

まちづくりの図面と規制を利用した三次元都市空間の可視化

佐々木 大^{§1}, 荒木 俊輔^{§2}, 碓崎 賢一^{§3}

概要： まちづくりの計画段階では、誰にでも分かりやすい形でまちの将来像を示すことが求められている。しかしながら既存の手法では、まちづくりの景観イメージを最新の計画に基づいて容易に可視化することができないという問題点がある。そこで我々は、まちづくりの計画過程で必ず作成される二次元の図面の情報と、都市計画における規制の情報を利用して、景観の三次元モデルを生成する手法を提案する。

Visualization of Three Dimensional Urban Space Using Urban 2D Drafts and Regulations

Hajime SASAKI^{§1}, Shunsuke ARAKI^{§2}, Ken'ichi KAKIZAKI^{§3}

Abstract： In urban planning and development, it is important to share the common visual image of urban between experts and citizens. For this purpose, we propose a visualization method of 3D urban models using 2D urban drafts and urban regulations. Our method enables anyone to walk around 3D urban space visualized by a newest plan. Our method made 3D urban models from imperfect 2D drafts which include additional information required from urban regulations.

1. はじめに

まちづくりの計画段階において、まちの将来像を具体的な形で可視化することは、立場や知識レベルの異なる計画者間でまちの将来イメージを共有するために必要不可欠である。この都市空間の可視化には、以前から CG の活用[1] が考えられてきた。これらはイラストや模型を作成する方法に比べ、正確さや表現の自由度の高さなど、様々な利点がある。

一方、まちづくり・都市計画の分野では、地理情報システム(Geographical Information Systems : GIS)が広く利用される[2]ようになってきた。中でも、都市空間を三次元で管理・表示する三次元 GIS は、まちの様子を誰にでもわかりやすい形で可視化すること[3]ができる。しかしながら、三次元 GIS は二次元 GIS と比べ、データ作成にかかるコストが膨大であるという問題点がある。これを解決するため、近年では、不完全なデータからの三次元都市空間の構築に関する研究が進められており、三

面図や複数の写真画像から三次元形状を予測・復元する手法[4][5]や、二次元 GIS データを利用して三次元都市空間を構築する手法[6][7]が提案されている。これらは既存のまちなみを可視化する際には強力な手法となりうるが、まちの将来像を可視化することはできないという問題点がある。また、遺伝的アルゴリズムにより三次元都市空間を自動構築する手法[8]も提案されているが、実際のまちづくりで使うには構築された都市空間に根拠がないという問題点がある。

そこで我々は、まちづくりの計画の最新情報を示す“まちづくりの図面”と、都市空間の形成において数値的な根拠となる“まちづくりの規制”を利用して、大規模な三次元都市空間を自動的に可視化する手法を提案する。なぜなら、まちづくりの計画段階において、必ず作成され、最新の計画案を反映しているのがまちづくりの二次元の図面だからである。まちづくりの計画段階で作成される図面を利用することによって、最新の計画案を

¹株式会社 ピープルメディア, 〒812-0046 福岡県福岡市博多区吉塚本町 9-5 福岡県中小企業振興センター10F 103 号

²九州工業大学 情報工学部, 〒820-8502 福岡県飯塚市川津 680-4

³九州工業大学大学院 情報工学研究科, 〒820-8502 福岡県飯塚市川津 680-4

可視化することができる。また、まちづくりの規制の情報を利用することによって、数値的な裏付けのある三次元都市空間を可視化することができる。

2. まちづくりの図面

本章では、我々が三次元都市空間の可視化のために利用する、まちづくりの計画の過程で作成される図面の特徴と、それを都市景観の三次元的な可視化に用いる際の問題点を述べる。

2.1. まちづくりの図面の特徴

まちづくりの計画の過程で作成される図面とは、図 1 や図 2 のような、まちづくりの計画案を示した平面図を指す。本稿では電子的な図面を対象とする。

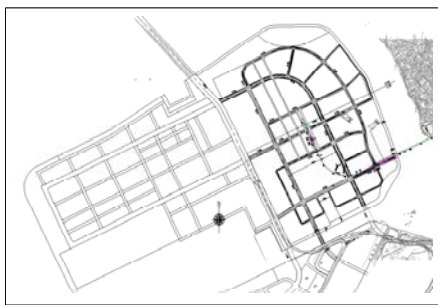


図 1: 計画区域全体の概要設計図面



図 2: 住宅地域の詳細設計図面

これらには、以下のような特徴がある。

- まちづくりの計画段階において、計画が立案・変更される度に、必ず作成される。
- まちづくりの専門家間での計画検討に用いられるため、最新の計画の情報が盛り込まれる。
- 道路、区画、建物、樹木など計画中の様々な地物の情報が、レイヤーにより分類されている。
- 計画の初期と後期で、情報の範囲と粒度が異なる。
 - 計画初期は、図 1 のように、計画区域全体の道路や区画などの大まかな配置情報で構成される。
 - 計画後期は、図 2 のように、計画区域内のあ

る地域ごとに詳細な設計がなされる。

2.2. まちづくりの図面を都市景観の三次元的な可視化に用いる際の問題点

まちづくりの計画の過程で作成される二次元の図面は、そもそも三次元都市空間を可視化するために作成されたわけではない。したがって、まちづくりの図面を三次元的な可視化に用いるには次に挙げるような情報が足りないという問題点がある。

- 図面が二次元であるため、建物の高さ、樹木の高さなど、三次元的な属性を直接示す数値情報が存在しない。
- 計画の初期段階においては、建物一つ一つの配置場所など、地物がどのように配置されるかといった情報が存在しない。
- 建物壁面の素材や色など、デザインの情報が存在しない。

まちづくりの図面から三次元都市空間を可視化するには、これらの不足情報を信頼性の高い方法で補完しなければならない。

3. まちづくりの図面と規制を利用した三次元都市空間の可視化手法

まちづくりの図面は、まちづくりの最新の計画情報で構成されているが、この情報のみで三次元のまちなみを自動的に構築するには情報が不完全である。我々はこの不完全な情報を、都市計画などによって定められる規制情報により補い、地物の配置や規模・三次元の形状を予測し、可視化を行うようにした。

例えば、計画中のある区画が“住宅地域”と計画されていると、都市計画によって定められている用途地域制による制約条件により、各々の自治体によって値は異なるが、“低層住宅地域”では建物の建蔽率 50% 以下、指定容積率 100% 以下といったように、数値的な制限が設けられている。建蔽率とは建築面積の敷地面積に対する割合、容積率とは延床面積の敷地面積に対する割合である。これらの数値的な情報により、情報システムによる自動的な三次元都市空間の可視化が可能になる。

本稿では、様々な地物の中で特に重要と思われる、建物、道路、樹木の三次元の可視化手法について詳しく述べる。

3.1. 建物

建物の可視化手順は次の2つである。

- ① 建物の二次元の位置・形状情報の補完
- ② 建物の三次元モデルの構築

ただし、建物の可視化の手順は、基とする図面の情報の詳細度による。図面上に建物一つ一つに対して位置・二次元の形状が記述されている場合は、1つ目の手順は必要ない。

3.1.1. 建物の二次元の位置・形状情報の補完

まず、二次元の位置・形状情報の補完手順について述べる。前提として必要な情報は、区画の平面図形情報と、区画の利用用途、区画内に存在する建物の平均敷地面積である。ここでいう区画とは、計画された道路に囲まれる領域を指す。また敷地とは、区画内で用途を定めた最小単位の土地を指す。区画の用途地域には、表 1に示すような建蔽率、容積率、高さ、建物用途に関する制限が定められている。また、区画内の建物の平均敷地面積は、区画の用途・規模を検討するには必ず定められる。

表 1:用途地域による制限の例

用途地域	指定建蔽率 (%)	指定容積率 (%)	高さ制限 (m)	主な建築可能建物用途
低層住宅地域	50	100	10	戸建住宅
中高層住宅地域	60	200	-	住宅(マンション)
商業地域	70	600	-	商業施設
工業地域	60	200	-	工業施設

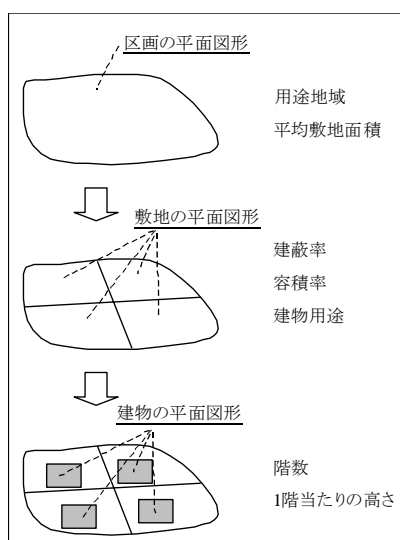


図 3:建物の位置・二次元形状情報の補完手順

この手順では、この区画のどこにどのような規模の建物が配置されるか補完する。建物の規模を補完するために用いる情報は、指定建蔽率、指定容積率など、そ

れ以下ならば許容される値であり、直接的に値を指定するものではない。しかしながら、一般的に建物を建築する際には、経済的な観点から、与えられた建築可能規模を最大限生かすような設計がなされることが多い。我々はこれに注目し、指定建蔽率を建蔽率、指定容積率を容積率といったように制限値をそのまま実際の数値とした。図 3に、建物の位置・二次元形状情報の補完手順を示した。

まず、区画の領域形状から測定した区画面積と区画の平均敷地面積から、区画の領域形状の中にいくつの敷地が存在するかを算出(①)し、敷地領域形状を作成する。

$$\text{区画内の敷地数} = \text{区画面積} \div \text{平均敷地面積} \quad \dots\text{①}$$

次に、建蔽率から、建物の建築面積を算出(②)し、敷地の領域内に建物の形状を作成する。また、建物の形状から測定した建築面積と容積率から、建物の階数を算出(③)する。

$$\text{建築面積} = \text{敷地面積} \times \text{建蔽率} \quad \dots\text{②}$$

$$\text{建物階数} = (\text{敷地面積} \times \text{容積率}) \div \text{建築面積} \quad \dots\text{③}$$

さらに、建物用途から、建物の一階あたりの高さや、建物の平面図形を敷地の平面図形内のどこに配置するかを予測する。建物の一階あたりの高さは、建物の用途から、一般的な値を予測した。例えば戸建住宅やマンションでは、ひと部屋は広くても十数畳程なので、一階あたりの高さは 2m 程度である。しかしながら、オフィス、工場では、ひと部屋がより広くなるため、圧迫感を感じないように部屋の広さに合わせて天井がより高くなる。提案手法ではこのような特徴を利用した。また、敷地のどこに配置するかについては、建物用途が住宅の場合は、一般的に道路と建物の上に空間を空けることが多いため、道路から離れた敷地の平面図形内に配置した。

3.1.2. 建物の三次元モデルの構築

建物の三次元モデルの構築手順では、前項で作成した建物の平面図形・用途・階数・一階あたりの高さに加え、その区画に設定したまちの設計のコンセプトを利用する。まちの設計のコンセプトとは、“緑の多い町”などのまちの基本設計方針である。提案手法ではこれらの情報から、建物の三次元形状を予測し、三次元モデルを構築する。図 4にこの手順を示した。

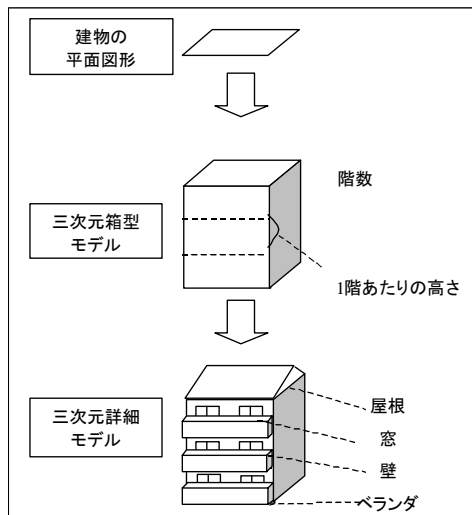


図 4:建物の三次元モデルの構築手順

まず、建物の階数と一階あたりの高さから、建物の三次元の箱型モデルを構築する。次に、建物の用途と設計コンセプトから、建物の屋根、窓、壁、ベランダの形状・質感を補完し、三次元の詳細モデルを構築[9]する。例えば屋根は、建物用途により、戸建住宅は三角屋根といった基本的な形状を限定し、さらに設計のコンセプトが“緑の多い町”であれば屋上緑化を施した質感を選択する、といった方法で行う。また、用途地域が中高層住宅地域の建物であれば、マンションは一般的に南側にベランダ、北側に玄関が配置されるため、それに従うようにした。質感や模様表現は、汎用的なパターンを用意し、テクスチャマッピングした。

3.2. 道路

まちづくりの図面での道路の表記方法は、次の二つに分類することができる。

- 車道、歩道などが面で詳細に表現
- 道路をどこに通すかといった線で表現

これらは、計画の進行状況や図面の詳細度などにより異なる。ここでは、計画の初期段階に見られる、線で表現されている道路の可視化手法を示す。

- ① 線で表現された道路からネットワーク構造を構築し、道路をリンクとノードに分割する
- ② 道路構造令による制約条件を利用して、道路のリンクの三次元モデルを構築する
- ③ 接続されている道路リンクより、道路のノードの三次元モデルを構築する

まず、線で表現された道路からネットワーク構造を構築する。線の交差判定を行い、交差点を道路ノードとし、ノードとノードをつなぐパスを道路リンクとする。

3.2.1. 道路リンクの三次元形状の構築

次に、道路構造令による制約条件を利用して、道路リンクの三次元モデルを構築する。道路構造令では、高速道路、一般国道といった道路の種類と計画交通量によって、四段階の種別・級別に分類される。さらに、種別・級別によって、表 2に示すように道路構成要素の基準値が細かく設定[10]されている。したがって、道路の種類と計画交通量から、車線数、車線幅、歩道の有無や幅といった具体的な情報を予測することが可能である。

表 2:本提案で利用した道路の基準値

種別	級別	必要車線数	車線幅 (m)	歩道幅 (m)	中央帯幅 (m)
1	1~3	4	3.5	-	4.5
	4	2	3.25	-	3.0
2	1	4	3.5	-	2.25
	2	4	3.25	-	1.75
3	1	4	3.5	2.0	1.75
	2~5	2	3.25	2.0	1.75
4	1	4	3.25	3.5	1.00
	2~4	2	3.0	3.5	1.00

図 5に、道路リンクの三次元モデル構築手順を示す。このように、道路リンクを中心線として、道路を肉付けするようにして三次元モデルを構築する。ここで、歩道の高さは道路構造令の基準値である 15cm とした。

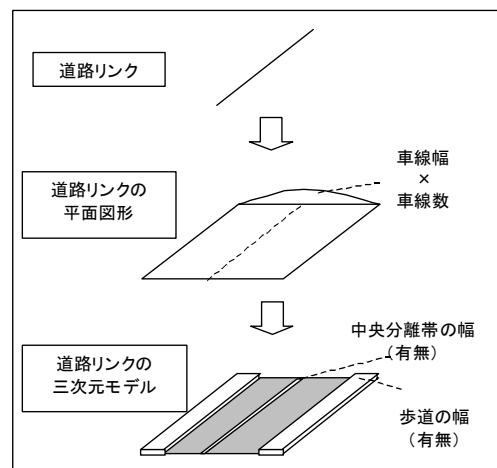


図 5:道路のリンクの三次元モデル構築手順

3.2.2. 道路リンクの三次元形状の構築

次に、道路ノードの三次元モデルを構築する。道路ノードは、ノードに接続されている道路リンクの形状を参照して、形状を決定する。図 6に道路のノードの三次元モデル構築方法を示す。ノードに接続されている道路リンクのなかで最大の道幅を参照し、それを半径とする円を内包する最小値でノードのモデルを構築する。

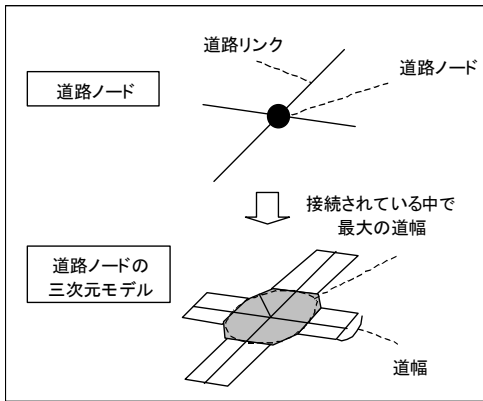


図 6:道路のノードの三次元モデル構築方法

3.3. 樹木

まちづくりの二次元の図面上では、樹木は円で表されることが多い。図 7に、樹木の三次元モデルの構築手順を示す。

まず、円の直径を樹木の幅(枝張り)とする。次に、樹木の植えられている場所から、樹木の種類を限定する。行政では、緑の植栽基準などを設け、街路樹や公園に植える樹木の種類・配置方法などを定めている。本手法では、区画の領域と前節で構築した道路形状と対象樹木の内包判定を行い、その樹木が、どこにどのような目的で植えられているのかを判定する。例えば街路樹ならば、植栽基準から樹木種を限定する。まずイチョウやケヤキなどといった街路樹に適した樹木の限定する。次に街路樹の植栽間隔から樹木の規模を予測し、樹木種を決定する。

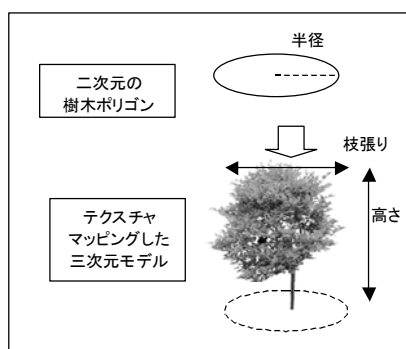


図 7:樹木の三次元モデル構築手順

次に、樹木の枝張り、樹木の種類から、樹木の高さを予測する。これには、樹木種ごとに設定した枝張り高さの比率の基準値を用いた。そして、樹木の枝張り・高さ・種類から、樹木の三次元モデルを構築する。樹木は、二枚の板を交差させたモデルに樹木の種類に対応した

テクスチャをマッピングすることで表現した。

4. 試作システム

提案手法を用いて、評価システムを実装した。システムは、福岡市の博多湾に建設中の人工島“アイランドシティ”を対象として構築した。

4.1. 使用したデータ

計画中の地物の可視化に使用したデータは、まちづくりの図面、三次元モデル、汎用的なテクスチャデータである。図面は、島全域の計画道路と区画についての概要設計図を用いた。さらに、住宅地域、公園などの詳細設計図面を用いた。図面がない地域については、システムに実装した地物の配置機能を用い、市の職員が建物などの配置・調整を行った。また、三次元モデルとして、信号機などの汎用的なデータと、施工企業が作成した戸建住宅や橋梁のデータを配置した。

4.2. 試作システムを用いたまちづくりの計画案の可視化

アイランドシティは、約 400ha の人工島で、商業地域、住宅地域、港湾地域など、様々な用途地域が計画されている。提案手法により、図 1や図 2に示すまちづくりの図面と規制から構築した三次元のまちなみを、図 8に示した。このように、提案手法では、配置情報を補い、三次元の都市空間を可視化できていることがわかる。



図 8 提案手法による三次元都市空間の可視化

図 9には、提案手法により可視化した建物を示した。区画の用途、指定容積率、建蔽率を満たした規模で、“緑の多い町”のコンセプトの指定により屋上緑化されたマンション群が可視化されている。このように、都市計画の規制に加え、コンセプトを反映した建物を可視化することができた。



図 9:提案手法による建物の可視化

図 10には、提案手法により可視化した道路を示した。道幅、歩道などが道路構造令に基づいた規模で可視化されている。さらに交差点も違和感なく表示されていることがわかる。

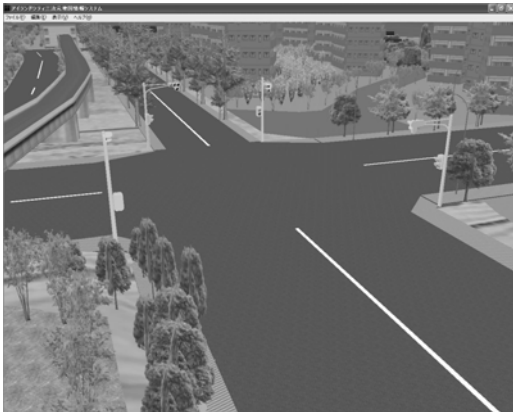


図 10:提案手法による道路の可視化

図 11には、提案手法により可視化した樹木を示した。植栽基準を満たした種類・大きさの樹木を三次元で可視化することができた。



図 11:提案手法による樹木の可視化

このように、大まかな計画情報しかない状態でも、未

来のまちの姿を具体的に思い描くことのできるシステムとして、十分に使用できることが示された。

5. まとめ

本稿では、まちづくりにおけるイメージ共有のため、まちづくりの図面と規制を利用した三次元都市空間の可視化手法について述べた。この手法を用いることにより、まちづくりの計画案をより素早く簡単に可視化することができるようになり、まちづくりの計画の検討を支援することができる。今後は、より多くの制約条件を適用し、より現実の値に基づいた可視化を行えるようにしたい。

6. 謝辞

アイランドシティのまちづくりに関するデータをご提供頂いた福岡市港湾局に感謝いたします。

参考文献

- [1] 笹田剛史： 建築設計・都市計画におけるコンピュータグラフィックス，情報処理学会学会誌，vol.29 no.10, pp.1177-1181(1988).
- [2] 寺木彰浩： 都市計画・まちづくり支援のためのGIS，地理情報システム学会講演論文集，vol.12, pp.135-140(2003).
- [3] 南松利博，多々村克己，鶴心治，田淵義彦： 市街地景観計画・評価支援システムの開発，情報処理学会論文誌，vol.45，no.6，pp.1663-1671(2004).
- [4] 酒井健作，西原清一： 特徴的幾何形状マッチングによる不完全三面図からの3次元モデル復元，情報処理学会グラフィクスとCAD 研究報告，no.98-2, pp.7-12(2000).
- [5] 荒井領太，斉藤隆文： 複数画像に基づく簡易な建築物形状モデラー—消失点に基づく視点位置決定の基礎検討—，情報処理学会グラフィクスとCAD 研究報告，no.108-7, pp.37-42(2002).
- [6] 杉原健一，松島桂樹： GIS ベースの多目的3次元仮想都市空間の構築，情報処理学会ヒューマンインタフェース研究報告，no.85-2, pp.7-12(1999).
- [7] 上原将文，全炳東： 数値地図を利用した広域都市3次元モデル構築，電子情報通信学会論文誌，D-II，vol.J84-D-II，No.8, pp.1921-1924(2001).
- [8] 加藤伸子，岡野紋，狩野均，西原清一： 遺伝的アルゴリズムを用いた仮想都市のための建物配置方式”，電子情報通信学会論文誌，D-II，Vol.J82-D-II，no.10, pp.1766-1774(1999).
- [9] 宮元健次： 初めての建築構造デザイン，学芸出版社(1997).
- [10] 石井一郎，元田良孝： 道路工学，鹿島出版会(1993).