

地球観測衛星データ処理のための 画像作成・解析ソフトウェアの開発

藤野詠光*¹, 菊川浩行*¹, 上田耕平*¹, 木下紀正*², 石黒悦爾*³

Development of Software for Image Analysis and Processing on Earth Observation Satellite Data

Eikou Fujino*¹, Hiroyuki Kikukawa*¹, Kohei Ueda*¹,
Kisei Kinoshita*², and Etsuji Ishiguro*³

Keywords : Earth observation satellite, Software, Image processing, Visual Basic, Landsat, Turbidity

Abstract

A trial was made to develop, in a personal computer, the image preparation and analysis software for collecting earth observation satellite data. The software program was written by Visual Basic for Windows (Microsoft Cooperation). The common processing was possible in various personal computers using GUI (Graphical User Interface) in Windows. The software for one band processing was given and then two bands calculations. Some examples including Seguchi's turbidity were given. The software was easily modified in accord with the present study, since the software and processing course were obvious.

地球の表面積の約7割を占める海洋は、その範囲が広大であるため観測は大掛かりなものとなりがちであり、特に同時のおよび定期的観測を行うには困難が伴う。近年、広域性・同時性・定期性の特徴を持つ衛星リモートセンシング^{1,2)}が海洋の計測の手段の1つとして認識されてきた。更に電磁波の観測技術の向上、コンピュータによる画像処理能力や解析能力の向上、人工衛星技術の発達により、気象衛星 (NOAA, ひまわり) や地球観測衛星 (Landsat, SPOT, MOS, TOPEX/Poseidon など) から地球に関するさまざまな情報が得られるようになった。情報の種類、量が増えるにつれて衛星画像を利用する研究分野は広がりつつある。^{3,4,5)}

従来、解析を行うには大型の計算機やワークステーション等の大規模な解析装置と解析用ソフトウェアが必要だった。しかし、最近パーソナル・コンピュータの能力の向上、価格の低下等が著しく、広く一般に普及するようになり、パーソナル・コンピュータを用いたリモートセンシングのデータ解析が行えるようになった。地球観測衛星から得られた情報を処理する為に種々のパーソナル・コンピュータ向けのソフトウェアが市販されている。しかし、安価なソフトウェアは、単純な処理しかできないことが多く、逆に高度な処理ができるものは高価で手が届きにくい。

本論文では、Microsoft社のVisual Basic^{6,7)}の

*¹ 鹿児島大学水産学部環境情報科学講座 (Environmental and Information Sciences, Faculty of Fisheries, Kagoshima University, 50-20 Shimoarata 4, Kagoshima, 890 Japan)

*² 鹿児島大学教育学部物理学教室 (Physics Department, Faculty of Education, Kagoshima University, 20-6 Korimoto 1, Kagoshima, 890 Japan)

*³ 鹿児島大学農学部生物環境学科農林工学講座 (Agricultural and Environmental Engineering, Faculty of Agriculture, Kagoshima University, 21-24 Korimoto 1, Kagoshima, 890 Japan)

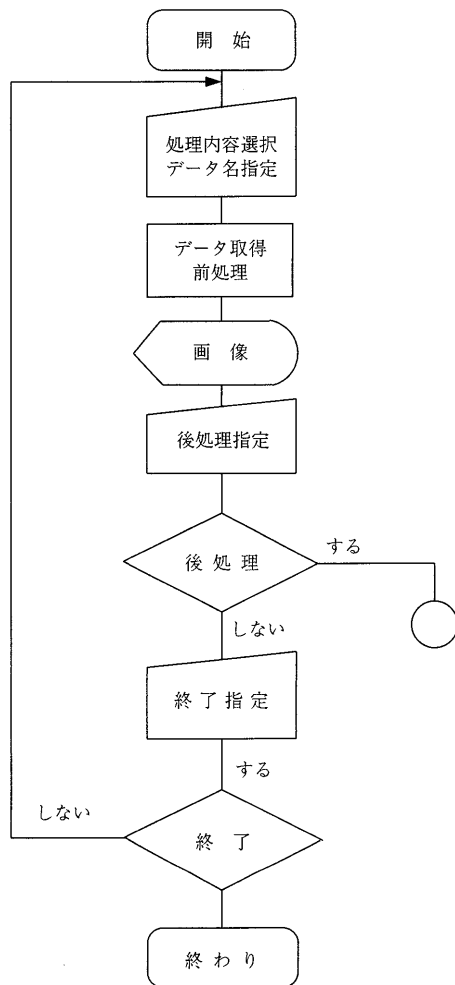


Fig. 1 Flowchart of the main program using the concept of General System Flowchart.

Windows版を用いて、目的に合った画像作成処理ソフトウェアを作成したので、その方法を述べ、得られた画像を例示する。このソフトウェアはWindows上で作成するため異なる機種でも共通の処理が可能であり、Visual BasicはWindowsのGUI (Graphical User Interface) プログラミングのビジュアル化を図ったものなので、これを用いることによって快適な解析環境が得られる。また、使用言語がBasicなので比較的簡単にプログラムを作成することができ、新しい研究目的に合わせてソフトウェアを修正することも容易である。

本論文で述べるソフトウェアの画像作成の種類としては、

単バンド表示 (Pseudo Color)

バンド間四則演算表示

濁口らによる濁度算出式⁸⁾を用いた濁度画像表示の3つに絞る。

また、作成画像表示後の処理として

指定点におけるCCT値の表示

指定区分直線間におけるCCT値レベルの表示

指定範囲における頻度別棒グラフ

指定範囲におけるCCT値の表示

をあげる。

プログラムの構成

Visual Basicは、「GUI開発ツールで作成したオブジェクト&イベントプロシージャ」という従来型言語にない

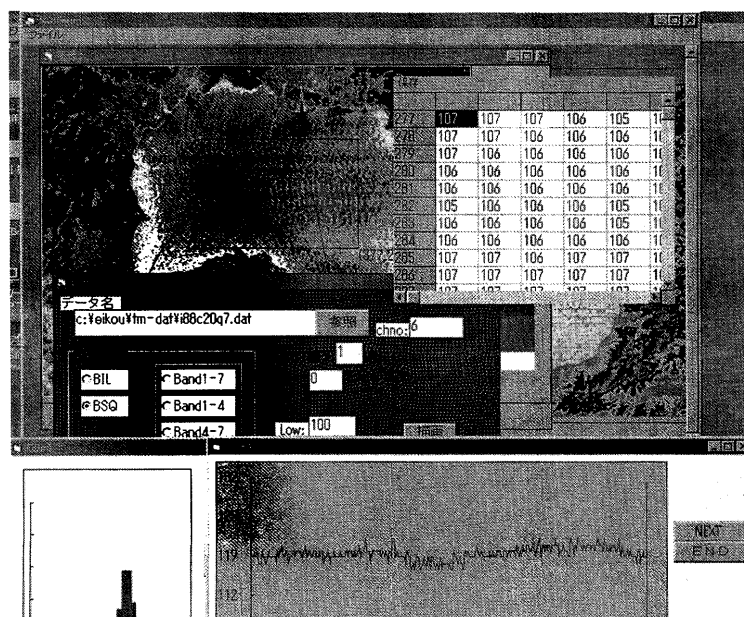


Fig. 2 Example of output.

概念を導入している。このため、正確なプログラム・フローチャートを作成することは難しい。そこで従来のプログラム・フローチャート⁹⁾を用いるのではなくシステム設計などに用いられるジェネラル・システム・フローチャートの概念を利用し、プログラムの流れを Fig. 1 のように描く。以下、いくつかフローチャートを提示するが、それは従来型のプログラム・フローチャートではなくジェネラル・システム・フローチャートの概念を用いた本論文独自のものである。Fig. 1 に示される処理によって作成された画像は、Fig. 2 のように表示され、最大 5 つの画像を一度に表示できる。

本ソフトウェアでは、ファイルに入っているすべてのデータを一度読み込んだ後に処理を行うので、同じファイルでいろいろな処理を行うときには、その読み込み時間が省かれ計算時間が節約される。

処理体系

1) 前処理

本論文では前処理とは画像を作成・表示させるための処理を指す。なお、今回利用したデータは Landsat-5 の TM センサーのものであり、ヘッダーを取り去り MS-DOS 型フォーマットしたものを利用した。Landsat の TM (Thematic Mapper) センサーの諸元を Table 1 に示す。

7 バンド Bil データファイル (Pixel 数 512, Line 数 400) を読み込むときのプログラム¹⁰⁾を以下に示す。

```
Open FileName1 For Random As #1 Len = 512
                                FileName1 の名前のデータを取得
For L% = 0 To 399                Line 数は 400
  For K% = 0 To 6                Band 数は 7
    KL = 7*L% + 2*K% + 1
                                1 行ごとに読み込み
  Get #1, KL, Cdara
  For m% = 0 To 511              Pixel 数は 512
    A$(m%) = MidB$(Cdara, m% + 1, 1)
    CCT%(K%, m%, L%) = Asc(A$(m%))
  Next m%
Next K%
Next L%
Close #1
```

単バンド表示 (Pseudo Color)

画像に表すデータの CCT 値 (Computer Compatible Tape: 計算機適合テープ) の最大値と最小値を指定し、その間を 16 段階の色に分けて表示する。画像には、この指定した CCT 値の範囲より小さいデータは黒色で、大きいデータは白色で表す。

単バンド表示の例として TM センサーの Band 6 を利用して得られた画像を Plates 1b, 2b, 3a, 3b に示す。Plate 1b は、1990 年 12 月 10 日の鹿児島湾奥で、ふつうは西方向に拡散する天降川の河川水が東方向へ大きく拡散している様子が分かる。おそらく風による影響だと思われる。Plates 3 は、有明海と八代海の画像で、3a は

Table 1 Specifications of Landsat-5/TM

Band	波長帯 (μm)	Rmax ($\text{mW}/\text{cm}^2 \cdot \text{sr}$)	Rmin ($\text{mW}/\text{cm}^2 \cdot \text{sr}$)	Band 幅 (μm)	主な利用分野
1	0.45-0.52	-0.0099	1.004	0.066	沿岸水のマッピング 土壌と植物の区別 落葉樹と針葉樹の区別
2	0.52-0.60	-0.0227	2.404	0.081	植物の活力度
3	0.63-0.69	-0.0083	1.410	0.069	植物の種類を決定するための クロロフィル吸収
4	0.76-0.90	-0.0194	2.660	0.129	バイオマス調査 水塊分布
5	1.55-1.75	-0.00799	0.5873	0.216	植物の水分測定 雲と雪の区分
6	10.4-12.5	-0.00375	0.3595	0.250	植物のヒートストレス測定 温度のマッピング
7	2.08-2.35	-0.1534	1.896	1.239	熱水作用のマッピング

9月で上げ潮時, 3bは6月で下げ潮時のものである。3aに比べて3bでは, 沿岸域の水温が高くなっている。

バンド間四則演算表示

パスラジアンズ (Passradiance) の除去や, 同一時刻の画像のスペクトル的な特徴の抽出などの処理はバンド間での四則演算 (加, 減, 乗, 除) により行われる。Band m のピクセル値が i , ライン値が j における CCT 値を $CCTm(i, j)$, Band n のそれを $CCTn(i, j)$ とすると, Band 間四則演算は下式で与えられる。

$$CCT(i, j) = a \times CCTm(i, j) + b \times CCTn(i, j) + c$$

$$CCT(i, j) = a \times CCTm(i, j) - b \times CCTn(i, j) + c$$

$$CCT(i, j) = a \times CCTm(i, j) \times b \times CCTn(i, j) + c$$

$$CCT(i, j) = a \times CCTm(i, j) \div b \times CCTn(i, j) + c$$

ただし, a, b, c は, 任意の定数

$CCTm(i, j)$ と $CCTn(i, j)$ の間で演算した値を $CCT(i, j)$ に代入し, $CCT(i, j)$ を表示することで, 画像間演算の処理は終了する。この例を Plate 1a にあげる。Plate 1a は, $0.1 \times (\text{Band 1} \times \text{Band 3})$ を表したものである。

瀬口らによる濁度算出式を用いた濁度画像表示

シュード・カラー表示や Band 間四則演算表示は処理が簡単であり, 他のソフトウェアでその機能を持っているものもあるが, 以下に述べる処理はいくつかの高価なソフトウェア以外では不可能な特殊なものである。

瀬口ら⁸⁾は, 有明海北部において, Landsat 衛星が上空を通過する日に合わせて船を出して濁度を計測し, その結果と Landsat-5/TM の CCT 値との比較を行った。数回の実測から 5 バンドを用いて大気の影響を取り除くことを提案し, 濁度を求めるための以下の最小二乗近似式を導いた。

絶対放射輝度への変換式

$$BN_i = \frac{(R_{maxi} - R_{mini}) \times CCT_i}{255} + R_{mini} \quad (1)$$

大気の影響を引き去る変換式

$$CBN_i = BN_i - BN_5 \left(\frac{\lambda_i}{\lambda_5} \right)^{-2.80} \quad (2)$$

濁度の式

$$TB = 663.5 \left(\frac{CBN_3}{CBN_2} \right)^{4.75} \quad (3)$$

上式にしたがって, Landsat-5/TM の CCT 値から濁度を求める。まずノイズの影響を少なくするため, 原データを 3×3 画素で周辺加重を 1, 中央加重を 5, 除数を 13 とする空間領域でのフィルタリング¹¹⁾を行う。そうして得た加工データを用いて(1)式によりバンド i の

CCT 値 (CCT_i) を最小放射輝度 R_{min} , 最大放射輝度 R_{max} を使って絶対放射輝度 (BN_i) への変換を行う。その後, (2)式に従って Band 2 と Band 3 の BN_i から Band 5 の BN_i を利用して大気の影響を引き去ったものを CBN_i とおく。 CBN_3/CBN_2 と濁度 (TB) との最小二乗近似式から濁度を求める。

得られた濁度についての画像例を Plates 2a, 4a, 4b に示す。Plate 2a は, 1993年8月の水害後, 数日後の大淀川と一ツ瀬川である。Plate 2b の水温の画像からは, 大淀川河口の水は北へ向かっているように見えるが, Plate 2a の濁度の図を見ると, 実際には大淀川, 一ツ瀬川とも河口を出た水は南へ向かっていることが示された。Plates 4は, 有明海と八代海の濁度の図で, 4a は上げ潮時, 4b は下げ潮時のものである。上げ潮時は, 八代海北部と熊本港沖, 下げ潮時は, 球磨川河口付近と北部有明海の濁度が, 高くなっている。なお, CBN_3 が負の値を取る場合は画像に黒く表示され, CBN_2 が 0 またはマイナスのときは画像に白く表されるようにした。

2) 後処理

本論文での後処理とは画像を表示させた後の処理を指す。フローチャートを Fig. 3 に示す。

指定点における CCT 値の表示

実際に観測点で測定した値と, 衛星データにおける CCT 値とを比較するとき, データをレベル表示して観測点に相当するピクセル番号とライン番号からレベル値を読む方法がある。しかし, 本ソフトウェアでは, 簡単に CCT 値を読む方法として, 実測を行った点をマウスでクリックすることで CCT 値を画像上の指定した点に表示できるようにした。なお, マウスが指している点は, 画像を表示したフォームの下部に X 座標, Y 座標で表される。指定できる点の数は無限にとることが出来る。

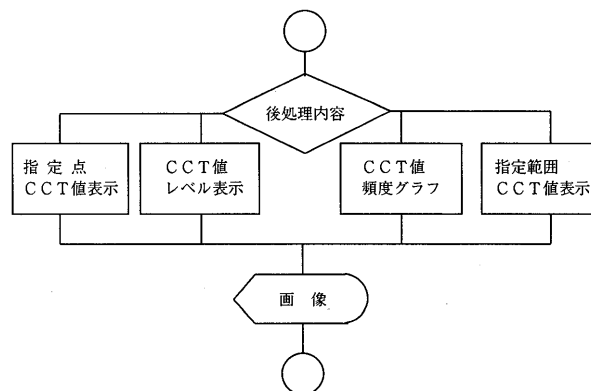


Fig. 3 Subprogram flowchart.

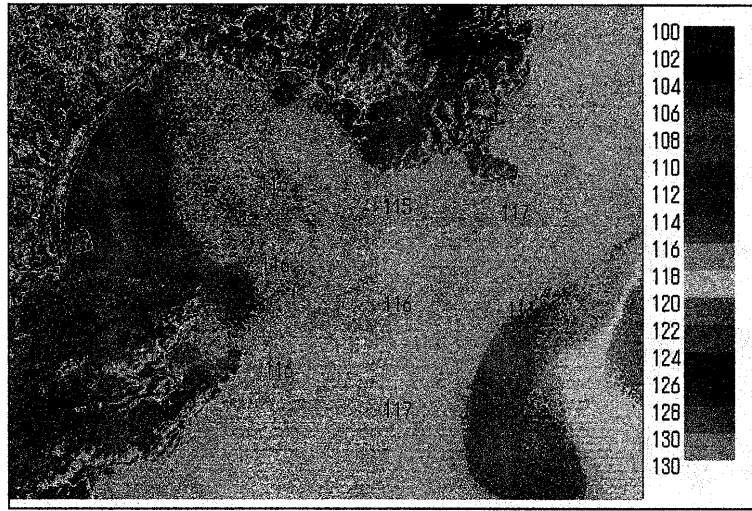


Fig. 4 Image of pointed CCT values (March 5, 1993, Shibushi Bay, Band 6/TM).



Fig. 5a: Drawing partially linear line on the image (March 5, 1993, Kagoshima Bay, Band 6/TM).

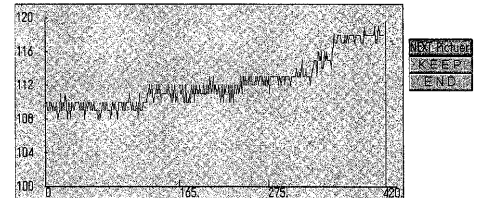


Fig. 5b: CCT level on the line.

例を Fig. 4 にあげる。

指定区分直線間における CCT 値レベルの表示

既存のソフトウェアでは、2 地点間の直線上の CCT 値レベル表示しか出来ないことが多く、鹿児島湾のように複雑に入り組んだ地域のレベルグラフを書くには不十分であった。そこで今回10地点の区分直線間のレベルグラフを表すようにした。併せて始点からの各点までの区分直線上のピクセル数を表すこととした。例を Figs. 5a, 5b に示す。レベルを示したグラフの縦軸の目盛りは、画像を表示させるときに使った CCT 値の範囲を使用するようにした。

指定領域における頻度グラフ

任意の領域における CCT 値の分布や、特定の CCT 値を持つピクセル数を求める必要がある場合がある。河川水の拡散範囲の面積を求めるときなどがその例である。そのような場合、直接 CCT 値を読むことは大変な労力を伴う。またピクセル数を求める機能がついているソフトウェアでも領域の大きさが限定されており、不必要な領域までデータに加わることがある。そのようなことを解消するために本ソフトウェアでは、表示された画像に必要な領域を指定し、領域内のある CCT 値の頻度を、領域のピクセル数に対するその CCT 値を持つピクセル数の専有率を求めグラフに表示する。領域の指定は任意であり、マウスで始点と終点を指定することにより 2

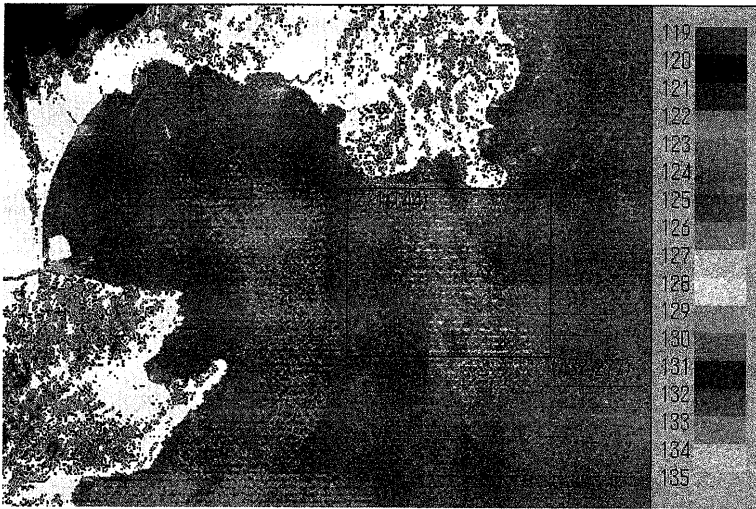


Fig. 6a: Selected area on the image (August 12, 1993, Shibushi Bay, Band 6/TM).

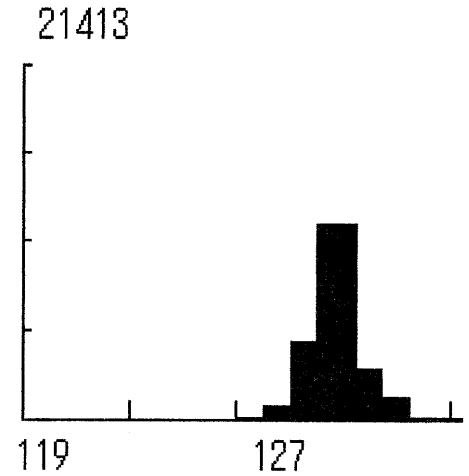


Fig. 6b: Histogram of CCT values in the selected area.

272	130	131	131	132	131	130
273	130	131	130	131	130	130
274	130	131	130	130	130	130
275	130	131	130	130	130	130
276	130	131	130	130	130	130
277	131	131	130	130	130	130
278	130	131	130	130	130	130
279	129	131	130	130	130	130
280	130	131	130	130	130	130
281	131	131	130	130	130	130
282	130	131	130	130	130	130

Fig. 6c: CCT values of the selected area.

点を対角線とした長方形が画像上に表示され、調査範囲として定義される。例を Figs. 6a, 6b に示す。

指定領域の CCT 値表示

得られた画像において、知りたい地点の CCT 値が周囲に比べてその値の差が小さい場合や、調べたい地点が小さい範囲にいくつもある場合など、領域を指定することにより、その範囲の CCT 値の一覧を出すことが出来る。例を Fig. 6c にあげる。

操作の手順例

ここでは、バンド間四則演算から指定区分直線間における CCT 値レベルの表示までの処理の流れを Fig. 7 にフローチャートを表示し、合わせて操作の手順を述べる。

まず、プログラムを実行させると、使用するデータのタイプ (BIL か BSQ)、使用するファイルの数 (1 か 2) について条件を与えるフォームが出てくる。これに条件

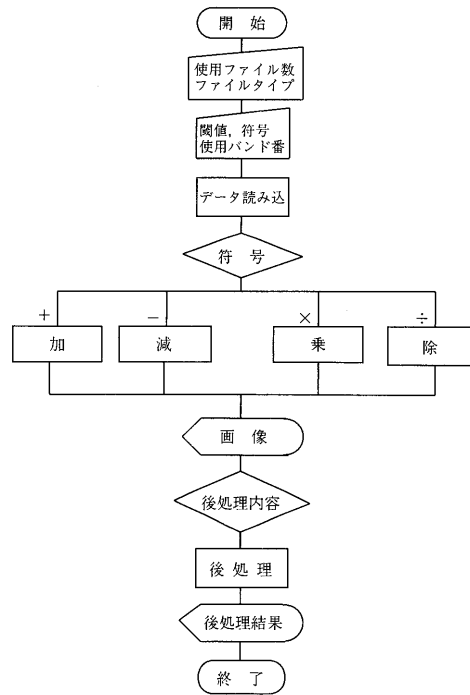


Fig. 7 Flowchart of four arithmetic operations.

を与えると次に Fig. 8 のフォームが出てくる。ここで、データ名、バンドの番号、加減乗除 (+, -, ×, ÷) の記号、閾値などを与える。データ名はドライブ名などすべてのパスを直接入力するか、又は参照とあるコマンドボタンをクリックし、別のフォームでファイル名を参照、選択することで完全な形のデータ名を得ることができる。

次に、描画とあるコマンドボタンをクリックすると画像が別のフォームに表示される。画像が得られたらフォー

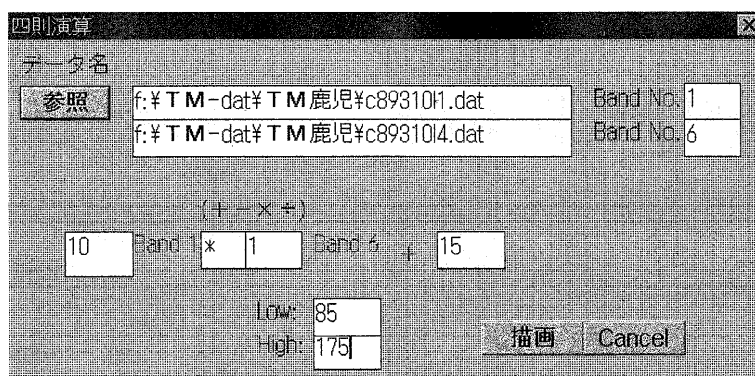


Fig. 8 Form of four arithmetic operations.

ム上のメニューボックスにある画像処理をクリックし、ヒストグラムというところを選択する。選択できる点は前述のように、マウスを使って10地点以内で点を指定することができる。2地点を指定するとフォームの下部にNextというコマンドボタンが表示される。ここをクリックすることにより指定地点間のCCTのレベルの表示が別のフォームに表示される。

まとめ

市販の解析用ソフトウェアには、さまざまな機能がついている。しかし利用者が新しい機能を加えることはできず、また処理の内容を確認することはできない。

本論文で紹介したプログラムは、まだ発展段階で不完全な状態である。しかし研究目的に添ったソフトウェアを作成するという点では当初の目的を果たすことができた。本研究における利点は、Windows上のVisual Basicで処理を行うので、異なる機種でも同様な処理が行える。また一度プログラムを作成しておけば、他の処理を行うとき、必要に応じて書き直すこともできる。

謝辞

Landsat衛星のデータは米国政府が所有し、宇宙開発事業団によって提供されたものを利用した。また鹿児島大学大学院農学研究科1年の兵藤薫氏には、データの

切り出し、鹿児島大学水産学部4年生の瀬川慎氏には図の作成等、両氏の協力を得られたことに感謝します。

参考文献

- 1) 土屋 清 (1990): リモートセンシング概論, 朝倉書店.
- 2) 杉本康宏 (1982): 海洋のリモートセンシング, 共立出版.
- 3) 日本リモートセンシング研究会 (1992): 図解リモートセンシング, 日本測量協会出版.
- 4) 宇宙開発事業団地球開発センター (1990): 地球観測ハンドブック, ランドサット編, 改訂版, リモートセンシング技術センター.
- 5) 坪根治広 (1991): 人工衛星データの画像処理, 森北出版.
- 6) 河西朝雄 (1994): Visual Basic 初級プログラム入門 (上, 下), 技術評論社出版.
- 7) 弥田健太郎・高木直樹 (1995): 基礎的リモートセンシング解析プログラムの開発と改良, (社)日本リモートセンシング学会第19回学術講演会論文集, pp149-152.
- 8) M. Seguchi, O. Kato and J-H. Park (1995): Measurement of Turbidity Distribution in the Interior Part of the Ariake Sea using Landsat-5 TM Data, 農業土木学会論文誌 No179, pp. 39-48 (Trans of JSIDRE).
- 9) 松本憲治 (1971): フローチャート入門, オーム社.
- 10) 森本吉春 (1989): パソコン画像処理ハンドブック Basicで学ぶ画像処理, 共立出版.
- 11) 森本吉春 (1988): パソコン画像処理ハンドブック 高速汎用画像処理プログラム PIMPOM, 共立出版.

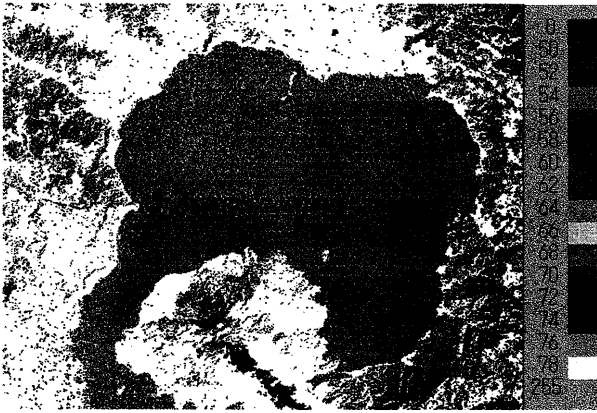


Plate 1a



Plate 1b

1a: 0.1 × Band 1 × Band 3 (December 10, 1990). 1b: Sea surface temperature image of Kagoshima Bay (December 10, 1990). The number at the right of the figure denotes the 6 Band CCT values.

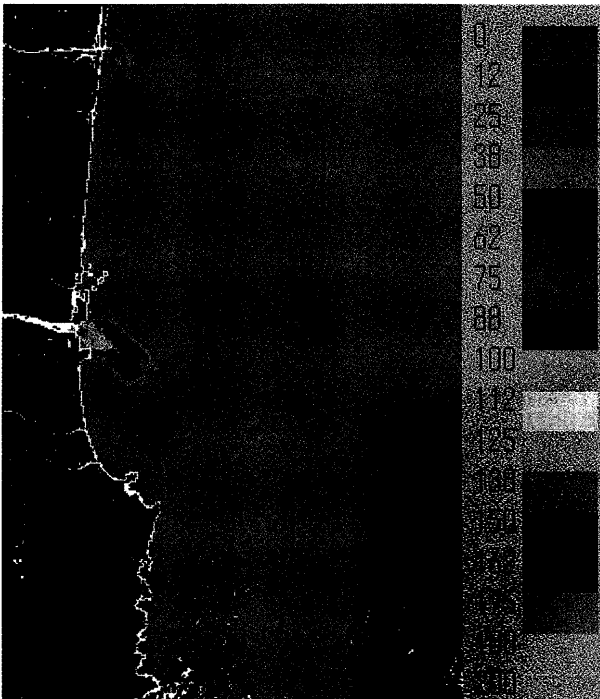


Plate 2a

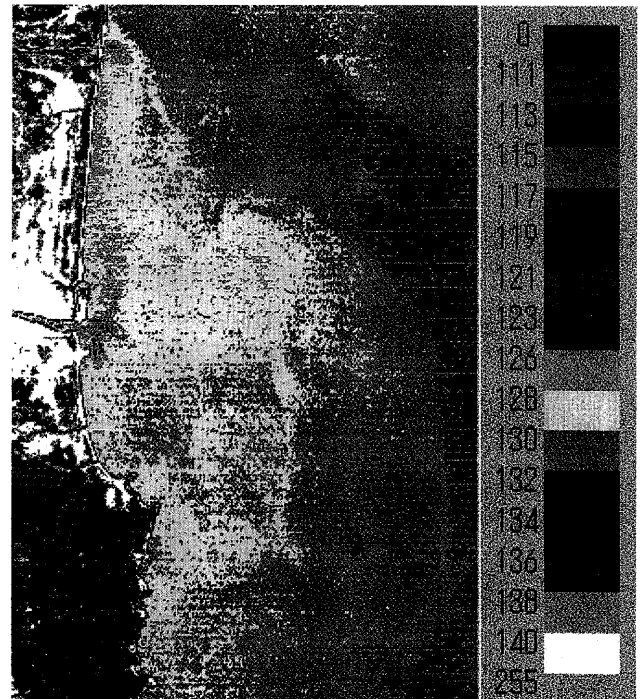


Plate 2b

2a: Turbidity image at the mouths of Oyodo River and Hitotsuse River (August 12, 1993). 2b: Sea surface temperature image (August 12, 1993). The number at the right of the figure denotes the 6 Band CCT values.

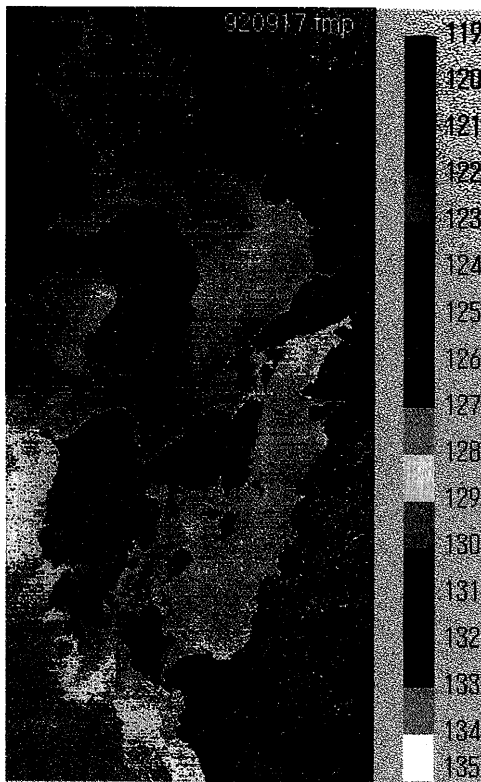


Plate 3a

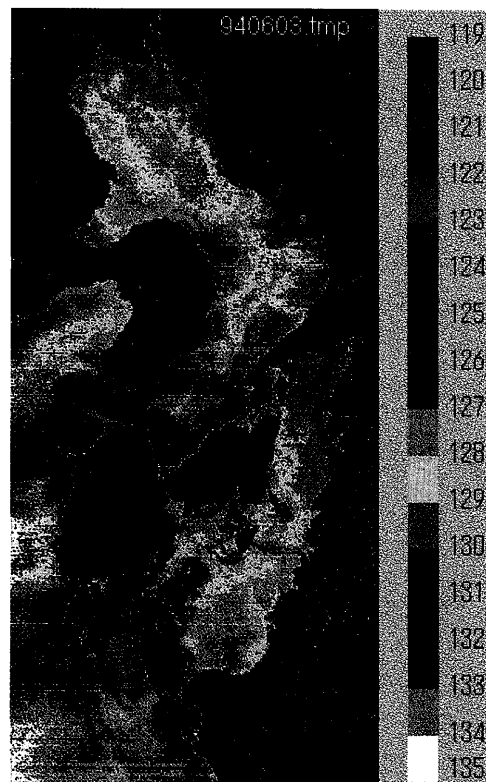


Plate 3b

Sea surface temperature images of Ariake Sea and Yatsushiro Sea at about 10:00. The number at the right of the figure denotes the 6 Band CCT values. 3a: September 17, 1992. The tide was full at 11:32 in Misumi and at 11:45 in Miike. 3b: June 3, 1994. The tide was low at 10:31 in Misumi and at 10:48 in Miike.

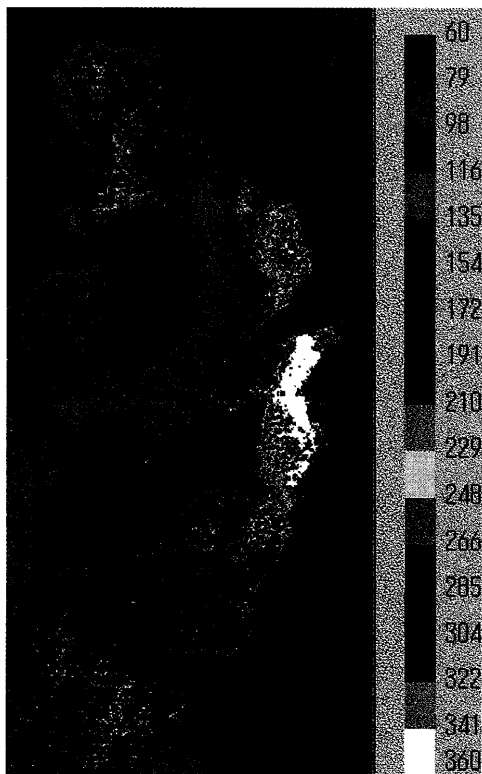


Plate 4a

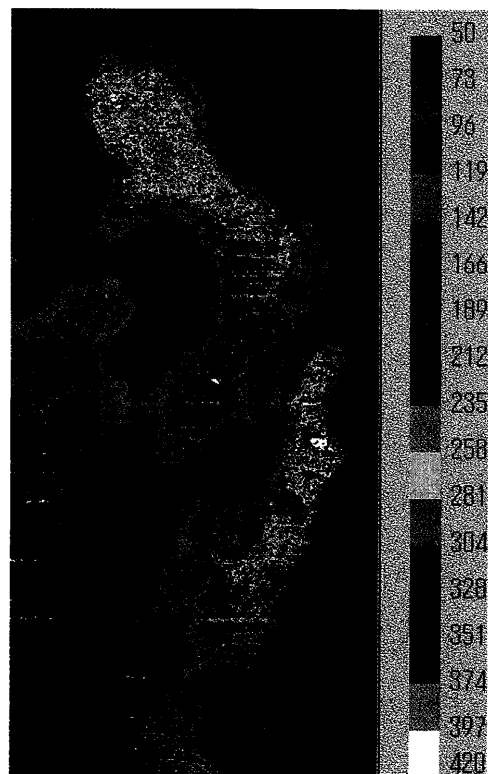


Plate 4b

Turbidity images of Ariake Sea and Yatsushiro Sea at about 10:00. 4a: September 17, 1992. 4b: June 3, 1994.