

マイクロコンピュータによる立体視用透視図作成

井上 雅夫*

Drawing Stereoscopic Illustrations
Using a Microcomputer

Masao INOUE

Illustrations in textbooks are often expressed as perspectives. But students may sometimes have only a vague appreciation for their three-dimensional aspects. One of the solutions to these difficulties is the use of stereoscopic illustrations.

Drawing stereoscopic illustrations of a horse-shoe magnet in various dispositions were made. Then a stereoscopic illustration showing components of the earth's magnetic field was drawn. Drawings were carried out by handwriting based on points plotted with a microcomputer.

まえがき

理科に限ったことではないが、教科書の図版のなかには、透視によって立体的表現を試みているものが随所に見られる。それらの図が、内容理解を容易にするたすけとなっているであろうことは、期待される。各種実験装置のふ観図、樹幹の断面、気象における前線の構造の模式的ふ観図、地球内部構造の図など、教科書中にしばしば見られるこれらの図によって、充分立体感は得られる。

しかし、三次元的(空間的)理解が必要であるにもかかわらず、図を見るだけではそれがなかなかむずかしいものも多い。三次元的に単純な単位のくり返し(たとえば原子・分子の立体的配列)

を示す図や抽象的図形などはこれにあたるであろう。

立体を、一つの透視図で表現するのでは十分な理解を得にくい場合、立体視によって理解のたすけとする方法がある。

ある物体を左目で見た像と右目で見た像とは異なる。われわれは、両目で見ることによって、ものの遠近を的確にとらえているわけである。したがって、左目で見た像と右目で見た像の二つを図示して、それぞれを、左目だけ、右目だけで見るならば、一個の物体の像が空間にうかんで立体的に見えるはずである。この二つの図は、カメラを2台用いて左右両眼で見たように撮影した2枚の写真であってもよい。しかし、当該物体の空間に

* 岩手大学教育学部理科

おける座標が与えられれば、それを基に計算して作図することも可能である。

本論文では、マイクロコンピュータ (NEC PC-8801) を使用して、座標計算、作図の基となる点をプロットさせて、立体視用の透視図を描いた。本論文の目的は、ある物体 (U形磁石と1本の棒) を種々の方向から見た図を比較して、いずれの場合が立体視に適しているか検討することが一つで、次いで、地磁気の成分を示す図を一つの応用例として作成することである。

1. 立体視用の透視図作成

1. 透視図作成のためのプログラム

立体視用の透視図作成のためには、位置ベクトルのマトリックスによる変換を含んだプログラムもつくられている (例: Rogers and Adams, 1976)。今回筆者が作成したプログラムのアルゴリズムの相当部分はこのプログラムによる。しかしマトリックスの演算を行なうために使用されているコマンド MAT に当たるコマンドを日本電気の N₈₈-BASIC は持っていない。また、当面の演算には、マトリックス演算のための汎用サブルーチンを必要とするほど複雑な演算はない。したがって、プログラム中に必要な演算式を置いて処理した。

描画は、X-Yプロッターによることも可能であるが、陰線処理のプログラムが複雑になるので、描画のために必要な点 (例: 直線の両端、曲線をなめらかに描くための曲線上の数点) をプリンターでプロットさせて、手書きで作図する方法をとった。これら描画の基になる点の座標は、プログラムのなかに DATA として置いてある。

使用したプログラム (第1表) の概要は、つぎの通りである。本プログラムは、第2図および第3図の描画に用いたものである。第5図の描画に用いたプログラムは、本論文にのせないが、上記プログラムの DATA を変更しただけである。

30行 「テン ノ カズ」は、描画の基にした点の数であり、その座標値を DATA として 300~400行に入れてある。

50~70行 座標値を配列に読み込む。

80~100行 l, m, n の入力。それぞれ X 軸, Y 軸, Z 軸正方向への移動量。

110~150行 80~100行で入力した数値により、図形の重点をほぼ原点近くに移動する。

160~170行 図形を Y 軸のまわりに回転する。Y 軸正方向より見て、反時計方向に回転する場合を正とする。160行で度で入力した回転角を、170行でラジアンに変換。

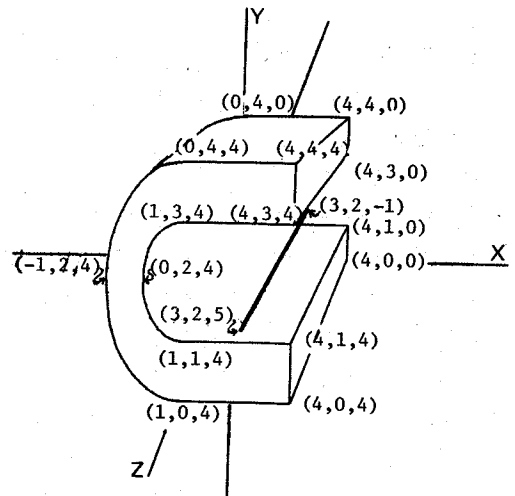
180~210行 回転に伴う新座標の計算。

220~290行 図形の右目に映る像と左目に映る像の二次元座標を算出し、プリント。

300~400行 各点の X, Y, Z 座標のデータ。すなわち、三つ一組で1点をあらわす。本プログラムでは、74点のデータが入っている。

2. 作図例の1-U形磁石と1本の棒

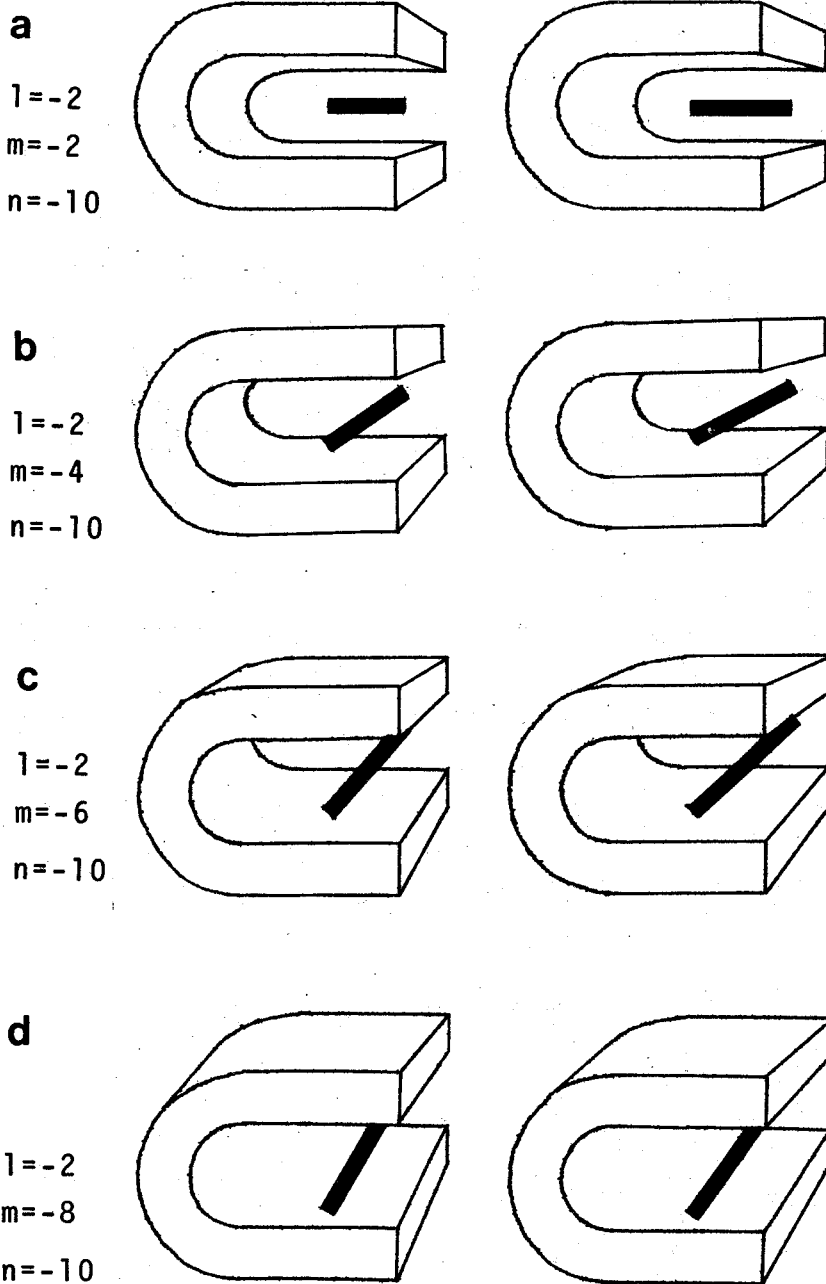
U形磁石ならびにその NS 両極の間に水平に配置した1本の棒 (第1図) について、これを立体視するための図を作成した。



第1図 U形磁石と1本の棒。作図の基にした主要な点の座標。見えない部分の座標は示していない。これらの座標値を第1表のプログラムの DATA (300~400行) としている。

第1図のように配置したU形磁石を手前右から見た図とするため、Y軸の正方向から見て時計まわりに20度の回転を行なった。これは、第2図お

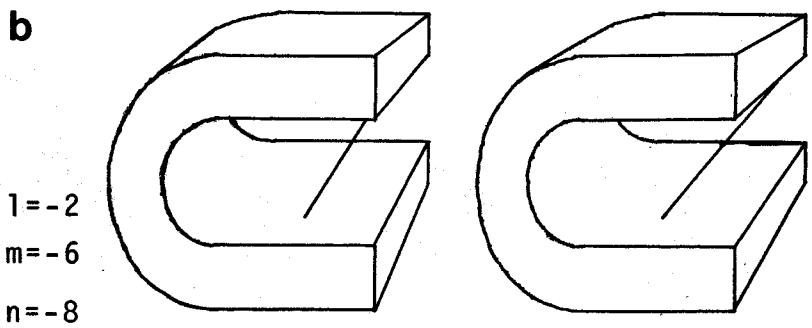
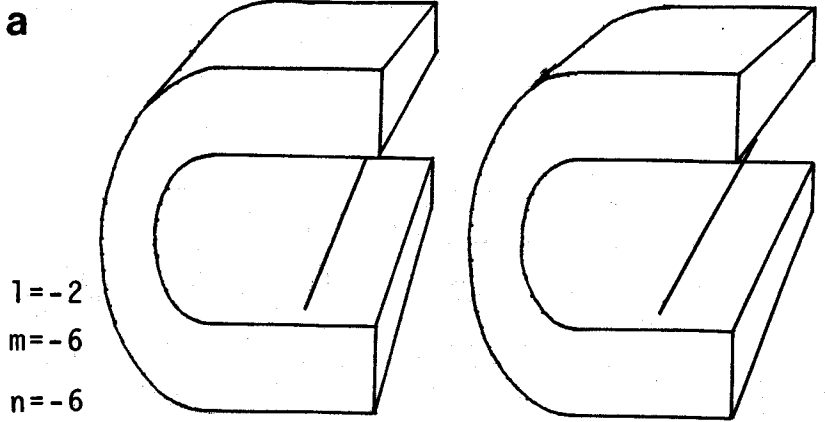
よび第3図に示した図示例のいずれにも施した共通の操作である。



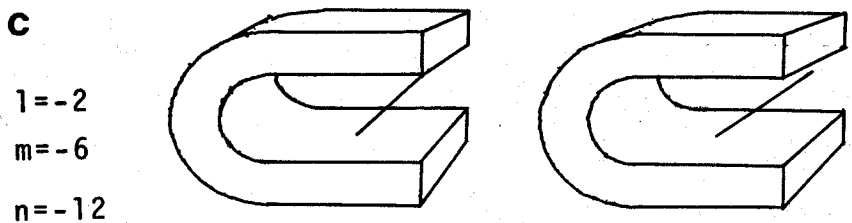
第2図 U形磁石と1本の棒を立体視するための透視図。Y軸方向の移動による見え方の違い。立体視のし方については本文参照。

Y軸方向に物体を移動させる場合、正方向に移動させれば下から見上げた図になるが、通常は、真横からながめた図（第2図a）かふかん図（第2図b-d）とするであろう。ここでは、Y軸の負方向に物体を移動させた場合（ $m=-2\sim-8$ ）を例示した。第2図のうちでどれが適当かは、図

がなにを表現したいかという表現内容によって決められるであろうが、真横から見た図（a）よりはふ観図の方が、空間的配置がよりよく示せると考えられる。ふ観図のうちのcについて、物体を視点に近づけたり視点から遠ざけたりする操作を試みた。



（第2図cの透視図がこの位置に入る）



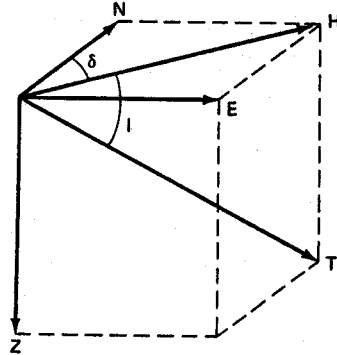
第3図 U形磁石と1本の棒を立体視するための透視図。Z軸方向の移動による見え方の違い。

視点からの距離を変化させるのは、Z軸方向に沿う移動である。Y軸方向への移動を $m = -6$ 行なったU形磁石を、 $n = -6, -8, -10, -12$ と視点から遠ざけてゆく図が第3図(第2図cも参照)に示される。このうちどれが好適な図であるかの判断はかなり主観的にならざるを得ないであろう。ただ、実物の上下・左右の長さの比が1:1に近く表現されており、立体視したときの立体感が良好な図ということであれば、第2図cか第3図cが適当となろう。

3. 作図例の2—地磁気の成分

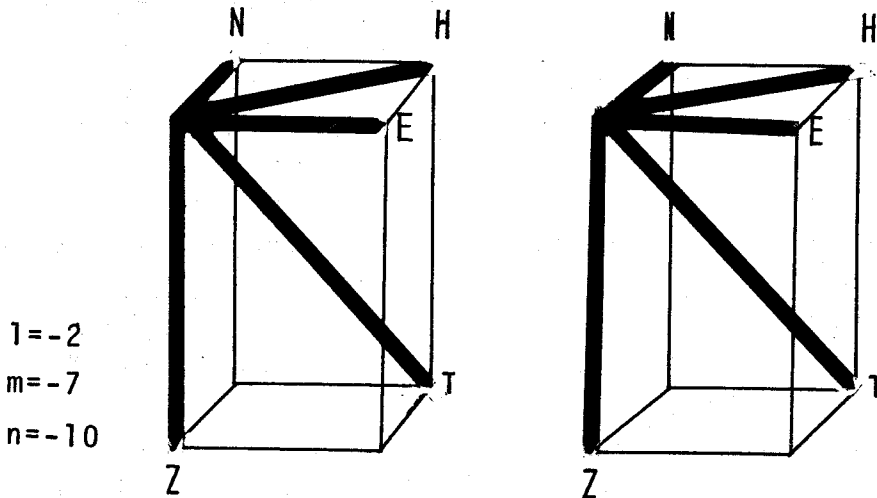
高校の地学教科書には、地磁気の三要素(偏角・伏角・水平分力)を示す図がのせてある。多少の相違はあるが、第4図に示すようなものである。基本的には直方体であり、きわめて単純な構図から成る。しかし、こうした二次元表現の図から三次元的内容を頭に描くことを不得手とする人もいるであろうし、初学者のなかには誤まった空間的

イメージでとらえる者があるかもしれない。



第4図 地磁気の成分、N:北;E:東;Z:鉛直分力;H:水平分力;I:伏角; δ :偏角;T:全磁力(Harrisによる。Kennett, 1982から引用)。

第5図は、第4図で示された内容を立体視できるようにした図である。図中の文字も立体視できるようにしてある。



第5図 第4図を立体視用に作図したもの。

本図作成のためのプログラムは示さないが、作図の基になった点の数は、直方体の頂点8個、文字を描くための点19個、計27個であり、前述のU形磁石の場合74個に比べきわめて少ない。

4. 立体視を有効に用いた例

立体視を実用的に用いた例としてよく知られているのは、航空写真の利用であるが、対象が地形・地質・植生の観察と明白に限られている。

あ と が き

空間的広がりを有する任意のものを空間的イメージでとらえるための手段としての立体視の活用例は比較的少ないといってよい。ここでは、二つの例をあげる。

一つは、日本周辺の震源分布を立体視できるようにした吉井(1978)の試みである。周知のように地震の震源の深さは深浅さまざまである。日本周辺では太平洋側から大陸側へ震源の深さが深くなってゆく傾向が明瞭に認められる。ベニオフゾーンとよばれるこの震源分布のようすは、日本列島の南北断面・東西断面として示すよりは、吉井の図のように日本の直上から見おろした立体視図で見たほうがわかりやすい。吉井はこの図の作成をプロッターで行なっている。

もう一つは、化学教科書での立体視活用例である(Brady and Humiston, 1975)。本書は、立体化学が含まれており、わが国の現行化学Ⅱから大学教養課程レベルの内容を持つ。図版のかなり多くが立体視用の図であり、付録として眼鏡もついている。

図を豊富に使用したが、図に関しては、三次元的概念の伝達を二次元的図に依存した他教科書の大きな難点を克服したと思う。こうした二次元的図はよく描かれていることが多く、化学者にはその表現内容がわかるのだが、学生は化学者ではない。一般化学の課程を終了しても、大多数の学生は化学の三次元的な面をあいまいにしか理解していない。そのうえ、二次元的表現のなかには、化学者にさえ理解困難なものがある(たとえば球の最密充填)。化学者もわからないとしたら、初心者はあわれだ!

これらの難点を解決するのは、立体視の活用であり、教育上望ましいと考えられる場合にはつねに立体視の図を用いた。これらの図にたいする学生の反応は良好であった。学生は、きわめて有用な教材とみた。(後略)

上書のまえがきにはこのように述べられている。

教科書の図版には透視図表現のものが随所に見られる。これらをすべて立体視化することは、教科書のページ数からみて困難であるし、立体視しなくても充分理解できる内容も多い。しかし、Brady and Humiston (1975) がいうように、専門家にはよくわかるほどたくみな図であっても、初心者には難解な図もあるであろう。こうした図に関して、立体視化が好ましい効果をあげるのであれば、立体視用の図を作成するべきであろう。

コンピュータがかなり普及し、比較的安いX-Yプロッターも入手できるようになったこのごろでは、立体視用の図作成はそれほど困難ではなくなった。

問題は、立体視したほうが教育効果、学習効果が上がる図の選定と、対象図形の空間における三次元座標の決定である。前者のためには、教育現場における検討が必要であろう。

立体視の方法について簡単に述べておく。原理的には、左の図は左目で、右の図は右目で見る事ができればよい。慣れれば肉眼でしゅん間的にできるが、むずかしければ、左右両図の間に下敷などをおいて左目と右目の視野を分けることで練習をはじめてもよい。もっと効果的なのは、航空写真の立体視のため使用する簡易実体鏡(2枚の凸レンズを用いた眼鏡)を用いることである。

REFERENCES

- Brady, J. E. and G. Humiston: General Chemistry: Principles and Structure. John Wiley & Sons, 1975, 733 p.
- Kennett, J.: Marine Geology. Prentice-Hall, 1982, 813 p.
- Rogers and J. A. Adams: Mathematical Elements for Computer Graphics.

McGraw-Hill, 1976. (山口富士夫訳『コン
ピューターグラフィックス』日刊工業新聞社,
1979, 259頁)

Key Words: science education, display
system

吉井敏尅: 日本列島付近の基礎的な地球物理データ。
科学, Vol. 48 (1978), 489 - 494。

第1表

```
10 SCREEN 2
20 CLS 3
30 INPUT "テンノカス=";P
40 DIM X(P),Y(P),Z(P),A(P,2),B(P,2),X2(P),Z2(P),P1(P),P2(P),Q1(P)
50 FOR I=1 TO P
60 READ X(I),Y(I),Z(I)
70 NEXT I
80 INPUT "l=";L
90 INPUT "m=";M
100 INPUT "n=";N
110 FOR I=1 TO P
120 X(I)=X(I)+L
130 Y(I)=Y(I)+M
140 Z(I)=Z(I)+N
150 NEXT I
160 INPUT "カイテンカク=";T1
170 T2=T1/57.2957795#
180 FOR I=1 TO P
190 X2(I)=X(I)*COS(T2)+Z(I)*SIN(T2)
200 Z2(I)=Z(I)*COS(T2)-X(I)*SIN(T2)
210 NEXT I
220 FOR I=1 TO P
230 P1(I)=2.5+(50*X2(I)-125)/(50-Z2(I))
240 P2(I)=-2.5+(50*X2(I)+125)/(50-Z2(I))
250 Y(I)=Y(I)/(1-Z(I)/4)
260 LE=3.2+2.5*N/(50-N)
270 X=300+25*(P1(I)+LE):Y=100-40*Y(I):PSET(X,Y)
280 X=300+25*(P2(I)-LE):PSET(X,Y)
290 NEXT I
300 DATA 0,2,0,-1,2,0,1,4,0,1,3,0,1,1,0,1,0,0,4,4,0,4,3,0,4,1,0,4,0,0
310 DATA 0,2,4,-1,2,4,1,4,4,1,3,4,1,1,4,1,0,4,4,4,4,4,3,4,4,1,4,4,0,4
320 DATA 3,2,-1,3,2,5
330 DATA .4,1.2,0,.2,1.4,0,.0834848,1.6,0,.020204,1.8,0
340 DATA .4,1.2,4,.2,1.4,4,.0834848,1.6,4,.020204,1.8,4
350 DATA .020204,2.2,0,.0834848,2.4,0,.2,2.6,0,.4,2.8,0
360 DATA .020204,2.2,4,.0834848,2.4,4,.2,2.6,4,.4,2.8,4
370 DATA .12822,.2,0,-.2,.4,0,-.428286,.6,0,-.6,.8,0,-.732051,1,0,-.833031,1.2,0
,-.907879,1.4,0,-.959592,1.6,0,-.989975,1.8,0
380 DATA .12822,.2,4,-.2,.4,4,-.428286,.6,4,-.6,.8,4,-.732051,1,4,-.833031,1.2,4
,-.907879,1.4,4,-.959592,1.6,4,-.989975,1.8,4
390 DATA -.989975,2.2,0,-.959592,2.4,0,-.907879,2.6,0,-.833031,2.8,0,-.732051,3,
0,-.6,3.2,0,-.428286,3.4,0,-.2,3.6,0,-.12822,3.8,0
400 DATA -.989975,2.2,4,-.959592,2.4,4,-.907879,2.6,4,-.833031,2.8,4,-.732051,3,
4,-.6,3.2,4,-.428286,3.4,4,-.2,3.6,4,-.12822,3.8,4
```