ＦＩＴＳの手引き

第 2 版

監修　天文情報処理研究会
協力 FITS 国内委員会

1996 年 1 月 23 日

はじめに

天文コミュニティではデータの交換やデータストレージに使われるデータ形式として、FITS フォーマットが策定され使用されるようになっている。FITS は天文データの 流通保存のための共通のデータフォーマットとして持つべき条件、即ち、

- 互換性
- 単純さ
- 拡張性
- 自己記述性

等を満たすフォーマットであり、日本国内でも観測所データの保存やデータ交換に際して、FITS フォーマットを基本に国内の標準ヘッダ項目を定めていこうとの合意がなされている。

天文情報処理研究会では従来より、各種クックブックや手引き類の出版活動をしてきたが、その 1 つとして、FITS の手引き (第 1 版) が 93 年に出版された。その後 2 年余りの時間が経ち、FITS の規格も多少の拡張がなされ、それ以上に FITS に関する情報源としてインターネットの存在が大きな割合を占めるようになってきている。そこで、そうした情勢の変化に対応すべく、今回 FITS の手引き、第 2 版を作成することになった。

この手引きでは、第 1 版同様、FITS の概観について述べ、基本 FITS、現段階での FITS のスタンダードやいくつかの拡張に関する解説、国内での標準ヘッダに関する提案、WCS に関する解説、及び FITS に関する各種情報源についても言及しているが、最後の各種情報源についての項目を大幅にバージョンアップしている。

FITS に関しては現在も基本規約に対する各種拡張等が提案・検討されているし、時間と共に新たな拡張が施されていくのは確実である。この手引きでは、現状での展望という形で FITS についてまとめたものを印刷版として出し (もとの文書は計算機可読な形式；具体的には jLaTeX 形式で書かれている)、その後 html 化して WWW でも閲覧できるようにする予定である。(従って、今後の変化に対する改訂は WWW 上で行うようになる可能性が高い)

この手引きが天文コミュニティでのデータ流通や機器開発に関するデータフォーマットの検討の一助になれば幸いである。

(この手引きは FITS の手引き、第 1 版をもとに、吉田 (重) 氏による WCS 解説や、各種インターネット上のリソースを取り入れて再編集したものです。)

天文情報処理研究会 (編集　金光　理)

天文情報処理研究会　連絡先

事務局； 〒１８１ 三鷹市大澤２ー２１ー１
国立天文台 天文学データ解析計算センター
高田唯史
TEL.0422-34-3604
FAX.0422-34-3840
E-mail: rtakata@bandai.mtk.nao.ac.jp

目 次

はじめに 1

1 FITS の概要 4
- 1.1 FITS ファイルの構成 . . . 4
- 1.2 ヘッダーレコードの概要 . . . 5
- 1.3 FITS ファイルのサンプル . . . 5

2 基本 FITS について 7
- 2.1 "FITS: A Flexible Image Transport System" . . . 7
- 2.2 "An Extension of FITS for Groups of Small Arrays of Data" . . . 7
- 2.3 "Generalized extension and Blocking factors for FITS" . . . 8
- 2.4 "The FITS tables extension" . . . 8

3 FITS スタンダード 9
- 3.1 NOST による FITS の定義 (FITS スタンダード) . . . 9
- 3.2 FITS ファイルの構成 . . . 9
  - 3.2.1 FITS 構造 . . . 9
  - 3.2.2 primary HDU . . . 9
  - 3.2.3 Extensions . . . 10
- 3.3 ヘッダー . . . 11
  - 3.3.1 カードイメージ . . . 11
  - 3.3.2 キーワード . . . 11
  - 3.3.3 値 . . . 14
- 3.4 データ表現 . . . 15
  - 3.4.1 文字と整数 . . . 15
  - 3.4.2 IEEE-754 浮動小数点数 . . . 15
- 3.5 Random Group 構造 . . . 16
  - 3.5.1 キーワード . . . 16
  - 3.5.2 データシーケンス . . . 16
- 3.6 ASCII Table Extension (Standard extension 1) . . . 17
  - 3.6.1 ASCII table のキーワード . . . 17
  - 3.6.2 ASCII table の例 . . . 19
- 3.7 IMAGE extension (Standard extension 2) . . . 20
  - 3.7.1 IMAGE extension の概要 . . . 20
  - 3.7.2 Extension ヘッダー . . . 20
  - 3.7.3 IMAGE Extension ヘッダーの例 . . . 21
- 3.8 Binary Table Extension (Standard extension 3) . . . 23
  - 3.8.1 Binary Table の概要 . . . 23
  - 3.8.2 表のヘッダー . . . 23
  - 3.8.3 Binary Table のヘッダーの例 . . . 24
- 3.9 ブロッキングに関する合意 . . . 24
  - 3.9.1 固定ブロックメディア . . . 25
  - 3.9.2 ビットストリームデバイス . . . 25

3.9.3 可変ブロックメディア 25

4 World Coordinates System **26**
4.1 現 FITS での表現 26
4.2 天球座標 (α, δ) からインデックス (i, j) への変換 26
4.2.1 $(\alpha, \delta) \Rightarrow (\theta, \phi)$ 27
4.2.2 $(\theta, \phi) \Rightarrow (R_\theta, \phi)$ or (x, y) 27
4.3 データ配列から天球座標への変換 28
4.3.1 データ配列から天球座標を計算する手順 28
4.3.2 データ配列から物理座標への変換 29
4.3.3 (平面) 物理座標から (球面) 天球座標への変換 29
4.3.4 座標の準拠フレーム 30
4.4 具体例 30
4.5 キーワードと投影法 31

5 FITS の拡張 **34**
5.1 予約された FITS の extension タイプの名前 34
5.2 提案中のその他の規約 35
5.2.1 Checksum Proposal 35
5.2.2 Hierarchical Grouping Convension 35
5.3 FITS の拡張の手順 35
5.4 キーワードのまとめ 36

6 日本国内 FITS ヘッダ統一案 **38**
6.1 FITS ヘッダー統一項目一覧 (案) 39
6.2 ヘッダー具体例 41

7 FITS に関する各種リソース **42**
7.1 ソフトウェア 42
7.1.1 FITS Support Office 提供のソフト 42
7.1.2 HEASARC 提供のソフト 42
7.1.3 ADC 提供のソフト 43
7.1.4 IDL 関係 43
7.1.5 FITS image viewer(各種プラットフォーム) 44
7.2 インターネット上のリソース 46
7.2.1 FITS Support Office 46
7.2.2 HEASARC 46
7.2.3 NRAO 47
7.2.4 HEAFITS exploder 47
7.2.5 NetNews: sci.astro.fits 47
7.3 日本国内の情報 48
7.3.1 FITS 国内委員会 48
7.3.2 天文データ解析計算センターの情報バンク 48

8 参考文献 **49**

1 FITS の概要

1.1 FITS ファイルの構成

FITS (The Flexible Image Transport System) は天文データの交換及び蓄積のための標準フォーマットとして作成された規約である。元々は特に天体画像データの流通における必要から始まったものであるが、画像データだけでなく、天体カタログのようなデータベースなどの用途でもこのフォーマットが用いられるようになってきている。

FITS ファイルは ASCII テキストで書かれたヘッダーとバイナリの配列 (通常は多次元の) からできている (現在ではこの「基本」*FITS* 要素に加えて拡張された同様の (ヘッダー + データからなる) 他の *FITS* 要素が付け加わってもよいことになっている)。

即ち、*FITS* ファイルの構成は

・(基本) FITS 要素
・(拡張) FITS 要素 1
・(拡張) FITS 要素 2
・
・

となっており、いずれの *FITS* 要素も整数個の (論理) レコードからなり論理レコードのサイズは 2880 バイト (23040 ビット = あらゆる計算機のワード長の最小公倍数) である。

1 つの *FITS* 要素は大きく 2 つの部分に分けられる。

前半部はヘッダーレコードと呼ばれ、データの目的、種類、構造、バイト数、レコード数などのデータに関する解説部分となっている。1 行が 80 文字からなるカードイメージの連なりで、整数個の論理レコードに収められる (1 レコードには 2880/80=36 行が収まるので、ヘッダーが 36 行を越える時は複数個の論理レコードが必要となる。また、ヘッダーが 1 レコードに満たない場合は空白行で埋められちょうど整数個のレコードとされる。) 1 つの行の各欄の使い方や用語には一定の規約がある (次節参照)。

後半部はデータレコードと呼ばれ、ヘッダーレコードの直後のレコードから実際のデータが書きこまれる。

即ち、1 つの *FITS* 要素の構造は

・ヘッダーレコード (2880 バイト × n (整数))	ヘッダー 1 (80 バイト・カードイメージ) ヘッダー 2 (80 バイト・カードイメージ) ヘッダー 3 (80 バイト・カードイメージ) ヘッダー 4 (80 バイト・カードイメージ) ・ ・
・データレコード (2880 バイト × n (整数))	バイナリデータ ・ ・

のようになっている。

1.2 ヘッダーレコードの概要

ヘッダーレコードは 80 バイトのカードイメージからなり、その数は無制限であり、最後のヘッダーレコードは END というキーワードで示される。

FITS ヘッダーのカードイメージは次の形式に従う。

キーワード = 値 / 注釈

ここで

1-8 桁目: キーワード、8 文字以下の左詰めされた ASCII 文字列
9 桁目: = (等号)
10 桁目: 空白 (ASCII のブランク)

値については ANSI FORTRAN のフォーマットに従う。いくつかの必須パラメータは一定の形式が要求され、その他のパラメータについてもフォーマットを固定しておくことが推奨される。また、 / (スラッシュ) は必須ではないがなるべく使ったほうがよく、 / の後は注釈とみなされる。 / はパラメータ値の後ならどこでもよいが最低 1 つの空白を直前に置く。小文字はキーワードには使用しない。

推奨 (場合によっては要求) される固定形式は次のとおり。

- 論理型の変数: T 又は F を 30 桁目に置く。
- 整数型の変数: 11-30 桁目に右そろえ。(虚数部分は 31-50 桁目に右揃え)
- 実数型の変数: 小数点必須。11-30 桁目。指数表現なら右揃え。(虚数は 31-50)
- 文字型の変数: 標準 8 文字 (長くても可)。11 桁目に'、文字列、20 桁目以降に終端の' を置く。

最小限必要なキーワードは以下のとおりで順序は固定されており、形式も前述のとおりである。

SIMPLE 論理型: ファイルが基本 FITS になっているかどうか。
BITPIX 整数型: 各画素の値を何ビットで表現しているかを示す。
NAXIS 整数型: 画素の座標軸の本数を示す。
NAXISn 整数型: n は 1 から NAXIS の値までで、各々第 n 軸に沿った画素の数。
END 値を持たない。9-80 桁は空白でヘッダーレコードの終了を表わす。

このうち SIMPLE を除くキーワードはすべての *FITS* 要素のヘッダーに必要である。また、SIMPLE キーワードは基本 (primary)*FITS* 要素のヘッダーの最初に現れなければならない。NAXIS=0 の場合、 NAXISn はあってはならない。

他のキーワードについては *FITS* スタンダードの項を参照のこと。

1.3 FITS ファイルのサンプル

参考のため、IRAF のサンプルデータ dev$pix を FITS で出力したものを上げる。最初の 2 行はカードの桁を示すためにあり、表のヘッダーの一部ではない (以降も同様)。

Main Header(IRAF dev$pix)

```
         1         2         3         4         5         6         7
1234567890123456789012345678901234567890123456789012345678901234567890123456789012345...
--------------------------------------------------------------------------------
SIMPLE  =                    T / FITS STANDARD
BIRPIX  =                   16 / FOTS BITS/PIXEL
NAXIS   =                    2 / NUMBER OF AXES
NAXIS1  =                  512 /
NAXIS2  =                  512 /
BSCALE  =       1.0000000000E0 / REAL = TAPE*BSCALE + BZERO
BZERO   =       0.0000000000E0 /
OBJECT  = 'm51  B  600s'       /
ORIGIN  = 'KPNO-IRAF'          /
DATE    = '02-09-90'           /
IRAFNAME= 'pix     '           / NAME OF IRAF IMAGE FILE
IRAF-MAX=           1.993600E4 / DATA MAX
IRAF-MIN=          -1.000000E0 / DATA MIN
IRAF-B/P=                   16 / DATA BITS/PIXEL
IRAFTYPE= 'INTEGER'            /
IRAF-MAX=           1.229817E4 / DATA MAX
IRAF-MIN=          -6.053954E0 / DATA MIN
IRAF-B/P=                   32 / DATA BITS/PIXEL
IRAFTYPE= 'FLOATING'           /
CCDPICNO=                   53 / ORIGINAL CCD PICTURE NUMBER
ITIME   =                  600 / REQUESTED INTEGRATION TIME (SECS)
TTIME   =                  600 / TOTAL ELAPSED TIME (SECS)
OTIME   =                  600 / ACTUAL INTEGRATION TIME (SECS)
DATA-TYP= 'OBJECT (0)'         / OBJECT,DARK,BIAS,ETC.
DATE-OBS= '05/04/87'           / DATE DD/MM/YY
RA      = '13:29:24'           / RIGHT ASCENTION
DEC     = '47:15:34'           / DECLINATION
EPOCH   =                 0.00 / EPOCH OF RA AND DEC
ZD      = '22:14:00'           / ZENITH DISTANCE
UT      = '09:27:27'           / UNIVERSAL TIME
ST      = '14:53:42'           / SIDERIAL TIME
CAM-ID  =                    1 / CAMERA HEAD ID
CAM-TEMP=              -106.22 / CAMERA TEMPERATURE, DEG C
DEW-TEMP=              -180.95 / DEWAR TEMPERATURE, DEG C
F1POS   =                    2 / FILTER BOLT I POSITION
F2POS   =                    0 / FILTER BOLT II POSITION
TVFILT  =                    0 / TV FILTER
CMP-LAMP=                    0 / COMPARISON LAMP
TILT-POS=                    0 / TILT POSITION
BIAS-PIX=                    0 /
BI-FLAG =                    0 / BIAS SUBTRACT FLAG
BP-FLAG =                    0 / BAD PIXEL FLAG
CR-FLAG =                    0 / BAD PIXEL FLAG
DK-FLAG =                    0 / DARK SUBTRACT FLAG
FR-FLAG =                    0 / FRINGE FLAG
FR-SCALE=                 0.00 / FRINGE SCALING PARAMETER
TRIM    = 'Apr 22 14:11 Trim image section is [3:510,3:510]'
BT-FLAG = 'Apr 22 14:11 Overscan correction strip is [515:544,3:510]'
FF-FLAG = 'Apr 22 14:11 FLat field image id Flat1.imh with scale=183.9447'
CCDPROC = 'Apr 22 14:11 CCD processing done'
AIRMASS =     1.08015632629395 / AIRMASS
HISTORY New copy of one035.imh
HISTORY New copy of one035
HISTORY New copy of m51
HISTORY New copy of m513
HISTORY New copy of m51
END
```

2　基本 FITS について

現在の *FITS* 規約の「基本」部分は *Astron. Astrophys. Supplement* に発表された次の 4 つの論文に述べられている。

1. Wells, D. C., Greisen, E. W., and Harten, R. H. 1981, "*FITS*: A Flexible Image Transport System," *Astron. Astrophys. Suppl.*, **44**, 363–370.

2. Greisen, E. W. and Harten, R. H. 1981, "An Extension of *FITS* for Small Arrays of Data," *Astron. Astrophys. Suppl.*, **44**, 371–374.

3. Grosbøl, P., Harten, R. H., Greisen, E. W., and Wells, D. C. 1988, "Generalized Extensions and Blocking Factors for *FITS*," *Astron. Astrophys. Suppl.*, **73**, 359–364.

4. Harten, R. H., Grosbøl, P., Greisen, E. W., and Wells, D. C. 1988, "The *FITS* Tables Extension," *Astron. Astrophys. Suppl.*, **73**, 365–372.

これらが「基本」*FITS* 又は「原始」*FITS* を形づくっているので、ここで簡単にその内容に触れておく。

2.1　"FITS: A Flexible Image Transport System"

この論文では ANSI 7 or 9 トラック磁気テープ上へのデジタルイメージを記録する形式としての *FITS* が定義されている。概要は次のようになっている。

データの物理的表現　1 物理レコード = 1 論理レコード = 2880 バイトであることや、ヘッダー・データレコードの形式、画素データの内部表現などが述べられている。

ヘッダーレコード　ヘッダーレコード中のカードイメージの構造として、キーワードや推奨される値の形式が述べられている。

必須キーワード　最小限必要なキーワードとその値が述べられている。

オプションキーワード　ヘッダー中により詳細な情報を加えるためのオプションキーワードについて述べられている。

これらのうち、上の 3 つの部分は前節で概要が解説してある。最後のオプションキーワードの詳細は、この論文以降の拡張も含めて *FITS* スタンダードの項を参照のこと。

2.2　"An Extension of FITS for Groups of Small Arrays of Data"

この論文では上記の論文による "basic" *FITS* に対する拡張として、画像データがいくつかのグループからなることを許す規約が述べられている。ここで述べられる構造は電波干渉計で使用されており、現在の *FITS* のスタンダードの一部として取りいれられている。ただし、最近 *FITS* の standard extension として認められた "binary table extension" が、この構造を取りこむことができる予定なので、将来は使われなくなる可能性がある。詳細は *FITS* スタンダードのセクションの Random Group 構造の項、及び Standard Extension の項を参照のこと。

2.3 "Generalized extension and Blocking factors for FITS"

この論文では "basic" *FITS* で 1 物理レコード = 1 論理レコードとされていたのに対し、ブロック化を認める形の規約が述べられており、このブロック化は 1987 年 1 月 1 日から認められている。これは磁気テープ上の格納効率を上げるためであり、次のような規約がある。

- ブロック長 = ブロック化係数 × レコード長 = n × 2880 バイト (ブロック化係数 n は 1 以上 10 以下)
- 最終レコードはデータを格納するのに必要な最小の論理レコードの数で終わってよい。
- 新しいキーワード `BLOCKED` (論理型) を導入する。必須ではないが、使われる時は一つめの論理レコードに `BLOCKED = T` の形で現れなければならない。これはファイルがブロック化されているかもしれない事を示す。
- 解読プログラムは `BLOCKED` キーワードの有無にかかわらず deblock できるようになっているべきである。
- 拡張を積極的に認めるためのキーワード `EXTEND` (論理型) を導入する。

これについても *FITS* スタンダードのセクションを参照のこと。

2.4 "The FITS tables extension"

元々の "basic" *FITS* はバイナリの画像データの移送用として定義されていたが、カタログ等のデータの移送にも使えるように拡張する規約が書かれている。これは ADC カタログ等で使用されており、現在は標準の一部としてドラフトスタンダードにも取りいれられている。目的から言ってこの形式のファイル中のデータレコードはプリント可能な ASCII テキストからなっている。キーワード等の詳細は *FITS* スタンダードのセクションの ASCII table extension の項を参照のこと。

3 FITS スタンダード

3.1 NOST による FITS の定義 (FITS スタンダード)

FITS は前セクションで述べたように 4 つの基本論文によってその骨格が定まり (基本又は原始 *FITS*)、1982 年に random group が、 1988 年に ASCII table が各々 IAU により正式に認められている。また、当初の磁気 1/2 インチ磁気テープ用の定義も拡張され、*FITS* を論理的構造とみなし、特定のメディアの物理的構造としては定義しないこととなった。

1988 年には IAU *FITS* Working Group が結成され、*FITS* 標準の維持や改良、将来の拡張、*FITS* 使用の推奨、FITS キーワード辞典の改良、などの統括をすることとなり、1989 年には IAU Commission 5 *FITS* Working Group が浮動小数点の表現に関する公式の合意に達した。

NASA/Science Office of Stabdards and Technology (NOST) では従来から *FITS* のスタンダードをまとめる意味で Draft Standard を出していたが、上記のような経緯を踏まえ、1993 年に Definition of the Flexible Image Transport System(*FITS*)(June 18, 1993, NOST 100-1.0) を出した。

この文書が出た後も、1994 年には Image Extension、Blocking、Binary Table が正式に *FITS* の拡張として認められる、などの変化があった。

ここではこの NOST Definition of *FITS* Ver.1.0 のうち reference になる部分の概要と、その後の正式採用された拡張に関して解説する。

3.2 FITS ファイルの構成

3.2.1 FITS 構造

FITS ファイルは、以下の FITS 要素が次の順で並ぶ

- primary HDU (Header and Data Unit)
- Random groups (optional; primary data array がない場合のみ許される)
- 確認された extensions (optional)
- special records (optional)

各 *FITS* 要素は、整数個の *FITS* 論理レコードから成る。primary HDU は *FITS* ファイルの最初のレコードで始まる。これに続く各 *FITS* 要素の最初のレコードは、直前の *FITS* 要素の最終レコードの直後に置かれる。*FITS* 論理レコードの大きさは、23040 ビット、あるいは 2880 バイトである。

primary HDU とすべての extension は、ASCII テキストからなる整数個のヘッダー・レコードとそれに続く整数個のデータ・レコードから構成される。最初のデータ・レコードはヘッダーの最終レコードの直後に置かれる。

3.2.2 primary HDU

FITS データ・セットの先頭の要素は プライマリヘッダーである。プライマリヘッダーに続いてプライマリデータが (必ずしも必要でないが) 置かれる。プライマリデータの有無はプライマリヘッダー中の `NAXIS` キーワードの値で示される。

A(1 , 1 , ..., 1),
A(2 , 1 , ..., 1),
⋮,
A(NAXIS1, 1 , ..., 1),
A(1 , 2 , ..., 1),
A(2 , 2 , ..., 1),
⋮,
A(NAXIS1, 2 , ..., 1),
⋮
A(1 , NAXIS2, ..., NAXISm),
⋮,
A(NAXIS1, NAXIS2, ..., NAXISm)

図 1: 1 次元以上の配列ではその axis 1 に沿った index が一番早く変化し、引き続く axis の index が順に変化する。第一要素の位置を除いては配列の構造はレコードの構造とは独立である。

プライマリ HDU のヘッダーは、ASCII コードで書かれた連続したカード・イメージでできている。すべてのヘッダー・レコードは 36 のカード・イメージから成る。内容のないカード・イメージはブランク (16 進の 20) で埋める。

FITS フォーマットではプライマリデータ配列は 0-999 次元のデータ配列からできている。データの値は空白等を含まないバイト列で表される。最初の値は最初のプライマリデータ配列レコードの最初の位置に書かれる。配列の引き続く各々の行の最初の値は直前の行の最後の値のすぐ後に書く。1 次元以上の配列では axis 1 のインデックスが一番早く変化し、axis 2 の index がその次で、引き続く axis は順に変化し、axis m (m は NAXIS の値) の index が一番ゆっくり変化する; 即ち配列 $A(x_1, x_2, \ldots, x_m)$ の要素は図 1 の順になる。

各々の軸に沿ったインデックスは 1 から始まり NAXISn キーワードの値まで 1 ずつ増えていく (Section 3.3.2)。データ配列が最後のレコードを埋めきらない場合、残りの領域には配列の値と同じ表現でゼロ値を書いおく。IEEE 浮動小数点データでは +0 の値が使われる。

3.2.3 Extensions

すべての extension は以下の要件を満たす必要がある。

独自性 各 extension は、独自の名前を持つ。extension 名は、IAU 第 5 委員会 (*FITS* ワーキンググループ) が管理する。

サイズの特定 各 extension 中のデータの総ビット数はその extension のヘッダーに書き込まれる。

既設の構造との互換性 現存する FITS データ・セットを無効にするような extension は存在してはならない。

Standard Extension 各 standard extension は独自の名前を持ち、その構造と内容が完全にこの規格で指定されたものと一致していなければならない。

FITS ファイル中の順番 extension はプライマリ HDU (又はもしあれば random group レコード) あるいは他の extension の後に置かれる。1 つの *FITS* データ・セット中では standard extension はどのような順になっていてもよい。

3.3 ヘッダー

3.3.1 カードイメージ

ヘッダーのカードイメージは

```
1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1 2 3 …   ←先頭からのバイト数
キーワード      =  値  /  コメント                    ←内容
```

のようになっており、キーワードは左詰め 8 文字の空白を含まない ASCII 文字列であり、余った部分は空白が詰められる。数字、英大文字を使うことができ、小文字は使えない。アンダースコアーとハイフンも使うことができる。他の文字は使うことができない。= とその直後の空白は 9,10 桁目固定。値は ANSI FORTRAN-77 のフォーマットに沿ったものとする。/ の位置は値の後に空白をはさんで任意である。コメントは何を書いてもよい。

3.3.2 キーワード

【プライマリヘッダーのキーワード】
プライマリヘッダーには次のキーワードが必須である。

1	SIMPLE
2	BITPIX
3	NAXIS
4	NAXISn, n = 1, . . . , NAXIS
	⋮
	(other keywords)
	⋮
last	END

表 1: プライマリヘッダーの必須キーワード.

SIMPLE を除くキーワードは、すべての FITS ヘッダーに必要であり、SIMPLE キーワードは primary ヘッダーには必ず必要である。

primary データ配列の総ビット数は次のように与えられる。

$$\begin{aligned} \texttt{NBITS} &= |\texttt{BITPIX}| \times \\ &\quad (\texttt{NAXIS1} \times \texttt{NAXIS2} \times \cdots \times \texttt{NAXISm}), \end{aligned} \tag{1}$$

ここで NBITS は非負で、最終レコードのデータ部分の残りを埋めるための空白部分を除いたビット数で、 m は NAXIS の値、BITPIX と NAXISn は各々のキーワードに附属する値である。
　各々のキーワードの意味は

SIMPLE 論理値 T 又は F を持ち、この規格に適合するかどうかを示す。

BITPIX 整数値を持ち、データのビット数を表わす。有効な値は下記のとおり。

NAXIS 999 以下の非負の整数値を持ちデータ配列中の軸の数を表わす。

NAXISn 非負の整数値を持ち、n 番目の軸の大きさを表わす。

END 値を持たず 9-80 桁は空白。ヘッダーの終わりを表わす。

値	データ表現
8	文字または符号無 2 進整数
16	16 ビット 2 進整数 (2 の補数)
32	32 ビット 2 進整数 (2 の補数)
-32	IEEE 単精度浮動小数点
-64	IEEE 倍精度浮動小数点

表 2: 有効な BITPIX 値の説明

　extension を使用する場合にはさらにプライマリヘッダーに次のキーワードが必要となる。

EXTEND 論理値 T を持つとそのデータセットに extension がある可能性を示す。

【extension ヘッダーのキーワード】
extension のヘッダーは次ページのキーワードを必須とする。

1	XTENSION
2	BITPIX
3	NAXIS
4	NAXISn, n = 1, . . . , NAXIS
	⋮
	(other keywords, including . . .)
	PCOUNT
	GCOUNT
	⋮
last	END

表 3: 規格にあった extensions の必須キーワード

extension data 中の総ビット数は、次の式で与えられる。

$$\begin{aligned} \texttt{NBITS} &= |\texttt{BITPIX}| \times \texttt{GCOUNT} \times \\ &\quad (\texttt{PCOUNT} + \texttt{NAXIS1} \times \texttt{NAXIS2} \times \cdots \times \texttt{NAXISm}), \end{aligned} \tag{2}$$

ここで NBITS は非負で、最終レコードを満たすためつけ加えられる空白を除いたビット数、m は NAXIS の値、 BITPIX, GCOUNT, PCOUNT, NAXISn は各々のキーワードに附属する値である。
　各々のキーワードの意味は

XTENSION extension のタイプを示す文字列を持つ。

PCOUNT 整数値を持ち、パラメータ配列 group 中のパラメータ数を示す。

GCOUNT 整数値を持ち、パラメータ配列 group の数を示す。

【他の予約されたキーワード】
他にも必須ではないが、予約されているキーワードが多数存在する。詳しくは原版を参照していただくこととし、ここでは概略を、HDU の History や 物理構造を記述するもの、観測を記述するもの、書誌を記述するもの、コメント、配列を記述するもの、Extension を記述するもの、の順に言及する。

DATE DD/MM/YY 形式の UT での HDU が作成された日付。

ORIOGIN *FITS* ファイルを作成した機関を示す。

BLOCKED 値が論理値 T になっているこのキーワードの存在は、そのデータセットの実ブロック長が論理レコード長の整数倍であり、必ずしも等しくないことを示す。

DATE-OBS 観測日時を UT であらわしたもの。

TELESCOP データ取得に使われた望遠鏡。

INSTRUME データ取得に使われた機器。

OBSERVER データを取得した観測者。

OBJECT 観測された天体名。

EQUINOX ヘッダー または データ 中に与えられた位置をあらわすのに使われた座標系に対する equinox を年単位で浮動少数点表示したもの。

EPOCH *FITS* ではこのキーワードは使われるべきではない。EQUINOX を使うこと。

AUTHOR データを編纂した人の名前。出版物や多数のデータソースから作成されたデータの場合に適用される。

REFERENC データが出版物から取られた場合の出典。

COMMENT 値を持たない。注釈のために使う。いくつ書いてもよい。

HISTORY 値を持たない。データの処理の履歴を書く。いくつ書いてもよい。

BSCALE 浮動小数点数で BZERO キーワードとともに配列のピクセル値が真の物理値と違う場合に真の物理値に変換するのに使う。デフォルト値は 1.0 である。

BZERO 浮動小数点数で BSCALE キーワードとともに配列のピクセル値が真の物理値と違う場合に真の物理値に変換するのに使う。デフォルト値は 0.0 である。

BSCALE と BZERO を使った変換方程式は次のようになる:

$$\text{物理値} \quad = \quad \text{BZERO} + \text{BSCALE} \times \text{配列値} \tag{3}$$

BUNIT 配列の値に BSCALE と BZERO を適用したあと、表わされるデータの単位を示す文字列。

BLANK 整数データ配列に対して物理値の定義されていない配列値をあらわす整数値を指定する。

CTYPEn n 番目の軸の物理的意味を表わす文字列。

CRPIXn n 番目の軸上の参照点の位置を軸のインデックスで表し、浮動小数点値を持つ。この値は 1 から NAXISn まで 1 ピクセルあたり 1 ずつ増加するカウンタに基づいている。

CRVALn CRPIXn で示される参照点が、CTYPEn で示される座標上のどの値に対応するかを表す浮動小数点値を持つ。

CDELTn CRPIXn 参照点で評価された、ピクセルインデックスに関する CTYPEn で表される座標の増分を与える浮動小数点値。

CRPIXn, CRVALn, CDELTn を使った n 軸上の点の物理値は次のようになる:

$$\text{n 軸上の点の物理値} \quad = \quad \text{CRVALn} + (\text{ピクセル値} - \text{CRPIXn}) \times \text{CDELTn} \tag{4}$$

CROTAn CTYPEn で表される座標系から配列値が実際に表す座標系への回転を表す。浮動小数点値で n 番目の軸と CTYPEn の座標系との間の回転角を degree で表す。

DATAMAX 配列中の最大値の浮動少数点値。

DATAMIN 配列中の最小値の浮動少数点値。

EXTNAME *FITS* ファイル中の XTENSION と同じ。

EXTVER 同じ XTENSION と EXTNAME を持つ異なった extension を区別するために使う。整数値。

EXTLEVEL extension ヘッダー中の extension 階層内のレベルを表す整数値。

3.3.3 値

値の書き方は ANSI FORTRAN-77 のフォーマットと同じであり、次のようになる。

文字列 11 桁目に ' 、12 桁目から文字列、20 桁目以降に ' で括る。

論理値 T または F を 30 桁目に書く。

整数 11-30 桁目に右詰めで ASCII で書く。複素整数は虚数部を 31-50 桁に右詰めで書く。

実浮動小数点数 11-30 桁に ASCII で書く。指数部の文字は大文字、値は右詰めで小数点を書く。

複素浮動小数点数 実数部は上記と同じ。虚数部は 31-50 桁に右詰めで書く。

3.4 データ表現

3.4.1 文字と整数

次の形式で書く。

文字 各文字 1 バイトで下位の 7 ビットを使った 7 ビット ASCII コードで表わされ、最上位ビットは 0 である。

8 ビット整数 符号なしのバイナリ。

16 ビット整数 2 の補数表示による符号付きバイナリで 2 バイトである。

32 ビット整数 2 の補数表示による符号付きバイナリで 4 バイトである。

3.4.2 IEEE-754 浮動小数点数

32 または 64 ビット浮動小数点データの *FITS* 形式への変換は、ANSI/IEEE-754 規格に従う。ヘッダー中の `BITPIX = -32` および `BITPIX = -64` はそれぞれ 32、64 ビットの IEEE 浮動小数点であることを示す。バイトの順序は、最初が符号と指数、次に仮数を位の大きなものから小さなものへと書く。

32 ビット浮動小数点値の構成 (次ページ) とその解釈は次のようになる。

ビット位置 (左から右)	内容
1	符号
2 - 9	指数
10 - 32	仮数

表 4: 32 ビット浮動小数のビット位置。

$$\text{値} \quad = \quad (-1)^{\text{符号}} \times 2^{(\text{指数}-127)} \times \text{仮数} \tag{5}$$

64 ビット浮動小数点値の構成 (次ページ) とその解釈は次のようになる。

$$\text{値} \quad = \quad (-1)^{\text{符号}} \times 2^{(\text{指数}-1023)} \times \text{仮数} \tag{6}$$

ビット位置 (左から右)	内容
1	符号
2 - 12	指数
13 - 64	仮数

表 5: 64 ビット浮動小数点のビット位置。

3.5 Random Group 構造

スタンダード *FITS* ではあるが、random group 構造は、ほぼ唯一電波干渉計での応用にのみ使われ、それ以外の分野では random group フォーマットのデータを読める *FITS* リーダはほとんどない。新たに採用された binary table extension はいずれは random group で記述される構造を取りこむことができるだろう。

3.5.1 キーワード

もし、random group フォーマットのレコードが primary ヘッダーに続く場合は primary ヘッダーのカードイメージは前述の必須キーワードに加えて GROUPS, PCOUNT, GCOUNT キーワードを持たなければならない。各々のキーワードの意味は前述の extension キーワードの項と同じであるが、NAXIS1 キーワードは 0 (プライマリデータ配列がないことを示す) である必要があり、GROUPS キーワードは論理値 T を持ち、 random group レコードが存在することを示す。

他に必須ではないが予約されたキーワードとして、次のものがある。

PTYPEn n 番目のパラメータの名前を示す文字列。

PSCALn n 番目の *FITS* group パラメータの値が真値でない場合に group パラメータの値を真値に変換する時に PZERO キーワードと共に使われる浮動小数点数である。デフォルトの値は 1.0 である。

PZEROn PSCALn キーワードと共に使われる浮動小数点数で group パラメータ値のゼロに対応する真値を表わす。デフォルトの値は 0.0 である。

変換方程式は次のようになる。

$$\text{真値} \quad = \quad \texttt{PZEROn} + \texttt{PSCALn} \times \textit{group}\,\text{パラメータ値} \tag{7}$$

3.5.2 データシーケンス

random group データはグループのセットからなる。グループの数は付随するヘッダーレコードの GCOUNT キーワードの数である。各々のグループは PCOUNT キーワードで示される数のパラメータと、その後にメンバ数 GMEM が次の式で表わされる配列からなる。

$$\texttt{GMEM} \;=\; (\texttt{NAXIS2} \times \texttt{NAXIS3} \times \cdots \times \texttt{NAXISm}). \tag{8}$$

ここで GMEM はひとつのグループのデータ配列の中のメンバ数であり、m は NAXIS の数、NAXISn はそれぞれのキーワードに付随する値である。

もし、 random group レコードが存在すれば primary データ配列は存在してはならない。

許されるデータ表現は前の Section にリストアップされたものである。ひとつの配列の 1 メンバに対して付随するパラメータよりも精度が要求される場合にはパラメータは 2 つ以上の同じ PTYPEn キーワードで表わされる部分に分割されなければならない。この時、値はグループパラメータ値から PSCALn と PZERO キーワードを使って得られる真値の和となる。

3.6 ASCII Table Extension (Standard extension 1)

standard extension として最初に認められたのが ASCII Table Extension である。*FITS* ファイル中の primary ヘッダーがキーワード EXTEND を論理値 T で持ち、その extension ヘッダーの最初のキーワードが XTENSION=␣'TABLE␣␣␣' であれば、そのデータは ASCII Table extension である。カタログデータ等の移送用に作られたことは前述のとうりである。

3.6.1 ASCII table のキーワード

次のページの表のキーワードが必須である。

1	XTENSION
2	BITPIX
3	NAXIS
4	NAXIS1
5	NAXIS2
6	PCOUNT
7	GCOUNT
8	TFIELDS
	⋮
	(他の含まれるべきキーワード ...)
	TBCOLn, n=1,2,...,k ここで k は TFIELDS の値
	TFORMn, n=1,2,...,k ここで k は TFIELDS の値
	⋮
last	END

表 6: ASCII Table extensions の必須キーワード。

各々のキーワードの意味は

XTENSION 値として文字列 'TABLE␣␣␣' を持つ。

BITPIX 値として整数値 8 を持つ。

NAXIS 値 2 を持ち、データ配列が 2 次元 (行と列) であることを示す。

NAXIS1 表の各行の ASCII 文字数を表す非負の整数値。

NAXIS2 表の行数を表わす非負の整数値。

PCOUNT 値を 0 として表の前にデータがないことを示す。

GCOUNT 値を 1 として、 1 つの表を持つことを示す。

TFIELDS 各行中の項目数を表わす非負の整数値、最大 999 である。

TBCOLn n 番目の項目が始まる桁を示す整数値。行の最初の桁は 1 である。

TFORMn n 番目の項目がコードされている FORTRAN-77 フォーマットを表す文字列を値として持つ。次のフォーマットが使える。数字をフォーマットの前につけて反復を表すことはできない。

フィールド値	データタイプ
Aw	文字
Iw	整数
Fw.d	単精度実数
Ew.d	単精度実数、指数表示
Dw.d	倍精度実数、指数表示

表 7: TABLE extensions で有効な TFORMn フォーマット。

他の予約されたキーワードとしてはつぎのようなものがある。

TSCALn n 番目のフィールドの量が真の物理値でない場合に TZEROn キーワードと共に使われる。デフォルトの値は 1.0 である。

TZEROn TSCALn キーワードと共に使われる。デフォルトの値は 0.0 である。

TNULLn n 番目のフィールドの定義されていない値を表わす文字列である。

TTYPEn n 番目のフィールドの名前を与える文字列である。

TUNITn n 番目のフィールドの値に TSCALn と TZEROn を適用したあとでの物理単位を表わす文字列である。

n 番目のフィールドの量から真の物理値を計算するための変換方程式は

$$\text{physical value} \quad = \quad \texttt{TZEROn} + \texttt{TSCALn} \times \text{field value}. \tag{9}$$

3.6.2 ASCII table の例

ASCII table extension の例を載せておく。

◎ メインヘッダー

```
0........1.........2.........3.........4.........5.........6.........7...
12345678901234567890123456789012345678901234567890123456789012345678901234567890...
SIMPLE  =                    T / Standard FITS format
BITPIX  =                    8 / character information
NAXIS   =                    0 / No image data array present
EXTEND  =                    T / Ther may be standard extensions
ORIGIN  = 'CDS      '          / Site which wrote the tape
DATE    = '23/09/83/'          / Date tape was written

COMMENT AGK3 Astrometric catalog, formatted in FITS Tables Format.
COMMENT see: W. Dieckvoss, Hamburg-Bergedorf 1975.
END
```

◎ extension ヘッダー
（レコードを改める。）

```
0........1.........2.........3.........4.........5.........6.........7...
12345678901234567890123456789012345678901234567890123456789012345678901234567890...
XTENSION= 'TABLE   '           / Table extension
BITPIX  =                    8 / 8-bits per "pixel"
NAXIS   =                    2 / simple 2-D matrix
NAXIS1  =                   74 / No. of characers per row (=74)
NAXIS2  =                    3 / The number of rows (=3)
PCOUNT  =                    0 / No "random" parameters
GCOUNT  =                    1 / Only one groupe
TFIELDS =                   16 / there are 16 fields per row
EXTNAME = 'AGK3    '           / Name of the catalog

TTYPE1  = 'NO      '           / The star number
TBCOL1  =                    1 / start in column 1
TFORM1  = 'A7      '           / 7 characer field

TTYPE2  = 'MG      '           / stellar magnitudes
TBCOL2  =                    8 / start in column 8
TFORM2  = 'E4.1    '           / xx.x SP floating pont
TUNIT2  = 'MAG     '           / units are magnitudes
```

途中略

```
TTYPE16 = 'BD      '           / Bonner Durch. star number
TBCOL16 =                   68 / start in column 68
TFORM16 = 'A7      '           / 7 character field
TNULL16 = '        '           / blank indicate null

AUTHOR  = 'W. Dieckvoss'
REFERENC= 'AGK3 Astrometric catalog, Hamburg-Bergedorf, 1975'
DATE    = '14/07/82'           / date file was generated

END
```

◎ 拡張部データ・レコード
（レコードを改めて書き始める。）

```
0........1.........2.........3.........4.........5.........6.........7....
12345678901234567890123456789012345678901234567890123456789012345678901234
+82457 11.4 G5 15 30 57.480 +82 15 06.18 1960.37 2 -005 +006 29.99 +82 459
+82458 11.4 F5 15 32 41.151 +82 10 17.17 1958.36 2 -004 +006 27.97 +82 460
+82459 12.1    15 32 42.107 +82 40 28.83 1960.37 2 -004 +006 29.99 +82 461
```

3.7 IMAGE extension (Standard extension 2)

Image extension は 1994 年 6 月に IAU FITS WG で投票の結果採択され、正式な extension となった。詳細については、以下の論文に記述されている。

"The *FITS* Image Extension",
J.D. Ponz, R.W. Thompson and J.R. Muñoz,
Astronomy and Astrophysics Supplement Series, **105**, 53-55, 1994

3.7.1 IMAGE extension の概要

IMAGE extension は Grosbøl et al. による一般化された *FITS* extension のフォーマットに従っている。これは最初、International Ultraviolet Explorer (IUE) プロジェクトで、GROUP フォーマットで格納したりイメージデータと融合してひとつの primary 配列を作ることができないような補助情報を、イメージデータと組み合わせる手段として Muñoz によって提案された。IMAGE extension は primary データ配列を次のようにして単純に繰りかえしたものである:

1. 無制限な数の多次元配列の格納を許す。
2. 配列は別々の extension に含まれる。従って各々の配列は自分自身のヘッダーと内容を持つことが許される。
3. *FITS* 読み取りソフトは個々の extension を簡単にスキップすることができる。
4. 特に追加のキーワードや規約を採用する必要はない。
5. ひとつの *FITS* IMAGE extension ファイルを個々のヘッダーとデータユニットに分けることで余分な処理を必要としない単純な primary 配列フォーマットができる (`SIMPLE = T` のかわりに `XTENSION = 'IMAGE␣␣␣'` キーワードで置き変えるだけ)。

IMAGE extension は IUE アーカイヴの再処理プロジェクトでスペクトルイメージに付随するデータのクオリティのフラッグを格納するために提案された。

3.7.2 Extension ヘッダー

IMAGE extension のヘッダーに要求されるキーワードのカードイメージは次の表とおりである。

Principal HDU	IMAGE Extension
SIMPLE	XTENSION[1]
BITPIX	BITPIX
NAXIS	NAXIS
NAXISn	NAXISn[2]
EXTEND[3]	PCOUNT = 0
END	GCOUNT = 1
	END

[1] XTENSION=␣'IMAGE␣␣␣' for this extension.
[2] n = 1, ..., NAXIS.
[3] extension が存在する時だけ要求される。

表 8: Principal HDU と提案された IMAGE extension での必須 *FITS* キーワード

extension ヘッダーの GCOUNT キーワードと END キーワード間の追加キーワードはデータの履歴や観測の特徴、データ配列の特徴や他の情報を記述するのに使われる。これらのキーワードはオプションであり次の表のようなものがある。

Conforming Extension	Bibliographic Keywords	Commentary Keywords	Observation Keywords	Array Keywords
EXTNAME	AUTHOR	COMMENT	DATE-OBS	BSCALE
EXTVER	REFERENC	HISTORY	TELESCOP	BZERO
EXTLEVEL		␣␣␣␣␣␣␣␣	INSTRUME	BUNIT
			OBSERVER	BLANK
			OBJECT	CTYPEn
			EQUINOX	CRPIXn
			EPOCH[1]	CROTAn
				CRVALn
				CDELTn
				DATAMAX
				DATAMIN

[1] *FITS* スタンダードの EPOCH に関するコメントを見よ.

表 9: IMAGE extension の予約キーワード. キーワードは *FITS* スタンダードで定義されている.

データフォーマットは primary データ配列と同じであり、*FITS* スタンダードに詳しく書いてある。このフォーマットは個々の IMAGE extension が他の配列のデータ構造やスケールファクタとは独立な 1-999 次元のひとつのデータ配列を含むことを許している。

3.7.3 IMAGE Extension ヘッダーの例

このタイプの extension がどのように使われるかの例を上げる (次々ページ)。この例では primary データ配列は IUE の線形化されたイメージファイルを含み、付随するピクセルのクオリ

ティのフラッグが IMAGE extension を使って格納されている。

```
Main Header

         1         2         3         4         5         6         7
12345678901234567890123456789012345678901234567890123456789012345678901234567890123456789012345...
--------------------------------------------------------------------------------
SIMPLE  =                    T / Standard FITS format
BITPIX  =                   16 / 2-Bytes, 2-s complement integers
NAXIS   =                    2 / Number of axes
NAXIS1  =                  768 / Number of pixels per row
NAXIS2  =                  768 / Number of rows
EXTEND  =                    T / Extensions may be present
CTYPE1  = 'SAMPLE  '           / X axis
CTYPE2  = 'LINE    '           / Y axis
BSCALE  =           3.1250E-02 / REAL = (FITS * BSCALE) + BZERO
BZERO   =                   0. / Bias
ORIGIN  = 'VILSPA  '           / Institution generating tape
TELESCOP= 'IUE     '           / IUE telescope
FILENAME= 'SWP12345.LIHI'      / Filename (camera)(image).LI(disp)
DATE    = '12/10/92'           / Date tape was written as DD/MM/YY
...
END


Main Data Record
(レコードを改めて書き始める。)
...


Extension Header
(レコードを改めて書き始める。)

         1         2         3         4         5         6         7
12345678901234567890123456789012345678901234567890123456789012345678901234567890123456789012345...
--------------------------------------------------------------------------------
XTENSION= 'IMAGE   '           / IMAGE extension
BITPIX  =                   16 / 2-Bytes, 2-s complement integers
NAXIS   =                    2 / Number of axes
NAXIS1  =                  768 / Number of pixels per row
NAXIS2  =                  768 / Number of rows
PCOUNT  =                    0 / Number of parameters per group
GCOUNT  =                    1 / Number of groups
CTYPE1  = 'SAMPLE  '           / X axis
CTYPE2  = 'LINE    '           / Y axis
FILENAME= 'SWP12345.LFHI'      / Filename (camera)(image).LF(disp)
EXTNAME = 'LFHI    '           / Data quality flags
...
END


Extension Data Record
(レコードを改めて書き始める。)
...
```

3.8 Binary Table Extension (Standard extension 3)

W. D. Cotton (NRAO) と D. Tody (NOAO) により ASCII table の一般化として開発された "BINTABLE" というタイプ名の Binary Table extension が、1994 年 6 月、IAU FITS WG で投票され、正式に Standard extension として採用された。この extension に関する論文はやはり Astronomy and Astrophysics Supplement Series に載る予定 (現時点ではまだ出版されていない)。論文の Postscript 版は以下の URL で入手可能。

http://fits.cv.nrao.edu/documents/standards/bintable_aa.ps

3.8.1 Binary Table の概要

binary table は行と列から構成される表の形をとる。それは多次元であり、ひとつのエントリー又は与えられた行と列に付随する値のセットが任意のサイズの配列でありうる。これらの値は標準化されたバイナリ形式で表現される。表の各々の行は各々の列に対するひとつのエントリーを含む。このエントリーは多くの異なるデータタイプ、 8 ビット符号なし整数、 16 又は 32 ビット符号付き整数、論理値、キャラクタ、 ビット、32 又は 64 ビットの浮動小数又は複素数、のうちのひとつである。データタイプと次元各々の列に対して独立に定義されるが、各々の行は同じ構造でなければならない。表に付随する追加情報はテーブルヘッダーにキーワード/値のペアとして含まれる。

binary table は *FITS* ファイルの中で "メイン" データファイル (もしあれば) の後にきて、Grosbøl *et al.* の定義した standard 又は generalized extension table に続く。

binary table を使うにはメインヘッダーの中で追加キーワード `EXTEND` が論理値 `T` を持つことが必要である。

3.8.2 表のヘッダー

要求されるキーワードは

`XTENSION` binary table に対しては `'BINTABLE'` である。

`BITPIX` binary table では 8 である。

`NAXIS` binary table では 2。

`NAXIS1` 各々の "行" の (8 ビット) バイト数。

`NAXIS2` 表の中の行の数。

`PCOUNT` 表の正規の部分に続くバイト数。binary table に対しては `PCOUNT` は通常 0 である。

`GCOUNT` binary table に対しては 1 である。

`TFIELD` 表中のフィールド (列) の数。

`TFORMnnn` nnn フィールドのサイズとデータタイプを与える。 1 から `TFIELDS` の値までの範囲をとる。`TFORMnnn` の許される値は rL, rX, rI ,rJ, rA, rE, rD, rB, rC, rM, rP (論理値、ビット、16 ビット整数、32 ビット整数、キャラクタ、単精度、倍精度、符号なしバイト、単精

度値の複素数、倍精度値の複素数可変長の配列記述子 [64 ビット]) の形であり、r = 要素の数 である。

また、表の nnn 番目の列のエントリーに対するラベル、単位、ブランクの値、表示フォーマットを与えるオプションキーワードとして、TTYPEnnn, TUNITnnn, TNULLnnn, TDISPnnn 等がある。

データレコードの詳細は上記文書または *FITS* スタンダード (の付録) を参照されたい。

また、Binary Table のプロポーザルにはさらなる拡張として "多次元配列" や "可変長配列" の規約が述べられているが、これについても同様に元文書を参照されたい。

3.8.3 Binary Table のヘッダーの例

異なるデータタイプと次元の 19 の列からなる binary table のヘッダーの例を示す (スペースの関係で途中一部略)。 "IFLUX" というラベルの列は 2 次元の配列である。 "SOURCE" のラベルは各々 16 の長さの文字列である。非標準のキーワード "NO_IF" , "VELTYP", "VELDEF" がヘッダーの最後に現れている。

```
         1         2         3         4         5         6
123456789012345678901234567890123456789012345678901234567890123456789012345678901234
XTENSION= 'BINTABLE'           / Extension type
BITPIX  =                    8 / Binary data
NAXIS   =                    2 / Table is a matrix
NAXIS1  =                  168 / Width of table row in bytes
NAXIS2  =                    5 / Number of rows in table
PCOUNT  =                    0 / Random parameter count
GCOUNT  =                    1 / Group count
TFIELDS =                   19 / Number of columns in each row
EXTNAME = 'AIPS SU '           / AIPS source table
EXTVER  =                    1 / Version number of table
TFORM1  = '1I      '           / 16-bit integer
TTYPE1  = 'ID. NO.         '   / Type (label) of column  1
TUNIT1  = '        '           / Physical units of column  1
TFORM2  = '16A     '           / Character string
TTYPE2  = 'SOURCE          '   / Type (label) of column  2
TUNIT2  = '        '           / Physical units of column  2

TFORM5  = '2E      '           / Single precision array
TTYPE5  = 'IFLUX           '   / Type (label) of column  5
TUNIT5  = 'JY      '           / Physical units of column  5

TUNIT19 = 'DEG/DAY '           / Physical units of column 19
NO_IF   =      2
VELTYP  = 'LSR     '
VELDEF  = 'OPTICAL '
END
```

3.9 ブロッキングに関する合意

Standard extension ではないが、 各種メディア上でのデータのブロッキングに関する提案が Grosbøl と Wells によりなされ、やはり 1994 年 6 月に IAU FITS WG での投票で合意されたので、概説する。 元文書は、

ftp://nssdc.gsfc.nasa.gov/pub/fits/blocking94.txt
より入手可能。

3.9.1 固定ブロックメディア

固定ブロックのシーケンシャルメディアに対しては 2880 バイト論理レコードの整数倍からなる FITS ファイルはビットストリームとして認識され、そのメディアの固定ブロックサイズでかき出され。最後のブロックは固定ブロック長までゼロで埋められる。読み取り中に end-of-file が検出されたら、どのような不完全な論理 FITS レコードも無視されるべきである。この規約は光学ディスク (レコードをシーケンシャルなセットとしてアクセスする場合)、QIC フォーマットの 1/4 インチカートリッジテープ、ローカルエリアネットワークに適用される。

2^n バイトの固定ブロックサイズのメディアに対しては $2^n/2880$ のブロッキングファクターを使う。

3.9.2 ビットストリームデバイス

ビットストリームデバイスに対しては FITS ファイルはブロッキングファクター 1 即ち論理レコードサイズである 2880 バイトの固定ブロックで書かれなければならない。この規約は論理ファイルシステムに書かれる FITS ファイルに対して適用される。

3.9.3 可変ブロックメディア

可変ブロック長のシーケンシャルメディアに対しては、1/2 インチ 9 トラックテープのブロッキングで合意されたように、FITS ファイルは 1 と 10 の間の整数のブロッキングファクターで書かれなければならない。この規約は DDS/DAT 4mm カートリッジテープと 8mm カートリッジテープ (Exabyte) に書かれる FITS ファイルに対して適用される。

4 World Coordinates System

現在の FITS スタンダードでは座標表現に関しては簡単な変換に対応したいくつかのキーワード (CRVALn, CRPIXn, CDELTn, CTYPEn, CROTAn) しか定義されておらず、実際の天球座標とデータ配列の間の対応を表現するには不十分な点があった。それを補うために (特に AIPS の開発過程において) より一般的な表現方法として提案されているのが World Coordinates System である。ここでは、次の文献の概要を解説する。

"Representations of celestial coordinates in FITS", DRAFT
E.W. Greosen and M. Calabretta, Oct. 30, 1995
ftp://fits.cv.nrao.edu/fits/documents/wcs/wcs.all.ps

4.1 現 FITS での表現

現行の FITS では、データ配列のインデックス $(i, j, k, ,)$ から物理量である座標値 $(x_i, x_j, x_k, ,)$ への変換のために以下のキーワードが定義されている。

CTYPEn　座標軸の種類
CRPIXn　参照点でのインデックス
CRVALn　参照点での座標値
CDELTn　参照点での座標値の増分
CROTAn　回転角
(n は座標軸の番号、単位は、SI 系と角度)

これにより、CROTA$i = 0.0$ の場合、座標値 x_i はインデックス i から次式で計算される。

$$x_i = \mathrm{CRVAL}i + \mathrm{CDELT}i \times (i - \mathrm{CRPIX}i) \tag{10}$$

これはあまりにも単純であり、今回より一般的な表現方法が提案された。ここでは特に、天球座標 (*Celestioal Coordinates*) の表現法について解説する。まず、天球座標 (例えば、 α, δ) から配列のインデックス (i, j) への変換手順を概説し、逆に (i, j) から (α, δ) を求めるための FITS パラメータについて次に述べる。

4.2 天球座標 (α, δ) からインデックス (i, j) への変換

まず、ある天域を観測した時、天球座標 (α, δ) がどのようにインデックス (i, j) に変換されるかを順を追って考えると次のようになる。

1) 天球座標 (α, δ) から 局所座標 (*"Native" Coordinate*) (θ, ϕ) への変換

2) 局所座標から平面座標への変換 (射影) $(\theta, \phi) \Rightarrow (R_\theta, \phi)$　or　(x, y)

3) (x, y) から回転、斜交等をへてインデックス (i, j) へ

3) についてはほぼ自明である。1) と 2) について詳しく述べる。

4.2.1 $(\alpha, \delta) \Rightarrow (\theta, \phi)$

天球座標から局所的な ("native") 座標への変換をまず行う。これをしておくと、後の平面への射影が理解しやすくなる。

天球面からこれに接する平面への射影を行うものとする。天球面と平面の接点の天球座標を (α_P, δ_P) とし、天球上でこの点を極とする新たな座標系を設定し、天球上のある点 (α, δ) が新しい座標系で (θ, ϕ) (θ は緯度、ϕ は経度) になるとすると、次の関係が成り立つ。

$$\begin{aligned} \sin\theta &= \sin\delta\sin\delta_P + \cos\delta\cos\delta_P\cos(\alpha-\alpha_P) \\ \cos\theta\sin(\phi-\phi_P) &= -\cos\delta\sin(\alpha-\alpha_P) \\ \cos\theta\cos(\phi-\phi_P) &= \sin\delta\cos\delta_P - \cos\delta\sin\delta_P\cos(\alpha-\alpha_P) \end{aligned} \tag{11}$$

ここで ϕ_P は、元の座標系での極点の、新しい座標系における経度である。

4.2.2 $(\theta, \phi) \Rightarrow (R_\theta, \phi)$ or (x, y)

次に射影による局所 ("native") 座標から平面上の座標への変換を行う。

射影平面上に球面との接点を中心とする極座標 (R_θ, A_ϕ) を設定する。A_ϕ は原点を適当にとることにより $\phi = A_\phi$ とすることができるので、θ と R_θ の関係として射影を記述できることになる。ここでは接平面への射影 (Zenithal projection) の一般形およびそのうちの代表的なもの 3 つについて述べる。

〔一般形 **(AZP)**〕射影の投影中心は球面と投影面の接点と球面の中心を通る直線上にあり、その球面中心からの距離を μ とすると、R_θ と θ の関係は

$$R_\theta = \frac{180^\circ}{\pi}\cos\theta\left(\frac{\mu+1}{\mu+\sin\theta}\right) \tag{12}$$

となる。投影中心の位置 (μ の値) により射影の性質が完全に決まる。

以下で、代表的な 3 つの射影方法を示す。

〔**TAN**〕$\mu = 0$: 球面の中心が投影の中心になっている場合で、可視光の撮像観測はこのケースにあたる。

〔**SIN**〕$\mu = \infty$: 無限遠方からの投影である。電波干渉計によるマッピング観測はこのケースになる。

〔**ARC**〕シュミット望遠鏡の場合、R_θ と θ の関係が特殊で、$R_\theta = (90^\circ - \theta)$ となっている。

(R_θ, ϕ) から (x, y) への変換は次式による。

$$x = R_\theta sin\phi \tag{13}$$

$$y = -R_\theta cos\phi \tag{14}$$

(逆は $R_\theta = \sqrt{x^2+y^2}, \phi = arg(-y, x)$)。

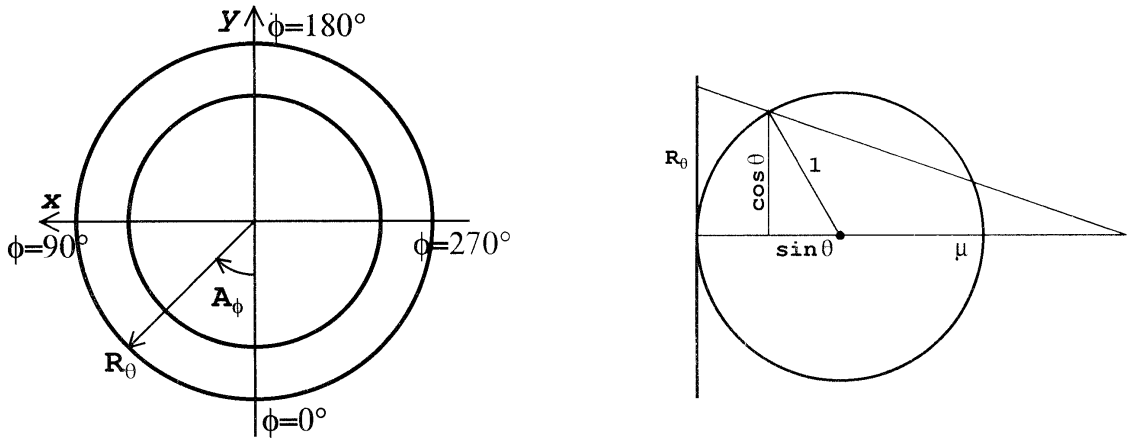

図 2: 投影面上の極座標 (左) と、zenithal 投影の R_θ, θ, μ の関係図 (右)

以上をふまえ、配列のインデックスから天球座標を求めるための FITS パラメータとその使用法を次節で述べる。

4.3 データ配列から天球座標への変換

4.3.1 データ配列から天球座標を計算する手順

前節の各変換を記述するために、以下の FITS パラメータを追加または定義の変更をする。

追加	PC$nnnmmm$	回転・曲りの記述
	PROJPi	射影の際使われたパラメータ値
	LONGPOLE	ϕ_P
定義変更	CTYPEn	射影の方法

これら新パラメータおよび旧来のパラメータを用いてデータ配列のインデックスを実際の天球座標に変換する手順は次のとおりである。

```
[データ配列 (i,j)]
      ↓          ← 変換 Matrix を掛ける (PCnnnmmm, CRPIXn キーワード)
      ↓             回転 と 曲がり の補正
[平面座標]
      ↓          ← 物理単位に直す (CDELTn キーワード)
[(平面) 物理座標 (x,y)]
      ↓          ← (局所) 球面座標へ投影 (CTYPEn, PROJPi キーワード)
[(局所) 球面座標 (θ , φ )]
      ↓          ← 天球座標へ回転 (CRVALn, LONGPOLE キーワード)
[天球座標 (α , δ )]
```

4.3.2 データ配列から物理座標への変換

データ配列中のピクセル番号 $i, j, k, \ldots$ から、参照ピクセルからの物理座標 $x, y, z, \ldots$ に変換するには線形行列 (回転や曲がりを補正する行列と 1 ピクセル当たりの増分を表す行列) を掛ける。

$$\begin{pmatrix} x \\ y \\ z \\ \vdots \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \texttt{CDELT1} & 0 & 0 & \ldots \\ 0 & \texttt{CDELT2} & 0 & \ldots \\ 0 & 0 & \texttt{CDELT3} & \ldots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \texttt{PC001001} & \texttt{PC001002} & \texttt{PC001003} & \ldots \\ \texttt{PC002001} & \texttt{PC002002} & \texttt{PC002003} & \ldots \\ \texttt{PC003001} & \texttt{PC003002} & \texttt{PC003003} & \ldots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots \end{pmatrix} \begin{pmatrix} i - i_0 \\ j - j_0 \\ k - k_0 \\ \vdots \end{pmatrix} \tag{15}$$

ここで、$i_0, j_0, k_0, \ldots$ は参照ピクセル (CRPIXn で与えられる)。 PC$nnnmmm$ はピクセル座標を変換する行列 (回転や曲がりの補正をする) で, nnn と mmm は軸の番号。 CDELTn は 1 ピクセル当たりの増分を表す対角行列でこれで物理座標に変換する。 $(x, y, z, \ldots)$ は物理座標である。 PC$nnnmmm$ のデフォルト値は $nnn = mmm$ に対しては 1.0 であり $nnn \neq mmm$ に対しては 0.0 である。

4.3.3 (平面) 物理座標から (球面) 天球座標への変換

もし座標軸が線形なら、真の座標は単に CRVALn によって与えられる参照点からのオフセットを加えるだけでよい (前節参照)。そうでない場合は、オフセット量と CRVALn それに他のパラメータを使って真の座標値を決める関数の規約について合意が必要となる。

ここでは、天文学的な極座標のペア (天球上の経度と緯度) と様々なシステム (様々な球面投影法で表現されるもの) との変換の規約について扱うことにする。この場合には線形座標でのオフセット値 (x, y) を特定の球面投影法を使った局所的 ("native") な極座標 (θ, ϕ) に変換する計算をすることになる。球面投影のタイプは CTYPEn キーワードの 5 から 8 桁目で特定され、座標のペアの両方の軸に対して同じでなければならない。

例えば、投影面が平面の代表的な投影法である zenithal (または azimuthal) 投影の場合にはパラメータ μ を指定するために新しいキーワード PROJP1 と投影タイプとして AZP を使う。特に $\mu = 0$ の場合は投影タイプは TAN、$\mu = \infty$ の場合は投影タイプは SIN とする。(TAN については後の具体例参照)

これらの関係式を使うと、

$$(x, y) \rightarrow (R_\theta, \phi) \rightarrow (\theta, \phi)$$

のように、局所的 ("native") な極座標が計算できる (前節の図参照)。

最後にこうして得られた極座標のペア (θ, ϕ) を球面上で回転させて天球座標に変換すればよい。天球座標のタイプは CTYPEn キーワードの最初の 4 桁で表され、'RA--' と 'DEC-' (赤経赤緯) とか、'GLON' と 'GLAT' (銀経銀緯) とかとなる。CRVALn キーワードは 局所 ("native") 座標での参照点 (上の zenithal 投影の場合は北極点、即ち $(\phi, \theta) = (0, 90^\circ)$ の点) の天球座標での座標値を表す。球面上での回転を完全に表すための 3 番目の角度パラメータ ϕ_P は、新キーワード LONGPOLE で記述し、デフォルトでは 0°または 180° である。これらから式 (11) により必要な変換が得られる。

これらによると現在のスタンダードで定義されている CROTAn キーワードは必要でなくなるが、古いキーワードを使ったファイルは新しいキーワードで表現しなおすことができる。

この他にも単位に関する新しいキーワード CUNITn や 1 つの軸に複数の座標が付随する場合 (例えばスペクトルに付随する周波数、速度、波長など) に使うオプションキーワード (CmVALi,CmPIXi, CmELTi, CmYPEi, CmNITi) なども提案されているが、これらについては次のキーワードの表や原論文を参照されたい。

4.3.4 座標の準拠フレーム

赤道座標などの場合 equinox や基本座標システムを与えないと厳密な定義ができないが、このうち基本座標システムを表す新しいキーワードとして RADECSYS が提案されており、次のような値を持つ。

RADECSYS	定義
'FK4 '	平均位置, 古い (IAU 1976 以前) システム
'FK4-NO-E'	平均位置, 古いシステム、ただし e-terms なし
'FK5 '	平均位置, 新しい (IAU 1976 以後) システム
'GAPPT '	Geocentric APParenT place, IAU 1976 以後のシステム

4.4 具体例

次のようなヘッダーのファイルを例に具体的な計算例を示す。

表 10: Example FITS header with coordinates

```
NAXIS    =                    4      / 4-dimensional cube
NAXIS1   =                  512      / x axis (fastest)
NAXIS2   =                  512      / y axis (2nd fastest)
NAXIS3   =                  196      / z axis (planes)
NAXIS4   =                    1      / dummy to give a coordinate
CTYPE1   = 'RA---TAN'               / TAN projection used
CRVAL1   =                45.83      / RA at reference pixel
CRPIX1   =                  256      / reference pixel i
CDELT1   =         -0.00277777      / 10 arcsec per pixel
PC001001 =                  1.0      / no rotation, skew
CTYPE2   = 'DEC--TAN'               / TAN projection used
CRVAL2   =                63.57      / Dec at reference pixel
CRPIX2   =                  257      / reference pixel j
CDELT2   =          0.00277777      / 10 arcsec per pixel
PC002002 =                  1.0      / no rotation, skew
CTYPE3   = 'VELOCITY'               / each plane at a velocity
CRVAL3   =            500000.0      / velocity in m/sec
CRPIX1   =                    1      / reference pixel k
CDELT3   =               7128.3      / 7128.3 m/sec
PC003003 =                  1.0      / no rotation, skew
CTYPE4   = 'STOKES  '               / Polarization
CRVAL4   =                    1      / unpolarized
CRPIX4   =                    1      / at our dummy plane
CDELT4   =                    1      / or anything here.
PC004004 =                  1.0      / no rotation, skew
LONGPOLE =                  180      / native long. of equatorial pole
```

これは通常の光学イメージのファイルであり、512 ドット × 512 ドット × 196 プレーン $(+1cube)$ からなる。参照点は最初のプレーンの (256, 257) 番のピクセルの中央であり、PC キーワードがデフォルトなので回転や曲がりはないことがわかる。

$$\begin{pmatrix} x \\ y \\ z \\ s \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -0.00277777 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.00277777 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 7128.3 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} i-256 \\ j-257 \\ k-1 \\ l-1 \end{pmatrix} . \tag{16}$$

'VELOCITY' と 'STOKES' は線形軸なので簡単に計算でき、

$$Velocity = 500000. + 7128.3(k-1) meters/sec, \tag{17}$$
$$Stokes = 1.0 + (l-1) = Ipolariz \tag{18}$$

となる。座標の方は投影法が TAN なので、zenithal 投影であり、

$$\phi = \arg(-y, x) = \arg(j-257, i-256) + 180^\circ \tag{19}$$
$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{180^\circ}{\pi}\frac{1}{\sqrt{x^2+y^2}}\right) = \tan^{-1}\left(\frac{20626.48062}{\sqrt{(i-256)^2+(j-257)^2}}\right) \tag{20}$$

で native 座標の経度、緯度が計算でき、さらに CTYPEn や CRVALn キーワードや LONGPOLE キーワードから、

$$\begin{aligned} &\sin\delta = \sin\theta\sin(63.57) - \cos\theta\cos\phi\cos(63.57) \\ &\cos\delta\sin(\alpha - 45.83) = \cos\theta\sin\phi \\ &\cos\delta\cos(\alpha - 45.83) = \sin\theta\cos(63.57) + \cos\theta\cos\phi\sin(63.57) \end{aligned} \tag{21}$$

となるので, 結局イメージの最初と最後の隅の座標は、

パラメータ	単位	最初の隅	最後の隅
(i, j)	pixels	(0.5, 0.5)	(512.5, 512.5)
(k, l)	pixels	(0.5, 1.0)	(196.5, 1.0)
ϕ	degrees	44.888	225.112
θ	degrees	88.9944394	88.9944394
α	degrees	47.3853745	44.1885568
δ	degrees	62.8521383	64.2704923
Velocity	m/s	496435.85	1893582.65
Stokes	type	$1.0 \equiv$ I	$1.0 \equiv$ I

4.5 キーワードと投影法

この論文で提案されている新しい (又は変更などがあった) キーワードと投影法をまとめておく。

表 11: 座標に関するキーワード

キーワード	使用法	ステータス	コメント
CRVALi	参照点の値	定義明確化	参照点の意味が投影によって強化された; デフォルトなし.
CRPIXi	参照点のピクセル	定義明確化	参照点の意味が投影によって強化された; デフォルトなし.
CDELTi	参照点での増加	定義明確化	参照点の意味が投影によって強化された; デフォルトなし.
CROTAi	参照点での回転	使用抑制	PC$iiijjj$ で置き換え.
CTYPEi	座標/投影のタイプ	定義明確化	球面座標に対して最初の 4 桁が CRVALn で使われる "standard system" を与え、次の 4 桁が投影の タイプを与える (次の Table 参照), デフォルトなし.
CUNITi	座標値の単位	新規	文字列; シンプルなものにすること.
PC$iiijjj$	座標の増分	新規	ピクセル番号を真の座標軸に沿ったピクセル数に直す; デフォルト $= 0(iii \neq jjj), = 1(iii = jjj)$.
CD$iiijjj$	座標の増分	定義化	PC$iiijjj$ × CDELTn 対角行列と同値; デフォルトなし;
		使用抑制	— 使われるべきでない
CDi_j	座標の増分	定義化	PC$iiijjj$ × CDELTn 対角行列と同値; デフォルトなし;
		使用抑制	— 使われるべきでない
LONGPOLE	座標の回転	新規	standard system の北極の native system での経度; デフォルト $= 0°$ if $\delta_0 > \theta_0$, $= 180°$ otherwise.
LATPOLE	座標の回転	新規	standard system の北極の native system での緯度; デフォルト $(= 999)$.
PROJP1	投影パラメータ 1	新規	いくつかの投影法で必要とされるパラメータ (次テーブル参照); デフォルトなし.
PROJP2	投影パラメータ 2	新規	いくつかの投影法で必要とされるパラメータ; デフォルト $= 0$ for conicals, $= 1$ for CYP.
EPOCH	座標の epoch	使用抑制	EQUINOX で置き換え.
EQUINOX	座標の epoch	新規	epoch of the mean equator and equinox in years; (Besselian if < 1984.0, Julian if ≥ 1984.0), デフォルト $= 1950.0$ for FK4, $= 2000.0$ for FK5.
MJD-OBS	観測日	新規	観測日の Modified Julian Date (JD - 2400000.5) ; デフォルト = DATE-OBS or, if missing, EQUINOX.
RADECSYS	参照フレーム	新規	赤道座標系の参照フレームを指定する文字列; デフォルト = 'FK4' for EQUINOX 1950.0, 'FK5' for 2000.0.
CmVALi	参照点での値	新規	$(m = 2, 3, \ldots 9)$ i 軸の副次座標; デフォルトなし.
CmPIXi	参照点のピクセル	新規	副次座標の記述; デフォルトなし.
CmELTi	参照点の増分	新規	副次座標の記述; デフォルトなし.
CmYPEi	座標/投影のタイプ	新規	副次座標の記述; デフォルトなし.
CmNITi	座標値の単位	新規	副次座標の記述; デフォルトなし.

表 12: 投影名と要求されるパラメータ

FITS code	RP	名前	PROJP1	PROJP2
AZP	90	Zenithal perspective	μ	
TAN	90	Gnomic (AZP w $\mu = 0$)		
SIN	90	Orthographic (AZP w $\mu = \infty$)		
STG	90	Stereographic (AZP w $\mu = 1$)		
ARC	90	Zenithal equidistant		
ZPN	90	Zenithal polynomial	P_1	P_2 etc.
ZEA	90	Zenithal equal-area		
AIR	90	Airy	θ_b	
CYP	0	Cylindrical perspective	μ	λ
CAR	0	Cartesian		
MER	0	Mercator		
CEA	0	Cylindrical equal area	λ	
COP	90	Conical perspective	θ_1	θ_2
COD	90	Conical equidistant	θ_1	θ_2
COE	90	Conical equal-area	θ_1	θ_2
COO	90	Conical orthomorphic	θ_1	θ_2
BON	90	Bonne's equal area	θ_1	
PCO	0	Polyconic		
GLS	0	Sinusoidal		
PAR	0	Parabolic		
AIT	0	Hammer-Aitoff		
MOL	0	Molweide		
CSC	0	Cobe Quadrilateralized Spherical Cube		
QSC	0	Quadrilateralized Spherical Cube		
TSC	0	Tangential Spherical Cube		

5 FITS の拡張

5.1 予約された FITS の extension タイプの名前

FITS の extension については最初に認可された ASCII table extension に続いてしばらく ドラフトプロポーザルの段階にあった IMAGE extension と Binary Table extension が相次いで 1994 年 に IAU FITS WG で正式に Standard extension として認められた。その他にもいくつかの extension のプロポーザルが出されているので、現在のステータスと共にまとめておく。

Ext-Name	Status	Reference	Remarks
'BINTABLE'	S	IAU	FITS アーカイヴに定義ファイル あり bintable_aa.*
'IMAGE '	S	IUE	Astron. Astrophys. Suppl. **105**, p53-55, (1994)
'TABLE '	S	IAU	Astron. Astrophys. Suppl. **73**, p365-372, (1988)
'COMPRESS'	R	GSFC	提案中 (by A. Warnock) FITS アーカイヴにファイルあり compress.*
'DUMP '	R	-	binary dumps に使われる予定.
'FILEMARK'	R	NRAO	提案中 (by D. Wells) テープマークに相当する構造 に使われる予定.
'VGROUP '	R	GSFC	HDF Vgroups のために提案中 (D. Jennings)
'A3DTABLE'	L	NRAO	AIPS でサポートされた binary table のサブセット マニュアル 'Going AIPS' にある
'IUEIMAGE'	L	IUE	IUE アーカイヴのためのローカル extension 'IMAGE' と同じである

表 13: 予約された Extension タイプ名

Codes	意味
S	IAU FITS ワーキンググループで是認され、IAU により認められた スタンダード extension
P	地域の FITS 委員会では是認されたが、IAU FITS ワーキンググループでは まだされていない FITS の extension のプロポーザル.
D	地域の FITS 委員会で議論されている extension プロポーザルのドラフト.
R	完全なドラフトプロポーザルがまだできていない予約されたタイプ名.
L	ローカルな FITS extension.

表 14: Status Codes

5.2 提案中のその他の規約

次の 2 つの提案が sci.astro.fits などを通じて議論されている。

5.2.1 Checksum Proposal

R. Seaman(NOAO) と W. Pence(GSFC/NASA) により、FITS ヘッダーにチェックサムを埋め込むための機構が提案されている。これは、FITS ファイル中のデータがエラーなく移送されたかどうかの検証のために使える。ドキュメントは以下のサイトより入手可能。

ftp://iraf.noao.edu/misc/cheksum/

5.2.2 Hierarchical Grouping Convension

D. Jennings (GSFC/NASA), W. Pence (GSFC/NASA), M. Fork (NCSA), B. Schlesinger (GSFC/NASA) は 1 つのファイル中に物理的に分散したり、異なるファイル中に分散している、FITS HDUs を論理的にグループ化するための規約を提案している。これは FITS table (ASCII または Binary) を用いて 1 つのグループに属する HDUs の情報をカプセル化するものである。ドキュメントは Web を通じて次のとおり参照可能。

http://acadia.gsfc.nasa.gov/convert/group.html

5.3 FITS の拡張の手順

現在 FITS の規格は IAU(International Astronomical Union) の FITS WG(Working Group) が決定権を持っている (1988 年の IAU 総会による)。IAU FITS WG の現在の議長は D. Wells(NRAO) で、副議長は E. Raimond(NFRA) であり、また、WG には各地域から代表委員が参加している。日本からは投票権を持つ委員 (後述) として金光理 (福岡教育大)、投票権を持たない委員として吉田重臣 (木曽観測所) と満田 (宇宙研) が参加している。

データ構造の開発者が既存の FITS フォーマットにしっくりこない部分がある場合、新たな拡張を開発、提案することができる (もちろん新しい拡張は既存のフォーマットに影響を与えるものであってはならない)。この新しい拡張が正式に FITS の拡張として認められるまでの手順は次のとおりである。

1. ユニークな名前の新しい extension を IAU FITS WG に登録
2. 天文コミュニティでの議論 (多くは電子的な) の後正式なプロポーザル
3. プロポーザルに基づく議論、改良、テストラン
4. 天文コミュニティでの合意に達したら批准のため地域委員会に提出
   (地域委員会は現在、European、Japanese、American Astronomical Society の WGAS(Working Group on Astronomical Software) の 3 つがある)
5. IAU FITS WG での投票、認可を経て正式な extension となる

5.4 キーワードのまとめ

簡便なリファレンスのため、キーワードの表を掲載する (これは FITS スタンダードの付録の一部である)

Principal HDU	Conforming Extension	ASCII Table Extension	Random Groups Extension	Binary Table Extension
SIMPLE	XTENSION	XTENSION[1]	SIMPLE	XTENSION[2]
BITPIX	BITPIX	BITPIX = 8	BITPIX	BITPIX = 8
NAXIS	NAXIS	NAXIS = 2	NAXIS	NAXIS = 2
NAXISn	NAXISn	NAXIS1	NAXIS1 = 0	NAXIS1
EXTEND[3]	PCOUNT	NAXIS2	NAXISn	NAXIS2
END	GCOUNT	PCOUNT = 0	GROUPS	PCOUNT = 0
	END	GCOUNT = 1	PCOUNT	GCOUNT = 1
		TFIELDS	GCOUNT	TFIELDS
		TBCOLn	END	TFORMn
		TFORMn		END
		END		

[1] XTENSION=␣'TABLE␣␣␣' for the ASCII Table extension.

[2] XTENSION=␣'BINTABLE' for the binary table extension.

[3] Required only if extensions are present.

表 15: このドキュメントで記述されている構造に関する必須 *FITS* キーワード.

Principal HDU		Conforming	ASCII Table	Random Groups	Binary Table
General	Array	Extension	Extension	Extension	Extension
DATE	BSCALE	EXTNAME	TSCALn	PTYPEn	TTYPEn
ORIGIN	BZERO	EXTVER	TZEROn	PSCALn	TUNITn
BLOCKED	BUNIT	EXTLEVEL	TNULLn	PZEROn	TNULLn
AUTHOR	BLANK		TTYPEn		TSCALn
REFERENC	CTYPEn		TUNITn		TZEROn
COMMENT	CRPIXn				TDISPn
HISTORY	CROTAn				TDIMn
␣␣␣␣␣␣␣␣	CRVALn				THEAP
DATE-OBS	CDELTn				
TELESCOP	DATAMAX				
INSTRUME	DATAMIN				
OBSERVER					
OBJECT					
EQUINOX					
EPOCH					

表 16: このドキュメントで記述された構造に関する予約された *FITS* キーワード。注: EPOCH と BLOCKED キーワードはこのドキュメントでは軽視されている.

Production	Bibliographic	Commentary	Observation	Array
DATE	AUTHOR	COMMENT	DATE-OBS	BSCALE
ORIGIN	REFERENC	HISTORY	TELESCOP	BZERO
BLOCKED		␣␣␣␣␣␣␣␣	INSTRUME	BUNIT
			OBSERVER	BLANK
			OBJECT	CTYPEn
			EQUINOX	CRPIXn
			EPOCH	CROTAn
				CRVALn
				CDELTn
				DATAMAX
				DATAMIN

表 17: このドキュメントで記述された一般的な予約された *FITS* キーワード。注: EPOCH と BLOCKED キーワードはこのドキュメントでは軽視されている。

6　日本国内 FITS ヘッダ統一案

天文情報処理研究会では以前から吉田重臣氏を中心に FITS ヘッダキーワードに関する議論を進めてきており、その結果はこの手引きの第 1 版にものせておいた。その後国内の観測所のデータアーカイヴシステムの開発を目指した MOKA 開発グループによってこの議論はさらに進められ、以下のようなヘッダ統一項目一覧 (の案) にまとめられた。

この一覧は、国内で流通する FITS フォーマットデータのヘッダ項目を統一し、データ管理・ソフト開発・データベース構築・データ流通の円滑化を図ることを目的として作成された。

FITS フォーマットにはデータ部とヘッダ部が含まれ、データ部にはデータそのものが記録されるが、ヘッダ部にはそのデータについての諸々の情報 (観測日時、天体、使用望遠鏡・装置等) が記録されるため、その扱いが重要となる。

MOKA(Mitaka-Okayama-Kiso data Archive system) 開発グループ (市川 (伸)、伊藤、高田、西原、濱部、洞口、吉田 (道)、吉田 (重)) は、データアーカイブシステムの開発過程でこのヘッダ情報の重要性を痛感し、また、異なる観測所・観測装置で取得されたデータを統合したデータアーカイヴシステムを構築するにはヘッダ情報を記録する様式の統一が必須であることを認識した。

以下の一覧は、MOKA 開発過程で検討し定めた FITS フォーマットヘッダ情報の統一様式である。MOKA に統合されているデータは、現在のところ岡山天体物理観測所のカセグレン分光器と木曽観測所の単一 CCD カメラで取得されたものに限られているが、他の装置により生産されたデータもそのヘッダ情報が以下の一覧に従っていれば容易に MOKA に統合することができる。(実際、一般公開されてはいないが岡山 36 インチの OOPS も対応している)

MOKA 開発グループ以外でも、現在精力的に装置開発を進めている多くのグループにデータアーカイヴの重要性を理解していただき、ヘッダ情報の仕様統一に協力していただけるよう切望する。

MOKA についての詳細は、

mailto:yoshida@kiso.ioa.s.u-tokyo.ac.jp

まで。

一覧は、1. 使用観測装置によらず共通のもの、2. 使用観測装置に固有のもの、の 2 種類に大別して掲げる。

（ここのセクションは、吉田重臣氏と MOKA 開発グループによる報告書を元に一部改変したものである）。

6.1 FITS ヘッダー統一項目一覧 (案)

1. 装置によらず共通のもの

   - FITS の必須項目
     SIMPLE, BITPIX, NAXIS, NAXISn, END
   - ファイルの形式に関する FITS 標準項目
     BSCALE, BZERO, BUNIX, BLANK, CRPIXn,
     CRVALn, CTYPEn, CDELT, CROTAn, BLOCKED
   - 観測時刻に関するもの
     MOKA では観測年月日・日本標準時・世界時・天頂距離・露出時間が必須。
     ただし、時刻は露出中間時刻か開始時刻のいずれかがあればよい。
     値のフォーマットは IRAF の標準に従う。

観測の年月日	DATE-OBS	フォーマットは日/月/年 (dd:mm:yy)
		例.1994 年 6 月 8 日は 08/06/94
観測時刻 (日本標準時)	JST	露出開始と終了の中間の時刻
露出開始時刻	JST-STRT	フォーマットは 時:分:秒 (hh:mm:ss.s)
露出終了時刻	JST-END	例.15 時 5 分 25 秒は 15:05:25
観測時刻 (世界時)	UT	
露出開始時刻	UT-STRT	フォーマットは日本標準時と同じ
露出終了時刻	UT-END	
恒星時	LST	露出開始と終了の中間の時刻
露出開始時刻	LST-STRT	フォーマットは日本標準時と同じ
露出終了時刻	LST-END	
天頂距離	ZD	露出開始と終了の中間の時刻
露出開始時刻	ZD-STRT	単位は度
露出終了時刻	ZD-END	
露出時間	EXPTIME	
air mass	AIRMASS	

   - 観測対象に関するもの
     MOKA では天体名・2000 年分点の赤経赤緯・フレームの種類が必須。

天体名	OBJECT	
赤経	RA	フォーマットは時刻と同じ
赤緯	DEC	フォーマットは+-dd:mm
分点	EQUINOX	
2000 年分点の赤経	RA2000	
2000 年分点の赤緯	DEC2000	
フレームの種類 (bias,dark,flat 等の区別)	DATA-TYP	

- 観測地・使用望遠鏡・データ作成機関に関するもの
  MOKA では観測時クランプを除きすべて必須

観測所の名称	OBSERVAT
望遠鏡の名称	TELESCOP
焦点位置	FOCPOS
観測時のクランプ	TEL-POSE
データ作成機関	ORIGIN
データ作成年月日	DATE
観測者	OBSERVER

- 観測時の天候に関するもの

天候	WEATHER	CLEAR, FAIR, HAZY, CLOUDY
シーイング	SEEING	

- 使用受光器に関するもの
  MOKA では受光器温度を除きすべて必須。

受光器名	DETECTOR
フレーム番号	FRAMEID
ビンニング・ファクター	BIN-FCT1, BIN-FCT2 等
受光器温度	CCD-TEMP
フィルター	FILTER

- 処理の履歴、コメント
  HISTORY, COMMENT

2. 観測装置に固有のもの (今後装置毎に検討を進める)

- 撮像 (MOKA では使用装置名が必須)

使用装置名	INSTRUME	
対物プリズムの種類	OBJ-PRZM	
対物プリズムの方向	PRZM-DIR	

- 分光 (2 次元)

使用グレーティング	GRATING	
中心波長	WAVELEN	単位: A
波長範囲	WAVERNG	単位: A
スリット幅	SLIT	単位: mm
スリットの方位各	POS-ANG	単位: 度

6.2 ヘッダー具体例

濱部氏作成のヘッダーの具体例を上げる (一部改変)。

Main Header(濱部氏作成の例)

```
         1         2         3         4         5         6         7
1234567890123456789012345678901234567890123456789012345678901234567890123456789012345...
--------------------------------------------------------------------------------
SIMPLE  =                    T          / BASIC FITS TAPE FORMAT
BITPIX  =                   32          / 4-BYTE TWO-COMPL INTEGERS
NAXIS   =                    2          / 2-DIMENSIONAL IMAGE
NAXIS1  =                  500          / # PIXEL/ROW
NAXIS2  =                  508          / # ROWS
BLOCKED =                    T          / FILE IS MAY BE BLOCKED

BSCALE  =                 1.00          / REAL = TAPE * BSCALE + BZERO
BZERO   =                 0.00          / NO BITS ADDED
BUNIT   = 'CCD COUNT UN ADU'            / UNITS OF BRIGHTNESS
BLANK   =               -32768          / VALUE FOR VALUE-UNDEFINED PIXEL

OBJECT  = 'NGC 9033           '         / OBJECT NAME
SOURCE  = 'KCB5913            '         / 90/01/26  (21:07:21-21:10:21)
BAND    = 'R       '                    /
EXPTIME =                  180          / ACTUAL INTEGRATION TIME (SECS)

RA      = ' 13:29:24          '         / RIGHT ASCENTION
DEC     = '-19:45:10          '         / DECLINATION
EPOCH   =              1950.00          / EPOCH OF RA AND DEC
ZD      = '22:14:00'                    / ZENITH DISTANCE
UT      = '12:07:21'                    / UNIVERSAL TIME
JST     = '21:07:21'                    / JAPAN STANDARD TIME
ST      = '02:15:26'                    / SIDERIAL TIME

CRVAL1  =                 0.00          / REF POINT VALUE IN ARCSEC
CRPIX1  =               312.25          / REF POINT PIXEL LOCATION
CTYPE1  = 'RA      '                    / TYPE OF PHYSICAL COORD. ON AXIS1
CDELT1  =                 1.50          / PIXEL SIZE ON AXIS1 IN ARCSEC
CROTA1  =                 0.00          / CCW ROTATION

CRVAL2  =                 0.00          / REF POINT VALUE IN ARCSEC
CRPIX2  =               189.32          / REF POINT PIXEL LOCATION
CTYPE2  = 'DEC     '                    / TYPE OF PHYSICAL COORD. ON AXIS2
CDELT2  =                 1.50          / PIXEL SIZE ON AXIS2 IN ARCSEC
CROTA2  =                 0.00          / CCW ROTATION
COMMENT REFERENCE POINT IS THE GALAXY CENTER

SKY-MAG =               -1.000          / NOT YET DETERMINED

INSTRUME= 'TI-CCD  1024X1024 '          / KISO #1 CCD CAMERA
BIN-FCT1=                   2           / BINNING FACTOR ON AXIS1
BIN-FCT2=                   2           / BINNING FACTOR ON AXIS2
CAM-TEMP=              -122.7           / CCD TEMPERATURE (CENTRIGRADE)
TELESCOP= 'KISO 105CM SCHMIDT'          / KISO OBSERVATORY
DATE-OBS= '90/01/26'                    / DATE OF DATA ACQUISITION
OBSERVER= 'HAMABE ICHIKAWA   '          / OBSERVERS'S NAME/IDENTIFICATION
COMMENT SEEING 2 ARC SECONDS
ORIGIN  = 'KISO OBSERVATORY  '          / TAPE WRITING INSTITUTION
DATE    = '09/03/90'                    / DATE WHEN DATA FILE WRITTEN

HISTORY MT2FITS /SPIRAL 09/03/90 CREATE FITS-FORMAT TAPE

END
```

7　FITS に関する各種リソース

7.1　ソフトウェア

FITS に関しては様々なソフトウェアが開発され, 利用可能になっている。ここでは、その概要を紹介する。

7.1.1　FITS Support Office 提供のソフト

FITS Support Office は (後で触れる)FITS に関するドキュメント類の提供以外にもいくつかのソフトも提供している。

FPCT(The FITS Products Tester) FITS ファイルの有効性を検証するソフト。プライマリヘッダに要求されるキーワードの検査やオプションでデータ配列の表示なども可能。入手先は、

ftp://nssdc.gsfc.nasa.gov/pub/fits/software/fits_test_prototype.c

HEADLIST(Header Lister) FITS ヘッダ (プライマリも extension も) のリストをプリントする。ANSI C が必要。入手先は、

ftp://nssdc.gsfc.nasa.gov/pub/fits/software/headlist.c

Error Test Files FITS のテストのために FITS の規格にそったファイルやわざとエラーを含んだテスト用のファイルが用意されている。入手は、

http://www.gsfc.nasa.gov/astro/fits/error_test.html

7.1.2　HEASARC 提供のソフト

NASA/Goddard の High Energy Astrophysics Science Archive Research Center(HEASARC) もまた、FITS に関連した各種ソフトを提供している。

FITSIO W. D. Pence により保守されている FITSIO パッケージは、FITS フォーマットのファイルの読み書きのための machine-independent なサブルーチンインターフェイスである。各ルーチンは Fortran 77 で書かれ各種コンピュータで実行可能であり、また C から呼び出すための C マクロのセットも提供されている。サポートしている FITS ファイルは standard extension と WCS であり、checksum にも対応している。入手は、

http://heasarc.gsfc.nasa.gov/docs/software/fitsio/fitsio.html

FTOOLS J. K. Blackburn と W. D. Pence がまとめている FTOOLS は FITS データファイルの作成、検証、改訂のための 100 以上ものユーティリティプログラムである。これらは、FITS ファイルの内容をより複雑な解析ソフトへの入力用に再編成するのに使われる。FTOOLS は高エネルギー天体物理用の特殊ルーチンまで含んだフルパッケージでも、ごく一般的なルーチンだけ含むコアシステムだけでも使うことができ、また、IRAF のパッケージとしても、スタンドアロンでも使える。現在サポートされているプラットフォームは、

ALPHA/OSF, DEC/ULTRIX, SUN/SunOS, SUN/Solaris, MODCOMP/REALIX, ALPHA/VMS, VAX/VMS

入手は、

http://heasarc.gsfc.nasa.gov/docs/software/ftools/ftools_menu.html

VERIFITS W. Pence による FITS フォーマットデータファイルのキーワードやデータの verify をするプログラムである。これは IRAF に含まれる fverify タスクのスタンドアロン版であり、つぎのようなプラットフォームで利用できる。

Sun, DECstation, DEC Alpha(OSF/1), VAX/VMS

VERIFITS は FPCT よりも広範なチェックを行うことができるが、エラーを発見した時に停止するか、それでも最後までチェックするか、が違う。入手は、

ftp://heasarc.gsfc.nasa.gov/software/fitsio/verifits/

7.1.3 ADC 提供のソフト

FITS Table browser Astronomical Data Center(ADC) は ADC CD-ROM に含まれるファイルを読むための FITS Table Browser を提供している。これは、FITS ASCII Table を読み表中の各フィールドやレコードを表示したり表の一部を別ファイルに書き出したりすることができる。MS-DOS と Unix 用のプログラムは以下から入手可能。

ftp://nssdc.gsfc.nasa.gov/pub/ADC/software/ftb/

7.1.4 IDL 関係

FITS I/O software in IDL W. Landsman(Hughs STX) は IDL で書かれた FITS I/O ソフトが IDL Astronomy User's Library の一部として公開されていることをアナウンスしている。以下から入手可能。

http://idlastro.gsfc.nasa.gov/homepage.html

7.1.5 FITS image viewer(各種プラットフォーム)

- Unix 上のメジャー天文画像解析パッケージ
  以下の 3 つの天文用パッケージは FITS ファイルの読み書きが可能である。各々に関する情報の入手先は次のとうり。

  AIPS The Astronomical Image Processing System(AIPS) は the National Radio Astronomy Observatory(NRAO) で開発されており、情報は以下から得られる。
  http://info.cv.nrao.edu/aips/aips-home.html

  ESO MIDAS The European Southern Observatory Munich Image and Data Analysis System(ESO MIDAS) は ESO で開発されており、情報は以下から得られる。
  http://www.hq.eso.org/midas-info/midas.html

  IRAF The Image Reduction and Analysis Facility(IRAF) は the National Optical Astronomy Observatory(NOAO) で開発されており、情報は以下から入手可能。
  http://iraf.noao.edu/iraf-homepage.html

- Unix 上の一般の画像表示ツール
  一般の画像用ツールの中には FITS フォーマットのファイルのうち一部の画像データを含む FITS ファイルの表示ができるものがある。

  SAOimage SAOimage は X11 上の画像表示ツールであり、スタンドアロンでも、IRAF と組み合わせて FITS や IRAF ファイルを表示するのにも使える。開発は the Smithonian Astrophysical Observatory(SAO) であり、SUN, HP, DEC, VMS, LINUX 用のバイナリとソースが入手可能。関連情報は、
  http://tdc-www.harvard.edu/software/saoimage.html
  また、ファイルの入手は、
  ftp://cfa0.harvard.edu/pub/gsc/SAOimage/
  SAOimage はまた SAO と NOAO により IRAF 新バージョンに対応させるためのバージョンが開発されており、SAOtng(SAOimage: The Next Generation)[1] と呼ばれている。関連情報は、
  http://tdc-www.harvard.edu/software/saotng/saotng.html
  また、ファイルの入手は、
  ftp://sao-ftp.harvard.edu/pub/rd/saord_1.4.tar.Z

  pbm+ The Extended Portable Bitmap Toolkit(pbm+) は FITS ファイルと他の多くの画像フォーマットのコンバートができる。ただし、すべての FITS 画像が表示できるとは限らず、 特にファイルが IEEE の浮動小数点を含んでいたり (BITPIX<0) 配列が 2 次元以上だったり (NAXIS>2) すると、表示できない場合もある。多くの ftp サイトにあるので、archie などで検索、入手可能。

[1] The Next Generation は Star Trek: The Next Generation にひっかけていると思われる

xv 著名なシェアウェアの画像ツール xv はバージョン 3.10 以降で FITS フォーマットに対応している。これは primary 配列の 2 次元以上の画像や、IEEE の単精度、倍精度浮動小数の画像も扱えるが、IMAGE extension や IEEE の特殊値 (NaN や Infinity など) は扱えない。情報は以下から得られる。

http://www.sun.com/sunsoft/catlink/xv/xv.html

- PC-98(DOS) 用のソフト

西はりまイメージ 西はりまイメージは時政典孝 (西はりま天文台) 氏による数少ない国産の FITS 画像データ表示ツールである。対応プラットフォームは NEC の PC98 シリーズ (含む互換機) 上の DOS 環境であり、最新バージョンは 3.5。入手方法は、

1. フロッピー（２ＨＤ）２枚
2. 郵送料（１９０円）
3. 宛先を書いた封筒

を、下記宛に送ればよい。

〒 679-53　兵庫県佐用郡佐用町西河内 407-2
兵庫県立西はりま天文台公園・天文台
時政典孝　　TEL0790-82-3886 FAX82-3514

西はりまイメージに関する問い合わせは、上記住所、または下記まで。

mailto: tokimasa@nhao.or.jp

- DOS(IBM-PC) 用ソフト

IMDISP A. Warnock と R. Baalke による IBM-PC の DOS 用の画像処理ソフト IMDISP は FITS ファイルも扱える。入手先は、

ftp://nssdc.gsfc.nasa.gov/pub/ADC/software/imdisp/

- MS-Windows 用のソフト

FITSView W.Cotton(NRAO) による MS-Windows 上の FITS 画像表示ツールである。すべての FITS データタイプが認識でき、そのうち 2 又は 3 次元の単純な FITS 画像が表示できる。入手は以下のとおり。

ftp://fits.cv.nrao.edu/fits/os-support/ms-windows/fitsview/

- Mac 用のソフト

GraphicConverter T. Lemke は Macintosh 用の GraphicConverter に FITS のサポートを付け加えた。GraphicConverter の 1.7.7 以降のバージョンでは、FITS の許容されている 5 つのデータタイプ (8, 16, 32 ビット整数と、32, 64 ビット実数) を読み込み、8 ビットグレイスケール (Mac のグレイスケールの最大値) に変換し、それらを、PICT, TIFF, GIF, PCX, IFF, PPM などのフォーマットで書き出せる。入手先は、次のサイトまたはそのミラーである。

ftp://ftp.amug.org/pub/info-mac/gst/grf/

Photoshop plug-in D. Norton は Photoshop のプラグインソフトの PhotoFITS を開発した。これは、8, 16, 32 ビット整数と 32, 64 ビット浮動小数点 FITS イメージを読み込み、8 ビットまたは RGB イメージに変換したり、3 つの FITS ファイルを RGB に変換したり、multiple image を読んでモザイク表示したりできる。入手は、
ftp://zippy.nimh.nih.gov/pub/nih-image/plus-ins/

その他の Mac 情報 NRAO は Macintosh 上で FITS の扱いに関する Usenet 上の記事のコレクションを保持している。URL は、
http://fits.cv.nrao.edu/os-support/mac-os/

- World Coordinates に関するソフト

worldpos ANSI C で書かれた (RA, Dec) $<->$ pixel location の変換関数 worldpos(), xypix() が提供されている。これらは、Classic AIPS での World Coordinates のインプリメンテーションに基づいており、以下から、worldpos.tar.gz で ftp できる。
ftp://fits.cv.nrao.edu/fits/src/wcs/

WCSLIB M. Calabretta(ANTF) は World Coordinate System で提案されている spherical projection をインププリメントしたルーチン集として、WCSLIB 1.0 をリリースした。このライブラリには C と FORTRAN の独立したインプメントが含まれており、以下から wcslib-1.0.tar.gz で ftp できる。
ftp://fits.cv.nrao.edu/fits/src/wcs/

7.2 インターネット上のリソース

インターネット上のサービス (特に WWW(World Wide Web)) を通じての FITS 関係の情報を提供している主なサイトについて概説する。

7.2.1 FITS Support Office

ここでは、次のような情報が提供されている。

- FITS のドキュメントと FITS の一般的な情報
  http://www.gsfc.nasa.gov/astro/fits/fits_home.html
- FITS Support Office で開発されたソフトに関する情報
  http://www.gsfc.nasa.gov/astro/fits/software.html
- FITS ファイルのテストのための Primary HDUs に関する情報
  http://www.gsfc.nasa.gov/astro/fits/error_test.html

7.2.2 HEASARC

NASA/Goddard High Energy Astrophysics Science Archive Reserch Center(HEASARC) で提供されている情報は次のとおり。

- ソフトウェア (FITSIO, FTOOLS) に関する情報
  http://heasarc.gsfc.nasa.gov/docs/heasarc/tech_res_software.html

- OFWG の活動に関する情報
  NASA/GSFC の Office of Guest Investigator Program(OGIP) で FITS に関連したグループ OGIP/HEASARC FITS Working Group(OFWG) は FITS に関するいくつもの convention を開発している。これに関する情報が、
  http://heasarc.gsfc.nasa.gov/docs/heasarc/ofwg/ofwg_intro.html
  から入手できる。

7.2.3 NRAO

NRAO で提供されている FITS 関係情報。

- FITS 関連のライブラリ
  FITS のドキュメント (ドラフトや, プロポーザル) や各種プラットフォーム用ソフトなど。
  http://fits.cv.nrao.edu

- WAIS server
  FITS 関連テキストファイルのインデックスを持つ WAIS server。
  ftp://fits.cv.nrao.edu/fits/wais-sources/nrao-fits.src

7.2.4 HEAFITS exploder

HEAFITS と呼ばれる高エネルギー物理関係の FITS のメーリングリストがある。参加するには、listserv@legacy.gsfc.nasa.gov あてに
subscribe heafits Your Name
というメールを出す。メーリングリストにメッセージを出すには、heafits@legacy.gsfc.gov に送る。このメーリングリストのアーカイヴは、
http://heasarc.gsfc.nasa.gov/listserv/heafits/maillist.html

7.2.5 NetNews: sci.astro.fits

NetNews のグループ sci.astro.fits では FITS に関連した話題が議論されている。自分のサイトのニュースサーバがこのグループを購読していれば、適当なニュースリーダで読むか、あるいは WWW ブラウザを使って、
news:sci.astro.fits
でも読めるはずである。このニュースグループに投稿された過去の記事は三鷹の情報バンクにも保存されており、天文データ解析センターのユーザは参照できる (次節参照)。

7.3 日本国内の情報

7.3.1 FITS 国内委員会

前述のように FITS に関する最終決定機関は IAU FITS WG であり、日本からは、金光、吉田(重)、満田の 3 人が委員となっている。この段階に至る以前に日本国内で FITS に関する議論をするための委員会として、FITS 国内委員会が 1994 年 6 月に結成されている。現在の委員は天文各分野から、

委員長 金光 理 (kanamitu@fukuoka-edu.ac.jp)

副委員長 (光分野) 吉田重臣 (yoshida@kiso.ioa.s.u-tokyo.ac.jp)

副委員長 (X 線分野) 満田 (mitsuda@astro.isas.ac.jp)

委員 (光分野) 西原英治 (eiji@nao.ac.jp)

委員 (赤外分野) 中川貴雄 (nakagawa@astro.isas.ac.jp)

委員 (電波分野) 村田 (murata@astro.isas.ac.jp)

委員 (太陽電波分野) 花岡 (hanaoka@nrao.nao.ac.jp)

名誉委員 西村史郎 (bnishim@c1.mtk.nao.ac.jp)

がなっている。今のところ主な活動としては、メーリングリストでの議論、
jfits@c1.mtk.nao.ac.jp
と天文情報処理研究会の会合などの機会に合わせた委員会の開催がある。
また、FITS も含めてソフトウェア関連の話題は、天文情報処理研究会が主催するメーリングリスト jirafnet、
jirafnet@c1.mtk.nao.ac.jp
で議論されることが多い。

7.3.2 天文データ解析計算センターの情報バンク

三鷹のワークステーション c1.mtk.nao.ac.jp の /bank/FITS には西村氏等により、FITS に関するメール群 (ここには前記の sci.astro.fits ニュースグループの記事も含まれる) やドラフトスタンダード、拡張案等の TEX やポストスクリプトファイルがおいてある。また WGAS(AAS(American Astronomical Society) の Working Group on Astronomical Software という作業部会) 関係のメール等は同様に市川 (伸) 氏により /bank/WGAS に置いてある。c1 を利用できる人はこれらの原典を直接読むことができる。*FITS* の関連文献 (ドラフトスタンダードや各種拡張のプロポーザル) の日本語訳もマシンリーダブルな形で c1 の /bank/JFITS に置かれる。
(注: 天文学データ解析センターのシステム更新に伴い、ホスト名 (c1) やディレクトリは変更になる可能性がある)

8 参考文献

1. Wells, D. C., Greisen, E. W., and Harten, R. H. 1981, "*FITS*: A Flexible Image Transport System," *Astron. Astrophys. Suppl.*, **44**, 363–370.

2. Greisen, E. W. and Harten, R. H. 1981, "An Extension of *FITS* for Small Arrays of Data," *Astron. Astrophys. Suppl.*, **44**, 371–374.

3. IAU. 1983, *Information Bulletin* No. 49.

4. Grosbøl, P., Harten, R. H., Greisen, E. W., and Wells, D. C. 1988, "Generalized Extensions and Blocking Factors for *FITS*," *Astron. Astrophys. Suppl.*, **73**, 359–364.

5. Harten, R. H., Grosbøl, P., Greisen, E. W., and Wells, D. C. 1988, "The *FITS* Tables Extension," *Astron. Astrophys. Suppl.*, **73**, 365–372.

6. IAU. 1988, *Information Bulletin* No. 61.

7. McNally, D., ed. 1988, Transactions of the IAU, *Proceedings of the Twentieth General Assembly.* (Dordrecht:Kluwer).

8. Pnoz, J. D. Thompson, R. W., and Munoz, J. R. 1994, "The *FITS* Image Extension," *Astron. Astrophys. Suppl.*, **105**, 53–55.

9. Wells, D. C. and Grosbøl, P. 1990, "Floating Point Agreement for *FITS*." (available from the NOST *FITS* Support Office)

10. Cotton, W. D. and Tody, D. B. 1991 "Binary Table Extension to *FITS*: A Proposal", preprint. (access instructions available from the NOST *FITS* Support Office).

11. ANSI, 1978, "American National Standard for Information Processing: Programming Language FORTRAN," ANSI X3.9 – 1978 (ISO 1539). Published by American National Standards Institute, Inc., New York.

12. ANSI, 1977 "American National Standard for Information Processing: Code for Information Interchange," ANSI X3.4 - 1977 (ISO 646). Published by American National Standards Institute, Inc., New York.

13. IEEE, 1985, "American National Standard – IEEE Standard for Binary Floating Point Arithmetic". ANSI/IEEE 754–1985, Published by American National Standards Institute, Inc., New York.

14. ANSI, 1976, "American National Standard for Information Processing: Unrecorded Magnetic Tape," ANSI X3.40 - 1976, Published by American National Standards Institute, Inc., New York.

15. ANSI, 1978, "American National Standard for Information Processing: Magnetic Tape Labels and File Structure," ANSI X3.27 - 1978, Published by American National Standards Institute, Inc., New York.

16. "Going AIPS," National Radio Astronomy Observatory, Charlottesville, VA, 1990.

17. Muñoz, J. R., "IUE Data in FITS Format," ESA IUE Newsletter **32**, 12–45.