

# NASA 全球画像を利用した GMS-5 S-VISSR 擬似カラー可視画像の作成

菊地時夫 (高知大学理学部数理情報科学科)

## 1. はじめに

「ひまわり (GMS)」をはじめとする気象衛星による雲画像は、広く天気予報、気象情報、小中学校での理科教育に利用されている。これらの画像は可視・赤外・水蒸気チャンネルなどの違いはあるが、基本的にそれぞれ一つの波長帯で観測された画像であり、本来、白黒画像である。しかし、特にインターネットの普及や計算機による画像処理が簡便に行えるようになったことから、より見栄えのするカラー画像を提供するインターネットサイトや放送局が増えている。ここでは、白黒の気象衛星画像を擬似的にカラー化する技法をいくつかあげて比較し、解像度の高い画像のカラー化に適した手法を用いた GMS-5 可視画像の擬似カラー画像を作成したので報告する。

## 2. 衛星画像のカラー化技法

気象衛星画像をカラー化する場合、単に色を付けるのではなく、海・陸・地形などの位置情報を付け加える目的であることが多い。この場合、次のような方法で地図画像と雲画像を重ねることができる。

1. 雲画像より雲領域を抽出し、雲の無いところは地形画像から、雲のあるところは雲画像から画像データを取り出し、新しい画像に合成する。

この方法では、赤外線輝度温度が高い低高度の雲は雲域から除外される傾向にあり、細かい情報が失われることになる。また、季節により雲の識別温度が変わることを考慮しても、冬季の大陸の強い逆転や春先の低温の海域などを雲と誤判定する可能性がある。

2. 雲画像と地形画像からそれぞれ画像データ (ピクセル値) を取り出し、加算・減算などの方法で新しいピクセル値を計算する。

この方法では、地形画像と雲画像の両方の情報を 1 枚の画像に表現することが可能であるが、計算の際に生じるオーバーフローやアンダーフローにより、情報が失われる可能性もある。また、本来色の無い雲に地形画像にあった色が付加されることも問題になるかもしれない。

1 の方法は雲についての条件判定が入ることから、より簡便な 2 の方法が普及しており、高知大学気象情報頁においても、赤外および水蒸気画像はこの方法でカラー化して提供している。しかしここでは、可視画像を用いることから、海岸線など主要な地形情報は衛星画像から取得できることに注目し、2 の方法の拡張として、色情報を他の画像から借用してカラー化することを試みた。つまり、一般に用いられている R(赤), G(緑), B(青) の加法三原色による色分解ではなく、マンセル表色系などに用いられる明度・色相・彩度に準じた色彩表現を用いる方法である。

高木・下田 (1991) には、マンセル表色系に類似の HSI 変換を用いて SPOT 衛星の高解像度画像 (1 画素 10m) に低解像度 (1 画素 20m) のフォールスカラー画像から取り出した H, S 成分を重ねることで高解像度の合成フォールスカラー画像を作成する手法が述べられている。今回、可視画像のカラー化に用いた変換法は、HSI よりも簡便で、カラーテレビ (NTSC) に用いられていることなどから容易に利用できるツールが存在することから、YUV 変換を用いた。YUV 値は以下の式で RGB 値と関係付けられている。

$$Y = 0.299R + 0.587G + 0.114B$$

$$U = B - Y$$

$$V = R - Y$$

Y 成分はマンセル表色系の明度に相当するが、色相・彩度が極座標系であるのに対し、U, V はそれぞれ青、赤に相当する色成分を表す座標系となっていることが主な違いである。実際の計算には netpbm ツールから ppmtouyvsplit, yvvsplittoppm コマンドを利用した。但し、後者のコマンドは逆変換の際に用いた。

## 3. カラー情報の作成

静止気象観測衛星による画像は、可視においては単一チャンネルしかないため、白黒画像であるが、一方、地球観測衛星の発達により、数多くのカラー地球画像が得られている。なかでも、ソルトレークオリンピック開催に合わせて NASA が作成した “Blue Marble” (NASA 2002) は

Terra (高度 700km, 極軌道衛星) 搭載の MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectrometer) 画像を集積したもので、雲の無い地球画像として品質の高いものである。

ここでは、“Land Surface, Shallow Water, and Shaded Topography” の原データを FTP サイトより入手し、高知大学気象情報頁 (菊地・本田, 1995, 菊地, 1998, 菊地・喜連川, 2001) で公開している雲画像の範囲に合わせて Polar Stereo 図法に変換した。この画像では、陸と沿海を衛星画像から取り出し、別の地形情報によって影をつけている。

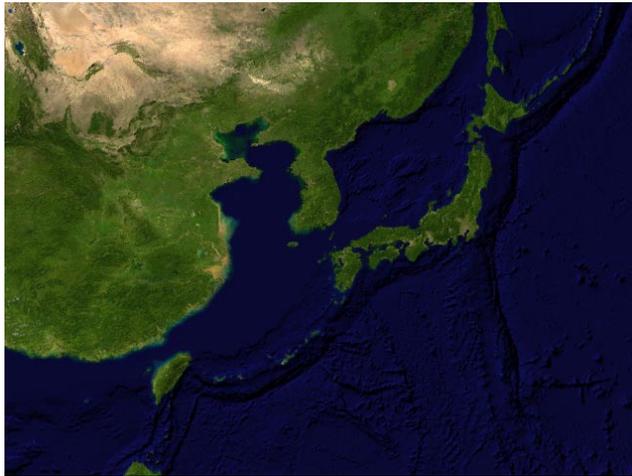


図 1. NASA による合成カラー画像

次に、この画像から ppmtouyvsplit によって U, V 成分を取り出したのが以下の図である。青く彩られた海洋部分は U 成分が強く、砂漠では V 成分が強いことがわかる。なお、このツールは CCIR 601 (MPEG) に準拠した処理を行うため、U, V それぞれの実際の画像サイズは幅高さともに 1/2 となる。これは、人間の感覚が白黒 (Y) 成分に比べてカラー (U, V) 成分の方は解像度認識が粗くなることを利用して、情報量を減らしているためである。

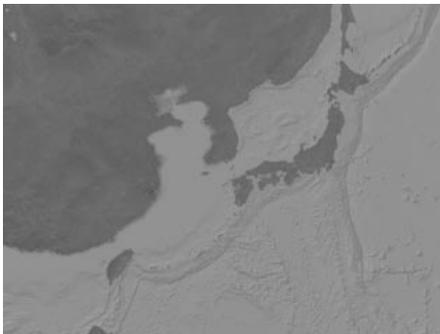


図 2. カラー画像の U 成分

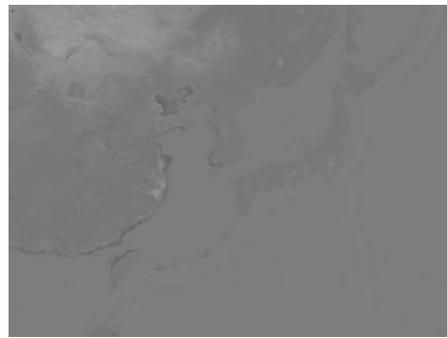


図 3. カラー画像の V 成分

#### 4. 擬似カラー可視画像の作成

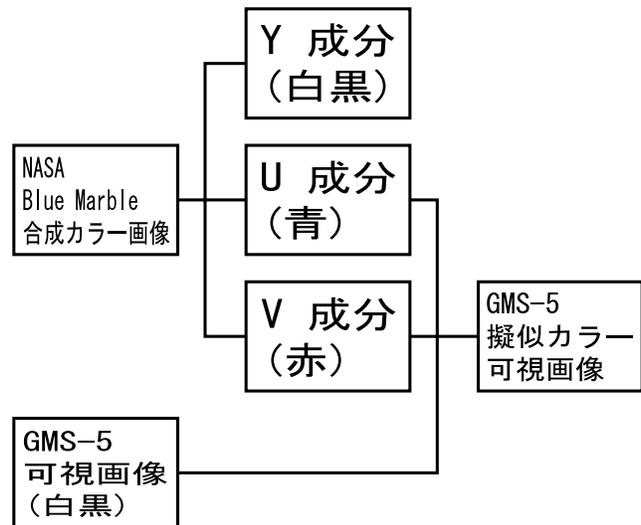


図 4. 擬似カラー可視画像の作成手順

擬似カラー可視画像の作成手順を模式的に図 4 に示した。つまり、UV 成分を雲の無い NASA Blue Marble 画像から取り出し、これを本来白黒画像である GMS-5 可視画像に yuvsplittoppm コマンドを用いて付加するものである。このようにして作成された画像の例を図 5 に示す。但し、可視画像は 1 日のなかでも太陽高度の違いによって雲や陸地の明度が異なってくるので、明度の最大値と最小値を用いて正規化したものを用いている。この画像を、カラー情報を取り出した NASA 画像と比較すると、以下のような違いはあるが、違和感無くカラー化されていると言える。

1. 島や入り組んだ湾など沿岸部は GMS-5 擬似カラー画像のほうが、NASA 画像よりもはっきりしている。これは、NASA 画像では沿岸部の海色を表現したため海岸線がぼやけているのに対し、GMS-5 可視画像を Y 成分に使ったことによって色の違いよりも白黒の違いが際立って見えるようになったためと考えられる。

2. 中国内陸部の砂漠については、NASA 画像に比べて擬似カラー画像は赤っぽく表現されている。砂漠はアルベドが高く雲の無い NASA 画像では明度 (Y) も高くなっているが、GMS 画像は雲も入っているためさらに高い明度が飽和しないように明度スケールが異なっており、このため同じ色相の暗い色として赤っぽくなっているものと考えられる。

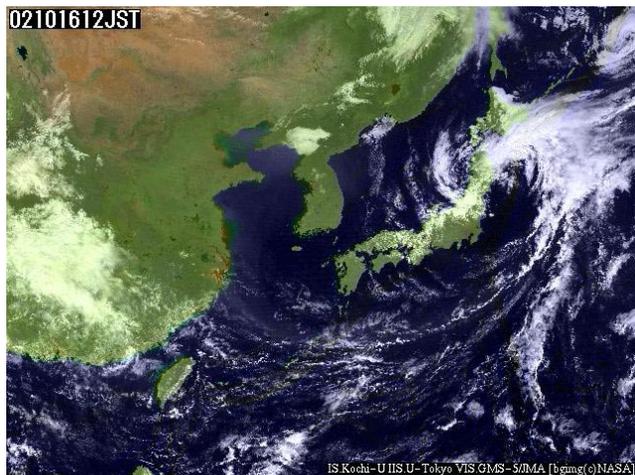


図 5. GMS-5 擬似カラー可視画像 (昼)

## 5. 夜間の擬似可視画像

ここまでの処理対象画像は可視チャンネルであるため、当然、夜間の画像は得られないことになる。しかし、一方で DMSP による夜間の光 (都市・漁業・焼畑・雷・オーロラなど) の観測結果も広く知られていることから、赤外画像を用いて擬似的に夜間に見えると思われるシーンを作り出すことを試みた。ここで擬似可視画像のピクセル値  $V_n$  は赤外画像と NASA による都市光画像のピクセル値 (それぞれ  $I_r, C$ ) から次のように計算した。

$$\begin{aligned} V_n &= C' + I_r/6 \\ C' &= C - 1.5I_r \\ 0(C - 1.5I_r < 0) \end{aligned}$$

つまり、ここでは都市光を雲によって減光した画像  $C'$  を求めておいて、それに 1/6 に暗くした雲画像を加えている。さらに、上記で得られた  $V_n$  を R,G に、 $I_r/6$  を B 成分に当てはめることで、黄色に輝く都市光を暗い雲が隠すという形での夜間擬似可視画像を作成することができた。実際に公開する画像においては、さらに、昼画像と同様に地表のカラー情報を付加し、図 6 のような画像に仕上げた。

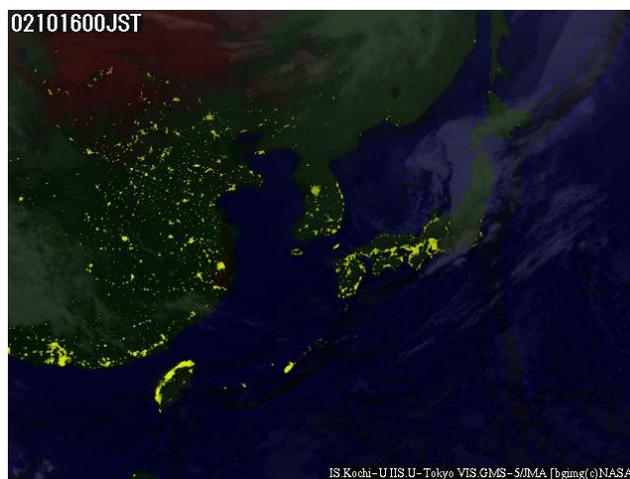


図 6. GMS-5 擬似カラー可視画像 (夜)

## 6. 朝夕の画像処理

GMS は広い範囲を撮影しており、気象情報頁で処理している日本付近をとっても、朝夕には画像範囲の一部が昼で一部が夜になることがある。このような時間帯には、昼と夜の画像を繋ぎ合わせて合成しなければならない。処理の詳細は省略するが、基本的に可視画像の輝度ヒストグラムの特性値から昼と夜の判別を行い、昼域の可視画像をフィルター・閾値処理することによって画像合成のためのマスクを作成した。但し、この方法だけでは真夜中の太陽が地球の背景に来るときの光漏れ画像に対応することができず、いくつかの例外処理を導入している。

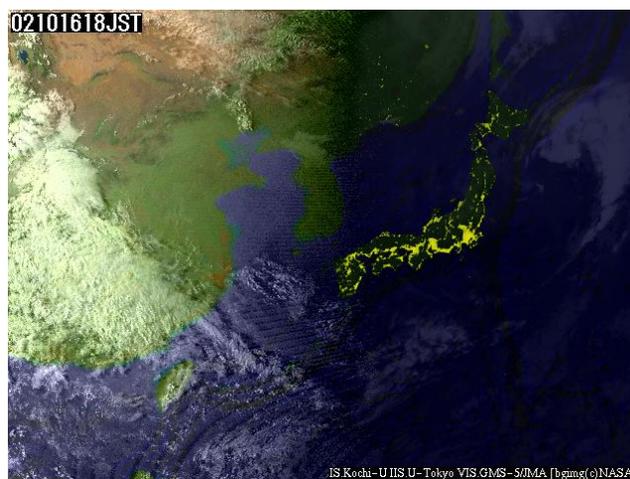


図 7. GMS-5 擬似カラー可視画像 (朝夕)

## 6. 今後の拡張性

今回用いた YUV 分解による擬似カラー画像作成は、今後も多チャンネル化の予定が無い静止気象衛星の可視画

像の利用において、有力な手法となりうる。今回はNASAによって集積されたMODIS画像がカラー情報作成に利用されたが、同様の極軌道気象衛星は今後も継続して運用されるため、最新の画像を利用して地上のカラー情報を取り出せば、季節的に変化のある画像を作り出すことも可能である。また、DMSPによる夜間可視観測を直接あるいは利用可能な形で入手できれば、同様に、都市光だけでなく漁業や焼畑なども入った、時期により変化のある画像を作成することも可能となる。

## 7. 結語

YUV変換を用いた気象衛星画像の擬似カラー化の手法について述べ、これが可視画像に効果的に適用できるこ

とを明らかにした。また、データの無い夜間について、赤外画像を用いて画像の抜けを無くす手法を提出した。これらの手法は観測時間間隔が密な静止気象衛星画像と、多チャンネル高解像度ではあるが観測時間が限られる極軌道衛星画像を有効に利用し、気象を含む最新の地球環境を一枚の画像に表す方法として今後の活用が期待される。また、高知大学気象情報頁においては、この他にも赤外、水蒸気、スプリット画像の提供も続けており、さらに保存書庫画像を用いたアニメーションや携帯・PDA用画像作成インターフェースなどの開発にも取り組んでおり、別に機会をみて発表したい。

## 参考文献・URL

NASA 2002: The Blue Marble true-color global imagery at 1km resolution.

<http://earthobservatory.nasa.gov/Newsroom/BlueMarble/>

<ftp://gloria2-f.gsfc.nasa.gov/pub/stockli/>

Netpbm: <http://sourceforge.net/projects/netpbm/>

菊地時夫 1994~2002: 高知大学気象情報頁

<http://weather.is.kochi-u.ac.jp/>

菊地時夫 1998: WWWを用いた気象衛星画像提供システムの構築と運用について, 日本ソフトウェア科学会 研究会資料シリーズ No. 8, (ISSN 1341-870X)

<http://www.brl.ntt.co.jp/itech/wit98/proceedings/>

菊地時夫・喜連川優 2001: GMS-5 気象衛星画像データベースと統合可視化システムの構築, 情報処理学会 論文誌: データベース Vol. 42, No. SIG 8(TOD 10), p.148-155.

菊地時夫・本田理恵 1995: 高知大学理学部情報科学科における World-Wide Web サーバー構築について, 高知大学理学部紀要・F16, pp. 41-52.

高木幹雄・下田陽久 1991: 画像解析ハンドブック, 東京大学出版会 774p.