

疑似ステレオの作成

Artificial Stereo Presentation

木川誠一郎*
Seiichiro Kigawa

Abstract

Subject of this article is the description of an artificial stereo technique which uses GMS visible and infrared images.

GMS visible/infrared artificial stereo uses the visible image as the original image, and uses the infrared image as extracting height information to produce the stereo pair of images. Therefore, it contains not only the brightness and texture information of the visible image, but also the height (temperature) information from the infrared image.

Artificial stereo technique discussed by Pichel et al. (1973) and Hasler et al. (1981).

GMS visible/infrared artificial stereo consists of two computer-generated images. Each picture element (pixel) in the original image is shifted from its original position to the right in the left stereo image and to the left in the right stereo image. Left and right shifting distances are calculated with the height information from the infrared image at the same observational time.

When a pixel in the left and right stereo image has no data shifting from original image because of temperature distribution, the brightness value of that pixel is interpolated linearly by adjoining two pixels. (interpolation)

When two or more pixels are shifted to one pixel in the left and right stereo image, the brightness value is calculated by adding together. (addition)

After adding these interpolation and addition, stereo graphic effect is clearer than that of the previous presentations.

1. まえがき

静止気象衛星 GMS によって取得される雲画像には、可視画像と赤外画像がある。可視画像からは雲の厚さ等の情報が得られ、赤外画像からは等価黒体温度(以下「温度」とする)つまり、雲の高さの情報が得られる。

可視画像と赤外画像の持つ情報を一度に見ることのできる手段があれば、雲解析に非常に有効である。最も簡単な方法は、可視画像と赤外画像に別々の色をつけて重ねることである。可視画像に緑色、赤外画像に

赤色をつけて重ねれば、雲の光学的反射・放射特性から下層雲のみの部分は緑がかり、上層雲のみの部分は赤色が強くなり、重ね合わせ画像から雲の情報を得ることができる。

もう少し複雑な、しかも有効な手段として三次元画像の手法を応用した疑似ステレオという方法がある。この疑似ステレオでは、高度の高い雲(冷たい雲)ほど画面より高く浮き上がって見える。これまで、Pichel 他(1973)及び Hasler 他(1981)が、極軌道衛星 NOAA の可視及び赤外画像を用いて疑似ステレオを作成して

*気象衛星センターシステム管理課

いる。

今回作成した疑似ステレオはGMSの可視画像と赤外画像を使用している。また、作成方法の大筋はPichel他及びHasler他と同じであるが、補間処理及び合成処理を改良して立体感が明瞭になるような工夫をしている。

三次元(立体)画像は大きく2つに分けられる(大越、1972)。一つは、両眼に別々の絵を見せることによ

って立体感を得る方式で、二色式や偏光式等がある。もう一つは、空間のある場所に物体の再生像が浮かび上がって見える方式で、ホログラフィに代表される。今回は、なるべくシンプルなシステムを目標としたので両眼に別々の絵を見せる二色式を採用した。二色式に必要な装置は、画像処理装置(パソコンでも可)、カラーディスプレイ及び二色メガネだけである。

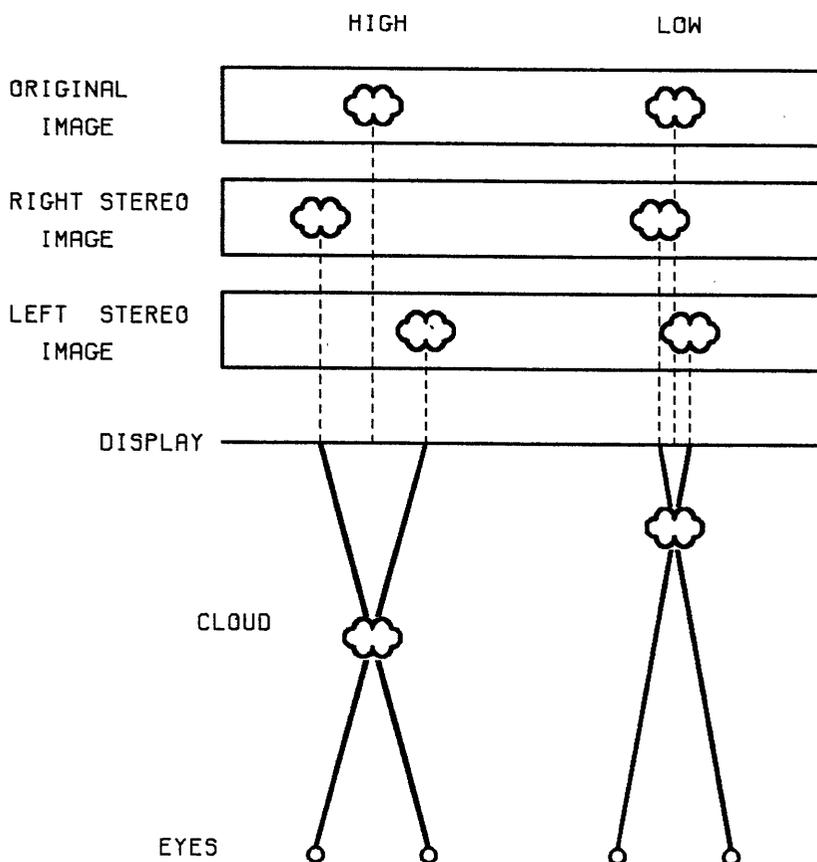


Fig.1 Schematic diagram showing the method of presenting artificial stereo. Pixel in the original image is shifted from its original position to the right in the left stereo image and to the left in the right stereo image. The right stereo image (red) and the left stereo image (blue-green) are displayed on the black display. To view the image properly, use the stereo glasses with the red lens on the right eye and with blue-green lens on the left eye.

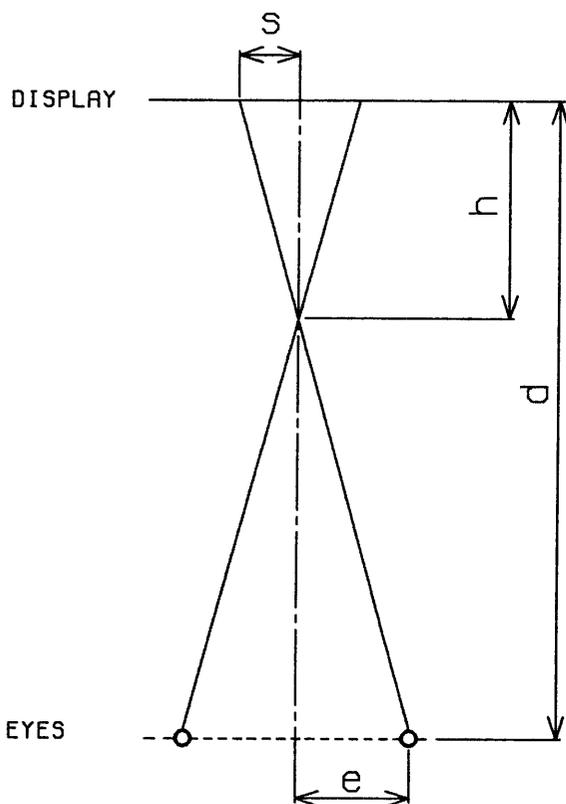
2 疑似ステレオの作成

2.1 疑似ステレオの概念

疑似ステレオ (Artificial stereo) とは、三次元 (立体) 画像の手法を衛星雲画像に応用した画像処理技術である。概念図を Fig.1 に示す。

疑似ステレオは、左眼で見る画像 (left stereo image) と右眼で見る画像 (right stereo image) の2枚の画像から構成される。この2枚の画像は1つのオリジナル画像から計算機処理によって作成される。計算機処理は画素 (pixel: picture element) 単位で行われる。オリジナル画像の画素を、その画素のオリジナル画像上の位置から、左眼で見る画像には右にずらして、右眼で見る画像には左にずらして複写する。ずらす量は左右同じでずらす量が大きいほど画面より浮き上がる高さ大きい。

ずらす量と浮き上がる高さの関係を Fig.2 に示す。



$$h = \frac{s}{e + s} \cdot d \quad (1)$$

s=shift
e=half of a distance between eyes
d=distance between a display and eyes
h=height from a display

sをずらす量、eを左右の眼の間隔の半分、dを眼と画面の距離とすると、画面からうきあがる高さhは式

(1) のように示される。この式を使って求めたhとsの関係を Fig.3に示す。ここではeを3.0cm、dを50cmとしている。Fig.3の左の縦軸はsをピクセル単位で表したもので、気象衛星センターの画像表示装置 (Image Display: IDP) を用いた場合である。(気象衛星センターの画像表示装置の画面は縦1024画素、横1280画素で構成され画面の横の長さは33cmである。)

2.2 可視・赤外画像を用いた疑似ステレオの作成

今回作成したGMSの可視・赤外画像を用いた疑似ステレオでは、オリジナル画像に可視画像を用い、ずらす量の算出に赤外画像を用いた。高い雲(冷たい雲)ほど、ずらす量を大きくすれば、より高く浮き上がって見える。処理の計算例を Fig.4に示す。図の中の正方形の1つが1画素を示し、可視、左眼で見る画像及び右眼で見る画像の正方形の中の数字は輝度レベル(0

Fig.2 Schematic diagram showing the method of presenting artificial stereo.

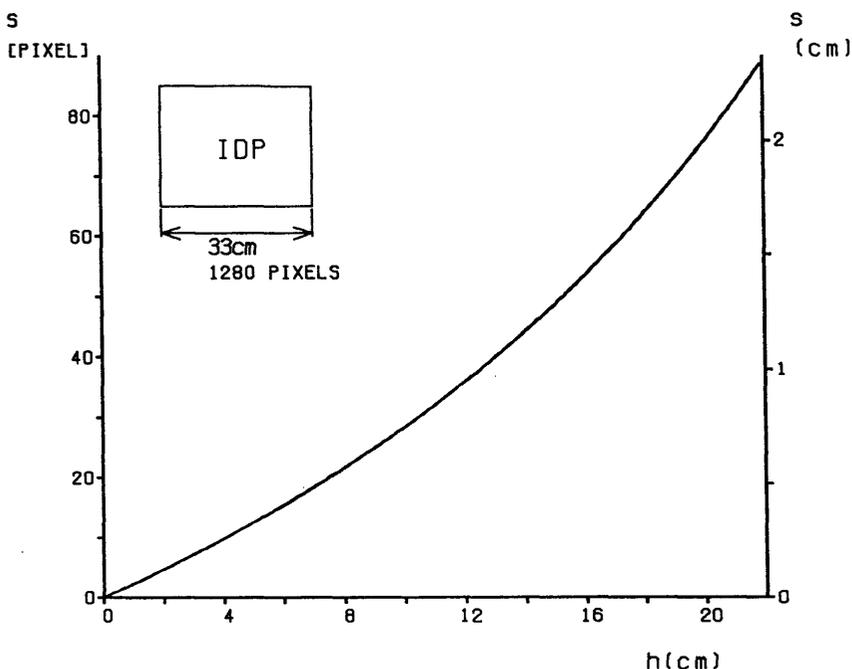


Fig.3 Relation between a shift (s) on the display and the height (h) of the clouds from eq. (1) when $e=3.0\text{cm}$, $d=50\text{cm}$.

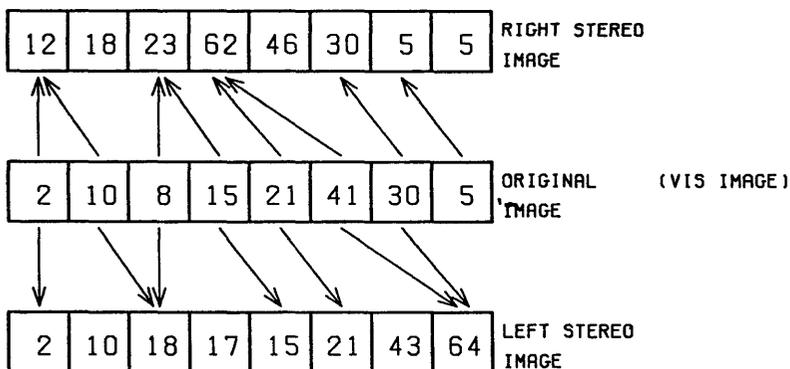


Fig.4 Calculation of left and right visible images with shifting original image. When a pixel in the left/right stereo image has no data shifting from original image because of temperature distribution, the brightness value of that pixel is interpolated linearly by adjoining two pixels. (interpolation)

When two or more pixels are shifted to the same pixel location, the brightness value is calculated by adding together. (addition)

Interpolation: the brightness value of second pixel from the left in the left stereo image is $(2+18)/2=10$.

Addition: the brightness value of third pixel from the left in the left stereo image is $10+8=18$.

～63)を示す。

まず、可視画像のそれぞれの画素に対応する赤外画像の画素について輝度レベルから温度への変換を行い、次に温度とずれ量の関係に従い、ずらす量を算出する。このずらす量に従って可視画像の画素を左眼で見る画像と右眼で見る画像に複写する。右眼で見る画像の左端の画素のように、同じ画素に複数のオリジナル画像の画素を複写するようになる場合は、それら複写すべき画素の輝度レベルをすべて足し合わせたものを、その画素の輝度レベルとする。左眼で見る画像の左から2番目の画素の様に、複写する画素がない場合は、両隣の画素の平均をとり補間を行う。Fig.5は Fig.6の一

部を拡大したもので、Fig.5(A)は補間処理を行った疑似ステレオ、Fig.5(B)は補間処理を行わない疑似ステレオで、たくさんの黒い長方形は一度も複写を受けなかった画素である。補間処理を行わないと、これらの黒い画素のため立体視は困難である。

これらの処理をオリジナル画像を構成するすべての画素について行うことによって右眼で見る画像と左眼で見る画像の2枚の画像が作成される。そして、画像表示装置に右眼で見る画像を赤色で、左眼で見る画像を青+緑(シアン)色で表示し、右眼に赤、左眼に青緑のフィルターをつけた二色メガネを通して画面をみることによって、雲画像の立体視が可能になる。

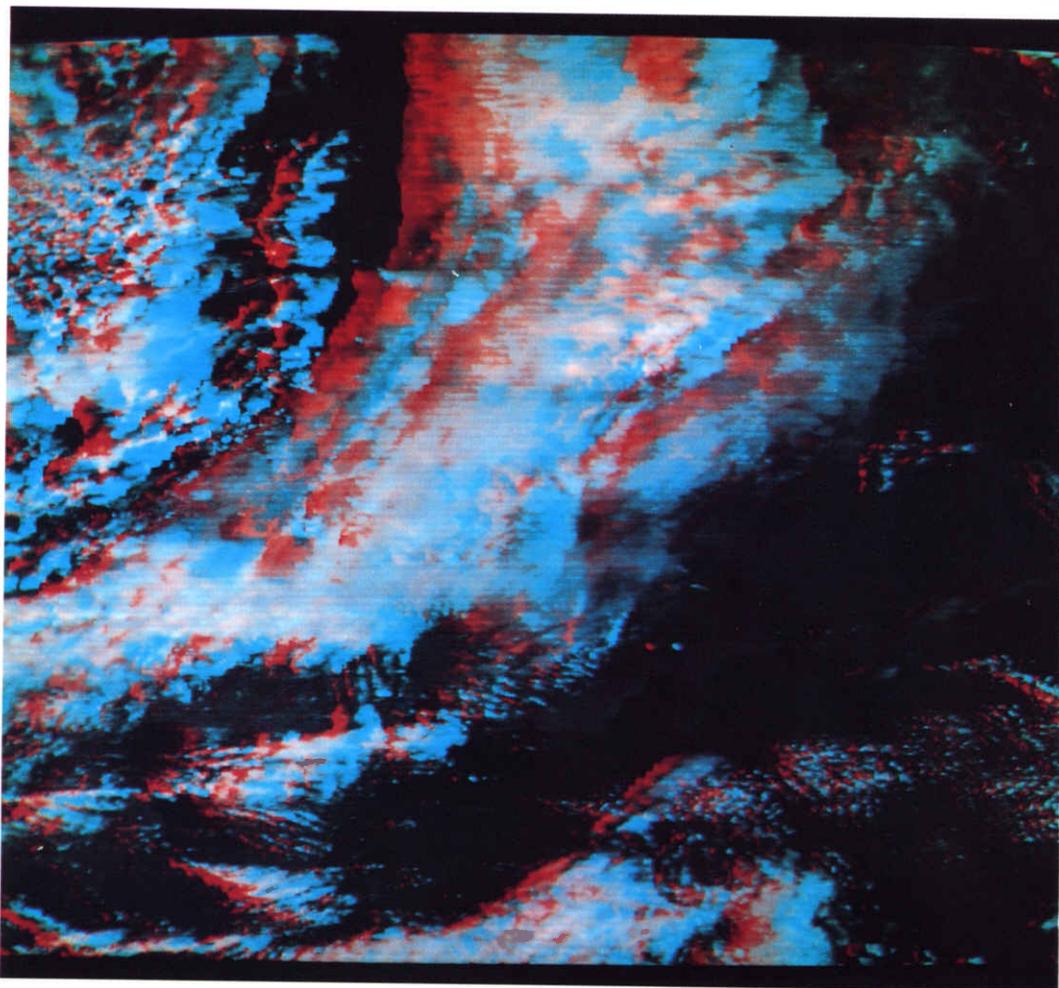
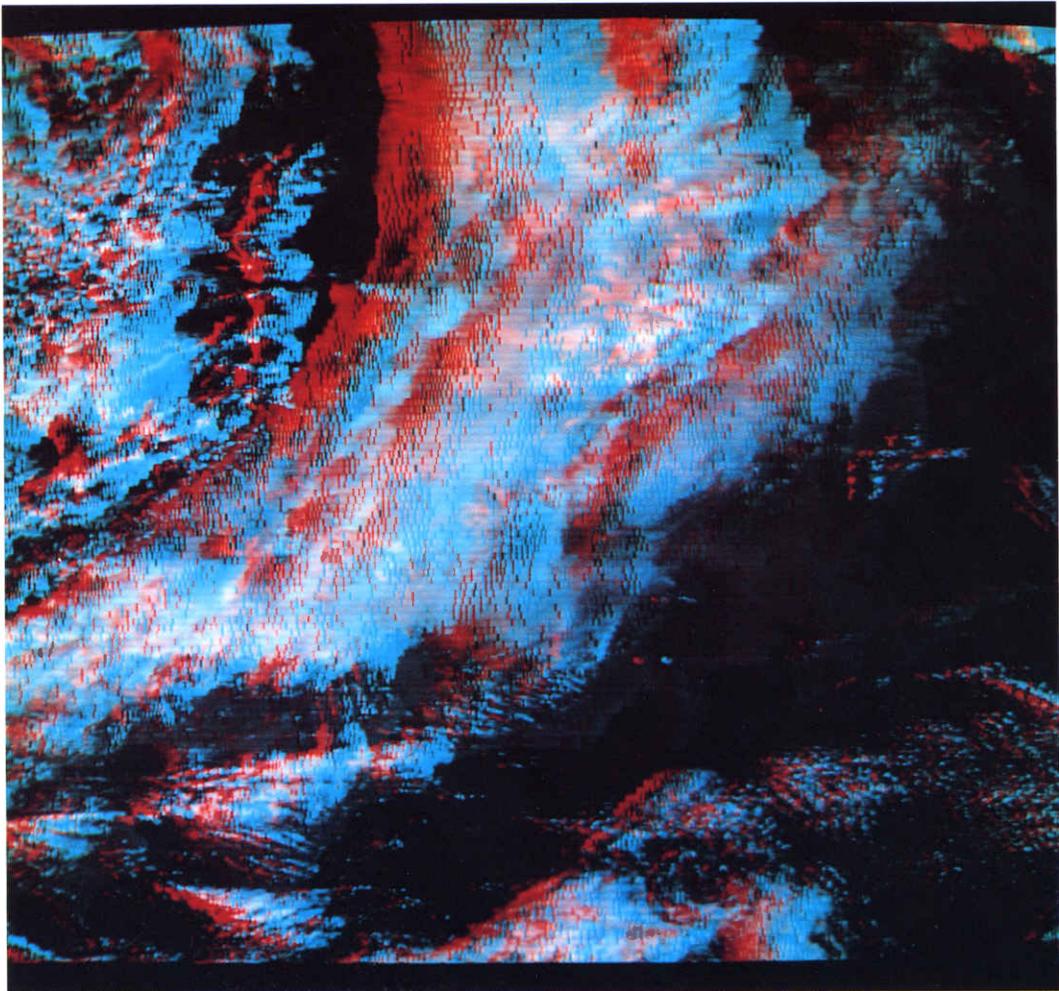


Fig.5 Visible/ infrared artificial stereo images (enlarged).
(A) pixel-copy (shift) process and interpolation process



(B) pixel-copy (shift) process only

3 作成方法の改良

今回の疑似ステレオの作成では、以下に述べるような作成方法の検討と改良が行われ、Pichel 他 (1973)、Hasler 他 (1981) のステレオと比べて、より明瞭に立体視できるようになった。

(1) 画素複写

Pichel 他及び今回作成の疑似ステレオでは、左眼及び右眼でみる画像の 2 枚ともオリジナル画像から計算機処理によって作成されるのに対し、Hasler 他では左眼及び右眼で見る画像の 2 枚のうち、1 枚はオリジナル画像そのものを使い、もう 1 枚をオリジナル画像か

ら作成した画像を用いる。後者の場合、計算時間は半分になるが前者のほうが立体感が明瞭である。

(2) 補間処理

Pichel 他及び Hasler 他の疑似ステレオでは、左眼及び右眼で見る画像のある画素がオリジナル画像から一度も複写を受けない場合、その画素と同じ位置のオリジナル画像の画素を複写する。今回作成した疑似ステレオでは隣接する画素の平均をとり補間を行う。後者の方が立体感がやや明瞭である。

(3) 合成処理

同じ画素に複数のオリジナル画像を複写するようになる場合、Pichel 他及び Hasler 他の疑似ステレオで

は、最も高度の高い(温度の低い)画素のみを複写する。今回作成した疑似ステレオでは、複写すべき画素の輝度レベルをすべて足し合わせたものを、その画素

の輝度レベルとしている。後者の方が立体感が明瞭である。

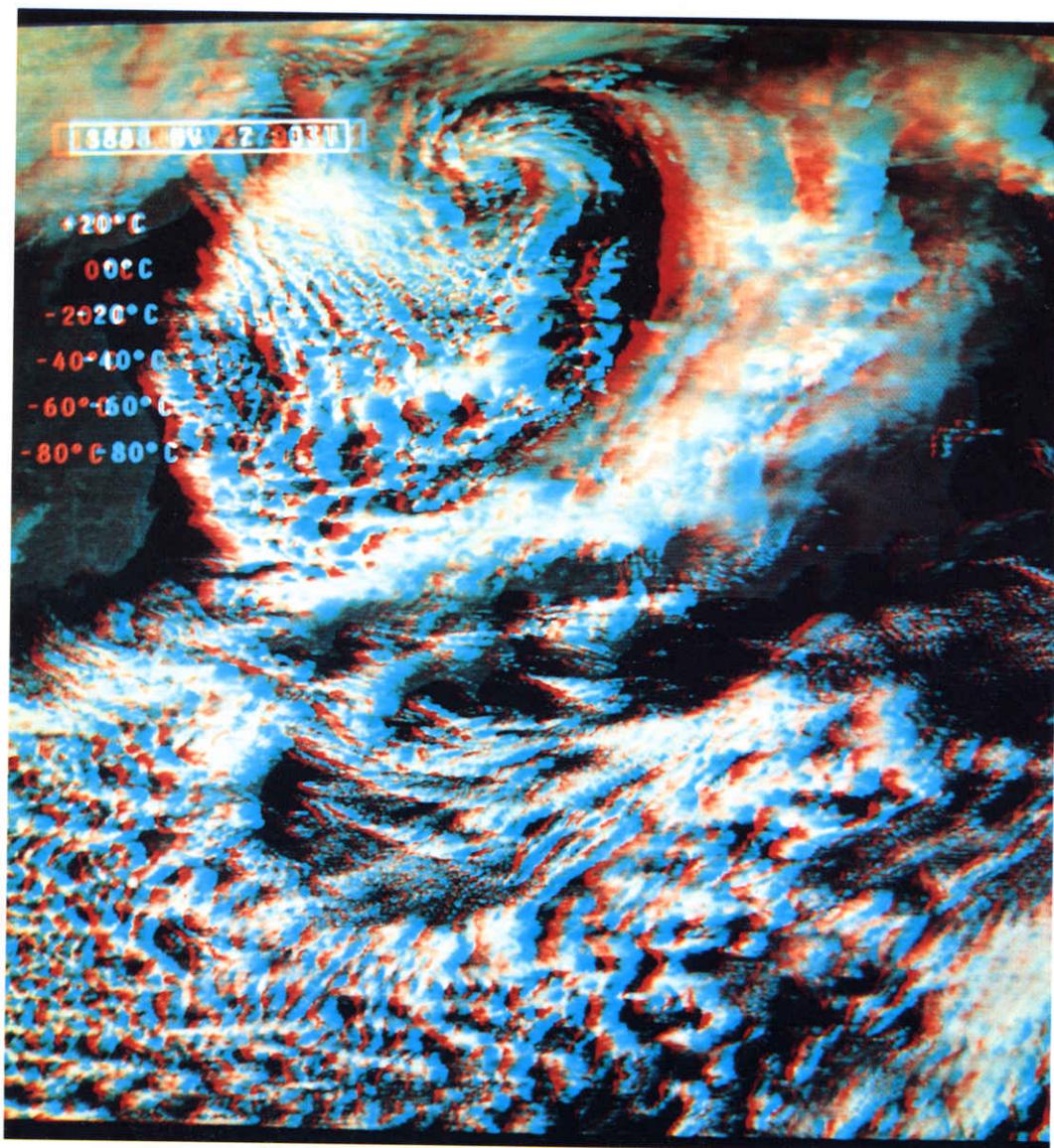


Fig.6 Visible/ infrared artificial stereo around Japan from GMS-3 at 03UT 27 Nov. 1988. Clear cloud vortex corresponding to cold low is seen in the Sea of Japan. Many active convective clouds are seen to the San-in and Hokuriku districts and the western part of the Sea of Japan. To view the image properly, use the stereo glasses with the red lens on the right eye and with blue-green lens on the left eye.

4 作成例

これまで述べてきた方法によって作成した疑似ステレオを Fig.6から Fig.9に示す。

これらは気象衛星センターの画像表示装置に表示し

た疑似ステレオを写真撮影したものである。

4.1 日本付近

Fig.6は、1988年11月27日03UTの日本付近(北緯35度東経135度を中心に±約10度の範囲)の疑似ステレオである。この疑似ステレオの温度とずらす量の関係は

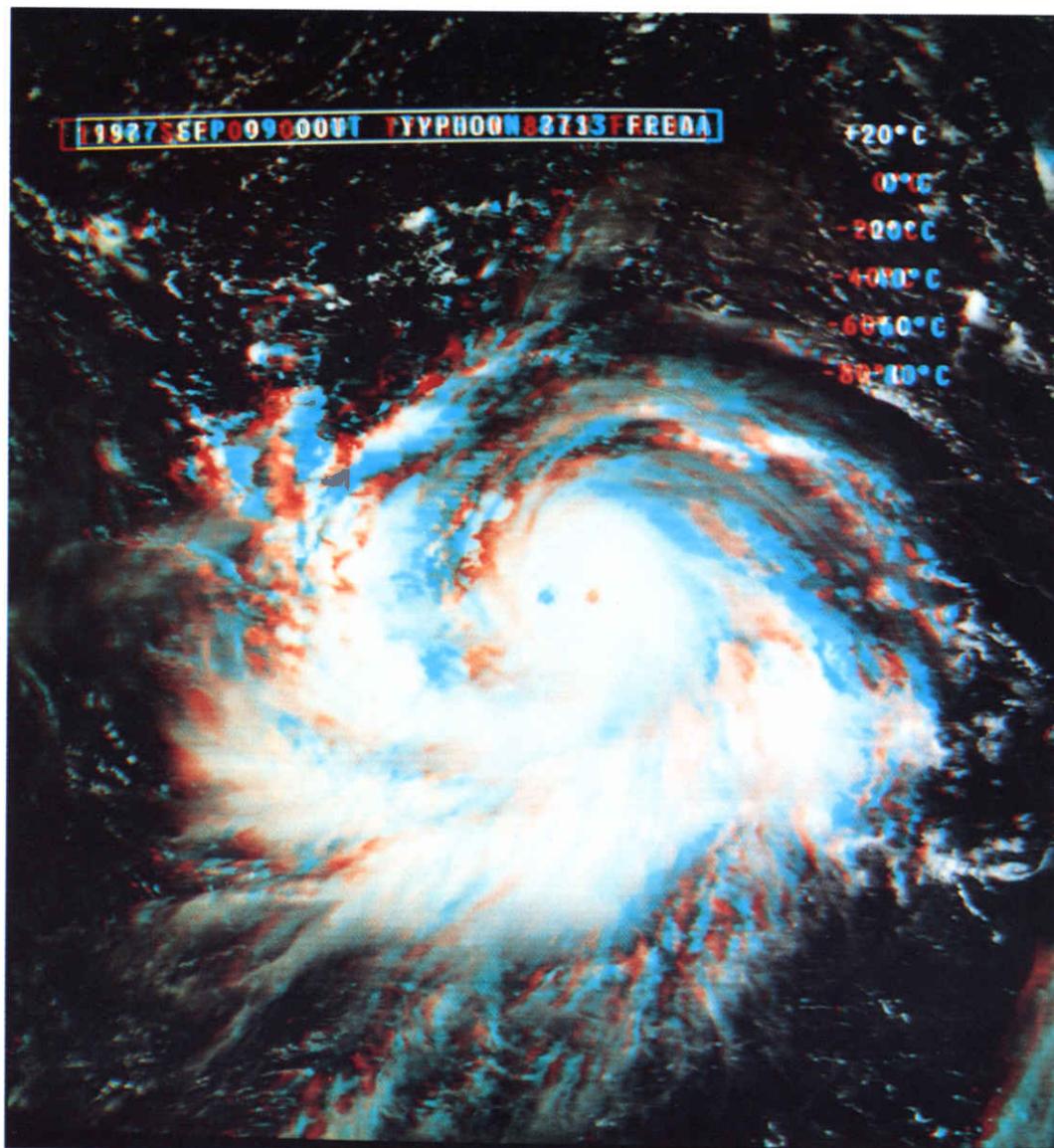


Fig.7 Visible/ infrared artificial stereo of Typhoon FRED A from GMS-3 at 00UT 09 Sep. 1987. Thin cirrus clouds at mid-, rather than high, levels of the atmosphere are seen at low level of the image.

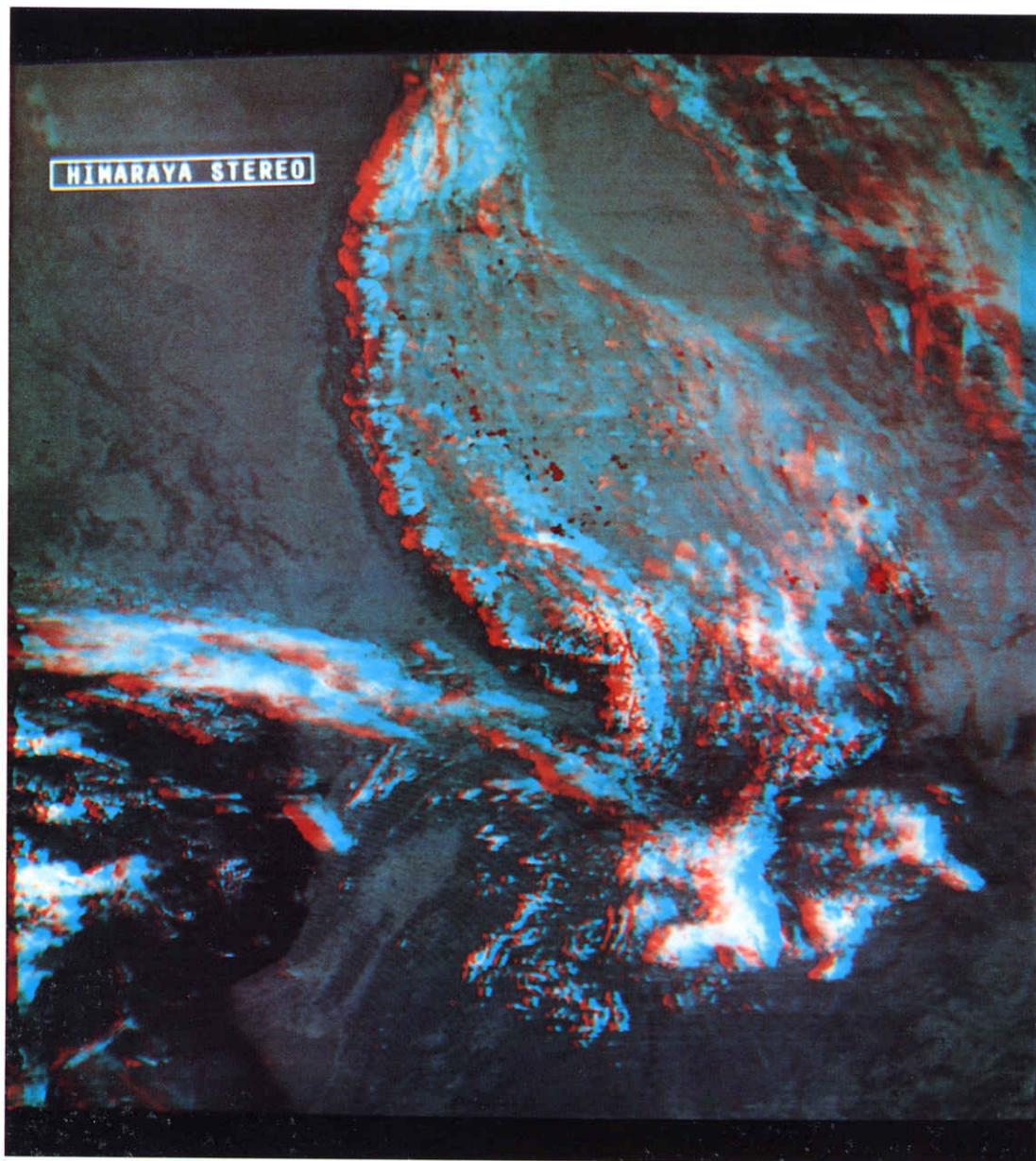


Fig.8 Visible/ infrared artificial stereo around the Himalayan Mountains and Tibetan plateau from GMS-3 at 03UT 12 Nov.1988. The Bay of Bengal is seen on the lower left of the image, the Tibet is seen on the center, and the Himalayan Mountains are covered with snow running from the center of the image to the upper center.

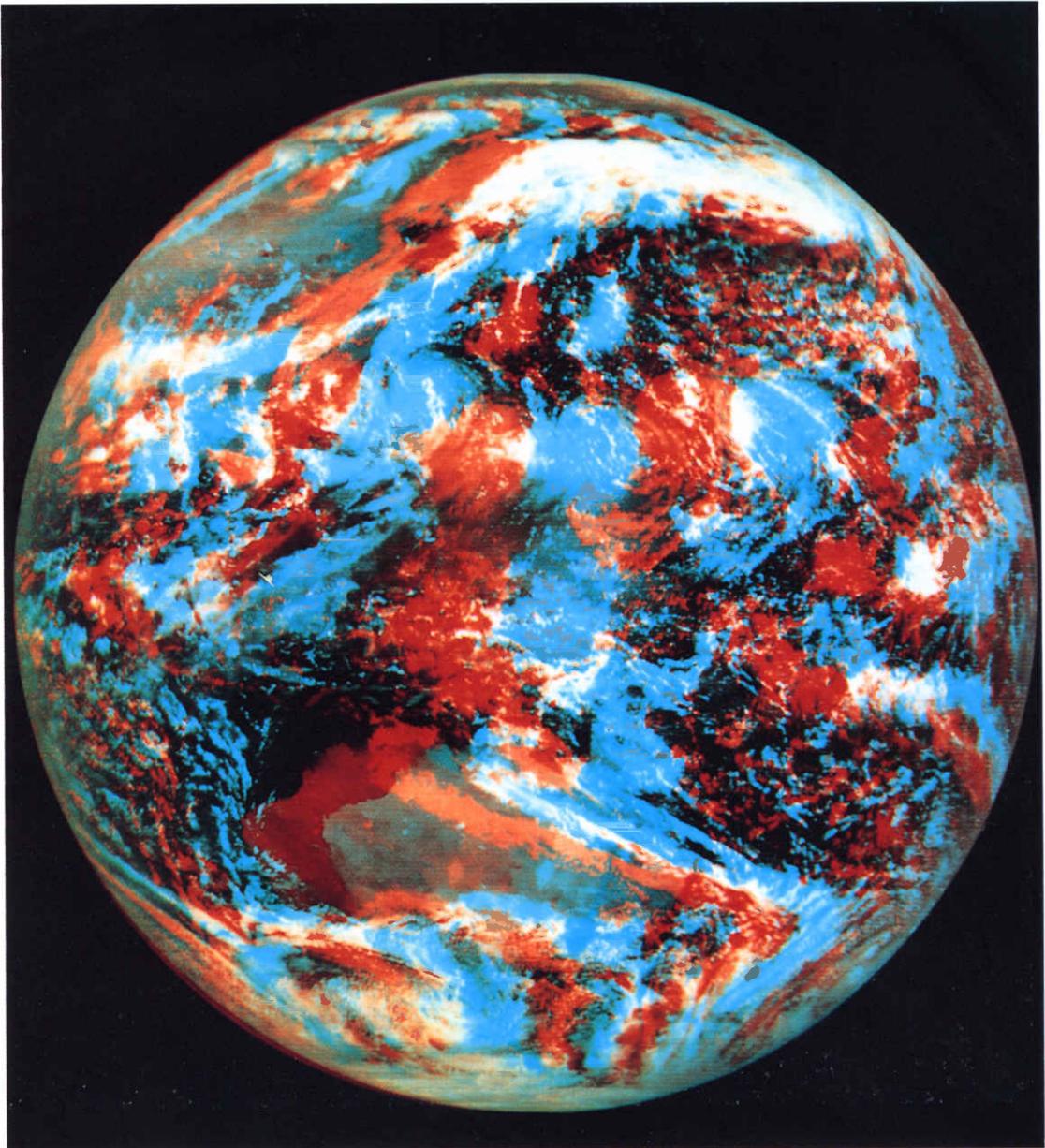


Fig. 9 Artificial stereo of full disk from GMS-3 at 03UT 08 Sep. 1987. In this case, the shift for each pixel is the function of its distance from the center of the image.

Fig.10 (A) に示してある。画面の左上に20度ごとの温度が、その温度に対応するずれ量だけずらして表示してある。日本海に Cold low に伴う明瞭な雲渦があり、その西側の日本海西部及び山陰から北陸にかけて寒気移流による活発な対流雲がある。これらの対流雲は南に行くほど活発であり、疑似ステレオでは南に行くほど高く浮き上がってみえる。関東から東海地方にかけては雲がなく、富士山の雪は周囲より温度が低いので高く浮き上がって見える。

4. 2 台風

Fig.7は、1987年9月9日00UT の台風13号 FRED A の疑似ステレオである。温度とずれ量の関係を

Fig.10 (B) に示す。台風の北及び南の巻雲は本来は上層にあるが、低い射出率 (emissivity) のために、浮き上がる高さは低い。画面左上の下層雲とタイトルは浮き上がる高さの違いが明瞭である。疑似ステレオでは、下層雲や文字のように輪郭のはっきりしたものがほうが立体感が得やすい。

4. 3 ヒマラヤ・チベット

Fig.8は、1988年11月12日03UT のヒマラヤ・チベット付近のポラステレオ画像をもとに作成した疑似ステレオである。温度とずれ量の関係を Fig.10 (C) に示す。画面の左下がベンガル湾、画面中央から上方にかけて雪をたたえたヒマラヤ山脈が走っておりその

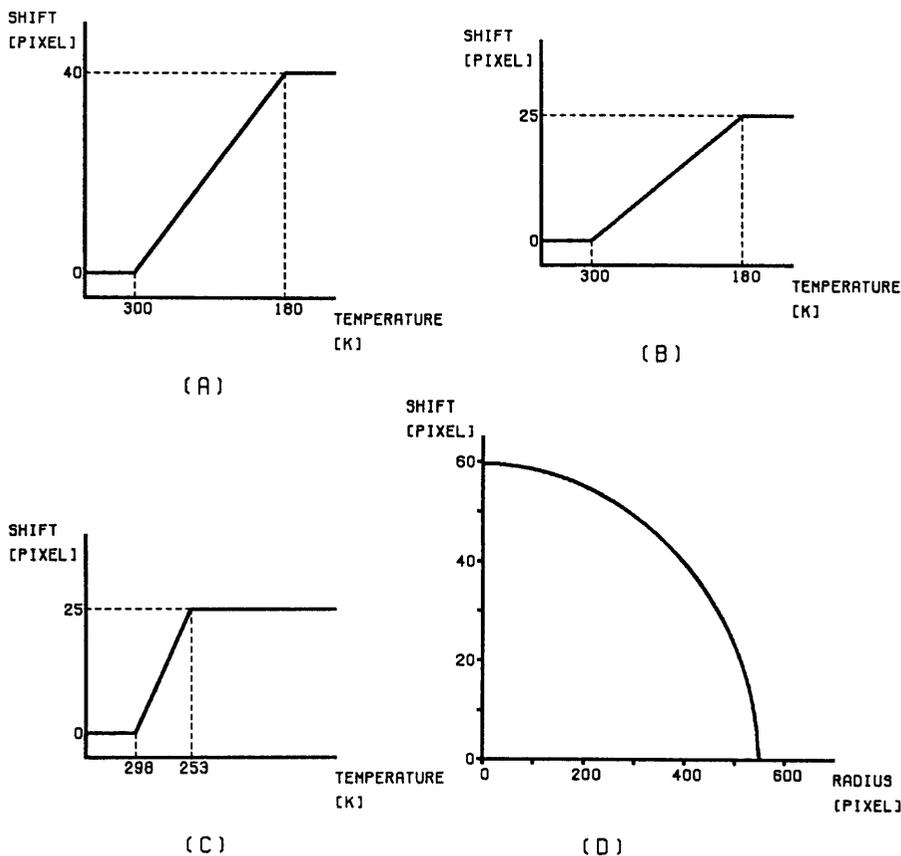


Fig.10 Relation between a shift on the display and equivalent black body temperature for four cases.

- (A) Cold low Fig.6
- (B) Typhoon FRED A Fig.7
- (C) Himaraya and Tibet Fig.8
- (D) Full disk Fig.9

北側(画面では右側)の湖の幾つか見える部分がチベット高原である。太陽が昇ってからすでに数時間が経過しているためヒマラヤ山脈より南の地方では、地面の温度が上昇している。しかし、ヒマラヤ山脈には雪があり、チベット高原は放射冷却の影響が残っているため温度が低い。このため、疑似ステレオではヒマラヤ山脈・チベット高原が高く浮き上がって見える。

4. 4 全球

Fig.9は、1987年9月8日03UTの全球画像をもとに作成した疑似ステレオである。この疑似ステレオはオリジナル画像には可視画像を使用しているが、画素のずらす量はFig.6~8とは異なり、その画素の画面の中心からの距離の関数として算出した。このため、衛星直下付近が周辺部より飛び出して見え、地球の「球」の形状がよくわかる。ずらす量と画面中心からの距離の関係をFig.10(D)に示す。

5 問題点

可視・赤外疑似ステレオは、可視画像をオリジナル画像として使用し、赤外画像から温度の情報を得ているので、可視画像の持つ情報と赤外画像の持つ情報を含んでおり、雲解析に有効である。

しかし、可視・赤外疑似ステレオには幾つかの問題点がある。

5. 1 薄い巻雲と小さい雲

巻雲は本来は対流圏上層に存在しているが、薄い巻雲は低い射出率(emissivity)のために疑似ステレオでは浮き上がる高さは低くなる。逆に、薄い巻雲の下に下層雲がある場合は浮き上がる高さは高くなる。また、衛星の赤外センサの瞬時視野より小さい雲は視野内に海面又は陸地が在るため温度が高く算出され、浮き上がる高さは低くなる。

これらの疑似ステレオの問題は、疑似ステレオ特有のものではなく、単一の赤外チャンネルによる雲解析に共通した問題である。

5. 2 その他の問題点

台風の眼の壁付近のように、温度の変化が大きいの所では、画素にデータが無い場合の補間処理法(3.(2)を参照)によっては、立体感が不明瞭になることがある。これは温度の変化の大きい所ではデータの無い画素が数多く発生し、隣接する画素の平均をとるだけでは、補間が十分ではないためである。

また、今回作成した二色式では、眼の疲労が著しい。偏光方式を用いれば、ある程度は改善されると思われる。

さらに、将来は、三次元(立体)画像の処理・表示技術の進歩及びコストの低減によって、計算機合成ホログラフィの雲画像への応用が期待でき、これによって眼の疲労の問題は解決されるであろう。

6 まとめ

GMSの可視画像と赤外画像を使った疑似ステレオを作成した。

疑似ステレオは、画素単位の計算機処理によって作成された2枚の画像から構成される。この2枚の画像はオリジナル画像の画素を左右にずらして複写し、補間処理と合成処理を行うことで作成される。補間処理と合成処理を工夫し、立体感を明瞭にすることができた。

可視・赤外疑似ステレオは、可視画像をオリジナル画像として使用し、赤外画像から高さの情報を得ているので、可視画像と赤外画像の持つ情報を一度に見ることができ、雲解析に有効である。

今回は主に立体視の技術と例を示したが、今後この技術を実務に利用したり、教育の目的に利用することを目標にさらに調査を進めて行きたいと考えている。

謝辞

システム管理課の浜田忠昭課長には疑似ステレオについての資料及びプロトタイププログラムを提供して頂きました。計算機プログラムの作成にあたり、解析課の市成隆技官には処理方法に関する建設的な意見を頂きました。この報告をまとめるにあたり、解析課の佐藤信輝技術専門官には疑似ステレオの写真撮影をして頂きました。また、解析課の鈴木和史・麻生正両調査官には、内容に関する貴重な意見を頂きました。深く感謝する次第です。

参考文献

- Pichel, W., C.L. Bristol, and R. Broner, 1973: Artificial stereo: A technique for combining multi-channel satellite image data. Bull. Am. Meteorol. Soc., 54, 688-691.
- Hasler, A.F., M. desJardins, and A.J. Negri., 1981: Artificial Stereo Presentation of Meteorological Data Fields. Bull. Am. Meteorol. Soc., 62, 970-973.
- 大越孝敬, 1972: 三次元画像工学, 産業図書。