

J-23

## 2次元写真に基いた現代鳥瞰絵図の制作に関する 画像数値処理アルゴリズム

The Image Mathematical Processing Algorithm for Production of Modern Bird's-eye View based on  
Two-dimensional Photographs

宮崎 保光 勝田 雄貴 佐々木秀記  
Yasumitsu MIYAZAKI Yuuki KATSUTA Hideki SASAKI

豊橋技術科学大学 工学部  
Toyohashi University of Technology

### 1. はじめに

鳥瞰絵図は、自然、人口環境状況を知る上に、実用的にも意義が高いが、アートの視点からも、歴史的にも鳥瞰絵図は興味深いものがある。これまで、そのほとんどが手書き制作のものであったが、最近では航空写真をもとに、制作した試みがなされている。しかしながら航空写真をもとに単純に処理した制作では、環境と建物、施設などの特長を示すことになっていないし、芸術的美学的側面からの評価は低いと考えられる。ここでは、自然、建物、施設などの環境の特徴を明示しつつ、また、芸術的観点からも意義の深い伝統的鳥瞰絵図の特質を維持したコンピュータ処理法を示す。デフォルメした全景図をもとに、2次元景観写真を基礎にコンピュータ画像処理を用い、最終的には美的視点を重視した手書トレーシング手法を混合したプロセスにより完成した、現在の鳥瞰絵図の制作手法を提案し、その事例を示す。

### 2. 現代鳥瞰図作成手順

これまで、古くは奈良、平安、近代では、江戸、明治、大正、昭和初期において、寺社参拝用、博覧会用、あるいは、名所絵図用として、芸術要素を備えたデザイン画としての鳥瞰図あるいは絵巻などが示されてきている。

一方、コンピュータの発達により設計図をはじめとして、最近では、CGを用いたデザイン画、シミュレーション、コンピュータ・アートの分野が展開されている。また、地図情報もGISとして地理データベースに活用されてきている<sup>1-3)</sup>。ここでは、客観的地理情報をアート感覚に表現する鳥瞰絵図の作成について検討している。

図1に鳥瞰図の作成手順を示す<sup>4)</sup>。手書きの鳥瞰図(A<sub>1</sub>)あるいは、全体的な航空写真(B<sub>1</sub>)をもとに概観を示すデフォルメしたアートのデッサン図を出発とする。つぎに出発の原図の中に各地理的位置に対応する場所に個々の各自然環境、建物、施設の写真を挿入する(C<sub>1</sub>)。強調したい個々の各自然環境、建物、施設を撮影した2次元近傍写真により、それぞれ3次元情報を推定し、任意方向からの2次元絵図を個々に画像ソフトにより作成する(E<sub>1</sub>)。最後に、全体の鳥瞰図を美的観点によりコンピュータ画像処理あるいは手書きにより手直しする(F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub>)。

### 3. 2次元画像の方向可変画像ソフト

鳥瞰図作成フローにおいてE<sub>1</sub>段階が最も重要な画像ソフトである。実際の景観とカメラによるフィルム上の画像の関係において、平面図および側面図(立面図)に関して、高さ、距離における3次元データとフィルム画面上の2次元データの関係は図2の関係にあり、これらの関係により、一方向からの写真画像より、他方向からの2次元画像の推定が可能である。地上面をa,b,建物上をa',b'とし、近くの

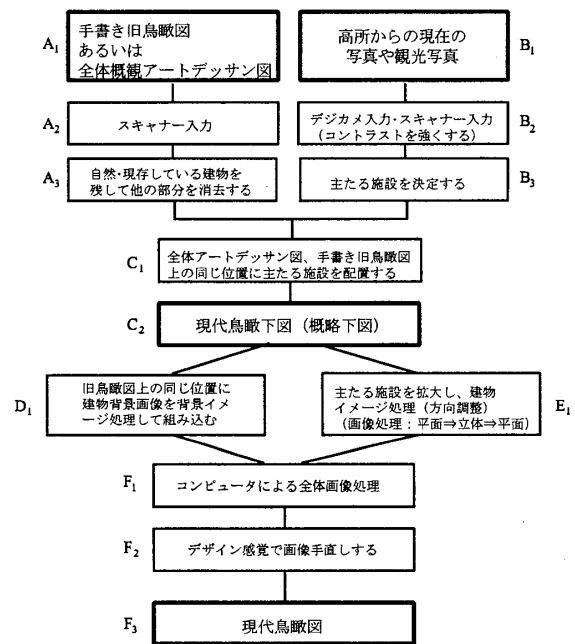


図1 現代鳥瞰図作成手順

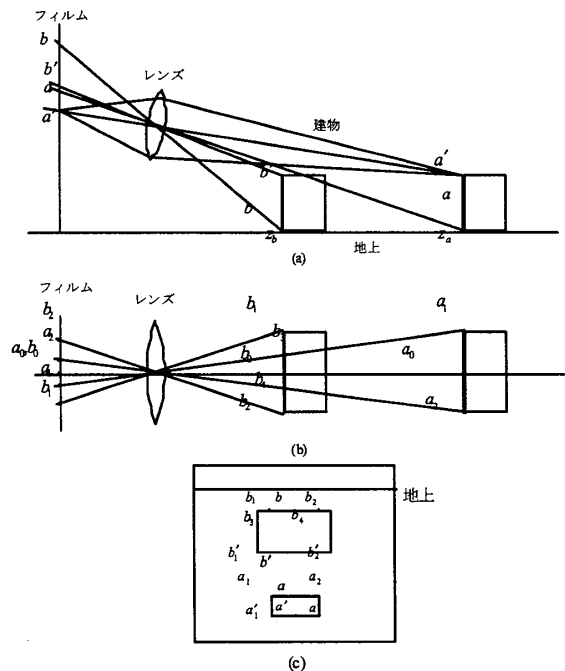


図2 景観と写真画像の位置関係

$z_b$  に対し( $b, b'$ ), 遠くの  $z_a$  に対し( $a, a'$ )としたとき、近くの高い位置の  $b'$  と遠方の低い  $a$  との関係が重要な比較値となる。同様に遠方の中心より隔てた、 $a_1$  と近傍の隔てていない

$b_3, b_4$  は写真画像上では中心からの左右隔たりは同じ位置にある。これらの写像関係は、地図の2次元距離情報により2次元データから3次元データを推定するのに用いることができる。

2次元画像から3次元への変換について考える。図3において、ある点Pの3次元空間上の座標を  $\mathbf{R} = {}^T(X, Y, Z)$ 、点Pを2次元平面へ透視投影したときの2次元座標を  $\mathbf{r} = {}^T(x, y)$  とすると、次の関係が成り立つ。

$$x = \frac{X}{Z}, \quad y = \frac{Y}{Z} \quad (1)$$

また、カメラの内部校正行列をAとすると、写真画像上での点Pの座標  $\mathbf{r}_m$  は  $\mathbf{r}_m = \mathbf{A}\mathbf{r}$  と表されるので、写真画像の2次元座標から3次元のカメラ座標への変換式は、

$$\mathbf{R} = \mathbf{Z} \begin{pmatrix} \mathbf{A}^{-1}\mathbf{r}_m \\ 1 \end{pmatrix} \quad (2)$$

で表される。ここで、Zはカメラと対象物との距離であり、地図の2次元距離情報から与えられる。

次に対象物の視点変更について考える。全てのカメラや

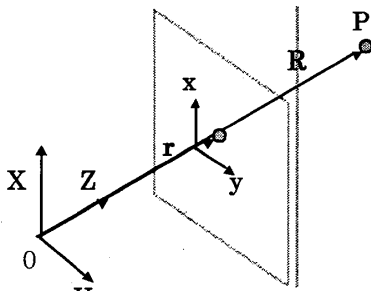


図3 透視投影法

対象物に対して共通な座標をワールド座標とする。図4にカメラ座標とワールド座標の位置関係を示す。復元するものは全て建物であり、同一平面である地面から垂直に建っているものとし、ワールド座標の原点はその平面上に置く。このとき地表面からの高さ方向がx軸になるように座標をとる。2次元画像を撮影したときのカメラの位置を原点としたときの対象物上における点Pの3次元座標  $\mathbf{R}$  と、Pのワールド座標  $\mathbf{R}_w$  の関係は図4のようになっている。カメラはワールド座標における原点0から  $\mathbf{T}$  だけ平行移動し、x, y, z軸に対しそれぞれ  $\theta_x, \theta_y, \theta_z$  だけ回転したとき、2つの座標の間に次式が成り立つ。

$$\mathbf{R} = \mathbf{S}\mathbf{R}_w + \mathbf{T} \quad (3)$$

ただし、Sはカメラの回転成分で、次式で示される。

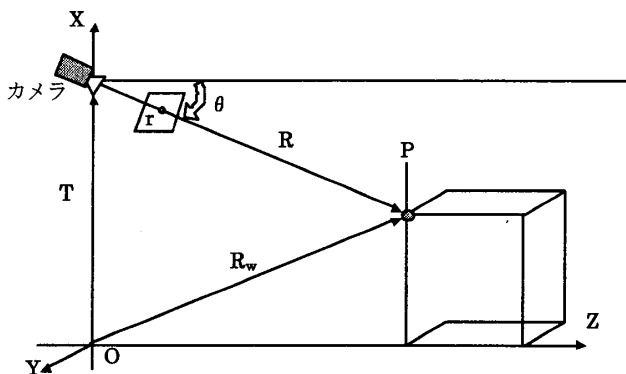


図4 カメラ座標とワールド座標

$$\mathbf{S} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \theta_x & -\sin \theta_x \\ 0 & \sin \theta_x & \cos \theta_x \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos \theta_y & 0 & \sin \theta_y \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin \theta_y & 0 & \cos \theta_y \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos \theta_z & -\sin \theta_z & 0 \\ \sin \theta_z & \cos \theta_z & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (4)$$

以上より、2次元画像上の座標  $\mathbf{r}_m$  をワールド座標  $\mathbf{R}_w$  に変換する場合、

$$\mathbf{R} = \mathbf{Z}\mathbf{S}^{-1} \begin{bmatrix} \mathbf{A}^{-1}\mathbf{r}_m \\ 1 \end{bmatrix} - \mathbf{T} \quad (5)$$

となる。求められたワールド座標から任意の視点からの変更を行い、また2次元座標に戻すには、以上の手順と逆の変換を行えばよい。

#### 4. 2次元画像の視点変更シミュレーション

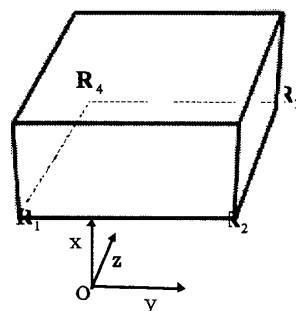
2次元画像から3次元座標の復元と視点変更のシミュレーションの例として、図5(a)のような簡単な直方体モデルの視点変更結果を(b)に示す。ここで入力データとして、地図情報から得られる地平面上の4つの頂点座標、およびカメラの並進成分  $\mathbf{T}$  と回転成分Sである。これにより、任意のカメラ視点から見た対象物の2次元画像が得られた。

#### 5. まとめ

景観のデッサン図あるいは旧鳥瞰図を用い、一方向2次元写真より適当な方向の2次元画像を推定し、全体の絵図画像作成することにより現代の鳥瞰図の作成を試みた。さらに複雑な形状や、壁面のテクスチャも扱えるよう、方向可変プログラムの改良を行い、またアート観点により改善を進める予定である。

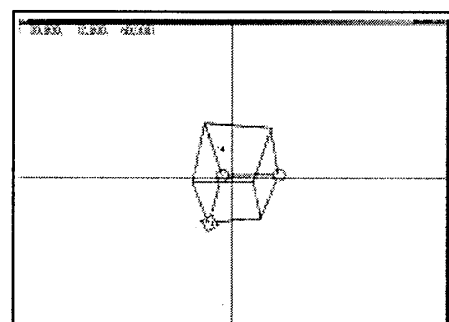
#### 参考文献

- (1) 宮崎、画像の空間フィルタによる情報処理と再構成、名古屋造形芸術大学研究紀要第3号、pp.83-96(1993)
- (2) 宮崎、ビジュアル・コンテンツに関するマルチメディアハウスの構築、同、第6号、pp.103-117(2000)
- (3) J.D.Foley 他、Computer Graphics, Addison-Wesley (1997)
- (4) 勝田、宮崎、現代鳥瞰絵図の2次元写真を用いたコンピュータ画像処理による制作、電子情報通信学会2002年総合大会、D-11-133(2002)



$$\begin{aligned} \mathbf{R}_1 &= (0, -300, 300) \\ \mathbf{R}_2 &= (0, 300, 300) \\ \mathbf{R}_3 &= (0, 300, 700) \\ \mathbf{R}_4 &= (0, -300, 700) \\ \mathbf{T} &= (1000, -1000, 3000) \\ \theta_x &= 0, \theta_y = -0.7, \theta_z = 0 \end{aligned}$$

(a) 入力データ



(b) 復元結果

図5 直方体モデルの3次元座標復元