

I-23 市街地景観シミュレーション用データの効率的な収集 とそのGISデータベース

An Efficient Data Acquisition and Database Design for Urban Landscape Simulation

上田 穰†, 星 仰‡
Minoru Ueda, Takashi Hoshi*

[抄録] 日本の地方都市の中心部の再活性化は緊急の課題であるが、低成長の経済水準では、極めて厳しい。著者らは、新規の大規模な測量調査無しに、自治体等が現在有する情報を用いて、地域計画立案に必要な精度を持つ3次元地理情報システムを構築する研究を行い、それを可能とするデータベースシステムを試作した。

[Abstract] Revitalization of the central business districts of Japanese local cities is an urgent social problem. Due to prolonged recession, it is difficult to perform an expensive survey project and 3D-CG contents making. Authers studied a method to create 3D-GIS (geographical information system) of an adequate accuracy for the urban planning, by means of using only existing data.

[キーワード] 3次元地理情報システム, 図面入力, テクスチャマッピング, パラメトリック処理, データベース設計

[Keywords] 3 dimensional geographical information system, input of an automatic map data, texture mapping, parametric processing, database design

1 はじめに - 問題の提起 -

本事例研究の対象とする福島県会津若松市は30万人の会津盆地の中心にある。市内に12万人が住居しており、外周約13kmの市街地に約3万軒の建物がある。主要産業は漆器と酒造、観光業だが衰亡停滞している。最近、半導体新工場建設も長期延期になり、市財政の削減が始まった。商工会議所によると、車社会の進展のため、中心部の6つの主要商店街の廃業率は過去10年で35%である。これは会津市特有なものではなく、現在の日本の地方都市の共通問題ともいえる。空洞化する中心市街地を、いかに再活性化するかは、21世紀初頭の重要な政策課題である。「中心市街地活性化法案」の成立により、百を越える自治体が計画作りを開始している。

伝統的な土木計画学が数Km平方以上の大きさの市街地を扱う場合、対象区域の縮尺千分1の模型を作ることから、計画作業は始まる[1]。近年3次元コンピュータグラフィックス(3D-CG)システムの価格性能比が大幅に向上したので、模型の代わりにCGを用いシミュレーションを行う試みが発展してい

る[2]。また、3次元地理情報システム(3D-GIS)の研究も進んでいる[3][4]。CGと3D-GISを用いて、再開発プロジェクトを進める時、

第1段階 現状の町並みをサイバー空間で再現
(3D-GISのデータベース構築)

第2段階 あるべき中心市街地の景観シミュレーション
(3D-GISのデータ再編成)

第3段階 具体的な土木建築工事

の3段階を踏むことになる。問題は、都市計画学で要求される精度を持つ3D-GISモデルを、いかに速く低価格で作るかである。豊富な予算処置ができる時なら、十分時間をかけて現状を精密に測量し図面を作成できる。3D-CGコンテンツ制作は専門業者に委託すれば良い。

手法(1): 現在、大都市圏で広い道路に面する数ha四方の土地に、数ヶの高層ビルを建てる場合、市販3次元建築用CADシステムを用い、数棟の建物を詳細に手作りして景観シミュレーションをすることは普及している。

手法(2): 数百m長の大通りに沿い、通行人や運転手の目線でウオークスルーシミュレーションをする場合、市販CGアニメーション用ソフトウ

*† 会津大学コンピュータ理工学部 ueda@u-aizu.ac.jp
‡ 茨城大学工学部情報工学科 hoshi@cis.ibaraki.ac.jp

エアを使用し、同様の手法でコンテンツを作成する。作成時間は建物数に比例し増大する。建物数が多いので、上記(1)と異なり、作業時間節約のため窓壁面は画像のテクスチャマッピングで表現するのが普通である。コンピュータ芸術的観点が主目的で、都市計画に必要な精度の実現は従目的である。

手法(3): 2D-GIS(2次元デジタル地図)の商品化が進み、デジタル市街地図入手が容易になってきたので、OpenGLなどのグラフィックライブラリでプログラムを書き、敷地輪郭線の多角形を底面形状とし、各敷地に適当な高さを与えて、建物を多角体で近似し、全市街地を一括パッチ処理として立体表示する手法も、カーナビゲーションシステムの発達に伴い普及しつつある。

しかし数 Km 四方、数百千軒以上の建物が存在する、独自の風土と歴史を持つ地域社会の再開発を計画する場合、道路の表通りに面する建物だけでなく、裏通りの1つ1つの民家の住民も、地権者として十分尊重されねばならない。日本では、裏通りの民家は屋根形状が多様で、これを上記(1)(2)のように手作りして1つ1つ製作するのは困難である。また上記(3)のようにパッチ処理で一括生成する手法は確立していない。さらに、異なる詳細度の形状データが混在するデータベースの設計手法は、実例に基づく研究が必要であると考えられる。

2 本研究の目標と新規性

著者らは過去4年間、会津市都市計画部、福島県土木部、(社)福島県建築士会会津支部との共同作業として、会津の中心市街地の3D-CG化作業を行い、前節の各手法(1)(2)(3)の得失を実験した。結果、以下の3点の新規性を有する新手法を提案する。

(α) 電柱の高さ、電柱間の距離という既存の情報を活用して、千分1地域モデルに必要な精度を得る(自治体等の既存情報の活用)。

(β) テクスチャマッピング用画像の生成作業時間を短縮するため、画像処理プログラムを新開発する。裏通りの多くの民家の3D-CG建物形状データ作成を自動処理化するため、形状作成プログラムを新開発する。

(γ) 異なる詳細度の3D-CG建物データ群を統一的に扱えるデータベースを設計する。

3 コンテンツ制作の経緯

まず1996年、会津市で最も伝統のある「七日町通り」の3D-CGを制作した。これは建設省から市への委託調査であった。期間は4ヶ月で、コンテンツ制作は県立会津大学上田研究室が地域への貢献として、作業を引き受ける。作業手順は以下のようである。東西1 Kmの通りの両側に約150軒の建物があるが、時間の制約のため、家屋を和風二階建、蔵造のように20の基本形状に分類して、3D形状モデルを作成する。次に市の計画課員が、各建物正面を通常カメラ、標準レンズで撮影する。このアナログ写真をスキャンしてデジタル画像に変換する。こ

れを対応する建物の形状モデルにテクスチャマッピングする。画像付きモデルを、別にデジタル化した基本地図の上に配列する。この結果は、「七日町商店街活性化計画」として報告されている。翌1997年に、「七日町通り」に直交して南北に伸びる「大町通り」(全長1.3Kmに建物数は約250軒)の3D-CGを約1年かけて制作した。これは、福島県土木部が「歴史的町並み保存」調査として、建築士会会津支部に委託した事業である。上田研は全体のCG制作を担当する。士会のメンバーは、約百の候補の中から30の保存に値する民家(明治以降の建築物)を選定する(96年)。それらを97年に、巻尺で概略測量をする。当時、市販の建築CADを購入使用する設計事務所は、400会員中1,2しか無い(これが会津の現実)。共同作業を可能にするために、フリーソフトの建築用2次元CADを共通ツールとして、これら30の建物の縮尺百分1の平面図を作成する。(これは、将来会津市が補修に補助金を出す場合、施工図として使用できるためである。)

次に、この2次元データを2次元CADデータの業界標準であるDXFフォーマットに変換する。さらに市販の建築用3次元CADに取り込む。メンバーが分担してこのCADで3D-CGデータ(形状モデルとテクスチャ)を作成する。(使用方になれた後でも、1軒当たり3日を要する。)東西に走る「七日町通り」と、南北に走る「大町通り」の交差する地点が、会津の伝統的な中心であるが、この交差点周辺には、選定された民家が6軒存在するだけで、これでは町並み全体のシミュレーションはできない。故に、通りを構成する約240軒の建物は、「七日町通り」と同じ方法で、会津大学が作業する。

建築設計士会側が作成したデータと、大学側が作成したCGデータを基本地図の上で統合するために、両者のデータを、現在3D-CGデータの相互変換に最も良く使用されるWavefrontフォーマットに変換して統合する。最終結果は県への報告書「会津歴史の街づくり」の一部となり、また建築士会のhomepageで見ることができる[5]。

4 三次元地理情報用データ群

本論文では、次の3種類のデータを使用する。

- (i) 1:2,500 都市計画地図 1葉
(会津市都市計画課提供)
 - (ii) 前節の30軒の保存指定建物の3D-CGデータ
(設計士会会津支部提供)
- 残りの民家は、地元の大工、工務店が数十年前に建てたもので、図面は残存しない。
- (iii) 通りに沿う電柱の高さと相互間隔のデータ
(東北電力会津支店配電計画課提供)

会津大学で行った作業項目は以下の通りである。

- (a) 3D-GISとして、使用に耐えうる精度の実現(建物の間隔、高さなど)の設定(前々節αに対応)
- (b-1) テクスチャマッピング用デジタル画像の収集と補正(画像処理プログラム作成)(βに対応)

- (b-2) パラメトリック手法で、多種類の建物形状を自動生成するプログラムの作成 (β に対応)
- (c) 全体を統合するデータベース設計 (γ に対応)

4-1 基本デジタル地図の作成

図面の自動認識は一般に困難なテーマである。しかし本事例のように、印刷物形式の縮尺 1:2,500 の街路図は最も易しい [6]。解像度 400dpi 以上のスキャナで 2 値化のラスターデータにした段階で、各ラスター線分はよく分離している。細線化アルゴリズムでベクトル化する時、家屋の候補は閉多角形 (短線分の集合) であり、道路や川などの境界は長い線分であることを、知識として利用して認識する。A1 サイズの図面は約 6 Mb のラスターデータになり、最終的に約 400Kb のベクターデータになる。これを、道路等のデータを含む第 1 ファイルと、家屋の候補だけを含む第 2 ファイルに分割する。この図 1 枚の中には、約 9,300 の家屋の候補が存在するが、閉多角形の面積が、一定しきい値より大きいものは、建物ではなく、運動場などであると判定して分離、さらに第 3 ファイルとする。家屋と判定したものは約 8,700 となる。これら 2 次元 DXF 形式の 3 ファイルを、3D-CG で使用できるように、高さ値がゼロの Wavefront 形式に変換する。3 つのファイルの内容は、同一画面上に重ねて表示可能である。

現地調査の結果、急速な空洞化による空地の増大などで、地図上の閉多角形の各辺と、実際の建物の位置が正確には一致しないことが分かる。そこで、次節で述べるように、電柱を含む現場写真を取り、電柱間の距離を基準として、建物の相互関係を決め、建物形状データを配置する。

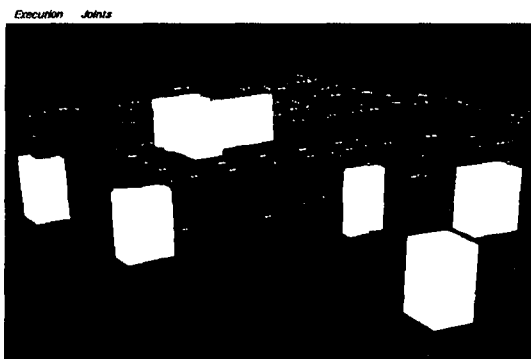


図 1: 3次元表示した基本地図

4-2 高さの基準の設定

従来 3D-CG で作成した街路のウォークスルー映像は、見かけの美しさに制作の重点が置かれている。しかし、実際の都市計画への応用を目標とする 3D-GIS を構築する場合、例えば、千分 1 地域モデ

ルが要求する精度を実現すべきであろう [7][8]。建物の高さの精度を大規模な実測量なしに得る方法として、著者らは、東北電力会津支店配電計画課が有する個別電柱の高さと電柱間の間隔を、建物の高さの基準として採用することを試みる (表 1, 図 2, 3 参照)。東北電力によると、間隔には約 $\pm 1m$ の誤差、高さには約 $\pm 10cm$ の誤差がある。これは、精度 1-3% に相当する。

表 1 大町通りの電柱の高さと間隔

電柱 ID	高さ (m)	前の電柱からの距離 (m)
仲町 51	13.5	—
52	13.5	29.0
53	15.0	26.0
54	13.5	30.0
55	15.0	31.0
56	13.5	28.0
57	13.5	34.0
58	13.5	17.0
59	13.5	39.0
60	13.5	21.0
61	13.5	18.0
62	12.5	24.0
仲町 63	14.0	33.0
七日町 45	13.5	—
大町 9	12.3	—

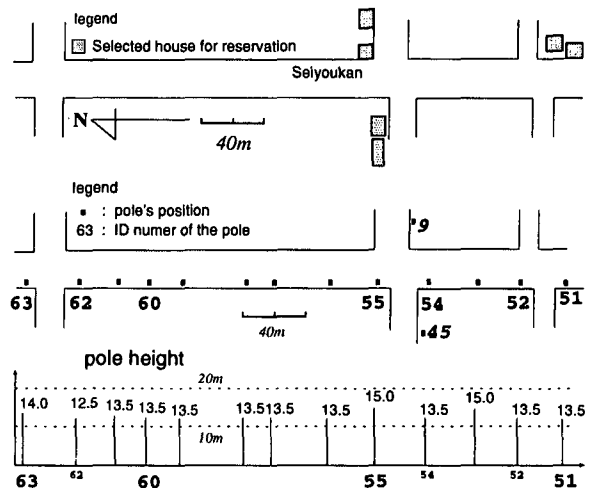


図 2: 大町通りの電柱の位置平面図

図 2、3 に示す位置関係において、写真から電柱の高さを基準として、隣接する建物の高さを推定する方法を以下に述べる。まず、精度を高めるため写真には 2 本以上の電柱が存在しなければならない。写真の縮尺 s は、電柱の現寸 l_k 、写真内での電柱の寸

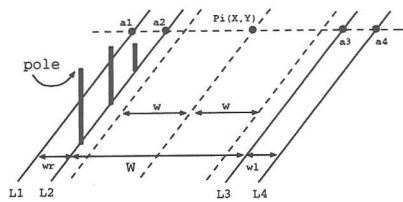


図 3: 電柱, 道路, 建物の位置概念図

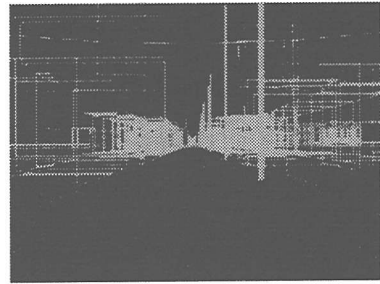


図 6: 計測結果に基づき作成した 3 次元 CG 図



図 4: 電柱 61 番の位置から 59 番を見る写真

法を l_k とすると,
 $s = \frac{\sum_{k=1}^n l'_k}{\sum_{k=1}^n l_k}$ (n は 2 本以上を示す)

- 1 道路間の幅 (1 車線 w とする) W
- 2 歩道の幅 W_r, W_l は一定
- 3 建物も電柱も道路に平行に並ぶ
- 4 図 3 の任意点 $P_i(X, Y)$ が, 写真上の対応する点 $p_i(x, y)$ から判定できる
 $X = f(x), Y = f(y)$ 通常関数 f は縮尺 s である.
- 5 写真上の $p_i(x, y)$ 点から, 道路に直交した点 a_j が得られる.

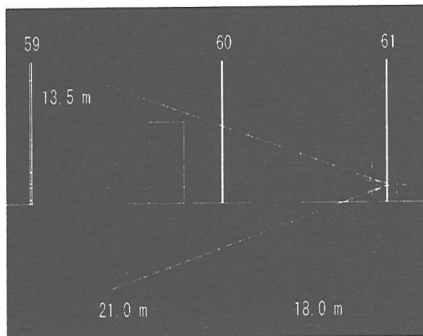


図 5: 3 次元 CG を用いた計測図

6 点 a_1 上にある高さ h_j (写真上の長さ) の建物の現寸 H_j を求める.
 $H_j = (1/s) h_j$

一例として, 電柱 61 の位置の道路中央にカメラを設置し南方を撮影し (図 4), 上記アルゴリズムに従い電柱 59 の高さから, 周囲の建物の高さを推測する. 焦点距離 24mm のレンズを 1.5m の高さに水平におく. 市販 3 次元アニメーション用 CG ソフトウェアは, 仮想カメラの条件を任意に設定できる. 仮想 CG 空間内に縮尺通りに電柱群を配置する. 建物を box で近似して挿入する (図 5). box の位置を変動させて, 実映像の状態と一致させる. 図 5 中央の建物の場合, 高さは約 8 m となり, 会津の建築設計士の持つ家屋データとほぼ一致する.

4-3 建物データの生成

建物データを生成するにあたり, 本稿では, モデルの詳細の度合により区分をする.

レベル 1 表通りの重要な建物 [数件] (図 7 を参照)

詳細な形状データ (1Mb 以上), および
 テクスチャマッピング用画像データ (数 Mb)
 会津の場合, 市街地全建物 3 万に対する
 レベル 1 の建物の比率は 1:5,000 より少ない
 いわゆるランドマーク的建物である.

レベル 2 表通りの家屋一般 [数十件] (図 8)

類型化した簡略形状データ (1Kb 以下)
 および 1 建物あたり 1,2 枚のテクスチャ
 マッピング用画像データ (2Mb)

ビルまたは俗に看板建築と呼ばれる構造の商業用建物が多いので, 切妻屋根 2 階建のような簡略形状データを準備し, 画像処理した画像をテクスチャマッピングする. 特定の町並, 通りに関して, 3 次元 CG でウォークスルーをする建物群である. 会津での比率は 1:500 程度である.

レベル 3 裏通りの家屋一般 [数百件] (図 9)

類型化した簡略形状データ (1Kb 以下) のみ

これは、レベル2で使用した簡略形状データと同じであるが、住居用民家は屋根の種類が多いので、切妻屋根1階建同2階建、入母屋2階建など3次元形状テンプレート群を準備し、プログラムで形状生成と配置を行う。
低空から市街地を俯瞰した都市景観を示すため、レベル1,2以外の全建物を扱う。

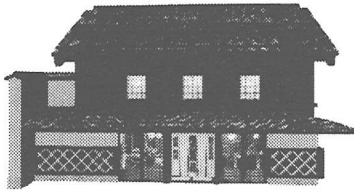


図 7: レベル1の建物

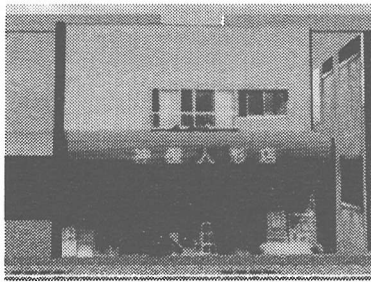


図 8: レベル2の建物

a. レベル1の建物データ作成

前述の保存指定建物は、後に施工図として利用する意図があるので、市販3次元建築用CADを用い、窓や戸などポリゴンで詳細に手作りする。屋根と壁はテクスチャマッピングで表現する。一軒の建物の形状データの大きさは、Wavefrontデータ形式で平均約1 Mbである。テクスチャマッピング用画像はJPEG形式で数 Mbになる。

現在、3D-CGを扱う時、データ形式をOpenGLライブラリが要求する形式にするのが一般的である。しかし、本事例のように、一部は市販3D-CADで手作りしたデータ、一部はバッチ処理で自動作成したデータが混在している場合、Wavefront形式を採用する方が、最初の統合作業、後の保守作業が容易であると判断する。一度しか作らない複雑な形状データを、OpenGLライブラリ使用C言語プログラムを書いて、OpenGL対応のデータを自動生成するのは、経済的でない。

b. レベル2の建物データ作成

近年、町並みを3D-CGで製作する手法や成果が多く発表されている[9][10][11]。しかし、それらは、建物をbox形状で表し、実写画像をテクスチャマッピング用画像にし、張り付けることで、壁面を表現する。この手法は道路幅が広く大半の建物がビル(box)である大都市では有効だが、民家の多い地方都市にはそのまま適用できない。乾燥地域に属する欧米の町は、民家の屋根形状は単純で、軒は浅い。故に、少ない画像処理で実写画像をテクスチャ用画像に変換できる。これに対し、モンスーン気候に属する日本の民家は軒が深く、このため太陽の影が深く写る。しかも1、2階の双方が軒を有する。この大きな陰影の差を実写画像から取り除くのは、大作業である。市販のお絵描きソフトウェアを使用して手作業でレタッチすると、1枚処理するのに、熟練者でも30分以上かかる。上記[9][10][11]など既往のシステムは、この問題についての考察が無い。1つの表通りに面する建物正面の数百枚以上の画像をレタッチする膨大な時間を短縮するために、一連の画像処理プログラムを開発する。

- (1) カメラは地上1.5mの高さに設置して、道路の反対側から撮影するが、道幅が狭いために(1車線道路は道幅約3m, 2車線道路は歩道も入れて約7m)和風2階建の高さでも、画像は歪む。これをマウスで4点指示して幾何学補正をする。
- (2) 画像内で複数の参照区域をマウス指定し、その値を参照して本来同じ色調である壁面の日射による陰影の差を小さくする。
- (3) 建物の要素(窓、戸、柱など)は垂直水平で直交する性質を強調する。
- (4) 看板の文字はその建物正面の大きな特徴であるが、曲線が多いので、項目(3)の処理の影響を受ける。マウスで区域を指定し、一時別バッファに格納し、項目(3)の処理の後に、元の場所に原画像を戻す。
- (5) 電柱などは、項目(4)と同じ手法で除き、周りの色で置換する

以上の各処理を、自動処理できるようにした結果、処理時間が3分以下になる[12][13]。これら画像処理を施したテクスチャ用画像を張り付けた個々の家屋形状データを、前節4-1,4-2で述べる手法により、正しい相互位置の座標にして、データベース上に配列する。

c. レベル3の建物データ作成

本事例の目的は、2車線道路に面する2つの商店街の景観シミュレーションなので、表通りに面する建物は、現状を反映するように作成する。しかし、地域計画用データベースとして使用するには、1車線道路や路地に面する、いわゆる裏通りの民家群をもデータベースに取り込む必要がある。市街地の約3万軒の全数調査を行うのは困難なので、後で

全数調査結果を取り込めるように、データベースを工夫設計する。

全数調査に代わる処置として、会津という地方都市の裏通りの景観を、統計的な確度で可視化することを試みる。すなわち、市街地をブロックに分け、20の区域を選び、その内部の建物の形状（特に屋根）とその分布を調べる（総サンプル家屋 600 軒）建物の高さの分布は、道路幅の関数になる。次に、日本の代表的な屋根形状[14]を、パラメトリックに自動生成するプログラムを開発する(図 4)。図 5 に示すように、約 20 の家屋形状のどれかを指定して、必要なパラメータを入力すると、面だけで構成される各屋根タイプが生成される。底面は矩形である。データ量は約 1 Kb 以下になる [15]。(第 2 章項目 (γ) の実現)

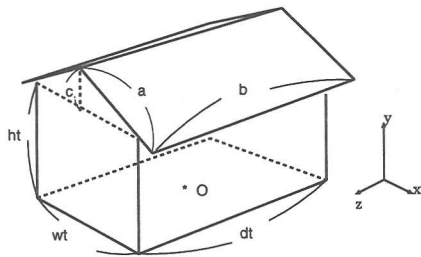


図 9: 切り妻屋根のパラメトリック表現

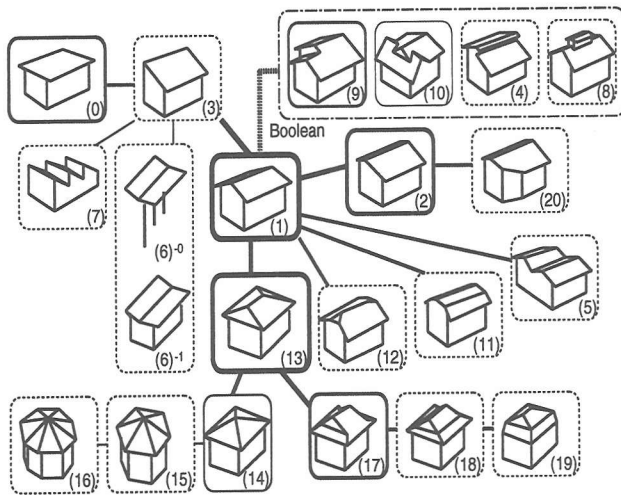


図 10: 民家の屋根のパラメトリック表現一覧

5 データベースの設計と全データの統合

上記レベル 1,2,3 の建物データ群を、前述のように全て Wavefront 形式で統一する。現在、3D-GIS

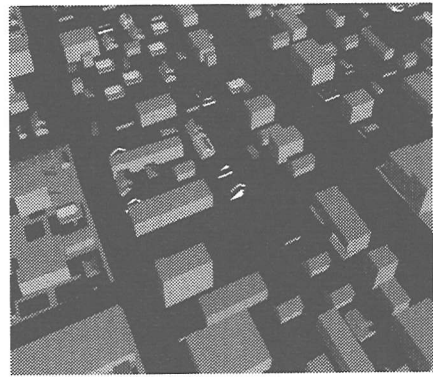


図 11: レベル 3 の建物群

に最適なデータベースは確立されていない。様々のデータベースシステムがあるが、本事例では、一度生成したデータの再編成、再利用を容易にするため、家屋番号を主キーとするリレーショナル・データベースで設計することを試みる。以下、各テーブルを directory (Dir. 1 から 13) と呼ぶ。ファイル間の関係を図 1 2 に示す。このようなデータベースを作成すること自体、相当量の手作業を要する。著者は、東京のいわゆる CG コンテンツ製作業者 2,3 に質問したが、コンテンツ製作に追われデータベース設計にまでいたらないのが現状であるとの返答を得た。

Dir. 1 家屋と判定した閉多角形のデータ
(A1 図内の総レコード数 8,700)

field-1 家屋 ID
(4-1 で述べた第 2 ファイル)
(これを MasterKey として使用する。)

field-2 住所の記述
(ASCII テキスト ファイル
形式で、50 文字)
(例: 大町 1 丁目 2-3)

Dir. 2 家屋の敷地面積ファイル

field-1 家屋 ID
field-2 敷地左下点を $(x1,y1)$ とし、地図原点からの距離 (ASCII 形式で長精度整数)
field-3 敷地を構成する各辺の端点の座標値 $(x2,y2)$ $(x1,y1)$ からの距離
..... (ASCII 形式で単精度整数)
field-9 $(x8,y8)$ 最大 8 辺で表現できる。

Dir. 3 家屋の高さファイル

field-1 家屋 ID
field-2 高さデータ (1, 2, 3 階建ての区別)
(ASCII 形式で単精度整数)

Dir. 4 家屋の形状ファイル

field-1 家屋 ID
 field-2 詳細度レベル 1,2,3 の区別
 Dir. 5 家屋の屋根形状指数ファイル
 (Dir. 4 で field-2 が レベル 1 の場合)
 field-1 家屋 ID
 field-2 特別に手作りした 6 軒分については、
 この値を見て、別ファイル Dir.12 を開く。

Dir. 6 家屋の屋根形状指数ファイル
 (Dir. 4 で field-2 が レベル 2、3 の場合)
 field-1 家屋 ID
 field-2 その家屋の屋根形状データ指数
 (1: 切り妻、2: 寄せ棟など) (図 5 参照
 (ASCII 形式で単精度整数)
 (2 階建民家の場合、2 階の屋根形状が、
 その建物の屋根とする。)
 実地データがある場合は、Dir. 7 に実際値、
 無い時は統計的に割り当てた値。

Dir. 7 屋根形状ファイル (Dir. 4 で指数化した
 各形状を Wavefront 形式で記述)
 field-1 1: 切り妻の Wavefront.obj 形式の
 テキスト ファイル。
 以下、入り母屋など他の形状についての
 同様のテキスト ファイル。
 (field-20 まで)

Dir. 8 家屋のテキストチャ画像ファイル
 field-1 家屋 ID
 field-2 テキスチャ画像の ID 番号
 無い時は 0 値。画像データ
 (平均 1 Mb) そのものは大きい
 ので別ファイル Dir. 13 とする。

Dir. 9 道路のファイル (4-1 での第 1 ファイル)
 field-1 道路 ID
 field-2 道路幅 (路地、1,2,4 車線の区別)
 (ASCII 形式で単精度整数)
 field-3 その道路の交差点までの両端点の座標値
 基本地図からの距離 (ASCII 形式で長精度整数)

Dir.10 家屋と道路の関係を示すファイル
 field-1 家屋 ID
 field-2 その建物が面する道路 ID
 (Dir. 6 field-2 で統計的に割り当てる時は
 この道路との関係を用い、その道路に面する総建物
 数と統計的出現頻度から計算する)

Dir.11 家屋以外の閉多角形
 (空き地、運動場、駐車場など)
 field-1 閉多角形 ID (4-1 での第 3 ファイル)
 field-2 敷地左下点を (x1,y1) とし、地図原点
 からの距離 (ASCII 形式で長精度整数)
 field-3 敷地を構成する各辺の端点の座標値

(x2,y2) (x1,y1) からの距離
 (ASCII 形式で単精度整数)
 field-32 (x33,y33) 会津の場合、最大 33 辺。

Dir.12 (Dir. 5 で説明した形状データ)
 Dir.13 (Dir. 8 で説明した画像データ)

このデータベース内に、必要な情報を格納し、
 レベル 3 の建物群は、C 言語で作成したプロ
 グラム群で、Wavefront 形式であるテキスト
 ファイルをバッチ処理で生成する (処理部)。そのデータ
 を市販の 3D-CG ソフトウェアに渡すことにより、
 workstation または PC 上に展開表示する。数年
 前に比べ、いわゆる市販 3D-CG ソフトウェアは価格
 が十分 1 以下に急低下している。CG ソフトウェア
 ベンダーは自社ソフトウェアのデータ形式は共同研
 究者間でのみ公開している。しかし Wavefront 形
 式で他社ソフトウェアと双方向にデータ変換する機
 能を各社標準装備している。プログラム作成のコ
 スト (時間と人件費) を考慮すると、この方式が現
 時点では望ましい。

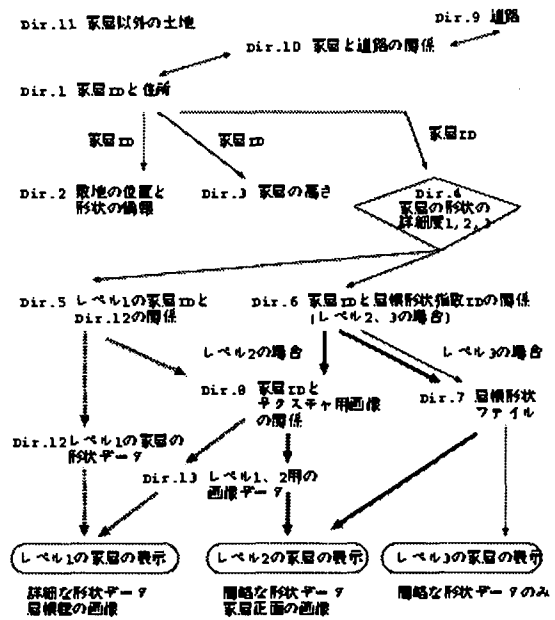


図 12: 13 の Directory の相互関係

6 考察と結論

本事例は、複雑な屋根形状を持つ日本の地方都市、
 すなわち数 Km 四方内で数百から千の建物群の 3
 次元表示、およびそのためのデータベース構築とい
 う、伝統的な土木計画学と、発展中の 3D-GIS との
 境界領域に属する。全数調査をして全建物をレベ
 ル 1 の詳細度で作成できない。解決策として、著者ら
 は、重要な建物はレベル 1 で作成し、残余の建物群

は「景観」という本来統計的な性質を内包する概念を利用して、レベル3の建物群をパラメトリックの処理で自動生成するという、いわばハイブリッド方式を提案する。結果として第2章で提起した3項目の新規性を実現する。

コンピュータ芸術的状况をこえて、建築計画などでの使用に耐え得るモデルの精度を、既存情報を活用して実現を試みた[目標(α)の実現]。すなわち3D-CG 仮想空間内において、図5に示すように、アマチュアカメラを路上中心にほぼ水平に設置し、画面中央の矩形で示す既知の高さのビル($h=8m$)を推定すると、実測値 $h_0=8.3m$ となり、残差 $v=h_0-h=30cm$ となる。表示端末(1024x768画素)上での1画素の大きさを、実際の距離に換算すると、 r_m は、この場合約6cmになる。CRT上でカーソルで2点間の距離を計測する時、計測誤差 $r_s=\pm 6\sqrt{2}cm$ となる。ゆえに、この残差は、CRT上での計測誤差と、カメラのわずかなブレ量、そして3D-CGデータ製作時の誤差が加算されたものと推定される。他の既知の建物の高さも、ほぼ同様なので、高さ8m程度なら残差は30cm程度と思われる。

テクスチャマッピング用画像生成時間を画像処理プログラムの開発で短縮した。また、既発表の立体都市CG製作システム群は、複雑な屋根形状を持つ民家の多い地方都市を扱うに困難があったが、本研究はそれに一つの解決策を示した[目標(β)]。

異なるレベル1,2,3の建物データが統一的に処理できるようデータベースを設計した。このデータベース部は、処理部、表示部から独立させているので、将来、Wavefront形式以外のデータ形式(例えばOpenGLライブラリのデータ形式)で表示する時は、Dir.7,12,13の3ファイルのデータ形式だけをOpenGLの要求するデータ形式に書き換えればよい[目標(γ)]。

日本の地方都市中心市街地のGIS的構成要素は極めて多い。将来の課題として、3D-GISにおける立体構造物と地図記号化の問題をさらに研究したい[16]

謝辞

会津若松市都市計画部、福島県土木部、福島県建築士会会津支部、東北電力会津支店配電計画課にデータ提供への謝意を表します。

参考文献

- [1] 村尾成文「建築模型の作り方と設計への応用」、彰国社、1994
- [2] 榊原和彦、「都市公共土木のCGプレゼンテーション」、学芸出版社、1997
- [3] Ryouyuke Shibasaki ed., "Proceedings of International Workshop on Urban Multi-Media/3D Mapping", Center for Spatial Information Science, Univ. of Tokyo, 1998
- [4] 衣袋洋一「都市空間情報の3次元表示方法に関する研究」、GIS-理論と応用, vol.6, no.2, pp.49-57, 1998
- [5] 福島県建築士会 会津支部 Homepage, <http://www.hechima.co.jp/~fkaizu>
- [6] 坂内正夫, 大沢裕. 画像データベース, 昭晃堂, pp.91-103, 1987
- [7] 史中超, 柴崎亮介, 「高さ情報を利用した航空写真からの建物の自動抽出手法」, 写真測量とリモートセンシング, vol.36, no.2, pp.38-45, 1997
- [8] 延松奈々絵, 上田穰, 得丸久文, 柴崎亮介, 「カラー航空単写真からの地物の自動抽出と3次元景観シミュレーションへの応用」, 日本写真測量学会平成11年度年次学術講演会予稿集, pp.449-452, 1999
- [9] P.E.Debevec, C.J.Taylor, J.Malik, "Modeling and Rendering Architecture from Photographs: A hybrid geometry- and image-based approach", SYGGRAPH, Annual Conference Series, pp.11-20, 1996
- [10] 森ビル株式会社「都市シミュレーションの作成方法および装置」特許番号, 2409531号, 1996
- [11] 日立製作所「地図表示装置および地図表示方法」特開平9-281889, 1997
- [12] M.Ueda, T.Ookoshi, "Making a 3-D Virtual City Environment from Visual Cognitive Viewpoint", Proc. of the IASTED Conference Software Eng., pp.35-39, Oct., 1998
- [13] K. Miyajima, M.Ueda, *The Examination of Work Efficiency in Making textures for a Landscape Simulation and Image Processing*, Under Graduation Thesis in Univ. of Aizu, (Feb. 1998).
- [14] 玉置豊次郎「日本の瓦屋根」理工学社, 1976
- [15] Y.Shimazaki, M.Ueda, *Standardizing Images of Japanese Roofs with Parametric and Boolean Operations*, Under Graduation Thesis in Univ. of Aizu, (Feb. 1999).
- [16] 鈴木芳朗, 星仰「大縮尺地図の類似系記号による分析とそのサブルーチン化」, 写真測量とリモートセンシング, Vol.27, No.1, pp.25-41, 1988.