鳥瞰図作成のアルゴリズム

An algorithm of three dimensional representation for information on a terrain

建石隆太郎*
Ryutaro TATEISHI

Abstract: Many three dimensional representation outputs can be seen at the present time according to the progress of computer.

This study has developed an algorithm to produce a projective transformed image for three dimensional representation. By this algorithm, a large number of data as much as about 2000 by 2000 which is given on a terrain, point by point, can be represented three dimensionally by a projective transformed image which consists of about 2000 by 2000 pixels.

This paper, first, describes usual methods of three dimensional representation and, secondly, explains the developed algorithm and finally displays the output images by developed algorithm.

概 要: 最近、計算機の発達にともない、三次元表現の出力例を多く見る事ができる。本研究で、この三次元表現の1つのアルゴリズムを開発したのでここに紹介する。開発したアルゴリズムにより、例えばリモートセンシングデータのように、地形面上の1点1点に対して与えられた2000×2000程度の多量のデータを2000×2000程度の画素数からなる投影画像で三次元表現することが可能となる。本論文では、先ず従来の三次元表現の方法を簡単に整理し、次に開発された三次元表現のアルゴリズムおよびそのプログラムについて説明し、最後に出力画像例を示している。

1. 三次元表現の分類

1.1 対象物による分類

三次元表現される対象物を整理すると、表1のようになる。

- (1) 地形：地形形状の三次元表現はよく見かける例である。また、地形面上の何らかの情報を三次元表現したいこともある。地形は、数学的には、 x, y 平面上の各点で定義された z （標高）と考えることができるため、三次元空間

内の一価関数曲面と見なすことができる。

- (2) 物体表面：機械部品、自然物体の三次元表現は、コンピュータ・グラフィックスの分野でよく見かける例である。一般の物体表面は、三次元空間内の多価関数曲面として定義できる。
- (3) 物体（空間）内部：身体内部の表現、溶鉱炉内の温度分布、地球内部の表現などは、三次元空間内の詰った情報の表現と考えることができる。

表 1. 三次元表現の対象物による分類

対 象 物	数学的定義	例
① 地 形	三次元空間内 一価関数曲面	地形の表現 地形面上の情報の表現
② 物 体 表 面	三次元空間内 多価関数曲面	物体の表現
② 物体(空間)内部	三 次 元 空 間	身体、溶鉱炉、地球内部の表現 磁束密度の表現

* 千葉大学工学部
「写真測量とリモートセンシング」Vol. 22, No. 3, 1983

1.2 方法による分類

三次元表現の方法は、大きく投影変換画像による方法と投影変換画像によらない方法との2つに分けることができる。

(1) 投影変換画像による方法

これは、計算機により投影変換画像を作る方法である。投影変換の方法には、図1に示すように一般に中心投影変換と平行投影変換とがよく用いられる。中心投影変換の特殊な例として投影面として平面の代りに視点を中心線上にもつ鉛直な円柱面を設定することにより、視点から360°を見渡したパノラマ画像が作成される。

図1 投影変換の方法

前述の説明の中で投影変換により作られる二次元の絵を厳密に定義せずに「画像」という単語を用い、投影変換画像と書いたが、これは厳密には、線で構成された「図形」と濃淡あるいはカラーを持つ点で構成された「画像」とに分けることができる。下記のように、図形は、線図あるいはベクターグラフィックスと呼ばれ、x yプロッタ、蓄積型ディスプレイ、ランダムスキャン型ディスプレイで出力される。一方、画像は、点画(面画)あるいはラスターグラフィックスと呼ばれ、ラスター型ディスプレイ、ドットプリンタ、インクジェットプリンタ、フィルムレコーダで出力される。

図形—線図—ベクターグラフィックス—線図表現—
x yプロッタ、蓄積型ディスプレイ、ランダムスキャン型ディスプレイ

画像—点画(面画)—ラスターグラフィックス—カラー濃淡表現—ラスター型ディスプレイ、
ドットプリンタ、インクジェットプリンタ、
フィルムレコーダ

本論文の第2章以降では、点画方式による投影変換画像を扱っている。

三次元表現の方法には、一枚の投影変換画像による表現だけでなく、複数の投影変換画像による表現もある。すなわち、ステレオ画像あるいは動

画である。

ステレオ画像を構成する2枚の投影変換画像の立体視の方法には、肉眼による方法¹⁾、器械による方法²⁾、余色を利用する方法²⁾、偏光を利用する方法³⁾などがある。2枚以上の通常は8枚程度の投影変換画像を連続的に立体視する方法にレンチキュラー板を利用する方法³⁾がある。これは、nヶ所の異なる視点からの投影変換画像を縦方向に細い短冊状に切り、n種類の細い画像を周期的に並べ、その一周期の画像毎に縦方向に細長い円筒レンズを置いたものである。見る位置により左右の眼で見える短冊状の画像のペアが変化するように工夫されている。

動画による三次元表現とは、ある静止した三次元対象物に対して、視点位置を対象物のまわりに少しずつ変化させて作られた投影変換画像を時間的に連続して表現する方法である。

(2) 投影変換画像によらない方法

① 平行な複数の断面による方法

身体、地球等の物体(内部)の情報を表現するときに平行な複数の断面の画像で表現する方法がある。これは、複数の断面画像を並べて見るだけで、視覚的には三次元として捉えることはできない。しかし、断面が線図表現の図形である場合は、この断面図を透明なフィルムに描き、平行な複数の断面フィルムを重ねることにより、三次元的に知覚することができる。⁴⁾

② ホログラムによる方法⁵⁾

実際の三次元対象物を用いる方法である。これは、単一波長の参照波と呼ばれる光と三次元対象物から反射させた同じ単一波長の光との干渉パターンを写真乾板に記録し、参照波と同じ光でこの写真乾板を照明することにより、三次元対象物を再生する方法である。

一般には、三次元表現の中には含まれないが、地形の表現に対しては、投影変換によらずとも、地図のように真上から見た正射図に等高線あるいは地形陰影を付加することにより、地形の三次元的起伏を知覚することができる。

1.3 表現したい情報による分類

表1の三次元表現の対象物による分類をさらに細く分け、これらの対象物の表現したい情報により分

表2 三次元表現の表現したい情報による分類

表 現 し た い 情 報	投影変換による三次元表現	
	線 図 方 式	点 画 方 式
① 地形面形状	○	○
② 地形面上の情報	△	○
③ 物 体	○	○
④ 物体内部の密な情報		○
⑤ 物体内部の点位置あるいはベクトル情報	○	

○印は、情報がその方式で表現可能であることを示している。

△印は、情報がその方式で不十分ではあるが表現可能であることを示している。

類したものが表2である。表2では、これらの情報を投影変換画像により三次元表現するときに、線図方式、点画方式のいずれの方式によって表現されるかを示したものである。

以下にそれぞれの表現方法について述べる。

① 地形面形状

線図方式の表現は、普通、地形面上にかぶせたメッシュあるいは平行な多数の断面の投影変換図形で表現される。点画方式の表現の例として地形陰影や標高段彩の投影変換画像を挙げることができる。各地点の地形陰影は、地形の方向反射特性のモデルを定め、光源、視点の位置を定めると、その地点の斜面の法線ベクトルを与えることにより簡単に計算できる。⁶⁾

② 地形面上の情報

本研究で考えている地形面上の情報とは、リモートセンシングデータのように地形面上の1点1点に対して与えられた点データである。これは、通常、格子状に与えられる。また、土地利用区分データのように、ある領域に対して与えられる面データも、細かい格子点上の土地利用区分で代表させることにより、点データとすることができる。

地形面上の情報は、点画方式による地形面形状の表現と全く同様にして表現することができる。ただ、リモートセンシングデータのように地形陰影と類似した性質をもつデータは、一枚の投影変換画像で十分に三次元的な知覚が可能であるが、土地利用区分データのように地形陰影と無関係なデータは、一枚の投影変換画像では三次元的な知覚は不可能であり、複数の投影変換画像を作成し、ステレオ表現か動画表現をする必要がある。

一方、線図方式でも線に色を付加することによ

り地形面上の土地利用等の情報を表現することができる。

③ 物 体

線図方式では、物体の稜線の投影変換図形で表現される。点画方式では、陰影あるいは色の付いた物体表面の投影変換画像で表現される。この方法については、2.2節でさらに詳しく述べる。

④ 物体内部の密な情報

物体内部の密な情報の全体を一枚の投影変換画像によって表現することは、不可能である。しかし、ある断面と物体表面との投影変換画像を作成することにより、一部分だけを表現することは可能である。⁷⁾

⑤ 物体内部の点位置あるいはベクトル情報

例えば、地震の三次元的な震源位置のような物体内部の点位置情報は、線図方式の投影変換図形によるステレオ図形あるいは動画により表現することができる。一枚の投影変換図形では、三次元的な知覚はできない。例えば、物体内部の応力や電磁場のようなベクトル情報の表現も全く同様である。

2. 既存のアルゴリズムと本研究の特徴

2.1 物体の表現と地形面上の情報の表現

本研究では、地形面上の情報を表現するための点画方式の投影変換画像を作成するアルゴリズムを開発した。表2に示したとおり、点画方式の投影変換画像は、物体の表現のためにも利用され、そのためのアルゴリズムは既に多くの研究がなされている。しかし、物体の表現のためのアルゴリズムを地形面上の情報の表現に利用するのは得策ではない。その

理由を説明するために、先ず2.2節で物体の表現（点画方式投影変換画像の作成）の代表的な方法について簡単に説明し、つぎに2.3節において物体の表現と地形面上の情報の表現との差異について述べ、本研究の特徴を明らかにする。

2.2 物体の点画方式投影変換画像の作成（既存のアルゴリズム）

物体の表現のための点画方式投影変換画像を作成するアルゴリズムは多くの研究がなされ、Newmanらは、それらのアルゴリズムを簡単に紹介している。⁸⁾ここでは、これらのアルゴリズムの個々の説明は避け、先ず共通した手順について述べ、つぎにこれらのアルゴリズムの一部分である隠れ面処理の方法について述べる。

共通した手順は、以下のとおりである。

- ① 物体を多角形平面の集合で定義する。
- ② 多角形平面毎に投影変換をし、この過程で隠れ面処理および濃淡・カラーの計算を行う。
多くのアルゴリズムでは、多角形平面単位で投影変換の処理を行うが、多角形平面で構成される凸多面体単位で投影変換の処理を行うアルゴリズムもある。

隠れ面処理とは、投影される多角形平面のうち見えない部分の濃淡・カラーを計算しないようにする処理である。濃淡・カラーの計算とは、投影変換画像の画素毎の濃淡・カラーを求める処理で、光源の位置、多角形平面の向き、視点の位置から計算される。よりリアルな表現を追求するために、光源の色、スムージング、物体表面のテクスチャ、半透明の物体、遠い物体のコントラスト低下などを考慮して濃淡・カラーが計算される。

- ③ 投影変換画像の各画素の濃淡・カラーの値をラスター型画像出力装置で出力する。

上記の手順の内、隠れ面処理のアルゴリズムは、いくつか提案がなされているが、これは、以下の基本的な方法に分類することができる。

- (a) 出力画素全部に対応する濃淡カラー値を記憶する主メモリを用意する方法

この方法は、さらにつぎの2つの方法に分類することができる。

- (a-1) さらに、出力画素全部に対応する、視

点から対象物体までの距離を記憶する主メモリを用意する方法

この方法は、つぎの手順で行なわれる。

- (i) 距離を記憶する主メモリ全体に、視点から対象物体（多角形平面）までの最大距離よりも大なる値 d_1 を初期値として入れる。また、濃淡カラー値を記憶する主メモリ全体に、出力画像の背景を示す濃淡カラー値を初期値として入れる。

- (ii) 多角形平面を任意の順序で投影する。

- (iii) 投影された画素について、視点から多角形平面までの距離 d_2 を計算する。

- (iv) 計算された距離 d_2 と、既に主メモリ内に記憶されている距離 d_1 とを比較して

$d_2 < d_1$ のとき 距離を記憶する主メモリ内のデータ d_1 を d_2 に変更し、その画素の濃淡カラー値を計算し主メモリに記憶する。

$d_2 \geq d_1$ のとき 何もしない。

- (v) すべての多角形平面について(ii)~(iv)の処理を行う。

- (a-2) あらかじめ、多角形平面の遠近の順序を計算しておく方法

この方法は、つぎの手順で行なわれる。

- (i) 濃淡カラー値を記憶する主メモリ全体に、出力画像の背景を示す濃淡カラー値を初期値として入れる。

- (ii) 遠い多角形平面から順に投影してゆく。

- (iii) 投影された画素について濃淡カラー値を計算する。

- (iv) 計算された濃淡カラー値を主メモリに重ね書きをしてゆく。すなわち、異なる多角形平面が同一画素に投影されたとき、遠い多角形平面を消去する。

(a-1), (a-2)の方法共、最終的に、濃淡カラー値を記憶する主メモリ内に出力画像データが完成する。

- (b) 出力画像の1走査ラインに対応する濃淡カラー値を記憶する主メモリを用意する方法

この方法は、さらにつぎの2つの方法に分類することができる。

- (b-1) 交点単位で遠近の判断をする方法（図2参照）

この方法は、つぎの手順で行なわれる。

- (i) 1走査ラインの濃淡カラー値を記憶する主メ

図2 交点単位の遠近判断

モリに、出力画像の背景を示す濃淡カラー値を初期値として入れる。

(ii) 視点から投影面上の画素を通過する投射線を出し、多角形平面群との交点を求める。

(iii) 複数の交点のうちもっとも近い交点の濃淡カラー値を計算する。

(iv) 計算した濃淡カラー値を主メモリに記憶する。

(v) 1走査ラインの画素が終了するまで(ii)~(iv)を繰り返す。

(b-2) 投影面上の走査ラインと視点とを含む面で多角形平面群を切った交線群を考え、この交線単位で遠近の判断をする方法(図3参照)

図3 交線単位の遠近判断

この方法は、つぎの手順で行なわれる。

(i) 1走査ラインの濃淡カラー値を記憶する主メモリに出力画像の背景を示す濃淡カラー値を初期値として入れる。

(ii) 投影面上の走査ラインと視点とを含む面で多角形平面群を切った交線群を求める。

(iii) 交線群の遠近の相互関係を求める。
すなわち、1走査ライン内の各画素毎にもっとも近い交線を求める。

(iv) 1走査ライン内の各画素毎にもっとも近い交線上の濃淡カラー値を計算し、主メモリに記憶する。

(b-1), (b-2)の方法共、1走査ラインの処

理が終了すると、主メモリ内の濃淡カラー値を外部記憶か画像出力装置に転送し、つぎの走査ラインの処理を行う。

2.3 地形面上の情報の表現(本研究の特徴)

本研究で開発された地形面上の情報の表現における特徴は、つぎのとおりである。

① 表現する情報は、地形面上で格子状に与えられた点データである。

② 各点データは、標高データと結合されている。いいかえると、各点データは、三次元座標(x, y, z)をもっており、(x, y)は、格子状に並んでいる。

③ 点データの個数は、通常 20×20 から 2000×2000 程度である。一方、ラスタ型画像出力装置の出力画素数は、小型カラーディスプレイの 256×256 からフィルムレコードの約 4000×4000 程度に渡っている。したがって出力画素数が多い場合は、その全体を計算機の主メモリに読み込むことができない。そこで本研究では2.2節における(b)の方法、すなわち、「出力画像の1走査ラインに対応する濃淡カラー値を記憶する主メモリを用意する方法」を採用している。ただし、④で述べるように、多角形平面単位ではなく点単位で投影変換をする。すなわち、本研究は、ライン処理で投影変換画像を作成するアルゴリズムを追求したものである。

④ 物体の表現のためのアルゴリズムは、多角形単位で考えられているため、これを地形面上の点データの表現に利用するには、3つの点データで三角形を作り、三角形群を作成することにより可能となる。しかし、多量の点データを三次元表現するときには、三角形群の数は膨大となるため、点単位で投影変換をし、隠れ点処理をした方が効率がよい。点単位の隠れ点処理は、つぎの2つの基本的な原理

図4 隠れ点処理の原理(a)

のいずれかを使うことにより可能となる。

原理(a) 図4は、視線ベクトルを含む鉛直断面で地形面を切った図である。例えば、視点から遠い点Pは近い点Qよりも投影面上で上に投影されているので点P Q間は見える。一方、視点から遠い点Rは近い点Sよりも投影面上で下に投影されているので点R S間は見えない。以上のように、鉛直断面内の投影点の上下を比較することにより隠れ点処理を施すことができる。

原理(b) 図5は、真上から見た正射図において平行な2本の地形断面を投影した図である。例えば、投影面上の2本の地形断面A、Bと縦線との交点PとQとにおいて、視点から遠い点Pは近い点Qよりも投影面上で上に投影されているので点P Q間は見える。一方、視点から遠い点Rは近い点Sよりも投

図5 隠れ点処理の原理(b)

影面上で下に投影されているので点R S間は見えない。以上のように、投影面の縦方向に投影点の上下を比較することにより隠れ点処理を施すことができる。

3. 地形面上の情報の点画方式投影変換画像の作成（鳥瞰図作成）^{9) 10) 11) 12) 13)}

3.1 平行投影変換画像作成

平行投影変換画像作成の隠れ点処理において、2.3節の原理(b)を利用することは可能である。この場合、処理の流れは、後述の3.2節の中心投影変換画像作成の場合と同じとなる。その長所は、任意の方位角からの平行投影変換画像が作成できることであり、短所は、多量の主メモリ容量、ディスク容量が必要となることである。ここで開発したプログラムは、原理(a)を利用したものである。その長所は、主メモリ容量が少なく済むことであり、短所は、一方位角からの平行投影変換画像しか作成できないことである。勿論、データの再配列の前処理を追加するこ

とにより、任意の方位角からの平行投影変換画像の作成ができる。

(1) 処理の流れ

図6は、2.3節の原理(a)を利用した平行投影変換画像作成のフローである。

まず、視線方向に並んだ格子状の表現すべきデータAと標高データとを入力する。格子は、長方形格子でも可能である。もし格子の並びと異なる方向から見た鳥瞰図を作りたいときは、視線方向の向きにデータを再配列する必要がある。

<ステップ1> 地形面上の1ライン毎に平行投影変換をしつつ、すなわち、投影面上のu座標を求めつつ、原理(a)により隠れ点処理を行う。ここで視線の方位角は、データの並び方向に固定されているが、視線の俯角は、自由に与えられる。

<ステップ2> 投影面上の1ライン毎にデータAについてv方向に線形内挿することにより、データAの並びを正方格子状にする。このとき、データAが投影されていない部分には背景を示す適当なデータをうめる。出力画像のライン数nは、入力データのラインに等しい。

(2) プログラム

開発したフォートランプログラムは、視線方向へのデータの再配列の処理を含まなく、全処理がライン内の処理であるため、必要な主メモリ容量は小さい。オブジェクト・モジュールのプログラム・サイズは、69 Kバイトである。cpu時間は、1400×1000のデータに対してHITAC M-170で約5.5分である。

3.2 中心投影変換画像作成

中心投影変換画像作成の隠れ点処理において、2.3節の原理(a)を利用するとき、データを放射状に再配列する必要がある。これは、視線方向が視点を中心とする放射状だからである。この場合、データを部分的に再配列することが困難なため、全データをプログラムの配列（アレイ）に読み込むための多大の主メモリ容量が必要となる。このため、データ量が多い場合、原理(a)を利用することは困難となる。したがって、ここで開発したプログラムは、原理(b)を利用したものである。

(1) 処理の流れ

図6 平行投影変換画像作成のフロー

図7は、2.3節の原理(b)を利用した中心投影変換画像の作成フローである。

まず、格子状の表現すべきデータAと標高データとを入力する。格子は、長方形格子でも可能である。

<ステップ1> 視線方向とデータの並び方向が45°以上になるようにデータの並びを90°毎の4通りのいずれかに再配列する。(図8参照)但し、(i)の場合は、再配列は行なわずもとのデータ並びのままである。

<ステップ2> 与えられた視点座標、目標点座標を用い中心投影変換を行う。すなわち、投影面上のu座標、v座標を求める。

<ステップ3> v座標データとデータAについてu方向に線形内挿を行い、投影面上において投影点のu座標の間隔が与えられた値dに等しくなるようにする。

<ステップ4> 地形面上のライン毎に並んだv座標データおよびデータAを投影面上の縦方向の並びとなるように再配列する。再配列された1ライン内では、データを地形面上のラインの順で並べる。

<ステップ5> 2.3節の原理(b)により隠れ点処

理を行う。

<ステップ6> 投影面上の1ライン毎にデータAについてv方向に線形内挿することにより、データAの並びを正方向格子状にする。このとき、データAが投影されていない部分には背景を示す適当なデータを充当する。出力画像の正方向格子状の画素間隔dは、ステップ3で与えられるu座標間隔dに等しい。

(2) プログラム

開発されたフォートラン・プログラムは、データの縦と横の並びを入れかえる再配列処理をステップ1、ステップ4で行なうため、そのための配列(アレイ)が必要となる。例えば、1データ2バイトで1000×1000のデータを再配列するためには、全データを配列(アレイ)として記憶するとき、2Mバイトの主メモリが必要となる。本プログラムでは、より少量の主メモリで済むように、部分的に再配列をし最後に結合する方法を探っている。また、再配列処理がステップ1とステップ4とで行なわれるため、プログラムをステップ3までとステップ4以降との2つのジョブステップに分けている。

前半のジョブステップのオブジェクト・モジュ

図7 中心投影変換画像作成のフロー

図8 データの再配列

図9 LANDSAT データの鳥瞰図 (南から俯角 30° 、平行投影変換)

図12 LANDSAT データの鳥瞰図 (地上800 m、パノラマ画像)

図10 LANDSATデータの鳥瞰図（南西から俯角 18° ，中心投影変換）

図11 LANDSATデータの鳥瞰図（北西から俯角 18° ，中心投影変換）

表3 必要な一時データセットのディスク容量

入力画素数	入力ライン数	出力画素数	出力ライン数	一時データセットのディスク容量 (Mega byte)		
				前 ジョブステップ	半 後 ジョブステップ	全 体
1000	1000	1000	1000	12	14	14
2000	1000	1500	1000	24	27	27
2000	2000	2000	2000	48	56	56

ールのプログラム・サイズは、460 Kバイト、後半のジョブ・ステップは、816 Kバイトである。このプログラム・サイズは、部分的再配列のための再列（アレイ）の大きさを小さくすることにより減少させることができる。したがって、このプログラムは、ユーザーの主メモリ使用領域512 Kバイトの計算機で実行可能である。

処理の過程で一時的にデータを記憶しておくためのディスク容量の例を表3に示す。

cpu時間は、ステップ1で再配列が必要か（図8の(㉔), (㉕), (㉖)の場合、すなわち東、北、西から見る場合）必要でないか（図8の(㉗)の場合すなわち南から見る場合）によって大きく異なる。前者の場合、1400 × 1000の入力データからほぼ同数の出力画素数をもつ鳥瞰図を作成するのに要するcpu時間は、HITAC M-170で約25分、後者の場合約14分である。

4. 応 用 例

LANDSAT データと標高データとを入力データとし、3節で述べた方法を用い鳥瞰図を作成した。

(1) 対象地域

富士山を含む2.5万分の1の地形図7 × 6図葉の約80 km × 55 kmの地域

(2) 使用データ

① LANDSAT MSS 4, 5, 6, 7バンドの総和データ

幾何補正処理を施した1403 × 980の56m正方メッシュデータをプログラムの入力データとした。

② 標高データ

国土数値情報に含まれる250 mメッシュ標高データに内挿処理を施した1403 × 980の56m正方メッシュデータをプログラムの入力データ

とした。

(3) 作成された鳥瞰図

図9は、南方向俯角30°から見た平行投影変換図である。出力画素数は、1403 × 900である。

図10は、対象地域中心から南西方向60 kmの地点の上空から俯角18°で見た中心投影変換画像である。出力画素数は、1350 × 900である。

図11は、対象地域中心から北西方向60 kmの地点の上空から俯角18°で見た中心投影変換画像である。出力画素数は、1350 × 900である。

ある地点から360°を眺めたパノラマ画像も、2.3節の隠れ点処理の原理(a)を利用することにより作成できる。¹⁰⁾ 図12は、対象地域中心の上空800 mから見たパノラマ画像である。

図9から図12は、いずれも高さを3倍にして地形起伏を強調してある。図9の画像出力機器は、フォトプリンタ、図10、図11、図12は、カラー・インクジェット・プリンタである。

5. 結 論

本研究で開発された鳥瞰図作成のアルゴリズムによりユーザー使用の主メモリ容量512 Kバイト、ディスク容量60 Mバイトの計算機で2000 × 2000の表現すべきデータおよび標高データを入力して、2000 × 2000の鳥瞰図出力画像データを作成することが可能となった。

ただし、鳥瞰図として、データの並び方向から見た平行投影変換画像を作成する場合（図9の場合）は、プログラム実行中のデータの一時的な記憶媒体としてのディスクメモリは不要であり、主メモリ容量も100 Kバイトで十分である。

参 考 文 献

- 1) 日本写真測量学会編「立体写真のみかた・とりかた・つ

- くりかた」 技報堂出版
- 2) 西尾元充「空からはかる」 技報堂出版
 - 3) 応用物理学会編「生理光学」 朝倉書店
 - 4) Alan J. Herbert 'The Representation of Data in Three Dimensions' Journal of Applied Photographic Engineering, December 1980
 - 5) Geoffrey H. Dutton 'American Graph Fleeting, A Computer-Holograph Map Animation of United States Population Growth 1790-1970' Harvard Library of Computer Graphics 1979 Mapping Collection Computer Mapping In Education, Research and Medicine
 - 6) 村井俊治, 建石隆太郎「標高メッシュデータを用いた地形の画像出力」 生産研究, 昭和53年7月
 - 7) 萬淳一他, 「頭部CT像の3次元表示」 第12回画像工学コンファレンス論文集, 1981
 - 8) Newman, W. M. and R. F. Sproull 'Principles of Interactive Computer Graphics' McGraw-Hill
 - 9) S. Murai, R. Tateishi 'Three Dimensional Representation for LANDSAT MSS Data' 14th International Congress I. S. P. 1980
 - 10) 村井俊治, 建石隆太郎, 長幸平「標高メッシュデータを用いたパノラマ画像の作成」 昭和55年日本写真測量学会秋期講演会論文集
 - 11) R. Tateishi 'Representation of Terrain Using Elevation Data' 1st Asian Conference on Remote Sensing 1980
 - 12) 建石隆太郎, 長幸平「LANDSATデータの三次元表現に関する研究」 昭和56年日本写真測量学会年次講演会論文集
 - 13) R. Tateishi, K. Cho 'Integration of Elevation Data and LANDSAT Data' 2nd Asian Conference on Remote Sensing 1981

ISPRS リオ大会ニュース No. 1

・参加費（カッコ内は同伴者の参加費）

1984年4月1日以前に支払う場合	300スイスフラン（100スイスフラン）
1984年4月1日以後に支払う場合	350スイスフラン（100スイスフラン）

・大会までの主なスケジュール

1983年6月～7月	仮プログラム印刷
1983年8月	仮プログラム発送
1983年11月	商業展示受付〆切
1984年1月17日	論文応募〆切
1984年2月17日	部会長による論文審査〆切
1984年2月～3月	論文タイプ用紙発送
1984年3月17日	論文提出〆切
1984年5月～6月	最終プログラムおよび論文集の印刷
1984年6月17～29日	ISPRS リオ大会