

NAIST-IS-DT9561205

博士論文

景観シミュレーションのための
実写画像を用いた建物データ合成に関する研究

北原英雄

1999年3月24日

奈良先端科学技術大学院大学
情報科学研究科 情報処理学専攻

本論文は奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科に
博士（工学）授与の要件として提出した博士論文である。

北原英雄

審査委員： 千原國宏 教授
横矢直和 教授
佐藤宏介 助教授

景観シミュレーションのための 実写画像を用いた建物データ合成に関する研究*

北原英雄

内容梗概

近年、魅力のある都市創りという側面から、計画の都市景観に与える影響が重視される傾向にある。計画を事前に景観的な側面から検討するためのツールとして従来から模型や透視図などのツールがあるが、その中でCGは、それら従来のツールと比較して、よりわかりやすい点、多くの視点や移動視点からの検討が可能である点から有利であり、CGを利用した景観シミュレーションが利用される機会が増えてきている。

CGで都市景観を表現するためには計画対象に加えて、その周辺環境のデータが必要であり、都市部ではそれらのデータの多くは既存の建物である。自由な視点からのCG作成を行なうためには、これらの既存の建物群を広域にわたり入力する必要がある。しかし、多くの場合データ入力にあまり手間をかけられないことや図面などの詳細なデータ入力のための資料が得られにくいことなどの理由により、これらのデータは、簡単なボリューム程度のデータとして表現されることが多かった。

しかし、このようなボリューム程度の形状データでの周辺建物表現では、地上からの視点でのCGを作成する際に、周辺建物の大きさが把握しにくく、誤った空間スケールを感じさせる可能性があることや、周辺建物群が、同じような色や形で表現されるため、CGを見ただけでは都市の中での視点を直感的に特定することが難しいなどの問題が生じる。これは都市景観を構成している建物壁面の情報が欠落しているために生じている問題であり、それを補うために、実写画像を建物立面に貼り付けるなどの方法が行われている。また、このような情報の補完の必要に加えて、景観シミュレーションを行なう際には、評価者の要求に応じた様々な視点や時刻での画像生成が必要となることが考えられる。

本論文では、それら景観シミュレーションに必要な画像生成を可能とする周辺建物データを作成するために、対象建物の現地写真を元にした建築物の実写画像をそのまま用いるのではなく、実写画像に対して画像処理を行なうことで壁面構成要素の配置情報などを抽出し、高品質な壁面データを合成する手法について提案する。

*奈良先端科学技術大学院大学 情報科学研究科 情報処理学専攻 博士論文, NAIST-IS-DT9561205, 1999年3月24日

本論文では、以下の点について述べた。

都市部の通常の事務所建築に普通に見られる「窓」を対象とし、窓の形状と配置を求めることで単一壁面における壁面デザインの主たる印象を再現できることに着目した。その考えに基き、街路などから撮影した実写画像と都市 3 次元データを用い、窓配置などの壁面合成に必要な情報が抽出できることを提案し、通常見られるいくつかの壁面タイプに対し適用できることを検証した。また、この手法は、建物の規則性を利用していることで、実写画像中に含まれる壁面の前面障害物などに隠された部分についても再現が可能であり、障害物の影響を受けにくいことを示した。さらに、抽出されたこれらのいわゆる壁面合成パラメータは、実写画像のサイズや光条件や向き、角度などの撮影条件とは、抽出後には無関係となるため、景観シミュレーションに必要な精度のテクスチャ画像などが、自由に作成できる点、材質などを考慮して、色画像テクスチャでは表現できない評価システムに応じたデータ合成が可能である点、撮影時の光条件に依存せず、夜景などの自由な時刻でのシミュレーションが可能である点などを示した。

また、建物全体の壁面合成のために、ボリュームで表現された都市 3 次元データを元に、その平面形状と建物相互の位置関係を調べることで、個々の建物における建物の正面性をもった壁面であるファサードと考えることのできる壁面を抽出し、それらの壁面と実写画像から壁面合成パラメータを抽出した主要ファサードとの間で、壁面間の連続性を考慮することで、それらの壁面に関して画像から合成パラメータの抽出を行なうことなく、建物として不自然さのない建物全体の壁面の合成を行なう手法を提案した。

さらに、これらの手法を実際の都市に適用し、建物データの合成を行なうことで、景観シミュレーションにおける周辺建物データとして、従来手法に比較して、高品質なデータが容易に作成できることが実証された。

キーワード

都市計画、景観シミュレーション、都市データ、CG、画像処理、パターンマッチング

A SYNTHESIS OF DATA OF BUILDING FROM REAL IMAGE FOR COMPUTER SIMULATION OF CITY LANDSCAPE*

Hideo Kitahara

Abstract

Recently, from the viewpoint of creating the attractive urban setting, an estimation of the influence of a construction project on the urban landscape is emphasized.

As a tool to study the project for its impact on the urban landscape in advance, the landscape simulation using CG is increasingly used, as CG images are easier to be understood than the conventional models or perspectives-renderings, and CG enables the study from widely varied viewpoints and shifting viewpoints.

In order to express the urban landscape, besides the project itself, the data on the environment surrounding the project are required, most of which, in the urban area, is existing buildings. And in order to produce CG more freely, the existing buildings in the wide area should be involved in CG world. However, in most cases, the data are limited to the simple volume information; the information required for the detailed drawings is not computer accessible.

When CG is prepared from the viewpoint on the ground level with the limited information on the surrounding existing buildings such as forms, the resulted CG image may mislead the understanding of the scale of the space as the actual volume of the surrounding buildings. And it may be difficult to specify the viewpoint in the urban setting in the resulted CG image because the surrounding buildings are expressed in the similar color and shape. These problems are caused by the lack of the information on the exterior wall which is creating urban landscape.

In order to supplement the lack of information, conventional ways use geometrically compensated images of building elevation by retouching real captured images. Adding to supplement the wall information, it is necessary the CG data to generate images of various conditions satisfied valuator's need at the landscape simulation.

This paper describes the synthesis method of creating the building exterior wall textures by extracting constructing parameters by image processing of real captured building photograph images taken at the site.

The following points are described in this paper.

At first, the outline of the design in one exterior wall is reconstructed with the shape and arrangement of the "window", that can be find on the normal office buildings.

*Doctor's Thesis, Department of Information Processing, Graduate School of Information Science, Nara Institute of Science and Technology, NAIST-IS-DT9561205, March 24, 1999.

It is introduced that required parameters to synthesize exterior wall data can be extracted from the photographs at the site and 3-D data of the building and this method is verified with most of middle scale office buildings in the city.

Applying pattern matching method and architectural regularity, this method has these advantages; the exterior wall data can be synthesized without the influence of bad condition of original photographs for examples obstacle occluding the part of wall, shadow on the wall and irregularity of wall image's pixel by perspective. And various type data of exterior wall can be synthesized according to the purposes of simulation.

Secondly, it is introduced that the whole of building exterior walls can be synthesized using continuity of the exterior wall design that is inferred from the shape of the building plan and the distance of each walls, based on simply building form data.

Lastly, the data of actual city is synthesized, applying this method. The result shows this is the method to make CG data of surrounding buildings for the landscape simulation easier with better quality than the current methods.

Keywords:

Urban Planning, Landscape Simulation, City Data, Computer Graphics, Pattern Matching

目次

序論	1
1. 景観シミュレーション	3
1.1. 都市計画における景観評価	3
1.2. 景観シミュレーションの手法	6
1.2.1. 景観シミュレーションモデルの機能	6
1.2.2. 手描き透視図	7
1.2.3. 模型	7
1.2.4. 実写合成	9
1.2.5. 3次元CGモデル	9
1.3. まとめ	11
2. 景観シミュレーションのためのCGモデル	12
2.1. CGモデルの構成	12
2.2. 対象計画	12
2.3. 周辺環境	12
2.3.1. 周辺環境データの構成	12
2.3.2. 背景データ	12
2.3.3. 近景データ	14
2.4. 周辺建物CGデータ	15
2.4.1. 従来の作成方法	15
2.4.2. 現状の周辺建物データ作成における問題	16
2.4.3. 先例研究	16
2.4.4. 実写テクスチャを用いた壁面表現	19
2.4.5. 実写テクスチャを用いた場合の問題点	19
2.5. まとめ	21
3. 建築としての規則を利用した壁面合成	22
3.1. 画像処理と対象物に関する知識利用による合成	22
3.2. 建築の特性	23
3.3. 建築と規則	24
3.4. 周辺建物における壁面構成	26
3.5. 単一壁面内の窓配置	26

3.6.	壁面間規則による建物全体壁面合成	27
3.7.	実写画像からの建物壁面合成の流れ	28
3.8.	まとめ	29
4.	実写画像からの窓配置規則による単一壁面の合成	30
4.1.	処理の流れ	30
4.2.	立面画像の作成	30
4.3.	立面画像からの要素位置推定	32
4.3.1.	エッジ強調フィルタ	32
4.3.2.	テンプレート画像の作成	34
4.3.3.	窓テンプレートと立面エッジ強調画像とのマッチング	34
4.4.	壁面拘束による壁面合成パラメータ算出	34
4.4.1.	部品配置	34
4.4.2.	窓形状	35
4.4.3.	壁面	36
4.5.	壁面合成	37
4.5.1.	色情報を持つテクスチャ画像	37
4.5.2.	色情報と部材の材質感を持つテクスチャ画像	38
4.5.3.	各部材がポリゴンである壁面形状データ	40
4.5.4.	窓部を3次元化した壁面形状データ	40
4.6.	さまざまなタイプの窓に対する適用	42
4.7.	まとめ	43
5.	壁面間規則による建物合成	45
5.1.	処理の流れ	45
5.2.	合成壁面との関連が強いと推定される壁面の抽出	46
5.2.1.	建物平面形状からの壁面連続性の推定	46
5.2.2.	建物相互の位置関係による壁面連続性の推定	48
5.2.3.	都市3次元データからの連続性を持つ壁面データの抽出	48
5.2.4.	壁面間距離による壁面連続性の推定	51
5.3.	壁面間連続性による壁面合成パラメータ算出と壁面合成	52
5.3.1.	コアタイプの異なる建物への適用	53
5.3.2.	中央コア型と推定される建物	54
5.3.3.	片寄コア型と推定される建物	57
5.4.	複数画像を用いた場合の壁面連続性の考慮	59
5.5.	まとめ	60

6. 大阪・御堂筋での適用.....	61
6.1. 対象地域.....	61
6.2. 従来手法による周辺建物表現.....	62
6.2.1. ボリュームデータ表現.....	62
6.2.2. 実写テクスチャを用いた壁面表現.....	62
6.3. 実写画像を用い、建築としての規則を利用した壁面合成.....	62
6.3.1. 作業環境および作業手順.....	62
6.3.2. 主要ファサードの壁面合成パラメータの算出.....	66
6.3.3. 壁面間規則による建物合成.....	66
6.3.4. CG 画像作成.....	68
6.4. 評価.....	71
6.4.1. 提案手法による作業性の評価.....	71
6.4.2. 実際の街並みとの比較.....	81
6.4.3. 評価のまとめ.....	81
6.5. まとめ.....	84
結論.....	85
謝辞.....	87
参考文献.....	88

目次

図 1.1 サンフランシスコの景観.....	4
図 1.2 京都景観論争（毎日新聞 1998 年 5 月 23 日記事より）	4
図 1.3 手描き透視図	8
図 1.4 サンフランシスコの都市模型と模型撮影装置	8
図 1.5 実写写真と CG の合成	10
図 1.6 3次元 CG モデル.....	10
図 2.2 国土数値情報より作成した周辺地形データ	13
図 2.3 点景データの例	15
図 2.4 都市データの例（大阪ビジネスパーク）	15
図 2.5.電子住宅地図より作成した周辺建物データ	17
図 2.6 実写テクスチャデータを利用した都市データ	19
図 2.7 実写テクスチャによる壁面表現	20
図 3.1 街並みの実写画像.....	23
図 3.2 ドリス式オーダによるアーケイド	25
図 3.3 建仁寺流堂宮雛形木割	25
図 3.4 建物コアの例	28
図 3.5 実写画像からの壁面合成の流れ.....	29
図 4.1 単一壁面内での実画像からの壁面合成の流れ.....	30
図 4.2 複比を利用した立面画像作成.....	31
図 4.3 立面画像の作成	31
図 4.4 Sobel フィルタによる立面エッジ強調画像	33
図 4.5 窓テンプレートの作成	33
図 4.6 マッチング結果	33
図 4.7 壁面パラメータ	36
図 4.8 色情報による合成テクスチャ画像.....	37
図 4.9 色情報と材質感を持つテクスチャ画像	38
図 4.10 色テクスチャ壁面画像による表現.....	39
図 4.11 色と材質テクスチャ壁面画像による表現（昼景）	39
図 4.12 色と材質テクスチャ壁面画像による表現（夜景）	40
図 4.13 各部材がポリゴンである壁面形状データ	40
図 4.14 窓部を 3次元化した壁面形状の合成	41
図 4.15 さまざまな壁面への適用例	43
図 5.1 建物壁面合成の流れ.....	45

図 5.2 事務所の壁面からの奥行き	46
図 5.3 コアの種類	47
図 5.4 標準的な都市計画道路幅員	47
図 5.5 対象とした都市 3 次元データ	48
図 5.6 コアタイプ推定による分類	50
図 5.7 壁面間距離によって分離した壁面	52
図 5.8 主要ファサードと平行な壁面	53
図 5.9 対象とした建物データ	54
図 5.10 壁面連続性に基づき合成された壁面 (中央コア型)	55
図 5.11 合成壁面を適用した CG 画像	56
図 5.12 窓配置を修正した CG 画像	56
図 5.13 各壁面の他建物との距離と壁面の連続性	57
図 5.14 壁面連続性に基づき合成された壁面 (片寄せコア型)	58
図 5.15 合成壁面を適用した CG 画像	58
図 5.16 複数壁面からの合成パラメータを用いた CG 画像	59
図 5.17 複数壁面合成パラメータ間の統一を図った CG 画像	60
図 6.1 対象とする地域	61
図 6.2 ボリュームデータ表現による御堂筋	63
図 6.3 実写テクスチャを用いた壁面表現による御堂筋	64
図 6.4 提案手法による CG 画像作成の作業・処理の流れ	65
図 6.5 実写画像からの主要ファサードの壁面合成パラメータ算出結果	67
図 6.6 壁面連続性の推定結果	68
図 6.7 合成テクスチャデータ (色) 表現による御堂筋	69
図 6.8 合成テクスチャ (色+材質) 表現による御堂筋の日照シミュレーション	70
図 6.9 実写画像からの壁面データの合成の処理過程	72
図 6.10 都市 3 次元データを用いた壁面連続性算出による建物合成	73
図 6.11 想定した手作業	74
図 6.12 立面画像の修正実験	75
図 6.13 手作業による修正作業実験-画像 1	76
図 6.14 手作業による修正作業実験-画像 2	77
図 6.15 作業による修正作業実験-画像 3	78
図 6.16 実写の街並みと CG 画像との比較 (その 1)	82
図 6.17 実写の街並みと CG 画像との比較 (その 2)	83

序論

都市には、人間社会が機能するための政治、経済などの多くの機能が集中しており、様々な活動が行なわれている。それらの活動が十分に行なえるような機能を備えていることが都市の発展には必要であるのは当然であるが、それだけでは、そこで実際に活動する人々が人間らしい生活を営む上で十分であるとはいえない。政治、経済、生産というような社会システムが要求する機能に重点をおいて発達してきた都市は、それらシステムが高度化し、都市に要求される機能が強力で複雑になるにつれて、様々なものを犠牲にして発達しつつあることが明らかになってきた。都市がそこで活動する人間のものである以上、単に様々なシステムを効率よく作動させるための機能を整備してだけでなく、そこで活動する主体である生物個体としての人間がよりよく生きるための環境を備えることが、都市には要求されている。

都市景観と呼ばれる視覚的環境もその一つである。美しい街並みは、そこで活動する人々に安らぎや誇りを与え、活力を生み出すという点で重要な環境の一要素である。都市における景観は、個々の建物やその他の構築物の集積として構成されており、よりよい景観形成のためには、個々の建物などが造形的に優れていることも重要ではあるが、それよりもそれが建っている地域との調和や地域の景観を向上させることが重要である。また、これらの構築物は、建設に多くの時間や費用がかかり、通常一度造ると少なくとも数十年の間は存在しつづける。従って、よりよい景観形成が行なえる構築物をその現場に実際に建て確かめるなど現実の空間を利用した試行錯誤を行なうことは、通常難しい。そこで、何らかの方法で建設計画がその地域に与える景観面での影響を検証することが必要になる。特に都市の景観に大きな影響を与える大規模な計画の場合、その計画の実施には、建設関係者だけでなく、自治体の関連部局や地域住民などの多くの人々と合意に達することが必要であり、数量化の難しい景観という指標の評価をわかりやすいモデルを用いて行なう必要がある。そこで、景観シミュレーションという視覚的シミュレーションが様々なツールを用いて行われている。この景観シミュレーションのツールのなかでも、客観性が高く、操作性の高いツールとしてCGを用いた景観シミュレーションがあり、近年、さまざまな計画で用いられ、効果を挙げている。しかし、CGを広く一般の景観シミュレーションに用いるには、現状では問題も多い。

その一つとして、景観シミュレーションにおけるCGモデル作成の問題がある。様々な視点からのシミュレーションを行なうためには、広範囲にわたり計画周辺の建物データが必要となる。現状では、これらのデータは手作業で入力されることが多く、そのためデータ作成にかけられる工数が限られていること、詳細な入力を行なうための十分な資料を得ることが難しいことから、それらは簡易なボリューム形状としてしか入力することができないことが多い。このようなボリューム形状の周辺建物データでは、スケール感や場所性

が失われ、シミュレーション結果が直感的に理解しにくいものとなりがちである。これを避けるためには、地上の視点で視野の多くを占める建物壁面の情報を付加することが必要であると考えられる。

本論文では、この景観シミュレーションのための周辺建物データに着目し、現地の実写画像と建物のボリューム形状をもとに、壁面情報をもった周辺建物データを合成する手法について提案する。これらを行なう際に、実写画像中には、障害物などが多く含まれており、画像処理・コンピュータビジョンの手法をもとにしたアプローチだけでは、景観シミュレーションCGのための満足なデータが得られないことが多い。そこで、対象が建築物であるという知識を元に、障害物で隠された部分や見えない面に関しての推定などを行ない壁面のデータを合成する手法を提案する。

まず、1章において都市計画などを行なう上での景観シミュレーションの各種手法について考察を行なう。そのなかで、3次元のCGモデルを用いる景観シミュレーションの持つ優れた可能性について述べる。

2章において、景観シミュレーションのための3次元CGモデルの構成について考察を行ない、モデル作成上の問題が周辺建物データにあることを述べる。また、現状の周辺建物データ作成における問題に対処するために用いられている手法について考察を行なう。

3章では、2章で述べた周辺建物作成における問題を解決する方法として、画像処理だけでなく、対象物である建物の規則性やその規則性の元になる概念に関して考察を行ない提案手法の考え方について述べる。4章で実写画像をもとにして建築の規則性を利用して、建物の1壁面のデータを合成する手法、5章で建物の形状や位置を元に、4章で合成される1壁面のデータを建物全体に展開する手法について述べる。また、6章で実際の街並みを対象に提案手法によるデータの合成、CG画像の作成を行ない、提案手法の有効性について述べ、それらを総括し結論を述べ、本論文のまとめとする。

1. 景観シミュレーション

1.1. 都市計画における景観評価

人間は社会的動物であるといわれるように、個体としての活動も、周囲の環境に影響される。特に人々が集中して活動を行なう都市の中では、よりよい生活をおくるために、都市環境を様々な側面で整備していく必要がある。それは、視覚的環境である景観に関しても同様であり、視覚的に優れた都市は、単に観光資源などの都市外の人間に対する観点からだけでなく、都市で働き、生活する人々に対し、安らぎや誇りを与え、その都市での活動をより心地よいものにする。

一方、都市の歴史を振り返ると、現代以前は、施政者、宗教家、あるいは、資本家などにより都市の計画や開発がコントロールされてきた。大規模な計画は、限られた階層の中での利害調整により行なわれており、また、開発の基準も都市を支配する立場から決められている部分が多かった[1][2]。しかし、現代では、都市はそこで活動する様々な人々の利害が交錯する場である。ある1人の人にとってよい環境が全ての人にとってよいものであるとはいえないことは、明確であり、そこで活動する人がその人にとってのよりよい環境を求めることが、当然の権利として与えられているともいえる。

そこで、新たな計画に対しては、計画実施者、公共機関、周辺住民などの関係する様々な立場の人間の間で、利害を含めて調整を行ないながら、計画を進めていく必要がある。そのため、計画が都市に与える影響に関して、客観的に評価する方法が必要とされている。それは、視覚的環境である景観に関しても同様であるが、特に景観に関しては、数量的な評価が難しく、他に与える影響も、明確な形で表われにくい。そのため、経済成長期には、効率などが優先され、都市というまとまりで視覚的に評価しようとすることに十分な議論などが行なわれたとはいいいにくい。日本の多くの都市が、視覚的に統一感を持ったものとして現在成立しているとはいえないのは、都市景観に考慮した開発が行なわれなかったためであるともいえる。

一方、欧米では、都市環境における景観形成の重要性は早くから認識されている。例えば、サンフランシスコでは、海への視線を重要視し、その半島状の丘陵地の形状を建築群によって壊さないようにすることで、アーバン・デザイン・プランをまとめた。これは、丘の上は高層化を図り、中腹や海岸線には、高層建築を建てさせないというような大きな方針にもとづくもので、それに実効力をもたせるため、制度を整備し、開発を進めた結果、現在のような美しい景観を持つ都市を造りあげた(図 1.1)。

日本でも都市における景観形成の重要性は、認識はされてはいたが、個人資産である建築物に対して、行政や地域社会がどの程度まで立ち入ってよいのかが明確にされず、経済活動などの他の活動が優先されてきたように思われる。ただ、1980年代終わりから1990年代始めにかけてのいわゆるバブル期において、デザイン過剰ともいえる建築が数多く造

られ、街の景観が一変するのを目の当たりにして、都市インフラとして、景観を造りあげていくことの重要性が、地域社会などの間でも徐々に認識され、さまざまな活動が起きてきているといえる[3]。



図 1.1 サンフランシスコの景観

論

新しい眺望創造する

路地奥の世界を分断

鴨川の芸術橋

保存と開発の調和
住民投票成立なら
市議会の対応注目

マーケター
キーンさん

国際日本文化研究
センター名誉教授
杉本芳太郎さん

図 1.2 京都景観論争 (毎日新聞 1998年5月23日記事より)

たとえば、1998年から1999年にかけて、パリと京都の友情盟約締結40周年を記念して、京都鴨川の三条・四条間にパリのPont des Arts（ボン・デ・ザール）橋を真似た歩行者用の橋を架けることが提案されたが、京都の街並みにパリの橋が果たして似合うのかという都市景観の観点から、周辺地域の商店や住民を始めとして、京都で活動する多くの人を巻き込んだ議論となり、計画が白紙に戻ったことは、記憶に新しい(図1.2)[4]。

また、一方で景観という視覚的環境の評価は、それを体験する人々のその地域に対する思い入れや個人の嗜好など、主観的な要因も、大きく関係してくると考えられる。つまり、景観評価には、個人によって立脚点や評価基準の違いなどが必ず含まれており、都市景観形成には、いわゆる視覚的感性情報である景観をいかに取り扱い、実際の計画に結び付けていくかという点での難しさがある。また、都市の開発・再開発といった行為は、その完成までに膨大な費用や時間がかかり、また関係する人間の数や手続きといったものも多い。工事そのものが開始されると、その過程で計画の大きな修正を行なうには、非常なエネルギーが必要であり、また、完成した計画は、通常、少なくとも都市の中に10年以上は存在し続ける。

そこで、計画が実行に移される前に、計画が都市景観に与える影響について、検討を加え、事業主や関係自治体、地域社会の間で合意形成を図ること必要である。そのためには、視覚的な環境を提示するモデルを用いた景観シミュレーションという手法が一般に用いられている。現在、景観シミュレーションは、個々の計画による検討されるべき影響の違いやシミュレーションを行なうためのコストや期間などを考慮して、適切と思われる様々なモデルや手法を用いて行なわれているが、十分な評価や計画の検討が行なわれているとは限らず、評価者の様々な要求に対応できる手法やモデルが必要とされている[5]。

1.2. 景観シミュレーションの手法

1.2.1. 景観シミュレーションモデルの機能

景観シミュレーションは、様々な立場の関係者の間で計画についての理解を深め、計画が環境に与える影響について評価を行なうために用いられる。そのため、景観シミュレーションのためのモデルは以下のような機能を持つ必要があると考えられる

1. 代替案の検討が容易であること

建築・都市計画は与条件をいかに捉えるかによって多くの解が考えられる。したがって、景観検討の際にもいくつかの代替案を評価する必要があることが多い。したがって景観シミュレーションの際には、周辺環境をそのままにして複数の計画案を提示することで、比較するなどの検討が行なえることが必要になる。

2. 多くの人にイメージしやすいこと

新たな計画を評価するのは、都市計画や建築に関して専門家だけでなく、そのような知識を持たない事業者や一般市民であることも多い。専門家間での評価では、図面などのような正確な情報をあいまいさがなく伝えるものが必要であるが、多くの人々の意見を元に進めていく計画においては、専門家以外の人にもわかりやすい表現で計画を伝え、評価・検討していくことが必要である。景観シミュレーションにおいても現実の都市空間とシミュレーションモデルを結び付けて評価が可能なモデルが必要である。

3. 視点や時刻などの条件を変えて評価が可能であること

都市は3次元的に広がっており、また時刻により様々な表情を見せる。また、都市では、多くの人が多様な活動を行なっており、都市景観の捉え方も、人によって様々であると考えられる。つまり、都市の景観評価を行なう際、評価者の求めるシミュレーションは人によって異なっており、求められる視点や時刻でのシミュレーションを行なえることが必要である。また、視点移動や時刻変化による景観の変化が評価の対象になることもあり、視点やその他の条件が容易に操作可能であることが必要である。

4. 短期間にシミュレーションを行なえること

都市計画・建築計画は、ある限られた期間で行われる。都市景観検討の結果を計画にフィードバックするためには、限られた時間内にシミュレーションモデルを作成し、評価を行なうことが必要である。できるだけ短期間に評価の行なえる形のモデルが作成できることが望ましい。

以上のような要件を満たすモデルが景観シミュレーションモデルに適していると考えられる。現状では、建設プロジェクトの性格やシミュレーション技術の動向により、さまざま

な手法が試みられているが[6]、景観シミュレーションの観点から、現状で用いられているモデル・手法についてこれらの点について考察を行なう。

1.2.2. 手描き透視図

パースとも呼ばれ、計画を透視図法により表現したものである。水彩・油彩・アクリルなどの絵具やペン、パステルなどの画材を用いて絵画的手法によって描かれることが多く、(図 1.3)用途により、描き込みを多くしてリアルなものとしたものから、形よりイメージを伝えることを目的として描かれるものまで、その表現は多様である。絵画的な表現により、形や色という客観的な印象だけでなく、計画意図など計画者の主観的な意図も伝えることができる。その反面、シミュレーションモデルとしては、手描きで行われるため、描画過程が明確でなく、計画の周辺環境の形状や色などが作画者による意図的な操作によりデフォルメされたりすることも多いため客観性の保証がない点や、描画に時間がかかるので、静止視点での成果しか得られず、複数案や複数視点での検討に向かない点などの問題がある。

1.2.3. 模型

建築計画を適当な大きさにスケールダウンして模型として作成した建築模型は対象を 3 次元的に観察できるという点で、現実に近い印象を与えることができる。また、モデルスコープと呼ばれる観察鏡を用いることで地上視点に近い位置での観察も可能であることや、模型撮影カメラを用いることで視点移動による見えがかりの検討なども可能である。模型撮影カメラによる景観検討は、UC Berkeley の Environment Simulation Laboratory のサンフランシスコ全体の模型による新規計画の検討や、New York にある Graduate School of Management and Urban Policy の Environmental Simulation Center で景観シミュレーション手法の一つとして取り入れられている [8]。さらに、模型の素材を現実に近いものを使ったり、光源を調整することで、リアルなシミュレーションも可能になる [9][10]。その反面、精度を求めれば、模型のスケールを大きくする必要があり、そのため場所の確保や多くの制作時間が、必要になる。また、カメラが動ける範囲は決まっており、模型に対する正確な位置を定めることが難しいことが多く、正確な視点での検討を行ないにくいことなどの問題がある。

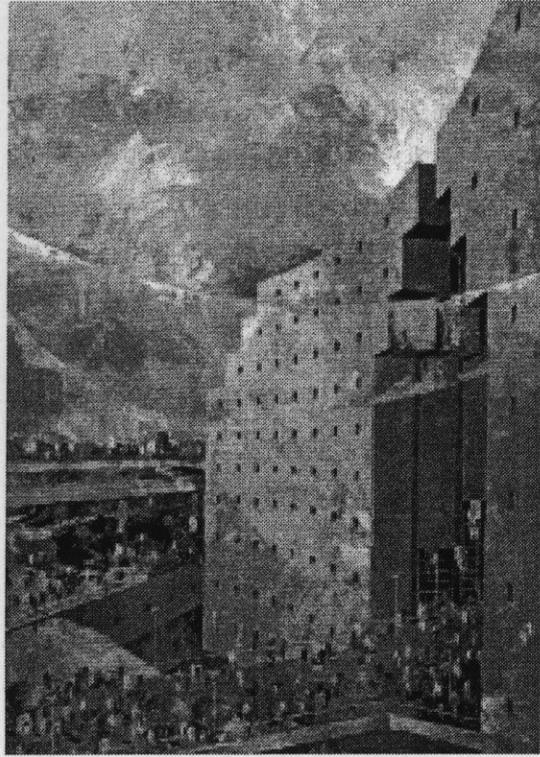


図 1.1 手描き透視図 [7]

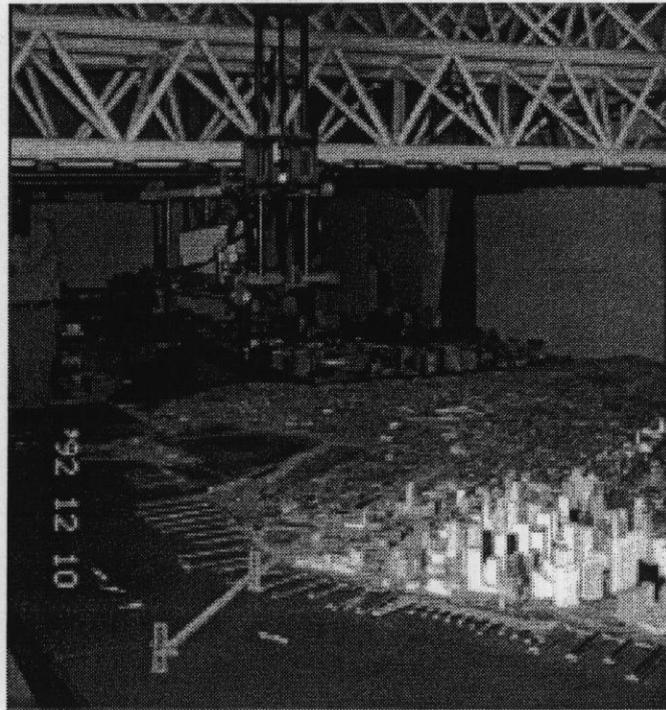


図 1.2 サンフランシスコの都市模型と模型撮影装置

1.2.4. 実写合成

対象となる場所の写真によるの実写画像と対象計画の模型、手描きパース、CG 画像を重ねあわせて作成するもので、周辺環境については実写の風景が使用されるため、成果品のリアリティは高くなる。ただ、実写画像と計画画像の視点をいかにあわせるかが問題となる。特に模型や手描きパースの場合は、計画画像を正確に作成する方法がないためむずかしい。CGモデルを用いた場合は、周辺環境の一部を作成し、カメラキャリブレーションを行なうことで、ある程度、視点がある程度一致した画像を作成できる。ただ、実用的に用いられているものは、静止画が中心であり、移動視点での検討は、技術的課題が多く一般的に用いられていない。また、実写画像が撮影されていない時刻でのシミュレーションは、現状では、実写画像の手作業の修正が必要であり、正確なシミュレーションにならないこと、作業に熟練を要するという問題がある。

1.2.5. 3次元CGモデル

これまでに挙げた手法では、景観シミュレーションを行なう上で評価者の要求に対して答えられなかったり、答えを出すのに時間がかかることが考えられる。そこで、計画対象とそれを含む周辺環境の3次元CGモデルを用いることで、評価者が要求する視点や時刻での景観の提示やシミュレーション途中での計画対象の色などの計画情報の変更が容易になると考えられる。また、このモデルを用いることで、見えがかりの検討などのアニメーションによる連続視点でのシミュレーションや、評価者自身がモデルに対し視点などの操作を行なうインタラクティブなシミュレーションなども行なうことができる。

ただ、このような都市・建築計画における景観シミュレーションのための3次元CGモデルは、対象範囲が都市レベルまで広がるため、データ量が大きくなる。近年、ハードウェア、ソフトウェアの性能向上により、描画時間に関しては短縮されてきているが、データ入力に関しては、基本的に人手による部分が多いためデータ作成にかかる工数が大きく、それが景観シミュレーションにCGモデルが使用されることを阻害しているともいえる。

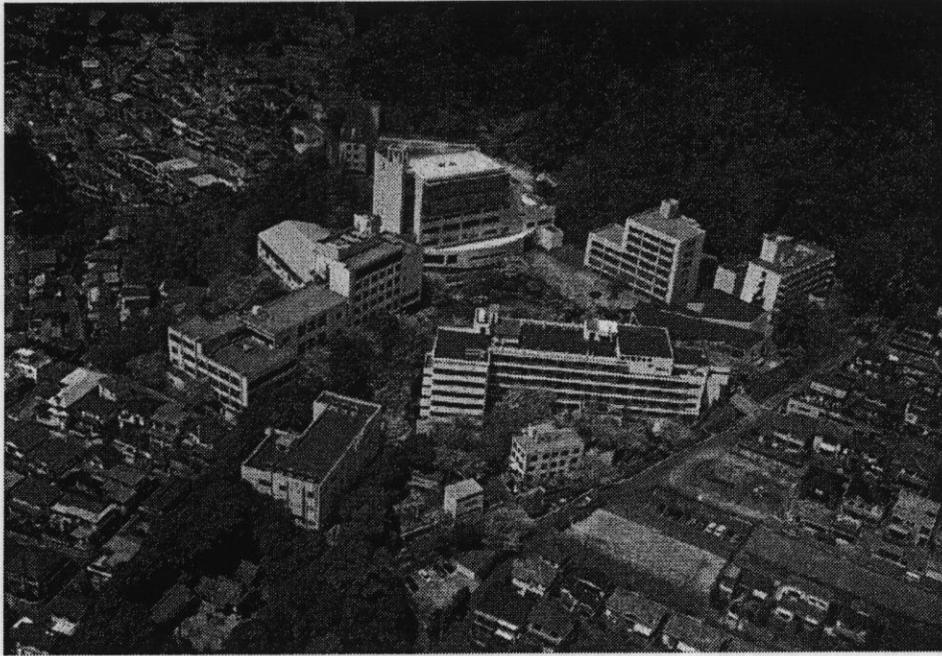


図 1.1 実写写真とCGの合成

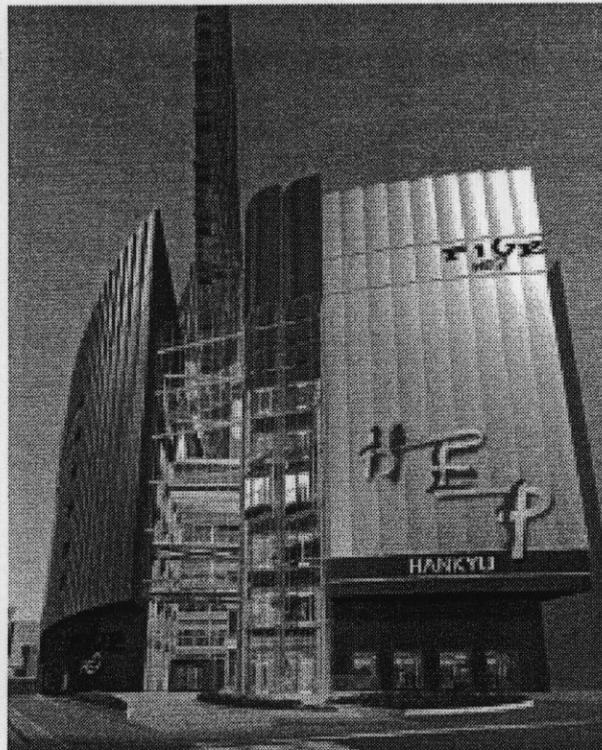


図 1.2 3次元CGモデル

現在、景観シミュレーションに用いられている手法は、以上のようにそれぞれに特徴を持っており、適切に使用することで景観評価に役立つと思われる。その中でも、3次元CGモデルを用いたシミュレーションは、多様な使い方が可能であるため、最も優れていると思われるが、景観シミュレーションに用いることのできる3次元CGデータを作成するのに手間がかかるのが問題である。

1.3. まとめ

都市環境の一つとしての都市景観形成の重要性と、景観形成・評価のための景観シミュレーションの必要性について述べ、景観シミュレーションのためのモデルの現状と持つべき機能についての考察を行なった。そこで3次元CGモデルを用いたシミュレーションが他の手法・モデルに比較して、3次元モデルを操作することで多様な評価が行なえる可能性を持っていることを述べた。しかし、3次元CGモデルを都市景観シミュレーションに用いるためには、シミュレーションに耐える3次元モデルが必要で、その作成に労力と時間がかかりすぎるのが、現在でも、あまり一般的に用いられていない理由であると思われる。

つまり、3次元CGによる景観シミュレーションを今まで以上に浸透させるためには、CGデータ作成の効率化が必要である。これを行なうことで、景観評価・検討をスムーズに行なうことが可能になり、都市のよりよい景観形成に役立つと考えられる。

2. 景観シミュレーションのための CG モデル

2.1. CG モデルの構成

景観シミュレーションのための 3 次元 CG データは、計画建物単体のデザインなどの検討のためだけでなく、都市における計画という位置づけのもとで、実際の街並みと計画との調和などを検討するためのものである。したがってシミュレーションを行なう上でも、モデルの構成は図 2.1 に示すように計画対象と周辺環境により成立していると捉え、データ化を行なっていくことが必要である [11]。

2.2. 対象計画

計画対象のデータは、計画時点では、存在していないものであるため、計画資料から 3 次元データを作成する必要がある。資料としては、計画の段階によっても異なるが、スケッチや設計図面などを用い、CAD や CG システムを用いてデータ入力を行なう。入力は、その時点の正確な資料があり、また作成する範囲も計画対象部分と限られている。データ入力の精度や範囲に関して明確であるため、データ入力作業も行ないやすい。また、最近では、図面を 2 次元 CAD で描いたり、計画単体のデザイン検討を 3 次元 CAD などを用いて行なうことも増えてきており、その場合、それらのデータを流用することで、データ作成の手間が省ける。

2.3. 周辺環境

2.3.1. 周辺環境データの構成

対象計画の周囲を取り巻くデータであり、アニメーションなどで視点が広い範囲を移動するようなシミュレーションを行なう場合を想定し、本来は、全ての範囲を同じ精度で作成することが望ましいが、現実的にはデータ作成の時間やデータ量から考えて、不可能である。そこで、少なくとも、景観シミュレーションの際に視点がそのデータ範囲の中に入る可能性があるかどうかで、データの精度を変えることができると考えられる。ここでは、視点がデータの範囲内に入らないデータを背景データ、視点が範囲内に入るデータを近景データと呼び、以下にそれらの作成に関して紹介する。

2.3.2. 背景データ

景観シミュレーションにおいて背景となるものであり、具体的には、都市周辺の地形や、都市外延などが含まれる。これらのデータは、シルエットとして表れることが多く、データの精度や色などに関してさほど厳密さは要求されないことが多い。

これらは、描き割りのように全周をパノラマ撮影した写真をデータの周囲を囲むように配置することで表現できる他、3 次元データを作成する場合でも、周辺地形に関しては、国土数値情報の標高データから作成した地形メッシュデータ(図 2.2)[12]を利用したり、尾

根線をシルエットとした表現を行なうことで十分である。

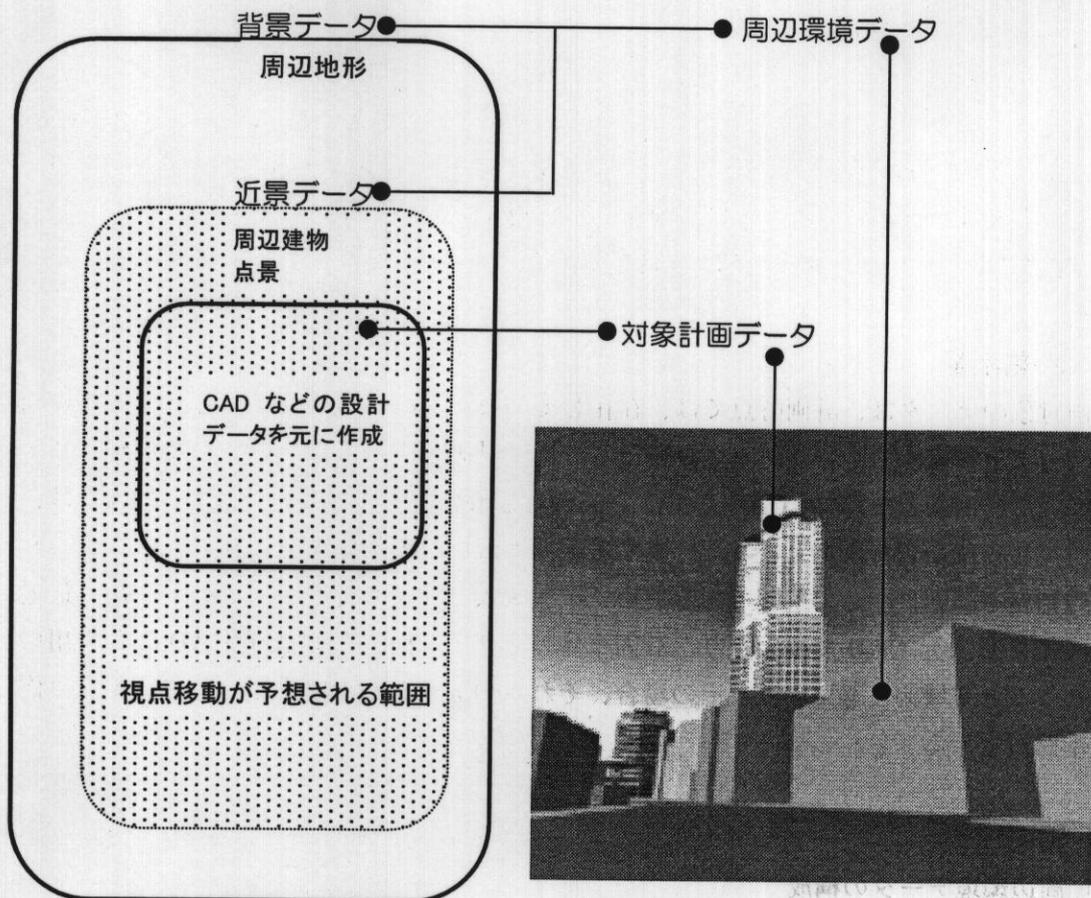


図 2.1. 景観シミュレーション CG データの構成

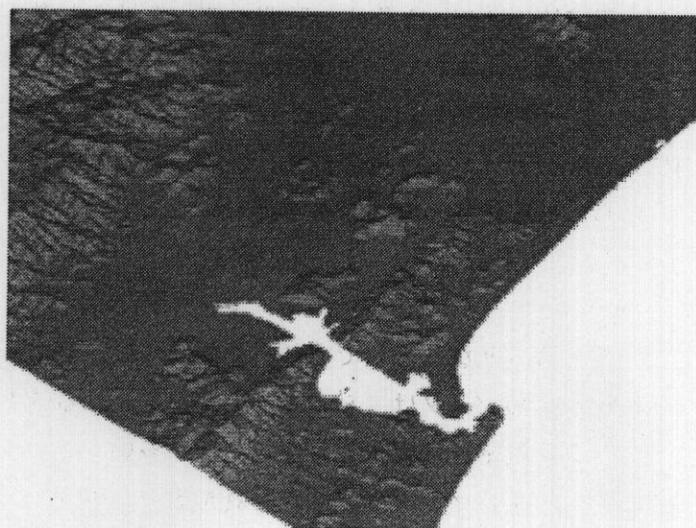


図 2.2 国土数値情報より作成した周辺地形データ

また、都市の外延部に関しては、ランドマークとなる特徴的な建物を除いて、街区構成を表現するか、あるいは街区単位で高さを持ったデータを作成することで表現上は十分である。これらも、国土地理院発行の国土数値情報などを利用することでデータ作成の省力化が図れる。

2.3.3. 近景データ

近景データには、ストリートファニチュアや自動車などの車両、樹木などの点景と呼ばれるデータと、都市データといわれる高速道路などのような土木建造物や周辺建築物群などが含まれる。

点景データは、個々の都市に固有のものではないことが多いため、固有のシミュレーションに依存せずにデータ作成が可能である。現在でもデータ作成の省力化のために、点景データをライブラリとして蓄積したり、市販データの利用などが行われている(図 2.3)。

その一方で、都市データと一般に言われているデータはその都市固有のものであり、都市ごとに作成する必要がある。また、その対象となる範囲も広く、必要なデータの精度で、対象範囲のデータを作成するのは非常な労力がかかる(図 2.4)。

ただ、都市の3次元データは景観シミュレーションのためだけでなく、都市活動や形態のさまざまな分析において有効であると考えられており、都市の3次元データをライブラリとして整備しようとする活動や3次元 GIS の整備と結び付けて、それらを行なおうとする活動がある。しかし、これらの都市3次元データの整備の活動は、ようやく途についた段階であり、実際に活用できるデータが供給されているわけではなく、また、それらのデータが精度の面で景観シミュレーションのデータとして使用に耐えるものであるかどうかという疑問もある。このような現状から現在は、景観シミュレーションを行なう際には、そのたびに必要な都市データを作成することが多く、作成に時間がかかっている。

また、これらの多くは周辺の建物群であり、現状の3次元 CG モデルを用いた景観シミュレーションでは、この部分のデータ作成に時間がかかっているとともに、限られた時間でデータ作成を行なっているため景観シミュレーションを行なう上で、不十分なデータになっていることも多い。以下で、これらに関して考察を行なう。

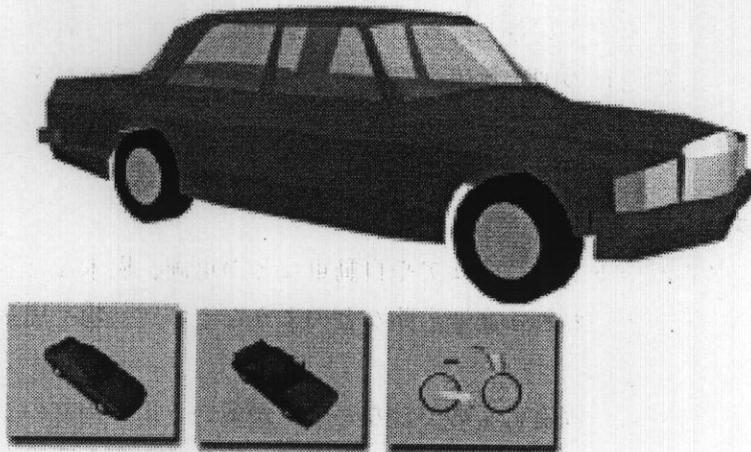


図 2.1 点景データの例

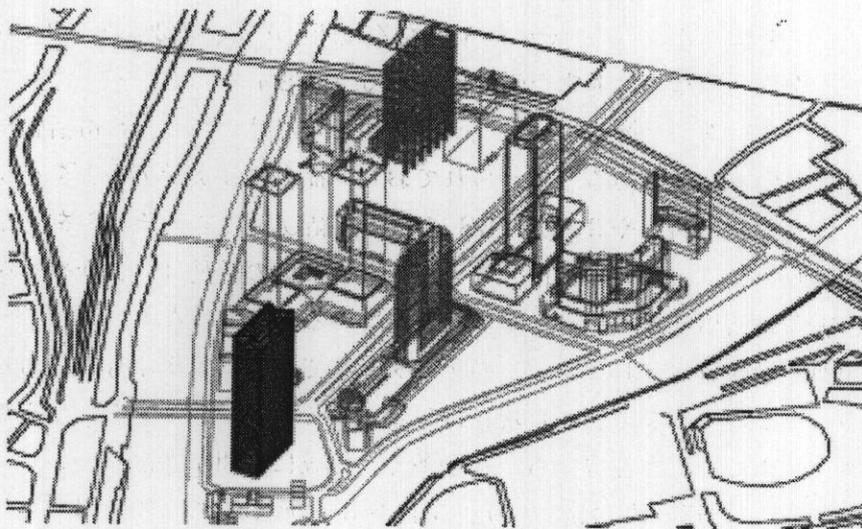


図 2.2 都市データの例 (大阪ビジネスパーク)

2.4. 周辺建物 CG データ

2.4.1. 従来の作成方法

景観シミュレーションのための 3 次元都市データを作成するためには、周辺の建物の形状を得る必要がある。計画対象に関しては、必要な資料は容易に入手できるが、それ以外の周辺建物群に関しては、図面などの正確な資料をすべての建物に関して入手することは難しい。したがって従来は、平面形状を都市計画図と呼ばれる 1:2500 の白地図をデジタイザなどで入力し、建物の高さや壁面形状に関しては、現地調査で得た現地写真などによる情報を元に入力をする。建物個数が多いため、ほとんどの場合、建物は平面形状を高さ方向に立ち上げた角柱のデータとして入力されることが多く、周辺建物の CG データは

建物のボリュームを表わすだけのデータとなる。

2.4.2. 現状の周辺建物データ作成における問題

現状の周辺建物データ作成に関しては以下のような問題がある

a. 手作業

アニメーションなど視点が移動するシミュレーションを行なうためには広い範囲のデータを入力する必要がある。しかし、現状の方法では、建物の平面形状の入力と高さ方向の立ち上げを手作業で1棟ごとに行なう必要があり、広範囲のデータを短時間で作成することは難しい。

b. ボリューム表現

本来、周辺建物もボリューム表現ではなく、詳しいデータが入力されるべきであるが、データ作成に手間がかかることから、簡略化されたデータを用いなくてはならないことが多い。このようなデータを用いて景観シミュレーションを行なうと以下のような問題が生じる。

建物の階数がわからないため、建物の大きさが把握できず、道路幅や距離などの空間スケールが把握しにくい。景観シミュレーションでは、計画が街並みに与える広さや圧迫感などの感覚が重要であるが、空間スケールが把握できないと、これらがつかめず、計画の評価を行ないにくい。

また、建物が同じ色や平らな壁面で表現されるので、個々の建物を区別できずどの場所から見ているかなどの都市内での視点情報を直感的に把握できない。たとえば、アニメーションなどで視点移動がある場合、視点がどのように移動しているかが、すぐに理解できなければ、評価可能なシミュレーションであるとはいえない。

これらの問題は、建物の壁面情報が欠けているために起こる問題である。反対に、周辺建物の壁面情報が欠けたデータは、景観シミュレーションに用いるには不十分なデータといえる。

これらの問題を解消するためにいくつかの方法が、一般に用いられたり、試行されている。以下でそれらを紹介する。

2.4.3. 先例研究

上に述べたように景観シミュレーションを行なう上で、広範囲に渡る周辺建物データを以下に効率よく作成するかという問題は、都市・建築計画分野では、CGによるシミュレーションが開始された当初より、認識されており、それらに対して、研究がなされてきた。ここでは、これらの研究や、周辺建物データ作成に応用できると考えられる研究に関して考察を行なう

a. GIS データの利用

近年、地図データの電子化が進み、容易に入手が可能になってきており。それを利用した3次元データ作成を行なうことで、データ作成の省力化を図ることができる。

特に電子住宅地図は、建物平面の外形のベクトルデータとその付加情報として建物階数を持っているので、それを利用して大まかな建物高さを求めることができる。

また、国土数値情報でも、空間基盤データが発行されており、それを利用して、建物データを作成することができると思われる。ただし現状の国土数値情報では、通常の建物はラスタデータでしか含まれておらず、階数など建物高さを求めることのできるデータも含まれていない。したがって建物のボリューム形状を求めるためには、ベクトル化などのデータの加工や、別の資料からの建物高さ情報の入手が必要となる[13][14]。

このように GIS データを利用することで、3次元データ作成の自動化が可能であり、とくに GIS データの整備が進む都市部ではデータ作成の省力化が可能である。しかし、得られる形状は平面形に高さを与えた程度の単純なボリュームデータであり、壁面情報の欠落による問題には対応できない。

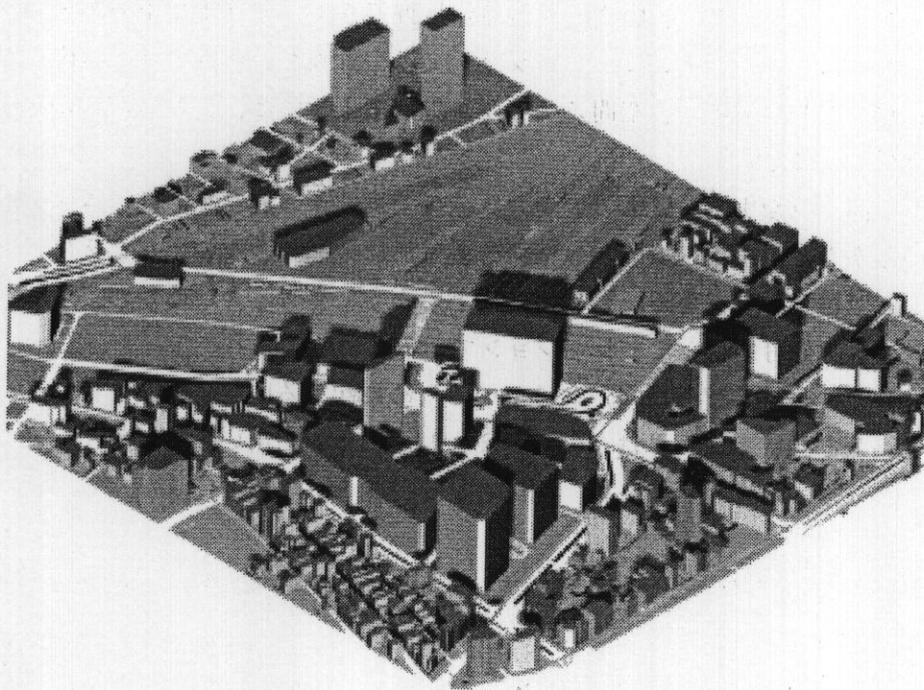


図 2.1.電子住宅地図より作成した周辺建物データ

b.建物類型化に基づいた専用モデラの利用

住宅などの低層建築においては、屋根形状がその地域の建物群の特徴となることが多い。これらの屋根形状を効率よく入力するために吉川・笹田らにより平面形状と高さを入力し、建物プロトタイプをメニューで選択していくことで切妻や方形などの屋根形状を持った建物データが作成できるシステムが開発され、地域住民自身による街並みデータベースの作

成に活用されている[15]。

また、佐藤らは、都市部の建物に関して、建物の類型化を行ない、それと平面形状、高さを入力することで、データ作成の省力化とデータ精度の向上をはかっている[16]。これらの手法は、現地調査の結果や写真などを見て、操作者が類型化されたパターンを当てはめていくということが必要であり、そのためには、システム操作者がその地域の建物に関してよく知っているか、あるいは建築的な知識を持っていることが前提となる。

c. コンピュータビジョンの応用

航空機からのステレオ写真やスキャン型のレーザレンジファインダなどを用いて鉛直距離画像 (Digital Elevation Map) を求める手法は、a. で述べた3次元 GIS の整備とも関連し、国土地理院などで研究が進められている[13]。

また、このような上空からの垂直距離画像を使ったものではなく、自由な位置から撮影された距離画像や実写画像を用いる方法もある。

例えば、レーザレンジファインダーと CCD カメラを組み合わせて距離画像とそれに対応する実際の画像を得ることでテクスチャ付きの3次元データを得る手法の研究や[17]、複数の静止画像中の対応する点を指示することで3次元形状を作成するモデリングソフト[18]や CMU の金出教授の研究を元に開発中の動画などの時系列画像から3次元形状を抽出するシステムなどがある[19]。これらの特徴として3次元形状だけでなく、それに対応するテクスチャ画像も得られることが特徴であり、これを利用して、周辺建物の壁面情報の補完が行なえることが考えられる。

ただ、これらの方法は、都市景観を表現するための広範囲のデータ作成を行なうには、鉛直距離画像を求める方法と比べても、大量の画像が必要であることや、画像から得られたデータとそれ以外の GIS が得られる都市基盤のデータとのすりあわせにおいて、それぞれの精度を考慮する必要があることや、例えば、個々の建物ごとの操作などの部分的なデータの修正を行なうことを考慮して作成されていないので、周辺環境の変化に伴う部分的な修正に対しての操作が煩雑になることが考えられる。

以上のように、都市の3次元データの作成という観点からは、地理情報分野や都市・建築分野、画像処理・計測の分野から、各種の研究がなされている。

また、画像処理・計測で述べた3次元データに実写画像からのテクスチャを利用する方法は、3次元形状モデリング手法とは関係なく、その他の方法で作成されたデータに関しても、壁面情報の補完という観点から広く用いられている[20]。

以下で、この実写画像を用いた壁面表現に関して考察を行なう。

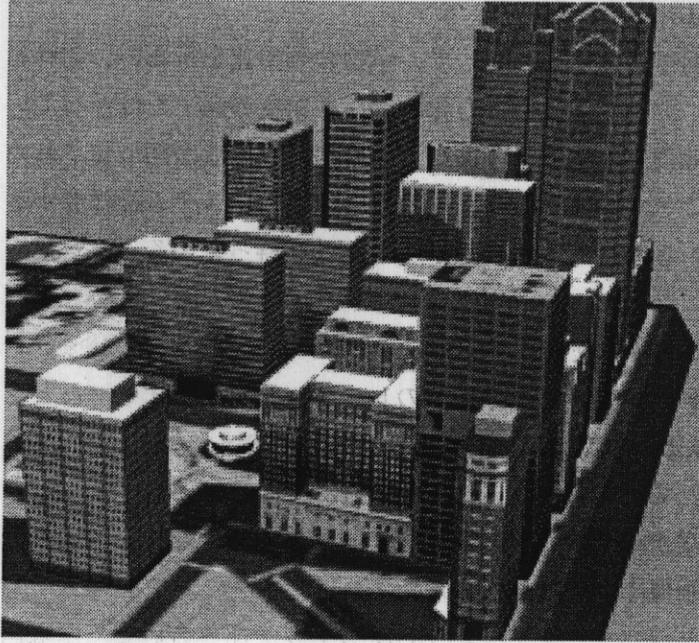


図 2.1 実写テクスチャデータを利用した都市データ[21]

2.4.4. 実写テクスチャを用いた壁面表現

周辺建物に壁面情報を付け加えるには、各建物の図面や写真などから3次元データを作成することが考えられるが、多くの建物に対しこれを行なうことは、非常に労力がかかり現実的ではない。そこで、最近、現地写真から、各建物に対応する壁面画像を切り出し、それを3次元のボリュームデータに貼り付けることで、壁面情報の補完を行なう手法が広く行われている。この手法は、近年、ハードウェアによるテクスチャマッピングが高速に行われるようになったこともあって、ワークステーションによるウォークスルなどで広く用いられている。現地写真を用いることで、実際の建物に近い雰囲気表現することが容易に可能であることも特徴である。

2.4.5. 実写テクスチャを用いた場合の問題点

実写画像をテクスチャとして用いる方法は、簡便に壁面情報の補完が行なえる方法であるが、景観シミュレーションのための周辺建物データとして用いるには、次のような問題がある。

(1) 樹木など障害物による建物壁面の遮蔽

都市の中で建物壁面は常に面の全てが見えているわけではなく、街路樹や交通標識などが撮影場所と壁面の間に存在し、建物壁面の一部を遮蔽することが多い。したがって、そのままデータにマッピングを行なうと様々な遮蔽物が壁面に張り付き、不自然な印象を与える。

(2) 日影など光条件の影響

対象とする建物壁面に対し、周囲のその他の建物などの影が落ちることも多く、異なる時間に撮影した建物壁面のテクスチャ画像を用いると影の状態がバラバラになる。またCGレンダリングソフト側で光条件をコントロールしようとする、撮影時の陰影をそのまま残しておく、と不自然な画像になる場合がある。

(3) 画像変形に伴う画素分解能の不均一

実写画像は、パースペクティブがかかっているために、画像データとして取り込んだ際に撮影点からの距離の差により、同一壁面内でも画素分解能に差が出てくる。壁面を特に撮影点から遠くにあった方が手前になるような画像を作成すると、テクスチャが引き伸ばされたようになり、不自然である。これを避けるためには、撮影時に建物壁面と正対するように撮影する必要があるが、場所、器材、撮影者、撮影時間などの条件で常にこのような撮影ができるとは限らない。

(4) 反射などの材質情報の欠落

建物の壁面は、色の違いだけでなく、材質の異なる部材が複合して用いられている。実写画像から切出したテクスチャ画像は、色情報のみであり、材質に関する情報が欠落している。そのため、視点の移動に伴って変化する窓ガラスへの映り込みやハイライトなどの表現を行なうことができない。

(5) 凹凸の大きい壁面での不自然さ

建物の壁面は完全な平面であることは少なく、どのある程度の凹凸がある。それが視点の移動による見えかたの違いで無視できる程度であれば、よいが、窓面が大きく出たり、あるいは引っ込んでいるような壁面の場合、単に平面上にテクスチャマッピングを行なうだけでは、その建物らしく見えない場合がある

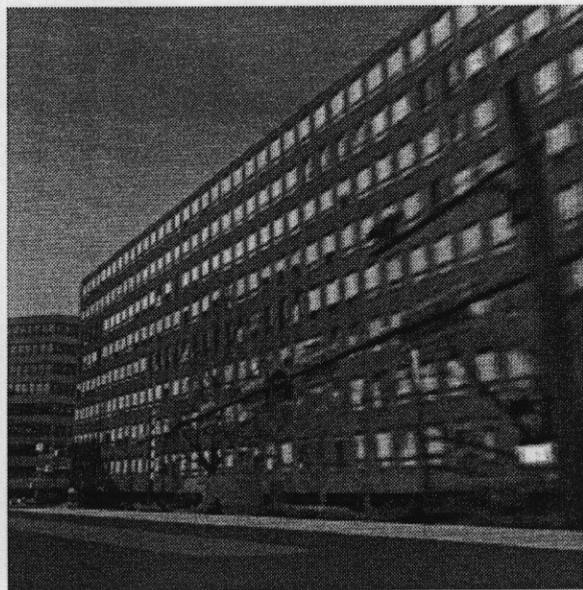


図 2.1 実写テクスチャによる壁面表現

以上をまとめると、(1)、(2)は、ペイントソフトによる画像の修正を行なうことで解決できるがその場合も作業者の熟練が要求されたり、修正に時間がかかるなどの問題がある。(3)、(4)、(5)に関しては真の平面とは限らない壁面を、しかも正対方向から撮影されるとは限らない現場写真をテクスチャ画像とする手法自体が持つ問題であるといえる。

2.5. まとめ

景観シミュレーションに用いるためのCGモデルの構成と、現状での作成手段について述べた。

また、その中で周辺環境のデータのうち周辺建物データ作成が、時間や労力、資料の入手の難しさなどから、十分行われておらず、そのために景観シミュレーションを行なう上での問題があることを述べた。

それに対処する方法として、3次元形状の作成を中心にGISデータの利用によるボリューム形状データの作成手法や、建物類型化による屋根形状などの作成も含めたデータ作成の省力化の研究、画像処理・計測技術を利用した手法による形状と実写テクスチャを合わせたデータの抽出に関する研究が行われてきたことを述べた。

また、壁面情報の補完の方法として実写テクスチャを利用することが考えられることを述べた。しかし、実写テクスチャを用いた壁面情報の補完を行なったデータは、景観シミュレーションのCGモデルとして用いる上で、問題も多い。

以下では、この問題を解決するための方法として、実写画像の壁面画像から、建築物であるという規則に従って、必要な情報を抽出し、壁面合成を行なう手法について述べる。

3. 建築としての規則を利用した壁面合成

3.1. 画像処理と対象物に関する知識利用による合成

実写画像から物体データを合成するための方法として、2章で述べたように画像処理・あるいはコンピュータビジョンの手法を適用する方法が考えられる。

これらの方法が成功している応用例としては、オクルージョンが発生しないように実写画像のシーンが整理されていたり、室内などに範囲が限定されているものや、カメラパラメータや照明条件が既知であるなど、計測条件が既知であるものが多い。あるいは、シーンの中で動いている物体を求めるなど、求める対象の情報をあまり正確に要求しないものやおおまかな形状を求めるもの、あるいはすでに形状が既知であるものを求めるなど、つまり、対象物を求めるために計測のための条件が最適になるようにコントロールできるか、コンピュータビジョンを用いるのに適した、動き、形状のマッチング、色など物体の一部の情報を求めるようなアプリケーションに対しては非常に有効であるといえる。

ところが、本論文で対象にする都市景観のシミュレーションに用いるCGデータを合成することを目標とする場合、元になる街並みの実写画像には、対象となる建物などの構造物以外に、樹木や自動車、人物など様々なものが混在しており、屋外での撮影を行なうため光線条件などの計測条件もコントロールしにくいいため、障害物で隠されている部分や、画像中に存在しない面の情報を得ることができない。また、撮影条件を一定に保つことが難しいため、求められる情報も不安定になりがちである。また一方、景観シミュレーションのCGデータとして用いるためには、樹木などの自然物などの形状の曖昧さが許されるデータとは違い、建築物として手作業で作成したデータと比較して違和感のないデータが必要であり、CG画像作成において光条件などの環境設定に対し、建物らしい表面の素材感が表現できることが表現できることが望ましい。しかし、画像の解像度が限られていることやさまざまな障害物の影響により、通常の建築物の持つ垂直、水平という人工的な形状を画像だけから安定して得ることは難しく、また、建物壁面などの表面素材の情報も得ることはできない。

しかし、私たち人間は、図3.1のような写真を見ると、建物の壁面が垂直であり、軒や窓の並びが水平であることがわかり、建物全体の形状も大体想像ができる。また、影や樹木の影になっている壁面や画像からはみ出している部分の壁面の様子も予想でき、この写真を見ながら、おおよその3次元データを入力することも可能である。これは、私たちが、写真に写っているものが建築物であるということを理解し、通常の建物であれば、大体どのようになっているかということを前提として、画像から得られた情報を補完して再構成しているからであると考えられる。



図 3.1 街並みの実写画像

ここで同様に画像から得られた情報で対象物の合成を行なうのではなく、対象が建物であるということが明確であるならば、建築物に関する知識を利用して、情報の補完、補正を行なうことで、より建物らしいデータを容易に得ることができると考えられる。またそのような知識を利用することで、画像からだけでは得られない素材や画像では得られていない部分の情報を不自然さが少ない形で付加することも可能になると考えられる。

本論文では、このような前提のもと、建物の外壁面を画像処理と建築に関する知識、規則をもとに合成を行なうことで景観シミュレーションのためのCGデータを作成する。

3.2. 建築の特性

建築物は、その建築地での組み立てを前提とした一品生産品であるのでメーカー製の住宅を除き基本的に同じ形状の建築は存在しない。それは、建築が単なる機能を持った装置として生産されているのではなく、どのような建物もある種のモニュメントとしての性格を持っていると考えられているからであろう。しかし、私たちは、形態が異なる建築物を同じように建築物として認識できる。したがって、建築の持つべき機能や、一般的な美しさ、生産効率などから、私たちが、建築という地上構築物を見るときにそれを建築と認識する「建築物とはこのようなものである」という規則のようなものがあるに違いない。しかし、当然のことながら、建築は人工物であり、しかも、他の建物とは違うということの一つの成立条件にしている面があるため、ある規則を設定しても、それを逸脱することを、第一の目標として掲げるデザイン手法も当然許される。

ただ、機能、美しさ、経済性などを考慮すると、建築のデザインはある程度のところに

収束していく。さらに、景観シミュレーションのための周辺建物群になるようないわゆる都市部における一般的な建物ということで考えると、多くの建物は、ゆるやかではあるが、ある規則性のもとに建てられていると考えられる。

このような前提のもと、実写画像を用いたテクスチャを建物壁面に利用する際に起こる問題を解消できる手法として、実写画像をそのまま用いるのではなく、対象が建築物であるという前提を利用し、必要な情報の抽出、合成を行なうことで、実写画像をそのまま利用する際に問題となっていた建物全面の障害物や、元画像の解像度などの影響を除去し、景観シミュレーションに用いることのできる壁面データの作成を行なうことができると考えられる。

3.3. 建築と規則

人間は、機能だけでなく、それとともに美しさを追求して様々なものを作ってきた。それは、建築物に関しても同様である。人間が美しいと感じるものは、その時代や地域によっても変わってきているが、建築を観察したり、説明する上で、共通に用いられている概念がある。そのような概念は建築をある尺度の上で比較し、評価するものであり、建築における規則の一つであるといえる。

a. モジュール

モジュールとは、建築の寸法の標準であり、その発生は、ギリシア建築にある。ギリシア建築におけるモジュールは、神殿を美しい比例関係で作るために考えられたもので「オーダ」と呼ばれている。オーダは、柱の底辺の直径を1モジュールとして各部の寸法を比例関係で定義しており、ルネッサンス期に古典建築の再現の研究がなされたときに理論的に追求され再発見されている[24](図 3.1)。

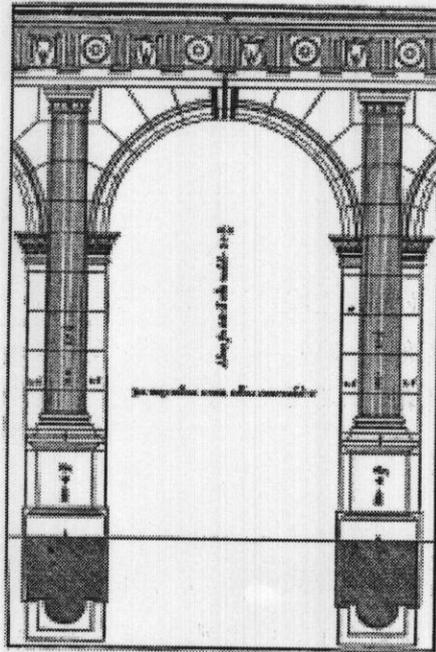
また、これらの寸法の単位として、かつては、尺、寸、フィートといった手や足といった人間の体の各部の長さが用いられており、人間の活動する空間を構成する建築が成立していることを示している。

日本でも伝統的な木造建築においては、たとえば、大工職が「重世相伝」という形で継承されていた中世後期から近世にかけて、建物を構成する比例関係をしめした木割や部材を加工していく上で必要な規矩術は、秘伝として伝えられており、代表的な秘伝書としては、近世の四天王寺派の平内一門による「匠明」や甲良家の「建仁寺派家伝書」[25](図 3.2)などがあげられる。洗練された簡単な指図と言葉により、建物の各部構成を比例関係で示す木割は、モジュールとよく似た考え方であり、これが秘伝として伝えられていたことは建築をこのような比例関係で示すことが重要であると当時から認識されていたことを示している。

つまり、このように建築をデザインしていく上で、モジュールを定め、比例関係で建築を構成していく方法は、人間にとっては大きな人工物である建築を、失敗なく美しく建て

るための工夫であったともいえ、古くから世界の各地で同様の考え方が見られる。

また、近代以降、このモジュールの考え方は、人間の快適な活動空間を構成するためのアイデアとして、また経済性の観点から、ル・コルビジエなどにより見直される。つまり、モジュールの考え方は、建築の工業生産化という観点からも有効であり、建築が汎用的な部材の組み合わせで生産できる工業生産化を進めることで、建築部材のコスト低減と建設工期が短縮され、質のよい建築が安価に供給できることになる[22]。



ドリス式オーダーによるアーケイドの断面図。柱頭はパapyrus式、アーチは半円形、上には飾帯が施されている。

図 3.1 ドリス式オーダーによるアーケイド [24]

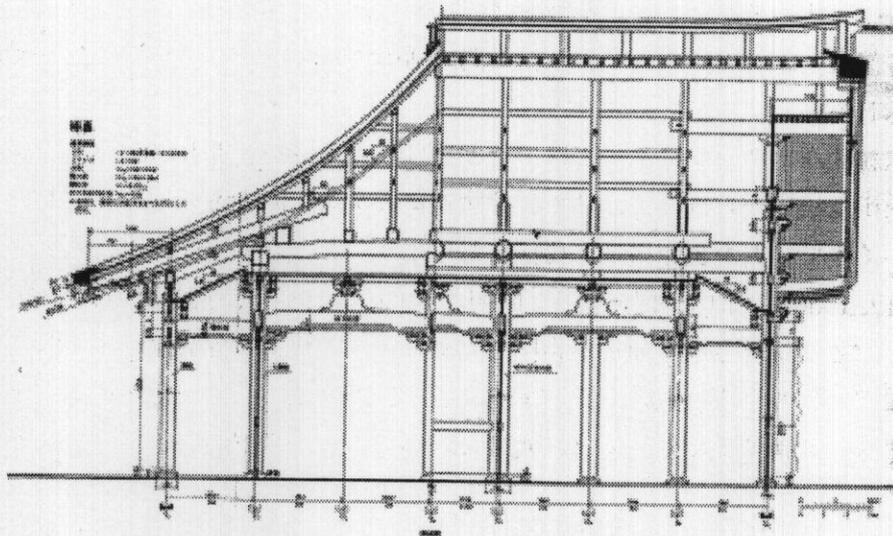


図 3.2 建仁寺流堂宮雛形木割 [25]

b. ボキャブラリ

建築は、その種類によって使われるデザイン要素の集合があると考えられ、古典建築には古典建築のデザイン構成要素があり、古典建築と呼ばれるものは、古典建築のボキャブラリからのデザイン要素を組み合わせて構成することで成立していると考えられる。したがって近代以降の建築についても、モジュールでも述べたように工業化を前提としたデザイン要素が存在し、それらの形態の集合もボキャブラリに含まれると考えられる。また、デザイン要素としては形態以外に、材質、配置なども考えられ、これらもボキャブラリに含まれる。

このモジュールとボキャブラリをいう概念を手がかりにして、周辺建物の壁面の構成の規則性について考察する。

3.4. 周辺建物における壁面構成

ここで、対象を景観シミュレーションを行なう場合の周辺建物群に限定し、その外壁面のデザイン規則について考察する。

日本の都市部では、階数10階程度の事務所建築が多い。これらの建物は、土地の利用効率という経済上の理由から、ほぼ敷地一杯に建てられ、1階の床形状がそのまま上部階でも、ほぼ同じである角柱状の形をしたものが多い。また、事務所という同じ用途の部屋が各階に入ることから、一部を除いて、基準階という同じ内部構成の空間が重なってできている。つまり、基準階高という縦方向のモジュールに相当するものが存在すると考えられる。また、水平方向にも個々の建物によって異なる可能性はあるが、モジュールとなる部分の長さが存在すると考えられ、これらのモジュールにしたがい、外壁の表情も展開すると思われる。

人間が活動する建物に共通して存在し、壁面の多くの部分を占めている要素は窓である。たとえば、窓の大きさなどというような窓に関連するデザインボキャブラリすが、外壁の印象の多くの部分を作り上げていると考えられる。そこで、壁面要素の中で窓に着目し、それに関連するデザインボキャブラリに関して、画像中からデータの抽出、整理を行なうことで壁面の合成を行なう。

3.5. 単一壁面内の窓配置

次に単一壁面における窓配置を考える。窓の配置のボキャブラリについては、主に個々の窓が独立して配置されている単窓（ポツ窓）タイプと、水平方向に窓が連続している横連窓タイプ、また、タイルなどの壁面がなく窓ガラスだけで外壁面が構成されているタイプに分けられる。これらのタイプの違いにより壁面の印象が左右される。

また、多くの場合、同一壁面内では、同じ大きさの窓が用いられており、これをモジュールの手がかりとして用いることができる。つまり、窓の大きさを基準として、個々の窓

間の間隔やその他の寸法を表すことができると考える。

単窓の場合、個々の窓がどのように配置されているかという配置の規則もあると考えられる。独立した建築要素配置においては、モジュールの存在や、配置のリズム性から、ある規則性が通常はある。窓についても同じで、ある基本的な配置のパターンが繰り返されるなどの規則性がある。それにより、障害物で隠されている部分に関しても窓要素の位置推定などが行なえると考えられる。

ただ、多くの建物では、入口がある1～2階の地上に近い部分と、最上階の用途が異なることが多く、外壁面のデザインも異なる場合が多い。また、水平方向では、配置の連続性が途切れる壁面の端部に関して、形状が異なることが多い。このようなデザインが異なる部分が必ず存在することを考慮に入れておく必要がある。

3.6. 壁面間規則による建物全体壁面合成

建物外壁の中で一般の街路からよく見える正面性を持つ外壁面をファサードと呼ぶ。景観シミュレーションにおいては、このファサードが主に注目される。つまり、景観シミュレーションにおいて、様々な方向からの観察が行われるが、都市内の通常の視点では、周辺建物については、主にファサードの部分が視野に入るからである。その他の外壁は、隣接建物に遮られたりするので、景観シミュレーションを行なう上では、重要度は低いと考えられる。

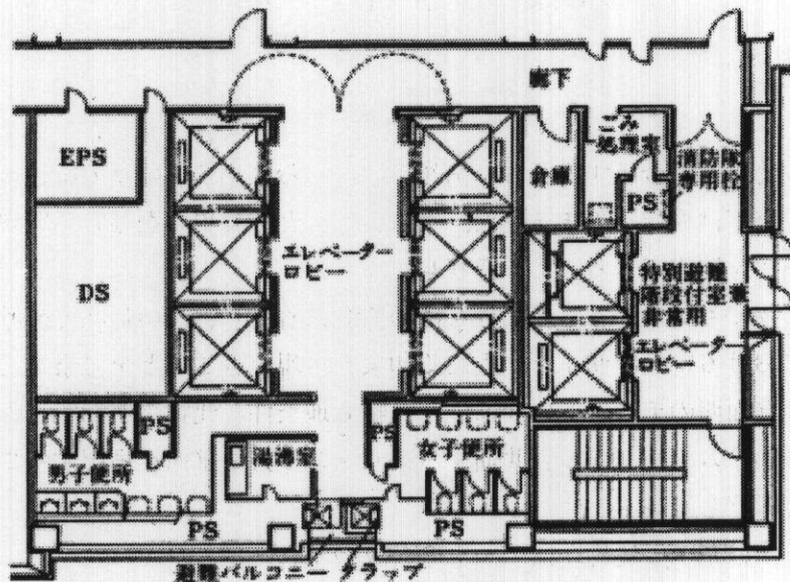
実写画像が撮影される建物壁面は、ほとんどの場合は、ファサードとみなすことのできる壁面である。したがって、その撮影された壁面以外にファサードとみなすことのできる壁面があるか、そのファサード的壁面間のデザインの共通性があるかどうかを考慮することで、その建物の撮影された壁面以外の壁面に関しても、情報の補完がある程度まで可能になると考えられる。

ファサード的壁面の配置とその壁面間の共通性は、建物の立地と建物の平面形状によると考えられる。たとえば、街路に対して一面しか面さずに側面は建物が隣接している建物は、ファサードとみなせる壁面は1つであるが、幅が同じような街路の交差点などの角に建つ建物は、交差する両方の街路に対し正面性をもっていると考えられ、複数のファサード的な壁面を持つ。

また、壁面共通性は、建物平面の形状にも関係する。事務所ビルなどでは、コアと呼ばれるエレベータシャフトや水回りなどのユーティリティ、階段室などが集中する部分がある [24]。このコアが建物平面の中心部に位置するものは、外壁は共通のデザインで統一が可能であり、実際、統一されたデザインになっていることが多い。また、コアが平面の端に位置する場合は、コア部分は外壁の窓などの形状が異なってくるため、平面の長手方向と、短手方向でデザインが異なるなどの建物の方向によって外壁面のデザインが異なってくることが多い。ただ、このコアの位置は、簡単なボリューム表現になっている周辺建物の形状からは、わからず、一般的な傾向でコア配置の傾向を考えるしかない。

一般的にコア部分は、水回りや縦の移動の経路になるため、どの部屋からもあまり遠くないことが望ましい。したがって、ある程度以上の面積があり、正方形に近いものは、平面の中心部にコアがあり、外壁面のデザインの連続性も高いと思われる。また反対に、細長い平面でしかも床面積が小さいものは、コアが偏っており、外壁面間のデザインの連続性は低いと考えられる。

GIS データなどから、作成したボリュームデータを元にすれば、個々の建物壁面間の距離や街区との関係、建物の平面形状を知ることができるので、ファサード壁面とのデザインの共通性を決めることができる。



商船三井ビル（雁行型分散コア）の共用部

図 3.1 建物コアの例 [26]

3.7. 実写画像からの建物壁面合成の流れ

以上の考察から、実写画像からの周辺建物壁面の合成は、以下のような手順で行なうことができると考えられる（図 3.5）。

- 1.対象地域の実写画像、対象地域のボリュームデータを用意する。
- 2 実写画像から建物壁面を切り出し、単一壁面における窓形状の指定、配置規則などを抽出する。
- 3.2 の対象壁面と共通デザインになるとと思われる壁面をボリュームデータから取り出し、そのデータの大きさに合わせた配置規則を算出する。
- 4.作成した規則に基づき建物壁面の合成を行なう。

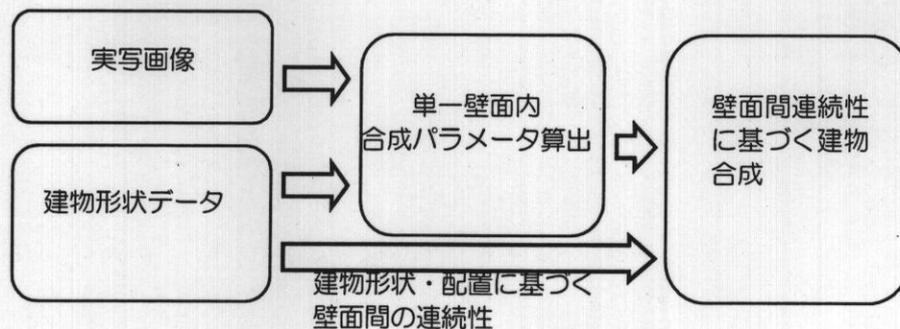


図 3.1 実写画像からの壁面合成の流れ

3.8. まとめ

実写画像から建物壁面を合成するための情報を抽出するうえで、建築の特性や規則性を考慮することで、実写画像をそのまま壁面テクスチャとして用いた場合、問題となる障害物や解像度の問題を回避できることを考察した。

壁面中にどの建物でも壁面の多くの部分を占める窓に着目し、窓の形状と配置を求めることで単一壁面における壁面デザインの主たる印象を再現できることを考察した。

また、同一建物の壁面間のデザインの共通性と建物立地条件と建物平面形状との関係に関して考察し、ポリウムデータから、共通するデザインを持つ壁面を選択することができる可能性に関して考察した。

以上から、実写画像に基づく建物壁面データの合成の流れを示した。

4. 実写画像からの窓配置規則による単一壁面の合成

4.1. 処理の流れ

計画周辺の街並みの実写画像から、それぞれの建物の主要ファサードとなる壁面の合成を行なう。

実写画像から周辺建物の一壁面の合成の処理の流れは以下のようになる。ただし、この場合、周辺建物の3次元データは角柱状のボリューム形状であり、電子住宅地図などのGISシステムから、作成したものを利用する。

- 1.窓の抽出処理を行ないやすくするため、ボリュームデータを利用して壁面の垂直立面画像を作成する。
- 2.画像中より、窓単体を推定する。
- 3.立面画像と窓単体のテンプレート画像をマッチングさせ、壁面中の窓位置を推定する。
- 4.窓の配置タイプを推定する。
- 5.推定された窓位置より、合成を行なうための配置データや、窓形状を算出する。
- 6.シミュレーションの目的やシステム環境に合わせた壁面データを合成する。

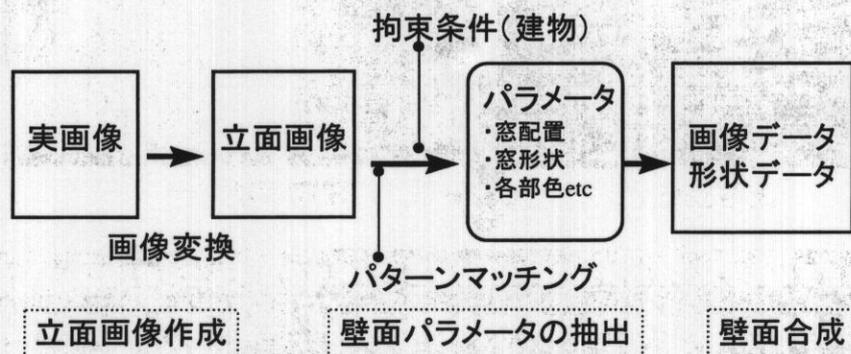


図 4.1 単一壁面内での実画像からの壁面合成の流れ

4.2. 立面画像の作成

カメラなどで通常の方法で撮影された画像は、パースペクティブがかかっているために、部品抽出などの処理を行なうことが難しい。そこで、まず、実写画像から、処理を行なう壁面の立面画像を作成する。方法としては、空間幾何において、透視変換などの投影変換においても、複比は不変であるという法則を利用する[29]。これを利用すると空間中の直線上で4点の位置がわかり、それを投影した画像中の3点の位置がわかれば、4点目の画像上の位置も求められる。

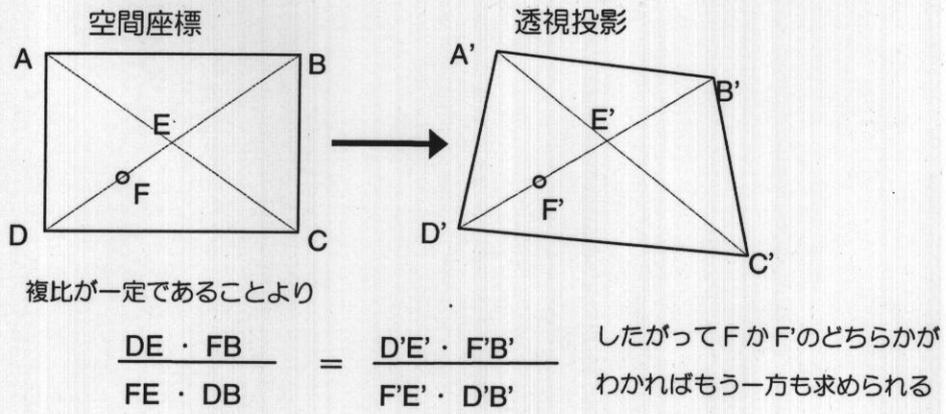


図 4.1 複比を利用した立面画像作成

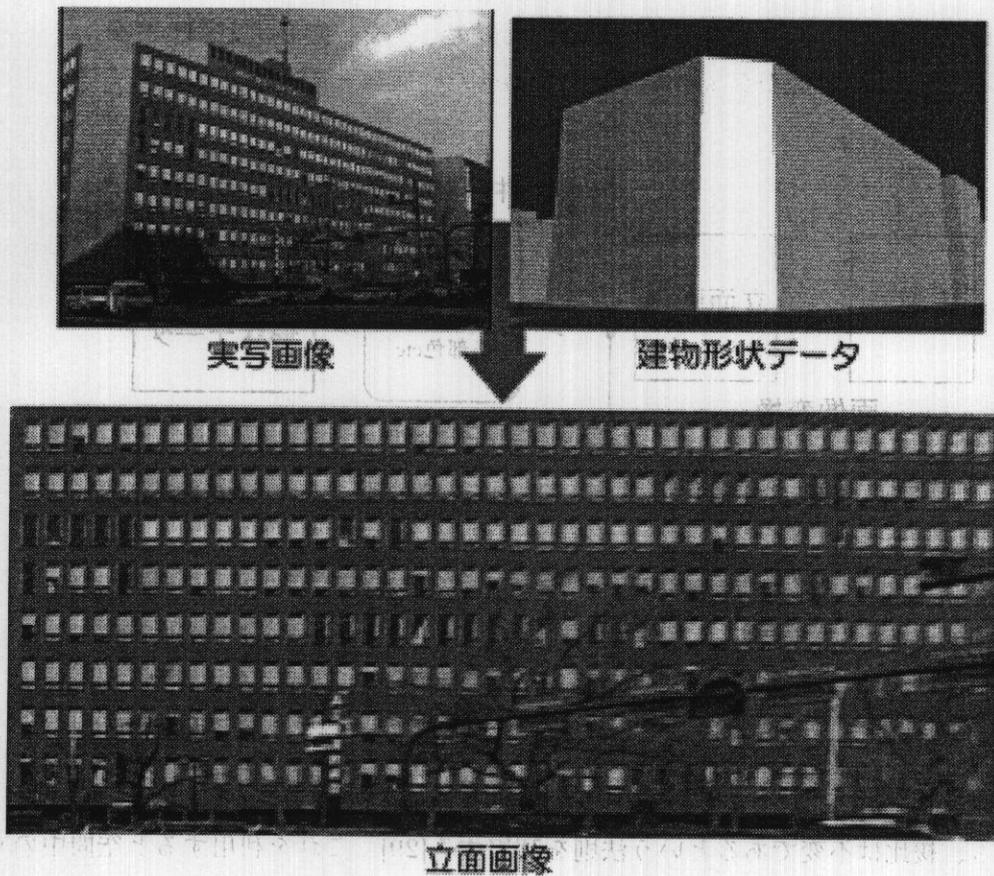


図 4.2 立面画像の作成

たとえば、対象とする図形が長方形ポリゴンだとする。空間中と投影された画像のそれぞれの対応する4頂点がわかれば、対角に位置する頂点と対角線の交点は、空間中のポリゴンでも、投影された画像でも、求めることができる。したがって双方の対応する3点がわかり、どちらかの直線上にある4点目が決まれば、それぞれの複比が同じになることを利用し、もう一方の4点目の座標も求められる(図4.2)。

今回の場合では、画像電子住宅地図データなどから得られている建物平面形状を高さ方向に立ち上げた作成した建物のボリュームデータの対応する長方形ポリゴンの4頂点と、画像中の対応する壁面の4頂点を手作業により対応付けることで、特に撮影時の視点情報などが不明でも、計算により画像中の各点の空間座標を求めることができ、その間を補間することで、建物の立面画像を作成することができる(図4.3)。

4.3. 立面画像からの要素位置推定

得られた壁面の立面画像から抽出する部品の指定を行ない、立面画像中の部品の位置を推定する。

壁面を構成する要素には、多くのものがあるが、本論文では、壁面の多くを占める窓に着目し、窓の位置を推定している。テンプレートとなる元画像は立面画像上の窓要素を手で囲むことで指定する。

また、マッチングを行なう画像としては、カラー画像や濃淡画像なども考えられるが、今回は対象とする要素が窓であることから、ガラス面への映り込みや反射、室内の状況の違いにより、ガラス部分の色、濃度が異なるため、カラー画像や濃淡画像ではマッチングがうまく行われなない。そこで画像の濃淡の違いによるエッジに着目し、エッジ強調画像を用いたテンプレートマッチングを行なっている。

4.3.1. エッジ強調フィルタ

エッジ強調画像は、フィルタとして差分もしくは微分フィルタを用いる画像のフィルタリング操作により得られる。また、画像のフィルタリングは、画像上のある画素の新たな階調値を近傍の画素の階調値から決定する局所演算を画像上のすべての画素について行なう操作であり、フィルタの種類により、エッジ強調の他、ノイズ除去などに用いられる。

テンプレートによる走査対象となる建物立面画像のエッジ強調画像は、立面画像を輝度画像に変換したものを対象に作成している。その際、建物の壁面構成要素は水平・垂直の線要素が多いことを考慮して、線形一次微分フィルタの一つで注目画素に近い画素の重みが大きくなる効果を持つ Sobel フィルタを画像の x 方向ならびに y 方向に施し、その値の絶対値を加算することでエッジ強調を行なっている[30](図4.4)。

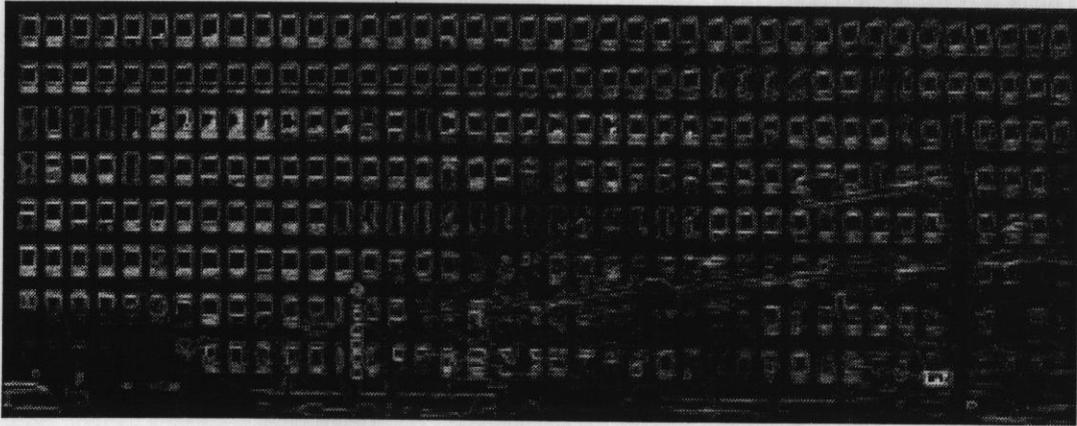


図 4.1 Sobel フィルタによる立面エッジ強調画像

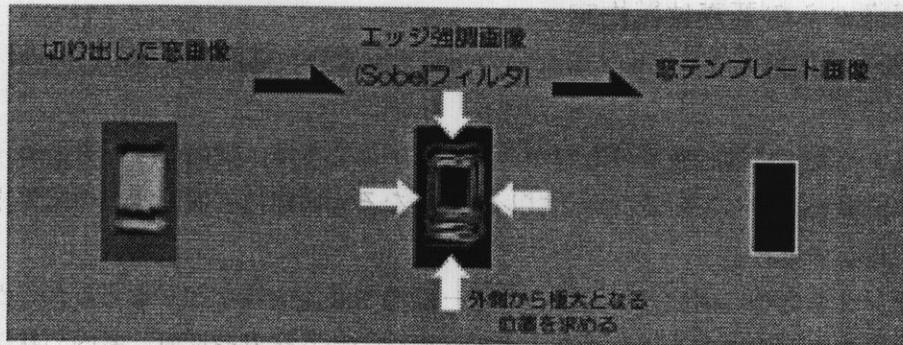


図 4.2 窓テンプレートの作成

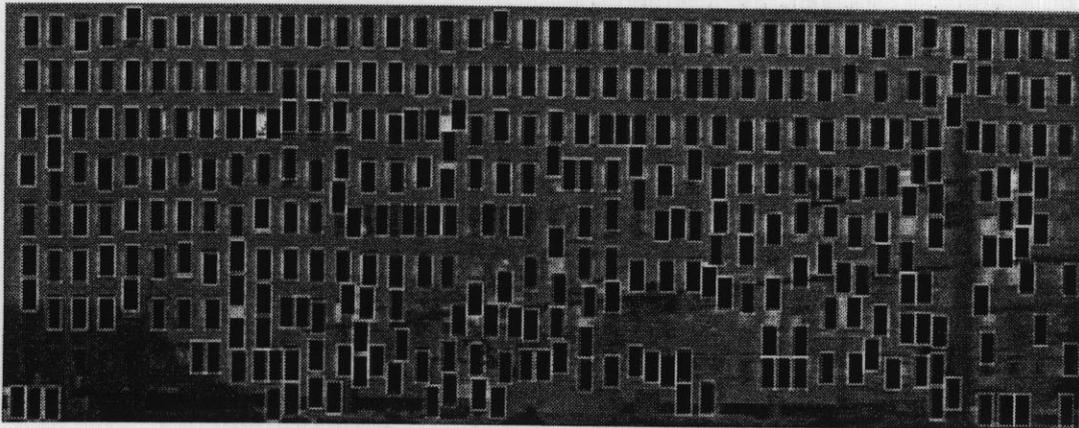


図 4.3 マッチング結果

4.3.2. テンプレート画像の作成

テンプレート画像は、立面画像から切り出した窓画像を Sobel フィルタでエッジ強調し、 x, y の正負両方向から、走査していき階調値が最初に極大になる部分を窓の輪郭としている。このようにすることで、窓画像中の窓ガラス面への写り込みやサッシの影響を受けずに窓の外枠部分をテンプレートとすることができる (図 4.5)。

4.3.3. 窓テンプレートと立面エッジ強調画像とのマッチング

立面画像全体を走査対象として窓テンプレートを立面画像上で移動させ、各画素において、テンプレートと立面画像とのエッジの一致度合い求め、一致度合いの高いものから順に取り出すことで部品位置の推定を行なっている。

また、位置推定の際に、建物要素であることから、部品どうしが重なり合わないことも考慮に入れている (図 4.6)。

4.4. 壁面拘束による壁面合成パラメータ算出

4.4.1. 部品配置

得られた部品位置は、元画像の精度、様々なノイズ、障害物や影の影響で、すべての窓の正しい位置が得られるとは少なく、実際には、得られる窓配置は乱れた状態である。そこで、抽出された配置から、それらしいと思われる窓配置を求めることが必要となる。「得られた配置データは、建築物の壁面に配置されている部品である」ということを前提としたある拘束条件を付けることで、部品の整列を行なう [23]。今回は窓を対象として以下のような規則を設けた。

1. 部品は水平および垂直方向ともに直線上に並ぶ。
2. 部品の配置はある一定のパターンの繰り返しである。

このような前提条件のもと、4.3.3 で得られた窓配置のうちテンプレートとの一致度がある閾値以上のものを対象として配置を決定する。

規則 1、2 を前提とし、障害物などで隠された部分についてもその周辺と同じ規則で部品が配置されるとすれば、部品配置は格子状になると考えられる。この場合、部品配置は、水平、垂直方向それぞれについて格子の個々の間隔パターンを求めることで得られる。パターンマッチングによる位置推定からは、画像上の座標とそこでの一致度が求められており、水平、垂直の各方向に一致度を加算集計することで、格子の各方向における一致度の分布が得られる。そこで各方向について一致度のもっとも高い点を基準として、配置パターンを当てはめる。

また、配置パターンが成立する範囲を水平、垂直の両方向について推定する。水平方向については、水平方向の一致度の中である閾値を超えた点でもっとも端部に近いものを両端部について探し、その間を水平方向の範囲として設定している。垂直方向については、

壁面の最上部と最下部が同様に範囲として考えられるが、地上からの写真を使用する際、最下部は、自動車や植え込みなどの障害物が多く、壁面の配置規則も成立しにくいいため、今回は、壁面画像の下端から高さがテンプレート画像の1.5倍までの部分を信頼性が低い部分と考え、この部分は、範囲の設定、及び配置パターンの算出から除外している。

配置パターンは、各方向の一致度のもっとも高い位置を基点として、一致度の分布中極大になっている位置に関して、単純な等間隔から当てはめて、対象とする配置要素の位置がある誤差範囲内に入るまで、パターンを複雑にしていく。誤差範囲を広くすればするほど、最初の段階の単純なパターンが選択される。

個々のパターンは、繰り返しのパターンとパターン内の各要素の比率で表わす。例えばパターンとしては、窓の間隔が1.0,1.5,1.0というものと1.0,0.5,1.0と並んでいるものは、並びかたのパターンはどちらも同じA,B,Aであるとし、 $A:B=2:3$ か、 $2:1$ かの違いであると考えた。このような考えのもと、大きさを持たないパターンテーブルと個々の要素比率で配置パターンを表現することでパターン推定のための当てはめの際と、後の壁面合成の際での処理の単純化を図っている。また、部品個数は、配置範囲内で水平・垂直の配置パターンを適用したときの格子点の数となる。

以上から、以下のような窓配置パターン（垂直方向、水平方向）のデータが算出できる

- ・配置パターン（等間隔、複数パターン要素の組み合わせなどを示す）
- ・パターン要素間の比率
- ・パターン要素の基準間隔
- ・パターンの開始位置
- ・配置部品個数

4.4.2. 窓形状

窓の形状は全体のプロポーションと大きさに加えて、サッシの入り方と数が窓の印象を左右すると考えられる。4.3.2 で作成したテンプレートの輪郭の形状をプロポーションと大きさとする。また、サッシに関しては、テンプレート用に切出した部品画像のエッジを Sobel フィルタで強調し、水平、垂直方向に全体を走査して、エッジの本数と方向、位置を求める。

この結果として、部品（窓）単体として、パラメータとして以下のデータを抽出する。

- ・窓の縦横比率
- ・水平サッシ本数
- ・水平サッシ配置位置（窓高さを1として、下端からの間隔）
- ・垂直サッシ本数
- ・垂直サッシ配置位置（窓幅を1として、左端からの間隔）
- ・窓高さ

4.4.3. 壁面

部分的なテクスチャを元に壁面全体に展開できるように、壁面の一部を指定し、画像データとともに、指定した画像範囲の空間座標中での実際の大きさを保持する。また、今回のデジタルカメラ程度の画像では、元の画像からの抽出は難しいが、高解像度の画像を使用することで、壁面の仕上げ材の違いにより、タイルの一般的な貼りかたのパターンなどを元に展開していくことで、テクスチャの精度をあげることができると考えられる。壁面のパラメータとしては、以下のものを設定する。

- ・壁面の実際の大きさ
- ・部分テクスチャ画像ファイル名
- ・部分テクスチャ画像の実際の大きさ

##### 1. 垂直方向の窓配置規則		パターンテーブル
1	#a. 配置パターン (等間隔)	パターン番号 : パターン
3. 115525	#b. 実際の長さ (m)	(0は終端)
0. 705584	#c. 規則開始位置 (m)	1:10
1.0	#d. パターン各要素の比率	2:120
##### 2. 水平方向の窓配置規則		3:1230
1		4:1210
1. 705584		5:1220
1. 137056		6:1120
1.0	
#		
##### 3. 窓の単体の要素比率		
0. 55 0. 05 0. 25 0. 05	#a. 水平方向比率、周りサッシ幅、 水平サッシ高さ、水平サッシ幅	
2. 203046	#b. 窓の大きさ (高さ)	
##### 4. 窓個数		
8 41	#垂直方向、水平方向	
##### 5. 壁面全体		
mds	#a. 出力ファイルヘッダー	
300 71. 890182 28. 000	#b. 出力画像サイズ (縦) 、実際のデータの大きさ (横、縦)	
wall_04.tif	#c. 部分テクスチャ画像ファイル名	
50 50 0. 5 0. 5	#d. 部分画像サイズ (横、縦) 、実際のデータの大きさ (横、縦)	

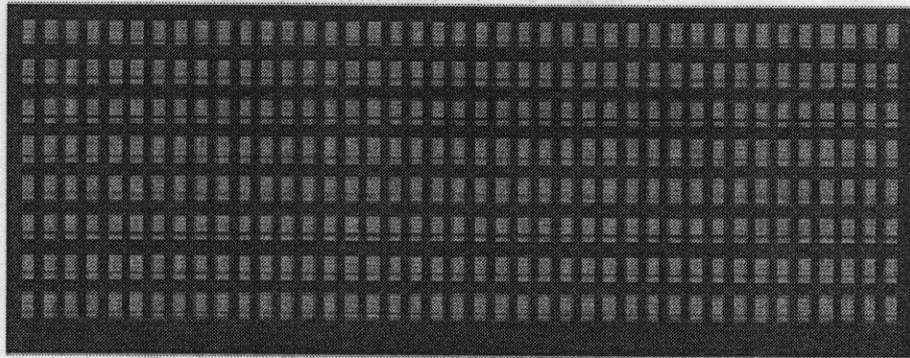
図 4.1 壁面パラメータ

4.5. 壁面合成

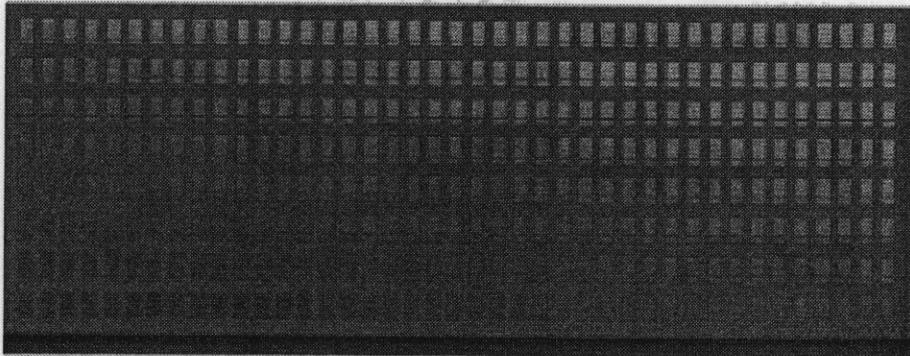
抽出した壁面パラメータをもとに以下のような壁面データの作成が可能である。

4.5.1. 色情報を持つテクスチャ画像

壁面パラメータを元に、壁面、窓のサッシ、ガラス面のそれぞれの素材テクスチャを画像のそれぞれの領域に与えてやることで、作成できる。この際に、パラメータ自体は作成する画像の解像度とは無関係であるため、必要に応じた解像度のテクスチャ画像を作成することができる。ただ、今回の壁面パラメータで再現できる部分は規則性のはっきりした部分のみであるので（図 4.8.a）、例えば、規則性の表れにくい1、2階の低層部などは、パラメータで壁面データを合成後、手で付け加えるなどの作業が必要となる場合がある（図 4.8.b）。これは、これ以外の以下に述べる壁面データについても同様である。



a. 壁面パラメータのみによる合成



b. 手作業による修正

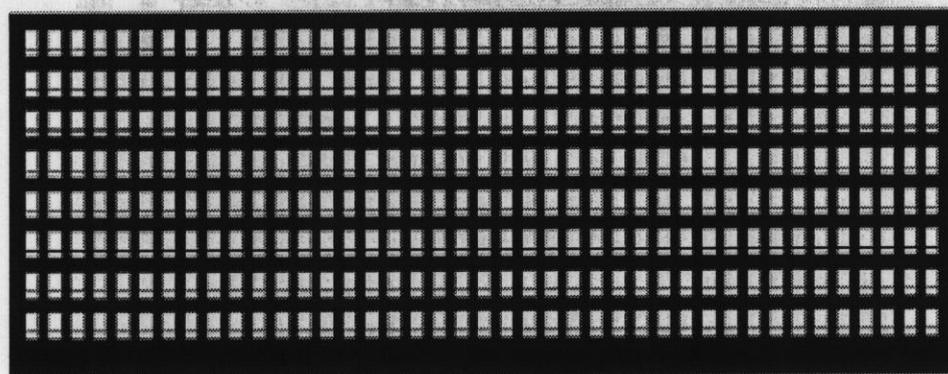
図 4.1 色情報による合成テクスチャ画像

4.5.2. 色情報と部材の材質感を持つテクスチャ画像

CGレンダリングソフトによっては、色だけではなく、反射や光沢などの材質感もテクスチャマッピングできるものがある[33]。今回の壁面パラメータから壁面データを合成する方法では、単なる色ではなく、ガラス、サッシなど抽象化された名称として指定できるので、例えば、ガラス面の反射や光沢などの属性データをテクスチャデータとして、壁面テクスチャ画像を作成するのと同様な方法で作成することが可能である(図 4.9)。これにより、視点位置によって変化する壁面への映り込みや反射、また、夜景において窓面を光らせるなどの実画像によるテクスチャマッピングで難しい表現も可能になる。



a.色テクスチャ画像



b.材質テクスチャ画像

図 4.1 色情報と材質感を持つテクスチャ画像

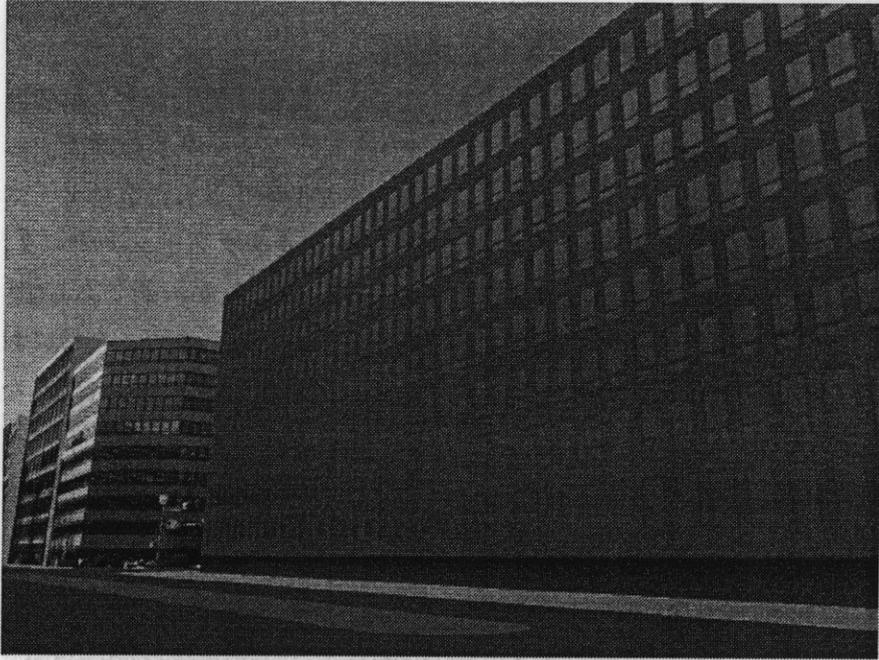


図 4.2 色テクスチャ壁面画像による表現

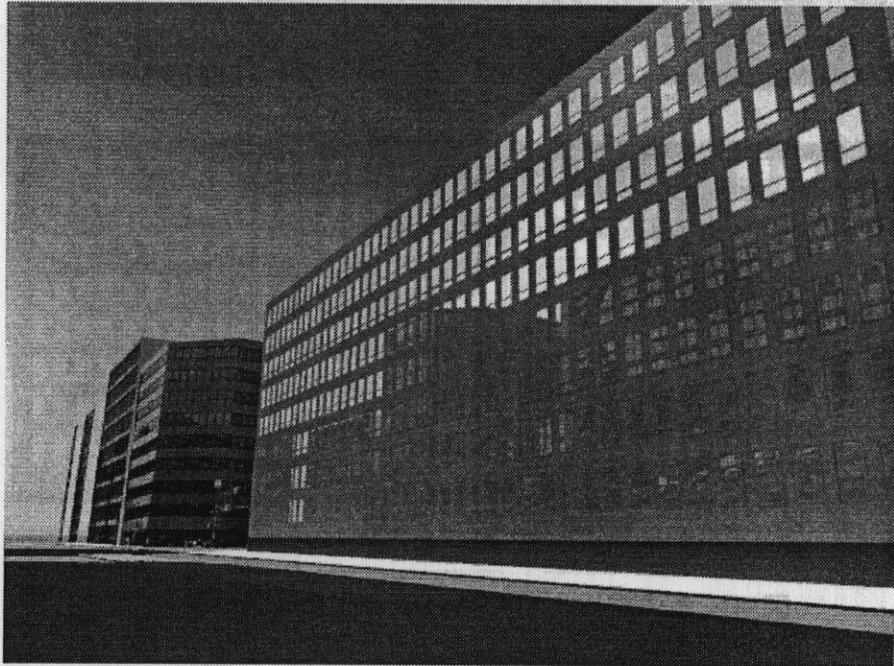


図 4.3 色と材質テクスチャ壁面画像による表現 (昼景)

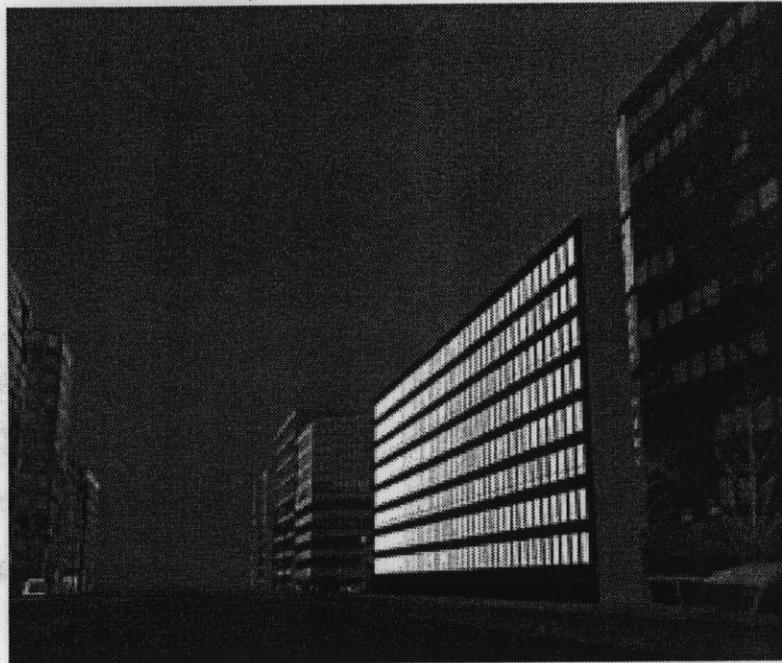


図 4.4 色と材質テクスチャ壁面画像による表現（夜景）

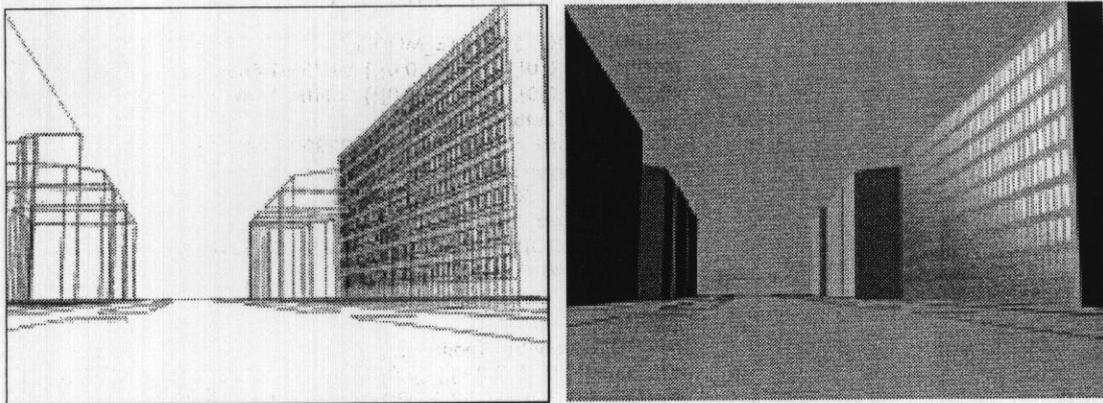


図 4.5 各部材がポリゴンである壁面形状データ

4.5.3. 各部材がポリゴンである壁面形状データ

テクスチャマッピングをサポートしていないCGレンダリングソフトの場合や、材質感を変えるには別々の面に分ける必要があるレンダリングソフトの場合には、壁面パラメータからテクスチャ画像ではなく、各部材ごとのポリゴンを作成することで、壁面表現が可能である(図 4.13)。

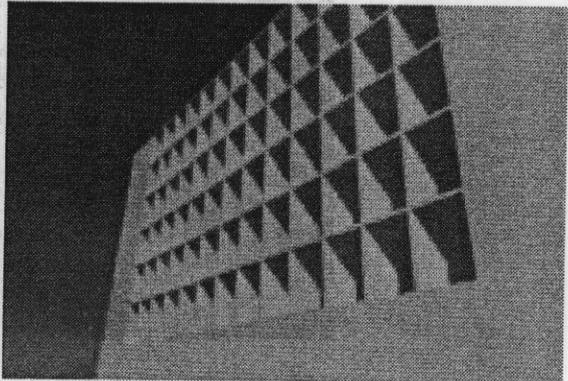
4.5.4. 窓部を3次元化した壁面形状データ

パラメータの部品単体の形状を示す部分より、部品の3次元形状データを作成し、それ

を配置することで、窓面の出入りなど凹凸のある壁面も可能となる。奥行きは、立面画像からは抽出できないため、建築でよく使われる長さである 90cm の倍数を仮の値として与える。形状作成の具体的な方法としては、壁面パラメータをソリッドモデラ用の手続きに変換し[34]、それをソリッドモデラで読み込み自動処理することで窓部の凹凸が作成できる。

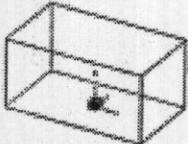


実写画像

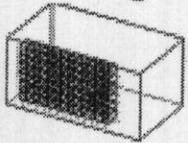


合成壁面データ

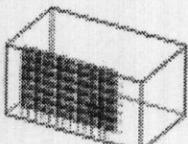
壁面パラメータより変換したソリッドモデラ用手続き



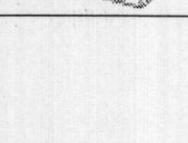
● 単体形状



● 壁面全体形状



● 単体配置



● 集合演算 (差)

```

#n{BUILDING} $CREATE_MODEL;
#h{Plane[[0,0,0],[0,0,1],[1,0,0]]} $deffrm1 $pop;
#h{Plane[[0,0,0],[0,0,1],[1,0,0]]} $deffrm1 $selfrm $pop
  $defbd $bndfrm;
  @x:-52.359707/2 + 6.323095 - 2.52/2
  @y:-30.0/2 + 1.0
  @z:28 - 0.073065 - 3.6/2
  @z:28/2 - 0.073065 - 3.6/2
#c{Coord[0,0,0]} #l{2.52} #l{3.6} #l{4.5} $block;
#B{BID[1]} #n{WINDOW} $renbd1 $pop;
@@
@@
#F{FID[1]} $selfrm $pop;
#h{Plane[[0,0,0],[0,0,1],[1,0,0]]} $deffrm1 $selfrm $pop $defbd $bndfrm;
#c{Coord[0,0,0]} #l{52.359707} #l{30.0} #l{28.000000} $block;
#B{BID[2]} #n{WALL} $renbd1 $pop;

#h{Plane[[-18.596,-17.5,26.126],[0,1,0],[1,0,0]]} $deffrm2 $selfrm $pop;
#B{BID["WINDOW"]} #F{FID[2]} #c{Coord[0,0,0]}
  #l{32.76} @3.8182*5
  #j{12}
  #l{19.0910} @2.73*12
  #j{5}
  ● $PATTERN_RECT_DIFFER;

```

図 4.1 窓部を 3 次元化した壁面形状の合成

4.6. さまざまなタイプの窓に対する適用

以上は単窓が整列している建物を対象にして試行を行ってきたが、それ以外の壁面のタイプが違ういくつかの建物の実写画像に同様の手法を適用した例を図 4.15 に示す。

画像 1：窓枠自体は、割合ははっきりと識別できるが窓関には壁面がない連窓になっており、窓自体は壁面とほぼ同じ面にある建物

画像 2：画像 1 と同じく横連窓であるが、窓面が壁面よりも奥まった場所にある建物。また、前面は、樹木で遮蔽されている。

画像 3：壁面の一部がガラスで覆われている建物。ガラス面には大きく前面の建物が映り込んでおり、ガラス面内の明暗の差が激しい。

それぞれの画像の処理結果を見ると画像 1 に関しては、問題なく合成が行なえるパラメータ抽出ができています。また、画像の最下部でパターンマッチングにより、窓が多く検出されているが、ここは部品配置で述べたように、植え込み、自動車などの前面障害物により信頼性の低い部分にあたり、配置パターン、配置範囲の算出からは除外されています。

画像 2 に関しては、前面の樹木の影響は除かれており、横連窓の壁面が抽出できています。ただし、横方向の窓の並びに関してはパターンマッチングの際に大きくばらついており、そのためサッシの間隔が実際よりはかなり狭くなっています。これは、壁面が前面の樹木で隠されていたり、窓面が奥まっていることにより、水平方向のエッジに比べ、垂直方向のエッジが弱くなっていることに影響を受けたと思われる。

また画像 3 に関しては、ガラス面の明度が大きく違っているが、エッジ強調画像とのパターンマッチングを行なうことで、暗い部分でも数は少ないが窓が検出できています。それを手がかりに配置を求めることができていると、映り込みの影響を受けずに窓配置が抽出されているといえる。しかし、サッシ自体が非常に細いため、パターンマッチングによる窓位置の少しのずれが、垂直方向のサッシのみが現れているという結果になったと思われる。以上のように本手法は、窓配置の抽出においては、かなり極端な前面障害物による遮蔽や映り込みの影響にも強く、単窓の窓配置以外にも連窓などの窓配置に対しても、全体の雰囲気抽出するというレベルの適用に関しては、問題ないと思われる。

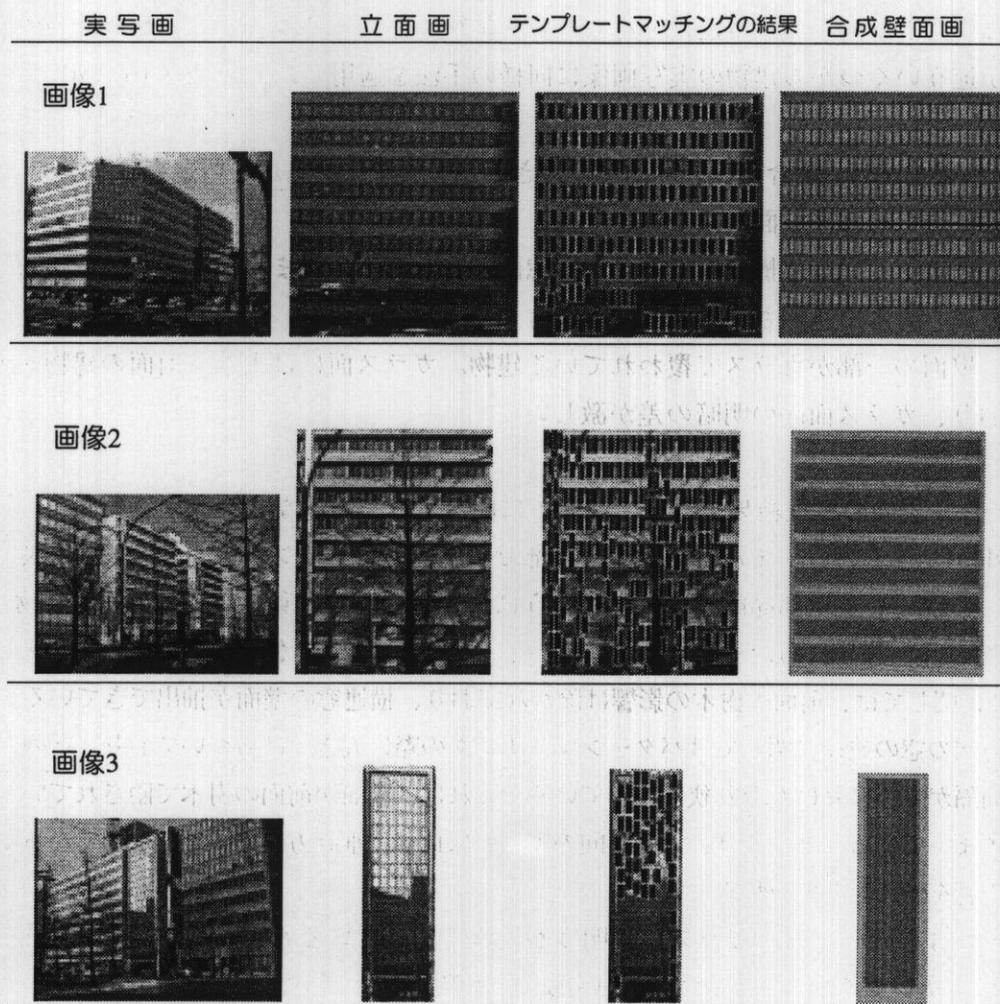


図 4.1さまざまな壁面への適用例

4.7. まとめ

街路などから撮影した実写画像と都市 3 次元データを用い、単一壁面の立面画像を作成し、そこから、壁面合成に必要な情報を抽出できることを示した。また、抽出するデータは、建物の規則性を利用することで、実写画像中に含まれる壁面の前面障害物などに隠された部分に関しても再現が可能であり、障害物の影響を受けにくいデータであるといえる。さらに、壁面合成パラメータは、実写画像のサイズや光条件や向き、角度などの撮影条件とは、抽出後には無関係となるため、景観シミュレーションに必要な精度のテクスチャ画像などが、自由に作成できるとともに、推定される材質や奥行きをもとに、反射などの壁面の材質を考慮したデータとしたり、一部分を 3 次元化することもできることを

示した。

景観シミュレーションを行なう際には、評価者の要求する視点や時刻でのシミュレーションができるだけの幅広く対応できることが必要であると考えられ、ここで示した実写画像から、建物壁面を構成する要素を抽出し、それをパラメータとして壁面を合成する手法は、従来の実写画像をそのままテクスチャとして用いる手法に比べ、すでに挙げた点に加えて、評価システムに応じたデータ合成が可能である点、撮影時の光条件に依存せず、夜景などの自由な時刻でのシミュレーションが可能である点でも優れているといえる。

この建物の単一壁面の壁面合成パラメータを建物の平面形状をもとに全体に適用していく方法について、次章で考察、検討を行なう。

5. 壁面間規則による建物合成

5.1. 処理の流れ

建物の壁面は、4章で対象とした主要ファサードと同様のデザインでその他の壁面に関して展開されているものと、主要ファサードとはその他の壁面は、違うデザインになっている建物がある。この違いは、建物規模や建物間の配置によると考えられ、これらを正確に再現しようとする、個々の建物に関してすべての壁面の実写画像が必要になる。しかし、処理の作業量や、使用目的が景観シミュレーションの周辺データであるということを考慮すると、シミュレーションを行なう上で不自然さを感じさせないことができれば、十分であると思われる。そこで、主要ファサードの壁面パラメータが得られたときに、それを元に展開可能な他壁面を推定し、建物全体の壁面を合成することで、作業量が少なく不自然さが少ないデータ合成を行なうことを考える。そのために、周辺建物の3次元データを用い、実写画像から合成した壁面が、同じ建物の他の壁面に対して展開が可能であるかを調べ、展開が可能な壁面に対して、壁面合成を行ない、建物全体の壁面合成を行なう(図5.1)。処理の流れとしては以下ようになる。

1. 周辺建物の3次元データにおいて、合成壁面との関連が強いと推定される壁面の抽出
2. 抽出された壁面に対しての壁面合成パラメータの算出
3. 壁面合成
4. それ以外の壁面の処理

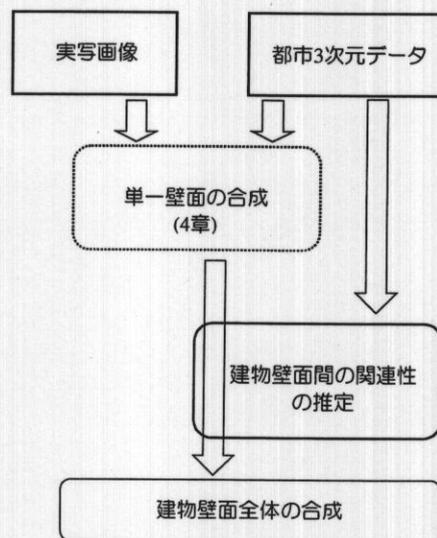


図 5.1 建物壁面合成の流れ

5.2. 合成壁面との関連が強いと推定される壁面の抽出

5.2.1. 建物平面形状からの壁面連続性の推定

本論文で対象としている 10 階程度の事務所建築では、エレベータや階段室の垂直動線、トイレ・湯沸室などのユーティリティを集めたコアと呼ばれる部分が存在する。この部分は壁で囲まれることが多く、通常の居室と同じ窓配置にならない。つまり、建物の平面計画上でのコアの位置により、外壁の連続性や対称性が左右されることが推測できる。

コアの配置パターンとしては、センターコア（中央型）や偏心コア、分離コアなどいくつかのパターンがあるがこれらのコア配置は、建物の平面形状と適切なオフィスの大きさとの関係でおおよその配置が決められると思われる。

建築計画において、構造上の安定度や事務所の使いやすさなどを考えた場合、平面形が、対称である方が望ましいのであるが、十分な面積が取れない場合や、極端に細長い敷地の場合などは、どちらかに偏った偏心コアにならざるを得ない。

オフィスの奥行きは、採光や人の行動範囲などから、図 5.2 に示すようにオフィスの片側のみで採光する片側採光の場合、13~14m がもっとも多く、対向する壁面が窓で両方から採光が可能な両側採光では、20~25m のものももっとも多いことがわかる。つまり、建物の平面形の短い方の幅が 25m 以上のものは、窓と対向する壁はコアに面しており、片側採光になっていると考えられる。また、コアの厚みは、通常 6m~10m 程度であり、センターコア配置とするためには、コアの厚みを仮に最小で 6m、事務所奥行きを 10m とすれば、26m となり、センターコア配置とするためには、建物平面形の短い方の厚みが、通常、最低でも 26m 程度が必要であるといえる。このように建物の平面形や床面積とコア配置を標準的な建築計画を行なうためにまとめると、図 5.3[35] のようになる。このようにおおよそではあるが、建物の平面形状を手がかりにして、個々の建物のコア配置を推定でき、それをもとに同一建物ないでの建物の壁面間の連続性も推定できると考えられる。

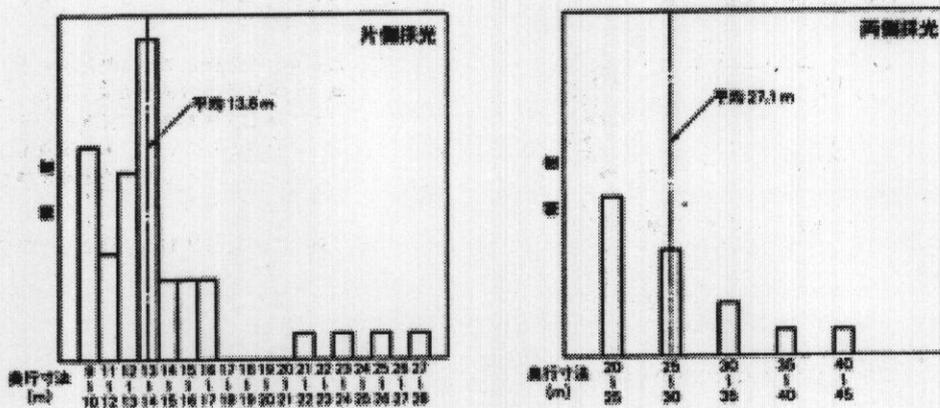


図 5.1 事務所の壁面からの奥行き [35]

5.2.2. 建物相互の位置関係による壁面連続性の推定

建物が主要街路に面する部分の外壁は、一つとは限らず、建物デザイン上もファサード的な取り扱いがされていると考えられる。

都市計画道路は、建設省都市局街路課などで幹線道路は最小 25m として指導されており、補助幹線道路では、16m である[36] (図 5.4)。現実には、多少幅員の小さな道路もあることを想定して、13m 以上のものは、都市計画道路に面していると考え、敷地境界から建物壁面までの距離が最低で、1m であるとすれば、壁面間の距離が 15m 以上のものは主な道路に面していると考えられる。

都市 3 次元データ中で、建物データの壁面相互の距離を調べることでそれぞれの壁面が建物と隣接しているか、都市計画道路のような幅の広い街路に面しているかが推定できる。これらの幅員の大きい道路に面している壁面は、建物のデザイン上は、ファサード的な取り扱いがされると考えられることから、実写画像がなくても同じ建物の主要ファサードである合成壁面と、連続性のあるデザインがなされていると推定される。

5.2.3. 都市 3 次元データからの連続性を持つ壁面データの抽出

以上の前提のもと、電子住宅地図より作成した 3 次元データで主要ファサードと連続性を持つと推定される壁面データを抽出する。対象とする都市データは、図 5.5 に示す大阪中央区の一部とする。

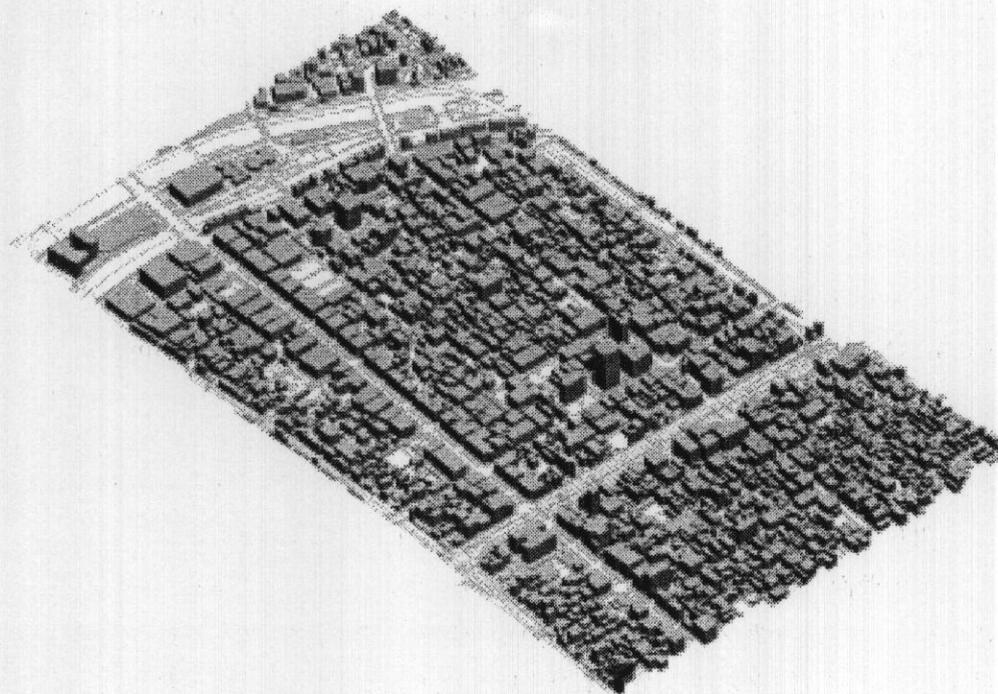


図 5.1 対象とした都市 3 次元データ

通常これらの3次元データはCGシステムで、表示を行ないやすいように、ポリゴンの集まりで表現されているが、そのデータをそのまま用いるのでは、建物ごとに形状を調べたり、建物間の関係を調べるのは難しい。そこで、これらのデータが電子住宅地図の平面形状を垂直方向に立ちあげて作成されていることを元に、個々の建物を

- ・ 2次元の平面形状
- ・ 軒高さ

で表現し、以降の操作を行なう。

a. 建物平面形状に基づくコア配置の分類

建物の平面形状とコア配置は、図5.3に示すような関係がある。ここでは、建物のコア配置を、事務所建築の中でも多く見られる片寄せコア型と中央コア(センターコア)型に分けることで、ファサードとその他の外壁面とで連続性のない建物とある建物に分けることを目的とする。

そのために、個々の建物の多角形で表現された建物平面形状の面積と重心位置を求める。これにより、建物の基準階床面積と建物の縦横の幅が推定できる。5.2.1で述べたように中央コア型のコア配置が成立するためには、建物平面の短辺の長さが、最低でも26m程度は、必要であることも、前提として分類を行なうと、都市データ中の建物データは、図5.3の分類外の小規模建物(ペンシルビルなど、コア配置は片寄せ型になる)(A)、片寄せ型コア(B)(床面積で分けられるものと建物平面の短辺の長さで分けられるもの)と中央コア型(C)に分けられる。

それぞれを

A. 床面積 500 m²以下の建物

B-1. 床面積 500 m²以上 1000 m²以下の建物

B-2. 床面積 1000 m²以上で、重心からの各辺までの距離の最小値が13m以下

C. 床面積 1000 m²以上で重心からの各辺までの距離の最小値が13mより大

という基準で層別する(図5.6)。

ここで、Cは、建物の規模や平面形状により、中央コア型として主要ファサードを建物全外壁面に展開しても不自然でない建物であり、これに関しては主要ファサードの壁面合成パラメータを各壁面に適応するように適用していくものとする。

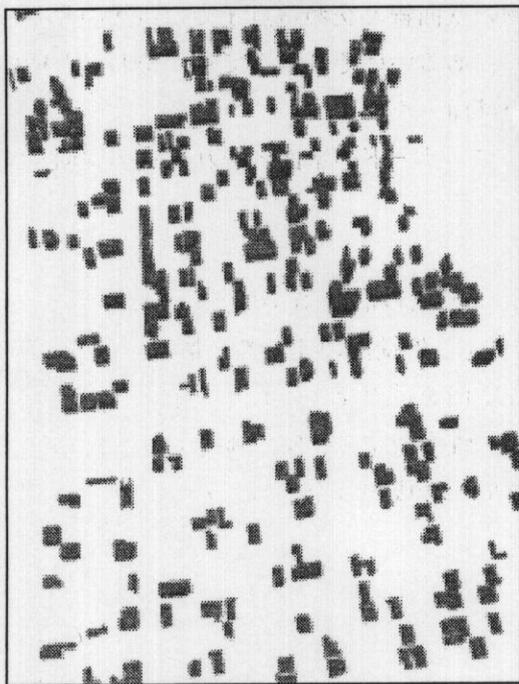
また、A,Bに関しては、主要ファサード以外の壁面は、主要ファサードとの連続性があるかどうかは不明であり、個々の壁面が主要な道路に面しているかどうかを推定することでファサード的な壁面かどうかを調べる必要がある。



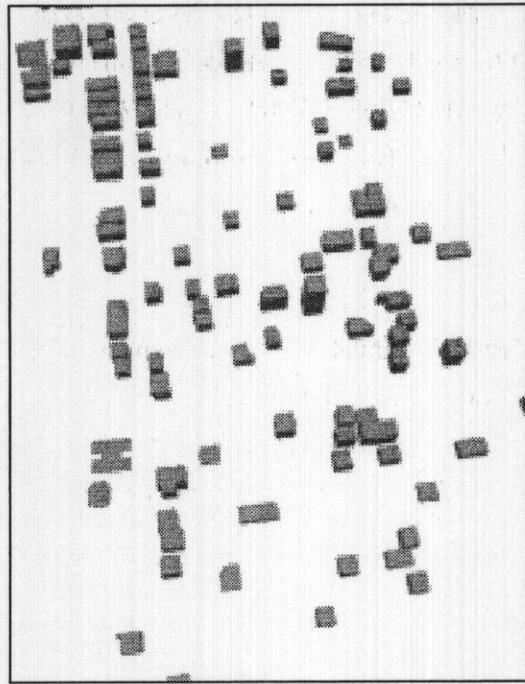
対象建物全体



分類 A



分類 B



分類 C

図 5.2 コアタイプ推定による分類

5.2.4. 壁面間距離による壁面連続性の推定

都市幹線道路に面していたり、それと同じ程度の範囲で周辺に障害物がない建物の外壁面は、その建物のファサード的な役割をはたしていると考えられる。たとえば、交差点の角に建つような建物の場合、ファサード的な壁面が複数存在することになる。中央コア型の場合、外壁面のデザインはコアの影響を受けないのでファサードが複数面に渡っても問題はない。しかし、前項 a. で述べた A,B タイプの片寄り型コア配置が想定される建物に関しては、すべての壁面が同じデザインで統一されることは、少ないと考えられる。ただ、コア配置が片寄り型であっても、幹線道路などに面している部分の壁面は景観上重要であり、まずそれにあたる壁面がどの程度存在するかを認識しておくことが必要である。これらの壁面に対しては、新たな角度からの実写画像から主要ファサード以外のファサードの壁面を合成するか、あるいは、主要ファサードとデザインの連続性があるという前提で主要ファサードの合成パラメータを用い、それらの壁面を合成する方法がある。それらの対象となる壁面の抽出のために次のような操作を行なう。

建物との壁面の距離が最低の幹線道路幅+敷地境界となる距離は、5.2.2 で述べたように 15m程度であるので、個々の建物壁面に関して、自分が属する建物以外の壁面との最小距離を求める。方法としては、壁面線の中点を通る垂線を引き、自分が属する建物の他の壁面と交わる方向と反対側で交わる他の建物の壁面線と交わる点までの距離のうち最小のものを求める。この距離が 15m を超えるか、あるいはそれ以下でも、交わった壁面が対象壁面に比べ十分低い場合はファサード的な壁面とみなす。

以上の操作により、図 5.5 のデータを対象にファサード的な壁面とそれ以外の壁面を分離したものを図 5.7 に示す。

電子住宅地図などを用いて作成したポリウム形状の都市 3 次元データを用い、建物平面形状の分析により、コアの配置タイプを推定し、外壁面の連続性を推定できることと、壁面間の距離を求めることで、ファサード的な壁面を抽出できることを示した。

これらの壁面に対し、主要ファサードとの連続性を仮定し、実写画像のない部分に関しても壁面合成パラメータを算出することで、壁面の合成が行なえると考えられる。

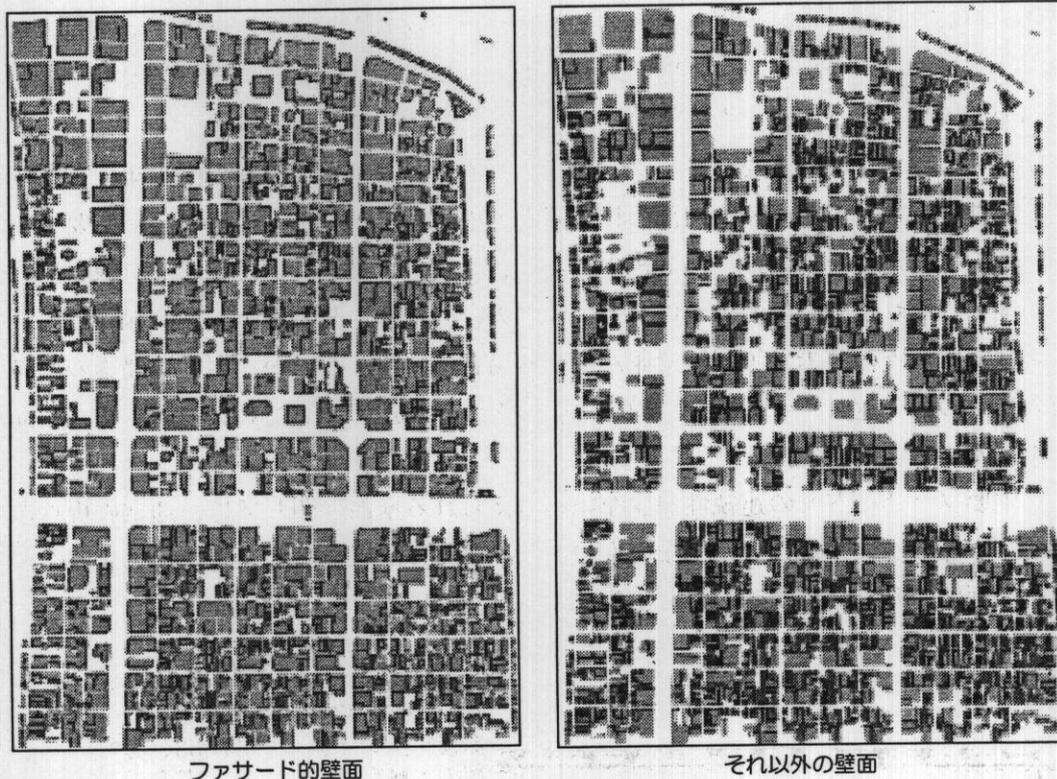


図 5.1 壁面間距離によって分離した壁面

5.3. 壁面間連続性による壁面合成パラメータ算出と壁面合成

5.2 で抽出された壁面に対して、実写画像から抽出された壁面合成パラメータを持つ主要ファサードである壁面とデザインの連続性があるという前提のもと、壁面合成パラメータを算出する。

壁面合成パラメータは以下の項目で構成されている。

- ・窓単体の形状・大きさ・色
- ・窓以外の壁面の色
- ・窓の垂直方向の配置規則・配置開始位置
- ・窓の水平方向の配置規則・配置開始位置
- ・窓の個数-水平方向、垂直方向

以上に関して、対象となる壁面パラメータ算出に際し、同じ数値になるもの、対象となる壁面の形状から算出されるもの、主要ファサードとの位置関係から算出されるものがあると考えられる。

まず、壁面のデザインの連続性を仮定しているので、窓単体に関しては同じ形状や色のものが配置される。また、窓以外の壁面に関しても、色やテクスチャ・テクスチャの密度に関しては、共通になると考えられる。さらに、建物の床・天井などは、通常同じ階では水平位置は変わらないため、デザインが共通であるならば、垂直方向の要素配置規則、垂直方向の要素個数は、同じになる。

したがって、壁面により異なってくると考えられるものは、水平方向の配置規則・配置開始位置、要素個数である。建物内部の柱配置などの平面モジュールの構成上、主要ファサードに対して、平行な壁面は、図 5.8 のように、主要ファサードの窓配置の影響を受けることが多い。それ以外の壁面についても、水平方向の繰り返しのパターンは保存されることが多い。個々の要素が等間隔で並んでいる場合は問題がないが、個々の要素の間隔が複数の長さの繰り返しになる場合、繰り返しパターンが途中で途切れないように、端部の長さを調整するものとする。

また、主要ファサードとの連続性が少ないと考えられる壁面に関しては、通常の視点からは、多くの部分が見えることは少ないものとし、要素は配置されず、外壁の色などのテクスチャ画像のみを展開するものとする。

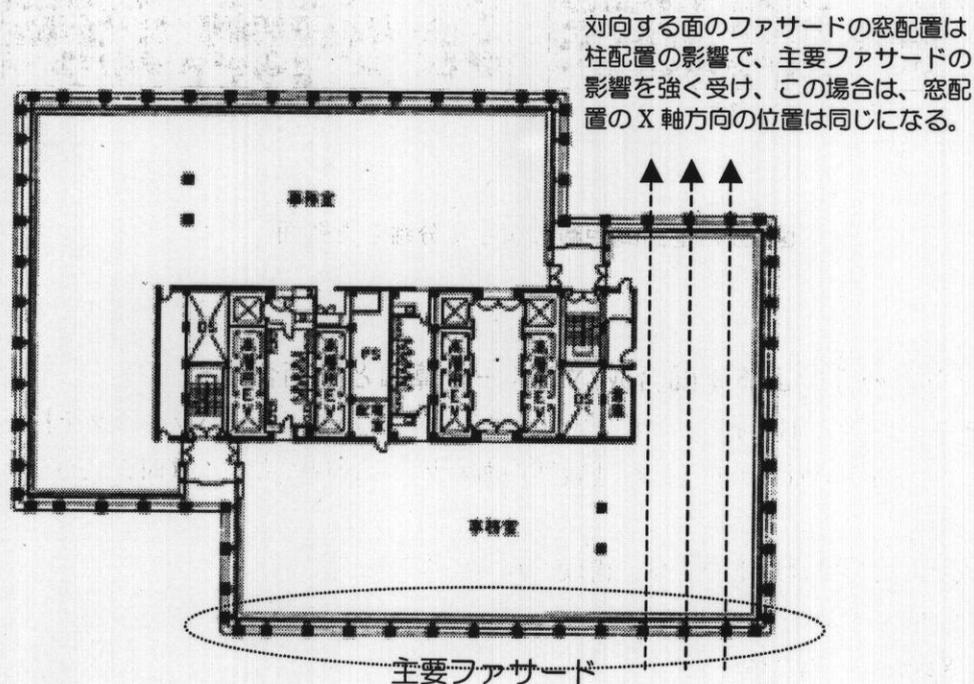


図 5.1 主要ファサードと平行な壁面

5.3.1. コアタイプの異なる建物への適用

以上の考察をもとに、5.2 で層別されたコアタイプの異なる建物に対し、壁面連続性を

仮定した壁面合成を行なう。

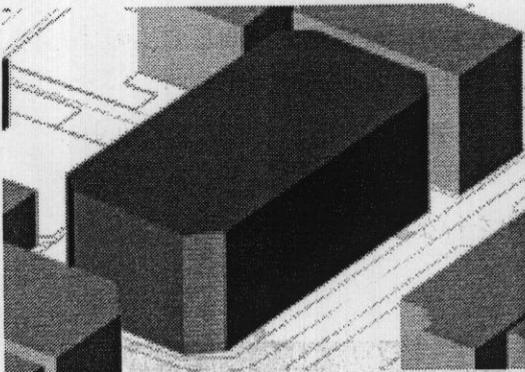
対象としては、

- a. 中央コア型の床面積と平面形状を持つもの
- b. 片寄コア型の床面積と平面形状を持ち、他の建物との位置関係からファサード的な複数の壁面を持つと推定されるもの

である。

この2つのタイプに関して、壁面合成パラメータの算出を行なう。(図 5.9)

a. 中央コア型と推定される建物

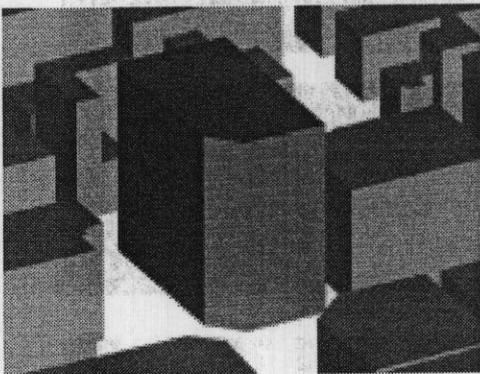


3次元ボリュームデータ

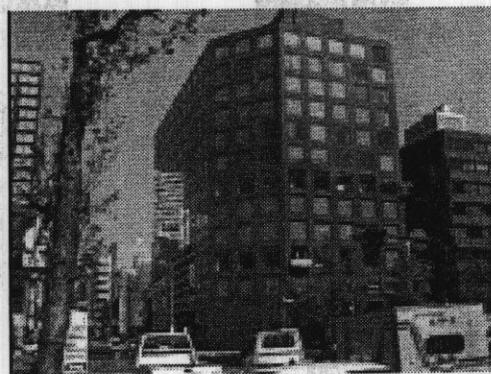


実写画像

b. 片寄コア型で、複数のファサード的壁面を持つ推定される建物



3次元ボリュームデータ



実写画像

図 5.1 対象とした建物データ

5.3.2. 中央コア型と推定される建物

図 5.9-a で示された建物を対象に主要ファサードの壁面パラメータより、それ以外の壁面についても壁面合成パラメータを算出し、壁面の合成を行なう。

中央コア型の建物はすべての壁面に関してデザインなどの共通性がある可能性が高く、主要ファサードで得られた壁面情報と、個々の壁面の形状や主要ファサードとの位置関係などをもとにそれぞれの壁面の合成パラメータを算出できる。算出のための規則としては以下のものを定める。

- ・窓要素の形状・色、壁面色（テクスチャ）、垂直方向の配置規則は主要ファサードのデータを適用する。
- ・水平方向の窓配置規則は、要素間の距離に主要ファサードのものを適用し、対象とする壁面全体を充填するように算出される。
- ・主要ファサードと平行な壁面に関しては、主要ファサードの水平方向の窓配置を連続的に展開する。
- ・それ以外の壁面に関しては、主要ファサードの水平方向の窓配置に関して、両端部の距離がほぼ等しい場合は、算出するパラメータに関しても両端部の距離が等しくなるように配置し、そうでない場合は、短い方の端部の距離を利用して配置を算出する。

これらに基づき、壁面全体の合成パラメータの算出を行なう。(図 5.10)

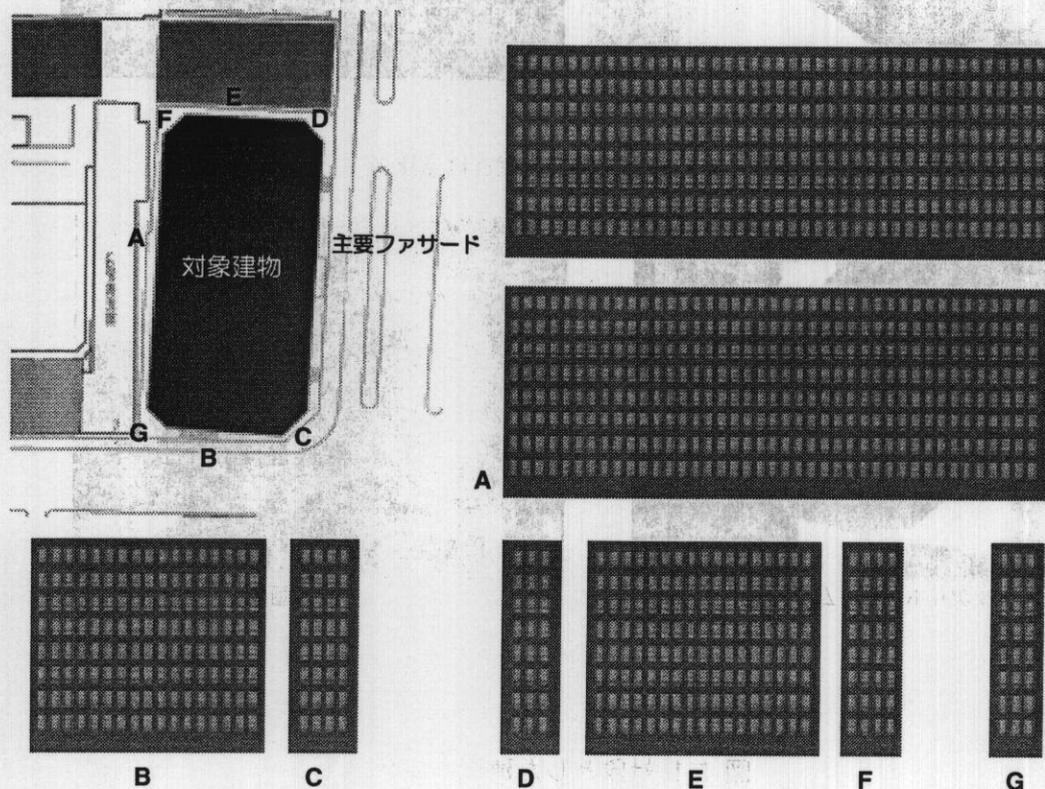


図 5.1 壁面連続性に基づき合成された壁面（中央コア型）

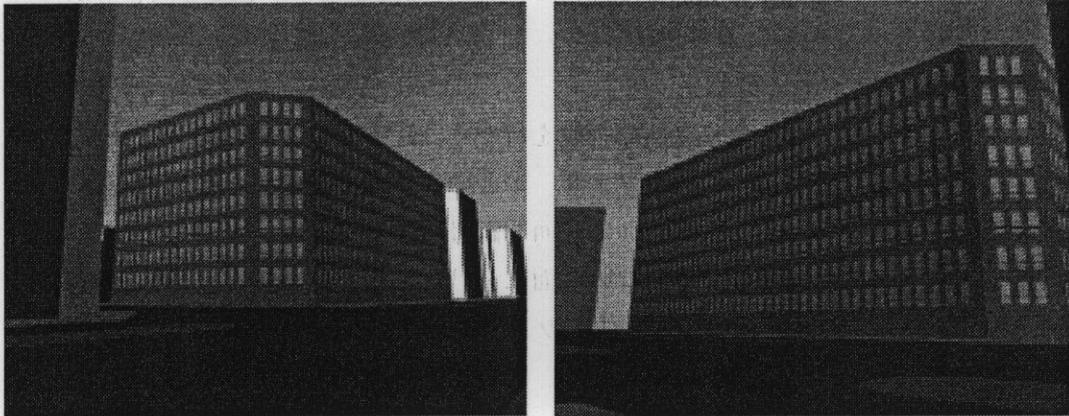


図 5.2 合成壁面を適用した CG 画像

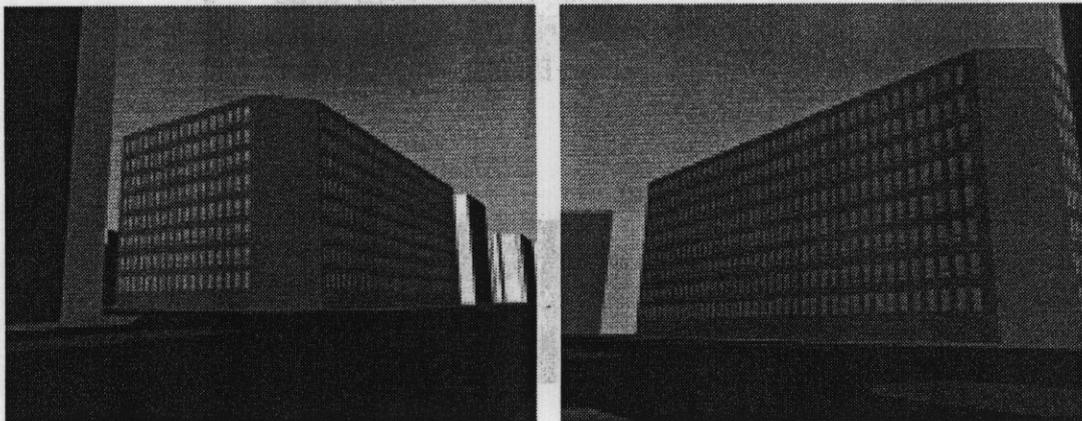


図 5.3 窓配置を修正した CG 画像

図 5.10 において、壁面 A は、主要ファサードと平行な壁面であるので、図 5.8 に示したように、主要ファサードの窓配置と連続になるように窓の配置がなされている。建物の平面形状は、縦横軸方向に対称であるように見られるが、もとにした住宅地図の平面形状の誤差により完全対称にはなっておらず、そのために壁面 A に関しては、端部の長さが異なっている。それ以外の壁面に関しては、主要ファサードの端部の長さがほぼ等しいことから、それぞれの壁面においても、壁面内で両端部が等しくなるように配置が行なわれている。

また、これら合成された壁面を用いて、CG 画像を作成した結果を示す (図 5.11)。この建物規模と窓配置の関係は、不自然ではなく実際にありうる建物であるように感じられるが、これらと図 5.9-a の実写画像を比較すると、建物のコーナー部の小壁面には、窓が配置されていないことが分かる。これから、該当する壁面の合成パラメータを手で操作し、

窓を取り除いた壁面を合成することで、作成した CG 画像が図 5.12 である。このようにより正確な窓配置を持つ壁面を合成するためには、手作業による修正が必要な場合もある。

5.3.3. 片寄せコア型と推定される建物

図 5.9-b で示される建物を対象に壁面の合成を行なう。片寄せコア型の場合 5.2.4 で示した他の建物との壁面間距離により主要ファサードとの連続性を推定し、壁面の合成を行なう。この建物では、図 5.13 で示すように壁面間距離の違いにより、主要ファサードと連続性があると考えられる壁面とそうでない壁面に分けることができる。連続性があると考えられる壁面は、5.3.2 と同様に壁面合成パラメータを主要ファサードのパラメータから算出する。また、それ以外の壁面に関しては、窓配置を行わず無窓の壁面として合成を行なう。

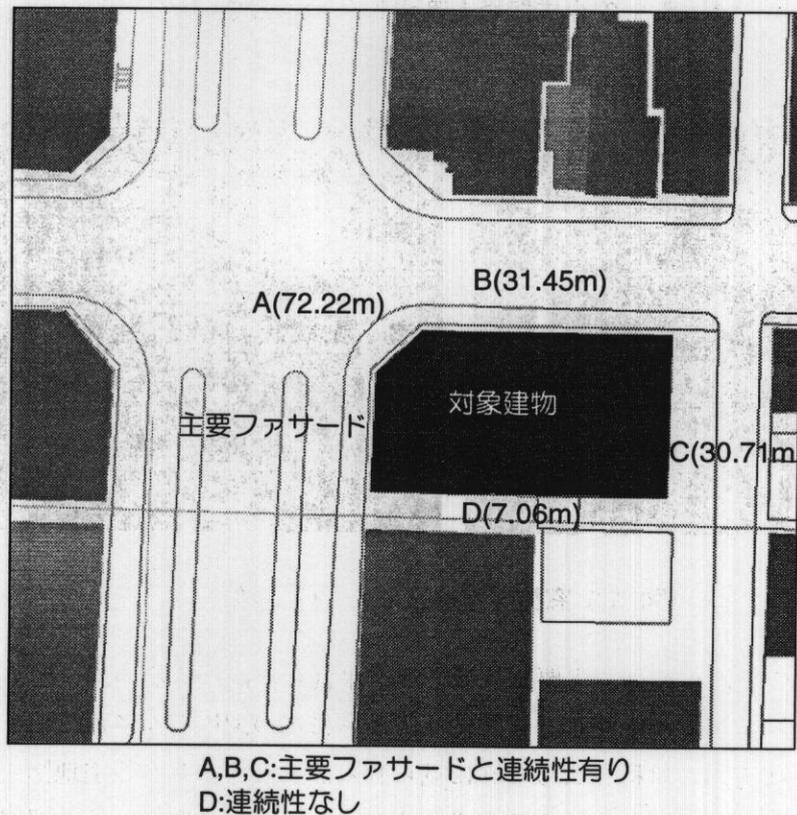


図 5.1 各壁面の他建物との距離と壁面の連続性

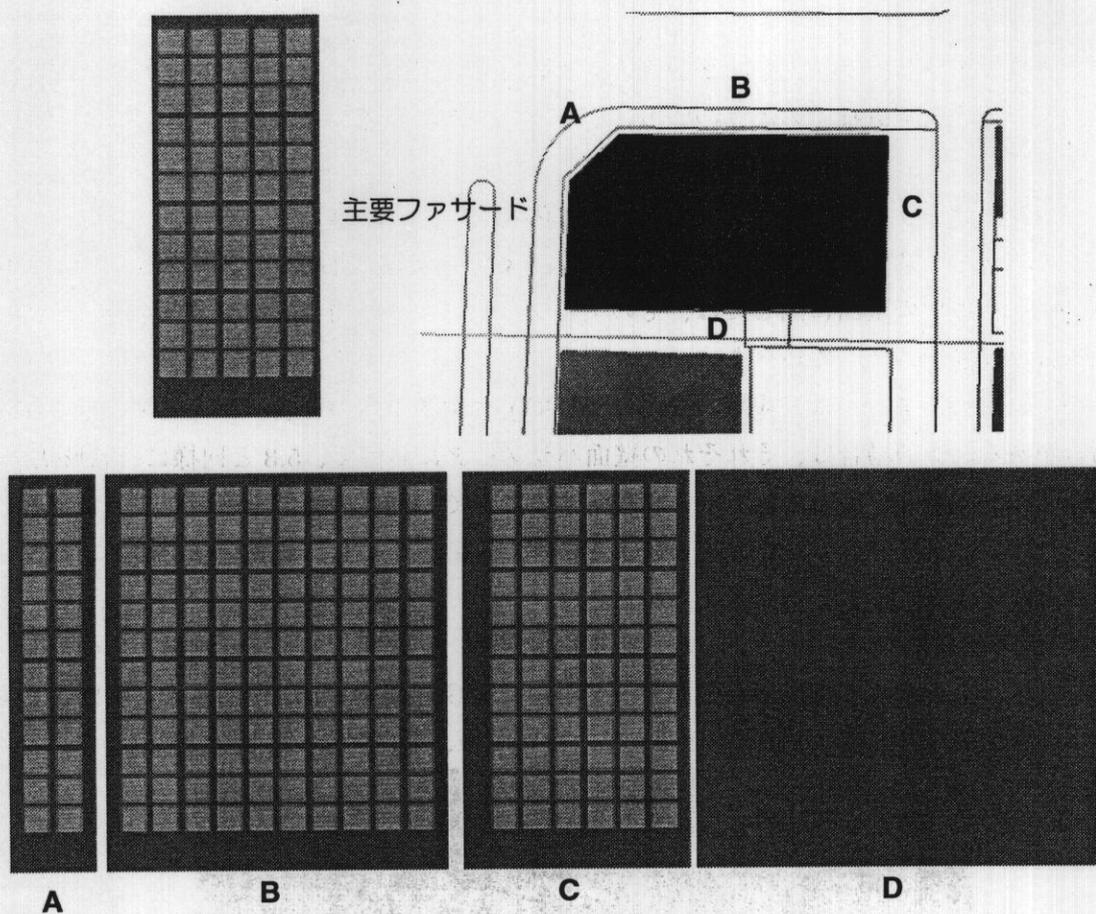


図 5.2 壁面連続性に基づき合成された壁面（片寄せコア型）

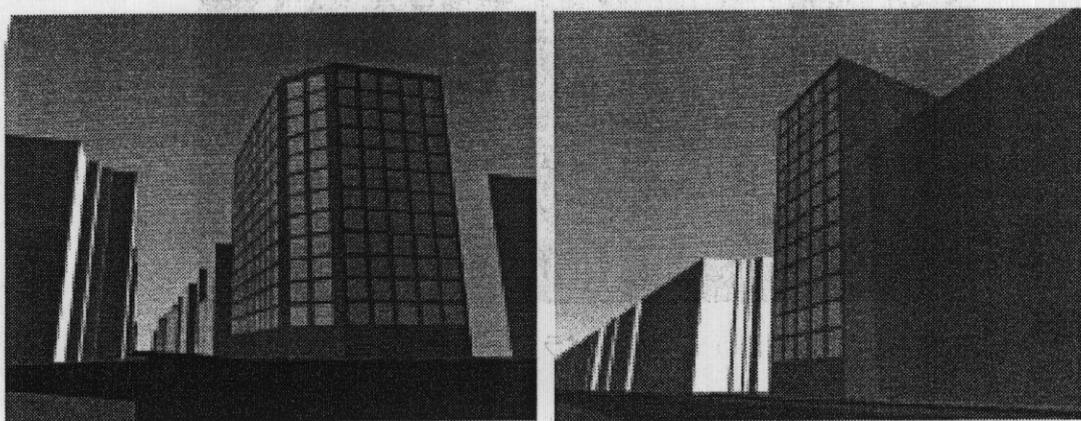


図 5.3 合成壁面を適用した CG 画像

図 5.9-b の実写画像と比較すると、ほぼ実写画像に近いイメージの作成が行なえているといえる。また、隣接した建物がある壁面 D が、無窓であることにより、より自然な印象

を受ける。しかし、この場合も、コーナー部の小壁面の窓の個数が水平方向に実写画像では、3個あるのが、合成壁面では2個になっている。原因としては、もとにした電子地図データの誤差と、位置推定の誤差の両方によるものであると考えられる。

5.4. 複数画像を用いた場合の壁面連続性の考慮

5.3 では、主要ファサードの1面だけが実写画像からの壁面合成パラメータによる合成で得られ、その他の壁面に関しては、その主要ファサードの壁面合成パラメータをもとに合成を行なう場合に関して述べた。

しかし、建物によっては、複数の壁面に関して実写画像からの合成パラメータが得られる場合がある。その場合は、それぞれの壁面パラメータにおいて、5.3と同様に、窓形状、垂直方向の配置条件、外壁の色を双方で統一することで、別々の画像を用いたことによる抽出された壁面合成パラメータの違いによる微妙な違いをなくし、建物全体でのアンバランスさをなくすことができると考えられる。

たとえば、5.3.3での建物に関して、図5.14の壁面Aに関しても実写画像からの壁面合成パラメータを求めて作成した壁面データ用いたCG画像を図5.16に示す。主要ファサード、壁面Bと壁面Aが連続性を持っていないため、不自然なCG画像となる。

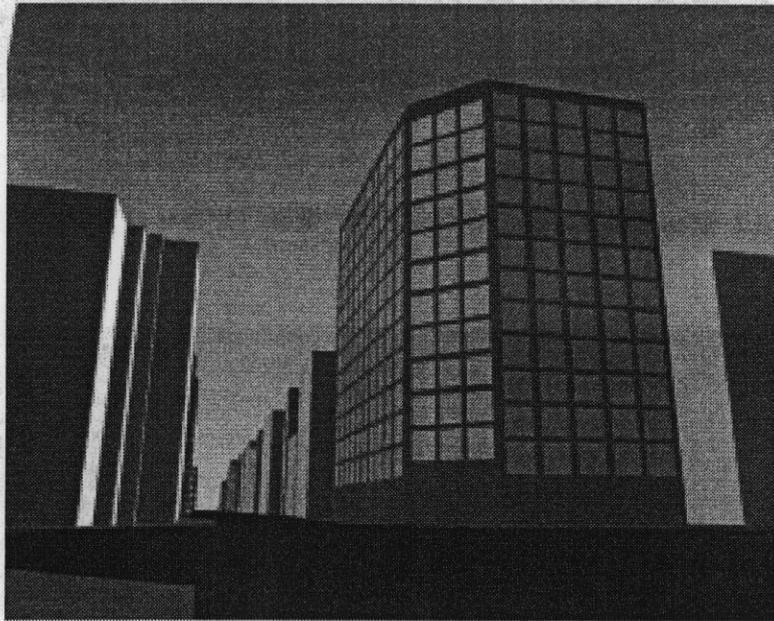


図 5.1 複数壁面からの合成パラメータを用いたCG画像

これを解消するためには、それぞれの壁面合成パラメータ間で、合成壁面の不自然さがなくなるように、壁面のテクスチャ画像を共通にするとともに、垂直方向のパラメータを統一する。対象となるのは、合成パラメータの中の

- ・壁面テクスチャ画像
- ・垂直方向の配置規則

・窓高さ

である。

主要ファサードのこれらのパラメータ値を壁面 A の合成パラメータにも用いることで壁面の連続性が保たれる。図 5.17 に、この操作を行なった合成壁面データを用いた CG 画像を示す。

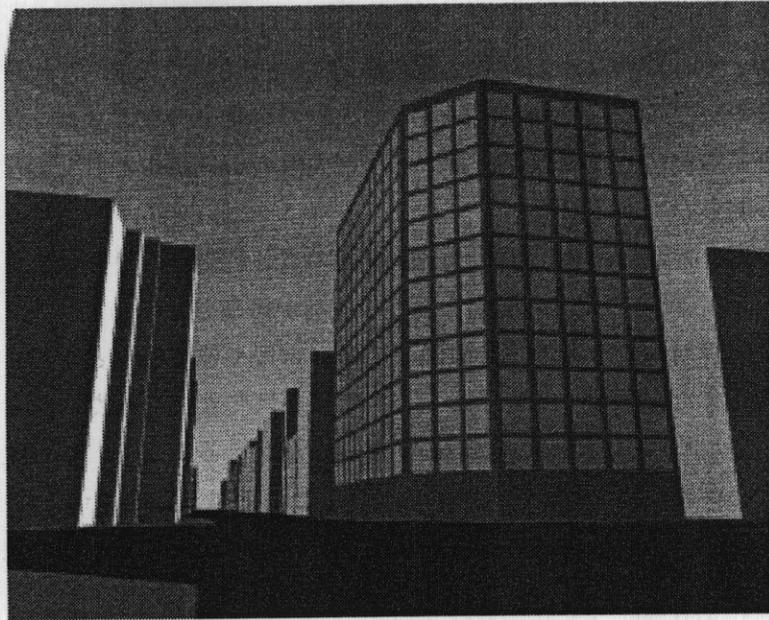


図 5.2 複数壁面合成パラメータ間の統一を図った CG 画像

5.5. まとめ

ボリュームで表現された都市 3 次元データを元に、その平面形状と建物相互の位置関係を調べることで、個々の建物におけるファサード的な壁面と考えることのできる壁面を抽出できることを示した。また、それらの壁面と実写画像から壁面合成パラメータを抽出した主要ファサードとの間で、壁面間の連続性を考慮することで、それらの壁面に関して画像から合成パラメータの抽出を行なうことなく、建物全体の壁面の合成を行なうことができることを示した。また、複数の実写画像から、同じ建物の異なる壁面の合成パラメータを抽出した際にも、壁面間の連続性を考慮することで、壁面間での色や素材の統一を図ることができることも示した。

6. 大阪・御堂筋での適用

6.1. 対象地域

対象地域としては、大阪の中心部にある御堂筋を取り上げた。

御堂筋は、かつて「市長はんは船場の真ん中に飛行場を拵える気イかいな」と大正 15 年に 4 m の泥道を 44m の全面舗装道路への拡幅工事を行なったときに市民に悪口を言われたそうであるが、それを行なった近代大阪の生みの親ともいえる第 7 代市長の関一の認識が誤っていなかったことは、現在、御堂筋が大阪の南北をつなぐメインストリートとなり、美しい銀杏並木を持ち、御堂筋パレードなど大阪のシンボルとしての役割を果たしていることから明らかである[38]。

都市景観の点では、淀屋橋、本町間は、軒高 31m の高さ制限が設けられてきていたが、1990 年代に入り、都市機能の充実の面から、この規制が撤廃される方向にある。しかし、軒高がそろった景観が崩れることの是非に関しては、市民や建築家などからさまざまな議論が起こっている。また、今後 1960 年から 70 年にかけて建てられたこれらの建物は、建替え、リニューアル時期を迎える。そのような計画が起こることで、都市景観の観点からも多くの検討が必要になることが考えられる[39]。ここでは、このような背景のもとで、現状の御堂筋沿の建物データを対象として取り上げ、提案手法による建物壁面の合成を行なう。

具体的には、淀屋橋-本町間で本町寄り南半分の御堂筋に面した建物 23 棟を対象として行なった (図 6.1)



図 6.1 対象とする地域

6.2. 従来手法による周辺建物表現

提案手法との比較のため、従来手法を用いて、同地域の CG 画像を作成する。

6.2.1. ボリュームデータ表現

従来、景観シミュレーションを行なう場合、周辺建物はボリューム形状で表現されることが多い。ここでは、建物のボリューム形状を電子住宅地図（株式会社ゼンリン発行）を用い、階数情報をもとに角柱状のデータを作成し、それをもとに CG 画像を作成した(図 6.2)。

この方法は、アニメーションによる景観シミュレーションを作成する際に制作時間の制約などから、多く用いられている方法であるが、このような道路面などの地上からの視点のように、個々の周辺建物の壁面が視野の多くを占めるような画像では、その場所のスケール感や場所性が直感的に把握できないという問題がある。

6.2.2. 実写テクスチャを用いた壁面表現

御堂筋に面した壁面に関して、実写画像から、対応する壁面のテクスチャ画像を切り出し、6.2.1 で用いたボリューム形状のデータに貼り付けることで壁面情報の補完を行なう(図 6.3)。

2.4.5.において、すでに述べたように実写画像をそのままテクスチャとして用いる上での問題点がみられ、景観シミュレーションに用いる画像としては、不自然な点が多い。特に御堂筋には、銀杏並木があるため、壁面全体を撮影しようとするると銀杏の木が壁面の前面障害物となることが多く、この手法で、景観シミュレーション用に周辺建物の表現を行なうためには、前面障害物を手作業で除去するなどの壁面画像の修正がほとんどの壁面に対して必要となり、作業量も多くなる。

6.3. 実写画像を用い、建築としての規則を利用した壁面合成

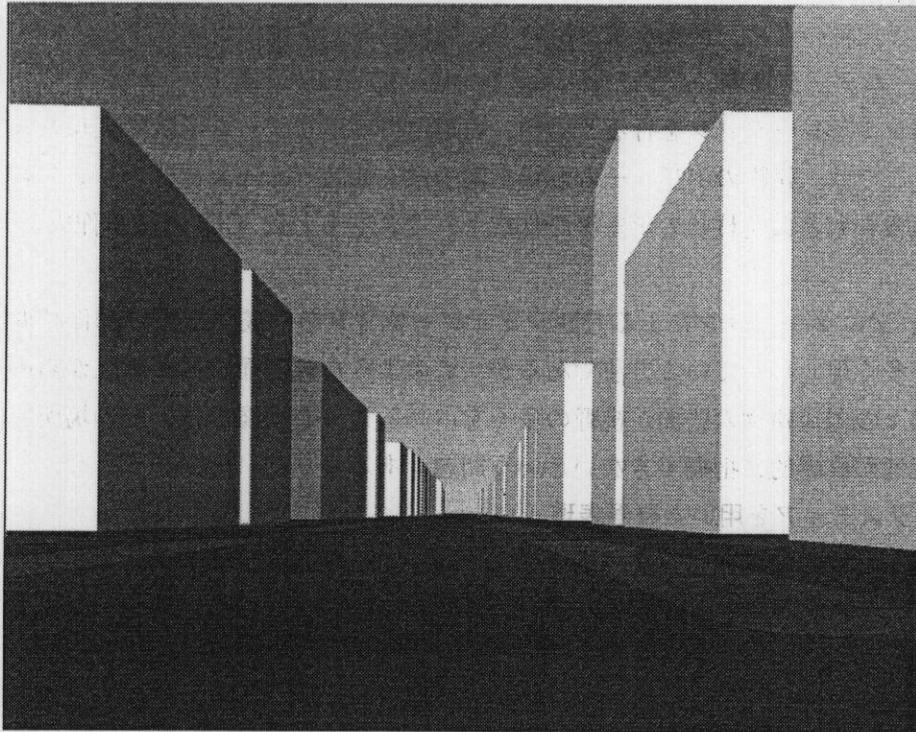
6.3.1. 作業環境および作業手順

3次元形状データとしては、6.2 で用いたものと同様の電子住宅地図データをもとにして、それを3次的に立ち上げを行なったものを用いた。

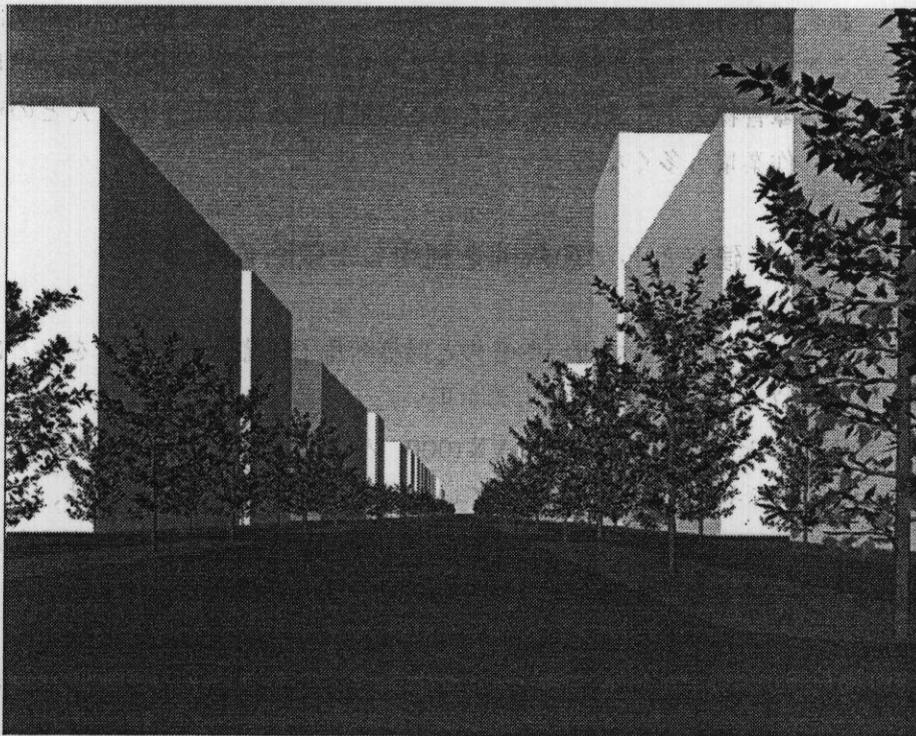
実写画像は、デジタルビデオカメラ(DCR-VX1000 ソニー社製)を用い撮影を行なったものを 640×512pixel でキャプチャして用いている。また、実写画像の撮影は、太陽光の関係から、御堂筋の東面と西面で、撮影する日にち(季節)と時刻を変えたものと用いており、実写画像をそのまま用いた場合不自然な印象を与える画像となっている。

プログラム作成およびデータ操作は、Hewlett Packard 社の HP-9000/715HCRX 上で C 言語などを用いて行なった。また、CG 画像作成は、HP-9000/C-180 Visualize FX-4 上で、グラフィックエンジンを用いた自作ハードウェアレンダリングプログラムと、照明シミュレーション用のフリーウェアである RADIANCE を用いた。

また、本手法を用いた CG 画像作成の手順を図 6.4 に示す。

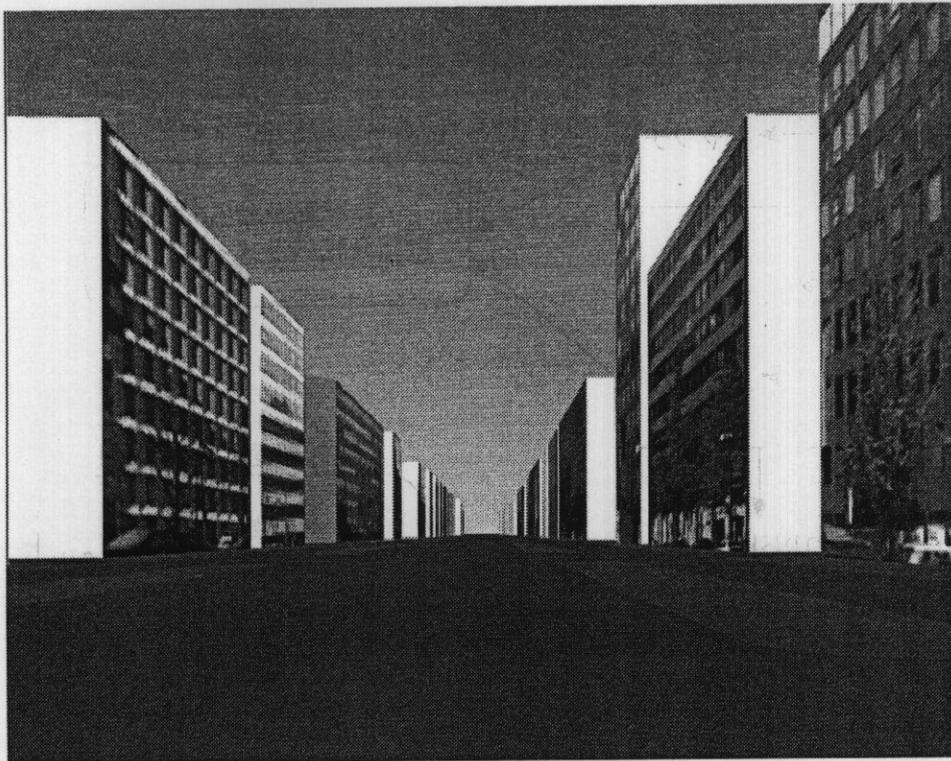


a.ポリューム形状のみ

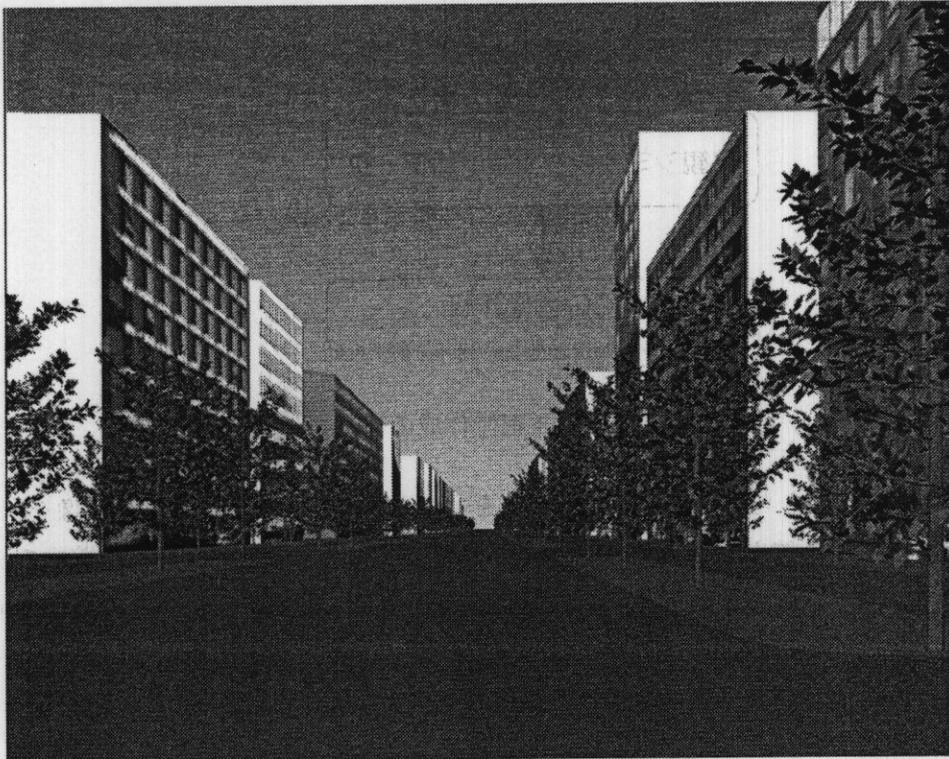


b.街路樹を加えた表現

図 6.1 ポリュームデータ表現による御堂筋



a. ボリューム形状のみ



b. 街路樹を加えた表現

図 6.2 実写テクスチャを用いた壁面表現による御堂筋

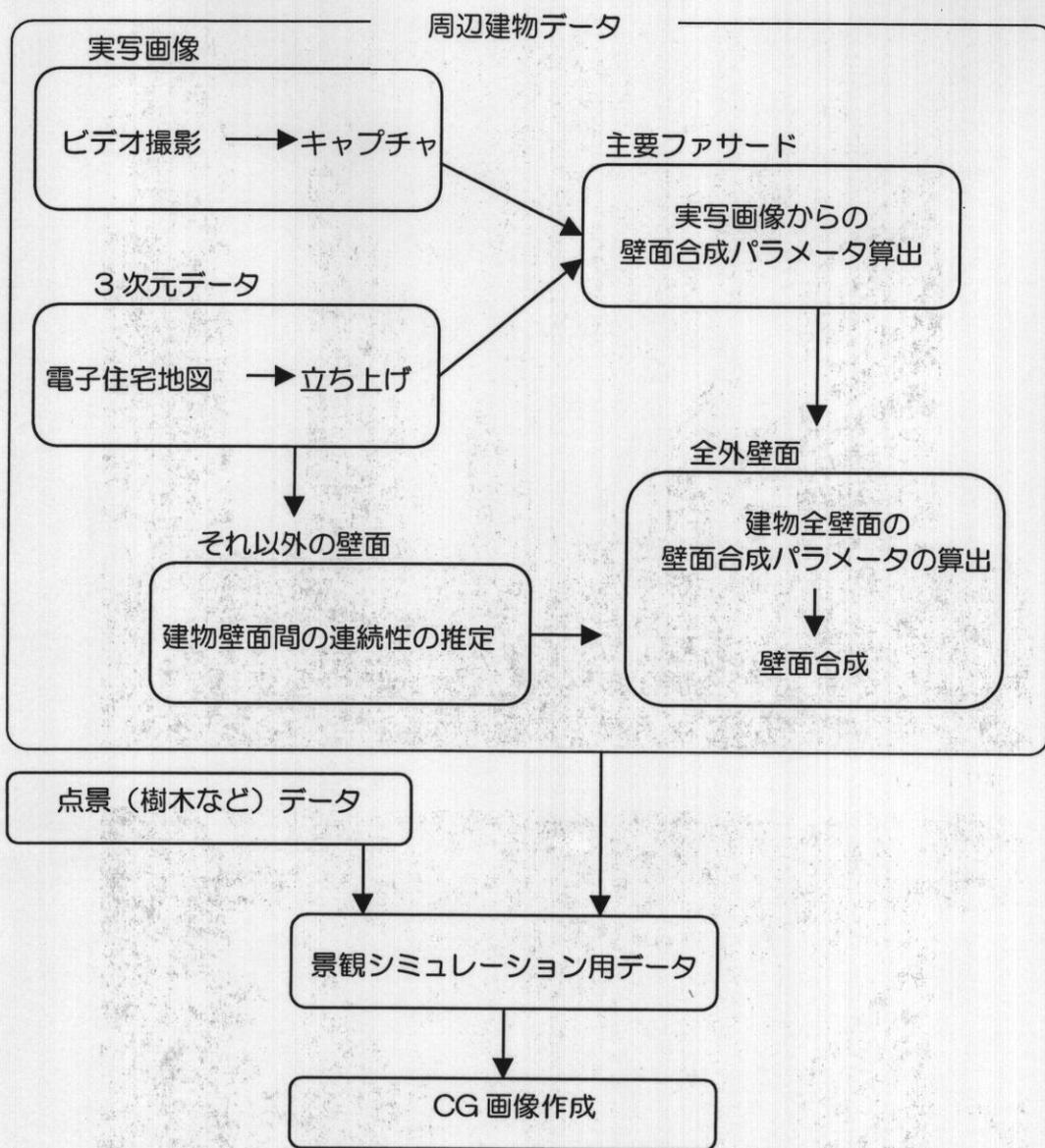


図 6.3 提案手法による CG 画像作成の作業・処理の流れ

まず、建物の壁面のうち御堂筋に面したものを主要ファサードとして、実写画像を用い、壁面合成パラメータを算出する。その他の壁面に関しては、建物の平面形状や壁面の位置を用い主要ファサードとの壁面デザインの連続性を推定し、主要ファサードの壁面合成パラメータと対象壁面の形状から、新たな壁面合成パラメータを算出する。このようにして全外壁面の壁面合成パラメータを算出し、建物データを作成する。景観シミュレーションのための周辺環境データとして、樹木などの点景データを付加し、CG画像を作成する。

6.3.2. 主要ファサードの壁面合成パラメータの算出

4章で示した過程に従い、主要ファサードの壁面合成パラメータを算出した。パラメータ算出に当たっては、最初に窓テンプレートの一致度の最大値の1/2までを閾値として、窓配置を求めた。そのパラメータをもとに壁面合成を行ない、目視でおおまかにチェックをし、うまく合成が行なえなかったものに関しては、再度閾値を調整して、壁面パラメータを求めている。結果は、23棟全体に対し、最初の閾値で求めたものが、12棟、閾値を調整して求めたものが、10棟、パラメータを求めることができなかったものが1棟となった(図6.5)。図6.5を見ると、壁面の前面の障害物の分布や、切り出された壁面の画像サイズなどにより、算出結果が左右されている。

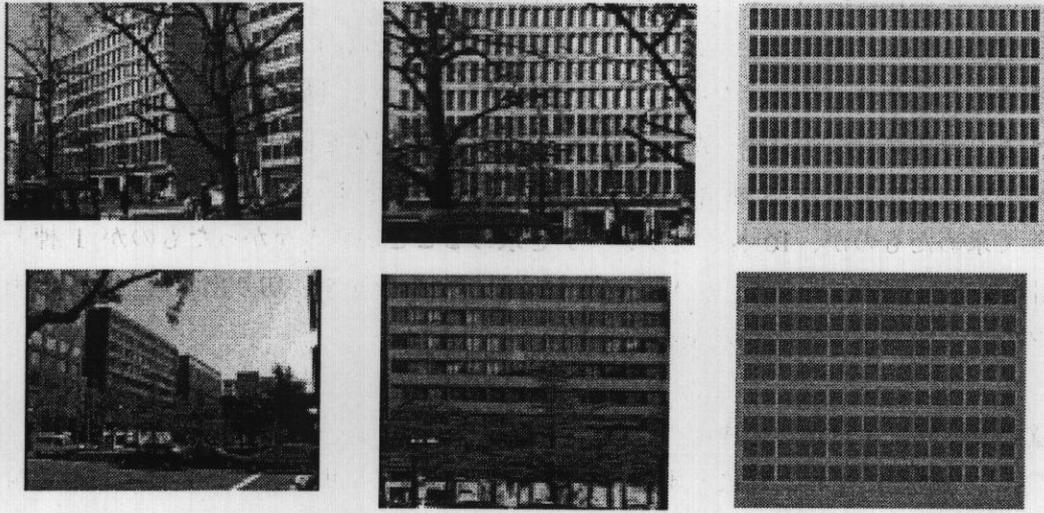
6.3.3. 壁面間規則による建物合成

5章で示した過程に従い、対象とする建物について主要ファサードとのデザインの連続性について、推定を行ない、全壁面に関して壁面合成を行なう。

建物平面形状に基づくコアタイプの推定を行なった結果、11棟がセンターコアであると推定され、12棟が片寄せコアであると推定された。さらに片寄せコア型である建物に関しては壁面間距離に基づき、ファサード的な壁面とそうでない壁面を分ける。その結果を図6.6に示す。

以上の推定をもとに壁面合成を主要ファサードの合成パラメータ22面分をもとに、その他の161壁面に関して、壁面合成パラメータを算出し、壁面の合成を行なった。

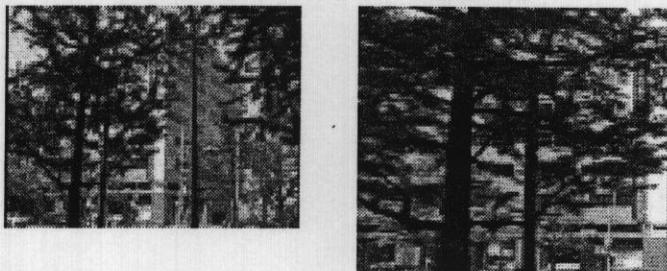
閾値の操作なしで算出できた壁面の例



閾値の操作が必要であった壁面の例



合成パラメータが算出できなかった壁面の例



実写画像

立面画像

合成壁面

図 6.1 実写画像からの主要ファサードの壁面合成パラメータ算出結果

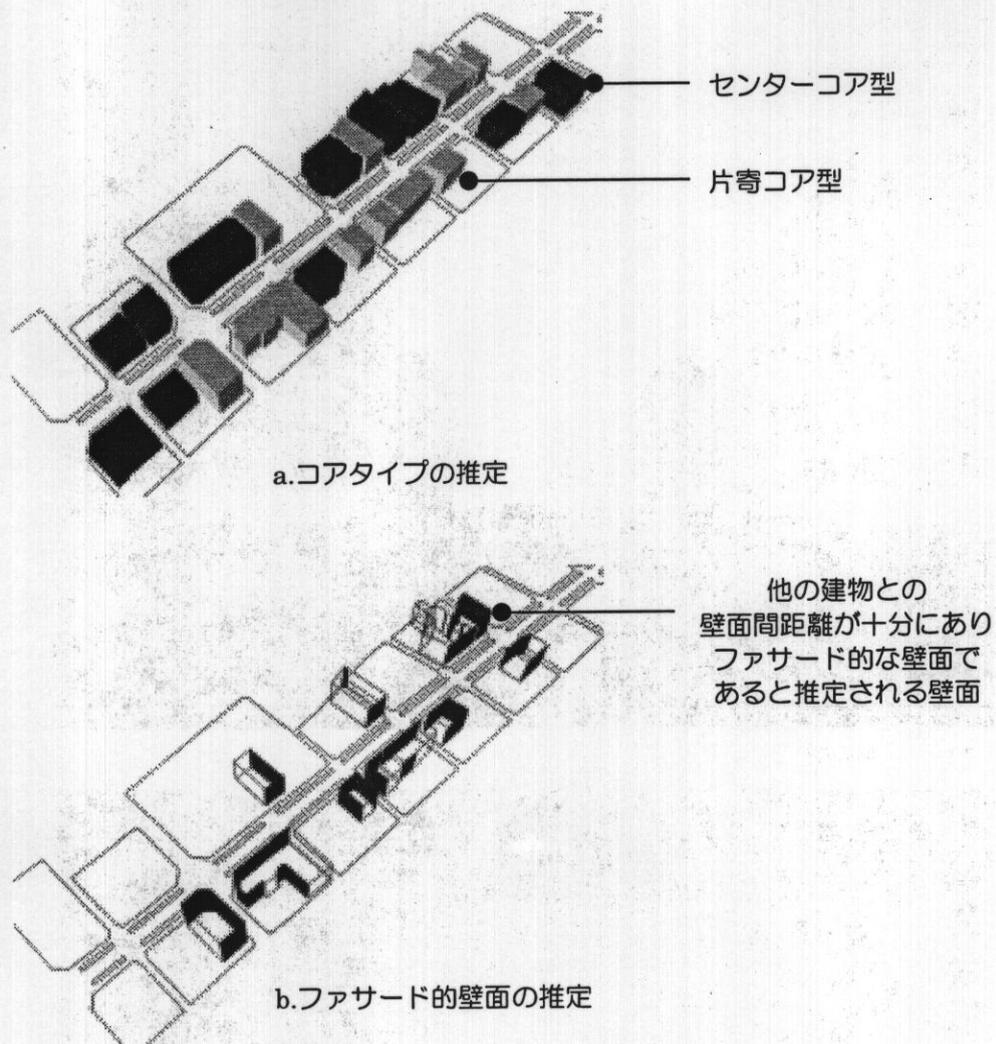
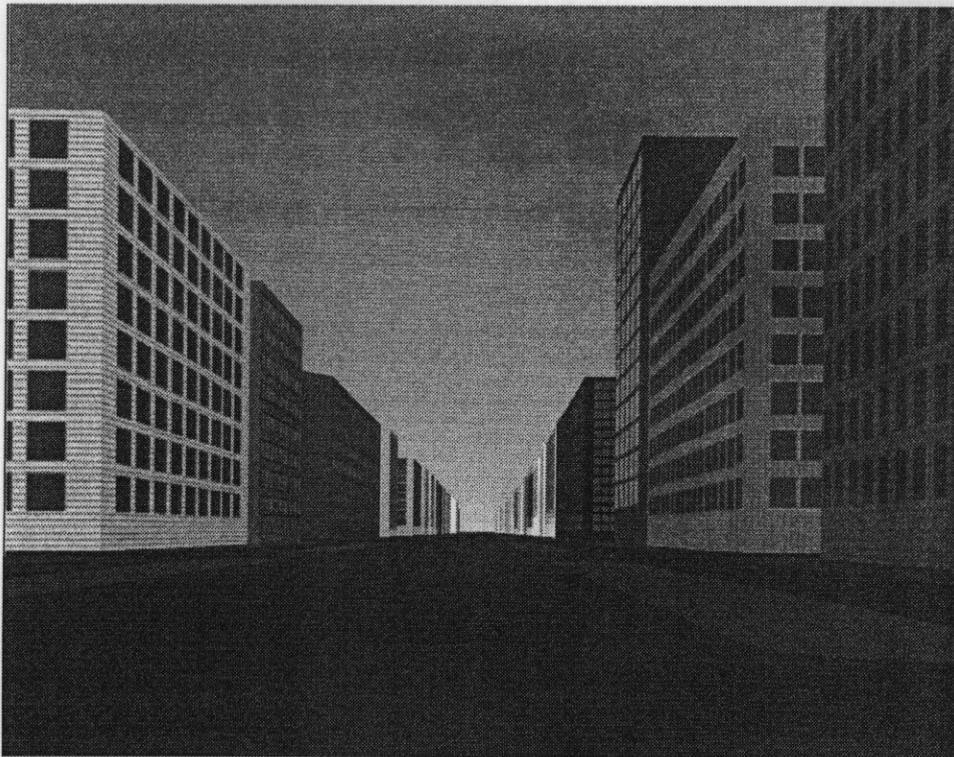


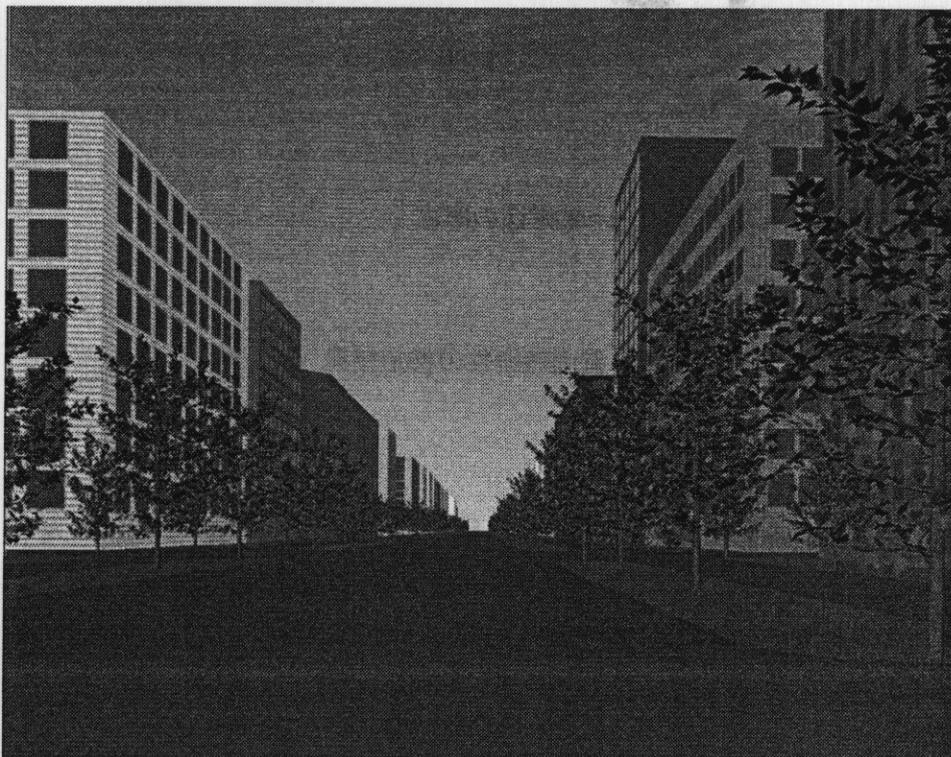
図 6.2 壁面連続性の推定結果

6.3.4. CG 画像作成

以上の合成された建物データをもとに、CG 画像を作成する。壁面データとして、色テクスチャデータを合成し、ハードウェアレンダリングにより作成した画像 (図 6.7) と、色テクスチャと材質テクスチャデータを合成し、RADIANCE により作成した画像を示す (図 6.8)

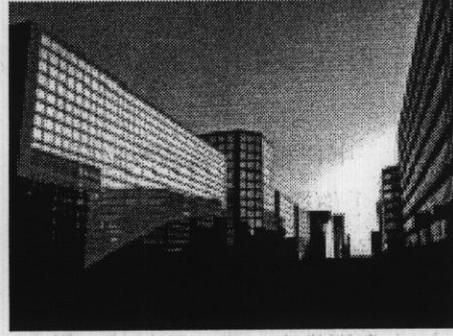
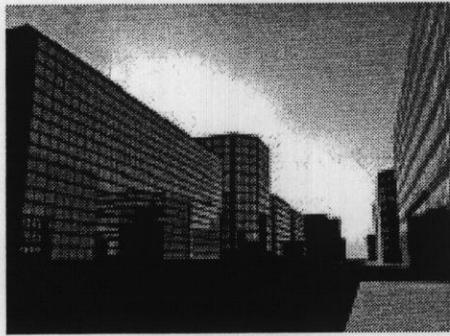
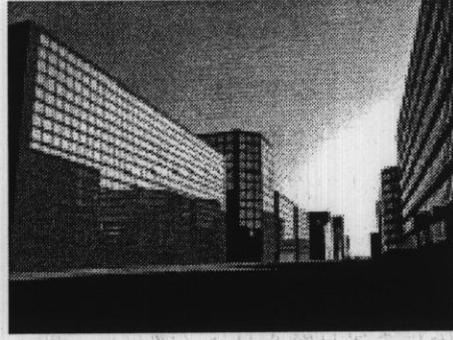
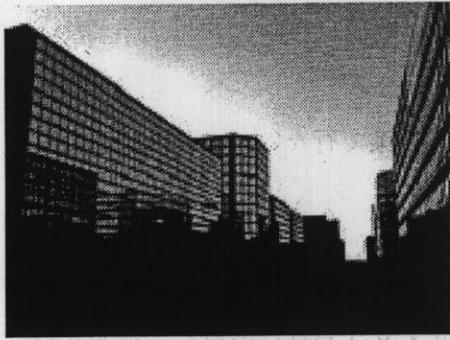


a. ボリューム形状のみ



b. 街路樹を加えた表現

図 6.1 合成テクスチャデータ（色）表現による御堂筋



家計の頼り・窓の中対面立

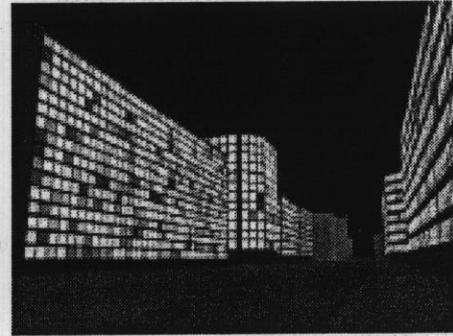
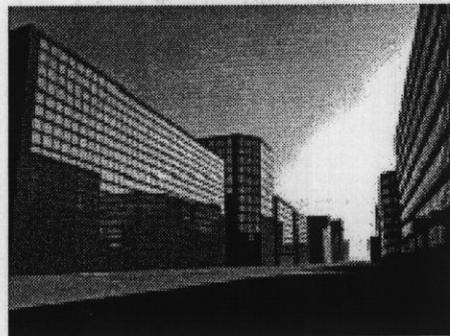
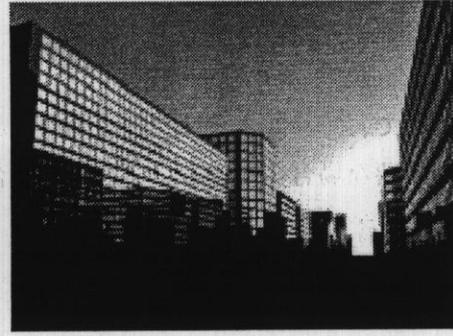
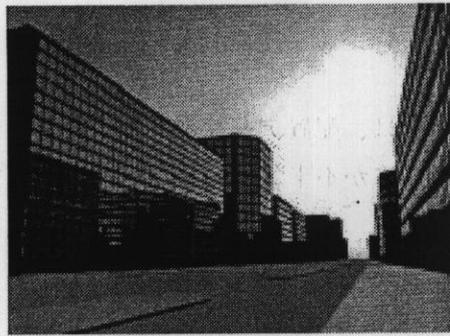


図 6.2 合成テクスチャ（色+材質）表現による御堂筋の日照シミュレーション

6.4. 評価

6.4.1. 提案手法による作業性の評価

提案手法でのデータ作成の作業量と、これらを手作業で行なった場合の、作業量の検討を通じ、提案手法の作業性の評価を行なう。

a. 提案手法による作業量

提案手法による合成を行なう場合、一部手作業が必要な処理がある。この部分の合計が提案手法での作業量に相当するとし、これを御堂筋のデータ合成をケーススタディとして算出する。提案手法による作業全体のフロー及び、手作業による処理が必要な部分を図 6.9、図 6.10 に示す。

まず、ファサードに相当する主要壁面の合成パラメータの算出の過程において、図 6.9 に示すように、手作業が必要な処理は、

- ① 実写画像の撮影
- ② 3次元データと画像中の壁面領域との対応づけ
- ③ 立面画像中の窓・壁領域の指定
- ④ 閾値の操作
- ⑤ 合成データの部分修正

である。ここで、①～③までは必須な処理であり、④は、配置データがうまく算出できず試行錯誤が必要な場合発生する。また⑤は、合成データが不十分であった場合、行なう処理である。

御堂筋のデータ合成の場合、①の撮影には、約 2 時間かかった。②の対応づけには、1 壁面あたり、約 1 分かかっており、22 棟では大目に見積もって 30 分程度になる。また、③の窓などの指定も約 1 分の時間がかかり、22 棟では同様に 30 分程度になる。④の閾値の操作は、約 5 分かかり、今回は、10 棟が対象となっているので、約 1 時間である。また、⑤の部分修正は行なっていない。したがって、全部で約 4 時間の作業量ということになる。

また、建物全体の壁面合成処理に関しては、図 6.10 に示すように、ほとんどがプログラムにより処理されている。算出された壁面合成パラメータが不自然な場合のみ、合成パラメータの修正を行なう。今回は、3 棟のデータを修正したが、1 棟あたり 10 分程度で、全体で 30 分程度の時間がかかった。また、今回、色テクスチャのみのデータと色と材質テクスチャを持つデータを作成したが、どちらも同じ合成パラメータと都市データで算出できる。

以上、提案手法を用いた場合、御堂筋の建物データ合成の場合、大目に見積もって、一人で 4～5 時間程度の時間の作業量がかかっているといえる。

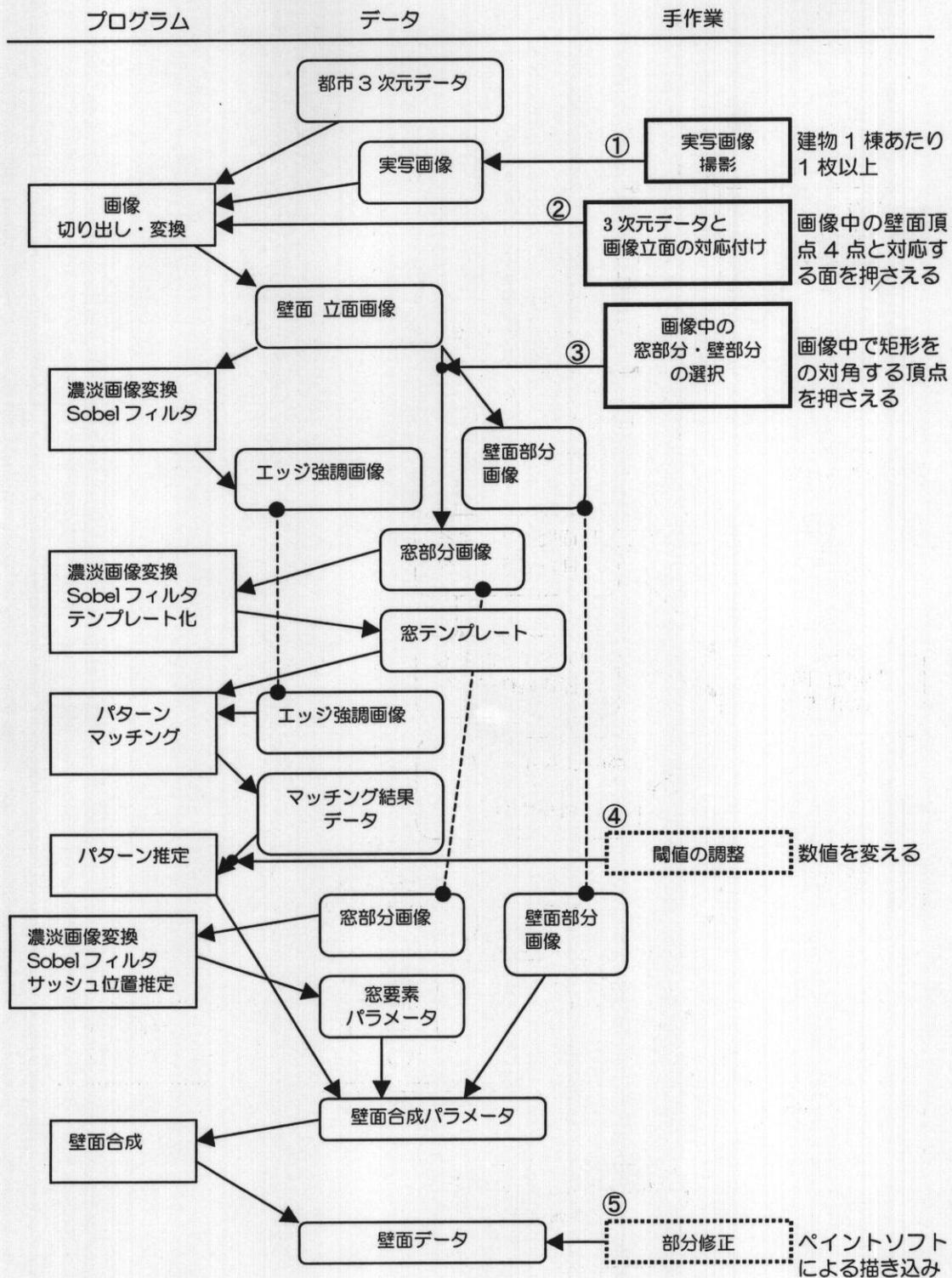


図 6.1 実写画像からの壁面データの合成の処理過程

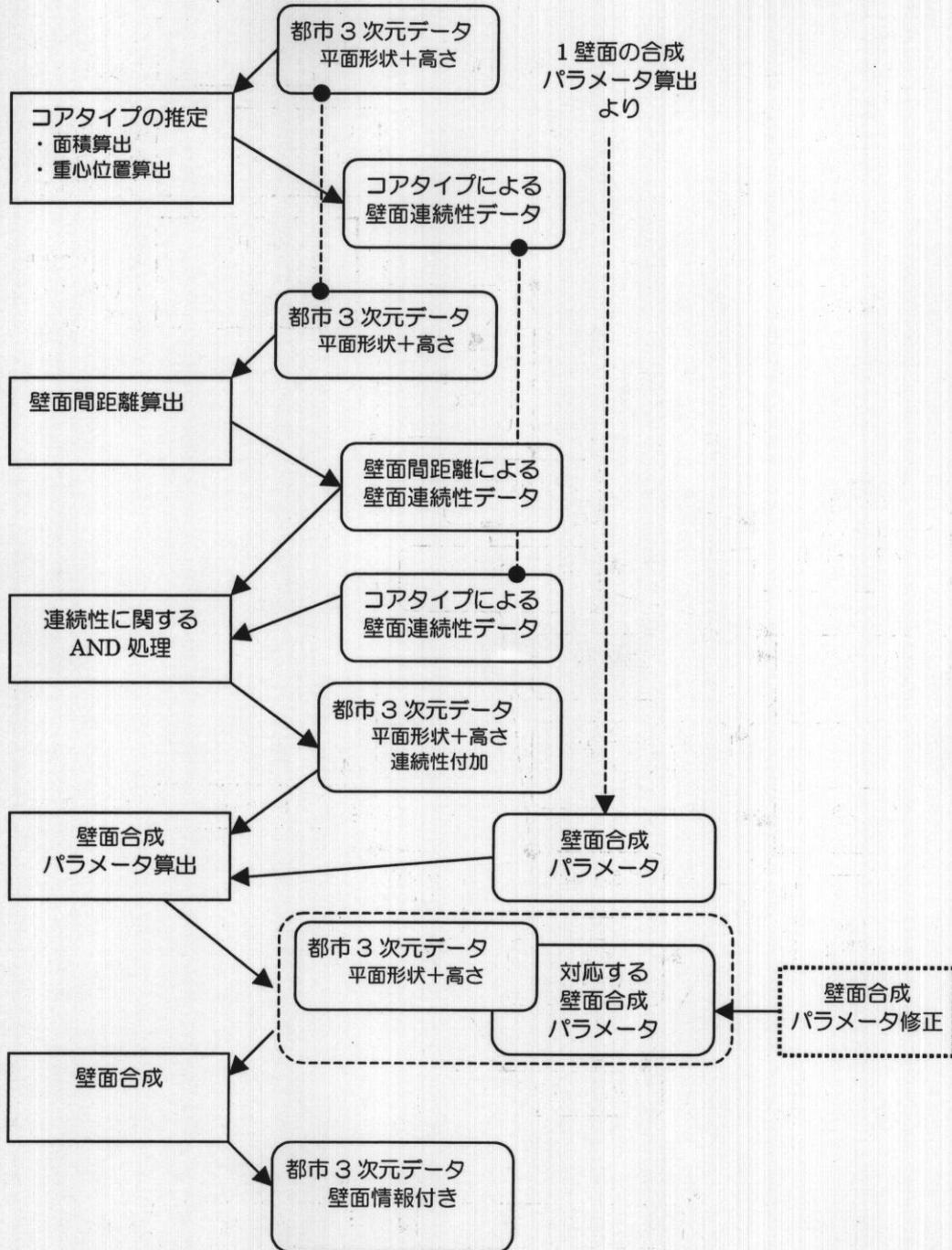


図 6.2 都市 3 次元データを用いた壁面連続性算出による建物合成

b.手作業による場合の作業量の推定

提案手法とまったく同様のデータ作成を手作業によって行なうことは難しいため、ここでは、実写画像から画像を切り出し、ボリューム形状の都市データテクスチャマッピングを行なうという作業(図 6.11)通常行われている作業を想定した。

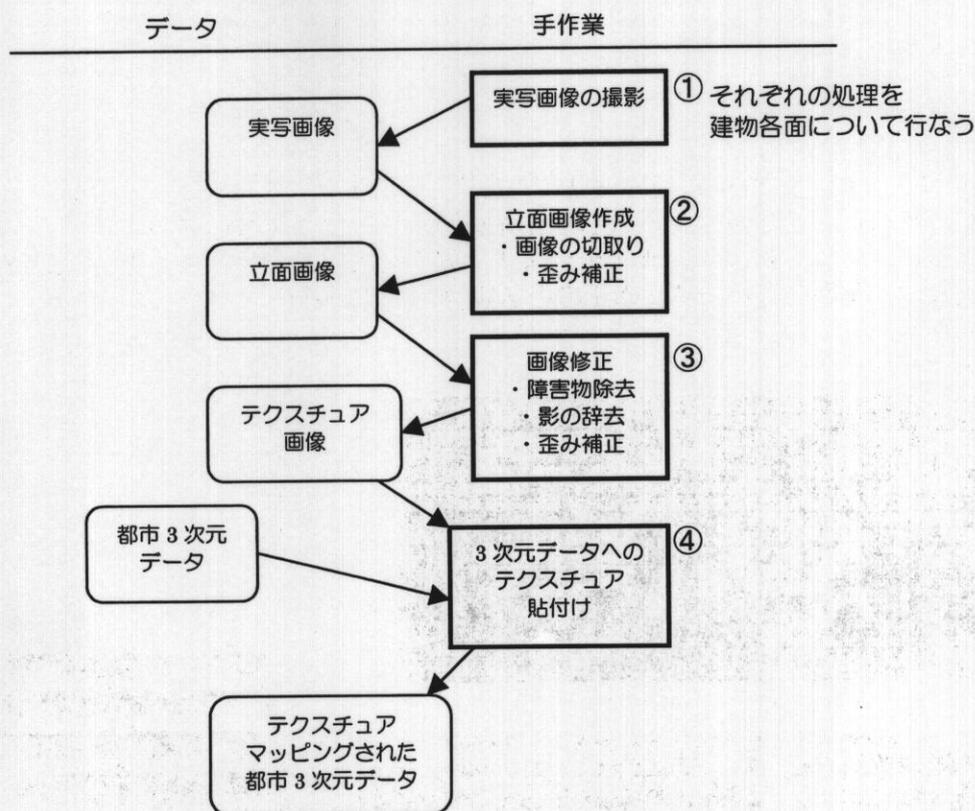


図 6.1 想定した手作業

まず、図 6.11 の作業を各建物のファサード面に対して行なうと仮定して作業量を算出し、それを建物の平均的な面数分だけ行なうと仮定して全体の作業量を算出するものとする。手作業としては、

- ① 実写画像の撮影
- ② 立面画像作成
- ③ 立面画像修正
- ④ 3次元データへの貼付け

が想定される。まず、①に関しては、ファサードに関しては提案手法と同様の時間がかかり、2時間程度、また、②に関しては、ペイントソフトを用い切り取り修正を行なったところ、約5分~10分であった。仮に5分と仮定して、22棟で110分かかる。また、④の3次元データへの貼付けは、CGソフト上で行なうことになり、CGソフトの作業性に関係

してくる。市販のCGソフト(3D Studio MAX)を用い、テクスチャの貼付け時間を測定したところ、1枚2~5分程度の作業時間であった。22棟であれば、1枚2分として、44分となる。

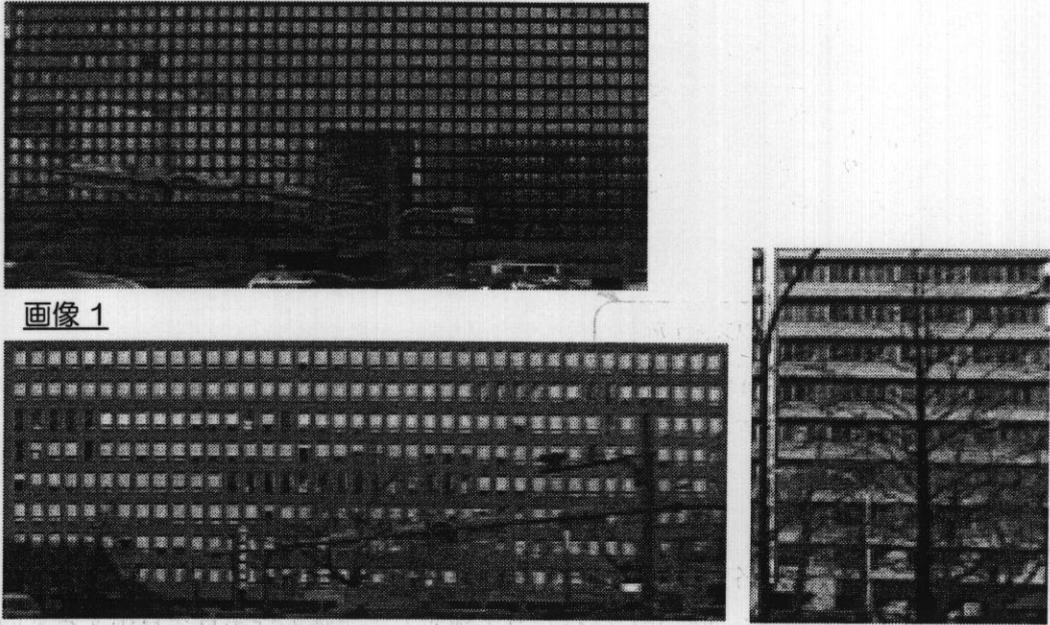
③の画像修正に関しては、提案手法の主要部分でもあり、個人差も大きいと考えられるため、実際に数名の被験者に数種類の立面画像を修正してもらい、作業時間の測定と作業結果、コメントを収集した。

実験の内容は以下の通りである(図6.12)。

○設問

以下の3枚の立面画像を建物のポリウムデータにテクスチャマッピングできるデータに修正してください。これらの立面画像は、前面に障害物があったり、影が落ちたりしているため、そのままテクスチャマッピングを行なうと汚かったり、不自然なCG画像になります。修正の手法やツールは自由です。

使用画像



画像1

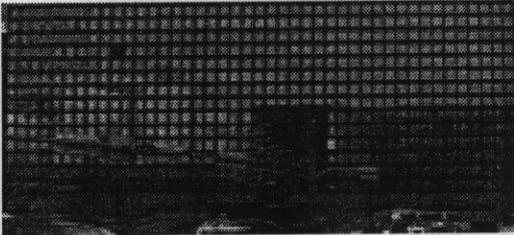
画像2

画像3

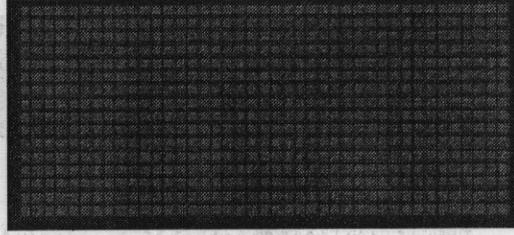
図 6.2 立面画像の修正実験

被験者は、5名で、いずれもCG関連の作業に習熟しているものである。また、ツールは自由選択としたが、全員フォトレタッチソフトであるPhotoshopを選択した。実験の結果は以下の通りである。

元画像



合成画像



被験者	修正画像	所要時間	コメント
A		60分	
B		1分	窓のひとつだけをパターン定義して塗りつぶして貼り付けた。 偶然にもパターンがうまく割り切れたので完了とした
C		10分	
D		5分	ここまでの作業内容としては非常に軽微であった。
E		30分	うまく行かずに自分に自信が無くなってきてやる気が萎えてしまった。

図 6.3 手作業による修正作業実験-画像 1

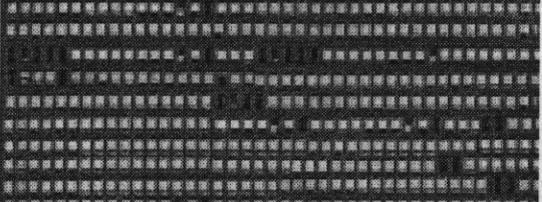
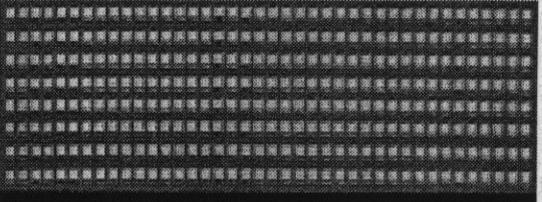
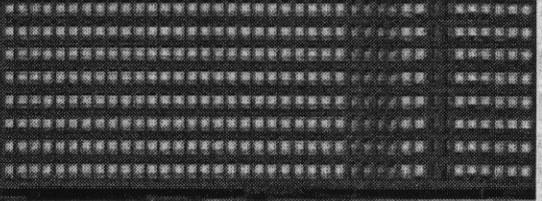
被験者	修正画像	所要時間	コメント
A		30分	
B		12分	最上階のパターンをコピー&ペーストした。たまたま障害物が無かったのでそれを利用。
C		10分	
D		25分	画像に歪みがあると作業が非常に遅くなる。全体にかかっている陰影(グラデーション)も厄介。

図 6.4 手作業による修正作業実験-画像 2

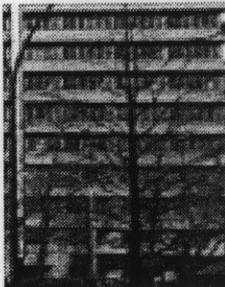
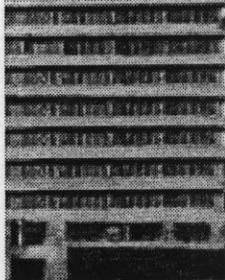
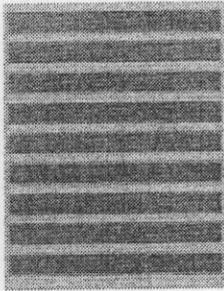
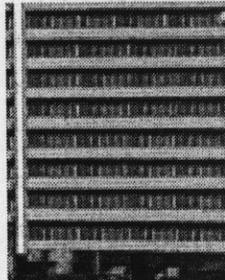
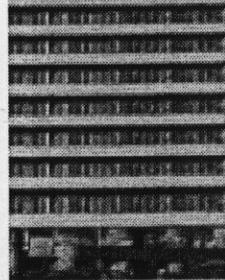
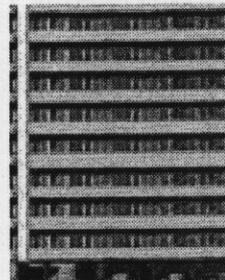
被験者	元画像	修正画像	合成画像	所要時間	コメント
A				120分	画像がぼけていてうまくできなかった。
B				23分	最上階の窓をちまちまときれいにしてからコピー&ペーストをした。全体がひずんでいるので単純にコピー&ペーストだけではだめで、3階~1階あたりは変形をさせている。
C				10分	
D				20分	他の2つはなるべく元に近い状態を保とうとしたが、この画像についてはそれをあきらめるのに時間を要した。また看板を残すかどうか迷った。

図 6.5 作業による修正作業実験-画像3

実験の結果から、以下のような知見を得た。

・作業者によって作業時間が大きく違う。

特に、Aの作業時間は、他の4人と比較して、かなり時間を要している。これは、作業に使用したフォトタッチソフトであるPhotoshopの操作の習熟度の違いによると思われる。ただ、Aにしても通常のCG制作のための操作に関しては、問題のない程度に習熟しているため、画像1におけるBのように他の4人がかなりトリッキーな使い方で修正を行なっている可能性もある。

・画像によって作業時間がかなり違う。

被験者Bの1分(画像1)と23分(画像3)の23倍を最高に、画像によって、2倍から5倍程度の違いが出ている。反面、Cのようにどれも同じ時間で修正を行なっているものもいるが、その分、修正画像の質に関しては問題がある。元々の実写画像でかなり傾いて写っている面や障害物の多い面を修正する場合、立面画像にした際の画像の伸びによるボケによる作業のやりにくさや、障害物除去のための作業が増えることにより作業時間が増大することが考えられる。

・作業者による修正画像の画質のばらつきが生じる。

修正画像をみると作業者による修正方法の違い、手の入れ方により画質がかなりばらついていることが目に付く。画像1のAやEのように窓を1個ずつコピーしているため、窓の水平・垂直の並びが乱れてしまっているものもあれば、画像2のCのように、単純に縦方向のコピーを行なっているため、窓の明暗が不自然な規則性を持ってしまっているものもある。適切な画像修正を行なうためには、おそらく、立面画像ごとに適切な修正方法を選択して作業を進める必要があると考えられるが、その選択は、作業の過程で作業者に委ねるしかなく、作業者のスキルの差とも関連して、画質がばらつく原因になると考えられる。

・作業者にとってはかなりストレスのかかる作業である。

画像1でEがコメントしているように(Eは1枚修正しただけで、あとの2枚はあきらめた)修正作業は簡単そうに見えるが、思ったより難しい作業であるという感想が多く聞かれた。整然と窓などが並んでいるように一見見えるが、うまく修正するためには、微妙な歪みやズレに注意して作業を行なう必要がある。これはかなり根気と集中力のいる作業であり、多量の画像修正を行なうことはストレスのかかる作業であるといえる。

以上から、手作業による立面画像の修正は、作業者や対象画像によってばらつきがあり、

作業時間や修正画像の画質を予測することは難しいといえる。

今回の実験からでは、単純に全員の作業時間の総計を作成画像枚数で割り一枚あたりの作業時間の平均を出すと、27.4分であり、作業時間が他の作業者に比べて多かったAと途中であきらめたEを除いた平均は、12.9分となった。これをいわゆる熟練者が作業を行なう場合の平均的な時間であると考えて、熟練者が、22棟の修正を行なう場合、1枚あたり約13分と考えると、約286分となる。したがって、手作業で御堂筋の建物のファサードに修正したテクスチャ画像を貼り付けるのに要する時間は、

①実写画像撮影： 120分

②立面画像作成： 110分

③立面画像修正： 286分

④テクスチャ貼付け： 44分

となり、合計は、 560分 で約9時間かかることになる。

提案手法による作業時間は、ファサード面の合成までで大目に見積もって約4時間であり、2倍以上の時間がかかっている。また、街並みの撮影は提案手法でも手作業でも同じであるので、これを除くと、提案手法は約2時間、手作業は、約7時間となり、撮影後の作業で3倍以上の作業時間の差がある。

これを、建物の全壁面に対する時間で考えると、今回の御堂筋の建物データの総壁面は、183面あるので、手作業では、撮影後の作業をどの壁面も同様に行なうとすれば、 $183/22 =$ 約8.3倍の作業時間となり、 $440分(撮影時間を除いた作業時間) \times 8.3 = 3653分$ で約60時間かかることになる、提案手法では、約2.5時間であるので、提案手法を用いることで作業量は1/24に低減される。

また、実験を通じてわかったように、修正画像のばらつきや、作業自体がかなり作業者に負担を強いるものであるという問題もあり、景観シミュレーションのために手作業で壁面画像を修正して用いるということは、あまり現実的でない。提案手法は、作業者の負担を軽減するとともに、作業時間を大幅に短縮することで、これらの問題を解決し、景観シミュレーションの周辺建物データに壁面情報の付加を現実に行なえるものとしたといえる。

6.4.2. 実際の街並みとの比較

壁面合成を行なった結果を、現地の写真と近いカメラ位置でのCG画像を作成することで壁面合成により、街並みの景観が再現できているかを検討した(図 6.16、図 6.17)。CG画像は建物の窓ガラス面への写り込みも街並みの景観再現上重要であると考えて、色+素材のテクスチャ画像を建物の壁面情報として、RADIANCEを利用して作成している。

これらを見ると、ファサード面の再現が不十分である建物や、テクスチャ情報で表現したため、壁面の凹凸が再現されてない壁面、壁面連続性の推定の誤りなど、詳細に観察すると現実とは異なる部分がいくつか見受けられる。

特に壁面の連続性に関しては、今回用いたコア位置の推定と壁面間の距離による連続性の推定以外にも、交通量などに基づく各壁面が面している街路の都市における重要度や、建物の成立順序などの要因も関係していると考えられる。より精度よくファサード面とのデザインの連続性をもつ壁面を推定していくためには、このような建物形状情報以外の都市情報をGISなどから得る必要がある。

このように現実の建物と詳細部分での不一致はあるが、街並みとして観察した場合には、現実の街並みのスケール感や場所性をある程度再現できていると感じられる。これは建物の窓の大きさや配置間隔やパターンが近い形で再現されており、しかも建物単体ではなく、建物群として観察するため、多少の違いはあまり問題とならないためであると思われる。したがって、景観シミュレーションの際に、街並みを再現する周辺建物データとして用いる上では、提案手法による合成壁面データは、十分に有効であるといえる。

6.4.3. 評価のまとめ

本提案手法による壁面合成は、実写画像に近いリアルなデータを作成するものではないが、得られるCG表現は、場所性やスケール感を表現することができ、景観シミュレーションを行なうには十分である。また、そのための作業も実写画像を切り出して使う手法に比較して、短時間でおこなえ、景観シミュレーションのように限られた時間内で作成する必要のある場合には非常に有効である。

実写画像 CG 画像

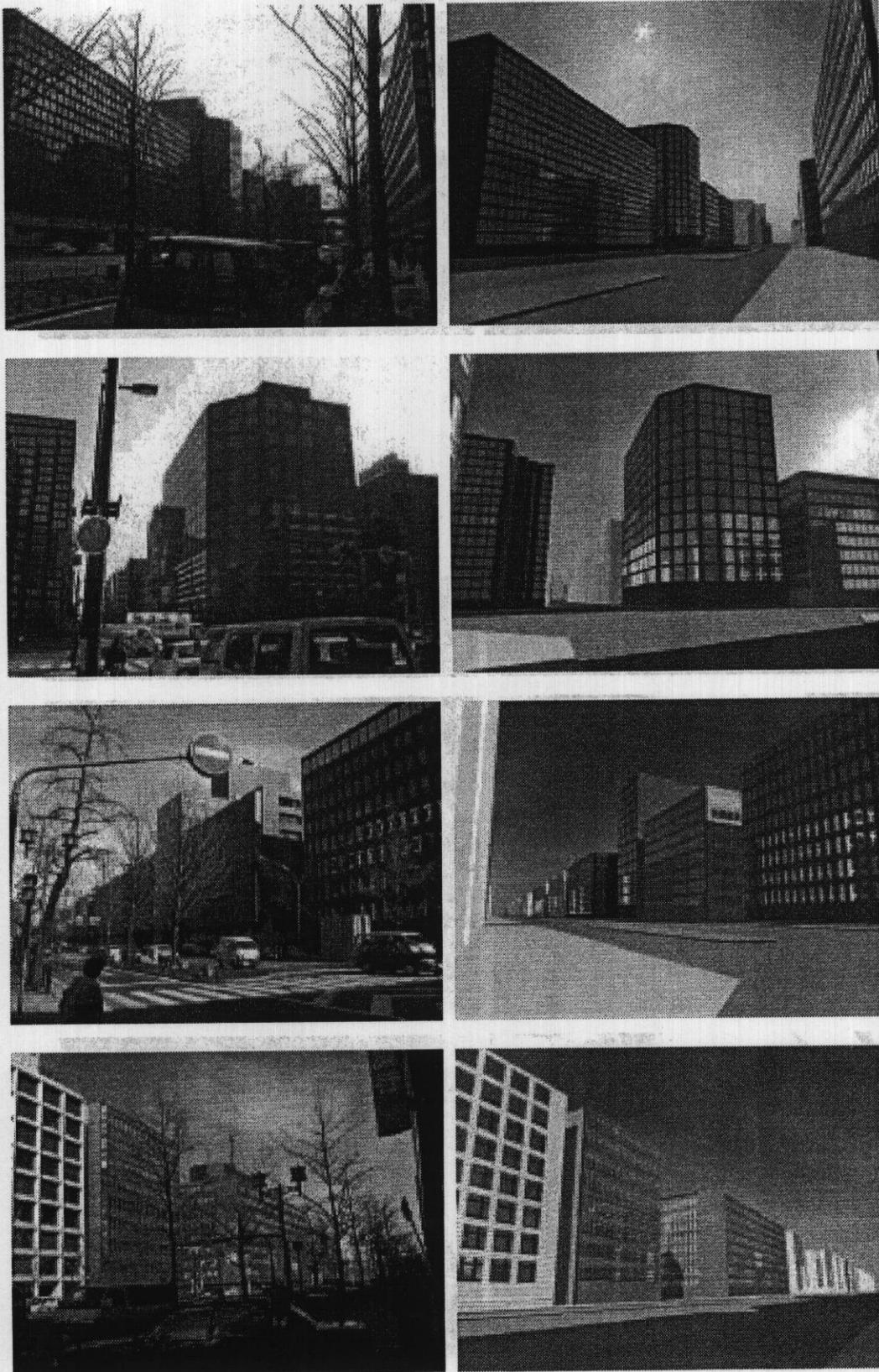


図 6.1 実写の街並みと CG 画像との比較 (その 1)

実写画像 CG 画像

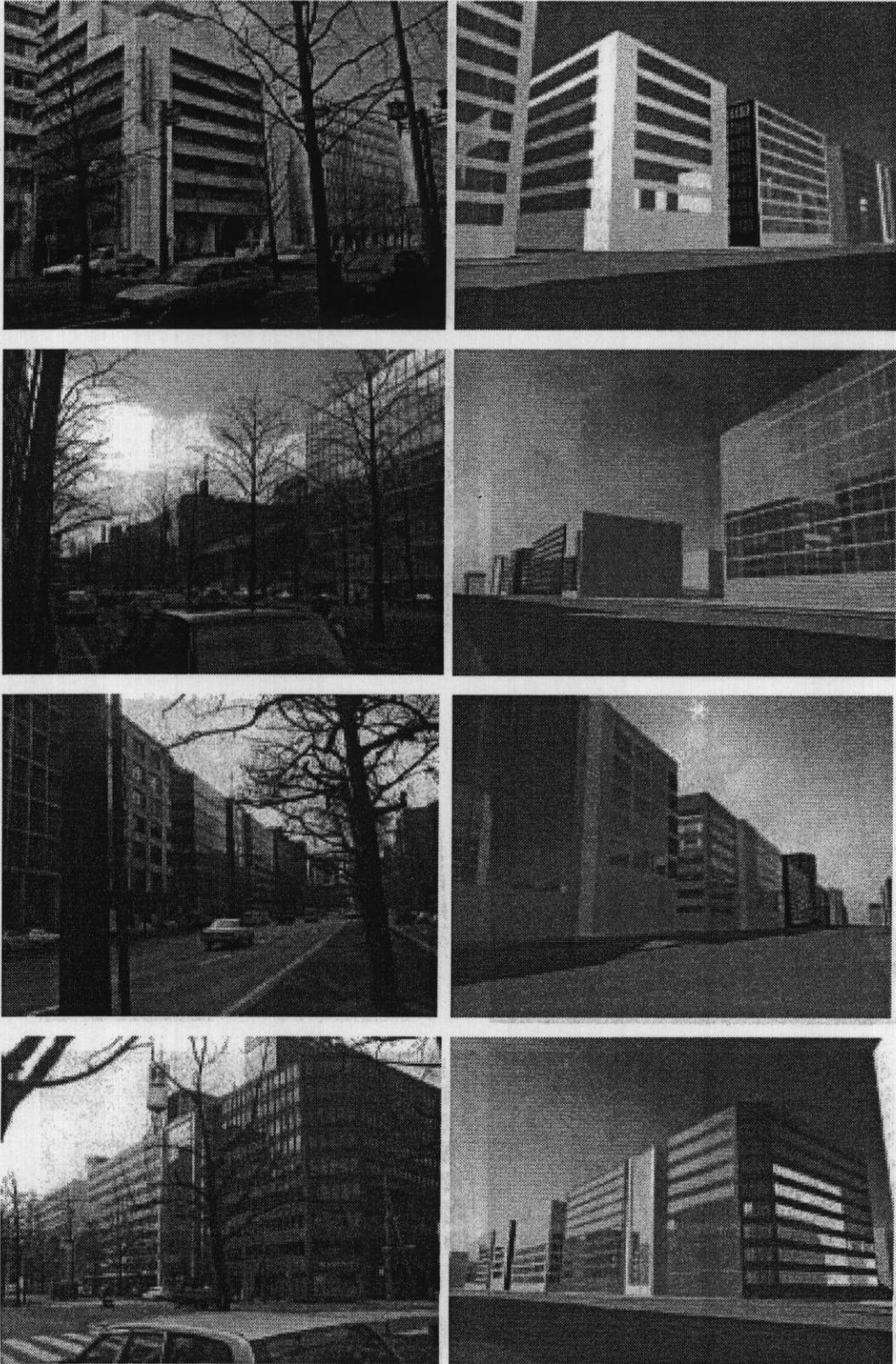


図 6.2 実写の街並みと CG 画像との比較 (その 2)

6.5. まとめ

大阪・御堂筋を対象として、提案手法を用い、実写画像を利用した建物データの合成を行なった。その結果、提案手法を用いて作成したデータは、従来行われているボリューム形状を用いた表現や、実写テクスチャを利用した表現と比較して、より景観シミュレーションに適しているといえる。また、壁面合成パラメータを算出し、それを元に壁面を合成することで、様々なデータ形式や表現手法に適応できる。また、壁面のデザインの連続性を仮定することで、他の壁面の合成パラメータの算出が行なえ、景観シミュレーションの際の大量の周辺建物の壁面データの合成が、短時間に行なえる。

景観シミュレーションは、評価者の要求に応じた視点や時刻でのシミュレーションを行なうことが要求される。本提案手法を用いることで、周辺建物の表現に関して対応できる表現の幅が広がり、より高度な景観シミュレーションが可能になる。

以上より、提案手法を用いることで、景観シミュレーションのための周辺建物に関して、短時間で、高品質なデータを作成でき、より効果の高い景観シミュレーションを行なうことができるといえる。

結論

最初に 1 章では、都市・建築計画において、よい都市環境を構築していく上での市民や事業者などの間での合意形成の重要性とその必要性について述べた。そのための手法として景観シミュレーションがあるということを述べ、景観シミュレーションのためのモデルの現状と持つべき機能についての考察を行なった。そこで 3 次元 CG モデルを用いたシミュレーションが他の手法・モデルに比較して、3 次元モデルを操作することで多様な評価が行なえる可能性を持っていることを述べた。しかし、3 次元 CG モデルを都市景観シミュレーションに用いるためには、シミュレーションに耐える 3 次元モデルが必要で、その作成に労力と時間がかかりすぎるのが、問題であることを述べた。

2 章では、景観シミュレーションに用いるための CG モデルの構成と、現状での作成手段について述べ、その中で周辺環境のデータのうち周辺建物データ作成が、時間や労力、資料の入手の難しさなどから、十分行われておらず、そのために景観シミュレーションを行なう上での問題があることを述べ、それに対応するため、現在行われている方法や適用可能な技術について述べ、それらの問題点について考察した。

3 章では、問題を解決するための方法として、実写画像の壁面画像から、建築物であるという規則に従って、必要な情報を抽出し、壁面合成を行なう手法について、建築の規則性を元に考察を行なった。

4 章では、建物の主要なファサードについて、実写画像から壁面合成に必要な情報を抽出し、壁面合成を行なう方法について述べた。

5 章では、主要なファサードの壁面合成パラメータをもとに、都市 3 次元データを用い、建築の平面構成のルールや壁面間距離などから、展開可能な壁面を抽出しその他の壁面に展開し、建物全体の合成を行なった。

6 章では、大阪御堂筋を対象として取り上げ、提案手法を用い、壁面データの合成を行なった。また、手作業による壁面データの作成作業と比較することで、作業量が軽減され、作業者のスキルなどによるばらつきのない壁面データ作成が可能になることを示した。また、合成された壁面データを用いた CG 画像と実際の街並みを比較することで、景観シミュレーションの周辺建物データとして十分な表現が可能であることを示した。

以上、本手法によれば、壁面情報が画像ではなく、構成部品とその構成パターンという抽象化された情報で取り扱えるため、壁面構成要素の抽出、規則性に基づく補完により遮蔽物や光条件の除去が容易に行えること、また、元画像の解像度などに影響されず、合成方法や合成によって得られる壁面データの自由度が高くなり、利用目的や使用環境に適した壁面データの作成が可能になることが考えられる。

また、壁面データの作成が容易になるとともに、実画像を用いたテクスチャマッピングの問題であったハイライトや映り込みなどの欠如や、壁面の凹凸による不自然さに関しても、壁面データに表面属性を持たせたり、壁面を立体化することが可能であるため、自

然な壁面データが実現できる。

さらに、壁面デザインの連続性を元に他の壁面に同様のデザインを展開していくことも画像をそのまま扱うことに比べて容易に行なえるといえる。

しかし、本研究は、壁面情報の抽出合成に関して、非常に単純なモデル化を行ない、窓という部品の位置抽出、再配置を行なうという簡単な行為によってその考えを示した段階であり、現段階では、規則性の表れにくい1~2階部分や屋上部分に関しては個別に手作業で対処するしかないこと、また、窓以外の壁面要素や看板やサインなどの景観要素として重要であると考えられる部品などの取り扱いなどに関しては明確な方法を示すことができていない。今後の課題としては、壁面画像からの情報の抽出、合成の過程で、景観表現に必要である情報を捨象せずに汎用性のあるデータとして扱っていくことなどが考えられる。

また、都市景観を表現するという点においては、本論文のように個々の建物表現についてだけでなく、都市固有の街路形態や地形などの周辺自然環境、日照や天候などの気象条件などの大きな視点から都市をとらえた表現も考えられ、個々の景観要素と大きな視点からの都市環境の両方を適切に表現することが都市景観シミュレーションにおいては重要であると考えられる。都市景観表現における研究としては本論文のように個々の景観要素に注目するもののほか、衛星画像や航空写真などによる広い範囲でのデータを基に景観要素を抽出していく研究も可能であろう。これらはお互いに補完しあい、よりよい景観表現や評価に効果を発揮すると思う。このような考えに基づいて、他の景観表現に関する研究を視野に入れつつ、本論文での課題を追求していき、計画検討ツールとしてのCGが今まで以上に簡便でしかも、幅広く効果的な利用が行なえるものとなることを目指して研究を進めていきたい。

謝辞

本研究を行なう機会を与えてくださり、研究の方針や内容について多大なるご指導を賜りました、奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科千原國宏教授に厚くお礼申し上げます。慣れない環境の中で、社会人学生として、会社の業務との両立の上で、研究を行なうことができましたのも、思いやりあふれる先生のご指導の賜物でした。重ねてお礼申し上げます。

本研究をまとめるにあたり、副指導教官として、ご厚情に満ちた御指導、数々の有益なご教示をいただきました、横矢直和教授に深くお礼申し上げます。

さらに、佐藤宏介助教授には、研究方針に関してのご指導を始め、論文作成、学会発表を行なうに当たってさまざまな面で、ご教示、アドバイスをいただきました。心からお礼申し上げます。

また、ミーティングを通して、数多くの御助言をいただきました大城理助教授、助手の陳謙先生（現 和歌山大学講師）、眞溪歩先生（現 東京大学 助手）、土居元紀先生、黒田知宏先生や千原研究室の学生の皆様に感謝いたします。

さらに、大阪大学環境工学科、および同大学院博士前期課程において、建築計画・設計と、コンピュータを用いた新たな計画手法に関して、多大なご指導をいただきました大阪大学工学部環境工学科笹田剛史教授に深くお礼申し上げます。

株式会社 竹中工務店 常務取締役 西川富士雄様、前情報センター所長 加藤裕造様（現株式会社 TAK システムズ社長）、情報センター所長 堀川洸様、同専門役 黒岩学而様には、社会人学生として奈良先端大学院大学での研究活動を行なう機会を与えていただいたとともに、社内での承認を始め、諸手続きを進める上でご尽力をいただきました。厚くお礼申し上げます。また、昨今の厳しい社会情勢の中、支障なく業務と研究活動を両立して行なうことができたのは、上記の方々に加え、情報センター部長 西河清様、同副部長 高野政雄様、同 ビジュアルメディアスタジオ 課長 秋道慎志様、ビジュアルメディアスタジオの他のメンバーや社内の方々のさまざまな形でのご尽力やお心使いのおかげです。重ねてお礼申し上げます。

最後になりましたが、いろいろと心配をしてくれた弟や妹、決して健康優良児ではなかった私を丈夫に育てていただいた両親に心から感謝します。

また、新たに一緒に生活を始めた妻光子には、いろいろな意味で迷惑を掛けたことを申し訳なく思う一方で、精神的な支えになっていただいたことを決して忘れることはないでしょう。感謝いたします。

参考文献

- [1] Wolfgang Braunfels, 日高健一郎 訳:西洋の都市-その歴史と類型-,丸善出版社,1986
- [2] Lewis Mumford, 生田勉 訳:都市の文化,鹿島出版会,1974
- [3] 鳴海邦碩 編:景観からのまちづくり,学芸出版会,1998
- [4] “鴨川歩道橋建設計画”, 京都新聞ホームページ.
http://www.kyoto-np.co.jp/kp/special/bridge/kamo_index.html
- [5] “堀内正弘:何のための景観シミュレーション”,ランドスケープデザイン”,No.8,pp.8-11,
1997
- [6] Ernest Burden, 山口重之 監訳:デザインシミュレーション,デルファイ研究所,1989
- [7] 竹中工務店設計部 編:精選・建築パース 120,グラフィック社,1993
- [8] 小出 治他:アメリカの建築・都市計画におけるコンピュータ利用の現状と展望視察 視察報告書,アーク都市塾 海外オープンセミナー,1993
- [9] 小出 治,矢部俊男:“シュノーケルカメラを用いた環境シミュレーションシステムの開発”,1994年日本建築学会学術講演会梗概集,pp.1781-1782,1994
- [10] 三宅諭,後藤春彦,早田宰,赤尾光司:“景観イメージの合意形成手法に関する研究-CCDカメラを用いた都市景観モデルの評価特性と景観シミュレーションワークショップへの応用-”,日本建築学会計画系論文集.第491号,pp.157-165,1997
- [11] 北原英雄,能勢浩三,井ノ部 博,西河 清:“景観シミュレーションにおける周辺環境の表現に関する考察”,日本建築学会 第12回情報・システム・利用技術シンポジウム論文集,pp.415-420,1989
- [12] “数値地図50mメッシュ(標高)について”,
<http://www.jmc.or.jp/ken1/gsi/suchi/50m/format.html>

- [13] 村上広史:“国による GIS 整備の動向”, 知っていますか?都市・地域の GIS データの利用法,1997 年度日本建築学会 情報システム技術委員会 研究協議会資料,pp.3-6,1997
- [14] 南林和,鈴木弘,諏訪浩一,杉村誠:“3 次元都市データベース MAPLE-S/4D の開発”, 第 15 回情報・システム・利用技術シンポジウム論文集,pp.251-256,1992
- [15] 吉川眞,沢井健,前田晋,森川直洋,笹田剛史:“地域住民による都市データ作成システムの開発と研究”,日本建築学会 第 7 回電子計算機利用シンポジウム論文集,pp.349-354,1985
- [16] 古後信二,柳本貴司,有馬隆文,佐藤誠治:“メッシュデータと都市データの統合化による GLASS の研究”,日本建築学会 第 15 回情報・システム・利用技術シンポジウム論文集,pp.257-262,1992
- [17] Huijing Zhao, Ryoshuke Shibasaki: “Reconstructing Textured Urban 3D Model by Fusing Ground-based Laser Range Image and Video”, Proceedings of International Workshop in Urban Multi-Media/3D Mapping,pp.111-117,1998
- [18] <http://www.photomodeler.com/>
- [19] オージス総研 システムプロダクト事業部,ビデオ映像からの 3 次元モデリングシステム 技術説明資料,1996
- [20] Diana Philips Mahoney: “Philadelphia 2000”, Computer Graphics World PennWell Publishing Company, Vol.20, No.6, pp.30-32,1997
- [21] ModelCity Philadelphia ,<http://www.bentley.com/modelcity/>
- [22] 小林盛太:建築デザインの原点, 彰国社,1972
- [23] William J. Mitchell,長倉威彦 訳:建築の形態言語,鹿島出版会, 1991
- [24] 桐敷真次郎 編著:パラディオ「建築四書」注解,中央公論美術出版,1986

- [25] 河田克博 編著: 近世建築書・堂宮雛形 2 建仁寺流, 日本建築古典叢書, 大龍堂書店, 1988
- [26] 村尾成文, 浜田信義, 猪倉啓行, 関五郎, 村木信之: 事務所・複合施設の設計, 新建築学大系 34, 彰国社, 1982
- [27] 北原英雄, 佐藤宏介, 千原國宏: “都市環境CGのための建物テクスチャの実画像の合成”, 第41回システム制御情報学会研究発表講演会梗概集, 1997
- [28] 北原英雄, 佐藤宏介, 千原國宏: “景観シミュレーションのための実写画像に基づく壁面データの合成”, 第20回建築学会情報・システム・利用・技術シンポジウム論文集, 1997
- [29] 出口 光一郎: 画像と空間, 昭晃堂, 1991
- [30] 安居院 猛, 長尾 智晴: 画像の処理と認識, 昭晃堂, 1992
- [31] David Marr: ビジョン, 乾 敏郎, 安藤広志 訳, 産業図書, 1987
- [32] 金谷 健一: 画像理解, 森北出版株式会社, 1990
- [33] Simon Crone: RADIANCE USERS MANUAL, Architectural Dissertation, 1992
- [34] 株式会社リコー: DESIGNBASE V5 プログラマーズマニュアル, 1995
- [35] 社団法人 日本建築学会編: 建築設計資料集成 8 建築-産業, 丸善株式会社, 1982
- [36] 土井幸平, 川上秀光, 森村道美, 松本敏行: 都市計画, 新建築学大系 1”, 彰国社, 1981
- [37] 伊理正夫 監, 腰塚武志 編: 計算幾何学と地理情報処理 第2版, 共立出版株式会社, 1993
- [38] 池田弘子 他: なにわ考現学'89, 株式会社 プラン・ドウ, 1989

[39] 社団法人日本建築学会近畿支部環境保全部会メインストリート研究チーム 編:大
都市メインストリートの都市景観を考える-大阪。御堂筋を中心に-, 社団法人日本建築
学会近畿支部,1994

業績一覧

学術論文

・北原英雄, 佐藤宏介, 千原國宏:”景観シミュレーションのための実写画像に基づく建物壁面データの合成”, 日本建築学会計画系論文集, pp305-311, No. 515, Jan. , 1999

国際会議発表

・Hideo Kitahara, Kousuke Sato, Kunihiro Chihara:” A Synthesis of Texture of Building from Real Image for Computer Simulation of City Landscape”, In Proceedings of International Workshop on Urban Multi-Media/3D Mapping (UM3'98), pp143-149, (June 1998)

研究会・大会発表

・北原英雄, 佐藤宏介, 千原國宏:”都市環境CGのための建物テクスチャの実画像の合成”, 第41回システム制御情報学会研究発表講演会梗概集, pp387-388, (1997/5)

・北原英雄, 佐藤宏介, 千原國宏:”景観シミュレーションのための壁面テクスチャの実写画像に基づく合成”, 1997年度建築学会大会 学術講演梗概集, pp411-412, (1997/9)

・北原英雄, 佐藤宏介, 千原國宏:”景観シミュレーションのための実写画像に基づく壁面データの合成”, 第20回建築学会情報・システム・利用・技術シンポジウム論文集, pp217-222, (1997/12)

・北原英雄, 佐藤宏介, 千原國宏:”景観シミュレーションCGのための建物壁面データの合成”, 日本バーチャルリアリティ学会研究報告 サイバースペースと仮想都市研究会, VR学研報 Vol.2, No.2, pp19-24, (1998/3)