

AVSによる地形の3次元表示

文学部・情報処理センター

道田由香里・湊 敏

要 旨

本報告は、地形図に描かれている等高線から求められた格子点の標高値データに基づき、本学のコンピュータにより地形を3次元表示するためのプログラム開発について述べたものである。本学情報処理センターの計算サーバー**CONVEX C-3420**、には、アプリケーション・プログラムの1つとして3次元可視化ツール、**AVS(Application Visualization System)**、が導入されている。**AVS**を利用するために、格子点の標高値データを**AVS**の入力データに変換するプログラムをC言語により作成した。**AVS**により表示された3次元の地形は、マウス操作により簡単に見る方向が変更でき、また、光線の影響も考慮することができるので、地形の立体感を把握する上で非常に役立つことが示された。

本報告は、色々な場所の地形を、地形図に描かれている等高線から求められる格子点の標高値データに基づき、コンピュータ・グラフィックスにより3次元表示するための方法について述べたものである。これまでのコンピュータは、主として、数値データの処理、数値計算、文字データの処理、データ・ベース、等に用いられてきた。コンピュータのハード・ウェアやソフト・ウェアの進歩により、近年コンピュータは画像処理や音声処理に利用されるようになってきた。本学の情報処理センターにもアプリケーション・プログラムの1つとして3次元可視化ツール、**AVS(Application Visualization System)**¹⁾が導入されている。**AVS**は、種々の数値データを可視化するためのプログラムである。**AVS**の機能の1つとして、3次元の図形をコンピュータのディスプレイ上に表示することができる。この表示された3次元の図形は、マウス操作により、見る方向を変えたり、また光線の方角を変えたりすることができる。さらに、光線の色も変えることができる。ここでは、3次元の図形の1つである地形を**AVS**で表示する方法を開発し、**AVS**では地形はどの様に表示されるかを考察した。

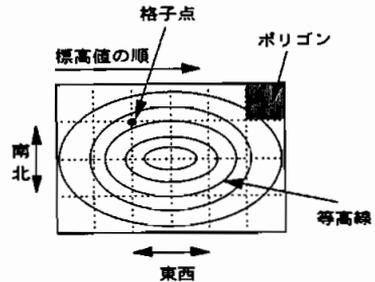
AVSによる地形の表示方法

地形を表す数値データとしては、地形図に描かれている等高線から求められる格子点の標高値データを用いた。本学の地理学科の応用実習では、地形図上に格子点を作り、そこに描かれている等高線からその格子点上の標高値データを読み取り、その数値データを用いてパソコン上で地形を表示することが行われている。**CONVEX C-3420**とパソコンの

間で、データの互換性を持たず為に、ここでは応用実習で作成された数値データ（MS-DOSのテキストファイル：メッシュ・データ）を1次データとして用いることにした。ただし、応用実習で作成されたデータで1行目だけは変更した。この1次データの形式は図1に示した。

データの形式

1行目： 東西のポリゴン数 南北のポリゴン数
 東西の大きさ (km) 南北の大きさ (km)
 2行目： 格子点上での標高値 (m)
 3行目： 格子点上での標高値 (m)
 4行目： 格子点上での標高値 (m)
 5行目： 格子点上での標高値 (m)
 ……
 ……



データの例 (右図)

1行目： 6 4 3.0 2.0
 2行目： 0
 3行目： 10
 4行目： 20
 5行目： 25
 ……
 ……

南北：ポリゴン数は4、
 格子点数は5
 東西：ポリゴン数は6、
 格子点数は7

図1. メッシュ・データの形式と地形図上でのポリゴンと等高線。
 ここで、地形図の大きさは実数値で、標高値は整数値である。
 桜島付近のデータの1部分は、付録1に示した。

数値データをAVSのジオメトリ・データ（3次元可視化可能データ）に変換するフィルター・プログラムとしては、AVSが持っているppoly_to_geomを用いた。このフィルター・プログラムは、ポリゴン（図形を表すための多角形²⁾に色をつけることができる。入力データは、ポリゴンの頂点の数と各頂点の3次元座標およびポリゴンの色を表す光の3原色、RGB、の値である。RGBというのは、赤（R）、緑（G）、青（B）の3色を数値で表し、これらの組み合わせにより種々の色を表すものである。これらの3色は各々0から255の値を持ち、例えば赤を表すためのRGBの組み合わせは、(255、0、0)となる。また、(255、255、255)という組み合わせは“白”をあらわし、(0、0、0)という組み合わせは“黒”を表す。このRGBの組み合わせ方により色々な色、 $256 \times 256 \times 256 = 1670$ 万色、を表すことができる。このppoly_to_geomの入力形式は図2に示した。

データの形式

1行目： 整数値6つ ポリゴンの頂点の数
 2行目： 頂点のx、y、z座標 RGBの値
 3行目： 頂点のx、y、z座標 RGBの値
 頂点の数だけつづく
 頂点の数+1のデータで1組み
 ……
 ……
 上のポリゴンのデータは
 ポリゴンの数だけ続く
 右図の場合 $6 \times 4 = 42$ 組必要

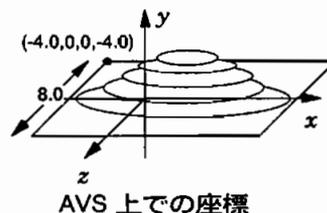
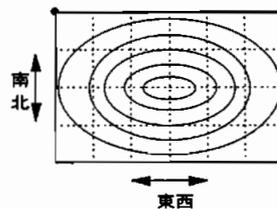


図2. ポリゴン・データと地形図のAVS上での座標。
 ここで、6つの整数値は任意の数である。座標及びRGB値は実数値である。
 桜島付近のデータの1部分は、付録2に示した。

地形の数値データ、メッシュ・データ、をAVSを用いてコンピュータ・グラフィック表示するためには、メッシュ・データをフィルター・プログラム、**ppoly_to_geom**、の入力データ、ポリゴン・データに変換する必要がある。そこで、今回はC言語を用いて、メッシュ・データをポリゴン・データに変換するプログラム、**map3d**、を作成した。

この**map3d**を作成する上で、次のような条件を課した。

- (1) 格子点の数は、最大101×101、即ち格子点を頂点とする正方形のポリゴンの数は、縦・横各々最大100個までとした。
- (2) ポリゴンの高さは、ポリゴンを決める4つの頂点の高さの平均とした。このポリゴンの高さに基づいて、海拔0 mから始めて、100m間隔でポリゴンの色を決めた。したがって海拔100m以下の地形の場合は、1色で表示されることになる。
- (3) **AVS**上での地形の大きさは、南北の大きさが**AVS**上で8.0になるようにした。

(図2参照)

これらの3つの条件の下で、C言語を用いてメッシュ・データ（1次データ）をポリゴン・データ（2次データ）に変換するプログラムを作成した。このソース・プログラムは、付録3に示した。

図3には、メッシュ・データを**AVS**で表示する手順を示した。**AVS**を用いて地形図を表示するには、3つのプログラム、**map3d**, **ppoly_to_geom**, **avs**, が必要である。まず、メッシュ・データを**map3d**によりポリゴン・データに変換する。このとき、メッシュ・データのファイル名が**sakurajima**であれば、**map3d**は、**out**という拡張子を持ったファイル**sakurajima.out**を作る。つぎに、**ppoly_to_geom**によりポリゴン・データ・**sakurajima.out**、をジオメトリー・データ、**sakurajima.geom**、に変換する。このとき、ジオメトリー・データは、**geom**という拡張子を持っている必要がある。このジオメトリー・データを用いて、はじめて**AVS**により地形を表示する事ができる。

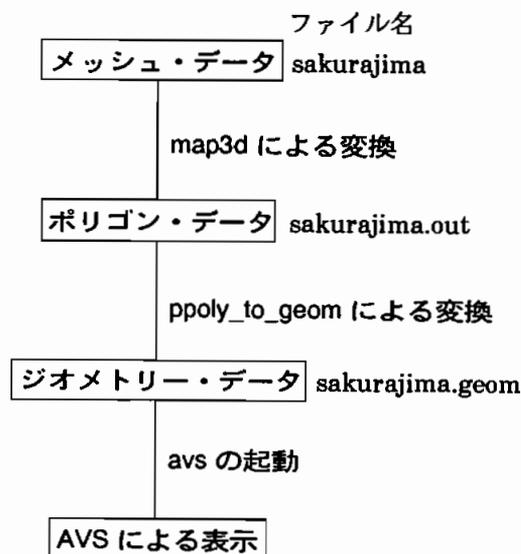


図3. メッシュ・データをAVSで表示するための手順。

AVSによる地形の表示

本報告では、地形の具体的な例として鹿児島県の桜島付近を選んだ。桜島の周りには海があり、また桜島は標高約1100mであるので、この地形はかなりの標高差を持っていると思われる。標高差が大きな地形はコンピュータ・グラフィックスにより3次元表示したとき、立体感をつかみ易いため、桜島付近を例に選んだ。桜島付近の地形は、桜島を中心として東西15km、南北15kmの範囲をとった。また、格子点の数は縦・横共に61個とした。

地形を、ディスプレイや紙面といった2次元に表示する方法の1つは、等高線を用いる方法がある。図4に桜島付近の等高線による地形を示した。図4では等高線は100mきざみで描いてある。この図から、地形の立体感を把握するのは、慣れていないと困難と思われる。

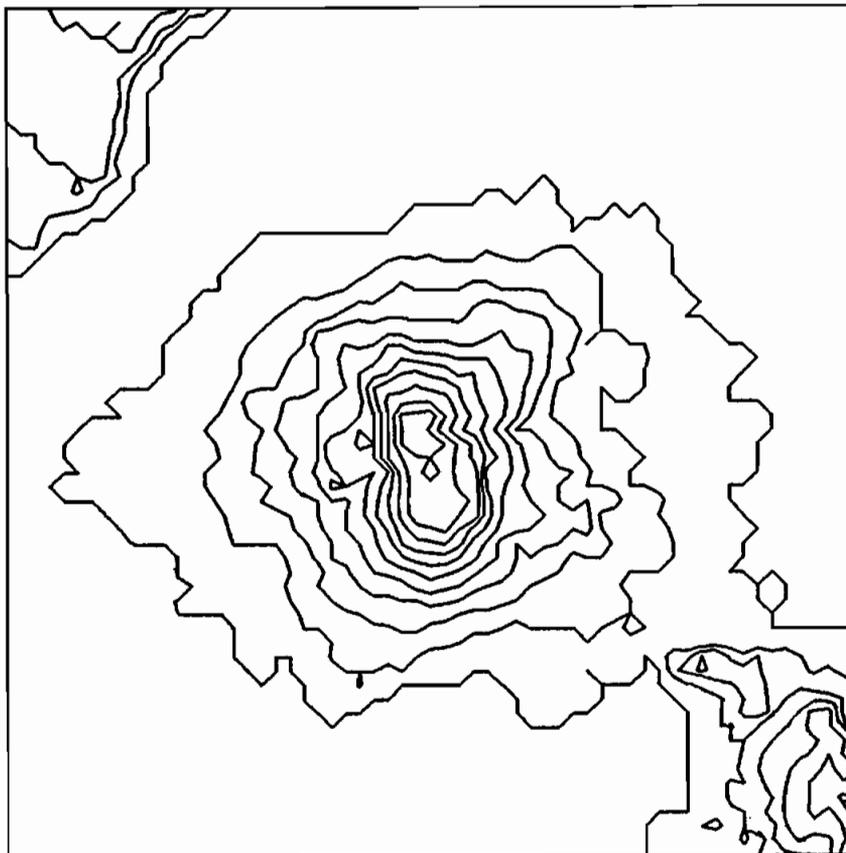


図4. 桜島付近の等高線による表示。

図5には、AVSにより表示されて桜島付近を真上から見た図を示した。ほぼ真中に桜島がありそのまわりを海（図では濃い灰色のまわりの薄い灰色の部分、ディスプレイ上では水色で表示）が取り囲んでいる。角張った部分があるのは、格子点の数が61×61であるため曲線が滑らかに表示できず、ポリゴンの形が見えているためである。これらの角張った部分は、格子点の数を増やすことにより滑らかに表示することができる。

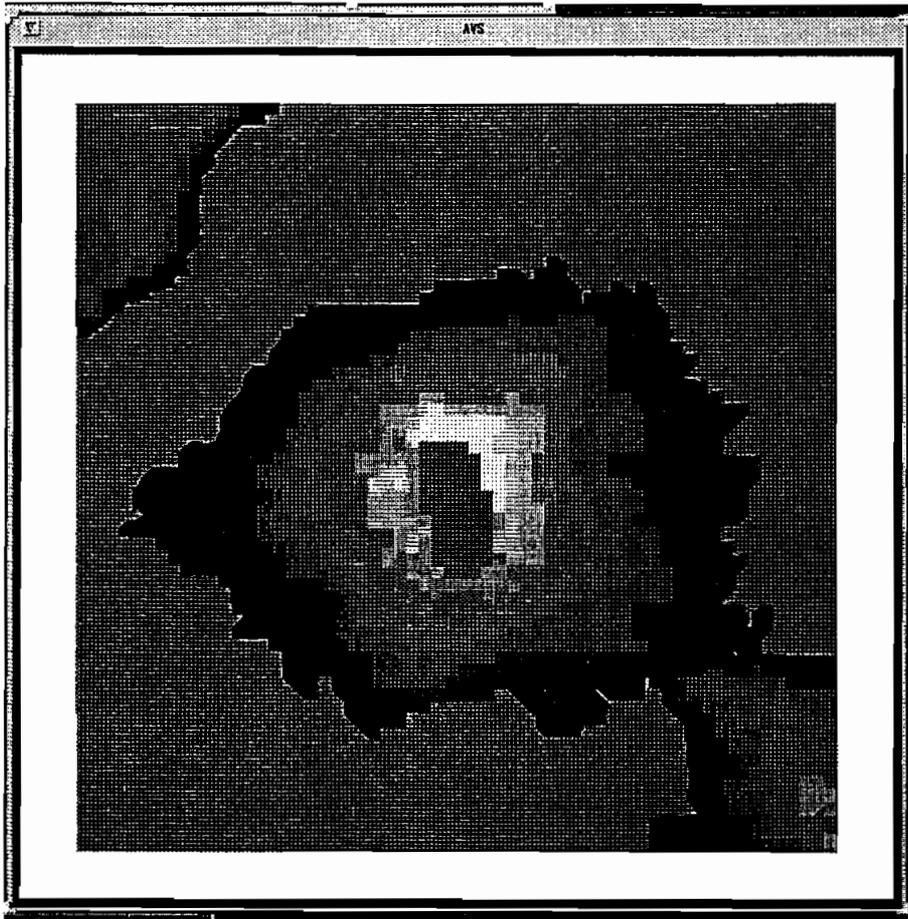


図5. AVSによる桜島付近を真上から見た図。

図6には、真南（図5の真下）から見た図を示した。

図7には、真西（図5の真左）から見た図を示した。

図8には、南西上方から見た図を示した。

図9には、北東上方から見た図を示した。

図10には、図9と同じ方向から見た図であるが、光線の向きを変えたときの図を示した。これまでの図はすべて真上から光線があたっている場合であったが、この図では直線で示された図の左上方からあたっている。このため、図の右側は暗くなっている。

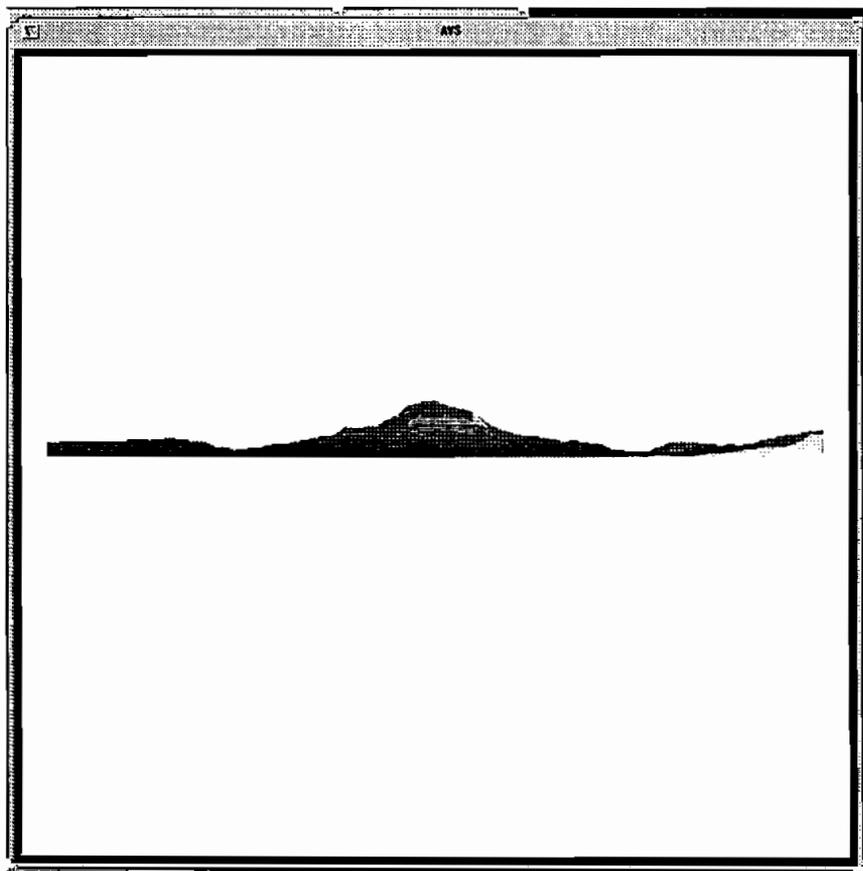


図6. AVSによる桜島付近を真南から見た図。

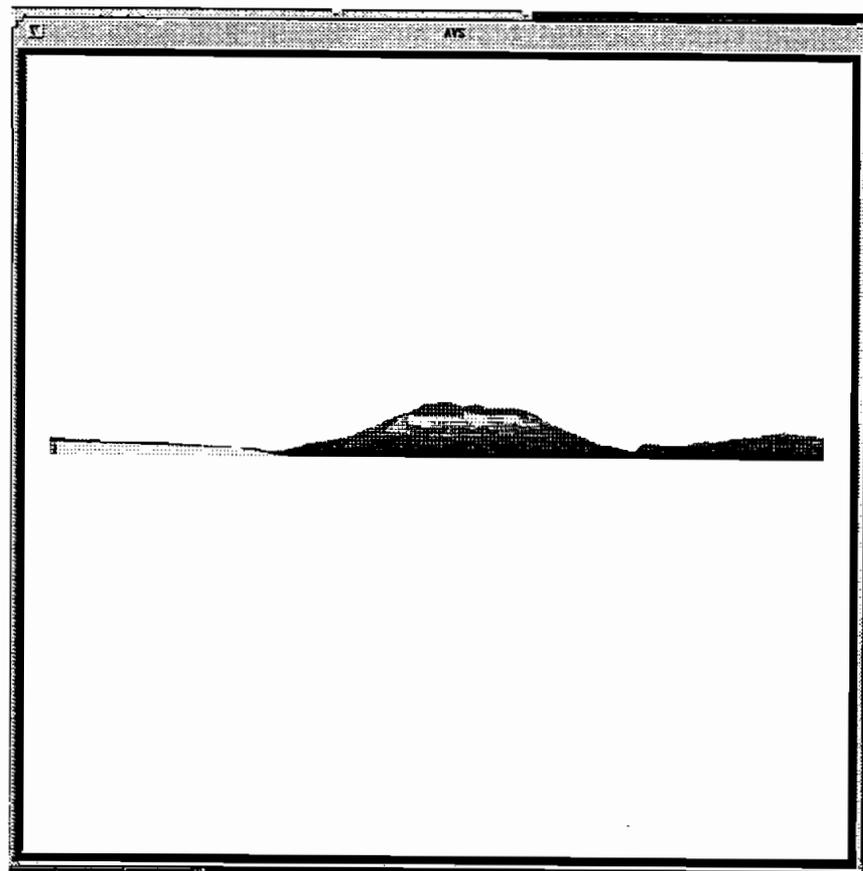


図7. AVSによる桜島付近を真西から見た図。

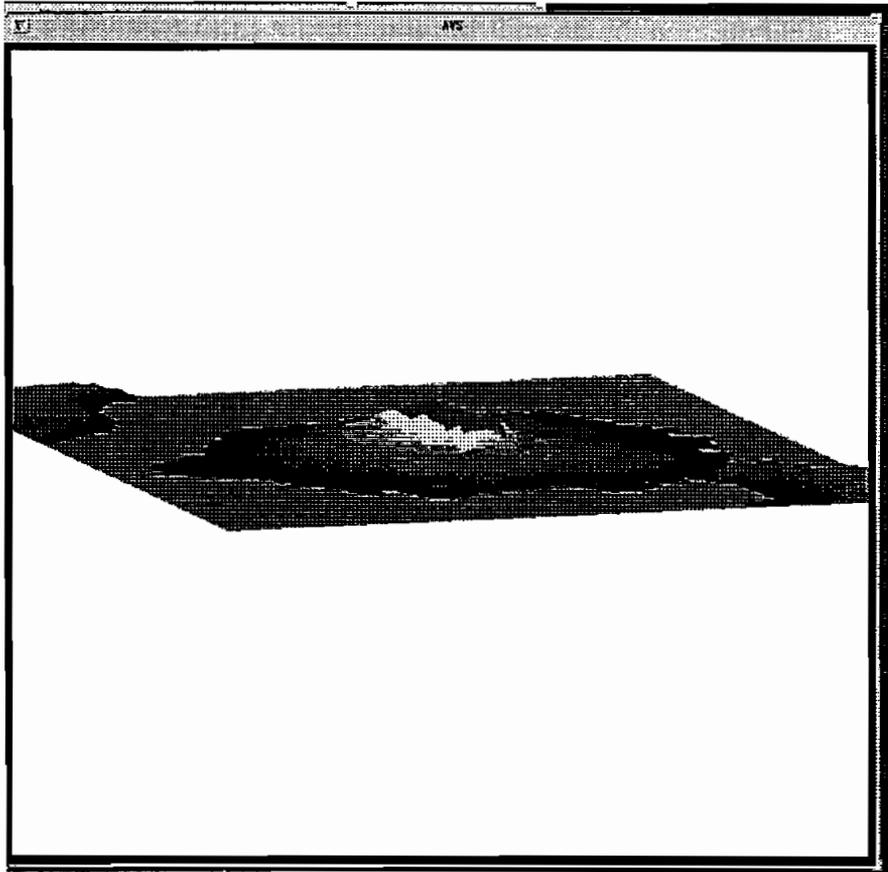


図8. AVSによる桜島付近を南西上方から見た図。

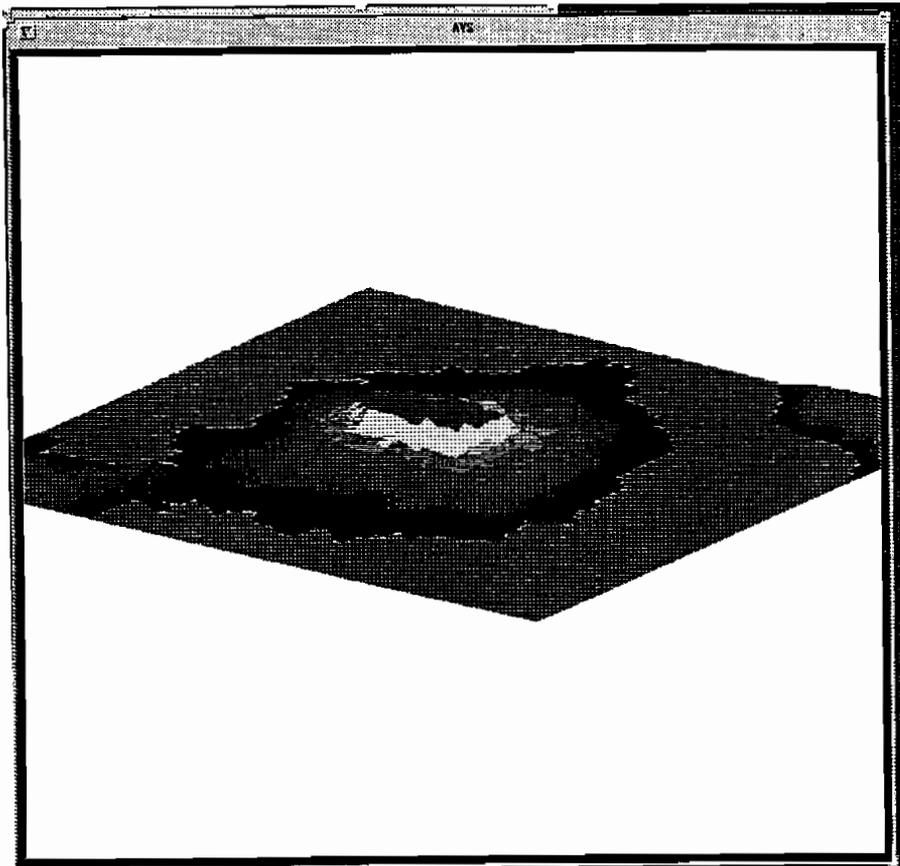


図9. AVSによる桜島付近を北東上方から見た図。

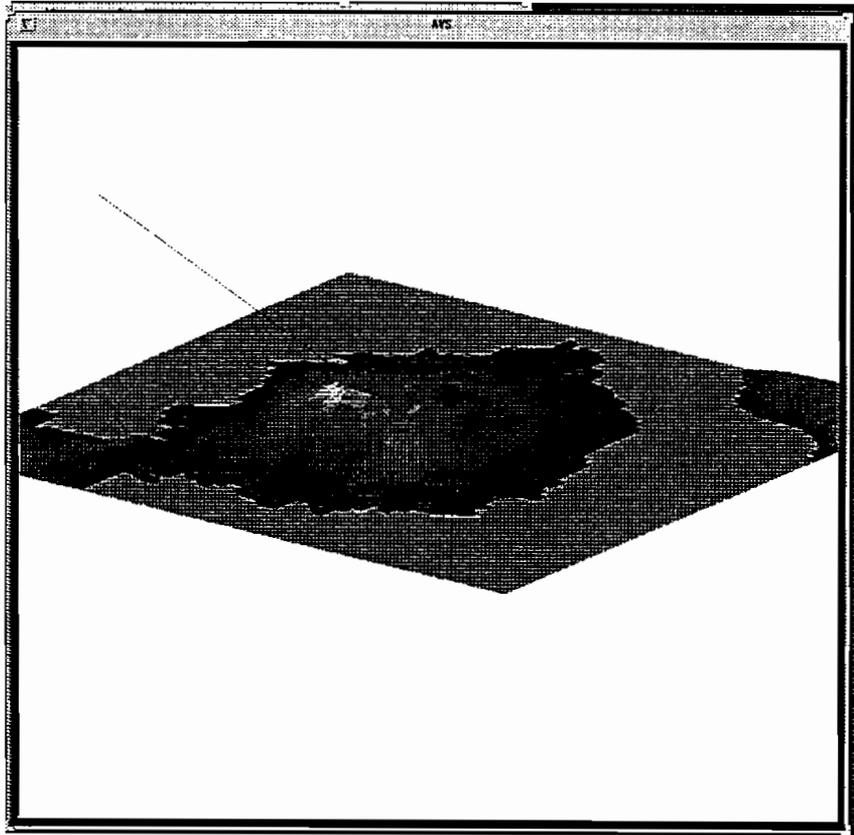


図10. AVSによる光線の向きも示した桜島付近を北東上方から見た図。

図11、12には、桜島上空に飛行機が飛んでいる様子を表した。これらの図では、飛行機と地形図を独立に動かすことや独立に大きさを変化させることは可能である。

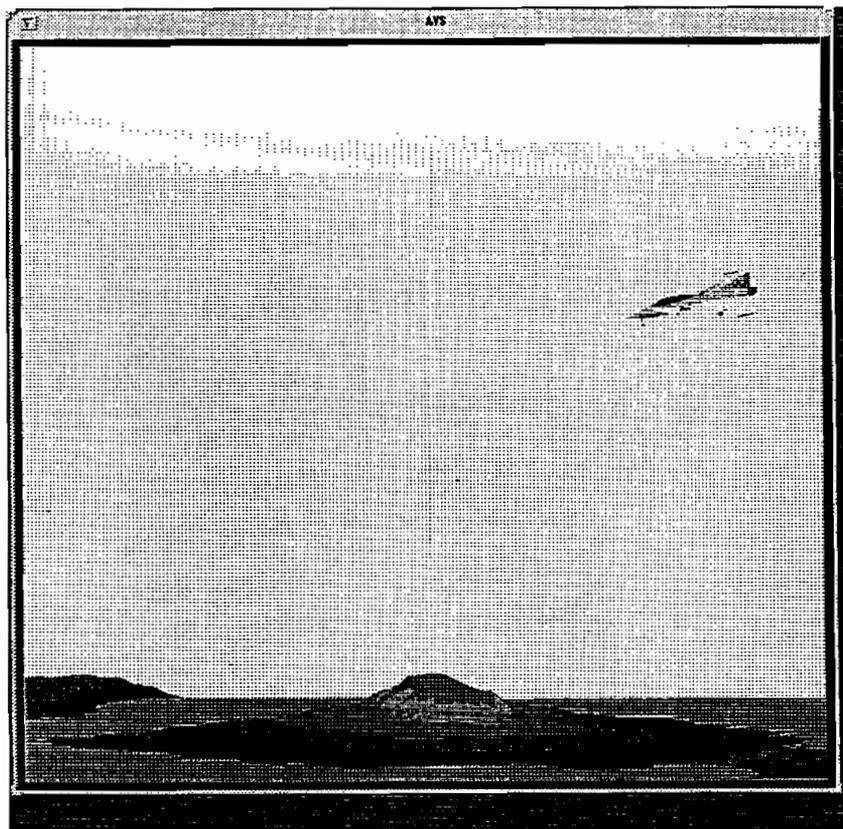


図11. 桜島付近を飛行機が飛んでいる様子をAVSにより表した図。

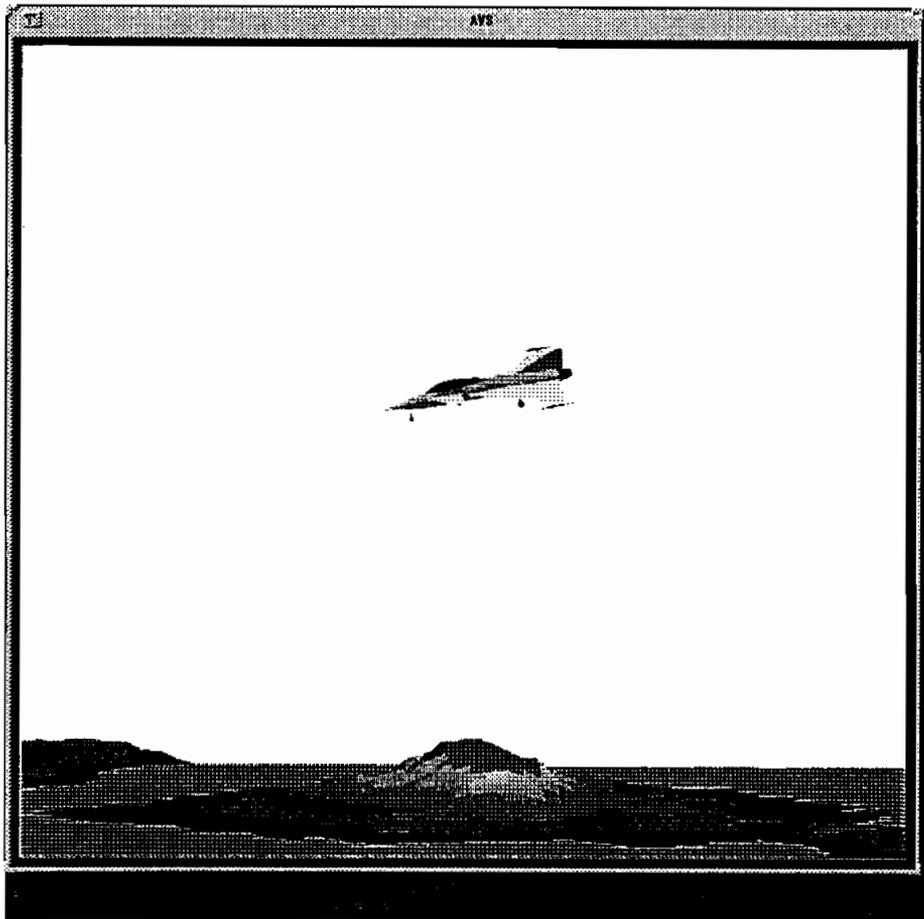


図12. 桜島付近を飛行機が飛んでいる様子をAVSにより表した図。

まとめ

本報告では、**AVS**を用いて地形図を3次元表示したときどのような利点があるかを考察した。その結果**AVS**で表示された地形図は立体感を把握する上で役立つ事が示された。本報告で使用した桜島付近のデータ、格子点の数が 61×61 、の場合、マウスにより瞬時に見る方向を変えることができるので、あらゆる方向から簡単に地形を見ることができると分かった。また光線の向きを変えることにより、より立体感を把握し易くなることが分かった。

ここでは、桜島上空に飛行機が飛んでいる状況を表示したが、他の物体、例えば建築物でも簡単に付け加えることができることが分かった。

ここでは紹介しなかったが、光線の色を白昼色や赤みがかった色に変えることにより、桜島付近の昼間の様子や夕焼け時の様子を表せることが分かった。また、海面の高さを調節することにより、潮の満干による海岸線の変化等も表せることが分かった。

以上のことから、**AVS**上で地形図を一度作れば、その地形に対して色々な状況を作り出すことができると思われる。今後は、**AVS**上に作られた地形図に基づき、その地域での景観やその地形に対する自然現象の影響を表示することが望まれる。また、流体力学と組み合わせることにより、特定の場所での地形の気流におよぼす影響等をシミュレートすることが可能であると考えられる。

謝 辞

本報告を作成するにあたって、**CONVEX C-3420**コンピュータの計算機使用時間を与えてくださった奈良大学情報処理センターに感謝します。

脚 注

- 1) **AVS**は、**Advanced Visual System**社の登録商標です。
- 2) 福島万里子、湊 敏、奈良大学情報処理センター年報、4、15 (1993)。

Aug 22 15:45 1994 sakura.append1 Page 1

【付録1】 桜島付近のメッシュ・データの1部分

60 60 15.0 15.0
280
280
290
300
320
320
320
340
320
360
360
320
320
200
180
60
0
0
0
0
0

【付録2】 桜島付近のポリゴン・データの1部分

```
1 2 3 4 5 6 4
-4.0000000 0.1493333 -4.0000000 70.0000000 200.0000000 50.0000000
-4.0000000 0.1386667 -3.8666667 70.0000000 200.0000000 50.0000000
-3.8666667 0.1493333 -3.8666667 70.0000000 200.0000000 50.0000000
-3.8666667 0.1493333 -4.0000000 70.0000000 200.0000000 50.0000000
1 2 3 4 5 6 4
-4.0000000 0.1386667 -3.8666667 70.0000000 200.0000000 50.0000000
-4.0000000 0.1333333 -3.7333333 70.0000000 200.0000000 50.0000000
-3.8666667 0.1440000 -3.7333333 70.0000000 200.0000000 50.0000000
-3.8666667 0.1493333 -3.8666667 70.0000000 200.0000000 50.0000000
1 2 3 4 5 6 4
-4.0000000 0.1333333 -3.7333333 70.0000000 200.0000000 50.0000000
-4.0000000 0.1280000 -3.6000000 70.0000000 200.0000000 50.0000000
-3.8666667 0.1386667 -3.6000000 70.0000000 200.0000000 50.0000000
-3.8666667 0.1440000 -3.7333333 70.0000000 200.0000000 50.0000000
1 2 3 4 5 6 4
-4.0000000 0.1280000 -3.6000000 70.0000000 200.0000000 50.0000000
-4.0000000 0.1280000 -3.4666667 70.0000000 200.0000000 50.0000000
-3.8666667 0.1333333 -3.4666667 70.0000000 200.0000000 50.0000000
-3.8666667 0.1386667 -3.6000000 70.0000000 200.0000000 50.0000000
1 2 3 4 5 6 4
-4.0000000 0.1280000 -3.4666667 70.0000000 200.0000000 50.0000000
-4.0000000 0.1226667 -3.3333333 70.0000000 200.0000000 50.0000000
-3.8666667 0.1280000 -3.3333333 70.0000000 200.0000000 50.0000000
-3.8666667 0.1333333 -3.4666667 70.0000000 200.0000000 50.0000000
1 2 3 4 5 6 4
-4.0000000 0.1226667 -3.3333333 70.0000000 200.0000000 50.0000000
-4.0000000 0.1173333 -3.2000000 70.0000000 200.0000000 50.0000000
-3.8666667 0.1226667 -3.2000000 70.0000000 200.0000000 50.0000000
-3.8666667 0.1280000 -3.3333333 70.0000000 200.0000000 50.0000000
1 2 3 4 5 6 4
-4.0000000 0.1173333 -3.2000000 70.0000000 200.0000000 50.0000000
-4.0000000 0.1173333 -3.0666667 70.0000000 200.0000000 50.0000000
-3.8666667 0.1173333 -3.0666667 70.0000000 200.0000000 50.0000000
-3.8666667 0.1226667 -3.2000000 70.0000000 200.0000000 50.0000000
1 2 3 4 5 6 4
-4.0000000 0.1173333 -3.0666667 70.0000000 200.0000000 50.0000000
-4.0000000 0.1066667 -2.9333333 70.0000000 200.0000000 50.0000000
-3.8666667 0.1173333 -2.9333333 70.0000000 200.0000000 50.0000000
-3.8666667 0.1173333 -3.0666667 70.0000000 200.0000000 50.0000000
```

Aug 22 15:42 1994 map3d.c Page 1

[付録3] map3d ソース・プログラム

```

#include <stdio.h>

void main(int argc, char *argv[])
{
    double px[102],py[102],h[102][102];
    double scale,tscale,xi,yi,meanh,dd,dumm;
    double rc,gc,bc;
    int i,j,k,l;
    int m,n;
    int hight;
    char out_file[50];
    FILE *in_fp, *out_fp;

    /* check of input file */
    if (argc == 1) {
        puts("\n >>>> Error <<<<<");
        puts("\n Usage : %map3d filename(grid data)");
        exit(-1);
    }
    if((in_fp = fopen(argv[1],"r")) == NULL) {
        puts("\n can't open the file");
    }

    strcpy(out_file,argv[1]);
    strcat(out_file, ".out");
    out_fp = fopen(out_file,"w");

    fscanf(in_fp,"%d %d %lf %lf",&m,&n,&tscale,&dumm);

    tscale=1000.0*tscale;
    dd=8.0/(double)m;
    scale = 8.0/tscale;
    xi=-4.0;
    yi=-4.0;
    m=m+1;
    n=n+1;

    /* input of grid data from file */

    for (j=1;j<=n;j++)
    { for (i=1;i<=m;i++)
        { fscanf(in_fp,"%d",&hight);
          h[i][j] = (double)hight;
          h[i][j] = h[i][j]*scale;
        }
    }

    /* make polygon data */

    px[1]=xi;
    py[1]=yi;
    for (i=1;i<m;i++)

```

Aug 22 15:42 1994 map3d.c Page 2

```
    {
        px[i+1]=px[i]+dd;
    }
for (j=1;j<n;j++)
    {
        py[j+1]=py[j]+dd;
    }

for (i=1;i<m;i++)
    {
        for (j=1;j<n;j++)
            {
                fprintf(out_fp," 1 2 3 4 5 6 4\n");
                meanh=(h[i][j]+h[i+1][j]+h[i][j+1]+h[i+1][j+1])/4.0;
                meanh = meanh/scale;

/* Determination of Color */

                if ( meanh <= 100.0 ) {
                    rc=10.0;
                    gc=200.0;
                    bc=50.0;
                }
                if ( meanh > 100.0 && meanh <= 200.0 ){
                    rc=40.0;
                    gc=200.0;
                    bc=50.0;
                }
                if ( meanh > 200.0 && meanh <= 300.0 ){
                    rc=70.0;
                    gc=200.0;
                    bc=50.0;
                }
                if ( meanh > 300.0 && meanh <= 400.0 ){
                    rc=100.0;
                    gc=200.0;
                    bc=50.0;
                }
                if ( meanh > 400.0 && meanh <= 500.0 ){
                    rc=130.0;
                    gc=200.0;
                    bc=50.0;
                }
                if ( meanh > 500.0 && meanh <= 600.0 ){
                    rc=160.0;
                    gc=200.0;
                    bc=50.0;
                }
                if ( meanh > 600.0 && meanh <= 700.0 ){
                    rc=190.0;
                    gc=200.0;
                    bc=50.0;
                }
                if ( meanh > 700.0 && meanh <= 800.0 ){
                    rc=200.0;
                    gc=200.0;
```

Aug 22 15:42 1994 map3d.c Page 3

```
bc=50.0;
}
if ( meanh > 800.0 && meanh <= 900.0 ){
rc=90.0;
gc=120.0;
bc=50.0;
}
if ( meanh > 900.0 && meanh <= 1000.0 ){
rc=100.0;
gc=110.0;
bc=50.0;
}
if ( meanh > 1000.0 && meanh <= 1100.0 ){
rc=110.0;
gc=100.0;
bc=50.0;
}
if ( meanh > 1100.0 && meanh <= 1200.0 ){
rc=120.0;
gc= 90.0;
bc=50.0;
}
if ( meanh > 1200.0 && meanh <= 1300.0 ){
rc=130.0;
gc= 80.0;
bc=50.0;
}
if ( meanh > 1300.0 && meanh <= 1400.0 ){
rc=140.0;
gc= 70.0;
bc=50.0;
}
if ( meanh > 1400.0 && meanh <= 1500.0 ){
rc=150.0;
gc= 60.0;
bc=50.0;
}
if ( meanh > 1500.0 && meanh <= 1600.0 ){
rc=160.0;
gc= 50.0;
bc=50.0;
}
if ( meanh > 1600.0 && meanh <= 1700.0 ){
rc=170.0;
gc= 40.0;
bc=50.0;
}
if ( meanh > 1700.0 && meanh <= 1800.0 ){
rc=180.0;
gc= 30.0;
bc=50.0;
}
if ( meanh > 1800.0 && meanh <= 1900.0 ){
rc=190.0;
gc= 20.0;
bc=50.0;
```

Aug 22 15:42 1994 map3d.c Page 4

```

    }
    if ( meanh > 1900.0 && meanh <= 2000.0 ){
        rc=200.0;
        gc= 10.0;
        bc=50.0;
    }
    if ( meanh > 2000.0 && meanh <= 2100.0 ){
        rc=210.0;
        gc= 10.0;
        bc=70.0;
    }
    if ( meanh > 2100.0 ){
        rc=220.0;
        gc=200.0;
        bc=50.0;
    }

    /*  output of polygon data */

    fprintf(out_fp," %10.7f %10.7f %10.7f % 10.7f %10.7f %10.7f\n",
        px[i],h[i][j],py[j],rc,gc,bc);
    fprintf(out_fp," %10.7f %10.7f %10.7f % 10.7f %10.7f %10.7f\n",
        px[i],h[i][j+1],py[j+1],rc,gc,bc);
    fprintf(out_fp," %10.7f %10.7f %10.7f % 10.7f %10.7f %10.7f\n",
        px[i+1],h[i+1][j+1],py[j+1],rc,gc,bc);
    fprintf(out_fp," %10.7f %10.7f %10.7f % 10.7f %10.7f %10.7f\n",
        px[i+1],h[i+1][j],py[j],rc,gc,bc);
    }
    }

    /*  kyoukai */

    h[0][0] = 0.0;
    rc = 200.0;
    gc = 200.0;
    bc = 50.0;

    for (i=1;i<m;i++)
    {
        fprintf(out_fp," 1 2 3 4 5 6 4\n");
        fprintf(out_fp," %10.7f %10.7f %10.7f % 10.7f %10.7f %10.7f\n",
            px[i],h[0][0],py[1],rc,gc,bc);
        fprintf(out_fp," %10.7f %10.7f %10.7f % 10.7f %10.7f %10.7f\n",
            px[i],h[i][1],py[1],rc,gc,bc);
        fprintf(out_fp," %10.7f %10.7f %10.7f % 10.7f %10.7f %10.7f\n",
            px[i+1],h[i+1][1],py[1],rc,gc,bc);
        fprintf(out_fp," %10.7f %10.7f %10.7f % 10.7f %10.7f %10.7f\n",
            px[i+1],h[0][0],py[1],rc,gc,bc);

        fprintf(out_fp," 1 2 3 4 5 6 4\n");
        fprintf(out_fp," %10.7f %10.7f %10.7f % 10.7f %10.7f %10.7f\n",
            px[i],h[0][0],py[n],rc,gc,bc);
        fprintf(out_fp," %10.7f %10.7f %10.7f % 10.7f %10.7f %10.7f\n",
            px[i+1],h[0][0],py[n],rc,gc,bc);
        fprintf(out_fp," %10.7f %10.7f %10.7f % 10.7f %10.7f %10.7f\n",
            px[i+1],h[i+1][n],py[n],rc,gc,bc);
    }

```

Aug 22 15:42 1994 map3d.c Page 5

```
        fprintf(out_fp," %10.7f %10.7f %10.7f % 10.7f %10.7f %10.7f\n",
                px[i],h[i][n],py[n],rc,gc,bc);
    }

    for (j=1;j<n;j++)
    {
        fprintf(out_fp," 1 2 3 4 5 6 4\n");
        fprintf(out_fp," %10.7f %10.7f %10.7f % 10.7f %10.7f %10.7f\n",
                px[m],h[0][0],py[j],rc,gc,bc);
        fprintf(out_fp," %10.7f %10.7f %10.7f % 10.7f %10.7f %10.7f\n",
                px[m],h[m][j],py[j],rc,gc,bc);
        fprintf(out_fp," %10.7f %10.7f %10.7f % 10.7f %10.7f %10.7f\n",
                px[m],h[m][j+1],py[j+1],rc,gc,bc);
        fprintf(out_fp," %10.7f %10.7f %10.7f % 10.7f %10.7f %10.7f\n",
                px[m],h[0][0],py[j+1],rc,gc,bc);

        fprintf(out_fp," 1 2 3 4 5 6 4\n");
        fprintf(out_fp," %10.7f %10.7f %10.7f % 10.7f %10.7f %10.7f\n",
                px[1],h[0][0],py[j],rc,gc,bc);
        fprintf(out_fp," %10.7f %10.7f %10.7f % 10.7f %10.7f %10.7f\n",
                px[1],h[0][0],py[j+1],rc,gc,bc);
        fprintf(out_fp," %10.7f %10.7f %10.7f % 10.7f %10.7f %10.7f\n",
                px[1],h[1][j+1],py[j+1],rc,gc,bc);
        fprintf(out_fp," %10.7f %10.7f %10.7f % 10.7f %10.7f %10.7f\n",
                px[1],h[1][j],py[j],rc,gc,bc);
    }
    fclose(in_fp);
    fclose(out_fp);
}
```