コンピュータビジョンと
イメージメディア 136－19
（２００３．１．１７）

物体を配置した広範囲屋内空間の簡易構築

菅沼優子† 久永聡† 田中聡† 臼井澄夫† 竹内芳明†† 山本貴夫††† 庄司公明†††

3 次元コンピュータグラフィックスを用いて，美術館等の屋内空間を再現しようとする試みがある．本稿では，室内や地下街等の屋内空間を撮影した画像を用いて，屋内空間に存在する物体とともに広範囲の屋内空間の 3 次元モデルを簡易的に構築する手法を提案する．屋内空間を複数の直方体をつなぎ合わせたものとみなすことにより，入り組んだ形状の広範囲の屋内空間を簡易的な作業で構築することができるようにした．また，屋内空間に存在する物体を簡易的に直方体形状で近似し，屋内空間を撮影した画像からその直方体の 3 次元形状を獲得することにより，リアリティの高い屋内空間を簡易的に構築することができるようにした．本手法の有効性を検証するために柱等の物体を配置した博物館や地下街の 3 次元モデルを構築した．

Simplified Modeling of Large 3D Indoor Space with Objects

Yuko Suganuma† Satoshi Hisanaga† Satoshi Tanaka† Sumio Usui† Yoshiaki Takeuchi††
Takao Yamamoto††† Kimiaki Shoji†††

In this paper, we propose a simple method to construct a large 3-dimensional indoor space model with objects by using images taken with a digital camera in a room or underground city. By regarding the indoor space as a collection of cuboids, we can construct a large complicated indoor space easily. We can also construct 3-dimensional objects in the indoor space by using images taken with a digital camera. And so, we can construct 3-dimensional indoor space model with high reality easily. In order to examine our method, we constructed a museum with pillars, underground city and so on.

1. はじめに

近年, 美術館や博物館といった建物の内部の空間を 3 次元コンピュータグラフィックスにより再現し, バーチャル美術館やバーチャル博物館を実現しようとする試みがある．3 次元モデルの作成において，従来は 3 次元形状や属性（色や材質等）のパラメータを人手によりコンピュータに入力していたが，作業が煩雑であり，多大な時間とコストを要するという課題があった．そこで，画像を利用して 3 次元モデルを構築する手法が多く研究されてきた[1]～[7]．ステレオ視は，画像から 3 次元形状を獲得する代表的な手法の一つといえる．再現する対象物を外側から撮影して 3 次元形状を復元する際に多く用いられてきたが，建物の平面図と組み合わせて室内の 3 次元形状を復元する手法も提案されている[1]．文献[1]では, 壁に沿って配置している物体の奥行き情報を獲得しているが, フロアの中央に存在する物体の奥行き情報は獲得していない．文献[2]では，撮影画像列を補正することによって, ハンディカメラを用いて撮影された不規則な揺れを含む画像列から EPI 解析を利用して室内の 3 次元形状を復元する手法を提案している．この手法の場合，室内の壁や, 室内に存在する物体の面を EPI 解析によって得られた点群を利用した三角パッチで構成するため, 特に広範囲の屋内空間を再現する場合には 3 次元形状のデータ量が膨大になるという課題がある．文献[3] ，[4]では，室内空間を一つの直方体等とみなすことにより, 簡単に室内空間を構築する手法が提案されている．文献[3]では, 室内で撮影したパノラマ画像から壁ごとに画像を分割し, テクスチャ画像を簡単に取得する手法が報告されている．室内の形状は，直方体のような単純な形状を前提としており, その幾何形状を既知とするという制約がある．文献[4]では，簡易的な入力作業でウォークスルーを目的とする室内 3 次元モデルを制作する手法が提案されている. 物体を撤去した状態を前提としているため, 物体を配置した室内空間を構築するためには, CG ソフトウェア等を使用して別途作成した 3 次元モデルと合成することが必要になる．このよう

†三菱電機（株） 情報技術総合研究所
Information Technology R&D Center, Mitsubishi Electric Corporation
††総務省 情報通信施策局 宇宙通信調査室
Space Communications Research Office, Information and Communications Policy Bureau, Ministry of Public Management, Home Affairs, Posts and Telecommunications
†††NTT コミュニケーションズ（株） ソリューション事業部
Solution Business Division, NTT Communications Corporation

に，従来手法では，物体を配置した，入り組んだ形状を含む広範囲屋内空間の 3 次元モデルを，簡単な作業で構築することが困難であった．

本稿では，文献[4]の手法を拡張して，物体を配置した広範囲の屋内空間の 3 次元モデルを簡易的な作業で構築する手法を提案する．屋内空間の構築においては，文献[4]ではできなかった，屋内を撮影した画像から屋内に存在する物体の簡易的な形状を獲得することによって，リアリティの高い屋内空間を簡単に構築できるようにした．本手法では，屋内空間を複数の直方体を組み合わせた空間とみなし，実空間の形状に即して直方体の大きさや配置を変えることにより，文献[4]における一つの直方体のみでは再現できなかった，通路や複数の方向に分岐しているフロア等を含む，入り組んだ形状の屋内空間を簡単に再現できるようにした．また，屋内空間を構成する直方体の形状を利用して，壁に沿って配置している物体だけではなく，フロアの中央に配置している物体でも再現できるようにした．

以下，2．では，本手法による屋内 3 次元モデル構築の手法について述べ，3．では，本手法の有効性を検証するために博物館等の 3 次元モデルの構築に適用した結果を示す．

2．3 次元 GIS における広範囲屋内空間の簡易構築手法の提案

2.1　3 次元 GIS で必要な屋内空間

筆者らは，3 次元地理情報システム（GIS：Geographic Information System）を構築するために，コンピュータグラフィックスにより，地下街といった広範囲の屋内空間の 3 次元モデルを構築するための研究開発を行っている[5]．

3 次元 GIS で活用するための屋内空間としては，以下の 1．～3．に示す空間の構築が求められている．

1. 広範囲の屋内空間の構築
2. 入り組んだ形状の屋内空間の構築
3. 屋内空間に存在する物体の復元

3 次元 GIS で必要となる屋内空間は，1．に示すようにまず，広い範囲であることが要求されている．例えば，観光案内等の用途で美術館の 3 次元モデルを活用する場合，あたかも美術館に行って鑑賞しているような臨場感を高めるためには，狭い範囲ではなく，広い範囲の空間を自由にウォークスルーできることが必要である．

2．は，広範囲の屋内空間を構築するにあたり，必要となる項目である．例えば地下街には，通路や複数の方向に分岐している広場等があるが，このような空間は，住居における個室のように一つの「箱」で形状を近似することが困難である．すなわち，広範囲の屋内空間を構築するにあたっては，通路や複数の方向に分岐している空間等のように入り組んだ形状をもつ屋内空間をも構築できる必要がある．

3．は，リアリティの高い屋内空間を構築するために必要である．屋内空間には多くの物体が存在するが，これらのすべての物体を復元しなくとも，その空間を特徴づけるような物体のみを復元することによってリアリティの高い屋内空間を構築することができる．

そこで，本手法では，上記の 1．～3．に示した空間を実現できるようにした．

2.2　本手法の概念

図 1 に示すように，本手法では，屋内空間を複数の直方体を並べた空間とみなす．そこで，屋内，すなわち直方体の内部から直方体の面を撮影し，撮影した画像を利用して各直方体のポリゴンデータ及びテクスチャデータを獲得する．屋内の形状に即して直方体を想定することにより，通路や凹凸を含む屋内形状を，簡素化したデータを用いて簡易的に構築できるようにした．作業は各直方体に対して行う．屋内空間の形状にかかわらず，直方体毎に作業を行うことによって，入り組んだ形状であっても，また，広範囲の屋内空間であってもそれらを意識することなく，誰でも簡単に作業ができるようにした．また，屋内空間を構成する直方体の形状を利用して，屋内に存在する物体を簡易的な形状で再現することとし，その 3 次元モデルを簡単に構築できるようにした．最後に，直方体の面に内側からテクスチャをマッピングし，直方体内部に物体を配置し，実空間と同様に直方体を並べることによって屋内空間の 3 次元モデルを出力する．

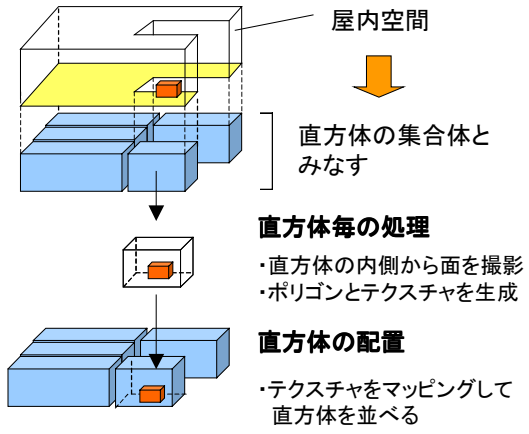

図１．複数の直方体を用いた屋内 3 次元モデルの構築

2.3 本手法による屋内 3 次元モデル構築の流れ

図 2 に本手法による屋内 3 次元モデル構築の流れを示す．まず，屋内空間を複数の直方体を並べた空間とみなし，複数の直方体の空間を想定する．屋内空間に存在する物体は，空間に対して特徴的な物体のみを 3 次元モデル化することとする．空間に対して特徴的な物体とは，例えば博物館の場合，柱等である．本手法では，リアリティの高い屋内空間を誰でも簡単に構築することを目的とするため，物体の形状を直方体で近似し，簡易的に再現することにした．次に，ディジタルカメラを用いて各直方体の内部の面を撮影する．3 次元モデル化しようとする物体が存在する直方体に関しては，直方体の一つの面を背景として，物体を面と一緒に撮影する．このようにして撮影した画像を利用して，直方体の面に相当する領域及び物体を近似する直方体の頂点を数点指定する．この作業は直方体毎に行う．これらの入力に基づいて，屋内空間を構成する直方体の 3 次元形状と屋内空間に存在する物体を近似する直方体の 3 次元形状を算出する．また，直方体の内側にマッピングするテクスチャデータを生成する．最後に，物体を直方体の内部に配置して屋内空間を構成する各直方体を実空間と同様に仮想空間内に並べて，テクスチャをマッピングした屋内空間の 3 次元モデルを出力する．ユーザによる入力作業以降の処理（3 次元形状及びテクスチャの獲得，3 次元モデルの出力）はコンピュータによる自動処理である．

以上のように本手法では，屋内空間に想定した直方体毎に撮影と面領域の指定を行うだけで屋内空間の 3 次元モデルを構築することができる．

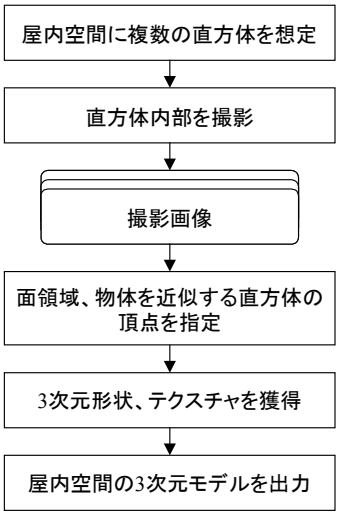

図 2. 本手法による屋内空間 3 次元モデル構築の流れ

（1）屋内空間における直方体の想定

屋内空間を直方体の集合体とみなし，屋内空間に複数の直方体の空間を想定する（図 3）．直方体は互いに直交する状態で並べるものとする．

屋内空間の 2 次元形状は，平面図等で概ね既知であるとする．ただし，壁の長さ等の厳密な数値を把握している必要はなく，L 字型なのか，凹型なのかといった程度に屋内空間の形状を把握しておく．

屋内空間全体に対して，正面，背面，左面，右面，天井，床面という互いに直交する 6 方向を定義しておき，各直方体をこれらの方向に沿って配置するものとすると，屋内空間内に想定した各直方体の 6 つの面は，前述した 6 方向のいずれかの面として一意に定まる．これにより，各直方体の配置の向きを一意に決めることができる．また，正面と背面，左面と右面，天井と床面は各々相対する方向として定義されているので，直方体どうしの隣接関係を明確にすることができる．

直方体どうしの隣接面は実在しない面であるので，以下，仮想壁面と呼ぶことにする．本手法では，屋内空間を構築する過程で屋内に存在する物体を簡易的にモデル化する．そこで，モデル化しようとする物体がフロアの中央に存在している場合には，物体の背面が仮想壁面となるように屋内空間を構成する直方体を想定する．図 3 において柱はフロアの中央に存在する物体であり，柱の背面に想定した面 *ABCD* を仮想壁面とする．仮想壁面を撮影した画像の例を図 4 に示す．

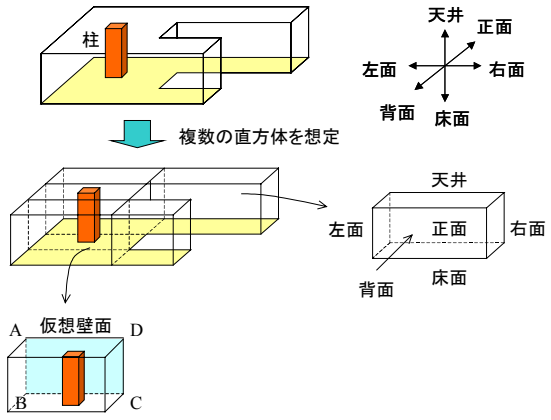

図 3. 直方体分割と面の定義

図 4. 仮想壁面の撮影画像

（２）撮影

屋内空間を構成する各直方体に対して, 内部の面を, ディジタルカメラを用いて撮影する. このとき, 対象とする直方体の面が一枚の画像に収まるように撮影する. 仮想壁面は実際には存在しない面であるので, 仮想壁面は, その前に物体が存在する場合にのみ, その物体を写し込む形で撮影する. この際に, 仮想壁面の面領域が認識できるように, 指示棒を用いたりマーカを置いたりして, 仮想壁面の 4 隅の頂点を示すようにする.

（３）面領域及び物体を近似する直方体の頂点の入力

ここでの処理は, 直方体毎にユーザが行う. 各直方体の内部を撮影した画像（正面, 背面, 左面, 右面, 天井, 床面）を画面に表示し, 各画像上で直方体の面に相当する領域の４隅の頂点（図 5 の点 A, B, C, D ）をマウスにより指定する. また, 3 次元モデル化しようとする物体を写した画像上では, 面領域の入力後, 物体を近似する直方体の頂点を数点指定する. 指定する頂点は, 物体を近似する直方体の幅, 高さ, 奥行きに相当する頂点であり, 図 6 の頂点 o, a, b, c, d の 5 頂点である. 物体の背景の面領域に平行な方向を幅と呼び, 面領域に垂直な方向を奥行きと呼ぶ. 図 6 では, 線分 oa が幅に相当し, 線分 oc 及び線分 bd が奥行きに相当する.

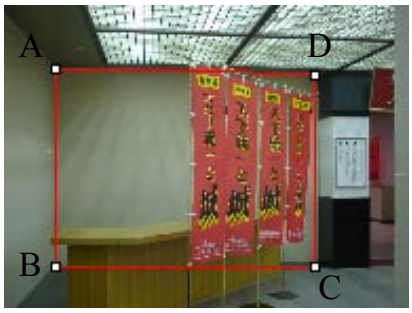

図 5. 面領域の指定

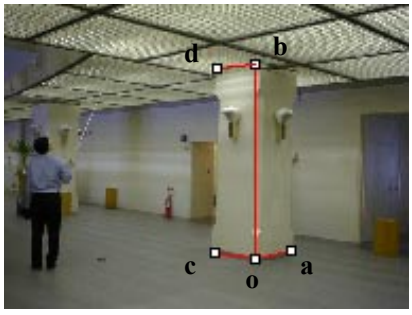

図 6. 物体を近似する直方体の頂点の指定

（４）屋内空間の 3 次元形状の獲得

屋内空間では, 床から天井までの高さは同一フロア内でおおよそ一定であることが多く, 床から天井までの高さは, 一般的に直方体の高さに相当する. そこで, 直方体の高さ及び撮影時のカメラからの床からの高さを既知として与え, 文献[4]の手法を用いて直方体の面の幅を算出する. 直方体において, 正面あるいは背面の横幅と, 左面あるいは右面の横幅を算出することにより, 各直方体におけるすべての辺の長さを得ることができる.

図 7 において, 面 P は床面あるいは天井以外の直方体の面であるとする. 頂点 A, B, C, D は面 P の 4 隅の頂点である. 面領域を構成する 4 つの頂点のうち, 天井に接している右方の頂点 D にカメラから伸ばした線分と, 天井に接している左方の頂点 A にカメラから伸ばした線分とのなす角を θ_t とすると, θ_t は式(1)から得られる.

$$\theta_t = \cos^{-1} \frac{d_{rt}^2 + d_{lt}^2 + 2F^2 - d_{rt-lt}^2}{2\sqrt{d_{rt}^2 + F^2}\sqrt{d_{lt}^2 + F^2}} \qquad (1)$$

ここで, d_{rt}, d_{lt} は各々, 頂点 D, 及び頂点 A を画像上に投影した点の画像中心からの距離である. $d_{rt\text{-}lt}$ は, 頂点 D, 及び頂点 A を画像上に投影した点間の画像上における距離である. また, F は焦点距離であり, ディジタルカメラの水平方向の視野角 C_a と水平方向の画素数 C_x を用いて式(2)から得ることができる.

$$F = \frac{C_x}{2\tan(C_a/2)} \qquad (2)$$

カメラから頂点 D に伸ばした線分とカメラから頂点 C に伸ばした線分とのなす角 θ_r を式(1)と同様にして求めると, 面領域を構成する右方の線分 DC とカメラとの距離 D_r は, 式(3)から求めることができる.

$$D_r = \frac{\sqrt{4h(H-h)\tan^2\theta_r + H^2} + H}{2\tan\theta_r} \qquad (3)$$

ここで, H 及び h は各々直方体の高さ及びカメラの床からの高さである. 式(3)と同様にして, 床と天井を結ぶ左方の線分 AB とカメラとの距離 D_l を求めることができる.

D_r, D_l を用いて, カメラから頂点 D までの距離 D_{rt}, カメラから頂点 A までの距離 D_{lt} を求めると, 面 P の横幅 W は式(4)から求めることができる.

$$W = \sqrt{D_{rt}^2 + D_{lt}^2 - 2D_{rt}D_{lt}\cos\theta_t} \qquad (4)$$

このようにして, 直方体のすべての辺に対して長さを取得することができる.

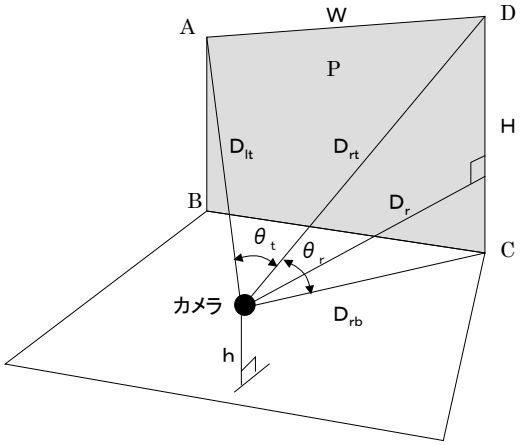

図 7. 直方体の面の幅を取得する平面幾何

（５）物体の 3 次元形状の獲得

ここでは, 屋内空間に存在する物体を簡易的に近似した直方体の辺の長さ（奥行き，幅，高さ）を獲得する手法について述べる．(2)で述べたように, 物体は屋内空間を構成する直方体の面を背景として面領域と一緒に撮影されている．図 8 において, 面 *ABCD* は物体が存在する直方体を構成する一つの面領域であり, 物体の背景となっている面である．直方体 *M* は物体を近似する直方体であるとする．以下, 面 *ABCD* に対して左斜め方向から撮影した場合を例として述べる．

カメラ *V* と壁面との距離 P_z は「(4)屋内空間の 3 次元形状の獲得」で求めた D_r，D_l，W を用いて式(5)から求めることができる．

$$P_z = D_l \sin\beta \qquad (5)$$

ただし,

$$\beta = \cos^{-1}\left(\frac{W^2 + D_l^2 - D_r^2}{2WD_l}\right) \qquad (6)$$

である.

カメラの光軸とカメラから壁面に下ろした垂線 *VT* とのなす角を θ とすると，θ は式(7)で求めることができる.

$$\theta = \cos^{-1}\left(\frac{P_z}{\sqrt{D_l^2 + W_l^2 - 2D_lW_l\cos\beta}}\right) \qquad (7)$$

ただし,

$$W_l = \frac{W}{2} - \frac{H}{|y_{st} - y_{sb}|}x_s \qquad (8)$$

である．画像座標系を (x, y) としたとき，x_s は，線分 *A'C'* と線分 *B'D'* の交点 *S* の *x* 座標である．また，y_{st}，y_{sb} は各々，点 *S* を通る *y* 軸に平行な直線と線分 *A'D'* との交点 S_t の *y* 座標，線分 *B'C'* との交点 S_b の *y* 座標である.

P_z，θ を用いると，物体を近似する直方体 M の奥行き *d*，幅 *w*，高さ *t* は式(9)〜(11)で求めることができる.

奥行き：
$$d = P_z\left(1 - \frac{\tan\kappa}{\tan\phi}\right) \qquad (9)$$

幅:
$$w = P_z(\tan\gamma - \tan\kappa) - d\tan\gamma \qquad (10)$$

高さ：
$$t = \frac{d_{cd}}{d_{IJ}}H \qquad (11)$$

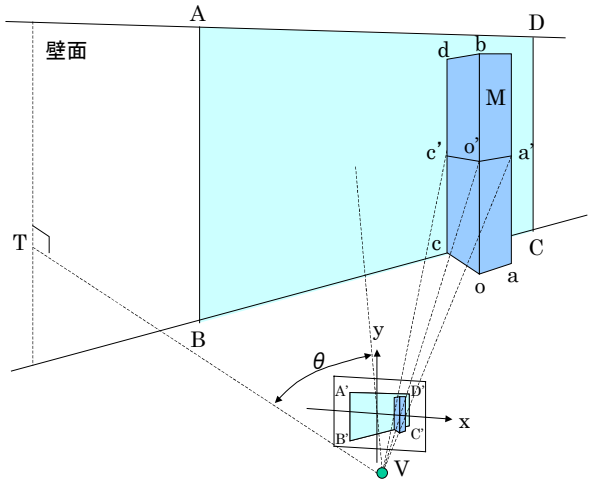

図 8. 物体を近似する直方体サイズ取得の平面幾何

ただし，d_{cd} は， 線分 *cd* を画像上に投影した線分の長さであり，d_{IJ} は，線分 *cd* を画像上に投影した線分の *x* 座標における壁面の高さ（画像上における長さ）である．また，φ，γ，κ は各々，線分 *VT* と線分 *Vo'* とのなす角度，線分 *VT* と線分 *Va'* とのなす角度，線分 *VT* と線分 *Vc'* とのなす角度であり，以下の式から得られる.

$$\phi = \theta + \tan^{-1}(x_o/F) \qquad (12)$$

$$\gamma = \theta + \tan^{-1}\left(x_a / F\right) \qquad (13)$$

$$\kappa = \theta + \tan^{-1}\left(x_c / F\right) \qquad (14)$$

ここで，x_o, x_a, x_c は各々物体を近似する直方体の頂点 o，a，c の画像上における x 座標である．

（6）屋内 3 次元モデルの出力

文献[4]の手法を用いて撮影影画像上で入力された面領域を切り出し，切り出した画像を長方形に変形してテクスチャデータを作成する．屋内空間を構成する各直方体を実空間と同様に仮想空間内に配置し，テクスチャデータをマッピングした屋内空間の 3 次元モデルを出力する．

3．実験

本手法を適用して，屋内空間を撮影した画像から屋内空間の 3 次元モデルを構築するための「屋内 3 次元モデル構築ソフトウェア」を試作し，本手法の有効性を検証するために実験を行った．

3.1 試作システム

屋内 3 次元モデル構築ソフトウェアの画面を図 9 に示す。直方体の内部を撮影した画像（正面，背面，左面，右面，床面，天井）を屋内 3 次元モデル構築ソフトウェアに入力し，直方体毎に内部の 6 面の画像を表示する.各画像の横に付いているボタンからは図 10 に示す画面を開くことができ，直方体の各面の撮影画像を拡大して表示することができる．この画面において，面領域の 4 隅にマーカを移動させ，直方体の面に相当する領域を指定する．面に相当する領域は，指示棒等で示された位置として撮影画像上で認識できるので，その位置にマーカを移動させる．モデル化しようとする物体が存在する直方体の場合は，面領域を指定した後，図 11 に示す画面を開き，物体を近似する直方体の頂点(図 6 に示す 5 個の頂点)にマーカを移動させて頂点を指定する．

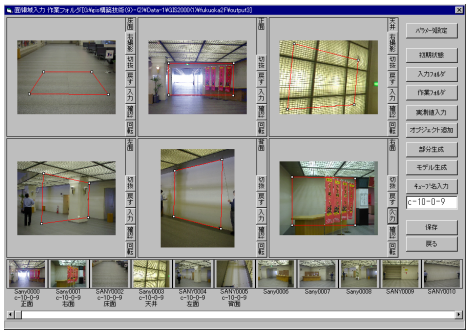

図 9．屋内 3 次元モデル構築ソフトウェア

図 10．拡大した画面における面領域の入力

図 11．物体を近似する直方体の頂点の入力

3.2 屋内空間 3 次元モデルの構築

博物館の回廊（約 40m 四方）を再現した例を図 12 に示す．回廊に約 90 個の直方体を想定し，各直方体の内部を，ディジタルカメラを用いて撮影した．屋内空間を構成する直方体において，仮想壁面を持つ直方体内部にモデル化しようとする物体が含まれている場合には，仮想壁面の面領域を指定することが必要となるが，物体が含まれていない場合には，仮想壁面の面領域を指定する作業は不要となる．この場合，直方体の 6 面のうち，指定する面は天井と床面の 2 面となる．博物館の回廊の再現においては，面領域の入力作業が必要な面の数は約 190 面であり，すべての直方体の 6 面を指定した場合（約 540 面）の約 35%の面に関してのみ面領域の入力作業を行うことが必要であった．このように，屋内空間に想定した直方体の個数が多い場合にも，実際に面領域の入力作業を行う面の数は軽減される．

(4)で述べた手法により獲得した直方体の形状がどれだけ実空間を忠実に再現するものであるかを評価するために，直方体の幅に対して計測値と実測値の比較を行った．表 1 は，図 4 に示す仮想壁面の幅を算出した結果である．誤差は，画像上で面領域を指定する際の，マウスの位置指定の誤差によるものと考えられる．簡易的な作業で良好な精度を得ることができた．

表 1．屋内空間の形状の精度

	実測値(cm)	計算値(cm)	精度
幅	4680	4604	0.98

図 12. 博物館の再現例

3.3 さまざまな屋内空間の再現

複数の直方体を組み合わせることの有効性を検証するために, 通路や複数の方向に分岐する屋内空間の 3 次元モデルの構築を試みた. 図 13, 図 14 は, 市役所の 3 次元モデルを構築した例であり, 図 15 は地下街の 3 次元モデルを構築した例である. フロアや通路の大きさ, フロアと通路との接続位置等に基づいて屋内空間に直方体を想定することができるので, 複数の直方体を組み合わせるという本手法により, 入り組んだ屋内空間の 3 次元モデルを構築できることが分った.

図 13. 市役所の再現例

図 14. 市役所の再現例

図 15. 地下街の再現例

3.4 屋内に存在する物体の 3 次元モデルの構築

博物館の回廊等に存在する「柱」は, 建築物において重要な構造物であり, 特に, 他の物体がほとんど存在していない空間においてはその空間に対して特徴的な印象を与える物体であると考えられる. 本手法では, そのような柱は図 12 に示されているように, 直方体で近似してモデル化される. 図 12 に示されている柱は, 実際には, 表面に照明が突起しており, また稜線がくぼんでいるのであるが, これらの凹凸を含めて一つの直方体とみなしても違和感のない 3 次元モデルを構築できることが分った. また, 柱を再現することにより, リアリティの高い博物館を再現できることが分った.

柱の復元精度を調べるために, 計算値と実測値とを比較した結果を表 2 に示す. 実測値は, 柱を近似する直方体の幅や高さ, 奥行きに相当する辺の長さを計測した結果である. 誤差は 10%程度であり, 屋内空間を構成する直方体の面領域を撮影した画像を利用して比較的良好な精度で物体を簡易的に再現できることが分った.

表 2. 柱の形状の精度

	実測値(cm)	計算値(cm)	精度
奥行き	950	1007	1.06
幅	950	1050	1.11
高さ	3000	2867	0.96

3.5 複雑な形状を持つ物体の直方体による再現

屋内空間に存在する物体を直方体で近似することの有効性を検証するために, 屋内空間を特徴づけているさまざまな物体を直方体で近似して 3 次元モデルの構築を試みた. 図 16 は市役所内に置いてある椅子を再現した例である. 市役所では, 各窓口の付近において椅子が壁に沿って配置している個所が多くみられた. これらは, 市役所を訪れた人々が待ち時間に利用するものであり,

市役所という屋内空間を特徴づける物体と考えられる．図 16 においては背もたれの付いた複雑な形状を持つ椅子が並べられているが, 壁に沿って配置されていたため, 背もたれの部分は壁面の撮影画像に写しこんで再現し, 座面以下の部分を複数の椅子をまとめて一つの直方体で 3 次元モデル化した．

このように，物体の一部分のみを直方体で 3 次元モデル化し, その他の部分を画像で再現することによって, 単純な直方体形状ではない物体に対しても, 配置の特徴を活かして簡易的に物体を再現できることが分った．また，空間内で突出している部分を大まかに直方体で近似することにより, 物体の形状を実空間と同様に忠実に再現できなくとも簡易的な作業でそれなりにリアリティの高い屋内空間を再現できることが分った．

図 16 に示したように，物体の一部分のみを直方体で 3 次元モデル化し, その他の部分を画像で再現することによって, 物体の形状や配置の特徴を活かしたモデル化が可能になるが, 物体を近似する直方体サイズの取得において, 計算値には多少の誤差が生じるため, 直方体により再現した脚の空間と背もたれの位置とを完全に一致させることは困難となる．そのため，多少の修正は必要となるが，この作業は，物体を近似する直方体サイズの獲得の精度を高めることによって軽減することができると考えられる．

図 16．椅子の再現例

4．まとめ

本稿では, 広範囲の屋内空間を複数の直方体の集合体とみなし, 各直方体内部の撮影画像を用いて物体を含めた屋内空間の 3 次元モデルを簡易的に構築する手法について述べた．通路や凹凸の形状を持つ屋内空間に対しても, 屋内の形状に基づいて直方体の大きさやつなぎ合わせ方を変えることにより, 入り組んだ形状の屋内空間を簡単に構築できるようにした．また，屋内空間を構成する直方体の形状を利用して, 壁に沿って配置している物体だけではなく, フロアの中央に配置している物体も 3 次元モデル化できるようにした．博物館や市役所，地下街の 3 次元モデル，及び，屋内に存在する柱等の 3 次元モデルを構築し, 入り組んだ形状の屋内空間を, 内部に存在する物体を含めて簡易的に再現できることを示した．

今後は, 屋内空間内の物体を近似する基本形状として, 円柱等の直方体以外の基本的な幾何形状を併用することによって, さらにリアリティの高い屋内空間を再現することも必要であると考えている．

謝辞

本研究は, 総務省情報通信施策局宇宙通信調査室が平成 12 年度および, 平成 13 年度に実施した「GIS 構築のための情報通信技術の研究開発」の成果を利用したものであり, 関係者各位に感謝致します．

文　献

[1] 正司哲朗，岡田至弘, “ 平面図とステレオ法を併用した奥行き情報の獲得，” 画像電子学会誌，vol.29，No.4，pp.312-319，2000.

[2] 中川雅朗，斎藤英雄，小沢慎治, “ ハンディカメラを用いて撮影された画像列からの EPI の補正に基づく室内環境３次元再構築，”電子情報通信学会論文誌，D-Ⅱ, vol.J84-D-Ⅱ, No.2, pp.266-275, Feb.2001.

[3] 中村暢達，國枝和雄，根本啓次, “ パノラマ画像を利用した三次元シーンデータの生成，” 信学技報，PRMU99-38，pp.9-14，1999.

[4] 前原秀明，中村亘，田中聡, “ 実写静止画を利用したリアルタイムCGのための仮想室内空間の簡易制作，” 電気学論 C，Vol.120-C，No.7，pp.977-985，2000.

[5] 菅沼優子，久永聡，田中聡，庄司公明，竹内芳明, “ オブジェクトを配置した室内３次元空間の生成 ”, 2002 年電子情報通信学会総合大会, D12-137, pp.313.

[6] 小澤庄次，宮間三奈子，近藤邦雄, “ 画像からの空間の復元と物体の合成，”情報処理学会第 58 回（平成 11 年前期）全国大会，5K-7，pp.143-144，1999.

[7] 川村和也，田中敏光，大西昇, “ 景観シミュレーションのための対話的建物形状入力，” 信学技報, PRMU98-253，pp.89-96，1999.