ＦＩＴＳの手引き

第 3 版

監修　天文情報処理研究会
協力 日本 FITS 委員会

1997 年 12 月 8 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 (93, 96 年) の出版をしており、今回は第 2 版以後の 1 年半余りの情勢の変化を取り入れた第 3 版を出すことにした。

この手引きでは、まず *FITS* の概観について述べ、*FITS* の沿革、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、WCS に関する解説、「すばる」*FITS* 情報、及び *FITS* に関する各種情報源について言及している。特に DATExxxx キーワードの 2000 年対応と「すばる」*FITS* ヘッダー案が大きな改訂であり、その他吉田氏による *FITS* の沿革やネットワーク関係のアップデートがなされている。

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ので、最新の情報についてはネットワーク上のものも参照されたい。

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 2 版をもとに、関連各氏の協力のもと、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, E-mail: *kanamitu@fukuoka-edu.ac.jp*)

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@azuma.mtk.nao.ac.jp*

目 次

はじめに 1

1 FITS の概要 5
1.1 FITS ファイルの構成 . . . 5
1.2 ヘッダーレコードの概要 . . . 6
1.3 FITS ファイルのサンプル . . . 6

2 FITS の沿革 8
2.1 誕生 . . . 8
2.2 Random groups . . . 8
2.3 Generalised Extension . . . 9
2.4 ASCII tables . . . 10
2.5 Floating point . . . 10
2.6 Physical Blocking . . . 11
2.7 Image Extension . . . 11
2.8 Binry tables . . . 12
2.9 Year 2000 convension . . . 13

3 FITS スタンダード 14
3.1 NOST による FITS の定義 (FITS スタンダード) . . . 14
3.2 FITS ファイルの構成 . . . 14
3.2.1 FITS 構造 . . . 14
3.2.2 primary HDU . . . 15
3.2.3 Extensions . . . 16
3.3 ヘッダー . . . 16
3.3.1 カードイメージ . . . 16
3.3.2 キーワード . . . 16
3.3.3 値 . . . 20
3.4 データ表現 . . . 20
3.4.1 文字と整数 . . . 20
3.4.2 IEEE-754 浮動小数点数 . . . 21
3.5 Random Group 構造 . . . 21
3.5.1 キーワード . . . 22
3.5.2 データシーケンス . . . 22
3.6 ASCII Table Extension (Standard extension 1) . . . 23
3.6.1 ASCII table のキーワード . . . 23
3.6.2 ASCII table の例 . . . 24
3.7 IMAGE extension (Standard extension 2) . . . 26
3.7.1 IMAGE extension の概要 . . . 26
3.7.2 Extension ヘッダー . . . 26
3.7.3 IMAGE Extension ヘッダーの例 . . . 28
3.8 Binary Table Extension (Standard extension 3) . . . 29
3.8.1 Binary Table の概要 . . . 29
3.8.2 表のヘッダー . . . 29
3.8.3 Binary Table のヘッダーの例 . . . 30
3.9 ブロッキングに関する合意 . . . 31
3.9.1 固定ブロックメディア . . . 31
3.9.2 ビットストリームデバイス . . . 31
3.9.3 可変ブロックメディア . . . 31

4 World Coordinates System **32**
4.1 インデックスと物理座標 . . . 32
4.2 現 FITS での表現 . . . 32
4.3 天球座標 (α, δ) からインデックス (i, j) への変換 . . . 33
4.3.1 $(\alpha, \delta) \Rightarrow (\theta, \phi)$ . . . 33
4.3.2 $(\theta, \phi) \Rightarrow (R_\theta, \phi)$ or (x, y) . . . 33
4.4 データ配列から天球座標への変換 . . . 35
4.4.1 データ配列から天球座標を計算する手順 . . . 35
4.4.2 データ配列から物理座標への変換 . . . 35
4.4.3 (平面) 物理座標から (球面) 天球座標への変換 . . . 35
4.4.4 座標の準拠フレーム . . . 36
4.5 具体例 . . . 37
4.6 キーワードと投影法 . . . 38

5 FITS の拡張 **41**
5.1 予約された FITS の extension タイプの名前 . . . 41
5.2 提案中のその他の規約 . . . 42
5.2.1 Checksum Proposal . . . 42
5.2.2 Hierarchical Grouping Convension . . . 42
5.2.3 OBJECT キーワードの拡張 . . . 42
5.2.4 MIME コードとしての FITS の登録 . . . 42
5.3 FITS の拡張の手順 . . . 43
5.4 キーワードのまとめ . . . 43
5.5 DATExxxx キーワードと 2000 年問題 . . . 43
5.5.1 DATExxxx キーワードに関する問題の経緯 . . . 43
5.5.2 DATE-OBS キーワードの精細な再定義 . . . 45

6 すばる FITS ヘッダ統一案 **50**
6.1 すばる FITS ヘッダールール . . . 50
6.2 基本ヘッダー辞書 . . . 51
6.2.1 基本ヘッダー辞書キーワード . . . 51
6.2.2 基本ヘッダー辞書 (Nov.1997 現在) . . . 51
6.3 装置固有ヘッダー辞書 . . . 57
6.3.1 SupremeCam . . . 58
6.3.2 FOCAS 固有ヘッダー辞書 . . . 58
6.3.3 HDS 固有ヘッダー辞書 . . . 59
6.4 略号表 . . . 59
6.5 FITS ヘッダーサンプル . . . 61
6.5.1 Suprime-Cam (Nov.1997 現在) . . . 61
6.5.2 FOCAS . . . 62
6.5.3 HDS . . . 72

7 FITS に関する各種リソース **76**
7.1 ソフトウェア . . . 76
7.1.1 FITS Support Office 提供のソフト . . . 76
7.1.2 HEASARC 提供のソフト . . . 76
7.1.3 eclipse from ESO . . . 77
7.1.4 FITS ブラウザ . . . 77
7.1.5 FITS I/O software in IDL . . . 78
7.1.6 FITS image viewer(各種プラットフォーム) . . . 79
7.1.7 World Coordinates . . . 82
7.1.8 FITS <–> HDF コンバータ . . . 82
7.2 サンプルデータ . . . 83
7.2.1 FITS Support Office Error Test Files . . . 83

7.2.2 IAUFWG Test Files 83
7.2.3 FITS Test Tape 83
7.2.4 HEASARC/OGIP Sample Files 83
7.2.5 Four-digit Year Sample Files 83
7.3 インターネット上のリソース 84
7.3.1 FITS Support Office 84
7.3.2 HEASARC 84
7.3.3 NRAO 84
7.3.4 HEAFITS exploder 85
7.3.5 NetNews: sci.astro.fits 85
7.4 日本国内の情報 86
7.4.1 日本 FITS 委員会 86
7.4.2 日本 FITS 委員会ホームページ 86
7.4.3 天文データ解析計算センターの情報バンク 87
7.4.4 天文情報処理研究会ホームページ 87

8 参考文献 88

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 FITS の沿革

2.1 誕生

事の起こりは、1976 年 11 月、NFRA(Netherlands Foundation for Radio Astronomy) の R. Harten と KPNO(Kitt Peak National Observatory) の D. Wells によるデータ交換システムの開発への着手であった。翌年の春には、各々が作成したプロトタイプデータ交換プログラムのテスト・ランが試みられた。1977 年から 1978 年にかけて J. Dickel (Univ. Illinois) は Westerbork と Kitt Peak の間で、光・電波イメージのエンコードと交換を実行した。

1979 年 1 月、KPNO で開かれた NSF(National Science Foundation) の会合でデータ交換用フォーマットについて議論され、会合の Chair の P. Boyce(NSF) が NOAO と NRAO へ開発作業の着手を要請し、R. Burns(NRAO), E. Groth(Princeton), Wells にタスクフォースを形成させ、Burns は VLA で他のプログラマと共に会合を持った。1979 年 3 月 27/28 日、Harten と Wells の経験を元に、36 時間にわたる議論を経て、E. Greisen(NRAO) と Wells が、Basic *FITS* Agreement を完成させた。ここでキーになったのは、論理レコードのサイズをどうするかで、当時のすべてのマシンのワードサイズを考慮し、CDC-6000/7000 のテープの物理ブロックサイズ (30240-bits) に近いことから、23040-bits という値が採用された。データ構造としては 符号なし 8-bit、符号付き 16-bit、符号付き 32-bit 整数の 0-999 までの配列がサポートされたが、将来のことを考えデータ配列にさらにレコードを付加することも許された。

1979 年 5 月、NOAO と NRAO の間で *FITS* によるデータ交換が試みられ、その実用性が確認された。最初のデータ交換の試みは、OS/MVT の元の IBM-360 (2 の補数 32 ビット、EBCDIC) において PL/I プログラムによりテープ上に書かれたデータを SCOPE を OS として使用する CDC-6400 (1 の補数 60 ビット、Display Code) 上の FORTRAN プログラムで読むという形で行われた。この 2 つの計算機システムの組み合わせは、データ交換のためにはおよそ考えられる最悪のものだった。これは、提案された *FITS* 構造が是認される前に実用的なデータ交換のデモが要求される、という先例となった。

1979 年 6 月、Basic *FITS* がイタリアのトリエステにおける International Image Processing Workshop で Wells と Greisen により提案された。Harten がこれを endorse した。*FITS* は即座に受け入れられ、 1 年を待たずに天文コミュニティにおける国際標準フォーマットの地位を確立した。

これは現在では以下の論文として参照可能である (以下 *FITS* Paper 1 とする)。

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

2.2 Random groups

FITS は当初、デジタル化されたイメージの交換という意味付けだったが、すぐに他のタイプのデータ交換の枠組みにも使えることがわかった。こうした新しい *FITS* 構造の最初の例として、1979 年末から 1980 年始めにかけて、Greisen と Harten は小配列のグループを扱う形式を考案した。各々のグループは パラメータと小配列のシーケンスからな

り、パラメータの数や意味、配列の次元はどのグループでも同じとされた。この形式は、開口合成 visibility データの輸送の必要から案出されたものである。

Random group は他の分野で使われることはなく、当該分野ですら、現在では binary table で置き換えられている。今後は使わない方がいいだろう。

Random group は、1982 年 IAU 総会で *FITS* と共に、バイナリデータの推奨交換フォーマットとして endorse された。

これは現在は以下の論文として参照可能である。(以下 *FITS* Paper II)

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

2.3 Generalised Extension

次の 2 つの目的のため、一般化拡張部が定義された。

- 基本規則にのっとって新しい種類のデータ輸送を可能にする
- 階層データベース化を可能にし関連データ構造の集合の輸送をできるようにする

例えば table extension は table や list などをデータ配列と共に同じ *FITS* ファイルに書くことで、異なる種類のデータ片の間の関係をデータ配列として確立させる。

このために採用された手法は、プライマリ HDU (Header and Data) と同様に、ASCII カード・イメージ (keyword=value 形式) のヘッダー部とデータ部からなる拡張 HDU を定義することであった。異なるデータフォーマットを定義する多くの種類の拡張が存在できる。こうした構造化された拡張部は、プライマリ配列の *FITS* ヘッダーを読むソフトウェアを拡張ヘッダーも読むように改良するのを容易にする。拡張部データについての情報は、その拡張の規則で規定された方式で拡張部ヘッダーに記述される。すべての論理レコードはプライマリ部と同様に 23040 bits(=2880 8-bit bytes) である。この HDU 自身が拡張と呼ばれ、そのデザインは拡張タイプと呼ばれる。拡張部の新種の設計に当たっては、既存の *FITS* データと不整合が生まれないようにしなければならない。

Basic *FITS* はファイルの先頭になければならないので、拡張はプライマリ HDU の後に置かれなければならない。先頭の配列は 23040-bit レコードの終わりで終わるので、拡張部は常に新たなレコードから始まる。

ほとんどの *FITS* の拡張部は Basic *FITS* 同様、天文コミュニティに受け入れられ IAU で是認されれば、スタンダードになれる。*FITS* ファイルは、複数種類の拡張部を持つことができ、その順序の規定はない。

FITS ユーザーが 1 つのファイル中の複数の拡張部のうち任意のものだけを読むことができるよう、2 つのルールが設定されている。

- 各種類の拡張部は唯一の名前を持っていて、ヘッダーに明示される。
- ヘッダーにその拡張部の大きさの情報が与えられている。

FITS ファイルを読むソフトウェアは自分の扱える拡張のタイプのリストを持っており、ヘッダーからタイプ名を読み、それを扱えるかどうかを決める。もし扱えない場合は、いくつのレコードをスキップするべきか計算し、次の拡張の先頭へ行く。

一般化拡張部の規則は、1988 年 IAU により endorse され、現在では以下の論文として参照可能である。(*FITS* Paper III)

- 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.

2.4 ASCII tables

FITS 形式の成功は、配列の形になっていないデータ・ベース (カタログ等) についての標準データ形式への要求を惹起した。これが動機となり、表形式拡張部が定義された。これは、次のようなデータに対し応用することができる。

- 標準的カタログ
- 観測ログ・較正データ・中間データ等の観測に関する情報。観測結果を基本 FITS 配列とし、付加情報を表形式拡張部として付け加える。
- データ解析結果の表。例えば、多くのプログラムはデジタル化されたイメージから天体を抽出し、その位置、フラックス、サイズ、スペクトル型、偏光などのパラメータを出力ファイルに書き出す。天文学者はこの出力ファイルを送り、受け取った方はそれを扱うソフトで表の比較や融合などの操作ができる。

ASCII 表形式拡張部は、標準 *FITS* 形式と一般化拡張部の規則に従う。表データは文字配列として記録される。各行はいくつかのフィールドから構成される。各フィールドについての情報 (フォーマット (FORTRAN-77 様式)・位置・内容等) は拡張部ヘッダーに記述される。

この形式は 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スタンダードにも取りいれられている。これは現在では以下の論文で参照可能である。(*FITS* Paper IV)

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

ここまでの、4 つの論文でまとめられている部分が、「基本」*FITS* 又は「原始」*FITS* を形づくっている。

2.5 Floating point

元来の *FITS* では、バイナリ・データは整数表現のみが許され、非整数または整数表現の範囲にない値は、スケーリングして整数化して記録されていた。スケーリングのための

係数は、ヘッダーに与えられることとされていた。これは、輸送可能なデータの値に大きな制約を課し、整数・少数の変換に少なからぬ時間の消費を強いた。

IEEE 浮動小数点規格の普及にともないこの問題の解決ができるようになった。1989 年 12 月 22 日、IAU の *FITS* Working Group は浮動小数についての合意に達し、IEEE-754 (IEEE 1985) の 32-bit と 64-bit 数をスタンダード *FITS* の浮動小数のタイプとして採用した。これは 1990 年 1 月 1 日より実施された。

2.6 Physical Blocking

FITS が開発された 1979 年には主要なデータ保存メディアは 1/2 インチ、9 トラックの磁気テープであり、*FITS* Paper I では物理ブロックサイズは論理レコードサイズに等しいとされていた。時がすぎ、多くのデータ処理者たちはこのブロックサイズでは、データを書くのに必要なテープ長や I/O 操作数の点で不十分と感じるようになった。コンピュータの世代が新しくなり、メガバイトのメモリを搭載するようになるともっと大きなブロックをたやすく読めるようになった。結果として、*FITS* Paper III では、1/2 インチテープ上では 10 論理レコードまでを 1 物理ブロックとして扱えることが含まれている。さらに、カートリッジテープや光ディスクなどの新しいメディアが磁気テープに置き換わっており、これらの多くの新しいメディアは固定長のブロック (典型的には 2^n bytes) でしかデータにアクセスできず、*FITS* の 23040-bit 論理レコードはそのブロックの積算に対応できなくなっていた。また、*FITS* Paper I で議論された *FITS* は磁気テープ上のものとしてであったが、ファイルを電子的に転送することが多くなると、*FITS* ファイルを特定のメディアにむすびつくものというよりは、純粋なビット列とみなすほうがよくなってきた。それでも異なるメディア上での *FITS* ファイルの物理的な表現が必要とされたいるので、すべてのメディアでの一般的な規則と、特に、 2^n-byte 物理ブロック上での *FITS* 論理レコードの書き方に関する提案が Wells と Grosbol(ESO) によって 1991 年にされた。この提案はマイナーな変更後 1994 年春、IAUFWG によって是認された。

(詳細は、セクション 3.9 を見よ)

2.7 Image Extension

1980 年代末、*FITS* コミュニティでは多次元配列をプライマリ HDU 同様拡張 HDU にも含める手段を議論していた。IUE グループでは、関連する配列 (特に彼らのデータとフラッグの配列) を同じファイルに含めようとしていた。フラッグとデータではデータタイプが違うためもう 1 つ軸を追加してプライマリ配列にフラッグを含ませることはできなかった。J.D. Ponz, J.R. Munoz (ESA IUE グループ) と R. Thompson (CSC, GSFC IUE グループ) は詳細なドラフトを作成し 1992 年始め公開した。この拡張は `IMAGE` と名づけられた。唯一の重要な議論は、Random Group レコードを Image 拡張の後に含ませられるか、という点だったが、Random Group は既に使われなくなってきていたので、結局 Random Group レコードは許さないことになった。

2.8 Binry tables

ASCII 表形式は、表の項目数が多い場合、大きなスペースを必要とする。文字への変換にかかる時間もばかにならない。ASCII 表形式は、浮動小数点を扱うのに必要だったのだが、IEEE 浮動小数点規格の採用により、表形式にバイナリ浮動小数点を含ませる道が開けた。一方、VLBA 関係で表の項目に配列を使う必要が生じた。かくして、W. Cotton (NRAO) によりバイナリ表形式が設計され、'A3DTABLE' と名付けられた。'A3DTABLE' は、1987 年始めに AIPS (Astronomical Image Processing System) の一部としてリリースされた。

1990 年始め、NASA はその関連プロジェクトすべてにおいて、生み出されたデータを *FITS* 形式で提供することを決定した。その時ちょうど、高エネルギー関係のデータ構造の設計が行われていた。この分野のデータは通常イベント・リストの形になり、文字列にすると膨大なものになってしまうので、バイナリを用いた表形式が強く求められていた。こうした圧力の元、1991 年 4 月、Cotton は 'BINTABLE' と命名された標準バイナリ表形式の最初の規約案を提示した。これは、'A3DTABLE' をもととして、これに対する意見を加味したものである。

1989 年末、Green Bank での単一電波望遠鏡での標準フォーマット開発のための会合で、D. Wells はバイナリ表形式のフィールドに多次元配列を使用できるようにすることを提案した。さらに、行毎に配列の大きさを変えることが可能になるような機構に関心が持たれた。この件は、1991 年 4 月のヨーロッパ *FITS* comittee の集会で D. Tody により取り上げられた。議論の後、Cotton と Tody により、ポインタ・データを用いた表形式を提案した。多次元フィールドや可変長配列のフォーマットや、それらのためのキーワードやフィールドフォーマットを記述した公式のテキストが Cotton と Tody によって 1991 年 10 月に公開された。

1991 年 7 月ころ、W. Pence (GSFC/HEASARC) は文字列の配列を単一の長い文字列と区別する点について疑義を提出し、議論の結果、副配列に関する規約が 3 番目の付録として付加された。改訂された BINTABLE の提案は Cotton, Tody, Pence により、1993 年 5 月に公開された。1994 年の春には IAUFWG はメインプロポーザルをスタンダード *FITS* の一部として是認した。3 つの付録 - 多次元配列、可変長配列、文字列配列 - は是認されたスタンダードの一部には含められなかった。これらは推奨はされるが要求はされない規約となった。

IMAGE と BINTABLE ファイルの ESO, IUE, Goddard Space Flight Center の HEASARC (High Energy Science Archive Research Center) 間の交換のテストは、1992 年に開始されたが、*FITS* 形式がテープ上のものからビットストリームとして認識されるようになるにつれ、この種の交換はテープではなく、anonymous ftp でなされるようになった。1994 年 始めには、BINTABLE の改訂を受けてさらなるテストが正式投票に向けて行われ、STScI(Space Telescope Science Institute) と ESO 間、ESO と GSFC/HEASARC 間での IMAGE や BINTABLE データの交換が行われた。1994 年 6 月 15 日、IAUFWG の Chair である P. Grosbol は、ブロッキングルールと IMAGE, BINTABLE 拡張の正式な是認を宣言した。これらについては既に *FITS* スタンダードの一部なので、詳細はセクション 3 を参照のこと。

2.9 Year 2000 convension

1996 年 11 月、RGO の P. Bunclark は、*FITS* のキーワード (DATE-OBS など) での日付けの扱いが、年の部分が 2 桁しか取っていないため、2000 年には破綻することを指摘し、それを解決するため、DATE-OBS キーワードの改訂を提案した。この提案はヨーロッパ *FITS* 委員会ではすぐに是認されたが、アメリカの WFC(WGAS(Working Group for Astronomical Software) の FITS Comittee) での議論の中で、A. Rots による改訂を受け、WFC 及び、日本 *FITS* 委員会の是認を受け、最終的には、1997 年 11 月 13 日に IAUFWG の投票を受けて正式に是認された。詳細は、セクション 5.5 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、などの変化があり、それらを取り入れた Ver. 1.1 が September 28, 1995 に出ている。

ここではこの NOST Definition of *FITS* Ver.1.1 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。

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。

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。

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。

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。

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

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.

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 のヘッダーは次のキーワードを必須とする。
extension data 中の総ビット数は、次の式で与えられる。

1	XTENSION
2	BITPIX
3	NAXIS
4	NAXISn, n $= 1, \ldots,$ NAXIS
	$\vdots$
	(other keywords, including $\ldots$)
	PCOUNT
	GCOUNT
	$\vdots$
last	END

表 3: 規格にあった extensions の必須キーワード

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

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。[1]

ORIGIN *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。[2]

[1] DATE キーワードについては、5.5 も参照のこと。
[2] DATE-OBS キーワードについては、5.5 も参照のこと。

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:

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

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。

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。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。

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

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....
123456789012345678901234567890123456789012345678901234567890123456789012345678901234
+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。

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。

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。

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

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.

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. Greisen and M. Calabretta, Oct. 30, 1995
ftp://fits.cv.nrao.edu/fits/documents/wcs/wcs.all.ps

4.1 インデックスと物理座標

データ配列がデジタルイメージを表わしている場合、データ配列と物理画像との変換はピクセルのうちのどこが (中心かコーナーか) データ点か、ということを知る必要がある。歴史的にいうと、天文学者は一般的に *FITS* ファイルの中のインデックスはピクセルの中心を表わすと仮定してきた。(この解釈は、上記論文でも是認されている。) これはコンピュータグラフィクスで一般的な、ピクセルの中心は .5 の点に対応する、という慣例とは異なっている。*FITS* ファイルでのピクセルは、通常、物理空間の体積要素とみなされ、変換や回転によっては別の視点から見られる可能性がある。そのような操作をした時、要素の中心だけが不変である。現在は、天文のコミュニティではこれに関する標準の規約が決まっていないので、*FITS* ファイル作成者は適切なコメントによって、(COMMENT キーワードを使って) そのファイルがどのような規約に従っているか、を読み取りプログラムがわかるようにすべきである。

データ配列の中の順序と、表示されたイメージの中の位置との関係 (例えば、最初のピクセルが、一番上なのか下なのか) もまた規約の問題である。上記論文によると、*FITS* ファイル作成者は、最初のピクセルが画像の左下隅であり、続くピクセルは画像の右方向へ (直交座標の x-軸のように) 並び、それが順次上方向へ (y-軸) へと続く、ように並べることを推奨している。この規約は、現行の CRVALn などのキーワードを使った座標軸の表現を置き換えるものではない。

4.2 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。

4.3 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) $(\theta, \phi) \Rightarrow (R_\theta, \phi) \quad \mathrm{or} \quad (x, y)$

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。

4.3.1 $(\alpha, \delta) \Rightarrow (\theta, \phi)$

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。

4.3.2 $(\theta, \phi) \Rightarrow (R_\theta, \phi) \quad \mathrm{or} \quad (x, y)$

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

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

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。

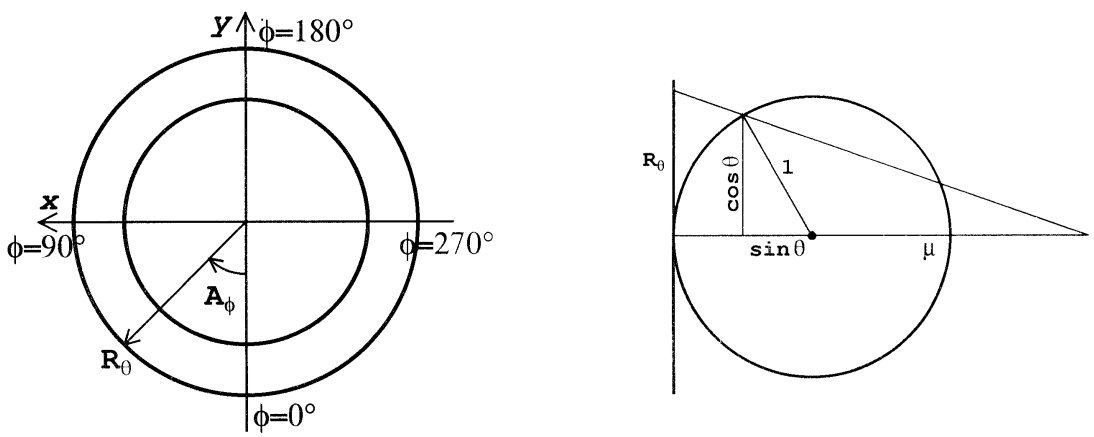

図 2: 投影面上の極座標 (左) と、zenithal 投影の R_θ, θ, μ の関係図 (右)

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

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。

4.4 データ配列から天球座標への変換

4.4.1 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 )]
```

4.4.2 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。

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

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。

4.4.3 (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 $(\phi, \theta) = (0, 90°)$ 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。

4.4.4 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

4.5 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

となる。

4.6 キーワードと投影法

この論文で提案されている新しい (又は変更がある) 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 使用抑制	PC$iiijjj$ × CDELTn 対角行列と同値; デフォルトなし; — 使われるべきでない
CDi_j	座標の増分	定義化 使用抑制	PC$iiijjj$ × CDELTn 対角行列と同値; デフォルトなし; — 使われるべきでない
LONGPOLE	座標の回転	新規	standard system 北極の native system での経度; デフォルト $= 0°$ if $\delta_0 > \theta_0$, $= 180°$ 他.
LATPOLE	座標の回転	新規	standard system 北極の native system での経度; 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

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

5.2.3 OBJECT キーワードの拡張

OBJECT キーワードは *FITS* の予約されたキーワードであるが、NOST による Definition of the *FITS* のセクション 5.3.2.1 では最初の 8 キャラクタまでしかデコードを要求すべきでない、との記述があるため、対象天体によっては問題になることが多々ある。このため、これを正式に拡張しようという動きが始まっている。原理的には 68 (= 80 - 8(キーワード分) - 2(= の分) - 2(" の分) までが値として使えるが、多分 32 キャラクタ程度が必要だろう、ということで現在議論中である。

`OBJECT␣␣=␣'NVSS␣J000000-200449␣␣␣␣␣␣␣␣␣␣␣␣␣'␣/␣32-char`

5.2.4 MIME コードとしての FITS の登録

インターネットと WWW の普及に伴い、*FITS* をイメージやデータのタイプとして、MIME (Multipurpose Internet Mail Extensions) に登録しよう、という動きがある。現在の案では、

proposed MIME code	purpose
image/fits	basic "cllasical" FITS
application/fits-image	FITS images with extensions
application/fits-table	null images with table(s)
application/fits-group	Random Groups files

のようになっている。NOST のスタンダードが IAU-FWG で是認されれば、RFC を出すことになるだろう。

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) と満田和久 (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)

5.5 DATExxxx キーワードと 2000 年問題

5.5.1 DATExxxx キーワードに関する問題の経緯

当初の *FITS* の規格では、`DATE` キーワード (`DATE-OBS` などの関連キーワードも) の形式は、例えば 1997 年 2 月 18 日なら `'18/02/97'` のような形で表すとされていた。この形式の問題は、年のところが下 2 桁しか使っていないことにあり、2000 年が来ると、下 2 桁だけでは、1900 年代のことか 2000 年代のことかの区別がつかなくなってしまう。この点について、1996 年 6 月 25 日づけで Peter Bunclark(RGO) が sci.astro.fits に疑問を提示し、その後 sci.astro.fits でいろいろな議論が交わされてきた。それを受けて、主に、A) DATExxxx キーワードの日付フィールドの書式変更で対処するか、あるいは B) DATExxxx を置き換える新たなキーワードを定義する方向で対処するか、について、IAU FWG の Chair である Don Wells が sci.astro.fits でアンケートを取り、また、Preben Grosbol が IAU FWG のメンバーに同様のアンケートを取って問題の整理と意見の集約を行った。そして、これらをまとめた提案を Bunclark が 1996 年 11 月 19 日に公開し、ヨーロッパ *FITS* 委員会が投票の結果採択した (1996 Dec.20)。

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 Extension	ASCII Table Extension	Random Groups Extension	Binary Table Extension
General	Array				
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。

その後、アメリカの WFC(WGAS(Working Group for Astronomical Software) の FITS Comittee) が議論し、A. Rots が改訂版を、1997 年 6 月 27 日に公開し、WFC 及び日本 *FITS* 委員会がこれを是認した。これを受けて、IAU-FWG で正式投票の準備が始まり、そこでの議論を受けてさらに A. Rots によって改訂されたバージョン (1997 年 10 月 24 日) を元に投票が実施され、正式に是認された。ここではその全容を紹介し、関連するソフトウェア開発者の方への注意を喚起したい。

5.5.2 DATE-OBS キーワードの精細な再定義

Peter Bunclark, 1996 Nov.19
修正: Arnold Rots, 1997-10-24T21:03:30

[**Introduction**] このドキュメントは公式には DATE-OBS キーワードの値のフィールドの形式の定義をするが、同じフォーマットは他の "DATE" で始まるすべてのキーワード群すべてにも適用され、それらの値は日付 (とオプションで時間) に関する情報を含む。データ交換で使われる既知のそうしたキーワードとしては、DATE, DATE-OBS, DATE-END, DATE-MAP がある。これらのキーワード群を総称して DATExxxx キーワードと称する。オリジナルの DATExxxx キーワード (特に DATE-OBS) は次のような不都合を生じるので定義を変更することが望ましい。

1. 年が 2 桁である。数値化された天文データは 1 世紀以上残るし、西暦年の最初の 2 桁が 19 から 20 になってしまう。
2. DATExxxx のタイムスケールが定義されていない。
3. DATE-OBS と観測の開始、真ん中、終了との関係が定義されていない。
4. 日、月、年の順になっている。従って日付を ASCII 順にソートできない。

[再定義の範囲]　次の 3 つの主な事項を扱う。

1. DATExxxx キーワードで使われる日付を表す文字列のフォーマット
2. DATE-OBS キーワード自身の将来
3. 使用されるタイムスケール (タイムシステム) の特定

[日付文字列フォーマットの提案]

1. DATExxxx の旧形式のフィールド (`'DD/MM/YY'`) は 1900-1999 を表す。19 世紀のプレートのデジタイズが *FITS* ファイルになっているような例 (この提案以前に作成されたファイルのみが有効である) は特例として扱う。
2. 新しい推奨フォーマットは ISO-8601 のサブセットで次のどちらかである。

   (a) `'CCYY-MM-DD'`

   (b) `'CCYY-MM-DDThh:mm:ss[.sss...]'`

   ¡CCYY¿はカレンダー年を現す。¡MM¿はその年のカレンダーの月の数、¡DD¿はその月のカレンダーの日付の数である。¡hh¿はその日の時間を表し、¡mm¿は分を、¡ss[.s...]¿は秒を現す。秒のフィールドの整数部は通常 [0..59] の範囲だが、タイムスケールが UTC の場合はうるう秒を示すため 60 も使われる。'T' は ISO 8601 の時間指定子である。

   短い形式ではターミネータやセパレータ (T のような) はなくてもかまわない。長い形式では日付と時間の間に時間指定子 'T' がなければならない。小数点をあらわすキャラクタは ASCII の点 (.)(16 進で、0x2E) である。秒の小数点以下は *FITS* ヘッダーカードの限界内なら何桁でもかまわない。
3. 日付または日付/時間をフルに指定する文字列のみが許容される。デフォルトはなく、先行する 0 は省略されない。秒の小数点以下はオプションである。

[**DATE-OBS** キーワードの使用法]

1. キーワードの名前は `DATE-OBS` のまま。
2. これ以後 `DATE-OBS` は観測の開始を表すと仮定されるべきである。それ以外の解釈はコメントフィールドで精確に指定する。
3. すべての DATExxxx キーワードはデフォルトでは、その日付部分にグレゴリオ暦を使用していると解釈される。
4. DATExxxx キーワードの値は、`DATE` キーワード (後の節参照) を除いて、それが属する HDU の主要なタイムスケールまたはタイムシステムで表現されるべきである。デフォルトは、UTC(1972 年以後のデータ) か UT(1972 年以前のデータ) である。もしどれが主要なタイムスケールか、という点に関してあいまいさが残る可能性があれば、どちらを選ぶべきかはコメントで明確にすべきである。

5. タイムシステム又はタイムスケールは明示的に示されることが推奨される。ただし、タイムスケールの指定を無視してデフォルトの仮定をした結果のエラーは 1001-01-01 から 3000-12-31 の間の期間では 1000 秒を超えないだろう、ということを製作者は仮定できる。

6. デフォルトでは、TAI やそれと同期する時間 (UTC や TT) では、時間は検出器 (実際には観測所) のところで計測されたとみなされるだろう。座標時 (TCG や TCB) や TDB などの明白な座標原点と結びついた時間の場合は、時間の値のデフォルトの意味は、観測がその座標時の原点で行われた、ということになるだろう。これらのデフォルトは慣習となる。将来の FITS ファイルでのタイムスケールの規約は他の組み合わせを許すかもしれないが、このデフォルトの扱いは保持されるべきである。

[**DATE** キーワードの使用]

1. DATE キーワードの日付時間の値は、HDU の作成時を表わす。

2. DATE キーワードの値は、地球上で作成された HDU に対して、このプロポーザルで定義された日付時間のフォーマットが使われる場合は常に UTC で表わされるべきである。

[例]　1996 年 10 月 14 日の有効な表現を 3 つあげると次のようになる。

```
DATE-OBS= '14/10/96'     / Original format, means 1996 Oct 14.
DATE-OBS= '1996-10-14'   / Date of start of observation, by default UTC.
DATE-OBS= '1996-10-14T10:14:36.123' /Date & Time of start of obs.in UTC.
```

[移行措置]　FITS 読み取りプログラムは永遠に、古いフォーマットを 20 世紀の日付と解釈しなければならない (00 は 1900 と解釈される)。読み取りプログラムは早急に新フォーマットに対応しなければならない。メジャーな天文パッケージの作者が彼らのソフトウェアを改訂するまでに適当な時間を取り、FITS 書き込みプログラムは新しいフォーマットでの書き込みの開始を、1999-01-01T00:00:00 から 2000-01-01T00:00:00 の間に開始しなければならない。

1999-01-01 以前に配布、運用される FITS 書き込みコードは、書き込みする年を古い日付けフォーマットで表わすか、新しいフォーマットで表わすかを決めるためのテストをするようにコーディングされなければならない。1900-01-01 以前の DATE-OBS の場合は新しいフォーマットで書かなければならない。

[付録: 提案されているタイムスケールの仕様]　[注: この付録は公式の DATExxxx 合意の一部ではない。]

1. タイムスケールを特定するため TIMESYS キーワードの使用が推奨される。それは、HDU 中のすべての時間に関するキーワードと日付に対して支配的なタイムシステムを設定する。(即ち、恒星時や重心補正などの、他のタイムスケールへの変換のための情報を提供するキーワードやデータコラムの追加を排除しない。) 各々の HDU

は 1 つ以上の TIMESYS キーワードを含むべきではない。当初公式に許容される値は次のとおりである。

UTC (Coordinated Universal Time; 1972 年以降定義される)

UT (Universal Time, 1925 年以降グリニッジ標準時 (GMT) と等価。1972 年以前では UTC と等価)

TAI (International Atomic Time。"うるう秒を含まない UTC" 1997-07-01 では UTC より 31 秒進んでいる)

IAT (International Atomic Time。TAI と同じ (別の略しかたをしただけ)

ET (Ephemeris Time, TT の前任にあたり 1984 年まで有効)

TT (Terrestrial Time, 1984 年以降 IAU の標準タイムスケール。ET から連続しており、TAI と同期している (32.184 秒進んでいる))

TDT (Terrestrial Dynamical Time = TT)

TDB (Barycentric Dynamical Time)

TCG (Geocenteric Coordinate Time。1977-01-01 以降 TT よりおよそ 22 ミリ秒/年の割合で進んでいる。)

TCB (Barycentric Coordinate Time。1977-01-01 以降 TDB よりおよそ 0.5 秒/年の割合で進んでいる。)

参考文献として次のものをあげておく。

Explanatory Supplement to the Astronomical Almanac, P.K. Seidelmann, ed.,

University Scence Books, 1992, ISBN 0-935702-68-7

http://tycho.usno.navy.mil/systime.html

GPS 時間 (19 秒 TAI より遅れている) の使用は軽視される。

2. デフォルトでは、時間は検出器 (あるいは実際には観測所) で、TAI と同期した時間 (TAI, TUC, TT) で計られたと考える。座標時 (TCG や TCB) や TDB のような明白な座標原点の場合には、デフォルトの時間の意味は、観測がその座標システムでの原点で行われたような意味合いになる。これらのデフォルトは慣習となる。将来の *FITS* ファイルでのタイムスケールの規約は他の組み合わせを許容するかもしれないが、このデフォルトの扱いは保持されるべきである。これらの根拠は、生の観測データはほとんど TAI と同期した時計でタグがつけられており、座標時や TDB への変換は通常空間的な変換を伴うからである。これは道筋の長さの違いが補正されるべきであることを意味する。注意すべきことは、TDB-UTC の差はほぼシヌソイダルであり、ソースの位置によって、1 年の周期と 500 秒の振幅を持つことである。また、位置が明白でない場合 (干渉計のように) 精確な位置の特定を、例えば、地心カルテシアン座標のような形で、することが強く勧められる。

3. "TT" は IAU の標準である。これは "TDT" や "ET" と等価であると考えられる。ただし、"ET" は 1984 年以降のデータには使われるべきではない。Explanatory Supplement の pp. 40-48 を参照のこと。

4. もし TIMESYS キーワードがない、または有効な値を持っていない場合は、1972 年以降の日付にたいしては、”UTC” が、1972 年以前のデータでは、”UT” が仮定される。

5. 例
   これまでのことから、1996 年 10 月 14 日の表現の 3 つの具体例は次のようになる。

```
DATE-OBS= '14/10/96'           / Original format, means 1996 Oct 14.

TIMESYS = 'UTC     '           / Explicit time scale specification: UTC.
DATE-OBS= '1996-10-14'         / Date of start of observation in UTC.

DATE-OBS= '1996-10-14'         / Date of start of observation, also in UTC.

TIMESYS = 'TT      '           / Explicit time scale specification: TT.
DATE-OBS= '1996-10-14T10:14:36.123' / Date and time of start of obs. in TT.
```

6. この付録で提案された規約は、既存の High Energy Astrophysics FITS 規約の上に構築された RXTE アーカイヴで採用され、使われている、ミッションースペシフィックなものの一部である。以下を見よ。

   http://legacy.gsfc.nasa.gov/docs/xte/abc/time_tutorial.html

   http://heasarc.gsfc.nasa.gov/docs/xte/abc/time.html

   VLBA プロジェクトでは、TIMESYS ではなく TIMSYS キーワードを使う規約を採用しており、現在は、UTC と IAT の値を許している。次の p.9 と p.16 を見よ。

   http://www.cv.nrao.edu/fits/documents/drafts/vlba_format.ps

6　すばる FITS ヘッダ統一案

「すばる」立ち上げを控え、「すばる」に関連した FITS データの共通ヘッダー、観測装置固有ヘッダー、サンプルヘッダー案がまとめられたので、それをここに紹介する。(以前の統一ヘッダー案は紙面の都合で削除した。必要なら「手引き、第 2 版 (印刷版又は html 版)」を参照されたい。)

(この節は「すばる FITS 検討会」(小杉城治、市川伸一、濱部勝、水本好彦、矢動丸泰、金光理、高田唯史、洞口俊博、泉浦秀行、渡辺大、青木賢太郎、青木和光) による。)

6.1　すばる FITS ヘッダールール

すばるの観測装置で取得されたデータは、全て観測装置から FITS 形式で出力される。これらの FITS データはハワイ島ヒロの山麓施設 (ハワイ観測所) でアーカイブされ、将来公開される予定である。アーカイブの検索項目は、基本的に全て FITS ヘッダーに含まれていなければならない。また、いくつもの観測装置のデータを一括して検索できるようにするためにも、FITS キーワードは可能な限り観測装置間で共通化すべきである。データ解析に関しては、解析に必要なパラメータは FITS ヘッダーから抽出される場合が多い。解析処理ソフトウェアの共通化による開発作業の省力化を図るためにも FITS キーワードの共通化が望まれる。　そこで、すばるでは以下の FITS ヘッダールールを定める。

- 基本的に FITS のルール (NOST Standard、 この手引き参照) に従う。
- ヘッダー辞書 (次節参照) で定義されたのキーワードを、定義した意味以外では使用しない。また、ヘッダー辞書内で Common と分類されたキーワードは必ず使用しなければならない。
- 観測装置固有ヘッダー一覧は共通ヘッダーキーワードと同様に観測装置グループが辞書を作成し、公開されなければならない (装置固有ヘッダー辞書参照)。
- 観測装置固有キーワードは、以下に例示するような'COMMENT' で始まる行を挿入することによりブロック化する。
  COMMENT Subaru Device Dependent Header Block for FOCAS
- 観測装置固有のヘッダーは、頭 2 文字を装置ＩＤとして与え、残り 6 文字を装置開発者が自由に使用する。その際可能な限り略号表に従った記述を行う。装置 ID は 'A_', 'B_', 'C_' のような形式とし、重複は許されない。現在、'F_': FOCAS、'H_': HDS、'S_': Supreme-Cam, が予約されている。(略号表参照)
- キーワード作成時の略号の組み合わせ順序は、キーワードのカテゴリーを参照して
  Image,Instrument,Telescope / Time / Environment / Statistics,Unit / Action
  とする (略号表参照、各略号はさらに短縮可能)。例えば、露出開始時のスリットポジションアングルは、スリット: SLT、ポジションアングル: P/PA、露出開始時: STR を組み合わせて作成するが、その順序は、SLT (Category = Instrument)、P/PA (Statistics / Unit)、STR (Action) となり、キーワードは SLT_PSTR となる。
- 撮像観測の場合は WCS を記述する。
- Extension については ASCII Table Extention のみが使用可能である。
- 天体名は可能な限り IAU 表記に従う。
- 値の単位は辞書の記述に従うが、基本的に SI 単位系とする。

- インラインコメントにはキーワードの意味、及び、値の単位が明示される。
- ピクセルの座標値はピクセル中央を基準とし、ピクセル番号は 1 から始まる。

6.2 基本ヘッダー辞書

6.2.1 基本ヘッダー辞書キーワード

観測装置間で共通化できるキーワードは、基本ヘッダー辞書に記述される。基本ヘッダー辞書内の各項目の意味は以下の通りである。

Dictionary： 辞書名

Header Key Word： FITS ヘッダーキーワード

Importance： 重要度。以下の値をもつ

Common： 必須キーワード
Imaging： 撮像データに必須なキーワード
Spectroscopy： 分光観測データに必須なキーワード
Polarimetry： 偏光観測データに必須なキーワード
Optional： キーワードの定義のみで、必須ではない。ただし、装置固有キーワードの中で基本ヘッダー (Optional) と同じ意味のものがある場合には、基本ヘッダーを優先する。

Format： キーワード値の記述形式

Type： キーワード値のデータ型

Unit： キーワード値の単位

Recommend： すばるが推奨する規定値で、やむを得ない場合を除いてこの値を使用する。ただし、SIMPLE, OBSERVAT, TELESCOP については必ずこの値を使用する。

Origin: すばるが定めたものか、FITS で定義されているものかを区別するもので、以下の値を持つ。

IAU-FITS： IAU の FITS 委員会で承認されている、或いは、承認されそうなキーワード
JFITS： FITS 国内委員会で使用することが推奨されているキーワード
IRAF： IRAF でデータ解析に使用されているキーワード
SUBARU： すばる固有キーワード

Comment： FITS ヘッダー内に記述されるインラインコメントの内容。値に単位が必要な場合は、単位の記述もおこなう。

Description： キーワードの意味定義

Defined Date： 作成日

Revised Date： 更新日

6.2.2 基本ヘッダー辞書 (Nov.1997 現在)

紙面の都合により、上記の項目のうち Header Key Word から Comment までの 8 つの項目を ABC 順の辞書に収録し、残りは Importance 順の辞書に収録した。

- Key Word の ABC 順基本辞書

[Dictionary = Basic] (Key Word の ABC 順、その 1(1/3): A ~ EQ)

Header Key Word	importance	Format	Type	Unit (Recommend)	Origin	Comment
ADC	Optional	%30s	string		SUBARU	ADC name if used
ADC-END	Optional	%.2f	double	degree	SUBARU	ADC PA at exposure end(degree)
ADC-STR	Optional	%.2f	double	degree	SUBARU	ADC PA at exposure start(degree)
AIRMASS	Common	%.5f	double		IRAF	Averaged Air Mass
AIRM-END	Optional	%.5f	double		SUBARU	Air Mass at end
AIRM-STR	Optional	%.5f	double		SUBARU	Air Mass at start
ALT-END	Optional	%.5f	double	degree	SUBARU	Altitude at exposure end (degree)
ALTITUDE	Optional	%.5f	double	degree	SUBARU	Altitude of telescope pointing(degree)
ALT-STR	Optional	%.5f	double	degree	SUBARU	Altitude at start exposure(degree)
APERTURE	Optional	%30s	string		SUBARU	Identifier of the entrance aperture used
APTC-DEC	Optional	%.8f	double	degree	SUBARU	DEC of the aperture center(degree)
APTCPIX1	Optional	%.3f	double	pixel	SUBARU	Aperture center projected on det.(pix)
APTCPIX2	Optional	%.3f	double	pixel	SUBARU	Aperture center projected on det.(pix)
APTC-RA	Optional	%.8f	double	degree	SUBARU	RA of the aperture center(degree)
APT-SIZE	Optional	%.3f	double	arcsec	SUBARU	Diameter of the aperture (arcsec)
AZ-END	Optional	%.5f	double	degree	SUBARU	Azimuth angle at exposure end (degree)
AZIMUTH	Optional	%.5f	double	degree	SUBARU	Azimuth of telescope pointing (degree)
AZ-STR	Optional	%.5f	double	degree	SUBARU	Azimuth angle at exposure start(degree)
BIN-FCT1	Common	%d	integer	pixel	IAU-FITS	Binning factor of X axis (pixel)
BIN-FCT2	Common	%d	integer	pixel	IAU-FITS	Binning factor of Y axis (pixel)
BITPIX	Common	%d	integer		IAU-FITS	# of bits storing pix values
BLANK	Common	%d	integer		IAU-FITS	Value used for NULL pixels
BSCALE	Common	%.1f	double	(1)	IAU-FITS	Real=fits-value*BSCALE+BZERO
BUNIT	Common	%30s	string		IAU-FITS	Unit of original pixel values
BZERO	Common	%.1f	double	(0)	IAU-FITS	Real=fits-value*BSCALE+BZERO
C2ELT1	Spectroscopy	%.8f	double		IAU-FITS	Size projected on detector X-axis(deg)
C2ELT2	Spectroscopy	%.8f	double		IAU-FITS	Size projected on detector Y-axis(deg)
C2NIT1	Spectroscopy	%15s	string	(degree)	IAU-FITS	Units used in both C2VAL1 and C2ELT1
C2NIT2	Spectroscopy	%15s	string	(degree)	IAU-FITS	Units used in both C2VAL2 and C2ELT2
C2PIX1	Spectroscopy	%.1f	double	pixel	IAU-FITS	Reference pixel X on detector(pixel)
C2PIX2	Spectroscopy	%.1f	double	pixel	IAU-FITS	Reference pixel Y on detector
C2VAL1	Spectroscopy	%.8f	double		IAU-FITS	Physical value of the ref. pixel X (deg)
C2VAL2	Spectroscopy	%.8f	double		IAU-FITS	Physical value of the ref. pixel Y (deg)
C2YPE1	Spectroscopy	%s	string	(RA---TAN)	IAU-FITS	Pixel coordinate system
C2YPE2	Spectroscopy	%s	string	(DEC--TAN)	IAU-FITS	Pixel coordinate system
CDELT1	Common	%.8f	double		IAU-FITS	X Scale projected on detector(#/pix)
CDELT2	Common	%.8f	double		IAU-FITS	Y scale projected on detector(#/pix)
CRPIX1	Common	%.1f	double	pixel	IAU-FITS	Reference pixel in X (pixel)
CRPIX2	Common	%.1f	double	pixel	IAU-FITS	Reference pixel in Y (pixel)
CRVAL1	Common	%.8f	double		IAU-FITS	Physical value of the reference pixel X
CRVAL2	Common	%.8f	double		IAU-FITS	Physical value of the reference pixel Y
CTYPE1	Common	%s	string	(RA---TAN)	IAU-FITS	Pixel coordinate system
CTYPE2	Common	%s	string	(DEC--TAN)	IAU-FITS	Pixel coordinate system
CUNIT1	Common	%15s	string	(degree)	IAU-FITS	Units used in both CRVAL1 and CDELT1
CUNIT2	Common	%15s	string	(degree)	IAU-FITS	Units used in both CRVAL2 and CDELT2
DATA-TYP	Common	%15s	string		JFITS	Type / Characteristics of this data
DATE-OBS	Common	%30s	string	UTC	IAU-FITS	Observation start date (yyyy-mm-dd)
DEC	Common	%12s	string		IRAF	+/-DD:MM:SS.SS DEC (J2000) pointing
DET-Ann	Optional	%.3f	double	degree	SUBARU	Relative angle of nn-th detector (deg)
DETECTOR	Common	%30s	string		SUBARU	Name of the detector/CCD
DET-ID	Common	%d	integer		SUBARU	ID of the detector used for this data
DET-P1nn	Optional	%.5f	double	arcsec	SUBARU	Relative X pos of nn-th detector(arcsec)
DET-P2nn	Optional	%.5f	double	arcsec	SUBARU	Relative Y pos of nn-th detector(arcsec)
DETPXSZ1	Optional	%.4f	double	mm	SUBARU	Detector pixel size in axis1 (mm)
DETPXSZ2	Optional	%.4f	double	mm	SUBARU	Detector pixel size in axis2 (mm)
DET-TAVE	Optional	%.2f	double	K	SUBARU	Average of the detector temperature (K)
DET-TMAX	Optional	%.2f	double	K	SUBARU	Max temperature among detectors (K)
DET-TMED	Optional	%.2f	double	K	SUBARU	Median of the detector temperature (K)
DET-TMIN	Optional	%.2f	double	K	SUBARU	Min temperature among Detectors (K)
DET-TMP	Common	%.1f	double	K	SUBARU	Detector temperature (K)
DET-TSD	Optional	%.1f	double	K	SUBARU	Standard Dev. of the detector temp (K)
DISPAXIS	Spectroscopy	%d	integer		IAU-FITS	Dispersion axis in frame
DISPERSR	Spectroscopy	%30s	string		SUBARU	Identifier of the disperser used
DOM-HUM	Optional	%.1f	double		SUBARU	Humidity measured in the dome
DOM-PEND	Optional	%.2f	double	hPa	SUBARU	Dome atm. pressure at exposure end (hpa)
DOM-PRS	Optional	%.2f	double	hPa	SUBARU	Atmospheric pressure in the Dome (hpa)
DOM-PSTR	Optional	%.2f	double	hPa	SUBARU	Dome Atm. pressure at exp.start (hpa)
DOM-TMP	Optional	%.2f	double	K	SUBARU	Temperature measured in the dome (K)
DOM-WND	Optional	%.2f	double	m/s	SUBARU	Wind speed in the dome (m/s)
END	Common	-	-		IAU-FITS	End of the header records
EQUINOX	Common	%.0f	double	year(2000)	IAU-FITS	Standard FK5 (years)

[Dictionary = Basic] (Key Word の ABC 順、その 2(2/3): EX ~ SLI)

Header Key Word	importance	For mat	Type	Unit (Recommend)	Origin	Comment
EXP-ID	Common	%16s	string		SUBARU	ID of the exposure this data was taken
EXPTIME	Common	%.3f	double	sec	IRAF	Total integration time (sec)
EXTEND	Common	%c	logical		IAU-FITS	Presence of FITS Extention
FILTERnn	Optional	%30s	string		JFITS	Filter name/ID
FLT-Ann	Optional	%.2f	double	degree	SUBARU	Inclination of nn-th Filter (degree)
FOC-LEN	Optional	%.3f	double	mm	SUBARU	Focal length of the telescope (mm)
FOCPOS	Common	%15s	string		JFITS	Focus where the instrument is attached
FOC-VAL	Common	%.3f	double	mm	SUBARU	Encoder value of the focus unit (mm)
FRAMEID	Common	%16s	string		JFITS	Image sequential number
F-RATIO	Optional	%.2f	double		SUBARU	Monochromatic F-Ratio of the camera
GAIN	Common	%.2f	double	e/ADU	SUBARU	AD conversion factor (electron/ADU)
HST	Common	%10s	string	HST	JFITS	HH:MM:SS.S Typical HST at exposure
HST-END	Optional	%10s	string	HST	JFITS	HH:MM:SS.S at the end of exposure
HST-STR	Optional	%10s	string	HST	SUBARU	HH:MM:SS.S HST at the beginning of exp.
IMGROT	Optional	%20s	string		SUBARU	Identifire of the image rotator
IMR-END	Optional	%.3f	double	degree	SUBARU	Image rotator angle at end (degree)
IMR-STR	Optional	%.3f	double	degree	SUBARU	Image rotator angle at start (degree)
INR-END	Optional	%.3f	double	degree	SUBARU	Instrument Rotator angle at End (deg)
INR-STR	Optional	%.3f	double	degree	SUBARU	Instrument Rotator angle at Start (deg)
INSTRUME	Common	%30s	string		IAU-FITS	Name of instrument
INS-VER	Optional	%30s	string		SUBARU	Version of the instrument soft/hard
LONGPOLE	Imaging	%.5f	double	degree(180)	IAU-FITS	The North Pole of standard system (deg)
LST	Common	%10s	string	LST	JFITS	HH:MM:SS.S Typical LST at exposure
LST-END	Optional	%10s	string	LST	JFITS	HH:MM:SS.S at the end of exposure
LST-STR	Optional	%10s	string	LST	SUBARU	HH:MM:SS.S at the beginning of exposure
MJD	Optional	%.8f	double	day	IRAF	Modified Julian Day at typical time
MJD-END	Optional	%.8f	double	days	JFITS	Modified Julian Day at the end of exp.
MJD-STR	Optional	%.8f	double	days	SUBARU	Modified Julian Day of the start exp.
N2XIS	Spectroscopy	%d	integer	(2)	IAU-FITS	# of axes in the slit projection
N2XIS1	Spectroscopy	%d	integer	pixel	IAU-FITS	# of pixels/row for slit projection
N2XIS2	Spectroscopy	%d	integer		IAU-FITS	# of scan lines for slit projection
NAS-TAVE	Optional	%.2f	double	K	SUBARU	Averaged Temperature in Nas. enclosure (K)
NAS-TMAX	Optional	%.2f	double	K	SUBARU	Max temperature in Nasmyth enclosure (K)
NAS-TMIN	Optional	%.2f	double	K	SUBARU	Min temperature in Nasmyth enclosure (K)
NAS-TSD	Optional	%.1f	double	K	SUBARU	Standard Dev. of the Nas. room Temp. (K)
NAXIS	Common	%d	integer		IAU-FITS	# of axes in frame
NAXIS1	Common	%d	integer	pixel	IAU-FITS	# of pixels/row
NAXIS2	Common	%d	integer		IAU-FITS	# of rows (also # of scan lines)
OBJECT	Common	%30s	string		IAU-FITS	Target Description
OBSERVAT	Common	%30s	string	(NAOJ)	JFITS	Observatory
OBSERVER	Common	%30s	string		IAU-FITS	Name of observers
OBS-MOD	Common	%30s	string		SUBARU	Observation Mode
OUT-HUM	Optional	%.1f	double		SUBARU	Humidity measured outside the dome
OUT-PRS	Optional	%.2f	double	hPa	SUBARU	Atmospheric pressure outside dome (hPa)
OUT-TMP	Optional	%.2f	double	K	SUBARU	Temperature measured outside dome (K)
OUT-WND	Optional	%.2f	double	m/s	SUBARU	Wind speed outside (m/s)
P2iiijjj	Spectroscopy	%.8f	double		IAU-FITS	Pixel Coordinate translation matrix
P2OJP1	Spectroscopy	%.2f	double	(0)	IAU-FITS	Projection type of the first axis
P2OJP2	Spectroscopy	%.2f	double	(0)	IAU-FITS	Projection type of the second axis
PCiiijjj	Imaging	%.8f	double		IAU-FITS	Pixel Coordinate translation matrix
POL-ANG	Optional	%.2f	double	degree	SUBARU	Position Angle of the Polarizer (deg)
PRD-MIN1	Optional	%d	string	pixel	SUBARU	Start X pos. of partialy read out (pix)
PRD-MIN2	Optional	%d	integer	pixel	SUBARU	Start pos Y of partialy readout (pix)
PRD-RNG1	Optional	%d	integer	pixel	SUBARU	X Range of the partialy read out (pix)
PRD-RNG2	Optional	%d	integer	pixel	SUBARU	Y range of the partialy readout (pix)
PROJP1	Imaging	%.2f	double	(0)	IAU-FITS	Projection type of the first axis
PROJP2	Imaging	%.2f	double	(0)	IAU-FITS	Projection type of the second axis
PROP-ID	Common	%30s	string		SUBARU	Proposal ID
RA	Common	%12s	string		IRAF	HH:MM:SS.SSS RA (J2000) pointing
RADECSYS	Common	%8s	string	(FK5)	IAU-FITS	The equatorial coordinate system
RET-ANG	Polarimetry	%.3f	double	degree	SUBARU	Position angle of Retarder Plate (deg)
RETPLATE	Polarimetry	%30s	string		SUBARU	Identifier of the Retarder Plate
SECZ	Optional	%.3f	double		SUBARU	SEC(Zenith Distance) at typical time
SECZ-END	Optional	%.3f	double		SUBARU	SEC(ZD) at the end of exposure
SECZ-STR	Optional	%.3f	double		SUBARU	SEC(ZD) at exposure start time
SEEING	Optional	%.2f	double	arcsec	JFITS	Stellar image size FWHM at telescope focus (arcsec)
SIMPLE	Common	T	logical	(T)	IAU-FITS	Standard FITS format
SLIT	Spectroscopy	%30s	string		JFITS	Identifier of the entrance slit used
SLTC-DEC	Spectroscopy	%.8f	double	degree	SUBARU	DEC of the slit center (degree)
SLTCPIX1	Spectroscopy	%.3f	double	pixel	SUBARU	Slit center projected on detector (pix)
SLTCPIX2	Spectroscopy	%.3f	double	pixel	SUBARU	Slit center projected on detector (pix)

[Dictionary = Basic] (Key Word の ABC 順、その 3(3/3): SLT- ~ Z)

Header Key Word	importance	For mat	Type	Unit (Recommend)	Origin	Comment
SLTC-RA	Spectroscopy	%.8f	double	degree	SUBARU	RA of the slit center (degree)
SLT-LEN	Spectroscopy	%.3f	double	arcsec	SUBARU	Length of the slit used (arcsec)
SLT-PA	Spectroscopy	%.2f	double	degree	SUBARU	Slit Position Angle (degree)
SLT-PEND	Optional	%.2f	double	degree	SUBARU	Slit PA at exposure end (degree)
SLT-PSTR	Optional	%.2f	double	degree	SUBARU	Slit PA at exposure start (degree)
SLT-WID	Spectroscopy	%.3f	double	arcsec	SUBARU	Width of the slit used (arcsec)
TELESCOP	Common	%30s	string	(Subaru)	IAU-FITS	Telescope name
TIMESYS	Common	%5s	string	(UTC)	IAU-FITS	Time System used in the header. UTC fix.
UT	Common	%10s	string	UTC	JFITS	HH:MM:SS.S typical UTC at exposure
UT-END	Optional	%10s	string	UTC	JFITS	HH:MM:SS.S UT at end of the exposure
UT-STR	Optional	%10s	string	UTC	SUBARU	HH:MM:SS.S UTC at start exposure time
WAVELEN	Spectroscopy	%.5f	double	nm	JFITS	Wavelength at detector center (nm)
WAV-MAX	Spectroscopy	%.5f	double	nm	SUBARU	Longest wavelen. focused on detector (nm)
WAV-MIN	Spectroscopy	%.5f	double	nm	SUBARU	Shortest wavelen.focused on detector (nm)
WEATHER	Optional	%30s	string		JFITS	Weather condition
ZD	Optional	%.3f	double		IRAF	Zenith Distance at typical time
ZD-END	Optional	%.3f	double		JFITS	Zenith Distance at the end of exposure
ZD-STR	Optional	%.3f	double		SUBARU	Zenith Distance at exposure start time

- Importance 順基本辞書

[Dictionary = Basic] (Importance 順、その 1-1: Common)

Header Key Word	importance	Description	Defined Date	Revised Date
AIRMASS	Common	Average airmass for the optical axis during the exposure computed for the time while the shutter is open.	1997/05/22	1997/10/31
BIN-FCT1	Common	Binning factor of X axis (pixel).	1997/06/12	1997/10/31
BIN-FCT2	Common	Binning factor of Y axis (pixel).	1997/06/12	1997/10/31
BITPIX	Common	Number of bits used to store pixel values.	1997/05/22	1997/10/31
BLANK	Common	Value used to specify the absence of pixel values. BLANK is normally used to fillout regions of the frame that have not been exposed e.g. because of windowing.	1997/06/12	1997/10/31
BSCALE	Common	Scale to be applied to values in the frame to obtain original pixel values.	1997/06/12	1997/10/31
BUNIT	Common	Unit of original pixel values. real(unit)=fits-value* BSCALE+BZERO	1997/06/12	1997/10/31
BZERO	Common	Offset to be applied to values in the frame to obtain original pixel values.	1997/06/12	1997/10/31
CDELT1	Common	Increment of X_Coordinate for each pixel step.	1997/06/12	1997/10/31
CDELT2	Common	Increment of Y_Coordinate for each pixel step.	1997/06/12	1997/10/31
CRPIX1	Common	Pixel position of the reference point. By convention the center of the pixel is pix.0,pix.5 gives the right edge of the pixel and (pix-1).6 its left edge.	1997/06/12	1997/10/31
CRPIX2	Common	Pixel position of the reference point. By convention the center of the pixel is pix.0,pix.5 gives the bottom edge of pixel and (pix-1).6 its top edge.	1997/06/12	1997/10/31
CRVAL1	Common	Coordinate value at reference pixel (CRPIX1).	1997/06/12	1997/10/31
CRVAL2	Common	Coordinate value at reference pixel (CRPIX2).	1997/06/12	1997/10/31
CTYPE1	Common	Type of projection used for X axis.	1997/06/12	1997/10/31
CTYPE2	Common	Type of projection used for Y axis.	1997/06/12	1997/10/31
CUNIT1	Common	Units used in both CRVAL1 and CDELT1.	1997/07/15	1997/10/31
CUNIT2	Common	Units used in both CRVAL2 and CDELT2.	1997/07/15	1997/10/31
DATA-TYP	Common	It'll be used for automatic data analysis./OBJECT/BIAS /DARK/FLAT/COMP/STANDARD_STAR/...	1997/05/23	1997/10/31
DATE-OBS	Common	UTC date in which this file was written. ccyy-mm-dd or ccyy-mm-ddThh:mm:ss.ss**	1997/05/22	1997/10/31
DEC	Common	DD:MM:SS.SS, Declination of telescope pointing (J2000)	1997/05/22	1997/10/31
DETECTOR	Common	Name/Identification of the detector/CCD.	1997/05/23	1997/10/31
DET-ID	Common	ID of the detector used for this fits data. The detector can be identified by the number when the instrument equips multi detectors.	1997/06/13	1997/10/31
DET-TMP	Common	Detectors' averaged temperature	1997/05/23	1997/11/04
END	Common	End of the header records	1997/06/12	1997/10/31
EQUINOX	Common	Epoch of the mean equator & equinox of the coordinate system used to express the WCS mapping. Should always be 2000.0 (FK5).	1997/05/22	1997/10/31
EXP-ID	Common	ID of the exposure this data was taken.This ID is used for the Multi detectors. Format: nnnEmmmmmmmm; nnn: instrument name, mmmmmmmm: sequential number.	1997/08/24	1997/10/31
EXPTIME	Common	Total exposure time, possibly the sum of sub-integrations. (sec)	1997/05/22	1997/10/31
EXTEND	Common	If Extention is presence, EXTEND='T', else 'F'.	1997/10/31	1997/10/31

[Dictionary = Basic] (Importance 順、その 1-2: Common(続))

Header Key Word	importance	Description	Defined Date	Revised Date
FOCPOS	Common	Focus name where the instrument is attached. /PRIME /CASSEGRAIN/NASMYTH-IR/NASMYTH-OPT/COUDE/	1997/05/23	1997/10/31
FOC-VAL	Common	Encoder value of the instrument focus unit.	1997/05/23	1997/10/31
FRAMEID	Common	Sequential number identifying the frame.	1997/05/23	1997/10/31
GAIN	Common	AD conversion factor of the detector. (electron/ADU)	1997/05/23	1997/10/31
HST	Common	HH:MM:SS.S, Hawaii Standard Time at the middle of the exposure.	1997/05/22	1997/10/31
INSTRUME	Common	Name of instrument used.	1997/05/23	1997/10/31
LST	Common	HH:MM:SS.S, Local Sidereal Time at the middle of the exposure.	1997/05/22	1997/10/31
NAXIS	Common	Dimension of this frame.	1997/05/22	1997/10/31
NAXIS1	Common	Number of pixels along the X axis (rows).	1997/05/22	1997/10/31
NAXIS2	Common	Number of pixels along the Y axis (columns).	1997/05/22	1997/10/31
OBJECT	Common	Identification of object observed.	1997/05/22	1997/10/31
OBSERVAT	Common	'NAOJ' or 'Natl.Astr.Obs.Japan'	1997/05/23	1997/10/31
OBSERVER	Common	Initials, family name of observers.	1997/05/23	1997/10/31
OBS-MOD	Common	Observation Mode. (e.g. Spectroscopy, Imaging, Drift-scan, SNG, etc.)	1997/06/13	1997/10/31
PROP-ID	Common	Proposal ID.	1997/05/23	1997/10/31
RA	Common	HH:MM:SS.SSS, right ascension of telescope pointing (J2000)	1997/05/22	1997/10/31
RADECSYS	Common	specify the frame of reference for the equatorial coordinate system.	1997/07/15	1997/10/31
SIMPLE	Common	SIMPLE must be equal to 'T' to conform to FITS.	1997/05/22	1997/10/31
TELESCOP	Common	'SUBARU'	1997/05/23	1997/10/31
TIMESYS	Common	Time System used in the header. Fixed in UTC.	1997/06/13	1997/10/31
UT	Common	HH:MM:SS.S, Coordinated Universal Time at middle time of exposure.	1997/05/22	1997/10/31

[Dictionary = Basic] (Importance 順、その 2: Imaging)

Header Key Word	importance	Description	Defined Date	Revised Date
LONGPOLE	Imaging	the native system of the North Pole of the standard system: fixed to 180 if PROJPn=TAN.	1997/07/15	1997/10/31
PCiiijjj	Imaging	Pixel Coordinate translation matrix: iii and jjj are the axis numbers, 1 or 2.	1997/07/15	1997/10/31
PROJP1	Imaging	Projection type of the first axis: fixed to 0.0	1997/07/15	1997/10/31
PROJP2	Imaging	Projection type of the second axis: fixed to 0.0	1997/07/15	1997/10/31

[Dictionary = Basic] (Importance 順、その 3-1: Spectroscopy)

Header Key Word	importance	Description	Defined Date	Revised Date
C2ELT1	Spectroscopy	Increment of X_Coordinate(Spacial)for each pixel step.	1997/07/15	1997/11/04
C2ELT2	Spectroscopy	Increment of Y_Coordinate(Spatial)for each pixel step.	1997/07/15	1997/11/04
C2NIT1	Spectroscopy	Units used in both C2VAL1 and C2ELT1.	1997/07/15	1997/10/31
C2NIT2	Spectroscopy	Units used in both C2VAL2 and C2ELT2.	1997/07/15	1997/10/31
C2PIX1	Spectroscopy	Slit projected pixel position of the reference point. The center of the pixel is pix.0,pix.5 gives the right edge of the pixel and (pix-1).6 its left edge.	1997/07/15	1997/10/31
C2PIX2	Spectroscopy	Slit projected pixel position of the reference point. The center of the pixel is pix.0,pix.5 gives the right edge of the pixel and (pix-1).6 its left edge.	1997/07/15	1997/10/31
C2VAL1	Spectroscopy	Coordinate value at reference pixel (C2PIX1).	1997/07/15	1997/10/31
C2VAL2	Spectroscopy	Coordinate value at reference pixel (C2PIX2).	1997/07/15	1997/10/31
C2YPE1	Spectroscopy	Type of projection used for slit projected X axis.	1997/07/15	1997/10/31
C2YPE2	Spectroscopy	Type of projection used for slit projected Y axis.	1997/07/15	1997/10/31
DISPAXIS	Spectroscopy	Dispersion axis in the frame.	1997/08/29	1997/10/31
DISPERSR	Spectroscopy	Identifier (Name,grooves,etc.) of the disperser used.	1997/06/13	1997/10/31
N2XIS	Spectroscopy	Dimension of the slit projection.	1997/07/16	1997/10/31
N2XIS1	Spectroscopy	Number of pixels along the X axis for slit projection (rows).	1997/07/16	1997/10/31
N2XIS2	Spectroscopy	Number of pixels along the Y axis (columns) for slit projection.	1997/07/16	1997/10/31
P2iiijjj	Spectroscopy	Pixel Coordinate translation matrix for spectroscopy: iii and jjj are the axis numbers, 1 or 2.	1997/07/15	1997/10/31
P2OJP1	Spectroscopy	Projection type of the first axis for slit projection: fixed to 0.0	1997/07/16	1997/10/31
P2OJP2	Spectroscopy	Projection type of the second axis for slit projection : fixed to 0.0	1997/07/16	1997/10/31

[Dictionary = Basic] (Importance 順、その 3-2: Spectroscopy(続))

Header Key Word	importance	Description	Defined Date	Revised Date
SLIT	Spectroscopy	Identifier (Name, etc.) of the entrance slit used.	1997/06/13	1997/10/31
SLTC-DEC	Spectroscopy	DEC of the slit center	1997/09/01	1997/10/31
SLTCPIX1	Spectroscopy	Slit center position (X) projected on the detector at 'WAVELENGTH'.	1997/09/01	1997/10/31
SLTCPIX2	Spectroscopy	Slit center position (Y) projected on the detector at 'WAVELENGTH'.	1997/09/01	1997/10/31
SLTC-RA	Spectroscopy	RA of the slit center.	1997/09/01	1997/10/31
SLT-LEN	Spectroscopy	Length of the slit used. (arcsec)	1997/06/13	1997/10/31
SLT-PA	Spectroscopy	Slit Position Angle. NORTH:0, EAST:90. Slit direction vector is defined as the decreasing direction of the slit projected axis pixels.	1997/06/13	1997/10/31
SLT-WID	Spectroscopy	Width of the slit used. (arcsec)	1997/06/13	1997/10/31
WAVELEN	Spectroscopy	Wavelength at detector center.	1997/06/13	1997/10/31
WAV-MAX	Spectroscopy	The longest wavelength focused on the detector.	1997/06/13	1997/10/31
WAV-MIN	Spectroscopy	The shortest wavelength focused on the detector.	1997/06/13	1997/10/31

[Dictionary = Basic] (Importance 順、その 4: Polarimetry)

Header Key Word	importance	Description	Defined Date	Revised Date
RET-ANG	Polarimetry	Position angle of the Retarder Plate	1997/09/01	1997/10/31
RETPLATE	Polarimetry	Identifier of the Retarder Plate for Polarimetory	1997/09/01	1997/10/31

[Dictionary = Basic] (Importance 順、その 5-1: Optional)

Header Key Word	importance	Description	Defined Date	Revised Date
ADC	Optional	ADC name if it is used. (BLUE, RED, NONE)	1997/06/13	1997/10/31
ADC-END	Optional	ADC position angle at the end of the exposure.	1997/10/31	1997/10/31
ADC-STR	Optional	ADC position angle at the start of the exposure.	1997/10/31	1997/10/31
AIRM-END	Optional	Air Mass at the end of the exposure	1997/05/22	1997/10/31
AIRM-STR	Optional	Air Mass at the start of the exposure	1997/05/22	1997/10/31
ALT-END	Optional	Altitude at the end of the exposure	1997/10/31	1997/10/31
ALTITUDE	Optional	Altitude of telescope pointing (degree).	1997/06/13	1997/10/31
ALT-STR	Optional	Altitude at the start of the exposure.	1997/10/31	1997/10/31
APERTURE	Optional		1997/09/01	1997/10/31
APTC-DEC	Optional	DEC of the aperture center	1997/09/01	1997/10/31
APTCPIX1	Optional	Aperture center position projected on the detector (X) at 'WAVELENGTH'.	1997/09/01	1997/10/31
APTCPIX2	Optional	Aperture center position projected on the detector (Y) at 'WAVELENGTH'.	1997/09/01	1997/10/31
APTC-RA	Optional	RA of the aperture center	1997/09/01	1997/10/31
APT-SIZE	Optional	Diameter of the aperture in arcsec.	1997/09/01	1997/10/31
AZ-END	Optional	Azimuth angle at the end of the exposure.	1997/10/31	1997/10/31
AZIMUTH	Optional	Azimuth angle of telescope pointing S:0, W:90.	1997/06/13	1997/10/31
AZ-STR	Optional	Azimuth angle at the start of the exposure.	1997/10/31	1997/10/31
DET-Ann	Optional	Angle between nn-th detector and instrument's standard line	1997/06/13	1997/10/31
DET-P1nn	Optional	X Position of the nn-th detector relative from the field center or instrument standard position	1997/06/13	1997/10/31
DET-P2nn	Optional	Y Position of the nn-th detector relative from the field center or instrument standard position	1997/06/13	1997/10/31
DETPXSZ1	Optional	Detector pixel size in axis1.	1997/10/31	1997/10/31
DETPXSZ2	Optional	Detector pixel size in axis2.	1997/10/31	1997/10/31
DET-TAVE	Optional	Average of the detector temperature.	1997/10/31	1997/10/31
DET-TMAX	Optional	Maximum temperature among the detectors.	1997/06/13	1997/10/31
DET-TMED	Optional	Median of the detector temperature	1997/06/13	1997/10/31
DET-TMIN	Optional	Minimum temperature among the detectors.	1997/06/13	1997/10/31
DET-TSD	Optional	Standard Deviation of the detector temperature.	1997/10/31	1997/10/31
DOM-HUM	Optional	Humidity measured in the dome.	1997/06/13	1997/10/31
DOM-PEND	Optional	Atmospheric pressure in the dome at the end of the exposure.	1997/10/31	1997/10/31
DOM-PRS	Optional	Atmospheric pressure in the Dome.	1997/09/11	1997/10/31
DOM-PSTR	Optional	Atmospheric pressure in the dome at the start of the exposure.	1997/10/31	1997/10/31
DOM-TMP	Optional	Temperature measured in the dome/enclosure.	1997/06/13	1997/10/31
DOM-WND	Optional	Wind speed measured in the dome/enclosure.	1997/06/13	1997/10/31
FILTERnn	Optional	Filter name/ID.	1997/05/23	1997/10/31
FLT-Ann	Optional	Inclination of the nn-th filter. 0.0:normal	1997/06/13	1997/10/31
FOC-LEN	Optional	Focal length of the telescope.	1997/10/31	1997/10/31

[Dictionary = Basic] (Importance 順、その 5-2: Optional(続))

Header Key Word	importance	Description	Defined Date	Revised Date
F-RATIO	Optional	Monochromatic F-Ratio of the instrument camera.	1997/06/13	1997/10/31
HST-END	Optional	HH:MM:SS.S, Hawaii Standard Time at the end of the exposure.	1997/05/22	1997/10/31
HST-STR	Optional	HH:MM:SS.S, Hawaii Standard Time at the start of the exposure.	1997/05/22	1997/10/31
IMGROT	Optional	Identifire of the image rotator used.	1997/10/31	1997/10/31
IMR-END	Optional	Image rotator angle at the end of the exposure.	1997/10/31	1997/10/31
IMR-STR	Optional	Image rotator andle at the start of the exposure.	1997/10/31	1997/10/31
INR-END	Optional	Instrument Rotator angle at the end of the exposure.	1997/09/11	1997/10/31
INR-STR	Optional	Instrument Rotator angle at the start time of the exposure.	1997/09/11	1997/10/31
INS-VER	Optional	Version of the instrument soft/hardware.	1997/06/13	1997/10/31
LST-END	Optional	HH:MM:SS.S, Local Sidereal Time at the end of the exposure.	1997/05/22	1997/10/31
LST-STR	Optional	HH:MM:SS.S, Local Sidereal Time at the start of the exposure.	1997/05/22	1997/10/31
MJD	Optional	Modified Julian Day at typical time during the exposure. MJD=JD-2400000.5 (JD:Julian Day)	1997/06/12	1997/10/31
MJD-END	Optional	Modified Julian Day of the end of the exposure. MJD=JD -2400000.5 (JD:Julian Day)	1997/06/13	1997/10/31
MJD-STR	Optional	Modified Julian Day of the start of the exposure. MJD= JD-2400000.5 (JD:Julian Day)	1997/06/13	1997/10/31
NAS-TAVE	Optional	Averaged Temperature in Nasmyth enclosure.	1997/06/13	1997/10/31
NAS-TMAX	Optional	Maximum temperature in Nasmyth enclosure.	1997/06/13	1997/10/31
NAS-TMIN	Optional	Minimum temperature in Nasmyth enclosure.	1997/06/13	1997/10/31
NAS-TSD	Optional	Standard Deviation of the Nasmyth room temperature.	1997/10/31	1997/10/31
OUT-HUM	Optional	Humidity measured outside the dome/enclosure.	1997/06/13	1997/10/31
OUT-PRS	Optional	Atmospheric pressure outside the dome.	1997/09/11	1997/10/31
OUT-TMP	Optional	Temperature measured outside the dome/enclosure.	1997/06/13	1997/10/31
OUT-WND	Optional	Wind speed measured outside dome/enclosure.	1997/06/13	1997/10/31
POL-ANG	Optional	Position Angle of the Polarizer. NORTH:0, EAST:90	1997/06/13	1997/10/31
PRD-MIN1	Optional	Starting X position of partialy readout.	1997/06/12	1997/10/31
PRD-MIN2	Optional	Starting position Y of partialy readout.	1997/06/12	1997/10/31
PRD-RNG1	Optional	X Range of the partialy readout.	1997/06/12	1997/10/31
PRD-RNG2	Optional	Y range of the partialy readout.	1997/06/12	1997/10/31
SECZ	Optional	SEC(Zenith Distance) at typical time in exposure.	1997/06/12	1997/10/31
SECZ-END	Optional	SEC(Zenith Distance) at exposure end time.	1997/06/12	1997/10/31
SECZ-STR	Optional	SEC(Zenith Distance) at exposure start time.	1997/06/12	1997/10/31
SEEING	Optional	FWHM of the stellar image size at telescope focus. It'll be measured with autoguider.	1997/06/13	1997/10/31
SLT-PEND	Optional	Slit position angle at the end of the exposure.	1997/10/31	1997/10/31
SLT-PSTR	Optional	Slit position angle at the start of the exposure.	1997/10/31	1997/10/31
UT-END	Optional	HH:MM:SS.S, Coordinated Universal Time at the end of the exposure.	1997/05/22	1997/10/31
UT-STR	Optional	HH:MM:SS.S, Coordinated Universal Time at start of the exposure.	1997/05/22	1997/10/31
WEATHER	Optional	Weather condition. CLEAR/FINE/nn%CLOUD...?	1997/06/13	1997/10/31
ZD	Optional	Zenith Distance at typical time in exposure.	1997/06/12	1997/10/31
ZD-END	Optional	Zenith Distance at exposure end time.	1997/06/12	1997/10/31
ZD-STR	Optional	Zenith Distance at exposure start time.	1997/06/12	1997/10/31

6.3 装置固有ヘッダー辞書

観測装置固有なキーワードは、観測装置毎のヘッダー辞書を作って公開する。ヘッダー辞書内の項目は、基本ヘッダー辞書に準ずるが記載のない項目は省略してある。

6.3.1 SupremeCam

[Dictionary = SupremeCam]

Header Key Word	Format	Type	Unit	Comment[Description]	Defined Date	Revised Date
S_GAINn	F10.3	REAL	e/ADU	AD conversion factor of the n-th amp.[AD conversion factor of the n-th amp.]	971201	971201
S_FRMPOS	A30	CHARACTER	-	Frame position (IIJJiijj)[Frame potision (IIJJ: in camera, iijj: in chip)]	971127	971127
S_EF1MIN	I5	INTEGER	pixel	Start position of effective frame in axis-1[Start position of effective frame in axis-1]	971127	971127
S_EF1MAX	I5	INTEGER	pixel	End position of effective frame in axis1[End position of effective frame in axis-1]	971127	971127
S_EF2MIN	I5	INTEGER	pixel	Start position of effective frame in axis-2[Start position of effective frame in axis-2]	971127	971127
S_EF2MAX	I5	INTEGER	pixel	End position of effective frame in axis2[End position of effective frame in axis-2]	971127	971127
S_BCTAVE	F10.3	REAL	ADU	Average count outside effective data[Average count outside effective data]	971127	971127
S_BCTSD	F10.3	REAL	ADU	Std.-dev of the count outside the eff. data[Std.-dev of the count outside the eff. data]	971127	971127
S_AG-OBJ	A30	CHARACTER		Name of the guide-star[Name of the guide-star]	971127	971127
S_AG-RA	A30	CHARACTER	-	R.A. of the guide-star[R.A. of the guide-star]	971127	971127
S_AG-DEC	A30	CHARACTER	-	Dec. of the guide-star[Dec. of the guide-star]	971127	971127
S_AG-EQN	F10.2	REAL	-	Equinox of the guide-star position[Equinox of the guide-star position]	971127	971127
S_AG-X	F10.2	REAL	-	Position of the guiding probe (X)[Position of the guiding probe (X)]	971127	971127
S_AG-Y	F10.2	REAL	-	Position of the guiding probe (Y)[Position of the guiding probe (Y)]	971127	971127
S_AG-R	F10.2	REAL	-	Position of the guiding probe (R)[Position of the guiding probe (R)]	971127	971127
S_AG-TH	F10.2	REAL	-	Position of the guiding probe (theta)[Position of the guiding probe (theta)]	971127	971127
S_ETMED	F10.2	REAL	-	Averaged temp. in Camera enclosure (Kelvin)[Averaged temp. in Camera enclosure (Kelvin)]	971127	971127
S_ETMAX	F10.2	REAL	-	Maximum temp. in Camera enclosure (Kelvin)[Maximum temp. in Camera enclosure (Kelvin)]	971127	971127
S_ETMIN	F10.2	REAL	-	Minimum temp. in Camera enclosure (Kelvin)[Minimum temp. in Camera enclosure (Kelvin)]	971127	971127

6.3.2 FOCAS 固有ヘッダー辞書

[Dictionary = FOCAS] (注: Defined Date と Revised Date は紙面の都合で省略)

Header Key Word	importance	Format	Type	Unit	Comment[Description]
F_TMP-A	Common	%6.2f	double	K	Temperature of MOSunit(K)[Inside temperature of MOSunit]
F_TMP-B	Common	%6.2f	double	K	Temperature of collimator lens unit (K)[Inside temperature of collimator lens unit]
F_TMP-C	Common	%6.2f	double	K	Temperature of collimator beam unit (K)[Inside temperature of collimator beam unit]
F_TMP-D	Common	%6.2f	double	K	Temperature of Camera lens unit (K)[Inside temperature of camera lense unit]
F_TMP-E1	Common	%6.2f	double	K	Temperature of VME-1 (K)[Inside temperature of VME-1]
F_TMP-E2	Common	%6.2f	double	K	Temperature of VME-2 (K)[Inside temperature of VME-2]
F_TMP-F1	Common	%6.2f	double	K	Temperature of driver-unit A-1 (K)[Inside temperature of driver-unit A-1]
F_TMP-F2	Common	%6.2f	double	K	Temperature of driver-unit A-2 (K)[Inside temperature of driver-unit A-2]
F_TMP-G1	Common	%6.2f	double	K	Temperature of driver-unit B-1 (K)[Inside temperature of driver-unit B-1]
F_TMP-G2	Common	%6.2f	double	K	Temperature of driver-unit B-2 (K)[Inside temperature of driver-unit B-2]
F_DEWERX	Common	%f	double	um	X of dewer stage(micronmeter)[X position of dewer stage]
F_DEWERY	Common	%f	double	um	Y of dewer stage(micronmeter)[Y position of dewer stage]
F_DEWERZ	Common	%f	double	um	Z of dewer stage(micronmeter)[Z position of dewer stage]
F_HOLANG	Optional	%3.1f	double	degree	angle of mask holder(degree)[Setting angle of mask-plate holder at Cs focus (degree)]
F_MSK-ID	Optional	%30s	string		ID of mask[Mask identifier of observation]
F_DISPER	Spectroscopy	%.5f	double	nm/mm	dispersion of grism[dispersion of grism used]
F_SLT-NO	Multiobject	%d	integer		total # of slit on mask[Total Number of slit on mask plate used]
F_IMG-ID	Multiobject	%30s	string		ID of image file[Identifier of the image designed for mask plate]
F_CAD-ID	Multiobject	%30s	string		ID of CADfile[Identifier of CADfile made for mask plate]

6.3.3 HDS 固有ヘッダー辞書

(エシェルフォーマットを記述する場合は末尾に ASCII TABLE EXTENSION を付け加えること。)

[Dictionary = HDS]

Header KeyWord	Format	Type	Unit (Recommend)	Comment	Defined Date
SLT-MSK1	%.5f	double	mm	Upper slit mask position from the center	1997/11/25
SLT-MSK2	%.5f	double	mm	Lower slit mask position from the center	1997/11/25
SLT-INCL	%.5f	double	degree	Slit inclination angle wrt Echelle ruling	1997/11/25
DET-UNIT	%d	integer		ID number of the detector unit (1 / 2)	1997/11/25
DET-OTHR	%10s	string	(YES)	Use of the other CCD in this mosaic	1997/11/25
H_SHUTTR	%10s	string		Entrance shutter (OPEN, CLOSE)	1997/11/25
H_HARTMN	%10s	string	(ALL OPEN)	Hartmann shutter (UPPER-OPEN,LOWER-OPEN,ALL-OPEN, ALL-CLOSE)	1997/11/25
H_COLLIM	%10s	string		Collimator (BLUE, RED)	1997/11/25
H_CFOCLN	%.5f	double	mm	Collimator focal length	1997/11/25
H_COFFAN	%.5f	double	mm	Collimator offset angle	1997/11/25
H_ECHELL	%10s	string		Echelle (BLUE, RED, NIR)	1997/11/25
H_ECONST	%.5f	double	grooves/mm (31.60)	Echelle Ruling pitch	1997/11/25
H_EBLAZE	%.5f	double	degree(70.30)	Echelle Blaze Angle	1997/11/25
H_EEPSRN	%.5f	double	degree(6.00)	Echelle Offset Angle of the Incident Beam	1997/11/25
H_EGAMMA	%.5f	double	degree(0.00)	Echelle Gamma Angle (constant)	1997/11/25
H_EROTAN	%.5f	double	degree	Echelle Rotation Angle	1997/11/25
H_CROSSD	%10s	srting		Cross Disperser (BLUE, RED, MIRROR)	1997/11/25
H_CCONST	%.5f	double	grooves/mm (400.0)	Cross Disperser Ruling pitch	1997/11/25
H_CBLAZE	%.5f	double	degree(4.76)	Cross Disperser Blaze Angle	1997/11/25
H_CEPSRN	%.5f	double	degree(0.00)	Cross Disperser Offset Angle at Blaze Wavelength	1997/11/25
H_CGAMMA	%.5f	double	degree(45.00)	Cross Disperser Gamma Angle (constant)	1997/11/25
H_CTABAN	%.5f	double	degree	Rotation angle of the turn table	1997/11/25
H_CROTAN	%.5f	double	degree	Cross Disperser Rotation Angle	1997/11/25
H_CMRFL	%.5f	double	mm	Camera focal length	1997/11/25
H_FOCUS	%.5f	double	mm	Focusing unit position	1997/11/25
H_PITCH	%.5f	double	degree	Focusing unit pitching angle	1997/11/25
H_YAWING	%.5f	double	degree	Focusing unit yawing angle	1997/11/25
H_F-DRV1	%.5f	double	mm	Focusing driver1 position	1997/11/25
H_F-DRV2	%.5f	double	mm	Focusing driver2 position	1997/11/25
H_F-DRV3	%.5f	double	mm	Focusing driver3 position	1997/11/25
H_DETROT	%.5f	double	degree	Rotaiton angle of the detector unit	1997/11/25
H_ETnAVE	%.1f	double	K	Average temperature of Nasmyth Enclosure	1997/11/25
H_ETnMIN	%.1f	double	K	Minimum temperature of Nasmyth Enclosure	1997/11/25
H_ETnMAX	%.1f	double	K	Maximum temperature of Nasmyth Enclosure	1997/11/25
H_ETnDEV	%.1f	double	K	Standard Deviation of temperature of Nasmyth Enclosure	1997/11/25
H_AO-TYP	%30s	string		Type of wavefront correction (Tip-Tilt)	1997/11/25
H_AO-ORD	%d	integer		Maximum order included	1997/11/25
H_AO-OBJ	%30s	string		Name of Object used for wavefront correction	1997/11/25
H_AO-RA	%30s	string		RA of object used for wavefront correction	1997/11/25
H_AO-DEC	%30s	string		Dec of object used for wavefront correction	1997/11/25
H_ZAXIS1	%30s	string		Axis1 of zero'th order light monitor of Echelle (Along slit/Cross slit/None)	1997/11/25
H_ZAXIS2	%30s	string		Axis2 of zero'th order light monitor of Echelle (Along slit/Cross slit/None)	1997/11/25
H_ZA1POS	%.5f	double	pixel	peak position in H_ZAXIS1	1997/11/25
H_ZA2POS	%.5f	double	pixel	peak position in H_ZAXIS2	1997/11/25
H_ZWID1	%.5f	double	pixel	Width in axis1 of the stellar image	1997/11/25
H_ZWID2	%.5f	double	pixel	Width in axis2 of the stellar image	1997/11/25
H_ZDELT	%.5f	double	mm	Pixel sizeof the detector for zero'th order monitor	1997/11/25
H_ZSCALE	%.5f	double	mm/pixel	Physical length on the slit plane projected into one pixel	1997/11/25
H_ZTMP	%.1f	double	K	Temperature of the detector for zero'th order monitor	1997/11/25
H_SUPER	%10s	string	(NONE)	Super Resolution Mode (POS1, POS2, NONE)	1997/11/25
H_AG-OBJ	%30s	string		Guide object name	1997/11/25
H_AG-RA	%30s	string		RA of the guide object	1997/11/25
H_AG-DEC	%30s	string		Dec of the guide object	1997/11/25
H_AG-EQN	%.5f	double	(2000.0)	Equinox of H_AG-RA and H_AG_DEC	1997/11/25

6.4 略号表

装置固有ヘッダー辞書の後を参照。

Abbreviation	meaning	Category
END	END	Action
MID	Middle	Action
STR	Start	Action
HUM	Humidity	Environment
TMP	Temperature	Environment
WND	WiND	Environment
BIN	BINning	Image
PRD	Partly Read Out	Image
AO	Adaptive Optics	Instrument
APT	APerTure	Instrument
DET	Detector	Instrument
FLT	Filter	Instrument
RET	RETarder	Instrument
SLT	Slit	Instrument
ANG	Angle	Statistics/Unit
AVE	Average	Statistics/Unit
CEN	Center	Statistics/Unit
DIR	Direction	Statistics/Unit
DISP	Dispersion	Statistics/Unit
FCT	FaCTor	Statistics/Unit
LEN	Length	Statistics/Unit
MAX	Maximum	Statistics/Unit
MED	Median	Statistics/Unit
MIN	Minimum	Statistics/Unit
MOD	Mode	Statistics/Unit
PA	Position Angle	Statistics/Unit
RES	Resolution	Statistics/Unit
RNG	RaNGe	Statistics/Unit
SD	Standard Deviation	Statistics/Unit
SPC	Spacial/Space	Statistics/Unit
SPD	Speed	Statistics/Unit
TYP	Type	Statistics/Unit
VAL	Value	Statistics/Unit
WAV	Wavelength	Statistics/Unit
WID	Width	Statistics/Unit
ADC	Atmospheric Dispersion Corrector	Telescope
AE	Absolute Encoder	Telescope
AG	AutoGuider	Telescope
AIRM	Air Mass	Telescope
AZ	Azimuth	Telescope
CAL	Calibration Source	Telescope
CS	Cassegrain Focus	Telescope
DEC	Declination	Telescope
DOM	DOMe / enclosure	Telescope
EL	Elevation	Telescope
ELBX	Electric Terminal Box	Telescope
FOC	Telescope Focus	Telescope
FV	Field Viewer	Telescope
IE	Incremental Encoder	Telescope
IMR	Image Rotator	Telescope
INR	Instrumental Rotator	Telescope
NS	Nasmith Focus	Telescope
PF	Primary Focus	Telescope
PM	Primary Mirror	Telescope
PMA	Primary Mirror Actuator	Telescope
POS	Position	Telescope
RA	Right Ascension	Telescope
SECZ	Secant of Zenith Distance	Telescope
SM	Secondary Mirror	Telescope
TEL	Telescope	Telescope
TM	Tertiary Mirror	Telescope
ZD	Zenith Distance	Telescope
HST	Hawaii Standard Time	Time
JD	Julian Date	Time
LST	Local Siderial Time	Time
MJD	Modified Julian Date	Time
UT	Universal Time	Time

表 18: 略号

6.5 FITS ヘッダーサンプル

6.5.1 Suprime-Cam (Nov.1997 現在)

```
         1         2         3         4         5         6         7         8
12345678901234567890123456789012345678901234567890123456789012345678901234567890
--------------------------------------------------------------------------------
SIMPLE  =                    T / file does conform to FITS standard
BITPIX  =                   16 / number of bits per data pixel
NAXIS   =                    2 / number of data axes
NAXIS1  =                 2048 / length of data axis 1
NAXIS2  =                 4096 / length of data axis 2
BSCALE  =              1.00000 /
BZERO   =          32768.00000 /
BUNIT   = 'ADU     '           / Unit of original pixel value
BLANK   =                    0 / Value used for NULL pixels
DATE-OBS= '2000-04-01'         / Observation start date  (yyyy-mm-dd)
UT      = '09:15:04.5'         / HH:MM:SS.S typical UTC at the exposure (middle)
UT-STR  = '09:12:34.5'         / HH:MM:SS.S UTC at the start exposure time
UT-END  = '09:17:34.5'         / HH:MM:SS.S UTC at the end of the exposure
HST     = '23:15:04.5'         / HH:MM:SS.S Typical HST at exposure
HST-STR = '23:12:34.5'         / HH:MM:SS.S HST at the beginning of exp.
HST-END = '23:17:34.5'         / HH:MM:SS.S HST at the end of exposure
LST     = '11:33:21.3'         / HH:MM:SS.S Typical LST at exposure
LST-STR = '11:30:50.9'         / HH:MM:SS.S LST at the beginning of exposure
LST-END = '11:35:51.7'         / HH:MM:SS.S LST at the end of exposure
MJD     =   5.163538546900E+04 / Mod. Julian Day at typical time
TIMESYS = 'UTC     '           / Time System used in the header
MJD-STR =   5.163538373300E+04 / Mod. Julian Day at the start of the exposure
MJD-END =   5.163538720500E+04 / Mod. Julian Day at the end of the exposure
ZD-STR  =               10.050 / Zenith Distance at exposure start time (degree)
ZD-END  =                9.740 / Zenith Distance at exposure end time
SECZ-STR=                1.017 / SEC(Zenith Distance) at exposure start time
SECZ-END=                1.015 / SEC(Zenith Distance) at exposure end time
AIRMASS =              1.01600 / Average airmass during exposure
AZIMUTH =            -40.68000 / Azimuth ang.of telescope pointing. 0:S->90:W
ALTITUDE=             79.88000 / Altitude ang. of telescope pointing
PROP-ID = 'ABC001234'          / Proposal ID
OBSERVER= 'Shimasaku, Yagi, Hamabe' / Names of the Observers
FRAME-ID= 'SSP000001-00'       / Image sequential number
EXP-ID  = 'SSP000001'          / ID of exposure (shot) this data were taken
OBS-MOD = 'Imaging '           / Observation Mode
DATA-TYP= 'OBJECT  '           / Characteristics of this data
OBJECT  = 'artificial sky'     / Identification of object observed
RA      = '12:00:00'           / Right ascension of telescope pointing (J2000)
DEC     = '+12:00:00'          / Declination of telescope pointing (J2000)
RADECSYS= 'FK5     '           / The equatorial coordinate system
EQUINOX =               2000.0 / Equinox
CTYPE1  = 'RA---TAN'           / Pixel coordinate system in axis 1
CRPIX1  =                  1.0 / Reference pixel coordinate system in axis 1
CRVAL1  =            180.18025 / Physical value of the reference pixel
CDELT1  =           0.20000000 / Pixel size in axis 1
CUNIT1  = 'arcsec  '           / Unit used in both CRVAL1 and CDELT1
CTYPE2  = 'DEC--TAN'           / Pixel coordinate system in axis 2
CRPIX2  =                  1.0 / Reference pixel coordinate system in axis 2
CRVAL2  =             12.00065 / Physical value of the reference pixel
CDELT2  =           0.20000000 / Pixel size in axis 2
CUNIT2  = 'arcsec  '           / Unit used in both CRVAL2 and CDELT2
LONGPOLE=            180.00000 / The native system of the N.P. in the std. sys.
PC001001=           1.00000000 / Pixel coordinate translation matrix
PC001002=           0.00000000 / Pixel coordinate translation matrix
PC002001=           0.00000000 / Pixel coordinate translation matrix
PC002002=           1.00000000 / Pixel coordinate translation matrix
PROJP1  =                   0. / Projection type of the axis 1
PROJP2  =                   0. / Projection type of the axis 2
OBSERVAT= 'NAOJ    '           / Observatory
TELESCOP= 'Subaru  '           / Telescope name
FOC-POS = 'PRIME   '           / Position of the instrument focus unit
FOC-VAL =              1234.56 / Encoder value of the focus unit
FILTER01= 'SDSS-R1 '           / Filter name/ID
EXPTIME =              300.000 / Total integration time (sec)
INSTRUME= 'SuprimeCam'         / Name of instrument
DETECTOR= 'Hektro_CCD_XY1230Z' / Name of the detector/CCD
DET-ID  =                    1 / ID of the detector used for this data
DET-A01 =                0.000 / Relative angle of the nn-th detector
DET-P101=              126.880 / Relative X-position of the nn-th detector
DET-P201=               62.440 / Relative Y-position of the nn-th detector
DET-TMP =                153.2 / Detector temperature (Kelvin)
DET-TMED=                153.2 / Median of the detector temperature
DET-TMIN=                153.1 / Minimum of the detector temperature
DET-TMAX=                153.3 / Maximum of the detector temperature
GAIN    =                 3.00 / AD conversion factor (electron/ADU)
PRD-MIN1=                    6 / Start X position of partialy read out
```

```
PRD-MIN2=                    6 / Start Y position of partialy read out
PRD-RNG1=                 2048 / X range of the partialy readout
PRD-RNG2=                 4096 / Y range of the partialy readout
BIN-FCT1=                    1 / Binning factor of axis 1
BIN-FCT2=                    1 / Binning factor of axis 2
DAQ-VER = 'V.1.0.0 '           / Version of the data acquisition system
INS-VER = 'SC1.000/MS1.201'    / Version of the instrument (hard/soft)
WEATHER = 'Clear   '           / Weather condition
SEEING  =                 0.60 / FWHM of the star size at telescope focus (")
DET-POS1=                0.000 / Position of n-th detector
ADC     = 'NONE    '           / ADC name if it is used. (BLUE, RED, NONE)
INR_STR =                23.45 / Inst. rotator angle at start
INS-END =                34.56 / Inst. rotator angle at end
DOM-WND =                 0.10 / Wind speed in the dome/enclosure (m/s)
OUT-WND =                 1.30 / Wind speed outside dome/enclosure (m/s)
DOM-TMP =               274.23 / Atm. temp. in the dome/enclosure (Kelvin)
OUT-TMP =               274.37 / Atm. temp. outside the dome/encl. (Kelvin)
DOM-HUM =                  0.3 / Humidity in the dome
OUT-HUM =                  0.3 / Humidity outside the dome/encl.
DOM-PRS =               1013.0 / Atm. pressure in the dome (hPa)
OUT-PRS =               1013.0 / Atm. press. outside the dome/encl. (hPa)
COMMENT   ------------------------------------------------------------
COMMENT   --------------- PARAMETERS FOR SUPRIME_CAM ------------------
COMMENT   ------------------------------------------------------------
S_FRMPOS= '01010101'           / Frame position (IIJJiijj)
S_EF1MIN=                   21 / Start position of effective frame in axis-1
S_EF1MAX=                 2028 / End position of effective frame in axis-1
S_EF2MIN=                   21 / Start position of effective frame in axis-2
S_EF2MAX=                 4078 / End position of effective frame in axis-2
S_BCTAVE=             5319.300 / Average count outside effective data
S_BCTSD =               12.300 / Std.-dev of the count outside the eff. data
S_AG-OBJ= 'HD12345 '           / Name of the guide-star
S_AG-RA = '12:34:56.7'         / R.A. of the guide-star
S_AG-DEC= '+12:34:56.7'        / Dec. of the guide-star
S_AG-EQN=               2000.0 / Equinox of the guide-star position
S_AG-X  =                12.34 / Position of the guiding probe (X)
S_AG-Y  =                12.34 / Position of the guiding probe (Y)
S_AG-R  =                34.56 / Position of the guiding probe (R)
S_AG-TH =                12.34 / Position of the guiding probe (theta)
S_ETMED =               275.59 / Averaged temp. in Camera enclosure (Kelvin)
S_ETMAX =               275.81 / Maximum temp.  in Camera enclosure (Kelvin)
S_ETMIN =               275.41 / Minimum temp.  in Camera enclosure (Kelvin)
END
```

6.5.2 FOCAS

- FOCAS の Imaging mode

```
         1         2         3         4         5         6         7         8
12345678901234567890123456789012345678901234567890123456789012345678901234567890
--------------------------------------------------------------------------------
SIMPLE  =                    T / Standard FITS format
BITPIX  =                   16 / # of bits storing pix value
NAXIS   =                    2 / # of axes in frame
NAXIS1  =                 4096 / # of pixels/row
NAXIS2  =                 2048 / # of rows (also # of scan lines)
OBSERVER= 'G.Kos,S.Ichi,Y.Yad' / Name of observer
Prop-ID = 'P19970025-0001'     / Proposal ID
INSTRUME= 'FOCUS   '           / Name of instrument
FRAME-ID= 'FCSA00002345'       / Image sequential number
EXP-ID  = 'FCSE00001173'       / ID of the exposure this data was taken
OBS-MOD = 'Imaging '           / Observation Mode
DATA-TYP= 'OBJECT  '           / Type / Characteristics of this data
OBSERVAT= 'NAOJ    '           / Observatory
TELESCOP= 'SUBARU  '           / Telescope name
CRPIX1  =               2048.0 / Reference pixel in X
CRPIX2  =               1024.0 / Reference pixel in Y
CRVAL1  =         275.10837500 / Physical value of the reference pixel X
CRVAL2  =         -16.17696111 / Physical value of the reference pixel Y
CDELT1  =           0.00002778 / Size projected into a detector pixel X
CDELT2  =           0.00002778 / Size projected into a detector pixel Y
CTYPE1  = 'RA---TAN'           / Pixel coordinate system
CTYPE2  = 'DEC--TAN'           / Pixel coordinate system
CUNIT1  = 'degree  '           / Units used in both CRVAl1 and CDELT1
CUNIT2  = 'degree  '           / Units used in bith CRVAL2 and CDELT2
TIMESYS = 'UTC     '           / Time System used in the header. UTC fix.
RADECSYS= 'FK5     '           / The equatorial coordinate system
PROJP1  =                  0.0 / Projection type of the first axis
PROJP2  =                  0.0 / Projection tyoe if the second axis
LONGPOLE=            180.00000 / The North Pole of the standard system
```

```
PC001001=           1.00000000 / Pixel Coordinate translation matrix
PC001002=           0.00000000 / Pixel Coordinate translation matrix
PC002001=           0.00000000 / Pixel Coordinate translation matrix
PC002002=           1.00000000 / Pixel Coordinate translation matrix
BSCALE  =                 1.00 / Real=fits-value*BSCALE+BZERO
BZERO   =             32768.00 / Real=fits-value*BSCALE+BZERO
BUNIT   = 'ADU     '           / Unit of original pixel values
BLANK   =                    0 / Value used for NULL pixels
DATE-OBS= '1997-08-22'         / Observation start date (yyyy-mm-dd)
UT      = '12:34:56.7'         / HH:MM:SS.S typical UTC at exposure
UT-STR  = '12:34:56.7'         / HH:MM:SS.S UTC at start
UT-END  = '13:04:56.7'         / HH:MM:SS.S UT at end
HST     = '02:34:56.7'         / HH:MM:SS.S Typical HST at exposure
HST-STR = '02:34:56.7'         / HH:MM:SS.S HST at start
HST-END = '03:04:56.7'         / HH:MM:SS.S at end
LST     = '23:53:10.6'         / HH:MM:SS.S Typical LST at exposure
LST-STR = '23:53:10.6'         / HH:MM:SS.S at start
LST-END = '24:23:20.6'         / HH:MM:SS.S at end
MJD     =       5.03965242E+04 / Modified Julian Day at typical time
MJD-STR =       5.03965242E+04 / Modified Julian Day of the start exp.
MJD-END =       5.03965450E+04 / Modified Julian Day of the end of exp.
EXPTIME =             1800.000 / Total integration yime (sec)
OBJECT  = 'M17     '           / Target Description
RA      = '18:20:26.010'       / HH:MM:SS.SSS RA (J2000) pointing
DEC     = '-16:12:07.06'       / +/-DD:MM:SS.SS DEC (J2000) pointing
EQUINOX =               2000.0 / Standard FK5 (years)
AZIMUTH =              -16.625 / Azimuth angle of telescope pointing
ALTITUDE=               36.470 / Altitude angle of telescope pointing
FOC-POS = 'CASSEGRAIN'         / Focus where the instrument is attached
FOC-VAL =                2.531 / Encoder value of the focus unit
F-RATIO =                3.66  / Monochromatic F-RATIO of the camera
ADC     = 'Cass-Red'           / ADC name if used
WAVELEN =                640.0 / Wavelength at detector center
WAV-MIN =                590.0 / Shortest wavelength focused on detector
WAV-MAX =                690.0 / Longest wavelenght focused on detector
FILTER1 = 'R-64    '           / Filter name/ID
FILTER2 = 'NONE    '           / Filter name/ID
FILTER3 = 'NONE    '           / Filter name/ID
FLT-ANG1=                  8.0 / Inclination of n-th Filter
FLT-ANG2=                  5.0 / Inclination of n-th Filter
FLT-ANG3=                  0.0 / Inclination of n-th Filter
AIRMASS =              1.24352 / Averaged Air Mass
AIRM-STR=              1.21035 / Air Mass at start
AIRM-END=              1.28019 / Air Mass at end
ZD      =               36.470 / Zenith Distance at typical time
ZD-STR  =               34.289 / Zenith Distance at exposure start time
ZD-END  =               38.635 / Zenith Distance at exposure end time
SECZ    =               1.2435 / SEC(Zenith Distance) at typical time
SECZ-STR=               1.2104 / SEC(ZD) at exposure start time
SECZ-END=               1.2802 / SEC(ZD) at exposure end time
SOFT-VER=                 1.00 / Version of the instrument control soft
DETECTOR= 'MIT_001 '           / Name of the detector/CCD
DET-ID  =                    1 / ID of the detector used for this data
DET-A01 =                0.000 / Relative angle of the nn-th detector
DET-P101=           -103.50000 / Relative X-Position of nn-th detector
DET-P201=              0.00000 / Relative Y-Position of nn-th detector
DET-TMP =                132.5 / Detector temperature
DET-TMED=                132.5 / Median of the detector temperature
DET-TMIN=                132.4 / Minimun temperature within the detector
DET-TMAX=                132.5 / Maximun temperature within the detector
GAIN    =                 1.26 / AD conversion factor
PRD-STR1=                   10 / Start X position of partialy read out
PRD-STR2=                   10 / Start position Y of partialy readout
PRD-RNG1=                  100 / X Raneg of the partialy read out
PRD-RNG2=                  100 / Y raneg of the partialy readout
BIN-FCT1=                    1 / Binning factor of X axis
BIN-FCT2=                    1 / Binning factor of Y axis
WEATHER = 'CLEAR   '           / Weather condition
SEEING  =                 0.45 / FWHM of the star size at telescope focus
DOM-WND =                 4.61 / Wind speed in the dome
OUT-WND =                 7.79 / Wind speed outside
DOM-TMP =               273.53 / Temperature measured in the dome
OUT-TMP =               273.73 / Temperature measured outside the dome
DOM-HUM =                 0.45 / Humidity measured in the dome
OUT-HUM =                 0.58 / Humidity measured outside the dome
COMMENT
COMMENT  Subaru Device Dependent Header Block for FOCAS
COMMENT  *** Common paramerer ***
F_TMP-A =               275.33 / Temperature of MOS unit (K)
F_TMP-B =               272.45 / Temperature of collimator lens unit (K)
F_TMP-C =               272.15 / Temperature of collimator beam unit (K)
F_TMP-D =               273.29 / Temperature of Camera lens unit (K)
F_TMP-E1=               275.29 / Temperature of VME-1 (K)
F_TMP-E2=               275.29 / Temperature of VME-2 (K)
```

```
F_TMP-F1=               275.30 / Temperature of driver-unit A-1 (K)
F_TMP-F2=               275.28 / Temperature of driver-unit A-2 (K)
F_TMP-G1=               275.29 / Temperature of driver-unit B-1 (K)
F_TMP-G2=               275.27 / Temperature of driver-unit B-2 (K)
F_DEWERX=                   27 / X-position of dewer stage (micron meter)
F_DEWERY=                   10 / Y-position of dewer stage (micron meter)
F_DEWERZ=                  150 / Z-position of dewer stage (micron meter)
END                            / End of the header records
```

- FOCAS の Spectroscopy mode

```
        1         2         3         4         5         6         7         8
12345678901234567890123456789012345678901234567890123456789012345678901234567890
--------------------------------------------------------------------------------
SIMPLE  =                    T / Standard FITS format
BITPIX  =                   16 / # of bits storing pix value
NAXIS   =                    2 / # of axes in frame
NAXIS1  =                 4096 / # of pixels/row
NAXIS2  =                 2048 / # of rows (also # of scan lines)
OBSERVER= 'G.Kos,S.Ichi,Y.Yad' / Name of observer
Prop-ID = 'P19970025-0001'     / Proposal ID
INSTRUME= 'FOCUS   '           / Name of instrument
FRAME-ID= 'FCSA00002347'       / Image sequential number
EXP-ID  = 'FCSE00001174'       / ID of the exposure this data was taken
OBS-MOD = 'Spectroscopy'       / Observation Mode
DATA-TYP= 'OBJECT  '           / Type / Characteristics of this data
OBSERVAT= 'NAOJ    '           / Observatory
TELESCOP= 'SUBARU  '           / Telescope name
DISPAXIS=                    1 / Dispersion axis in frame
CRPIX1  =               2048.0 / Reference pixel in X
CRPIX2  =               1024.0 / Reference pixel in Y
CRVAL1  =              600.000 / Physical value of the reference pixel X
CRVAL2  =         -58237.06000 / Physical value of the reference pixel Y
CDELT1  =              0.06400 / Size projected into a detector pixel X
CDELT2  =              0.10000 / Size projected into a detector pixel Y
CTYPE1  = 'WAVELENGTH'         / Pixel coordinate system
CTYPE2  = 'DEC--TAN'           / Pixel coordinate system
CUNIT1  = 'nm      '           / Units used in both CRVAl1 and CDELT1
CUNIT2  = 'degree  '           / Units used in bith CRVAL2 and CDELT2
TIMESYS = 'UTC     '           / Time System used in the header. UTC fix.
RADECSYS= 'FK5     '           / The equatorial coordinate system
PROJP2  =                  0.0 / Projection tyoe if the second axis
N2XIS   =                    2 / # of axes in the slit projection
N2XIS1  =                 4096 / # of pixels/row for slit projection
N2XIS2  =                 2048 / # of scan lines for slit projection
C2PIX1  =               2048.0 / Reference pixel in X (Slit Projection)
C2PIX2  =               1024.0 / Reference pixel in Y (Slit Projection)
C2VAL1  =         990390.15000 / Physical value of the reference pixel X
C2VAL2  =         -58237.06000 / Physical value of the reference pixel Y
C2ELT1  =              0.10000 / Size projected into a detector pixel X
C2ELT2  =              0.10000 / Size projected into a detector pixel Y
C2YPE1  = 'RA---TAN'           / Pixel coordinate system
C2YPE2  = 'DEC--TAN'           / Pixel coordinate system
C2NIT1  = 'degree  '           / Units used in both C2VAL1 and C2ELT1
C2NIT2  = 'degree  '           / Units used in both C2VAL2 and C2ELT2
P2OJP1  =                  0.0 / Projection type of the first axis
P2OJP2  =                  0.0 / Projection type of the second axis
P2001001=           1.00000000 / Pixel Coordinate translation matrix
P2001002=           0.00000000 / Pixel Coordinate translation matrix
P2002001=           0.00000000 / Pixel Coordinate translation matrix
P2002002=           1.00000000 / Pixel Coordinate translation matrix
BSCALE  =                 1.00 / Real=fits-value*BSCALE+BZERO
BZERO   =             32768.00 / Real=fits-value*BSCALE+BZERO
BUNIT   = 'ADU     '           / Unit of original pixel values
BLANK   =                    0 / Value used for NULL pixels
DATE-OBS= '1997-08-22'         / Observation start date (yyyy-mm-dd)
UT      = '12:34:56.7'         / HH:MM:SS.S typical UTC at exposure
UT-STR  = '12:34:56.7'         / HH:MM:SS.S UTC at start
UT-END  = '13:04:56.7'         / HH:MM:SS.S UT at end
HST     = '02:34:56.7'         / HH:MM:SS.S Typical HST at exposure
HST-STR = '02:34:56.7'         / HH:MM:SS.S HST at start
HST-END = '03:04:56.7'         / HH:MM:SS.S at end
LST     = '23:53:10.6'         / HH:MM:SS.S Typical LST at exposure
LST-STR = '23:53:10.6'         / HH:MM:SS.S at start
LST-END = '24:23:20.6'         / HH:MM:SS.S at end
MJD     =       5.03965242E+04 / Modified Julian Day at typical time
MJD-STR =       5.03965242E+04 / Modified Julian Day of the start exp.
MJD-END =       5.03965450E+04 / Modified Julian Day of the end of exp.
EXPTIME =            1800.000 / Total integration yime (sec)
OBJECT  = 'M17     '           / Target Description
RA      = '18:20:26.010'       / HH:MM:SS.SSS RA (J2000) pointing
DEC     = '-16:12:07.06'       / +/-DD:MM:SS.SS DEC (J2000) pointing
```

```
EQUINOX =               2000.0 / Standard FK5 (years)
AZIMUTH =             -16.625 / Azimuth angle of telescope pointing
ALTITUDE=              36.470 / Altitude angle of telescope pointing
FOC-POS = 'CASSEGRAIN'         / Focus where the instrument is attached
FOC-VAL =               2.531 / Encoder value of the focus unit
F-RATIO =                3.66 / Monochromatic F-RATIO of the camera
ADC     = 'Cass-Red'           / ADC name if used
WAVELEN =              600.00 / Wavelength at detector center
WAV-MIN =              468.93 / Shortest wavelength focused on detector
WAV-MAX =              731.07 / Longest wavelenght focused on detector
FILTER1 = 'NONE    '           / Filter name/ID
FILTER2 = 'NONE    '           / Filter name/ID
FILTER3 = 'NONE    '           / Filter name/ID
FLT-ANG1=                  0.0 / Inclination of n-th Filter
FLT-ANG2=                  0.0 / Inclination of n-th Filter
FLT-ANG3=                  0.0 / Inclination of n-th Filter
AIRMASS =              1.24352 / Averaged Air Mass
AIRM-STR=              1.21035 / Air Mass at start
AIRM-END=              1.28019 / Air Mass at end
ZD      =              36.470 / Zenith Distance at typical time
ZD-STR  =              34.289 / Zenith Distance at exposure start time
ZD-END  =              38.635 / Zenith Distance at exposure end time
SECZ    =              1.2435 / SEC(Zenith Distance) at typical time
SECZ-STR=              1.2104 / SEC(ZD) at exposure start time
SECZ-END=              1.2802 / SEC(ZD) at exposure end time
SOFT-VER=                1.00 / Version of the instrument control soft
DETECTOR= 'MIT_001 '           / Name of the detector/CCD
DET-ID  =                   1 / ID of the detector used for this data
DET-A01 =               0.000 / Relative angle of the nn-th detector
DET-P101=           -103.50000 / Relative X-Position of nn-th detector
DET-P201=             0.00000 / Relative Y-Position of nn-th detector
DET-TMP =               132.5 / Detector temperature
DET-TMED=               132.5 / Median of the detector temperature
DET-TMIN=               132.4 / Minimun temperature within the detector
DET-TMAX=               132.5 / Maximun temperature within the detector
GAIN    =                1.26 / AD conversion factor
PRD-STR1=                  10 / Start X position of partialy read out
PRD-STR2=                  10 / Start position Y of partialy readout
PRD-RNG1=                 100 / X Raneg of the partialy read out
PRD-RNG2=                 100 / Y raneg of the partialy readout
BIN-FCT1=                   1 / Binning factor of X axis
BIN-FCT2=                   1 / Binning factor of Y axis
WEATHER = 'CLEAR   '           / Weather condition
SEEING  =               0.45 / FWHM of the star size at telescope focus
DOM-WND =               4.61 / Wind speed in the dome
OUT-WND =               7.79 / Wind speed outside
DOM-TMP =             273.53 / Temperature measured in the dome
OUT-TMP =             273.73 / Temperature measured outside the dome
DOM-HUM =               0.45 / Humidity measured in the dome
OUT-HUM =               0.58 / Humidity measured outside the dome
DISPERSR= 'HG600   '           / Identifier of the disperser used
SLIT    = 'Longslit'           / Identifier of the entrance slit used
SLT-LEN =             360.000 / Length of the slit used
SLT-WID =               0.200 / Width of the slit used
SLTC_RA =         990390.15000 / RA of the slit center
SLTC_DEC=         -58237.06000 / DEC of the slit center
SLTCPIX1=             2048.000 / Slit center projected on the detector
SLTCPIX2=             1024.000 / Slit center projected on the detector
POS-ANG =                0.00 / Slit Position Angle
COMMENT
COMMENT  Subaru Device Dependent Header Block for FOCAS
COMMENT  *** Common paramerer ***
F_TMP-A =             275.33 / Temperature of MOS unit (K)
F_TMP-B =             272.45 / Temperature of collimator lens unit (K)
F_TMP-C =             272.15 / Temperature of collimator beam unit (K)
F_TMP-D =             273.29 / Temperature of Camera lens unit (K)
F_TMP-E1=             275.29 / Temperature of VME-1 (K)
F_TMP-E2=             275.29 / Temperature of VME-2 (K)
F_TMP-F1=             275.30 / Temperature of driver-unit A-1 (K)
F_TMP-F2=             275.28 / Temperature of driver-unit A-2 (K)
F_TMP-G1=             275.29 / Temperature of driver-unit B-1 (K)
F_TMP-G2=             275.27 / Temperature of driver-unit B-2 (K)
F_DEWERX=                 27 / X-position of dewer stage (micron meter)
F_DEWERY=                 10 / Y-position of dewer stage (micron meter)
F_DEWERZ=                150 / Z-position of dewer stage (micron meter)
COMMENT  *** Spectroscopy parameter ***
F_DISPER=               50.3 / dispersion of grism (nm / mm)
END                          / End of the header records
```

- FOCAS の Polarimetry mode

```
         1         2         3         4         5         6         7         8
12345678901234567890123456789012345678901234567890123456789012345678901234567890
--------------------------------------------------------------------------------
SIMPLE  =                    T / Standard FITS format
BITPIX  =                   16 / # of bits storing pix value
NAXIS   =                    2 / # of axes in frame
NAXIS1  =                 4096 / # of pixels/row
NAXIS2  =                 2048 / # of rows (also # of scan lines)
OBSERVER= 'G.Kos,S.Ichi,Y.Yad' / Name of observer
Prop-ID = 'P19970025-0001'     / Proposal ID
INSTRUME= 'FOCUS   '           / Name of instrument
FRAME-ID= 'FCSA00002349'       / Image sequential number
EXP-ID  = 'FCSE00001175'       / ID of the exposure this data was taken
OBS-MOD = 'Polarimetry'        / Observation Mode
DATA-TYP= 'OBJECT  '           / Type / Characteristics of this data
OBSERVAT= 'NAOJ    '           / Observatory
TELESCOP= 'SUBARU  '           / Telescope name
TIMESYS = 'UTC     '           / Time System used in the header. UTC fix.
RADECSYS= 'FK5     '           / The equatorial coordinate system
DISPAXIS=                    1 / Dispersion axis in frame
CRPIX1  =               2048.0 / Reference pixel in X
CRPIX2  =               1024.0 / Reference pixel in Y
CRVAL1  =         275.10837500 / Physical value of the reference pixel X
CRVAL2  =         -16.17696111 / Physical value of the reference pixel Y
CDELT1  =           0.00002778 / Size projected into a detector pixel X
CDELT2  =           0.00002778 / Size projected into a detector pixel Y
CTYPE1  = 'RA---TAN'           / Pixel coordinate system
CTYPE2  = 'DEC--TAN'           / Pixel coordinate system
CUNIT1  = 'degree  '           / Units used in both CRVAl1 and CDELT1
CUNIT2  = 'degree  '           / Units used in bith CRVAL2 and CDELT2
PROJP1  =                   0.0 / Projection type of the first axis
PROJP2  =                   0.0 / Projection tyoe if the second axis
LONGPOLE=            180.00000 / The North Pole of the standard system
PC001001=           1.00000000 / Pixel Coordinate translation matrix
PC001002=           0.00000000 / Pixel Coordinate translation matrix
PC002001=           0.00000000 / Pixel Coordinate translation matrix
PC002002=           1.00000000 / Pixel Coordinate translation matrix
BSCALE  =                 1.00 / Real=fits-value*BSCALE+BZERO
BZERO   =             32768.00 / Real=fits-value*BSCALE+BZERO
BUNIT   = 'ADU     '           / Unit of original pixel values
BLANK   =                    0 / Value used for NULL pixels
DATE-OBS= '1997-08-22'         / Observation start date (yyyy-mm-dd)
UT      = '12:34:56.7'         / HH:MM:SS.S typical UTC at exposure
UT-STR  = '12:34:56.7'         / HH:MM:SS.S UTC at start
UT-END  = '13:04:56.7'         / HH:MM:SS.S UT at end
HST     = '02:34:56.7'         / HH:MM:SS.S Typical HST at exposure
HST-STR = '02:34:56.7'         / HH:MM:SS.S HST at start
HST-END = '03:04:56.7'         / HH:MM:SS.S at end
LST     = '23:53:10.6'         / HH:MM:SS.S Typical LST at exposure
LST-STR = '23:53:10.6'         / HH:MM:SS.S at start
LST-END = '24:23:20.6'         / HH:MM:SS.S at end
MJD     =       5.03965242E+04 / Modified Julian Day at typical time
MJD-STR =       5.03965242E+04 / Modified Julian Day of the start exp.
MJD-END =       5.03965450E+04 / Modified Julian Day of the end of exp.
EXPTIME =            1800.000 / Total integration yime (sec)
OBJECT  = 'M17     '           / Target Description
RA      = '18:20:26.010'       / HH:MM:SS.SSS RA (J2000) pointing
DEC     = '-16:12:07.06'       / +/-DD:MM:SS.SS DEC (J2000) pointing
EQUINOX =               2000.0 / Standard FK5 (years)
AZIMUTH =              -16.625 / Azimuth angle of telescope pointing
ALTITUDE=               36.470 / Altitude angle of telescope pointing
FOC-POS = 'CASSEGRAIN'         / Focus where the instrument is attached
FOC-VAL =                2.531 / Encoder value of the focus unit
F-RATIO =                 3.66 / Monochromatic F-RATIO of the camera
ADC     = 'Cass-Red'           / ADC name if used
WAVELEN =               600.00 / Wavelength at detector center
WAV-MIN =               468.93 / Shortest wavelength focused on detector
WAV-MAX =               731.07 / Longest wavelenght focused on detector
RETPLATE= '1/2     '           / Identifier of the Retarder Plate
POL-ANG =                  0.0 / Position Angle of the Polarizer
RET-ANG =               45.000 / Position Angle of the Retarder Plate
FILTER1 = 'NONE    '           / Filter name/ID
FILTER2 = 'NONE    '           / Filter name/ID
FILTER3 = 'NONE    '           / Filter name/ID
FLT-ANG1=                  0.0 / Inclination of n-th Filter
FLT-ANG2=                  0.0 / Inclination of n-th Filter
FLT-ANG3=                  0.0 / Inclination of n-th Filter
AIRMASS =              1.24352 / Averaged Air Mass
AIRM-STR=              1.21035 / Air Mass at start
AIRM-END=              1.28019 / Air Mass at end
ZD      =               36.470 / Zenith Distance at typical time
ZD-STR  =               34.289 / Zenith Distance at exposure start time
ZD-END  =               38.635 / Zenith Distance at exposure end time
```

```
SECZ    =               1.2435 / SEC(Zenith Distance) at typical time
SECZ-STR=               1.2104 / SEC(ZD) at exposure start time
SECZ-END=               1.2802 / SEC(ZD) at exposure end time
SOFT-VER=                 1.00 / Version of the instrument control soft
DETECTOR= 'MIT_001 '           / Name of the detector/CCD
DET-ID  =                    1 / ID of the detector used for this data
DET-A01 =                0.000 / Relative angle of the nn-th detector
DET-P101=           -103.50000 / Relative X-Position of nn-th detector
DET-P201=              0.00000 / Relative Y-Position of nn-th detector
DET-TMP =                132.5 / Detector temperature
DET-TMED=                132.5 / Median of the detector temperature
DET-TMIN=                132.4 / Minimun temperature within the detector
DET-TMAX=                132.5 / Maximun temperature within the detector
GAIN    =                 1.26 / AD conversion factor
PRD-STR1=                   10 / Start X position of partialy read out
PRD-STR2=                   10 / Start position Y of partialy readout
PRD-RNG1=                  100 / X Raneg of the partialy read out
PRD-RNG2=                  100 / Y raneg of the partialy readout
BIN-FCT1=                    1 / Binning factor of X axis
BIN-FCT2=                    1 / Binning factor of Y axis
WEATHER = 'CLEAR   '           / Weather condition
SEEING  =                 0.45 / FWHM of the star size at telescope focus
DOM-WND =                 4.61 / Wind speed in the dome
OUT-WND =                 7.79 / Wind speed outside
DOM-TMP =               273.53 / Temperature measured in the dome
OUT-TMP =               273.72 / Temperature measured outside the dome
DOM-HUM =                 0.45 / Humidity measured in the dome
OUT-HUM =                 0.58 / Humidity measured outside the dome
COMMENT
COMMENT  Subaru Device Dependent Header Block for FOCAS
COMMENT  *** Common paramerer ***
F_TMP-A =               275.33 / Temperature of MOS unit (K)
F_TMP-B =               272.45 / Temperature of collimator lens unit (K)
F_TMP-C =               272.15 / Temperature of collimator beam unit (K)
F_TMP-D =               273.29 / Temperature of Camera lens unit (K)
F_TMP-E1=               275.29 / Temperature of VME-1 (K)
F_TMP-E2=               275.29 / Temperature of VME-2 (K)
F_TMP-F1=               275.30 / Temperature of driver-unit A-1 (K)
F_TMP-F2=               275.28 / Temperature of driver-unit A-2 (K)
F_TMP-G1=               275.29 / Temperature of driver-unit B-1 (K)
F_TMP-G2=               275.27 / Temperature of driver-unit B-2 (K)
F_DEWERX=                   27 / X-position of dewer stage (micron meter)
F_DEWERY=                   10 / Y-position of dewer stage (micron meter)
F_DEWERZ=                  150 / Z-position of dewer stage (micron meter)
F_MSK-ID= 'pol100000'          / ID of Mask (for Spectr., Multi., and Polari.)
F_HOLANG=                 -5.2 / angle of mask holder (degree)
COMMENT  *** Polarimetry parameter ***
C3****  =                      / discribe ordinary light (TBD)
C4****  =                      / discribe extrordinary light (TBD)
END                            / End of the header records
```

- FOCAS の Spectro Polarimetry mode

```
        1         2         3         4         5         6         7         8
12345678901234567890123456789012345678901234567890123456789012345678901234567890
--------------------------------------------------------------------------------
SIMPLE  =                    T / Standard FITS format
BITPIX  =                   16 / # of bits storing pix value
NAXIS   =                    2 / # of axes in frame
NAXIS1  =                 4096 / # of pixels/row
NAXIS2  =                 2048 / # of rows (also # of scan lines)
OBSERVER= 'G.Kos,S.Ichi,Y.Yad' / Name of observer
Prop-ID = 'P19970025-0001'     / Proposal ID
INSTRUME= 'FOCUS   '           / Name of instrument
FRAME-ID= 'FCSA00002347'       / Image sequential number
EXP-ID  = 'FCSE00001174'       / ID of the exposure this data was taken
OBS-MOD = 'Spectroscopy'       / Observation Mode
DATA-TYP= 'OBJECT  '           / Type / Characteristics of this data
OBSERVAT= 'NAOJ    '           / Observatory
TELESCOP= 'SUBARU  '           / Telescope name
TIMESYS = 'UTC     '           / Time System used in the header. UTC fix.
RADECSYS= 'FK5     '           / The equatorial coordinate system
DISPAXIS=                    1 / Dispersion axis in frame
CRPIX1  =               2048.0 / Reference pixel in X
CRPIX2  =               1024.0 / Reference pixel in Y
CRVAL1  =              600.000 / Physical value of the reference pixel X
CRVAL2  =         -58237.06000 / Physical value of the reference pixel Y
CDELT1  =              0.06400 / Size projected into a detector pixel X
CDELT2  =              0.10000 / Size projected into a detector pixel Y
CTYPE1  = 'WAVELENGTH'         / Pixel coordinate system
CTYPE2  = 'DEC--TAN'           / Pixel coordinate system
CUNIT1  = 'nm      '           / Units used in both CRVAl1 and CDELT1
```

```
CUNIT2  = 'degree  '           / Units used in bith CRVAL2 and CDELT2
PROJP2  =                  0.0 / Projection tyoe if the second axis
N2XIS   =                    2 / # of axes in the slit projection
N2XIS1  =                 4096 / # of pixels/row for slit projection
N2XIS2  =                 2048 / # of scan lines for slit projection
C2PIX1  =               2048.0 / Reference pixel in X (Slit Projection)
C2PIX2  =               1024.0 / Reference pixel in Y (Slit Projection)
C2VAL1  =         990390.15000 / Physical value of the reference pixel X
C2VAL2  =         -58237.06000 / Physical value of the reference pixel Y
C2ELT1  =              0.10000 / Size projected into a detector pixel X
C2ELT2  =              0.10000 / Size projected into a detector pixel Y
C2YPE1  = 'RA---TAN'           / Pixel coordinate system
C2YPE2  = 'DEC--TAN'           / Pixel coordinate system
C2NIT1  = 'degree  '           / Units used in both C2VAL1 and C2ELT1
C2NIT2  = 'degree  '           / Units used in both C2VAL2 and C2ELT2
P2OJP1  =                  0.0 / Projection type of the first axis
P2OJP2  =                  0.0 / Projection type of the second axis
P2001001=           1.00000000 / Pixel Coordinate translation matrix
P2001002=           0.00000000 / Pixel Coordinate translation matrix
P2002001=           0.00000000 / Pixel Coordinate translation matrix
P2002002=           1.00000000 / Pixel Coordinate translation matrix
BSCALE  =                 1.00 / Real=fits-value*BSCALE+BZERO
BZERO   =             32768.00 / Real=fits-value*BSCALE+BZERO
BUNIT   = 'ADU     '           / Unit of original pixel values
BLANK   =                    0 / Value used for NULL pixels
DATE-OBS= '1997-08-22'         / Observation start date (yyyy-mm-dd)
UT      = '12:34:56.7'         / HH:MM:SS.S typical UTC at exposure
UT-STR  = '12:34:56.7'         / HH:MM:SS.S UTC at start
UT-END  = '13:04:56.7'         / HH:MM:SS.S UT at end
HST     = '02:34:56.7'         / HH:MM:SS.S Typical HST at exposure
HST-STR = '02:34:56.7'         / HH:MM:SS.S HST at start
HST-END = '03:04:56.7'         / HH:MM:SS.S at end
LST     = '23:53:10.6'         / HH:MM:SS.S Typical LST at exposure
LST-STR = '23:53:10.6'         / HH:MM:SS.S at start
LST-END = '24:23:20.6'         / HH:MM:SS.S at end
MJD     =       5.03965242E+04 / Modified Julian Day at typical time
MJD-STR =       5.03965242E+04 / Modified Julian Day of the start exp.
MJD-END =       5.03965450E+04 / Modified Julian Day of the end of exp.
EXPTIME =            1800.000 / Total integration yime (sec)
OBJECT  = 'M17     '           / Target Description
RA      = '18:20:26.010'       / HH:MM:SS.SSS RA (J2000) pointing
DEC     = '-16:12:07.06'       / +/-DD:MM:SS.SS DEC (J2000) pointing
EQUINOX =              2000.0 / Standard FK5 (years)
AZIMUTH =             -16.625 / Azimuth angle of telescope pointing
ALTITUDE=              36.470 / Altitude angle of telescope pointing
FOC-POS = 'CASSEGRAIN'         / Focus where the instrument is attached
FOC-VAL =               2.531 / Encoder value of the focus unit
F-RATIO =               3.66  / Monochromatic F-RATIO of the camera
ADC     = 'Cass-Red'           / ADC name if used
WAVELEN =             600.00  / Wavelength at detector center
WAV-MIN =             468.93  / Shortest wavelength focused on detector
WAV-MAX =             731.07  / Longest wavelenght focused on detector
RETPLATE= '1/2     '           / Identifier of the Retarder Plate
POL-ANG =                0.0  / Position Angle of the Polarizer
RET-ANG =             45.000  / Position Angle of the Retarder Plate
FILTER1 = 'NONE    '           / Filter name/ID
FILTER2 = 'NONE    '           / Filter name/ID
FILTER3 = 'NONE    '           / Filter name/ID
FLT-ANG1=                0.0  / Inclination of n-th Filter
FLT-ANG2=                0.0  / Inclination of n-th Filter
FLT-ANG3=                0.0  / Inclination of n-th Filter
AIRMASS =            1.24352  / Averaged Air Mass
AIRM-STR=            1.21035  / Air Mass at start
AIRM-END=            1.28019  / Air Mass at end
ZD      =              36.470 / Zenith Distance at typical time
ZD-STR  =              34.289 / Zenith Distance at exposure start time
ZD-END  =              38.635 / Zenith Distance at exposure end time
SECZ    =              1.2435 / SEC(Zenith Distance) at typical time
SECZ-STR=              1.2104 / SEC(ZD) at exposure start time
SECZ-END=              1.2802 / SEC(ZD) at exposure end time
SOFT-VER=                1.00 / Version of the instrument control soft
DETECTOR= 'MIT_001 '           / Name of the detector/CCD
DET-ID  =                   1 / ID of the detector used for this data
DET-A01 =               0.000 / Relative angle of the nn-th detector
DET-P101=            -103.50000 / Relative X-Position of nn-th detector
DET-P201=             0.00000 / Relative Y-Position of nn-th detector
DET-TMP =               132.5 / Detector temperature
DET-TMED=               132.5 / Median of the detector temperature
DET-TMIN=               132.4 / Minimun temperature within the detector
DET-TMAX=               132.5 / Maximun temperature within the detector
GAIN    =                1.26 / AD conversion factor
PRD-STR1=                  10 / Start X position of partialy read out
PRD-STR2=                  10 / Start position Y of partialy readout
PRD-RNG1=                 100 / X Raneg of the partialy read out
```

```
PRD-RNG2=                  100 / Y raneg of the partialy readout
BIN-FCT1=                    1 / Binning factor of X axis
BIN-FCT2=                    1 / Binning factor of Y axis
WEATHER = 'CLEAR   '           / Weather condition
SEEING  =                 0.45 / FWHM of the star size at telescope focus
DOM-WND =                 4.61 / Wind speed in the dome
OUT-WND =                 7.79 / Wind speed outside
DOM-TMP =               273.53 / Temperature measured in the dome
OUT-TMP =               273.72 / Temperature measured outside the dome
DOM-HUM =                 0.45 / Humidity measured in the dome
OUT-HUM =                 0.58 / Humidity measured outside the dome
DISPERSR= 'HG600   '           / Identifier of the disperser used
SLT-LEN =              360.000 / Length of the slit used
SLT-WID =                0.200 / Width of the slit used
SLTC_RA =         990390.15000 / RA of the slit center
SLTC_DEC=         -58237.06000 / DEC of the slit center
SLTCPIX1=             2048.000 / Slit center projected on the detector
SLTCPIX2=             1024.000 / Slit center projected on the detector
POS-ANG =                0.00 / Slit Position Angle
COMMENT
COMMENT  Subaru Device Dependent Header Block for FOCAS
COMMENT  *** Common paramerer ***
F_TMP-A =               275.33 / Temperature of MOS unit (K)
F_TMP-B =               272.45 / Temperature of collimator lens unit (K)
F_TMP-C =               272.15 / Temperature of collimator beam unit (K)
F_TMP-D =               273.29 / Temperature of Camera lens unit (K)
F_TMP-E1=               275.29 / Temperature of VME-1 (K)
F_TMP-E2=               275.29 / Temperature of VME-2 (K)
F_TMP-F1=               275.30 / Temperature of driver-unit A-1 (K)
F_TMP-F2=               275.28 / Temperature of driver-unit A-2 (K)
F_TMP-G1=               275.29 / Temperature of driver-unit B-1 (K)
F_TMP-G2=               275.27 / Temperature of driver-unit B-2 (K)
F_DEWERX=                   27 / X-position of dewer stage (micron meter)
F_DEWERY=                   10 / Y-position of dewer stage (micron meter)
F_DEWERZ=                  150 / Z-position of dewer stage (micron meter)
F_MSK-ID= 'SpPol149'           / ID of Mask (for Spectr., Multi., and Polari.)
F_HOLANG=                -5.2 / angle of mask holder (degree)
COMMENT  *** Spectroscopy parameter ***
F_DISPER=                50.3 / dispersion of grism (nm / mm)
COMMENT  *** Polarimetry parameter ***
C3****  =                      / discribe ordinary light (TBD)
C4****  =                      / discribe extrordinary light (TBD)
END                            / End of the header records
```

- FOCAS の Multi Slit Spectroscopy mode

```
        1         2         3         4         5         6         7         8
12345678901234567890123456789012345678901234567890123456789012345678901234567890
--------------------------------------------------------------------------------
SIMPLE  =                    T / Standard FITS format
BITPIX  =                   16 / # of bits storing pix value
EXTEND  =                    T / Extension FITS format
NAXIS   =                    2 / # of axes in frame
NAXIS1  =                 4096 / # of pixels/row
NAXIS2  =                 2048 / # of rows (also # of scan lines)
OBSERVER= 'G.Kos,S.Ichi,Y.Yad' / Name of observer
Prop-ID = 'P19970025-0001'     / Proposal ID
INSTRUME= 'FOCUS   '           / Name of instrument
FRAME-ID= 'FCSA00002347'       / Image sequential number
EXP-ID  = 'FCSE00001174'       / ID of the exposure this data was taken
OBS-MOD = 'Spectroscopy'       / Observation Mode
DATA-TYP= 'OBJECT  '           / Type / Characteristics of this data
OBSERVAT= 'NAOJ    '           / Observatory
TELESCOP= 'SUBARU  '           / Telescope name
DISPAXIS=                    1 / Dispersion axis in frame
CRPIX1  =               2048.0 / Reference pixel in X
CRPIX2  =               1024.0 / Reference pixel in Y
CRVAL1  =              600.000 / Physical value of the reference pixel X
CRVAL2  =         -58237.06000 / Physical value of the reference pixel Y
CDELT1  =              0.06400 / Size projected into a detector pixel X
CDELT2  =              0.10000 / Size projected into a detector pixel Y
CTYPE1  = 'WAVELENGTH'         / Pixel coordinate system
CTYPE2  = 'DEC--TAN'           / Pixel coordinate system
CUNIT1  = 'nm      '           / Units used in both CRVAl1 and CDELT1
CUNIT2  = 'degree  '           / Units used in bith CRVAL2 and CDELT2
TIMESYS = 'UTC     '           / Time System used in the header. UTC fix.
RADECSYS= 'FK5     '           / The equatorial coordinate system
PROJP2  =                  0.0 / Projection tyoe if the second axis
N2XIS   =                    2 / # of axes in the slit projection
N2XIS1  =                 4096 / # of pixels/row for slit projection
N2XIS2  =                 2048 / # of scan lines for slit projection
C2PIX1  =               2048.0 / Reference pixel in X (Slit Projection)
```

```
C2PIX2  =               1024.0 / Reference pixel in Y (Slit Projection)
C2VAL1  =         990390.15000 / Physical value of the reference pixel X
C2VAL2  =         -58237.06000 / Physical value of the reference pixel Y
C2ELT1  =              0.10000 / Size projected into a detector pixel X
C2ELT2  =              0.10000 / Size projected into a detector pixel Y
C2YPE1  = 'RA---TAN'           / Pixel coordinate system
C2YPE2  = 'DEC--TAN'           / Pixel coordinate system
C2NIT1  = 'degree  '           / Units used in both C2VAL1 and C2ELT1
C2NIT2  = 'degree  '           / Units used in both C2VAL2 and C2ELT2
P2OJP1  =                  0.0 / Projection type of the first axis
P2OJP2  =                  0.0 / Projection type of the second axis
P2001001=           1.00000000 / Pixel Coordinate translation matrix
P2001002=           0.00000000 / Pixel Coordinate translation matrix
P2002001=           0.00000000 / Pixel Coordinate translation matrix
P2002002=           1.00000000 / Pixel Coordinate translation matrix
BSCALE  =                 1.00 / Real=fits-value*BSCALE+BZERO
BZERO   =             32768.00 / Real=fits-value*BSCALE+BZERO
BUNIT   = 'ADU     '           / Unit of original pixel values
BLANK   =                    0 / Value used for NULL pixels
DATE-OBS= '1997-08-22'         / Observation start date (yyyy-mm-dd)
UT      = '12:34:56.7'         / HH:MM:SS.S typical UTC at exposure
UT-STR  = '12:34:56.7'         / HH:MM:SS.S UTC at start
UT-END  = '13:04:56.7'         / HH:MM:SS.S UT at end
HST     = '02:34:56.7'         / HH:MM:SS.S Typical HST at exposure
HST-STR = '02:34:56.7'         / HH:MM:SS.S HST at start
HST-END = '03:04:56.7'         / HH:MM:SS.S at end
LST     = '23:53:10.6'         / HH:MM:SS.S Typical LST at exposure
LST-STR = '23:53:10.6'         / HH:MM:SS.S at start
LST-END = '24:23:20.6'         / HH:MM:SS.S at end
MJD     =       5.03965242E+04 / Modified Julian Day at typical time
MJD-STR =       5.03965242E+04 / Modified Julian Day of the start exp.
MJD-END =       5.03965450E+04 / Modified Julian Day of the end of exp.
EXPTIME =             1800.000 / Total integration yime (sec)
OBJECT  = 'SDS0023 '           / Target Description
RA      = '12:35:42.010'       / HH:MM:SS.SSS RA (J2000) pointing
DEC     = '+42:08:07.06'       / +/-DD:MM:SS.SS DEC (J2000) pointing
EQUINOX =               2000.0 / Standard FK5 (years)
AZIMUTH =              -16.625 / Azimuth angle of telescope pointing
ALTITUDE=               36.470 / Altitude angle of telescope pointing
FOC-POS = 'CASSEGRAIN'         / Focus where the instrument is attached
FOC-VAL =                2.531 / Encoder value of the focus unit
F-RATIO =                3.66  / Monochromatic F-RATIO of the camera
ADC     = 'Cass-Red'           / ADC name if used
WAVELEN =               600.00 / Wavelength at detector center
WAV-MIN =               468.93 / Shortest wavelength focused on detector
WAV-MAX =               731.07 / Longest wavelenght focused on detector
FILTER1 = 'NONE    '           / Filter name/ID
FILTER2 = 'NONE    '           / Filter name/ID
FILTER3 = 'NONE    '           / Filter name/ID
FLT-ANG1=                  0.0 / Inclination of n-th Filter
FLT-ANG2=                  0.0 / Inclination of n-th Filter
FLT-ANG3=                  0.0 / Inclination of n-th Filter
AIRMASS =              1.24352 / Averaged Air Mass
AIRM-STR=              1.21035 / Air Mass at start
AIRM-END=              1.28019 / Air Mass at end
ZD      =               36.470 / Zenith Distance at typical time
ZD-STR  =               34.289 / Zenith Distance at exposure start time
ZD-END  =               38.635 / Zenith Distance at exposure end time
SECZ    =               1.2435 / SEC(Zenith Distance) at typical time
SECZ-STR=               1.2104 / SEC(ZD) at exposure start time
SECZ-END=               1.2802 / SEC(ZD) at exposure end time
SOFT-VER=                 1.00 / Version of the instrument control soft
DETECTOR= 'MIT_001 '           / Name of the detector/CCD
DET-ID  =                    1 / ID of the detector used for this data
DET-A01 =                0.000 / Relative angle of the nn-th detector
DET-P101=           -103.50000 / Relative X-Position of nn-th detector
DET-P201=              0.00000 / Relative Y-Position of nn-th detector
DET-TMP =                132.5 / Detector temperature
DET-TMED=                132.5 / Median of the detector temperature
DET-TMIN=                132.4 / Minimun temperature within the detector
DET-TMAX=                132.5 / Maximun temperature within the detector
GAIN    =                 1.26 / AD conversion factor
PRD-STR1=                   10 / Start X position of partialy read out
PRD-STR2=                   10 / Start position Y of partialy readout
PRD-RNG1=                  100 / X Raneg of the partialy read out
PRD-RNG2=                  100 / Y raneg of the partialy readout
BIN-FCT1=                    1 / Binning factor of X axis
BIN-FCT2=                    1 / Binning factor of Y axis
WEATHER = 'CLEAR   '           / Weather condition
SEEING  =                 0.45 / FWHM of the star size at telescope focus
DOM-WND =                 4.61 / Wind speed in the dome
OUT-WND =                 7.79 / Wind speed outside
DOM-TMP =               273.53 / Temperature measured in the dome
OUT-TMP =               273.73 / Temperature measured outside the dome
```

```
DOM-HUM =                0.45 / Humidity measured in the dome
OUT-HUM =                0.58 / Humidity measured outside the dome
DISPERSR= 'HG600   '          / Identifier of the disperser used
COMMENT
COMMENT  Subaru Device Dependent Header Block for FOCAS
COMMENT  *** Common paramerer ***
F_TMP-A =              275.33 / Temperature of MOS unit (K)
F_TMP-B =              272.45 / Temperature of collimator lens unit (K)
F_TMP-C =              272.15 / Temperature of collimator beam unit (K)
F_TMP-D =              273.29 / Temperature of Camera lens unit (K)
F_TMP-E1=              275.29 / Temperature of VME-1 (K)
F_TMP-E2=              275.29 / Temperature of VME-2 (K)
F_TMP-F1=              275.30 / Temperature of driver-unit A-1 (K)
F_TMP-F2=              275.28 / Temperature of driver-unit A-2 (K)
F_TMP-G1=              275.29 / Temperature of driver-unit B-1 (K)
F_TMP-G2=              275.27 / Temperature of driver-unit B-2 (K)
F_DEWERX=                  27 / X-position of dewer stage (micron meter)
F_DEWERY=                  10 / Y-position of dewer stage (micron meter)
F_DEWERZ=                 150 / Z-position of dewer stage (micron meter)
F_MSK-ID= '00015029'          / ID of Mask (for Spectr., Multi., and Polari.)
F_HOLANG=                -5.2 / angle of mask holder (degree)
COMMENT  *** Spectroscopy parameter ***
F_DISPER=                50.3 / dispersion of grism (nm / mm)
COMMENT  *** Multiobject parameter ***
F_SLT-NO=                  73 / total # of slit on mask
F_IMG-ID= 'FSCA00002345'      / ID of the image file
F_CAD-ID= '00015029B'         / ID of CAD file
END                           / End of the header records
```

- FOCAS の Multi Slit Spectroscopy mode (ASCII Table Extension sample header)

```
         1         2         3         4         5         6         7         8
12345678901234567890123456789012345678901234567890123456789012345678901234567890
--------------------------------------------------------------------------------
XTENSION= 'TABLE   '          / Table extension
BITPIX  =                    8 / 8-bits per pixel
NAXIS   =                    2 / simple 2-D matrix
NAXIS1  =                   95 / # of characters per row
NAXIS2  =                    3 / # of rows
PCOUNT  =                    0 / No "random" parameters
GCOUNT  =                    1 / Only one group
TFIELDS =                   10 / # of fields in one row
EXTNAME = '        '          / Name of this table

TTYPE1  = 'OBJ-ID  '          / Object ID of auto-detection process
TBCOL1  =                    1 / start column of this field (= 1)
TFORM1  = 'A4      '          / 4 characters in this field

TTYPE2  = 'SLITCX  '          / X-position of slit center
TBCOL2  =                    6 / start column of this field (= 6)
TFORM2  = 'F6.2    '          / floating
TUNIT2  = 'mm      '          / units are mm

TTYPE3  = 'SLITCY  '          / Y-position of slit center
TBCOL3  =                   13 / start column of this field (= 13)
TFORM3  = 'F6.2    '          / floating
TUNIT3  = 'mm      '          / units are mm

TTYPE4  = 'SLITLEN '          / slit length
TBCOL4  =                   20 / start column of this field (= 20)
TFORM4  = 'F5.1    '          / floating
TUNIT4  = 'mm      '          / units are mm

TTYPE5  = 'SLITWID '          / slit width
TBCOL5  =                   26 / start column of this field (= 26)
TFORM5  = 'F3.1    '          / floating
TUNIT5  = 'mm      '          / units are mm

TTYPE6  = 'SLITANG '          / position angle of slit
TBCOL6  =                   30 / start column of this field (= 30)
TFORM6  = 'F6.2    '          / floating
TUNIT6  = 'degree  '          / units are degree

TTYPE7  = 'SLT-PID '          / which CCD observe this slit (= DET-ID)
TBCOL7  =                   37 / start column of this field (= 37)
TFORM7  = 'I1      '          / integer

TTYPE8  = 'RA      '          / HH:MM:SS.SSS RA (J2000)
TBCOL8  =                   39 / start column of this field (= 39)
TFORM8  = 'A12     '          / 12 character

TTYPE9  = 'DEC     '          / +/-DD:MM:SS.SS DEC (J2000)
```

```
TBCOL9  =                   52 / start column of this field (= 52)
TFORM9  = 'A12     '           / 12 character

TTYPE10 = 'OBJ-NAME'           / name of object
TBCOL10 =                   65 / start column of this field (= 65)
TFORM10 = 'A30     '           / 30 character
TNULL10 = '                             '/ blank indicate null

END                            / End of the header records
```

- FOCAS の Multi Slit Spectroscopy mode (ASCII Table Extension sample data)

```
         1         2         3         4         5         6         7         8
12345678901234567890123456789012345678901234567890123456789012345678901234567890
--------------------------------------------------------------------------------
0002   2.10  10.79  20.8 0.1 000.00 1 12:35:32.154 +42:05:30.83
0695  53.05  90.23 100.0 0.2 000.00 3 12:35:44.555 +42:08:09.56 FOCAS1234+4208
1003 179.93 165.33   3.5 0.1 000.00 2 12:35:56.701 +42:11:12.74
```

6.5.3 HDS

```
         1         2         3         4         5         6         7         8
12345678901234567890123456789012345678901234567890123456789012345678901234567890
--------------------------------------------------------------------------------
COMMENT Sample header for HDS written on 27 November 1997
COMMENT by H.Izumiura, S. Kawanomoto, W. Aoki.
COMMENT
SIMPLE  =                    T / Standard FITS format
BITPIX  =                   16 / Number of bits for each pixel
EXTEND  =                    T / There is a standard extension 1 (ASCII table)
NAXIS   =                    2 / Number of axes in frame
NAXIS1  =                 4096 / Number of pixels per row
NAXIS2  =                 2048 / Number of rows
BSCALE  =              1.00000 / Real = (fits pixel value)*BSCALE+BZERO
BZERO   =           1355.00000 / Real = (fits pixel value)*BSCALE+BZERO
BUNIT   = 'ADU     '           / Unit of original pixel value
BLANK   =                    0 / Value used for NULL pixels
DISPAXIS=                    1 / Main dispersion axis in frame
CTYPE1  = 'RA---TAN'           / Pixel coordinate system
CTYPE2  = 'DEC--TAN'           / Pixel coordinate system
CUNIT1  = 'degree  '           /
CUNIT2  = 'degree  '           /
CRPIX1  =                2048.0 / Reference pixel in axis1
CRVAL1  =            190.00000 / Physical value of the reference pixel
CDELT1  =             0.000200 / Size projected into a detector pixel in axis1
CRPIX2  =               1024.0 / Reference pixel in axis2
CRVAL2  =             45.00000 / Physical value of the reference pixel
CDELT2  =             0.000200 / Size projected into a detector pixel in axis2
PROJP1  =                  0.0 /
PROJP2  =                  0.0 /
LONGPOLE=                180.0 /
PC001001=           1.00000000 /
PC001002=           0.00000000 /
PC002001=           0.00000000 /
PC002002=           1.00000000 /
BIN-FCT1=                    1 / Binning factor in axis1
BIN-FCT2=                    1 / Binning factor in axis2
N2XIS   =                    2 / Number of axes for the slit projection
N2XIS1  =                 4096 / Number of pixels per row for slit spectroscopy
N2XIS2  =                 2048 / Number of scan lines for slit projection
C2YPE1  = 'WAVELENGTH'         / (nm)
C2PIX1  =                2048.0 /
C2VAL1  =                500.18 /
C2ELT1  =                0.0180 /
C2NIT1  = 'nm      '           / for C2VAL1 and C2ELT1
C2YPE2  = 'DEC--TAN'           /
C2PIX2  =                1024.0 /
C2VAL2  =             45.00000 /
C2ELT2  =             0.000200 /
C2NIT2  = 'degree  '           / for C2VAL2 and C2ELT2
P2OJP1  =                  0.0 /
P2OJP2  =                  0.0 /
P2001001=           1.00000000 /
P2001002=           0.00000000 /
P2002001=           0.00000000 /
P2002002=           1.00000000 /
PRD-STR1=                   10 /
PRD-STR2=                   10 /
PRD-RNG1=                  100 /
```

```
PRD-RNG2=                  100 /
OBJECT  = 'Q1245+4542'         /
DATA-TYP= 'OBJECT  '           /
RA      = '12:45:42.700'       / RA of the tracked pos. on the slit guide pos.
DEC     = '+45:42:30.00'       / Dec of the tracked pos. on the slit guide pos.
RADECSYS= 'FK5     '           /
EQUINOX =               2000.0 /
PROP-ID = 'P1999-A135.HIZUMIUR' /
OBSERVER= 'H.Izumiura, S.Kawanomoto, W.Aoki' /
OBS-MOD = 'MULTI-ORDER SPECTROSCOPY'/ SINGLE-ORDER, MULTIPLE-ORDER
DATE-OBS= '2000-03-14'         / Date of observation
EXPTIME =             8542.2 / Exposure time in second
UT      = '08:22:22.2'         / Universal Time
UT-STR  = '08:22:22.2'         /
UT-END  = '10:44:44.4'         /
HST     = '22:22:22.2'         / Hawaii Standard Time
HST-STR = '22:22:22.2'         /
HST-END = '00:44:44.4'         /
LST     = '11:11:11.1'         / Local SideReal Time
LST-STR = '11:11:11.1'         /
LST-END = '13:33:50.0'         /
TIMESYS = 'UTC     '           / Time System
MJD     =    5.16173488681E+04 / Modified Julian Day
MJD-STR =    5.16173488681E+04 /
MJD-END =    5.16174477361E+04 /
SECZ    =               1.1388 /
SECZ-STR=               1.1300 /
SECZ-END=               1.1472 /
AIRMASS =               1.1388 /
AIRM-STR=               1.1300 /
AIRM-END=               1.1472 /
ALTITUDE=              61.4510 / Altitude of the telescope pointing (degree)
ALT-STR =              62.2461 /
ALT-END =              60.6553 /
AZIMUTH =              78.1000 / Azimuth of the telescope pointing (degree)
AZ-STR  =              75.0000 / 0:North, 90:East
AZ-END  =              80.0000 /
OBSERVAT= 'NAOJ    '           /
TELESCOP= 'SUBARU  '           /
DIAMETER=              8200.0 / Diameter of primary mirror (mm)
FOC-POS = 'NASMYTH-OPT'        / Focus
FOC-VAL =            1234.567 / Focus position of the telescope
FOC-LEN =            104207.0 / Focal length of the telescope (mm)
F-RATIO =               12.71 / F-ratio of incident beam
F-SCALE =               1.980 / Scale on the focal plane (arcsec/mm)
INSTRUME= 'HDS     '           /
FRAME-ID= 'HDS00001001'        / Frame ID number issued by OBS
EXP-ID  = 'HDS00000501'        / Exposure ID number locally defined
WAVELEN =              500.18 / Center wavelength of the center order (nm)
WAV-MAX =              351.44 / Maximum wavelength recorded (nm)
WAV-MIN =              648.92 / Minimum wavelength recorded (nm)
FILTER01= 'CN603   '           / Filter wheel No.1
FILTER02= 'R60     '           / Filter wheel No.2
SLT-WID =               0.467 / Slit width (arcsec)
SLT-LEN =               3.480 / Slit length (arcsec)
SLT-PA  =               60.25 / Slit position angle (degree)
SLTCPIX1=             2056.04 / Slit center position in axis1 at WAVELEN
SLTCPIX2=             1028.70 / Slit center position in axis2 at WAVELEN
SLTPASTR=                56.2 / Slit position angle at start (degree)
SLTPAEND=                64.3 / Slit position angle at end (degree)
SLT-OBJP=               -0.50 / Object position on the slit (arcsec)
DET-ID  =                   1 / ID number of the CCD in the detector unit
DETECTOR= 'MIT/LL  '           / Detector used to take this frame
DETPXSZ1=              0.0150 / pixel size in axis1 (mm)
DETPXSZ2=              0.0150 / pixel size in axis2 (mm)
DET-A01=               -8.003 / Rotation angle of the 1st detector (degree)
DET-P101=               0.050 / Relative axis1 position of the 1st detector (mm)
DET-P201=              15.000 / Relative axis2 position of the 1st detector (mm)
DET-A02=               -7.998 / Rotation angle of the 2nd detector (degree)
DET-P102=               0.020 / Relative axis1 position of the 2nd detector (mm)
DET-P202=             -15.000 / Relative axis2 position of the 2nd detector (mm)
GAIN    =                2.00 / Readout gain
DET-TMP =               158.2 / Nominal detector temperature (Kelvin)
DET-TAVE=               158.2 / Average detector temperature (Kelvin)
DET-TMAX=               159.2 / Maximum detector temperature (Kelvin)
DET-TMIN=               157.2 / Minimum detector temperature (Kelvin)
DET-TSD =               0.073 / Detector temperature fluctuation (Kelvin)
WEATHER = 'CLEAR   '           / Weather condition
SEEING  =               0.570 / FWHM of the star observed with Slit Viewer (arcsec)
NAS-TAVE=              286.25 / Average Nasmyth encl. temp. (Kelvin)
NAS-TMIN=              287.07 / Minimum Nasmyth encl. temp. (Kelvin)
NAS-TMAX=              285.64 / Maximum Nasmyth encl. temp. (Kelvin)
NAS-TSD =                0.25 / Fluctuation of Nasmyth encl. temp. (Kelvin)
DOM-WND =                 4.2 / Wind speed inside dome (m/s)
```

```
DOM-TMP =                276.2 / Atmospheric temperature inside dome (Kelvin)
DOM-HUM =                  3.0 / Humidity inside dome (hPa)
OUT-WND =                  5.3 / Wind speed outside dome (m/s)
OUT-TMP =                277.1 / Atmospheric temperature outside dome (Kelvin)
OUT-HUM =                  3.0 / Humidity outside dome (hPa)
DOM-PRS =                654.0 / Nominal atmospheric pressure (hPa)
DOM-PSTR=                653.8 / Pressure at start (hPa)
DOM-PEND=                654.2 / Pressure at end (hPa)
IMGROT  = 'BLUE    '           /Image Rotator (BLUE, RED, NONE)
IMR-PSTR=               153.22 / IMR position angle at start (degree)
IMR-PEND=               162.91 / IMR position angle at end (degree)
ADC     = 'BLUE    '           /Atm. Disp. Compensator (BLUE,RED,NONE)
ADC-STR =               348.99 / ADC position angle at start (degree)
ADC-END =          1.23+360.00 / ADC position angle at end (degree)
DAQ-VER = '1.0.0 '             / Data Aquisition System
INS-VER = 'HDS-1.00/HDS-1.00'  / hardware/software version
COMMENT
COMMENT   ---------------------------------
COMMENT      HH   HH   DDDDDD     SSSSSS
COMMENT      HH   HH   DD  DDD   SSS    S
COMMENT      HHHHHHH   DD   DD     SSSS
COMMENT      HH   HH   DD  DDD   S    SSS
COMMENT      HH   HH   DDDDDD     SSSSSS
COMMENT   ---------------------------------
COMMENT  Keywords specific to HDS
COMMENT
COMMENT /Image Slicer
H_IMSLCR= 'ON      '           / Image slicer (ON, OFF)
H_ISTYPE= 'FMOS    '           / Type of the image slicer
COMMENT /SLIT
H_S-MSK1=                1.499 / Upper mask position from the center (mm)
H_S-MSK2=               -1.505 / Lower mask position from the center (mm)
H_S-INCL=                31.50 / Slit inclination angle wrt the horizontal plane
COMMENT /Detector
H_D-UNIT= '1       '           / ID number of the detector unit
H_D-OTHR= 'YES     '           / Use of the other CCD in this mosaic
COMMENT /SHUTTERS
H_SHUTTR= 'OPEN    '           / Entrance shutter (OPEN, CLOSE)
H_HARTMN= 'ALL-OPEN'           / Hartmann shutter (U-OPEN,L-OPEN,ALL-OPEN,ALL-CLOSE)
COMMENT /COLLIMATOR MIRROR
H_COLLIM= 'BLUE    '           / Collimator (BLUE, RED)
H_CFOCLN=              3396.51 / Collimator focal length (mm)
H_COFFAN=                 5.00 / Collimator offset angle (degree)
COMMENT /ECHELLE GRATING
H_ECHELL= 'RED     '           / Echelle (BLUE, RED, NIR)
H_ECONST=                31.60 / Ruling pitch (grooves/mm)
H_EBLAZE=                70.30 / Blaze Angle (degree)
H_EEPSRN=                 6.00 / Offset Angle of the Incident Beam (degree)
H_EGAMMA=                 0.00 / (degree)
H_EROTAN=             53.13743 / Echelle Rotation Angle (degree)
COMMENT /CROSS DISPERSER GRATING
H_CROSSD= 'BLUE    '           / Cross Disperser (BLUE, RED, MIRROR)
H_CCONST=                400.0 / Ruling pitch (grooves/mm)
H_CBLAZE=                 4.76 / Blaze Angle (degree)
H_CEPSRN=                 0.00 / Offset Angle at Blaze Wavelengths (degree)
H_CGAMMA=                45.00 / (degree)
H_CTABAN=             127.4367 / Rotation angle of the turn table (degree)
H_CROTAN=              34.1244 / Cross Disperser Rotation Angle (degree)
COMMENT /CAMERA
H_CMRFL =                770.85 / Camera focal length (mm)
COMMENT /Detector Focusinig Unit
H_FOCUS =               -1.244 / Focusing unit position (mm)
H_PITCH =               0.0001 / Focusing unit pitching angle (degree)
H_YAWING=               0.0001 / Focusing unit yawing angle (degree)
H_F-DRV1=               -1.234 / Focusing driver1 position (mm)
H_F-DRV2=               -1.220 / Focusing driver2 position (mm)
H_F-DRV3=               -1.195 / Focusing driver3 position (mm)
H_DETROT=               -8.00  / Rotation angle of the detector unit (degree)
COMMENT /Nasmyth Enclosure Temperature at n-th position
H_ETnAVE=               +13.25 / Average (Kelvin)
H_ETnMIN=               +14.07 / Minimum (Kelvin)
H_ETnMAX=               +12.64 / Maximum (Kelvin)
H_ETnDEV=                 0.25 / Standard Deviation (Kelvin)
COMMENT /Subaru Adaptive Optics
H_AO-TYP= 'Tip-Tilt'           / Type of correction
H_AO-ORD=                    0 / Maximum order included
H_AO-OBJ= 'Nearby bright star' / star used for wavefront correction
H_AO-RA = '12:45:40.000'       /
H_AO-DEC= '+45:42:20.00'       /
COMMENT /Zero-th order light monitor of the echelle
H_ZAXIS1= 'Along Slit'         /
H_ZAXIS2= 'Cross Slit'         /
H_ZA1POS=                254.3 / peak position in axis1 (pixel)
H_ZA2POS=                232.9 / peak position in axis2 (pixel)
```

```
H_ZWID1 =                 3.25 / Width in axis1 of the stellar image (pixel)
H_ZWID2 =                 5.43 / Width in axis2 of the stellar image (pixel)
H_ZDELT =               0.0240 / Pixel size (mm)
H_ZSCALE=               0.0100 / physical length on the slit plane projected
COMMENT                          into one pixel (mm/pixel)
H_ZTMP  =                200.0 / Detector temperature (Kelvin)
COMMENT /Super Resolution Mode
H_SUPER = 'NO      '             / Super Resolution Mode (POS1, POS2, NONE)
COMMENT /Auto Guider (offset guider)
H_AG-OBJ= 'Tycho1245+4542'       /
H_AG-ORA= '12:45:42.000'         / RA of the guide star
H_AG-ODE= '+45:42:26.00'         / Dec of the guide star
H_AG-RA = '12:45:42.800'         / RA of the tracked pos. on the slit guide pos.
H_AG-DEC= '+45:42:31.00'         / Dec of the tracked pos. on the slit guide pos.
H_AG-EQN=               2000.0 /
COMMENT
COMMENT
END


COMMENT ASCII TABLE EXTENTION for Echelle format description
XTENSION= 'TABLE   '             / Talbe extension
BITPIX  =                    8 / 8-bits per "pixel"
NAXIS   =                    2 / simple 2-D matrix
NAXIS1  =                   72 / No. of characters per row
NAXIS2  =                    3 / The number of rows (= )
PCOUNT  =                    0 / No "random" parameters
GCOUNT  =                    1 / Only one group
TFIELDS =                   12 / There are 12 fields per row
TTYPE1  = 'ORDER   '             /
TBCOL1  =                    1 /
TFORM1  = 'A3      '             /
TTYPE2  = 'X-MIN   '             /
TBCOL2  =                    5 /
TFORM2  = 'A4      '             /
TUNIT2  = 'PIXEL   '             /
TTYPE3  = 'Y-MIN   '             /
TBCOL3  =                   10 /
TFORM3  = 'A4      '             /
TUNIT3  = 'PIXEL   '             /
TTYPE4  = 'WL-MIN  '             /
TBCOL4  =                   15 /
TFORM4  = 'F8.3    '             /
TUNIT4  = 'nanometer'            /
TTYPE5  = 'X-CEN   '             /
TBCOL5  =                   24 /
TFORM5  = 'A4      '             /
TUNIT5  = 'PIXEL   '             /
TTYPE6  = 'Y-CEN   '             /
TBCOL6  =                   29 /
TFORM6  = 'A4      '             /
TUNIT6  = 'PIXEL   '             /
TTYPE7  = 'WL-CEN  '             /
TBCOL7  =                   34 /
TFORM7  = 'F8.3    '             /
TUNIT7  = 'nanometer'            /
TTYPE8  = 'X-MAX   '             /
TBCOL8  =                   43 /
TFORM8  = 'A4      '             /
TUNIT8  = 'PIXEL   '             /
TTYPE9  = 'Y-MAX   '             /
TBCOL9  =                   48 /
TFORM9  = 'A4      '             /
TUNIT9  = 'PIXEL   '             /
TTYPE10 = 'WL-MAX  '             /
TBCOL10 =                   53 /
TFORM10 = 'F8.3    '             /
TUNIT10 = 'nanometer'            /
TTYPE11 = 'SLIT INCLINATION'     /
TBCOL11 =                   62 /
TFORM11 = 'F5.1    '             /
TUNIT11 = 'degree  '             /
TTYPE12 = 'DISPERSION'           /
TBCOL12 =                   68 /
TFORM12 = 'F4.3    '             /
TUNIT12 = 'nm/pixel'             /
END
         1         2         3         4         5         6         7         8
12345678901234567890123456789012345678901234567890123456789012345678901234567890
  1    1    1 2000.000 2048    5 2250.000 4096   10 2500.000 359.9 0.122
500    1 1024 1000.000 2048 1029 1125.000 4096 1034 1250.000   0.1 0.061
999    1 2038  500.000 2048 2043  567.500 4096 2048  675.000   0.3 0.031
```

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。[注: ここで紹介するインターネット上のリソースは、その情報やソフトの大元の提供先を上げてあるが、実際にソフトなどを入手する際は、いきなりそこへアクセスするのではなく、次の 7.4 節で紹介している日本国内のサーバなどをまず利用してトラッフィックの軽減に協力されたい]

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 Conformance Tester) FITS ファイルの有効性を検証するソフト。C で記述されている。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、
http://www.gsfc.nasa.gov/astro/fits/fits_tester.html

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

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 と ANSI C で書かれ各種コンピュータで実行可能である。サポートしている FITS ファイルは standard extension と 多次元配列、可変長配列の binary table、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 により開発され現在は FTOOLS team により保守されている FTOOLS は FITS データファイルの作成、検証、改訂のための 200 以上ものユーティリティプログラム群であり、ANSI Fortran, ANSI C, Perl, Tcl で記述されている。グラフィカルインターフェイスも提供されていり、３ヶ月ごとに新しいバージョンがリリースされている。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, Linux, SUN / SunOS, SUN / Solaris, HP / HP-UXm, SGI / IRIX, ALPHA / VMS, VAX / VMS

入手は、

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

FITS Viewer fv fv は FITS ファイルのヴューア兼エディタであり、FTOOLS パッケージに標準で含まれているが、スタンドアロンでも使える。GUI を備えており、次のような特徴を持つ。

- イメージを表示し、ペン、ズーム、カラーテーブル操作などができる。
- FITS ヘッダーキーワードとデータ値の編集ができる。
- サマリウインドウですべての extension のサイズや内容を表示できる。
- FITS table の 2 つ以上のコラムの値のプロットや Postscript での出力。

現在は多くの Unix プラットフォームがサポートされている。Windows と Macintosh バージョンは開発中である。

http://heasarc.gsfc.nasa.gov/docs/software/ftools/fv.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 eclipse from ESO

eclipse (ESO C Library for an Image Processing Software Exvironment) は ESO による天文用イメージプロセッシングの ANSI C ライブラリである。これは ESO の 3.6 m 鏡の Adonis(Adaptive Optics system) 用にデザインされたが、そのアルゴリズムはもっと汎用に使え、イメージ更正、クリーニング、解析などに使える。

http://www.eso.org/eclipse

7.1.4 FITS ブラウザ

ADC FITS Table browser GSFC の 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://adc.gsfc.nasa.gov/pub/adc/software/browsers/ftb/ftb_user_guide.txt

NCSA FITS Browser NCSA (The National Center for Supercomputing Applications) の Hierarchical Data Format (HDF) グループは、HDF Scientific Data Browser 開発の一環として FITS ブラウザを開発している。

Scientific Data Brauser これは FITS ファイルのサーバーサイドブラウザであり、サーバ上で FITS ファイルの HTML 版を作成することにより、そのファイルへのアクセスを提供するもので、汎用のブラウザで閲覧できる。現在次のような機能が提供されている。

- FITS ファイルからのイメージの抽出
- 3D イメージからの各プレーンの表示
- ヘッダー情報のサマリの提供
- ASCII または binary table からの HTML table の作成

これを使うには以下の要件が必要。

- 表をサポートしたウェブブラウザ
- FITSIO の 4.08 以降のバージョン
- HDF/netCDF library distribution のバージョン HDF4.0r2

ブラウザは以下から入手可能。

http://hdf.ncsa.uiuc.edu:4321/

Java-based Client-side Browser これは Java ベースのクライアントサイドブラウザであり、プロトタイプの特徴は以下のとおりである。(入手は server-side Browser と同じ)

- FITS の ASCII 又は binary table を HTML の表で表示する。
- Java applet を使ってイメージを別フレームで表示したり 3-D イメージのアニメーションを表示する。
- ヘッダーやサマリ情報を表示する。

7.1.5 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。これには次の情報がある。

- IDL で書かれた汎用の天文学的手続き集
- ユーザ選択可能な手続きのコレクション
- ユーザからサブミットされた手続き集
- FITS I/O ソフトや球面座標と平面座標の変換手続き

以下から入手可能。
http://idlastro.gsfc.nasa.gov/homepage.html

7.1.6 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://http.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/

NRAO FITS viewers NRAO は FITS ヴューアとして FITSview ファミリーを開発し多くのプラットフォームで使えるようにしている。サポートされている特徴は次のとおり。

- すべての定義された FITS データタイプ
- 空白のピクセル
- 2 又は 3 次元の FITS イメージ
- gzip 圧縮されたファイルの直接の読み込み
- WCS を使った天球位置の決定

このファミリーには次のようなものがある。

FITSview FITSview は Windows3.1 と Windows95 で動く。テキストと gzip 圧縮されたものが扱える。多色 (又は多階調グレイ) ディスプレイが使えるが 256 色がもっともよい結果を出す。入手先は次のとおり。

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

MacFITSview Macintosh の System 7.0 以降で動く。PowerPC 版と 68k 用がある。入手先は次のとおり。

ftp://ftp.cv.nrao.edu/fits/os-support/mac-os/macfitsview/

XFITSview Unix/X-Windows で動く (要 Motif)。いくつかのシステム用 (Sun(SunOS, Solaris), HP, IBM, SGI, Alpha, Linux) のバイナリとソースが用意されている。入手先は次のとおり。

ftp://ftp.cv.nrao.edu/fits/os-support/unix/xfitsview/

SAO R&D Software Suite SAO R&D SOftware Suite はいくつかのソフトウェア群から構成されているが、FITS ヴューアとしては、*SAOimage: The Next Generation (SAOtng)*[3] が含まれている。これは X11 上の表示ツール SAOimage の新バージョンであり、SAO と NOAO によって開発されている。SAOtng は X-Window 環境で、スタンドアロンまたは IRAF の GUI である ASSIST などで FITS ファイルや IRAF イメージを表示するのに使える。SAO R&D Software Suite は SunOS と Solaris で開発され、他のプラットホームへポートされている。現在のポートは、SGI, HP9000s700, Dec Alpha である。入手は以下から。

ftp://sao-ftp.harvard.edu/pub/rd/saord.tar.Z

また、従来の SAOimage は SUN, HP, DEC, VMS, LINUX 用のバイナリとソースが入手可能。

ftp://cfa-ftp.harvard.edu/pub/gsc/SAOimage/

netPBM netPBM は Extended Portable Bitmap Toolkit(pbm+) の改訂版であり、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。現在ではオリジナルの作者の公式のリリースではなく、世界中のさまざまなソースコードのコレクションとなっている。netPBM は Unix, MS-DOS, VMS Amiga, その他の C コンパイラと出力のリダイレクションをサポートするシステム (多くのアドレス空間を要する) で動く。ただし、すべての FITS 画像が表示できるとは限らず、 特に配列が 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し、浮動少数は IEEE-754 を解するマシンに限る。多くの ftp サイトにあるので、archie などで検索、入手可能。

http://wuarchive.wustl.edu/graphics/graphics/packages/NetPBM

SkyCat SkyCat は ESO のデータ管理部門と VLT プロジェクト部門 (Canadian Astronomical Data Center(CADC) の寄与もあるそうである) の開発による天文用の各種画像表示やカタログやアーカイヴデータへのアクセスのためのツールであり、FITS イメー

[3]Star Trek: The Next Generation のもじり

ジの表示もできる (WCS のサポートも含む)。関連情報やソフトの入手については、以下のとおり。

http://arch-http.hq.eso.org/skycat/

xv　著名なシェアウェアの画像ツール xv はバージョン 3.10a 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

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

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、

http://nssdc.gsfc.nasa.gov/cd-rom/software/imdisp.html

MSI Windows FITS Viewer　Manchester Scientific Instruments はフリーの FITS Viewer を公開している。これはプライマリ HDU をサポートし、32-bit と 16-bit のものが利用可能である (16-bit 版のサポートは打ち切られた)。アルファリリースではあるが、Linux 版も公開されている。入手先は次のとおり。

http://msi.campus-ventures.co.uk/msi/fits.html

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.goldinc.com/pub/goldinc/Lemke/gc.hqx

Photoshop plug-in　D. Norton (Otter Solution) は NIH Image とともに使う 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/plug-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/

7.1.7 World Coordinates

AIPS-based ANSI C Functions　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 をリリースしえいる。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-2.4.tar.gz で ftp できる。

ftp://fits.cv.nrao.edu/fits/src/wcs/

WCSTools Package　WCSTools パッケージは Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics が公開している WCS の情報の操作ツールである。これは reference star catalog や Digitized Sky Survey から作成されたイメージに WCS を設定するスタンドアロンの C プログラムを含む。他にも FITS ヘッダーを操作し、イメージと天球座標の変換のためにヘッダー情報を使うプログラムもある。これらのルーチンは SAOtng のものと同じである。

http://cfa-ftp.harvard.edu/pub/gsc/WCSTools/

7.1.8 FITS <–> HDF コンバータ

The National Cneter for Supercomputing Applications(NCSA) は FITS と Hierarchical Data Format(HDF) の変換ユーティリティを開発している。提供されているのは、HDF Scientific Data Sets(SDSs) と FITS の変換ソフトである。関連情報は以下より。

http://hdf.ncsa.uiuc.edu/fits/index.html

7.2 サンプルデータ

7.2.1 FITS Support Office Error Test Files

ここには 1 つの FITS ファイルのいくつかのバリエーションが置いてある。それは、

- FITS スタンダードや推奨される規則の確認のためのもの
- 異なる種類のヘッダーエラーを含むもの
- いくつかの FITS リーダに問題を引き起こすもの

である。これらは FITS リーダプログラムの有効性のテストに使える。入手先は、
ftp://nssdc.gsfc.nasa.gov/pub/fits/errtest/

7.2.2 IAUFWG Test Files

Preben Grosbol による、FITS リーダの有効性のテストのためのファイルであり、スタンダード FITS の プライマリ HDU, TABLE, IMAGE, BINTABLE extensions, IEEE の浮動少数や特殊値を含んでいる。入手先は、
http://www.cv.nrao.edu/fits/data/test/pg93/

7.2.3 FITS Test Tape

Tape と称しているが、実際はオンラインのファイルである (歴史的には Tape 上にあったという事情による)。純粋なテキストファイルや、ランダムグループ、プライマリ HDU の後に special record があるものなどがある。入手先は、
http://www.cv.nrao.edu/fits/data/test/ftt4b/

7.2.4 HEASARC/OGIP Sample Files

HEASARC の OGIP(Office of Guest Investigator Programs) は、HFWG(HEASARC FITS Working Group) で開発された規約や推奨フォーマットに対応した多くのファイルを収集している。入手先は、
http://heasarc.gsfc.nasa.gov/docs/heasarc/ofwg/ofwg_sample.html

7.2.5 Four-digit Year Sample Files

先日正式に IAUFWG で採用された DATExxxx キーワードに関する新しい 4 桁の西暦 (や時間) を含むファイルが集められている。FITS リーダの新フォーマットへの有効性をテストするために提供されている。入手先は、
ftp://fits.cv.nrao.edu/fits/data/samples/year-2000/

7.3 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。

7.3.1 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
ftp://nssdc.gsfc.nasa.gov/pub/fits/errtest/

7.3.2 HEASARC

NASA / Goddard HEASARC (High Energy Astrophysics Science Archive Reserch Center) 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/software/

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。

7.3.3 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

7.3.4 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://www.gsfc.nasa.gov/astro/fits/info_sources.html#heafits

7.3.5 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。また、FITS 日本委員会ホームページからも参照できる。(次節参照)

7.4 日本国内の情報

7.4.1 日本 FITS 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、日本 FITS 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) 満田和久 (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) 村田泰宏 (murata@astro.isas.ac.jp)

委員 (太陽電波分野) 花岡庸一郎 (hanaoka@nrao.nao.ac.jp)

名誉委員 西村史朗 (nishmrsr@cc.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@r1.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@r1.mtk.nao.ac.jp
で議論されることが多い。

7.4.2 日本 FITS 委員会ホームページ

上記委員会の活動に関連して、WWW 上で FITS に関する情報を提供するために「日本 FITS 委員会ホームページ」を開設している。URL は次のとおり。
http://www.fukuoka-edu.ac.jp/gakunai/rika/kanamitu/study/fits/
ここで提供している情報やサービスは、

- FITS の手引き (html 版)
- NetNews アーカイヴ、検索サービス (sci.astro.fits の記事情報)
- jfits メーリングリスト アーカイヴ、検索サービス
- FITS 関連ドキュメント提供 (http, ftp)

- FITS 関連ソフトウェア提供 (http, ftp)
- FITS 関連のリンク

といったところである。FITS に関するメール群 (前記の sci.astro.fits ニュースグループの記事と jfits) に関しては過去の記事一覧表示や特定のサブジェクトや投稿者名での検索表示ができ、また、ドキュメント類としては、FITS の手引きの LaTeX 版を始め、英語のスタンダード、拡張案等の TeX やポストスクリプトファイルもおいてある。このドキュメント類や前節で紹介したソフトの一部はこのページからたどって入手することもできるし、関連する ftp サーバ、

ftp://ftp.fukuoka-edu.ac.jp/pub/Astronomy/fits/

から入手することもできるので、近くの方は利用されたい。

7.4.3 天文データ解析計算センターの情報バンク

三鷹の情報バンク用ワークステーション

ftp://sinobu.mtk.nao.ac.jp/

には市川 (伸) 氏により 各種天文関連のソフトやドキュメント、データが蓄積されており、前節のソフトの一部 (IRAF や SAOimage をはじめ多数) が開発元からミラーされ、最新版が置かれるように整備されている。前節のソフト類を入手しようと思った場合はいきなり前節で紹介した大元へ取りに行くのではなく、まず、こちらに来ていないかをチェックすることがトラッフィック軽減のためにも望ましい。

7.4.4 天文情報処理研究会ホームページ

この手引きの出版母体である天文情報処理研究会もホームページを開設しており、各種天文ソフトに関する情報 (元情報へのリンクや ftp サーバへのリンクなど) が整備されている。FITS 関連のソフトに関する情報なども入手できるので参考にされたい。

http://bandai.mtk.nao.ac.jp/jaipa/

また、天文情報処理研究会の ftp サーバからも有用なソフト類が入手できる。

ftp://bandai.mtk.nao.ac.jp/pub/

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., Tody, D. B., and Pence, W. D. 1995, "Binary Table Extension to *FITS*", *Astron. Astrophys. Suppl.*, **113**, 159–166.

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.