

卒業論文

汎用データ形式の導入による
あけぼのデータ解析の効率化

指導教員

笠原 禎也 助教授

金沢大学理工学域電子情報学類

尾崎 友紀

平成 18 年 2 月 13 日

汎用データ形式の導入による あけぼのデータ解析の効率化

目次

第 1 章	序論	1
1.1	研究背景	1
1.2	研究内容	2
1.3	論文の構成	3
第 2 章	科学衛星「あけぼの」	4
2.1	あけぼの衛星	4
2.2	マルチチャンネル解析装置 (MCA)	4
第 3 章	汎用フォーマットの調査	6
3.1	汎用フォーマットの必要条件	6
3.2	汎用フォーマットの種類	7
3.2.1	FITS	7
3.2.2	CDF と NetCDF	8
3.3	CDF	8
3.4	NetCDF	9
3.4.1	次元	10
3.4.2	変数	10
3.4.3	属性	11
3.4.4	ユーティリティ	11
3.5	フォーマットの決定	11
第 4 章	フォーマット的设计	13
4.1	変数の設定	13
4.1.1	変数の種類	13
4.1.2	PostGap 変数	14
4.2	レコードの設定	15
4.3	属性の設定	16
第 5 章	CDF 化の実装	17

5.1	生データの CDF 化	17
5.2	公開用 CDF データの作成	17
5.3	実装の注意点	21
5.3.1	関数 <code>getpcm_()</code>	21
5.3.2	属性の作成	21
5.4	実装結果	21
5.5	ビットレート M のデータ	22
第 6 章	統計解析	28
6.1	データ解析法の改善	28
6.2	軌道別 MCA データの作成	28
6.3	データ解析	30
第 7 章	結論	34
	謝辞	35
	参考文献	36
	付録	A-1
A.1	<code>ncgen</code> の例	A-2
A.2	MCA データの CDF 詳細情報	A-5
A.2.1	変数情報	A-5
A.2.2	<code>g</code> 属性情報	A-8
A.2.3	<code>v</code> 属性情報	A-8
A.2.4	属性値情報	A-11

図一覧

3.1	NetCDF と CDF の比較	8
3.2	CDL 表記の例	10
3.3	ncgen で生成した NetCDF ファイルの描画結果	12
4.1	次元変化とレコード変化	13
4.2	スパースレコード特性	15
5.1	データとレコードの関係	18
5.2	公開用 CDF の例	22
5.3	STARS による描画結果	23
5.4	bitrateM の電界平均値 (1989/3/17)	24
5.5	bitrateM の磁界平均値 (1989/3/17)	25
5.6	bitrateM の電界平均値 (2000/7/14)	26
5.7	bitrateM の磁界平均値 (2000/7/14)	27
6.1	軌道による MCA データ検索システム	29
6.2	電界強度分布のローカルタイム依存性	33

表一覧

3.1	宇宙・地球科学分野のフォーマット	7
4.1	PostGap 変数のフラグ内容	14
A.1	g 属性一覧	A-9
A.2	v 属性一覧	A-10

第1章 序論

1.1 研究背景

世界中で数多くの宇宙・地球物理に関する観測が行われているが、これらは一般に観測装置を開発した研究チームが各々独自フォーマットで保有し、解析している。しかし、宇宙・地球規模の全体像を研究するために研究者たちの間では、複数種の観測データを使って総合的に解析したいという要望が強い。パーソナルコンピュータの普及と、インターネットに代表される国際的な情報ネットワークが充実している現在では、観測データが観測チームから他の研究者へ要求に応じて容易に提供できる環境になっている。これはデータ取得の簡便化などの利点もあるが、問題もある。データ取得の際に、各観測チームからデータと共にデータフォーマットの詳細や、時には解析ツールまで手にいれる必要があるのだ。これにより、データを保有している機関はデータ公開に関する業務が増大している。また、データの提供側だけでなく被提供側にとってもデータ解析の本質ではない部分で非常に負担のかかる作業である。

この問題の解決のために、近年、世界各国でデータの集中管理・公開するためのデータベース化が進められている。米国では、米国航空宇宙局 (NASA) の国立宇宙科学データセンター (NSSDC) [1] や米国海洋大気局 (NOAA) の国立地球物理学データセンター (NGDC) [2] などで、観測データの集中管理・公開が行われている。それに対し、日本は観測等によるデータ取得は進んでいるが、そのデータを国内外の研究者が利用可能な形式で提供するためのデータ公開においては遅れている。この原因として、観測グループにデータ管理・公開責任があることや、観測データによってデータフォーマットが異なっていることなどが挙げられる。そのため、観測データの汎用フォーマット化を行い、データ集中管理の実現し、データ公開に関する負担を軽減することが求められている。

本研究室では、科学衛星「あけぼの」に搭載されている低周波プラズマ波動観測装置 (VLF) のデータを 1989 年から約 17 年に渡って保有しており、国内外の多くの研究者からデータ利用要求が来る。しかし、データが独自フォーマットのため個々の要求に個別対応するには限度があり、データの活用を阻害している。さらに、研究室内においても、VLF 装置のサブシステム毎のデータに習熟するまでに時間を要し、さらに解析ソフトの取り扱いに慣れる、または、目的別の解析ソフトの開発に多大な日数を費やしている。この問題の解決には、

各々のデータを解析ツールと馴染みやすい共通形式に統一し、データ解析を容易にすることが必須である。

1.2 研究内容

本研究では特に、VLF 装置のサブシステムの一つである MCA データの汎用フォーマット化に取り組み、その有効性を活かして実際に統計解析を試みた。

VLF 装置の観測データは、PCM データ [3] として VLF 以外の全観測機器のデータに混ざった形で、各サブシステムのデータがまとめて保存されている [4]。これまで、MCA データを使用する際は PCM データから MCA データを抜き出して使用していた。この場合、MCA データ解析する研究者が皆 PCM データについて理解しなければならないという問題が生じていた。さらに上述のように、全機器データが含まれているのでデータ容量が大きいこと、また、毎度抜き出した生データを機器ステータスを参照して工学値変換する必要があるという問題もあった。これら問題を解決するために、MCA データのみを PCM データから取り出して使いやすくすることにした。また、1.1 節で述べた問題を解決するために、取り出した MCA データは汎用フォーマット化することにした。

汎用フォーマット化した MCA データを公開する場合、多くの研究者は、観測器で取得した較正前の生のデータを使った研究をする必要はなく、むしろ、物理量に変換済みで、かつ、データの分解能が固定値に統一されたものを利用した方が便利である。研究者が解析しやすいデータであるためにも、汎用フォーマット化されたデータが望ましく、また、生 MCA データとは別に解析用の形式にした公開用データの生成が必要である。そこで、汎用フォーマット化された公開用データの生成を行い、さらに、汎用フォーマット化された公開用データの有効性を実証するために、実際にデータ解析を行った。

具体的には、

1. フォーマットの検討

現在、宇宙・地球科学分野で主に使われているデータフォーマットを調査し、それぞれの特徴を把握する。

2. フォーマットの設計

MCA に最適なフォーマットを決定し、詳細なデータ構成を検討する。

3. 生データの汎用フォーマット化

現在保有している独自フォーマットの MCA データを、2 で決定したフォー

マットに変換する。

4. 公開用データの汎用フォーマット化

実際の解析で扱いやすいように研究室外に公開するためのデータとして3で生成されたデータを n 秒平均した形式に変換できるようにする。

5. データ解析

汎用的なフォーマットに変換された16年間分のMCAデータを使用してデータ解析を行い、その有効性を検証する。

の順序で研究を進めた。

1.3 論文の構成

本論文の構成は以下のようになっている。第2章では、科学衛星あけぼのの概要と、同衛星に搭載されているVLF装置のサブシステムであるMCAについて説明する。このMCAデータを本研究で扱う。第3章では、現在宇宙・地球科学分野で主に使われているデータフォーマットの特徴、利用分野などの調査結果をまとめる。結果を元に、MCAへの適用にはどの汎用フォーマットが最適か議論する。第4章では、MCAデータの特徴を活かすためのデータフォーマット設計を行う。第5章では、MCAデータの汎用フォーマット化の実装方法について説明する。また、実装にあたり使用した汎用フォーマット専用ライブラリについても説明する。第6章では、汎用フォーマット化したMCAデータの統計解析法の紹介と解析によって明らかになったプラズマ圏内の電界分布の特徴について述べる。さらに、統計解析における汎用フォーマット化の有効性を考察する。最後に第7章で、本論文の結論をまとめる。

第2章 科学衛星「あけぼの」

2.1 あけぼの衛星

科学衛星「あけぼの (EXOS-D)」[4, 5] は、1989 年 2 月 22 日に磁気圏観測衛星として打ち上げられた。主な観測目的は、オーロラを含むオーロラ粒子加速域の精密観測とそれに関連する磁気圏プラズマの描像を明らかにすることである。すでに、あけぼの衛星は約 17 年も追跡オペレーションを行っているが、ほとんどの機器はいまだに正常に働いており、太陽活動の完全な 1 サイクル (11 年) の観測も達成した。

あけぼの衛星は宇宙環境観測のために、磁場計測装置 (MGF)、電場計測装置 (EFD)、低周波プラズマ波動観測装置 (VLF)、高周波域プラズマ波動及びサウンダー観測装置 (PWS)、低エネルギー粒子観測装置 (LEP)、スプラサーマル・イオン質量分析装置 (SMS)、熱的電子及びプラズマ計測装置 (TED)、オーロラ撮像装置 (ATV) の 8 つの観測装置が搭載されている。これら 8 つの機器に加えて、放射線帯の粒子を研究するための放射線モニター (RDM) も搭載している。本研究室ではこれらの観測装置の中で、低周波プラズマ波動観測装置によって観測されたデータを取り扱っている。

また、あけぼの衛星は地球の周りを楕円軌道で周回しており、打ち上げ当初の飛翔高度は約 300~10,000km、周回周期は約 210 分である。スピン軸は太陽方向に設定されている。

2.2 マルチチャンネル解析装置 (MCA)

あけぼの衛星が観測する電磁界成分の対象周波数は DC 成分の他に数 Hz から MHz 帯までの波動成分がある。高周波帯は PWS 装置が観測するので、20kHz を境界として、VLF 装置ではそれ以下の周波数帯域で、MGF 装置が観測する数 Hz 以下を除いた周波数領域を観測している。VLF 装置は 6 個のサブシステムから構成されているが、本研究ではそのうちの多チャンネル ELF-VLF 強度測定器 (MCA) [4, 5] が観測したデータを用いた。

MCA は 3.16Hz から 17.8kHz の間の対数的に等間隔な 16 点の周波数において、電磁界各 1 成分の信号強度の平均値と尖頭値を測定する。そのため、細かい周波数構造を知るには不適切であるが、概略のダイナミックスペクトルと絶対強度を得ることができるので、VLF 波の全体像を知るのに便利である。中心

周波数の両側に中心周波数の 30%の帯域幅を持ち、それぞれのチャンネルが約 -20dB の所で重なっている。また時間分解能は、ビットレートが High の 0.5 秒、Middle の時 0.25 秒で PCM 伝送される。

第3章 汎用フォーマットの調査

3.1 汎用フォーマットの必要条件

従来の独自フォーマットでは、データ提供時にデータの構造や個々のデータの意味、利用法、サンプルプログラムなどをマニュアルとして用意し、データと共に渡す必要があった。また、独自フォーマットによるデータ解析には、独自解析ソフトの開発が必要になることも多かった。これらの問題点を解決し、かつ、VLF データに適した汎用フォーマットであるためには、以下に挙げる条件を満たしている必要がある。

- データファイルを読めばデータが理解できるように、データファイルにデータだけでなく、データの説明や注意事項なども含ませることができるものであること。
- 現在までに観測された 16 年分の PCM データのディスク容量は約 1.6TBytes にのぼる。その内 MCA データの容量は約 2% の 32GBytes で、さらに時刻などの付加情報を含めるとデータ量は膨大なので少しでもファイル容量が小さくなるよう、ファイル形式はバイナリ型であること。
- VLF データはパスと呼ばれる観測基地で 1 回に観測した時間単位のファイルになっている。さらに、1 日に何時間も欠測部分がある。パス毎にデータが別れていると、必要な日時のデータがどのファイルにあるかを調べ、該当ファイルをシーケンシャルアクセスしてデータを取得しなければならない。この計算量を削減するために 1 日固定レコード長のファイルにし、ランダムアクセスを実現させたい。そのために欠測部を埋めても、ファイル容量があまり大きくならないことが望まれる。
- 従来の独自フォーマットは、コンピュータの格納方式によってデータ読み込みプログラムを変更する必要があった。また、プログラム自体もコンパイラによってはエラーと扱われてしまう場合があった。そこで、格納方式の異なるコンピュータ間でもデータを共有できるようにするため、OS やプラットフォームに依存しないことが条件となる。
- 独自解析ソフトを作成する手間を省くために、汎用ソフトで解析できるものであること。
- VLF データは観測モードによって時間分解能が変化するなどデータフォーマットが異なってくる。しかし、解析において多くの場合、時間分解能の

違いは必要なく、むしろ、時間分解能により異なるデータフォーマットに合わせて解析プログラムを作成することは避けたい。そこで、データ解析を効率よく行うために、観測モードに依存するデータフォーマットの違いを吸収できなければならない。

以上の条件を満たす汎用フォーマットが VLF データのフォーマットとして望ましい。

3.2 汎用フォーマットの種類

現在、宇宙・地球科学分野で広く使われているフォーマットを調査した結果 CDF、NetCDF、FITS、HDF、PDS がある。最近 XML という自己記述型のテキスト型フォーマットも注目されているが、膨大な量のデータをテキスト型で保存することは、データ容量の面から見て不適切である。そこで、バイナリ型でデータを扱うフォーマットのみを対象とした。それぞれの特徴と利用されている分野を表 3.1 に示す。

表 3.1: 宇宙・地球科学分野のフォーマット

フォーマット名	特徴	利用分野
CDF	データとメタデータを保存	STP(太陽地球系物理学)
NetCDF	自己記述的	気象学
FITS	データ構造が厳密に定義されており、互換性が高い	天文学
HDF	データ圧縮に適している	地球観測衛星
PDS	シンプルな構造のため、拡張が容易	月・惑星観測衛星

表 3.1 中で、CDF、NetCDF、FITS についてさらに詳しく調べた。

3.2.1 FITS

現在、あけぼの VLF データが該当する STP(Solar-Terrestrial Physics:太陽地球系物理) 分野の分散データベース化が求められている。FITS [6] を使用している天文学分野では、広域分散データベース化が進んでいる [7, 8, 9, 10]。そこで、VLF データも FITS 形式にすることで、容易に分散データベース化計画を

進めることができないかと考えた。しかし、FITS を調査した結果、データ構造が天文学に対応したものに厳密に定義されているため、VLF データには適さないことが判明した。

3.2.2 CDF と NetCDF

CDF と NetCDF は、元々一つのワークグループで開発されていたデータフォーマットが、途中で二つに別れて各々開発された [11]。そのため、CDF と NetCDF は似たような特徴を有することが分かった。CDF と NetCDF は共に、属性と変数を含む自己記述的なバイナリ型のデータフォーマットである。それぞれはバイナリ型のデータファイルをテキスト型の人間指向ファイルに変換するためのライブラリを用意している (図 3.1)。また、逆に、人間指向で生成したファイルをバイナリに変換するライブラリも用意している。CDF と NetCDF の詳細をそれぞれ 3.3 節と 3.4 節で述べる。

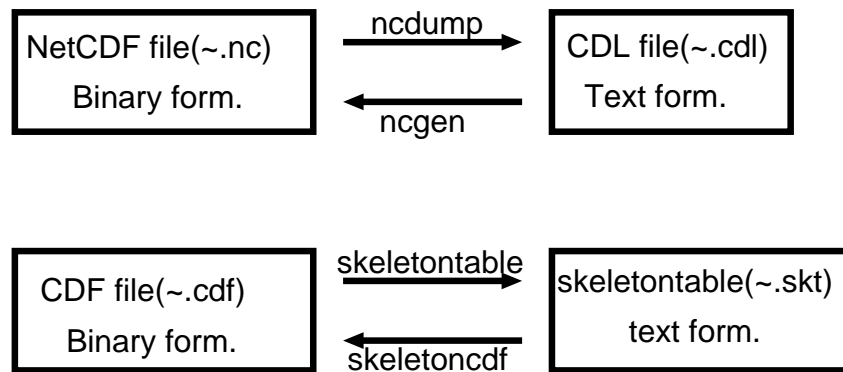


図 3.1: NetCDF と CDF の比較

3.3 CDF

CDF(Common Data Format) [12, 13] は、データを管理するための自己表現形式のデータフォーマットとして NASA の Goddard Space Flight Center によって開発された。CDF はデータそのものとメタデータと呼ばれるユーザ定義のデータを保存することができるデータフォーマットであると同時に、ソフトウェアライブラリでもある。また、CDF は CDF がサポートしている OS 間ならば、格納方式の異なるコンピュータ間でもデータをやり取りすることができる。

CDF ファイルは、変数(データ)と属性(メタデータ)の情報を持っている。変

数の特徴として、変数の値は概念上は配列として構成されていることがある。変数を定義するにあたり、まず変数配列を設定する。スカラーデータなら 0 次元、画像データなら 2 次元と言うように 10 次元までのデータ構造が定義可能である。この変数配列の配列が変数である。これによって、例えば画像データを保存するにあたって、一つの画像を一つのスカラーデータのように見せかけて扱うことができるため、データ構造が分かりやすくなり、データアクセスが容易になる。

属性には、グローバルスコープ属性 (g 属性) と変数スコープ属性 (v 属性) がある。g 属性は、CDF ファイルに関するあらゆる情報を保存するためのものである。v 属性は、変数や変数値に関する情報を記述するための属性である。

CDF ファイルを保存する際に、各変数及び属性をそれぞれ別のファイルとして保存する複数ファイルフォーマットと、すべてを一つのファイルに保存する単一ファイルフォーマットのどちらかを選択できる。しかし、単一ファイルフォーマットの場合のみファイル圧縮が可能となっている。また、バイナリ型である CDF ファイルの変数のデータ型や大きさ、属性の情報を容易に知る方法として `skeletontable` ライブラリが用意されている。`skeletontable` は、CDF ファイルに含まれている g 属性の属性名と属性値、各変数の v 属性の属性名と属性値、各変数のデータ型や配列の大きさなどを表示したテキストファイルを生成する。これによって、人間も CDF ファイルの内容を容易に把握することができる。

3.4 NetCDF

NetCDF(Network Common Data Form) [11] は、配列指向型のデータを自己記述的かつ格納方式の異なるコンピュータ間でもやり取りできるフォーマットとして作成・アクセス・共有することを目的に Unidata によって作られた。

NetCDF ファイルは、次元、変数、属性の情報を持っている。NetCDF オブジェクトの表記には CDL(network Common Data form Language) と呼ばれる人間指向の表記法を使用する。NetCDF システムには、バイナリ型の NetCDF ファイルから人間指向の CDL テキストファイルを作成する、及び逆の操作を行うためのユーティリティが含まれている。図 3.2 に、CDL で表記した NetCDF オブジェクトの例を示す。

```

netcdf sample {
    dimensions:    //次元変数
        row = 256 , column = 256;
    variables:     //変数
        //主変数
        short value( row , column );
            value:valid_min = 1;
            value:valid_max = 256;
        //座標変数
        short row( row );
        short column( column );
        //グローバル属性
        :title = "Sample data";
        :history = "20060130-YukiOzaki";
    data:          //データ
        row = 1,2,3,4,5,6,7,8,9, ..., 253,254,255,256;
        column = 1,2,3,4,5,6,7,8,9, ..., 253,254,255,256;
        value = 1,2,3,4,5,6,7,8,9, ..., 256,256,256,256;
}

```

図 3.2: CDL 表記の例

3.4.1 次元

次元とは、物理的な次元または数量のインデックスを表すために使用する。NetCDF で次元は次元変数として宣言され、名前と長さ (次元長) を持つ (例. *row* = 256)。次元長は任意の正の整数であるが、無制限次元 (UNLIMITED) とすることもできる。無制限次元を与えられたデータは、その次元に沿って次元インデックスを無制限に伸ばすことができるが、一つの NetCDF ファイルに対し最大一つしか無制限次元の次元変数は持つことができない。また、一つの NetCDF ファイルに格納できるデータ容量は 2 ギガバイトまでとなっている。

3.4.2 変数

変数は同一型の配列であり、データをファイルに格納するために使用する。NetCDF で変数は、名前、データ型、次元によって定義される (例. *short value(row, column)*)。次元は、次元変数を使用して定義する。また、次元変数と同一名で定義されている変数を座標変数と言う (例. *short row(row)*)。座標変数は通常その次元に対応する物理的な座標を定義するために使用する。座標変

数とは逆に、一般的にデータと見なされるものを保存する変数を主変数と言う。

3.4.3 属性

属性は補助的データやメタデータを格納するために使用する。ファイル全体に関する情報はグローバル属性として、各変数に関する情報は変数属性として保存される。グローバル属性は、`:属性名 = 属性値` により定義される (例. `:title = "Sample data"`)。変数属性は、`変数名:属性名 = 属性値` により定義される (例. `value : valid_min = 1`)。

3.4.4 ユーティリティ

図 3.2 に示した CDL 表記の例を、実際の NetCDF ファイルにするユーティリティとして `ncgen` が用意されている。`ncgen` は CDL 表記を読み、対応するバイナリ型の NetCDF ファイルもしくはその NetCDF ファイルを生成する C または FORTRAN のプログラムを作成する。図 3.3 は、`ncgen` を用いて CDL 表記の例から生成した NetCDF ファイルを IDL で描画した結果である。また、付録 A.1 に `ncgen` を用いて CDL 表記の例から生成した C のソースを示す。このユーティリティを使用すれば、簡単な CDL ファイルを作成し `ncgen` を用いてそれに対応する C のソースを生成し、そのソースを改良することで複雑な NetCDF ファイル生成プログラムを容易に作成することができる。

また、`ncgen` とは逆にバイナリ型の NetCDF ファイルを人間指向の CDL テキスト表現に変換して出力する `ncdump` ユーティリティも用意されている。

3.5 フォーマットの決定

宇宙・地球物理で使われている汎用フォーマットを調査した結果、CDF が 3.1 節に挙げた VLF データが汎用フォーマットに求める条件を満たすことが分かった。NetCDF は CDF と似ているが、欠測部に対応できる機能がないなど VLF データには向かない点があった。

また、NASA が太陽・地球観測衛星のデータに対し CDF を推奨しており、あけぼの衛星と同様の太陽・地球観測衛星のデータの多くは CDF 形式になっていることが判明した。

そこで、VLF データのフォーマットとして CDF を採用することにした。

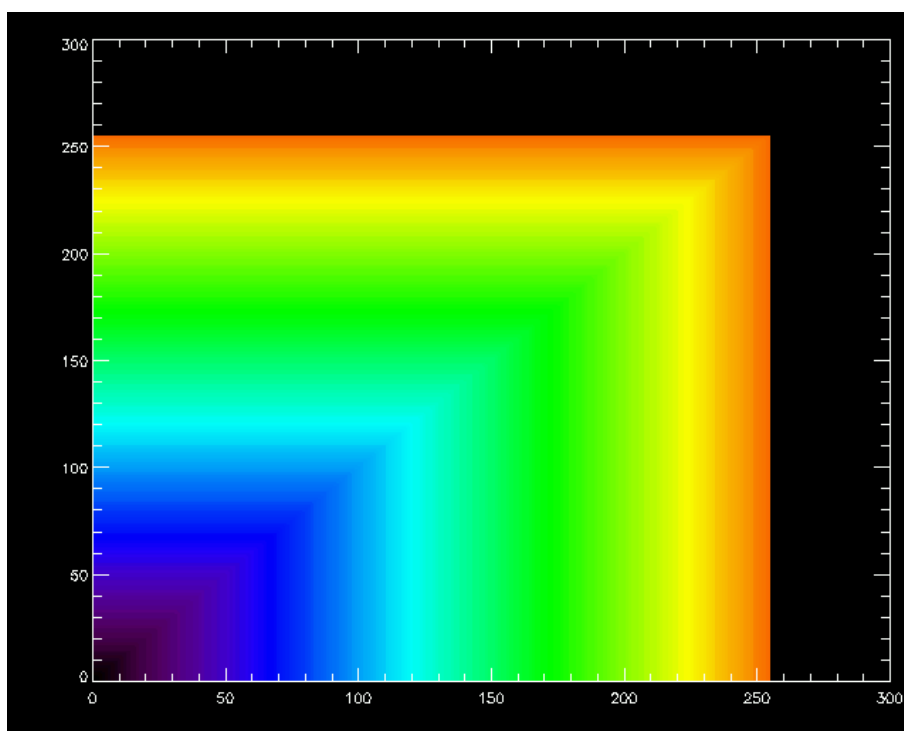


図 3.3: ncgen で生成した NetCDF ファイルの描画結果

第4章 フォーマットの設定

CDF は保存するデータに合わせて、変数、レコード、属性を設定できる。データ解析の効率が上昇し、ファイルを読めばデータについて理解できるファイルになるようにフォーマットを設計した。以下に、設計した内容を説明する。

4.1 変数の設定

4.1.1 変数の種類

CDF には r 変数と z 変数の 2 種類の変数があり、ファイルによってどちらの変数を使用するか選択できる。

- r 変数

一つの CDF ファイル中にある r 変数は、すべて同じ次元 (次元数と次元サイズ) を持つ。スカラー値を保存する変数でも、ファイル中で一番多次元の変数に合わせる必要がある。一つのスカラー値を、多次元配列に複数個保存することは効率的なデータ保存ではない。CDF では次元変化とレコード変化を設定することで、この問題を解決している。次元変化とは、変数が n 次元目にデータ変化するかを定義する。変化するときは TRUE(T)、変化しないときは FALSE(F) である。レコード変化も次元変化と同様で、レコードごとにデータが変化するかを定義する (図 4.1)。これで、スカラー値はすべての次元の次元変化とレコード変化を F に設定する、というように保存

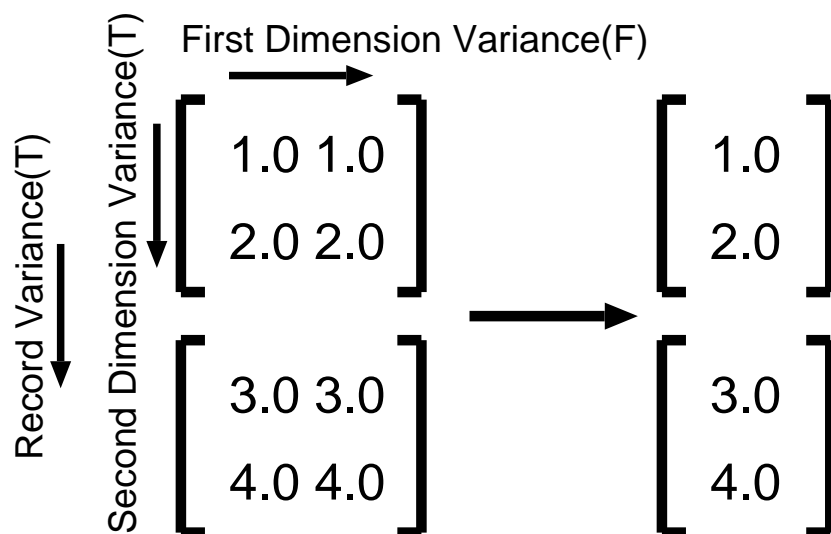


図 4.1: 次元変化とレコード変化

するデータに合わせて次元変化とレコード変化を設定することで、データの保存が効率的になる。

- z 変数

z 変数は r 変数と良く似ているが、 r 変数と違い変数ごとに異なる次元を持つことができる。そのため、ディスク容量を無駄にすることがない。さらに、変数の構成を理解しやすくなるのでデータの意味もわかりやすくなる。また、 z 変数は r 変数のように使用することも可能である。

CDF は効率的で柔軟性もある z 変数の使用を推奨している。そのため、MCA データを保存する変数は全て z 変数を使用した。

4.1.2 PostGap 変数

MCA データを CDF 化するにあたって、データの品質を表すデータとして変数 PostGap を付け加えた。PostGap 変数が、MCA データに雑音のなる原因となる機器が ON であった時にフラグを立てることでデータの品質を表す。表 4.1 に、PostGap 変数のビットに対応するフラグの意味を示す。PostGap 変数は符号無し 4 バイト整数型で、雑音の原因となる機器が ON であったとき、それに対応するビットが 1 になっている。

表 4.1: PostGap 変数のフラグ内容

ビット番号	フラグの意味
1(LSB)	観測器 OFF
2	データエラー
3	フレームエラー
4	
5	BDR(データレコーダー) ON
6	SMS(粒子観測器) ON
7	ビットレート M
8	PWS サウンダー ON
9~32(MSB)	残り 3 バイトは予備

4.2 レコードの設定

CDFの変数は、スパースレコードに設定することができる。スパースレコードとは、ある大きさのレコードのうち実際に値が書き込まれたレコードだけがCDFに保存され、値が書き込まれなかったレコードはバーチャルレコードとして扱われる。また、バーチャルレコードを読んだときの値は、自分で設定した値(パッドスパースレコード)か直前のレコードの値(プレブスパースレコード)に設定することができる。例えば、100番目のレコードだけに値を書き込みたいとする。スパースレコードで無い場合は、99番目までのレコードにもパディング値を実際書き込み、保存しなければならない。しかし、スパースレコードの場合は100番目のレコードだけが保存される。これにより、欠損が多いデータやデータギャップが多いデータにスパースレコードを使用するとかなりディスク容量の節約になる。

具体的に、1レコード20バイトのデータを作成し、スパースレコードの特性を調べた(図4.2)。その結果、一つのギャップに12バイトの容量が必要ながわかった。一つのギャップは、何個のバーチャルレコードでできていても容量は12バイトで変化しなかった。よって、連続してレコードの値が抜けるデータに対して、スパースレコードは効果的である。また、一つおきにレコードの値が抜けるデータに関しては、1レコードの容量が12バイト以上の場合に効果

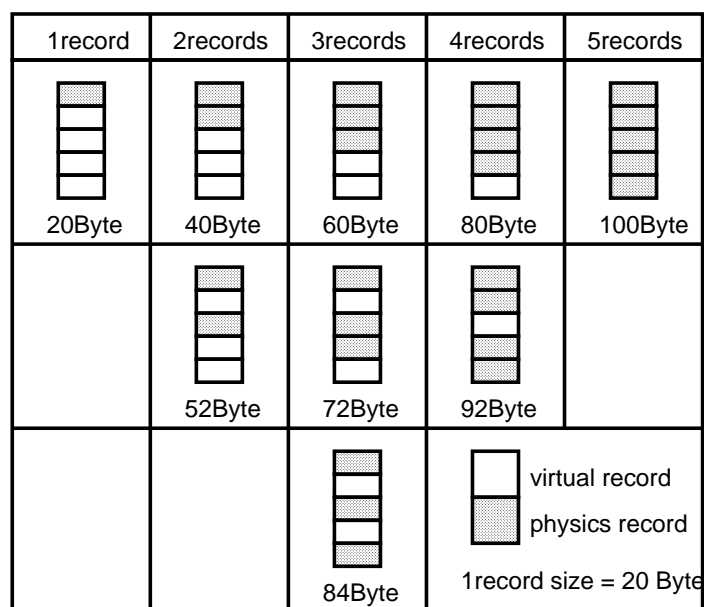


図 4.2: スパースレコード特性

的であることが分かった。

MCA は、1 日に何時間も観測していない時間帯がある。そのため、MCA データは欠測の多いデータであるが、ランダムアクセスを可能にするために欠測部にパディング値を入れる必要がある。また、ビットレートによる時間分解能の違いを吸収するために高時間分解能側に合わせてフォーマットを設計すると、低時間分解能データを格納する時に一定レコードおきにデータ抜けが発生するという問題が起こる。そのため、MCA データを保存する CDF に使用する変数には、1 レコードが 12 バイト以下のものもあるが、データの統一性を考えて全ての変数をスパースレコードに設定した。

4.3 属性の設定

NASA Goddard Space Flight Center の Space Physics Data Facility (SPDF) では、太陽・地球観測衛星の観測データを CDF でデータベース化 (CDA Web) している。そのデータベースに保存されている CDF ファイルは、ISTP/IACG CDF ガイドライン [15] の定める属性の規格を満たしている。ISTP/IACG CDF ガイドラインは、このガイドラインの規格を満たす CDF データは定義上論理的に完全なデータと説明のセットであるとしている。実際、Geotail や Wind など多くの太陽・地球観測衛星が、このガイドラインの規格に合わせた CDF ファイルを CDA Web に登録している。そこで、MCA データの属性も ISTP/IACG CDF ガイドラインの規格に合わせることにした。MCA データの変数と属性に関する詳しい情報は、付録 A.2 に記載する。

第5章 CDF 化の実装

5.1 生データの CDF 化

生データ CDF は、PCM データから抜き出した MCA データを較正せずに保存してある。MCA データは、2.2 節で述べたようにビットレートによって時間分解能が異なっている。従来の独自フォーマットでは、異なる時間分解能のデータを混在させるとデータ解析が困難であった。そのため、観測時間に占める割合が非常に小さいビットレート Middle(ビットレート M) の時のデータは解析してこなかった。しかし、CDF は観測モードに依存するデータフォーマットの違いを吸収できるので、異なる時間分解能の MCA データを混在させた CDF ファイルを生成した。

1 ファイルは 1 日分のデータを保存してある。変数 channel を除く全変数は、1 レコードが高時間分解能の 0.25 秒に合わせてある。これにより、(5.1) 式に示すように観測日時とデータが保存されているレコード番号が 1 対 1 に対応するので、特定時刻のデータにランダムアクセスが可能になっている。

$$n_{\text{record}} = (60 \times 60 \times t_{\text{hour}} + 60 \times t_{\text{min}} + t_{\text{sec}} + t_{\text{msec}}) / 0.25 \quad (5.1)$$

また、データとデータ欠測の区別をつけるためにビットレート用変数 (bitrate)、時刻用変数 (Epoch)、PostGap 変数はパッドスパスレコードを使用している。その他の変数は、データ欠測や時間分解能を気にすること無くデータ解析が行えるように、プレブスパスレコードを使用している (図 5.1)。以上の特徴を持った CDF 形式の MCA データファイルを生成した。現在までに、1989~2005 年までの 16 年分生成した。生成した 16 年分の生データ CDF ファイルのディスク容量は約 111.5GBytes になった。

5.2 公開用 CDF データの作成

公開用 CDF は、生データ CDF を絶対値に較正し、さらに、 n 秒平均したデータを保存してある。電界生データの絶対値較正方法は、

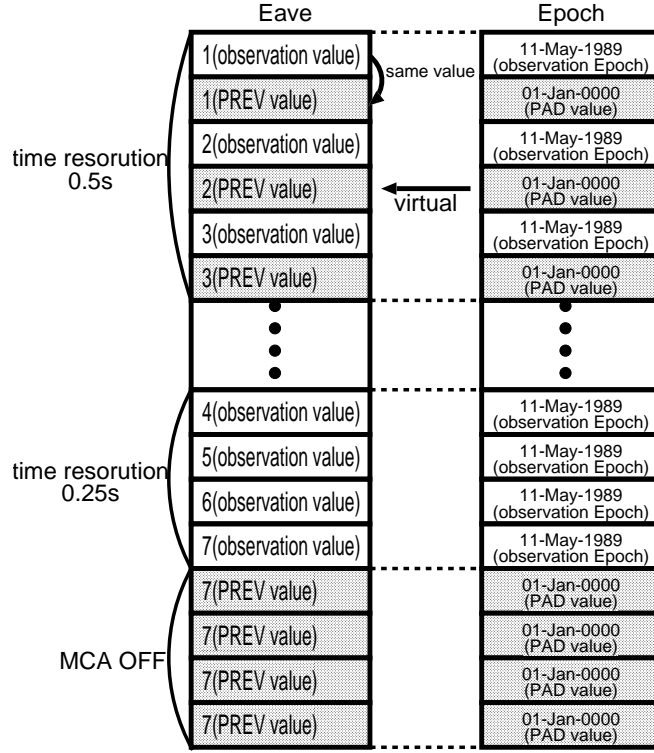


図 5.1: データとレコードの関係

$$V(i) = 20 \log E(i) - 25.0W(i) - 48.0 - 20.0 \text{ [dBV]} \quad (5.2)$$

$$E_{\text{abs}}(i) = 10^{\frac{V(i)}{20}} / h_E(i) \text{ [V/m]} \quad (5.3)$$

$$h_E(i) = h \times p_{\text{gain}} \times |Z_{\text{watim}}(i)| \text{ [m]} \quad (5.4)$$

$$Z_{\text{watim}}(i) = \frac{1}{\frac{1}{\frac{1}{R_s} + j\omega_i C_s} + \frac{1}{j\omega_i C_{\text{in}}}} \quad (5.5)$$

$$E_{\text{cal}}(i) = E_{\text{abs}}(i) \times 10^3 / \sqrt{0.6f_i} \text{ [mV/m}/\sqrt{\text{Hz}}] \quad (5.6)$$

- $E(i)$: i チャンネル目の MCA 電界値
 $W(i)$: i チャンネル目の WIDA ステータスの値
 $h_E(i)$: i チャンネルの周波数に対する電界アンテナ実効長
 h : 30.0[m]
 p_{gain} : プリアンプのゲイン ($10^{\frac{-2.2}{20.0}}$)
 $Z_{\text{watim}}(i)$: i チャンネルの周波数に対する入力総合インピーダンス
 R_s : アンテナインピーダンス (レジスタンス) =500[k Ω]
 C_s : アンテナインピーダンス (キャパシタンス) =250[pF]
 C_{in} : 入力インピーダンス (キャパシタンス)=100[pF]
 ω_i : i チャンネルの角周波数
 $E_{\text{cal}}(i)$: i チャンネルの電界絶対値
 f_i : i チャンネルの周波数

である。また、磁界生データの絶対値校正方法は、

$$V(i) = \begin{cases} 20 \log B(i) - 25.0W(i) - 48.0 - 25.0 & (i = 1 \sim 10) \\ 20 \log B(i) - 25.0W(i) - 48.0 - 30.0 & (i = 11 \sim 16) \end{cases} \quad [\text{dBV}] \quad (5.7)$$

$$B_{\text{abs}}(i) = 10^{\frac{V(i)}{20}} / h_B(i) / Z_0 \quad [\text{V/m}] \quad (5.8)$$

$$h_B(i) = \begin{cases} 10^{(\log f_i - 1.0) \times 0.8921 - 1.699} & (i = 1 \sim 7) \\ 0.243 & (i = 8 \sim 10) \\ 10^{(\log f_i - 3.0) \times 1.0588 - 0.9208} & (i = 11 \sim 14) \\ 1.0 & (i = 15) \\ 10^{(4.2504 - \log f_i) \times 0.88591 - 0.22185} & (i = 16) \end{cases} \quad [\text{m}] \quad (5.9)$$

$$B_{\text{cal}}(i) = B_{\text{abs}}(i) \times 1.26 \times 10^6 / \sqrt{0.6f_i} \quad [\text{pT}/\sqrt{\text{Hz}}] \quad (5.10)$$

$B(i)$: i チャンネル目の MCA 磁界の値

$h_B(i)$: i チャンネルの周波数に対する磁界アンテナ実効長 $= 120\pi$

Z_0 : 固有インピーダンス

$B_{\text{cal}}(i)$: i チャンネルの磁界絶対値

である。

n 秒平均の求め方は、まず n 秒分のレコード ($m = n/0.25$) について絶対値の 2 乗和 $S(i)$ を計算する。

$$S(i) = \begin{cases} E_{\text{cal}}(i)_1^2 + E_{\text{cal}}(i)_2^2 + \cdots + E_{\text{cal}}(i)_m^2 & (\text{電界の場合}) \\ B_{\text{cal}}(i)_1^2 + B_{\text{cal}}(i)_2^2 + \cdots + B_{\text{cal}}(i)_m^2 & (\text{磁界の場合}) \end{cases} \quad (5.11)$$

次に、2 乗和の平均 $A_{\text{pow}}(i)$ を計算する。

$$A_{\text{pow}}(i) = S(i)/m \quad (5.12)$$

さらに、 $A_{\text{pow}}(i)$ の平方根 $A_{\text{rms}}(i)$ を計算する。

$$A_{\text{rms}}(i) = \sqrt{A_{\text{pow}}(i)} \quad (5.13)$$

最後に、 $A_{\text{rms}}(i)$ を $0 \sim 255[\text{dB}]$ に収まるように調整したデシベル値に変換する。

$$A_{\text{ave}}(i) = 20 \log A_{\text{rms}}(i) + 120.0 \quad [\text{dB}] \quad (5.14)$$

この計算により求めた $A_{\text{ave}}(i)$ を n 秒平均値とした。また、各レコードについて n 秒平均を求めたわけではなく、1 日分のデータを n 秒ずつ分けて平均を求めた。 n 秒間のレコードがすべてバーチャルであった場合は、平均結果もバーチャルとした。ビットレート H の時に、2 レコード以上バーチャルレコードが続いた場合は、PostGap 変数のビット番号 2(データエラー)を立てて、平均を求めた。ビットレート M の時に、1 レコードでもバーチャルレコードがあった場合も同様にした。PostGap 変数は n 秒間のレコードの中に、1 レコードでもフラグが立っているものがあれば、それに合わせてある。公開用 CDF の Epoch 変数の値は、 n 秒間のレコードの中の真ん中のレコードの Epoch 値とした。

5.3 実装の注意点

5.3.1 関数 `getpcm_()`

PCM データから MCA データを抜き出す関数として `getpcm_()` がある。この関数は、VLF データ取得のために以前から使用されていた。しかし、従来の `getpcm_()` はバージョンの関係で `getpc3_()` と名付けられ、フレーム中にエラーがある場合、エラーがあるフレームとその次のフレームを捨てていた。また、従来の `getpc3_()` から派生した `getpc3_()` として、フレームエラーを検出せずに、エラーフレームまで含めてデータを取得しているものも存在した。破棄するフレームを最小限に押さえることと、派生した関数を正すために、エラーがあるフレームだけを破棄する、新しい `getpcm_()` を作成した。

5.3.2 属性の作成

CDF 生成プログラムはCを使用した。CDF の属性に属性値を代入するときは、内部インターフェイスの `PUT_,gENTRY_DATA_`(または、`PUT_,zENTRY_DATA_`) を使用する。このインターフェイスを使用するときは、保存する属性値のデータ型、要素数、値を指定する。指定するデータ型が `CDF_CHAR` の時、要素数は属性値の文字数である。この要素数に NULL 文字を含めた値など属性値の文字数以外の値を代入すると、属性値を正しく読むことが出来なかった。そのため、属性値の文字数分をきちんと指定する必要がある。

5.4 実装結果

公開用データの例として、8秒平均したCDFファイルの電界平均値を描画したものを示す。図5.2は、1989年3月11日6:00~7:00UTの電界平均値のグラフである。このグラフは、汎用描画ソフトのMATLABを使用して描画した。MATLABやIDLは、CDFに対応したツールが用意されている。そのため、MATLABがCDFファイルを直接読んで描画することができる。CDFにしたことで、特別な処理なしで簡単にグラフの描画ができるようになった。

また、愛媛大学総合情報メディアセンターを中心としたSTARSグループが開発した、太陽地球系観測データ解析参照システム (STARS:Solar-Terrestrial data Analysis and Reference System) [16, 17] へのデータ登録を計画している。試行的に、1989年3月11日公開用CDF(8秒平均)を愛媛大学に提供してSTARS上のプロットツールの関係を依頼した。その結果、公開用CDFをSTARSに登録

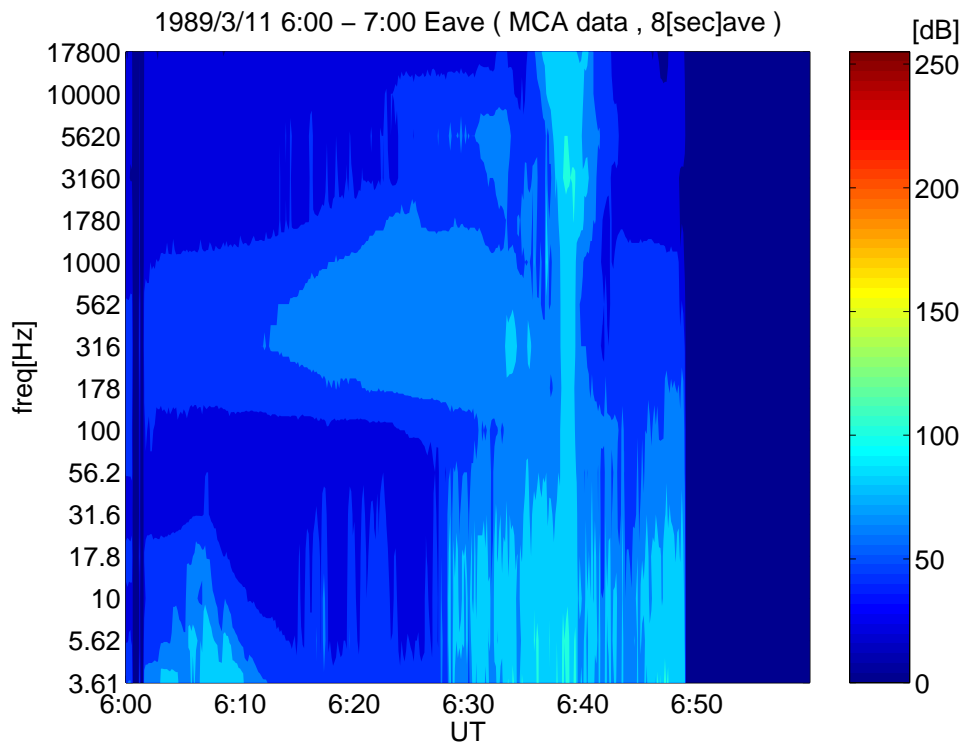


図 5.2: 公開用 CDF の例

すれば図 5.3 のようなグラフが描画できるようになった。特筆すべきは、CDF の提供にあたり付属するマニュアルやデータフォーマット情報を説明することなく、CDF データのみの提供で描画とグラフタイトル、縦横軸のラベル等が STARS プロジェクト側で解読できたことである。すなわち、CDF の自己記述型フォーマットの特徴を活かし、本研究の目的の一つに掲げたデータ利活用の向上が達成できたと言える。

このように CDF 化したことで、データ提供側はデータベースにデータを登録するだけで良くなり、データ提供が非常に容易になると思われる。

5.5 ビットレート M のデータ

MCA データの CDF 化によって、ビットレートによる時間分解能の違いを吸収した。それにより、今まで放置されてきたビットレート M の時のデータが解析できるようになった。そこで、ビットレート M の時のデータを解析してみた。結果を図 5.4~5.7 に示す。

図 5.4、5.6 は、ビットレート M の期間とその前後の電界平均値を描画したも

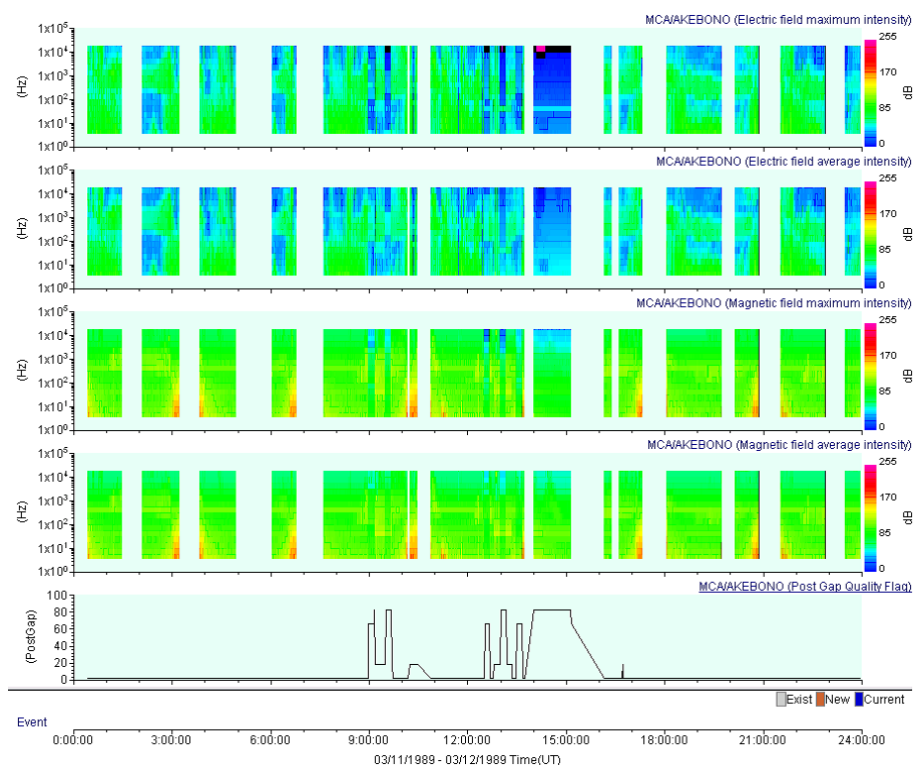


図 5.3: STARS による描画結果

のである。図 5.4 を見ると、ビットレート M の時のデータは値が飽和しており、前後のビットレート H の時のデータとつながっていないことが分かる。この状態は、全チャンネルのデータに対して生じていた。さらに、図 5.4 と 5.6 を比較して分かるように、年代に関係なくビットレート M の時のデータは飽和していた。このことから、ビットレート M の時は、観測波動の強度に合わせて AGC の役割を果たすアンプである WIDA ステータスが上手く作動していないと考えられる。また、図 5.5、5.7 は、ビットレート M の期間とその前後の磁界平均値を描画したものである。これらの図を見ると、電界と同様の状態が磁界でも生じていることが分かる。

図 5.3 の 14:00~15:00UT 頃のデータを見ると、平均値が尖頭値より大きくなってしまっている。この時の、PostGap 変数を見ると、80(ビットレート M かつ BDR が ON) の状態であり、雑音の影響などで正確な観測が行えていないと言える。

以上のことから、ビットレート M の時は他機器からの雑音の影響や、WIDA 設定が適切に行われないなどの原因により信頼性の低いデータであると言える。

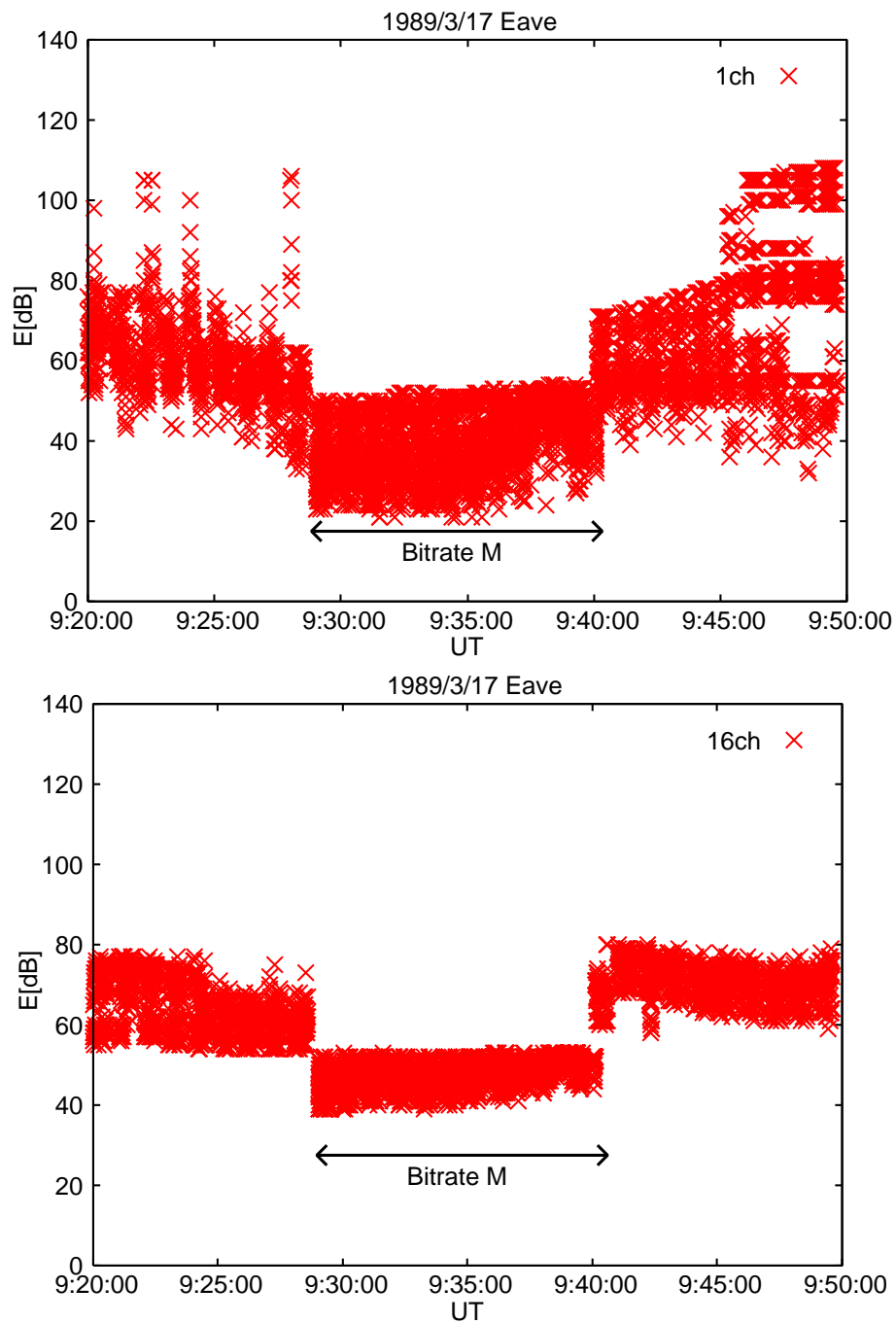


図 5.4: ビットレート M の電界平均値 (1989/3/17 上:1ch, 下:16ch)

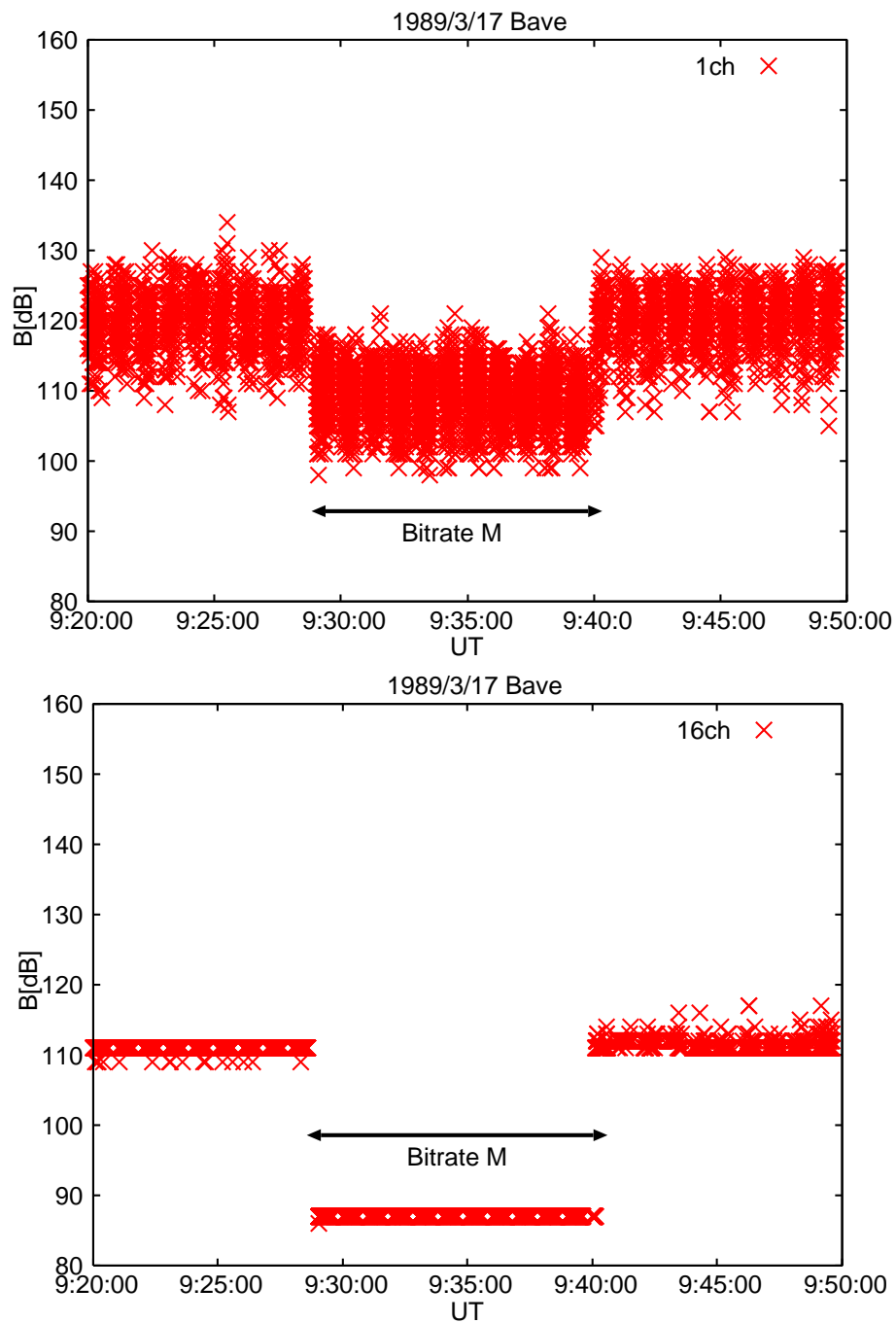


図 5.5: ビットレート M の磁界平均値 (1989/3/17 上:1ch, 下:16ch)

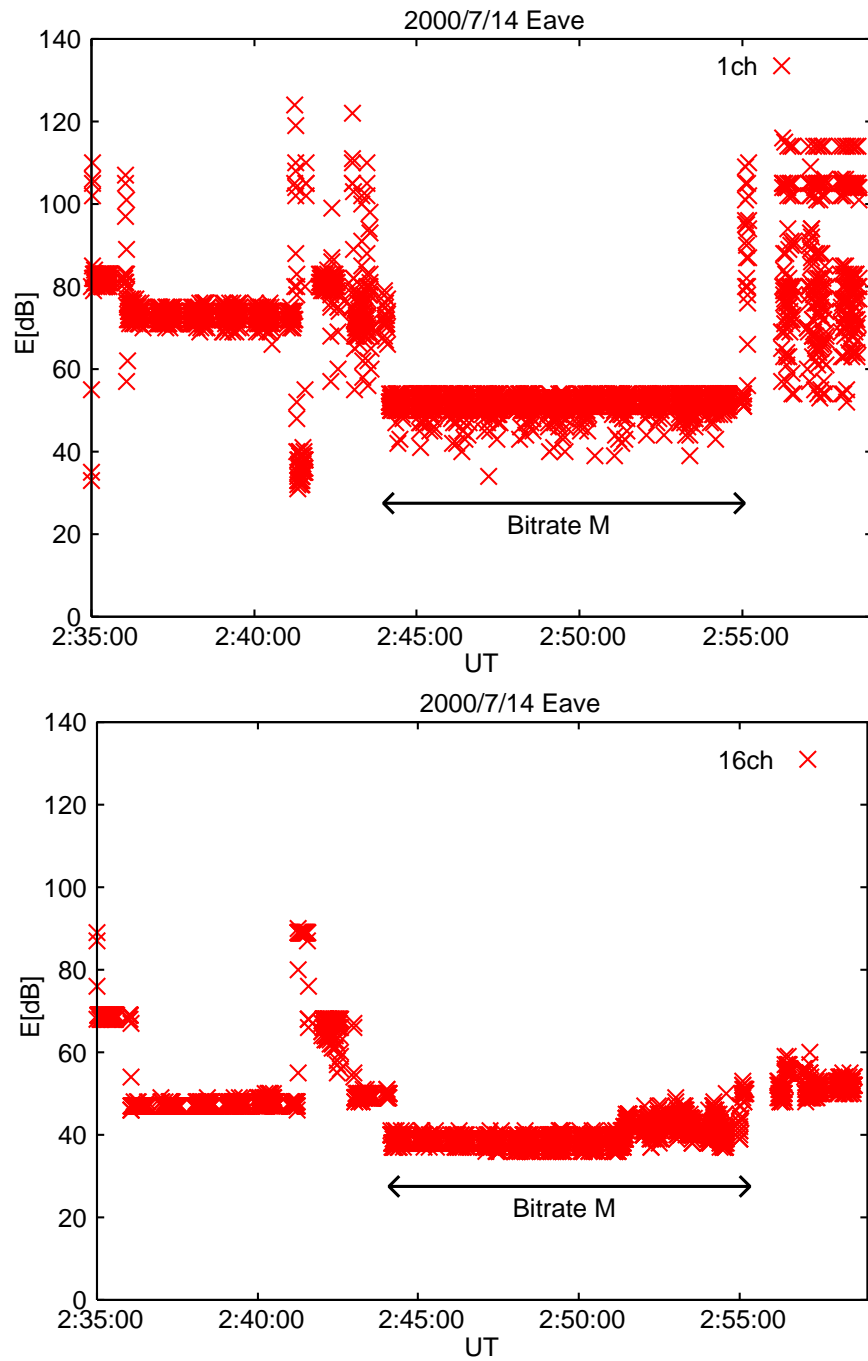


図 5.6: ビットレート M の電界平均値 (2000/7/14 上:1ch, 下:16ch)

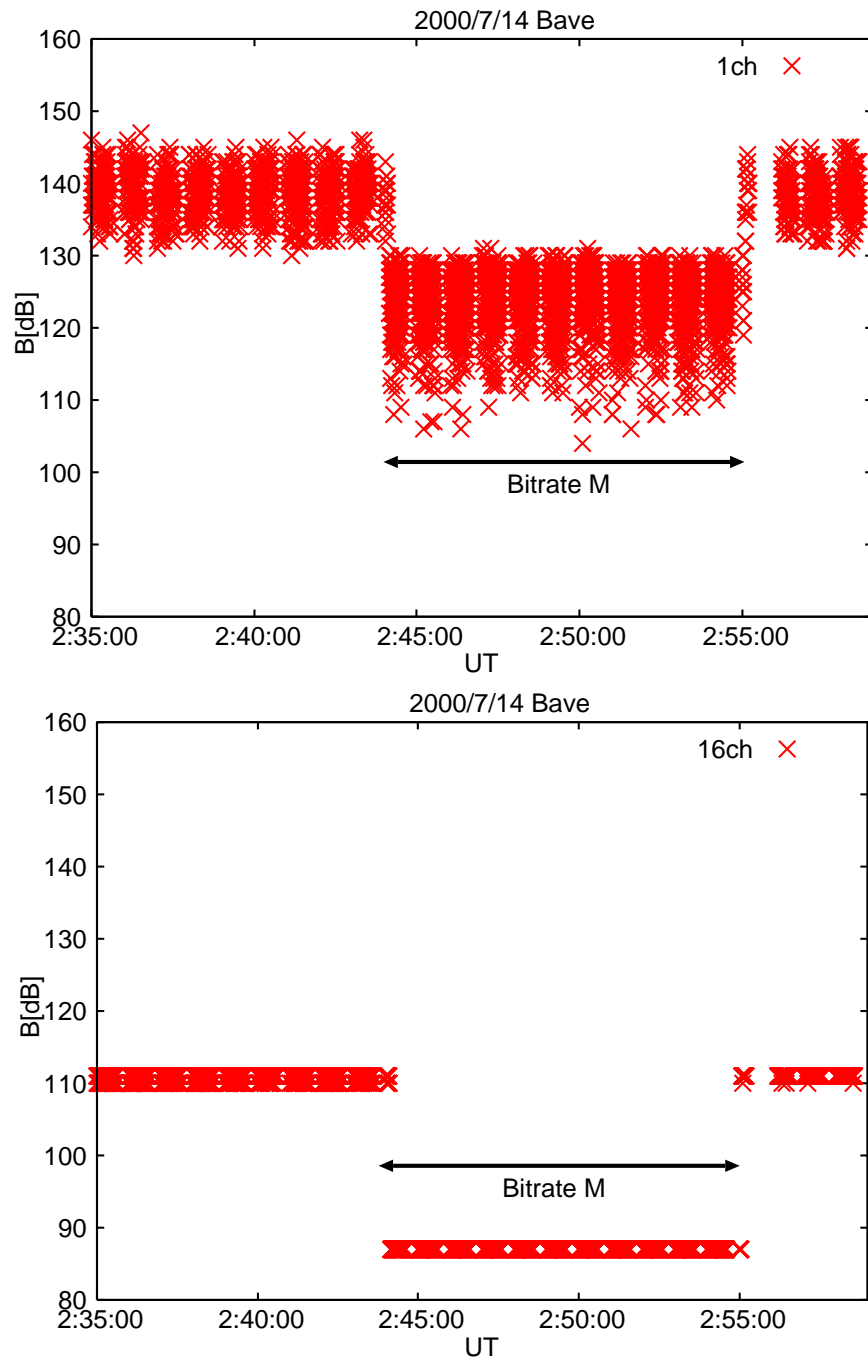


図 5.7: ビットレート M の磁界平均値 (2000/7/14 上:1ch, 下:16ch)

第6章 統計解析

MCA データの CDF 化は、データ解析の効率化も目的の一つであった。そこで、CDF 化した MCA データの解析を行い、データ解析の効率が良くなったかを検証した。

6.1 データ解析法の改善

衛星のデータ解析には、軌道情報が必要となる。あけぼの衛星の軌道情報は 30 秒に一つあり、UT、高度 (alt)、緯度 (glat)、経度 (glon)、磁氣的緯度 (mlat)、磁氣的ローカルタイム (mlt)、高度 120km まで磁力線をたどったときの緯度 (flat)、ilat の値が含まれている。これらのあけぼの衛星軌道情報は、データベース化されている [18]。

ある特定軌道での MCA データを用いてデータ解析を行いたい場合、特定軌道に対するデータを取得する方法として、従来は図 6.1(a) の方法を用いていた。

1. まず、軌道データベースから全データの UT に対する軌道情報を取得する。
そして、取得した軌道情報から特定軌道に該当するものだけを選択し、選択した軌道情報の UT のみを取得する。
2. さらに、取得した特定軌道に対応する UT での MCA データを、MCA データファイルにシーケンシャルアクセスして取得する。

この方法は、軌道データベースを UT でしか検索できない点と、MCA データファイルがシーケンシャルアクセスしかできない点に問題がある。

前者の問題点の解決のため、軌道データベースから特定軌道に該当する UT を検索する関数を作成した。関数は、軌道情報 (alt,glat,glon,mlat,mlt,flat,ilat) のうちどれか一つまたは複数個の条件を定めると、その条件にあった UT を取得できる。これにより、旧検索方法の検索量と計算量の削減ができた。また、後者の問題点は、CDF 化したことによりデータのランダムアクセスが可能になったので解決した。図 6.1(b) が特定軌道に対応するデータ取得の新しい方法の手順である。(a) と比較すると、処理が減ったことが一目瞭然である。

6.2 軌道別 MCA データの作成

MCA データは、22 ページの図 5.2 のように時刻と周波数のグラフを描くこともあるが、軌道を用いた図を描くことも多い。軌道を用いた図は、地球周辺

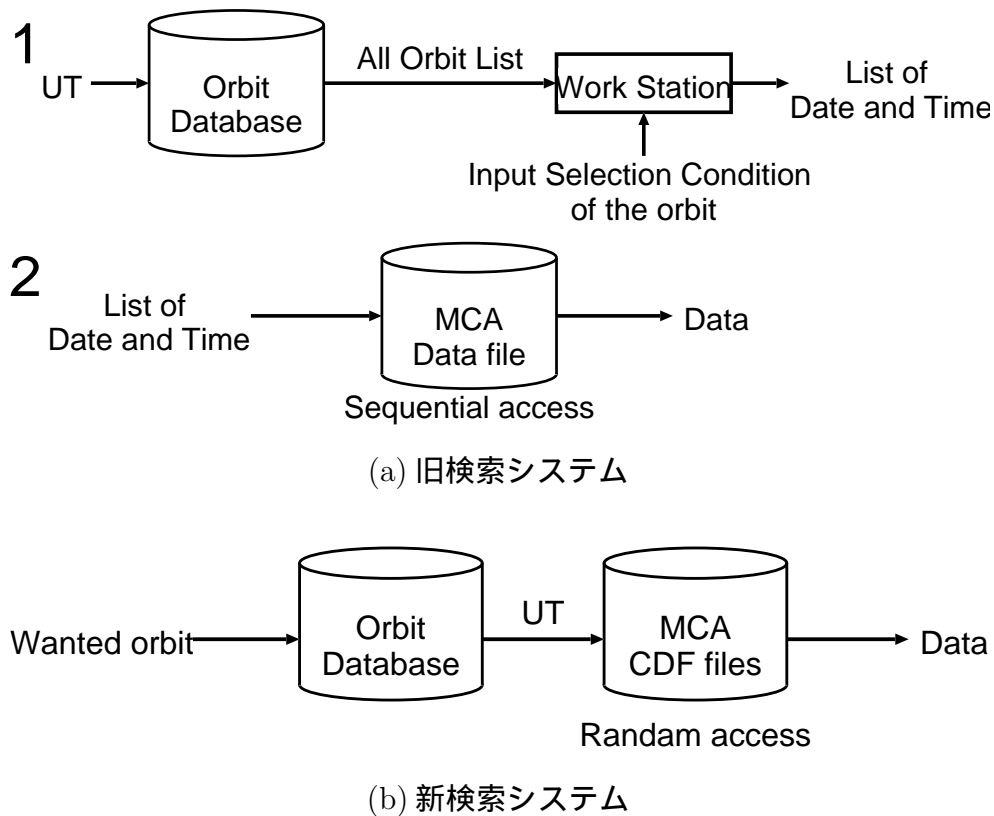


図 6.1: 軌道による MCA データ検索システム

の電磁界の様子を直感的に把握することができるため、地球周辺の電磁界変化を調べるのに便利である。そこで、5.1 節で生成した 1 日 1 ファイルの CDF 化 MCA データを基に 1 年 1 ファイルの軌道別 CDF を作成した。軌道別 CDF は、4 次元 1 レコード CDF となっており、1 次元目が高度、2 次元目が緯度、3 次元目が経度、4 次元目が MCA チャンネルとなっている。それぞれ、

- 高度 (alt) は 0 ~ 11000km を 200km 単位
- 磁氣的緯度 (mlat) は -90 ~ 90 度を 2 度単位
- 磁氣的ローカルタイム (mlt) は 0 ~ 23 時を 1 時間単位
- 地理的緯度 (glat) は -90 ~ 90 度を 2 度単位
- 地理的経度 (glon) は -180 ~ 180 度を 2 度単位

に分けた。そのため、1 ~ 4 次元の次元サイズはそれぞれ 56、91、mlt なら 24 (glon なら 181)、16 となる。保存する値は、6.3 節で述べる解析に使用する MCA 電界平均値データとした。ファイルは、磁氣的緯度、経度 (mlat, mlt) で分けたものと、地理的緯度、経度 (glat, glon) で分けたものの二種類について、

それぞれ 1989～2005 年までの 16 年分生成した。

ファイルの生成手順は、

1. まず、軌道データが 30 秒に 1 データなので、生データ CDF から 5.2 節に示したように 30 秒平均 CDF ファイルを生成する。
2. 次に、30 秒平均 CDF の全 UT に対する軌道情報 (alt, glat, glon または alt, mlat, mlt) を軌道データベースから取得する。この時、UT の値が PAD 値の場合は軌道データベースに問い合わせないようにすることで検索量を削減した。
3. 軌道に対応するインデックスにデータを格納する。同じ軌道にデータが複数個ある場合は、20 ページの式 (5.11)～(5.14) に示した平均値計算をする。30 秒平均 CDF のデータは dB である。そのため式 (6.1) に示す方法で絶対値に変換してから平均値計算をする必要がある。

$$A_{\text{rms}}(i) = 10^{\frac{A_{\text{ave}}(i) - 120.0}{20}} \quad (6.1)$$

$A_{\text{rms}}(i)$: i チャンネル目の絶対値

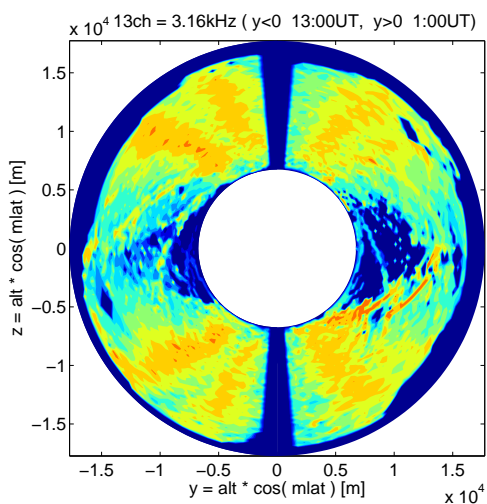
$A_{\text{ave}}(i)$: 30 秒平均 CDF に格納されている i チャンネル目の MCA データである。

6.3 データ解析

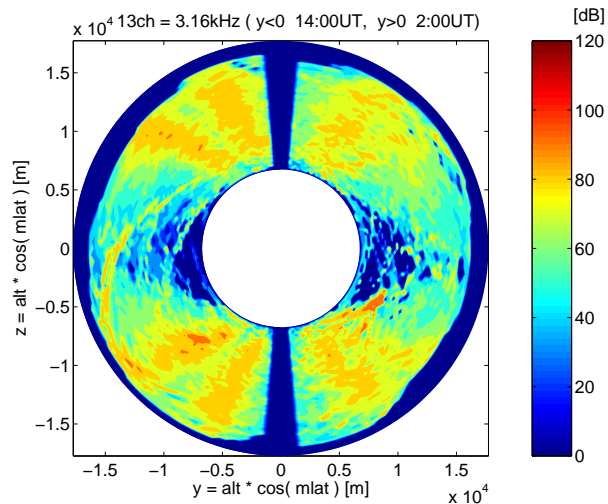
極域におけるオーロラ活動は、磁極を基準とする mlt が 10-22 時頃に最も非対称になることが知られている。このことを裏付ける事実を電磁気環境的な観点で調べるために、MCA データを用いて電界強度分布のローカルタイム依存性を調べた。解析に使用する MCA データは、6.2 節で生成した軌道別 CDF ファイルを用い、描画には MATLAB を使用した。mlt をある子午面に固定し、半径が alt、角度が mlat の極座標上で、3.16kHz の電界強度分布を描画した図を図 6.2 に示す。図 6.2(a)～(l) は、mlt を 1 時間ずつ変化させて電界強度分布のローカルタイム依存性を調査した結果である。電界強度の値は、指定した磁気子午面を中心とする 1 時間分を 1989～2005 年の期間平均してある。図には、南北両半球の磁極に近い ilat70° 付近とそれより低緯度側の 600° 付近に、磁力線に沿うように強い電界強度分布が観測される領域が見られる。このうち前者はオーロラヒスと呼ばれるオーロラに関係が深い VLF 波動で、後者はコーラスと呼ば

れる主に赤道域に波源を持ち、南北両半球伝搬する VLF 波動である。この図を見ると、オーロラヒスについては、(f) の mlt6-18 時頃に電界強度分布が磁極に対して対称になっていることが分かる。また、(j) の mlt10-22 時頃に電界強度分布が磁極に対して最も非対称になっていることが分かる。このように、オーロラに関する VLF 波動においては mlt10-22 時の子午面が最も非対称になることを確認できた。

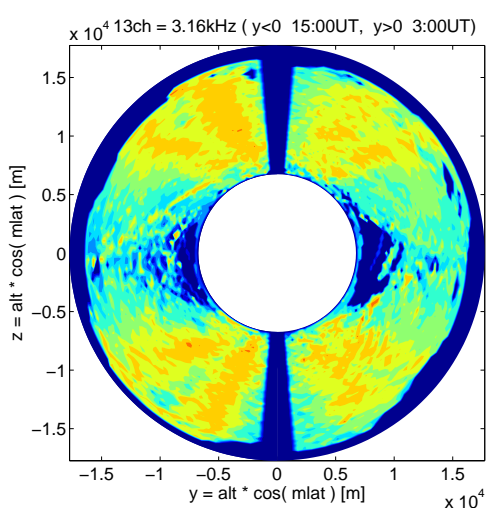
一方のコーラスについては、mlt1 時頃から朝方に向かって徐々に強度を増し、mlt が 11~12 時頃にピークを迎えることが分かる。このようにコーラスについては、朝夕の非対称性が鮮明に見られた。



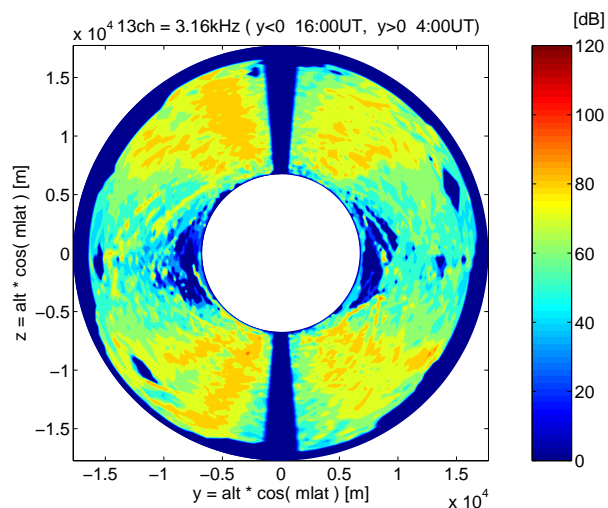
(a) mlt 1-12 時



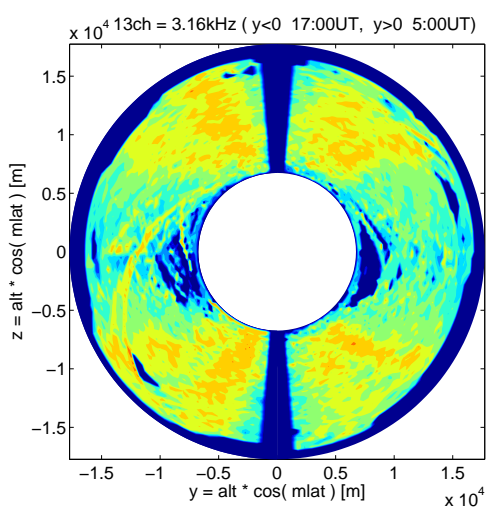
(b) mlt 2-14 時



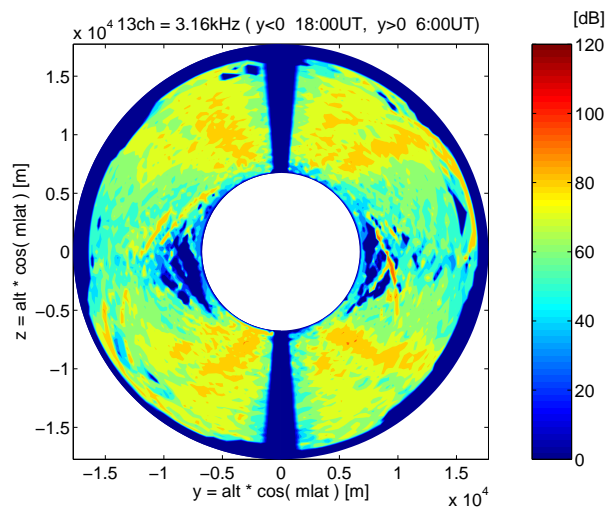
(c) mlt 3-15 時



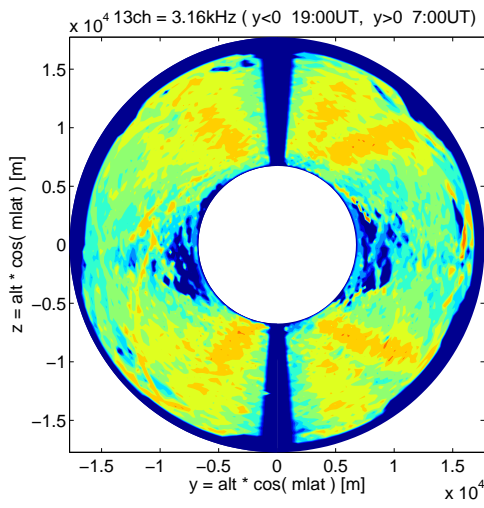
(d) mlt 4-16 時



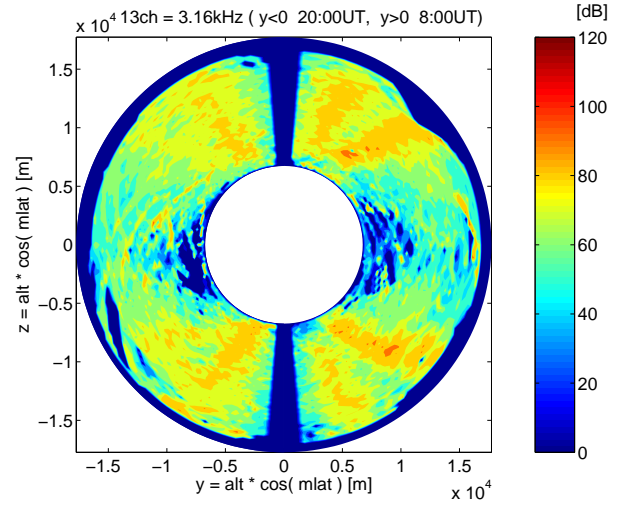
(e) mlt 5-17 時



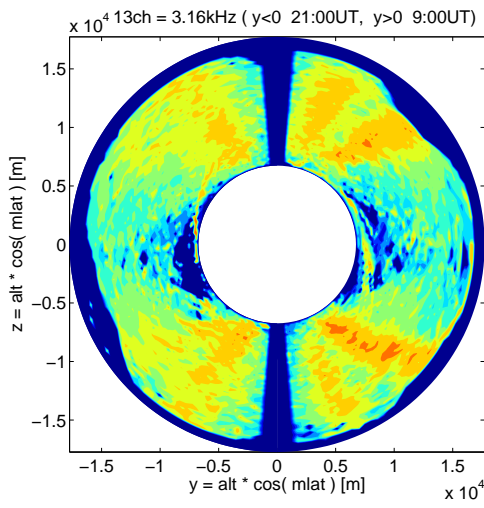
(f) mlt 6-18 時



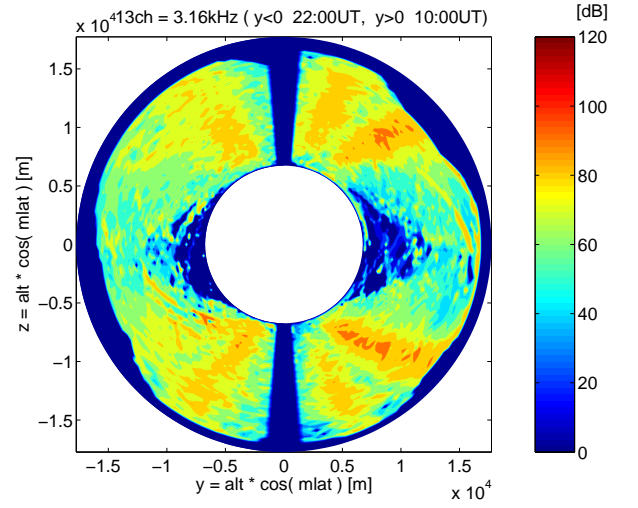
(g) mlt 7-19 時



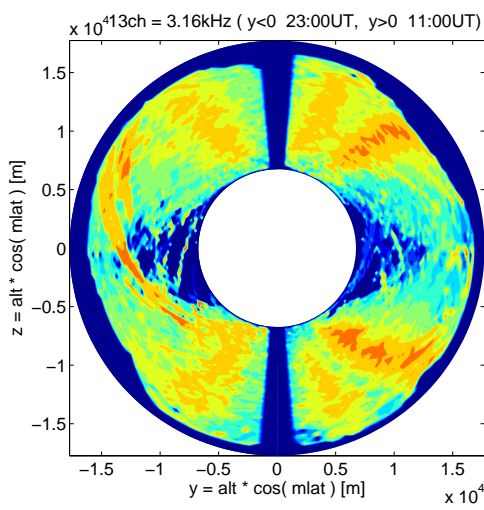
(h) mlt 8-20 時



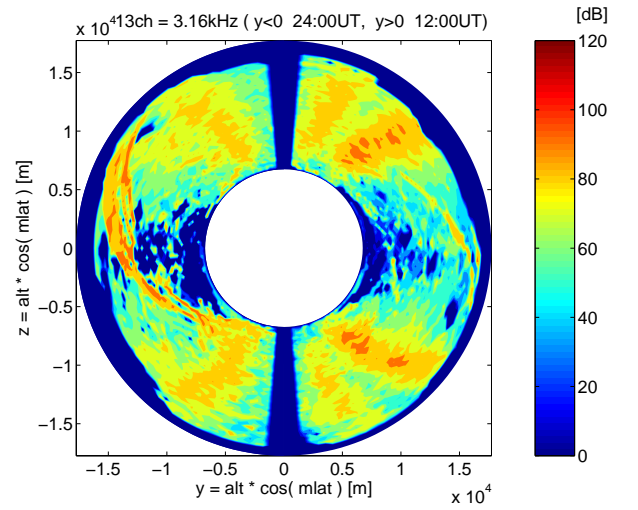
(i) mlt 9-21 時



(j) mlt 10-22 時



(k) mlt 11-23 時



(l) mlt 12-0 時

図 6.2: 電界強度分布のローカルタイム依存性

第7章 結論

本研究では、あけぼの衛星に搭載されている VLF 装置のサブシステムである MCA の観測データの汎用フォーマット化として、MCA データフォーマットを従来の独自フォーマットから CDF に変更した。自己記述的なデータフォーマットである CDF の採用によって、観測データと共にデータの品質を表す PostGap 変数や、ファイルやデータに関する情報を示す属性を保存できた。これにより、データに関するマニュアルやファイルフォーマットに関する情報無しに STARS 上でのグラフ描画が可能になり、今まで多くのデータ利用要求に対応しきれずデータ利活用を阻害していた問題が解決した。さらに、大規模分散データベースである STARS への MCA データ登録が完了すれば、データ利活用の向上だけでなく、負担のかかる作業であったデータ提供に関する問題の解決にも繋がる。

また、IDL や MATLAB などの汎用解析ソフトは CDF に対応しているため、独自解析ソフトを作る必要がなくなったことや、従来は解析の度に PCM データから MCA データを読み出していたが MCA データのみのファイルになったことにより、容易にデータ解析を行うことができるようになった。

その他、MCA データ CDF は1日1ファイル、1レコードを高時間分解能に合わせることで、観測モードによるフォーマットの違いを吸収し、時刻とレコード番号を1対1で対応付けた。そのため、従来はシーケンシャルアクセスのみであったデータへのアクセス方法が、ランダムアクセスも可能になりデータ解析効率を向上させることができた。

以上のように、MCA データの汎用フォーマット化を行ったことによって、データ提供やデータ解析に関する多くの問題を解決することができ、さらにはデータ解析効率を向上させることができた。

謝辞

本研究を行う機会を与えて頂き、また日々の研究において懇切丁寧な御指導を頂きました笠原 禎也助教授に深く感謝致します。

日頃の研究会で熱心に御討論頂き、貴重な御提案を下さった後藤 由貴助手に深く感謝致します。

日頃の勉強会や研究会で熱心に御指導頂き、適切な助言を下さった金沢大学総合メディア基盤センターの高田 良宏助手に深く感謝致します。

CDF 化にあたって貴重な御助言、御検討を頂きました愛媛大学工学部 村田 健史助教授、戸田 智恵氏、久保 卓也氏を始めとする STARS グループ諸氏に深く感謝致します。

卒業論文中間発表会において貴重な御意見を聴かせて頂いた諸先生方に深く感謝致します。

本論文を作成するにあたり、計算機等の研究環境の整備に尽力して下さった通信情報工学研究室の皆様に深く感謝致します。

参考文献

- [1] 米国航空宇宙局 (NASA) 国立宇宙科学データセンター (NSSDC) ホームページ,
<http://nssdc.gsfc.nasa.gov/>
- [2] 米国海洋大気局 (NOAA) 国立地球物理学データセンター (NGDC) ホームページ,
<http://www.ngdc.noaa.gov/>
- [3] 西木戸 佑輔, 科学衛星で観測された波動スペクトルの特徴量に関する統計的解析, 3.2 節, 本学卒業論文, 2004.
- [4] 昭和 63 年度 第 2 次飛翔実験科学衛星 EXOS-D(M-3SII-4) 計画書, 宇宙科学研究所 SES データセンター, 1989.
- [5] 山本 正幸, 木村 磐根, 長野 勇, 橋本 弘藏, 岡田 敏美, 林 幹治, 澤田 晃, 伊藤 嘉彦, 軒内 栄一, 岸 洋司, 笠原禎也, あけぼの (EXOS-D) 搭載 VLF 装置による初期観測結果, 宇宙科学研究報告 特集 第 25 号, 1990.
- [6] FITS の手引き ~ 第 5 版 ~, 天文情報処理研究会, 国立天文台天文学データ解析計算センター,
http://www.fukuoka-edu.ac.jp/~kanamitu/fits/fits_t50/
- [7] 田中 昌宏, 白崎 裕治, 本田 敏志, 大石 雅寿, 水本 好彦, 安田 直樹, 増永良文, JVO プロトタイプシステムの開発, DEWS2004,
<http://www.ieice.org/iss/de/DEWS/proc/2004/paper/6-C/6-C-03.pdf>,
2004 年 3 月.
- [8] 白崎 裕治, 田中 昌宏, 本田 敏志, 大石 雅寿, 水本 好彦, 安田 直樹, 増永良文, 天文学 DB 用検索言語仕様の考察, DEWS2004,
<http://www.ieice.org/iss/de/DEWS/proc/2004/paper/6-C/6-C-02.pdf>,
2004 年 3 月.
- [9] 本田 敏志, 白崎 裕治, 田中 昌宏, 大石 雅寿, 水本 好彦, 安田 直樹, 増永良文, JVO の研究開発-プロトタイプの概要-, DEWS2004,
<http://www.ieice.org/iss/de/DEWS/proc/2004/paper/I-9/I-9-05.pdf>,
2004 年 3 月.
- [10] 大石 雅寿, 白崎 裕治, 田中 昌宏, 川野元 聡, 本田 敏志, 水本 好彦, 大江 将史, 安田 直樹, 増永 良文, 石原 康秀, 山崎 昭一, 瓦井 健二, 中本 啓之, 小

- 林 佑介, 吉田 徳夫, バーチャル天文台を実現する分散データベース・計算資源の国際連携機構, DEWS2005,
<http://www.ieice.org/iss/de/DEWS/DEWS2005/proc/papers/4A-o3.pdf>,
2005 年.
- [11] C 版 NetCDF ユーザマニュアル Version3, Unidata Program Center, Russ Rew, Glenn Davis, Steve Emmerson, and Harvey Davies, (日本語訳) 地球流体電脳倶楽部, 1999.
- [12] CDF 3.0 User's Guide 日本語版 ver. 1.01, Goddard Space Flight Center, NASA,(日本語訳) 村田健史, 2005.
- [13] CDF 3.0 User's Guide, Goddard Space Flight Center, NASA, 2005.
<http://nssdcftp.gsfc.nasa.gov/standards/cdf/doc/cdf30/cdf30ug.pdf>
- [14] CDF 3.0 C Reference Manual, Goddard Space Flight Center, NASA, 2005.
<http://nssdcftp.gsfc.nasa.gov/standards/cdf/doc/cdf30/cdf30crm.pdf>
- [15] Space Physics Guidelines For CDF, Goddard Space Flight Center, NASA.
http://spdf.gsfc.nasa.gov/sp_use_of_cdf.html
- [16] 村田健史, 岡田 雅樹, 阿部 文雄, 荒木 徹, 松本 紘, 太陽地球系物理観測の分散データベースの設計と評価, 情報処理学会論文誌 Vol.43 No.SIG12 pp.115-130 2002 年 12 月.
- [17] 村田 健史, 国際太陽地球系物理観測の広域分散データベースシステム, 電子情報通信学会論文誌 B Vol.J86-B No.7 pp.1331-1343 2003 年 7 月.
- [18] 大林 信, 大規模な科学データベースからの情報検索・配信の高効率化, 本学卒論文, 2004.

付録

A.1 ncgen の例

3.4.4 節で示した ncgen ユーティリティの例を示す。例は、ncgen を用いて作成された 3.4 節に示した CDL 表記の例に対応する NetCDF ファイルを生成する C のソースである。

- 例.ncgen により生成された C ソース

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <netcdf.h>

void
check_err(const int stat, const int line, const char *file) {
    if (stat != NC_NOERR) {
        (void) fprintf(stderr, "line %d of %s: %s\n", line, file, nc_strerror(stat));
        exit(1);
    }
}

int
main() { /* create sample.nc */

    int  stat; /* return status */
    int  ncid; /* netCDF id */

    /* dimension ids */
    int row_dim;
    int column_dim;

    /* dimension lengths */
    size_t row_len = 256;
    size_t column_len = 256;

    /* variable ids */
    int value_id;
    int row_id;
    int column_id;

    /* rank (number of dimensions) for each variable */
```

```

# define RANK_value 2
# define RANK_row 1
# define RANK_column 1

/* variable shapes */
int value_dims[RANK_value];
int row_dims[RANK_row];
int column_dims[RANK_column];

/* attribute vectors */
int value_valid_min[1];
int value_valid_max[1];

/* enter define mode */
stat = nc_create("sample.nc", NC_CLOBBER, &ncid);
check_err(stat, __LINE__, __FILE__);

/* define dimensions */
stat = nc_def_dim(ncid, "row", row_len, &row_dim);
check_err(stat, __LINE__, __FILE__);
stat = nc_def_dim(ncid, "column", column_len, &column_dim);
check_err(stat, __LINE__, __FILE__);

/* define variables */

value_dims[0] = row_dim;
value_dims[1] = column_dim;
stat = nc_def_var(ncid, "value", NC_SHORT, RANK_value, value_dims, &value_1);
check_err(stat, __LINE__, __FILE__);

row_dims[0] = row_dim;
stat = nc_def_var(ncid, "row", NC_SHORT, RANK_row, row_dims, &row_id);
check_err(stat, __LINE__, __FILE__);

column_dims[0] = column_dim;
stat = nc_def_var(ncid, "column", NC_SHORT, RANK_column, column_dims, &column_id);
check_err(stat, __LINE__, __FILE__);

/* assign attributes */

```

```

value_valid_min[0] = 1;
stat = nc_put_att_int(ncid, value_id, "valid_min", NC_INT, 1, value_valid_min);
check_err(stat,__LINE__,__FILE__);
value_valid_max[0] = 256;
stat = nc_put_att_int(ncid, value_id, "valid_max", NC_INT, 1, value_valid_max);
check_err(stat,__LINE__,__FILE__);
stat = nc_put_att_text(ncid, NC_GLOBAL, "title", 11, "Sample data");
check_err(stat,__LINE__,__FILE__);
stat = nc_put_att_text(ncid, NC_GLOBAL, "history", 18, "20050830-YukiOzaki");
check_err(stat,__LINE__,__FILE__);

/* leave define mode */
stat = nc_enddef (ncid);
check_err(stat,__LINE__,__FILE__);

{ /* store row */
    static short row[] = {1, 2, 3, 4, 5,..., 253, 254, 255, 256};
    stat = nc_put_var_short(ncid, row_id, row);
    check_err(stat,__LINE__,__FILE__);
}

{ /* store column */
    static short column[] = {1, 2, 3, 4, 5,..., 253, 254, 255, 256};
    stat = nc_put_var_short(ncid, column_id, column);
    check_err(stat,__LINE__,__FILE__);
}

{ /* store value */
    static short value[] = {1, 2, 3, 4, 5,..., 256, 256, 256, 256};
    stat = nc_put_var_short(ncid, value_id, value);
    check_err(stat,__LINE__,__FILE__);
}
stat = nc_close(ncid);
check_err(stat,__LINE__,__FILE__);
return 0;
}

```

A.2 MCA データの CDF 詳細情報

A.2.1 変数情報

CDF にした MCA データファイルに保存されている変数に関する情報を示す。
MCA の生データファイルに保存されている変数は以下の通りである。1 レコードは 0.25 秒で、1 日 1 ファイルとなっている。

1. bitrate 変数

- 変数名 : bitrate
- データ : ビットレート
- データ型 : CDF_CHAR(文字型)
- 次元数 : 0
- 次元サイズ :
- 次元変化 :
- レコード変化 : T
- スパースレコードの種類 : パッドスパースレコード

2. Emax 変数

- 変数名 : Emax
- データ : 電界の尖頭値
- データ型 : CDF_UINT1(符号無し 1 バイト整数型)
- 次元数 : 1
- 次元サイズ : 16
- 次元変化 : T
- レコード変化 : T
- スパースレコードの種類 : プレブスパースレコード

3. Eave 変数

- 変数名 : Eave
- データ : 電界の平均値
- データ型 : CDF_UINT1
- 次元数 : 1
- 次元サイズ : 16
- 次元変化 : T

- レコード変化 : T
- スパースレコードの種類 : プレブスパースレコード

4. Bmax 変数

- 変数名 : Bmax
- データ : 磁界の尖頭値
- データ型 : CDF_UINT1(符号無し 1 バイト整数型)
- 次元数 : 1
- 次元サイズ : 16
- 次元変化 : T
- レコード変化 : T
- スパースレコードの種類 : プレブスパースレコード

5. Bave 変数

- 変数名 : Bave
- データ : 磁界の平均値
- データ型 : CDF_UINT1
- 次元数 : 1
- 次元サイズ : 16
- 次元変化 : T
- レコード変化 : T
- スパースレコードの種類 : プレブスパースレコード

6. E_WIDA 変数

- 変数名 : E_WIDA
- データ : 電界の WIDA ステータス
- データ型 : CDF_UINT1
- 次元数 : 1
- 次元サイズ : 4
- 次元変化 : T
- レコード変化 : T
- スパースレコードの種類 : プレブスパースレコード

7. B_WIDA 変数

- 変数名 : B_WIDA
- データ : 磁界の WIDA ステータス

- データ型 : CDF_UINT1
- 次元数 : 1
- 次元サイズ : 4
- 次元変化 : T
- レコード変化 : T
- スパースレコードの種類 : プレブスパースレコード

8. E_axis 変数

- 変数名 : E_axis
- データ : 電界の測定方向
- データ型 : CDF_CHAR
- 次元数 : 0
- 次元サイズ :
- 次元変化 :
- レコード変化 : T
- スパースレコードの種類 : プレブスパースレコード

9. PostGap 変数

- 変数名 : PostGap
- データ : ポストギャップフラグの値
- データ型 : CDF_UINT4
- 次元数 : 0
- 次元サイズ :
- 次元変化 :
- レコード変化 : T
- スパースレコードの種類 : パッドスパースレコード

10. Epoch 変数

- 変数名 : Epoch
- データ : 時刻
- データ型 : CDF_EPOCH
- 次元数 : 0
- 次元サイズ :
- 次元変化 :
- レコード変化 : T

- スパースレコードの種類：パッドスパースレコード

11. channel 変数

- 変数名：channel
- データ：各チャンネルの周波数
- データ型：CDF_FLOAT
- 次元数：1
- 次元サイズ：16
- 次元変化：T
- レコード変化：F
- スパースレコードの種類：プレブスパースレコード

公開用 CDF ファイルに含まれている変数は、E_{max}, E_{ave}, B_{max}, B_{ave}, Post-Gap, Epoch, channel 変数のみである。

A.2.2 g 属性情報

CDF にした MCA データファイルに保存されている g 属性に関する情報を示す。MCA データファイルに保存されている g 属性は表 A.1 の通りである。

A.2.3 v 属性情報

MCA データファイルの v 属性に関する情報を示す。MCA データファイルに保存されている v 属性は表 A.2 の通りである。

表 A.1: g 属性一覧

属性名	内容
Acknowledgement	このデータを使用して論文などを書く場合は、ここに書いてある文書を掲載しなければならない。
Data_type	データの形式が、キーパラメータ (K) であるか高時間分解能データ (H) であるかを示す。
Data_version	データのバージョンを示す。バージョンは 1 から始まり、変更される度に 1 ずつ増加する。
Descriptor	データを観測した機器やセンサーの名前 (略称と正式名称)。
Discipline	データが宇宙物理学のどの分野に属するかを示す。分野はメイン分野とサブ分野を明記する。
Generated_by	データを生成したセンターやグループの名前。
Generation_date	データが生成された日付。
Instrument_type	CDA Web からデータを検索するのを容易にするためある。数種類の選択してからデータが該当する分野を選択する。
Logical_file_id	ファイル名。ファイル名は、ISTP 命名規則に従って名付けなければならない (衛星の略称名/Data_type/観測機器名/データ観測日/Data_version)。
Logical_source	ソースの名前 (衛星の略称名)、Data_type、観測機器名。
Logical_source_description	略称で書かれた Logical_source のフルワード。
Mission_group	衛星名。
MODS	バージョン間の関係を示す。
PI_affiliation	PI チームの名前。
PI_name	PI の名前。
Rules_of_use	データを使用する場合の連絡先。
source_name	衛星の名前 (略称と正式名称)。
TEXT	データの説明をしている URL や論文名をいれる。
Time_resolution	データの時間分解能。
TITLE	データのタイトル。 (Logical_source_description) と同じものを入れる)。
ADID_ref	データ割り当てられる識別子で、何も割り当てられていない場合はデフォルト値として”NSSD0241”を入れておく。
Project	データ観測を行ったプロジェクトの名前 (略称と正式名称)。

但し、印の属性は公開用データファイルのみに含まれている。

残りの属性は、生データファイルと公開用データファイル両方に含まれている。

表 A.2: v 属性一覧

属性名	内容
CATDESC	変数の説明を 80 文字以内で記したもの。
DEPEND_0	時刻で変化する変数に必要である。データが依存する時刻変数名を示す。
DEPEND_1	1 次元目がどの変数に依存しているかを示す。
DICT_KEY	変数に保存されているデータが、どの分野に当てはまるかを示す。 ISTP/IACG Dictionary Keywords から選択する。
DISPLAY_TYPE	どんなタイプの図表を作るかを示す (スペクトル、時系列など)。
FIELDNAM	データリストの見出しやグラフのラベルを表示するための、変数の短い説明 (30 文字以内) を示す。
FILLVAL	データが欠損している所に、データに変わって入力されている値を示す。
FORMAT	ファイルや画面に値を出力するときの出力形式を示す。
LABLAXIS	グラフの軸の名前として使うための、変数の短い説明 (10 文字以内) を示す。
MONOTON	データが単調増加 (または減少) していることを示す。
SCALETYP	描画するときに、log スケールにするか線形にするかを示す。
UNITS	データの単位を示す。
VALIDMAX	データが正確な場合に取りうる最小値。
VALIDMIN	データが正確な場合に取りうる最大値。
VAR_NOTE	変数に関する補助情報を示す。
VAR_TYPE	変数のデータが、データかサポートデータかメタデータかを示す。
AVG_TYPE	データ平均の計算方法を示す。

但し、 印の属性は公開用データファイルのみに含まれている。

残りの属性は、生データファイルと公開用データファイル両方に含まれている。

A.2.4 属性値情報

生データ用ファイルと公開用ファイルが持つ属性値を示すために、それぞれの CDF のスケルトンテーブルを示す。

- 生データ用 CDF スケルトンテーブル
#header

```

                                CDF NAME: ak_h0_mca_19890311_v01.cdf
                                DATA ENCODING: IBMPC
                                MAJORITY: ROW
                                FORMAT: SINGLE

! Variables  G.Attributes  V.Attributes  Records  Dims  Sizes
! -----
!           0/11          20          16          0/z          0

#GLOBALattributes

! Attribute      Entry      Data      Value
! Name           Number     Type
! -----
"Acknowledgement"  1:      CDF_CHAR  { "AKEBONO VLF-MCA data were " -
                                "provided by Akebono VLF " -
                                "team through the data " -
                                "archive system at Kanazawa" -
                                "Univeristy in Japan.." } .

"Data_type"        1:      CDF_CHAR  { "H0 > High Resolution data." } .

"Data_version"     1:      CDF_CHAR  { "1." } .

"Descriptor"       1:      CDF_CHAR  { "MCA > multi channel " -
                                "analyzer." } .

"Discipline"       1:      CDF_CHAR  { "Space Physics > " -
                                "Magnetospheric Science." } .

"Generated_by"     1:      CDF_CHAR  { "KANAZAWA University." } .

"Generation_date"  1:      CDF_CHAR  { "20051227." } .

"Instrument_type"   1:      CDF_CHAR  { "Radio and Plasma " -
                                "Waves(space)." } .

"Logical_file_id"  1:      CDF_CHAR  { "AK_H0_MCA_19890311_V01." } .

"Logical_source"   1:      CDF_CHAR  { "AK_H0_MCA." } .

"Logical_source_description"
                    1:      CDF_CHAR  { "Akebono Radio and Plasma " -
                                "Waves High Resolution " -
                                "data." } .

"Mission_group"    1:      CDF_CHAR  { "Akebono." } .

"MODS"             1:      CDF_CHAR  { " ." } .

"PI_affiliation"    1:      CDF_CHAR  { "KANAZAWA University." } .

"PI_name"          1:      CDF_CHAR  { "I. Nagano." } .

```

"Rules_of_use"	1:	CDF_CHAR	{ " In order to confirm the " - "reliability of the data, " - "you are requested to " - "contact the VLF PI, Prof. " - "Isamu Nagano before using " - "the VLF-MCA data in " - "oral/poster presentations." - " In the publishment, you " - "should contact to the VLF " - "PI and contact person " - "before the submission for " - "the confirmation of the " - "principle of " - "authorship/aknowledgement." - " You are also requested to" - " send reprints to AKEBONO " - "Project Office and the VLF" - " PI:..AKEBONO Project " - "Office:.. Prof. Toshifumi " - "Mukai (Project " - "Scientist),. Institute of" - " Space and Astronautical " - "Science,. 3-1-1 " - "Yoshinodai, Sagamihara, " - "Kanagawa 229-8510, Japan. " - " E-mail: " - "mukai@stp.isas.jaxa.jp. " - "FAX: +81-42-759-8456..VLF " - "PI:.. Prof. Isamu Nagano,." - " Kanazawa University,." - "Kakuma, Kanazawa 920-1192," - " Japan. E-mail: " - "nagano@is.t.kanazawa-u.ac." - "jp. FAX: " - "+81-76-234-4859..For " - "further information, " - "please contact with:.. Dr." - " Yoshiya Kasahara. " - "Kanazawa University,." - "Kakuma, Kanazawa 920-1192," - " Japan. E-mail: " - "kasahara@is.t.kanazawa-u.a" - "c.jp. FAX: " - "+81-76-234-4952.." } .
"source_name"	1:	CDF_CHAR	{ "Akebono > Akebono satellite." } .
"TEXT"	1:	CDF_CHAR	{ " ." } .
"Time_resolution"	1:	CDF_CHAR	{ "0.5[sec] or 0.25[sec]." } .
"TITLE"	1:	CDF_CHAR	{ "Akebono MCA High " - "resolution data." } .

#VARIABLEattributes

"CATDESC"
"DEPEND_0"
"DEPEND_1"
"DICT_KEY"
"DISPLAY_TYPE"
"FIELDNAM"

"FILLVAL"
"FORMAT"
"LABLAXIS"
"MONOTON"
"SCALETYP"
"UNITS"
"VALIDMAX"
"VALIDMIN"
"VAR_NOTE"
"VAR_TYPE"

#variables

! No rVariables.

#zVariables

! Variable ! Name ! -----	Data Type ----	Number Elements -----	Dims ----	Sizes -----	Record Variance -----	Dimension Variances -----
---------------------------------	----------------------	-----------------------------	--------------	----------------	-----------------------------	---------------------------------

"bitrate"	CDF_CHAR	1	0		T	
-----------	----------	---	---	--	---	--

! Attribute ! Name ! -----	Data Type ----	Value -----
----------------------------------	----------------------	----------------

"CATDESC"	CDF_CHAR	{ "bitrate." }
"DEPEND_0"	CDF_CHAR	{ "Epoch." }
"FILLVAL"	CDF_CHAR	{ "." }
"FORMAT"	CDF_CHAR	{ "%s." }
"VAR_NOTE"	CDF_CHAR	{ "H or M." }
"VAR_TYPE"	CDF_CHAR	{ "data." }

! RV values were not requested.

! Variable ! Name ! -----	Data Type ----	Number Elements -----	Dims ----	Sizes -----	Record Variance -----	Dimension Variances -----
---------------------------------	----------------------	-----------------------------	--------------	----------------	-----------------------------	---------------------------------

"Emax"	CDF_UINT1	1	1	16	T	T
--------	-----------	---	---	----	---	---

! Attribute ! Name ! -----	Data Type ----	Value -----
----------------------------------	----------------------	----------------

"CATDESC"	CDF_CHAR	{ "Electric field maximum intensity." }
"DEPEND_0"	CDF_CHAR	{ "Epoch." }
"DEPEND_1"	CDF_CHAR	{ "channel." }
"DICT_KEY"	CDF_CHAR	{ "ELECTRIC_FIELD > antenna." }
"DISPLAY_TYPE"	CDF_CHAR	{ "time_series." }
"FIELDNAM"	CDF_CHAR	{ "electric field maximum intensity." }
"FILLVAL"	CDF_CHAR	{ "none." }
"FORMAT"	CDF_CHAR	{ "%3d." }
"LABLAXIS"	CDF_CHAR	{ "E field." }
"UNITS"	CDF_CHAR	{ "output level." }
"VALIDMAX"	CDF_UINT1	{ 255 }
"VALIDMIN"	CDF_UINT1	{ 0 }
"VAR_NOTE"	CDF_CHAR	{ "The intensity of the input to the MCA " - 'receiver "Vi" can be calculated by the' -

```

" following equation;.      Vi = 20 * " -
"log( Emax ) - 25 * WIDA - 48 - 20 " -
"[dBV]." }
"VAR_TYPE"      CDF_CHAR      { "data." } .

```

! RV values were not requested.

! Variable ! Name ! -----	Data Type ----	Number Elements -----	Dims ----	Sizes -----	Record Variance -----	Dimension Variances -----
---------------------------------	----------------------	-----------------------------	--------------	----------------	-----------------------------	---------------------------------

"Eave"	CDF_UINT1	1	1	16	T	T
--------	-----------	---	---	----	---	---

! Attribute ! Name ! -----	Data Type ----	Value -----
----------------------------------	----------------------	----------------

"CATDESC"	CDF_CHAR	{ "Electric field average intensity." }
"DEPEND_0"	CDF_CHAR	{ "Epoch." }
"DEPEND_1"	CDF_CHAR	{ "channel." }
"DICT_KEY"	CDF_CHAR	{ "ELECTRIC_FIELD > antenna." }
"DISPLAY_TYPE"	CDF_CHAR	{ "time_series." }
"FIELDNAM"	CDF_CHAR	{ "electric field average intensity." }
"FILLVAL"	CDF_CHAR	{ "none." }
"FORMAT"	CDF_CHAR	{ "%3d." }
"LABLAXIS"	CDF_CHAR	{ "E field." }
"UNITS"	CDF_CHAR	{ "output level." }
"VALIDMAX"	CDF_UINT1	{ 255 }
"VALIDMIN"	CDF_UINT1	{ 0 }
"VAR_NOTE"	CDF_CHAR	{ "The intensity of the input to the MCA " - 'receiver "Vi" can be calculated by the' - " following equation;. Vi = 20 * " - "log(Eave) - 25 * WIDA - 48 - 20 " - "[dBV]." }
"VAR_TYPE"	CDF_CHAR	{ "data." } .

! RV values were not requested.

! Variable ! Name ! -----	Data Type ----	Number Elements -----	Dims ----	Sizes -----	Record Variance -----	Dimension Variances -----
---------------------------------	----------------------	-----------------------------	--------------	----------------	-----------------------------	---------------------------------

"Bmax"	CDF_UINT1	1	1	16	T	T
--------	-----------	---	---	----	---	---

! Attribute ! Name ! -----	Data Type ----	Value -----
----------------------------------	----------------------	----------------

"CATDESC"	CDF_CHAR	{ "Magnetic field maximum intensity." }
"DEPEND_0"	CDF_CHAR	{ "Epoch." }
"DEPEND_1"	CDF_CHAR	{ "channel." }
"DICT_KEY"	CDF_CHAR	{ "MAGNETIC_FIELD > antenna." }
"DISPLAY_TYPE"	CDF_CHAR	{ "time_series." }
"FIELDNAM"	CDF_CHAR	{ "magnetic field maximum intensity." }
"FILLVAL"	CDF_CHAR	{ "none." }
"FORMAT"	CDF_CHAR	{ "%3d." }
"LABLAXIS"	CDF_CHAR	{ "B field." }
"UNITS"	CDF_CHAR	{ "output level." }
"VALIDMAX"	CDF_UINT1	{ 255 }
"VALIDMIN"	CDF_UINT1	{ 0 }


```

"VAR_NOTE"      CDF_CHAR      { "The intensity of the input to the MCA " -
                                'receiver "Vi" can be calculated by the' -
                                " following equation;.    Vi = 20 * " -
                                "log( Bmax ) - 25 * WIDA - 48 - 25 " -
                                "[dBV] (f < 800[Hz]).    Vi = 20 * log(" -
                                " Bmax ) - 25 * WIDA - 48 - 30 [dBV] (f" -
                                " > 800[Hz])." }

"VAR_TYPE"      CDF_CHAR      { "data." } .

```

! RV values were not requested.

! Variable ! Name ! -----	Data Type ----	Number Elements -----	Dims ----	Sizes -----	Record Variance -----	Dimension Variances -----
"Bave"	CDF_UINT1	1	1	16	T	T
! Attribute ! Name ! -----	Data Type ----	Value -----				
"CATDESC"	CDF_CHAR	{ "Magnetic field average intensity." }				
"DEPEND_0"	CDF_CHAR	{ "Epoch." }				
"DEPEND_1"	CDF_CHAR	{ "channel." }				
"DICT_KEY"	CDF_CHAR	{ "MAGNETIC_FIELD > antenna." }				
"DISPLAY_TYPE"	CDF_CHAR	{ "time_series." }				
"FIELDNAM"	CDF_CHAR	{ "magnetic field average intensity." }				
"FILLVAL"	CDF_CHAR	{ "none." }				
"FORMAT"	CDF_CHAR	{ "%3d." }				
"LABLAXIS"	CDF_CHAR	{ "B field." }				
"UNITS"	CDF_CHAR	{ "output level." }				
"VALIDMAX"	CDF_UINT1	{ 255 }				
"VALIDMIN"	CDF_UINT1	{ 0 }				
"VAR_NOTE"	CDF_CHAR	{ "The intensity of the input to the MCA " - 'receiver "Vi" can be calculated by the' - " following equation;. Vi = 20 * " - "log(Bave) - 25 * WIDA - 48 - 25 " - "[dBV] (f < 800[Hz]). Vi = 20 * log(" - " Bave) - 25 * WIDA - 48 - 30 [dBV] (f" - " > 800[Hz])." }				
"VAR_TYPE"	CDF_CHAR	{ "data." }				

! RV values were not requested.

! Variable ! Name ! -----	Data Type ----	Number Elements -----	Dims ----	Sizes -----	Record Variance -----	Dimension Variances -----
"E_WIDA"	CDF_UINT1	1	1	4	T	T
! Attribute ! Name ! -----	Data Type ----	Value -----				
"CATDESC"	CDF_CHAR	{ "WIDA status of E field." }				
"DEPEND_0"	CDF_CHAR	{ "Epoch." }				
"FILLVAL"	CDF_CHAR	{ "none." }				
"FORMAT"	CDF_CHAR	{ "%3d." }				
"VALIDMAX"	CDF_UINT1	{ 255 }				
"VALIDMIN"	CDF_UINT1	{ 0 }				
"VAR_NOTE"	CDF_CHAR	{ "WIDA status for each channel is " -				

"represented by the number from 0 to 3." -
 " One byte data consists of 4 channels " -
 "of WIDA status for E field. Lower bit" -
 " corresponds to lower channel.." }
 "VAR_TYPE" CDF_CHAR { "data." } .

! RV values were not requested.

! Variable ! Name ! -----	Data Type ----	Number Elements -----	Dims ----	Sizes -----	Record Variance -----	Dimension Variances -----
---------------------------------	----------------------	-----------------------------	--------------	----------------	-----------------------------	---------------------------------

"B_WIDA"	CDF_UINT1	1	1	4	T	T
----------	-----------	---	---	---	---	---

! Attribute ! Name ! -----	Data Type ----	Value -----
----------------------------------	----------------------	----------------

"CATDESC"	CDF_CHAR	{ "WIDA status of B field." }
"DEPEND_0"	CDF_CHAR	{ "Epoch." }
"FILLVAL"	CDF_CHAR	{ "none." }
"FORMAT"	CDF_CHAR	{ "%3d." }
"VALIDMAX"	CDF_UINT1	{ 255 }
"VALIDMIN"	CDF_UINT1	{ 0 }
"VAR_NOTE"	CDF_CHAR	{ "WIDA status for each channel is " - "represented by the number from 0 to 3." - " One byte data consists of 4 channels " - "of WIDA status for B field. Lower bit" - " corresponds to lower channel.." }
"VAR_TYPE"	CDF_CHAR	{ "data." } .

! RV values were not requested.

! Variable ! Name ! -----	Data Type ----	Number Elements -----	Dims ----	Sizes -----	Record Variance -----	Dimension Variances -----
---------------------------------	----------------------	-----------------------------	--------------	----------------	-----------------------------	---------------------------------

"E_axis"	CDF_CHAR	1	0		T	
----------	----------	---	---	--	---	--

! Attribute ! Name ! -----	Data Type ----	Value -----
----------------------------------	----------------------	----------------

"CATDESC"	CDF_CHAR	{ "Axis of E antenna." }
"DEPEND_0"	CDF_CHAR	{ "Epoch." }
"FILLVAL"	CDF_CHAR	{ "none." }
"FORMAT"	CDF_CHAR	{ "%s." }
"VAR_NOTE"	CDF_CHAR	{ "x = Ex sensor , y = Ey sensor." }
"VAR_TYPE"	CDF_CHAR	{ "data." } .

! RV values were not requested.

! Variable ! Name ! -----	Data Type ----	Number Elements -----	Dims ----	Sizes -----	Record Variance -----	Dimension Variances -----
---------------------------------	----------------------	-----------------------------	--------------	----------------	-----------------------------	---------------------------------

"PostGap"	CDF_UINT4	1	0		T	
-----------	-----------	---	---	--	---	--

! Attribute ! Name ! -----	Data Type ----	Value -----
----------------------------------	----------------------	----------------

```

"CATDESC"      CDF_CHAR      { "Post Gap Quality Flag." }
"DEPEND_0"     CDF_CHAR      { "Epoch." }
"DICT_KEY"     CDF_CHAR      { "FLAG > post_gap." }
"FIELDNAM"     CDF_CHAR      { "Post Gap Quality Flag." }
"FILLVAL"      CDF_UINT4     { 0 }
"FORMAT"       CDF_CHAR      { "%d." }
"VALIDMAX"     CDF_UINT4     { 2147483647 }
"VALIDMIN"     CDF_UINT4     { 0 }
"VAR_NOTE"     CDF_CHAR      { "The Quality flag of MCA data.. 0 : " -
                                "normal. 1 : MCA off. 2 : data is " -
                                "noisy. 16 : BDR on. 32 : SMS on. 64 " -
                                ": Bitrate of date is 'M'. 128 : PWS " -
                                "on.." }
"VAR_TYPE"     CDF_CHAR      { "data." } .

```

! RV values were not requested.

! Variable ! Name ! -----	Data Type ----	Number Elements -----	Dims ----	Sizes -----	Record Variance -----	Dimension Variances -----
"Epoch"	CDF_EPOCH	1	0		T	

! Attribute ! Name ! -----	Data Type ----	Value -----
"CATDESC"	CDF_CHAR	{ "Time recorded in the original raw data." }
"DICT_KEY"	CDF_CHAR	{ "time > Epoch." }
"FIELDNAM"	CDF_CHAR	{ "Time since 0 AD." }
"FILLVAL"	CDF_EPOCH	{ 01-Jan-0000 00:00:00.000 }
"LABLAXIS"	CDF_CHAR	{ "Epoch." }
"MONOTON"	CDF_CHAR	{ "INCREASE." }
"SCALETYP"	CDF_CHAR	{ "linear." }
"UNITS"	CDF_CHAR	{ "sec." }
"VALIDMAX"	CDF_EPOCH	{ 31-Dec-2015 23:59:59.999 }
"VALIDMIN"	CDF_EPOCH	{ 01-Jan-1989 00:00:00.000 }
"VAR_TYPE"	CDF_CHAR	{ "support_data." } .

! RV values were not requested.

! Variable ! Name ! -----	Data Type ----	Number Elements -----	Dims ----	Sizes -----	Record Variance -----	Dimension Variances -----
"channel"	CDF_FLOAT	1	1	16	F	T

! Attribute ! Name ! -----	Data Type ----	Value -----
"CATDESC"	CDF_CHAR	{ "Frequency." }
"DICT_KEY"	CDF_CHAR	{ "FREQUENCY > channel." }
"FIELDNAM"	CDF_CHAR	{ "channel." }
"FILLVAL"	CDF_FLOAT	{ -1.0e+15 }
"FORMAT"	CDF_CHAR	{ "%5.2f." }
"LABLAXIS"	CDF_CHAR	{ "frequency." }
"MONOTON"	CDF_CHAR	{ "INCREASE." }
"SCALETYP"	CDF_CHAR	{ "log." }
"UNITS"	CDF_CHAR	{ "Hz." }
"VALIDMAX"	CDF_FLOAT	{ 17800.0 }

```

"VALIDMIN"    CDF_FLOAT    { 3.16 }
"VAR_TYPE"    CDF_CHAR     { "support_data." } .

```

#end

- 公開用 CDF スケルトンテーブル

#header

```

          CDF NAME: ak_h1_mca_19890311_v01.cdf
DATA ENCODING: IBMPC
MAJORITY: ROW
FORMAT: SINGLE

```

! Variables	G.Attributes	V.Attributes	Records	Dims	Sizes
! -----	-----	-----	-----	-----	-----
0/7	22	17	0/z	0	

#GLOBALattributes

! Attribute	Entry	Data	
! Name	Number	Type	Value
! -----	-----	----	-----
"Acknowledgement"	1:	CDF_CHAR	{ "AKEBONO VLF-MCA data were " - "provided by Akebono VLF " - "team through the data " - "archive system at Kanazawa" - " Univeristy in Japan." } .
"ADID_ref"	1:	CDF_CHAR	{ "NSSD0241 " } .
"Data_type"	1:	CDF_CHAR	{ "H1 > High Resolution data" } .
"Data_version"	1:	CDF_CHAR	{ "1" } .
"Descriptor"	1:	CDF_CHAR	{ "MCA > multi channel analyzer" } .
"Discipline"	1:	CDF_CHAR	{ "Space Physics > " - "Magnetospheric Science" } .
"Generated_by"	1:	CDF_CHAR	{ "KANAZAWA University" } .
"Generation_date"	1:	CDF_CHAR	{ "20060126" } .
"Instrument_type"	1:	CDF_CHAR	{ "Radio and Plasma " - "Waves(space)" } .
"Logical_file_id"	1:	CDF_CHAR	{ "AK_H1_MCA_19890311_V01" } .
"Logical_source"	1:	CDF_CHAR	{ "AK_H1_MCA" } .
"Logical_source_description"	1:	CDF_CHAR	{ "Akebono Radio and Plasma " - "Waves High Resolution data" } .
"Mission_group"	1:	CDF_CHAR	{ "Akebono" } .
"MODS"	1:	CDF_CHAR	{ " " } .
"PI_affiliation"	1:	CDF_CHAR	{ "KANAZAWA University" } .
"PI_name"	1:	CDF_CHAR	{ "I. Nagano" } .

"Project"	1:	CDF_CHAR	{ " " } .
"Rules_of_use"	1:	CDF_CHAR	{ " In order to confirm the " - "reliability of the data, " - "you are requested to " - "contact the VLF PI, Prof. " - "Isamu Nagano before using " - "the VLF-MCA data in " - "oral/poster presentations." - " In the publication, you " - "should contact to the VLF " - "PI and contact person " - "before the submission for " - "the confirmation of the " - "principle of " - "authorship/aknowledgement." - " You are also requested to" - " send reprints to AKEBONO " - "Project Office and the VLF" - " PI:..AKEBONO Project " - "Office:. Prof. Toshifumi " - "Mukai (Project " - "Scientist),. Institute of" - " Space and Astronautical " - "Science,. 3-1-1 " - "Yoshinodai, Sagamihara, " - "Kanagawa 229-8510, Japan. " - " E-mail: " - "mukai@stp.isas.jaxa.jp. " - "FAX: +81-42-759-8456..VLF " - "PI:. Prof. Isamu Nagano,." - " Kanazawa University,." - "Kakuma, Kanazawa 920-1192," - " Japan. E-mail: " - "nagano@is.t.kanazawa-u.ac." - "jp. FAX: " - "+81-76-234-4859..For " - "further information, " - "please contact with:. Dr." - " Yoshiya Kasahara. " - "Kanazawa University,." - "Kakuma, Kanazawa 920-1192," - " Japan. E-mail: " - "kasahara@is.t.kanazawa-u.a" - "c.jp. FAX: " - "+81-76-234-4952." } .
"source_name"	1:	CDF_CHAR	{ "Akebono > Akebono satellite" } .
"TEXT"	1:	CDF_CHAR	{ "Kimura, I., K. Hashimoto, " - "I. Nagano, T. Okada, M. " - "Yamamoto, T. Yoshino, H. " - "Matsumoto, M. Ejiri, and " - "K. Hayashi,.VLF " - "observations by the " - "Akebono (EXOS-D) " - "satellite,.J. Geomagn. " - "Geoelectr., 42(4), " - "pp.459-478, 1990.." } .
"Time_resolution"	1:	CDF_CHAR	{ "8 s" } .
"TITLE"	1:	CDF_CHAR	{ "Akebono MCA High " - "resolution data" } .

#VARIABLEattributes

"AVG_TYPE"
 "CATDESC"
 "DEPEND_0"
 "DEPEND_1"
 "DICT_KEY"
 "DISPLAY_TYPE"
 "FIELDNAM"
 "FILLVAL"
 "FORMAT"
 "LABLAXIS"
 "MONOTON"
 "SCALETYP"
 "UNITS"
 "VALIDMAX"
 "VALIDMIN"
 "VAR_NOTE"
 "VAR_TYPE"

#variables

! No rVariables.

#zVariables

! Variable ! Name ! -----	Data Type ----	Number Elements -----	Dims ----	Sizes -----	Record Variance -----	Dimension Variances -----
---------------------------------	----------------------	-----------------------------	--------------	----------------	-----------------------------	---------------------------------

"Emax"	CDF_UINT1	1	1	16	T	T
--------	-----------	---	---	----	---	---

! Attribute ! Name ! -----	Data Type ----	Value -----
----------------------------------	----------------------	----------------

"AVG_TYPE"	CDF_CHAR	{ "log" }
"CATDESC"	CDF_CHAR	{ "Electric field maximum intensity" }
"DEPEND_0"	CDF_CHAR	{ "Epoch" }
"DEPEND_1"	CDF_CHAR	{ "channel" }
"DICT_KEY"	CDF_CHAR	{ "ELECTRIC_FIELD > antenna" }
"DISPLAY_TYPE"	CDF_CHAR	{ "time_series" }
"FIELDNAM"	CDF_CHAR	{ "electric field maximum intensity" }
"FILLVAL"	CDF_UINT1	{ 255 }
"FORMAT"	CDF_CHAR	{ "%3d" }
"LABLAXIS"	CDF_CHAR	{ "E field" }
"UNITS"	CDF_CHAR	{ "dB" }
"VALIDMAX"	CDF_UINT1	{ 255 }
"VALIDMIN"	CDF_UINT1	{ 0 }
"VAR_NOTE"	CDF_CHAR	{ "dB" }
"VAR_TYPE"	CDF_CHAR	{ "data" } .

! RV values were not requested.

! Variable ! Name ! -----	Data Type ----	Number Elements -----	Dims ----	Sizes -----	Record Variance -----	Dimension Variances -----
---------------------------------	----------------------	-----------------------------	--------------	----------------	-----------------------------	---------------------------------

"Eave"	CDF_UINT1	1	1	16	T	T
--------	-----------	---	---	----	---	---

! Attribute ! Name ! -----	Data Type ----	Value -----
"AVG_TYPE"	CDF_CHAR	{ "log" }
"CATDESC"	CDF_CHAR	{ "Electric field average intensity" }
"DEPEND_0"	CDF_CHAR	{ "Epoch" }
"DEPEND_1"	CDF_CHAR	{ "channel" }
"DICT_KEY"	CDF_CHAR	{ "ELECTRIC_FIELD > antenna" }
"DISPLAY_TYPE"	CDF_CHAR	{ "time_series" }
"FIELDNAM"	CDF_CHAR	{ "electric field average intensity" }
"FILLVAL"	CDF_UINT1	{ 255 }
"FORMAT"	CDF_CHAR	{ "%3d" }
"LABLAXIS"	CDF_CHAR	{ "E field" }
"UNITS"	CDF_CHAR	{ "dB" }
"VALIDMAX"	CDF_UINT1	{ 255 }
"VALIDMIN"	CDF_UINT1	{ 0 }
"VAR_NOTE"	CDF_CHAR	{ "dB" }
"VAR_TYPE"	CDF_CHAR	{ "data" } .

! RV values were not requested.

! Variable ! Name ! -----	Data Type ----	Number Elements -----	Dims ----	Sizes -----	Record Variance -----	Dimension Variances -----
"Bmax"	CDF_UINT1	1	1	16	T	T

! Attribute ! Name ! -----	Data Type ----	Value -----
"AVG_TYPE"	CDF_CHAR	{ "log" }
"CATDESC"	CDF_CHAR	{ "Magnetic field maximum intensity" }
"DEPEND_0"	CDF_CHAR	{ "Epoch" }
"DEPEND_1"	CDF_CHAR	{ "channel" }
"DICT_KEY"	CDF_CHAR	{ "MAGNETIC_FIELD > antenna" }
"DISPLAY_TYPE"	CDF_CHAR	{ "time_series" }
"FIELDNAM"	CDF_CHAR	{ "magnetic field maximum intensity" }
"FILLVAL"	CDF_UINT1	{ 255 }
"FORMAT"	CDF_CHAR	{ "%3d" }
"LABLAXIS"	CDF_CHAR	{ "B field" }
"UNITS"	CDF_CHAR	{ "dB" }
"VALIDMAX"	CDF_UINT1	{ 255 }
"VALIDMIN"	CDF_UINT1	{ 0 }
"VAR_NOTE"	CDF_CHAR	{ "dB" }
"VAR_TYPE"	CDF_CHAR	{ "data" } .

! RV values were not requested.

! Variable ! Name ! -----	Data Type ----	Number Elements -----	Dims ----	Sizes -----	Record Variance -----	Dimension Variances -----
"Bave"	CDF_UINT1	1	1	16	T	T

! Attribute ! Name	Data Type	Value
-----------------------	--------------	-------

```

! -----      ----      -----

"AVG_TYPE"      CDF_CHAR      { "log" }
"CATDESC"       CDF_CHAR      { "Magnetic field average intensity" }
"DEPEND_0"      CDF_CHAR      { "Epoch" }
"DEPEND_1"      CDF_CHAR      { "channel" }
"DICT_KEY"       CDF_CHAR      { "MAGNETIC_FIELD > antenna" }
"DISPLAY_TYPE"  CDF_CHAR      { "time_series" }
"FIELDNAM"      CDF_CHAR      { "magnetic field average intensity" }
"FILLVAL"       CDF_UINT1     { 255 }
"FORMAT"        CDF_CHAR      { "%3d" }
"LABLAXIS"      CDF_CHAR      { "B field" }
"UNITS"         CDF_CHAR      { "dB" }
"VALIDMAX"      CDF_UINT1     { 255 }
"VALIDMIN"      CDF_UINT1     { 0 }
"VAR_NOTE"      CDF_CHAR      { "dB" }
"VAR_TYPE"      CDF_CHAR      { "data" } .

```

! RV values were not requested.

! Variable ! Name ! -----	Data Type ----	Number Elements -----	Dims ----	Sizes -----	Record Variance -----	Dimension Variances -----
---------------------------------	----------------------	-----------------------------	--------------	----------------	-----------------------------	---------------------------------

"PostGap"	CDF_UINT4	1	0		T	
-----------	-----------	---	---	--	---	--

! Attribute ! Name ! -----	Data Type ----	Value -----
----------------------------------	----------------------	----------------

"CATDESC"	CDF_CHAR	{ "Post Gap Quality Flag" }
"DEPEND_0"	CDF_CHAR	{ "Epoch" }
"DICT_KEY"	CDF_CHAR	{ "FLAG > post_gap" }
"DISPLAY_TYPE"	CDF_CHAR	{ "time_series" }
"FIELDNAM"	CDF_CHAR	{ "Post Gap Quality Flag" }
"FILLVAL"	CDF_UINT4	{ 0 }
"FORMAT"	CDF_CHAR	{ "%3d" }
"LABLAXIS"	CDF_CHAR	{ "PostGap" }
"VALIDMAX"	CDF_UINT4	{ 243 }
"VALIDMIN"	CDF_UINT4	{ 0 }
"VAR_NOTE"	CDF_CHAR	{ "The Quality flag of MCA data.. 0 : " - "normal. 1 : MCA off. 2 : data is " - "noisy. 16 : BDR on. 32 : SMS on. 64 " - " : Bitrate of date is 'M'. 128 : PWS " - "on." }
"VAR_TYPE"	CDF_CHAR	{ "data" } .

! RV values were not requested.

! Variable ! Name ! -----	Data Type ----	Number Elements -----	Dims ----	Sizes -----	Record Variance -----	Dimension Variances -----
---------------------------------	----------------------	-----------------------------	--------------	----------------	-----------------------------	---------------------------------

"Epoch"	CDF_EPOCH	1	0		T	
---------	-----------	---	---	--	---	--

! Attribute ! Name ! -----	Data Type ----	Value -----
----------------------------------	----------------------	----------------

"CATDESC"	CDF_CHAR	{ "Time recorded in the original raw data" }
-----------	----------	--


```

"Dict_Key"      CDF_CHAR      { "time > Epoch" }
"FieldNam"      CDF_CHAR      { "Time since 0 AD" }
"FillVal"       CDF_EPOCH     { 01-Jan-0000 00:00:00.000 }
"LablAxis"      CDF_CHAR      { "Epoch" }
"Monoton"       CDF_CHAR      { "INCREASE" }
"ScaleTyp"      CDF_CHAR      { "linear" }
"Units"         CDF_CHAR      { "s" }
"ValidMax"      CDF_EPOCH     { 31-Dec-2015 23:59:59.999 }
"ValidMin"      CDF_EPOCH     { 01-Jan-1989 00:00:00.000 }
"Var_Type"      CDF_CHAR      { "support_data" } .

```

! RV values were not requested.

! Variable ! Name ! -----	Data Type ----	Number Elements -----	Dims ----	Sizes -----	Record Variance -----	Dimension Variances -----
"channel"	CDF_FLOAT	1	1	16	F	T

! Attribute ! Name ! -----	Data Type ----	Value -----
"CATDESC"	CDF_CHAR	{ "Frequency" }
"Dict_Key"	CDF_CHAR	{ "FREQUENCY > channel" }
"FieldNam"	CDF_CHAR	{ "channel" }
"FillVal"	CDF_FLOAT	{ -1.0e+15 }
"Format"	CDF_CHAR	{ "%7.2f" }
"LablAxis"	CDF_CHAR	{ "frequency" }
"Monoton"	CDF_CHAR	{ "INCREASE" }
"ScaleTyp"	CDF_CHAR	{ "log" }
"Units"	CDF_CHAR	{ "Hz" }
"ValidMax"	CDF_FLOAT	{ 17800.0 }
"ValidMin"	CDF_FLOAT	{ 3.16 }
"Var_Type"	CDF_CHAR	{ "support_data" } .

#end