

気象衛星(NOAA)画像の地図化と画像強調

Mapping and Image Enhancement of Meteorological Satellite
(NOAA) Images

高木幹雄*・田村清**

Mikio TAKAGI and Kiyoshi TAMURA

1. はじめに

都市情報や環境汚染情報を計測する際に、特定の点における精度の高い計測も重要ではあるが、広域を二次元的なパターン計測として捉えることも重要である。広域に涉る都市情報や環境汚染情報を計測する手段としてはリモートセンシングがあり、航空機または人工衛星に搭載された多チャネルの分光器により、異なった波長領域で撮られた画像を作成し、これらを解析する。

リモートセンシング用の人工衛星としては有名な LANDSAT があり、高分解能で、四つのバンドによる画像を作成するので、都市情報、環境汚染情報のパターン計測には最適である。しかし、現在わが国にこの画像データをリアルタイムで受信する地上局がなく、データは米国よりフィルムまたは磁気テープの形でデータを入手しなければならないが、入手に時間がかかること及び搭載されているデータレコーダの容量の関係から入手できるデータには非常に強い制限があり、連続的に監視したり、経時変化の求めることはできないのが現状である。

そこで、都市情報、環境汚染情報を連続的に得る別の手段を探してみると、気象衛星(NOAA)によって得られる情報がある。この衛星からの情報は少なくとも日に2回受信可能であり、比較的簡単に受信できるので船舶でも活用する動きがある。センサとしては、気象用であるので可視と赤外の2チャネルしか持たず、また、分解能も LANDSAT 衛星の画像を比較すると粗いが、広くみるには十分と思われ、この程度の分解能であっても、東京湾や瀬戸内海の状況は十分に把握できるものと考えられ、海面の温度分布、汚染状況などは計測できる可能性がある。

本研究は、以上の点に鑑み、従来アナログ的な画像として眺めるだけであった気象衛星 NOAA からの画像に対して、ディジタル画像処理の技術を導入して解析することを目的としている。そのために画像の入力、画像の処理の概略については前報で紹介した。¹⁾

また、処理に関しては、撮影された画像には幾何学的な歪があり、これを除去し地図化することにより初めて

経時変化の計測が可能となるので地図化が重要である。このほか、細部を強調するためのコントラストの強調、海面温度の測定、雲、陸、海を識別し、各々を解析するなどの処理も要求される。

本文では、上記の観点から行っている気象衛星 NOAA 画像処理の地図化と強調につき簡単に紹介する。

2. 気象衛星画像処理システム

2.1 ハードウェア構成

気象衛星処理の画像は多次元画像情報処理システム²⁾を活用して行った。ミニコンピュータ(32 kW/16 bit)を中心として、画像の入力装置、外部記憶装置などで構成されている。画像の入力装置として先に開発した簡易入力装置³⁾を用い、データレコーダに記憶された NOAA 衛星よりの画信号をデジタル化して計算機にとり込む。この時、画信号のほかに受信時、同時に記憶したクロック信号を受けて、これをA/D変換のサンプル信号として用い、正確なサンプリングを行っている。また本装置では、入力画像の大きさとデータのきめ細かさ(データの間引き)を指定でき、処理に必要とする部分のみ適当なサンプリング間隔で入力することができる。

画像出力装置の内、蓄積型CRT(Tektronix 611)は、処理の途中結果などをクリックルック的に眺める時に用いている。表示方式は輝点密度制御⁴⁾によるもので、1画素のマトリクスを 2×2 , 3×3 , 4×4 などと選ぶことにより、それぞれ5, 10, 16, レベルの階調表示が可能である。フライングスポットレコーダ(FSR)は、主として大画像(1024×1024)の最終的な結果を出力したり白黒の濃淡稳像を擬似カラー表示する際に用いている。濃淡の表示には、スポット滞在時間を制御して1点ごとの露光景を変えて行うがこの時フィルムなどのJ特性を補正するための電気的に出力可能な1024レベルの中から、濃度特性としてリニアになるような階調レベルを選択して用いている。またカラー画像の出力には、フィルタを変えてR, G, Bの3枚の画像をポラロイドフィルムまたは35mmフィルムに記録する。色の選択には予め作成したテストパターンの中から適当な色を選んで行う。

外部記憶装置は、カートリッジ型の磁気ディスクで、

* 東京大学生産技術研究所 第3部

** 日本無線研究所、この研究は受託研究生として東京大学生産技術研究所に派遣されている間に行われた

処理プログラムや画像データの格納に用いる。

2.2 ソフトウェア構成

気象衛星画像処理ソフトウェアシステムでは、各処理プログラムおよび画像データは全てファイル単位でディスクに格納され、ミニコンの DOS (Disc Operating System) の管理の下で動作する。処理に際しては、コンソールより必要なコマンドを対話形式で入力することにより各処理プログラムが、主記憶装置に呼び出されて実行される。

3. 気象衛星画像の強調

3.1 階調レベルの操作とその応用

気象衛星からの受信データは、一般に濃淡のダイナミックレンジが小さく、出力する場合はダイナミックレンジを拡大するよう階調レベルの操作が必要である。

(1) ダイナミックレンジの拡大⁵⁾

図1は、1975年1月9日午後7時30分の赤外画像を、受信時リアルタイムでアナログ的に記録⁶⁾したもので、画信号の最大と最小レベル値が記録装置の白と黒レベルに合うよう調整されている。

図2は、同一のデータを衛星画像処理システムにより、データの間引き0でデジタル化して入力した後データの最大値と最小値を求め、その範囲を白から黒として表す処理を行った後、FSRに出力した画像である。海面温度の差がよくみえるようになっている。朝鮮半島の東側の部分で、細部がよくみえ、雲の細いパターン、海の温度分布がコントラストがついてみやすくなっている。日本海は大部分雲に覆われているが、日本海の中央の所で、高い水温の部分（南側）と低い水温の部分（北側）との境がはっきりと見えている。これは、この附近で、南からの対島海流（暖流）とリマン海流（寒流）との境界を作っているものと思われる。

(2) 海面の等温度分布

気象衛星の画像には、雲・海・陸の3種類のカテゴリーの対象物が含まれているので、画像を解析する際には、その目的に応じて必要な対象のみを抽出することが必要となる。例えば、雲の分布を解析したい時には雲のみを抽出し、海や陸の情報は不要であるので除去する必要がある。また、海の表面温度分布を求める場合は海のみを抽出し、その温度分布を画像化することになる。ここでは比較的容易は海の抽出を試み、その温度分布を求ることを試みた。

海の部分のみを抽出するには、まず赤外画像の濃淡ヒストグラムを作成する。ここで対象とした画像は図2で、この画像のヒストグラムを作成すると、海（黒い部分）、陸（灰色の部分）、雲（白い部分）の合成されたものが得られる。図3はそのヒストグラムで、濃淡レベルは135～200に分布しており、右側の山は低温の雲に、そ



図1 気象衛星画像
(1975年1月9日午後7時30分の赤外データレーザ記録装置により記録)



図2 赤外画像(図1の一部)
(1024×1024, 間引き0, フライングスポットスキャナにより記録)

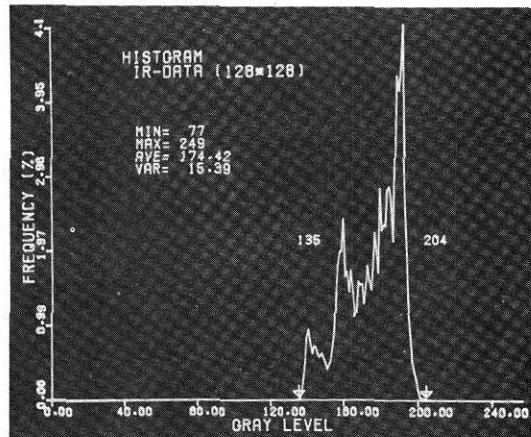


図3 赤外画像(図2)の濃度ヒストグラム

の左側は陸に、左側は海に対応しているものと思われるが、各々を分ける閾値をどこにとるかを決めねばならぬ

い。

海はヒストグラムの左の山（暖かい海）と左から2番目の山（冷たい海）が対応するものと思われ、160近辺に閾値を設け、それ以下の部分の画素を海に対応するものとすればよいと考えられる。

海面部分のみを抽出する閾値として165を選び、海面部分と推定される領域を表示したものが図4で、海面部分以外の部分（雲・陸）と思われる所は、黒としてある。海面の温度分布は、最も低温の部分を白とし、白くなるに伴い温度が低いことを示している。朝鮮半島の東部の海面の温度分布が、図3よりも一層明らかとなっており、濃度ヒストグラムの狭い領域(135~165)のダイナミックレンジを引伸ばす画像の強調が行い、原画像では見えにくかった僅かな温度変化も見分けることができる。

(3) 擬似カラーによる表示

階調レベルに応じて、特定の色を割り当ててカラー表示することにより、白黒の画像では判別が困難な微妙な濃度差を分離して表示することが可能となる。

図5は、ポーラステレオ地図化された赤外画像の最大と最小レベル間を13段階に等分割して各々のレベルに色を割り当てて表現したもので、温度の高低を色で識別できる。

3.2 画像の幾何学的変換（地図化）⁷⁾

気象衛星によって撮られる画像は、丸い地球と衛星の進行方向を直角に直線走査するために歪んでおり、時に周辺部の歪みが大きい。また経緯線を施すと通常の地図とは異なったものとなり、一般に利用されているメルカトル図（海洋関係）や、ポーラーステレオ図（気象関係）への変換を行い、より見やすい衛星画像を提供することが必要である。

また、日時の異なるデータから経時変化の計測を行う際、得られた画像を地図化しておかなければ、相互の比較は行えない。

地図化は図6に示されている如く、衛星から得られる画像（1次画面）と地図画面との間に地表面の対応点を与えて、地図画面の形成に必要な画像データを1次画面より引き出していく方法（逆変換）を用いた。

画像データの引き出しに際しては、1次画面での位置を求める座標変換の計算が必要である。この変換は、衛星の軌道と受信時刻などより計算されるもので、各画素毎に行うのが望ましいが、図7に示す4点補間法を用いて地図化時間の短縮を行っている。これは地図画面がある大きさのブロックに区切り、ブロックの角の4点について座標変換の計算を行うが、それ以外の点では4点の補間式によって1次画面での位置を求める。

この地図変換は、計算機との対話によって次のように簡単に行われる。プログラムは最初ディスクに格納されている一次画面の地図上の位置を表示し、オペレータ

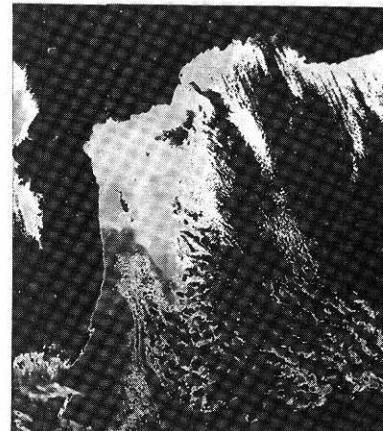


図4 海面の等温度分布表示
(1024×1024; 間引き0)

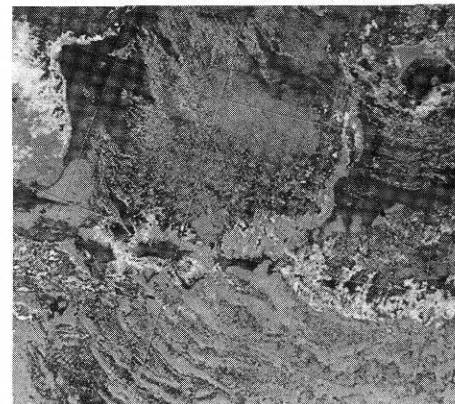


図5 赤外画像の擬似カラー表示(13色)

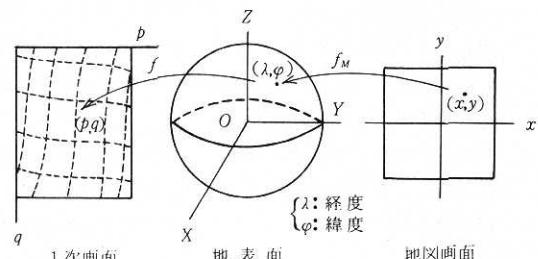


図6 気象衛星画像の地図化

は、カーソルを用いて地図化する領域を指定すると、地図画面がブロック化されブロック単位での地図変換処理がなされて、新しい地図画面がディスク上に形成される。

図1の赤外画像をメルカトル地図化した例を示す。図8は本州中央部を1°間隔の経緯線を入れて表示したもので、北緯35度の少し北、東経135度の少し西にあたる白い点は、富士山に対応している。

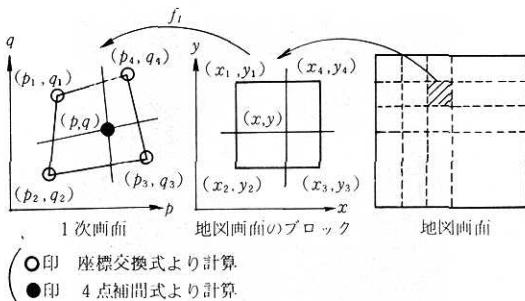
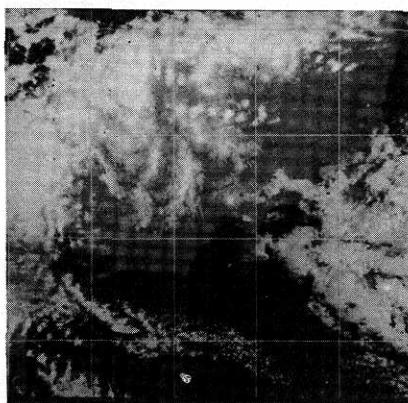


図7 4点補間法(逆変換)

図8 赤外画像のメルカトール地図化
(経緯線は1°間隔)

3.3 画像の補間

NOAA衛星の分解能は、衛星直下で約900mであり、LANDSATと比べると10倍以上も分解能は悪いが、気象衛星画像入力装置によりデジタル化されたデータを用いて、比較的狭い地域のデータと解析することが可能と思われる。この場合には、画像を拡大して細部を見るので単純に拡大すると1画素が大きくなり、見にくい画面となると共に輪郭も階段状になってしまう。

そこで、画像を拡大する際にデータを補間内挿することにより、より滑らかな画像を得ることを試みた。

補間は一次の内挿によって行い、 2^m 倍に原画像を拡大することにした。

内挿によって拡大した例として、赤外画像をメルカトール地図化したデータ(図8)の一部(伊勢湾附近)を拡大した例を示す。128×128画素の原データに対して、比較の意味で図9に単純に1画素を 8×8 画素に拡大して 1024×1024 画素としたものを示す。図10は上述の一次の内挿により拡大して表示したもので、より滑らかな画像となっている。この補間の処理は、狭い地域のデータを解析するために試みたものであるが、その1例として図10の補間によって拡大された画像から海の部分を抽出

しその温度分布を表示した例を図11に示す。このデータは冬のものであるので、伊勢湾や浜名湖の水温の方が遠州灘の水温よりも低いことが明瞭に示されていて興味深い。

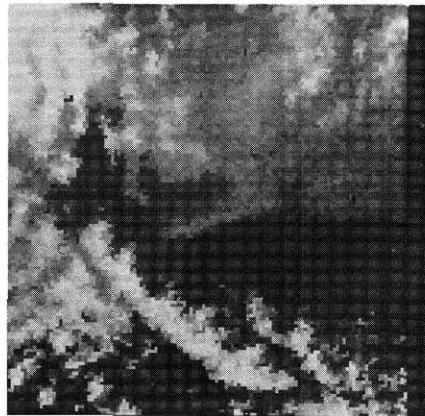


図9 単純に拡大された画像

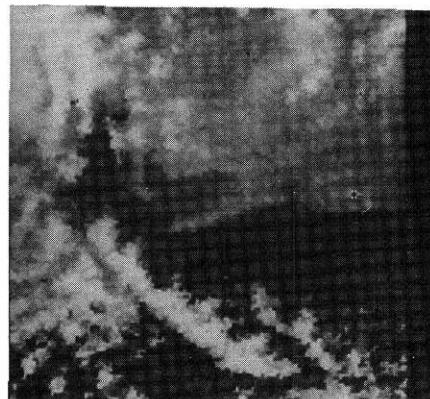


図10 補間により拡大された画像

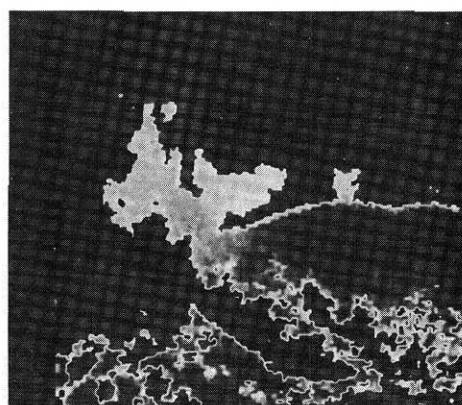


図11 図10の海の部分の温度分布

4. おわりに

気象衛星画像のディジタル処理の内、特に画像の強調に関するものとして、階調レベル操作、海面の等温度分布図の作成、地図化、補間による画像の拡大を試み次のような点が明らかになった。

階調レベルの操作では、ダイナミックレンジの狭い気象衛星のデータを階調補正処理により見易くすることができた。また、白黒画像を擬似カラー表示するのは、温度分布の表示など微妙な濃淡の差が問題になる時に有用である。また、海面の温度分布パターンの表示を試みたが濃度ヒストグラムにより海の部分を抽出し、その濃度分布パターンが作成できた。

地図化では、ポーラステレオおよびメルカトール地図化において、4点補間法が計算時間の短縮に有用であることを確めた。

画像の補間による拡大では、気象衛星画像をデジタル的に拡大することにより、狭い地域の画像化を試み、かなり細部まで拡大することが可能であることがわかった。

今後は、赤外画像の校正データの入手とそれを用いた実際の温度分布パターンの作成、幾何学的変換処理では

地上の基準点を用いたより正確な地図化を、また補間ではより滑らかな画像を得るためにより高度な補間について検討したい。このほか、赤外と可視の両画像を用いた処理、異なる日時のデータより雲の動きの解析や水温のパターン変化などの解析を行う必要がある。

おわりに、日頃ご指導いただく本所尾上教授、NOAAのデータを提供していただき日本無線研究所野島部長に感謝いたします。

(1977年1月31日受理)

参考文献

- 1) 高木・田村：気象衛星（NOAA）画像の入力と処理、生産研究, 28, 3, pp. 120-125 (1976)
- 2) 尾上・高木：東大生研におけるイメージプロセッシングの研究、情報処理学会 イメージプロセッシング研究資料 73-3 (1975)
- 3) 高木・田村：気象衛星画像簡易入力装置、昭和50年度 電子通信学会全国大会 1050
- 4) 高木・富田、濃淡画像の簡易出力方式、TV学会画像表示研究会資料 8-6 (1974)
- 5) 高木・田村：気象衛星（NOAA）画像の処理と表示、電子通信学会画像工学研究会 資料 IE 75-75 (1975)
- 6) 管田他：気象衛星画像受信システム、画像電子学会予稿 75-03-3 (1975)
- 7) 高木・田村：気象衛星（NOAA）画像の地図化と画像強調、1976年TV学会全国大会 13-13

