

CD-ROMの宇宙

酒造 晃子*, 高橋 敦*, 三分一 清隆⁺, 福江 純*, 横尾 武夫*

<*大阪教育大学天文学研究室 〒582 大阪府柏原市旭ヶ丘4-698-1>

e-mail: fukue@cc.osaka-kyoiku.ac.jp

<⁺京都大学宇宙物理学教室 〒606 京都市左京区北白川追分町>

きわめて大容量のデータを記憶できるCD-ROMが安価で使いやすくなってきたため、このところ急速に普及してきた。天文データもCD-ROMでの配布が始まっている。今回、大学の地学実験で、CD-ROMデータを利用して星団の年齢や距離を見積もる作業を行い、いろいろ活用できることがわかったので、その実践結果を報告する。大学教育だけでなく、高校などの現場でも利用できると思われる。

1. はじめに

CD-ROM (Compact Disc Read Only Memory) は、名前の通りに、CD形式の(読み出し専用)記憶媒体である。直径5.25インチのディスク1枚に、540メガバイトもの情報を格納できる(5インチフロッピーディスク50箱分!!)。フロッピーディスクや磁気テープなど磁気を利用したものに比べ、保管場所を取らず、しかも耐久性や信頼性が高いため、マルチメディア時代の記憶媒体として注目されている(パソコン用にも、辞書や地図などさまざまなCD-ROMソフトが出回っている)。

本稿では、そのようなパソコンを利用した天文教育の実践例として、大学の地学実験において、CD-ROMデータを用いて、星団の年齢や距離を見積もり、その過程でHR図や2色図を作成した例を紹介したい(田島他1994年参照)。

CD-ROM天体カタログについては、数年前に簡単な紹介記事を書いたが(定金&横尾1990年)、具体的な実践結果ではなかったし、また、その後リリースされたデータも増え、さらにCD-ROMも普及し使いやすくなったので、本稿であらためて紹介することにした。

2. CD-ROMのハードとソフト

まず最初にCD-ROMそのものと、実際に利用したCD-ROMデータについて、簡単にまとめておく。

2.1 CD-ROM (ハード)

パソコン用のCD-ROMソフトを利用するためには、パソコン本体以外に、

- ・SCSIインターフェースボード
- ・CD-ROM読み取り装置(5万円程度)

があればよい(MS-DOSなどの基本ソフトはもちろんあるとする)。

2.2 CD-ROM (ソフト)

いろいろな学問分野において、大量に発生する情報の共有と有効利用(そしてアーカイブ)が、現在、大変重要な課題になりつつある。天文学の分野でも、2次元画像、3次元データ、時系列データ、波長別データなど、ギガバイト単位で発生するので、それらの大量のデータをどのように処理し、保存し、必要に応じてアクセスするかは、世界的な問題になっている。

現在では、NASAのゴダードスペースフライトセンターに設けられた天文データセンター(ADC)が、各国からデータを収集し、アーカイブ

する作業を行っている。たとえば、昨年(1993年)、日本の宇宙科学研究所が打ち上げたX線天文衛星「あすか」のデータも、現在は、このADCから全世界に配布している(もっとも、ハワイに建設中の光学・赤外大望遠鏡「すばる」が稼働始める1999年までには、日本から直接配布できるように、その準備が進んでいる……はずだが)。

このNASAのADCは、天文データを流通させる新しい形態の一つとして、CD-ROMの形で配布することを考え、数年前から実行に移してきている(岡本他1992年)。まず1989年に31種の天体カタログを納めたテスト版を作成し(それを希望者に無料で配布し)、さらに1991年には114種の天体カタログをCD-ROMに納めた第1巻“Selected Astronomical Catalogs, Vol. I”をリリースした(こちらも希望者に無料で配布している)。

この第1巻には、星や星団・星雲や銀河などの多種多様なデータがCD-ROMに格納されている。CD-ROMは2枚入っており、それぞれの内容

表1 Selected Astronomical Catalogs Vol. 1に含まれているカタログ

YDOCUMENT	Overall documentation for the CD-ROMs and the LaTeX style file	
YASTROM	16 catalogs of astronomic and positional data.	
	Astrographic Catalog Reference Stars	1991
	AGK3 Catalogue	1975
	Fourth Fundamental Catalogue and Supplement	1963
	Fifth Fundamental Catalogue	1988
	General Catalogue of 33342 Stars for the Epoch 1950	1937
	International Reference Stars	1991
	JPL Ephemerides for 1960-2000, Mean Equator and Equinox B1950.0&J2000.0	1982-85
	New Luyten Catalogue of Stars with Proper Motions Larger than 0.2	1979-80
	General Catalogue of Trigonometric Stellar Parallaxes	1991
	Perth 70, Positions of 24900 Stars	1976
	Perth 75, A Catalogue of Positions of 2589 FK4 and FK4S Stars	1982
	Lowell Proper Motion Survey	1971
	Catalogue of Positions and Proper Motions	1988
	Catalogue of Positions and Proper Motions	1991
	Smithsonian Astrophysical Observatory Star Catalog	1966
	Washington Catalog of Visual Double Stars 1984.0	1984
	Yale Zone Catalogues - Integrated Version	1939-83
YCOMBINED		
	Fourth Catalog of Orbits of Visual Binary Stars	1983
	The Bright Star Catalogue, 4th Revised Edition	1982
	A Supplement to the Bright Star Catalogue	1983
	The Bright Star Catalogue, 5th Revised Edition, Preliminary Version	1991
	Catalogue of Nearby Stars, 3rd Edition	1991
	Eighth Catalogue of the Orbital Elements of Spectroscopic Binary Systems	1989
	Catalogue of Stars within 25 Parsecs of the Sun	1970
YCROSSID	3 catalogs of cross identifications.	
	Catalogue of HD, HDE and DM Identifications for Stars in Open Clusters	1986
	SAO/J2000/HD/DM/GC Cross Index	1991
	WDS/DM/HD/ADS Cross Index	1987
Ymisc	5 catalogs of miscellaneous data.	
	Catalogue of Constellation Boundary Data	1989
	A Finding List for Observers of Interacting Binary Systems, 5th ed.	1980
	Second Catalog of Interferometric Measurements of Binary Stars	1988
	Identification List of Lines in Stellar Spectra	1959
	Palomar Observatory Sky Survey Catalogue of Plates with Additional Data	1984

YNONSTELL	35 catalogs of nonstellar and extended objects.	
	Active Galaxies	
	A New Optical Catalog of Quasi-Stellar Objects	1989
	A Catalogue of Quasars and Active Galactic Nuclei (4th Edition)	1989
	Seyfert Galaxies	1977-78
	Asteroids	
	Asteroids II Machine-Readable Data Base - Version March 1988	1989
	Star Clusters and Associations	
	Catalogue of Star Clusters and Associations, Supplement I, Associations	1981
	Catalogue of Star Clusters and Associations. II. Globular Clusters.	1981
	Catalogue of Open Cluster Data, 5th Edition	1987
	Catalogue of Star Clusters and Associations	1970-75
	Galaxies and Clusters of Galaxies	
	Catalogue of Abell and Zwicky Clusters of Galaxies	1961-68
	Catalogue of Galaxies and of Clusters of Galaxies	1960-68
	The ESO/Uppsala Survey of the ESO(B) Atlas	1982
	Cataloged Galaxies and Quasars Observed in the IRAS Survey Version2	1989
	IRAS Small Scale Structure Catalog	1985
	Morphological Catalog of Galaxies	1962-68
	Compilation of the Fifth Volume of Morphological Catalogue of Galaxies	1987
	Merged Catalogue of Galaxies	1986
	Catalogue of Markarian Galaxies	1967-77
	NGC 2000.0, The Complete New General Catalogue and Index Catalogue of	
	and Star Clusters	1988
	Second Reference Catalogue of Bright Galaxies	1976
	CFA Redshift Catalogue	1990
	A Catalogue of Rich Clusters of Galaxies	1989
	Revised New General Catalogue of Nonstellar Astronomical Objects	1973
	A Revised Shapley-Ames Catalog of Bright Galaxies	1981
	Uppsala General Catalogue of Galaxies	1973
	Nebulae and Supernova Remnants	
	A Catalogue of H II Regions	1959
	Catalogue of Bright Nebulae	1965
	Catalogue of Dark Nebulae	1962
	Strasbourg Catalog of Galactic Planetary Nebulae	1980
	Catalogue of Reflection Nebulae	1966
	A Revised Reference Catalogue of Galactic Supernova Remnants	1991
	Radio Sources	
	The Fourth Cambridge Survey of Radio Sources	1965-67
	A Catalogue of Extragalactic Radio Source Identifications	1983
	X-Ray Sources	
	Second Ariel X-Ray Catalogue	1978
	The Ariel Catalogue of X-Ray Sources	1981
	Fourth UHURU X-Ray Catalogue	1978
YPHOTOM	23 catalogs of photometric data.	
	UBVR1JKLNMH Photoelectric Photometric Catalogue	1978
	13-Color Photometry of 1380 Bright Stars	1975
	ANS Ultraviolet Photometry Catalogue of Point Sources	1982
	Catalog of Infrared Observations	1987
	Dearborn Observatory Catalogue of Faint Red Stars	1943-47
	General Catalogue of Variable Stars, 4th Edition	1985-88
	Stars Measured in the Geneva Photometric System, 4th Edition	1988
	The Hubble Space Telescope Guide Star Photometric Catalog	1988
	IRAS Faint Source Catalog, b > 10 deg, Version 2.0	1989
	IRAS Catalog of Point Sources, Version 2.0	1986
	IRAS Serendipitous Survey Catalog	1986
	UBVR1 Photometric Standard Stars Around the Celestial Equator	1983
	Photoelectric Photometric Catalogue in the Johnson UBVR1 System	1986
	Photometric Data for the Nearby Stars	1981
	New Catalogue of Suspected Variable Stars	1982
	Revised AFGL Infrared Sky Survey Catalog and Supplement	1983
	Revised S201 Catalog of Far-Ultraviolet Objects	1982
	Catalogue of Stellar Ultraviolet Fluxes	1978
	Two-Micron Sky Survey	1969
	UBV Photoelectric Photometry Catalogue	1986
	Catalogue of Homogeneous Measurements in the UBV System	1991
	Catalogue of UBV Photometry and MK Spectral Types in Open Clusters	1986
	uvby, beta Photoelectric Photometric Catalog	1990
YSPECTRO	25 catalogs of spectroscopic data.	
	Catalogue, Spectrum and Magnitude Data Bank of Be, Bp and Bpe Stars	1984
	Catalog of Be Stars	1982
	A General Catalog of Cool Galactic Carbon Stars, 2nd Edition	1989
	Catalogue of Early-Type Stars Whose Spectra Have Shown Emission Lines	1970
	A Catalogue of [Fe/H] Determinations, 1984 Edition	1985
	Henry Draper Catalogue and Extension I	1925-3
	IUE Low-Dispersion Spectra Reference Atlas. I. Normal Stars	1984
	IUE Atlas of O-Type Stellar Spectra from 1200 to 1900 Angstroms	1985
	Luminous Stars in the Northern Milky Way	1959-65
	Michigan Catalogue of 2-Dimensional Spectral Types for the HD Stars, Vol. 1-4	1975-88
	Catalogue of Stellar Spectra Classified in the Morgan-Keenan System	1964
	MK Classification Extension	1983
	General Catalogue of Stellar Radial Velocities	1953
	Revised Catalogue of Stellar Rotational Velocities	1982
	Stellar Spectrophotometric Atlas 3130-10800 A	1983
	A Catalog of Stellar Spectrophotometry	1989
	A Library of Stellar Spectra	1984
	Spectrophotometric Standards	1988
	General Catalogue of S Stars	1976
	Ultraviolet Bright Star Spectrophotometric Catalogue	1976
	Supplement to the Ultraviolet Bright Star Spectrophotometric Catalogue	1978
	A Catalog of Spectroscopically Identified White Dwarfs, 3rd Edition	1987

は同じだが、データのフォーマット形式が違う。データ形式は、FITS 形式とテキスト形式で、(後者のテキスト形式のデータは) パソコンに CD-ROM 読み取り装置を接続して容易に読み込むことができる。

第 1 巻の内容としては、天文学全般に関わる広い範囲から、利用頻度の高いポピュラーなものを選定されている。すなわち、NASA の ADC が集めた 500 種類以上の天体カタログの中から、天文のコミュニティの中でポピュラーなもの 114 種を選んで 1 枚の CD-ROM に収めたものである。114 種類のカタログを取めたファイルは、カタログの種類によって、

ASTROM/COMBINED/CROSSID/MISC
NONSTELL/PHOTOM/SPECTRO

という 7 つのサブディレクトリに類別されている。114 種類のカタログの詳細を表 1 にまとめておく。表 1 をみてわかるように、天文学に関する基礎的なデータはほとんど入っている。

それぞれのカタログは MS-DOS フォーマットと FITS テーブルの 2 種類の形式で書き込まれている。それぞれのカタログについてのドキュメントがあり、それらは ASCII コードで書かれている。ディスクが送られてくるときは、CD-ROM 2 枚、プログラム、データおよびドキュメントが入ったフロッピーディスク、プログラムの利用手引き 1 冊がセットになっている。

3. 具体例

上記のようにさまざまなデータがあるのだが、今回の実験では、散開星団の年齢や距離を調べるために、散開星団のファイルや明るい恒星および近傍星のファイルなどを用いた。その過程で、比較的なじみ深いものとして、HR 図 (色等級図)、2 色図、散開星団の分布図などを作成した。以下、順に紹介していくことにする。

3.1 HR 図 (色等級図)

散開星団の HR 図の転回点の位置から年齢を

表 2 Catalog File Record Format

Bytes	Units	Suggested Format	Data
1- 9		I9	Mermilliod number
10		A1	Spectrum remark
11-15		A5	Original ID
16-20		A5	Proper motion ID
21-26		I6	HD/HDE number
27		1X	Blank
28-29		A2	DM Catalog Ident.
30-37		A8	DM number
38		1X	Blank
39-45	mag	F7.3	V
46-52	mag	F7.3	B-V
53-59	mag	F7.3	U-B
60-64		I5	Photom. reference
65		1X	Blank
66-76		A11	MK Spectral type
77-80		I4	Spectral type ref.
81		1X	Blank
82-128		A47	Remarks

見積もるために、主系列星の色等級図、散開星団の星の色等級図を作成した。

まず明るい恒星と近傍星のデータを用いて、主に主系列からなる星の色等級図を作成した。明るい星のファイルは、

¥COMBINED¥BSC 5.DAT

で、近傍星のファイルは、

¥COMBINED¥NEARBYST.DAT

である。作成した色等級図を図 1 に示す。

つぎに、

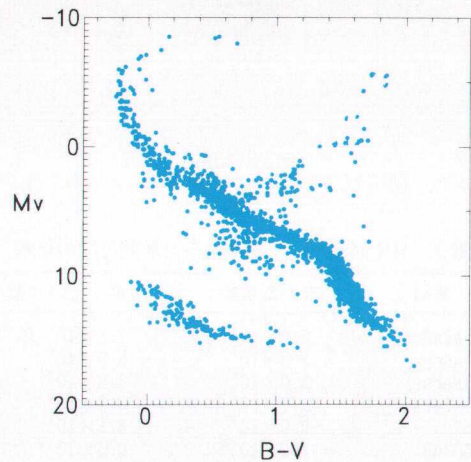


図 1 近距離星の H-R 図

¥PHOTOM¥UBVOPEN.DAT

というファイルになっている“UBV Photom. and MK Sp. Types in Open Cl.”というカタログを用いて、散開星団の色等級図を作成した。

このファイルには、散開星団のUBV測光とMKスペクトル型のデータが入っており、ファイルのレコードフォーマットは表2のようになっている。このデータの中のV, B-V, U-Bを、N 88 BASICでプログラムを作って取り出した。取り出したデータから、さらに必要な星団の星の値だけを切り出し、作った色等級図の例が図2である(図2はM67の場合)。

上で作成した主系列星の色等級図(図1)の主系列の帯と、散開星団の色等級図の帯を比べて転回点を決める(これは目分量で行った)。その転回点でのB-Vの値を、散開星団の転回点のB-Vと年齢の関係(『銀河系』p68)と比べて、年齢を見積もった。結果を表3に示す。理科年表の値

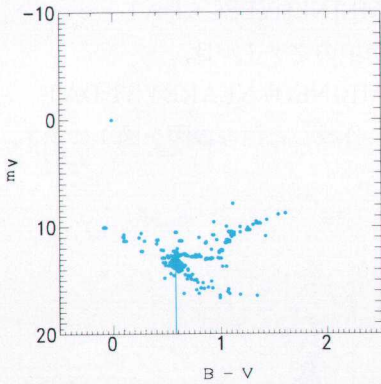


図2 M67

表3 HR図を用いて見積もった散開星団の年齢

星団	求めた年齢	文献 ¹⁾ での年齢
Pleiades	2.0×10^8 年	7.8×10^7 年
Prasepe	1.3×10^9	6.6×10^8
h-Persei	3.0×10^9	5.6×10^8
χ -Persei	2.0×10^9	3.2×10^8
M67	9.0×10^9	3.2×10^9
NGC188	1.0×10^{10}	0.5×10^{10}

1)天文観測年表'94

と違かなり違っているものがあるが、原因としては、転回点の位置の決定誤差や、色指数と年齢の関係の線形性の誤差が考えられる。

3.2 2色図

一方、散開星団までの距離を求めるために、主系列星と星団の2色図を作成した。

データは、同じく、

¥COMBINED¥BSC 5.DAT

¥COMBINED¥NEARBYST.DAT

¥UBVOPEN.DAT

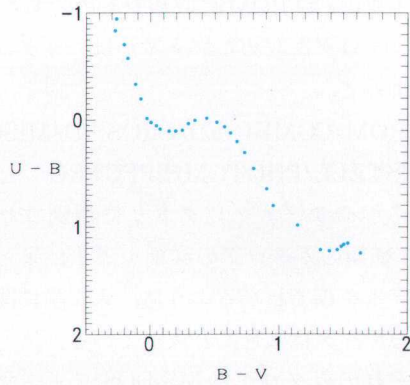


図3 主系列星の2色図

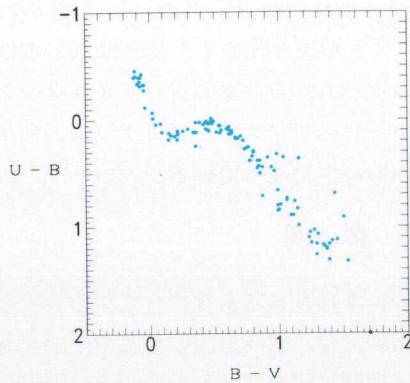


図4 プレアデス

表4 2色図を用いて見積もった散開星団までの距離

星団	求めた距離	理科年表での距離
Pleiades	406光年	408光年

の $B-V$ と $U-B$ を用いた。前 2 者から作成した主系列星の 2 色図が図 3, 散開星団の 2 色図の例が図 4 である (図 4 はプレアデス星団の場合)。

図 3 の主系列星の帯と図 4 の散開星団の主系列星の帯の横方向ずれを求め(これも目分量で), 星間吸収量を見積もる。その星間吸収を考慮した距離指数を 3.1 節の色等級図から求め, 星団までの距離を推定する。その結果を表 4 に示す。これも人によってフィッティングの差があり, 文献の値とは少し違っている。

3.3 散開星団の分布

散開星団の銀河面での分布図も作成してみた(図 5)。そのために, まず,

¥NONSTELL¥CLUSTERS¥OPEN.DAT

というファイルのデータから, 散開星団の赤経 α ・赤緯 δ , 距離 D のデータを切り出した。そして太陽を原点として銀河中心方向を x 軸, 銀河回転方向を y 軸, 銀河面に垂直な方向を z 軸とし, それぞれ以下の計算式により x, y, z に変換するプログラムを作り変換する (詳しくは, 横尾 1993 年)。

$$x = D \cos \delta \cos (\alpha - \alpha_N)$$

$$y = D [\sin \delta \sin I + \cos \delta \sin I \sin (\alpha - \alpha_N)]$$

$$z = D [\sin \delta \cos I - \cos \delta \sin I \sin (\alpha - \alpha_N)]$$

ただしここで, $\alpha_N = 282.85^\circ$, $I = 62.9^\circ$ である。

4. おわりに

ここでは, (その本質は非常に難しい割に, 歴史

的経緯もあって) 天文学では比較的よく使われる HR 図や 2 色図を中心に, CD-ROM データの活用例を述べた。CD-ROM データを用いて立体模型なども作れる (田島他 1994 年)。他にもさまざまな可能性があるだろう。

多種大量のデータが CD-ROM に入ったため, 従来は, 方眼紙と電卓と鉛筆で辛気くさい無味乾燥な(天文学的にはほぼ無意味な)作業を長いこと続けなければできなかったようなことが, 簡単にできるようになった。その結果, 天文学的にはより意味のあることができるようになったのではないだろうか。また大学だけでなく, 高校などの教育現場や, 社会教育施設, アマチュアでも大いに利用できると思われる。

参 考 文 献

- 田島由起子, 三分一清隆, 船越美智世, 福江 純, 横尾武夫, 1994, 天文月報, 投稿中
 定金晃三, 横尾武夫, 1990, 天文月報, 83, 7, 202
 岡本千勢, 福江 純, 三分一清隆, 横尾武夫, 梅村雅之, 1992, 大阪教育大学紀要, 41, 1, 9
 横尾武夫編, 1993, 新・宇宙を解く (恒星社厚生閣), 付録 3
 宮本昌典編, 1980, 銀河系 (恒星社厚生閣), 68

The Universe in CD-ROM

Akiko MIKI*, Atsushi TAKAHASHI*,
 Kiyotaka SANBUICHI†, Jun FUKUE*, Takeo YOKOO*

* Astronomical Institute, Osaka Kyoiku University, Kashiwara, Osaka 543

† Department of Astronomy, Faculty of Science, Kitashirakawa, Sakyo-ku, Kyoto 606

Various astronomical data are now available in the form of CD-ROM. In the curriculum for undergraduate students, we made the H-R diagram and the 2-color diagram in order to examine the age and distance of several open clusters using such CD-ROM data. On the display of a PC besides pens and papers, more sophisticated practices become available for astronomical studies in the classroom.

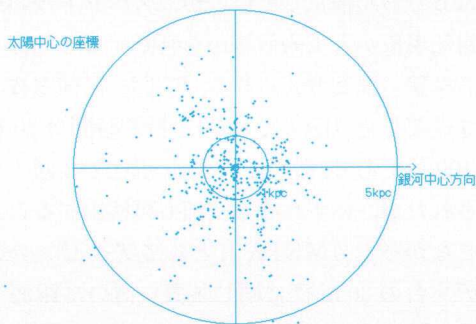


図 5