

マルチモーダル天文教科書の作成

嶺 重 慎

〈京都大学大学院理学研究科 〒606-8502 京都市左京区北白川追分町〉

e-mail: shm@kusastro.kyoto-u.ac.jp



嶺重

高 橋 淳

〈茨城・水海道第一高校 〒303-0025 茨城県常総市水海道亀岡町 2543〉

e-mail: j-takahashi@fol.hi-ho.ne.jp

長 岡 英 司

〈筑波技術大学障害者高等教育研究支援センター 〒305-8521 茨城県つくば市春日 4-12-7〉

e-mail: nagaoka@tsukuba-tech.ac.jp

マルチモーダル天文教科書プロジェクトチーム

天体は手で触ることができないため、視覚障害者が宇宙や星・銀河について知る・学ぶ機会は極端に限定される。彼らが天文に親しむ手段の一つが点字・点図の本であるが、点字を読める視覚障害者は全視覚障害者の約 12%にすぎず、またその制作が容易ではないことから、高等教育を受ける視覚障害者に有効な教科書は十分に提供されていない状況にある。われわれは、おそらく世界で初めてマルチモーダル天文教科書を刊行した。これは、同じ内容の本を活字版（紙印刷の本）、点字・点図版、音声版、電子ブック（文字の拡大や背景色の変更が容易にできるもの）の四つの異なる形式で提供するもので、点字が読めない全盲者や低視力者も含め広範囲の視覚障害者、およびディスレクシア（読み書きに特別な困難を覚える障害）のある人の学習に有効であろうと期待される。今後、他の理系学問にもこの方式が普及していくことが強く望まれる。

1. はじめに

視覚障害者を対象とした天文に関する市販書籍は、数が極めて少ない。アメリカにおいては Grice (2002) によって書かれた“Touch The Universe”¹⁾をはじめとして数冊の例があるものの、日本では加藤 (1998) が主に大学生向けに書いた教科書「100 億年を翔ける宇宙」のバリアフリーパッケージ²⁾が一般に購入できるほとんど唯一の例である。これは、市販教科書の図の一部を取り出して点図にしたもので、説明文としてテキスト

ファイルが添付されている。なお、小中高の教科書においては点訳（活字の本を点字の本に訳すること）されたものが存在するが、高校の理系教科書などでは 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入れられるものではない。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るが、理系の本は極めて少ないといえる。

ところで、天文学を学ぶうえで図や写真の情報をいかに伝えるかが重要である。しかしそれは、技術的困難やコストの点から、点訳の過程で省略

されることが多々ある。また、日本国内約 30 万人の視覚障害者のうち、点字を読むことができるのは、その 12 パーセント程度に過ぎない事実にも留意すべきである。中途視覚障害者の多くは点字が読めない。拡大文字なら読める弱視者も多数いる。点字版があればそれで十分とはいえないのである。これらの事実は、多くの視覚障害者にとって、十分な学習環境が整備されてはいないことを示している。

天文教育普及研究会においては、嶺重らによってユニバーサルデザイン WG が立ち上げられ³⁾、同 WG 内外で、障害の有無にかかわらず誰でも楽しく天文の情報を共有するやりかたについて多くの議論をしてきた⁴⁾。「ユニバーサルデザイン」とは、障害者のみならず、すべての人に使いやすいものをデザインすることが原点である。既存のものに対し特別メニューを用意してバリアーを取り除くのではなく、できる限り多くの人が共に学び、楽しみを共有できるものを最初からデザインすることが基本である。そしてこの共有方法のアイデアの一つが、視覚障害者に対応したマルチモーダル図書なのである。このスタイルは、ユニバーサルデザインの視点に立ち、活字本と全く同じ内容（もちろん、図や写真も含めて）の本を複数メディアで提供するところに重要な意義をもつ。

ところで、現行の文科省学習指導要領によると、学校の義務教育で学ぶ天文関係の題材は星の運動や太陽・惑星などに限られており、宇宙や銀

河など、天文学の最近の進展やその魅力を十分に伝えるものとなっていない。（高校地学では銀河・宇宙まで触れられるが、いかんせん履修率が極めて低い。おそらく数%以下である。）それでも健常者は、画像をふんだんに用いた市販の本や雑誌、インターネットから、天文の情報を十分に収集することができる。しかし、視覚障害者にとっての情報源は事実として乏しい。

そこで、嶺重と高橋が視覚障害のある高校生・大学生向けに天文学の最新の魅力を伝える教科書の作成を検討していたところ、長岡が進めている文部科学省の支援によるプロジェクト⁵⁾に組み入れることで話がまとまった。そしてこのほど、マルチモーダル版天文学教科書を刊行することができたので報告する。

2. ワンソース・マルチモーダル形式

ここでいう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（もしくは同じ内容の情報に複数の手段でアクセスできる）図書のことである。今回われわれは、①墨字版（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*1 と呼ばれる形式のもの）、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）の四つの異なる形式の本を同時制作した。



図1 電子ブック版。左から、通常のスタイル、拡大文字版、反転版。

*1 ディジーと呼ばれる。視覚障害者を主たる対象に開発された、再生用アプリケーションソフト⁶⁾。

音声版および電子ブックは、主にパソコン汎用型のビューソフトである T-time⁷⁾ (図 1) 上で運用される。これらのソフトを使うことによって、音声による読み上げが可能なのはもちろんのこと、好きな倍率で拡大したり、背景色を白黒反転したりすることが可能となるので、全盲はもとより弱視や視野狭窄の人にとっても、それぞれの方法で内容を読み取ることができる。また近年では、デイジーは、視覚障害者のみならず、ディスレクシア（読み書きに特別の困難を覚える障害者）のような学習障害者や、知的障害者、精神障害者にも有効であることが認められており⁸⁾、さらに障害の壁を低くすることが期待されている。

こうしたマルチモーダル図書自体は、今まで全く存在しなかったのではない。一般的な読み物や文系の本ではすでいくつか出版されている。しかし、理系のマルチモーダル図書は極めて少ない。これには、理系の本、特に図や写真や表は点訳や音訳（音声にすること）が困難というだけでなく、著作権の問題が大きくかかわっている。点字版は著作権の対象外なので、たとえ著者の承諾が得られなくても出版できるが、音声版や電子ブックにおいてはその限りではない。簡単にコピーできるために出版が脅かされるという理由から、マルチモーダル出版をきらう著者もあると聞く。しかし、大多数の視覚障害者にとって音声版や電子ブックは極めて有用である。著者も一緒に四つの版を制作することにより、このバリアーが取り除ける。それだけではない。著者が、点字・点図版や音声版の作成にもかかわることにより、初心者にわかりやすい表現を多方面から練り上げることができるというメリットもある。その表現の改善は墨字版にも反映される。まさにユニバーサルデザインの実現である。マルチモーダル出版にはいくつかの大きな意義があるのである。

3. 作成までの過程

3.1 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ある。（太陽は、日なたのぬくもりからその存在を推し量ることができるが、これはほとんど唯一の例外である。）見える、見えないという違いを超えて何を共有するのか。議論の後、以下の三つの視点に留意して現代天文学の最前線を執筆するという方針をたてた。

(1) 宇宙と私たちとはつながっている

直接手に触れることができなくても、宇宙と生命、すなわち自分とは、さまざまな意味で、時間と空間を越えてつながっている。

(2) 宇宙も天体も変化するものである

人間や他の生物と同様に、宇宙にも時間の流れがあり、変化がある。変化があるということは、すなわち始まりと終わり、輪廻があるということである。

(3) 科学的に宇宙をとらえる

単なる思いこみや信念でなく、客観的事実の積み重ねによって、すなわち科学的手法によって宇宙を理解することにより、さまざまな宇宙の姿が見えてくる。

3点に共通するのは天文学の魅力そのものであり、かつ障害の有無にかかわらず共有すべき意義深い事柄を含んでいる。多くの人々に宇宙を知る喜びを感じてもらえるよう、本書の具体的内容およびその表記方法についても障害者に特化したものにはせず、多くのタイプの人が共有できるよう配慮した。

3.2 原稿執筆と視覚障害者によるチェック

点字本は、文字を小さくできないこと、凸点でページごとの厚みが増すことから、活字本の数倍のボリュームになる（今回の企画の場合、5巻本となった、図 2）。そのため、執筆者は、趣旨をコンパクトにかつわかりやすい表現で表記するよう



図2 完成した点字・点図本の全ボリューム。右にある新書版の本と大きさを比べて欲しい。



図3 出版打ち合わせ風景。右側手前が長岡，左側手前が成松。

配慮した。また日本語においては、点字による文章表記は「仮名」の表記となり、同音異義語の区別が難しい（例えば、水星と彗星，恒星と構成）。また、晴眼者（視覚に障害のない人）にとっては慣れ親しんだ例示内容や比喻用言でも、具体的な体験のない視覚障害者にとっては理解が難しいことも大いにありうる。そこで、文書の内容そのもの、あるいは表記上の文法についても曖昧さをなくすよう留意した（例えば、「星の風，星風」といった表現）。これらについては、点字の専門家による監修および複数の視覚障害者のモニターによるチェックが欠かせない（図3）。



図4 音訳版収録風景。右から高山，嶺重，高橋（毎日新聞・野原氏撮影）。

3.3 点図（触図）のデザインおよび作成

立体のものを平面に表現することは非常に難しい。視覚障害者が、実際に触った経験のあるものの形であれば理解が進みやすいが、そうでないもの、複雑な形をしているものは、かなりの工夫が必要である。著者と視覚障害者、点図製作者が何度も顔を合わせて打合せを行い、画像を用いて何を伝えたいのか、そのためにはどんなドットのレイアウトがよいのかについて議論を重ねて、1枚1枚制作する必要があった（点図作成の実際については5節を参照のこと）。

3.4 音訳

点字化と同様の配慮が必要。音声化するにあたっては、一般的にはナレーターの感情は移入されないよう配慮すべきだが、全く抑揚のないナレーションはかえって、天体の物理量やダイナミクスが伝わりにくいこともある。また、単に墨字本の原稿を読むわけではなく、音訳の言葉どおり音声で「伝える」ための原稿が必要となってくる。さらに欲をいえば、文字だけでなく、聞いている人がわくわくするような雰囲気も伝えて欲しい。そのため、音訳および自然科学に詳しい専門家が、音訳原稿の作成とナレーションを担当した

(図4). 収録は、専用のスタジオを使い、一字一句の読み方、アクセント、イントネーションのチェックを念入りに行いながら、慎重に行った。(例えば、括弧内の文章は、声を少し低くして収録する。素人がこれをする時、声が低くなる代わりに声が小さくなってしまふ。声の大きさを変えずに高さをいつも同じように低くするには相当の訓練が必要であるとのことであった。)

4. 多分野コラボレーションが、宇宙像の理解度を高める

一言で視覚障害といっても、視力の有無や程度、視野の範囲、あるいは障害をもった時期(早期か中途か)などの違いにより情報の受け取り方が異なる。このプロジェクトの発起当初から、一般の普及書を点訳あるいは音訳するだけでは、視覚障害者にとって理解度の高い内容の文献とはなりにくいことは、十分に予想していた。特に視覚的な経験(障害をもつ以前の経験)の違いによって扱うことのできる言葉表現のバリエーションも異なってくるので、配慮が必要である。

視覚障害者をも対象とした教科書は、さまざまなメディアを利用した情報提供方法が必要であるのはもちろんのこと、その作成に当たっては、当初から視覚障害者の利用を意識しつつ、さらには健常者との情報共有を考慮したものを企画していく必要がある。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実施された(表1)。多くの視点から情報を共有し、議論・調整することで、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ある。

5. 点図作りの実際

点図作成には、エーデルと呼ばれるフリーソフト(藤野稔寛氏作)を用いた。これは、3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こと

表1 プロジェクトチーム・メンバー一覧。

著者	みねしげ しん たかはし じゅん 嶺重 慎, 高橋 淳
監修責任者	ながおかひでじ 長岡英司
コーディネーター	なりまついちろう 成松一郎
活字版	
写真提供	いいずみけいじ はつとりかんじ ふくしまひでお 飯泉圭示, 服部完治, 福島英雄, ふじいのりひさ 藤井徳寿
図版提供	うすだ きょうこ 臼田-佐藤功美子
フォント提供	有限会社 字游工房(游ゴシック体)
装丁・組版	かね こゆうせい たかはしたかこ むらい けいてつ 金子雄生, 高橋貴子, 村井啓哲
図版作成	有限会社ラスコー
校閲	きのえつこ 佐野悦子
校閲・助言	うすだ きょうこ しのはらひでお 臼田-佐藤功美子, 篠原秀雄, ふじわらはみ みたまたにかずのり や ぎょうへい 藤原晴美, 南谷和範, 八木陽平
点字版	
点訳	さくまひでこ たつみ きみこ 佐久間秀子, 辰巳公子
点図作成	おくまひでこ こまつざき こ さくまひでこ 大熊秀子, 小松崎テイ子, 佐久間秀子, すずき きみえ せきの きょうこ たかはし じゅん 鈴木貴美恵, 関野京子, 高橋 淳, たつみ きみこ とみざわくに こ ひさべえつこ 辰巳公子, 富澤邦子, 久部悦子, ひさべこ じろう みねしげ しん よしまつこ 久部幸次郎, 嶺重 慎, 吉松なほ子
校閲・助言	ふじわらはみ みたまたにかずのり むしゅ けい 藤原晴美, 南谷和範, 武者 圭, や ぎょうへい 八木陽平
印刷ソフト開発	ふじの としひろ 藤野稔寛
音訳版	
音訳	たかやまくみこ 高山久美子
協力	全国音訳ボランティアネットワーク
デジター編集	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
筑波技術大学関係者	
おの つかさ おの せまさみ たきざわひでお たつみ きみこ 小野 東, 小野瀬正美, 瀧澤英夫, 辰巳公子, ながおかひでじ のうだ 長岡英司, 納田かがり	

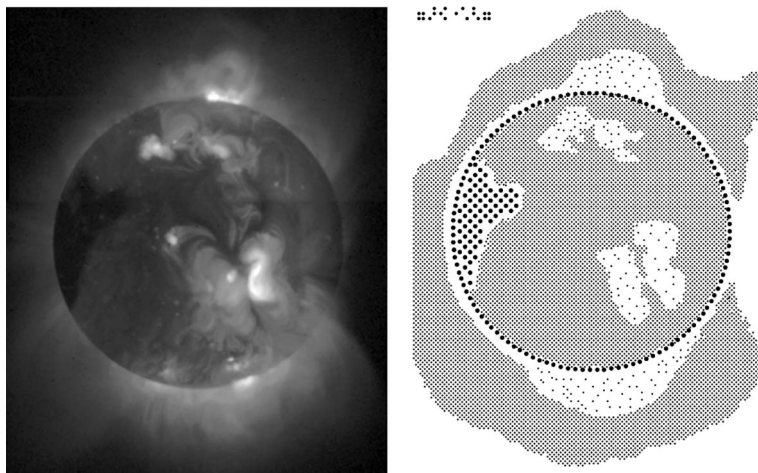


図5 「ようこう」衛星による太陽のX線画像。左が写真，右が点図。

いう優れたものである。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る。慣れないとなかなか操作が難しいという難点もあるが、エーデルの表現力に助けられた図や写真も多い。

さて、触覚にはいろいろ制約もあることに注意が必要である。例えば、目の分解能は0.1 mmであるのに対し、触覚の分解能は1 mmがやっとなのである。ということは、墨図（目で見る図）のもつ情報をすべて表現するのは不可能ということである。抽象化（情報の間引き）が必要となる。どこをどう間引いていくか、専門知識が必要となることは言うまでもない。そこで著者（サイエンティスト）も点図作りに相当コミットすることとなった。著者と点図製作者との連携が不可欠なのである。

また、触覚では局所的な読み取りになるので、全体像の把握に時間がかかることも重要である。そこで、一つひとつの図に、やや詳しいキャプション（解説）も入れることにした。すなわち、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るのである。換言すれば、自分がその図を見たとき、まず図のどこに視点を合わせて何を読み取っていくのか、次にどこを見るのか、といった一つひとつの作業を意識して文章にするという作業を行ったのである。このとき、位置を表すのに時計の文字盤の比喩が役に立った。真上（12時）、真下（6時）だけならこうした比喩はなくてもわかるが、1時と2時の微妙な差を表現できるのがうれしい。こうした、いわば「視覚障害者を巡る文化」を学ぶことも、著者には新鮮な喜びであった。

ところで、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うことにも注意を要する。何度も打合せし、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、気の遠くなるような地道な作業が必要であった。

こうしてできあがった図の例を二つ挙げておく。「ようこう」衛星による太陽のX線写真（図5）と、夏の大三角形のイラスト（図6）である。

こうして、全部で51枚の点図が完成した。その多くが写真・画像である。

改めて思うことは、確かにエーデルは無限の可能性を秘めたソフトであるが、触覚を利用するがゆえの限界もある。例えば、埋め尽くしパターン

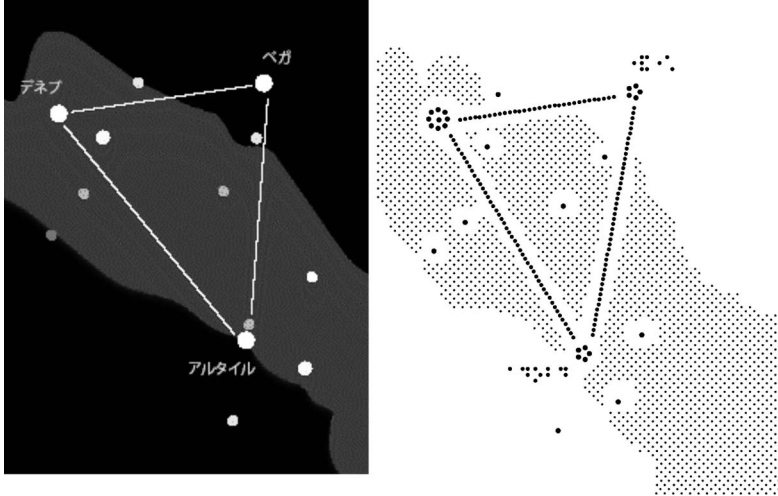


図6 夏の大三角形. 左がイラスト, 右が点図.

や点の集合が、意味あるものととらえられることがある。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る。触覚ではっきり区別できるパターンの組み合わせのリストを作る必要がありそうである。また、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あった。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ある。さらに、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、悩むケースも多かった。最難関は立体的表現。これははっきりいってお手上げである。ある程度文章で補い、最終的には立体模型を使うしかないのかもしれない。

6. 全文全図のマルチモーダル化は世界初？！

以上のような過程を経て、ワンソース・マルチモーダル出版による天文教科書が完成した。特筆すべきことは、墨字版の全文はもとより挿入のすべての図をマルチモーダルにしたことであり、日本初であるのはもちろんのこと、おそらく世界でも初となるであろう。

今回の企画が、従来の同様のものと大きく異なる点は、すべての版を同時進行で作成したため、点字版、あるいは音声版の表現に合わせて、必要に応じ、全体のマスターを、そして活字版の表現も変更してわかりやすくした点にある。先に、図の解説文においては、全体の構成やどこかというところを見て欲しいかといった、通常の理系の本では「見ればわかるだろう」とばかりに全く触れていないところまで文字にしたことを述べた。これは、視覚障害者を意識した方式だが、晴眼者も、きれいな図や写真を前にして、どこを見ればいいのか、何を伝えているのか、理解にとまどうことも多いのではないだろうか。視覚障害者のみならず、いろいろな人のためのデザイン（ユニバーサルデザイン）の考え方がここに活かされている。さらに視覚障害者だけでなく、ディスレクシアにも有効であろうことも先に述べた。究極的には、専門家と一般の人の間に厳然と横たわるバリエーションを少しでも取り除くことができたとしたらうれしい限りである。

この報告書をお読みの方の中に、「いったい何人の人がこの本を読むのか」と疑問に思う人がいるかもしれない。なるほど、読者の数はそう多くないだろう。しかし、考えて欲しい。視覚障害者

一人ひとりにとってみれば、このような本はほかにないのである。そこにスポットライトをあてたプロジェクトを、単に数で評価すべきではないと考える。(数にしたとたん、生身の人間の存在が抜け落ちる。)宇宙に対する思いや感動を一人でも多くの人と共有できることが重要なのである。

そうした著者の思いを、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)がうまく汲み取ってくださった。彼からのメールの一部を、許可を得て転載させていただく。

「私は世に言う文系の就学課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ほとん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極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たいへん有用であることを、実感をもって感じました。例えば上述の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、その部分で体系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わ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となります。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いくことができました。読み進むにつれ、徐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も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。」

7. 結びに代えて

最後に、この活動を通して出会った1編の詩を紹介したい(Maggie Ricciuti 2005/12/20)⁹⁾。

.....
 わたしは 今ここに 生きている そう
 あなたとおなじ おなじ おんなじね
 わたしは お日さまのあつい日差しを感じる
 そう あなたとおなじ
 わたしは 雪のつめたいかけらにさわられる
 そう あなたとおなじ
 わたしは じゃがバターのおいしさを知っている
 そう あなたとおなじ
 わたしは 読みたい本をなんでも読める
 そう あなたとおなじ
 あなたには この世界が見える でも
 私には 見えない
 わたしには 遠くで歌う鳥の声が聞こえる
 あなたは？
 わたしには チクタク時を刻む時計の小さな音が
 聞こえる あなたは？
 わたしには 紙の上の小さなぶつぶつが読めるの
 あなたは？
 わたしは 自分の人生が楽しくて大好き
 そう あなたとおなじ おなじ おんなじね

 この詩を、宇宙を題材に広げてみると、次のようになるだろうか。

 わたしは 宇宙の不思議を知っている そう
 あなたとおなじ
 わたしは 生命の神秘を知っている そう
 あなたとおなじ
 わたしは 宇宙の姿をもっと知りたい そう
 あなたとおなじ おなじ おんなじね

参考文献

- 1) Grice N., 2002, Touch The Universe, Braille edition, "Joseph Henry Press" 59
- 2) 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, 170
- 3) 嶺重 慎, 2006, 第 20 回天文教育研究会収録, 天文教育普及研究会, pp. 74-79
- 4) 嶺重 慎, 2007, 第 21 回天文教育研究会収録, 天文教育普及研究会, pp. 77-88
高橋 淳, 2007a, 天文教育 19(4), 47-48
高橋 淳, 2007b, 第 21 回天文教育研究会収録, 天文教育普及研究会, p. 76
- 5) 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)
- 6) DAISY Consortium, The Best Way to Read The Best Way to Publish, <http://www.daisy.org/>
- 7) Voyager, T-Time, <http://www.voyager.co.jp/T-Time/index.html>
- 8) 財団法人 日本障害者リハビリテーション協会, Enjoy Daisy, <http://www.dinf.ne.jp/doc/daisy/>
- 9) Maggie Ricciuti (VIEW International Foundation, <http://www.viewinternational.org/>) 和訳は臼田-佐藤功美子, 高橋 淳.

本書は、全国の盲学校および点字図書館に無料配布された。希望者は著者まで連絡されたい。

Multi-Modal Textbook on Astronomy**Shin MINESHIGE***Graduate School of Science, Kyoto University***Jun TAKAHASHI***Ibaraki, Mitsukaicho First Senior High School***Hideji NAGAOKA***Research and Support Center on Higher Education for the Hearing and Visually Impaired, Tsukuba University of Technology***Project Team of Multi-Modal Textbook on Astronomy**

Abstract: The education environments for the visually handicapped people, who wish to study the universe, stars, and galaxies, are rather poor, mainly because astrophysical objects cannot be touched. One of the study aids for them is Braille books but the fraction of the visually handicapped people who can read Braille is only 12% of all the visually handicapped people. Further, Braille books are not so easy to produce. For these reasons textbooks of astronomy for visually handicapped people are not satisfactorily provided. To improve such situations, we, for the first time, issued a multi-modal textbook of astronomy. This textbook has four different versions with the same content: usual printed version, Braille version, audio version, and the electronic data version (in which magnification of letters and change of the background color can be easily done). These are expected to promote the study of not only the visually handicapped people, including those who do not read Braille and those who have low visions, but also those with dyslexia (who have a difficulty with reading). It is hoped that such multi-modal textbooks will be available in other fields of sciences.