

## 火山構造探査における波形デジタル共通フォーマット

三ヶ田 均<sup>1)</sup>・筒井 智樹<sup>2)</sup>・森田 裕一<sup>3)</sup>

- 1) 東京大学 地震研究所 火山噴火予知研究推進センター
- 2) 京都大学 理学部附属 火山研究施設
- 3) 東北大学 理学部 地震・噴火予知観測センター  
(1995年 9月 4日受理)

### Standardized Digital Format of Seismic Waveform Data in Structural Analyses of Volcanoes

Hitoshi Mikada<sup>1)</sup>, Tomoki Tsutsui<sup>2)</sup>, and Yuichi Morita<sup>3)</sup>

- 1) Volcano Research Center, Earthquake Research Institute, University of Tokyo (mikada@eri.u-tokyo.ac.jp)
- 2) Volcano Laboratory, Faculty of Science, Kyoto University (tom@aso.kugi.kyoto-u.ac.jp)
- 3) Observation Center for Prediction of Earthquakes and Volcanic Eruptions, Faculty of Science, Tohoku University. (morita@aob.geophys.tohoku.ac.jp)

(Received September 4, 1995)

#### Abstract

Some recent studies on a physical understanding of volcanic phenomena have necessitated studies of volcanic subsurface structures, especially to understand processes going on beneath volcanoes. During the last decades, researchers have tried to model subsurface structures using various seismic exploration techniques. In these studies, numerous formats for recording or processing seismic data have been independently used and no formats to exchange data have been proposed as they were not required.

Seismic exploration beneath volcanoes have been limited to small-scale seismic experiments, and no discussions on the exchange of data have been needed. In fact, there were not enough observations to perform large-scale experiments. However, the recent development of seismic recording systems has reached the stage of large-scale experiments in and around volcanoes where many volcanologists wanted to perform seismic structural analyses. Therefore, it has become indispensable to start discussions on a data-exchange format.

In December 1994, an explosion experiment for a structural analysis of Kirishima Volcanoes, central Kyushu, Japan, was conducted by the Explosion Seismological Research Group on Volcanoes. The number of people who have supported this experiment total 90 from 14 organizations. This experiment has given rise to the need for common data formats, as predicted. We believe that the establishment of a common data format would make it possible not only to exchange data among researchers in large-scale exploration experiments but provide a platform for the development of interpretation software. This article explains the developed common data-exchange format in comparison to existing formats, DLIS and SEG-Y, which are known as industrial standard formats of seismic data in seismic exploration industries. Data in the developed format can be expressed either in literal or in binary, and can readily be read by high-level computer languages. The format conversion to that of the Research Group on Explosion Seismology would be done in quite a simple manner. The same procedure as that of SEG-Y could also be possible by preparing another conversion software.

## 1. はじめに

これまでの火山の物理現象に関する様々な研究から、火山体の地下構造探査の重要性が広く認識されるようになった(植木 1990; 渡辺 1990)。これまでこうした火山体の地下探査において行われてきた地震学的手法では、人工地震を震源とする多数の地震計による同時観測が主として用いられて来たが、個々の探査に関わる機関数も少なく、複数の機関や研究者の間で相互にデータを交換するような作業はあまり行われてはいなかった。1994年11月から12月に行われた霧島火山群での地震探査には、国内の14の機関から90名を数える研究者の参加があり(鍵山他, 1995)、このデータ交換についての議論が不可欠となった。

地震学的な構造探査に於いては、これまで石油探査における技術革新の歴史などもあり、主としてSEG-Y(Society of Exploration Geophysicists - Y format)、LIS(Log Information Standard)やDLIS(Digital Log Information Standard)などと呼ばれるデータ交換を目的としたフォーマットが制定されている(Barry et al., 1975; American Petroleum Institute, 1991)。また、こうしたデータ交換のフォーマットが準備されていたことから、構造解析ソフトウェアの開発が活性化されたとも考えられる。これらのフォーマット相互間には内部データ表記方式の違いが認められ、SEGの策定したフォーマットに於てはEBCDIC(Extended Binary Coded Decimal Interchange Code)と言われる文字コードにIBM Form GA-6821によって定められた数値の浮動小数点表記方式、ミニコンピュータやワークステーションで開発されたDLISに於ては、ASCII(American National Standard Code for Information Interchange)、EBCDICといった文字コードに独自の2バイト長浮動小数やIEEE規格754で定められた浮動小数、そしてSEG-Y同様のIBM Form GA-682によるフォーマットなどが用いられている。

SEG-Yフォーマットは、市場の各種計算機への依存性の強い記述であり、各種計算機がネットワーク上で結合された現在のワークステーション環境に適しているとは言い難い。またDLISでは、計算機依存性のないフォーマットであるものの、計算機依存性のある外部ライブラリーの準備が必要となる。こうしたフォーマットは解析の初期段階で別のフォーマットに変換されることも珍しくなく、単なるフィールド・テープ或いは探査データ出力フォーマットとして使われているとも考えられる。本来磁気テープを媒体とし、複数の地震計アレー出力や膨大な量のロギング・データを扱う探鉱機出力を記録する目的で制定されたこともあり、霧島火山群での地震探査のようなタイムスタンプの異なる複数のデータ・ロガー出力の時間情報の格納などを考えると現状でのデータ流通という目的でこうした業界フォーマットを採用するにはやや難があると判断される。

他方、大学を中心とする国内の研究機関からなる爆破地震動研究グループでは、ASCII文字データだけからなるファイルを、データ交換に用いている(岩崎, 1995, 私信)。計算機の種類に囚われないデータ交換の機会が得られるという目的が主となっており、上述の各種標準フォーマットとは異なる簡潔なフォーマット統一が図られている。しかし、発破時間、位置、観測点座標などファイルの中に記載できない情報もあり、これらは、波形データとは異なる形態での情報交換が必要になっている。

フォーマットの制定の長所を考えた場合、上記のSEG-YやDLISなどの例に見られるような、1)データの交換を容易にしたり、2)共通なプラットフォームの提供によりソフトウェアや解析手法の開発を促進する効果が期待できる。しかし、現在使われている探査業界のフォーマットでは、現在解析の進められている火山構造探査のデータ記録に向かないことや爆破地震動研究グループのフォーマットの特徴を活かしつつ必要な情報を網羅した形でのデータ流通を目指したいという意向もあり今回新たにそのフォーマットを作成することとし、そのフォーマットを「火山構造探査グループ共通フォーマット」(以下共通フォーマットと称す)と命名した。現在このフォーマットで記録されたデータを使ったソフトウェアの整備も進みつつある。研究基盤の整備の一環としてのこれからのソフトウェア開発を考えた場合、そのフォーマットについての記載が欠かせないため、この報文でその内容を論ずる。

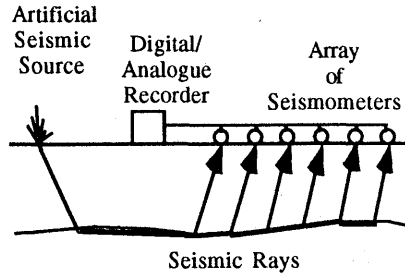
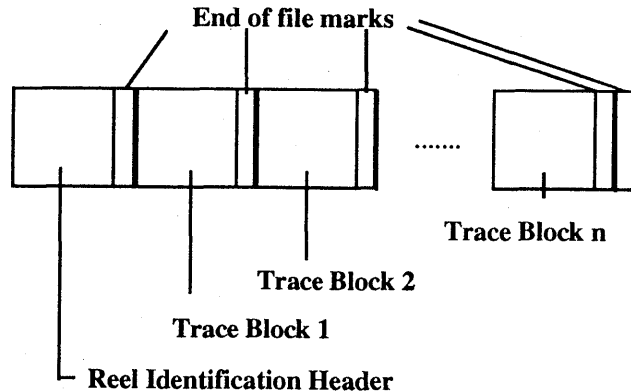


Fig.1 A General Configuration of structural surveys using seismic explosions. Incoming signals to arrays of seismometers are gathered and recorded on media such as magnetic tapes. Due to the necessity to increase the resolution and the accuracy, the number of seismic stations tends to be increasing.

## 2. 構造探査における波形データ

構造探査に於いては、図1に見られるように、多点に展開された地震計の出力を記録する必要がある。こうした多点展開された地震計アレー出力の記録には、波形のみならず付随した情報（例えば、探査の名称などの文字表記可能な情報や発破の座標・時間の情報、記録離散化の際のサンプリング・レートなど）を付け加える必要がある。こうした情報は、1)記録全体に関わる情報と、2)各波形固有の情報の2種類に分類することができる。記録の対象が地震波形とは限らないLISやDLISでは、目的指向型のデータ記述によって、この付随した情報についても収録できるように工夫されている (American Petroleum Institute, 1991)。

主として地震波形を扱うSEG-Yのフォーマットでは、必要な情報を両者に跨がせて記録し確認作業ができるようにしてある。各波形固有の情報は文字ではなく、記録長を抑えるバイナリーで記録されている。膨大な量のデータと探査現場や解析現場での限られた計算機環境によってSEG-D (SEG Subcommittee on Digital Tape Formats, 1980)や各種のデータ収録機関に依存したフォーマットの現場テープが作成され、その後ディマルチレクスなど或る程度の処理を施したものをSEG-Y (Barry et al. 1975)という標準フォーマットを中心に流通させている。観測現場において、膨大な量のデータを記録し、それを持ち帰って解析センターで処理するというデータの流れが確立されており、記憶媒体としては磁気テープを用い、記録全体にわたる情報を各磁気テープのボリュームヘッダーで、各波形の情報は各波形ファイル前部に波形ヘッダーとして格納されている (図2)。各波形ファイルは順編成されており、データの一部のみへのアクセスであっても、相当な時間と労力が必要である。図2のReel Identification Headerは、80字40行の文字型データと400バイトのバイナリー・データからなり、観測からデータ処理までを記述する一種のノータ的な役割を負っている。バイナリー部分には、測線番号、テープ番号 (ファイル番号)、そのテープ (ファイル)に含まれる地震動波形数や地震動以外の波形数、サンプリング・レート (マイクロ秒単位)、1波形当たりのサンプル数、波形1サンプルの表記方式 (2バイト整数、4バイト整数、浮動小数点などの区別)、CDP重合数、長さの単位系 (メートルとフィートの区別)の他、震源の種類や地震計の極性などの情報が含まれている。Trace Blockには240バイトのバイナリー波形ヘッダー (Trace Identification Header)が含まれ、波形通し順番号、記録時レコード番号、波形の種類コード (地震動、時間信号など8種類)、波形データのサンプル数やサンプリング・レートなど、上記の記録全体の情報に含まれない各波形固有の情報が記録される。全体及び個々という情報の分類と同時に、波形部分の長さなどの情報はリール及び波形ヘッダー双方に含まれ、当面考えられるあらゆる探査方法に対応できるよう設計されている。このフォーマットは反射法地震探査データの標準とされ、各種の解析ソフトウェアや解



**Fig.2** An idea of a tape reel image is employed in the SEG-Y and DLIS formats. In the case of this figure, total  $n$  seismic traces are stored on a reel. A sequence of the records is assumed to start at the left end. The reel identification header stores information on all  $n$  traces, while binary trace headers at the beginning of each trace block have parameter values on each trace.

析ワークステーションがこのフォーマットに対応している。即ち、反射法地震探査の場合、標準フォーマットの共通プラットフォーム化という現象が引き続いたことがわかる。しかし、各種解析ワークステーションで一般に使われるバイナリー・コードは、SEG-Yで採用されているメイン・フレームを対象としたEBCDICによる文字表記やIBM Form GA-6821による浮動小数点表記と異なることが多く、一度SEG-Yで取り込まれた波形データは内部的に別なフォーマットに変換されているのも事実である。

爆破地震動研究グループのフォーマットは表1にみられるように非常に簡潔な構造となっている。このフォーマットでは、ヘダー情報として、観測点名が含まれ、各種ファイルに含まれない情報を参照できるように設計されている。波形データはすべてASCIIの文字型データであり、補足に示したような浮動小数点や整数表現の異機種間差異を全く気にすることなくデータ交換できるようになっている。また1ファイルにこのヘダー情報、波形部分の繰り返しの形で、共通発震点集合のデータが収められる。他方、現在の波形部分の表現は整数部分5文字となっており、負数の入った16ビット整数を表現できないことや、サンプリングも100Hz (10msec サンプリング)に限定されていたり、記録全体にわたる情報を別な形態で取り込む必要があるなどの制限も見受けられる。しかし、SEG-Y同様、データの流通段階においてこうした統一されたフォーマットが使われていることは、多機関で探査が行われる際のプラットフォームの必要性を強く示唆している。

### 3. 火山構造探査用データ・ロガー出力とそのデータ流通

1994年霧島火山群の構造探査では、森田らにより開発されたデータ・ロガーが使われた(森田他 1994; 鍵山他 1995)。このデータ・ロガーには波形、GPS (汎地球測位システム) 較正時刻、各種ロガー設定・パラメータなどが記録される。これらの出力は、データ収録後通信ケーブルを用いてパーソナル・コンピュータに転送される。この出力フォーマットの特徴は次のようにまとめられる。

- 1) 出力されるデータには主として、ASCII表記による文字型データとロガーで使用されているMPU (小型処理装置) に対応したリトル・エンディアンで記述されたバイナリーの整数データが含まれ、浮動小数点は使われていない。

**Table.1** Definition of the data-exchange format employed by the Research Group on Explosion Seismology in Japan. Identification of the locations of seismometers can be assured by the names of observation sites at the first part of records. A file consists of records of all stations concatenated one after the other.

Byte	Item	Format(FORTRAN)	Remarks
<i>Location</i>			
<i>The first record.</i>			
1	Site Name	a6	Name of observation site. 6 blanks follow afterwards.
13	Number of samples	i4	Number of samples to follow.
17	Offset distance	f8.2	Distance to the source location.
25	Travel-time	f8.2	Seismic travel-time of to this site.
33	Unit of amplitude	f12.0	The unit of sample amplitude in $10^{-5}$ m/sec/digit.
<i>The second and after.</i>			
1	Sample values.	14i5	14 samples/record.

- 2) 単位ロガー当たり最多4チャンネルのデータがマルチプレクスされた状態で記録される。
- 3) 波形データは、2バイトのリトル・エンディアン・バイナリー整数データからなる。これは現在のロガーのアナログ・デジタル変換のビット数16を格納するのに必要なだけでなく、処理系で取り扱いの容易な大きさである。

このフォーマットは上記DLISやSEG-Dなどの現場テープ・フォーマットに相当するものと考えられる。現在のところ、チャンネル数も小さく、この記録状態のまま解析を行うことも可能であるが、データを多機関で処理する状況を考えた場合、以下の問題点が挙げられる。

- 1) デイマルティプレクスされていない。独立した波形データに変換した方が、データ処理する上で使い易い。
- 2) 整数データがリトル・エンディアンで記述されている。火山構造探査参加機関によっては、バイナリー整数部分をUNIX系では標準のビッグ・エンディアンに変換する必要性も考えられる。
- 3) データ・ロガーの将来的な改良、或いは、多機種の仕様の異なるロガー使用の可能性を否定できないため、現在使用しているロガーの出力フォーマットの変更や、他の機種のロガーの出力フォーマットも考慮する必要がある。
- 4) 現場作成のデータは、必要最小限以上の記録長のデータを格納している。これは、人工地震探査の際の発破時間変更などに対処するためであり、データ量が多い。

以上の問題点を考慮すると、現場作成のデータを一度編集してからデータ流通を図る方が良いことは自明である。また、単に必要な最小限の記録長のデータに編集するだけでなく、下記の条件を満たすようデータを書き換えれば、上記のすべての問題が解決される。

- 1) デイマルティプレクスされた必要最小限記録長のデータとすること。
- 2) 複数のロガー出力フォーマットの存在を考え、各解析担当者がその変更をソフトウェアに組み込むのではなく、担当者へ渡されるデータのフォーマットが常に同一となるようデータ

流通をはかること。

- 3) 各種計算機環境に対応できるようにバイナリー・データの使用をなるべく避ける。各種計算機ではその浮動小数点表式や整数表式のバイト順などに違いがあり(補足参照)、常に変換を必要とする状態は望ましくない。但し、浮動小数点表式や整数表式を同じくする計算機同志でのデータ流通をバイナリーでできるようにする。

#### 4. 火山構造探査の共通フォーマットについて

DLISフォーマットは、目的指向型データ記述や波形データ以外のデータを扱える上、計算機によらず単一のフォーマットとして使えるという新しい点が認められるもののソフトウェアに組み込むための高価な外部ライブラリーが必要となる。すべてのデータを扱える目的指向型データ記述という長所は、反面不必要な記載まで求められるという短所にも繋がるため、必要かつ充分で簡潔なフォーマットを模索していた今回の火山構造探査の共通フォーマットの対象にはならない。次に地震波形主体の標準フォーマットSEG-Yは、データ流通の実績もありその採用についての議論も行われたが、このフォーマット採用の長所、即ちデータ流通の実績と豊富なソフトウェア資産の存在を認めても、前節データ書き換えのための条件3)を満たすことができない。火山構造探査では、一般の地震反射法構造探査ほどのデータ量を扱うまでに致らないことが予想される上、SEG-Yのデータに対応した市販のソフトウェアやワーク・ステーションは一般に高価なこと、更にSEG-Yで採用されているバイナリー・コードがメイン・フレームを対象としたEBCDIC、IBM Form GA-6821による浮動小数点表記であるという一部の計算機環境に依存することが短所として挙げられる。

以上の各種標準フォーマットの短所や前節の様々な条件を考慮し、火山構造探査研究グループでは文字型データ中心に記述された共通フォーマット・データを各機関間流通及び基礎的な処理のための共通プラットフォームとして新たに策定した。表2にそのフォーマットの概要を示す。また表3に実際に使用された共通フォーマット・データ・ファイルの一部を示す。1波形当たり1ファイルを出力する点を除き、全体として爆破地震動研究グループのフォーマットに近い。この1波形当たり1ファイルという記述は、解析の際の共通発震点集合と共通受震点集合の双方に対応できるという長所も持っている。各ファイルは、最低3レコードのヘダーを持っており、1) 最初のレコードには、データの種別、観測点名、使用された記録機の名前、データ部のデータ表記方法、サンプル数、サンプリング・レート、データ部のデータ先頭時刻、換震効率、アンプ利得、ヘダー・レコード数、時刻校正データ数という基礎データが、2) 第2レコードには、記録サイトの座標の情報が、3) 第3レコードには、人工地震や自然地震の位置・時間情報が書き込まれるようになっている。第1レコードにフォーマット・バージョン番号を記載し、将来このフォーマットに変更があった際のソフト上での対応がとれるようにしてある。またヘダー数を明示することにより、将来的なヘダー情報の追加にも対応できる。またUNIX計算機間などバイナリー・データの互換性が保証される場合でのデータ交換を除き原則として、すべてのデータは文字型データで記述される。従って、1対1対応のある2種類の文字コード変換の必要性は残ることもあるが、上記の数値表現の計算機依存性を考慮する必要は全くなくなる。こうした特徴により、今回策定されたフォーマットは、前節に挙げられた諸問題点を補うことができる。

これまで、やはり多機関で交換されることを目的としたSEG-Yではデータの矛盾を排す方向でヘダー情報の重複を許しているが、今回の共通フォーマットでも、発破や自然地震の震源位置・時間は各ファイルに分散された各波形ファイルのヘダーに重複して収められる。上述の記録全体に関わる情報、各波形固有の情報とともに、各波形固有の情報として扱えるため、記録全体に関わる情報を別ファイルに準備しアクセスする必要はない。なお、共通フォーマット・ファイルの中ですべてのレコードの長さは80バイトの固定長で、その末尾にMS/DOS (Microsoft Disk Operating System)の行末コントロール・コードが付加されている。固定長の

**Table 2.** Data-exchange common format proposed as version 188 on Jan. 23, 1995, by the Explosion Seismological Research Group on Volcanoes. This format is characterized by fixed-length records to be read by high level computer languages. CR and LF denote carriage return and line-feed, respectively. Two-byte carriage control codes at the end of each record can be replaced by machine-dependent controls if FORTRAN or PASCAL is chosen as the language to access the data.

Byte Location	Item	Format(FORTRAN)	Remarks
<i>First Record.</i>			
1	Data Type	a1	No Trace Data: left blank Natural Earthquake:'N' Active Source Signal:'A'
2	Station Name	a8	Name up to 8 characters.
10	Names of Instruments	a8	Model name of the logger
18	Expression of Trace Data	a4	Binary data:'Bkmm' ASCII data:'Akmm' k-bytes × mm samples/record
22	Number of samples	i8	Number of samples in the file.
30	Sampling Rate	f6.3	in second
36	Data start time	5i2,f6.3	yyMMddhhmmss.sss
52	Reduce velocity	f4.1	in km/s
56	Sample unit value/digit	f10.6	in 10 <sup>-6</sup> volts
66	Seismometer conv. factor	f6.3	in 10 <sup>2</sup> volt/(m/s)
72	Low-pass filter code	a1	Low cut frequencies: 1: 30 Hz, 2: 60 Hz, 3: 120 Hz, 4: 240 Hz
73	Direction for positive	a1	up:'U', down:'D', east:'E', west:'W', north:'N', south:'S', excentric radial:'R', concentric radial:'r' Transversal clockwise:'T' Transversal anti-clock:'t'
74	Format Version	a3	'118'( Version no. of this format )
77	Number of headers	i2	Number of header records
79	Number of time-cal	i2	Number of time calibrations
81,82	CR,LF	2a1	MS/DOS carriage control
<i>Second record</i>			
1	Seismometer model	a8	Seismometer model name
9	Latitude	i3, i2, f5.2	Seismometer location(deg, min, sec)
19	Longitude	i3, i2, f5.2	ditto
29	Altitude	f6.1	in meters
35	Depth	f6.1	in meters for buried ones

(To be continued)

Table.2 Continued.

41	Distance to source	f6.2	in km
47	Remarks	a34	comments for the seismometer.
81,82	CR,LF	2a1	MS/DOS carriage control
<i>Third record</i>			
1	Source name	a8	Shot name
or	Hypocenter flag	7x,a1	Hypo obtained: '1', otherwise '0'
9	Source latitude	i3, i2, f5.2	Deg. Min. Sec.
19	Source longitude	i3, i2, f5.2	Deg. Min. Sec.
29	Source Altitude	f6.1	in meters
35	Source Depth	f6.1	in meters
41	Origin Time	2i2,f6.3	Hour, minute, second
51	Source bottom depth	f6.1	TD of explosives(active source case)
57	Remarks	a24	comments for the shot.
81,82	CR,LF	2a1	MS/DOS carriage control
<i>Fourth Record</i>			
1	Time correction flag	a1	GPS corrected: '1' no correction: '2' corrected but not with GPS: '3'
2	Date/Time corrected	6i2	yyMMddhhmmss
14	Correction made	f7.1	in milliseconds
21	Time correction flag	a1	Same as the column 1
22	Date/Time corrected	6i2	yyMMddhhmmss
34	Correction made	f7.1	in milliseconds
41	Time correction flag	a1	Same as the column 1
42	Date/Time corrected	6i2	yyMMddhhmmss
54	Correction made	f7.1	in milliseconds
61	Time correction flag	a1	Same as the column 1
62	Date/Time corrected	6i2	yyMMddhhmmss
74	Correction made	f7.1	in milliseconds
81,82	CR,LF	2a1	MS/DOS carriage control
.			
.			
.			
<i>(Number of header lines+1)-th record</i>			
1-80	Seismic Trace Data	(Format in the above description)	
81,82	CR,LF	2a1	MS/DOS carriage control

選択により、火山構造探査研究グループ・メンバーの使用計算機言語であるFORTRANとCや他のPASCALなどの高級計算機言語でのアクセスは容易である。

1994年の霧島火山構造探査実験では、共通フォーマット・ファイルに、使用したロガー番号、発破のショット名、地震計成分の3種の情報をドットで結んだファイル名を与えた(例えば001.s2.udといった名前)。これにより、ファイルにアクセスすることなく、名前だけで観測



**Table.3** Example of data files in the format recommended in this paper. Because a 16-bit analogue to digital converter is used in the data logger, one needs to have six columns to express the instantaneous amplitudes as shown in the rows below the eighteenth.

---

```

AEBIN0001ERI 0001A810 7500 .00494113017 2 5.208 5.0 .762940 .6531U118 4 3
MarkL22D 32 042.101304814.60 335.0 .0 .04
S1 32 041.321304813.39 333.7 21.317 2 5.704 45.24
1941130165151 40.219411301657 9 99.11941130182037 4.0
13 19 16 22 23 18 19 25 30 20
24 24 24 19 19 18 18 11 9 11
9 7 8 12 10 13 14 16 19 12
17 19 23 27 26 27 30 33 30 30
33 31 28 32 29 25 21 20 23 29
20 30 31 36 34 26 26 33 32 32
39 40 48 46 40 43 40 37 29 35
34 33 29 37 28 22 24 26 28 21
28 26 39 38 38 38 34 31 27 18
25 19 14 13 18 16 9 12 22 26
25 24 19 29 19 13 14 15 12 16
10 21 17 12 17 15 22 18 23 26
19 15 23 24 22 20 20 25 88 3917
20619 29684 31921 32453 32489 32491 28270 -4326 -25548 -30854
-32092 -32438 -32504 -23500 11214 27386 31361 32338 32486 32485
32480 21230 -13824 -28007 -31502 -32355 -32504 -32509 -32513 -32512
-32511 -32511 -32510 -31619 -7661 21492 29915 31980 32457 32479
32477 32479 23210 -11894 -27532 -31388 -32331 -32506 -32513 -32513

```

---

( Trace data follows here until the number of samples becomes 7,500 )

---

点, 成分, 発破点番号に対応させることができた。また, その流通にあたり, 各機関間のネットワークを用いたファイル転送法や, 光磁気ディスク, フロッピーディスクなどの媒体が使われた。これまで記録方式の違いが少ないと思われていた8mmテープやQICテープでのデータ流通に圧縮記録方式に起因する多くの問題が発生し, 多少難ありと考えられていた5.25インチ光磁気ディスクではISOフォーマットの採用により何も障害が発生しなかった。UNIX計算機間でのネットワーク転送は, 一部公衆回線での転送時間の問題を除き, 高速デジタル回線を通じたPPP(2点間限定のネットワーク接続方式)を含め, 何の支障も生じなかった。以上のデータ転送の後, この共通フォーマット・ファイルの波形にアクセスする形で, 初動の読み取りのソフトウェア(筒井他, 1995)や, 波形表示, 読み取り, スペクトル解析を行うソフトウェア(東北大学理学部西村太志氏)が準備された。ここには, 当初の目的であった共通プラットフォームの長所が生かされており, 重視していたデータ交換の標準形態と共通プラットフォーム構築という目的が或る程度達成された。走時のデータを除き爆破地震動研究グループのフォーマットに必要な情報はすべて含まれており, データの記載方法(FORTRANの書式)も似ていることから, 爆破地震動研究グループのソフトウェア資産を活用するためのフォーマット変換やグループのソフトウェアそのものの変更も比較的容易に行えるものと思われる。

## 5. まとめ

本報文の議論を次のようにまとめることができよう。

- 1) 1994年の霧島火山群において多機関参加によって実行された火山体構造探査のデータをやはり多機関で処理する場合、データ交換を主目的としたフォーマットの策定が必要である。
- 2) これまで探査業界で使われてきたフォーマットは現段階の参加機関の環境、即ちメインフレームを主とせずワークステーション結合による分散環境には適していない。従って、新たに且つ容易にアクセス可能なフォーマットが必要である。

以上を考慮し、火山構造探査研究グループでは、「火山構造探査グループ共通フォーマット」を今回作成した。このフォーマットの特徴は、流通や現在各機関で主流の言語であるFORTRANやCの読み込み手順が容易で、圧縮率の高い形式であるためデータ流通にあたり、ネットワークの負担が小さいという点にまとめられる。このフォーマットに対応したソフトウェアも準備され、将来的な基本的なソフトウェアの共有に繋がる可能性も見出された。今後変更も有り得るであろう各種データ・ロガーの出力フォーマットに関わらず、このフォーマットでのデータ流通を図り、このフォーマットを共通プラットフォームとして今後のソフトウェア開発を奨励したい。これは、真に基礎的な部分のソフトウェア開発の重複を排除すると同時に、今後のグループ内共同研究の促進も意図している。共通フォーマットから爆破地震動研究グループ・フォーマットへのフォーマット変換は比較的容易であり、更にSEG-Yへの変換も可能であることから、こうした他の分野のソフトウェア資産の活用も望まれる。

## 謝辞

本論の作成にあたり、シュルンベルジェ株式会社大澤 理氏、山本 裕祥氏にはDLISについて貴重なご討論を頂いた。また匿名査読者には原稿の不備や誤りをご指摘頂いた。これらの皆様に厚く御礼申し上げます。

## 参考文献

- American Petroleum Institute, 1991, Recommended Digital Log Interchange Standard (DLIS), Version 1.00, *API Recommended Practice*, 66, American Petroleum Institute, Northwest, Washington D.C.
- Barry, K. M., D. A. Cavers, and C. W. Kneale, 1975, Recommended standards for digital tape formats, *Geophys.*, 40, 344-352.
- 鍵山恒臣他68名, 1995, 霧島火山群における人工地震探査—観測及び初動の読み取り—, 地震研究所彙報, 本号.
- 森田裕一, 茂原 諭, 浜口博之, 1994, 火山構造探査用データロガーの開発と構造探査実験の試み, 日本火山学会1994年秋季大会講演予稿集, 70.
- 斉藤 誠, 1992, 68K版マイコン基礎読本, CQ出版社, 東京, 82pp.
- 植木貞人, 1990, 地震探査による活火山直下の浅部地殻構造調査, 火山, 34, S67-S81.
- SEG Subcommittee on Digital Tape Formats, 1980, Digital field tape format standards-SEG-D, in *Digital Tape Standards*, Society of Exploration Geophysicists, Tulsa, Oklahoma.
- Sun Microsystems Inc., 1994, 数値計算ガイド Revision A, SunPro, Mountain View, California, 156pp.
- 筒井智樹, 森田裕一, 三ヶ田均, 1995, 人工地震記録読み取りソフトについて, 地震研究所彙報, 本号.
- 渡辺秀文, 1990, 噴火の前兆現象と予知, 火山, 34, S215-S226.

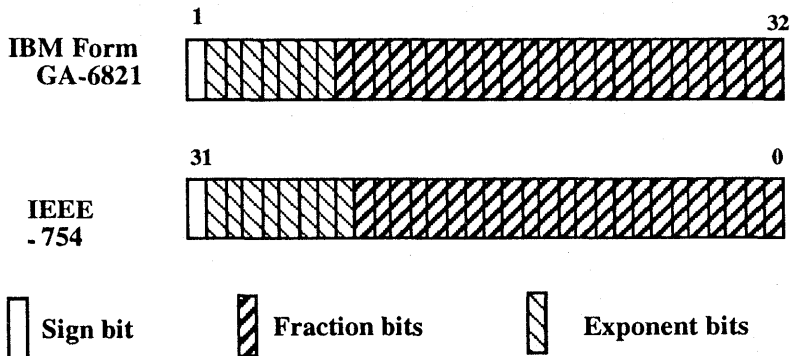


Fig.A-1 Two main methods in the expression of 4-byte floating numbers. On mainframe computers, IBM Form GA-6821 based expressions in which the exponent part is for hexadecimal powers are used, while the other IEEE-754 is for binary powers. The other difference can be found in the fraction part. In IEEE-754, the value 1 is added when the exponent part has a non-zero value. These differences could produce the truncation and rounding errors when converting a value in one format to the corresponding one in the other.

#### 補足 浮動小数点・整数及び文字の表現

浮動小数点の表現は各処理系により異なる。LISやDLISで使われている2バイト浮動小数という特殊な例を除き、その表現の方法におおむね2種類の区別があり、計算機内部の指数部分表示を16進にするか2進にするかで異なる切断誤差、丸め誤差を生ずる。16進の表現はメイン・フレームでIBM Form GA-6821規定の表現として、2進の表現はワークステーションやパソコンでIEEE規格754として多くみられる(齊藤, 1992; Sun Microsystems Inc., 1994)。またバイト順の違いや指数部分の長さが同じ後者の2進表現にみられる。図A-1にこの16進系と2進系の表現方法を図示する。一般にその変換を施すためには、高級言語では少々厄介なビット操作が必要になることがわかる。また、整数表現にもビットやバイト順の違い(ビッグエンディアンとリトル・エンディアン)や一部負数の表現の違いがある(齊藤 1992)。しかし、文字には主としてEBCDICとASCIIの違いがあるだけで、その変換は上記の数値表現に比較し格段容易である。この両者間で英数文字の対応は一対一であり、誤差を生じない。浮動小数点表現の変換の場合、指数部分の変換の際、2進と16進の間では変換の際に小さいが新たな誤差を発生させることもある。従って様々な処理系の存在を考慮した場合、文字表記のみのデータ交換を考える方が変換の手間やそれに伴う誤差の発生を抑えられ都合が良い。

一般に単位データの大きさを比較する場合、実数は浮動小数点で4バイト、文字表記で10数バイト程度必要になる。従って、すべて文字にする場合、総データ量は約4から5倍になると考えられる。データの流通にこの増加分の負担が心配されたが、流通時に圧縮を施すことでその負担を抑えられることがわかった。文字データでは50%以上の圧縮率が期待できるからである。実際に1994年の霧島火山構造探査のデータの場合、1機関を除き解析に使われると思われるUNIXワークステーション上では標準装備された圧縮方法(compress)を用いたところ、約135メガバイトの総データ量(バイナリであれば約16メガバイト)が圧縮後約30メガバイトとなった。前記の増加負担分は圧縮によりかなり改善されている。こうした高い圧縮率は大学間や研究所間のネットワークを通じたデータ交換の際に有用である。すべてを文字型で表現することでデータの一部を電子メールで交換したりデータを直接編集できるという長所もあり、バイナリ・データよりもデータ量が多くなってしまおうという短所を補っている。