

ランドサット・航空機・船の同時観測による 沿岸海域特性の把握

宇多高明*・古川博一**・竹 潤 勉***

1. ま え が き

最近、広域を瞬時に調査可能という特徴を有するランドサットを利用した研究が数多く行われている。現在、ランドサットは、熱赤外領域のデータはとれないが、航空機リモセンに比較すると安価にまた広域のデータが収集可能である。現在稼動しているランドサット4号の周期は16日と長く、雲の影響も受け易いが、観測の最適時期¹⁾を選べば効率的な調査が期待できる。とくに1986年には国産の海洋衛星MOS-1が打ち上げられ、衛星データは今後沿岸水理の分野にも積極的に利用されると考えられる。ところで、大西ら²⁾によっても指摘されているように、画像解析によって水面輝度を求める方法については数多く検討されているが、実際には水質指標と水面輝度との関係を定量的に検討した例は少ないのが現状である。本研究の目的はこの点について検討することにある。

本研究では大井川河口前面海域を対象として調査を行った。この海域でのランドサットを利用した調査の最適時期は5月と10月である³⁾ことから、調査時期を秋とした。現地観測は海上観測と航空機によるMSS撮影から成っており、ランドサットの飛来日に海上観測を繰返し実施した。また1983年11月1日にはランドサット、航空機、船舶の同時観測に成功した。この結果濁度を指標として3者のデータが定量的意味において良い対応関係を示すことがわかった。また大井川港南防波堤により河川水の沿岸方向の流動が阻止されている状況が明らかとなり、海域における大規模構造物周辺の流況を調べるためにランドサットが有効であることがわかった。

2. 海上観測による河川水の拡がり調査

(1) 調査方法

海上観測ではランドサット、航空機MSSに対応する水質指標を観測するだけでなく、海上観測単独でも河川水の拡がり特性を観測できるように、水温、塩分濃度お

よび濁度の表面測定および鉛直測定を行った。海上観測は表-1に示すように5回実施した。主要な測定機器としてSEA BIRD II型曳航式水温・塩分計およびSEISKIM 1型水中濁度計を使用した。観測は大井川河口左岸砂浜上に基点Oを設置し、図-1に示すように基点を中心として放射状に測線を9本配置して行った。一本の測線の長さは3kmである。表面測定には調査船を測線上2~3ノットの速度で航走させ、水温、塩分濃度、濁度の各センサー部を曳航し、連続記録を収集した。なおデータ収集は水深0.5m以浅の表層で行った。鉛直測定は測線上の7点において水深、水温、塩分濃度、濁度を鉛直方向1m間隔で測定した。測点の位置は観測日の河川水の流動を考慮して決定した。水深はレッド索により測定した。他の測定は表面測定と同じセンサーを用いた。図-1に番号で示す鉛直測定位置は10月1日に実施した地点である。調査船の位置決定は距離一角法を用いた。

表-1 海上観測実施日

観 測 月 日	表面測定実施時間	鉛直測定実施時間
10 月 1 日	8:46~12:56	13:10~14:51
10 月 18 日	8:16~12:33	12:42~14:26
11 月 1 日	9:02~12:42	12:50~14:24
11 月 17 日	8:59~13:28	13:46~15:00
12 月 4 日	9:17~12:44	13:17~14:28

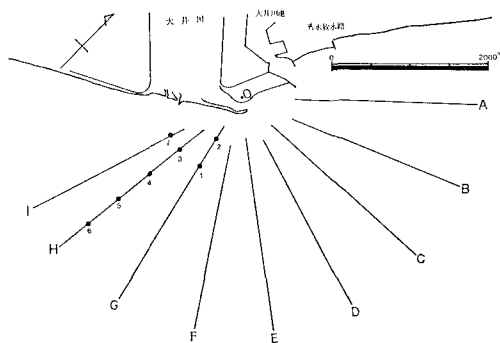


図-1 測線配置図

* 正会員 工博 建設省土木研究所海岸研究室長

** 正会員 工修 建設省土木研究所海岸研究室

*** 正会員 建設省土木研究所海岸研究室

現地の条件を表-2に示す。表中の大井川流量は河口より23km上流の神座地点(流域面積1160km²)の流量である。大井川の流域面積は1280km²であり、河口流量は神座流量に比例すると考えられる。本論文では河川流量が少なくなった後半2回の観測を除き、3回の観測結果から河川水の拡がりについて検討した。なお表面測定の実所要時間は4時間であるが、この間河川水の拡がりは定常的であるとして扱った。

表-2 海上観測時の諸条件

観測月日	天 候	風 向	潮 位	潮 流	大井川流量
10月1日	曇のち晴	NNE	上潮	南流	370 m ³ /sec
10月18日	晴時々曇	NNE	上潮	南流	110 m ³ /sec
11月1日	晴	WNW	上潮	東流	32 m ³ /sec
11月17日	曇のち晴	WNW	上潮	北流	3 m ³ /sec
12月4日	晴	WNW	干潮	北流	2 m ³ /sec

(2) 海上観測 (10月1日)

大井川河口部の形状として、9月末の台風10号の通過後であったため、以前は大井川左岸でしか開口していなかったものが、右岸側の砂州部で2ヶ所が切れて河川水が流出していた。

図-2には塩分濃度分布を示す。大井川港の南防波堤で河川水の拡がりが妨げられ、南側に向かって顕著なフロントが形成された。新たに砂州が切れた場所から河川水が流出しているため砂州前面に塩分濃度の低い場所がある。図-3には濁度分布を示す。河口前面には35ppmを越える高濁度の水塊がある。塩分濃度と比較すると滑らかな分布形を持つ。また濁度が急上昇する位置は塩分濃度のフロントの位置とほぼ一致する。観測はその後にも継続して行ったが、河川流量が次第に少なくなったためにこの日の観測において一番顕著な分布が得られた。なお大井川港南防波堤の延長は400mである。

図-4に各水質指標の鉛直分布を示す。測定位置は図-1中の1と印す場所であり、その水深は11mである。塩分濃度は海面で15.5‰と低い値を示した。水深

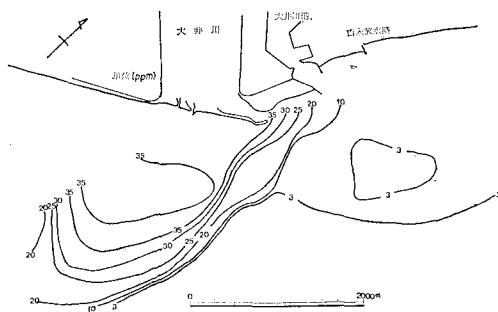


図-3 濁度平面分布 (10月1日)

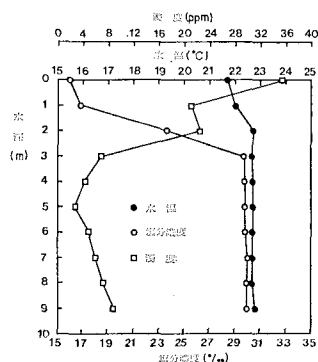


図-4 水質指標の鉛直方向分布 (10月1日)

が3mに至るまで水深の増加に比例している。このことから河川水は海面から3m程度の表層に存在していることが確認できる。一方濁度については表面で35.3ppmと高濁度を示し、水深5mまで水深の増加とともに減少している。しかし5m水深以深になると濁度は再び増加する。この「く」の字型の濁度分布はこの日の鉛直測定箇所7ヶ所全てで観測されたが、他の4回の観測では見られなかった。

(3) 海上観測 (10月18日)

大井川河口の開口部は2ヶ所となった。図-5には塩分濃度分布を示す。左岸側開口部前面で入射波が砕波し、砕波帯内にトラップされた河川水が大井川港南防波

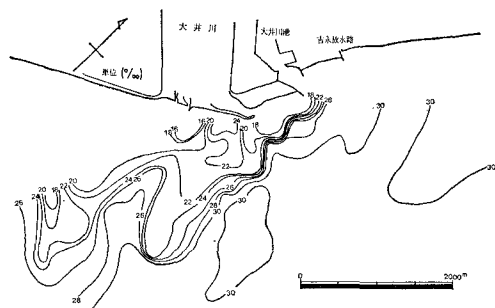


図-2 塩分濃度平面分布 (10月1日)

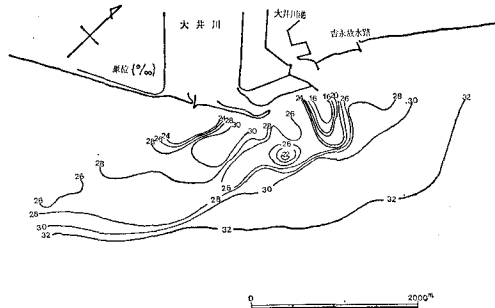


図-5 塩分濃度平面分布 (10月18日)

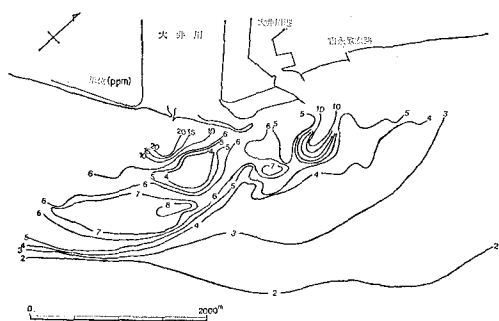


図-6 濁度平面分布 (10月18日)

堤近くから流出している。24‰の等濃度線に囲まれた舌状の河川水の拡がりには沖合800mまで伸びている。10月1日と同様、顕著なフロントが南側に伸びている。

図-6には濁度分布を示す。大井川前面と大井川港南部に10ppmを越える濁度の高い水域が観測された。この高濁度水域は大井川左岸開口部から流出した24‰以下の低塩分濃度水域の北側外縁部の位置と一致する。

(4) 海上観測 (11月1日)

大井川河口の開口部は10月18日と同じ2ヶ所である。図-7には塩分濃度分布を示す。過去2回の観測と比較して濃度差は小さく、明瞭なフロントは認められない。大井川左岸側開口部より流出した河川水は沖合800mまで細長く伸びている。28‰の等濃度線の幅は約100mである。右岸側の開口部からの河川水の流出は海上観測からは確認できなかった。図-8には濁度分布を示す。

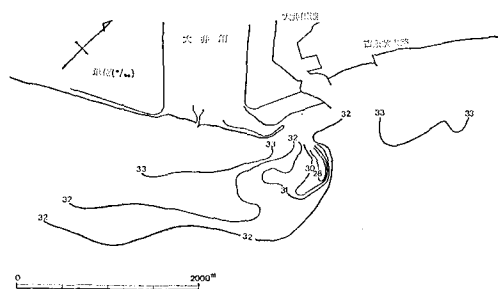


図-7 塩分濃度平面分布 (11月1日)

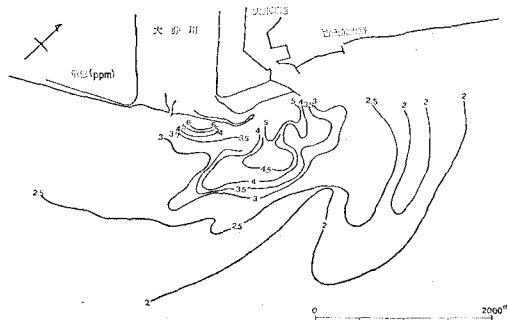


図-8 濁度平面分布 (11月1日)

す。塩分濃度と同様、過去2回の観測に比べ濁度差は小さい。大井川の中央砂州前面と左岸側海岸前面に5ppmを越える水域がある。前者では河川水の影響を受けないことから、底質の巻上による濁りで、後者は河川から流出した濁質による濁りと考えられる。

以上3回の結果では、いずれも河川水が大井川港南防波堤の北側へ拡がらなかった。

3. ランドサット・航空機 MSS による濁度分布観測

(1) 使用したランドサットデータ

調査期間中のランドサットデータとして11月1日と17日のPath 108, Row 36のCCTを得た。前者は精密補正モードのハイゲインデータで、後者はバルク補正モードのデータである。本論文では航空機および船舶の同期観測データを得た11月1日のランドサットデータのみを取扱う。11月1日、ランドサット4号の飛来時刻は9時44分である。ランドサットデータの中で解析に用いたのは4バンド(波長0.5~0.6μm)のデータで、大気中のエアロゾルやヘイズによるパスラジアンズの補正は行わなかった。

(2) 航空機による MSS 撮影

11月1日に実施した航空機MSS撮影は大井川河口を中心として南北約20kmの海岸線を対象とした。撮影コースと撮影時刻は表-3に示すとおりであり、Daedalus's Ds-1250 MSSを用いて合計5シーンの撮影を行った。沿岸海域で生じている現象は時間的にも空間的にも変動性を有している。このことから時間的変動を検討することは有意義であるが、本論文では紙面の都合上割愛した。ランドサットデータと比較照合するデータとしてNo.3のシーンを採用した。解析に用いた波長帯はランドサットの4バンドに相当する5バンド(波長0.55~0.6μm)である。なお航空機MSSの解析にはアジア画像処理システム(ADIPS)を用いた。

表-3 MSS 撮影諸元

シーン No.	コース	延長(km)	撮影時刻	高度(m)
1	北側海岸線	10	9:32~9:34	1500
2	南側海岸線	11	9:40~9:42	1500
3	北側海岸線	10	9:58~10:00	1500
4	南側海岸線	11	10:05~10:07	1500
5	南北海岸線	18	10:31~10:35	3000

(3) ランドサット・航空機 MSS による濁度分布の観測

ランドサットおよび航空機より得た水面輝度と調査船を利用して測定した濁度の相関を取った。ランドサット

4号の4バンドの水面輝度と濁度の間には図-9に示す良好な相関関係があり、相関係数 $R=0.89$ で次式を得た。

$$S=0.17B_4-7.2 \quad \cdots\cdots(1)$$

ここに、 S : 濁度 (ppm), B_4 : ランドサット4号の4バンドの輝度

また航空機 MSS 撮影による水面輝度と濁度の間にも良好な相関関係があり、相関係数 $R=0.88$ で次式を得た。

$$S=0.069B_5-4.7 \quad \cdots\cdots(2)$$

ここに、 S : 濁度 (ppm), B_5 : 航空機 MSS 5バンドの輝度

なお本検討に用いた濁度データはランドサット4号による調査地点撮影時刻の前後約50分の間に測定した測線A~Cのデータを用いた。11月1日の測線A~Cの測定時間は測線Aが9時2分~9時20分、Bが9時22分~9時40分、Cが9時55分~10時13分である。

次に式(1)の関係を用いてランドサットデータより大井川河口周辺海域の濁度分布を求めたのが図-10である。大井川から流出した濁水により河口付近では濁度は5ppmを越えている。また大井川港南防波堤を境に濁度

が変化しているが、これは防波堤により河川水の沿岸方向の流動が阻止されたためである。また航空機によるMSS撮影データから式(2)の関係を用いて濁度分布を求めたのが図-11である。撮影時間はランドサット飛来15分後である。この図から、大井川左岸側開口部より流出した河川水が南東の方向へ、また右岸側開口部より流出した河川水も一旦沿岸沿いに南西方向へ流れる状況が明らかである。

図-10に示すランドサットデータを用いた濁度分布は図-8に示す海上観測の結果および図-11と良く一致した。海上観測による濁度分布がリモートセンシングにより得られた濁度分布と一致したことから、大井川河口からの河川水の拡がりとは巨視的に見て準定常状態にあったと考えられる。

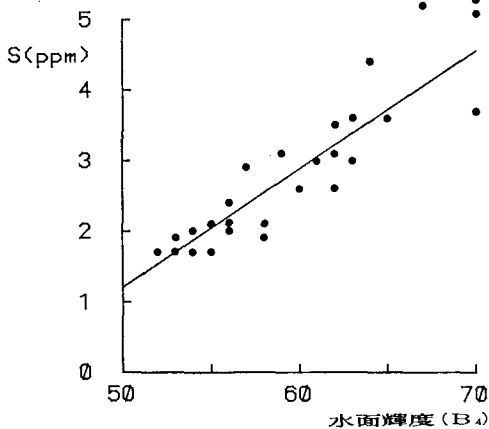


図-9 ランドサット4号の水面輝度と濁度の相関

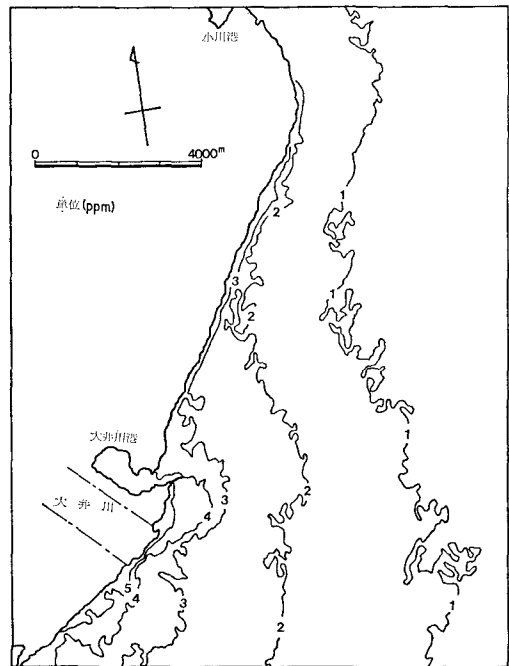


図-10 ランドサットデータから算定した濁度分布

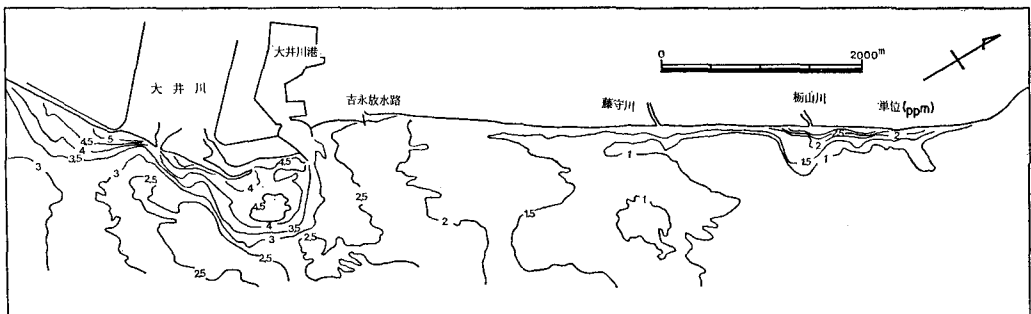


図-11 航空機 MSS から算定した濁度分布

4. 結 論

本論文では大井川河口海域を対象としランドサットデータの沿岸水理の分野への利用の可能性について検討した。その結果、次のような成果が得られた。

- ① ランドサット 4 号の飛来に合わせて海上観測と航空機による観測を実施し、同時観測に成功した。
- ② 海上観測データとランドサット 4 号の 4 バンドの水面輝度との間には良い相関が見出され、濁度と水面輝度との回帰式が得られた。
- ③ 海上観測データと航空機 MSS の水面輝度との間にも良い相関関係が得られ、濁度の平面分布が求まった。
- ④ 海上観測、航空機、ランドサット 4 号から求めた濁度の平面分布は定量的意味において良い対応を示した。これらにより大井川から流出した濁水の北方への

流動が、防波堤により阻止されている状況が明らかとなり、海域における大規模構造物周辺の流況を調べるためにランドサットが有効であることがわかった。

- ⑤ ランドサット飛来日に行った 5 回の海上観測の結果から、大井川河口海域において河川水は一様に拡散するのではなく、フロントを形成し易いことがわかった。

なお本研究で用いたランドサットデータは宇宙開発事業団地球観測センターから提供されたものであることを付記する。

参 考 文 献

- 1) 宇多高明・古川博一・竹淵 勉： ランドサットによる濁水流出の測得率，第 39 回年次学術講演会講演概要集，1984。
- 2) 大西外明・須山 治・村上龍一： ランドサットデータを導入した本州周辺の河川水拡散状態の研究 (I)，第 28 回水理講演会論文集，pp. 105~111，1984。