

Mark5 データから K5 データへのフォーマット変換について (その2)

JIVE で観測した Mark5 データ (16MHz 2 ビットサンプリング) を K5 フォーマットに変換することに成功し、鹿島 34m 観測との間でのフリッジ検出にも成功した。今回のフォーマット変換にあたり、VEX ファイルの中身を詳細に調査したほか、Mark4 データヘッダ一部の AUX フィールドのフォーマットに関するドキュメントをインターネット検索により見つけることができた。今回の成功により、フォーマット変換法はほぼ確立されたと言えるが、Mark4 で時々(?)行われる barrel-roll (書き込みトラックと ch の対応を観測中に定期的 (フレーム単位) で切り替えることにより、どこか不良トラックがあったとしても全 ch 観測をカバーする方法) は未経験である。しかしながら、AUX フィールドからトラック情報とサンプラー固有 ID を読みとることができるので、追跡は容易と考えている (今のところプログラムとしては未対応)。以上のように、今回、Mark5 データフォーマットに対する理解が大幅に進んだので、その詳細を報告する。

1. VEX ファイル

VEX (VLBI Experiment) ファイルは VLBI 実験のすべてを記述するために作られたファイルで、スケジュール作成に必要な情報から、各局の観測および相関処理に必要な情報が含まれている。中身は "\$" で始まるキーワードで規定されるブロックに分かれている (<http://lupus.gsfc.nasa.gov/vex/VEX15a.doc>)。すべてのブロックを記述する必要はなく、スケジュールや観測など、それぞれの用途に必要なブロックが記述されていれば良い。ブロックには一番下位 (Primitive) のブロック (VEX PARAMETER TABLES (REV1.5a 31 January 1998) (<http://lupus.gsfc.nasa.gov/vex/VEXNPT15a.doc>) では、表 1 に示される 19 ブロックが定められている) と、\$GLOBAL, \$STATION, \$MODE, \$SCHED と呼ばれる上位ブロックがある。これらの上位ブロックには最下位ブロックへの参照情報が記述されている。\$SCHED は実際の観測が時間順に記述されている

表 1. 最下位ブロック

ブロック	内容
\$ANTENNA	アンテナ情報
\$BBC	ベースバンド (ビデオ) 変換器情報
\$CLOCK	局の時計情報
\$DAS	データ収集システム情報
\$EOP	地球姿勢パラメータ情報
\$EXPER	実験の一般情報
\$FREQ	観測周波数情報
\$HEAD	ヘッド位置情報
\$IF	IF 周波数情報
\$PASS_ORDER	レコーダパス情報
\$PHASE_CAL_DETECT	P C A L 検出情報
\$PROCEDURES	各種タイミング (テープ交換時刻など) 情報
\$ROLL	バレルロール (トラック対 ch 対応切り替え) 情報
\$SCHEDULING_PARAMS	スケジュールプログラムに必要な情報
\$SEFD	S E F D 情報

\$SITE	局詳細情報
\$SOURCE	電波源情報（衛星も表現可能！）
\$TAPELOG_OBS	テープ情報（観測後に作成される）
\$TRACKS	トラックとチャンネルの対応情報（K 5 への変換に必要！）

J I V E 実験後に送られてきた V E X ファイルの中身（一部）を以下に示す。
（行中の '*' 以降はコメントと見なされる）

* * V E X ファイル例 * *

```

VEX_rev = 1.5;
*   SCHED vers: Release of 02 July 2002
*   VEX/SCHED:  1.5.78
*   Other versions: Sched: 5.20  Plot: 1.05  JPL-ephem: 1.01
*   log2vex vers: 1.9.1, Release 11 november 2002
*   Run by jobs at 17:24:09  27 Feb 2003
*-----
$GLOBAL;
  ref $EXPER = N03L1;
  ref $EOP = EOP055;
*
*           PI revision number:          +-----+
*                                           |  2.1000  |
*                                           +-----+
*-----
$EXPER;
*
def N03L1;
  exper_name = N03L1;
  exper_description = "Network Monitoring Expt - Mk5 test";
  PI_name = "Zsolt Paragi";
  PI_email = paragi@jive.nl;
*   address:   JIVE
*
*
*
*   phone:     +31-521-596536
*   during obs: +31-521-596536

（中略）

$TRACKS;
*
def MKIV.8Ch2bit1to2;
* mode = 1  stations =Nt:Jb
*   format = MKIV1:2, and fan-out = 2
*   mode requires 8.00Mb/s/tr; tape speed low dens: 270ips, high dens: 160ips
  track_frame_format = Mark4;
  data_modulation = off;
  fanout_def = A : &CH01 : sign : 1: 2: 4;
  fanout_def = A : &CH01 : mag  : 1: 6: 8;
  fanout_def = A : &CH02 : sign : 1: 10: 12;
  fanout_def = A : &CH02 : mag  : 1: 14: 16;
  fanout_def = A : &CH03 : sign : 1: 18: 20;

```

```

fanout_def = A : &CH03 : mag : 1: 22: 24;
fanout_def = A : &CH04 : sign : 1: 26: 28;

( 中略 )
fanout_def = A : &CH08 : sign : 1: 27: 29;
fanout_def = A : &CH08 : mag : 1: 31: 33;
endif;
*
def Wbshift;
* mode = 1 stations =Wb
* format = MKIV1:2, and fan-out = 2
* mode requires 8.00Mb/s/tr; tape speed low dens: 270ips, high dens: 160ips
track_frame_format = Mark4;
data_modulation = off;
fanout_def = A : &CH01 : sign : 1: 4: 6;
fanout_def = A : &CH01 : mag : 1: 8: 10;
fanout_def = A : &CH02 : sign : 1: 12: 14;
fanout_def = A : &CH02 : mag : 1: 16: 18;
fanout_def = A : &CH03 : sign : 1: 20: 22;
fanout_def = A : &CH03 : mag : 1: 24: 26;

( 中略 )

$ROLL;
*
def NoRoll;
* mode = 1 stations =Mc:Wb:Nt:Jb
* barrel-roll set to 'roll_off', so reverse-roll by 0 (1 head)
roll = off; < == これでバレルロールしていないことが分かる
endif;

( 中略 )

$SCHED; * Experiment: N03L1
*-----
*
scan No0001;
start=2003y056d13h30m00s; mode=NME-MK5.18CM; source=DA193;
* : data_good: data_stop: goto_startpos: pass:wrp:drv;tape at
station=Mc: 0 sec: 1320 sec: 0 ft: 1A : : 1 ; * @0
station=Wb: 69 sec: 1320 sec: 0 ft: 1A : : 1 ; * @0
station=Nt: 3 sec: 1320 sec: 00123 ft: 1A : : 1 ; * F@00123
station=Jb: 0 sec: 1320 sec: 00118 ft: 1A : : 1 ; * F@00118
endscan;
scan No0002;
start=2003y056d13h55m00s; mode=NME-MK5.18CM; source=3C84;

( 中略 )

$CLOCK; * Experiment: N03L1
*-----
*
* valid from clock_early clock_early_epoch rate
def MC;
clock_early= 2003y056d13h30m00s : -89.116 usec : 2003y056d16h08m30s : 1.39e-06;
endif;

```

```

*
def WB;
*   clock_early = 2003y056d13h30m00s : 1026.969 usec : 2003y056d16h08m30s : 1.39e-07; * Added by
Z.P. (from N02L3)
*   clock_early = 2003y056d13h30m00s : 1028.282 usec : 2003y056d16h08m30s : 1.39e-07; * Added by
uc.pl Fri Feb 28 16:36:15 2003
   clock_early = 2003y056d13h30m00s : 1029.569 usec : 2003y056d16h08m30s : 1.39e-07; * Added by
uc.pl Fri Mar 7 14:21:05 2003
   endif;
*
( 中略 )

```

```

$EOP;           * Experiment: N03L1
*-----*
*
def EOP055;
  TAI-UTC = 32 sec;
  eop_ref_epoch = 2003y055d00h00m00s;
  num_eop_points= 3;
  eop_interval  = 24 hr;
  ut1-utc      = -.3200020 sec: -.3203739 sec: -.3206147 sec;
  x_wobble     = -.155004 asec: -.154638 asec: -.154522 asec;
  y_wobble     = .330355 asec: .333342 asec: .336407 asec;
endif;
*

```

2 . Mark5(Mark3,4)ヘッダーデータフォーマット

Mark3,4 のヘッダーブロックは160ビット(パリティビットは取り除いた後)で構成されるが、AUX フィールドの詳細が不明であった(その他のフィールドの詳細は既報告)。インターネットで検索したところ JIVE のドキュメントアーカイブ中に Mark3,4 の AUX フィールドを説明した文書 (http://www.jive.nl/jive/techinfo/evn_docs/179.pdf.gz) を発見した。その文書によると Mark4 の AUX フィールド(64 ビット)を16文字のヘキサアスキーで hhhhhhhrrssttuu と表現し、それぞれの意味は表2のようにになっている。

表2 . Mark4 AUX フィールドの定義

hhhhhhhhrrssttuu	(ヘキサアスキー16文字 (= 64ビット))
ここで hhhhhhhh:	bits 31-16 ヘッドスタック1の位置(ミクロン)
	bits 15-0 ヘッドスタック2の位置(ミクロン)
rr:	bits 7-6 ヘッドスタック番号(0 - 3は1 - 4に相当)
	bits 5-0 トラック番号(2-33 BCDはVLBAのトラック番号に相当)
ss:	bits 7-0 サンプラーID(番号)
tt:	フォーマッターステータスおよびエラーフラグ
	bit 7 時刻同期エラー
	bit 6 内部時計エラー
	bit 5 プロセッサータイムアウトエラー
	bit 4 通信エラー
	bit 3 スペア
	bit 2 スペア

	bit 1	トラックロール可能
	bit 0	制御停止
uu:	bits 7-0	システムID (番号)

3. VEXファイルのトラック情報の解釈

JIVEからFTPされたデータはWSTRBORK局で観測されたデータであった。WSTRBORK局に対するトラック情報をVEXファイルから抜き出すと

```
def Wbshift;
* mode = 1 stations =Wb
* format = MKIV1:2, and fan-out = 2
* mode requires 8.00Mb/s/tr; tape speed low dens: 270ips, high dens: 160ips
  track_frame_format = Mark4;
  data_modulation = off;
  fanout_def = A : &CH01 : sign : 1: 4: 6;
  fanout_def = A : &CH01 : mag : 1: 8: 10;
  fanout_def = A : &CH02 : sign : 1: 12: 14;
  fanout_def = A : &CH02 : mag : 1: 16: 18;
  (以下略)
```

のようになっている。例えばCh1の情報に注目すると、2ビットサンプリングデータはsignビットとmagビットで表されていると想像がつく。その後の項目(1以外)が、トラック情報を表していることも想像がつくが、何故複数(例えば、4と6)現れるのかが理解できずだった。ともかく、Ch1のトラックは4と8であろうと判断し、AUXフィールドからそのトラックに相当するデータストリームを抜き出して、まずはフレーム毎の時刻ラベルを見ていった。その結果、時刻の増え方と、サンプリングレート(16MHz)から期待されるデータ量の間に倍の違いが見られることが分かった。つまり、トラック当たりのビットレート半分しかなく8Mbpsであった。そこで、トラック6と10の組み合わせのデータと合わせることで16Mbpsを達成している(トータルではチャンネル当たり32Mbps)のだろうと想像し、また2ビットサンプリングのエンコード法もK5で同じであろうと仮定し、フォーマット変換を行うことにした。2つのデータストリームを合成する際、トラック4と8のペアを先にするか、それともトラック6と10のペアを先にするか2通りが考えられるが、まず、すなおな順番(トラック4と8のペアを先にする)で、フォーマット変換を行い、VEXファイルから得た局位置情報とクロック情報を使って相関処理を行った。その結果、一発でフリンジ検出に成功した。チェックのため、逆の順番(トラック6と10のペアを先にする)で相関処理まで行った結果、こちらの方が相関強度が大きくなった(0.0031-->0.0036)。なお、この順番の入れ替わりは高周波数成分のみに寄与する。

今井さんから、事前にメールにて以下の情報が入っていたのですが、

さて重要なお知らせがあるのですが、そのWesterborkデータの32トラックについてです。Mk5ユニットに問題があって、データ記録トラックが当初予定していたものに対して2トラック分前にシフトしていることが判明しました。つまり、最初の2トラック分のデータが記録されず、3トラック目から記録されている、ということです。それに伴って読み込むべきVEXファイル、特に\$TRACKS部分に変更が発生しています。そのVEXを添付します。

素直に解釈される順番と異なっているのは、このことが原因かもしれません。

2ビットサンプリングのエンコード法に関してもVEXファイルではsign ビットとmag ビットのように書いてあるので、ひょっとすると01 00 10 11の順に大きくなるかもしれないと思い、そのような変換での相関処理も行いましたが、強度は劇的に小さくなったためK5と同じ00 01 10 11の順に大きくなることが確認できた。後に、VEXファイルの説明書を読んでいて、以下の記述を見つけK5と同じであることが、裏付けられた。

4. When recording 2-bit samples, the bits are identified as 'sign' and 'mag', as defined in Mark IV memo 205.7. The samples are actually encoded as '00', '01', '10', '11', in order, going from most negative to most positive voltage. The first bit (MSB) is truly the sign, while the second bit (LSB) is encoded for statistical uniformity to keep the tape channel happier. The designation 'sign' and 'mag' is used here, even though not quite correct, so that the 1-bit sample case is designated as 'sign', which is both accurate and more comfortable than 'MSB'.

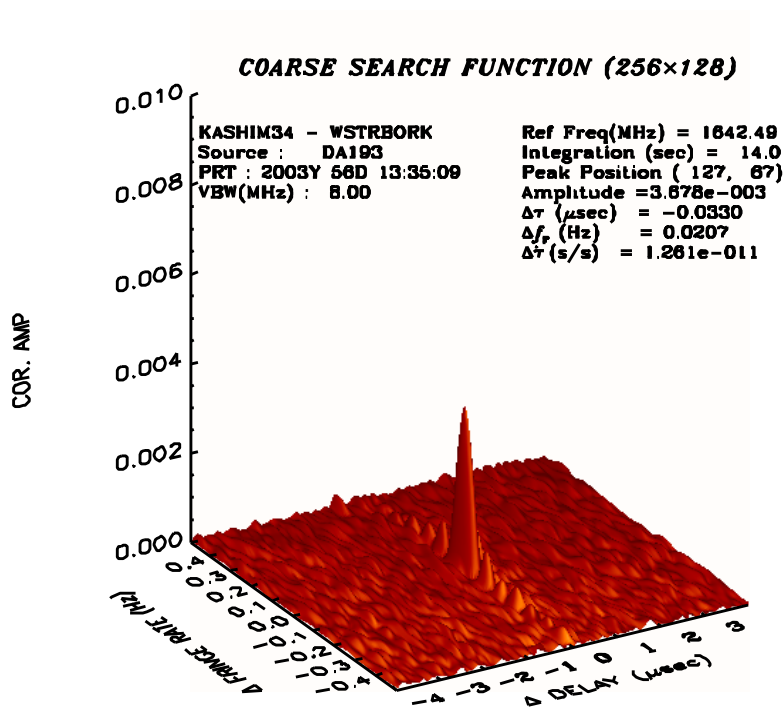


図 1 J I V E (Westerbork) - 鹿島基線の初フリッジ

4 . Mark5 データのヘッダ部モニター例 (プログラム m5check)

```
*****
*   Mark-5 data structure analysis   *
*   Ver 1.00  2003-03-11  by T.KONDO/CRL  *
*****

Mark 5 Data File : G://IPVLBI/data/evlbi3/288-1805
BIT#  HEADER    AUX    SYNC    TIME FIELD  CRC  Y/DDD HH:MM:SS.SSS FMHz
00  --- sync not detected ---
01  --- sync not detected ---
02  00310031 04010007 ffffffff 22881805 401753cf 2/288 18:05:40.175 4.0
03  --- sync not detected ---
04  00310031 06030007 ffffffff 22881805 40175e01 2/288 18:05:40.175 4.0
05  --- sync not detected ---
06  00310031 08050007 ffffffff 22881805 401751d8 2/288 18:05:40.175 4.0
07  --- sync not detected ---
08  00310031 10070007 ffffffff 22881805 40175efb 2/288 18:05:40.175 4.0
09  --- sync not detected ---
10  00310031 12090007 ffffffff 22881805 401756c6 2/288 18:05:40.175 4.0
11  --- sync not detected ---
12  00310031 140b0007 ffffffff 22881805 40175bca 2/288 18:05:40.175 4.0
13  --- sync not detected ---
14  00310031 160d0007 ffffffff 22881805 40175555 2/288 18:05:40.175 4.0
15  --- sync not detected ---
16  00310031 18000007 ffffffff 22881805 40175b51 2/288 18:05:40.175 4.0
17  --- sync not detected ---
18  00310031 20020007 ffffffff 22881805 40175262 2/288 18:05:40.175 4.0
19  --- sync not detected ---
20  00310031 22040007 ffffffff 22881805 40175cfd 2/288 18:05:40.175 4.0
21  --- sync not detected ---
22  00310031 24060007 ffffffff 22881805 401751f1 2/288 18:05:40.175 4.0
23  --- sync not detected ---
24  00310031 26080007 ffffffff 22881805 401759cc 2/288 18:05:40.175 4.0
25  --- sync not detected ---
26  00310031 280a0007 ffffffff 22881805 40175544 2/288 18:05:40.175 4.0
27  --- sync not detected ---
28  00310031 300c0007 ffffffff 22881805 40175936 2/288 18:05:40.175 4.0
29  --- sync not detected ---
30  --- sync not detected ---
31  --- sync not detected ---
```

図 2 . 2 0 0 2 年 1 0 月の日米 e-VLBI 実験時の Westford データヘッダー

```

*****
*   Mark-5 data structure analysis   *
*   Ver 1.00  2003-03-11 by T.KONDO/CRL   *
*****

Mark 5 Data File : G:/IPVLBI/data/jiveexp/Wb_test
BIT#  HEADER      AUX      SYNC      TIME FIELD  CRC  Y/DDD HH:MM:SS.SSS FMHz
00  --- sync not detected ---
01  --- sync not detected ---
02  43194319 4201000b ffffffff 30561335 00360bb4 3/056 13:35:00.360 8.0
03  43194319 4305000b ffffffff 30561335 003604d2 3/056 13:35:00.360 8.0
04  43194319 4441000b ffffffff 30561335 00360e19 3/056 13:35:00.360 8.0
05  43194319 4545000b ffffffff 30561335 0036017f 3/056 13:35:00.360 8.0
06  43194319 4621000b ffffffff 30561335 003609f1 3/056 13:35:00.360 8.0
07  43194319 4725000b ffffffff 30561335 00360697 3/056 13:35:00.360 8.0
08  43194319 4861000b ffffffff 30561335 00360dd8 3/056 13:35:00.360 8.0
09  43194319 4965000b ffffffff 30561335 003602be 3/056 13:35:00.360 8.0
10  43194319 5000000b ffffffff 30561335 0036020d 3/056 13:35:00.360 8.0
11  43194319 5104000b ffffffff 30561335 00360d6b 3/056 13:35:00.360 8.0
12  43194319 5240000b ffffffff 30561335 00360762 3/056 13:35:00.360 8.0
13  43194319 5344000b ffffffff 30561335 00360804 3/056 13:35:00.360 8.0
14  43194319 5420000b ffffffff 30561335 00360048 3/056 13:35:00.360 8.0
15  43194319 5524000b ffffffff 30561335 00360f2e 3/056 13:35:00.360 8.0
16  43194319 5660000b ffffffff 30561335 00360527 3/056 13:35:00.360 8.0
17  43194319 5764000b ffffffff 30561335 00360a41 3/056 13:35:00.360 8.0
18  43194319 5803000b ffffffff 30561335 003604f6 3/056 13:35:00.360 8.0
19  43194319 5907000b ffffffff 30561335 00360b90 3/056 13:35:00.360 8.0
20  43194319 6043000b ffffffff 30561335 00360564 3/056 13:35:00.360 8.0
21  43194319 6147000b ffffffff 30561335 00360a02 3/056 13:35:00.360 8.0
22  43194319 6223000b ffffffff 30561335 0036028c 3/056 13:35:00.360 8.0
23  43194319 6327000b ffffffff 30561335 00360dea 3/056 13:35:00.360 8.0
24  43194319 6463000b ffffffff 30561335 00360721 3/056 13:35:00.360 8.0
25  43194319 6567000b ffffffff 30561335 00360847 3/056 13:35:00.360 8.0
26  43194319 6602000b ffffffff 30561335 00360a19 3/056 13:35:00.360 8.0
27  43194319 6706000b ffffffff 30561335 0036057f 3/056 13:35:00.360 8.0
28  43194319 6842000b ffffffff 30561335 00360e30 3/056 13:35:00.360 8.0
29  43194319 6946000b ffffffff 30561335 00360156 3/056 13:35:00.360 8.0
30  43194319 7022000b ffffffff 30561335 00360b35 3/056 13:35:00.360 8.0
31  43194319 7126000b ffffffff 30561335 00360453 3/056 13:35:00.360 8.0

```

図3 . 2 0 0 3 年 2 月 の JIVE e-VLBI 実験 時 の Westerborg データヘッダー