

星空天球を求める

— 星空天球表示プログラムの作成 —

中村 泰久 (理科教育教室)

1. はじめに

星空に子どもたちが初めて系統だてて着目することになるのは、小学校で星の学習をする際であろう。それは新学習指導要領では小学校6年である。それ以前にも「太陽と月」について5年生で学習するのであるが、そこでは星については注目しない。6年では、星の中にはいろいろな明るさのもの、いろいろな色のあるもの、星の並びには星座として知られる特徴があること、見える位置により星の動き方に違いがあることなどを学ぶのである。

ところでこの単元は、授業を行う昼間には観察対象である星が見えないこと、星々が投影されていると考える天球が子どもたちにはなかなか認識しがたいものであること等々のため、たいへん興味を引かせることができる単元である反面、指導の困難さを感じることもある。

実際の星空の観察は、したがって夜間に子どもたちがやることになるだろうが、そのためには星々の位置が記入されたわかりやすい資料が必要である。教科書には星座早見などの利用も示されているが、それを子どもたちがそれぞれ一人で操作して実際に星の観察に使うように指導するのはそうたやすいことではない。また最近では、きわめてよくできた市販の天球シミュレーションプログラムもいくつか入手できる。しかしながらそれらは、あまりにも精巧に、かつ微に入り細に入り作られているので、かえって使いづらいし、まして子どもたちには使わせづらいものである。

それよりは、その地方のその晩の観察をさせたい星空の様子を印刷したプリントを用意してあげる方が子どもたちにとってより親切という一面もあろう。そのための資料はしかし、そうすぐには手に入らないものである。一般に、希望の地点での希望する日時望みの方向の空の様子は、用意された形では存在しない。いくつかの計算をこな

したうえで求まるものであり、学校の教員の誰にでもできることではない。

そこでここでは、たとえば小学校の現場で教員が簡単に使いやすい、あるいは場合によっては子どもたちにも使わせやすい、専用のプログラムソフトを作成し、利用に供することとした。これにより、ある観測地における望みの日時の、望みの方角・方向の星空の様子を簡単に求めることができる。授業や子どもたちの実習にもすぐに利用できよう。

2. 星空を表現する手法について

天体までの距離はきわめて大きいので、我々から見た天体は、我々を中心とする半径無限大の仮想的な球面上に投影されていると考えてよい。この仮想的な球を天球というが、実際のところ、この天球概念の把握はなかなかたいへんであり、これを子どもたちにいくらかでもつかませるために、たとえば透明半球を使い天球を模擬したりする工夫もよく行われる。しかしこれからは、この分野ではとくに、学校現場に多く入ってくるコンピュータをより有効に利用することも大いに考慮の対象としていかななくてはならない。

天球面をたとえば黒板上に、あるいはプリント上に模擬的に表す際には、いろいろ工夫をこらしても、ちょうど地球の表面を平らな地図に直すときと同じような本質的な無理が生じる。どのような模し方が子どもたちに実際に見上げる空にもっとも近い印象を与えるかは別個に考察すべき課題であるが、ここではそのことについては言及せずに、地図の世界では“正距方位図法 (Azimuthal Equidistant Projection)”として知られる手法にのっとり、天球面上の星空をパソコン画面に、そしてそのハードコピーをとることによりプリント上に模擬することを考える。

実際に子どもたちが星などの天体を見るときに天球は図1のようなもので、この場合は地平座標

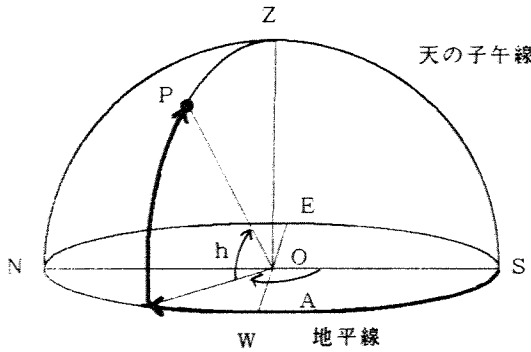


図1 天球と地平座標

図中のOは観察者、Zは天頂、S、N、E、Wはそれぞれ南点、北点、東点、西点、Pはある恒星の位置を表す。また、A、hは方位角と高度である。

と呼ばれる座標（方位角A、高度h）で星の見かけの位置が表されることが多い。ここでは、方位角は図のように南点Sより西回りに測る。一方、恒星の天球面上の位置は赤道座標で表されているので、両座標間の変換が必要となる。もちろんこういった話はここでの説明のために取り入れるもので、座標自身の説明は小学校段階では不要であり、教師自身も必ずしも慣れてはいないことであろう。

さて、天球上に配置されているいろいろな恒星が、ある与えられた日時、ある地点から見た任意の方角・方向の空にどう見えるかを2次元のパソコン画面に表示するためには、何段階かの計算が必要である。具体的には、データとして与えられているたくさんの恒星の赤経、赤緯を、与えられた日時、地点をもとに地方恒星時を計算して地方赤道座標に変換し、これからある時点、ある地点での方位角、高度に変換することになる。この変換の仕方については中村他（1993）にあるので、ここでは繰り返さない。

ここでの問題は、このあと、天球面上の方位角A、高度hで与えられた位置にある恒星Pを平面上に投影するための変換方法である。正距方位図法にしたがって、図2のように、方位角 A_0 、高度 h_0 の点Qを中心とする平面に天球面を投影することを考える。図に示すように、点QとZを通る大円上にy軸を、Qでこれと直交する大円上にx軸をとり、投影の中心Qから点Pまでの大円の弧の長さをr、大円とx軸とのなす角を θ とする。変換のための式を求めることは結局、図3のような

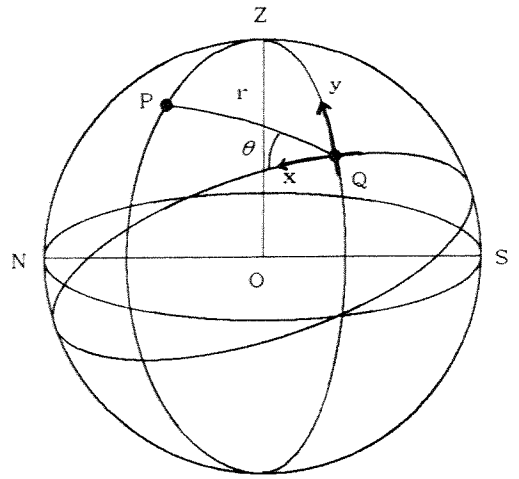


図2 正距方位図法による投影の説明

Q(A_0 , h_0)が投影の中心となる。図のようにx、y軸およびr、 θ をとる。

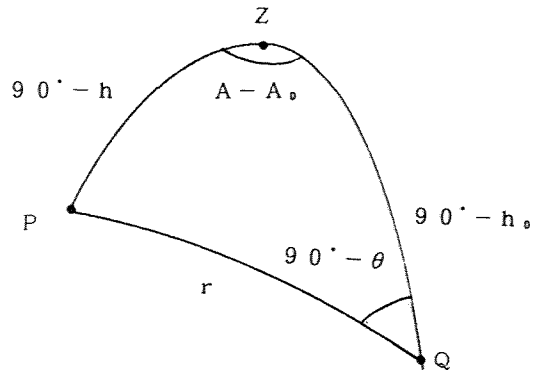


図3 変換のための基本球面三角形

球面三角形に対して基本公式を適用することになり、整理すると次の3本の式が得られる。

$$\begin{aligned} \cos r &= \sin h \sin h_0 \\ &\quad + \cos h \cos h_0 \cos (A - A_0), \\ \sin r \cos \theta &= \cos h \sin (A - A_0), \\ \sin r \sin \theta &= \sin h \cos h_0 \\ &\quad - \cos h \sin h_0 \cos (A - A_0). \end{aligned} \tag{1}$$

すると、図4のような投影の中心点Qを中心とするx、y座標上では、恒星Pはいま求めたr、 θ に対して

$$\begin{aligned} x &= r \cos \theta, \\ y &= r \sin \theta \end{aligned} \tag{2}$$

で与えられる位置に投影される。

このようにして天球面上の任意の天体の位置を

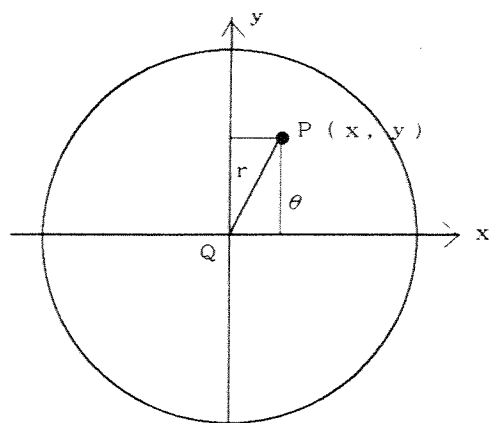


図4 投影された天球面

2次元の平面（ディスプレイ画面）上に展開することになるが、ここでは具体的な投影の中心として、地平線上の南点（ $A = 0^\circ$ ）、北点（ $A = 180^\circ$ ）、東点（ $A = 270^\circ$ ）、西点（ $A = 90^\circ$ ）、および天頂（ $h = 90^\circ$ ）の5点を考えている。

ここで使う明るい恒星のデータとしては、Lang（1992）にある“Brightest Stars”の表をイメージスキャナーで取り込んだものを使用した。天球面上の位置（赤径、赤緯）は2000年原点で与えられているので、歳差の補正はしていない。また、この表にはスペクトル型のデータもあるので、これに応じて星に色づけをした。具体的には、4096色中16色モードを使い、

- O型…明るい青、 B型…明るい水色、
- A型…明るい白、 F型…明るい黄色、
- G型…少し暗い黄色、 K型…明るい赤、
- M型…少し暗い赤

としてある。この白黒の図ではそれは判然とはしないが、カラー・グラフィック画面を使えばわかるので、星の見かけの色の違いの学習にも役立つであろう。

3. 使い方の実際

さて、2で述べた方法で作られたプログラムはどのような使い方をするのであろうか。実際に走らせたときには、次の順序でパラメータを入力することとなる。

- (1) 観察場所を番号で選ぶ（ただしここでは、東北6県および茨城の県庁所在地と東京の8地点からの選択となっている。）

- (2) 観察したい月日を入力する（たとえば10, 9）。
- (3) 観察したい時刻（中央標準時）を24時間制で入力する（たとえば20）。明らかに明るい空と判断される場合には、その旨のメッセージを打ち出す。昼間の空には違う季節に見える星座が来ていることを確かめさせることを行う可能性も考え、実行はそのまま続くように作ってある。また、ある夜半過ぎの時刻（たとえば翌日午前2時）については、天文学の世界ではよくやるように26時などとしても構わない。
- (4) どの方角、方向に向いて見るかを問いかけてくる。そこで東、西、南、北、天頂の中から一箇所をえらぶ。
- (5) 何等までの恒星を表示するかをきいてくる。星座の基本形をつくるのはだいたい3等までの星で実質的に十分であるが、実際に近づける方が児童が夜間一人で見比べるときによりふさわしいとも考え、3等までの表示か、それとも4等まで表示するかを尋ねてくるようにした。これに対しては、3または4と答えればよい。（実際には、3.4などとしてもそれに応じて選び分けをする。）

この結果、画面上にたとえば図5 a, bのような天球と星々が表示される。これは、10月9日午後8時の福島市で南の空に見える星を3.0等(a)および4.0等(b)まで表した例である。1等級暗くすると星の数がずいぶん増えるのがわかる。(以下の図はすべて3.4等まで表示した。) なお、高度を表す曲線は 10° 間隔に、方位角を表す曲線は 30° おきに表示するようにしてある。図5と同じ日時、観察地点で真上を見上げた場合の天球を図6に示した。必要な画面を表示させてコピーキーを押せば、そのハードコピーをとることができる。

4. 結果

ここで、プログラムを実際に走らせたときの結果のいくつかと使い方を紹介してみよう。もちろん子どもたちに観察させるための資料作成用として使うこともできるが、次のようにして星空の学習に利用することもできよう。

たとえばこれを使うことにより、同じ観察地点から見た1時間ごとの星々の動きがどのようなものであるかを知ることができる。図7 a, b, cは福島市における12月25日の夜7時、8時、9時

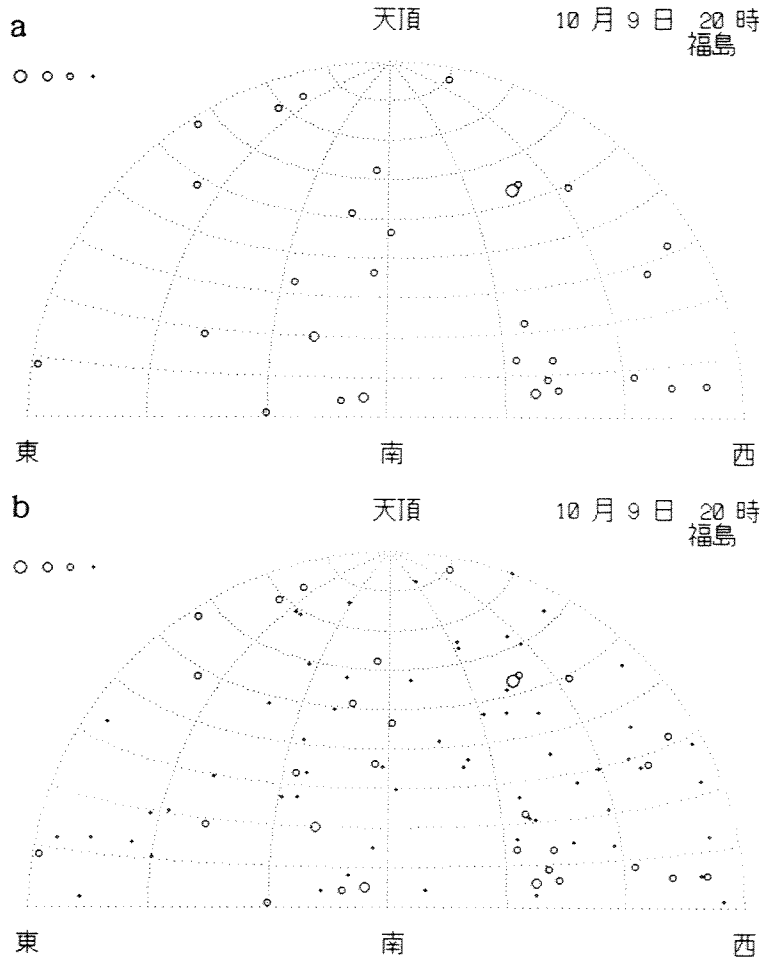


図5 福島での星空の例 (10月9日20時の南天)
aは3.0等まで、bは4.0等まで表示してある。

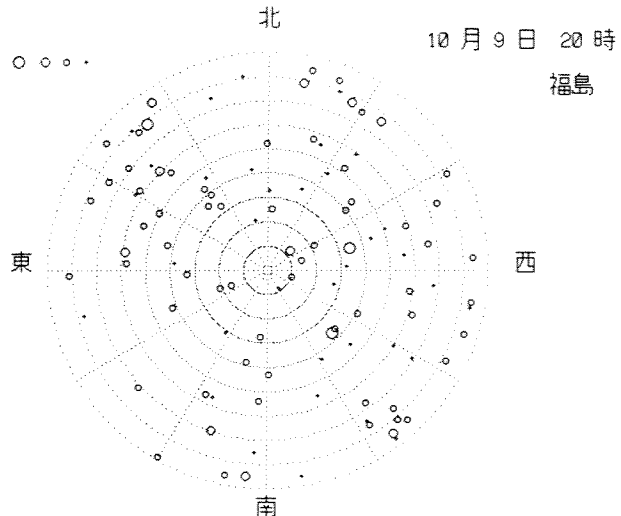


図6 福島での星空の例 (10月9日20時の天頂)
3.4等の星まで表示してある (以下同じ)。

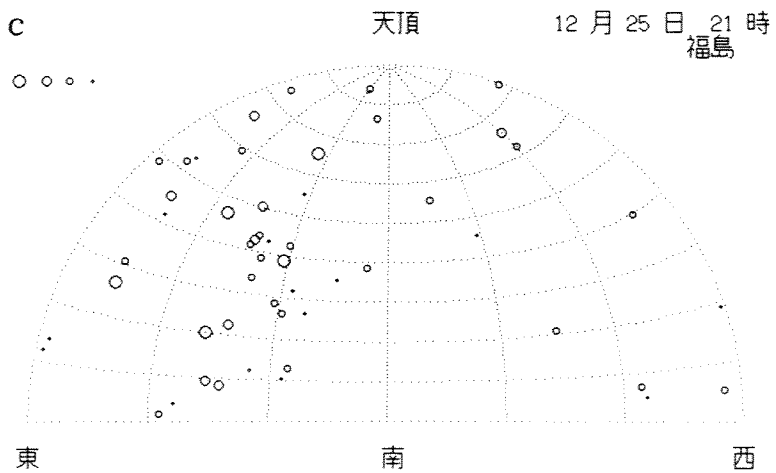
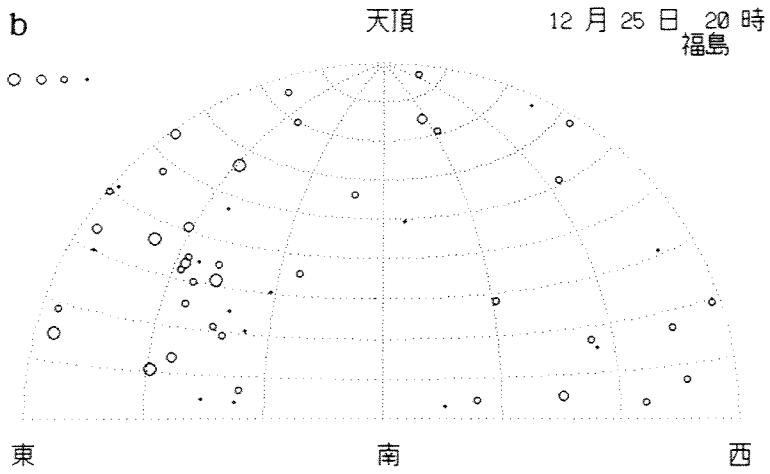
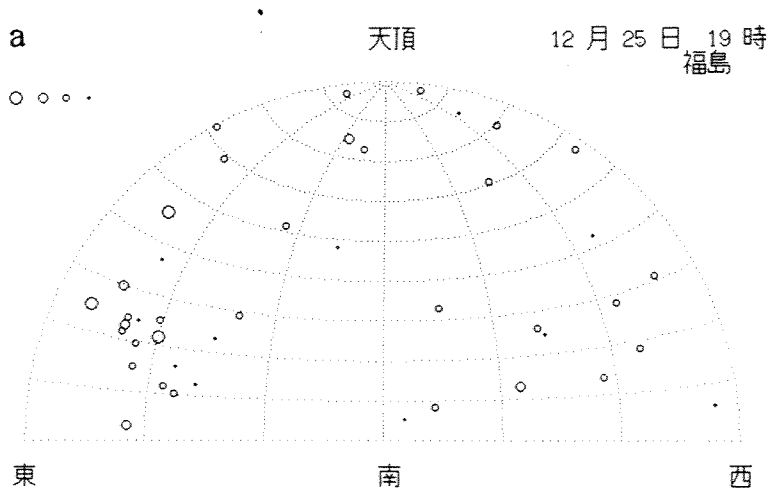


図7 福島における星空（12月25日の南天）
a は19時，b は20時，c は21時の星空。

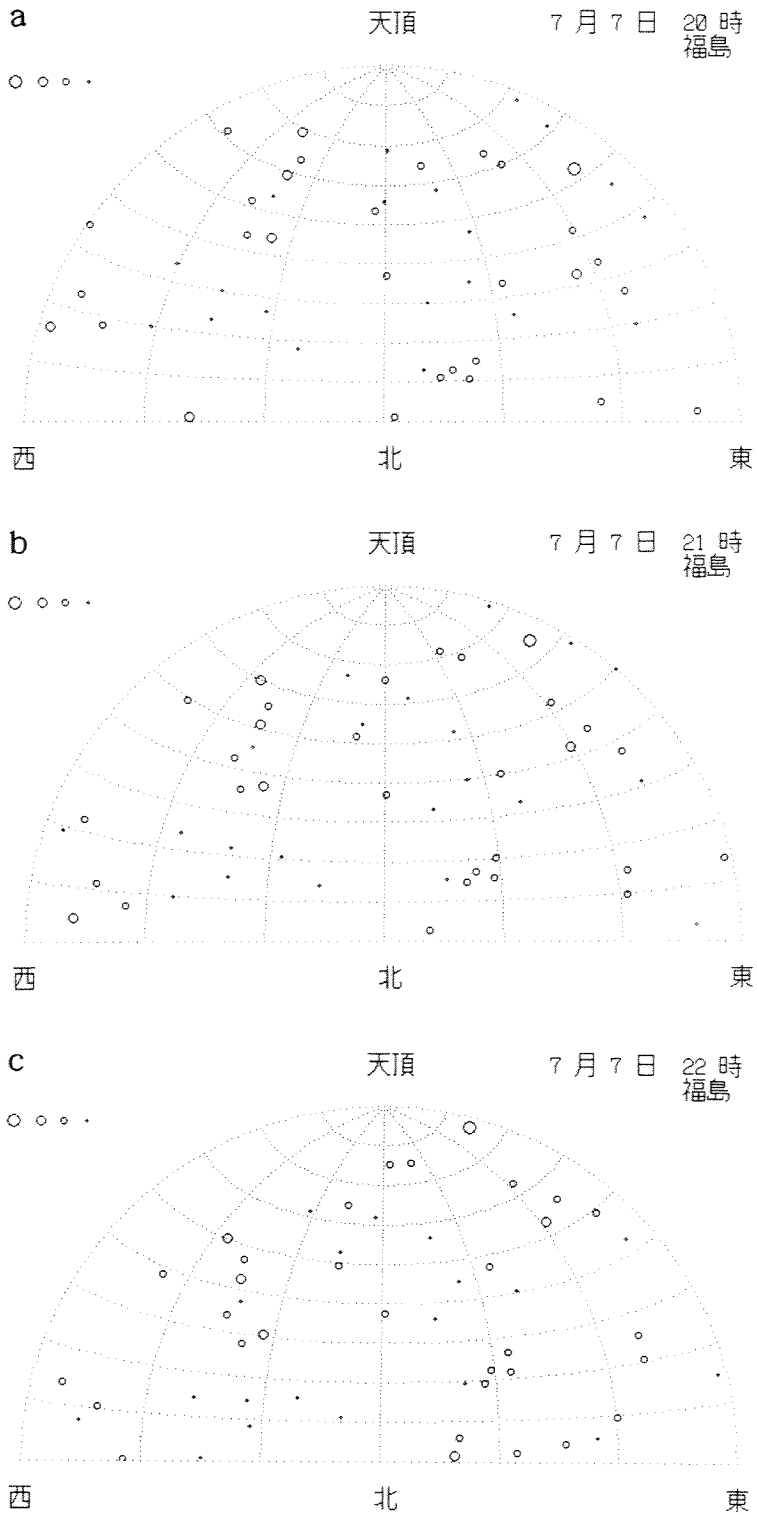


図8 福島における星空（7月7日の北天）
aは20時，bは21時，cは22時。

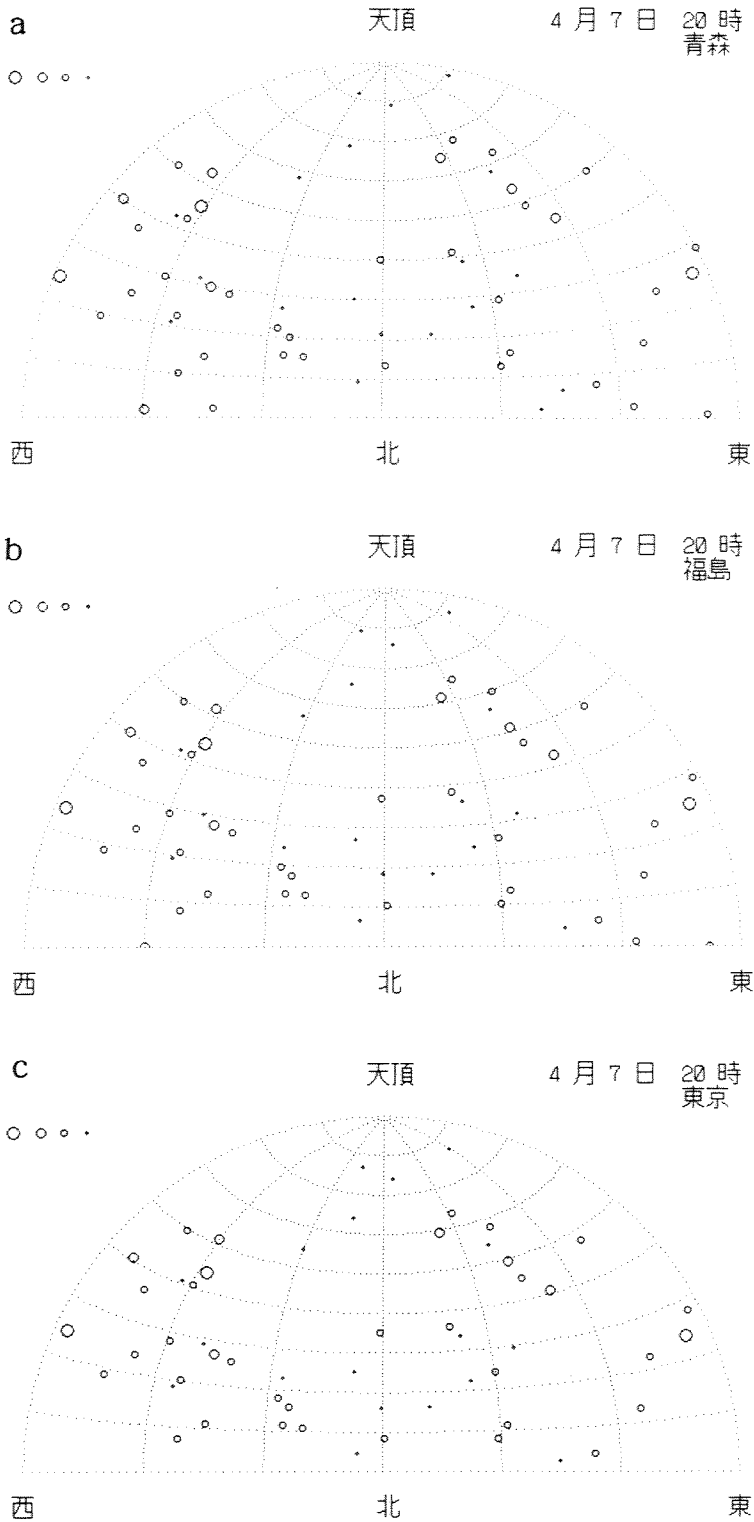


図9 青森(a), 福島(b), 東京(c)における星空の例 (4月7日20時の北天)

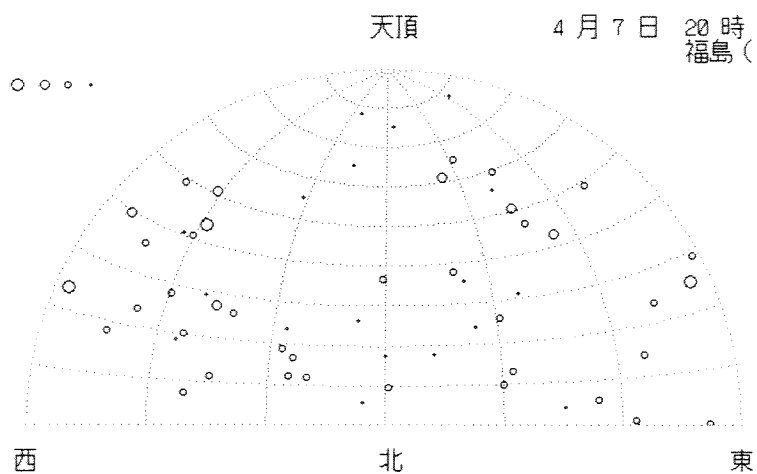
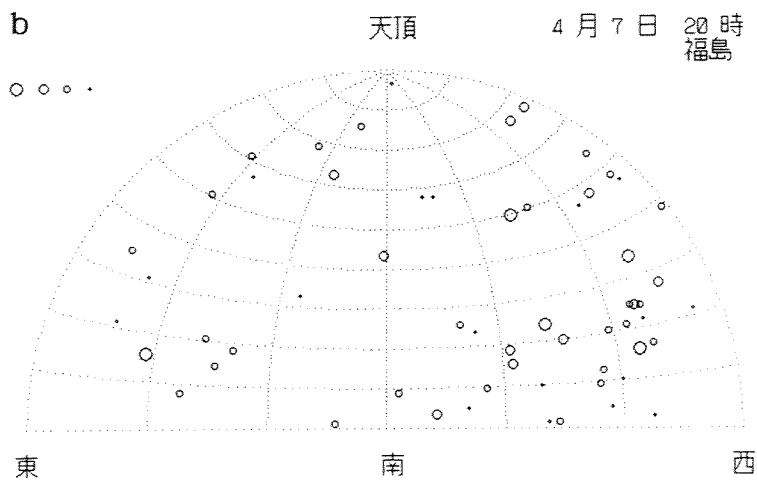
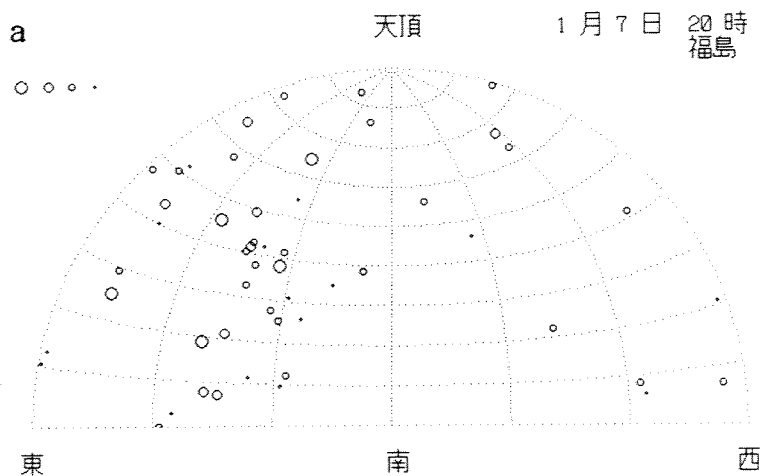


図10 いわき市における星空の例 (図9と同じ状況)



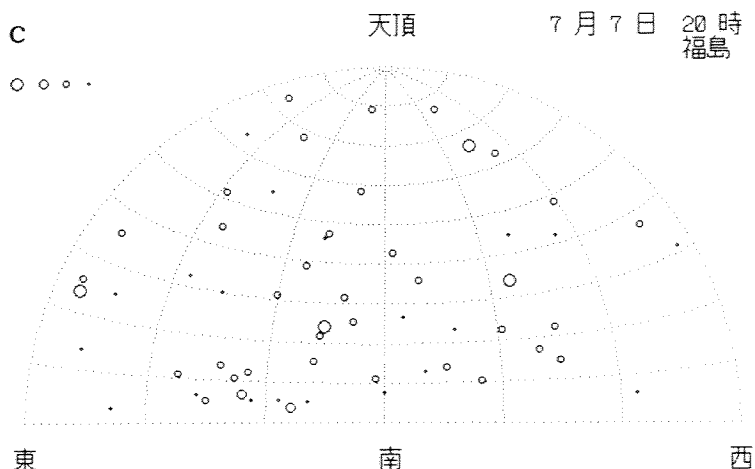


図11 福島における星空 (20時の南天)
aは1月7日, bは4月7日, cは7月7日のもの。

の南天の星空であり, また, 図8 a, b, cは7月7日の北天の夜8時, 9時, 10時の星空である。したがってそのように画面上に表示させた上で, それらのハードコピーをとり, OHP用のトランスペアレンシーにコピーすれば, 1時間間隔での星々の動きがスクリーン上に提示できることになる。教科書には南, 北, 東, 西の空を見たときの星々の動きの違いが載っているが, 実際その日のその地点での望みの方向の星々の動きと, 見る方向により星々の移動の仕方に差異があることが確かめられる。

また, 同じ時刻の星空が, 観察地点でどのように違っているかを知ることができる。図9 a, b, cはそれぞれ, 青森, 福島, 東京での北天の空である(4月7日午後8時の例)。これだけ観察場所が離れていれば, やはり見かけ上もいくらか違いが現れることがわかる。なおこれに関して, 各県ごとに県庁所在地での天球図のみを表示するように作ったが, たとえば福島県内の福島市といわき市での違いなどはほとんど気にしなくともよい。参考のために図10に図9と同じ日時のいわき市での星空の図を示しておいた。ご覧のように違いは実際上無視できる。

さらにまた, 同じ地点の同じ時刻の同じ方向の星空が季節ごとにどのように違っているかを知ることができる。図11 a, b, cは福島における1月7日, 4月7日, 7月7日の夜8時の南天の星空である。これらと図5とを見比べていただきたい。それぞれ冬, 春, 夏, 秋の夜空になっている。

これをたとえばひと月ごとに表示していけば, 一年を通しての星座の移動の様子が見てとれよう。

以上ここでは, 小学校6年を念頭において記述したが, もちろんこのプログラムそのものは中学校等でも利用できるものである。また条件さえあれば, 児童・生徒が自分でパソコンを操作し, 学習することも十分可能であろう。

ここで使用したプログラムは, MS-DOS版のN88-日本語 BASIC (Ver.4.5)で作成した。このPC-98用の実行版プログラムは提供できる。

本学部地理学教室の初澤敏生氏には地図学の文献を提供いただいた。記して感謝したい。

【参考文献】

- 久保良雄：天文計算プロムナード 天文ガイド 1988年6月号, 7月号
- 中村泰久, 梅津篤史, 近東昇：福島大学教育実践研究紀要第24号 p.121 1993年11月
- 野村正七：「地図投影法」1983年日本地図センター Lang, K. R. (ed.) : "Astrophysical Data ; Planets and Stars"(1992)(Springer Verlag, Heidelberg)
- NEC : N88-日本語 BASIC リファレンスマニュアル