

天文点図のすすめ

～触って楽しむ天文書籍の普及を目指して～

嶺重 慎（京都大学）、高橋 淳（茨城・水海道一高）

1. はじめに

多々ある自然科学の分野の中で、天文学の一つの大きな特徴は、対象物を直接手にすることができないという点にあります。だからこそのわからないことも多く、そこを想像力で補えば、夢やロマンを誘う学問ということができます。その一方で、直接検証が不可能ということは、学習する側に困難がつきまとうということです。この点は、視覚障害者の天文学学習において、究極の困難となって現れます。なんとか、視覚に頼らずに宇宙を学ぶことはできないか。天文教育普及研究会ユニバーサルデザイン WG[1]では、そのテーマについてずっと考えてきました[2]-[4]。

視覚障害者を対象とした天文に関する市販書籍はあるにはありますが、数が極めて限られます。アメリカにおいては Grice (2002)によって書かれた”Touch The Universe”[5]をはじめとして数冊の例が、日本では加藤 (1998) が執筆した「100 億年を翔ける宇宙」のバリアフリーパッケージ[6]が一般に購入できるほとんど唯一の例です。小中高の教科書は、少なくとも 1 社分については点訳（活字の本を点字の本に訳すること）されていますが 1 セットで数十万円もする場合があり、一般読者が気軽に手にいれられるものではありません。その他にボランティアの手によって個々に点訳された 1 点物の書物もいくつかありますが、理系の本は、図やグラフの点字化が容易ではないこともあり、残念ながらその数は極めて少ないといえます。

しかし、実際そのような本を作ろうとしても、多額の資金が必要となり、なかなか手が出せません。どうしたらいいか、画策してい

たところ、筑波技術大学の長岡英司教授が代表を務める文部科学省の支援によるプロジェクト[7]の紹介があり、その一環としてマルチモーダル版天文学教科書を刊行することができました。プロジェクトの全貌は天文月報の記事[8]にゆずることとし、ここでは、点図作成に重点をおいて、われわれが学んだことをご報告します。

2. マルチモーダル図書作成

2.1 ワンソース・マルチモーダル形式

まず、「マルチモーダル図書」の意味や今回の書物のねらいを簡単に説明しておきます。

マルチモーダル図書とは、同じ内容の情報を複数のメディア（形式）で提供する図書のことです。すなわち、読者は、同じ内容の情報に複数の手段でアクセスできることが特徴です。今回、提供したのは、①活字版（通常の紙印刷の本）、②点字・点図版（点字および点字と類似の点を使って表した図の本）、③音声版（自由に巻き戻しやジャンプができる DAISY とよばれる形式のもの）、④電子ブック（パソコン上で使うソフトの一種で、活字の拡大や背景色の変更が容易にできるもの）の 4 形式です。

このように提供する形式は異なりますが、あくまでも中身は全く同じ（ワンソース）ということにこだわりました。そのため、点字版や音声版の都合により活字版に手をいれるということも多々ありました。従来の点字版や音声版の作成は、活字本が絶対的存在で、それにいっさい手を加えてはいけないというのが大原則でしたから、この意味で、今回の企画は画期的といえます。これができたのは、

著者2人が、共に、点字版や音声版の作成に関わったことが大きな理由です。こうして、分かりやすい表現を多方面から練り上げることができ、健常者と障害者の間のバリアを取り除くことに役だったと思います。そしてこのことは、専門家と一般の人との間のバリアを取り除くことにつながると、われわれは考えています。

2.2 本書のねらい

目が見えないということは、宇宙が存在していることが直感しにくいということです。太陽だけは例外で、暖かい日ざしから、おひさまの存在を感じることができますが、さすがに、月となるとそうはいきませんし、まして星空においておや、です。とはいうものの、晴眼者（視覚障害のない人）が宇宙の何を見ているのかを知りたいという視覚障害者も多々おられます。

見える、見えないという違いを超えて何を共有しようか。議論の後、

- ・宇宙と私たちとはつながっていることを中心テーマに据え、同時に、
- ・宇宙も天体も変化するものであること
- ・科学的に宇宙をとらえることの重要性にも留意しました。

これらはいずれも、天文学の魅力そのものともいえます。すなわち、われわれのめざしたものは、障害者に特化したものではなく、できる限り多くの方に宇宙を知る・学ぶ・理解する喜びを感じてもらうことにありました。

2.3 プロジェクトメンバー

このプロジェクトは、表1に示すように、さまざまな分野の専門家との協働によって初めて実現しました。多くの視点から情報を共有し、議論・調整することで、それぞれの人に合った方法で正しい宇宙像を把握する確度

が拡大していくことが期待できるからです。

表1 プロジェクトチーム・メンバー一覧

活字版	
写真提供	飯泉 圭示, 服部 完治, 福島 英雄, 藤井 徳寿
図版提供	臼田 - 佐藤 功美子
フォント提供	有限会社 字工房 (游ゴシック体)
装丁・組版	金子 悠生, 高橋 貴子, 村井 啓哲
図版作成	有限会社 ラスコ
校閲	佐野 悦子
校閲・助言	臼田 - 佐藤 功美子, 篠原 秀雄, 藤原 晴美, 南谷 和範, 八木 陽平
点字版	
点訳	佐久間 秀子, 辰巳 公子
点図作成	小熊 秀子, 小松崎 ティ子, 佐久間 秀子, 鈴木 貴美恵, 関野 京子, 高橋 淳, 辰巳 公子, 富澤 邦子, 久部 悦子, 久部 幸次郎, 嶺重 慎, 吉松 なほ子
校閲・助言	藤原 晴美, 南谷 和範, 武者 圭, 八木 陽平
印刷ソフト開発	藤野 稔寛
音訳版	
音訳	高山 久美子
協力	全国音訳ボランティアネットワーク
デジエー編集	全国音訳ボランティアネットワーク
電子版	
ドットブック制作	株式会社ボイジャー
本学関係者	
小野 東, 小野瀬 正美, 瀧澤 英夫, 辰巳 公子, 長岡 英司, 納田 かがり	

3. 点図作りの実際

3.1 点図をつくろう

点図作成には、エーデル（フリーソフト）[9]を用いました。これは、高校教師の藤野稔寛氏がボランティアで作られた点図画像ソフトで、三種類の点（大・中・小）を使い分け、さらに、点の密度やパターンを変えることにより多様な表現ができるという優れたものです。点図を電子ファイルの形態で取り扱うので、メール送付や印刷・編集が楽という利点もあります。今回の企画では、エーデルの表現力に助けられた図や写真も多くありました。

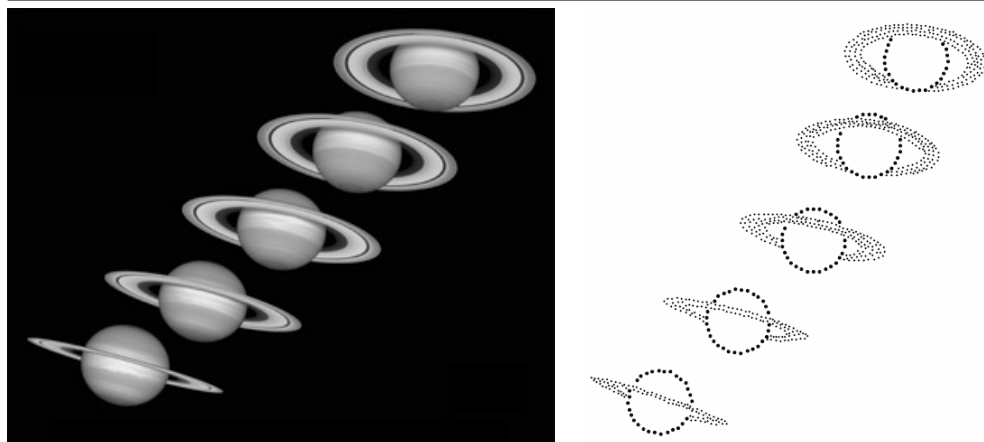


図1：土星のハッブル宇宙望遠鏡による連続写真（左）とその点図（右）。

〔解説〕1996年から1年ごとに撮影された土星の写真が左下から右上に向かって5つ並んでいる。それぞれ、円形をした土星の本体と、楕円形をしたまわりの環が写っているが、環の形は年によって少しずつ異なっている。1996年ごろの土星の環（いちばん左下）は細長い楕円に見える。（ただし、環の楕円形の下側の中央部分は、土星に隠れて見えていない。）これは、土星のほぼ真横から見ていたからである。年とともに、楕円の形がふくらんで見えるのは、土星の自転軸が公転面に垂直な方向から約27度傾いていることにより、年によって地球から見た土星の環の傾きが変化するためである。

ところで点図は、通常の図とは似ているようでかなり異なります。以下に列挙します。

- ・目の分解能は0.1mmであるのに対し、触覚の分解能は1mmがやっとです。すなわち、原図のもつ情報を全て表現するのは不可能です。図の中で本当に必要な線や図形はどれか、省略可能なものはどれか、専門知識をもって、中身を精選して表現することが必要となります。そこで著者も点図作りに相当コミットすることとなりました。また、一枚の原図を2～3枚の点図に分けることもありました。

- ・触覚では、一度に全体像を把握することができません（一度にさわれるのは図の一部分に過ぎません）。そこでひとつひとつの図に、やや詳しいキャプション（解説）を入れることにしました。この図は全体として何が描かれているのか、全体の形（円形をしているのか、全体に広がった模様なのか）の説明から

始めて、図の中心に何がある、どちらの端には何がある、どこに注目して欲しいか、といった情報を載せました。

- ・触覚は個人の技量の差が大きく、また、感じ方はそれぞれ違います。そこで、何度も打合せをし、複数の方のモニター調査を経て、さらにブラッシュアップするという地道な作業が必要となりました。

- ・触覚だけで立体を表すのは至難の業です。そこで、土星の環の説明については、いろいろな時期における土星の写真を並べ、そこから、球形の土星本体を取り囲む、環の形を想像してもらうことにしました（図1）。実際に書物にいった詳しい解説文もキャプションに入れました（あとの図も同様）。

もっとも、これで成功したかどうかといわれるとあまり自信はありません。立体表現については立体模型しかないのかもしれない。

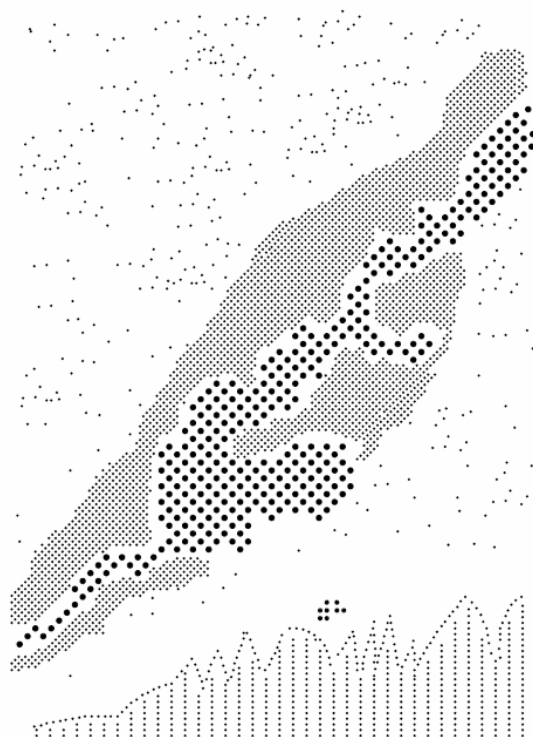


図2：南半球から見た天の川。左が福島英雄氏撮影の写真、右が作成した点図。

〔解説〕南アフリカで撮影されたさそり座・いて座付近の星空の写真。日本では夏の夜、南の空に低く見えるこの領域も、南半球に行けば真上に上がり、よく見える。真っ暗な夜空の中、いろいろな明るさの恒星が散在している。右上から左下にかけて（1時から7時の方向に）、青白い光の帯がぼんやりと広がっている。天の川である。まるで川の流れのように見えるので、そうよばれる。光の帯は、肉眼ではぼんやりとしか見えないが、望遠鏡で見ると無数にある、暗い恒星からの寄せ集めの光であることがわかる。さらに光の帯の中の随所に、光を出していない暗い筋模様がある。これは暗黒星雲とよばれるガスの塊であり、背後の光を吸収しているため暗く見える。右下にあるのは森の木々。

さらにできあがった図の例として、南半球からみた天の川（図2）と夏の大三角形（図3）を示します。それぞれ左が通常の写真やイラスト、右が点図です。

3.2 点図作成：今後の課題

確かにエーデルは無限の可能性を秘めたソフトですが、触覚を利用するがゆえの限界もあります。以下に感想や課題を列挙します。

- ・埋め尽くしパターンや点の集合が、意味あるものととらえられることがあります。そこで、縦や横の縞、点字を思わせる点のパターンは避ける工夫が必要となります。

- ・小さな点の一つ、打つか打たないかで、印象ががらりと変化することも意外な発見でした。実際、緩い曲線や鈍角は、人間は直線と知覚してしまいがちなので、紛らわしい場合には点の打ち方や解説文に工夫が必要です。

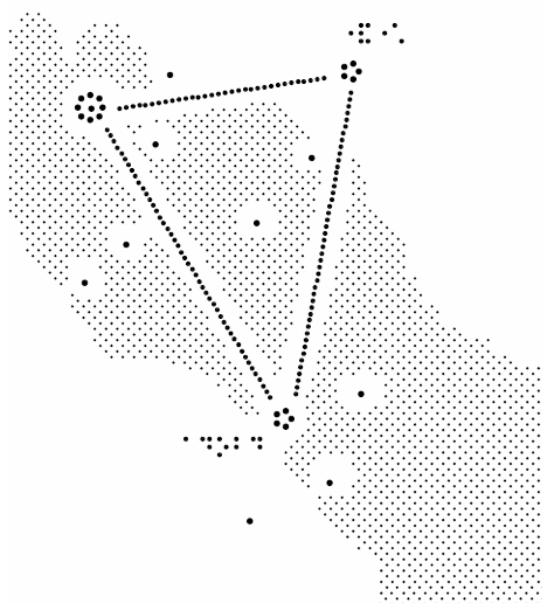
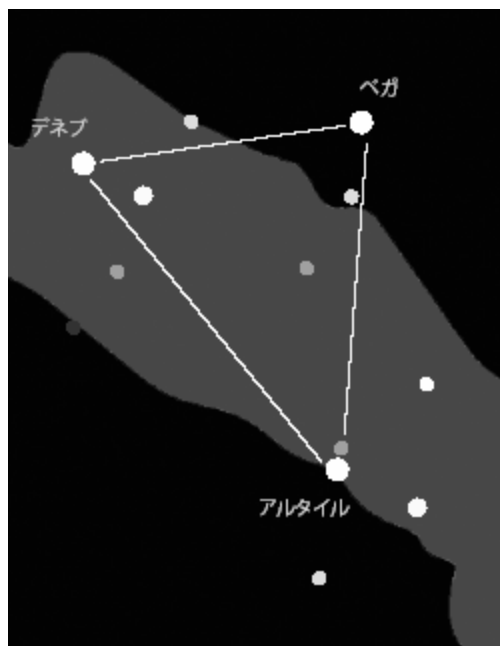


図 3：夏の大三角形。左はイラスト、右はその点図。

〔解説〕夏の代表的な星座を示した星図。一等星から三等星までの星を示した。左上から右下にかけて天の川とよばれる、ぼんやりと明るい領域が広がっている。天の川の中、左上にある一等星は、はくちょう座のデネブである。デネブから右上にのびた線の先には、こと座の一等星ベガ（織り姫星）がある。この2つの星から、下に向かって三角形をつくるように線をのびした、その頂点にあるのは、わし座の一等星アルタイル（牽牛星）である。この3つの星がつくる三角形を夏の大三角形という。

・点図では中心テーマをうきだたせるために背景を省略するのが普通ですが、写真の雰囲気を出すために、あえて背景（星の群れや森など）を残した場合もあります（図2）

・違うパターンが隣接するところでは、境界を明らかにするために、空白の部分を入れます（図3）。しかし、空白部分を広げすぎるとそれ自体に何か意味があるように感じられ、逆に狭すぎると、近接する違うパターンの認識が難しくなります。人によって感じ方が違うため、微妙な調整が必要です。

・触図としてのわかりやすさとサイエンスとしての正確さと、どちらをとるか、悩むケースも多くありました。例えば、ある一点に収

束する線の場合、複数の線を知覚するには、線を完全に接触させるのではなく、微妙に離す必要があります。しかしそれでは科学的に正しくありません。工夫が必要でした。

・最後に立体表現。これは難しい・・・

4. おわりに

こうして、とにもかくにも、全部で 51 枚の点図ができました。しかしながら、これは完成ではなく、始まりであるとわれわれはとらえています。まだまだ点図作成のテクニックのブラッシュアップや多彩な表現の研究・開発が必要です。ゆくゆくは市販本や絵本の作成なども手がけていきたいと思っています。

最後に、今回モニターを務めてくださった南谷和範氏（視覚障害者）からよせられたメールの一部を、許可を得て転載します。

「私は世に言う文系の就学過程を通過してきた人間であり、天文学について集中的に考える機会は殆どございませんでした。あえていえば NHK の宇宙関連の番組を時折見ているくらいできわめて断片的な知識しか有しておりません。今回、本書を拝読してかなり体系的に理解を進めることができました。特に図示を用いることが天文学理解に大変有用であることを、実感を持って感じました。たとえば上述の NHK の特集を見ているような場合は、映像表現で説明が進められる場合が多々あり、その部分で系統的な理解が切断されることがたびたびあります。このような場合はナレーションの内容を理屈は分からないがそういうものだと覚えるという方法でしかそれ以後の内容をフォローすることができません。これはあまりよい態度ではありませんし、自分の理解に対する不安を引きずり続けることになります。しかしながら、図示を多用した本書ではこのような心配はなく、安心して着実に理解を積み上げて行くことができました。読み進むにつれ、久々に宇宙への興味を活性化されたと感じさせられました。（中略）とりわけ、このような書籍の製作に、もともとは視覚障害と無関係な天文学者である著者の方々が興味を持っていただけたことに大きな喜びと可能性を感じています。天文学は高度になればなるほど可視光線を見れるか否かは大きな問題ではなくなると、自分に都合のよい結論を導きました。」

謝 辞

本プロジェクトを遂行するにあたり、筑波技術大学の長岡英司教授をはじめ障害者高等教育研究支援センターの方々、天文教育普及

研究会ユニバーサルデザインWGメンバー（特に藤原晴美氏、久部幸次郎氏）、筑波技術大学情報・理数点訳ネットワークメンバーにひとかたならぬお世話になりました。ここに御礼申し上げます。

文 献

- [1]嶺重慎(2006)、第20回天文教育研究会集録、天文教育普及研究会、p74-79.
- [2]嶺重慎(2007)、第21回天文教育研究会集録、天文教育普及研究会、p77-88.
- [3]高橋淳(2007a)、天文教育19(4)、p47-48.
- [4]高橋淳(2007b)、第21回天文教育研究会集録、天文教育普及研究会、p76.
- [5]Grice, Noreen (2002), "Touch The Universe", Joseph Henry Press; Braille edition、59pp.
- [6]加藤万里子(1998)、「100億年を翔ける宇宙」(バリアフリーパッケージ)、恒星社厚生閣、170pp.
- [7]平成19・20年度特別教育研究経費・教育改革「高等教育のための学内外視覚障害者アクセシビリティ向上支援事業—視覚障害者用学習資料の製作拠点の整備」(代表:筑波技術大学・長岡英司)
- [8]嶺重慎、高橋淳、長岡英司(2009)、「天文学教科書のマルチモーダル出版」、天文月報、印刷中
- [9]<http://www7a.biglobe.ne.jp/~EDEL-plus/>

本原稿は、天文月報の記事[8]をベースに、点図作りに重点をおいて新たに書き下ろしたものです。マルチモーダル出版の全容についてはそちらを参照してください。また一部、内容に重複があることをお断りしておきます。

嶺 重 慎
高 橋 淳