立体画像処理システムの開発とその応用

Development and application of a stereoscopic image processing system.

森 宣彦*, 村井 俊治*, 川上 肇**
瀬川 哲**, 伊藤 三郎***

*Nobuhiko MORI, Shunji MURAI, Hajimu KAWAKAMI
satoshi SEGAWA, saburo ITO*

Abstract : A new type of stereoscopic image display module has been developed, which has an ability to display both stereoscopic images and stereoscopic graphics simultaneously by using liquid crystal shutter glasses. Using this module a low cost PC-based stereoscopic image processing system has been developed. Two application examples using this system have been expressed. One is three dimensional measurement system and the other is GIS. It can be said that this stereoscopic image display module is very useful as man-machine interface of stereoscopic images.

1. はじめに

近年 CAD 等の分野で三次元グラフィックディスプレイを用いた、立体図形処理の研究が盛んである。これは、液晶シャッターメガネや偏光メガネを用いて、実際に耐える画質の立体図形が安価な機器で得られるようになったことや、複雑な立体図形の処理には、図形を立体視することが非常に有効であるという事が理解されだしたためと思われる。一方立体画像処理に関しても、最近多くの分野で活発な研究開発が行われているが、写真測量の分野では、古くから写真やフィルムを用いて画像を光学的に立体視し、等高線等を描くアナログ図化機が用いられてきた。近代では、光学像から得られるデータをデジタル機器で処理する解析図化機が主流であるが、人工衛星等で取得されたデジタル立体画像データをそのままデジタル機器で処理し、等高線等を抽出するシステムの研究開発

も盛んである。そして、このようなシステムとして、これまでに既にいくつかのシステムが発表されているが、これらのシステムにはそれぞれ、2 台のディスプレイの画像をハーフミラーで合成しているため、装置が大きくなるとか、価格が数千万円程度と高価になるとか、等高線抽出以外の機能があまりないとかいった問題点があった。ここで新たに提案する立体画像処理システムは、液晶シャッターメガネを用いて、立体画像と立体図形を同時に立体視することができる立体画像表示モジュールを持っており、コンパクトでかつ価格も数百万円程度と安く、多くの分野での応用が可能である。実験システムの開発を終え、いくつかの分野でその応用に関する検討を行ったので、ここにその結果を報告する。

2. 液晶シャッターメガネを用いた立体画像表示モジュールの開発

立体画像と立体図形を重ね合せてディスプレイに表示し、液晶シャッターメガネを用いた方式で、画像と図形を同時に立体視する新しいタイプの立体画像表示モジュールを開発した。図 1 はその原理図である。図 1 において、ステレオペアを構成する 2 枚の画像

* 東京大学生産技術研究所

** 日本電気 K.K

*** 日本電気航空宇宙システム K.K

「写真測量とリモートセンシング」Vol. 30, No. 1, 1991

図1 立体画像表示モジュールの原理図

(左画像と右画像)は2枚のフレームメモリにそれぞれ記憶される。また、これら2枚の画像と重ねて表示される2枚の図形(左図形と右図形)はパーソナルコンピュータ内蔵のビデオメモリ(VRAM)の2面に記憶される。ディスプレイは左画像と左図形を重ねたもの、および右画像と右図形を重ねたものを交互に表示する。液晶シャッタメガネはディスプレイと同期して左右の液晶シャッタを交互に開くので、このメガネを掛けてディスプレイを観測すると、左目には左画像のみが、右目には右画像のみが見え、立体画像の立体視が可能となる。

この図1で示した原理に基づき、実際にハードウェアを構成したのが図2である。図2において、一対の立体画像を記憶するフレームメモリは、パーソナルコンピュータ(PC)の拡張スロットに実装される2枚の拡張ボードであり、PCのI/Oポートを介して制御される。このフレームメモリには、外部から入力される図形と、内部に記憶した画像を重ね合せて出力する機能がある。一対の立体図形はPC内蔵のVRAM(Video Random Access Memory)の2面に記憶されるが、その選択はGDC(Graphic Display Controller)の制御により、バンク切り換えで行われる。液晶シャッタメガネの制御は、拡張スロットに実装される液晶シャッタメガネコントロールボードにより行われる。これら全体の機器の制御は、PCのプログラムメモリに記憶されたデバイスドライバが行うが、その手順を以下に示す。

- (i) GDCからディスプレイに送られる垂直同期信号で、デバイスドライバに60Hzの周期で割り込

図2 立体画像表示モジュールのハードウェア構成

みがかけられ、デバイスドライバが起動される。

- (ii) デバイスドライバからGDCに「VRAM 選択」信号が送られる。GDCではこの信号に従って右又は左の図形をバンク切り換えで選択し、その図形信号を2枚のフレームメモリに送る。
- (iii) デバイスドライバから2枚のフレームメモリに「フレームメモリ選択」信号が送られる。フレームメモリではこの信号に従って右又は左の画像を選択し、上記図形信号と重ね合せた画像信号をディスプレイに送る。
- (iv) デバイスドライバから液晶シャッタメガネコントロールボードに「メガネの左右選択」信号が送られる。液晶シャッタメガネコントロールボードではこの信号に従って、右目又は左目用の液晶シャッタを開けるための一連の信号を発生する。

以上でここで開発した立体画像表示モジュールについて詳しく説明したが、立体図形として三次元マウス(マウスの動きとボタン操作で、メスマーク等のマークを立体的に移動させることができるマウス)で移動するメスマークを用いると、立体視した画像上の

任意の点の三次元座標を計算機に入力することができ、またこれらの点から作成したワイヤフレームモデル等の立体図形を、立体画像と重ね合わせて出力することができる。この方式では1台のディスプレイに2枚の画像を時分割で交互に表示するので、2台のディスプレイに同時に表示し、それぞれ逆の偏光をかけてハーフミラーで合成する場合のように、経年変化等で周辺で2枚の画像に縦視差が生じるとか、装置が大きく高価になるといったことがなく、安価でコンパクトな機器で構成することができる。また市販の大画面ディスプレイに写し出すことも容易にできる。

3. 立体画像処理システムの開発

前記立体画像表示モジュールを用いて、立体画像処理システムの実験システムを開発した。その構成を図3に示す。図3において、パーソナルコンピュータ・PC9801は、全体のコントロールおよび各種演算処理を行うのに用いる。PCには2枚のフレームメモリと1枚の液晶シャッターメガネコントロールボードが拡張スロットに実装される。フレームメモリのメモリ容量は各768Kバイトであり、400×640画素のフルカラー画像1枚を記憶することができる。液晶シャッターメガネコントロールボードには、液晶シャッターメガネ

4台が接続可能であり、4人まで同時に立体画像を観測することができる。液晶シャッターメガネ方式の場合、液晶シャッターメガネとコントロールボードの間にコードが必要なため、動き回って観測する作業には不向きであるが、大画面ディスプレイが使えるといった特長がある。ここでは60Hzのディスプレイを用いたので、市販のものがそのまま使えるが、画面を明るくすると現れるフリッカ(ちらつき)をなくすためには、120Hzのものをを用いる必要があり、この場合ディスプレイは特殊な高価なものとなる。光磁気ディスクは大容量メモリとして使用するが、現在約600Mバイトの記憶容量があり、かつ書き換え可能なものが市販されている。写真1はここで開発した立体画像処理実験システムの外観である。

写真1 立体画像処理実験システムの外観

図3 立体画像処理実験システムの構成

ここで開発したシステムの最大の特徴は、システム価格が安価になるように、できるだけ安価な汎用機器で構成していることである。液晶シャッターメガネを用いた方式は、偏光メガネを用いた方式に比べ安価である。また中央処理装置としてパーソナルコンピュータを使用したことは、システム価格を画期的に引き下げた。パーソナルコンピュータの能力が最近大幅に向上しているので、パーソナルコンピュータに高速演算プロセッサを組み込むと、かなりの処理がこなせるようになる。

4. 三次元計測への応用

前記立体画像処理システムの一応用例として、ここでは三次元計測への応用について述べる。写真2は三次元計測の一例を示したものであり、屋久島の立体画

写真2 三次元計測の一例

像と、三次元空間における位置を指示するメスマークを表示するための一対の十字のマーク（カーソルマーク）を左右別々に重ね合せ、2枚の重ね合せ画像を交互に表示したものである。この表示を液晶シャッターメガネを通して観測すると、立体画像とカーソルマークが同時に立体視できる。ここで立体画像は2枚のフレームメモリに記憶され、一対のカーソルマークは立体図形として、2面のVRAMに記憶されている。そしてVRAM内のカーソルマークの位置は、マウスで自由に移動することができる。一対のカーソルマークの位置は、立体視するために同一ライン上になければならないが、ボタンを押しながらマウスを上下に動かすとその間隔が変り、ボタンを押さずにマウスを平面内で動かすと、一対のカーソルマークはその間隔を保ちながらマウスの動きに追従する。横方向の間隔は立体視すると高さに相当するので、これだけの機能があれば、カーソルマークの立体像、つまりここではメスマークを三次元空間内で自由に動かすことができる。写真2の左下の3つの数字は、メスマークで指示された位置の三次元座標(x, y, z)であり、それぞれ高さ(m)、左上角からの横方向の距離(m)、縦方向の距離(m)を示している。

立体画像が立体視されるためには、表示した一対の画像に縦視差がない必要があるが、この時2枚の画像におけるステレオ対応点は必ず同一ライン上にある。従って前述のマウスの機能ができれば、一対のカーソルマークをステレオ対応点の上にぴったり重ねることができる。この動作はとりもおさず、立体視した画像上でメスマークを計測点に三次元的にぴったり合わせることであり、このとき計測点の一対の画像における位置は、一対のカーソルマークの位置よ

り簡単に求めることができる。そして計測点の三次元座標は、これらの位置と外部標定要素を用いて、従来の写真測量の技術で求めることができる。

このようにこのシステムを用いると、外部標定要素が判っている立体画像上の任意の点の三次元座標を瞬時に求めることができ、二点間の距離等が簡単に計算できる。固定した2台のビデオカメラの場合は、外部標定要素をあらかじめ正確に計測できるので、これらのカメラで撮影した移動物体の位置、大きさ、間隔等はメスマークで指示するだけで、瞬時に計算することができ、今後多方面での利用が期待できる。

このシステムは、立体画像に関する情報の入力だけでなく、計算機内部で作成したワイヤフレームモデル等の立体図形を画像と重ねて出力し、目で確かめながら各種検討を行う場合にも利用できる。しかしこの場合、画像から入力した点のみを用いて立体図形を作成する場合は問題がないものの、そうでない点を用いる場合は、立体図形の視点として、立体画像の外部標定要素を用いる事が必要である。

5. GIS への応用

前記立体画像処理システムの他の応用例として、ここではGISへの応用について述べる。GISにおいて地形情報は重要な意味を持つが、これまで等高線等で表示していたため、詳細な表現が困難であった。しかし立体画像表示モジュールを用いて画像を立体視すると、地形をありのまま観測できるので詳細な地形情報が得られ、かつ他の情報を見にくくする事がない。次にその一例を示す。

写真3と写真4は、それぞれ伊豆半島の断層図と活断層図をデジタル化したものであり、写真5はスペースシャトル搭載大画面カメラ(LFC)で撮影した伊豆半島の写真をデジタル化し、正射写真画像に変換したものである。これらの画像を正確に重なるように調整した後、DEM(地上に正方格子を描き、その交点における標高値を数値で表わした数値高度情報)を用いてそれぞれのステレオメイトを作る。基線高度比を一定にすれば、ステレオメイトどうしもまた正確に重なる。このようにして作成した断層、活断層、写真画像のステレオペアに、それぞれ違った色を与え、原画像どうし、ステレオメイトどうしを重ね合せて立体画像表示モジュールで表示すると、3つの画像を同時

写真3 伊豆半島の断層図

写真4 伊豆半島の活断層図

写真5 伊豆半島の正射写真画像

写真6 重ね合せ画像の交互表示

に立体視することができる。写真6は2枚の重ね合せ画像を交互表示しているところである。この画像を液晶シャッターメガネを通して見ると、断層と活断層の線を、立体的な地形の表面に沿って描かれた線として観測することができる。

このようにこのシステムを用いると、各種情報を重ね合せた上立体的に見れるので、重ね合せ情報の上にさらに詳しい地形情報を加えることができ、より総合的な判断ができるようになる。またステレオメイト作成時に、基線高度比を任意に選べるので、それぞれの

場合に最適な基線高度比で立体画像を作成し、効果的に解析を行うことができる。さらにこの場合も三次元マウスの使用が可能なので、重ね合せ立体画像上の任意の点の位置座標を計算機に入力して計算し、またその結果を画像と重ねて立体表示することが可能である。

近年パーソナルコンピュータの能力が向上してきているので、ここに示した立体画像処理システムに、各種入出力機器やデータベースを接続して、ある程度の能力を持つGISを構築することができるが、この立

体画像表示モジュールを従来の GIS のマンマシン・インターフェースの 1 つと考え、部分的に利用してゆくことも有効であろうと思われる。

6. ま と め

立体画像と立体図形を重ね合せてディスプレイに表示し、液晶シャッターメガネを用いた方式で、画像と図形を同時に立体視する新しいタイプの立体画像表示モジュールを開発した。このモジュールには、大画面表示ができるとか、コンパクトで安価であるとか、複数の人が同時に立体画像を観測できるといった特長がある。このモジュールをパーソナルコンピュータシステムに組み込み、大変安価な立体画像処理システムを開発した。このシステムは様々な分野での応用が可能である。三次元計測に応用すると、立体画像を立体視しながら、三次元マウスを用いてメスマークで計測点を指示することにより、計測点の座標値や、計測点間の距離や、計測点で囲まれた領域の面積、体積等を瞬時に求めることができる。また計算機内部で計測点から作成したワイヤフレームモデル等の立体図形を、立体画像と重ねて出力し、各種検討を行うことも可能である。GIS に応用すると、DEM を用いて重ね合せ画像のステレオメイトを作り、立体視することにより、重ね合せた画像の情報の上にさらに詳細な地形情報を加えることができ、より総合的な判断ができるよ

うになる。またステレオメイト作成時に基線高度比を選ぶことにより、それぞれの場合に最適な基線高度比の立体画像で解析ができるとか、三次元マウスを用いて、三次元計測の場合と同様に各種情報の入出力ができるといった特長もある。このように、この立体画像処理システムの応用範囲は広く、またこの立体画像表示モジュールは立体画像に関する情報のマンマシン・インターフェースとして大変有効であるので、今後の各方面での利用が期待できる。

参 考 文 献

- 1) Mori, Murai, Kawakami, Segawa, Ito ; A Personal Computer System for Processing of Digital Stereoscopic Imagery ; The tenth asian conference on remote sensing, Malaysia, Nov.23-29, 1989, pp. Q-6-1 ~Q-6-6
- 2) Mori, Murai, Kawakami, Segawa, Ito ; PC-Based Three Dimensional Measurement System Using Liquid Crystal Shutter Glasses ; ISPRS Com. IV Tsukuba Sympo., Japan, May 15-18, 1990, pp. 414~421
- 3) 瀬川, 井上, 熊本 ; 立体視を応用したグラフィックスと 3 次元教示 ; 2nd Symposium on Human Interface, Tokyo, Oct. 29-30, 1986
- 4) 大谷仁志 ; ステレオ画像解析システム ; 映像情報, Vol. 21, No. 25, PP.49~54, 1989年12月
- 5) 秋山, 小井土 ; 簡易型解析図化機の開発 ; 平成元年度写真測量学会講演会論文集, PP. 123~126, 1989年 5 月
- 6) P. Lohmann, G. Picht, J. Weidenhammer, K. Jacobsen, L. Skog ; The design and development of a digital photogrammetric stereo workstation ; ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 44, PP. 215~224, 1989