

5N-2

都市計画支援システムにおける任意領域の建屋鳥瞰図表示

福田 智美 沼上 英雄 長尾 真紀子 岡崎 彰夫

(株)東芝 総合研究所

1. はじめに

地理情報管理システム [1] においては、地図帳を電子化しただけの2次元データ管理から、建屋の高さ、地下の配管などの情報も取り入れた3次元データ管理へと要求が移りつつある。3次元データを取り扱う場合、ユーザにデータをいかにわかりやすく見せるかが一つの重要なポイントとなり、3次元コンピュータグラフィクス (CG) の導入が試みられている。

しかしながら、構造物を写真で見えるように単にリアルに見せるというだけではなく、例えば建物の用途や構造といった属性情報までも含めて現況をわかりやすく提示する一般的な方法は見つかっていない。また、ユーザがデータベースの内容を試行錯誤的に対話を繰り返しながら見ようとする場合には、データ検索と一体化した表示方法が必要となる。

本報告では、都市計画支援システムへの利用を目的として、データ検索と一体化した建屋情報のわかりやすい3次元表示 (鳥瞰図表示) 方法を提案する。

2. 建屋鳥瞰図表示の考え方

2.1. 都市計画支援システムにおける位置づけ

CGによる3次元表示には見栄えの程度により、さまざまな方法があり、表示速度はその見栄えの程度に依存する。簡単な3次元構造物ならば、ワイヤフレーム表示で充分である場合が多い。ワイヤフレーム表示には、陰線消去を行う場合と行わない場合があるが、例えば密集した建屋のように対象が混み入ると陰線消去を行わないと視覚上、理解できないことがある。ここでは、建屋鳥瞰図表示として、陰線消去表示方式を採るものとする。

図1に都市計画支援システムにおける建屋鳥瞰図生成部の位置づけを示す。都市計画を行おうとするユーザは、最初に対象とする地域 (例えば〇〇町) とデータ種別 (例えば建屋、土地利用など) を指定する (検索対象指定)。情報検索部は、対応するデータを検索し、結果を表示画面作成部へ送る。もし、建屋が検索データに含まれていた場合、それらの輪郭図形データと高さ情報 (数値データ) のみを抽出し、建屋鳥瞰図生成部へ渡す。建屋鳥瞰図生成部は入力されたすべての建屋について、まず多角柱でモデリングする (建屋の3次元データ構造化)。次に、ユーザにより指定された視点に基づき、陰線消去を行う。その結果は表示画面作成部に送られ、表示画面生成部は他の検索データと組み合わせて表示する。建屋鳥瞰図と他の検索データとの組み合わせは、ユーザにより指定され (属性表示指定)、その内容に応じてわかりやすく表示画面を構成することにより、ユーザの現況把握を容易なものとする。

2.2. 高速化のための方針

図1に示す全体の検索表示処理をすばやく行うためには、情報検索部、及び建屋鳥瞰図生成部の処理を高速化しなければならない。ここでは、扱う建屋データに対し、(1)

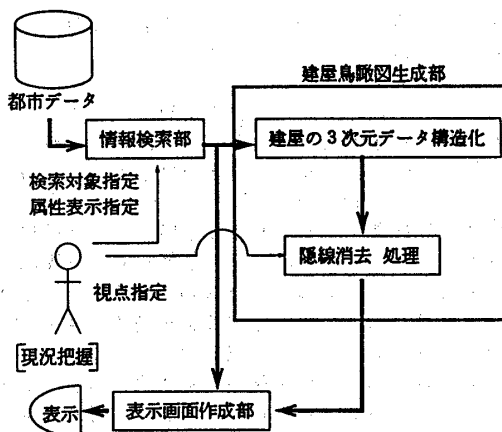


図1. 都市計画支援システムにおける建屋鳥瞰図生成部の位置づけ

中抜きのない多角柱である。(2) 多角柱どうしの接触はない。という仮定を置き、次の方針により建屋鳥瞰図生成部の処理を高速化する。

- 【1】 稜線どうしの干渉を調べるのに、効率のよいデータ構造を用いる。
- 【2】 視平面上で効率のよいデータ管理を行って、稜線どうしの干渉を調べる候補となる稜線の数をできるだけ減少させる [2]。

3. 陰線消去アルゴリズム

アルゴリズムの説明を行う前に、いくつかの準備を行う。

まず、稜線どうしの交点計算を行うのに候補の稜線を取りだしやすいデータ構造について述べる。すなわち、多角柱データは、稜線を中心として隣接する形状要素を関連づけられることによりデータ構造化される。隣接する稜線の接続情報とその稜線を含む面を各稜線ごとに登録しておく。その稜線について、面との包含関係、他の稜線との干渉を調べる際、接続情報にアクセスしやすい。ここでは、すべての多角柱に対して、稜線テーブル、面テーブル、頂点テーブルが用意され、稜線の可視部分を登録しておくための分割稜線テーブルが稜線テーブルからポインティングされた形で動的に作成される。

次に、稜線どうしの干渉を調べる際の候補となる稜線数を減少させる方法について説明する。ここでは、あらかじめ線情報管理構造 [2] (BD木、ブロック法など) を用いて稜線を分割管理しておくことより交点計算を減少させることが考えられる。都市においては、建屋がほぼ均等に配置されていることからブロック法を用いた。また、それぞれの稜線の可視部分を決定するために不可視数 [3] を導入した。稜線の端点において、不可視数の初期値を設定しておいて、各稜線上でソーティングした交点列に沿って不可視数を合計していき、不可視数が最小値になった部分をその稜線の可視部分とする。

Bird's-eye View of Arbitrary Extracted Buildings  
for Urban Planning Supporting System  
Satomi FUKUDA, Hideo NUMAGAMI, Makiko NAGAO,  
Akio OKAZAKI  
TOSHIBA R&D CENTER

アルゴリズムの概要を以下に述べる。

【1】すべての多角柱について凹凸を判定し、建屋テーブルに登録する。

【2】与えられた視点に従ってすべての多角柱に対して3次元のアフィン変換を行う。視点は $z$ 軸上にあるとする。

【3】すべての面に対し、可視、不可視を判定し、面テーブルに登録する。

【4】すべての稜線について、それを含む2枚の面の法線ベクトルから自己陰線（不可視面と不可視面の境界）と判断されたものを稜線テーブルから除く。

【5】すべての凹多角柱について、以下のことを行う。

(1) 稜線テーブルに登録されている稜線に対して、その建屋の可視面との包含関係を調べる。可視面の中に稜線が完全に含まれた場合、面と稜線の前後関係を調べ、稜線が後方にあるならば、陰線として稜線テーブルから取り除く。

(2) 陰線消去の対象としているある稜線とその稜線に対する候補稜線との交点計算を行い、対象としている稜線のベクトルの向きから交点計算をした稜線が境界となる面との不可視数を計算する。可視面と可視面の境界である稜線とのみ交点があり、しかもその交点における陰線消去の対象としている稜線上の $z$ 値が可視面と可視面の境界の稜線上の $z$ 値より視点に対して後方にある場合、対象の稜線は不可視である。可視面と可視面の境界の稜線との交点を除いて交点列をソーティングし、面への出入りフラグにより不可視数をインクリメントさせ、不可視数が最小値になるところを可視部分とし、稜線テーブルに登録する。

【6】多角柱全体で陰線消去処理を行う。【4】と同様の処理を稜線テーブルに登録されている稜線について行う。

【7】稜線テーブル上の稜線についてすべての可視面との包含関係を調べ、前後関係を調べる。ここでは、可視面の外接長方形の対角線を線情報管理方法を用いてデータ管理することにより、比較回数を減らす。この処理は、分割される前の稜線は可視面に包含されていなかったが、可視部分に分割された結果、可視面に包含され、しかも可視面の後方にある場合があるために行う。

#### 4. システム試作

新宿区データ（建屋約7万件、土地利用約1万件）を用いて都市計画支援システムを試作した。図形データの他に属性データとして建屋については、用途種別、構造種別、階数が、また土地利用については、土地利用種別、管理種別が付加されている。

##### 4. 1. 任意領域検索機能

試作システムでは、まず検索対象地域が選択され、外部記憶より対応するデータが主記憶にロードされる（初期ロード）。その後、詳細な検索、及び解析が主記憶データに対してなされる。都市の現況把握においては、任意の領域を自由に細かく見れるという機能が重要であり、ここでは領域の設定方法として、矩形、多角形、円、沿道域の4つを用意した。指定された領域に関連づけられる画像、図、及び属性データがメニュー指示により検索、表示可能であり、鳥瞰図と組み合わせで見れることが一つの特徴となっている。

##### 4. 2. 鳥瞰図と他の情報との組み合わせ表示

上記の方法で任意領域を検索するとメインウィンドウに指定された属性別（例えば、用途別）に色分けされた建屋の平面図が表示されるが、それに対し陰線消去されたワイヤフレームによる鳥瞰図をサブウィンドウに表示することができる。一方のウィンドウ上で建屋をピックアップすると、

他のウィンドウ上で対応する建屋が明示される。その建屋データの属性情報検索も行うことができる。また、その建屋が置かれている土地利用図も建屋鳥瞰図と重ねてサブウィンドウ上に表示できるようになっている。

次に鳥瞰図と平面図との対応づけの方法について説明する。ピックアップされた点からそれぞれの稜線に垂線をおろし、その垂線と稜線に交点があれば、垂線の長さを点からの距離とし、交点がない場合は稜線の両端における距離を求めて、小さい値の方を距離とする。距離が最小となる稜線の番号から建屋番号を知ることができる。建屋情報の表示例を図2に示す。

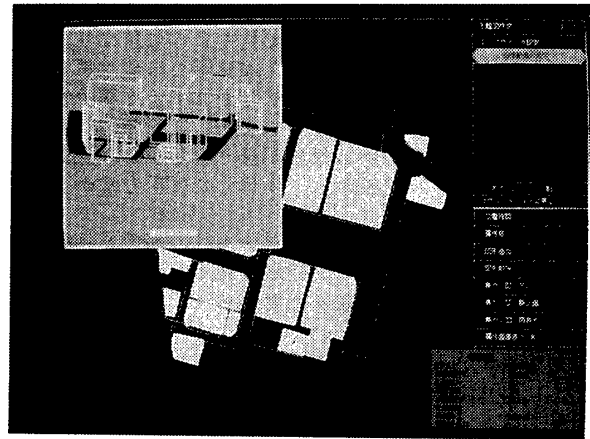


図2. 建屋情報の表示例

#### 5. おわりに

都市計画支援システムにおける3次元表示を用いたわかりやすい都市の現況提示方法を提案するとともに、密集した建屋を鳥瞰するための効率的な陰線消去アルゴリズムを示した。今後は、地下データ（配管データなど）も合わせて、効率的な都市の3次元データの検索表示へと発展させていく予定である。

最後に、データ提供、ならびに貴重なご討論を賜った工学院大学の庭常良教授に感謝いたします。

#### 参考文献

- 【1】恒川他：“地図情報管理システム MINDS—10”の関連9件、第37回情報処理全国大会 1Q-6,7,8,9,10, 4R-5,6,7, 5V-4 (1988)
- 【2】大沢、坂内：“画像データベース”，昭晃堂，pp.118-129
- 【3】山口：“コンピュータディスプレイによる図形処理工学”，日刊工業新聞社，pp.246-252