

(財)日本建設情報総合センター研究助成事業

3次元全周囲動画映像による3次元GISと2次元GISの結合技術を
建設分野に応用する調査研究報告書

平成18年9月

株式会社 岩根研究所 若桑 朝之

1 . はじめに

従来よりコンピュータ上の2次元地図に付加情報を持たせた2次元GISは道路管理などに利用されている。岩根研究所のビデオGISは特許第3099103号による2次元GISで、コンピュータ上で動画を扱うのがまだ一般的でなかった頃から商品化され、国土交通省殿の国道管理事務所殿などで利用されている。

一方、近年ではコンピュータの性能が格段に向上し、一般のPCでも動画に限らず3次元のデータをも手軽に扱えるようになってきている。岩根研究所では精細な全周囲動画像を数学的に解析し得られる情報から、3次元GISと呼ぶべきものが得られた。

この研究では、岩根研究所によるビデオGISと3次元GISを組み合わせ、道路管理GISへの利用可能性を調査するものである。

2 . 2次元GIS

先に述べた通り、岩根研究所のビデオGISは、特許第3099103号に基づく商品で、GIS地図と映像がリンクしたシステムである。地図は路線図、管理平面図、航空写真を、動画映像は通常画像、全周囲画像を自由に組み合わせることができる。国土交通省殿の国道事務所殿に8000km強の納入実績があり、道路維持管理、交通安全対策などに利用されている。

様々な情報は地図上の座標値を持って登録される。映像の各フレームも地図上の座標値を持っている。これらが地図上にアイコンや矢印で表示される仕組みになっている。

登録された情報の検索は、名称などから該当箇所を呼び出せる他、映像を再生しながら付近の情報を見ていくこともできるようになっている。

今回の研究では、銀座4丁目付近の平面地図、通常画像と全周囲画像でシステムを構成し実験の対象とした。



図1 . ビデオGIS 通常画像は解像度が高く精細な現況を確認できる



図2 . ビデオGIS 全周囲画像は視点を自由に移動できる

3 . 3次元GIS

ビデオGISにおける全周囲画像は、地図上の位置情報を持った独立した静止画の集まりであった。岩根研究所ではこの連続した画像間の関係を数学的に解析することで、動画中に3次元情報を付加する技術を開発した。以下に詳細を述べる。

3 . 1 . 全周囲動画映像撮影

撮影にはカナダ PointGrayResearch 社製の Ladybug2 というカメラを用いた。Ladybug2 は側面に5個、上面に1個の6個のレンズがあり、全空間の70%以上を最大30fpsで撮影することができる。各センサーは1024×768ピクセルの解像度があり、6枚の画像を結合させて1000×2000ピクセルの全周囲画像を生成する。

道路の撮影はカメラを車両に乗せて走行し撮影する。特殊な専用車を用いる必要がないため、比較的安価に情報を取得することが可能である。



図3 . Ladybug

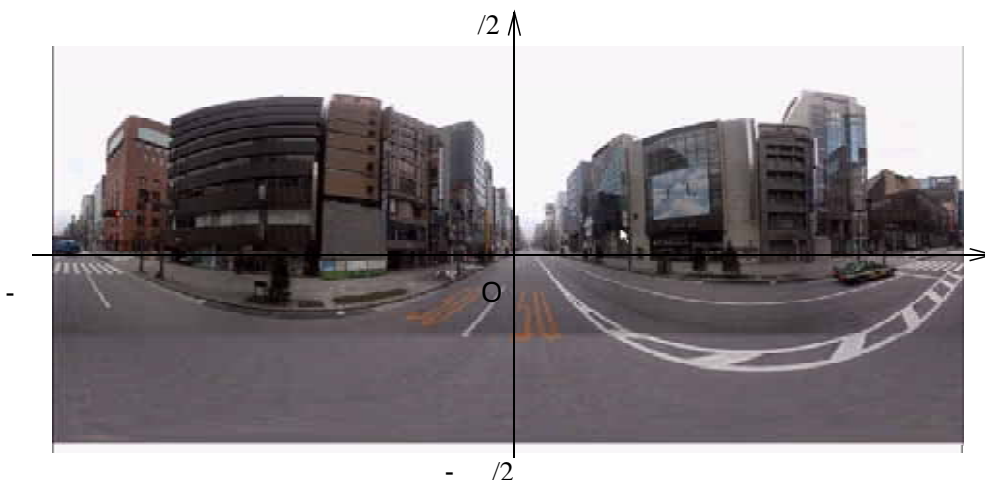


図4 . 全周囲画像

全周囲画像には図4のように、 (x, y, z) の座標軸を定め、極座標変換

$$\begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \theta \sin \phi \\ \sin \theta \sin \phi \\ -\cos \theta \cos \phi \end{pmatrix}$$

により、画像上の任意の点を視線方向に対応づける。この座標系は映像の各フレーム全てが独立して持っており、カメラ座標系と呼ぶ。

3.2. 3次元化処理

撮影された画像から、各フレームの3次元相対位置 T_i と相対姿勢(回転行列) R_i を求めていく。このカメラ位置とカメラ向きを合わせてCV(カメラベクトル)値と呼ぶ。GPSやIMUを用いなくても画像のみから取得できることが特徴である。対象物Pの映像への投影位置 p_i に対して、距離 s_i とすると

$$P = s_i R_i p_i + T_i \quad (1)$$

の関係があるため、多くの観測点 p_i からCV値を求めることができる。

CV値が既知となった場合は(1)式により画像上の対象物 p_i からPを求めることができ、カメラ移動近傍の対象物の3次元座標、形状を計測することが可能であることを意味している。

同じく、CV値が既知で任意に座標Pを定めると、カメラへの投影位置 p_i がそれぞれ求まる。これは、任意の地点にCGを合成表示できることを意味しており、映像とCGを区別無く同時に利用することができるようになる。

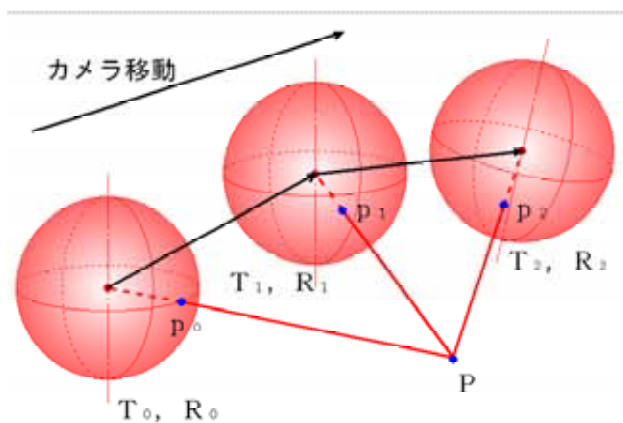


図5. CV値 カメラの3次元位置と姿勢の軌跡を画像から計算する

3.3. 地図としての利用

対象物を画像で確認できるのは当然のこと、全フレームの全対象物の3次元位置を取得できることから、任意の2点間の距離を測ること、方角を得ることができる。即ち、映像でありながら、かつ、3次元地図であると言えることができる。

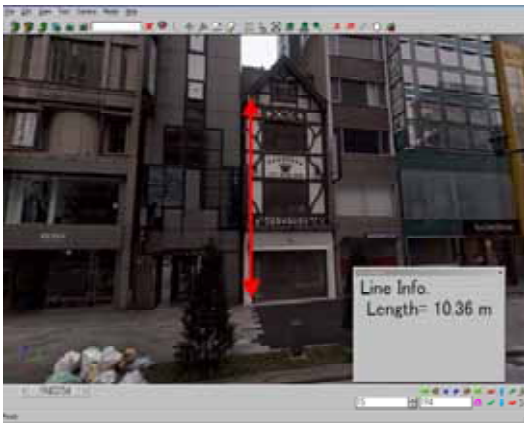


図 6 . 空間内計測例

3 . 4 . GIS としての活用

映像自体を地図として扱えるようになったので、これに情報の登録をできるようにする。今回の研究では三次元CGとして映像中に配置することにした。これをアイコンとして利用し登録されている情報を呼び出せるようにする。

CGで用意するため、現実には何も無い空間に配置することもできるし、対象物にかぶせることもできる。CGを透明にすることで映像中の対象物そのものをタグとして利用できることになる。

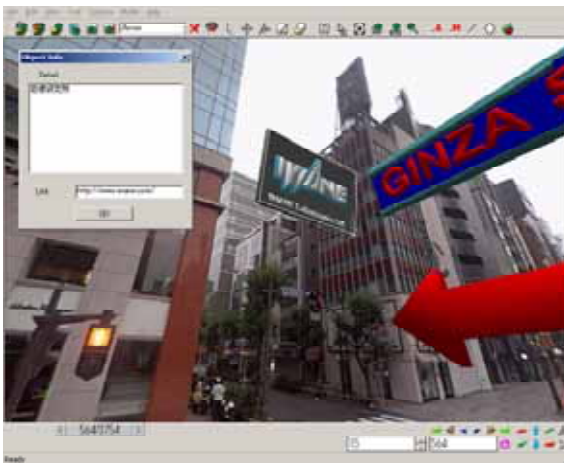


図 7 . 三次元アイコン

3 . 5 . 河川への利用

3次元GISの応用事例として、洪水シミュレーションの作成を紹介する。美利河ダムから撮影した全周囲画像に、上述の方法で三次元化処理を施して必要な情報を付加していった。



図 8 . 全周囲映像

シミュレーションのために、まず水に埋もれないダム等の撮影位置から近くに見えるものを画像から計測し、CGを作成した。動画に重ねて表示させたものが図9である。



図 9 . ダムCG化

次に水位の上昇に合わせて水に浸かってしまう部分を同じく画像から計測し、CG化する。表示時に使用されるのは形状のみであるためテクスチャは不要である。



図 1 0 . 水没部 C G 化

水面位置を C G で設定し、映像と全ての C G 合成表示を行う。ここで水没部 C G が表示されることとなった部分について背景の映像を表示させることにより、リアリティの高いシミュレーション映像が得られることを確認できた。



図 1 1 . 合成表示

4 . 2次元地図と3次元地図の結合

2つのGISは全く独立して開発が進められたものであり、唯一共通なものが全周囲動画像を使用しているという点である。これをなかだちに、両者の統合を試みた。

4 . 1 . 座標軸の統合

2次元地図から切り離し、全周囲画像の解析のみから得られた3次元地図であるが、ここで2次元GISおよび3次元GISを統一的に扱うために、あらためて座標を対応づける。

全周映像から得られるCV値は相対値であるため、次の変換操作を行うことができる：

- ・スケールの変更

$$s > 0 \text{ に対して } T_i = s T_i \quad (2)$$

- ・向きの変更

$$\text{回転行列 } R \text{ に対して } T_i = R T_i, R_i = R R_i \quad (3)$$

- ・位置の変更

$$\text{ベクトル } T \text{ に対して } T_i = T + T_i \quad (4)$$

今回の実験では、直交座標系 IX 系の座標系を基準とし、地図上から読み取った道路位置の座標を3次元地図に与えることを試みた。まず、映像中の建築物から鉛直方向がy軸に合うように(3)式により向きを合わせる。次に地図から走行距離と進行方向を読み取り、(2)式によりスケールを、y軸を中心にした回転で(3)式により方向を合わせる。最後に(4)式により該当箇所へ並進させる。

以上により両者の座標が統合されたことになる。検証として映像解析により得られた車両位置を地図上にプロットしてみた結果を示す。この結果、3次元地図上の全ての位置情報を2次元地図に投影できることとなった。



図 1 2 . 撮影時に信号待ちをした様子まで正確に計算できていることがわかる

これで 3 次元 G I S 上の全ての登録情報が 2 次元 G I S に反映できることになり、統一して扱う用意ができた。

4 . 2 . 情報の検索

両者を同時に使ったと想定し同じ地点からの映像で比較してみた。

検索対象が近い場合、3 次元 G I S では空間把握に優れ、情報が込み入っていても対象が判別しやすいことがわかる。一方、検索対象が遠い場合では、2 次元 G I S で情報の位置が把握しやすい。

広域の情報検索は 2 次元、近隣の詳細を 3 次元の G I S と、それぞれの長所を生かし組み合わせることでより便利に必要な情報を呼び出すことができると考えられる。

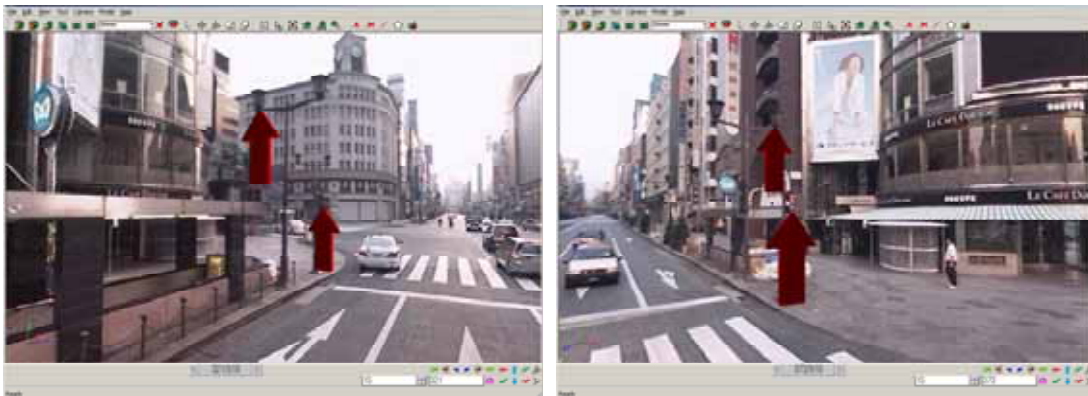


图 1 3 . 対象物を近くから観察

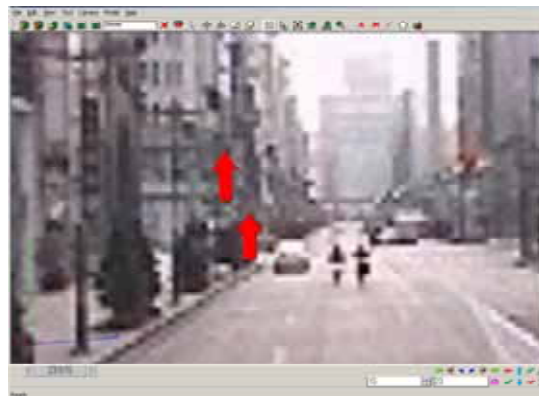


图 1 4 . 対象物を遠くから観察

5 . まとめ

5 . 1 . 研究の成果

ここまで見てきたように、2次元GIS、3次元GIS、それぞれ単独でも有用なシステムである。本研究では、これらの座標を統合することにより、情報を統一的に扱うことができることを確認できた。さらに、ソフトウェアとして連携させることでより視覚的に情報を管理できることも確認できた。

5 . 2 . 今後の開発

今回の実験では少量のデータであったため、単一のファイルにデータを用意したが、管理するデータ量が増えてくる際にはリレーショナルデータベースを使用するなどの開発が必要と考えられる。