

# データフュージョン型環境影響評価システムの開発

セントラル・コンピュータ・サービス株式会社 伊藤慎司

A Development of a Data Fusion Type Environmental Assessment System,  
by Shinji ITO (Central Computer Services CO.,LTD.)

## 1. はじめに

弊社で開発したデータフュージョン型環境影響評価システム DataFusion の機能と事例を紹介する。本システムは、GIS をベースとする評価システムで、表示機能を充実させており、環境影響の空間的評価を簡単な操作で実現することを狙いとしたシステムである。

## 2. システムコンセプト

本システムの開発コンセプトは、次の3つに集約される。

### (1) 定量化評価

環境影響の評価には、観測データや統計データ、あるいは数値シミュレーションの結果といった定量的なデータが使用されている。これからの環境影響評価には、これらのデータ間で演算を行って、個別の環境影響の評価に適する定量的な指標を作り出して行く機能を有すること。

### (2) 実世界への投影

環境コミュニケーションの推進のためには、環境影響評価結果を地図、衛星画像、航空写真等の現実世界を把握し易い画像や空間データと組み合わせ、理解し易い形で表示させる機能を有すること。

### (3) プロジェクトデータ管理

環境影響の評価には複数の段階があり、データ提供者と評価者が常に同じであるとは限らない。このため、評価のためのデータはまとまった形（プロジェクトデータ）で引き渡せる機能を有すること。

## 3. システムの機能と特長

### (1) ラスターGIS

種々のデータを画像として扱う GIS をラスターGIS と呼ぶが、本システムはこの範疇に入る。ただし、データの入力、表示は、ベクタデータを扱うことができる。画像データは、条件付の四則演算、相関・重回帰分析の演算に用いることができる。一方、ベクタデータをこれらの演算に用いる場合には属性を選択し、ポリゴンデータはそのまま属性値を画像化、ポイントデータは属性値を線形補間あるいはポロノイ分割により画像化して使用する。また、ユーザが観測したデータをポリゴンあるいはポイントで入力することができ、この観測データは観測日時毎の階層構造を持っている。

### (2) 表示機能の充実

本システムでは最大4つまでのマルチウィンドウによる表示が可能であり、各ウィンドウの表示領域と解像度を連動（拡大、縮小、移動）させることができる。各ウィンドウはレイヤによる階層構造表示を行う。レイヤ位置の変更、表示/非表示、削除の指定が行える。

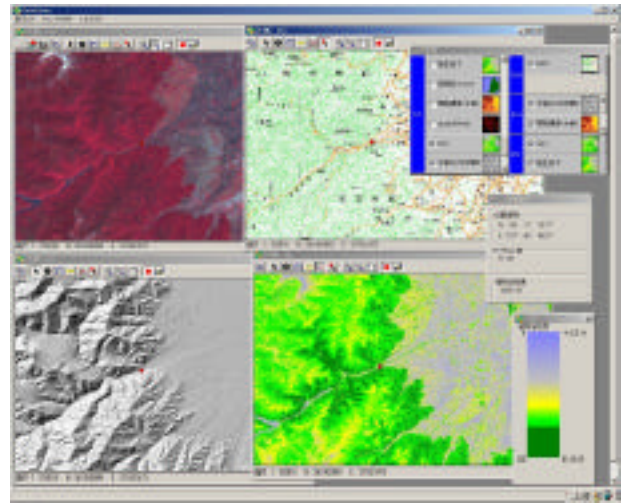
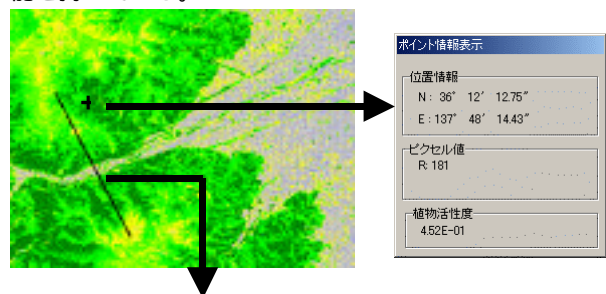


図1 操作画面イメージ

画像の表示色の設定機能ではカラーパレットを用いて指定する色に変更できる。色の設定にはグラデーションカラーの使用や透過色の指定が可能である。また、1つの画像から色相情報を抽出し、もう1つの画像から輝度情報を抽出して合成させる半透過合成機能もある。

属性値は、レイヤを選択し位置をマウスで指定することでポイント情報の表示画面に緯度経度情報と共に表示される。また、位置をマウスで指定し全画像データの属性値をリスト表示する機能や属性のプロファイル表示機能を持っている。



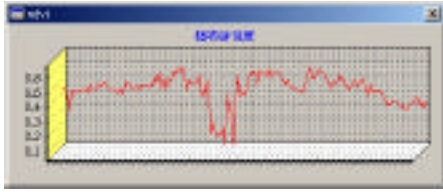


図2 属性値のポイント位置での表示とプロファイル表示例  
(3) 3次元表示機能

地形による影響を分析するために、標高データによる3次元表示（鳥瞰図表示）機能を組み込んでいる。3次元表示には DirectX を用いており、マウス操作で視点位置をリアルタイムに変更することができる。この3次元表示は、2次元表示で複数の画像が重なった状態の画像をそのまま3次元に移行することができるようになっている。

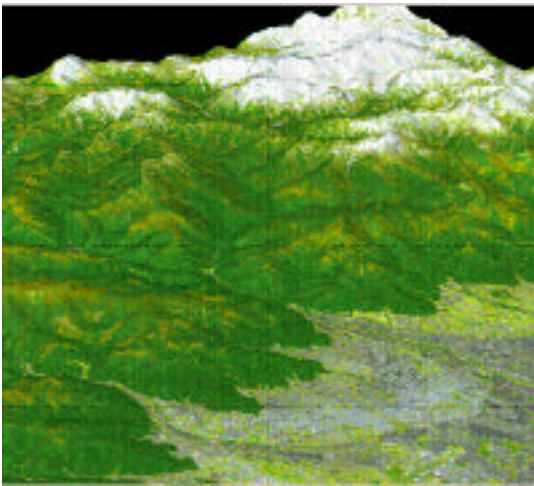


図3 3次元表示例

(4) 衛星画像の利用

環境問題の研究では、衛星画像を用いてマクロ的な分析を行う場合が多くなってきている。以前に比べ、衛星データの価格も下がり、利用しやすくなったことも一因である。

本システムでは、環境評価で衛星データを用いる場合が多くなることを想定し、地球観測衛星の内、使用ニーズの高い衛星画像の特定フォーマットデータの入力機能と広範な衛星画像に対応する汎用的な衛星データ入力機能を備えている。また、濃度変換、空間フィルタリング、GCP による幾何補正、表示時のバンド組替えなどの機能を装備することで、専用のリモートセンシング画像処理システムを用いなくても環境分析に衛星画像が十分使用できるように配慮している。

(5) 一連の分析機能

本システムは、環境影響評価機能として一連の分析ができるように設計されている。

例えば、ある属性に関するデータが観測によって得られ、この観測データの広範囲な分布状況を他の広範囲な既知のデータ（土壌水分量、PH、植生指標、・・・等）を用いて推定したいというテーマがあるとする。

この場合、ユーザ観測データ入力機能を用い、地図や画像上にポイントまたはポリゴンで位置または範囲を指定しながら観測データを入力する。このポイントまたはポリゴンをベクタ・ラスタ変換で画像化する。

次に、このようにして画像化された観測データと他の画像データとの相関および重回帰分析を行う。分析に用いる画像データのレイヤを選択し、位置を指定するとその位置での属性値が分析データとして取り込まれ、相関分析が可能となる。観測データと相関が高い属性が見つければ、その属性を説明変数として重回帰分析を行う。説明変数はもちろん複数でも可能である。そして重回帰分析の結果、重回帰係数（R 値）が高ければ、回帰画像を作成指定することで、目的とする分布画像が作成できる。

説明変数の条件等により、推定に複数の重回帰式を用いる必要がある場合には、条件付の画像間四則演算機能を用いて、条件および条件ごとの重回帰式を入力し、推定画像を作成することができる。

(6) プロジェクト管理

本システムでは、各種データの取り扱いを簡単にするために、プロジェクトという単位で、使用するデータ群（データセット）を管理している。一方、入力データは一旦パブリックデータとして一括管理される。

プロジェクトでは、地理的範囲が設定され、その中では同一の測地系（東京ベッセルまたは WGS84）で統一された緯度経度座標系で全データが管理される。また、プロジェクト内ではレイヤに対する操作情報や2次元画像表示画面の操作等も管理されることになる。このプロジェクト管理機能により、環境影響の評価操作を中断しても、その状態から再度作業を始めることができる。

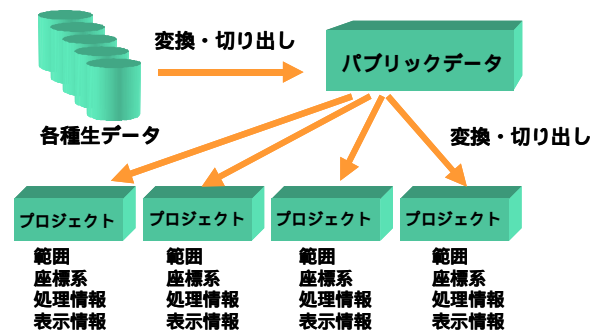


図4 パブリックデータとプロジェクト

(7) 大気拡散シミュレーション

近年、化学物質のヒト健康および動植物への環境影響が重要視されている。大気汚染が森林活性に影響を与え、松喰い虫等の被害を深刻にしているという報告もある。本システムでは、このような大気汚染の状況を定量化するため、大気拡散シミュレーション機能を組み込んでいます。

大気拡散シミュレーションは、米国環境保護庁（EPA）の ISC3 を採用している。ISC3 は、地形による影響（ダ

ウンウォッシュ)を考慮できるブルームモデルの大気拡散シミュレーションであり、月平均、年間平均の濃度をシミュレートする長期モデルと1時間ごとの濃度をシミュレートする短期モデルの両方を持っている。GISをベースとする本システムでは、汚染物質の排出位置、解析範囲は地図を見ながら指定でき、シミュレーションから結果の画像化までを非常に簡単に行うことができるよう配慮している。シミュレーション結果の画像は他の画像データと同様に演算等の分析に使用することができる。

また、本システムは、PRTR対応の大気拡散モデルとして経済産業省が開発した低煙源工場拡散モデル METI-LIS用の入出力機能を近く整備し組み込む予定である。尚、大気シミュレーションに必要なとされる気象情報は、本システムのホームページから無償で配布している。

#### (8) 機能一覧

本システムの機能一覧を下表にまとめる。

表1 機能一覧

<p>マルチウィンドウ表示</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・拡大、縮小、移動</li> <li>・ウィンドウ連動/非連動(拡大、縮小、移動)</li> <li>・ポイントマーク表示</li> <li>・属性値表示(ポイント位置、プロファイル)</li> <li>・透過表示、半透過合成</li> </ul> <p>3次元表示</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・移動、回転</li> <li>・標高エンハンス</li> <li>・光源設定</li> <li>・ポイントマーク表示</li> <li>・画像出力</li> </ul> <p>大気拡散シミュレーション</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・発生源情報編集、管理</li> <li>・地形データ取り込み</li> <li>・気象データ編集</li> <li>・大気拡散シミュレーション(長期、短期)</li> <li>・シミュレーション結果の画像化</li> </ul> <p>衛星画像加工</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・衛星データ入力(LANDSAT, ASTER, SPOT, IKONOS)</li> <li>・幾何学的変換</li> <li>・濃度変換</li> <li>・バンド間演算</li> <li>・空間フィルタリング</li> </ul> <p>データ属性間演算</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・属性間演算(条件、四則演算)</li> <li>・相関・回帰分析</li> <li>・カラーテーブル設定、カラー化処理</li> <li>・ヒストグラム表示</li> <li>・マスク画像生成</li> </ul> <p>地図、画像データ利用</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・国土地理院発行数値地図(標高)入力</li> <li>・バイナリ形式標高データ入力</li> <li>・標高陰影画像、カラー陰影画像作成</li> <li>・国土地理院発行数値地図(地図画像)入力</li> <li>・TIFF、JPEG形式地図画像入力</li> <li>・幾何学的変換</li> </ul> <p>空間データ(統計データ)利用</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・メッシュデータ(CSV、shapefile)入力</li> <li>・ベクタデータ(shapefile)入力</li> <li>・画像化処理(線形補間、ポロノイ分割)</li> </ul> <p>観測データ利用</p>
---

<ul style="list-style-type: none"> <li>・観測データ(ポイントデータ)入力</li> <li>・ポイントデータの画像化(線形補間)</li> </ul>
---

#### (9) 動作環境

動作環境は次の通りである。

表2 動作環境一覧

<p>DOS/V パソコン(PC/AT 互換機)</p> <p>CPU: Pentium 以上、メモリ: 256MB 以上推奨、</p> <p>HD 容量: 20GB 以上推奨</p> <p>対象 OS: Windows98, 2000, XP, ME</p>
--

#### 4. 事例

##### 4.1 植生指標と丹沢植生評価例

###### (1) 植生指標

酸性雨や自動車排ガス、トンネル等の公共事業等による森林への影響を広域に調査するには、衛星画像から算出した植生指標(植物活性度)の変化を調べるのが有効であるとされている。森林や植生への広範囲な影響評価が重要視されてくると考えると、植生指標を用いて定量化する評価技術は一般的なものとなることが予想される。

植物の持つクロロフィルに太陽光が当たると、その放射(反射)光は、近赤外波長帯域の強度が著しく高くなる。この性質を用いて、衛星画像から植生指標を求めることができる。

地球観測衛星には近赤外のセンサーが搭載されており、この波長帯センサーで撮影された画像を使用する。LANDSAT、IKONOSではバンド4、TERRAのASTERではバンド3と呼ばれる波長帯が近赤外である。植生指標は、近赤外の分光強度の相対的な違いで定量化するため、隣接する波長帯(バンド)との差を取り、全体の平均輝度で割って表わす。

LANDSAT、IKONOSでは

$$\frac{\text{バンド4} - \text{バンド3}}{\text{バンド4} + \text{バンド3}}$$

または

$$\left[ \frac{\text{バンド4} - \text{バンド3}}{\text{バンド4} + \text{バンド3}} + 1 \right] \times 100$$

ASTERでは

$$\frac{\text{バンド3} - \text{バンド2}}{\text{バンド3} + \text{バンド2}}$$

または

$$\left[ \frac{\text{バンド3} - \text{バンド2}}{\text{バンド3} + \text{バンド2}} + 1 \right] \times 100$$

となる。本システムには画像間演算機能があるので簡単に植生指標を計算し、画像化することができる。

###### (2) 植生指標の変化

このようにして求めた植生指標を用いて、森林等の経年変化を把握することを考える。各年の植生指標の差



または比を計算すれば変化が判ることになるが、そのまま差や比を求めたのでは、違いを把握することはできない。クロロフィル量（植物活性）が同じであっても、センサー強度は大気の状態に変化する。また、このときの変化は波長帯（バンド）によって異なるため、解析領域全体の植生指標の平均を同じにすれば良いというものではなく、もう少しきめ細かな対応が必要になる。

また、衛星画像を扱うときに重要であることに、大気の状態（雲厚さ、水蒸気量やダスト等による）の変化を直接受けてしまうために、対象画像中に基準となるものがなければ絶対量を把握することは極めて困難であるということがある。

このため、評価には基準となるものが必要となる。植生指標の場合には、用いる画像の中で常に植生の活性が十分に高いと想定できる森林の特定領域と、逆に植物活性が全くないと見なせる人口構造物や濁りの少ない湖沼の領域の両方を基準として用いることが有効である。

この基準とした領域（地点）では植生指標は変化しないと考える。この基準を基に全体の植生指標を変更して、差や比を取って用いる。変更には、ゲイン・オフセットによる変換を用いるが、ゲイン・オフセットの変換には重回帰をうまく用いると良い。本システムでは、画像間の相関・重回帰分析の機能があり、重回帰分析の結果から回帰画像を作成する処理が一連に行えるので、簡単にこの補正処理を施すことができる。

### （3）雲による影響

衛星画像の大きな弱点に雲の存在がある。国内の撮影シーンには雲が存在していないものは極めて少なく、多少の雲があっても利用することになる。雲の下は見えないので、当然、植生指標も求められない。雲による弊害は、雲自体の他に雲の影による影響もある。特に近赤外の波長帯は、雲の影によって大きく輝度低下が起こるので、その存在が無視できない。雲自体の領域を除去する方法は、可視と熱赤外の波長帯の画像を用いて行う方法等が考案されているが、雲の影までの自動除去技術はまだ報告されていない。このため、雲およびその影の領域は、手動で除去する方法が一般的である。

本システムでは、ユーザ観測データ入力機能にポリゴン

で領域を指定し値を入力する機能がある。この機能を使うと衛星画像を見ながら雲の領域を指定することができ、結果を画像化してマスク画像とすることで、計算処理（植生指標やその差や比の計算）から外すことができる。

### （4）山の斜面の影響

山の斜面では、その方向により日射が異なる。植物活性への影響も当然あると思われるが、画像にも日射の影響は表れる。従って、異なる方向の斜面では植生指標がある程度異なることになる。

但し、植生指標の変化を見る場合には、同じ季節の画

像を用い、同じ領域に対する変化であること、また、地球観測衛星が太陽同期軌道を取っているため、地表への太陽光の入射角が同じになる時間に撮影されることから、植生指標の変化に対する斜面の影響は少ないと考えられる。

### （5）丹沢の植生指標例

東京湾岸の都市域から放出される自動車排気ガスの影響が懸念される丹沢・大山山系地域の森林変化を 1986 年および 1995 年の 8 月に撮影された LANDSAT 衛星画像の植生指標画像を用いて評価した。

2つの画像は、本システムの GCP による幾何変換機能を用いて、精密幾何補正を行った。この画像データに対し、画像間演算機能を用いて、植生指標の画像を作成し、評価に用いることとした。植生指標のレベルを合わせるため、植物活性がほぼ一定の山林の奥と、構造物や水面などの植生域でない地点を選び、1995 年の植生指標を説明変数にして 1986 年の植生指標を重回帰して、1986 年レベルの 1995 年の植生指標画像を作成した。このとき、重回帰係数は 0.98 であった。

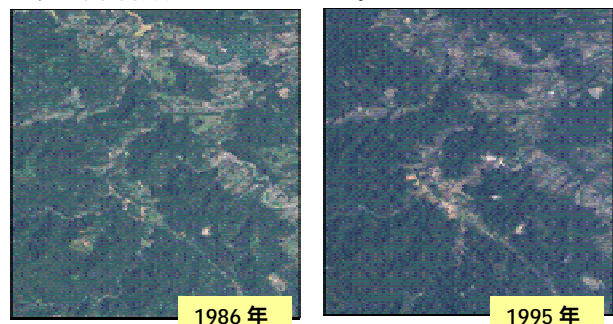


図5 分析に用いた LANDSAT 衛星画像

次に、画像間演算機能を用いて植生指標の変化率を画像にした。本システムの画像間演算機能では条件式が設定できるので、1986 年または 1995 年の植生指標が一定以上の値を持つ画素という条件で、1995 年の植生指標から 1986 年の植生指標を引いたものを 1986 年の植生指標で割って 100 を掛け、変化率の画像を作成している。

この画像に対し、1995 年の植生指標が 1986 年に比べ 30%以上増加した場合に緑、10%~30%増加した場合に黄緑、10%~30%低下した場合にピンク、30%以上低下した場合に赤でカラーを設定した。

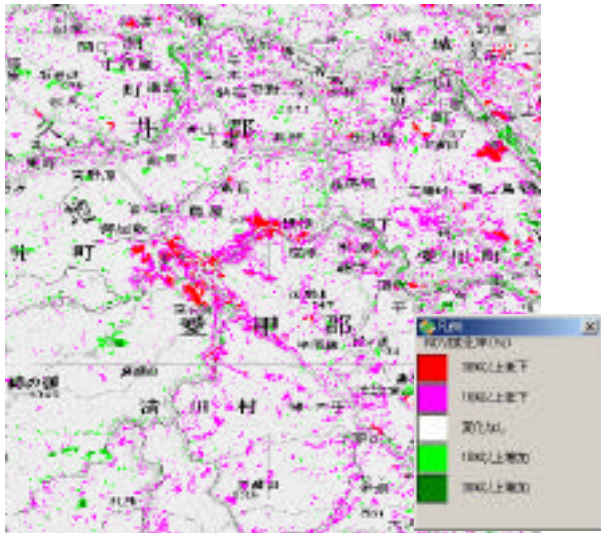


図6 植生指標変化率画像

本システムのマルチウィンドウの表示機能では、表示領域の連動や、同じ位置をポイントマーク表示することができるため、3つのウィンドウにそれぞれ、1986年の衛星画像、植生指標変化率画像、1995年の衛星画像を表示させ、移動や拡大して見ることで変換の状態が詳しく観察することができる。また、植生指標変化率画像を3次元表示させることにより、地形と植生指標の変化との関係を見ることができ、この事例では谷線に沿って植生指標の低下が見られることが判る。

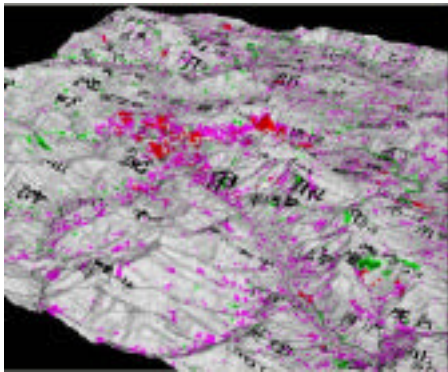


図7 植生指標変化率画像の3次元表示

#### 4.2 東京湾の水質評価

東京湾、伊勢湾、瀬戸内海等の閉鎖性海域やの湖沼における富栄養化による水質悪化などの水質状況を把握するには、衛星画像を用い、観測点でのデータから全域に渡る状況を推定する方法が有効である。

横浜市環境科学研究所は、横浜市、神奈川県、千葉県、東京都が合同で実施している水質観測データを用いて、東京湾の汚染状況を把握し植物プランクトンの増殖などの環境要因と水質悪化との関連を解明し、環境保全のための研究を行っている。本事例では横浜市環境科学研究所および宇宙開発事業団の研究成果報告書「地球観測衛星データを利用した東京湾の水質モニタリング手法開発に関する共同研究 成果報告書」に基づき、本システム

の観測データ入力機能と環境影響評価機能（相関・重回帰分析）を用いて、東京湾のクロロフィル濃度の推定を行った。

水温、クロロフィル濃度の観測データを本システムのユーザ観測データ入力のポリゴンを用いて入力した。但し、クロロホルム濃度は、常用対数を取った値を観測データとして与えている。

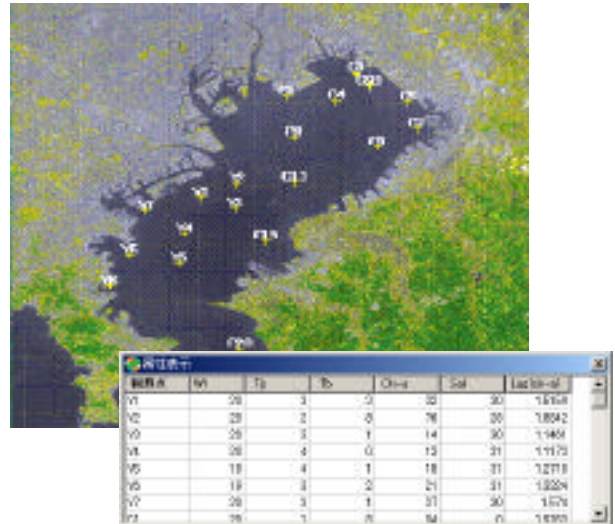


図8 水質観測ポイントと入力観測データ

次に、衛星画像のバンド強度（輝度）で観測データ（クロロフィル濃度）に対し重回帰機能を用いて回帰画像を作成し、各画像に対して、カラーパレットの設定を行っている。

クロロフィル濃度をバンド3で重回帰した画像が次図である。このとき重回帰係数（R値）は0.7894であった。回帰式は、

$$Y = 0.0642 \times X0 - 0.7128$$

Y：クロロフィル濃度

X0：LANDSAT バンド3 となった。

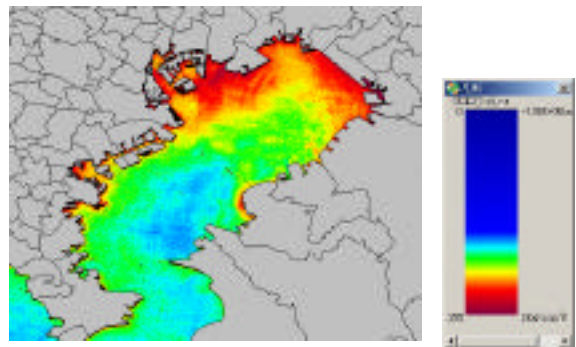


図9 クロロフィル濃度推定画像1

一方、クロロフィル濃度に良好な結果を与えているバンド1と4とで重回帰した画像が下図である。

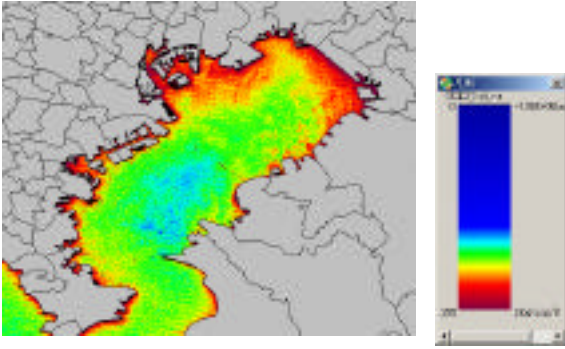


図10 クロロフィル濃度推定画像2

このときの重回帰係数（R 値）は0.7686であった。回帰式は、

$$Y = -0.0170 \times X_0 + 0.1422 \times X_1 - 0.3149$$

Y：クロロフィル濃度

X0：LANDSAT バンド1、 X1：バンド4 となった。

#### 5. おわりに

本システムはここでは詳しく紹介できなかったが大気拡散シミュレータとしても充実したシステムである。本システムの詳しい情報は、本システムのホームページ

<http://dfusion.ccs.co.jp/>

を参照されたい。