

3次元表示方法に関する研究

A Study of Methods to Display 3D Objects

西 尾 吉 男

Yoshio NISHIO

1. はじめに

3次元形状を表示する方法として、筆者はCGの手法の研究^[1]を行って来た。レイトレーシング法の開発により、リアリティのある3次元画像が得られるようになったが、当初マシンパワーの不足により膨大なコストと時間を要した計算も、CPUの能力の凄まじい向上と、グラフィック専用のGPUが手軽に使えるようになった現在では、リアルタイムでのCGアニメーション計算が可能となった。この結果、CGはVRへと発展し、現実世界と融合しARへと発展してきた。

一方、3次元形状を捉える方法として、パターン認識、シーンアナリシス、CVが研究されてきたが、立体視における特徴点の対応付けの問題が解決困難であるなど、研究が行き詰った感がある。しかし、マイクロソフトがゲーム機用に開発したキネクトの出現により3次元形状のリアルタイムでの計測を容易にし、3次元形状計測、ジェスチャなど応用が身近になった。

3次元形状を確実に提示する方法^{[2][3]}として、3次元モデルを作成することが挙げられるが、少し前では手作業によるものやNCマシンで切り出すといった方法がとられ、コス

ト、時間、精度などの問題があった。しかし、3次元プリンタが登場することにより状況が一変した。この3次元プリンタも最初は、紫外線硬化樹脂に紫外線を当てて逐次硬化させる方式で、コストが非常に高く、時間がかかり、メンテナンスに苦勞するなど、簡単には使えなかった。石膏を樹脂で固める方法をとるものは、粉が飛び汎用には向かないなどの難点をかかえていた。今では樹脂フィラメントをリールで供給し、熱を加え溶かし、XYZ方向に制御できるプロッタで、積層成形する「3Dプリンタ」が開発され、安価で民生用に市販されるまでに至った。

本論文では、特に「3Dプリンタ」を簡単に応用することが出来る「3Dプリンタ用簡易CAD」を開発し、その応用として、視覚障害者向け学習サポート、避難経路の提示用のツールを試作考案したので報告する。

2. 点字と視覚障がい者

視覚障がい者はみんな点字^{[4][5]}を使うものと思われがちだが、実際には、その多くを占める弱視者や、全盲でも中途失明者は普通点字を使っていない、知らない場合が多い。点字で表記すれば、それで万事OKとはならな

い。まさに、バリアフリー、シームレスであるためには、点字以外にこれら多様な需要に応える必要がある。

晴眼者にとって簡単であるが、視覚障がい者にとってとても困難なことがある。それは、空間的な把握、図の把握である。携帯電話、コンピュータの合成音声による読み上げソフトの利用により、視覚障がい者の生活のクオリティがこの20年で大きく向上した。しかし未だに、生活圈以外に行った場合に、今どこにいるのか、道の構造がどうなっているのか、いわば迷子になる。生活圈で慣れている道ですら、工事など環境の変化があると道を見失う。晴眼者ではスマートフォンのGPS機能を使い、グーグルマップで検索すれば行ったことのない街でも気軽に歩くことができる。音声検索機能とナビゲーションアプリの活用も晴眼者向けに作られており、視覚障がい者にとっては殆ど使うことが出来ない。また、図の把握もとても困難である。例えば、中学校の数学で学習するグラフや図形の把握について考える。点字では点図というものがある。簡単なものであれば表示ができるが、2次関数のグラフを図示した場合、複数ページに図がわたり、ページ間の対応付けが非常に分かりにくい。地図については、すぐにページ数が多くなってしまい、全くと言ってよいほど実用に供しない。

また、点字や点図は通常、紙に凹凸で表す方法がとられており、その材質や大きさによる制約のため、持ち歩き気軽に使うことがむづかしく、外出時に使うことはとても困難である。

こうした状況を打開するため、コンパクトで分かり易く、使用者は点字を理解できる全盲の障がい者に限ることなく、中途失明者、弱視者、さらに晴眼者も気軽に使える方法、ものを考え、開発に着手した。

筆者が考案したシステムは、3Dプリンタで出力した、携帯可能な立体図とその開発CADである。

3. 3Dプリンタ

この数年の画期的な発明として、パソコンを利用して3次元立体を簡単に造形試作できる「3次元プリンタ」(3Dプリンタとも言われる)が挙げられる。図1は筆者が所有する3Dプリンタである。

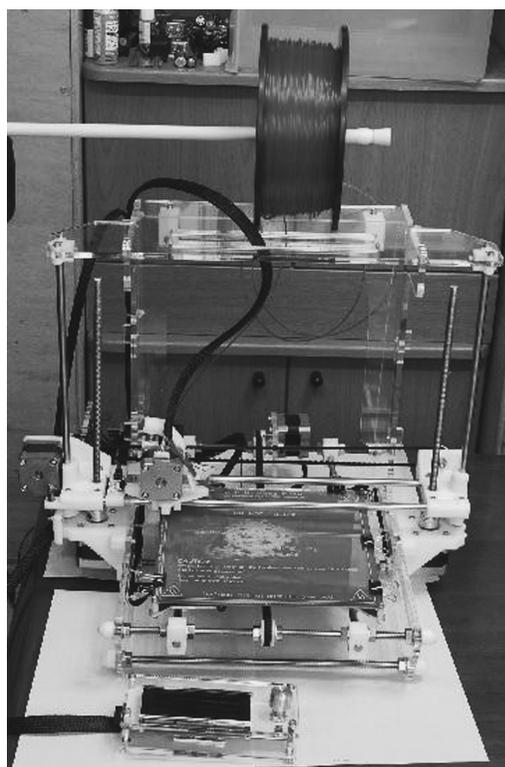


図1 3Dプリンタの概観

3.1 3Dプリンタの作成手順

3Dプリンタで出力を得るまでの流れを図2に示す。

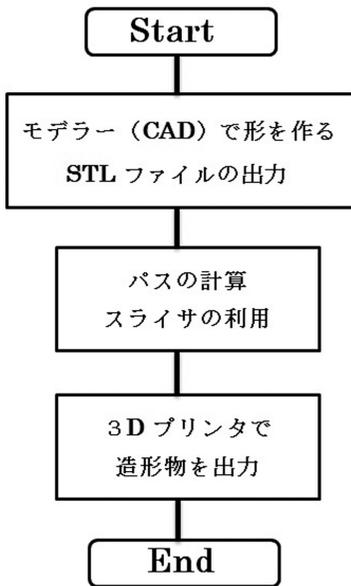


図2 3Dプリンタの作業手順

4. 簡易CADの開発

CADはコンピュータエイデッドデザインの略である。コンピュータを利用し効率よくデザインを行うソフトウェアである。

表現方法による分類では2次元CADと3次元CADがある。

2次元CADは、平面図を作成するためのものである。3次元CADでは平面図の作成にも使えるが、3次元の機能が中心で、3面図とパースペクティブ・ビューを持ち、3次元CG技術により3次元的な把握がし易く、出来上がりが分かりやすくなっている。一般的に、2次元CADより3次元CADの方が高価である。

また、用途により分類すると、汎用CADと専用CADがある。前者は、何にでも使えるように設計されている。開発する対象により、建築CAD、機械CAD、電子回路CADなど、それぞれ特化した機能があり、細かな設計までが行え、その分、熟練し使いこなすまでに、教育、学習を必要とする。この様な事情によ

り、初心者が、気軽に使える用途にあわせたCADを見つけることは難しい。そこで、本研究では初心者でも簡単に使いこなすことが出来、3Dプリンタでの出力が簡単である専用CADを研究し開発した。

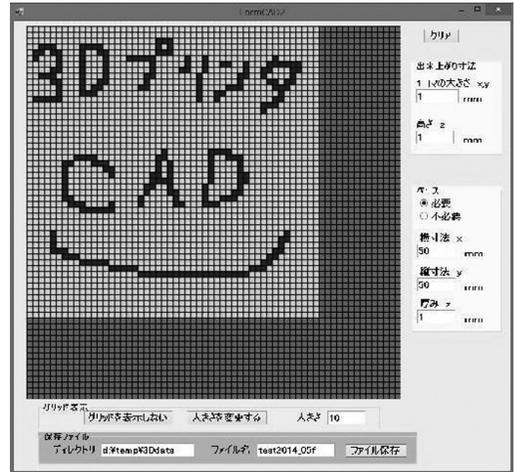


図3 簡易CADの制作画面例

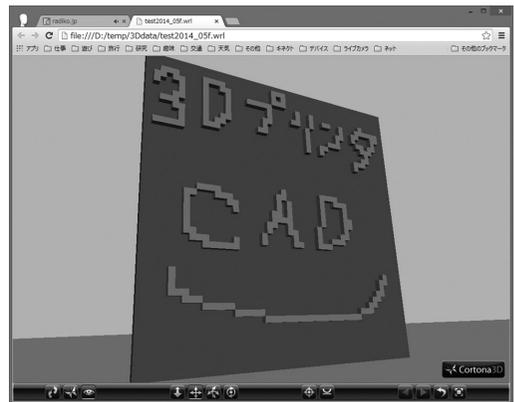


図4 簡易CADのWeb3D表示画面例

図3は開発したCADの作図画面である。非常に操作が簡単で、直感的に扱うことが出来る。また、次の図4は、Web3Dによる3次元表示であり、簡単な操作で多方面から見た画像が表示できる。HTML文法で書かれたホームページと同様に、インターネットで公開が簡単に出来る。

4.1 STL形式のデータ

STLファイルフォーマットは、3Dsystem社によって開発された3次元CAD用のファイルフォーマットであり、3三角形面素で3次元形状のサーフェスを表したものである。

図5に例を示す。

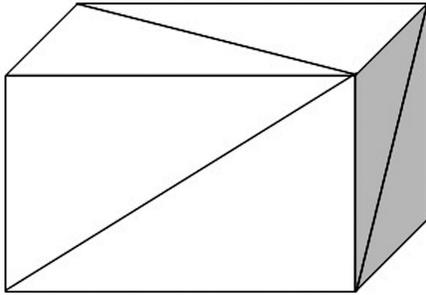


図5 3三角形面素へのサーフェス分割

3三角形面素は、図6に示したように、3つの頂点のx, y, z座標とその法線ベクトル \vec{n} で表わされる。

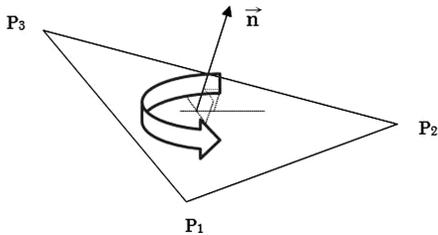


図6 3三角形面素の3頂点と法線ベクトル

ここで、3三角形の3頂点の座標が $P_1(p_{1x}, p_{1y}, p_{1z})$, $P_2(p_{2x}, p_{2y}, p_{2z})$, $P_3(p_{3x}, p_{3y}, p_{3z})$,

であるとしたとき、この3三角形の法線ベクトル $\vec{n}(n_x, n_y, n_z)$ は

$$\begin{aligned} &\text{ベクトル } \vec{a}(a_x, a_y, a_z) \\ &= (p_{2x} - p_{1x}, p_{2y} - p_{1y}, p_{2z} - p_{1z}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &\text{ベクトル } \vec{b}(b_x, b_y, b_z) \\ &= (p_{3x} - p_{1x}, p_{3y} - p_{1y}, p_{3z} - p_{1z}) \end{aligned}$$

から

$$\begin{aligned} (n_x, n_y, n_z) &= \left[\begin{array}{c} |a_y a_z|, |a_z a_x|, |a_x a_y| \\ |b_y b_z|, |b_z b_x|, |b_x b_y| \end{array} \right] \\ &= (a_y b_z - a_z b_y, a_z b_x - a_x b_z, \\ &\quad a_x b_y - a_y b_x) \end{aligned}$$

と算出される。

STLフォーマットでは、3三角形面素を次のように記述する。

```
facet normal  n_x n_y n_z
outer loop
vertex  p_1x p_1y p_1z
vertex  p_2x p_2y p_2z
vertex  p_3x p_3y p_3z
endloop
endfacet
```

法線ベクトル $\vec{n}(n_x, n_y, n_z)$ は単位ベクトルであり、3三角形の表側を示している。

開発を行ったCADプログラムでは、図7に示したように、6面体のブロックを12個の3三角形面素に分け、

各々の法線を求めている。

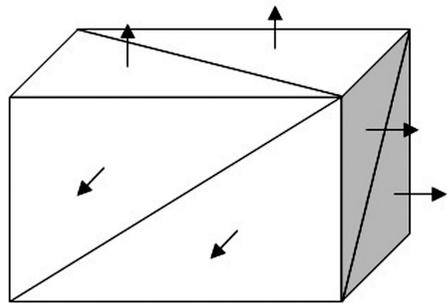


図7 3三角形面素へのサーフェス分割と法線

5. 簡易CADの応用

本システムは様々な応用分野が期待される。以下、筆者の考案した応用例を示す。

5.1 点字の作成

点字は、基本的な応用例である。図8, 9, 10に各々点字の簡易CADの制作画面例, Web3D表示画面例, 3Dプリンタ出力例を示す。

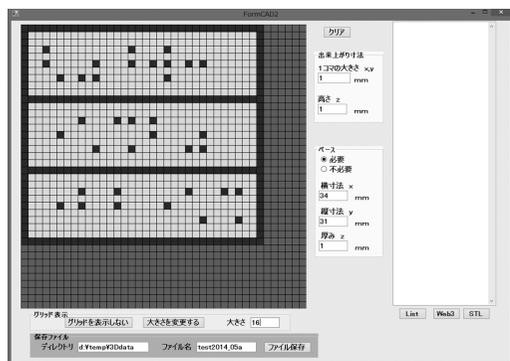


図8 簡易CADの制作画面例 点字

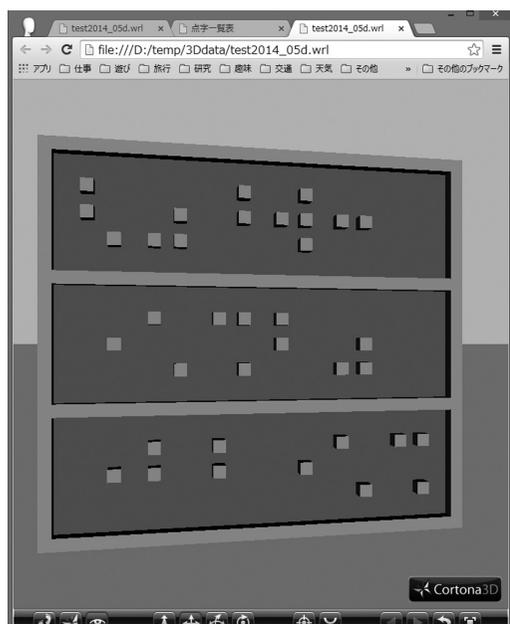


図9 簡易CADのWeb3D表示画面例 点字

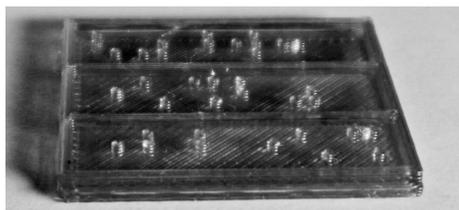


図10 簡易CADによる3Dプリンタ出力例 点字

点字は一般的には紙ベースで打たれる、本研究の造形物はプラスチックであり、紙とは読むときの感覚が異なり、違和感を覚える。少々の慣れを必要とする。

5.2 グラフの作成

点字は、本来文字を意識して作られており、図を作ることには不向きである。しかし、応用として点図があり、簡単なものは点図で表現できる。しかし、実際には、晴眼者が日ごろ使う、地図、解説図面に至っては極めて表現がむづかしく、仮に作成したとしても、量が大きくなり、多ページに渡るものができてしまい、ページ間での対応付けが把握しがたく、実用に供さないものが出来上がってしまう。

この、グラフへの応用は、特に中学校の数学や理科、社会科などで、簡単に立体把握を可能とする、視覚障がい者にとって画期的な応用事例である。図11, 12, 13に各々グラフの簡易CADの制作画面例, Web3D表示画面例, 3Dプリンタ出力例を示す。

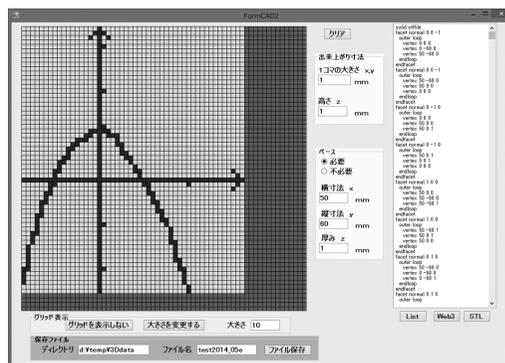


図11 簡易CADの制作画面例 グラフ

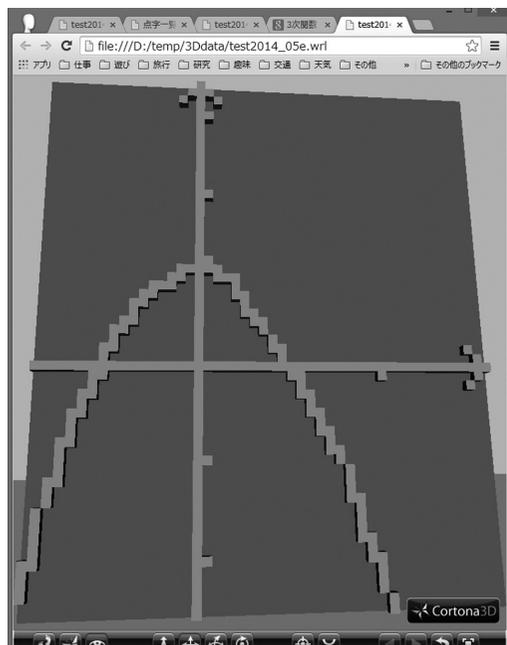


図12 簡易CADのWeb3D表示画面例 グラフ

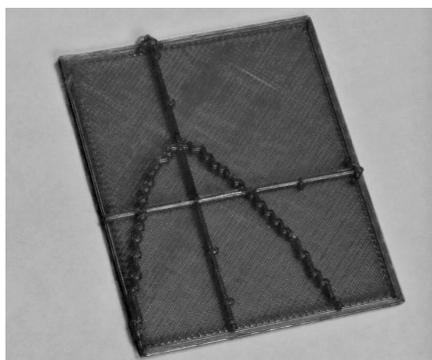


図13 簡易CADによる3Dプリンタ出力例 グラフ

うはいかなくなる。

例えば、離れた町に行き、道路案内地図が必要となる場合、携行困難な紙系の点図を急きょ作成し持ち運び使用することもままならず、スマートフォンのナビ機能も視覚障がい者には使い辛い。

ほかの例では、地下鉄の構内で火災が起きた時などの避難ではどうであろう。確かに、壁に点字の案内図(図15)があるが、非常時には全く用をなさないであろうし、点字が読めない視覚障がい者にとっては判読不可能である。

本研究の街路図(図15)は、持ち運びが簡単で、点字が読める読めない、視覚障がいがある無しに関わらず判読が可能である。これは、非常に大きな利点である。図14, 15, 16に各々街路図の簡易CADの制作画面例, Web3D表示画面例, 3Dプリンタ出力例を示す。

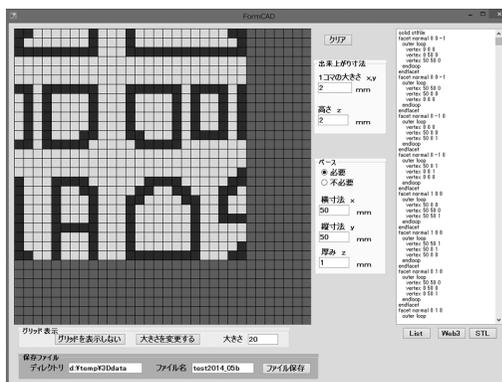


図14 簡易CADの制作画面例 街路図

5.3 街路図の作成

前項のグラフの作成の中で述べたように、視覚障がい者にとっては図形の把握が難しいということであり、さらに問題なのは、空間的把握が難しいことがある。

生活圏での歩行訓練により、いつもの道では、道路工事、目標物の消失などの変更が無い限り、困ることはなく迷子になることなく歩くことができる。

しかし、非日常的なことがある場合は、こ

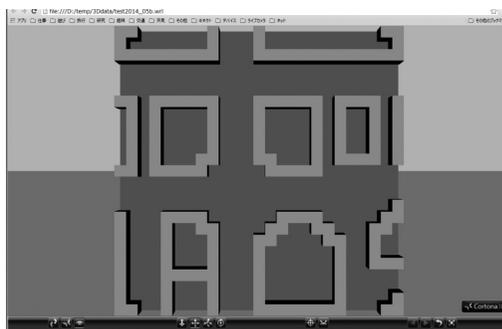


図15 簡易CADのWeb3D表示画面例 街路図

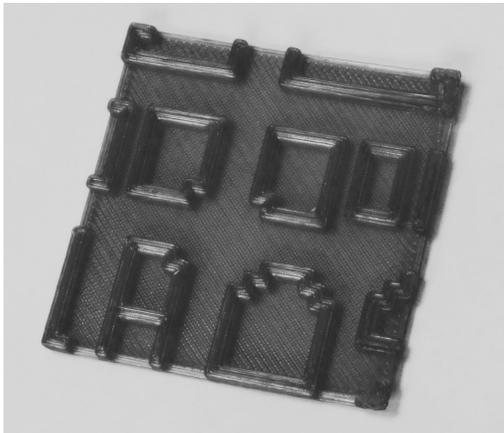


図16 簡易CADによる3Dプリンタ出力例 街路図

6. まとめと結論

3Dプリンタを簡単に使えるようにするため、簡易CADを作成した。そしてこのCADで出力した立体造形物は、視覚障がい者（点字が読める者、読めない者）から弱視者、晴眼者までシームレスに使い、役に立つようにした。

また、点字板、街路図、学習応用に役立つものを応用として例示した。とても軽く、コンパクトで携帯にも向いており、耐水性に秀でている（プラスチックであるため）。製造コストも数十円程度と十分実用可能である。

7. 今後の課題

まず課題としては、応用の幅をもっと広げることが、まだまだ可能で工夫しだいであり、アイデアを出して行き、さまざまな応用に繋げていきたい。

CADも必要な機能、精度を考え、改良す

る必要があり、実行して行く。

本技術は、待ち望まれているもので、今後の展開が期待されており、関係各所と連絡を取り合い、要望を精査し、実現に繋げていくことが、今後の課題である。

8. 参考文献

- [1] 西尾吉男, 横井茂樹, 林敏夫; ”コンピュータグラフィクスを利用したガラス容器デザインシステム”, 情報処理学会論文誌, 第36巻第1号, pp187-195
- [2] 西尾吉男; “インターネットを利用したコラボレーションツールの開発とバーチャル店舗”, 金城学院大学社会科学編, 第44号, pp61-71,2002.3
- [3] Y.NISHIO,T.YASUDA,S.YOKOI; “Design and Contents of a 3Dblog System and its Applications to Edutainment”, *Technologies for E-Learning and Digital Entertainment, LNCS3942, (Edutainment 2006 Lecture Notes in Computer Science)*, pp552-565,2006.4
- [4] 西尾吉男, 柏倉秀克; “視覚障害者のためのインターネット利用に関する研究”, 情報処理学会 第57回全国大会講演論文集,1998.9
- [5] 西尾吉男, 横井茂樹; “モンゴル語における点字とモンゴル語点字ワードプロセッサの研究開発”, 情報文化学会 第11回情報文化学会全国大会論文集, pp60-63,2003.10