

I-24 2D デジタル画像を用いた Web/3D モデルハウスの構築に関する研究

A research for Producing Web/3D Model House from 2D Digital Pictures

北川悦司* 田中成典** 古田 均** 杉町敏之*
 Etsuji Kitagawa Shigenori Tanaka Hitoshi Furuta Toshiyuki Sugimachi

【抄録】近年、2D 画像データから3D モデルを創出する写真測量技術のニーズはますます高まり、その有用性は計り知れない。そこで、著者らは、既研究において2D 画像を用いた3D モデル創出のシステム化を検討してきた。その中で、収斂撮影の精度向上と対応点の自動取得の確立が研究課題として残った。本研究では、初期対応点から全ての対応点の準自動取得と収斂撮影の精度向上に取り組んだ。また、応用分野を3D モデルのニーズの高い住宅に選定し、誰もが簡単に Web/3D モデルハウスを VRML で構築できるシステムを開発した。本システムを利用することで、購買者や賃貸者が、見取り図や写真情報以外の正確な住宅情報を Web 上から容易に獲得できることを目指す。

【Abstract】 In recent years, the need of the photogrammetry technology for creating a 3D model is increasing. Therefore, in previous study, systematization of 3D model creation that used 2D pictures was realized. However, the technology of performing the improvement in accuracy of convergence photography and automatic acquisition of corresponding points were not established. Then, in this research, we try to get a semi-automation of corresponding points acquisition from initial corresponding point and the improvement in accuracy of convergence photography. Moreover, we chose an applicable field as a residence of the high needs of 3D model. And we developed the system by which everyone could create Web / 3D model house by VRML easily. By using this system, we aim at that a purchaser or a lease person can acquire easily exact housing information from Web other than a sketch or photograph information.

【キーワード】 3D モデルハウス, 写真測量, 対応点, 収斂撮影, デジタル画像, Web, VRML

【Keywords】 3D Model House, Photogrammetry, Corresponding Points, Convergence photography, Digital Picture, Web, VRML

1. まえがき

近年、インターネットの普及により様々な情報をデジタル化して一般公開する風潮は加速の一途を辿っており、その情報の持つ重要性は計り知れない。特に、住宅情報は、国民生活に非常に密接な関係を持っており、即時性や多様性が求められている。現在、不況等の煽りから、新築物件よりも中古物件に購入

者や賃貸者の注目が集まっている。しかし、中古物件情報では、見取り図の2D 情報や写真情報の表示だけの公開に留まっている。そのため、購買者や賃貸者は、現地を訪れてみなければ、物件の状況がわからないといった実状がある。しかし、これまでの住居の3D モデル化技術¹では、コストがかかる上、技術的にも課題が多く3D モデル化が困難とされ

* 関西大学大学院 総合情報学研究科

〒569-1095 大阪府高槻市霊仙寺 2-1-1 (TEL) 0726-90-2404 (FAX) 0726-90-2491

** 関西大学 総合情報学部

〒569-1095 大阪府高槻市霊仙寺 2-1-1 (TEL) 0726-90-2404 (FAX) 0726-90-2491

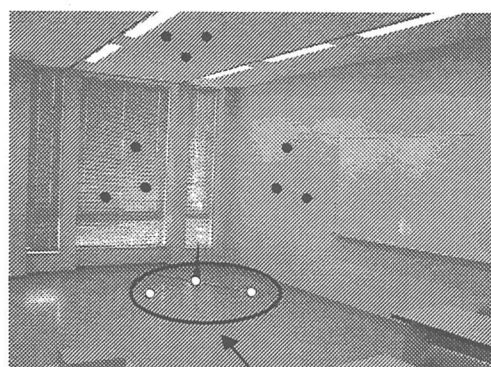
ている。

本技術の確立は、誰もがデジタル写真を撮影するだけで、精度の高い3次元モデルハウスを作成することを可能にする。また、人々の生活において非常にニーズの高い3Dオブジェクト家具の配置シミュレーションなどへの発展応用が考えられる。そこで、本研究では、誰もがWeb上にいつでも、容易に、正確な物件情報を持つWeb/3Dモデルハウスを構築できるシステムの研究開発を目指す。

2. システムの概要

2.1 入力データ

本システムでは、まず、入力する2Dデジタル画像は、2枚以上とし、被写体を家具などの無い単純な部屋とする。次に、各平面上の対応点をマウスで3点以上選択し、入力データとする。選択点に3点以上の適切な基準点がない場合は、3点以上の基準点をマウスで選択する。対応点選択の概要を図1に示す。



基準点と重複

●:同一平面上の点 ○:基準点

図1 対応点選択の概要

2.2 システムの詳細

既研究¹では、非線形な組み合わせ問題に適した遺伝的アルゴリズム² (GA: Genetic Algorithm) を用いて、準最適なパスポイントを決定する手法を確立し、高額な機材や専門家の知識を必要とせず、誰もが簡単に3Dモ

デル空間を創出できるシステムを開発した。

しかし、大きく2つの研究課題が残った。1つ目は、対応点を手動で選択して取得するため、対応点の抽出に時間がかかり、高速に3Dモデルを作成できないことである。2つ目は、平行撮影に比べて収斂撮影の精度が低いことである。そこで、本研究では、課題となっていた収斂撮影の精度向上と対応点の準自動取得を実現する。

本システムは、図2に示すように、1) カメラの位置と傾きを取得するGAを用いた写真測量機能、2) エッジ検出等を用いて平面の境界線を求め、対応点を自動的に取得する対応点準自動取得機能、3) 対応点準自動取得機能により取得された点情報から3次元データを取得する3次元計測機能、4) 算出された3次元座標データからVRMLモデルを創出するVRMLモデル生成機能、5) 創出されたVRMLモデルのWeb化を行いWeb上に表示させる3DモデルハウスWeb化機能といった5つの機能により構成される。

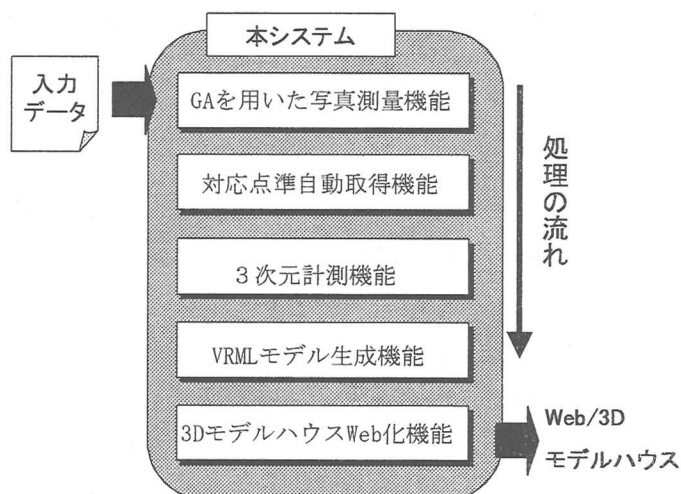


図2 システムの流れ

3. GAを用いた写真測量機能

3.1 カメラパラメータの算出

写真測量で被写体の3次元情報を算出するためには、カメラのパラメータが必要である。

そこで、本機能では、遺伝的アルゴリズムを用いて、対応点準自動取得機能や3次元計測機能で利用するカメラのパラメータを算出する。この場合のカメラのパラメータとは、左右2枚の写真が撮影された時のレンズ中心の位置 (B_{x1}, B_{y1}, B_{z1}) (B_{x2}, B_{y2}, B_{z2}) とカメラの傾き $(\omega1, \kappa1, \phi1)$ $(\omega2, \kappa2, \phi2)$ である。カメラのパラメータ算出に最も重要なのは、パスポイントの決定である。しかし、パスポイントの決定には、高度な専門家の知識を必要とする。そこで、既研究¹では、遺伝的アルゴリズムを用いて、準最適なパスポイントの組み合わせを決定する手法を開発した。

3.2 収斂撮影への対応

既研究¹では、専門的知識を必要しない高精度の3次元モデル創出技術を実現した。しかし、誤差約1,2%以内の精度である平行撮影に比べ、収斂撮影の精度が低いという研究課題があった。この課題の原因は、収斂撮影の場合、GAを用いた写真測量機能で誤差を約1,2%以内にするパスポイントの組み合わせが算出できないことである。収斂撮影の精度の向上は、平行撮影では被写体が全て写らない場合への対応や、フリーハンド撮影への対応など様々な利用が考えられる。そこで、本研究では、収斂撮影の場合でも平行撮影と同様に準最適なパスポイントの組み合わせを算出する手法を考案する。

既研究¹では、文献³で体系化されている共面条件を用いて投影中心を結ぶ方法を用いて対応点の3次元座標データを算出した。この手法は、2つのカメラの位置が平行の状態を収束計算の初期状態とするため、 $\kappa1, \phi1, \omega2, \kappa2, \phi2$ の初期値を0とする。そのため、初期状態に近い平行撮影に比べ、初期状態よりカメラが大きく傾いている収斂撮影の場合は収束するのに時間がかかるだけでなく

局所解に陥る可能性が高くなる。既研究¹で収斂撮影の精度が平行撮影に比べ低かったのは、このことに起因する。そこで、その探索領域を既研究¹より広げることでこの問題が解決できると考えた。具体的には、GAの遺伝子の評価において、指標座標系³⁻⁹が右手座標系と左手座標系の両方の場合について評価値を算出し、評価が高い方をその遺伝子の評価値とした。

3.3 収斂撮影の実証実験

本実験では、既研究¹の実証実験で用いた原点から7.5m離れ約55°の収斂撮影を行った写真(図3)を用いる。撮影条件としては、レンズのディストーション補正は行わず、三脚を用いてカメラの高さと傾きを固定した。カメラは、約200万画素の一般に市販されているものを用い、焦点距離6.5mm、画素サイズ0.0039mm、ピクセル数1600×1200に設定した。また、基準点及びパスポイント等は、既研究¹と同様の点を用いた。計測精度の評価には、パスポイント以外の検証用基準点を4点用いた。計測結果を表1に示す。

既研究¹と同じ写真を用いて実証実験した結果、本研究のGAを用いた準最適観測点決定機能を用いることで、収斂撮影においても誤差が約1,2%以内の計測結果を得ることができた。このことから、本システムが様々な撮影方法に有効な手法であることを確認した。



左から撮影した写真



右から撮影した写真

図3 収斂撮影

表1 計測結果

点名		観測値(m)	実測値(m)	誤差(m)	誤差率(%)
点1	x	0.90592	0.91	0.00408	0.44839
	y	2.83820	2.85	0.01180	0.41396
	z	0.58621	0.60	0.01379	2.29906
点2	x	-0.90336	-0.92	-0.01664	1.80901
	y	2.93529	2.88	-0.05529	-1.91983
	z	0.58296	0.60	0.01704	2.83939
点3	x	-1.04641	-1.05	-0.00359	0.34175
	y	-2.93448	-2.90	0.03448	-1.18884
	z	0.59534	0.60	0.00466	0.77667
点4	x	0.73571	0.72	-0.01571	-2.18245
	y	-3.52322	-3.55	-0.02678	0.75428
	z	0.58799	0.60	0.01201	2.00114

4. 対応点準自動取得機能

4.1 対応点準自動取得機能の流れ

本機能では、住宅が平面の組み合わせにより構成されていることに着目し、全ての面に対して自動的に対応点の取得の処理を行うことを考案した。まず、1) 同一平面上の対応点から任意で2点選択する。次に、2) 平面の境界線に到達するまで、画像上を任意の値ずつ進めて、写真座標から3次元座標を算出して対応点の取得を行う。最後に、1)と2)の処理を任意の回数繰り返す。対応点準自動取得機能の流れを図4に示す。

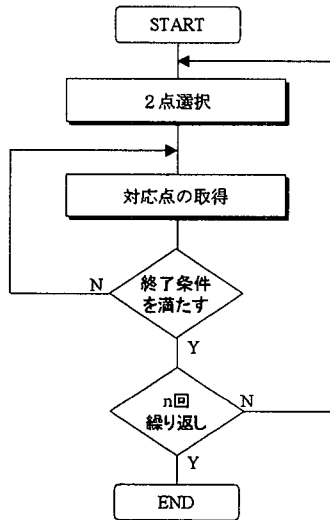


図4 対応点自動取得機能の流れ

4.2 2点選択

2点選択では、対応点を自動的に取得するための基準となる点を選択する。具体的には、1回目では、選択した点の中から2点を選択する。2回目以降では、取得した対応点の中

から任意で2点を選択する。ただし、2点が既に選択した組み合わせの場合は、再度選択を行う。

4.3 対応点の取得

GAを用いた写真測量機能で、対応点から3次元座標を算出した。対応点の取得では、まず、1) 算出した3次元座標を用いて、選択された2点を通る直線方程式を算出する。次に、2) 1点から算出した直線上で任意の値ずつ移動した3次元上の座標に逆アフィン変換と逆変換を行い、写真上の対応点を取得する。逆アフィン変換とは、写真座標系³からピクセル座標系³に変換することである。また、逆変換とは、3次元座標系から写真座標系に変換することである。逆アフィン変換に用いる関係式³を次式(1)に示す。

$$\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a & b \\ d & e \end{pmatrix}^{-1} \left\{ \begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} c \\ f \end{pmatrix} \right\} \quad (1)$$

a, b, c, d, e, f : アフィン係数
 (x, y) : ピクセル座標
 (x', y') : 写真座標

左画像の座標の逆変換に用いる関係式³を次式(2)に示す。

$$A = \begin{pmatrix} \cos \varphi_1 & 0 & \sin \varphi_1 \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin \varphi_1 & 0 & \cos \varphi_1 \end{pmatrix} \quad B = \begin{pmatrix} \cos \kappa_1 & -\sin \kappa_1 & 0 \\ \sin \kappa_1 & \cos \kappa_1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} x_1 \\ y_1 \\ -c \end{pmatrix} = B^{-1} * A^{-1} \left\{ \begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} Bx_1 \\ By_1 \\ Bz_1 \end{pmatrix} \right\} \quad (2)$$

c : レンズの焦点距離
 (x₁, y₁) : 写真座標
 (X, Y, Z) : 3次元上の座標
 (Bx₁, By₁, Bz₁) : レンズ中心座標

右画像の座標の逆変換に用いる関係式³を次式(3)に示す。

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \omega_2 & -\sin \omega_2 \\ 0 & \sin \omega_2 & \cos \omega_2 \end{pmatrix} \quad B = \begin{pmatrix} \cos \varphi_2 & 0 & \sin \varphi_2 \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin \varphi_2 & 0 & \cos \varphi_2 \end{pmatrix}$$

$$C = \begin{pmatrix} \cos \kappa_2 & -\sin \kappa_2 & 0 \\ \sin \kappa_2 & \cos \kappa_2 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} x_2 \\ y_2 \\ -c \end{pmatrix} = C^{-1} * B^{-1} * A^{-1} \left\{ \begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} Bx_2 \\ By_2 \\ Bz_2 \end{pmatrix} \right\} \quad (3)$$

c : レンズの焦点距離
 (x_2, y_2) : 写真座標
 (X, Y, Z) : 3次元上の座標
 (Bx_2, By_2, Bz_2) : レンズ中心座標

最後に、3) 終了条件を満たすまで、2) の処理を繰り返す。終了条件とは、対応点の取得位置が始点方向と終点方向の平面の境界に到達することである。ただし、1) の処理において算出した直線方程式が既に一度算出した式の場合は、対応点の取得は行わない。また、画像のエッジ検出においては、雑音を除去し、平面の境界だけを鮮明に抽出するために、ラプラシアンフィルタを用い、強度を1に設定する。強度とはエッジの抽出度のレベルであり、高いほど鮮明にエッジが出力される。以上の処理を繰り返す。任意の値と繰り返す回数には、被写体の形状に応じて適切な値を設定する。対応点の取得の概要を図5に示す。

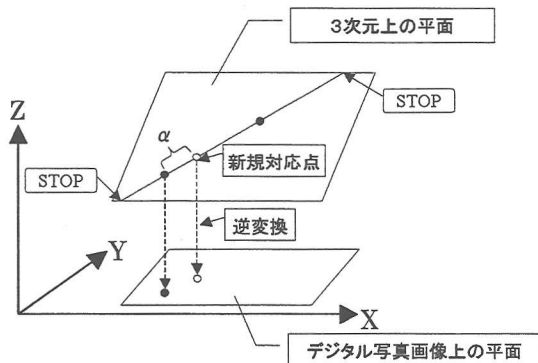


図5 対応点の取得の概要

4. 4 機能の検証

本機能の検証として、300万画素の一般に市販されているカメラによるフリーハンド撮影、焦点距離7.1mm、画素サイズ0.00345mm、横のピクセル数2048、縦のピクセル数1536と1マス38mmの碁盤状のガラス盤を用いて対応点の準自動取得を行った。ガラス盤を置いた土台から基準点を取得して、カメラのパラメータを算出した。また、図6に示すように対応点をガラス盤の3隅のマスに、パラメータ値を縦横方向に38mm、斜め方向に $38\sqrt{2}$ mmに設定し、初期の対応点間に新規の対応点を5点ずつ取得し、合計15点取得した。

本機能により準自動取得した15点の対応点とガラス盤の碁盤目の交点とのx座標とy座標における誤差の和を算出し、平均誤差、最大誤差と最小誤差を算出した。その結果を表2に示す。平均誤差が1.8ピクセルであり、最大誤差も4ピクセルであったため、本機能は、十分な精度を持つことが確認できた。

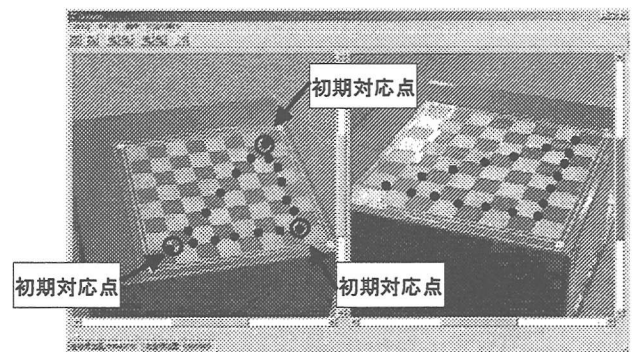


図6 対応点自動取得の結果

表2 対応点の誤差表

点数	平均誤差	最大誤差	最小誤差
18点	1.8ピクセル	4ピクセル	0ピクセル

5. 3次元計測機能

本機能では、GAによる写真測量機能と同様に文献³⁻⁹で体系化されている共面条件を用いて投影中心を結ぶ方法により、3次元座標データを算出する。具体的には、まず、ピクセル座標を取得した任意の座標系を写真の中心を原点とした写真座標系にアフィン変換する。本機能で用いるアフィン変換式³を次式(4)に示す。

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a & b \\ d & e \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} c \\ f \end{pmatrix} \quad (4)$$

a, b, c, d, e, f: アフィン係数
 (x, y): ピクセル座標
 (x', y'): 写真座標

次に、アフィン変換後の左右画像の写真座標に対して、モデル座標系³への変換を行い、3次元座標データを算出する。左画像のモデル座標系への座標の変換に用いる関係式³を次式(5)に示す。

$$\begin{pmatrix} X_1 \\ Y_1 \\ Z_1 \end{pmatrix} = A * B \begin{pmatrix} x_1 \\ y_1 \\ -c \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} Bx_1 \\ By_1 \\ Bz_1 \end{pmatrix} \quad (5)$$

c: レンズの焦点距離
 (X₁, Y₁, Z₁): モデル座標
 (x₁, y₁): 写真座標
 (Bx₁, By₁, Bz₁): レンズ中心座標

右画像の座標のモデル座標系への変換に用いる関係式³を次式(6)に示す。

$$\begin{pmatrix} X_2 \\ Y_2 \\ Z_2 \end{pmatrix} = A * B * C \begin{pmatrix} x_2 \\ y_2 \\ -c \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} Bx_2 \\ By_2 \\ Bz_2 \end{pmatrix} \quad (6)$$

c: レンズの焦点距離
 (X₂, Y₂, Z₂): モデル座標
 (x₂, y₂): 写真座標
 (Bx₂, By₂, Bz₂): レンズ中心座標

6. VRMLモデル自動生成機能

6.1 面情報取得機能

3次元計測機能により算出された3次元座標データから、3次元モデリングを行うためには、オブジェクトの面情報が必要である。既研究¹では、面情報を容易に取得できるインターフェイスを開発した。しかし、自由曲面を持つ複雑なオブジェクトや建築物などの大きな被写体の場合、かなりの時間と労力を必要とする課題があった。そのため、様々なオブジェクトの対応においては、面情報を自動取得する必要があった。本機能では、ドロネー分割¹⁰の手法を用いて、面情報の自動取得を行う。しかし、3次元でのドロネー分割では、凹の面がある場合などにおいて、面生成のための境界の設定が非常に困難である。そのため、3次元情報を2次元情報に変換して、2次元でのドロネー分割を行う。

具体的には、まず、同一平面上の任意の3点を選択する。3点のうち1点を基準点として、他の2点との関連情報を算出する。この関連情報とは、1) 1点目と2点目の距離、2) この2点を通る直線と3点目との距離の2つの情報である。この関連情報により、1点目を原点とするだけで、絶対標定を用いてXY平面に座標変換のパラメータを算出するための残りの2点を取得できる。この基準点の取得方法を図7に示す。

次に、絶対標定を用いて、対応点の3次元座標をX, Y平面に座標変換する。最後に、変換した点に対してドロネー分割を行い、3角ポリゴンを発生させる。

ドロネー分割は、次の5つのステップにより行う。

- 1) 与えられた点集合 {P1, P2, ..., Pn} の全てを内部に含むような任意の3角形 (A, B, C) を作成し、3角形のリストを作成する。

- 2) ある点 P_i が 3 角形リストの各 3 角形の外接円内にあるかどうかを判定する。
- 3) 点 P_i を内部に含む全ての外接円の 3 角形を見つけ、2つの 3 角形において接するドロネー辺があれば、それを削除する。そして、点 P_i とそれらの頂点との間に新たに線分を結び、得られた全ての 3 角形を 3 角形リストに加える。
- 4) 点集合から点がなくなるまで、2) と 3) の処理を繰り返す。
- 5) 点 A, B, C のいずれかを頂点とする 3 角形を 3 角形リストから削除する。

この 3 角ポリゴンを構成する点情報を取得することで、各面の情報を自動取得する。

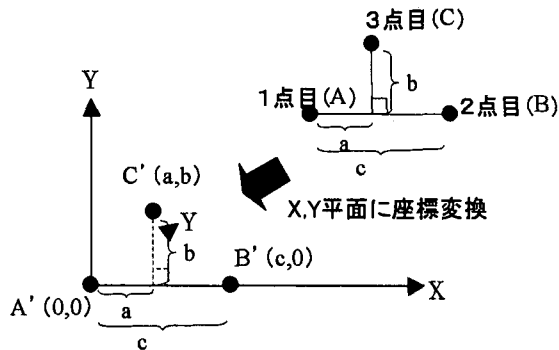


図 7 基準点の取得方法

6. 2 VRML モデル生成機能

3次元計測機能により算出された3次元座標データの利用用途の1つにCGによる可視化があげられる。可視化の手法としては、ISO/IEC14772-1 標準である VRML^{11,12}を用いる。本機能は、3次元計測機能から算出される3次元座標データと面情報自動取得機能から算出される面情報を用いて、VRMLのデータをテキストに自動で出力する。そして、そのテキストデータをもとにVRMLモデルのファイルを自動生成する。

6. 3 テクスチャ自動貼り付け機能

本機能では、面情報自動取得機能により発生させた3角ポリゴンに自動的にテクスチャを貼り付ける。そのためには、写真座標系をテクスチャ座標系に変換¹²する必要がある。そこで、左右の画像のうち1つを選択し、面情報自動取得機能で算出した3角ポリゴンの構成点情報を用いて写真の画像の縮尺に応じて各点 (x, y) をテクスチャ座標 (X, Y) に変換する。各写真座標をテクスチャ座標に変換する関係式³を次式(7)に示す。

$$\begin{aligned} X &= x / width \\ Y &= 1 - y / Height \end{aligned} \quad (7)$$

Width : 画像の横のピクセル数

Height : 画像の縦のピクセル数

6. 4 機能の検証

検証方法として、まず、図7で算出した対応点群に面情報取得機能を適用して3角ポリゴンを発生し、VRMLモデル生成機能で自動的にVRMLデータを作成する。実行結果を図8に示す。

次に、図8のVRMLデータにテクスチャを自動的に貼り付ける。対応点のピクセル座標を式(7)を用いてテクスチャ座標に変換した結果を表3に示す。

テクスチャの自動貼り付けを行ったVRMLモデルを図9に示す。

本検証結果により、本機能を用いることで、面情報を自動的に発生させ、テクスチャの貼り付けたVRMLデータを自動で作成することを確認できた。

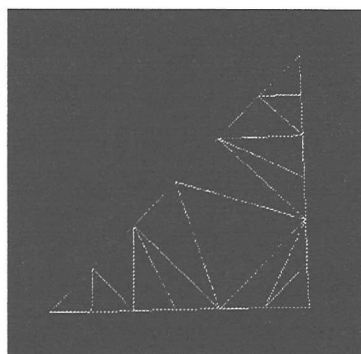


図8 実行結果 (ワイヤーフレーム)

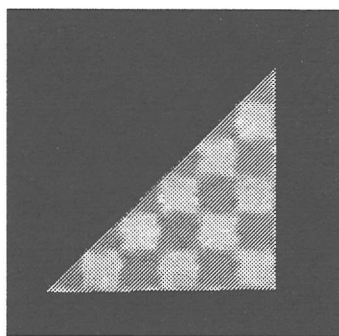


図9 実行結果 (テクスチャ)

表3 対応点のピクセル座標とテクスチャ座標

点番号	ピクセル座標		テクスチャ座標	
1	1301	874	0.635	0.431
2	992	920	0.484	0.401
3	1216	670	0.594	0.564
4	1251	881	0.611	0.426
5	1199	889	0.585	0.421
6	1147	896	0.560	0.417
7	1097	904	0.536	0.411
8	1045	912	0.510	0.406
9	1285	837	0.627	0.455
10	1271	801	0.621	0.479
11	1257	767	0.614	0.501
12	1243	733	0.607	0.523
13	1229	701	0.600	0.544
14	1181	708	0.577	0.539
15	1148	746	0.561	0.514
16	1110	787	0.542	0.488
17	1073	830	0.524	0.460
18	1033	873	0.504	0.432

7. 3Dモデルハウス Web化機能

7.1 機能の概要

本研究では、VRML を利用しているため、インターネット上に 3D モデルを配信することが可能である。3D モデルハウス Web 化機能は、2つの機能により構成される。まず、部屋毎に生成した VRML ファイルと見取り図面を対応

付ける VRML ファイル関連付け機能である。次に、ブラウザ表示に必要となる HTML コードを自動作成する HTML コード自動作成機能¹³である。本機能により、VRML モデル生成機能により構築された 3D モデルハウスの Web 上での表示を実現する。

7.1 VRML ファイル関連付け機能

VRML ファイル関連付け機能は、見取り図内の部屋を選択することにより、対応した 3D モデルハウスの VRML ビューア上での表示を実現する。そのため、簡単なマウス操作により、生成された VRML ファイルを見取り図内の各部屋ごとに関連付ける。また、本機能を実現するために、あらかじめ見取り図の部屋ごとに複数の VRML ファイルのグループ化を行う。

7.2 HTML コード自動作成機能

HTML コード自動作成機能は、Web 上での表示に必要となる HTML コードの自動作成¹³を実現する。具体的には、VRML ファイル関連付け機能によりグループ化された VRML データの統合、ブラウザ上のレイアウトなどに必要となるコードを自動作成する。実行結果のイメージを図 10 に示す。

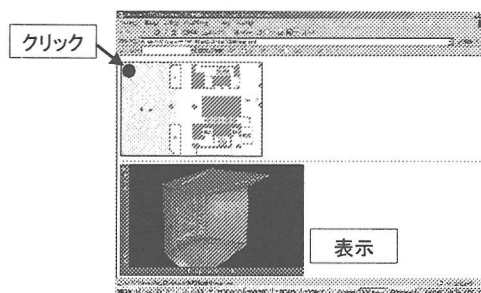


図10 実行結果のイメージ

8. 実証実験

本システムの実証実験として、関西大学の教室の 3次元モデル化を行った。撮影条件は、300 万画素の一般に市販されているカメラによるフリーハンド撮影、焦点距離 7.1mm、画

素サイズ 0.00345mm, 横のピクセル数 2048, 縦のピクセル数 1536 である. 対応点間隔のパラメータ値は, 300mm とした. また, 6面の各平面に 3点ずつ対応点を手動で取得した. 入力画像と対応点を取得する 6平面を図 11, 12 に示す. 入力右画像のエッジ検出を行った画像を図 13 に示す.

図 14 に示すように, 図 11 の平面 2 のような光などによるエッジの乱れは, 手動で取得する 3点間を広く取ることで解決できる. なぜならば, 選択された 2点間に存在するエッジは, 終了条件に入らないからである.

本実験の各面ごとに取得した対応点数を表 4 に示す. ただし, 平面との距離が 300mm を超えるものは, システム側で自動的に削除した結果である.

本実験で作成された 3次元モデルを図 15, 16 に示す. 図 16 に示すように, 図 11 の平面 5 と平面 6 の凹凸も正確に表現した 3次元モデルを自動生成することができた. また, 表 5 の基準点残差, 表 6 の屋内高さの精度検証から明らかになるように, 誤差が少なく高精度であることが分かる. したがって, 本研究が非常に有用であることを確認した.

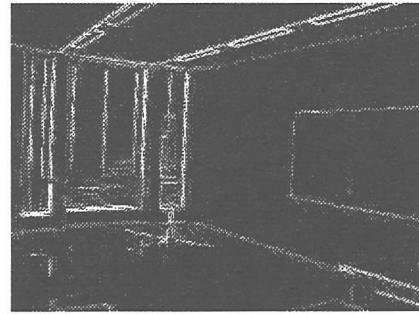


図 13 右画像のエッジ画像

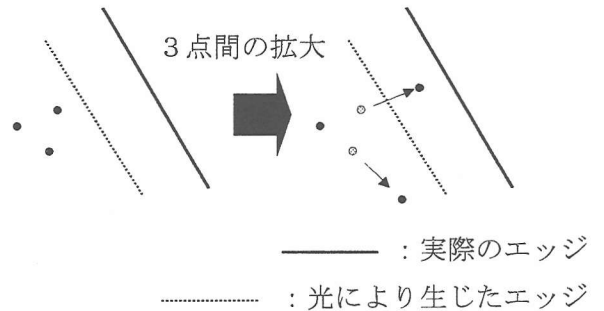


図 14 エッジの乱れの解決

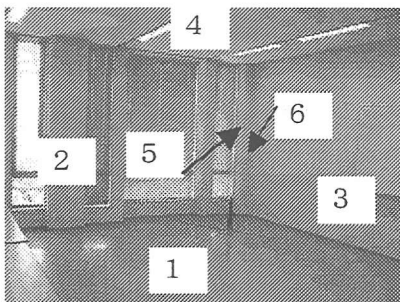


図 11 入力左画像と取得 6平面

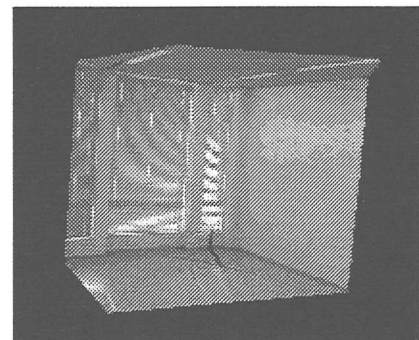


図 15 3次元モデル (正面図)

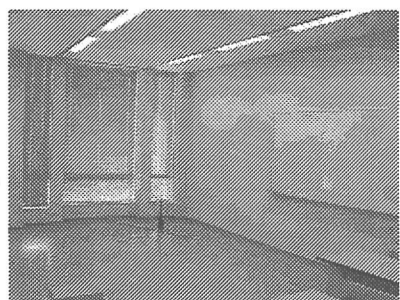


図 12 入力右画像

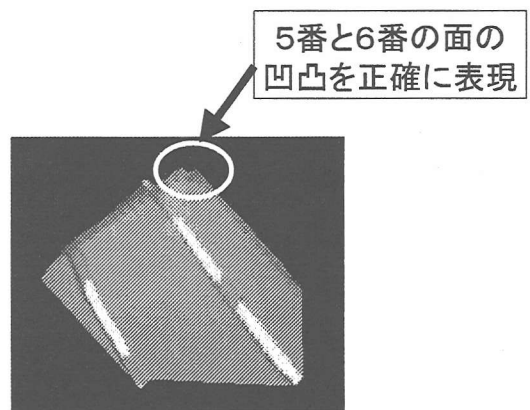


図 16 3次元モデル (上面図)

表4 各面における取得対応点数

面番号	取得対応点数
1	50
2	28
3	35
4	43
5	12
6	10

表5 基準点残差

基準点名	実測値			観測値		
	x	y	z	x	y	z
1	0	0	0	5.97	36.24	37.16
2	1000	0	0	1033.23	1.10	-1.55
3	0	1000	0	1.10	961.18	-1.35
4	0	0	600	-40.31	1.47	585.73

表6 屋内高さの精度検証

実測値(mm)	平均観測値(mm)	誤差(mm)	誤差率(%)
2,530	2,661	131	5.178

9. あとがき

本研究では、5つの機能を実現することにより、既研究¹で課題となっていた対応点の準自動取得を実現し、素早く、高精度に、実利用可能な3Dモデルを作成するシステムを開発できた。また、収斂撮影においても高精度で算出することが可能となった。しかし、本研究では、初期値として、同一平面の点データを手動により入力した。そのため、同一平面の点の自動取得に関する研究は、今後の課題である。また、家具などを配置していない屋内を被写体として限定したため、様々な屋内写真への対応は今後の課題である。現在行われている研究 (<http://www.kansai-labo.co.jp/information/rise2001.html>) と組み合わせ、自由曲面などに対する対応点自動取得の研究も今後の課題である。

参考文献

- [1] 村木広和, 田中成典, 古田均, 北川悦司, 野田肇: 写真測量技術を用いた 2D デジタル画像からの 3D モデル空間の創出に関する基礎研究, 土木情報システム論文集, 土木学会, Vol. 9, pp. 67-74, 2000.
- [2] 古田均: 遺伝的アルゴリズムを用いた構造工学への応用, 森北出版, 1997.
- [3] 解析写真測量委員会編: 解析写真測量(改訂版), 日本写真測量学会, 1997.
- [4] Panton, D. J.: "A Flexible Approach to Digital Stereo Mapping", Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, vol. 44, No. 12, pp. 1499-1512, 1975.
- [5] Richards, J. A.: Remote Sensing Digital Image analysis, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, pp. 43-44, 1986.
- [6] 村木広和, 田中成典, 古田均, 北川悦司, 野田肇: デジカメ活用によるデジタル測量入門, 森北出版, 2000.
- [7] カール・クラウス: 写真測量, 技術書院, 1993.
- [8] 高木幹雄, 下田陽久: 画像解析ハンドブック, 東京大学出版会, 1998.
- [9] 日本リモートセンシング研究会: 画像の処理と解析, 共立出版, 1986.
- [10] 徐剛: 写真から作る3次元CG, 近代科学社, 2001.
- [11] 田中成典, 小林孝史他: Web工房シリーズ VRMLの達人, 森北出版, 1999
- [12] Rikk Carey, Gavin Bell: 注解 VRML2.0 リファレンスマニュアル, 三美印刷, 1998. 6
- [13] 古田均, 田中成典, 中山浩太郎, 若林雅子: データベース連携型汎用Webサイト構築支援システムの研究開発, 情報処理学会全国大会, 2002. 3