

銀河構造学習のための星座早見盤の作製

山縣朋彦^{[1][4]} 西浦慎悟^{[2][4]} 宮田隆志^{[3][4]} 藤原英明^{[3][4]}

(^[1]文教大学教育学部 ^[2]東京学芸大学教育学部 ^[3]東京大学大学院理学系研究科
^[4]NPO法人サイエンスステーション)

Planisphere as a Tool for Learning Galactic Structure

YAMAGATA TOMOHIKO^{[1][4]} NISHIURA SHINGO^{[2][4]}

MIYATA TAKASHI^{[3][4]} FUJIWARA HIDEAKI^{[3][4]}

(^[1]Faculty of Education, Bunkyo University ^[2]Faculty of Education, Tokyo Gakugei University ^[3]School of Science, University of Tokyo ^[4]NPO Science Station)

要旨

従来、星座早見盤は、明るい恒星や星座を探するための道具であり、地球自転に伴う天球の回転を学習するための学習教材として、広く普及している。星座早見盤で最も目につくのは、星座の間を帯が縫うように広がっている天の川の存在である。天の川は、我々の銀河の恒星やガス、ダストの多くが集まっているディスク成分の広がり構造を内側から見たものである。我々の銀河に所属する星雲星団等もこの銀河の構造と無関係ではないので、当然のことながら、天の川の分布と関連がある。その関連を理解するために、敢えて星座早見盤に星雲・星団・系外銀河の分布を描いた新しい考え方に基づく星座早見盤を開発した。その内容と教員研修に実際に使用してみた結果について報告する。

1. はじめに

星座早見盤は天文学の学習教材として最も一般的で、また初等中等教育の場で多く利用されている天文学習教材である。その基本的な利用方法は現在見える星空を知ることである。星座早見盤の構造は天の極を中心に回転する天球の投影板と地平線の窓をくりぬいたものを重ねて、日付目盛りと時刻目盛りを合わせることによって、その日時の星空を調べようになっている(図1)。

星座早見盤は、コンパクトな円板に天球の大半を投影しているので、場所によってはゆがみが大きく、星座や明るい星などの大ざっぱな星空の様子を知るのには便利であるが、

詳細な天体の配置を知るのには困難がある。

しかしながら、その簡単な構造の一方で、天球に固定している天体の出没時刻、方位、南中時刻、南中高度、大まかな座標を知ることにも利用でき、学習教材として活用されている。ただし、惑星など天球上の動きが複雑な天体の観察には不向きである。星座早見盤の応用的な使い方として、黄道に数日毎の太陽の位置を示しておくことによって任意の日の太陽の出没時刻、方位、高度、南中時刻を知ることができる。また、本来と逆の利用法として、見えている星空から現在時刻を知ることや、観測地点の経度を調べることも可能である。

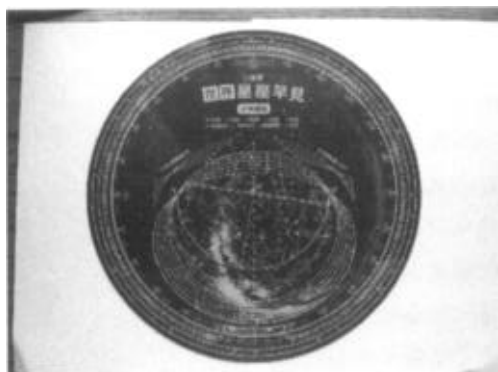


図1 天文学会星座早見

星座早見盤の起源については未解明なことが多い。6世紀以前から太陽や恒星の位置測定の見測機器として、天文・測量・占星術などで使用されていたアストロラーベを元に、19世紀頃に誕生したのではないかという説が有力であるが、詳細は未解明である。星座早見盤の歴史や使用法については嘉数次人氏の解説¹⁾があるので、そちらを参照されたい。

2. 銀河構造と星座早見盤

現在、星座早見盤のバリエーションとして、キーホルダーや時計(図2)なども市販されている。この時計は天球の投影板が時刻とともに回転して、その下部に示した地平線の窓に現在の星空が自動的に表示されるというものであり、いわば日時と時刻あわせを自動化した星座早見盤そのものと言って良いであろう。星座早見盤に示された星空で、最も印象的なものは天の川である。天球を1周して広がっているのが、天球の投影板から明らかに見て取れる。肉眼で天の川を確認するには月の無い夜で、都会の光が届きにくいところでないとなかなか確認することができないことからして、実際に天の川を肉眼で見る機会はそれほど多くない。にもかかわらず、星座早見盤では、天の川が星空の基準になっているというのは、今となっては興味深い事実かも知れない。

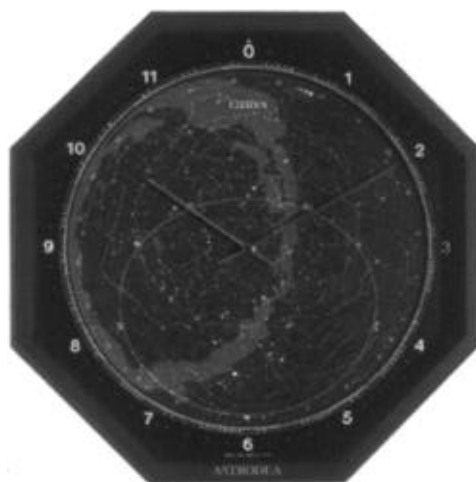


図2 星座時計 [画像はシチズン時計提供]

我々の太陽系は、銀河系の中でその中心から2万8千光年の場所に位置している。また、銀河系は約2千億個の恒星からなる天体であり、中心部分が膨らんだ直径約9万8千光年の円盤状構造をしている。中心の膨らんだ部分をバルジ、円盤部分をディスク、これらを中心に銀河系の重力がおよぶ球状領域をハローと呼ぶ。バルジとディスクからなる銀河系の薄い円盤状構造は、銀河系内部に存在する太陽系(地球)からは天の川として天球を一周するものとして見える(図3)。

銀河系のディスク領域には恒星のもとになるガスやチリが多く分布し、暗黒星雲や散光星雲などの星生成領域が多数存在している。さらにディスク領域には、星生成領域で生まれた散開星団、大質量星の爆発的な最後のあとに残る超新星残骸、小質量星の末期の姿である惑星状星雲も多く分布している。これらはいずれも恒星の形成・進化に直接関係した天体であり、銀河系のディスク領域では現在も盛んに恒星が生まれていることを示唆している。それに対して銀河系のハロー領域には古い恒星の集団である球状星団が分布している。球状星団はその内部の恒星の元素合成があまり進んでいないことから、銀河系形

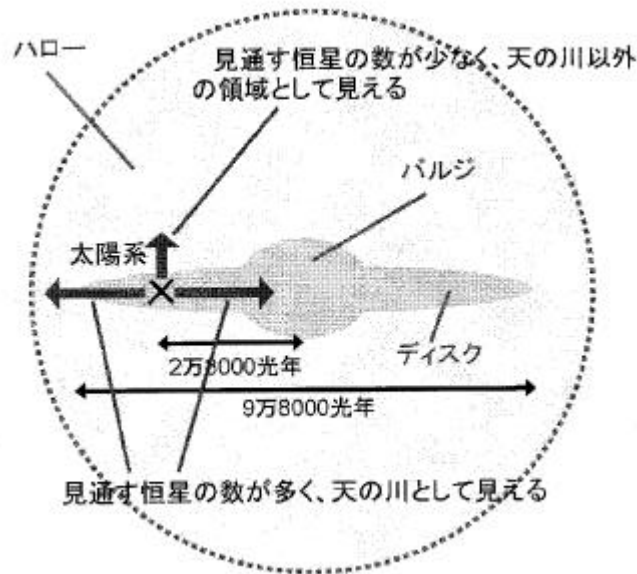


図3 我々の銀河の概念図

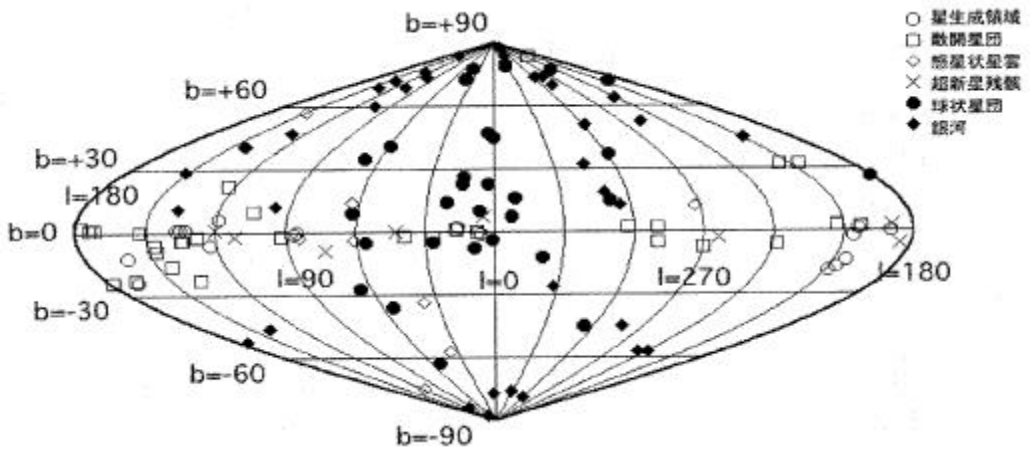


図4 銀河座標でプロットした各天体の天球上での分布。b=0に天の川がある。

成時に誕生した天体と考えられている。銀河系円盤を見通す天の川方向は、銀河系内の星間物質が多く遠くまで見通すことが出来ないが、天の川から離れた領域では星間物質が少ないために、より遠くの宇宙までを見通すこ

とが可能である。そのために天の川から離れた領域では系外銀河を多数観測することができる。このように、観測される多くの天体は、恒星の形成・進化、そして銀河系の構造と大きく関係している。

この様子は銀河座標上に天体の分布を示すと明確に見えてくる(図4)。銀河座標 l, b とは天の川を緯度(銀緯)の基準($b=0$)とし、いて座方向にある銀河中心を経度(銀経)の基準($l=0$)とした天球上の座標である。図4は銀河座標をサンソン・フラムスチード図法で示したもので、星生成領域(暗黒星雲、散光星雲、反射星雲)・散開星団・惑星状星雲・球状星団・銀河について、その主なもの(理科年表2005年版 2]に記載されているもの)をプロットしている。図の中心が銀河中心($l=0, b=0$)であり、中心の上下に貫く線は銀河北極($b=+90$)と銀河南極($b=-90$)を結ぶ $l=0$ の線である。この図から、星生成領域、散開星団、惑星状星雲、超新星残骸が、天の川近く($b=0$)に集中している一方で、系外銀河が天の川をさけるように分布している様子と、球状星団が銀河中心を取り巻くように分布している様子が分かる。

従来の星座早見盤では恒星及び星座の見え方の確認に重点があり、天の川は天球上の基準として描かれているだけであると言っても過言ではない。

3. 新しいコンセプトの星座早見盤

星座早見盤とそこに描かれている天の川に着目して、新しい星座早見盤の利用法、即ち我々の銀河の構造を学習するための道具としての星座早見盤を試作した。この新しい星座早見盤には、従来の主な恒星と星座線、天の川に加えて、主な散光星雲・暗黒星雲、散開星団、球状星団、惑星状星雲、超新星残骸、系外銀河の位置を記している(図5)。従来の星座早見盤にも恒星以外に目立つ星雲星団をいくつか記載しているものはあるが、恒星以外の星雲星団を記載することを主目的とする星座早見盤は今までにないものである。作成に当たっては、アストロアーツ社に依頼し、A3サイズの厚紙に印刷した天球の投影盤と台紙を作った。各パーツをミシン目で切り取

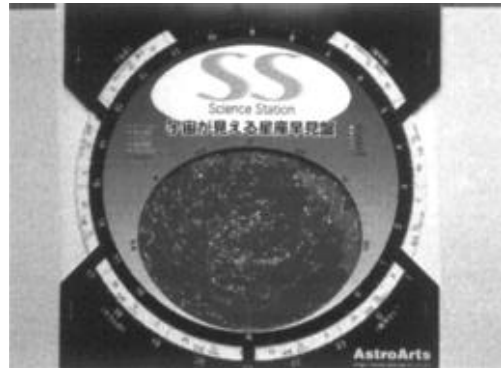


図5 宇宙が見える星座早見盤

り、組み合わせてホチキスで止めると、21cm四方の星座早見盤ができあがるようになっている。示してある天体は4.5等より明るい恒星と天の川の位置以外には、星雲星団として全メシエ天体を惑星状星雲、球状星団、散開星団、系外銀河、超新星残骸、散光星雲に色分けして記載している。なお、この星座早見盤は「宇宙が見える星座早見盤」と名付けた。

この星座早見盤を天文学の実習で使うことを想定して、簡単な解説書を試作した。試作した解説書は2005年8月2日に文教大学で行ったSPP教員研修での使用を想定した。解説書のタイトルは『星座早見盤で見る銀河』で、内容の項目は「私たちの住む地球」「太陽系の仲間たち」「恒星の世界へ」「天の川」「私たちの住む銀河系」「暗黒星雲一星の製造工場」「散光星雲一星のゆりかご」「散開星団一若い恒星の集まり」「恒星の進化」「惑星状星雲一軽い恒星の最後」「超新星爆発一重い恒星の最後」「球状星団一古い恒星の集まり」「恒星の輪廻転生」「銀河宇宙へ」となっている。各項目について簡単な解説と写真、及び理科年表から抽出した各天体の所属星座、赤道座標(赤経・赤緯) 銀河座標(銀経・銀緯) 距離の表が添付されている。地球から解説を始めて、我々の銀河にどのような天体がどのように分布し、我々の銀河がどのような形をしているのかに重点をおいて解説している。



図6 教員研修の様子

4. 実習での使用例

8月2日の教員研修は、文部科学省サイエンス・パートナーシップ・プログラム(SPP)の一環として、文教大学付属教育研究所が越谷市教育委員会と連携して開催したもので、越谷市内の小中学校教員を対象に行った。この研修では、午前中は別の実習(太陽観察)を行い、午後に星座早見盤を使用した実習を行った(図6)。

星座早見盤の実習では、「宇宙が見える星座早見盤」に記された各種天体の分布と天の川との位置関係から、我々が住む銀河系の構造と恒星の形成・進化の関連を理解してもらうことを主目的とした。つまり、この実習は、観測と理論によって宇宙を理解して来た天文学の研究手法の簡易版と位置づけて、単なる既成事実の暗記とは異なる趣旨であるとの考えで行った。

実習ではまずこの星座早見盤の組み立て方と使い方を解説し、できあがった星座早見盤を観察してもらって、各種天体の空間分布に関して気付いたことを列挙してもらった。星座早見盤上で、各天体は色分けされているので、銀河と球状星団以外は天の川に近接して分布していることが明白に見取れる。また、球状星団は銀河中心の周りに分布し、系外銀河は天の川を避けて分布しているように見える。これらの観察事実についても出席者は15

分程度の観察で、回答を得ていた。

さらに、見た目の観察事実をより客観的に確認するために、解説書中の各天体のデータにもとづいて、天体種類別の位置をグラフ化してもらった。具体的には、横軸を銀経、縦軸を銀緯にして、グラフ用紙にプロットし、天の川に対する相対的な各天体の分布を調べてもらった。これによって星座早見盤から得られた観察事実の殆どが客観的事実であることを確認できた。

実習から、前述したような銀河系の構造と恒星の形成・進化に関する示唆を与えた上で、さらに、現在の宇宙像を得るために、我々人類がどのように現在のような宇宙像を得るに至ったかを解説し、現代天文学が目指しているより詳細な宇宙像構築の方法や現状を概観する講義を行った。通常前提知識のないままに、このような講義をしてもなかなか、理解を得にくいのであるが、アンケートの様子などからしても、星座早見盤実習によって、銀河系と宇宙の構造が理解できていた分だけ効果的であったと考えている。

実習内容は、小中学校の学習指導要領からすると範囲外の内容であるので、参加者の多くが抵抗を感じることも若干懸念していたが、研修終了後のアンケートの回答からは、専門的で難しい内容に抵抗を感じた参加者は3分の1程度に留まっていた。その一方で「星座早見の見方もいろいろ気づかないところまで分かった」とか、「天文学への興味が湧いた」や「勉強の必要性を感じた」という回答も3分の1程度あった。

以上から、銀河構造を理解することに対して、現代天文学の宇宙像理解への導入としての星座早見盤の利用は、有効であると考えている。

5. 今後の予定

現在、「宇宙が見える星座早見盤」は、解説書を一般により利用しやすいように再編集

・自由研究

し、市販するべく用意している。銀河構造の学習を主な目的とすることから、NPO法人サイエンスステーションなどが実施している高等学校向けの出前授業や、今回のような教員研修等の教材としての利用が期待できる。また、それらの実践を通して、今後は、教育効果に対する客観的且つ定量的なデータを収集していきたい。

6 . 謝 辞

この教材の開発に関わる経費の一部は、2005年度文教大学教育学部共同研究費によっている。また、「宇宙が見える星座早見盤」及びその解説書の実際の作成は、NPO法人サイエンスステーションがアストロアーツ社の

協力を得て行った。解説書の作製に当たっては、東京大学大学院天文学教育研究センター木曾観測所から多くの画像提供をいただいた。

参考文献

- [1] 嘉数次人「星座早見盤の世界」『大阪市立科学館ホームページ』
<http://www.sci-museum.kita.osaka.jp/kazu/hayami/hayami-i.html>
- [2] 『理科年表2005年版』国立天文台編、丸善
- [3] 東京大学木曾観測所ホームページ
<http://www.ioa.s.u-tokyo.ac.jp/kisohp/>
- [4] アストロアーツ社ホームページ
<http://www.astroarts.co.jp/>