IRAF クックブック第 2 版特別付録

F I T S の 手 引 き

第 1 版

監修　天文情報処理研究会

1993 年 1 月 20 日

はじめに

天文情報処理研究会では IRAF 担当者会と称していた当初から観測所取得データフォーマットや観測データの流通保存に関しての議論が交わされており、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

等の条件を満たすフォーマットとして、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。

これらの動きを受けて、天文情報処理研究会の活動のひとつである、各種クックブックや手引き類の出版の一環として、FITS に関する事項をまとめて日本語で読めるようにした手引きを作成することとなった。

この手引きでは、まず、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、及び FITS に関する各種情報源についても言及することとした。

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・検討されている段階であり、完全に天文学のコミュニティ内での合意がかたまっていない部分もある。しかし、完全なスタンダードが固まるのを待っていては、その後の作業が進まないこともあり、とりあえず現状での展望という形でまとめ、必要に応じて改訂していくこととした（このため手引き自身を計算機可読な形式；具体的には jLaTeX 形式で書くこととした）。

この手引きがこれから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ＩＲＡＦ担当者会の第３～６回会合集録に発表された吉田・濱部氏の記事や三鷹の /bank の情報をもとに西村・市川（伸）氏等の助言を得て編集したものです。）

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
市川伸一
TEL.0422-34-3604
FAX.0422-34-3840
E-mail: ichikawa@c1.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 8
2.1 "FITS: A Flexible Image Transport System" . . . 8
2.2 "An Extension of FITS for Groups of Small Arrays of Data" . . . 8
2.3 "Generalized extension and Blocking factors for FITS" . . . 9
2.4 "The FITS tables extension" . . . 9

3 FITS ドラフトスタンダード 10
3.1 ドラフトスタンダードとは . . . 10
3.2 FITS ファイルの構成 . . . 10
3.2.1 FITS 構造 . . . 10
3.2.2 primary HDU . . . 10
3.2.3 Extensions . . . 11
3.3 ヘッダー . . . 12
3.3.1 カードイメージ . . . 12
3.3.2 キーワード . . . 12
3.3.3 値 . . . 15
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 . . . 17
3.6 Standard Extensions . . . 17
3.6.1 ASCII table のキーワード . . . 17
3.6.2 ASCII table の例 . . . 19

4 FITS の拡張 21
4.1 Binary Table Extension の Draft Proposal . . . 21
4.1.1 Binary Table の概要 . . . 21
4.1.2 表のヘッダー . . . 21
4.1.3 Binary Table のヘッダーの例 . . . 22
4.2 FITS IMAGE extension . . . 23
4.2.1 Image extension の概要 . . . 23
4.2.2 Extension ヘッダー . . . 23
4.2.3 IMAGE Extension ヘッダーの例 . . . 23

4.3 固定長シーケンシャルメディアとビットストリームデバイスのブロッキングに関するドラフトプロポーザル 26
4.3.1 固定ブロックメディアに対するドラフトプロポーザル 26
4.3.2 ビットストリームデバイスに対するドラフトプロポーザル 26
4.3.3 可変ブロックメディアに対するドラフトプロポーザル 26
4.4 キーワードのまとめ 27
4.5 予約された Extension タイプの名前 29

5 FITS 日本国内標準ヘッダー (案) 30
5.1 標準ヘッダー項目一覧 31
5.2 ヘッダー具体例 34

6 FITS に関する情報について 36

7 参考文献 37

1 FITS の概要

1.1 FITS ファイルの構成

FITS (The Flexible Image Transport System) は天文データを移送するための標準フォーマットとして普及しつつある規約である。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一般のデータベース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* ドラフト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
12345678901234567890123456789012345678901234567890123456789012345678901234567890123456789012345...
--------------------------------------------------------------------------------
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* ドラフト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、現在提案されている *FITS* のドラフトスタンダードにはスタンダードの一部として取りいれられている。ただし、*FITS* 拡張に関する別の提案である "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。詳細はドラフトスタンダードのセクションの Random Group 構造の項を参照のこと。

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。

これについてもドラフト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ドラフト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 ドラフトスタンダード

3.1 ドラフトスタンダードとは

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。

こうした経緯を踏まえ、新たに提案されている拡張に関する案等も含める形で *FITS* のドラフトスタンダードが作成されている。これは NASA/OSSA Office of Stabdards and Technology から Inplementation of the Flexible Image Transport System (*FITS*), Draft Standard (November 6, 1991, NOST 100-0.3b) として出されている。

ここではこのドラフトのうち reference になる部分の概要を解説する。(全文の日本語訳 (吉田重臣氏訳による以前のバージョンの訳を新しい版に沿って増補したもの) はマシンリーダブルな形のものを三鷹の計算センターの c1 の /bank/JFITS/FITSSTDJ.TEX に置くので必要な人はそちらを参照されたい)

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軸 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。詳しくは全訳版を参照していただくこととし、ここでは代表的なもののみ言及する。

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。

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。

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。

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。

BSCALE と BZERO を使った変換方程式は次のようになる:

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

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

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

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。

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。

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

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。提案されている 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。

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

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 Standard Extensions

現在のところ認められている唯一の standard extension は 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おりである。

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。
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。

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。

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。

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。

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
```

4 FITS の拡張

FITS の拡張については現在正式に認可されているのは前述の ASCII table extension だけであるが、他にも多くのプロポーザルの出されているので、それらについてここで解説する。

4.1 Binary Table Extension の Draft Proposal

ここでは W. D. Cotton (NRAO) と D. Tody (NOAO) により 1991 年 9 月 20 日に開発された "BINTABLE" というタイプ名の Binary Table extension のドラフトプロポーザルの解説をする。これはスタンダード extension である ASCII table の一般化にあたる。(これは *FITS* スタンダードの一部ではないが、広報のためにドラフトプロポーザルに含まれている)

4.1.1 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。

4.1.2 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 *FITS* ドラフトプロポーザルの全訳版を参照されたい。

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、これについても全訳版を参照されたい。

4.1.3 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
12345678901234567890123456789012345678901234567890123456789012345678901234
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
```

4.2 FITS IMAGE extension

以下の文献の概要を説明する。全訳はドラフトスタンダードと同様、三鷹の c1 に置く。

"The *FITS* IMAGE Extension", A Proposal
J.D. Ponz (ESA), R.W. Thompson (CSC), J.R. Muñoz (ESA)
TN/8017-01/JDP/920207, 7 February 1992

4.2.1 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。(注: binary table extension には多次元配列のサポートは示唆はされているが現段階ではまだ含まれていない。)
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ている。

4.2.2 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 (次ページ)。

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 (次ページ)。

データフォーマットは primary データ配列と同じであり、*FITS* ドラフト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。

4.2.3 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

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

[1] XTENSION=␣'IMAGE␣␣␣' for the proposed 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

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] ドラフトスタンダードの EPOCH に関するコメントを見よ.

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

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。)
...
```

4.3 固定長シーケンシャルメディアとビットストリームデバイスのブロッキングに関するドラフトプロポーザル

ここでは次の文献の解説をする。全訳はドラフトスタンダードと同様三鷹の c1 に置く。

"Draft Proposal for Blocking of Fixed-block Sequential Media and bitsteam Devices"
P. Grosbol and D. Wells
1990-August-10

4.3.1 固定ブロックメディアに対するドラフトプロポーザル

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。不完全な FITS 論理レコードを読むとファイルの終端とみなされる。このプロポーザルは光学ディスク (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。

4.3.2 ビットストリームデバイスに対するドラフトプロポーザル

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。このプロポーザル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。

4.3.3 可変ブロックメディアに対するドラフトプロポーザル

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。このプロポーザルは 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。

4.4 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 (これはドラフト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	Proposed 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 proposed binary table extension.

[3] Required only if extensions are present.

表 10: 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 11: 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 12: 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。

4.5 予約された Extension タイプの名前

(この付録は NOST *FITS* スタンダードの一部ではないが、広報のために含まれる。)

Type Name	Status	Reference	Sponsor	Comments
'A3DTABLE'	L	[15]	NRAO	AIPS でサポートされた binary table のプロトタイプ; A3DTABLE の全ての特徴をそなえた BINTABLE によって取って変わられた
'BINTABLE'	D	[9]	IAU NRAO NOAO	binary table の ドラフトプロポーザル
'DUMP '	R	none	none	binary dumps に使われる予定.
'FILEMARK'	R	none	NRAO	他のメディアでの テープマークに相当する構造 に使われる予定.
'IMAGE '	R	[16]	IUE	extensions で多次元の マトリクスを含めるため.
'TABLE '	S	[5]	IAU	ASCII Tables.

表 13: 予約された Extension タイプ名

Codes	意味
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.
L	ローカルな FITS 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.
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.
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

表 14: Status Codes

5　FITS 日本国内標準ヘッダー (案)

天文情報処理研究会 (旧 IRAF 担当者会) では以前から吉田重臣氏を中心に FITS に関する議論を進めてきたが (天文情報処理研究会 (IRAF 担当者会) 第 3, 4, 5, 6, 7, 8 回会合集録参照) その中で日本国内での FITS フォーマットによる観測データ等の交換に際して統一したヘッダーを決めておく必要があるのではないか、ということで

- 必須パラメータとその他のパラメータ
- パラメータの取捨選択 (ヘッダーの標準項目の策定)
- ヒストリーの扱い

等について作業をしてきた。これらの作業を進めるにあたって、生データの時点から、整約・解析で使われるものはすべて統一し、観測時の装置の状態のようなパラメータも統一したキーワードを使うことを目標にし、同じキーワードが別の意味で使われないよう予約しておくことを念頭においた。

その結果、観測方法によらない共通のヘッダーと、観測方法に特有なヘッダーに分けて考えることになったが、観測方法に特有なヘッダーは細かく分けるときりがないし、将来にわたって徐々に詰めていくしかない、ということで、大まかに撮像と分光程度で案を作ることとなった。ここではその案に基づいたヘッダー標準項目の一覧を掲げる (これは IRAF 担当者回第 5 回会合集録に提案されたものを一部改変したものである)。

5.1 標準ヘッダー項目一覧

FITS ヘッダー標準項目一覧

この一覧は国内で流通する FITS フォーマット・データのヘッダー項目を統一し、データ管理・ソフト開発の円滑化を図るものである。　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。

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 (値のフォーマットは IRAF の標準に従う)

観測の年月日	DATE-OBS
観測時刻 (世界時)	UT
観測時刻 (日本標準時)	JST
露出開始時刻	JST-STRT
露出終了時刻	JST-END
恒星時	LST
露出時間	EXPTIME
air mass	AIRMASS
天頂距離	ZD

- 観測対象に関するもの

天体名	OBJECT
赤経	RA
赤緯	DEC
分点	EQUINOX
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

緯度	LONGITUD
経度	LATITUDE
標高	ALTITUDE
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

- 使用受光器に関するもの

受光器名	DETECTOR
フレーム番号	SOURCE
ビンニング・ファクター	BIN-FCT1, BIN-FCT2 等
受光器温度	CAM-TEMP

- 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)

- 撮像一般

使用装置名	INSTRUME
フィルター	FILTER
sky magnitude	SKY-MAG

他に、次のような意見がある。(佐々木 M)

(a) CCD 等の gain に相当するもの　(electron per A.D.U. など)
(b) read out noise
(c) sky level …… magnitude scale より linear scale の方が良いのでは
(d) sky fluctuation …… noise の目安を得るため
(e) zero point mag. …… データの値が 1 のときに何 mag. に対応するか
(f) seeing size …… 例 . FWHM of point spread function

上記のうち (a) と (b) は apphot による処理の際に必須である。

- 分光データ (一次元)

使用装置名	INSTRUME
フィルター	FILTER
グレーティング	GRATING
グレーティング角	GRAT-ANG
分散方向の軸	DISPAXIS

特に、岡山クーデ RCA-CCD データに必要と考えられるもの (神戸)(現在のＰＳＩのＧｅｎ５のものなので将来もこれで良いかは議論の余地がある)

(a) CCD 関係

HBIN	-	horizontal bin size
VBIN	-	vertical bin size
HAP	-	horizontal active pixels
TVL	-	total vertical line
PBLK	-	pre black pause
PSIG	-	pre signal pause
HCK	-	horizontal clock rate
VSM	-	vertical shift mode
CAC	-	CCD amp control
HSDXP	-	horizontal shift during expose
SHC	-	shutter control
LC	-	light control

EXPT - exposure time (sec)
BLT - bias light time
GAIN - amplifer gain
DAG - D/A gain
VREST - vclk rest state
ISL - image starting line
TIL - total image lines
PARA -
RLOCK -
CLOCK -
CHIP -

以上は、岡山フォーマットに書かれているもの。他に、次のものがあると良い。

CAM-TEMP - camera temperature
SOURCE - フレーム名

(b) クーデ分光器関係

INSTRUME - カメラの種類、焦点位置、C4 か C10 か
GRATING -
GRAT-ANG - グレーティング角
GRAT-ODR - グレーティングの次数

(c) その他

- slit width (mm)
- slit lingth (mm)
- 波長情報

LAMP - コンパリソン、フラットなどの光源の種類
'Halogen lamp'、'Th-Ne'、'Fe-Ne' など
- 光源の電圧など
FILTER - フィルター

5.2 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
12345678901234567890123456789012345678901234567890123456789012345678901234567890...
--------------------------------------------------------------------------------
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
```

6 FITS に関する情報について

sci.astro.fits Usenet のニュースグループのひとつで FITS に関する議論や意見交換が行われている。日本では JUNET ニュースが読めるサイトで sci.* のニュースグループまで購読しているところでは読むことができる。現在 FITS に関する議論は主にここのニュースグループで行われており、FITS と他の画像フォーマットの変換や FITS リーダなどのソフトウェアに関する質疑応答、その他様々な話題が交わされている。

alt.sci.astro.fits 上記と同様のニュースグループであるが sci.astro.fits が公認されるまでの暫定的なグループ。現在は上記ニュースグループに移行している。

WGAS AAS の Working Group on Astronomical Software という作業部会の略で、天文学分野での Software に関する議論を行っている (IAU の Commision XX の WGAS (位置天文学のソフトウェアの WG) とは別物なので注意)。電子メールでの意見交換等を行っており、FITS 関係では FITS 規約やキーワード等の標準化等について意見交換がなされているが、あまり活発ではない。現在は上記のニュースグループで議論等が行われている。

また、ここでは FITS ファイルを読み書きするためのサブルーチン群をライブラリにまとめた FITSIO ライブラリの紹介等も行われている。

(ここで議論された ADC での物理量の単位の提案と、項目名の提案、及び FITSIO ライブラリのユーザーズガイドの目次は天文情報処理研究会 (IRAF 担当者会) の第 6 回会合の集録にありますし、これをマシンリーダブルな形にしたものが三鷹の c1 にありますので参照して下さい。(下記三鷹の /bank の項参照))

三鷹の **bank** 三鷹のワークステーション c1 の /bank/FITS には西村氏等により、FITS に関するメール群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 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に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。

jirafnet 天文情報処理研究会で運営している JUNET 上でのメーリングリスト。FITS に関することも含めて、IRAF に関することや広く天文学分野でのソフトウェアやデータ解析に関する、意見交換や議論が行われている。初心者や地方の孤立研究者にとっては、わからないことの質問を聞く場としても重宝される。

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

9. 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).

10. 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.

11. 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.

12. 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.

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

14. 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.

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

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