

衛星リモートセンシングによる長崎港の水質状況調査

A Research of Water Quality Using Remote Sensing Technique on Nagasaki Harbour

後藤 恵之輔*・全 炳徳*・中村 武弘*
Keinosuke Gotoh, Byungdug Jun, Takehiro Nakamura

There are so much reclamation ares in Nagasaki city. Now, a new reclamation work of the foreshore on Nagaski harbour is being planed consideration. Because of this plan, there is a strong suspention that the natural purification of sea water pollution in this area.

In this paper, a change with passage of time from 1984 to 1991 of the sea water transparency on Nagasaki harbour was checked by remote sensing technique using LANDSAT-TM satellite data. And a new active remote sensing technique was tested by digital camera in combination with conventional remote sensing techniques.

As a result of this research, a secular change of transparency in Nagasaki harbour have not appeared from 1984 to 1991. And It is clear that the new active technique by digital camera will become a useful technique.

1. はじめに

長崎港は埋立地に形成され、その歴史は1636年の出島の築造に遡る。この港は江戸時代、全国で唯一世界に開かれた窓として、あまりにも有名である¹⁾。長崎港では、その後も盛んに埋め立てが行われ²⁾、港町としての機能を整えた。

現在、長崎県は「アーバンルネサンス2001年構想」を打ち出し、長崎港の埋め立てにより、臨海公園やコンベンションセンターなどの新たな都市機能を市民に提供することを計画している。このため、長崎県臨海開発局では、1984年から港内における様々な調査を実施してきた³⁾。その調査項目は、潮流、水質、底質、各種のプランクトンの分布に及び、さらに、これらの結果を基に、潮流変化や水質変化などの予測解析を行っている^{4,5)}。

本研究では、上述した調査・解析を補完することを目的として、衛星リモートセンシング技術による長崎港の水質汚濁調査を実施し、水質汚濁監視の可能性について検討した。また、デジタルカメラによる水質汚濁調査を併せて行い、狭い海域における水質汚濁監視の有効性についても検討を加えた。

2. 解析対象地域と使用データ

2.1 解析対象地域と現場データのサンプリング地点

長崎港は図-1に示すように、九州の西端に位置し、南西より北東方向に湾入している。その湾口には、高島、中ノ島、高鉾島、伊王島など大小の島々が散在し、自然の防波堤をなしている。また、港の東、北、西の三方は、英彦山、烽火山、稲佐山、金比羅山などの低山地に囲まれ、天然の良港を形成している。長崎の埋め立ては、こうした平地に乏しいという地形状況に起因している。

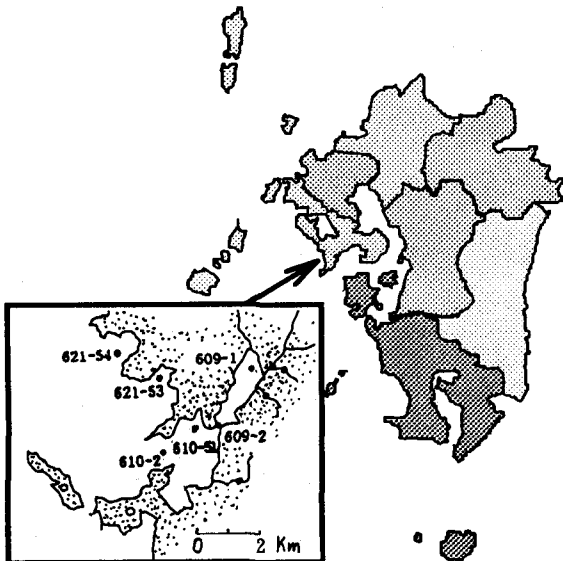


図-1 研究地域

*正会員 長崎大学工学部社会開発工学科 (〒852 長崎市文教町1-14)

図-1の長方形内に示す6地点は、長崎県保健環境部により、水質の監視を目的として、設置されたものである。同部は、これらの地点において1974年以来、月に1-2回の割合で定期観測を行い、公共用水域水質測定結果⁶⁾として、そのデータを公表している。本研究では、現場データと人工衛星データとの関係を明らかにするため、1982-1991年の水質データを解析に使用した。なお、人工衛星データと透明度との相関関係が高いことが一般に知られている⁷⁾⁻¹⁰⁾ことから、ここでは、各種の水質データのうち透明度のデータを用いた。

2.2 人工衛星データ

本研究では、長崎港の水質（透明度）の経年変化を調べるため、1984年5月22日、1985年8月29日、1987年9月4日、1991年8月14日の4時期におけるランドサットTMデータを使用した。この人工衛星データの選択に際しては、雲の影響で良いデータが得られなかった1984年を除き、ほぼ同じ季節のデータによることを配慮した。また、緑波長域と透明度との相関が最も高いことから、この波長域をカバーするバンド2を使用した。

2.3 デジタルカメラデータ

本研究では、人工衛星データを使用した解析だけでなく、水質調査を目的とした新しいリモートセンシング技術の試みとして、デジタルカメラデータを用いた解析も併せて実施した。すなわち、まず晴れた日の午前10時前後に、長崎港の観光名所となっているスカイタワーにデジタルカメラを設置し、埋め立て予定の海域を撮影した。次に、得られたデータをコンピュータに転送し、カラースライス画像を作成した。さらに、その結果を基に、デジタルカメラによる水質分析の可能性について検討し、問題点をまとめた。なお、画像作成に用いたデジタルカメラのデータとしては、人工衛星データと同様の緑波長域をカバーするもので、RGB波長の中のG波長のデータを用いた。

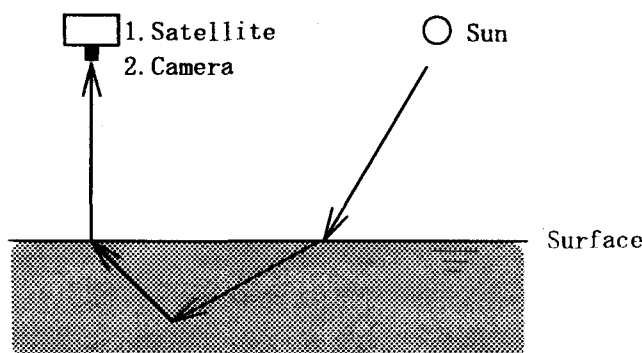


図-2 リモートセンシングによる水質調査の原理

人工衛星データを水質調査に用いる場合、可視域の情報のみが有用である。

3. リモートセンシング技術による水質調査の原理と特徴

3.1 水質分析の原理

リモートセンシング技術による水質調査の原理を図-2に示す。すなわち、光の電磁波が水中を通過するとき生じる、電磁波の吸収や散乱の変化を、人工衛星のセンサーやデジタルカメラのレンズにより検出するものである。

可視光線以外の紫外線や赤外線領域の電磁波は、図-3から明らかなように、水中に入射する水分子により吸収・消散するという特徴を有する。このことから、

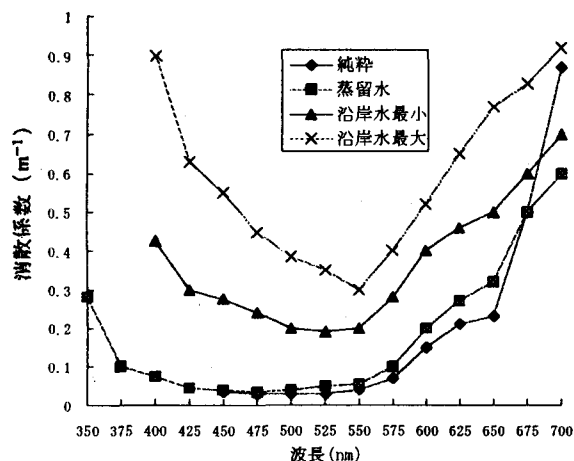


図-3 可視域における光の消散係数¹¹⁾

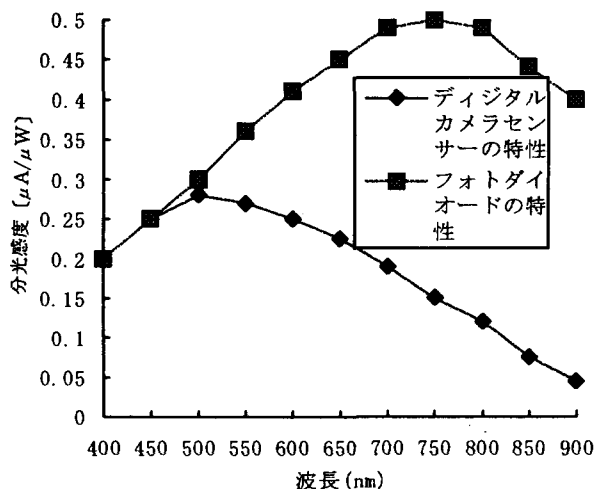


図-4 デジタルカメラのスペクトル特性¹²⁾

これに対し、デジタルカメラは、主に可視域の情報を利用し、物体による電磁波の吸収・散乱の状況を人間の目による認識と同じように表現することを目的に製作されており、電磁波の情報をキャッチする主なセンサーであるフォトダイオードは、可視光線の情報を敏感にとらえることができる。また、デジタルカメラは、情報を撮影するセンサーとして、図-4に示すテレビ用のセンサーを有しており、これにより得られるデータは、コンピュータによる処理が容易なデジタル値となっている。以上述べた特質から、デジタルカメラが水質分析に有用であることが容易に推察される。

3.2 リモートセンシング技術の特徴

衛星リモートセンシング技術は、広域性、反復性（周期性）、経済性、安定性など優れた特質を有する。この特質を利用することにより、広域にわたる観測を定期的に、しかも経済的に行うことが可能である。しかしながら、いまのところ搭載するセンサーがパッシブ型である場合がほとんどで、雲の影響により観測ができないことも多い。衛星リモートセンシングのこうした欠点を補うという意味で、本研究で試みるデジタルカメラによるリモートセンシングが有効である。この方法は、衛星リモートセンシングの受動的な観測方法とは異なり、能動的に観測を行うことができるという特徴を有する。すなわち、デジタルカメラのデータと衛星データとの相関が得られれば、人工衛星によって観測できないデータを、この方法によって入手することが可能である。

4. 現場データによる長崎港の状況

4.1 水質分析結果

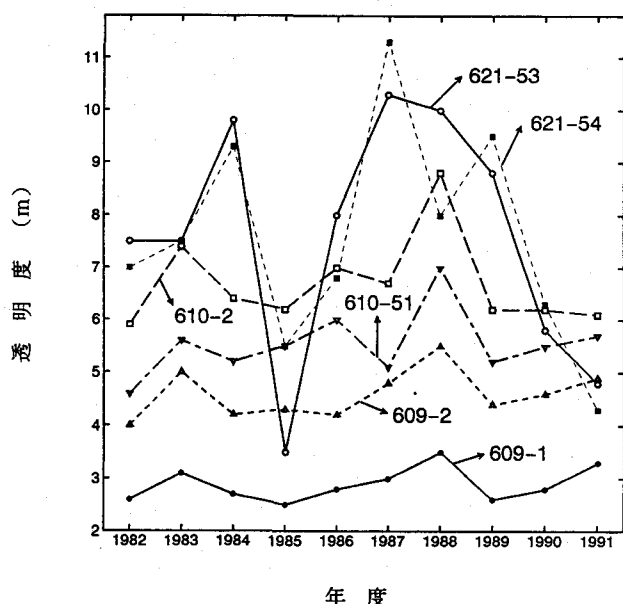


図-5 過去10年間の長崎港における透明度の経年変化

1982-1991年における透明度の変化を図-5に示す。ただし、透明度は1年ごとの平均値であり、サンプリング地点は6カ所である。図から、港外の各地点(621-53, 621-54)における透明度の年毎の変化が大きく、逆に、港内の各地点(609-1, 609-2, 610-2, 610-51)の経年変化は小さいことが明らかである。また、港内の各地点における経年変化は、港の奥部に行くほど緩やかになっていることが分かる。さらに、過去10年間について、各年毎の透明度の起伏はあるものの、全般に大きく変化していないことが図から読み取れる。なお、透明度の1年周期の変動は、冬期に大きく、夏期に小さいという結果も得た。

また、透明度以外の水質に関わりのあるDO（溶存酸素量）、COD（化学的酸素要求量）、TP（全リン）、CI（塩素量）などを分析した結果、長崎港においては、1年周期の変動が見られるものの、経年変化はほとんどないことが判明した。

4.2 海水交換

長崎港の海水交換は非常によく、平均滞留時間にして2日程度と推定されている¹³⁾。また、長崎港の水質は降雨の後、陸域から流出する汚濁水により急速に悪化するものの、輸送係数（移流分散係数）の値が大きいことから、短期間のうちに回復することが明らかになった。このことは、降雨によって長崎港に流出した汚濁水は、長崎港内に留まらず、容易に外海に拡散することを意味する。

5. リモートセンシングデータの処理と解析

5.1 人工衛星データ

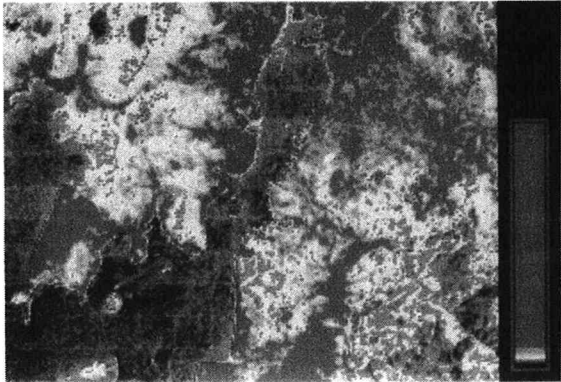
まず、磁気テープにより供給された人工衛星データから対象地域を中心に 512 X 400 のピクセルの大きさに切り出し、フロッピーディスクに落とした。次に、各時期における大気の影響を除くため、大気補正を行った。大気補正の手法はいくつか提案されているが、各データのヒストグラムを調べ、最小値を合わせる方法¹⁴⁾が、いくつかの研究^{8), 9)}

で利用され、良い結果が得られていることから、本研究でもこの方法を用いた。各時期のデータにおける C C T 値の最小値を表－１にまとめる。

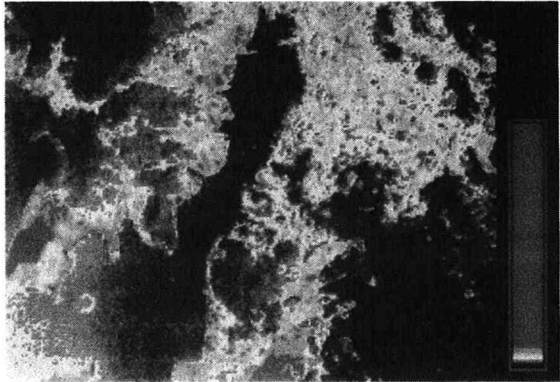
表－１ 本研究で用いた人工衛星データの長崎港における C C T の最小値

	1984.5.22	1985.8.29	1987.9.4	1991.8.14
バンドー１の最小値	9 0	9 4	8 9	6 6
バンドー２の最小値	3 1	3 7	3 1	2 3
バンドー３の最小値	2 5	3 1	2 4	1 8

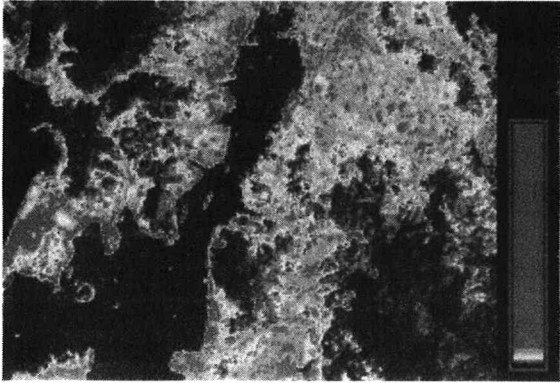
大気補正を行った後、カラースライス画像を作成し、長崎港における透明度を表した。その結果を図－６から図－９に示す。



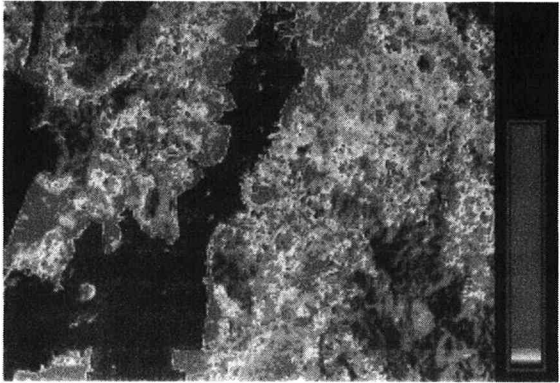
図－６ ランドサットデータ(1984.5.22)の透明度の結果



図－７ ランドサットデータ(1985.8.29)の透明度の結果

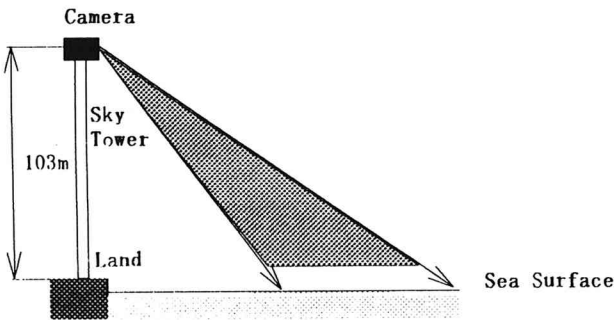


図－８ ランドサットデータ(1987.9.4)の透明度の結果



図－９ ランドサットデータ(1991.8.14)の透明度の結果

図を参照すれば、1984年－1991年の間、長崎港の透明度が大きく変化していないことが明らかである。このことは、現場における透明度測定結果とも一致しており、人工衛星データを利用した港内の透明度の観測手法が有効であると判断される。なお、図から1984年の透明度がそのほかの時期のものより悪くなっていることが明らかである。これは、観測した季節の違いに起因するものと考えられ、この現象も現場における測定結果と一致する。



図－１０ デジタルカメラの設置位置と撮影条件図

5.2 デジタルカメラのデータ

長崎市松ヶ枝町に位置するスカイタワーに、デジタルカメラを設置し、埋め立て予定地である常盤・出島地

区の海域を撮影した。著者らは将来、デジタルカメラのデータと人工衛星データとの相関性に関する研究を予定していることから、人工衛星の観測時刻である午前 10 時前後の時刻に撮影を行った。カメラの設置状況を図-10 に示す。また、常盤・出島地区の海域における RGB 合成フルカラー写真を図-11 に示す。この中から G 波長域のデータを取り出し、白黒とカラースライス画像を作成した結果が図-12、図-13 である。図-11 だけでは、海域の状況がよく把握できない。しかしながら、図-12 および図-13 によれば、海域の状態が変化に富んでいることが明らかであり、透明度や水質の状況などに関連していることが推察される。図-12、図-13 における海域の状況は、一方では潮の流れや太陽高度の影響などの要因を含むことも考えられるが、本手法により水質の調査が可能であることを示唆するものと思われる。

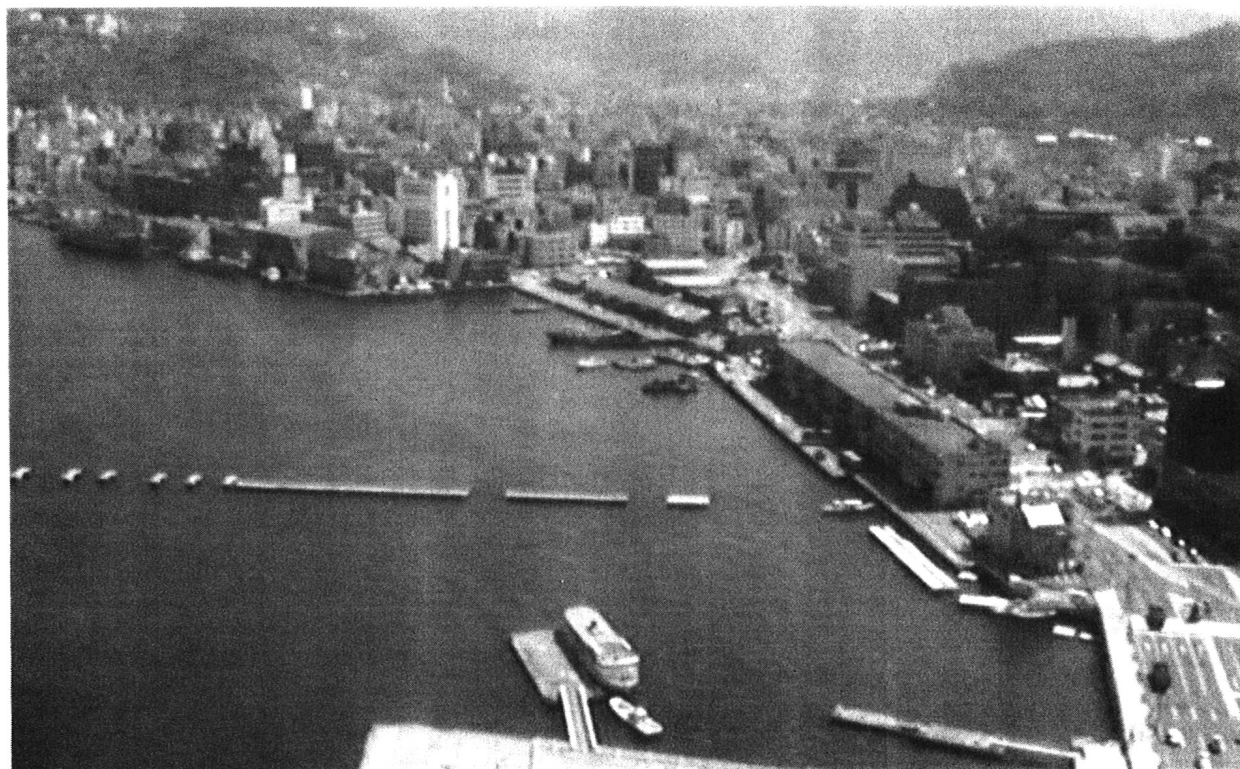


図-11 デジタルカメラによる常盤・出島地区の RGB 合成フルカラー写真

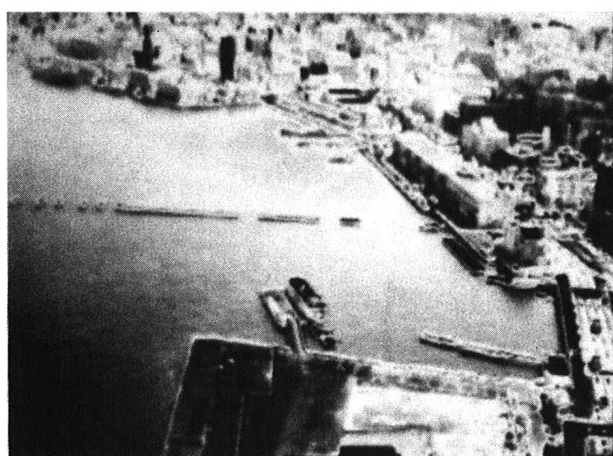


図-12 常盤・出島地区の強調した白黒画像



図-13 常盤・出島地区の強調したカラースライス画像

6. おわりに

本研究では、人工衛星データおよびデジタルカメラを使用したりリモートセンシング技術による水質把握の可能性について検討した。その結果、人工衛星データにより長崎港の透明度をうまく把握できることが明らかになった。また、デジタルカメラによる水質状況の把握の可能性が示唆される結果も得られた。

今後は、第一に、デジタルカメラによる斜め写真を幾何補正することにより、水平写真を作成し、第二に、人工衛星データとデジタルカメラのデータとの相関性について検討する予定である。

参考文献

- 1) 岡林 隆敏：長崎近代土木技術史野外博物館（技術史的研究と文化財の評価）、長崎大学工学部社会開発工学科、平成4年9月。
- 2) 田辺 茂啓：長崎実録大成。
- 3) 長崎県臨海開発局：長崎港港湾計画調査報告書、昭和60年3月。
- 4) 長崎県臨海開発局：長崎港港湾計画調査報告書、昭和61年3月。
- 5) 長崎県臨海開発局：長崎県単維持工事（水質変化予測）報告書、平成4年6月。
- 6) 長崎県保健環境部：公共用水域水質測定結果、1982-1991。
- 7) 後藤 恵之輔、森 正寿、後藤 正孝、川内 清明：大村湾の水質汚濁の遠隔監視、海洋開発論文集、Vol. 6、pp. 53-58, 1990, 6。
- 8) 後藤 恵之輔、サム・ウオウトウゼン、飯塚 昭二：ランドサット5号MSSデジタルデータを用いた、大村湾における諸栄養化指標としての透明度の推定、九州大学大型計算機センター（計算機科学研究報告）、第8号、pp. 53-61, 1991, 3。
- 9) Sam Wouthuyzen, Keinosuke Gotoh, Shoji Iizuka and Shiroh Uno : Seasonal Water Transparency Predicted from Landsat-5 TM Digital Data and its Relationship with Eutrophication Status of Omura Bay, Nagasaki Prefecture, Japan. Proceedings of the 4th International Conference on Computing in Civil and Building Engineering, pp. 275-282, 1991, 7。
- 10) 全 炳徳、後藤 恵之輔、サム・ウオウトウゼン：ランドサットTMデータによる大村湾の水深推測、海洋開発論文集、Vol. 8, pp. 415-420, 1992, 6。
- 11) F.C. Polcyn, W.L. Brown and I.J. Sattinger : The Measurement of Water Depth by Remote Sensing Techniques. Willam Run Lav., Contract N62036-67-C-0243, pp. 1-38, 1970。
- 12) 奥石 肇：CCDセンサーの原理、写真測量とリモートセンシング、Vol. 32, No. 6, pp. 3-7, 1993, 6。
- 13) 中山 知之、中村 武弘：長崎港の海水交換について、土木学科西部支部研究発表会論文集、pp. 200-201, 1994, 3。
- 14) Richards J. A., Richards : Remote Sensing Digital Image analysis. Springer-Verlag, Berlin, Germany, pp. 40-41, 1986。