

K O M B 出力ファイルフォーマット  
および  
K O M B がデータベースに出力する項目の意味  
と求め方

近藤哲朗  
情報通信研究機構

オリジナルは 1982 年 11 月 19 日付け手書き資料  
1999 年 2 月 28 日 L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X 版 (Ver 1.0) 作成  
2002 年 7 月 16 日 (品質コード修正)  
2007 年 2 月 1 日 (旧関連器出力フォーマット削除)  
2015 年 2 月 25 日 (KOMB 出力フォーマット更新)  
2016 年 2 月 16 日 (KOMB 出力フォーマット更新)



## 目次

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| <b>1</b> | <b>KOMB (バンド幅合成) 出力データファイルフォーマット</b>                       | <b>1</b>  |
| 1.1      | ヘッダーレコード (HD) . . . . .                                    | 2         |
| 1.2      | 観測および相関処理情報レコード (OB) . . . . .                             | 3         |
| 1.3      | バンド幅合成処理結果レコード (BD) . . . . .                              | 4         |
| 1.4      | Type500 レコード (5R) . . . . .                                | 8         |
| 1.5      | Type600 レコード (6R) (WBWS モード時のみ:クロススペクトルおよび位相補正情報等) . . . . | 9         |
| <b>2</b> | <b>KOMB DB出力項目の意味</b>                                      | <b>11</b> |

## 1 KOMB (バンド幅合成) 出力データファイルフォーマット

### 最新の変更箇所

(WBWS 処理に伴い追加された個所は赤文字で表記)

2016.02.16 広帯域バンド幅合成時に 2D サーチ関数を新方式で計算した場合のモードを BD レコードの BWSMOD に追加した。外部から TEC を与えて処理した場合に BD01 レコードの IONFLG を "GTEC" とし、BD02 レコードの TEC には与えた TEC 値をセットするようにした。(変更箇所は青文字で表記)

バンド幅合成処理ソフトウェア (KOMB) はファイル名 "K" または "C" または "E"<sup>1</sup> で始まる関連器出力ファイルを処理し、処理結果を関連ファイルの先頭の文字を "B" に変えたファイル (KOMB 出力ファイルと呼ぶ) へ出力する。すでに KOMB 出力ファイルが存在する場合は新たな処理結果が追加される。KOMB 出力ファイルが作成されるディレクトリは関連ファイルのフルパス名に "kross" という文字が含まれる場合はその文字を "komb" と変えたディレクトリに作成される。例えば関連ファイルが "/vlbidata1/kross1/KS97123/K01234" とすると KOMB 出力ファイルは "/vlbidata1/komb1/KS97123/B01234" となる。したがって関連ファイルのフルパス名に "kross" が含まれた関連データを KOMB 処理する場合はあらかじめ対応した KOMB 出力用のディレクトリを作成しておく必要がある。KATS および OXTAIL での運用時はこうしたディレクトリは自動的に作成される。関連ファイルのフルパス名に "kross" という文字がない場合は関連ファイルのあるディレクトリに KOMB ファイルが作成される。

KOMB 出力ファイルはレコード長 256 バイトの固定長レコードからなり、それぞれのレコードはファイル内レコード情報の含まれるヘッダーレコード (HD<sub>xx</sub>)、観測および関連情報レコード (OB<sub>xx</sub>)、バンド幅合成結果レコード (BD<sub>xx</sub>)、PP 毎の相関強度レコード (5R)、およびラインプリンター出力イメージレコード (#1 および #2) の 5 種類に分類される。BD 以下 (BD を含む) のレコードは KOMB プログラムが走る度に追加されていく。

|    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|
| HD | OB | BD | 5R | #1 | #2 | 6R | BD | 5R | #1 | #2 | 6R | BD | ... |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|

図 1: KOMB 出力ファイル内のレコード種類と並び。HD:ヘッダーレコード、OB:観測および関連情報レコード、BD:バンド幅合成結果レコード、5R:PP 毎の相関強度レコード、#1、#2:ラインプリンター出力イメージレコード。6R:クロススペクトルレコード (ただし WBWS 処理時かつ "-SPE" オプション指定時)

|      |           |           |      |      |
|------|-----------|-----------|------|------|
| HD00 | HD01      | ...       |      |      |
| OB01 | OB02      | OB03      |      |      |
| BD01 | BD02      | BD03      | BD04 | BD05 |
| 5R   | 5\$       | 5\$       | ...  |      |
| #1   | ASCII データ | ASCII データ | ...  |      |
| #2   | ASCII データ | ASCII データ | ...  |      |
| 6R   | 6\$       | 6\$       | ...  |      |

図 2: 各レコード種類内の構成。上から HD、OB、BD、5R、#1、#2、6R の順。各レコード実体は 256 バイト長。

<sup>1</sup>"K":KSP 関連器出力ファイル、"C":ソフト関連器出力 (cout フォーマット) から KSP フォーマットに変換した関連データファイル、"E":ラグ数の制限 (32) を撤廃した KSP 拡張形式の関連データファイル

1.1 ヘッダーレコード (HD)

| シンボル  | バイト数 | バイト位置 | タイプ | 説明  |
|---|------|-------|-----|---|
| LID   | 4    | 1     | A4  | レコードID (4文字) “HDxx”<br>xx は継続を表し、00,01, … である   |
| KSPID   | 3    | 5     | A3  | KSP 形式識別用ID (3文字) “KSP”   |
| —   | 1    | 8     | —   | 未使用   |
| EXCODE  | 10   | 9     | A10 | 実験コード (10文字)  |
| NOBS  | 2    | 19    | I*2 | 観測番号  |
| LBASE   | 2    | 21    | A2  | 基線ID (2文字)  |
| LREC  | 2    | 23    | I*2 | このファイルに含まれる全レコード数   |
| LHDCN   | 2    | 25    | I*2 | ヘッダーレコードの総数 (例えば継続が1レコードの場合は LHDCN=2 となる)   |
| LFILB   | 6    | 27    | A6  | KOMB 処理結果出力ファイル名 (6文字)  |
| —   | 24   | 33    | —   | 未使用   |
| …… レコードIDディレクトリ ……  |      |       |     |   |
| [ レコード# 1 ]   |      |       |     |   |
|   | 2    | 57    | I*2 | 先頭からのレコード#  |
|   | 4    | 59    | A4  | そのレコードのレコードID (4文字)<br>(レコードIDの無いType500レコードのレコードIDは<br>“T500” とする。) Type600レコードは最初のレコード<br>“6R” だけとする。 |
|   | 2    | 63    | A2  | そのレコードの処理周波数サブグループ (2文字)<br>(“X” または “S” または “W”。ヘッダーレコード部分<br>では “”) )                                 |
| .   |      |       |     |   |
| 以下レコードディレクトリが25回まで繰り返される。このファイル<br>に含まれる全レコード数が25レコード以上の場合は超える部分につ<br>いてヘッダーレコードが繰り返される |      |       |     |   |
| .   |      |       |     |   |
| [ レコード# 25 ]  |      |       |     |   |
|   | 2    | 249   | I*2 | 先頭からのレコード#  |
|   | 4    | 251   | A4  | そのレコードのレコードID (4文字)<br>(レコードIDの無いType500レコードのレコードIDは<br>“T500” とする)                                     |
|   | 2    | 255   | A2  | そのレコードの処理周波数サブグループ (2文字)<br>(“X” または “S” または “W”。ヘッダーレコード部分<br>では “”) )                                 |

注：ヘッダーレコード中に含まれるレコードID情報はType600に関しては“6R”のみとする(レコード数が非常に大きくなるので)

## 1.2 観測および相関処理情報レコード (OB)

| シンボル    | バイト数 | バイト位置 | タイプ | 説明  |
|---------|------|-------|-----|---|
| LID     | 4    | 1     | A4  | レコードID (4文字) "OB01"   |
| —       | 4    | 5     | —   | 未使用   |
| EXCODE  | 10   | 9     | A10 | 実験コード (10文字)  |
| NOBS    | 2    | 19    | I*2 | 観測番号  |
| LBASE   | 2    | 21    | A2  | 基線ID (2文字)  |
| IOBSST  | 10   | 23    | I*2 | DIM(5) 観測開始時刻 (年、通日、時、分、秒)  |
| IOBSET  | 10   | 33    | I*2 | DIM(5) 観測終了時刻 (年、通日、時、分、秒)  |
| IPRT    | 10   | 43    | I*2 | DIM(5) PRT (年、通日、時、分、秒)   |
| LCROSS  | 6    | 53    | A6  | 相関器出力ファイル名 (6文字)  |
| —       | 2    | 59    | —   | 未使用   |
| LFILB5  | 6    | 61    | A6  | KOMB処理結果ファイル名   |
| —       | 2    | 67    | —   | 未使用   |
| KRDATE  | 8    | 69    | I*2 | DIM(4) 相関処理日時 (年、通日、時、分)  |
| —       | 4    | 77    | —   | 未使用   |
| NPPSEC  | 2    | 81    | I*2 | PP時間 (sec)  |
| NPP     | 2    | 83    | I*2 | PP数   |
| SAMPL   | 4    | 85    | R*4 | サンプリング周期 (sec)  |
| VBW     | 4    | 89    | R*4 | ビデオ帯域幅 (Hz)   |
| LMODE   | 2    | 93    | A2  | 相関器モード<br>"NO": ノーマルモード、"SE": フリンジサーチモード  |
| LSORNA  | 8    | 95    | A8  | 電波源名 (8文字)  |
| SDEC    | 4    | 103   | R*4 | 電波源の赤緯 (deg) J2000年系  |
| SGHA    | 4    | 107   | R*4 | PRTでの電波源のグリニッチ時角 (deg)  |
| LSTATX  | 8    | 111   | A8  | X局名 (8文字)   |
| LSTATY  | 8    | 119   | A8  | Y局名 (8文字)   |
| DXXYZ   | 24   | 127   | R*8 | DIM(3) X局位置 (X, Y, Z) (m)   |
| DYXYZ   | 24   | 151   | R*8 | DIM(3) Y局位置 (X, Y, Z) (m)   |
| DTAUAP  | 32   | 175   | R*8 | DIM(4) 相関処理時のアプリアリ値<br>$\tau(\text{sec})$ , $\dot{\tau}(\text{s/s})$ , $\ddot{\tau}(\text{s/s}^2)$ , $\overset{\cdot\cdot\cdot}{\tau}(\text{s/s}^3)$                        |
| DACLKE  | 8    | 207   | R*8 | アプリアリクロックエラー (sec)<br>PRTにおけるX局とY局の時刻同期誤差。Y局が進んでいる場合を正にとる。  |
| DACLKR  | 8    | 215   | R*8 | PRTにおけるX局とY局のクロックレート差のアプリアリ値 (s/s)  |
| DLYINS  | 8    | 223   | R*8 | X局とY局の局内遅延差のアプリアリ値 (sec)  |
| DXCLKE  | 8    | 231   | R*8 | PRTにおけるX局のクロックとUTCの同期誤差のアプリアリ値 (sec)  |
| SRA     | 4    | 239   | R*4 | 電波源の赤経 (deg) J2000年系  |
| FMTFLAG | 4    | 243   | A4  | 未使用 またはフォーマット識別フラグ。"KSP <sub>□</sub> ",<br>"K4 <sub>□□</sub> ", "KSP1", "KSP2"<br>"KSP <sub>□</sub> " と "K4 <sub>□□</sub> " はPPの単位は sec。<br>"KSP1" は 10msec、"KSP2" は 1msec。 |
| —       | 14   | 247   | —   | 未使用   |

| シンボル   | バイト数 | バイト位置 | タイプ | 説明  |
|--------|------|-------|-----|---|
| LID    | 4    | 1     | A4  | レコードID (4文字) “OB02”                                     |
| —      | 4    | 5     | —   | 未使用   |
| DPI    | 8    | 9     | R*8 | $\pi$ )   |
| DCV    | 8    | 17    | R*8 | 光速度 (m/s)   |
| —      | 32   | 25    | —   | 未使用   |
| NFREQA | 2    | 57    | I*2 | 処理周波数チャンネルの総数   |
| INDEXT | 64   | 59    | I*2 | DIM(2,16) インデックス番号テーブル<br>(サイドバンド (USB,LSB) ごと、チャンネルごと) |
| —      | 134  | 123   | —   | 未使用   |

| シンボル   | バイト数 | バイト位置 | タイプ | 説明                                       |
|--------|------|-------|-----|--|
| LID    | 4    | 1     | A4  | レコードID (4文字) “OB03”                      |
| —      | 4    | 5     | —   | 未使用                                      |
| DFREQT | 128  | 9     | R*8 | DIM(16) RF周波数テーブル (Hz) チャンネルごと           |
| PCALFX | 64   | 137   | R*4 | DIM(16) X局のPCAL周波数テーブル (Hz)<br>(チャンネルごと) |
| —      | 56   | 201   | —   | 未使用                                      |

### 1.3 バンド幅合成処理結果レコード (BD)

| シンボル   | バイト数 | バイト位置 | タイプ | 説明   |
|--------|------|-------|-----|--|
| LID    | 4    | 1     | A4  | レコードID (4文字) “BD01”  |
| BWSMOD | 4    | 5     | A4  | 未使用 または 拡張バンド幅合成モードを示す4文字<br>“EBWS” または広帯域バンド幅合成モードを示す4文字<br>“WBWS” (広帯域バンド幅合成を新アルゴリズムで行った場合は “WBW2” ) |
| IDSUB  | 2    | 9     | A2  | 周波数サブグループ (2文字) “ $\square$ X” または “ $\square$ S” または<br>“ $\square$ W”                                |
| KMDATE | 8    | 11    | I*2 | KOMB処理日時 (年、通日、時、分)  |
| KOMVAL | 2    | 19    | I*2 | KOMB処理回数<br>(KROSS処理回数) $\times$ 1000 + KOMB処理回数   |
| ISTART | 12   | 21    | I*2 | DIM(6) 関連データ開始時刻<br>(年、通日、時、分、秒、ミリ秒)   |
| ISOP   | 12   | 33    | I*2 | DIM(6) 関連データ終了時刻<br>(年、通日、時、分、秒、ミリ秒)   |
| NFREQ  | 2    | 45    | I*2 | 処理周波数チャンネル数  |
| INDEX  | 64   | 47    | I*2 | DIM(2,16) インデックス番号テーブル<br>(サイドバンド (USB,LSB) ごと、チャンネルごと)  |
| NTAPEQ | 6    | 111   | A6  | テープ品質コード (6文字) KSPでは意味なし   |
| DRREF  | 8    | 117   | R*8 | 処理の参照周波数 (Hz)  |
| DRFREQ | 128  | 125   | R*8 | DIM(16) RF周波数テーブル (Hz)   |
| IONFLG | 4    | 253   | A4  | 未使用または電離層TECを推定したかどうかのフラグ (4文字)<br>“OFF $\square$ ”:推定しない、“ON $\square$ ”:推定 (外部からTECを設定した場合は “GTEC” ) |

| シンボル   | バイト数 | バイト位置 | タイプ | 説明   |
|--------|------|-------|-----|--|
| LID    | 4    | 1     | A4  | レコードID (4文字) “BD02”  |
| BWSMOD | 4    | 5     | A4  | 未使用または拡張バンド幅合成モード “EBWS” または広帯域バンド幅合成モードを示す4文字 “WBWS” (広帯域バンド幅合成を新アルゴリズムで行なった場合は “WBW2”)   |
| IDSUB  | 2    | 9     | A2  | 周波数サブグループ (2文字) “_X” または “_S” または “_W”   |
| KOMBQ  | 2    | 11    | A2  | KOMB品質コード  |
| JERRS  | 80   | 13    | A4  | DIM(20) エラーステータスマスクコード (4文字) × 20  |
| NPPR   | 64   | 93    | I*2 | DIM(2,16) 処理PP数表 (サイドバンド、チャンネルごと)  |
| QB     | 4    | 157   | R*4 | 処理PP数のチャンネル毎の rms 変動値  |
| TEF    | 4    | 161   | R*4 | 等価積分時間 (sec)   |
| FISC   | 4    | 165   | R*4 | 相関データ棄却率   |
| IEPOCM | 12   | 169   | I*2 | DIM(6) 中心エポック (処理データの中心時刻)<br>(年、通日、時、分、秒、ミリ秒)   |
| DGPDM  | 8    | 181   | R*8 | 中心エポックにおける group delay の観測値 (sec)  |
| DRATM  | 8    | 189   | R*8 | 中心エポックにおける delay rate の観測値 (s/s)   |
| TOTPM  | 4    | 197   | R*4 | 中心エポックにおける total phase の観測値 (deg)  |
| SSDES  | 8    | 201   | R*4 | DIM(2) 粗決定 delay サーチパラメータ (start,stop)<br>(実際に用いた値: sec)   |
| SMDDEM | 8    | 209   | R*4 | DIM(2) 精決定 delay サーチパラメータ (start,stop)<br>(実際に用いた値: sec)   |
| SRTM   | 8    | 217   | R*4 | DIM(2) 精決定 delay rate サーチパラメータ (start,stop)<br>(実際に用いた値: s/s)  |
| DEPE   | 8    | 225   | R*8 | PRT - 地球中心エポック (sec)   |
| TOTP   | 4    | 233   | R*4 | PRTにおける total phase の観測値 (deg)   |
| EARP   | 4    | 237   | R*4 | 地球中心エポックにおける total phase の観測値 (deg)  |
| REARP  | 4    | 241   | R*4 | 地球中心エポックにおける位相残差の観測値 (deg)   |
| TEC    | 8    | 245   | R*8 | 未使用または広帯域バンド幅合成時の全電子数差推定値 $\Delta TEC$ (単位は $1 \times 10^{16}$ 電子数/m <sup>2</sup> ) (外部から TEC を設定した場合 (BD01 レコードの IONFLG が “GTEC” の場合) はその設定した値) |
| TECERR | 4    | 253   | R*4 | 未使用または全電子数差の推定誤差   |

| シンボル   | バイト数 | バイト位置 | タイプ | 説明   |
|--------|------|-------|-----|--|
| LID    | 4    | 1     | A4  | レコードID (4文字) “BD03”  |
| BWSMOD | 4    | 5     | A4  | 未使用または 拡張バンド幅合成モードを示す4文字<br>“EBWS” または広帯域バンド幅合成モードを示す4文字<br>“WBWS” (広帯域バンド幅合成を新アルゴリズムで行な<br>った場合は “WBW2” ) |
| IDSUB  | 2    | 9     | A2  | 周波数サブグループ (2文字) “ $\perp$ X” または “ $\perp$ S” または<br>“ $\perp$ W”  |
| DRPCAL | 16   | 11    | R*8 | DIM(2) 局毎のPCALレート (s/s) (X, Y)   |
| XAPCAL | 128  | 27    | R*4 | DIM(2,16) X局PCAL強度と位相 (deg) テーブル   |
| PCFILE | 80   | 155   | A80 | 未使用 または EBWS または WBWS モード時の位相補正<br>ファイル名<br>“NONE” は EBWS または WBWS モード時の位相補正な<br>しを意味する                    |
| PCFPRT | 10   | 235   | I*2 | 未使用 または DIM(5) PCFILE 作成に使用したスキャン<br>のPRT (年、通日、時、分、秒)   |
| —      | 11   | 245   | —   | 未使用  |

| シンボル   | バイト数 | バイト位置 | タイプ | 説明   |
|--------|------|-------|-----|--|
| LID    | 4    | 1     | A4  | レコードID (4文字) “BD04”  |
| BWSMOD | 4    | 5     | A4  | 未使用または 拡張バンド幅合成モードを示す4文字<br>“EBWS” または広帯域バンド幅合成モードを示す4文字<br>“WBWS” (広帯域バンド幅合成を新アルゴリズムで行な<br>った場合は “WBW2” ) |
| IDSUB  | 2    | 9     | A2  | 周波数サブグループ (2文字) “ $\perp$ X” または “ $\perp$ S” または<br>“ $\perp$ W”  |
| —      | 16   | 11    | —   | 未使用  |
| YAPCAL | 128  | 27    | R*4 | DIM(2,16) Y局PCAL強度と位相 (deg) テーブル   |
| DCFILE | 80   | 155   | A80 | 未使用 または WBWS モード時のバンド間遅延補正ファ<br>イル名<br>“NONE” は WBWS モード時のバンド間遅延補正なしを意<br>味する                              |
| DCFPRT | 10   | 235   | I*2 | 未使用 または DIM(5) DCFILE 作成に使用したスキャン<br>のPRT (年、通日、時、分、秒)   |
| —      | 11   | 245   | —   | 未使用  |



| シンボル   | バイト数 | バイト位置 | タイプ | 説明   |
|--------|------|-------|-----|--|
| LID    | 4    | 1     | A4  | レコードID (4文字) “BD05”  |
| BWSMOD | 4    | 5     | A4  | 未使用または 拡張バンド幅合成モードを示す4文字<br>“EBWS” または広帯域バンド幅合成モードを示す4文字<br>“WBWS” (広帯域バンド幅合成を新アルゴリズムで行なった場合は “WBW2” ) |
| IDSUB  | 2    | 9     | A2  | 周波数サブグループ (2文字) “ $\perp$ X” または “ $\perp$ S” または<br>“ $\perp$ W”                                      |
| COHE   | 4    | 11    | R*4 | 多周波相関強度 (精決定サーチで得た相関強度)  |
| AAMP   | 4    | 15    | R*4 | フリッジ強度 (粗決定サーチで得た相関強度)   |
| SNR    | 4    | 19    | R*4 | SNR  |
| AICOH  | 4    | 23    | R*4 | 時分割平均フリッジ強度  |
| PROB   | 4    | 27    | R*4 | サーチ時のピーク位置誤検出確率  |
| DGPD   | 8    | 31    | R*8 | PRTでの group delay (精決定遅延) の観測値 (sec)   |
| DTAU   | 8    | 39    | R*8 | 精決定サーチで得た全 delay 残差 (sec)<br>= (精決定サーチのみで得た delay 残差)  |
| EGPD   | 4    | 47    | R*4 | group delay の誤差 (sec)  |
| GPDA   | 4    | 51    | R*4 | 精決定サーチ delay (group delay) のアンビギュイティ (sec)   |
| DRATO  | 8    | 55    | R*8 | PRTでの delay rate の観測値 (s/s)<br>(PCALレートの補正済み)  |
| DRATR  | 8    | 63    | R*8 | 精決定サーチで得た delay rate 残差 (s/s)<br>= (粗決定サーチレート残差 + 精決定レート残差)<br>(PCALレート未補正)                            |
| ERAT   | 4    | 71    | R*4 | delay rate の誤差 (s/s)   |
| DGPDN  | 8    | 75    | R*8 | PRTにおける観測粗決定 delay(sec)  |
| DTAUS  | 8    | 83    | R*8 | 粗決定 delay 残差 (sec)   |
| EGPDN  | 4    | 91    | R*4 | 粗決定 delay の誤差 (sec)  |
| DRATS  | 8    | 95    | R*8 | 粗決定 delay rate 残差 (s/s)  |
| DPHD   | 8    | 103   | R*8 | PRTにおける phase delay(sec)   |
| DPHD1  | 8    | 111   | R*8 | PRT + 1 sec における phase delay(sec)  |
| DPHD2  | 8    | 119   | R*8 | PRT - 1 sec における phase delay(sec)  |
| AMPB   | 128  | 127   | R*4 | DIM(2,16) 周波数チャンネル毎の強度と位相 (deg)  |
| —      | 2    | 255   | —   | 未使用  |

## 1.4 Type500 レコード (5R)

| シンボル   | バイト数                                     | バイト位置 | タイプ | 説明   |
|--------|--|-------|-----|--|
| LID2   | 2  | 1     | A2  | レコードID (2文字) “5R”。Type500 レコードが継続した場合はレコードIDは “5\$” になる。   |
| IDUR   | 2  | 3     | I*2 | 継続番号   |
| INDEXN | 4  | 5     | I*2 | DIM(2) このレコードの PP データの周波数を示す<br>インデックス# (1):USB (2):LSB  |
| OBSPTM | 4  | 9     | R*4 | 各ブロックの最初のデータの時刻 (正時からの10秒値)  |
| PPTIM  | 4  | 13    | R*4 | 1 PP 時間 (sec)  |
| EPCOTM | 4  | 17    | R*4 | 各ブロックの最初のデータの時刻 (PRT からの10秒値)  |
| —      | 36                                       | 21    | —   | 未使用  |
|        | 2  | 57    | I*2 | 最初の PP での強度 (30000=100%強度に規格化)<br>-1 = 消去 または no data<br>-2 = うめくさデータ (配列の初期化データ)  |
|        | 2  | 59    | I*2 | 最初の PP データの位相<br>0 ~ 9999 = 0 ~ 360° USB+LSB<br>10000 ~ 19999 = 0 ~ 360° USB<br>20000 ~ 29999 = 0 ~ 360° LSB<br>データ位相とは KROSS+KOMB 処理での位相残差である<br>PCAL レートは未補正である<br>-1 = 消去 または no data<br>-2 = うめくさデータ (配列の初期化データ) |
|        | 2  | 61    | I*2 | X局の位相校正 (PCAL) 信号位相  |
|        | 2  | 63    | I*2 | Y局の位相校正 (PCAL) 信号位相<br>0 ~ 9999 = 0 ~ 360°<br>-1 = 消去 または no data<br>-2 = うめくさデータ (配列の初期化データ)  |
|        | …… 以下バイト位置 57 ~ 64 のデータ項目を 25 回まで繰り返す …… |       |     |  |
|        | 2  | 255   | I*2 | 25 番目の PP の最後 (Y局の PCAL 位相)  |

| シンボル | バイト数 | バイト位置 | タイプ | 説明  |
|------|------|-------|-----|---|
| LID2 | 2    | 1     | A2  | レコードID (2文字) “#1”。PLOT#1 のヘッダーレコード                                  |
| NREC | 2    | 3     | I*2 | 次に続く LP (ラインプリンタ) 出力イメージデータのレコード数 (NREC レコードの ASCII データが次のレコードから続く) |
| —    | 252  | 5     | —   | 未使用   |

| シンボル | バイト数 | バイト位置 | タイプ | 説明  |
|------|------|-------|-----|---|
| LID2 | 2    | 1     | A2  | レコードID (2文字) “#2”。PLOT#2 のヘッダーレコード                                  |
| NREC | 2    | 3     | I*2 | 次に続く LP (ラインプリンタ) 出力イメージデータのレコード数 (NREC レコードの ASCII データが次のレコードから続く) |
| —    | 252  | 5     | —   | 未使用   |

### 1.5 Type600 レコード (6R) (WBWS モード時のみ:クロススペクトルおよび位相補正情報等)

| シンボル    | バイト数  | バイト位置 | タイプ | 説明  |
|---------|---|-------|-----|---|
| LID2    | 2   | 1     | A2  | レコード I D ( 2 文字) “6R”。Type600 レコードの開始を表わす。Type600 レコードが継続した場合はレコード I D は “6\$” になる。 |
| IDUR    | 2   | 3     | I*2 | 継続番号  |
| NUMDAT  | 4   | 5     | I*4 | スペクトルデータ全要素数  |
| PHSOFST | 4   | 9     | R*4 | 位相オフセット (deg) ( 全データに補正された位相オフセット)  |
|         | 6   | 13    | -   | 未使用   |
|         | 8   | 19    | R*8 | RF 周波数 (Hz)<br>0.0 = うめくさデータ  |
|         | 2   | 27    | I*2 | バンド INDEX 番号 0 = うめくさデータ  |
|         | 4   | 29    | R*4 | クロススペクトル実部  |
|         | 4   | 33    | R*4 | クロススペクトル虚部  |
|         | 4   | 37    | R*4 | バンド内位相補正データ (deg)   |
|         | 4   | 41    | R*4 | バンド間位相オフセットデータ (deg)  |
|         | 8   | 45    | R*8 | バンド間遅延補正データ (sec)   |
|         | ..... 以下バイト位置 19 ~ 52 のデータ項目を 7 回まで繰り返す ..... |       |     |   |
|         | 8   | 249   | R*8 | 7 番目のバンド間遅延補正データ (sec)  |

**履歴**

- 2016.02.16** 広帯域バンド幅合成時に 2D サーチ関数を新方式で計算した場合のモードを BD レコードの BWSMOD に追加した。外部から TEC を与えて処理した場合に BD01 レコードの IONFLG を "GTEC" とし、BD02 レコードの TEC には与えた TEC 値をセットするようにした。
- 2015.10.13** 広帯域バンド幅合成時の位相補正ファイル名 (BD03 レコード) および遅延補正ファイル名 (BD04 レコード) の文字数を 102 から 80 に変更し、それぞれに補正ファイル作成に使用したスキャンの PRT 情報を追加した。
- 2015.10.07** 電離層 TEC 推定を行なったかどうかのフラグを BD01 レコードに追加した。
- 2015.08.05** 推定した電離層補正量 (TEC) の推定誤差を BD02 レコードに追加した。
- 2015.03.02** 広帯域バンド幅合成時にクロススペクトル結果を KOMB 出力レコードに Type600 レコードとして出力できるようにした。WBWS モードかつ "-SPE" オプション指定時のみ有効。
- 2015.02.25** KOMB の広帯域バンド幅合成処理のサポートに伴いバンド幅合成結果レコード (BD<sub>xxx</sub>) の BWSMOD に広帯域バンド幅合成を表すモード "WBWS"<sup>1</sup>を追加。WBWS モード追加に伴い周波数コード "LW" を追加。更に拡張バンド幅合成処理時に求められた電離層補正量および使用したバンド間遅延補正ファイル名をそれぞれ BD02 および BD02 レコードに追加した。
- 2014.08.26** 相関器出力データの FMTFLAG に "KSP2" モードを追加したことに伴い OB01 レコードへの FMTFLAG の項目を追加した。
- 2012.01.12** KOMB の拡張バンド幅合成処理のサポートに伴いバンド幅合成結果レコード (BD<sub>xxx</sub>) に拡張バンド幅合成処理 (EBWS と記述)<sup>2</sup>を示す情報を追加 (今までの未使用部分を使用) した。

<sup>1</sup>広帯域バンド幅合成処理用に開発された処理モード。EBWS モードを更に広帯域に拡張したモードで従来の S バンドや X バンドといった単一のバンドの概念では結果を記述できない

<sup>2</sup>RF ダイレクトサンプリングデータを処理するために開発された処理モードで帯域が連続したチャンネルデータのバンド幅合成処理を行う

## 2 KOMB DB出力項目の意味

ここではKOMB出力データの各項目の意味と求め方を説明する。

1. KOMB処理日付 … KOMB処理を行った日付を計算機の時計より取り込む。
2. KOMB処理回数 … 1つの関連生データに対してのKOMB処理回数。KOMB処理毎に増加する。
3. KOMB処理参照周波数 … KOMBの処理を行った周波数グループを代表する周波数。オペレータが特に指定しない限り、周波数グループの中の処理を行った周波数chの内、最低周波数である。
4. 処理トラック#テーブル … KOMBの処理が行われたデータのデータレコーダ上のトラック#を示す。K3/MARK-3のみで有効。
5. 等価積分時間 (TEF) … 実際に処理の行われたデータについて、トラックについて平均を行った積分時間。棄却データは含まない。

$$TEF = \frac{\text{処理した全PP数} \times T_{pp}}{\text{処理したトラック数}}$$

ここで  $T_{pp}$  は1PP時間。

6. セントラルエポック (EPOCM) … KOMBで実際に処理を行ったデータ群の平均を示すX局の時刻 (UTC)。関連生データのPP数がKの場合、EPOCMは次式で計算する。

$$EPOCM = UTC_{PP\#1} + \frac{1}{NTRACK} \left[ \sum_{n=1}^{NTRACK} \left\{ \frac{\sum_{k=1}^K d_n(k) \cdot (k \cdot T_{pp} - \frac{1}{2}T_{pp})}{K} \right\} \right]$$

ここで

$UTC_{PP\#1}$  : 最初のPPデータに書き込まれているX局の時刻 (UTC)

$NTRACK$  : 処理したトラック数

$T_{pp}$  : 1PPの時間

$d_n(k) = \begin{cases} 1 \cdots n \text{トラック、} k \text{番目のPPデータがKOMB処理で用いられた時} \\ 0 \cdots \text{KOMB処理でそのPPデータが棄却されたとき} \end{cases}$

7. サイドバンド、チャンネル毎の処理PP数 (NPPK(2,N)) … 周波数ch毎に、サイドバンドの区別までつけて、KOMBの実処理に用いられたPP数を示すテーブル。KOMB処理で棄却される(た)データを含む。
8. 局、チャンネル毎のPCAL信号強度、位相 (APCAL(2,2,N)) … 局毎、周波数ch毎のPCAL信号の強度と位相を示すテーブルである。DBへの出力は、ch毎に平均した位相と強度である。K3処理においてはY局の位相は、X局のデータの時刻ラベルと同じ時刻に引き戻された値を計算する。その方法は以下の通りである。なお、この補正はKSP関連処理データに対しては不要であり、いきなり、位相と強度を求める式に行って良い。

$$AR = \sum_{k=1}^K \{a(k) \cdot \cos \theta_k + b(k) \cdot \sin \theta_k\}$$

$$AI = \sum_{k=1}^K \{b(k) \cdot \cos \theta_k - a(k) \cdot \sin \theta_k\} \cdot SB$$

ここで

$$\begin{aligned}
 K &: \text{処理PP数} \\
 a(k) &: k \text{ 番目のPPでの規格化されたPCAL検出相関係数の実部} \\
 b(k) &: k \text{ 番目のPPでの規格化されたPCAL検出相関係数の虚部} \\
 \theta_k &= \begin{cases} 0 \cdots X \text{局の場合} \\ 2\pi \cdot F_{cal} \Delta T_{XY} \cdots Y \text{局の場合} \end{cases} \\
 F_{cal} &: \text{PCAL周波数} \\
 \Delta T_{XY} &: X \text{データに対するY局データのビットオフセット(時間)} \\
 &> 0 \text{はX局データがY局データより遅れた時刻からスタートを意味する} \\
 SB &= \begin{cases} 1 \cdots USB \\ -1 \cdots LSB \end{cases}
 \end{aligned}$$

$AR, AI$  を用いてPCAL位相  $\phi_{cal}$  および強度  $A_{cal}$  は次式で与えられる。

$$\begin{aligned}
 \phi_{cal} &= \tan^{-1} \left( \frac{AI}{AR} \right) \\
 A_{cal} &= \frac{1}{K} \sqrt{AR^2 + AI^2}
 \end{aligned}$$

9. 局、トラック毎のテープエラーレート (ERTPE)  $\cdots$  局、トラック毎のKOMBで処理したデータについてのパリティエラーレート。定義は以下の通り。

$$ER(S, Tr) = \frac{\sum_{k=1}^K PE_k(S, Tr)}{K \cdot B_{PP}}$$

ここで

$$\begin{aligned}
 S &: \text{局インデックス} \\
 Tr &: \text{トラックインデックス} \\
 PE_k(S, Tr) &: S, Tr \text{ のPP番号 } k \text{ におけるパリティエラーカウント値} \\
 K &: \text{処理PP数} \\
 B_{PP} &: \text{1PP中のバイト数}
 \end{aligned}$$

参考: Mark-III では  $1000 \log(ER)$  の値をDBに入れている。

10. 局毎のPCALレート (RPCAL)  $\cdots$  局毎のPCAL位相の変化率を表したもので、PP毎のPCALデータから  $\Delta \dot{\tau}$  の推定と同様の方法で求める。Mark-III で用いているアルゴリズムは以下の通り。

$$1. \quad D(J) = \sum_{n=1}^{NFREQ} \cdot \sum_{k=1}^K \exp\{i(\phi_n(k) - \overline{\phi_n} - \omega_0^n \cdot R_J \cdot T_{PP} \cdot (k-1))\}$$

ここで

$$\begin{aligned}
 NFREQ &: \text{処理周波数ch数} \\
 \phi_n(k) &: \text{PP\#}=k, \text{周波数ch}=n \text{ におけるPCAL位相} \\
 \overline{\phi_n} &: \text{周波数ch } n \text{ におけるPCAL位相の平均値} \\
 \omega_0^n &: \text{n-chのRF角周波数} \\
 R_J &= \begin{cases} -\Delta \dot{\tau} & J=1 \text{ の場合} \\ 0 & J=2 \\ +\Delta \dot{\tau} & J=3 \end{cases} \quad \Delta \dot{\tau}: \text{粗決定サーチのFFTにおける}\dot{\tau} \text{方向のステップ}
 \end{aligned}$$

2.  $D(1), D(2), D(3)$  を計算し、3点の放物線近似から  $|D|$  が最大となる点を求める。この点をA、そのときのDの値を  $D'(2)$  とする。

3. 2. で求めた点を中心として前後  $\Delta\dot{\tau}/2$  の点での値（それぞれ  $D'(1), D'(3)$  とする）を元に放物線近似をし、最大値を示す点としてRPCALを求める。 $D'(1), D'(2), D'(3)$  の計算は1.において、

$$R_J = \begin{cases} A - \frac{1}{2}\Delta\dot{\tau} & J = 1 \\ A & J = 2 \\ A + \frac{1}{2}\Delta\dot{\tau} & J = 3 \end{cases}$$

とおいて行う。1., 2., 3. の処理をX局データ、Y局データについて行う。

1. 1. 棄却データ率 (DISC) … KOMBで読んだ相関生データ中、実際の処理において用いられたPP数の割合。

$$DISC = \frac{\text{粗決定サーチに用いたPP数}}{\text{KOMBで読み込んだPP数}}$$

1. 2. PRTにおける群遅延 (GPD) … バンド幅合成による精決定サーチを行った最終結果。粗決定サーチで得られた群遅延に最も近くなるように、バンド幅合成のアンビギュイティが考慮されている。相関処理で用いた遅延の予測値を  $\tau_{ap}$ 、粗決定サーチで得られた遅延残差を  $\Delta\tau_s$ 、バンド幅合成時のアンビギュイティを  $t_{amb}$ 、精決定サーチで得られた遅延残差を  $\Delta\tau_m$  とすると、

$$GPD = \tau_{ap} + \Delta\tau_m + t_{amb} \cdot \text{nint} \left( \frac{\Delta\tau_s}{t_{amb}} \right)$$

ここで、 $\text{nint}$  は最も近い整数値を返す関数である。右辺の第3項がバンド幅合成時のアンビギュイティを考慮した補正であり、この部分は0としても差し支えない。

1. 3. 群遅延の誤差 (EGPD) … 観測される群遅延誤差の理論値（標準偏差）であり、次式で計算する。

$$EGPD = \sigma_\tau = \frac{1}{\Delta\omega_{rms} \cdot SNR}$$

ここで、

$$\Delta\omega_{rms} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N (\omega_n - \bar{\omega})^2}$$

$$\bar{\omega} = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N \omega_n$$

$\omega_n$  : n-ch のRF角周波数

処理周波数chが1chのみの場合は

$$\Delta\omega_{rms} = \frac{\omega_B}{\sqrt{12}} \quad \omega_B : \text{ビデオ帯バンド幅}$$

$$SNR = \frac{2}{\pi} \rho_0 \sqrt{K}$$

$K$  : 処理に使用した全ビット数

$\rho_0$  : 補正済相関係数（サーチの最大値）

1. 4. 群遅延のアンビギュイティ (GPDA) … バンド幅合成に使用する周波数配列の周波数間隔の最大公約数を  $FS$  とするとその逆数で定義される。

$$GPDA = \frac{1}{FS}$$

1. 5. PRTにおける粗決定遅延 (GPDN) … 相関処理で用いた遅延の予測値を  $\tau_{ap}$ 、粗決定サーチで得られた遅延残差を  $\Delta\tau_s$  とすると、

$$GPDN = \tau_{ap} + \Delta\tau_s$$

- 1.6 . 粗決定遅延の誤差 (EGPDN) … 粗決定サーチ遅延誤差の理論値 (標準偏差) であり、次式で計算する。

$$EGPDN = \frac{\sqrt{12}}{\omega_B \cdot SNR}$$

ここで

$$\begin{aligned} \omega_B &: \text{ビデオ帯バンド幅} \\ SNR &= \frac{2}{\pi} \rho_0 \sqrt{K} \\ &K: \text{処理に使用した全ビット数} \\ &\rho_0: \text{補正済相関係数 (サーチの最大値)} \end{aligned}$$

- 1.7 . PRTにおける遅延変化率 (RAT) … 相関処理で用いた遅延変化率の予測値を  $\dot{\tau}_{ap}$ 、粗決定サーチで得られた遅延変化率残差を  $\Delta\dot{\tau}_s$ 、精決定サーチで得られた遅延変化率残差を  $\Delta\dot{\tau}_m$  とすると、次式で与えられる。

$$RAT = \dot{\tau}_{ap} + \Delta\dot{\tau}_s + \Delta\dot{\tau}_m + (\text{X局 PCAL レート}) - (\text{Y局 PCAL レート})$$

- 1.8 . 遅延変化率の誤差 (ERAT) … 観測される遅延時間変化率誤差の理論値であり、次式で計算する。

$$ERAT = \sqrt{\frac{12}{\omega^2}} \cdot \frac{1}{T \cdot SNR}$$

ここで、

$$\begin{aligned} \overline{\omega^2} &= \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N \omega_n^2 \\ T &: \text{積分時間 (sec) } \cdots \text{ 等価積分時間 (TEF) を用いる} \\ SNR &= \frac{2}{\pi} \rho_0 \sqrt{K} \\ &K: \text{処理に使用した全ビット数} \\ &\rho_0: \text{補正済相関係数 (サーチの最大値)} \end{aligned}$$

- 1.9 . PRTにおける位相遅延 (PHD) … 相関処理で用いたPRTにおける遅延の予測値を  $\tau_{ap}$ 、精決定サーチで得られた遅延残差を  $\Delta\tau_m$ 、遅延変化率残差を  $\Delta\dot{\tau}_m$  を用いて定義式から求めた  $D(\Delta\tau, \Delta\dot{\tau})$  の位相を  $\Phi$  とすると、位相遅延は次式で与えられる。

$$PHD = \tau_{ap} + \frac{\Phi}{\omega_{ref}}$$

ここで、

$$\begin{aligned} \omega_{ref} &: \text{RF 参照角周波数} \\ \Phi &= \arg(D(\Delta\tau, \Delta\dot{\tau})) \end{aligned}$$

ここで、 $\arg$  は位相を返す関数であり、 $D(\Delta\tau, \Delta\dot{\tau})$  の定義は

$$D(\Delta\tau, \Delta\dot{\tau}) = \sum_{n=1}^N \left[ \exp\{-i(\omega_0^n \Delta\tau_m + \Delta\phi_n)\} \cdot \sum_{k=1}^K D_s(n, k) \cdot \exp(-i\omega_0^n \Delta\dot{\tau}_m \cdot T_{pp} \cdot k) \right]$$



ここで、

- $\omega_0^n$  : n-ch のRF角周波数
- $\Delta\phi_n$  : PCAL位相差
- $D_s$  : 単周波遅延分解関数(28.参照)
- $k$  : PPインデックス

20. PRT + 1 secにおける位相遅延(PHD1) … PRTにおける相関処理時の遅延、遅延変化率、2次の遅延変化率の予測値  $\tau_{ap}, \dot{\tau}_{ap}, \ddot{\tau}_{ap}$  を用いて次式にて計算する。

$$PHD1 = PHD + RAT + \frac{1}{2}\ddot{\tau}_{ap}$$

ここで、PHD,RAT はそれぞれ、位相遅延、遅延変化率の観測値である。

21. PRT - 1 secにおける位相遅延(PHD2) … PHD1と同様な方法で次式にて計算する。

$$PHD1 = PHD - RAT + \frac{1}{2}\ddot{\tau}_{ap}$$

ここで、PHD,RAT はそれぞれ、位相遅延、遅延変化率の観測値である。

[参考]

Mark-IIIにおけるPHD1およびPHD2の求め方は若干異なっている。Mark-IIIでは相関処理時の予測値計算ルーチンを直接起動し、PRT + 1秒およびPRT - 1秒における遅延の予測値を直接に計算し、その値に対して、遅延変化率のサーチで求めた $\Delta\dot{\tau}$ を足したり、引いたりしている。すなわち観測で得られた位相遅延とは少し意味あいの異なる値である。Mark-IIIでの定義をまとめると、

$$\begin{aligned} PHD1_{(Mark-III)} &= \tau_{ap2} + \Delta\dot{\tau} && \text{ここで}\tau_{ap2} : \text{PRT} + 1 \text{秒における予測遅延} \\ PHD2_{(Mark-III)} &= \tau_{ap3} - \Delta\dot{\tau} && \tau_{ap3} : \text{PRT} - 1 \text{秒における予測遅延} \end{aligned}$$

22. PRTにおける全位相(total phase)(TOTP) … 参照周波数におけるフリッジ位相のアプリオリ値と“19. PRTにおける位相遅延”の項で示された $\Phi$ の和として定義される。

$$TOTP = amod(\omega_{ref} \cdot \tau_{ap} + \Phi, 2\pi)$$

ここで $amod(a, b)$ は $a$ を $b$ で割った剰余を返す関数。

23. セントラルエポックにおける群遅延(GPDM) … 相関処理時に用いた遅延の2次変化率のアプリオリ値 $\ddot{\tau}_{ap}$ を使用してエポックの移動を行うことによりPRTにおける群遅延から次式にて計算する。

$$GPDM = GPD - \Delta t \cdot RAT + \frac{1}{2}\Delta t^2 \cdot \ddot{\tau}_{ap}$$

ここで、

- $\Delta t = PRT - EPOCM$  ( $EPOCM$ : セントラルエポック)
- $GPD$  : PRTにおける観測群遅延
- $RAT$  : PRTにおける観測遅延変化率

[参考]

Mark-IIIではセントラルエポックにおける遅延の予測値 $\tau_{apM}$ を新たに計算し、PRTにおける残差 $\Delta\tau, \Delta\dot{\tau}$ を用いて次式で計算を行っている。

$$GPDM_{(Mark-III)} = \tau_{apM} + \Delta\tau - \Delta\dot{\tau} \cdot (PRT - EPOCM)$$

2.4 . セントラルエポックにおける遅延変化率 (RATM) … 遅延の3次変化率のアプリオリ値  $\ddot{\tau}_{ap}$  まで用いて、エポックの移動を行うことにより次式にて求める。

$$RATM = RAT - \Delta t \cdot \ddot{\tau}_{ap} + \frac{1}{2} \Delta t^2 \cdot \ddot{\tau}_{ap}$$

ここで、

$$\begin{aligned} \Delta t &= PRT - EPOCM && (EPOCM : \text{セントラルエポック}) \\ RAT &: \text{PRTにおける観測遅延変化率} \\ \ddot{\tau}_{ap} &: \text{遅延の3次変化率のアプリオリ値} \end{aligned}$$

[ 参考 ]

Mark-III ではセントラルエポックにおける遅延変化率の予測値  $\dot{\tau}_{apM}$  を新たに計算し、PRTにおける残差  $\Delta\dot{\tau}$  の和として次式で求めている。

$$RATM_{(Mark-III)} = \dot{\tau}_{apM} + \Delta\dot{\tau}$$

2.5 . セントラルエポックにおける全位相 (total phase)(TOTPM) … セントラルエポックにおける遅延のアプリオリ値と“PRTにおける位相遅延”の項で示された  $\Phi$  を用いて次式により求める。

$$TOTPM = \text{amod}(\omega_{ref} \cdot \tau_{apM} + \Phi - \omega_{ref} \cdot \Delta\dot{\tau} \cdot \Delta t, 2\pi)$$

ここで、

$$\begin{aligned} \omega_{ref} &: \text{参照RF角周波数} \\ \tau_{apM} &= \tau_{ap} - \Delta t \cdot \dot{\tau}_{ap} + \frac{1}{2} \Delta t^2 \cdot \ddot{\tau}_{ap} \\ \Delta t &= PRT - EPOCM && (EPOCM : \text{セントラルエポック}) \\ \Phi &: \text{観測全位相残差} \\ \Delta\dot{\tau} &= \Delta\dot{\tau}_s + \Delta\dot{\tau}_m && \text{サーチで得た}\dot{\tau}\text{の残差} \end{aligned}$$

[ 参考 ]

Mark-III では  $\tau_{apM}$  として、セントラルエポックにおける遅延の予測値を新たに計算して用いている。

2.6 . 地球中心エポックにおける全位相 (total phase)(EARP) … 地球中心エポック (ECPRT) とは、地球中心をPRTに通過する波面が、X局を通過した時刻として定義され、次式で求める。

$$ECPRT = PRT - \frac{1}{c} (\vec{S} \cdot \vec{e})$$

ここで、

$$\begin{aligned} \vec{S} &: \text{X局の地球中心からの位置ベクトル} \\ \vec{e} &: \text{地球中心から電波源方向への単位ベクトル} \\ c &: \text{光速} \end{aligned}$$

今、右手系でX局の位置を  $(S_x, S_y, S_z)$  と表すと

$$\vec{S} = (S_x, S_y, S_z)$$

電波源の赤緯  $\delta$ 、グリニッチ時角  $H$  とすると、

$$\vec{e} = (\cos \delta \cos H, -\cos \delta \sin H, \sin \delta)$$

したがって、地球中心エポックは次式で計算される。

$$ECPRT = PRT - \frac{1}{c} \{S_z \sin \delta + \cos \delta (S_x \cos H - S_y \sin H)\}$$

この地球中心エポックを用いて、PRTにおける全位相のエポックの移動を行うと、地球中心エポックにおける全位相は次式で求まる。

$$EARP = \text{amod}(TOTP - \Delta T_c \cdot RAT \cdot \omega_{ref}, 2\pi)$$

ここで、

$$\begin{aligned} TOTP & : \text{ PRTにおける全位相} \\ \Delta T_c & = PRT - ECPRT \\ RAT & : \text{ PRTにおける観測遅延変化率} \\ \omega_{ref} & : \text{ 参照RF角周波数} \end{aligned}$$

2.7. 地球中心エポックにおける位相残差 (REARP) … PRTにおけるフリンジ位相残差を  $\Delta \hat{\tau}$  を用いて、エポックを地球中心エポックに移動することにより求める。

$$REARP = \text{amod}(\Phi - \Delta T_c \cdot \Delta \hat{\tau} \cdot \omega_{ref}, 2\pi)$$

ここで、

$$\begin{aligned} \Phi & : \text{ フリンジ位相残差 (19.参照)} \\ \Delta T_c & = PRT - ECPRT \\ \Delta \hat{\tau} & = RAT - \Delta \hat{\tau}_{ap} \quad \text{つまりKOMBで求める遅延変化率残差} \\ \omega_{ref} & : \text{ 参照RF角周波数} \end{aligned}$$

2.8. 多周波相関強度 (COHE) … 精決定サーチで求めた相関強度。精決定サーチにおいて最大となったところの  $|D(\Delta\tau, \Delta\hat{\tau})|$  の値を 1.0 が 100% を表すように規格化した値。  $D(\Delta\tau, \Delta\hat{\tau})$  の定義は以下の通り。

$$D(\Delta\tau, \Delta\hat{\tau}) = \sum_{n=1}^N \left[ \exp\{-i(\omega_0^n \Delta\tau_m + \Delta\phi_n)\} \cdot \sum_{k=1}^K D_s(n, k) \cdot \exp(-i\omega_0^n \Delta\hat{\tau}_m \cdot T_{pp} \cdot k) \right]$$

ここで、

$$D_s(n, k) = \sum_{j=1}^7 S_c^v(j, k, n) \exp\{-i(\omega_j^v \Delta\tau_s + \omega_0^n \Delta\hat{\tau}_s \cdot T_{pp} \cdot k)\}$$

$S_c^v$  : P P 毎、周波数 c h 毎のビデオクロススペクトル

$j < 0$  は L S B、 $j > 0$  は U S B

$S_c^v = 0$   $j = 0$  の場合

$\omega_j^v$  : ビデオ帯での角周波数

$\omega_0^n$  : n-ch の R F 角周波数

$T_{pp}$  : 1 P P の時間

$\Delta\phi_n$  : P C A L 位相の n-ch での差

$\Delta\tau_s, \Delta\tau_m$  : 粗決定および精決定遅延残差

$\Delta\hat{\tau}_s, \Delta\hat{\tau}_m$  : 粗決定および精決定遅延変化率残差

遅延変化率の残差  $\Delta\dot{\tau}$  が大きい場合、1PP内での位相回転による相関強度の減少を次式に示されるファクターを掛けて補正する。

$$FACT = \frac{\theta}{\sin\theta} \quad (\theta < 0.01 \text{ の時は } FACT = 1.0 \text{ とする})$$

ここで、

$$\theta = \frac{1}{2} \Delta\dot{\tau} \cdot \omega_{ref} \cdot T_{pp}$$

であり、1PP中の残差位相回転の半分である。

29. フリンジ強度 (AAMP) … 周波数  $ch$  内ではコヒーレントな積分を行い、異なる周波数  $ch$  間では絶対値で積分された相関強度と  $SNR$  を用いて以下のように求める。

ノイズのない場合のフリンジ強度を  $A$ 、観測された相関強度を  $Z$ 、ノイズの分散を  $\sigma^2$  とすると、 $SNR = \frac{A}{\sigma} \gg 0$  の場合、

$$Z = A \left[ 1 + \frac{\sigma^2}{2A^2} \right]$$

したがって、

$$A = \frac{Z}{1 + \frac{\sigma^2}{2A^2}}$$

KOMBで求める  $SNR$  は、すべての処理データに対する  $SNR$  であるので、 $ch$  毎の  $SNR$  は  $1/\sqrt{N}$  したもとして求まる。したがって、 $ch$  数も考慮に入れた場合のフリンジ強度は

$$AAMP = \frac{Z}{1 + \frac{N}{2(SNR)^2}}$$

ここで、

$$Z = \frac{1}{N \cdot K} \sum_{n=1}^N \left| \sum_{k=1}^K D_s(n, k) \right|$$

$N$  : 周波数  $ch$  の数

$K$  : 1  $ch$  あたりのPP数

$D_s(n, k)$  : 28. の項参照

$SNR$  : 30. の項参照

(出典:「METHODS OF EXPERIMENTAL PHYSICS」, Vol.12, PART C, pp.244)

30. 信号対雑音比 (SNR) … KOMB 処理結果データの信号強度対雑音強度比 (SNR) を意味し、次式により求める。

$$SNR = \frac{2}{\pi} \rho_0 \sqrt{K}$$

ここで、

$K$  : 処理に用いた全ビット数

$\rho_0$  : 補正済み相関係数

= COHE 28. の項参照

- 3.1. インコヒーレントセグメント化フリンジ強度 (AICOH) … 時系列にそった P P 毎の相関係数データを、 $L$  ケのセグメントに分割した場合に、そのセグメント内ではコヒーレントに積分し、セグメント毎、周波数  $c h$  毎には絶対値で積分し、全処理 P P 数で割った値。

$$AICOH = \frac{1}{N \cdot K} \sum_{n=1}^N \sum_{l=1}^L \left| \sum_{k=1}^{K_L} D_s(n, k) \right|$$

ここで、

- $N$  : 周波数  $c h$  の数
- $K$  : 1  $c h$  あたりの P P 数
- $L$  : セグメント数 (1  $c h$  あたりの数)
- $K_L$  : 1 つのセグメント内の P P 数
- $D_s(n, k)$  : 2.8. の項参照
- $n$  : 周波数インデックス
- $l$  : セグメントインデックス
- $k$  : セグメント内 P P インデックス

セグメントの分け方は以下のルールに従う。

$$L = \begin{cases} 50 & N = 1 \text{ の場合} \\ \frac{100}{N+2} & N > 1 \text{ の場合} \end{cases}$$

- 3.2. 誤検出の確率 (PROB) … 粗決定サーチ、精決定サーチにおいて最大値の検出を誤る確率。言い換えると、別のピークを検出してしまふ確率であり、サーチする格子点の数と、 $SNR$  から求める。この確率はレーリー分布のノイズが信号の相関強度を越える確率として以下のように計算される。

$$PROB = 1.0 - \left( 1.0 - \exp \left\{ -\frac{SNR^2}{2.0} \right\} \right)^M$$

この式で計算した値が 0.01 よりも小さい場合は、

$$PROB = M \cdot \exp \left\{ -\frac{SNR^2}{2.0} \right\}$$

ここで、

- $M$  : 粗決定サーチ、精決定サーチで F F T の格子点のサーチを行ったポイント
- $M = a \cdot b \cdot c$
- $a$  : 遅延方向粗決定サーチポイント数
- $b$  : 遅延方向精決定サーチポイント数
- $c$  : 遅延変化率方向サーチポイント数
- $SNR$  : 3.0. の項参照

- 3.3. チャネル毎の強度と位相 (AMPB(2,N)) … 周波数チャネル毎の、コヒーレントに積分された相関強度とその位相であり、次式により計算する。

$$\begin{aligned} \text{強度} \quad AMPB(1, n) &= \frac{1}{K_n} \left| \sum_{k=1}^{K_n} D_s(n, k) \right| \\ \text{位相} \quad AMPB(2, n) &= \arg \left( \sum_{k=1}^{K_n} D_s(n, k) \right) \end{aligned}$$

ここで、

- $n$  : 周波数  $c h$  インデックス
- $K_n$  :  $n$ -ch における処理 P P 数
- $k$  : P P # インデックス
- $D_s$  : 28 . の項参照
- $arg$  : 複素数の位相を表す関数

34 . RMS変動値 (QB) … KOMB処理を行ったデータについての処理 P P 数の周波数  $c h$  に対する rms 変動値を%で表した値。次式で計算する。

$$QB = \frac{\sqrt{\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N (PP(n) - \overline{NPP})^2}}{\overline{NPP}} \times 100 \quad (\%)$$

ここで、

- $PP(n)$  :  $n$ -ch での処理 P P 数
- $\overline{NPP}$  : チャンネルあたりの平均処理 P P 数
- $\overline{NPP} = \text{全処理 P P 数} / N$

35 . KOMB品質コード (KOMBQ) … KOMBの処理結果を客観的に評価するための品質コード。相関処理およびバンド幅合成処理結果を客観的に評価するために、KOMBは品質コード (QF) と呼ばれる 0 ~ 9 の数字またはアルファベット大文字 1 文字を出力する。品質コードがアルファベットであった場合は KOMB 処理で何らかのエラーがあったことを示す。品質コードが数字の場合は KOMB 処理で致命的なエラーが無かったことを示し、この時 “9” が最も良い品質を意味する。この数字による品質コードの定義は Mark-III にならった定義を用いている。その求め方は以下の通りである。

まず品質コードを求めるための下準備として、以下に示すフリンジ位相および強度変動の理論値および観測値を求める。

RMSPT … 精決定残差位相の時間 ( P P # ) に対する rms 位相変動値 (deg)

$$RMSPT = \left[ \frac{\sum_{n=1}^N \sum_{l=1}^L \sin^2 \{ arg(\sum_{k=1}^{K_L} D_s(n, k)) - \Phi \}}{L \cdot N} \right]^{\frac{1}{2}} \cdot \frac{180}{\pi}$$

ここで、

- $N$  : 周波数  $c h$  数
- $L$  : セグメント数 ( 1  $c h$  あたりの数 )
- $K_L$  : 1 つのセグメント内の P P 数
- $D_s(n, k)$  : 28 . の項参照
- $\Phi$  : フリンジ位相残差 ( 19 . の項参照 )

[ 参考 ]

$\theta \ll 1$  のとき  $\sin \theta \approx \theta$  を用いている。位相の差に  $\sin$  の演算を行うことによりアンビギュイティおよび位相の象限の判定を簡略化している。

RM1 …… RMSPT の理論値 (deg)

$$RM1 = \frac{1}{SNR} [L \cdot N - 1.0]^{\frac{1}{2}} \cdot \frac{180}{\pi}$$

ここで、 $SNR$  は 30 . の項参照。

**RMSAT** … 相関強度の時間 ( P P # ) に対する rms 強度変動値 (%)

$$RMSAT = \frac{\left[ \frac{1}{L \cdot N} \sum_{n=1}^N \sum_{l=1}^L \left\{ \frac{1}{K_L} \left| \sum_{k=1}^{K_L} D_s(n, k) \right| - COHE \right\}^2 \right]^{\frac{1}{2}}}{COHE} \times 100 \quad (\%)$$

ここで、COHE は 2.8 の項参照。

**RM2** …… RMSAT の理論値 (%)

$$RM2 = RM1 \cdot \frac{\pi}{180} \cdot 100$$

**RMSPF** …… 精決定残差位相の周波数チャンネルに対する rms 位相変動値 (deg)

$$RMSPT = \left[ \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N \sin^2 \left\{ \arg \left( \sum_{k=1}^{K_L} D_s(n, k) \right) - \Phi \right\} \right]^{\frac{1}{2}} \cdot \frac{180}{\pi}$$

ここで K は周波数 ch あたりの P P 数

**RM3** …… RMSPF の理論値 (deg)

$$RM3 = \frac{1}{SNR} (N - 1)^{\frac{1}{2}} \cdot \frac{180}{\pi}$$

**RMSAF** …… 相関強度の周波数チャンネルに対する rms 強度変動値 (%)

$$RMSAF = \frac{\left[ \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N \left\{ \frac{1}{K} \left| \sum_{k=1}^K D_s(n, k) \right| - COHE \right\}^2 \right]^{\frac{1}{2}}}{COHE} \times 100 \quad (\%)$$

**RM4** …… RMSAT の理論値 (%)

$$RM4 = RM3 \cdot \frac{\pi}{180} \cdot 100$$

KOMB 処理がエラーなく終了した場合、上記の観測値および理論値を用いて図 3 に示されるアルゴリズム (フローチャート) に従って品質コードが求められる。“9” が最高の品質を意味する。

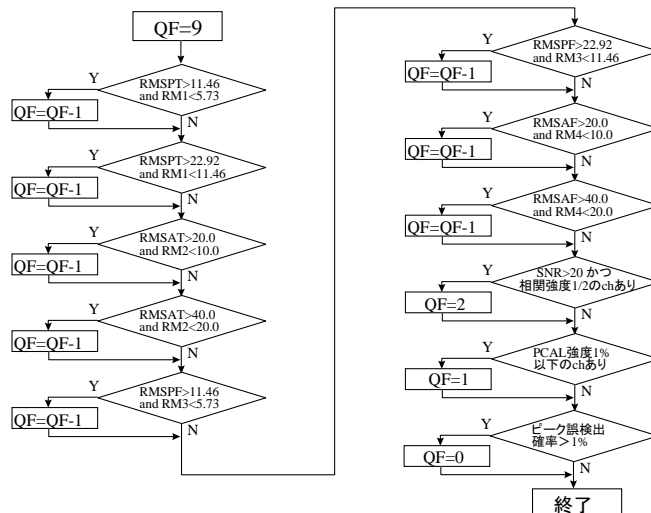


図 3: KOMB 品質コードを求めるアルゴリズム

[ KOMB 処理でエラーがあった場合の品質コード ]

表 1: K O M B処理のエラーと品質コードの対応

| エラー                             | 品質コード ( Q F ) |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|---------------------------------|---------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
|                                 | C             | D | E | G | H | I | J | M | N | O | R | S |
| ①BOPP のずれた ch がある               | ○             |   |   |   | ○ |   |   | ○ |   |   | ○ |   |
| ②PCAL のない ch がある                |               | ○ |   |   |   | ○ |   |   | ○ |   |   | ○ |
| ③粗決定サーチエラー                      |               |   | ○ |   | ○ | ○ |   |   |   | ○ | ○ | ○ |
| ④PCAL レートサーチエラー                 |               |   |   |   |   |   | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| ⑤SNR > 20 かつ<br>相関強度半分以下の ch あり |               |   |   | ○ |   |   |   |   |   |   |   |   |

K O M B処理でエラーがあった場合、品質コードはアルファベットとなるが品質コードとエラーは以下の表の様に対応する。

ここで、BOPP というのは相関積分の単位 ( P P ) の最初のこと。例えば QF=H の場合、①と③のエラーが発生していることを意味する。