

「気象衛星ノア画像処理」

— 可視情報を利用した海霧発生域の抽出と海表面温度分布図の作成 —

田中 護*・藤本 勉*

Picture Information Processing of Weather Satellite (NOAA) Images — Extraction of Sea Fog Area by utilizing of Visible Information and Drawing Sea Surface Temperature Distribution Chart. —

Mamoru TANAKA, Tutomu FUJIMOTO

Abstract

By processing of thermal infrared pictures received directly from polar orbiting weather satellite, NOAA, the sea surface temperature distribution maps are obtained.

In drawing processes of these maps, land areas and cloud covered areas are eliminated.

The temperature of the area where sea fogs are observed has not so evident difference from that of open sea area, therefore it is much difficult not to make a incorrect decision for this area as cold water lumps.

Sea fogs have high albedo and are clearly noticeable only in visible pictures.

In order to eliminate these areas where sea fogs are observed, a distribution diagram of gray scale value in visible spectrum picture and of brightness temperature value from infrared picture for each pixels.

It is become clear that pixels being in a circle centering at the peak point of this distribution diagram, come only from the open sea area.

1. まえがき

極軌道気象衛星 (NOAA) を直接受信して得られる APT (Automatic Picture Transmission) 画像の解析と有効利用方法について研究を進めている。NOAA は高解像度伝送 HRPT の送信も行っているが、追尾・受信設備が高価であるから APT 画像を受信し利用している。APT 画像より熱赤外画像を解析することにより作成される主要なプロダクトの一つに海表面温度分布図がある。同図の作成に際しては、先ず熱赤外画像から輝度温度画

像への変換を行う。そして空気中の水蒸気量による誤差を軽減するために、JMG 無線印刷電信気象通報⁽⁶⁾における海上実況気象通報を解読し、真の温度として船舶通報温度を用い、雲域でない輝度温度との回帰を求めて、温度値の補正を行う方法がある。この様な補正方法は、海表面に対しては有効であると思われるが、雲域まで有効であるかどうかは解らない。覆雲領域や陸地部では温度値の変化が激しく複雑である。従って、覆雲領域や陸地部を除去しなければならない。さらに、海面に霧が発生している様な場合、霧の領域における温度は海表面温度と顕著な差異を生じないために、この領域を除去することは困難である。そのために誤って冷水域と判断される場合がある。しかし、海霧は可視域においては顕著な反

*宇部工業高等専門学校電気工学科

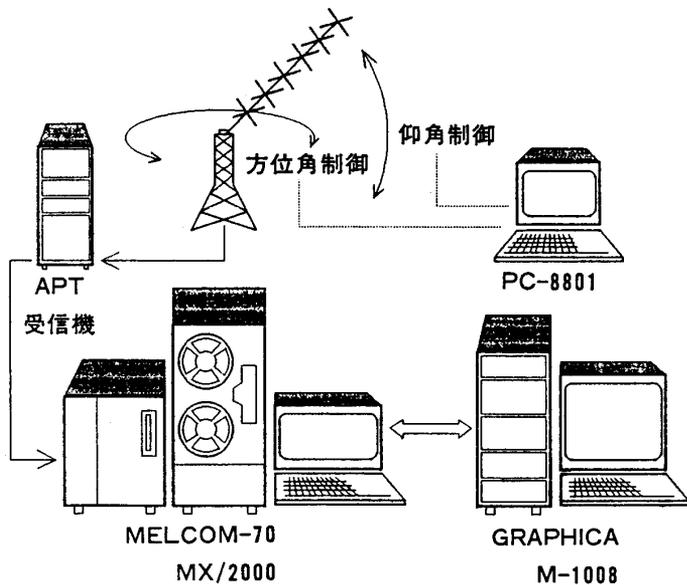


図-1 気象衛星画像受信処理システム

射率を示すので、APT画像における可視画像を用いることにより海霧の発生している領域を除去することが可能である。そして広範囲にわたる海表面温度分布が入手できれば海流等の動態の解析などに有効となる。1988年8月2日に入力した画像を用い、海表面温度分布図を作成した。

2. NOAA衛星画像処理

2.1 APT画像の入力

NOAA衛星から直接受信して得られるAPT画像は、球面補正を行った後137 [MHz]帯のファクシミリ信号として伝送されてくる。可視画像(波長域0.725~1.0 μm)と赤外画像(波長10.5~11.5 μm)を受信することが出来る。⁽¹⁾

図-1に追尾・受信および画像解析のシステムを示す。

GTS (Global Telecommunication System) テレタイプ回線より受信した軌道予報文より通過軌道を計算し、可視・赤外の両画像を入力する。軌道予報文より得た軌道要素の値を示す。

| | |
|---------------|-------------------------|
| 昇交点通過時刻 (GMT) | 06:52:39 |
| 昇交点通過東経 | 136.47度 |
| 公転番号 | #18746 |
| 元期 (Epoch) | 1988:08:02,00:04:23.398 |

1月1日 00:00:00

| | |
|------------|-----------------------|
| からの日数 | +0.2150030486D+03 [日] |
| 春分点グリニッジ時角 | +0.31190550D+03 [度] |
| 近地点周期 | +0.01020106D+04 [分] |
| 近地点引数 | +0.12835358D+03 [度] |
| 軌道離心率 | +0.00159018D+00 |
| 昇交点赤経 | +0.19043999D+03 [度] |
| 軌道傾斜角 | +0.09910271D+03 [度] |
| 平均近点離角 | +0.23191403D+03 [度] |
| 軌道半長径 | +0.07229164D+03 [Km] |
| 近地点移動率 | -0.00281280D+03 [度/日] |
| 昇交点赤経移動率 | +0.00101440D+03 [度/日] |
| 平均近点離角変化率 | +0.00508182D+06 [度/日] |

図-2に軌道予報文より計算したNOAAの通過軌道を示す。図-1の受信システムにより画像の入力は、NOAAが赤道を通過後7分より約8.54分間にわたって受信アンテナの仰角と方位角を通過軌道の予測値にもとづいて制御し、衛星を追尾して受信する。受信したファクシミリ信号をアナログ電圧に変換して、スーパーコンピュータMX2000に直接入力を行いディスクおよび磁気テープに蓄積する。可視・赤外共一走査線当たり2000画素、1023走査線分の画像を取得する。一画素は符号+11ビットの分解能となっている。画像解析装置M-1008によって画像の解析、表示を行う。

画像入力から等温度分布画像を得るまでの処理過程を図-1に示す。画像処理の各段階において数分間の処理時間が必要であり、画像歪の修正および雲・海霧部除去の処理においてオペレータの判断を必要とする。

写真-1は1988年8月2日15時59分39秒より入力した可視画像の一部分である。山口県沖海域の反射率が高い。写真-2は同時刻に入力した赤外画像の一部分である。北朝鮮西方と山口県沖に低温海域がある。

2.2 画像の幾何学的歪の修正と地図化

画像表示装置において軌道要素より計算して描く地形図と表示した入力画像上の地形位置とが一致するように、次のパラメータを修正する。①は画像入力時刻のずれの修正値であるが、主にコンピュータのタイマーのずれに起因する。②は画像の走査方向周辺部への広がり修正値である。③は画像全体の走査方向へのずれの修正値である。これらの値を用いて軌道の再計算を行い地形図と画像の地形部分を一致させる事によって幾何学的な歪の

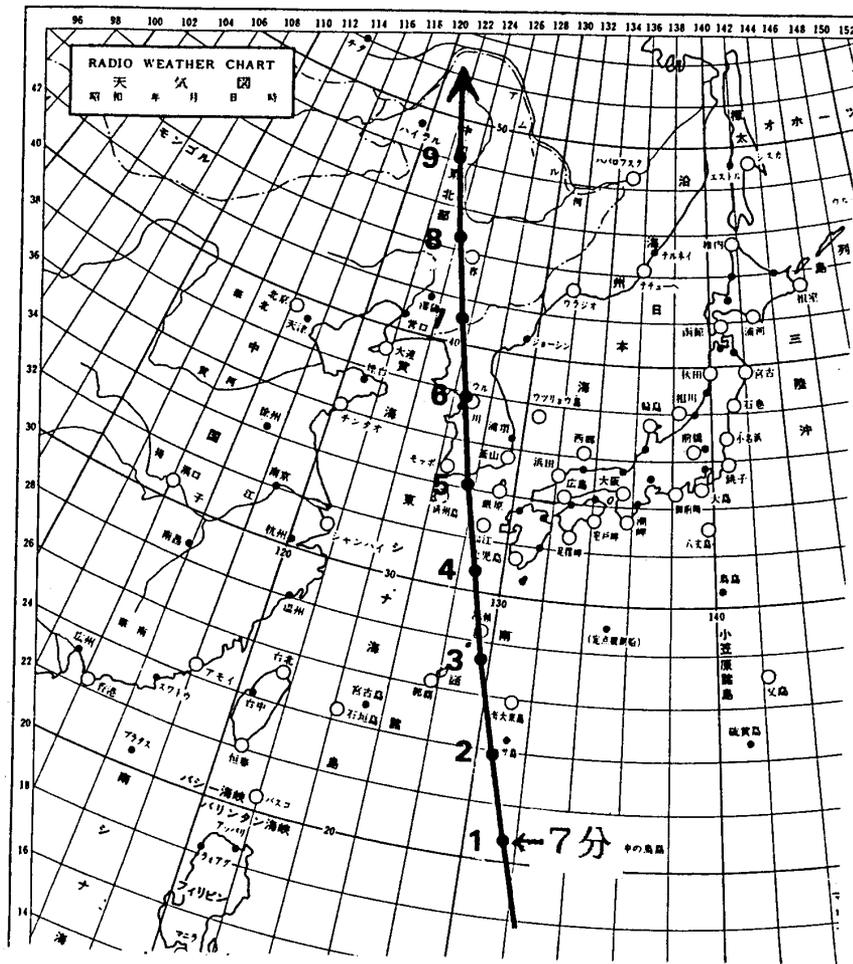


図-2 1888 8/2 NOAA 通過軌道
赤道通過後7分後より1分毎で示す

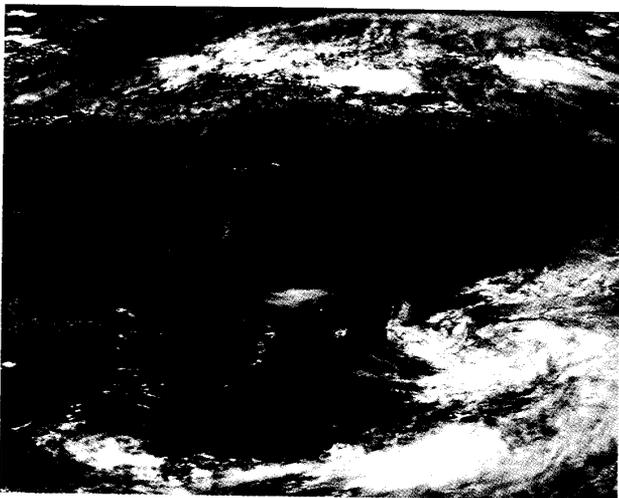


写真-1 受信可視画像
(部分画像)

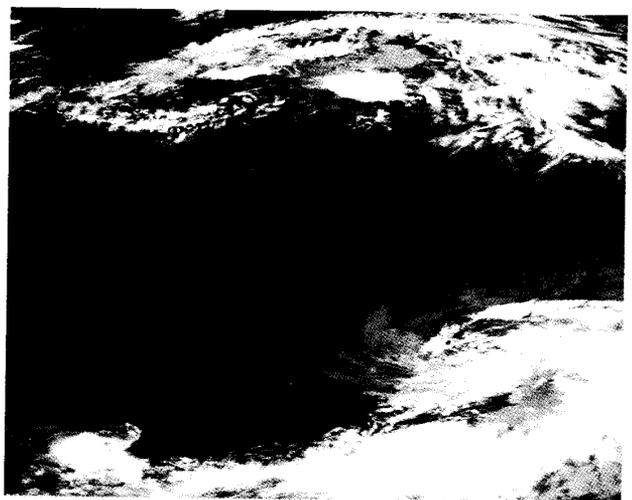


写真-2 受信赤外画像
(部分画像)

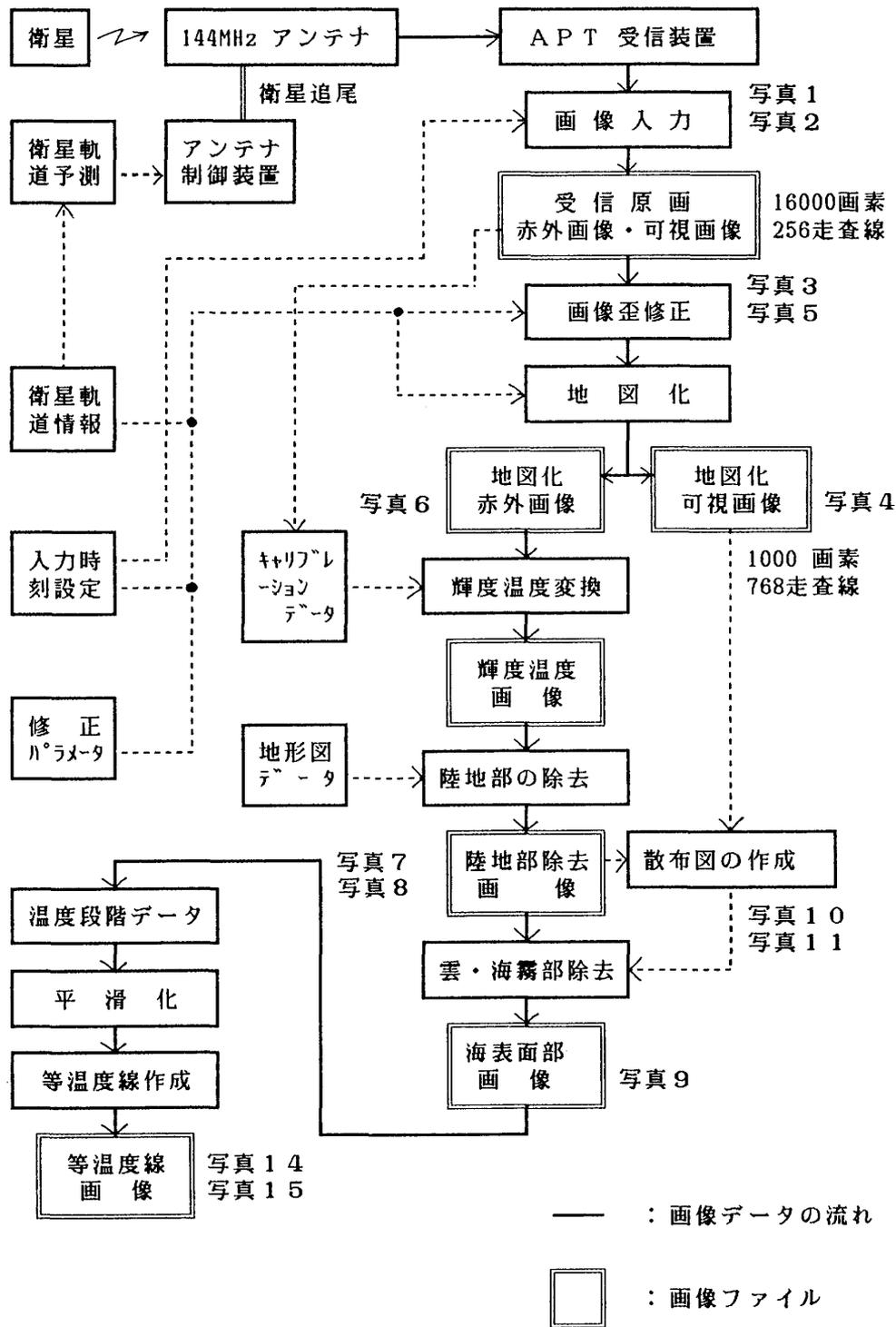


Fig. 3 画像の入力・処理過程

修正が行われる。⁽²⁾

- ①. 入力時刻の修正値 : -2.0 [秒]
- ②. 衛星の走査角の修正値 : +0.2 [度]
- ③. 走査方向への画素のずれ : 0

これらの修正値は画像を拡大表示して地形図とのずれを確認し決定されたものである。写真-3は可視画像上に歪の修正を行った後、経緯線および地形図を重ねたものである。写真-5は赤外画像に経緯線および地形図を重ねたものである。

2.3 地図化

任意の経緯度における温度値を得るために画像を地図

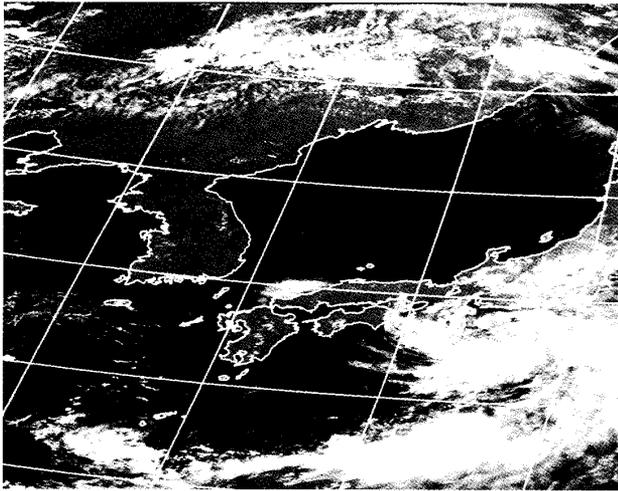


写真-3 経緯・海岸線挿入画
(可視)

化⁽³⁾する。そのために歪の補正が必要であったわけである。補正画像から東経117.5度~142.5度、北緯25度~45度の範囲を射影変換して1000点×768点の地図化画像を得る。写真-4は地図化可視画像、写真-6は地図化赤外画像である。この日は山口県沖と北海道西部に霧が発生していたのであるが、可視画像においては明かであり赤外画像においては判然としない。また可視画像では中国大陸東岸部が南北にかけて太陽反射光の影響が現れている。

2.4 輝度温度画像への変換

入力した画像データには画像の両端に受信復調系の状

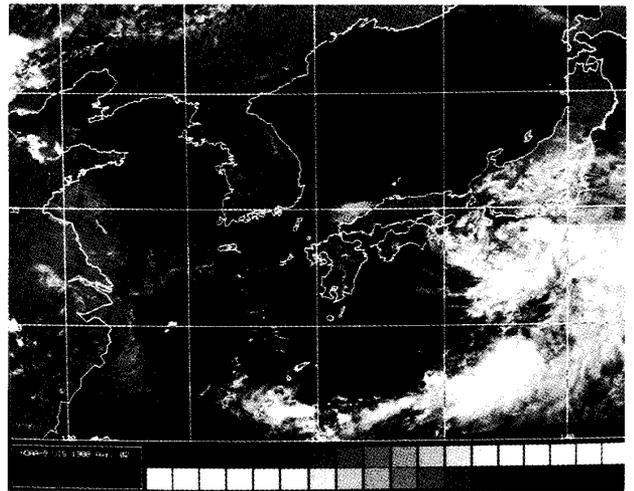


写真-4 地図化可視画像

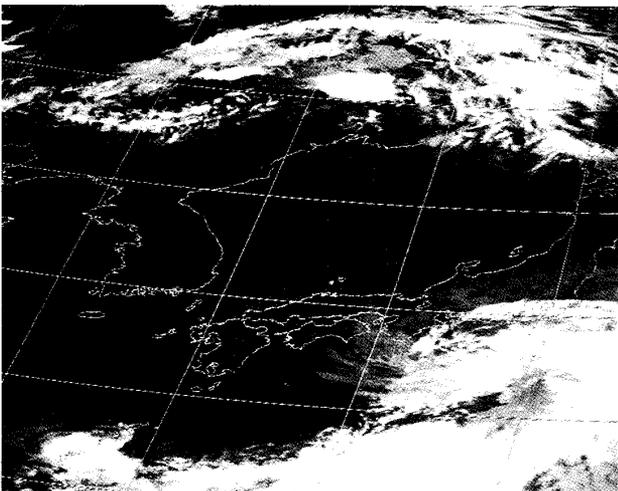


写真-5 経緯・海岸線挿入画
(赤外)

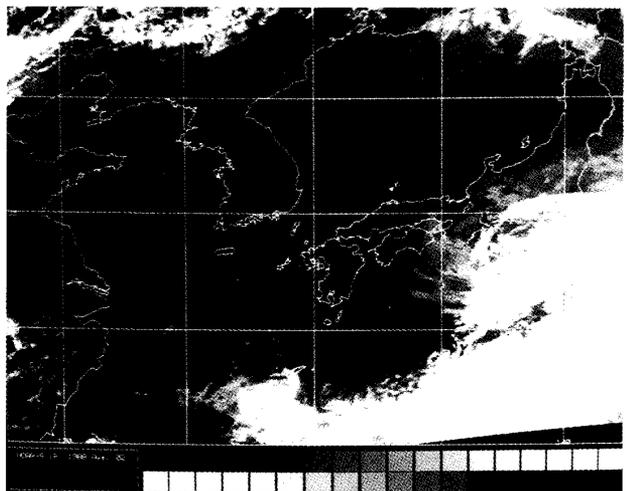


写真-6 地図化赤外画像

態など経日変化を修正するためのグレースケール値と、赤外画像においては温度校正用データをテレメータデータとして持っている。画素値をグレースケール値に変換し、データの連続性を保った。赤外画像より宇宙空間を低温参照体、衛星内の黒体炉を高温参照体とする海洋大気庁の推奨する方法によってグレースケール値を校正し①～⑤の手順にしたがい輝度温度に変換した。⁽⁴⁾

①. 画素値 (PIX) → 電圧値 (V)

画素値 0～255 に対応する電圧値は入力日時によって変動する。入力信号の最大値と最小値は

$$V_{upper} = 4.50 \text{ [V]}$$

$$V_{under} = -0.30 \text{ [V]}$$

$$V = PIX \cdot (V_{upper} - V_{under}) / 256 + V_{under} \dots \dots (1)$$

②. 電圧値 (V) → グレースケール値 (G)

テレメトリデータより求めた変換式を示す。

$$A1 = 7.5021, \quad A2 = -2.0899$$

$$A3 = 0.1518, \quad A4 = -0.02636$$

$$A5 = 0.002276$$

$$G = A1 + A2 \cdot V + A3 \cdot V^2 + A4 \cdot V^3 + A5 \cdot V^4 \dots \dots (2)$$

③. グレースケール (G) → 絶対温度 (T)

$$T = \frac{-Fb + \sqrt{Fb^2 - 4 \cdot Fa \cdot (Fc - X)}}{2 \cdot Fa} \dots \dots (3)$$

$$X = SEPROP \cdot G + SECONS \dots \dots (4)$$

$$SEPROP = -1046.3486$$

$$SECONS = 8141.6602$$

$$Fa = 0.28869$$

$$Fb = -93.1768$$

$$Fc = 7588.8648$$

④. 絶対温度 (T) → 摂氏温度 (°C)

$$C = T - 273. \dots \dots (5)$$

3. 海霧および雲域の除去

受信した画像には山口県沖や北海道南西部において海霧が発生している。これらは周辺海域との温度差が少ない。山口県沖では20 [°C] を示し周辺海域との差は-2 [°C] でしかない。この様な場合、赤外画像のみで処理すると海霧域は冷水域と誤って判断してしまう。一方可視画像では海霧域および雲域での反射率が高い。これに着目して海霧域を取り除くことにする。

3.1 陸地部の除去

日本列島や朝鮮半島などの陸地部分は平地・山岳地による温度変化が激しいので温度分布も非常に複雑なものになる。APT画像では分解能が約4 [Km] とあまり良くないので、海面温度のように温度変化が緩やかな箇所に対しては有効である。従って、陸地部分は地図データと重ねる事によって除去する。写真-7は地図データを用いて陸地部をマスクした赤外画像を、写真-11は同様可視画像を示す。

3.2 散布図の作成と雲域の除去

陸地部を除いた輝度温度画像の画素と対応する可視画像のグレースケール値から散布図を作成する。写真-10は温度範囲を-50 [°C] ~ +52.4 [°C], 可視グレースケールを0~3とした場合の散布図である。写真-11は温度範囲を0 [°C] ~ +35 [°C], 可視グレースケールを0~2とした場合の散布図である。雲域は低温から海表面温度に近い値まで広い範囲で分布し-50 [°C]

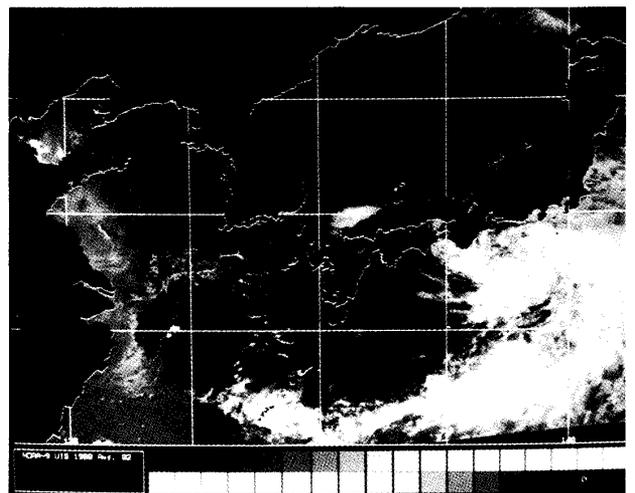


写真-7 地図データにより陸地部をマスクした可視画像

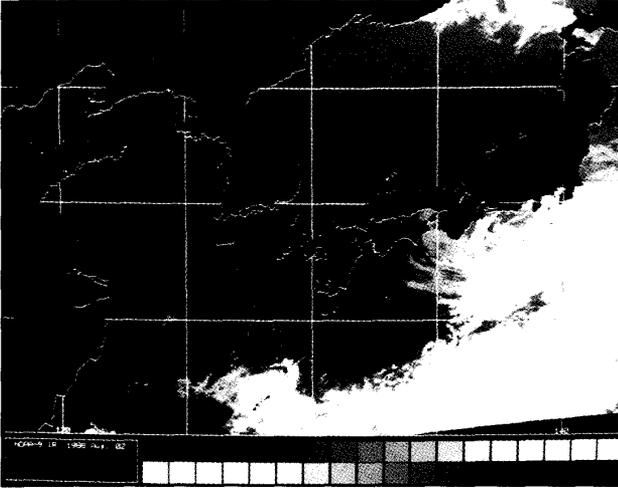


写真-8 地図データにより陸地部をマスクした赤外画像

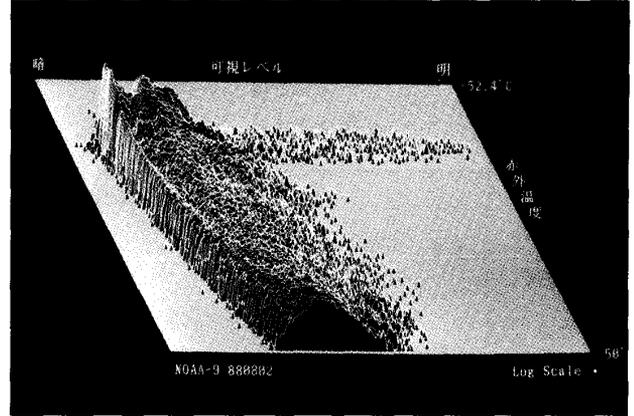


写真-10 散布図①

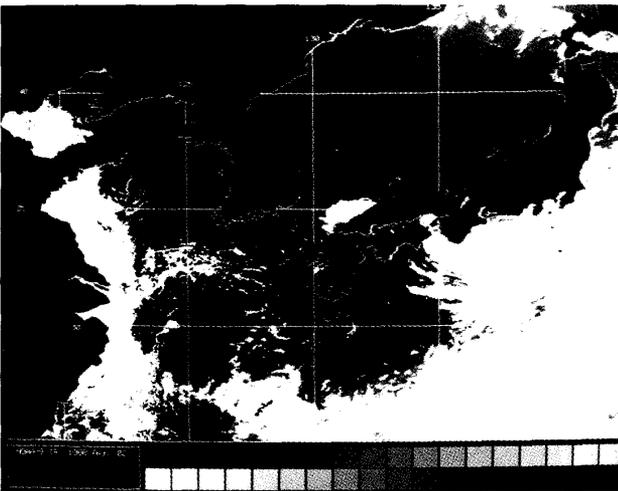


写真-9 陸地・霧・雲域をマスクした赤外画像

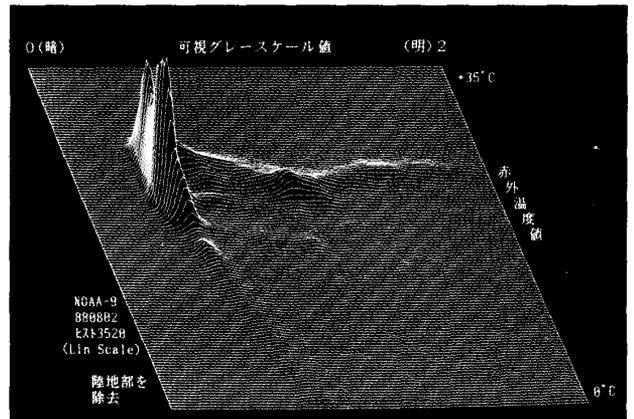


写真-11 散布図②

より低い温度でピークを持つ。但し、散布図には -5.0 [°C] 以下は表示していない。X方向にのびる温度が比較的高くグレースケール値の大きい部分は可視画像における東シナ海の太陽光反射による海域のデータをあらわす。海域では温度変化は少なく正規分布に近くピーク値も大となる。図-4のように散布図のX、Y両方向を0～3に規格化し、ピーク点を中心とし半径L以下の範囲にある画素のみを残すことにより海面に相当する部分を残すことができる。図-5の場合は散布図の中心温度は 20.86 [°C]、グレースケール値 0.614 、半径 0.4 の範囲の画素を残すことで海霧を含む雲域を除去することが出来た。写真-11は陸地部、霧、雲域をマスクした赤外画像である。輝度の高い部分(白)が霧・雲域、低い(黒)部分が陸地部である。このマスクした赤外画

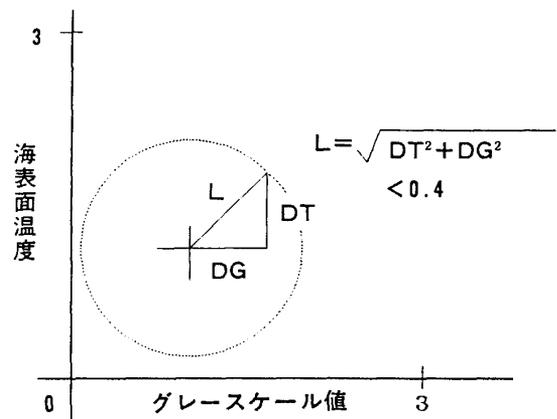


図-4 散布図特定部分の抽出範囲

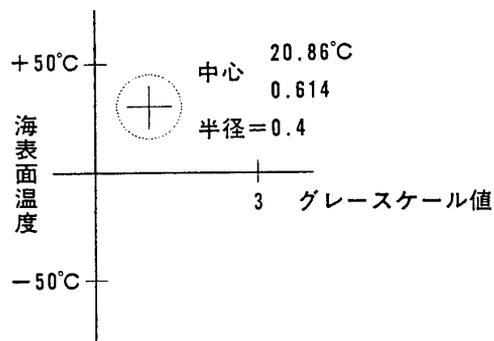


図-5 開水面の抽出

像より温度分布図を求める。

4. 海表面温度分布図の作成

陸地部、雲域を除去した画像（写真-11）から温度値による画像のブロック化を行う。写真-12は1[°C]毎に濃淡をつけて段階表示したものである。この画像に対して平均値によるスムージングを行う。写真-13はスムージングのウインドウ領域を10画素×10画素とした場合の等温度ブロック化画像の部分拡大図である。次に細線化処理を行うことによりブロックとブロックの境界のみを表示する。このことにより写真-14のような等温度線を得ることが出来た。写真-15は部分拡大したものである。

5. むすび

熱赤外放射は空気中の水蒸気により減衰する。覆雲領域の場合は著しい低温を示すので容易に識別出来るが、海霧の場合は熱赤外データのみでは難しく、この場合可視データが有効であることを確認した。

写真-14, 15が目的とした海表面温度分布図であるが、日本海々域に対馬海流が流入している様子がよく解る。しかし、九州南西部での雲域の除去が完全でない。これは散布図から海域を残すのに単純にピーク点を中心とした円形領域を指定したために雲域周辺部が海表面部と判断される場合があるからである。海表面に相当する分布のみ残すように抽出領域の指定方法を改良する必要がある。しかし可視画像を利用しないで温度分布を求めると写真-16, 写真-17のように海霧部を誤って冷水域として処理してしまう。従って可視領域を利用した方が有効である。

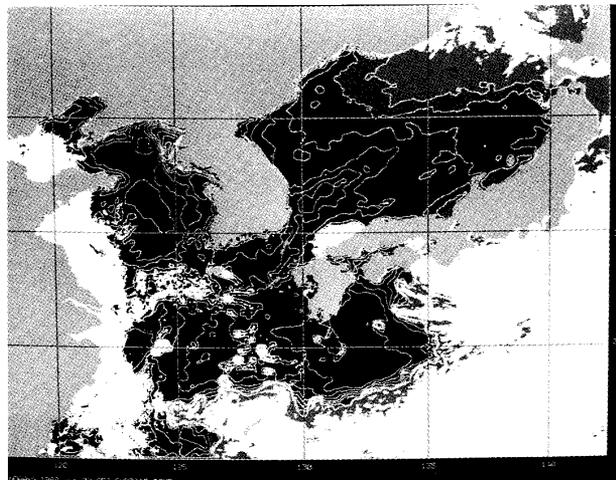


写真-12 マスク後海面温度の段階表示

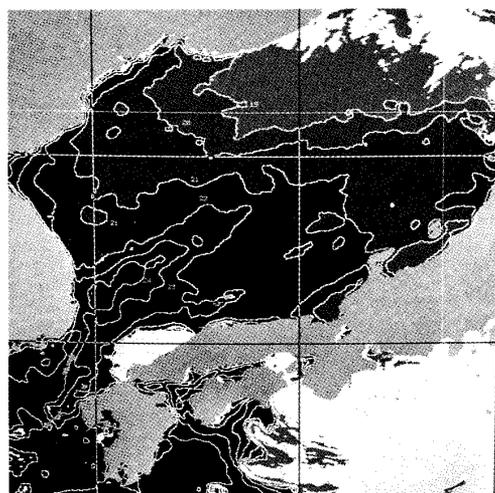


写真-13 部分拡大図

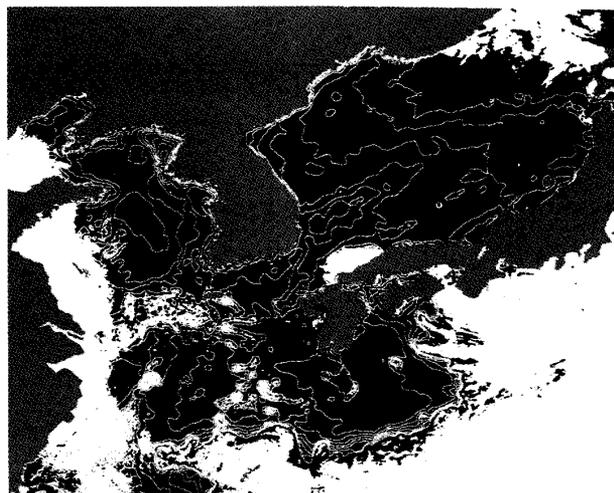


写真-14 海表面温度分布図



写真-15 部分拡大図

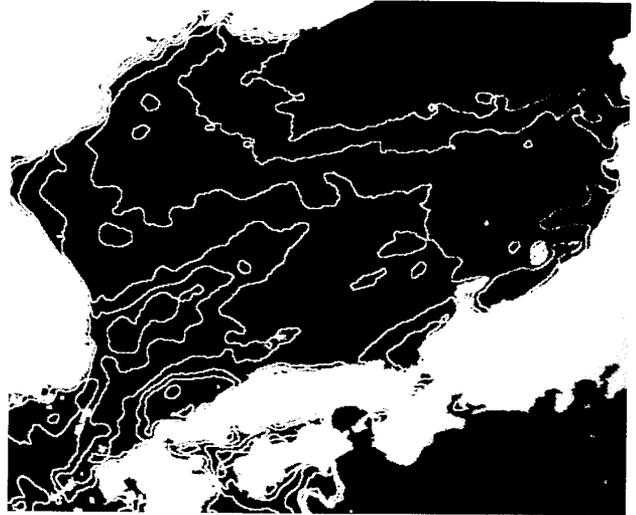


写真-17 部分拡大図
(誤った処理例)

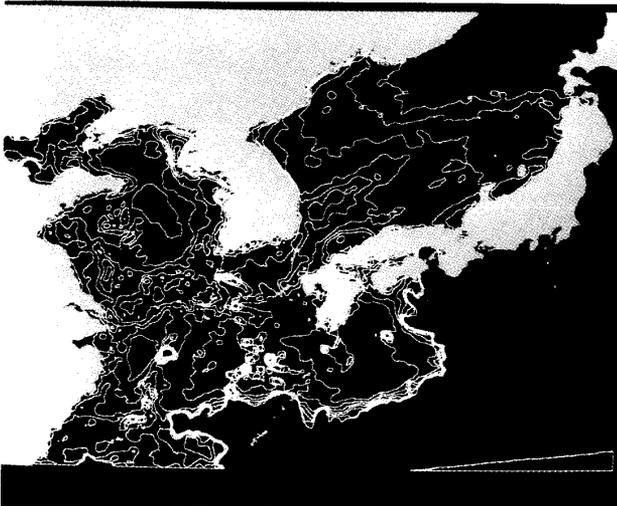


写真-16 海表面温度分布図
(誤った処理例)

- 宇部高専研究報告 3 2 号 P29-37 昭和61年3月
- 2) 藤本, 田中: 「極軌道気象衛星 (NOAA) 画像のグリidding処理」
- 宇部高専研究報告 3 3 号 P7-18 昭和62年3月
- 3) 藤本, 田中: 「気象衛星 (NOAA) 画像の処理—地図化の試み—」
- 宇部高専研究報告 3 4 号 P117-129 昭和63年3月.
- 4) 田中, 藤本: 「気象衛星 (NOAA) 画像の処理—海面温度の推定と雲域除去—」
- 宇部高専研究報告 3 5 号 P51-62 平成元年3月
- 5) 藤本, 田中, 春山: 「無線印刷電信気象通報解読の研究」—訳語辞書を用いた地上・海上気象実況通報式の解読—
- 宇部高専研究報告 3 5 号 P63-73 平成元年 3 月
(平成元年 9 月25日受理)

6. 参考文献

- 1) 藤本, 田中: 「気象衛星画像受信システム」