

I-6 3次元仮想現実技術を用いた  
都市街区および土木施設の表現  
Expression with Virtual Reality Technology  
for Urban Districts and Civil Works

○北村潤一\* 岡林隆敏\*\* 徐 建年\*\*\*

Junichi Kitamura Takatoshi Okabayashi Jiannian Xu

【抄録】一般的に都市街区や土木施設は規模が大きく、空間的な広がりを持つために、写真やビデオ等の従来の表現では現実感を十分に表現できない場合が多い。しかし、最近のコンピュータによる表現技術においては、単なるコンピュータグラフィックスではなく、現実の写真の3次元表示やパノラマ表示で、見る側が任意の視点を持つ、従来にはない新しい表現技術が確立されつつある。そこで、本研究では、都市街区および土木施設を、より現実的に表現するために、このような技術を適用し、3次元仮想現実技術を土木分野に応用した。

【Abstract】 In generally, the urban districts are widespread and the scale of civil works is relatively large, which have spatial extension in a real world. It is difficult to precisely express the real world by the common method such as photo-picture or video movie. A new technology on the Expression of real world has been developed in a recent computer graphics world, which enables us to have several viewpoints to the objects in the photo-picture with three-dimensional and panoramic view. In this study, an application of the virtual reality technology into the field of civil engineering has been tried in order to get more realistic expressive results on the urban districts and civil works with large scale.

【キーワード】 仮想現実技術, 空間認識, 画像データベース, 画像圧縮

【Keyword】 Virtual Reality Technology, Space Recognize, Image Database, Image Compression

### 1.はじめに

今日、土木分野においてコンピュータ画像表現技術が積極的に導入されているが、土木の特徴である構造物の規模が十分に表現されているとはいえない。つまり、一般的に都市街区や土木施設は規模が大きく、空間的な広がりを持つために、写真やビデオ等の従来の表現技術では現実感を十分に表現できない場合が多い。最近の画像表現技術では、単なるコンピュータグラフィックスではなく、実際の写真の3次元表示やパノラマ表示で、見る側が任意の視点を持つ、従来にはない新しい表現技術が確立しつつ

ある。そこで、本研究では都市街区および土木施設のより現実的な表現のために、3次元仮想現実技術として、360度自由に見渡すことができるパノラマムービー<sup>(1)</sup>を用いた。さらにパノラマムービーを画像データベース化することで、膨大な空間認識を可能とした。

このような技術を適用した研究事例として、第1に、都市街区内部空間の表現を行った。都市内部の路地において、できるだけ多くの地点でパノラマムービーを作成してそれらを相互にリンクする、あるいは地図と

\* 学生員 長崎大学大学院工学研究科社会開発工学専攻, 長崎市文教町1-14, TEL095-847-1111(2707)  
\*\* フェロー 長崎大学工学部社会開発工学科, 長崎市文教町1-14, TEL095-847-1111(2707)  
\*\*\* 正会員 PAL構造, 長崎市朝日町8-20, TEL095-862-0601

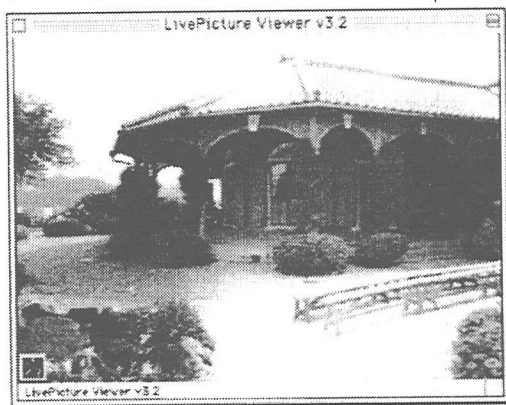
リンクすることで、路地を中心とした連続的な空間の表現を行った。第2に、3次元仮想現実技術の公園管理台帳への適用を試みた。パノラマムービーを用いて公園全体を見渡すことで、各施設の位置関係や概観などを容易に把握できるようになる。ここでは、パノラマムービーを公園管理台帳における空間認識支援ツールとし、地図情報と文字情報の照合といった作業の省力化を行った。

本論文は、3次元仮想現実技術を具体的な事例に適用した研究成果と、土木分野における3次元仮想現実技術の活用の可能性について述べたものである。

## 2.パノラマムービーによる3次元空間認識

### (1) パノラマムービーの特徴

本研究では、都市街区や土木施設内のある地点における現実の空間をコンピュータ上で、仮想現実的に再現し、効果的な内部空間の表現を目的としている。一般的な3次元のコンピュータグラフィックスを用いて写真レベルの世界を実現しようとする、膨大な作業とコンピュータの処理能力が必要となり、効率的な空間認識は望めない。そこで、少ない労力でより現実的な表現を実現するために、写真を用いたパノラマムービーを活用した。パノラマムービーとは横長のパノラマ画像を用いて、パノラマ画像の一部分を湾曲させることで3次元独自の奥行きを出し、空間を表現する技術である。図-1は、パノラマムービーの画面とそれに必要なパノラマ画像である。一般にビデオでは、映像が一方向的に流れてしま



うが、パノラマムービーでは写真撮影の地点において360度の任意の視点を持つことができ、視覚的な効果でその空間を疑似体験できる。さらに、パノラマムービーの再生時には、スキューイング<sup>(2)</sup>と呼ばれる技術が用いられている。この技術により写真を仮想的な球面に投影し、被写体の中心と縁での見かけ上の大きさを補正してパノラマ効果を出している。このパノラマムービーの代表的な技術として、RealSpace<sup>(2)</sup> (LivePicture社)やQuickTimeVR (AppleComputer社)などがある。RealSpaceはQuickTimeVRと比べて下記の3つの利点がある。

- ①画像の移動速度が2倍から4倍速い。
- ②移動時・静止時の両方で画質が良い。
- ③画像ファイルが小さく、2分の1から3分の1の大きさになる。

以上のことから、より高画質で快適な動作が可能なRealSpaceを採用した。

### (2) パノラマムービーの制作方法

#### 1) パノラマムービー制作のためのハードウェア

パノラマムービーを制作するために使用したハードウェアについて説明する。

- ①デジタルカメラ：出力解像度は120万画素である。
- ②雲台：カメラを据え付け、水準器と15度ずつ角度を変更できる回転器がある。
- ③三脚：カメラを固定することで、手触れを防ぎ、水平を保つ。

#### 2) パノラマムービー制作のためのソフトウェア

パノラマムービーを制作するために使用したソフトウェアについて説明する。

- ①PhotoEnhancer (Kodak社製)：撮影された写真データをコンピュータに転送する。ここで、デジタルカメラ独自の保存形式を一般的な保存形式に変換して保存する。
- ②PhotoVista (LivePicture社製)：写真を自動的に合成し、自然なパノラマ画像を作成する。また、同時にビューア上で表示するために必要な設定ファイルも作成する。

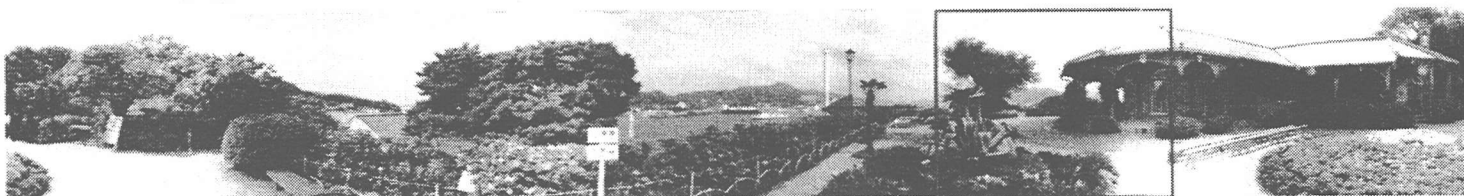


図-1 パノラマムービー画面と視界360度のパノラマ画像

### 3) パノラマムービーの制作手順と閲覧

図-2はパノラマムービーの制作手順を示している。本研究では、1ヶ所につき30度間隔で12枚の撮影を行った。撮影した写真データはメモ리카ードに記憶され、カードリーダーを介してPhotoEnhancerでデータをコンピュータに取り込み、準備する。次にPhotoVistaで写真を合成し、それと同時にパノラマムービーの設定ファイルを作成する。パノラマムービーは専用のビューアか、プラグインを搭載したWebブラウザで閲覧する。

### 3.複数のパノラマムービーを利用した都市街区の表現

パノラマムービーを用いることにより、ある地点における内部空間の表現が可能となる。しかし、都市街区や土木施設は一般的に規模が大きく、空間的な広がりを持つために、単体のパノラマムービーでは全体的な表現ができない。そこで、連続的な都市街区の内部空間の表現方法を検討した。ここでは、路地で作成した複数のパノラマムービーを用いて、それらを相互にリンクする、あるいは地図とリンクするという2つの方法について説明する。

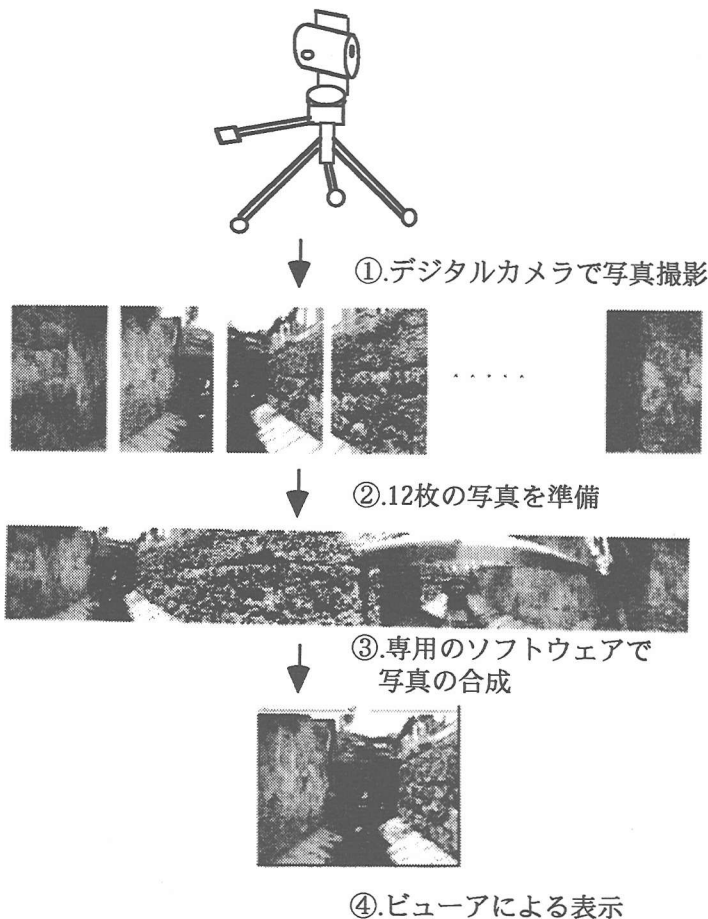


図-2 パノラマムービーの制作

### (1) 相互にリンクするパノラマムービー

ここでは、移動しつつ任意の視点が持てる都市街区の内部空間の表現を目的としている。そのために、隣接するパノラマムービー間にリンクを設定した。図-3は、相互にリンクするパノラマムービーのイメージを示した。別のパノラマムービーへ移動するためのホットスポットは画面上で路地があるところに設けている。ホットスポットはカーソルがポインタに変わることでも分かり、そこをクリックして、隣の空間へ移動する。パノラマムービーの初期画面はパノラマ画像の中心を表示するように設定してある。そのため、単にリンクを設定しただけでは移動前後の画面が一致しておらず、目的の場所に移動したことが判断できない。そこで、リンク先の方向に合わせてパノラマムービーの初期画面設定を行った。また、画面が突然、変化すると視覚的意識の連続性が失われてしまうので、画面が変更する際にズームインを設定し、違和感を抑えた。

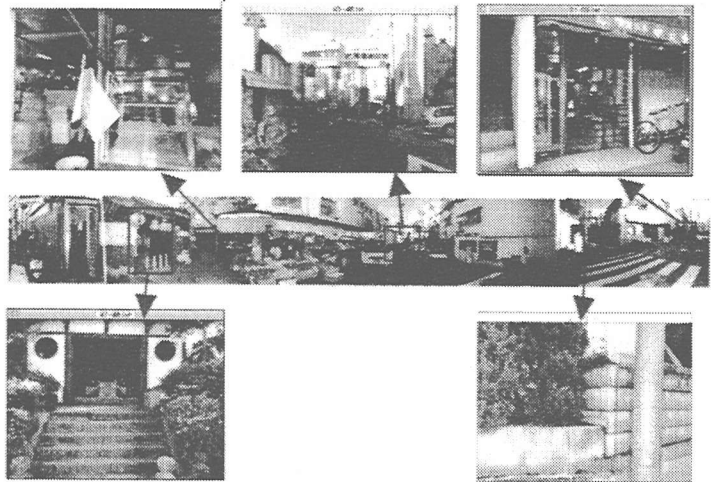


図-3 相互にリンクするパノラマムービーのイメージ

### (2) 仮想地図

知らない土地を歩く際に、周囲の景色と地図を照らし合わせることで、現在の自分の位置と周囲の景色を認識することができる。ここでは周囲の景色をパノラマムービーで、地図を仮想地図で代用した。こうして、パノラマムービーによる断片的な都市内部空間の情報を仮想地図と連動させることにより、都市街区の連続的な表現を可能にした。図-4は仮想地図からパノラマムービーが表示されるイメージ図である。コンピュータ内で地図を広げた状態で、ウォークスルーし、地図上の赤い丸印をクリックしてパノラマムービーを表示させる。地図上の文字は

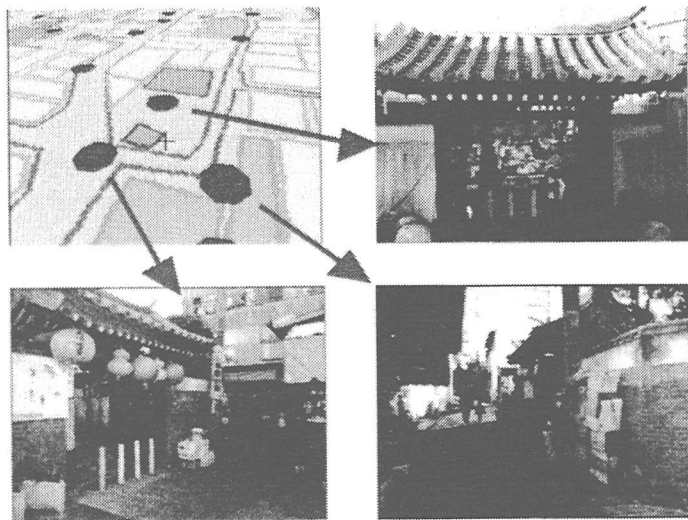


図-4 仮想地図とパノラマムービーとの関係

読みづらいので建物の用途別に色分けし、地図情報を表示することにした。仮想地図にはVRML<sup>(3)</sup><sup>(4)</sup>の技術を用いており、表示にはWorldViewプラグイン(InterVista社製)を使用した。仮想地図の制作はウォークスルー・プロ2.6J(ラムズ社製)を使用し、VRML1.0にエクスポートした。ここでは、連続的な都市空間を表現するために、VRMLとRealSpaceを組み合わせた方法を用いている。このために、2つの表現技術に対応したプラグインを装備したWebブラウザを閲覧ソフトとして使用した。

#### 4.長崎市旧唐館地区の街区のコンピュータによる表現

##### (1) 都市探索手法「館内散策」の概要

都市街区の内部空間において、ある地点における空間の広がりやパノラマムービーを用いて表現することは可能である。しかし、構造物を違った角度から見たり、あるいは路地の中へ進んでいくといった移動を伴う表現はできない。そこで、都市街区をできるだけ現実に近い形で表現するために、パノラマムービーの制作する地点を密に配置し、連続的な空間の表現を行った。

ここでは、3章で述べたパノラマムービーを用いた2つの表現方法を用いた。第1の方法は隣接する

パノラマムービー間にリンクを設定し、都市空間内を細部描写しつつ、実際に移動しているように表現した。第2の方法は地図上をウォークスルーし、地図上の赤い丸印をクリックしてその地点の仮想空間を表示するようにした。自由な移動と細部描写を組み合わせると都市街区内部空間の連続的な表現を行った。

対象は長崎市南部に位置する旧唐館地区の館内町とした。館内町は狭い谷間に住宅が密集し、細い街路が入り組んでいる典型的な長崎の地域である。研究事例として「館内散策」を作成した。

##### (2) 都市街区の空間認識

都市のあるがままの状態を自由に見渡し、そして路地を進んでいく、そういった任意の視点と移動により、都市街区の内部空間を疑似体験して、都市の特徴を認識できる。

ここでは、連続的な都市空間の認識を実現するため、次の点に留意してパノラマムービーを作成した。

- ①広がりのある空間を表現するために、対象物が一様な距離となるように空間の中心で撮影する。
- ②連続的な空間を表現するために、線として表現できる路地で撮影する。
- ③空間の途切れをなくすために、撮影地点間の距離を短くする。
- ④都市内部空間をすべて網羅するようにできるだけパノラマムービーを多く作成する。

図-5は都市内部空間のパノラマ画像である。この画像は約350×2600画素のJPEG形式で、ファイル容量は約200KBである。本研究事例では、路地を自由に移動して、都市の雰囲気や自然に表現できるように工夫した。そのために、街区の概観が分かる程度の画質にして画像サイズを小さく抑えて、パノラマムービーが速やかに表示されるようにした。図-6はパノラマムービーの作成地点を赤い丸印で地図に示している。全部で50ヶ所作成した。各パノラマムービーの作成地点間の距離は、最短で3m、最長で45mである。



図-5 都市内部空間のパノラマ画像

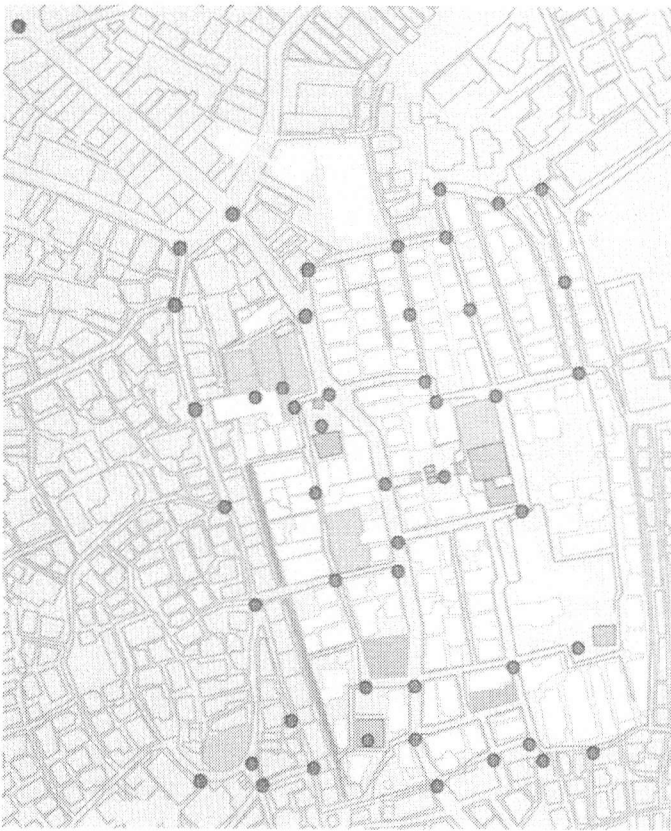


図-6 パノラマムービーの制作地点

(3) 都市探索手法「館内散策」の構成

図-7は「館内散策」の全体の構成を示している。最初にタイトル画面があり、次にメニュー画面となる。そこで、仮想地図画面かまたはリンクを張ったパノラマムービー画面を選択する。仮想地図画面からリンクを張っていないパノラマムービー画面へ続いている。

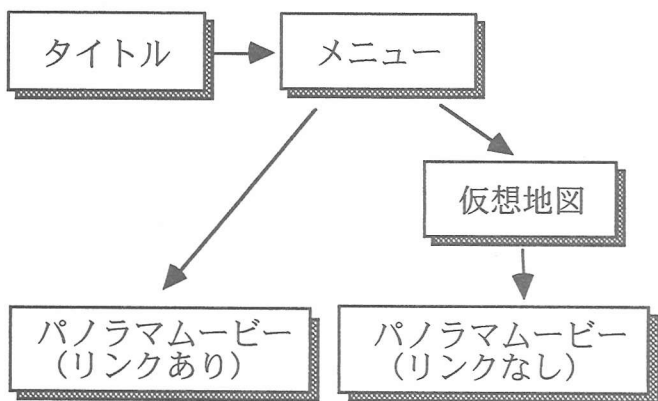


図-7 研究事例「館内散策」の構成図

(4) 都市探索手法「館内散策」について

具体的に作成した研究事例の画面に沿って説明する。図-8はタイトル画面である。矢印ボタンをクリックして次の画面に進む。図-9はメニュー画面である。仮想地図からリンクなしのパノラマムービー画面へ進む「地図」と、リンクを張ったパノラマムービー

画面へ進む「館内」の2つの選択肢がある。

相互にリンクするパノラマムービーについて説明する。図-10は相互にリンクするパノラマムービーの画面である。各パノラマムービーから路地に1ヵ所から5ヵ所のリンクをそれぞれ設定した。視覚的意識の連続性を持たせるためにパノラマムービーの間隔を短くしている。他のパノラマムービーに移動する際は、目標となるものを決め、それを画面の中心となるように画面を移動させたほうがよい。

仮想地図について説明する。図-11は仮想地図の画面である。この画面では、ウォークスルーをして地図上を自由に動き回ることができる。また、画面上の操作ボタンを選択することで、仮想地図を立てたり、



図-8 タイトル画面

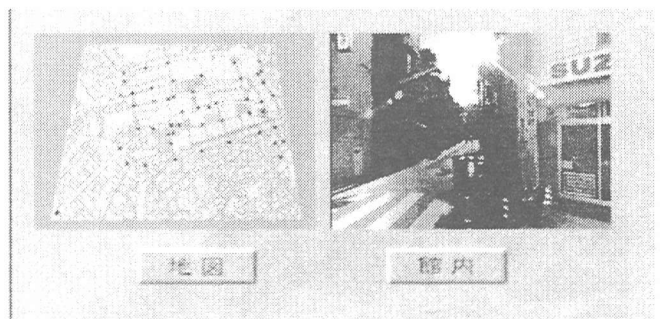


図-9 メニュー画面



図-10 相互にリンクするパノラマムービー画面

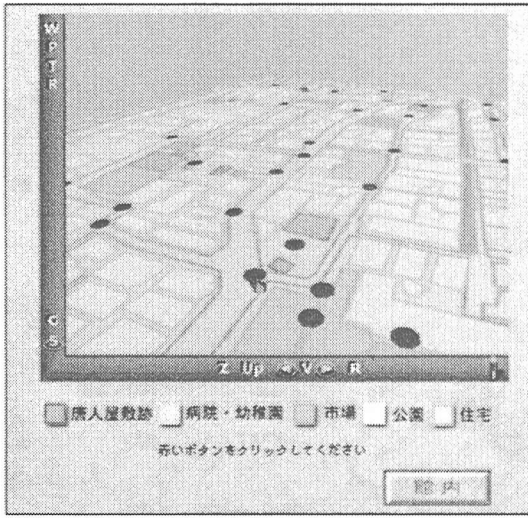


図-11 仮想地図画面



図-12 リンクなしのパノラマムービー画面

回転して自由に地図を動かすことができる。地図上の赤いボタンがパノラマムービーがある場所であり、クリックするとその地点の仮想空間が表示される。図-12は選択されたリンクなしのパノラマムービーの画面である。パノラマムービーで周囲を見渡し、仮想地図と照らし合わせる。こうして、各パノラマムービー間の不連続性を補える。

## 5.空間認識が可能な公園管理台帳

### (1) 「N町公園管理台帳」の概要

公園内には、遊具・街灯・樹木といった様々な施設があり、これらを公園管理台帳として公園施設表や公園施設図等で公園の概要を把握し管理されている。しかし、それらのデータを照合し、公園内の施

設を確認するのは煩雑な作業である。写真を用いることで、一部分の施設の把握が容易になるが、全体を網羅するために多数必要になることであろう。そこで、パノラマムービーを用いることで全体表示が容易となり、公園管理台帳と併せて使用することで、公園施設の把握が飛躍的に向上するものと思われる。さらに自治体が管理している公園でパノラマムービーを作成し、画像データベース化することで膨大な公園内部空間の認識が可能となる。そこで、本研究事例を公園内部空間の認識支援ツールと位置付け、3次元仮想現実技術を公園管理台帳へ適用した。ここでは、対象地区を長崎県のN町とし、その町の中心部に限定して制作を行った。

### (2) 公園空間の認識

本研究事例は、公園内部空間の効率的な認識と膨大な空間の把握を目的としている。そこで、公園内の施設の位置と概観が把握できることを条件とし、写真撮影を行った。図-13は公園空間内のパノラマ画像である。この画像は約600×4300画素のJPEG形式であり、そのファイル容量は約700KBである。ここでは、公園施設を必要に応じて拡大して表示できるように画像サイズを大きくしている。大多数の公園は小規模であるために、公園空間内の中心で1ヶ所パノラマムービーを作成した。例外として、公園の敷地が広く自由広場と遊戯広場にわかれている場合などは2ヶ所作成した。また、管理施設が大規模で敷地面積が極端に広い総合公園に関しては、全体を網羅することは不可能である。そのため、主だった施設に限定してパノラマムービーを作成した。対象とした公園は19ヶ所でパノラマムービーを全体で33ヶ所作成した。

### (3) 「N町公園管理台帳」の構成

図-14は「N町公園管理台帳」の構成を示している。検索は地図からと一覧表からの2種類がある。地図検索は全体地図から、地区を選択して詳細地図へと移動して、ここで公園を特定する。また、多数のパノラマムービーを作成した総合公園は、さらに詳細

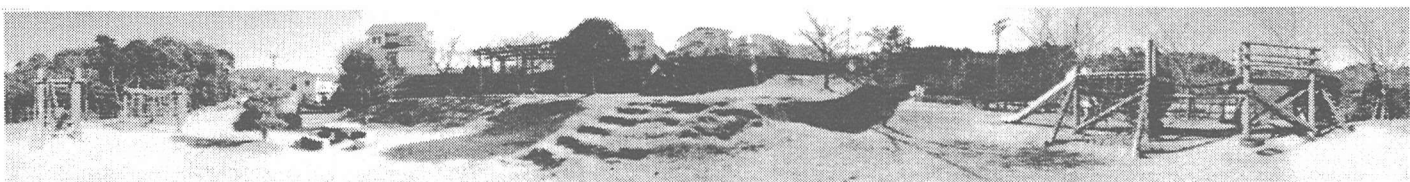


図-13 公園内部空間のパノラマ画像

地図を設けた。文字検索の場合は、公園の数が多くなかったので一覧表にまとめ、そこから検索をするようにした。それぞれの方法で公園を特定し、パノラマムービーを表示するものとなっている。

(4) 「N町公園管理台帳」画像データベース  
具体的に研究事例の画面に沿って説明する。

地図検索では、図-15のN町全体地図画面から地区を選択する。図-16は中央部詳細地図画面である。地図上に青い四角のボタンで公園の位置を表示して

いる。ここでは、カーソルを公園の位置に持っていくと公園内の写真が画面右上に表示される。こうして、地図と写真を用いることでほとんど間違うことなく、的確に目的の公園を特定できる。また、撮影地点が多くなる総合公園は、さらに詳細地図を設けて、同様に公園内の管理施設を特定できるようにした。図-17は一部拡大詳細地図画面である。

文字検索では、公園一覧表から選択する。図-18は公園一覧表画面である。

図-19は特定された公園内のパノラマムービー画面である。新たにビューアが起動して、そこで公園

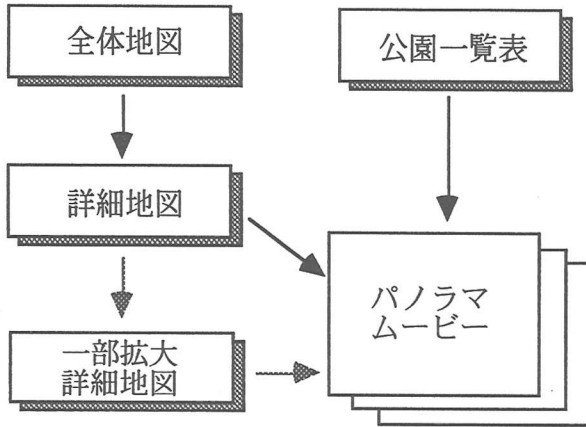


図-14 「N町公園管理台帳」の構成図

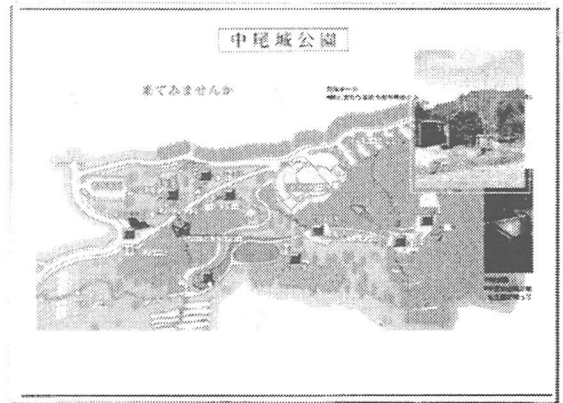


図-17 一部拡大詳細地図画面

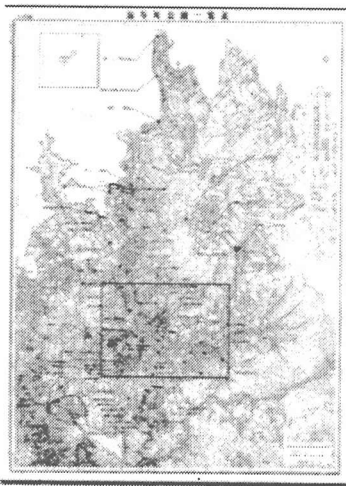


図-15 全体地図画面

一覧表			
番号	公園名	番号	公園名
01	五神	06	中塚城1
02-1	藤原公園1	10-1	中塚城2
02-2	藤原公園2	10-2	中塚城3
03-1	五神公園1	10-3	中塚城4
03-2	五神公園2	11	公園
04	さくら運動場	12	公園
05	長見池公園	13	公園
06-1	八坂公園1	14-1	公園
06-2	八坂公園2	14-2	公園
07	南島公園	15-1	公園
08	アザミ	16-2	公園
09	公園	16-1	公園
10-1	中塚城1	17	公園
10-2	中塚城2	18	公園
10-3	中塚城3	19-1	公園
10-4	中塚城4	19-2	公園
10-5	中塚城5		

図-18 公園一覧表画面

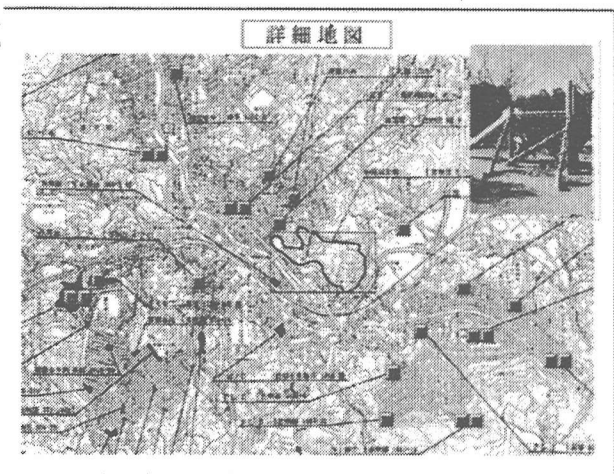


図-16 詳細地図画面



図-19 パノラマムービー画面

内を360度自由に見渡し、管理施設の位置や概観を確認できる。

## 6.まとめ

本研究では、主にパノラマムービーを活用することで、都市街区および土木施設の効果的な表現が可能となった。以下に本研究より得られた知慮を整理する。

連続的な都市街区の内部空間の表現において、

(1) 隣接するパノラマムービー間にリンクを設定することで、従来難しかった都市街区内部空間の、移動を伴う細部描写が可能となった。

(2) 仮想地図とパノラマムービーをリンクさせることで、ウォークスルーによる自由度の高い移動と、パノラマムービーによる空間の細部描写により、都市街区内部空間の全体的な表現が可能となった。

また、パノラマムービーの公園管理台帳への適用においては、

(3) パノラマムービーを用いて公園内部空間を表現することで、各施設の位置関係や概観を容易に把握できるようになった。

(4) 各公園のパノラマムービーを画像データベース化することで、迅速な公園の特定とパノラマムービーによる効果的な公園の表現により、膨大な公園の空間認識が可能となった。

また、本研究で取り上げた3次元仮想現実技術の応用分野の可能性として、以下の活用方法が考えられる。

### 1) 町並みの記録

都市の再開発において、その都市が持つ独自の景観は重要な検討材料になる。そこで単に現在の都市街区を表現するだけでなく、記録するためにも有効な手段であると考えられる。

### 2) 大規模工事の工事管理および工事記録

大規模工事の工事管理および工事記録には多くの写真が撮影され、写真の位置関係および進捗状況を全体的に把握するのは、大変煩雑な作業である。そこで、パノラマムービーを用いることで全体的な状況把握が容易になると考えられる。河川改修や宅地造成など、工事範囲が広い場合に有効である。

### 3) 災害状況の把握

災害時には、迅速な被災状況の把握が復旧活動を行う上で急務である。そこで、被災状況を全体的に把握し、インターネット等のネットワークを介して、情報をいち早く配信するには有効な手段であると考えられる。

今後、コンピュータの演算速度の向上によって、より高度な表現手法が実現されることが期待される。また、制作者側もコンピュータによる表現技術を熟知し、最適な方法を選択して、その特徴を有効に活用することで、3次元仮想現実技術を土木分野において適用できるものと考えられる。

### 【参考文献】

- (1) 和田久利：VRムービー制作のすべて、MACLIFE No.105, pp.262-273, BNN社, 1997.3
- (2) 斉藤国博：パノラマ画像制作ツール, 日経インターネットテクノロジーNo.007, pp.158-165, 日経BP社, 1998.2
- (3) 中山茂：Netscape VRML入門, 日刊工業新聞社, 1996.7
- (4) Mark Pesce：VRMLを知る, プレンティスホール出版, 1996.3