固体地球物理学に関係するデータ・ファイルと プログラムについて (I)

金沢大学理学部地学教室 河 野 芳 輝

(昭和 53 年 6 月 3 日受理)

Some Computer Readable Data Files and Softwares Related to Geophysical Studies. (I)

Yoshiteru KONO

Department of Earth Sciences, Faculty of Science
Kanazawa University

(Received June 3, 1977)

Several computer readable data files and softwares which are supervising and developing in our laboratory are introduced briefly. Problems related to the information exchange in computer readable data files and softwares are discussed, and an importance of the information exchange is emphasized. Simplified documentations of each files will be followed with this article.

§ 1. はじめに

地球科学の一つの目的は、多くの現象間に存在する本質的關係を究明することである。このとき、必ず、これまでの莫大な研究資料の活用の問題に直面する。多量のデータを迅速に処理(検索・計算・図化など)するには、コンピュータを利用するのが最も効果的であることはよく知られたことである。しかし、そのためにはデータが **Computer readable** (計算機読み取り可能) な型になつていなければならない。**Computer readable** とは、現在のところ、数値化され、カード、紙テープ、磁気テープ、などに記録されたものを意味している。しかし、濃淡や色調のちがいで表わされた図や、文字そのものも **Computer readable** にする技術はすでに実用化されている。

地球科学の諸分野の中でも、地球物理学はその情報を数値化しやすい分野である。震源、重力、地図データなどのファイルはその例である。しかしながら、後に示すように、地球物理学においても、まだ **Computer readable file** の開発は十分でない。まして、地質学においては、それ自体一つの研究課題となる複雑さを含んでいる。一方、データ・ファイルができあがつても、それを活用できるソフトウェアが完備していなければ、まさに宝のもちぐさである。こ

ここでは、我々の研究室における **Computer readable files** の収集とプログラムの開発の現状を報告し、それらについての情報交換の必要性を訴えたい。各ファイルごとのよりくわしい紹介は後続の報告にゆずる。

なお、国際的には、データの交換を目的とした **WORLD DATA CENTRE** が **IUGG** の勧告で設置され、**Washington** (現在主力は **Boulder**) (**A Centre**) および **Moscow** (**B Centre**) で活動している。以下に報告するいくつかの貴重なファイルは **A Centre** に負っている。

§ 2. データ・ファイルやプログラムの情報交換を行う上での諸問題

ほとんど自明のことではあるが、ここにデータ・ファイルやプログラムの情報交換を行うことの重要性をまとめておく。

データの多少にかかわらず **Computer readable files** の情報交換を進めることが重要なのは：(1) 誰かが一度行えばすむ作業（労働，時間，投資）の重複を防ぐ；(2) そのデータ・ファイルを使用する研究の遂行を迅速にする；(3) 研究テーマの自由度を増す；などに役立つと考えられるからである。さらに、(3) と重複するが、(4) ファイル作成者の考えた使用目的以外に利用目的が拡大し活用されうる、という効果もある。たとえば、マイクロウエーブ通信網設計のため作成された平均標高データ・ファイルは、重力の地形補正計算や接峯面作成のために用いることができるのがその一例である。

プログラムの場合、データ・ファイルの場合に比べより多くの問題を含んでいるが、ここでは単純に考えることにする（最大の問題は、プログラムの理解しやすさ (**understandability**) と同時に、プログラム作成者との間の“好み”の違いの問題であろう）。プログラムの情報交換は：(1) 同じ機能をもったプログラム作成のための作業（労働，時間，投資）の重複を防ぐ；(2) そのプログラムを使用する研究の遂行を迅速にする；(3) 研究テーマの自由度を増す；(4) すでに作成されたプログラムを参考に、より高度なプログラムを作ることができる；そして最も重要なことは、(5) プログラム作成者以外の研究者が使用することにより、プログラムの正当性 (**Varidity**) が点検される；という効果があると期待される。また、データ・ファイルの第 (4) 項で指摘した効果もここでも期待される。例えば、震源分布の断面図投影用に作成されたプログラム〔北海道大学・理学部・岡田弘作成(私信)〕は、若干の変更により、緯度・経度で表わされた任意の測定値の断面図作成用に用いることができる。

情報交換に当つては、まず、どこに、どのような内容のデータ・ファイルやプログラムが存在するかを知ることからはじまるわけであるが、最終的には、次の内容をもった記載（ドキュメンテーション）が交換される必要がある。

(A) データ・ファイルの場合

- (1) 内容の説明
- (2) データの形式 (項目, FORMAT, データの終りの判別法など) の説明.
- (3) MT (磁気テープ) の場合, トラック数 (7 か 9 か), コード (EBCDIC か BCD か などを), ブロック長, レコード長, 記録密度, ヘッダーなどの記載.
- (4) 精度, データ数
- (5) データ・ソース, 参考文献など.
- (6) その他 (作成方法, ファイルの使用方法など).

(B) プログラムの場合, ドキュメンテーションとして

- (1) 機能の説明
- (2) アルゴリズム
- (3) General flow chart
- (4) Detailed flow chart
- (5) プログラム・ステップの説明
- (6) 入力データの説明
- (7) テスト・データと出力例
- (8) 変数名の索引
- (9) 制限条件
- (10) その他 (ハードウェア, 言語, 操作法, 改良すべき点, 拡張方法, 計算時間など).

これらを実際に用意することは大変わずらわしいことである. しかし, 第三者が使用することを念頭においた場合, 不可欠のものであることを十分認識しておく必要がある.

§ 3. Computer readable files

第一表は筆者のところで収集・管理しているデータ・ファイルの一覧表である. 各ファイル内容の概略は後続の報告にゆずる. これらは筆者がその研究目的にそつて必要なものを取りあえず収集したものであつて, 現存しているもの全てではない. 現在, その存在が確認されている地球科学に関係したデータ・ファイルの数例を Table 2 に示す.

Table 1 において, No. 1011, 1021 や 1061 などのような海岸線・等深線のデータは緯度・経度で 1 セットになつた多数の点によつて表わされている. このようなデータの精度は, データ作成に用いた図の縮尺およびデータのサンプリング間隔 (読み取り間隔) によつて決定される. サンプリング作業には最大 0.1 cm の誤差が考えられるから, 一つの点の位置精度は,

Table 1. List of computer readable data files which are collected in our laboratory.

10	GEOGRAPHICAL
1011	MAP, WORLD, DETAIL
1021	MAP, JAPAN, 1:1 MILLION
1031	MEAN HEIGHT, JAPAN, 500M MESH
1032	MEAN HEIGHT, JAPAN, 2KM MESH
1041	MAIN TOWN, WORLD, I
1042	MAIN TOWN, JAPAN, I
1051	PLATE BOUNDARIES, SPREADING RATES, I
1061	BATHYMETRY, ATLANTIC, INDIAN, 1000M
1062	BATHYMETRY, HATTON-ROCKALL BANK
20	SEISMOLOGICAL
2011	EARTHQUAKES, CHRONOLOGICAL, NOAA
2012	EARTHQUAKES, REGIONAL, NOAA
2013	EARTHQUAKES, $M \geq 7$, WORLD
2021	EARTHQUAKES, CHRONOLOGICAL, 1926-1960, JMA
2022	EARTHQUAKES, CHRONOLOGICAL, 1961-1972, JMA
2031	EARTHQUAKES, DISASTROUS, JAPAN
2032	EARTHQUAKES, WITH DISASTROUS RECORDS, JAPAN
2041	EARTHQUAKES, DISASTROUS, CHINA, I
2042	EARTHQUAKES, HISTORICAL, CHINA
2043	EARTHQUAKES, INSTRUMENTARY DETERMINED, CHINA
2051	FORCAL MECHANISM, W. PACIFIC
30	GEOTHERMAL
3011	HEAT FLOW, WORLD
3012	HEAT FLOW, JAPAN
40	VOLCANOLOGICAL
4011	ACTIVE VOLCANOES, MCDONALD
50	GRAVITY
5011	GRAVITY, MAGNETIC, BATHYMETRY, W. PACIFIC
5012	GRAVITY, JAPAN, I
60	GEOLOGY
6011	ACTIVE FAULTS, JAPAN

Table 2. List of computer readable data files which are confirmed their existence.

Computer Readable File Name	Data Source/Agency
1 ISC Bulletin MT Files	Internat. Seismol. Centre (U.K.)
2 ISC Historical Hypocentre	Internat. Seismol Centre (U.K.)
3 Volcanic Activity	Dr. Simkin (Smisionian Inst.) (U.S.A.)
4 Gravity	Geograph. Surv. Inst. Japan
5 Surface Geology	" "
6 Height on each 250 m grids	" "
7 Height of Mountain Tops	" "
8 Bench Marks	" "
9 Strong Motion Records	World Data Center A (U.S.A.)

(0.1/縮尺) cm と見積ることができる。一般に、精度が明確に表現されていないデータ・ファイルは価値が半減する。

地図データの場合、精度の高い一つのデータ・ファイルがあればそれで十分だと考えられるかもしれない。しかし、使用目的に合った地図ファイルを用いないと、精度および計算処理時間の相方から適切でない事態がおきる。例えば、精度の高いファイルから、データの機械的「間引き」によつて地図を描いても、岬や半島など地図としての本質的特徴が消されてしまうことがおこりうる。したがつて、様々な精度の地図データが必要である。

Table 1 にかかげたファイルの多くは、主観的な解釈が入る余地の少ないものであるが、それでも No. 1051 PLATE BOUNDARY のように、どこに境界を引くか論争中のものもある。また No. 2031 から 2042 のように、歴史地震（機器測定開始以前の地震）のファイルは、個々の地震についてその存否、大きさ、時刻などについて解釈が分れるものもあるであろう。

No. 1061, 1062 のように水深データは、今後の海洋観測の結果その精度が向上していくと考えられるものである。さらに、No. 1011 から 1022 のように不変のものと思われるものでも、長年月の間に侵食や土木工事などによつてその形を変えていく。一方、地震、重力、熱流量などほとんど全ての観測データは年々その量と質を増していくので、常に補充しなければならない。

このように、原理的には全てのデータ・ファイルは常に **up-to-data** なものにしておく努力がはらわれなければならない。

Table 2 に掲げたデータ・ファイルは逐次、我々の研究室でも収集していく予定である。問題は、どのようなデータ・ファイルが必要なのに開発されていないか、であるが、これについては最後の章にゆずる。

§4. ソフトウェア

例えば、地震予知とか、テクトニクス(造構造運動論)の研究を進める場合、できるだけ多種類の現象間の関係に注意をくばることが特に重要である。このためには多種類の **Computer readable data file** と、それらを活用するためのハードおよびソフトウェアがそなわつていると効率的である。しかもそれらは、我々が日常辞書を引くのと同じように、思考する速さと適合した速さで活用できることが理想的である。

このような意義があるので、我々の研究室ではデータ・ファイルの開発収集と同時に、それらを活用するためのプログラム開発を進めてきた。Table 3 にその数例をあげる。

Table 3 に掲げたもの以外に、我々のところでは重力の地形補正や重力異常による三次元地下構造推定のための汎用プログラムを改良中である。その他、幅広く研究や教育用に使えると思われるものに三次元地震波線追跡プログラムや立体視図作成プログラムなどがあり、いくつ

Table 3. List of computer softwears which are revising in our laboratory.

No.	Program Name	Function
10	MAP DRAWING :	Any data which are expressed by latitude and longitude can be plotted on a XY-plotter. A map projection method, a projection pole position, and a projection region are your choice. (Map, Observed points, Fault lines,...)
20	CONTOUR DRAWING :	This draws contours of data which are defined their values on rectangular grid points. (Topography, Isotherms, Stress,...)
30	CROSS SECTION :	This can generate cross-section of data within a band along an assigned great-circle. The data should be expressed by latitude and longitude. (Epicenter, Heat Flow, Gravity, Topography,...)
40	SEISMICITY DISPLAY (EQMAP):	Seismic activity in an assigned area is displayed on a computer graphic display unit as a function of time and space. (Seismicity, Volcanic activity,...)
50	CONTOUR DRAWING ASSISTANCE :	This helps us to draw complex contours along ship tracks by indicating a site on which the contour should be cross. (Bathymetry, Gravity anomaly, Magnetic anomaly,... along ship tracks).

かの研究室で開発されている。それらが確立することが望まれる。ほとんどの研究室には地球物理学の研究遂行過程で有用な大小さまざまなプログラムが存在していると思われる。前節で述べた条件を考慮しつつ、これらをふくめたソフトウェアの情報交換が必要である。

Table 3 に掲げたプログラムの適用例を Fig. 1 から 3 に示す。Fig. 1 は Table 1 のファイル No. 1011 と 1051 とを傾斜メルカトル図法で XY プロッター上に描いたものである〔MAP DRAWING プログラム使用〕。投影の極として、アメリカプレートに対する太平洋プレートの回転の極 $50^{\circ}\text{N } 85^{\circ}\text{W}$ 〔McKENZIE and PARKER (1967)〕を採用している。プレート境界データの精度は地図データのそれと合っていない。Fig. 2 は No. 1011 を使つてグラフィック・ディスプレイ装置上に日本列島周辺の地図を描いたあと、その上に No. 2022 の地震データを時間順にプロットしたものである〔SEISMICITY DISPLAY プログラム使用〕。SEISMICITY DISPLAY プログラムについては、その機能および応用例が河野 (1978) に報告されている。Fig. 3 は No. 5011 を使つて、指示した値をもつた等深線が通るべき位置を求め、その後、「手」でそれらの位置をなめらかにつないだものである〔CONTOUR DRAWING ASSISTANCE プログラム使用〕。Fig. 3 a において測定値がこんでいて等深線が描きにくい場所がある。その一つを拡大して描かせたものが Fig. 3 b である。No. 1021 とそれを描くためのプログラム例は小竹ら (1975) に示されているので参照されたい。

以上のように、図形データを処理するプログラムは、それがいつたん確立すれば、描くべき場所、投影法、図の大きさ、縮尺など簡単に変更できるという利点をもっている。

Fig. 1. Coast lines (No. 1011 in Table 1) and plate boundaries (No. 1051) are projected by the oblique Mercator projection ($53^{\circ}\text{N } 85^{\circ}\text{W}$ in pole position) using the MAP DRAWING program (No. 10 in Table 3).

§ 5. 開発すべきデータ・ファイルについて

さて、固体地球物理学においてどのようなデータ・ファイルが不備であるかという問題は、当然、研究者の目的ごとに異ってくる。したがって、一般的に論じることにはできないので、地震予知研究を例にとつて考えてみる。このとき、地震とその前微現象に関係すると思われる様々な現象についての情報が必要である。このような情報として、地震活動、地殻変動、活断層などだけでなく、例えば中国や山崎断層の経験から局地的な地磁気異常、降水量、および地下

Fig. 2. Coast lines (No. 1011 in Table 1) and Epicentral data (No. 2022) in and around Japanese islands. They are drawn by the EQMAP program (No. 40 in Table 3).

Fig. 3. Examples of the CONTOUR DRAWING ASISTANCE program. Contours are drawn by a manual operation. (a) Ship tracks and intercept positions of contours (asterisks) in the notheastern part of Japan Sea. (b) Enlarged projection of (a) (around the Bogolov seamount).

Table 4. List of computer readable data files which are considered to be developed in future.

A: Examples of the computer readable data files which might be very important for geo-physical studies but not yet developed in Japan.	
(a)	Bathymetry near and around Japanese islands.
(b)	Chronology of volcanic activity in Japan.
(c)	Results of triangulation.
(d)	Results of levelling.
(e)	Results of tidal measurements.
(f)	Precipitation (rainfall).
B: Examples of the computer readable data files which are already digitized in each agencies but not yet compiled as one set of data file for each items.	
(a)	Micro-earthquakes: Hokkaido, Tohoku, Tokyo, Nagoya and Kyoto Universities. Earthquake Research Inst., Inst. Disastrous Prevention, etc.
(b)	Gravity: Hokkaido, Akita, Kanazawa and Kyoto Universityies. Earthquake Research Inst., Geograph. Survey Inst., Geol. Survey Inst., Hydrographic Division, M.S.A., etc.
(c)	Magnetic Anomaly: Earthquake Research Inst., Ocean Research Inst., Kobe University, Geograph. Surv. Inst., Geol. Surv. Inst., Hydrographic Division, M.S.A., etc.

水位などの時間的変化の情報が考えられる。また動物の異常行動の情報も、それが多量であれば Computer readable 化することが必要であろう。地震と活断層に関する情報は不完全ながら Computer readable 化されつつあるが、それ以外のものは、現在そうなっていない。特に地震予知研究において Computer readable files の作成が重要であるのは、地震という現象が我々の研究をまっついてくれる性質のものではなく、おそらく数時間ないし数日のうちに、必要な情報の検索、比較、評価、表示の処理が可能でなければならないと考えられるからである。このことは、他の研究のように研究者間のプライオリティ争いが研究速度の主要因となるのと

事情が異なることに注意する必要がある。過去の事例から経験則を見つけ出す作業も含めて、このような処理のためには手工業的手法がまにあわないことは明らかであろう。ここでは、地震予知研究全体について論じることが目的ではないので、以上のことを考慮して、固体地球物理学において早急に **Computer readable** 化が必要と思われる例を **Table 4** に掲げる。そこには、すでに各機関でファイル化されていると思われるにもかかわらず、それぞれが一つにまとめられていないため日本列島およびその周辺を全体として考察する上で支障がでているいくつかのデータの例も示した。ここでは、固体地球物理学研究に関するデータ・ファイルとソフトウェアについて述べたが、地球科学全体ではもつと深刻な問題が残されている。

§6. おわりに

筆者の研究室にあるデータ・ファイルとプログラムについて簡単な紹介を行った。あわせてデータ・ファイルとプログラム作成についての諸問題を指摘し、特に、これらについての情報交換の必要性を強調した。データ・ファイルに関係した参考文献は、続報に記してある。

最後に、貴重なファイルのコピーを許可されたり便宜をはかつて下さった宇佐美龍夫、上田誠也、津村健四郎、牧正、吉田満、萩原幸男（以上東京大学地震研究所）、瀬戸考夫（国土地理院）、友田好文（東京大学海洋研究所）、D.H. Tarling (Univ. Newcastle upon Tyne, U. K.), H. Meyer (World Data Center A, U.S.A.) およびデータ変換などで協力いただいた尾池和夫、松村一男（京都大学防災研究所）に厚く感謝します。Fig. 3 の墨入れは当教室の中村健二によった。記して感謝します。

参 考 文 献

- 河野芳輝, 1978, 地震活動の時間的・空間的变化の観察プログラム (EQMAP), 地震, **31**, 49-62.
小竹美子・吉田 満・佐藤泰夫・浜田和郎, 1975, 日本および世界地図を描くためのデジタル・マップ・プログラム, 震研彙報, **50**, 53-72.
McKENZIE D.P. and R.L. PARKER, 1967, The North Pacific: An example of tectonics on a sphere, *Nature*, **216**, 1276-1280.