

GMS および NOAA・AVHRR 画像を用いた海氷 FAX について

Sea Ice Facsimile Using GMS Visible image and NOAA AVHRR infrared Image (channel-4)

白川嘉茂*

Yoshishige Shirakawa

1. はじめに

昭和62年12月1日から、本庁向けに、結氷期におけるオホーツク海および渤海湾の海氷判別を目的とした海氷FAXの配信を開始した。これは、海氷判別を目的として画像範囲、階調変換等を新たに作成したものである。

現在、気象衛星センターで利用できる衛星画像データは、GMSと極軌道衛星 NOAA のものがあり、海氷FAXでは、それぞれの利点を活かしてFAX作成を行う。GMSの利点は、静止衛星であることから対象であるオホーツク海と渤海湾が、定常的に観測することができるうえ、軌道・姿勢の正確な値が決定・予測されていることからFAX画像にした場合、緯経線と実際の画像とのずれが少ないことがあげられる、一方、NOAAの利点は、低軌道を飛行するため画像の空間分解能が高く、そのデータも10ビット（GMSの場合：赤外8ビット、可視6ビット）と輝度・温度分解能が高いことが上げられる。

これらの事から、以下の様に運用する。

① 出力期間は、12月1日から5月31日とし、00Z帯と03Z帯に本庁向けに配信を行う。

② 上記の期間、GMSの可視画像を使用するが、その際、太陽高度（太陽天頂角）を考慮した輝度補正を行う。

③ 太陽高度が特に低い12月と1月の00Z帯は、GMSの可視画像に代えてNOAAのAVHRR赤外画像（チャンネル-4）を使用する。

2. GMSの可視強調画像

GMSは、静止衛星であるため高緯度になる程、取得する画像の空間分解能が低下する。Table. 1にオホーツク海における可視、赤外の空間分解能を示す。

赤外画像は、夜間の使用も可能である一方空間分解能が可視の4倍低下し、オホーツク海の北部付近で10kmと著しく悪化するため、海氷領域のおよその見積りは出来るものの海氷判別は不可能である。可視画像は、赤外画像に比べて空間分解能は高いが、その使用は太陽光の当たる昼間に限られるうえ、太陽高度（太陽天頂角）による日射量の違いから高緯度に行くにつれて輝度レベルが低下する。

このことから、海氷FAXは可視画像を使用するが、さらに一定の輝度レベルが得られるよう輝度の補正を行う。これは、衛星で観測される輝度レベルが衛星天頂角、衛星方位角及び太陽方位角に関係無く、太陽高度（太陽天頂角）による日射量にのみ依存するという等方位性の考え方に基づいている。この補正量は、太陽天頂角を θ とすると $1/\cos(\theta)$ で表現される。し

Table. 1 ひまわりの空間分解能

衛星直下点での空間分解能をそれぞれ1.25km、5.0kmとして計算した。

緯 度	可 視	赤 外
45 N	1.8 Km	7.2 Km
50	1.9	7.6
55	2.2	8.8
60	2.5	10.0

*気象衛星センター システム管理課

Meteorological Satellite Center

かし、一般には、大気による吸収・散乱等により、この関係式が成立しないため、 $1/\cos(\theta)$ なる関係式を基本にしてFAX画像上で視覚的に良好となるような関係式に改めた。その関係をFig. 1に示す。なお、 $1/\cos(\theta)$ の値は、 θ が $\pi/2$ に近づくにつれ、値が大きくなり発散するため閾値を設定した。

この補正により、緯度や季節による太陽高度の変化に関係なく様な輝度を得ることが可能となる。

3. NOAAのAVHRR-FAX

NOAA-FAXは、GMS-FAXと同様、画像一次系でスケジュール運用する。現在、NOAA(TOVS)データ処理は、AVHRRデータのキャリブレーション処理などFAX作成において必要な処理も含め画像二次系で運用されている。このため、プログラム内にキャリブレーション処理等を組み込み、画像二次系処理と別処理とした。

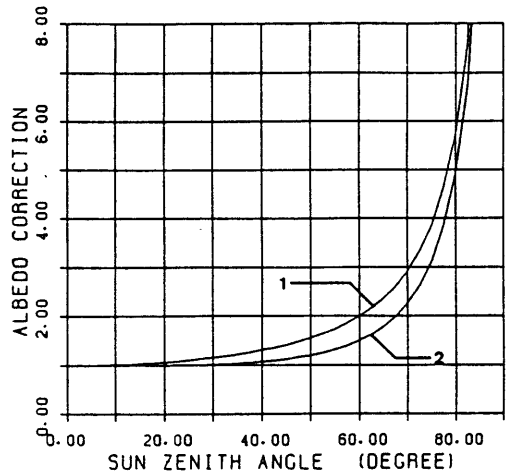


Fig. 1 太陽天頂角に基づく補正係数
1 : $1/\cos(\theta)$ の曲線
2 : 本処理で用いた補正係数の曲線

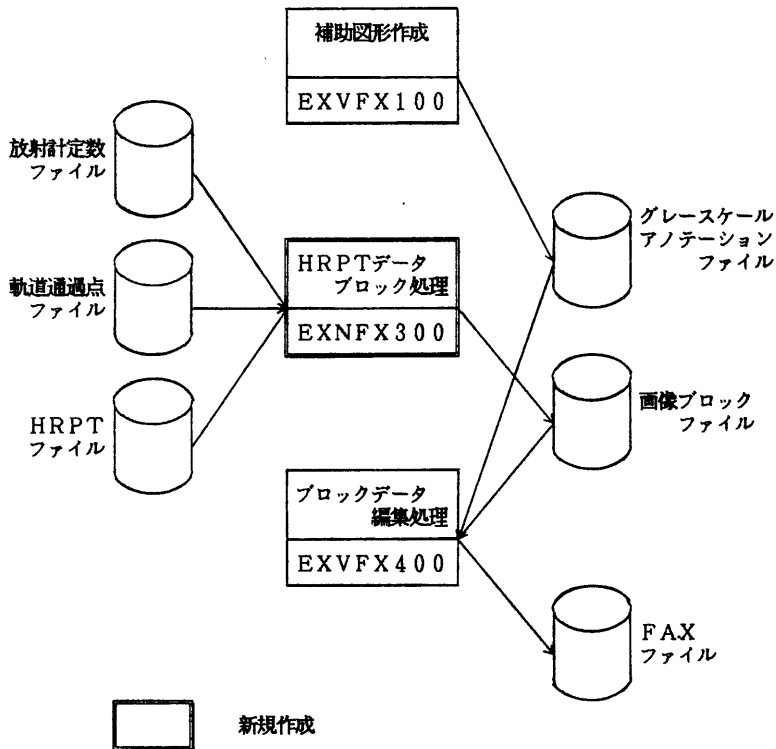


Fig. 2 プログラムの処理フロー

ブロック処理における入力画像データを VISSR データから HRPT データ変更し、キャリブレーション及び軌道計算処理を追加した。

NOAA-FAX 作成プログラムの処理フローを Fig. 2 に示す。補助図形作成処理やブロックデータ編集処理は従来の GMS 処理のものを使用する。ブロック処理については、入力データを VISSR データから HRPT データへ変更し、キャリブレーション処理や軌道計算処理などを追加した。また、入力カードの選択によってチャンネル1~5のいずれの画像も作成することが可能である。

NOAA の AVHRR センサーは、約850kmの高度から軌道に沿って約2800km (2048pixel/line) の帯状の画像を取得する。しかし、地球の曲率のため1ライン内の画素の空間分解能は一樣ではなく、直下点で最も高く、端に行くほど低下する。Table. 2 にピクセルとその空間分解能を示す。GMS と比べると直下点からピクセル方向に600km程度までは高い分解能を有する。

3.1 赤外強調

NOAA の AVHRR 画像は、海水判別を目的とした場合、大気中の水蒸気の影響の少ないチャンネル3 (3.55~3.93 μ m) が有効であるが、可視領域に近いため太陽光の影響を受ける事(夜間は赤外特性に近くなる)と、画像中にノイズが含まれている事から、部分雲量計算等で使用している赤外画像であるチャンネル4 (10.5~11.5 μ m) を使用する。NOAA の赤外画像は、GMSの赤外画像と比べ空間分解能、温度分解能とも高いことから、GMS赤外画像と同様の階調変換を行っても有効な画像が得られるが、更に海水判別を行い易くするため階調変換による海水温度領域の強調処理を施す。強調する温度領域は、海水が分布している245~275 [K]の温度範囲である。Fig. 3にその階調変換グラフを示す。

なお、この海水 FAX で表現される海水温度は、AVHRR の瞬時視野が1.1km \times 1.1kmの大きさを有するため海水と海水が混在しているような場合(多くの場合、この条件に当てはまると考えられる)、双方の温度を同時に観測してしまうため、また衛星と海水の間に存在する大気による放射・減衰の補正を行っていない事から、実際の海水温度とは異なった値を示すと考えられる。

3.2 軌道予測

低軌道を飛行する極軌道衛星の場合、長谷川(1985)に述べられている様に地球重力の偏りや大気摩擦抵抗による影響から、高い精度で軌道予測を行うことが難しい。現在、センターで行われている方式は、中島(1983)に述べられている様に、APT情報に含まれる

Table. 2 NOAA・AVHRRのピクセル方向の空間分解能

衛星直下点のピクセル番号を0とした。距離は衛星直下点からのもの

ピクセル	距離	空間分解能
0	0 Km	1.1 Km
200	166	1.15
400	349	1.32
600	570	1.69
800	877	2.57
1000	1430	5.64

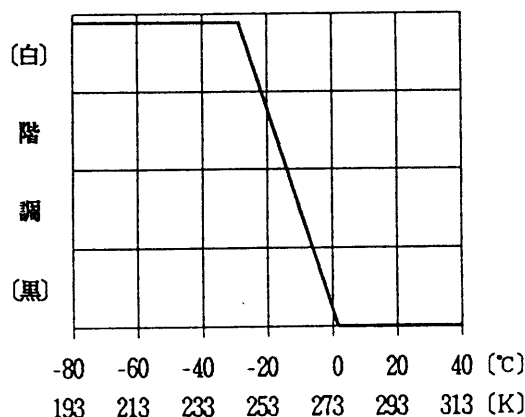


Fig. 3 NOAA・AVHRR 赤外強調階調変換

衛星通過点の予測データをもとに、それらを外挿することにより衛星の軌道通過点の予測データを作成している。このため元期からの時間経過と共に、その予測精度は著しく低下する。このようにして得られた軌道予測データは、GMSの予測データと比べるとかなり精度は低く、FAX画像にした場合グリッドずれとして表れる。GMSの場合、三点測距やランドマーク処理等により高い精度で軌道・姿勢予測がなされているうえに、さらにアースエッジ情報をもとに歪補正処理を行い、画像のずれをVISSR画像上で1ライン、1ピクセル以内としているのに対し、NOAAの場合は、APTの予測データのみであるため、画像ずれは軌道予測の精度に依存する。

更に、NOAAの画像ずれは、軌道予測データの精度

の影響の他に、衛星のロール、ピッチ、ヨーの影響により視線方向が変化する事によっても生じる。ロール、ピッチ、ヨーは、常に一定ではなく変化し続けているため運用では考慮していない。このため、画像ずれは画像中一様ではなく場所によりずれ量も方向も異なる。

以上の事から、NOAA-FAXの場合ずれが避けられないため、運用ではグリッドの挿入を行っていない。

3.3 複数軌道の合成

海水FAXは、観測範囲が広くNOAAの場合、一軌道ではこの範囲をカバーすることができない、このため二軌道以上の画像を合成することにより観測範囲をカバーする。

複数の軌道を合成する場合、それぞれの画像に重なりが生じ、その重なりは高緯度になる程大きい。重なり部分の画像選択を考えた場合、画像自体は後の軌道の方が新しく、雲解析等の場合は有利と考えられるが、海水の場合は短時間の変化が少ないため、無条件に一方の画像を有効とした場合、直下点から離れた画像データを使用することもあり分解能の低下が生じる。そこで分解能を優先し、両画像を比較して分解能の高い(直下点に近い)方の画像データを使用するようにした。尚、画像の境界部は、軌道と軌道の間約100分の時間間隔があることと、軌道予測の精度等からくる画像ずれのため連続性は保証されない。

4. 出力例

例1 GMS 海水 FAX 87年1月11日03Z

雲解析用FAXと同じ階調変換により作成した画像(Photo-1)と太陽高度にもとづく補正を行った画像(Photo-2)を示す。

Photo-1では、オホーツク海北部から中部にかけて太陽高度が低いいため十分な輝度が得られず、海水の状態も判別できないのに対して、Photo-2では、オホーツク海北部沿岸に広がる海水の判別が可能である。また海水の間に存在する海面もより明確になっている。

例2 NOAA 海水 FAX 87年1月21日18Z

GMSの雲解析用FAX(赤外)と同じ階調変換によ

り作成した画像(Photo-3)と階調変換による強調処理を施した画像(Photo-4)を示す。

Photo-3は、NOAA・AVHRR画像の空間分解能の高さから海水の状態がよくわかる。特にGMSと比べた場合、海面があたかも水路の様に海水の間に広がっている様子がわかる。Photo-4は、強調処理により海面がより明瞭となっている上、海水の温度の違いが読み取れる。

5. おわりに

本業務は、本年度から開始されたものであるため試験運用的な意味合いが強く、とりわけNOAA・AVHRRのFAX画像は、その傾向が強い。可視・赤外と云う物理量の異なる画像を使用する事により、多くの情報を得ることが可能である反面、赤外画像の場合縞雲の影響を受けるなど必ずしも有効な情報を提供出来るとは限らない、又、NOAAとGMSとの画像の使い分けも現在の方法が最適と言う訳ではない。今後、より有効な海水画像とするため検討が必要と思われる。

6. 謝辞

本稿の作成及びプログラム開発に当たり、システム管理課の佐々木秀行調査官から御指導、御助言を頂きました。また、開発中のFAX画像出力に当たりデータ処理課、伝送一課及び解析課写真班の方々に御協力頂きました。深く感謝致します。

参考文献

1. 気象衛星センター, 1985: 特別摂動法を用いた極軌道衛星の軌道計算について, 気象衛星センター技術報告, 第12号, 36-38
2. 気象衛星センター, 1983: TOVSデータ処理システムの解説, 気象衛星センター技術報告, 特別号, 49-55

GMS-3 VIS 0232 87 JAN 11 03Z ICE

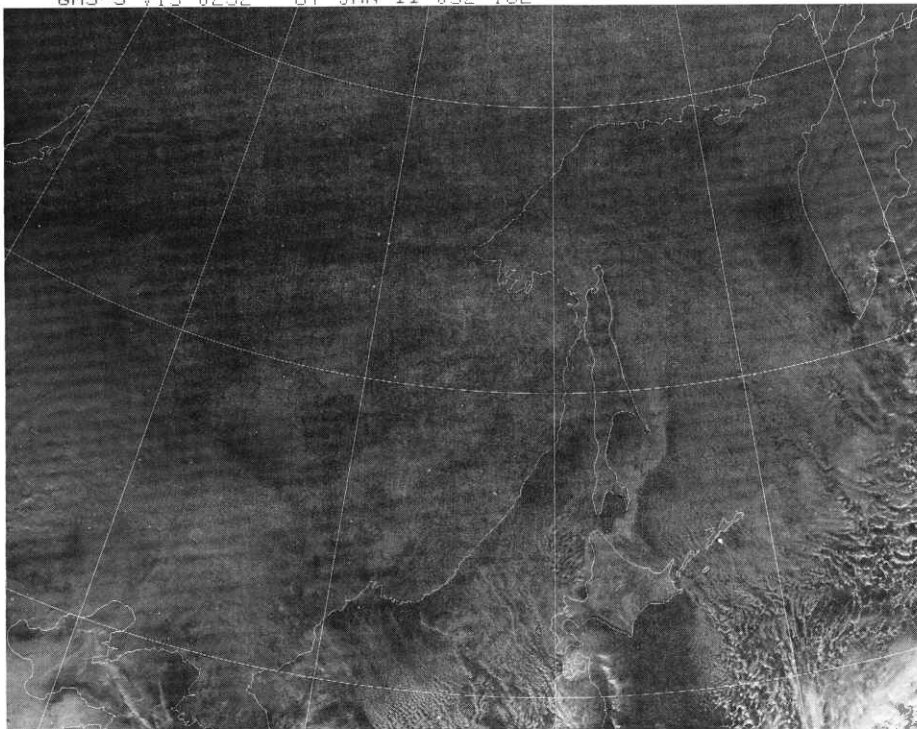


Photo-1 GMS FAX, Jan. 11 1987

GMS-3 VIS 0232 87 JAN 11 03Z ICE

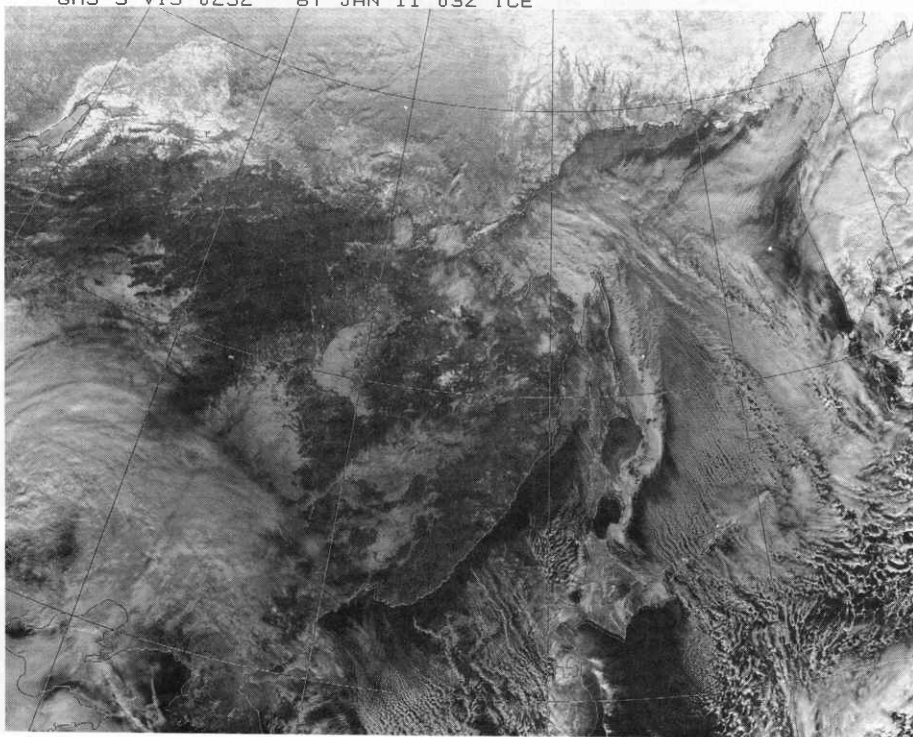


Photo-2 GMS Sea-ice FAX, Jan. 11 1987

NOAA-9 CH-4 1987 JAN 21 18Z



Photo-3 NOAA FAX, Jan. 21 1987

NOAA-9 CH-4 1987 JAN 21 18Z

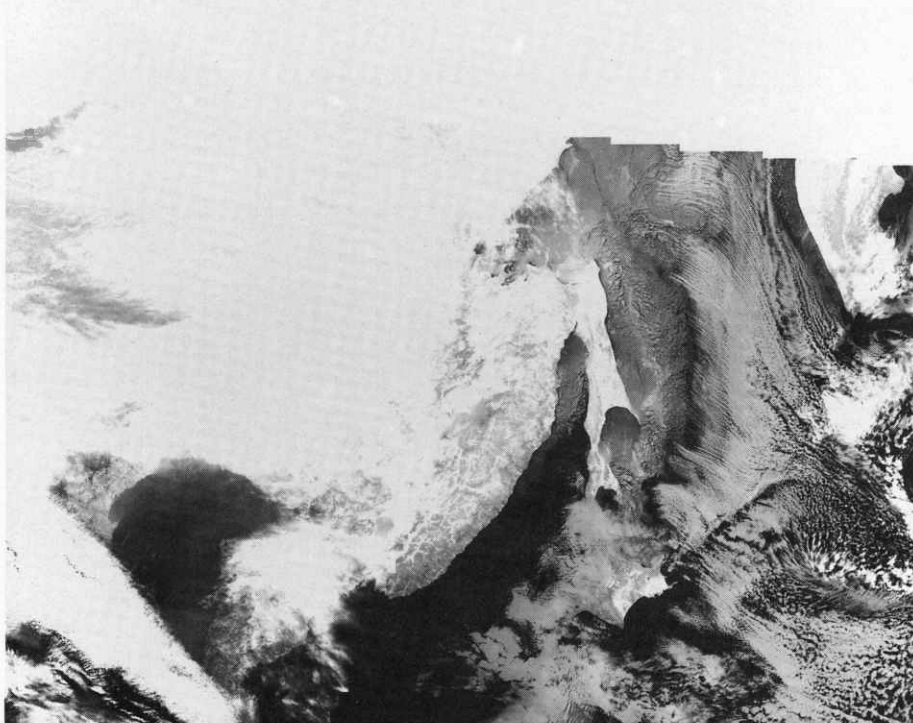


Photo-4 NOAA Sea-ice FAX, Jan. 21 1987