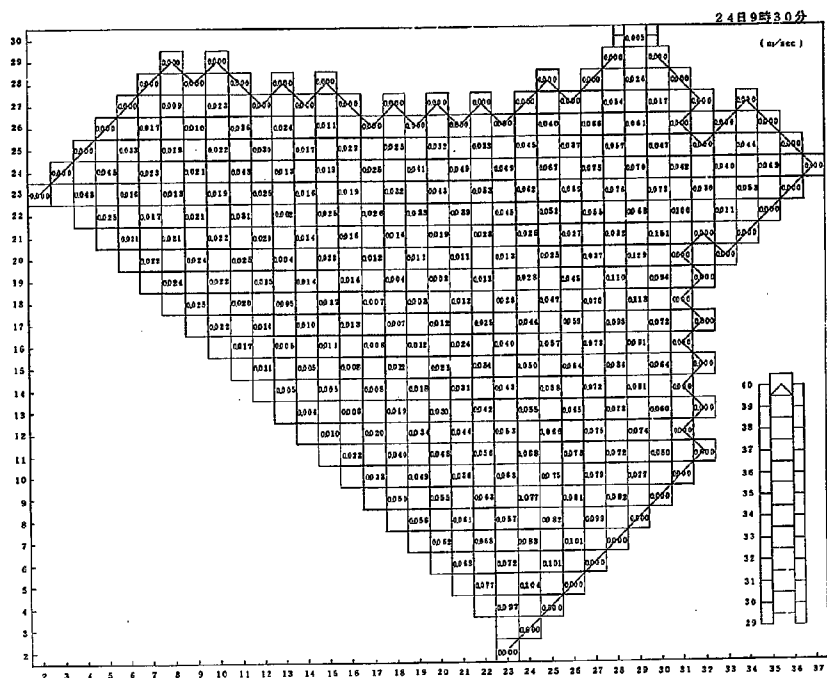




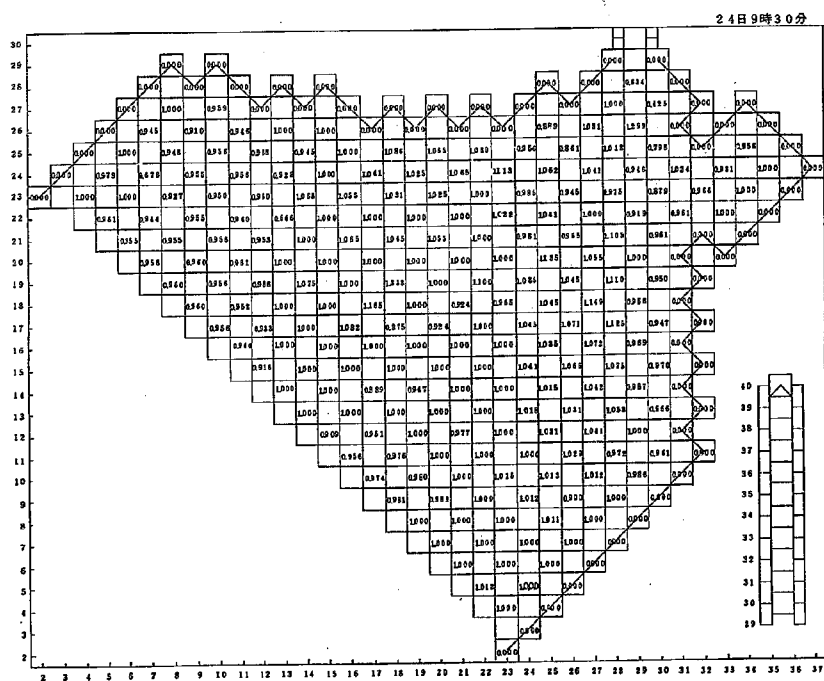
付図- 29.3 各点における流速比(大潮, 領域大)



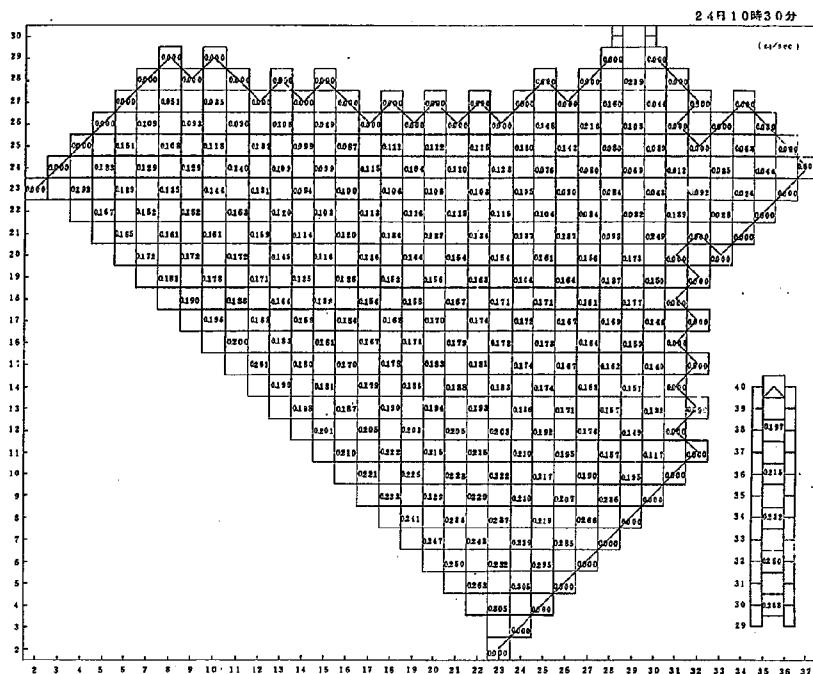
付図- 30.1 各点における流速(大潮, 領域大, 縮切前)



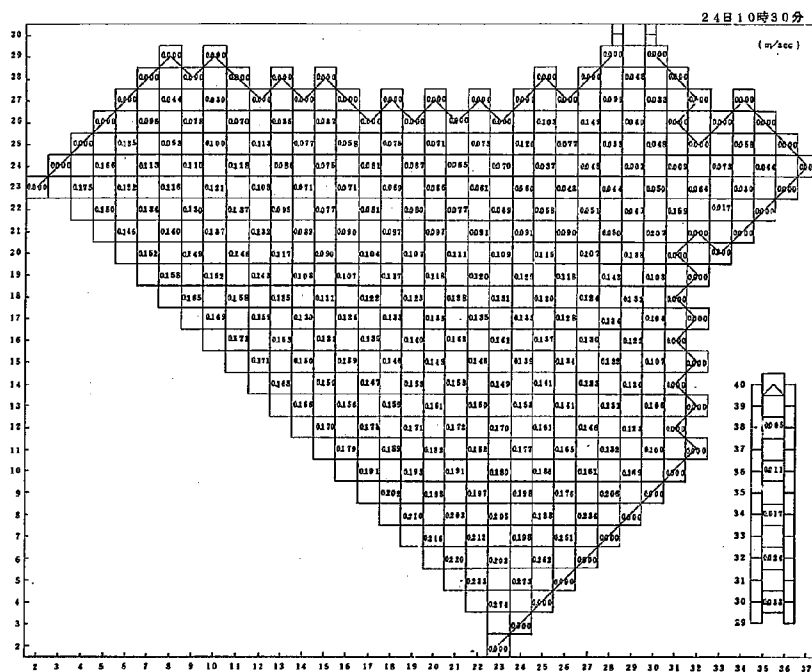
付図-30.2 各点における流速(大潮, 領域大, 締切後)



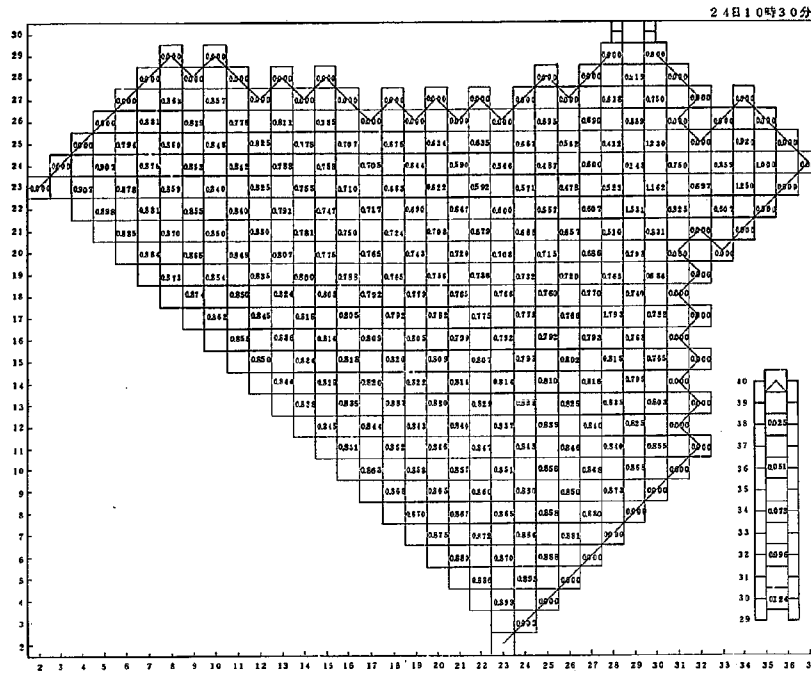
付図-30.3 各点における流速比(大潮, 領域大)



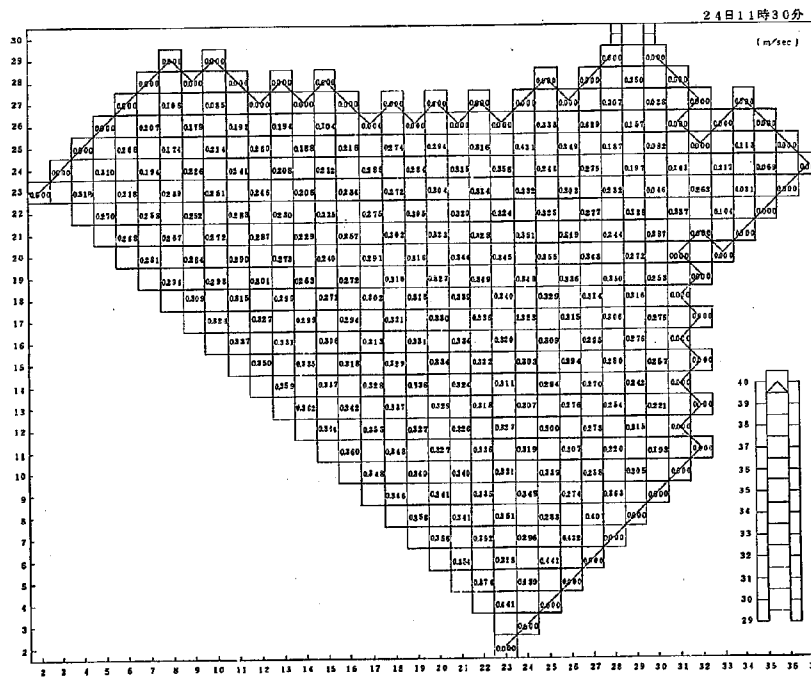
付図-3 1.1 各点における流速(大潮, 領域大, 縮切前)



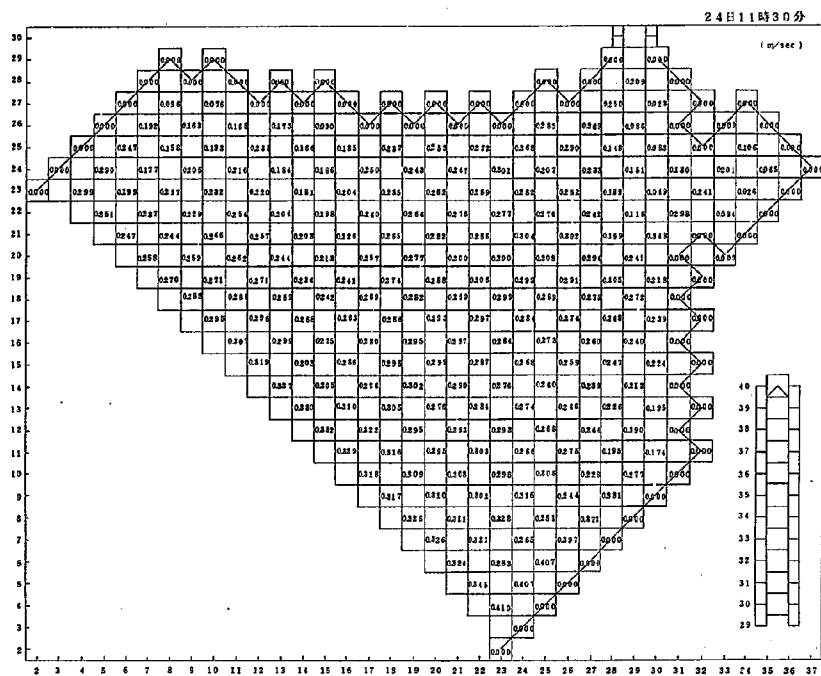
付図-3 1.2 各点における流速(大潮, 領域大, 縮切後)



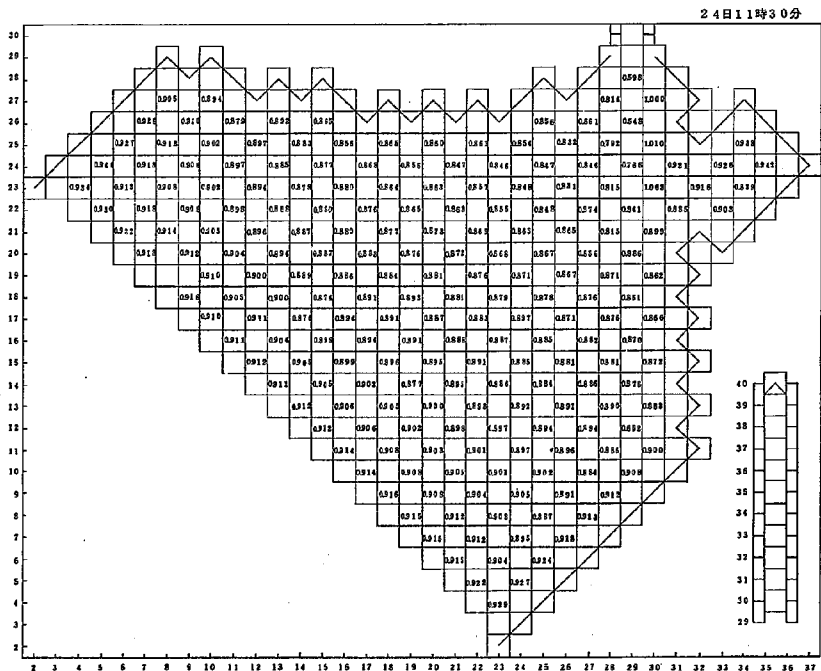
付図-3.1.3 各点における流速比(大潮, 領域大)



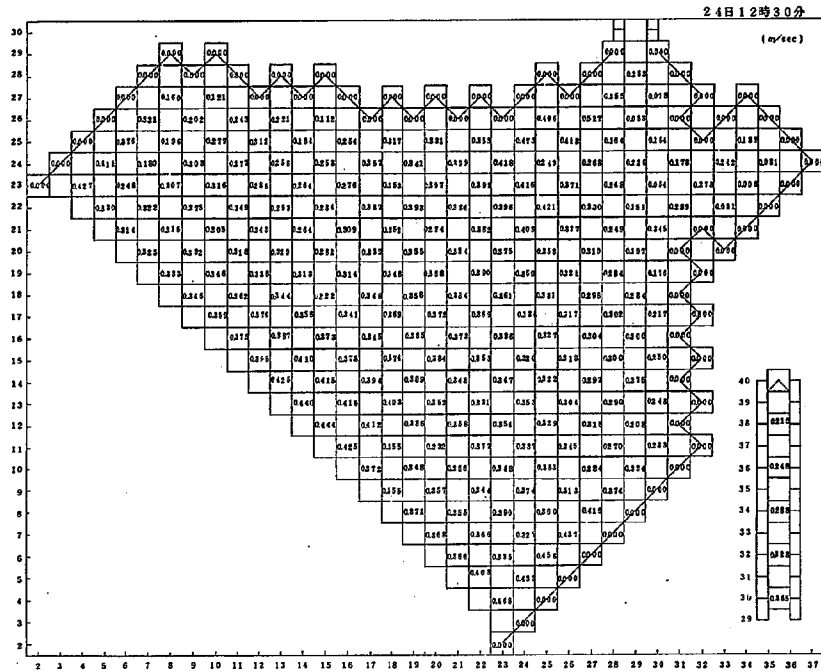
付図-3.2.1 各点における流速(大潮, 領域大, 締切前)



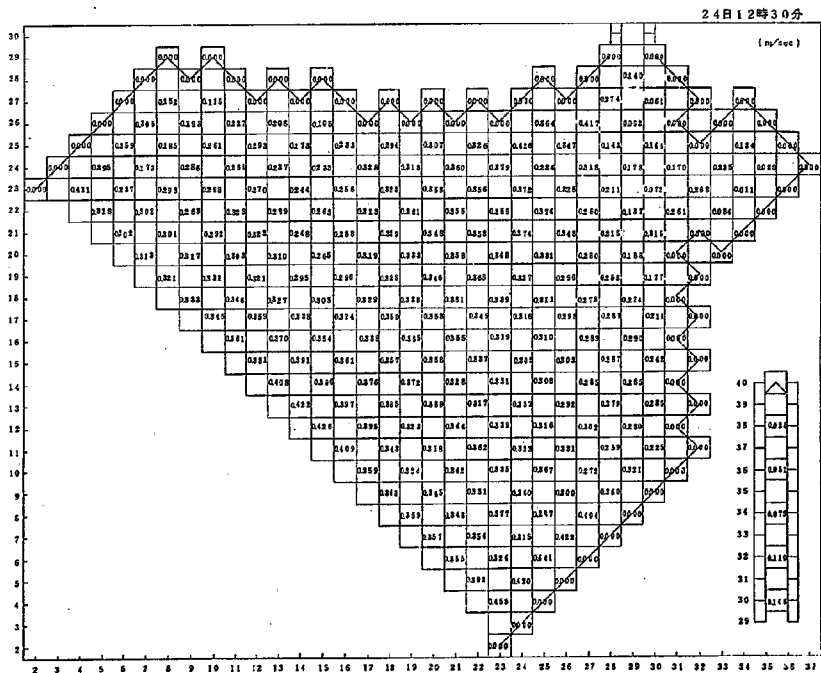
付図-3.2.2 各点における流速（大潮，領域大，縮切後）



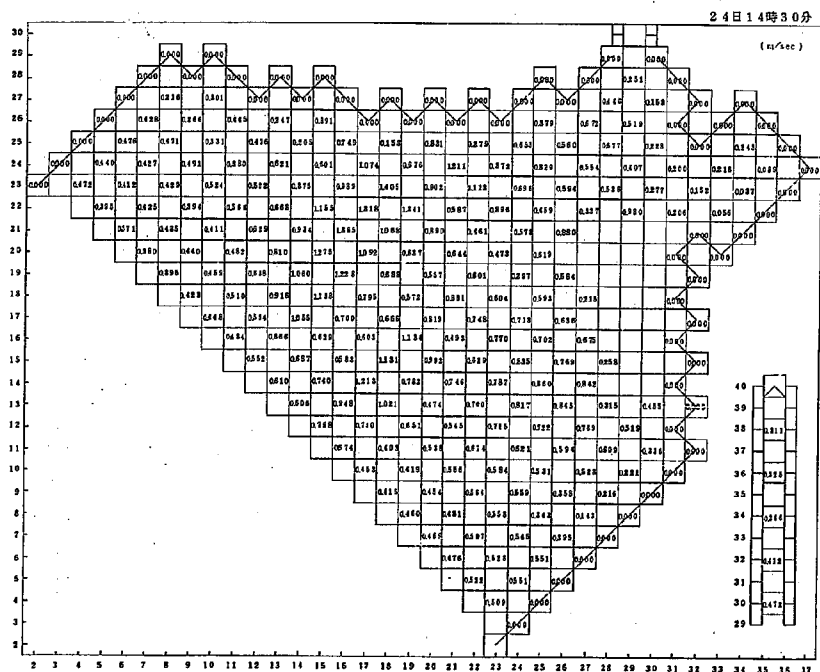
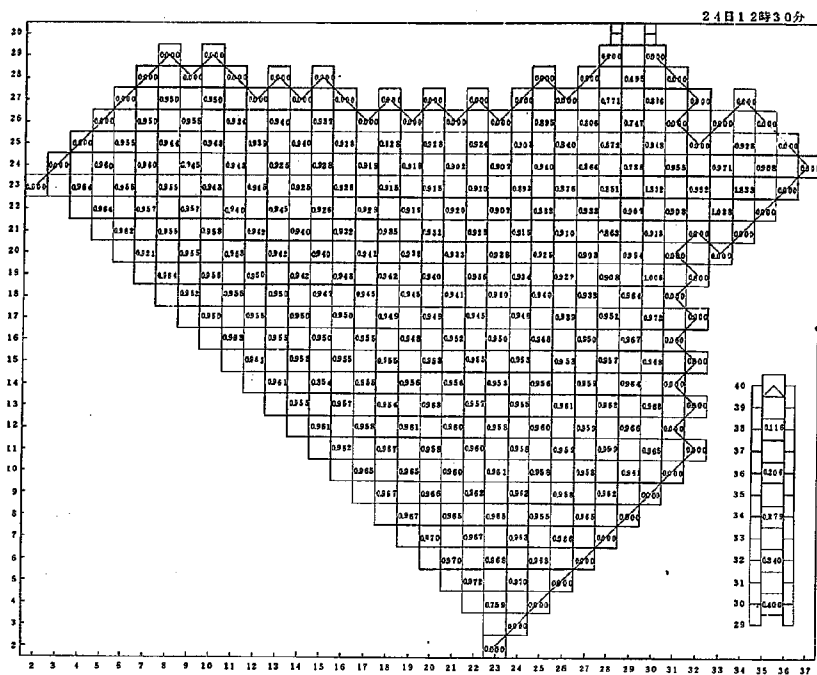
付図-3.2.3 各点における流速比（大潮，領域大）

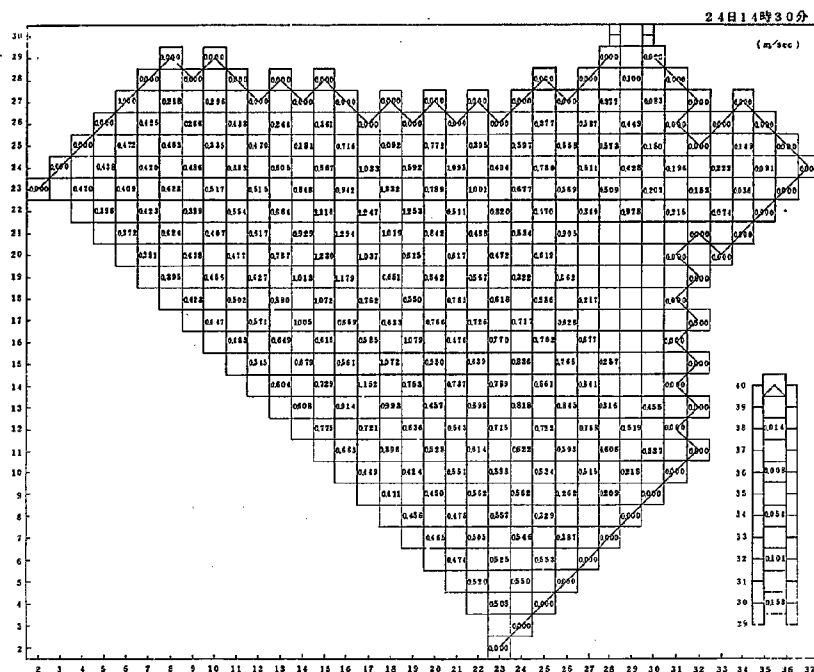


付図-33.1 各点における流速(大潮,領域大,締切前)

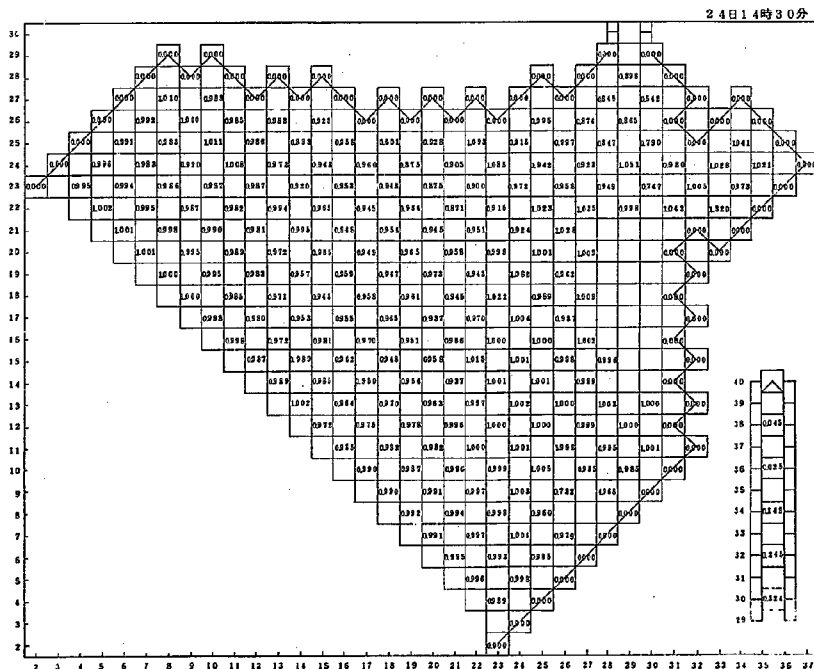


付図-33.2 各点における流速(大潮,領域大,締切後)

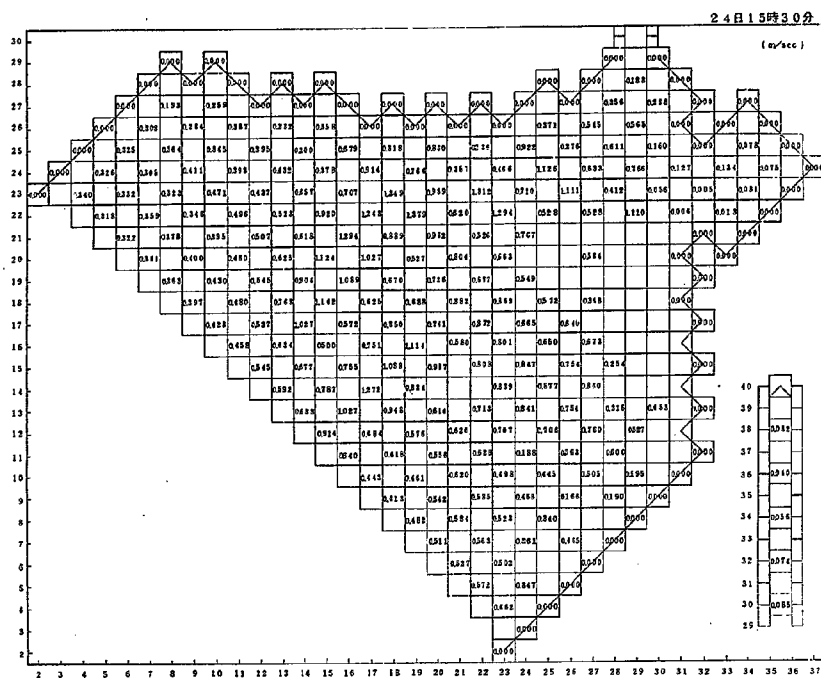




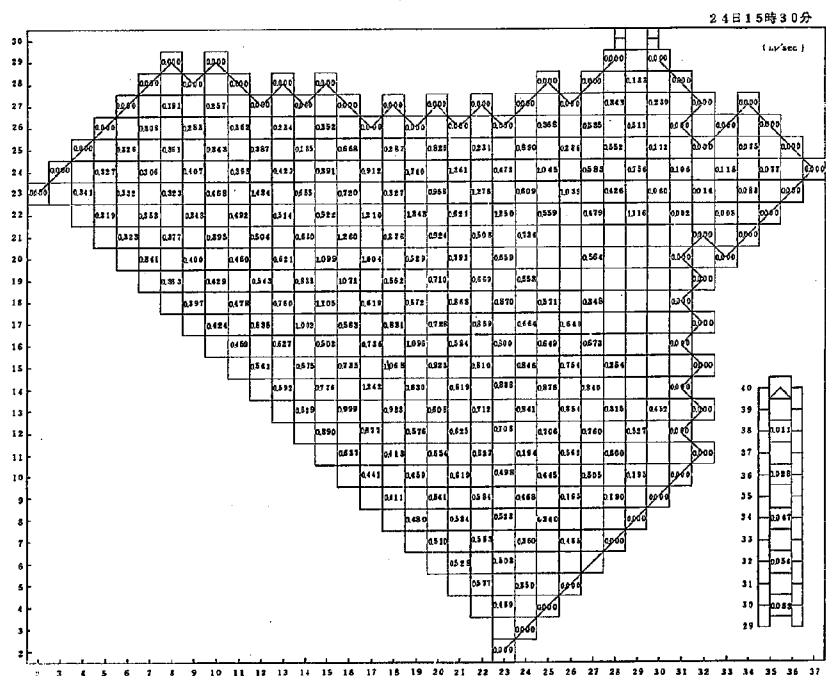
付図- 3.4.2 各点における流速(大潮, 領域大; 縮切後)



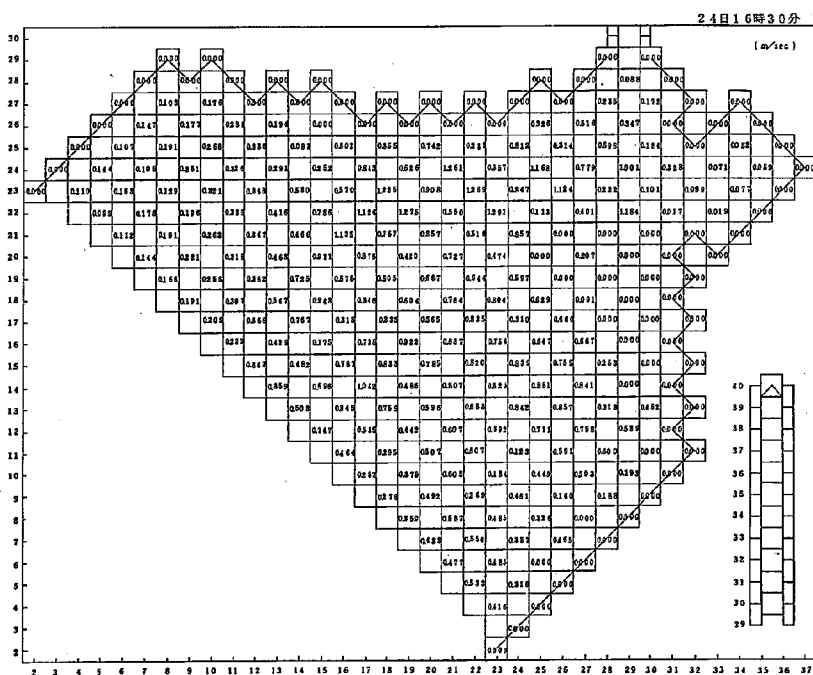
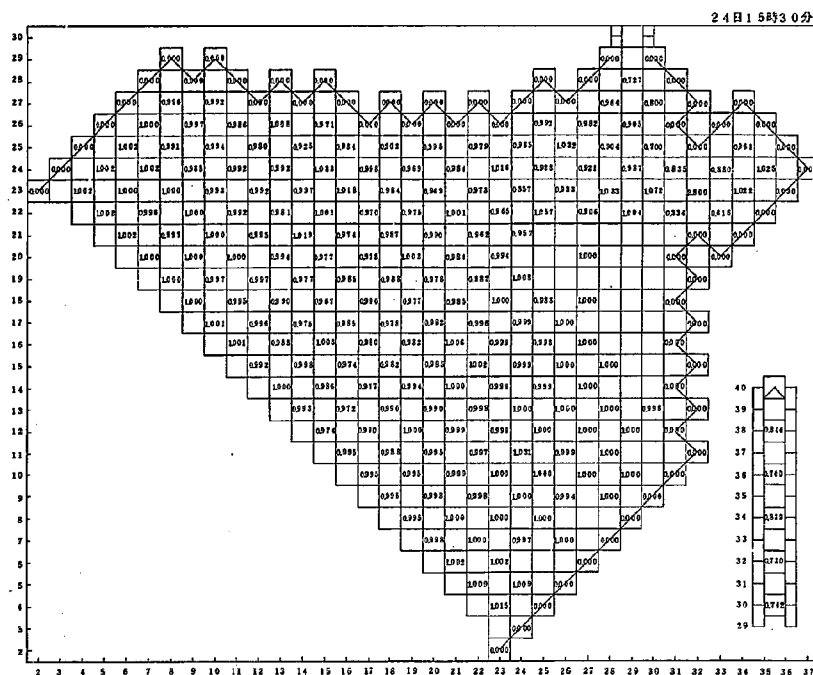
付図- 3.4.3 各点における流速比(大潮, 領域大)

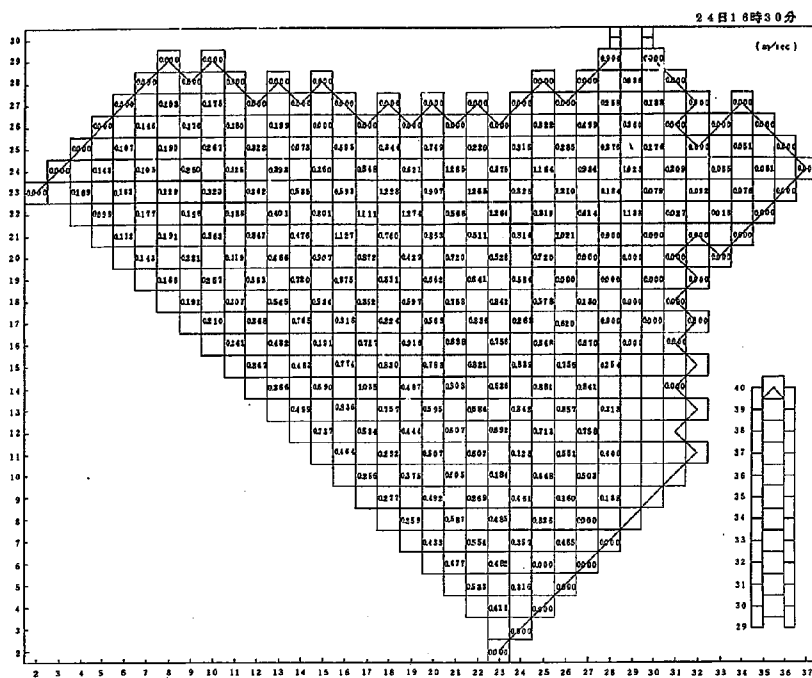


付図- 35.1 各点における流速（大潮，領域大，縮切前）

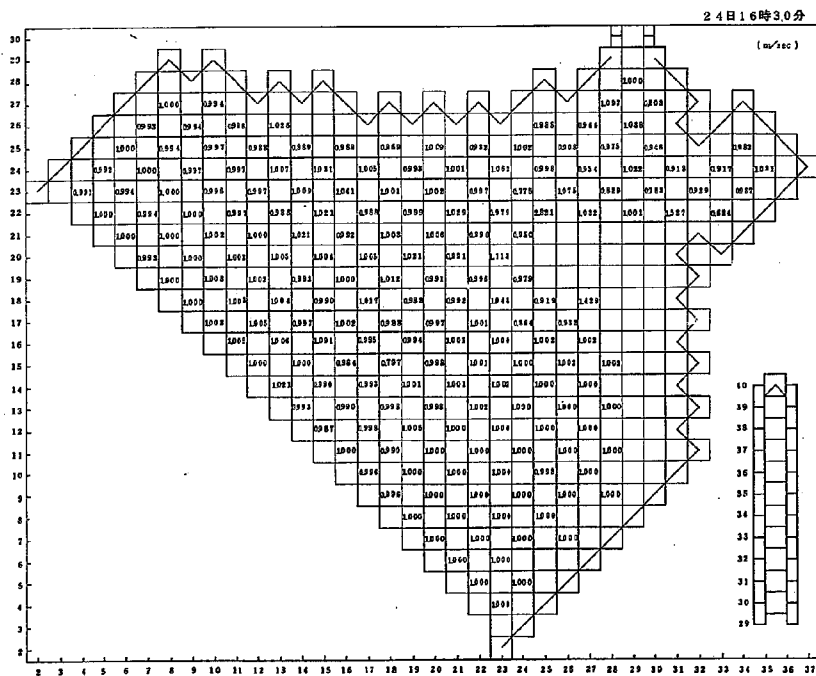


付図- 35.2 各点における流速（大潮，領域大，縮切後）

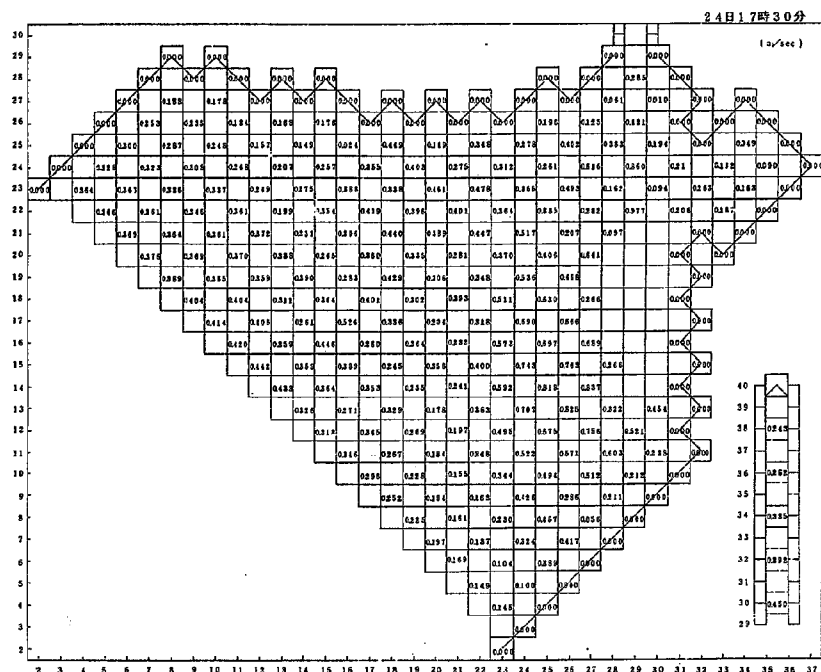




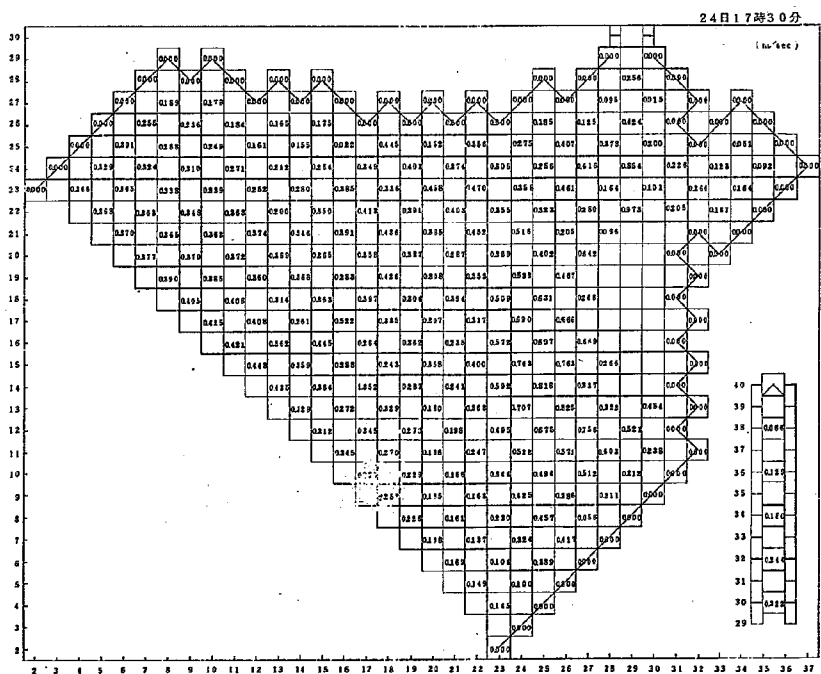
付図-36.2 各点における流速(大潮、領域大、縮切後)



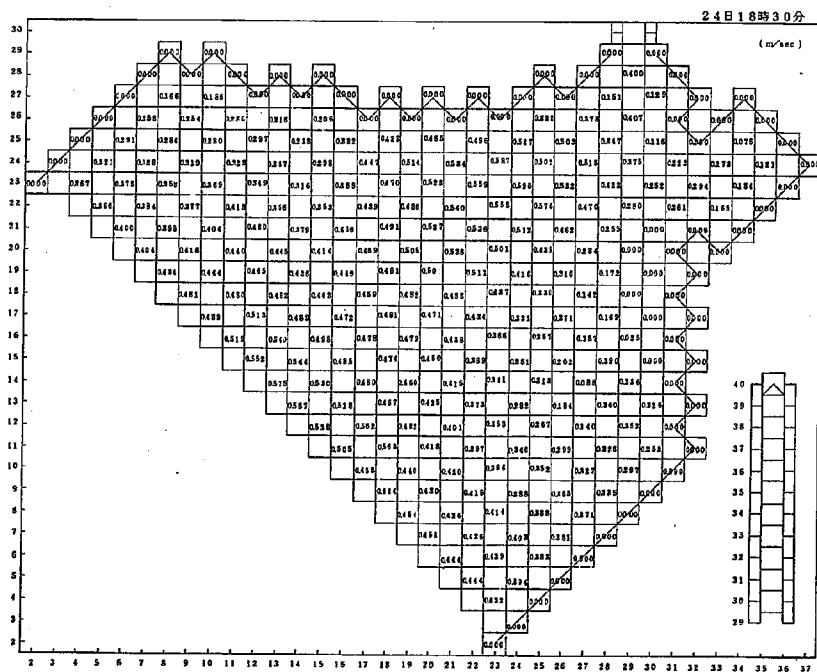
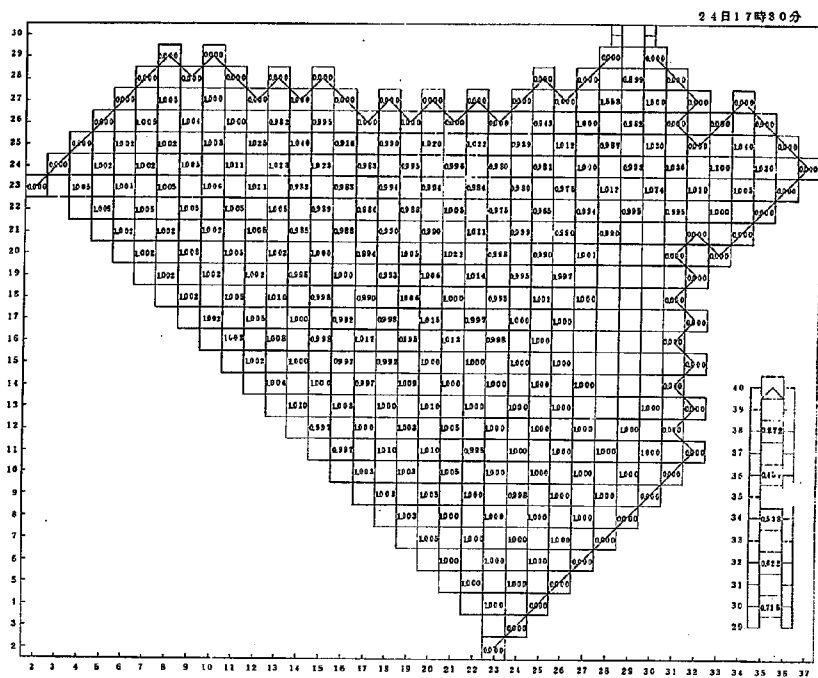
付図-36.3 各点における流速比(大潮、領域大)

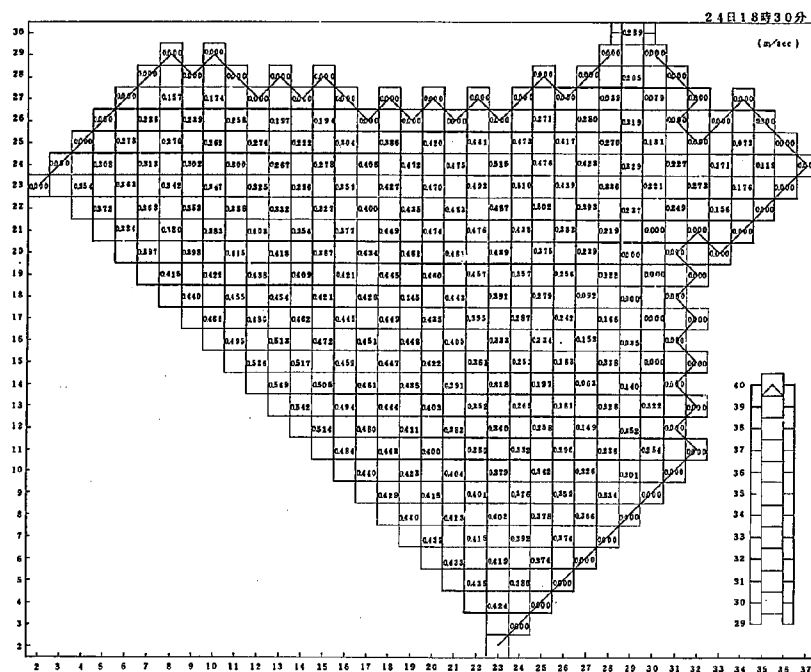


付図-3.7.1 各点における流速(大潮, 領域大, 締切前)

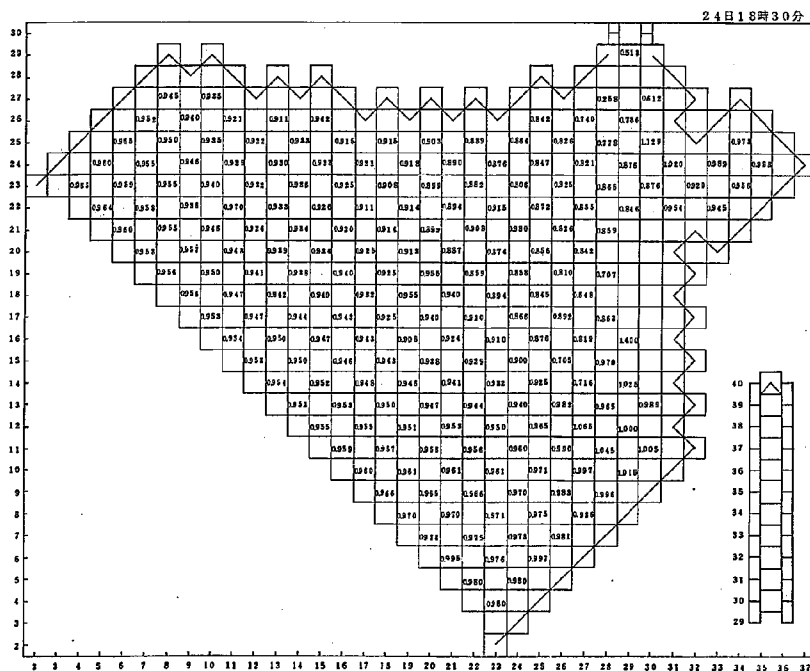


付図-3.7.2 各点における流速(大潮, 領域大, 締切後)

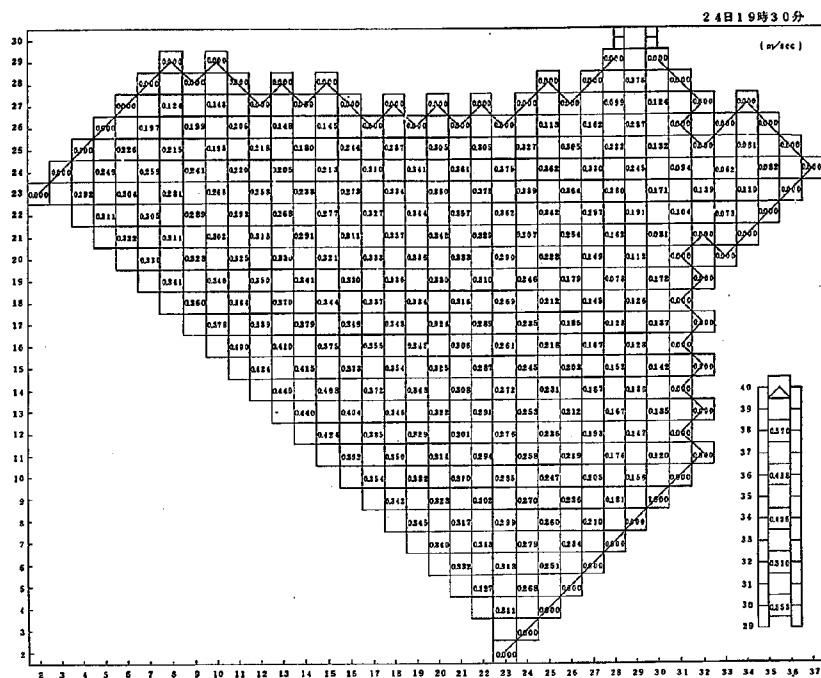




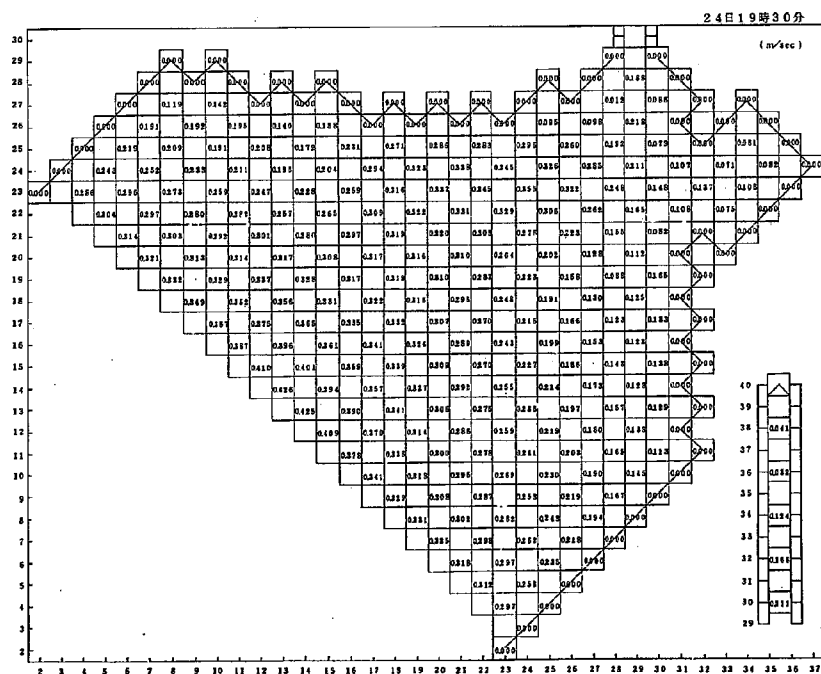
付図-3.8.2 各点における流速(大潮, 領域大, 締切後)



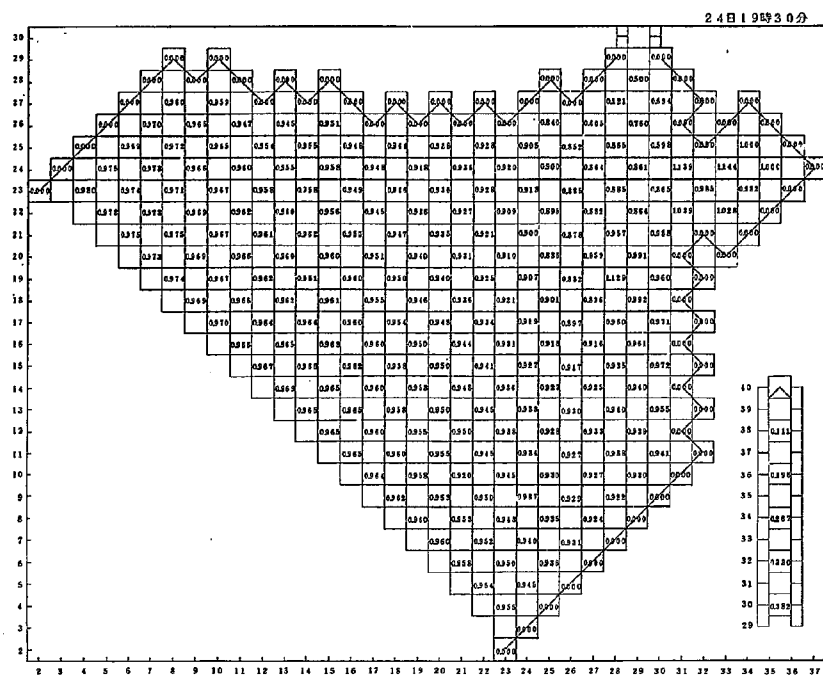
付図-3.8.3 各点における流速比(大潮, 領域大)



付図- 39.1 各点における流速(大潮, 領域大, 締切前)



付図- 39.2 各点における流速(大潮, 領域大, 締切後)



付図 - 39.3 各点における流速比(大潮, 領域大)