

909

20

海峡の設計風圧推定について

京都大学理学部

光田 寧

内 容

1. 緒言 (1)
2. 近畿南西部淡路島附近の上空に
於ける風向別最大風速の推定 (1)
3. 地形の影響を受けない海上での
風速の垂直プロファイル (4)
4. 地形の影響を考慮した場合
(其、一) 鳴門海峡 (7)
5. 〃
(其、二) 明石海峡 (11)
6. 結論 (13)

1959年度

日本気象学会関西支部 年会

海峡の設計風圧推定について

京大・理

光田 寧

1. 緒言.

海峡や山地などの地形複雑な場所に於ける最大風速を推定する際には、この様な所では風の局地性によつてある特定の風向に対する風が著しく増強されることあるのゝ特に留意して研究せねばならない。従つて地形の影響を受けないむしろ地面摩擦の影響も及ばない上層で起り得る最大風速を先づ推定しそれを地表近くにまで及ぼすと云つた常道で調べる事は不当で、風向別に上層での最大風速も推定しそれらの地表迄の垂直プロファイルを出して最後に地形による増強率を考慮してその内の最大のものをとらねばならない。この様な方針で鳴門海峡と明石海峡の二例について研究した結果を以下に述べる。

2. 近畿南西部淡路島附近の上空に於ける風向別最大風速の推定.

西日本に於ける最大風速は台風接近時に発現するものと見て差支えない。従つてこれらの地域の上空に於ける風向別最大風速は起り得る最大の強度の台風によつて生じるものと見做すことが出来る。かかる目的に沿つて最大強度の台風のモデルは主副台風論^{*}に従つて想定すること

* 詳細は主副台風論に関する論文参照

が可能である。即ち台風は主副2つの旋迴系よりなり、各々は Rankine 型の渦動をなし、各要素は次の通りで

- 主台風の内域半径 b : 200 km
- 〃 中心気圧低下量 π : 25 mb
- 副台風の内域半径 b : 50 km
- 〃 中心気圧低下量 π : 50 mb

副台風の中心は主台風の中心の南東 80 km の位置にあると想定する。この想定は全地域を通過しては最強と見做し得る室戸台風に準拠して行ったものである。上記のモデルによれば主副台風各々の風速分布は

$$\begin{cases} v = \omega_0 r & \text{for } r \leq b \text{ (内域)} \\ v = \frac{\omega_0 b^2}{r} & \text{for } r > b \text{ (外域)} \end{cases}$$

の形で示される、ここで ω_0 は内域の迴轉角速度で r は中心からの距離である。台風域内では cyclostrophic balance が成立すると仮定するならば、気圧分布は

$$\begin{cases} p = P_\infty - \rho \omega_0^2 (b^2 - \frac{1}{2} r^2) & \text{for } r \leq b \\ p = P_\infty - \frac{1}{2} \rho \omega_0^2 b^4 r^{-2} & \text{for } r > b \end{cases}$$

と与えられ、 ω_0 は $\pi = \rho \omega_0^2 b^2$ より求められ。(但し P_∞ は域外の気圧)

台風域内での風速の分布は近似的に主副台風の風の場をベクトルの的に合成したものであると見做す事が出来る。

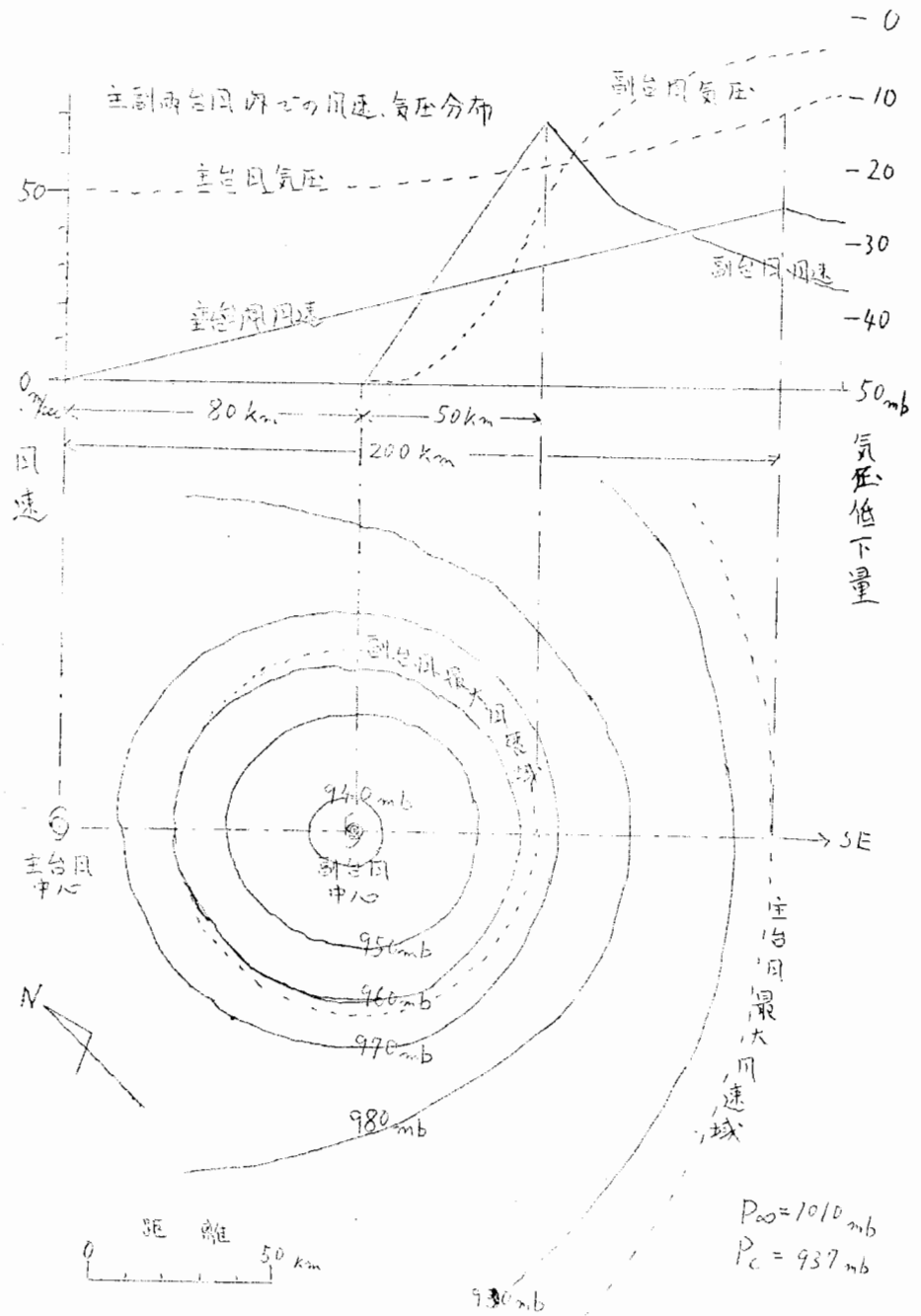
即ち各々の風の場の stream function は

$$\begin{cases} \psi = \frac{1}{2} \omega_0 r^2 & \text{for } r \leq b \\ \psi = \omega_0 b^2 (\log \frac{r}{b} - \frac{1}{2}) & \text{for } r > b \end{cases}$$

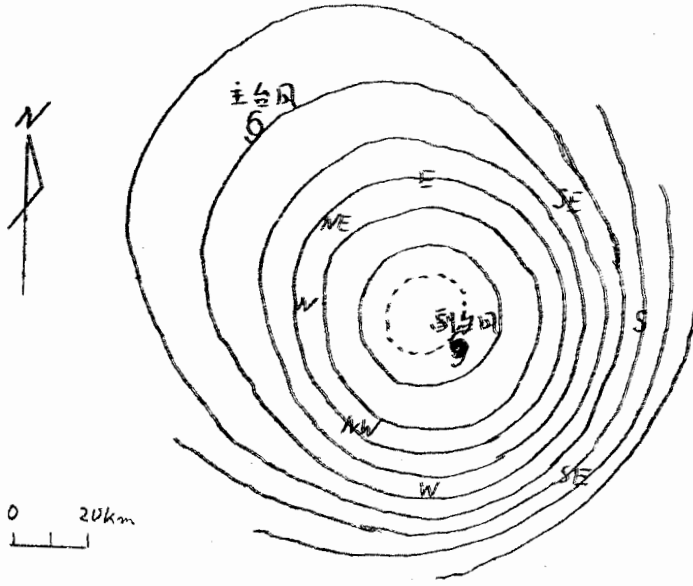
であるから、合成は2つの stream function を図的に加える事によって行い得る。

上述の如きモデル台風の気圧場と流線の場を第1図に示す。流線の図より読み取った各方位別の最大風速(図

* 主台風に対しては各変数に1を附する。以下同じ。



第1图(2) Eテ儿台風の気圧分布



→ 40 m/sec に相当する流線間隔

第1図 (b) モデル台風の流線分布

中にその発現位置が示してある) を読取つた結果を次に示す。但し $\rho = 10^{-3} \text{ g/cm}^3$ と假定してゐる。

方位	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	その他
風速 m/sec	70	65	70	80	95	105	95	80	110 (S)

台風の進路は任意に取れるから、上記の結果は近畿南西部における任意の場所の上空での各風向別最大風速として期待される値である。

3. 地形の影響を受けない海上での風速の垂直プロファイル

前節で得られた上空風速に基づいて地形の影響を受けない海上での下層の風速の垂直分布を求めた。上空風

速と下戸での風速分布との関係については先だに確立されたものを見出し得ない。特に台風の中では台風自身の構造の問題を含んでいるので簡単ではない。しかもここでは実用上の見地から風速分布が直線的な等圧線の場にして上空風速を地衡円で近似した場合の解と同一であると見做す。この場合について Taylor によって得られた解は

$$V - G = \sqrt{2} G \sin \alpha \cdot e^{-Bz + i(\alpha + \frac{1}{2}\pi - Bz)}$$

$$B^2 = \omega \sin \phi / K$$

である。ここで V は高度 z での風、 G は上空風、 α は地上での風向の偏角、 ω は地球自転の角速度、 ϕ 緯度、 K は渦動粘性係数で高度で変化しないものとしてある。

風速分布を計算するに当って α と K の値を決定しなければならぬが、現在までに発表されている結果を参考にして $\alpha = 18^\circ$ 、 $K = 6.5 \times 10^4$ を想定する。この条件の下に風速分布を作図により計算した結果は次の様になる。

高度 (m)	10	20	40	60	80	100	120				
風速	0.64	0.65	0.67	0.69	0.71	0.73	0.75				
								140	160	180	200
								0.77	0.79	0.80	0.82
											220
											0.83
											240
											0.85

但し風速は上空風速を単位とした相対値で示してある。

地表の極く近くでは上の分布を求めるときに当って K が一定であると假定した事は明らかに不適當で、何らかの修正を必要とする。しかしこの範囲では幸いにも直接風速分布を測定した結果があり、例えば地上 150 m 迄の高度で強同時に観測を行って求めた Deacon の実験式*

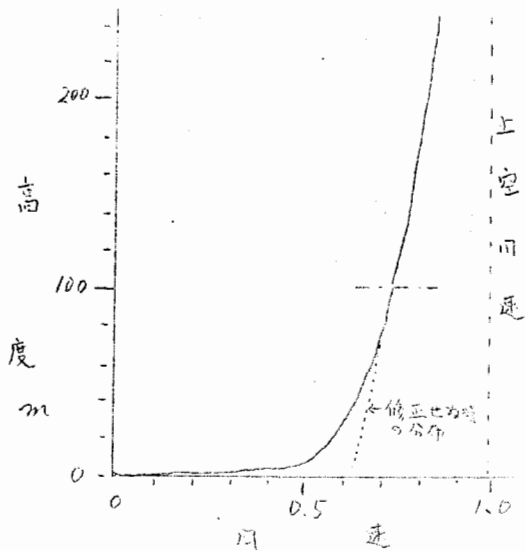
* Quart. J. Roy. Met. Soc., Vol. 81, Oct, 1955.

$$u = u_0 \left(\frac{z}{z_0} \right)^{0.16}$$

は実際には海岸近くの草地で観測されたものであろうが、海上での同速分布についても良い近似であると見られる。

これら2つの分布は80~150mではほぼ同じ変化傾向を示すので100mを境としてそれより上では前者を用い、100m以下では後者を継ぎたものを最終的な同速分布として採用する。この分布は次の様なものである。

高度 m	10	20	40	60	80	100	120						
同速	0.51	0.57	0.64	0.67	0.71	0.73	0.75						
								140	160	180	200	220	240
								0.77	0.79	0.80	0.82	0.83	0.85
													(上空同速 = 1.00)



第2図 地形の影響を受けたい海上での同速の垂直分布

この分布と前節で求めた上空同速とからモデル台風による海上10mでの方位別最大同速を求めると次の様になる。

3.

日 向	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
最大風速 m/sec	36	33	36	41	48	54	48	41

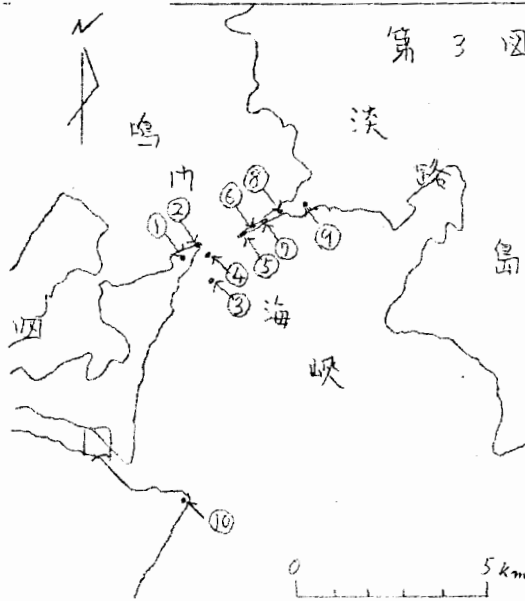
なお参考のために近畿南西部各気象台で観測された最大の風速^{*}を示すと次のとおりである。

地 気	大 阪	神 戸	洲 本	徳 島	和 歌 山
過去の 最大風速 m/sec	28.1 S	33.4 NE	37.0 N	36.1 SE	36.5 SSW

これらの値より見て先に得た風速分布の不当では無い事が知られる。

4. 地形の影響を考慮した場合 (其の一) 鳴門海峡

鳴門海峡は巾約5kmの南東-北西の方向に走る水道に両岸より高さ60m程度の細長い岬が突出し、最狭部では巾約1.4km迄せばめられている(第3図参照)。この場所



第3図 鳴門海峡

観測点	同経計 海抜高 m	相対風速 実測値	計算値
1	109	1.1	1.8
2	46	1.6	2.4
3	28	1.1	1.5
4	24	1.6	2.0
5	(30 25)	1.9 2.0	2.75 2.9
6	60	1.7	2.0
7	47	1.6	2.1
8	80	1.8	2.2
9	97	1.7	2.15
10	10	1.0	1.0

(広い海面上10mでの風速を1.0とす)

-8-

む台日期に観測を行つて見た結果非常に強い風の観測されたのは南東風の場合がほとんどで北西風が強りの大部分を占める。これは海峡の南口方向に平行な向きであり、この方向の風が地形の影響を受けて特に強くなつてゐるものと見られる。従つてこの日の最大風速は南東又は北西風の場合に發現すると見立てられ、以下に最も強い風の観測された南東風の場合について考察するが、北西風についても地形の影響を受けると見られる最大風速は同じであり又海峡の地形もほぼ同じ形である事より、同じと見做し得る。

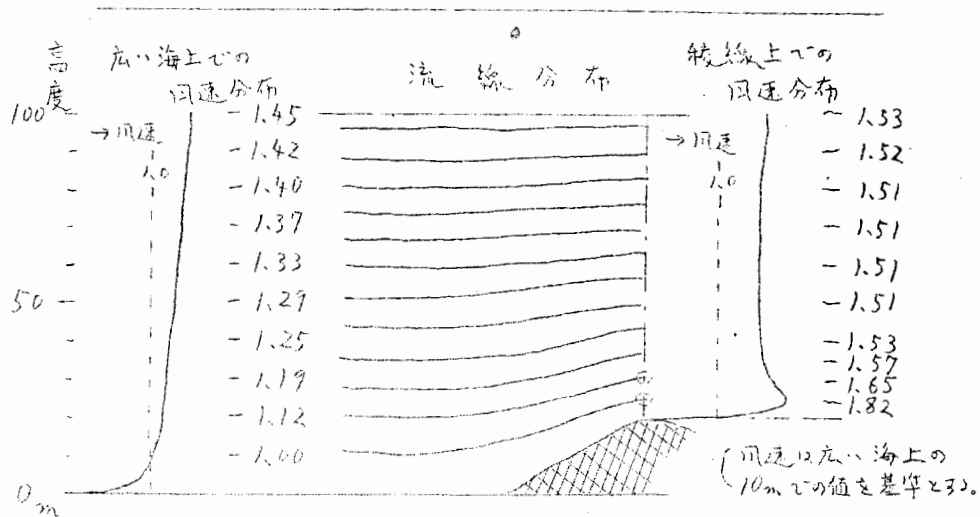
この様に海峡に平行な向きが強いのは、海峡に吹き込んだ風が縮径のためにその速度を増す事が第一の原因であると思定される。しかし気流が全て水平に山を迂迴して流れるとすると、この海峡の中はその入口に比して $1/3$ ぐらゐしか狭いから風速は約3倍に増大するはずである、しかし実測の結果はそれ程の加速を示していない。この事は気流の内では山を越えて流れる成分もかなり多い事を示している。

実測の結果を説明するために次の様に假定する。即ち広々海上で前節に得た風速の垂直分布を持った気流が海峡に流入し、その50%は山を迂迴して進む水平流に残りの50%は山越え流になるとする。さらに水平流は各高度毎に切った水平面内での2次元のpotential flowをなすとして流れの場の境界の形には実際の地形を導入する。又山越え流は海峡に平行な鉛直面内での2次元のincompressibleでhomogeneousな流れであるとしてこれも境界として実際の地形のプロファイルを導入し上方は山の影響

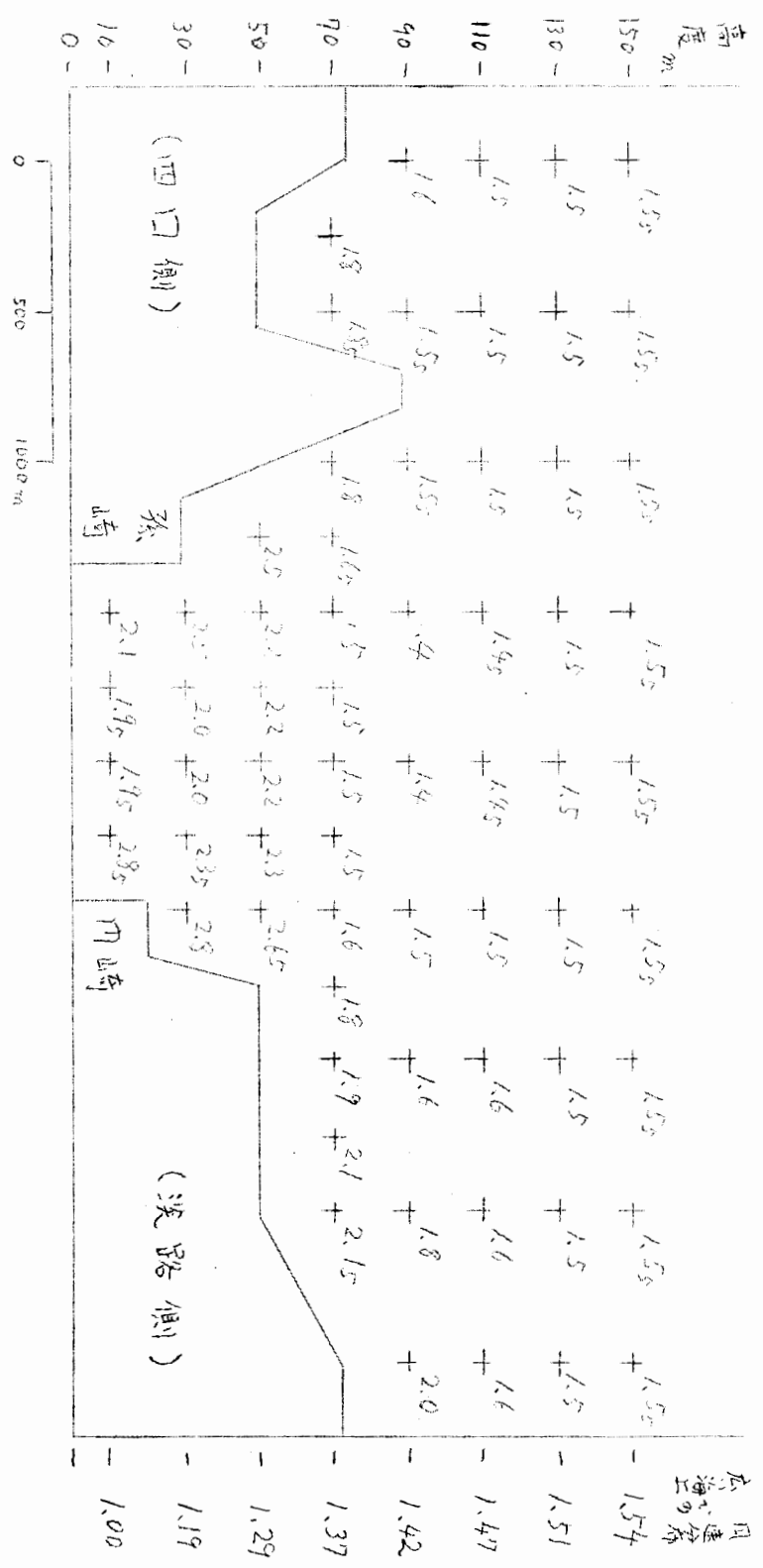
がその高さの5倍の高さで無視し得るものとする。この様を假定の下に relaxation法によって各々の風速分布を計算する。この様にして求めた山越え気流の流線及び絞線上での風速分布の一例を第4図に示す。

海峡内の風の分布は上の様に独立に求めた水平流と山越え流の合成されたものと見做される。合成の結果得られた海峡最狭部の横断面内での風速分布を第5図に示す。又第3図には各観測点での実測の結果とそれに対応する計算値とを比較してある。一致は完全ではないがほぼ満足出来るものである。

観測点5に於いては海拔高25m(地上5m)と30m(40m)の2高度で実測を行ったが(断面は第4図参照の即実測点)、その結果は強風時には上の方が下の方よりも風が弱く、その比は約95%である。計算の結果得られた山越え流の風速分布もこの比を求めると約90%となり定性的には説明出来るが量的には過少である。海拔高25mと30mの



第4図 山越え気流の流線及び風速分布



第5図 鳴門海峡横断面内の最大流速分布 (川向以紙面に垂直)

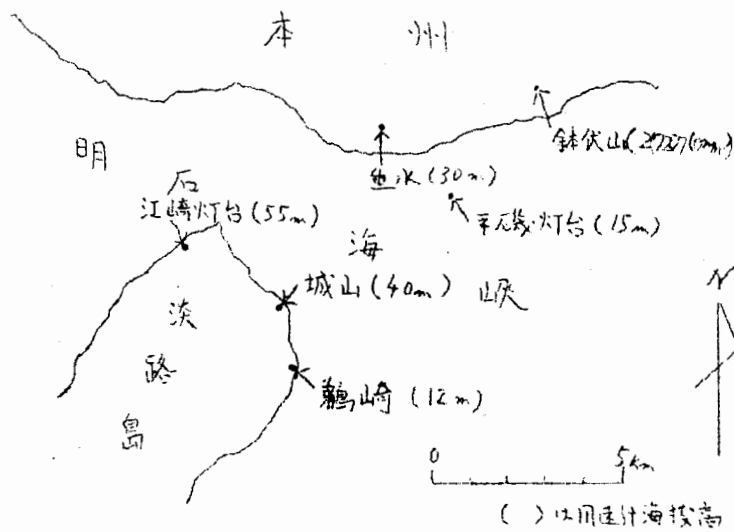
○流速は広々海面上で高度10mでの流速を単位にした相対値。
 ○上の基準流速は40 m/sec を用いた。

水平流の流速差は無いから、この位置では水平流と山越え流が1:1の割合になつていれは実測値が説明出来る。これは先に水平流と山越え流が各々50%と見立てた事を支持するものである。

5. 地形の影響を考慮した場合 (其ノニ) 明石海峡

明石海峡は西北西-東南東に走る最狭部の巾が約4kmの海峡で、北岸本土側の海岸線は直線的で背後は低い丘陵地帯になつており南岸淡路側は背後にゆるやかな起伏を持つ300mに満たぬ低い山が続いている。(第6図参照) ここで1958年台風期に行った観測の結果から推定した強風時に於ける、各観測^点の風向別の流速の海上に於ける流速との比は次の様に在る。(次頁) なお風向は海峡に平行な向きと直角な向きを4方位に分割してある。

この表より見て海峡に風の吹き込む場合にも海峡部で流速が増大しているといふはつきりした事実は見出し得



第6図 明石海峡

明石海峡に於ける実測の同速比

		ESE	SSW	WNW	NNE
1	鷗崎	0.7	0.8	0.4	0.9
2	城山	0.5	0.6	0.8	0.6
3	江崎灯台	0.8	0.5	1.1	0.8
4	魚水	0.7	0.8	0.7	0.6
5	鉢伏山	1.2	1.0	1.3	0.9
6	千砂灯台	1.0	1.0	1.0	1.0

ない。従つてここでは鳴内海峡と同様に縮脈の影響が支配的でありと見る事は出来ぬ。この事は海峡に直交する向きの日もかなり強く吹いている事からも推察される。しかし日角によつて同速分布に変化が生じている事から何らかの地形の影響の働いている事は確かである。

この海峡での同速分布を求めると同時に、魚水附近海岸、海上(海峡中央部)、岩屋附近海岸の3つに分けて各々の日角計測結果を上述の実測と基として次の様に推定する。

	ESE	SSW	WNW	NNE
魚水	0.7	0.8	0.7	0.6
海上	1.0	1.0	1.0	1.0
岩屋	0.7	0.6	0.8	0.7

海面上の比は地形の影響を含まないものであり、海峡の中央部の海上では地形の影響を及ぼしてはいないと見て、海上での同速の魚水分布が海岸を以て上陸部の条件に限りなく地形の影響を地表で、日角偏角は定まることより変形に幾分の差を認む。即ち上空同速を以て日角偏角を零にする高度 ($H = \frac{v^2}{g}$) に於て、地表での同速比を上

記のごとくなる様に α の値を調節おす方法を用いる。

この様にして計算した月向別の最大流速の分布を次頁の表に示す。垂水及び海上では最大流速はSSWの月の時に生じるが、炭屋では下戸ではWWWの月で上戸ではSSWの時に最大流速が飛現するという結果が得られた。

6. 結論

地形の影響は種々の観測から一樣に取扱ふことが出来ない。この問題を解決するためにはやはり実測による必要があり、垂直プロファイルが直接求められれば申分なりが実際的には無理であるから、前二例に示した様に地表観測値を利用して推定する様に試みるのが実際的な方法である。

明石海峡に於ける最大流速の分布

地 向	海 水			海 上			岩 屋		
	ESE	SSW	WNW	WNW	NNE	ESE	SSW	WNW	NNE
上空流速%	80	105	95	70	80	105	95	70	80
地表流速比	0.7	0.8	0.7	0.6	1.0	1.0	1.0	0.7	0.6
日向偏角	26.5°	24°	26.5°	29°	18°	18°	18°	18°	26.5°
高 度 m	32	46	39	26	41	52	48	35	32
10	36	51	43	29	46	59	54	39	36
20	40	57	48	32	51	66	60	44	40
40	43	61	51	34	54	70	64	47	43
60	45	64	54	36	57	74	67	49	45
80	47	66	56	38	59	77	70	51	47
100	49	69	58	40	60	79	72	53	49
120	51	71	61	42	62	81	73	54	51
140	53	73	63	44	63	83	75	55	53
160	55	75	65	46	64	84	76	56	55
180	57	78	68	48	65	86	78	57	57
200	59	80	70	50	66	87	79	58	59
220	60	82	72	51	67	89	80	59	60
240									

単位 cm/sec