Memoirs of the Faculty of Science
Kochi University (Information Science)
Vol. 29 (2008), No. 3

ネットワーク画像処理に関する研究
–静止気象衛星画像データの処理–

福井　健一[1]　　菊地　時夫[2]

要　旨

MTSAT の画像幾何変換プログラムを開発するとともに，PGM 形式の画像を一般のブラウザでも閲覧できるような画像処理インタフェースを作成してユーザの利便を図った．画像処理インタフェースにおいては，そのまま白黒画像として表示させるだけでなく，2 種類の方法で背景となる地形画像を用いたカラー付けをも行えるようにした．さらに，画像の一部を研究報告や教材などに再利用することを考え, 切り出しや縮小, 観測日時情報の追加, 画像形式の選択ができるようにした．なお，カラー付けに用いた方法は，雲に透明度を持たせて地形画像の上に重ねる方法と，YUV カラー変換を用いて地形画像をもとにあらかじめ作成した UV カラー成分を雲画像に追加する方法の 2 種類である．この研究により，気象衛星画像を位置情報とともに閲覧することが可能となり，より多くの研究や教育の場においての活用が容易となった.

1. はじめに

高知大学気象情報頁では気象庁が運用する気象衛星ひまわりによって観測された画像を気象業務支援センター経由で入手し, 画像処理をほどこした後インターネットによって一般に提供している. 最新画像については PC 用，携帯電話用，サムネイルの３つのサイズを用意しており, ユーザの利用環境に合わせた画像を閲覧することが可能である. さらに保存書庫には過去に取得された気象衛星画像を保存していて, 教育や研究の目的で自由に利用することができるようになっている. 但し, 気象業務支援センターから配信されたデータは静止気象衛星から見た画像（静止衛星投影画像）であり，そのままの状態では緯度経度の情報を扱うことができない. このため，GAME (GEWEX Asian Monsoon Experiment) プロジェクト研究領域を緯度経度座標系に変換して PGM (Portable Gray Map) 画像形式で保存し，気象データと画像との両面での利用に配慮している．ところが，PGM 形式画像はブラウザで表示することができないため, 画像としての閲覧には不便をきたしていた.

本研究では 2005 年８月より開始された MTSAT (Multi-functional Transport Satellite)の画像幾何変換プログラムを開発するとともに，PGM 形式の画像を一般のブラウザでも閲覧できるような画像処理インタフェースを作成してユーザの利便を図った.

[1]高知大学理学研究科数理情報科学専攻
Department of Mathematics and Information Science, Kochi University
[2]高知大学理学部
Faculty of Science, Kochi University

2. 気象衛星について

2.1 歴史

通称ひまわりと呼ばれる日本の気象衛星の　正式名称は 1 号から 5 号では静止気象衛星 GMS (Geostationary Meteorological Satellite), 6 号と 7 号は運輸多目的衛星 MTSAT (Multifunctional Transport Satellite) である.

1978 年に始まった GMS による雲画像観測は, 1995 年 6 月 21 日から運用が開始された GMS-5 まで継続されていたが, 1999 年 11 月 15 日, 次の運用が予定されていた MTSAT-1 を搭載した H-Ⅱロケット 8 号機が打ち上げに失敗した. そのことにより GMS-5 は設計寿命の 5 年を超えて観測を続けた. その後, 静止軌道を保つための姿勢制御用燃料の残りが少なくなったため, 2003 年 5 月 22 日をもって気象衛星としての運用を終了し米国の気象衛星 GOES-9 による代替運用が開始された. MTSAT-1 の代替機 MTSAT-1R は 2005 年 2 月 26 日に H-IIA ロケット 7 号機により打ち上げられ, 3 月 8 日には無事に静止軌道に乗った. そして, 同年 6 月 28 日に GOES-9 から MTSAT-1R に引き継がれた. [1]

2.2 気象衛星の種類

気象情報頁に保存されている気象画像を撮影した各気象衛星の詳細は以下の通り. [1]

GMS-5 (ひまわり 5 号)
重量：約 345kg
全長：約 3.5m
観測位置：東経 140 度

チャンネル	観測波長帯(μm)	解像度	観測頻度	量子化ビット数
可視(VIS)	0.55～0.90	1.25km	1 時間毎	6bit
赤外 1(IR1)	10.5～11.5	5km		8bit
赤外 2(IR2)	11.5～12.5	5km		
赤外 3(IR3)	6.5～7.0	5km		

GOES-9
重量：約 2,105kg(打上直後), 約 977kg(末期)
全長：約 26.9m
観測位置：東経 155 度

チャンネル	観測波長帯(μm)	解像度	観測頻度	量子化ビット数
可視(VIS)	0.55～0.75	1km	1 時間毎	10bit (1024)
赤外 1(IR1)	10.2～11.2	4km		
赤外 2(IR2)	11.5～12.5	4km		
赤外 3(IR3)	6.5～7.0	8km		

MTSAT-1R(ひまわり 6 号)
重量：約 1,600kg
全長：約 33m
観測位置：東経 140 度

チャンネル	観測波長帯(μm)	解像度	観測頻度	量子化ビット数
可視(VIS)	0.55～0.90	1km	全球 1 時間毎 / 半球 1 時間毎	10bit (1024)
赤外 1(IR1)	10.3～11.3	4km		
赤外 2(IR2)	11.5～12.5	4km		
赤外 3(IR3)	6.5～7.0	4km		
赤外 4(IR4)	3.5～4.0	4km		

2.3 気象衛星画像の種類

静止気象衛星で撮影される画像の種類を以下に記す．[2]

可視画像

可視画像は白く写っている雲ほど厚みがあり，雨を伴うことが多いなど，視覚的に分かりやすい．しかし，夜間は雲が見えないことから，可視画像は得ることができない．また，朝夕は，雲は見えても太陽光が斜めからあたっているため，極端に暗く写る．

赤外画像

赤外画像で白く写っている雲は，温度の低い雲，つまり高度の高い雲である．高い雲には，夏の夕立や集中豪雨をもたらす積乱雲のような厚い雲もあれば，晴れた日にはるか上空に薄く現れる巻き雲のような雲もある．このため，白く写っている雲が雨をもたらすとは限らない．また，ごく低い雲や霧は，赤外画像にほとんど写ることはない．

水蒸気画像

水蒸気画像は水蒸気に吸収される性質を持った特定の赤外線を観測するもので，基本的には温度の分布を表しているが，水蒸気による吸収が支配的であるため，画像の明暗は水蒸気の多寡に対応している．水蒸気画像では湿った部分が白く，乾いた部分が黒く表現される．

短波長赤外画像

MTSAT-1R から新たに観測が開始された画像で，気象情報頁では赤外画像との差分を行った画像を閲覧出来る．太陽光の影響で見え方が異なり，昼・夜で画像に違いが出てくる．

3. 画像処理について

3.1 幾何変換

気象業務支援センターから配信されたデータ [3] を画像にしたものは静止気象衛星から地球を見た画像（静止衛星投影画像）となっており，緯度経度の情報を簡単に知ることができない．そのため，緯度経度座標系への幾何変換 [4] をおこなう必要がある．

ここでは CGMS [4] に従って実際に扱った幾何変換について説明する．

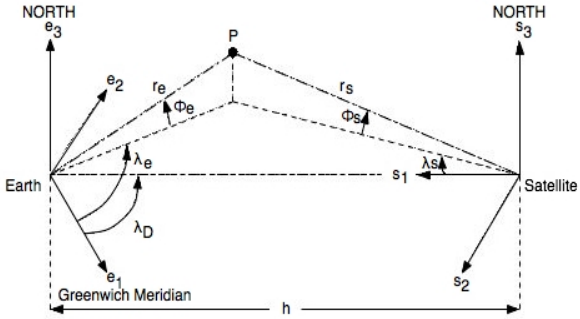

図 1　Coordinate Frames for GEOS Projection

図 1 は地球と気象衛星の位置関係を表したものである．

(e_1, e_2, e_3)は直交座標系で地球の中心を原点として，(e_3)は北方を指し，(e_1)はグリニッジ子午線方向を指す．また(s_1, s_2, s_3)も直交座標系で静止気象衛星の位置を原点として，(s_3)は北方を指し，(s_1)は地球の中心を指す．ベクトルr_eは地球の中心から地球表面上の点Pまでを指す．λ_eは経度，Φ_eは地心緯度(当該地点と地球の中心を結ぶ線分が赤道面と成す角)を表す．λ_Dは気象衛星の緯度で東経 140 度に位置している．hは気象衛星と地球の中心までの距離で 42164 km，地球の赤道半径は 6378.1690 km，極半径は 6356.5838 km である．

地球上の緯度・経度(lat, lon)を静止衛星投影座標(c, l)に変換する式は以下の通りとなる．入力は緯度経度で出力は画像のpixel位置である．

$$c_lat = \arctan(0.993243 \cdot tan(lat)) \quad (1)$$
$$r_l = 6356.5838 \Big/ \sqrt{1 - 0.00675701 \cdot \cos^2(c_lat)} \quad (2)$$
$$r_1 = 42164 - r_l \cdot \cos(c_lat) \cdot \cos(lon - sub_lon) \quad (3)$$
$$r_2 = -r_l \cdot \cos(c_lat) \cdot sin(lon - sub_lon) \quad (4)$$
$$r_3 = r_l \cdot sin(c_lat) \quad (5)$$
$$r_n = \sqrt{r_1^2 + r_2^2 + r_3^2}$$
$$x = \arctan(-r_2 / r_1)$$
$$y = \arcsin(-r_3 / r_n)$$
$$c = COFF + \mathrm{nint}\left(x \cdot 2^{-16} \cdot CFAC\right)$$
$$l = LOFF + \mathrm{nint}\left(y \cdot 2^{-16} \cdot LFAC\right)$$

(1)：地心緯度(地球表面上のある点Pと地球中心を結ぶ線分が赤道面と成す角)
(2)：地球中心から地球表面上のある点Pまでのベクトル
(3), (4), (5)：ベクトルr_sの直交するベクトル成分

静止衛星投影座標(c, l)を地球上の緯度・経度(lat, lon)に変換する式は以下の通りとなる．

$$x = (c - COFF) / CFAC$$
$$y = (l - LOFF) / LFAC$$
$$s_d = \sqrt{(42164 \cdot \cos(x) \cdot \cos(y))^2 - (\cos^2(y) + 1.006803 \cdot sin^2(y)) \cdot 1.737121856}$$
$$s_n = (42164 \cdot \cos(x) \cdot \cos(y) - s_d) \Big/ (\cos^2(y) + 1.006803 \cdot sin^2(y))$$
$$s_1 = 42164 - s_n \cdot \cos(x) \cdot \cos(y)$$
$$s_2 = s_n \cdot sin(x) \cdot \cos(y)$$
$$s_3 = -s_n \cdot sin(y)$$
$$s_{xy} = \sqrt{s_1^2 + s_2^2}$$
$$lon = \arctan(s_2 / s_1) + sub_lon$$
$$lat = \arctan(1.006803 \cdot s_3 / s_{xy})$$

3.2 保存書庫内のGAME画像

幾何変換を行った画像は保存書庫内のGAME ディレクトリに保存している．この画像は GAME プロジェクト [5] 研究領域を緯度経度座標系にマッピングしており，北緯 70 度から南緯 20 度，東経 70 度から東経 160 度の領域で 20 画素/度の解像度を持っている．またその GAME 画像は PGM 形式で保存している．PGM 形式画像は一般のブラウザでは閲覧ができず, JPEG 形式に変換しても地理情報が分かりにくい．

そこで NASA の Blue Marble 画像 [6] を背景に用いていることで画像のカラー化を行い，GAME 画像の地理情報を簡単に見やすく表示することを考えた．Blue Marble 画像とは NASA の Earth Observatory [6] が提供している地球全体画像で, 可視光で捉えた地球画像を, 数年にわたる膨大な地球観測衛星データの処理に基づき記録した画像データである．

図 2 は GAME 研究領域と静止衛星投影の Blue Marble 画像を示す．

また，以下に GAME 画像の地理情報を分かりやすくするためのカラー化技法について説明する．

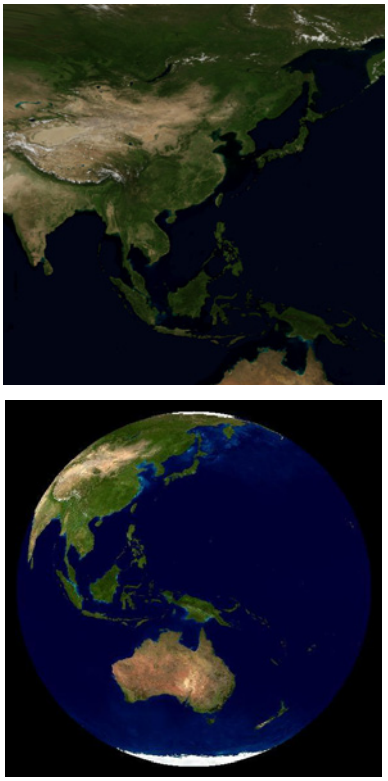

図 2　Blue Marble 画像（上：GAME 研究領域　下：静止衛星投影）

3.3 カラー化技法(a. 透明合成)

気象衛星画像の輝度温度の最大値と最小値で正規化し，雲に透明度を持たせて NASA の Blue Marble 画像の上に重ねた [7]. 下の図 3 は透明合成を表したものである.

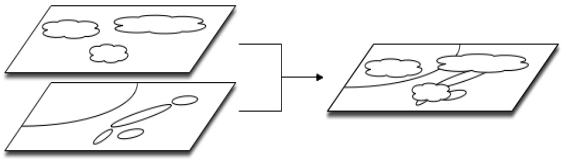

図 3　透明合成

透明合成の式は以下の通りとなる.

$$Z = X \cdot (1-\alpha) + Y \cdot \alpha$$

Z：透明合成された画像
X：NASA Blue Marble 画像
Y：雲画像
α：雲画像から作成されたマスク

3.4 カラー化技法(b. YUV 合成)

YUV 成分とは輝度信号 (Y) と, 輝度信号と青色成分の差 (U) , 輝度信号と赤色信号の差 (V) の 3 つの情報で色を表す形式であり, 人間の目が色の変化よりも明るさの変化に敏感な性質を利用して, 輝度情報により多くのデータ量を割り当てることで, 少ない画質の劣化で高いデータ圧縮率を得ることができる. テレビや JPEG, MPEG などの圧縮技術に用いられる. パソコンのディスプレイに表示するには RGB 形式に変換する必要がある. [8]
RGB から YUV への変換式は以下の通りとなる.

$$Y = 0.299R + 0.587G + 0.144B$$
$$U = -0.169R - 0.331G + 0.500B$$
$$V = 0.500R - 0.419G - 0.081B$$

逆に YUV から RGB への変換式は以下の通りとなる.

$$R = Y \qquad\qquad +1.402V$$
$$G = Y - 0.344U - 0.714V$$
$$B = Y + 1.772U$$

本研究では UV 成分を NASA の Blue Marble 画像から抽出し，これを本来白黒画像である気象衛星画像に付加している [9]. 下の図 4 は YUV 合成を表したものである.

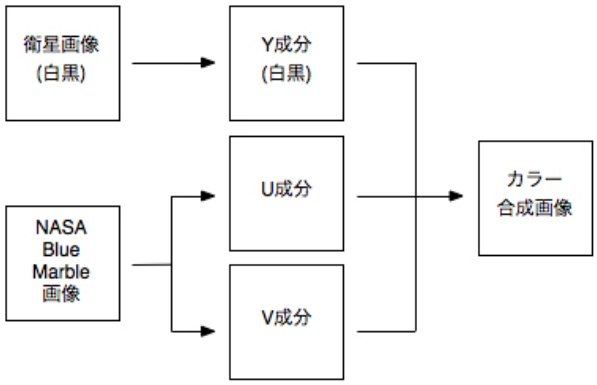

図 4　YUV 合成

3.5 特徴

透明合成を行った画像は雲画像を透明化して画像に合成するため地理情報がはっきりと見え, 見栄えが良くなる. しかし, 雪が存在していて地面が明るいところでは雲と見分けがつきにくいと言う欠点がある. YUV 合成を行った画像は観測値の保存性が高く, 砂漠や雪などが存在していても気にならなくなる.

4. 気象情報頁における処理プログラム

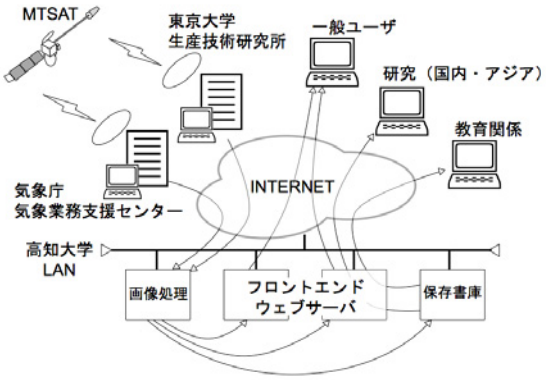

図 5　気象情報頁システムにおけるデータの流れ

図 5 は気象情報頁システムにおける画像データの配信を受けて, 画像処理を行い, 色々な環境に提供するまでの流れを表す.

気象情報頁システムのデータの流れを以下に記す.

- 気象業務支援センターから MTSAT によって観測された画像データの tar ファイルが処理システムへ配信される.
- 配信された tar ファイルを展開すると 10 個のファイルが展開される.
- 10bit から 8bit へ変換し PGM 形式の中間ファイルを作成する.
- クイックルック画像は中間ファイルを縮小し, YUV 合成を行って配信している.
- ALL や GAME は中間ファイルを幾何変換して緯度経度の情報を持たせ, それぞれ 560×560, 1800×1800 のサイズで保存書庫に保管している.
- 日本付近可視画像は GAME 画像から日本付近の緯度経度で切り取り, YUV 合成を行って配信している.
- 日本付近赤外画像などは GAME 画像から日本付近の緯度経度で切り取り, それぞれのチャンネルと透明合成を行って配信している.

5. GAME 画像の可視化支援 Web インタフェース

5.1 システムの構成

ハードウェア	Apple Power Mac G5
オペレーティングシステム	Mac OS X 10.4
Web サーバ	Apache 2.0.63
プログラム言語	Python 2.4.4 (一部に C 言語)

Python

プログラミング言語 Python [10] はインタプリタ型のオブジェクト指向言語であり, Unix や Linux, Windows, Mac OS X の他, 組み込み用 OS など複数のプラットフォーム上で動作可能である.

他の言語と比較して予約語が圧倒的に少ないことや, インデントの強制, 記号が少ないことにより可読性が良いため, プログラミング初心者にとって理解しやすいという特徴がある.

また, 豊富なライブラリやドキュメントが揃っていることや, オープンソースソフトウェアのため, ソースコードが公開されているので改良や配布が可能となっている. これらの理由からメーリングリスト管理システム Mailman や GUI のソフトウェアインストーラ anaconda など, 規模を

問わず様々な用途で利用されている言語である.

PIL

PIL [11] とはPython Imaging Libraryの略でFredrik Lundhによって開発された機能豊富なフレームワークである. このPILをインストールすることでImage等のモジュールが使えるようになり, ユーザのPythonインタプリタに画像処理の能力を付加することができる.

画像処理の能力としては様々な形式のビットマップ画像（GIF, JPEG, PNGなど）の作成, 操作, 変換, 及び保存等の機能があげられる. またPILはTk, Pythonwinへのインタフェースを備えているので, 生成した画像は, Tkウィジェットや Pythonwinのコードを利用して表示することが出来る. さらに, 作成した画像を様々な形式でディスクへ保管することが可能である.

現在のPILの最新バージョンは1.1.6でPythonのバージョン2.2から2.5まで対応している.

5.2 実際の動き

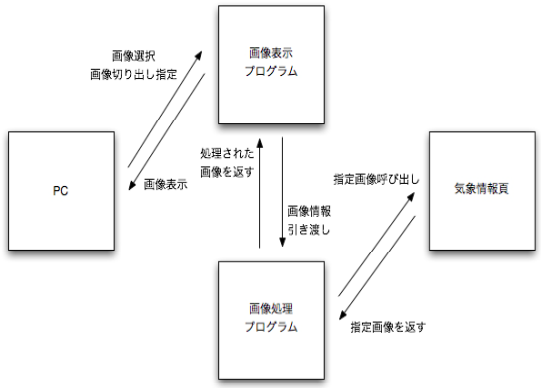

図 6　Webインタフェースの動き

本研究で作成した画像処理インタフェースの実際の動きをプログラムの動きを照らし合わせて説明する.

このインタフェースは画像表示プログラムと画像処理プログラムの構成となっている

図6はWebインタフェースの動きを表したものである.

以下にWebインタフェースの動きを記す.

1. ユーザはまず画像の種類等を選択する. (図7)
2. 画像表示プログラムは選択された情報を画像処理プログラムに渡す.
3. 画像処理プログラムは渡された情報を元に気象情報頁から指定画像を呼び出し, 画像を処理して画像表示プログラムに返す.
4. 画像表示プログラムは返された画像をブラウザに表示させる. (図8)
5. ユーザは表示された画像の切り出し領域を指定する.
6. 画像表示プログラムは切り出し領域の情報を画像処理プログラムに渡す.
7. 画像処理プログラムは渡された情報を元に画像を切り出し, 画像表示プログラムに返す.
8. 画像表示プログラムは返された画像をブラウザに表示させる. (図9,10)
9. 最後にユーザは画像の縮小や画像形式等を選択する.
10. 画像表示プログラムは選択された情報を画像処理プログラムに渡す.
11. 画像処理プログラムは渡された情報を元に画像を処理して画像表示プログラムに返す.
12. 画像表示プログラムは返された画像をブラウザに表示する. (図11)
13. ユーザが貼られているリンクをクリックすると元の大きさの画像から切り出され処理された画像が表示される. (図12)

この Web インタフェースは図 7－ 12 のように表示される

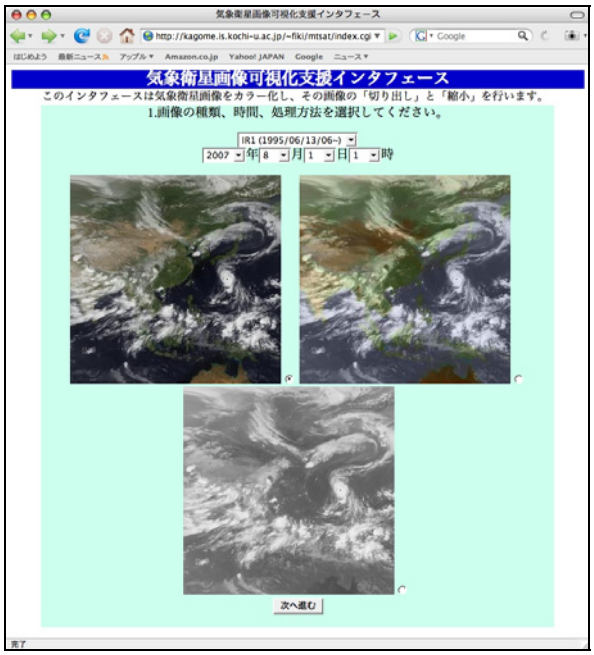

図 7　画像の種類，日時，処理方法の選択

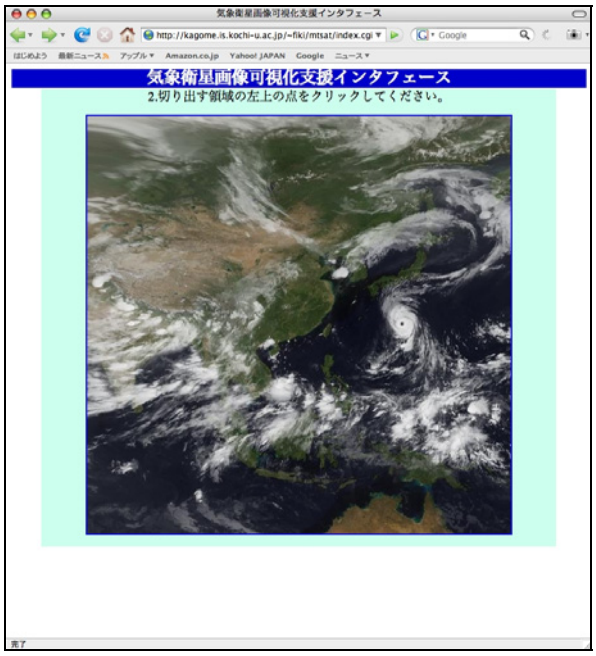

図 8　切り出す領域の左上を選択

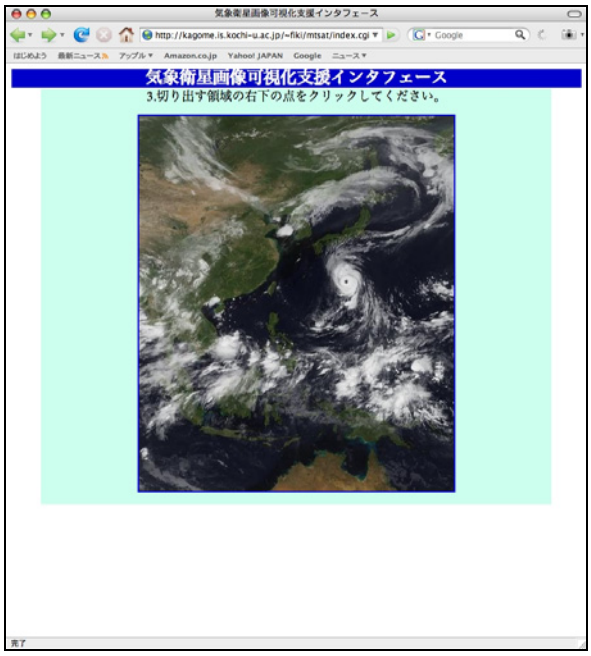

図 9　切り出す領域の右下を選択

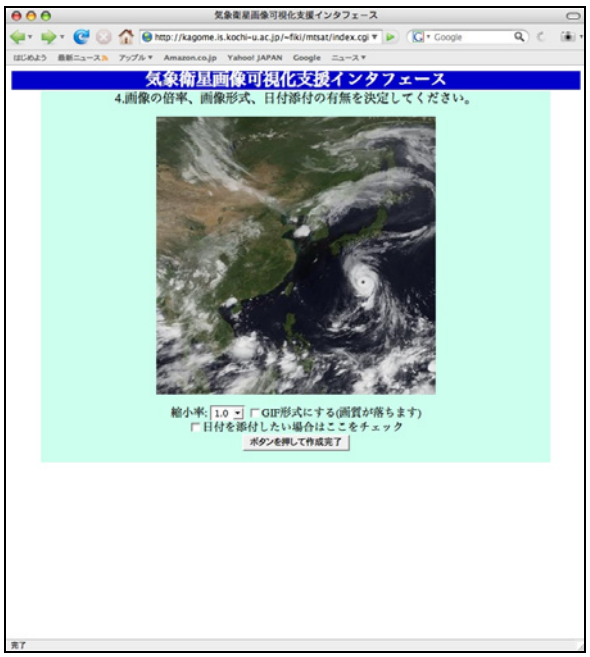

図 10　画像の倍率，画像形式，日付添付の有無の決定

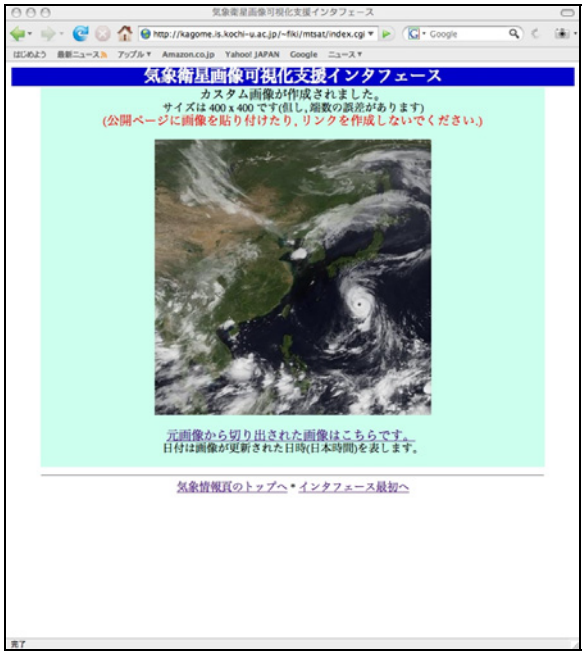

図 11　画像切り出し完了

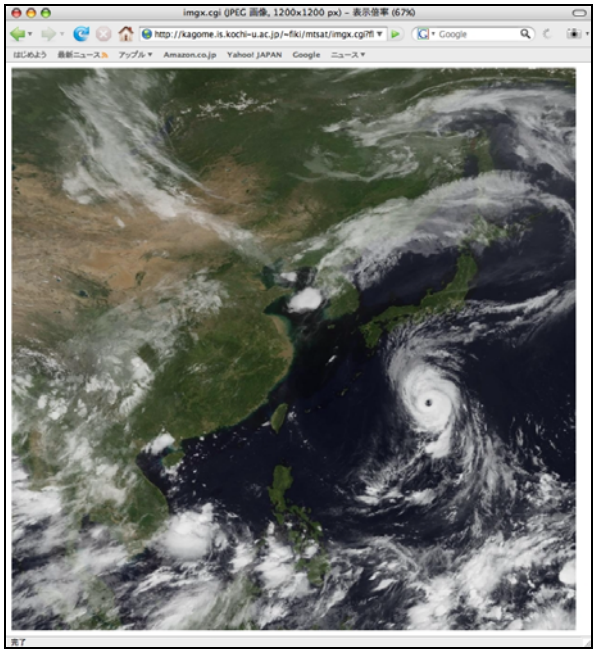

図 12　元画像からの切り出し

6. 考察とまとめ

本研究では2005年８月より運用が開始された MTSAT で観測された静止衛星投影画像の幾何変換プログラムを開発するとともに,幾何変換した画像を一般のブラウザでも閲覧できるような画像処理インタフェースを作成してユーザの利便性の向上を図った.

まず,幾何変換プログラムの開発により,MTSAT で観測された静止衛星投影画像を緯度経度座標の情報を持った画像に変換することが可能となった.

また,２種類のカラー化技法を扱うことにより,幾何変換を行った気象衛星画像に色を付加し,地図情報の見やすい画像を作成することが可能となった.

さらに,気象衛星画像をそのまま白黒の画像として表示させるだけでなく,２種類のカラー化技法により気象衛星画像に地図の色を付加し,さらにその画像の切り出し等が可能な可視化支援 Web インタフェースを作成した.

これらのことにより,ユーザの状況に応じた画像を選択することができるようになり,ユーザの利便性を向上させることができた.

今後は, Web インタフェースを工夫することで,さらにユーザの利便性の向上を図ることが可能であると考えられる.

謝辞

本研究を進めるにあたり,プログラムや論文作成などにおいて菊地時夫教授に数々のご指導いただき,心より深くお礼申し上げます.

また,情報科学講座の諸先生方には大学院の授業においてお世話になり,本研究を進める上でサポートをしてくださった菊地研究室の皆さまとも楽しく研究を進めることができました.ありがとうございました.

参考文献

[1] KITAMOTO A., デジタル台風, http://agora.ex.nii.ac.jp/digital-typhoon/, (2001-2008)

[2] 気象庁, 気象衛星による観測について, http://www.data.jma.go.jp/obd/sat/data/web/satobs.html (-2008)

[3] 気象庁, JMA HRIT Mission Specific Implementation, 52pp, (2003)

[4] Coordination Group for Meteorological Satellites, LRIT/HRIT Global Specification, 61pp, (1999)

[5] Tamagawa, I., and Higuchi, A., GEWEX Asian Monsoon Experiment, http://www.hyarc.nagoya-u.ac.jp/game/index-japan.html, (2002)

[6] NASA Earth Observatory, Blue Marble, http://earthobservatory.nasa.gov/Newsroom/BlueMarble/BlueMarble_monthlies.html, (-2008)

[7] 菊地時夫, 「高知大学気象情報頁」における MTSAT 画像処理について, 日本気象学会関西支部例会講演要旨集, 110, p42-43. (2006)

[8] IT 用語辞典, http://e-words.jp/w/YUV.html, (2005-2008)

[9] 菊地時夫, 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, 日本気象学会関西支部例会講演要旨集, 98, p17-20, (2002)

[10] Python Software Foundation, Python Programming Language, http://www.python.org/ (1990-2007)

[11] PythonWare, Python Imaging Library, http://www.pythonware.com/products/pil/, (-2008)