

鹿児島湾口の平均流についての考察

桜 井 仁 人
(受理 昭和 54 年 5 月 31 日)

ON MEAN CURRENTS NEAR THE MOUTH OF KAGOSHIMA BAY

Masahito SAKURAI

Several current measurements were made at the eastern side and the western side of the submarine col in the mouth of the Kagoshima bay. The mean currents at the western side always directs to the outside of the bay through layers from the sea surface to the bottom. On the other hand, the mean currents at the eastern side change their directions along the axis of the bay with each measurement periods. The direction usually opposes to each other between the upper and the lower at the eastern side.

第 1 表 観測期間及び深度

	期 間	設置深度	水深
東 側 (根占沖)	1976年 8 月	40m、67m	90m
	1976年12月	45m、100m	120m
	1977年11月	40m、70m	80m
西 側 (指宿沖)	1977年11月	40m、70m	80m
	1978年 3 月	38m、62m、70m	80m

1. ま え が き

鹿児島湾は南北に細長い湾であるが、海底地形は複雑で西桜島水道及び湾口は盛り上がっていて鞍部を形成し、その前後では水深 200 m を越える海盆になっている。

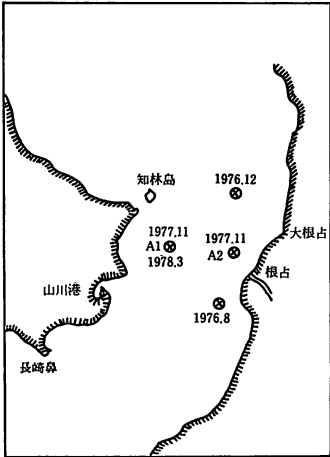
特に湾口の鞍部は水深約 100 m、南北に約 20km の長さを有し、湾中央部の水深に対し、1 : 2 の比になっている。従って湾の海水交換に対しこの浅い鞍部は障害になっている可能性がある。そこで我々は、この鞍部上で流れの実態を把握することにより、内湾の海水交換、混合過程を解明できるのではないかと考え、まず鞍部上の流れにどのような特徴があるかを知るため、流速観測を行った結果から平均流及び流向頻度の解析を中心に報告する。

2. 観 測 方 法

観測は鞍部上の東側と西側での流系の相違及び鉛直方向への変動の違いもみるため、2 層以上で観測することを心がけた。

観測の詳細は第 1 表のとおりである。

測定時間々隙は1978年 3 月が 5 分毎で、それ以外の期間は22秒毎である。また、流速計には水温計も付置されており同時観測が成された。設置点の位置は第 1



第 1 図 湾口における流速計設置点の位置

図に示す。

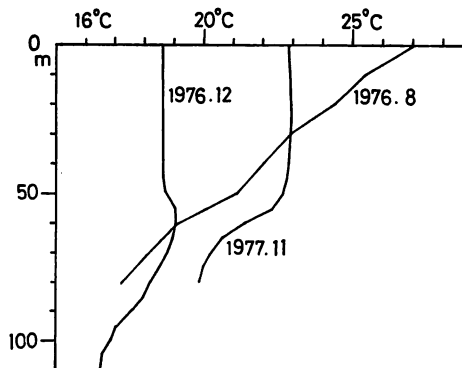
3. 観測結果及び考察

3.1 水温鉛直構造

流速測定が行われたときの海の状態を知る手段のひとつとして水温の鉛直方向の分布を調べる方法がある。これによって海が成層していたのか、あるいは等温であったのかがわかる。その例として第2図に1976年8月と12月, 1977年11月の流速測定点での水温鉛直分布を示した。

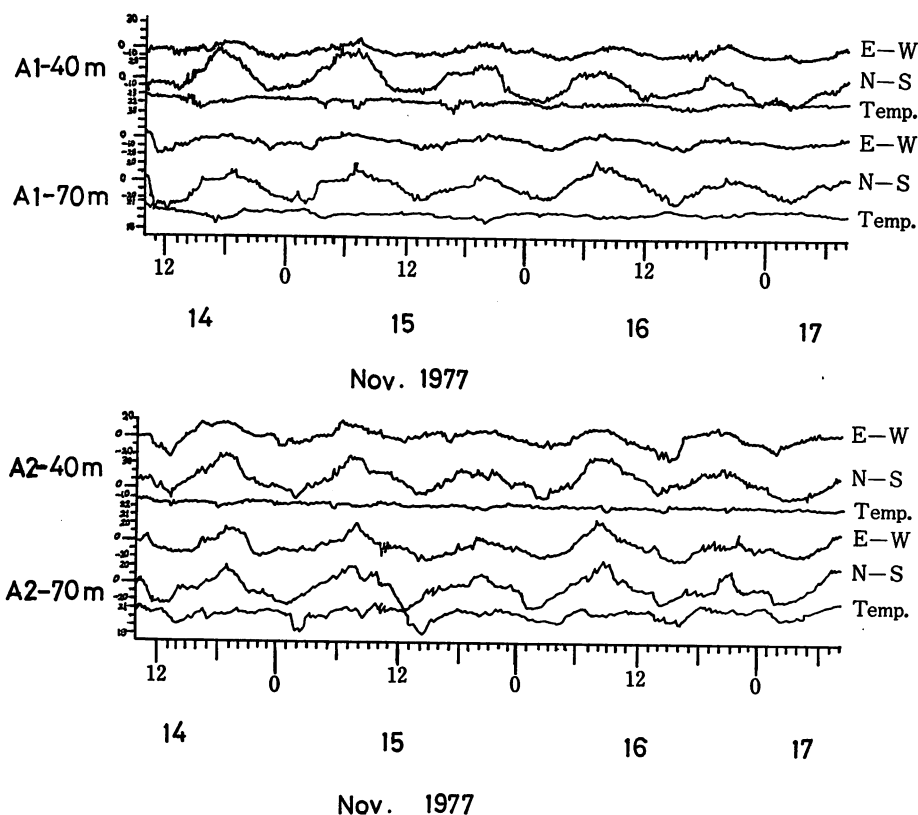
8月は水温が海面から海底まで線型に降下している。11月, 12月には上層が等温になり, 下層に水温勾配が存在している。3月は鉛直観測ができなかったが流速計の水温によれば各層で同じ値を示すので, おそらく表面から海底まで等温であったと思われる。

このように鹿児島湾の湾口では, 8月は成層状態に



第2図 流速観測時における水温鉛直分布

あって海面から海底までの温度差が大きい。11月, 12月頃には冬場への移行期に相当し, 鉛直混合が発達し始めるため鉛直方向の温度差が小さくなる。2月, 3



第3図 1977年11月14日～17日における5分毎の時間変動
A1は西側, A2は東側, それぞれ上から東西成分, 南北成分, 水温の順

月頃は冬季となり鞍部全体がほぼ等温になると考えてよい。

3. 2 流速連続記録の特徴

鞍部上での流速が短周期ではどのような変動をしているか、その例として第3図に1977年11月14日～17日、鞍部の東側（A2）と西側（A1）における5分毎の流速、水温の変動を示した。

流速成分には大きな周期的変動がみられ、特に南北成分で顕著である。この周期は12.5時間であり、半日で1まわりするような潮流で、半日週潮流の卓越を意味している。そして、干潮と満潮の中間の時刻に山となり、満潮から干潮への中で谷になっている。この周期的変化の上を細かい変動が重なっているのが一般的であり、測定時間々隙を短くする程細かい変動がよく表われる。

水温は季節によって大きく違うが、この図の場合にはA2下層のみ潮汐周期に対応した変動がみられ、満潮と干潮の中間で水温が下降している。

以上のような周期的変動は他の観測時にも認められる。潮流の最大を示すのは干潮と満潮の中間であり、その大きさは25cm/sec～45cm/sec程度である。従って潮汐の半週期（約6時間）の間に移動できる距離は、せい5～10km せい程度であり湾の水平スケール（桜島から湾口まで約60km）に対して小さいので、この時間内に外洋水と湾内水の完全交換はできない。しかし、移動に伴って海水が混合されて、それがくり返されることによって湾内水が変質し、徐々に交換されていくことは可能であると思われる。

3. 3 平均流の検討

潮流流の変動の中で、長い周期のものは大潮から次の大潮までの約14日間周期の成分が存在する。そしてこの期間の平均の流れを恒流と呼んでいる。しかし、潮流流で特に大きい成分としては半日と1日周期であるので一般的には1日の平均を求めたものをも恒流と呼んでいる。この論文では観測期間の平均を求めたものを使用することにした。つまり、観測期間の長短はあるがその期間での平均流を求めることによって、一方方向の流れを知ることができ、これが湾内の海水交換に大きく貢献しているのではないかと考えられるからである。

鞍部の西側、指宿沖で行われた観測は11月の4日間

と3月の10日間の2回であるが、その時の平均流の大きさと方向を第2表に示す。

第2表 西側における平均流

	方向(度)	流速ベクトル cm/sec
1977年11月40m	200	2.9
70m	203	6.2
1978年3月38m	202	7.1
62m	193	6.1
70m	189	6.3

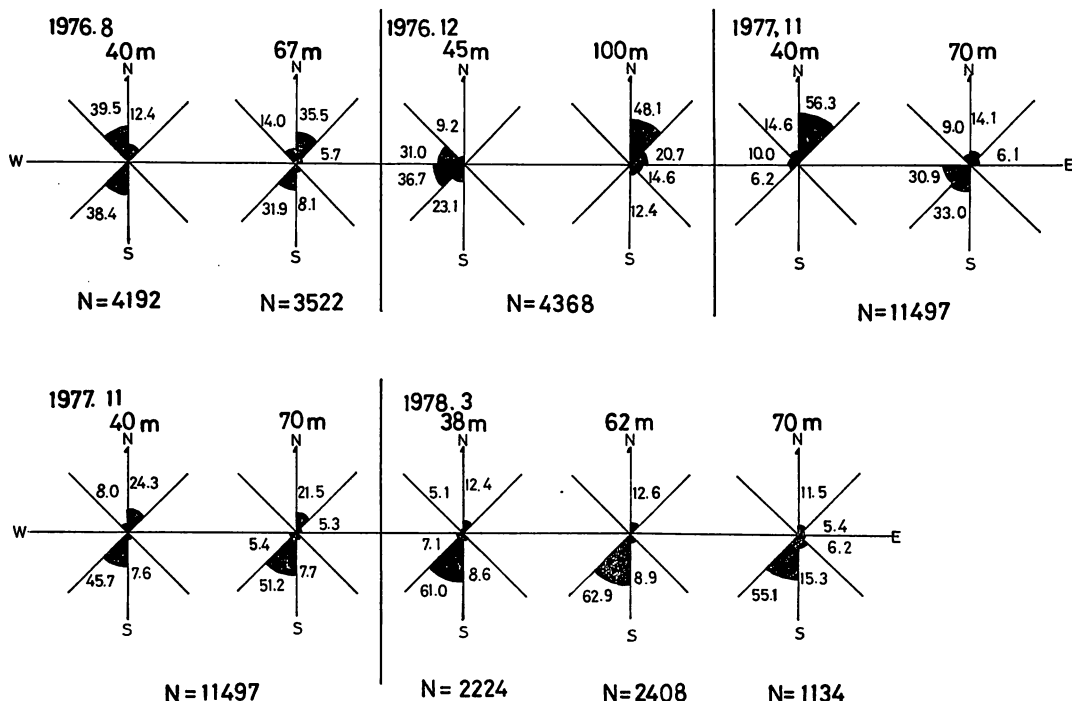
西側での平均流の方向はどれも200°付近を示し、湾外への流出方向になっている。2表のように流向の最大の振れは70m層同士であるが、14°しか変わらず期間、層によらず非常に安定した流向を示している。流速ベクトルも11月の40mを除いては6～7cm/secであり、特に下層においては期間のずれに関係なくほぼ同じ大きさを示している。

一方、東側の根占沖では第1表のように3回観測したが、8月と12月は一昼夜、11月は4日間の測定であった。そのときの平均流の大きさと方向を第3表に示す。

第3表 東側における平均流

	方向(度)	流速ベクトル cm/sec
1976年8月40m	321	3.2
67m	84	0.1
1976年12月45m	250	6.9
100m	37	7.3
1977年11月40m	11	13.2
70m	224	7.4

東側では西側のような流向、流速に統一性がない。8月の観測は1回しかないで、夏の代表値とはいえないが、傾向として平均流は小さい。特に下層ではほとんど0に近く、潮流による往復運動のみが成されているようである。上層は湾内北西方向へ流入している。1976年12月と1977年11月には両月とも上層と下層で流れの方向が逆になっている。12月の場合は上層が湾外へ流出して、下層で湾内へ流入している。平均流の絶対値は7cm/sec前場でほぼ等しい。ところが、ほぼ一年後に測定した11月の観測では上層で流入し、下層で流出している。これらのことから11月、12月頃の季節では東側は少なくとも2層の海を形成し、上、下層



第4図 各測点における流向頻度

流向を22.5°毎に区切ってその百分率を図にした。5%以下の場合省略した。数字は百分率。Nは全体の個数。

が逆向きの流れになる。そして何らかの条件の違いによって上層流出、下層流入であったり、その逆であったりするようである。

3回の観測とも流速の値は流入の方が大きい。これは西側が上層から下層まで流出しているので体積輸送としては補償されていると考えられる。鞍部中央での観測がないので流量の計算はできないが、平均流が6~7 cm/sec程度として、湾口から東側を流入し、湾内を一周して西側から流出しているとする単純計算により24~28日を要することがわかる。この結果は水平運動をしていると仮定しての目安であるので、湾中央部の深層水が交換されているかどうかは判らない。しかし、東側では上層と下層で流れの向きが逆であるから、湾内で鉛直流が存在している可能性がある。そうであれば深層水の交換にも役立っていると思われるが、これらは今後一層の精密観測をして明らかにしていきたい。

3.4 流向の卓越性の検討

一般に内湾においては潮汐周期の変動が大きいと言

われている。第3図の例のように湾口鞍部でも潮汐周期が認められるが、果して流入と流出が等分に表われているのか、いないのか、あるいは主な振動の方向はどの向きかなどを知るため流向の頻度を求めた。方法は各点で得られたデータのすべてにつき360°(北を0°として右まわりに角度を取る)を8方位に分け、その方位の百分率を求めた。これを第4図に示す。頻度が5%以下のものについては省略した。

鞍部東側の1976年8月には下層では流入は0°~45°方向、流出は180°~225°方向を示し、完全な往復運動が成され、かつ流入流出が同程度の頻度で表われている。しかし、上層での流出は下層と同じ180°~225°方向だが、流入は315°~360°方向に曲折している。頻度は同じ位である。

12月になると非常に極端な傾向を示し、上層では0°~180°を示す流向はまったく存在せず、180°~315°に集中している。反対に下層では180°~315°を示す流向はなく、上層と下層で同じ方位を示すことはなかった。1977年11月には上層では0°~45°に集中して極端な流入を示し、下層は180°~270°が主で流

出が圧倒的に多い。

鞍部の西側では、11月、3月ともに流出は $180^{\circ} \sim 225^{\circ}$ が主で流入は $0^{\circ} \sim 45^{\circ}$ であるが比率は流出がはるかに多く、西側では流出が主体であることがこの解析から言える。

以上のように鞍部上では8月の下層以外は完全な往復運動は形成されていなかった。また、8月以外の期間ではある方向に極端に比率が偏っていることが判った。

4. お わ り に

今回は鹿児島湾口に存在する鞍部上において観測の結果をもとに平均流と流向の振舞いについて考察したが、およその傾向として、

1. 鞍部の東側の上層又は下層を外洋水が流入していること

2. 上層と下層では流れが逆向きであること

3. 西側では流出していること

などが判ったが、湾の海水交換、混合にはもっと短い変動や内部波の砕破などによるものも考えられる。今後観測を密にして明らかにしていくつもりである。

参 考 文 献

- 1) 桜井・富永・前田：鹿児島湾口での測流結果，日本海洋学会春季大会講演要旨集，1977年4月。
- 2) 桜井仁人：鹿児島湾口鞍部における成層流の振舞い「内湾における海水循環過程の研究」，研究報告書，1978年2月。
- 3) 高橋淳雄：鹿児島湾の水理，沿岸海洋研究ノート，第14巻，1977年2月。