

光ディスクを用いた大規模地震データ検索システム

鷹野 澄

(東京大学地震研究所・地震予知観測情報センタ)

従来磁気テープでしか扱えなかった大規模地震データを光ディスクに格納し、その中から必要な部分のみを高速に取り出すことが可能な検索システムを開発した。これにより従来の磁気テープの場合数時間かかったデータの取り出しが、わずか数分で可能となった。本報告では、光ディスクは、使い方によっては磁気ディスクに匹敵するほど高速であること、またそのダイレクトアクセス機能により、磁気テープなどには実現不可能な、大規模データの高速検索システムを構築するための優れた記憶媒体であることを示した。また、その様な検索システムに光ディスクを使う場合の注意事項も示した。

A Retrieval System for Huge Earthquake Datasets
on Optical Disk

Kiyoshi TAKANO

Earthquake Prediction Data Center

Earthquake Research Institute, University of Tokyo

Yayoi 1-1-1, Bunkyo-ku, Tokyo, 113 Japan

Huge Earthquake datasets which could usually be operated only on magnetic tape were copied on optical disk and a retrieval system which can fastly get the needed data from it was developed. We showed that optical disks are as fast as magnetic disks by adequate usage and are good devices to build a fast retrival system for huge dataset, which was never build by magnetic tape. And we showed the attentions to build such system by optical disks.

1. はじめに

地震の観測データは、一般に震源データ<<読み取りデータ<<波形データの順に急激に増大する。震源データ程度なら現在のディスク装置で十分間に合うが、波形データになると地震の前後だけを記録したとしてもディスク装置では何日も保存できない。またMTにとっておくにしても膨大な本数になってしまう。このようなことから、1枚で約2.5GB(両面)が格納できる光ディスクの利用が、各方面で検討され一部で利用開始されている。我々は今回、波形データ程大容量ではないが全世界の地震の読み取りデータを収録したISCプレティンファイル地震予知観測情報センターのHITAC M-280Hシステム上の光ディスクに格納し、TSSにより必要な部分だけを効率よく検索し、端末やプリンタに出力したりファイルに取り出す事のできる検索システムを開発した。その結果、磁気ディスク上に置くのが困難な程大規模なデータに対しても、光ディスクを利用することにより磁気ディスク上に置くのと同程度の効率の良い検索システムが構築できることがわかった。

2. ISCプレティンファイルと従来の利用法

ISCプレティンデータは、英国のISC(International Seismological Centre)が世界各国の180以上もの地震観測機関の2000以上の観測点で観測した全世界の地震の震源データとその読み取

りデータなどをまとめたものである。これは、1ヶ月毎に、図-1(a)に示すような小さい字でA4版サイズ1ページに143行x3段にびっしり詰めた冊子で適時刊行されている。1年分12冊で1982年の場合1933ページと百科辞典並になる。これはまた、コード化された形で磁気テープでも手に入れることができる。磁気テープで提供されるデータも月毎に一つのファイルにまとめられており、1971年から1982年の12年間で図-1(b)に示すように約900MBとかなりのデータ量からなる大規模地震データである。

このくらいのデータ量になると、よほど利用頻度が高くない限り磁気ディスク上に置くのはスペースを取り過ぎて好ましくない。そのため従来は、1年分12ファイルを6250bpi本のMTに格納し、この中から各研究者が必要な部分のデータを取り出して利用していた。しかし、この方法では12年分144ファイルの全てから、必要なデータを取り出すのに磁気テープのかけ替えなどを素早く行っても数時間もかかってしまい、研究の能率が上がらないというような問題があった。また、地震研究所の外の遠隔地のユーザには事実上利用できないのも不満であった。

昭和61年4月にHITAC M-280H(OSはVOS3)システムと光ディスク装置が導入されたのを機に、まず磁気テープから光ディスクへコピーしオンラインファイルとして利用可能とするこ

1		1982 DEC		1d 3h																																																							
<pre> PRE 014 00p 50M 26.365x27.40E, h2m, M4.3 ISC 014 00p 29 496.0434, 26.345±0.033x27.43E±0.031 h2m, n9, e110/9, 1C-1D, South Africa </pre>		<pre> MBL Marble Bar 13.78 188 1P 01 15 09.9 -0.5 KNA Kununurra 14.14 126 1P 01 15 14.0 -0.8 KNA Kununurra 4S 01 17 55 +10 MTN Manton 14.92 112 1P 01 15 22.5 -0.9 PPR Pto Princessa 17.40 6 1eP 01 15 49.1 -0.6 MEK Meekatharra 18.98 176 1P 01 18 05.5 +0.1 MEK Meekatharra 4S 01 19 50 +10 WBN Warburton 20.60 155 1P 01 18 22.8 +1.4 WBN Warburton 4S 01 20 40 +62 PSI Prapal 20.67 299 1eP 01 15 22.5 -59.7 WRA Warramunga Ar 20.87 128 1P 01 16 24.9 (1.3) +0.9 WB2 Warramunga Ar 20.88 128 1P 01 16 25.1 +0.9 WB2 Warramunga Ar 4S 01 19 55 +2 ASPA Alice Springs 22.81 136 1eP 01 16 43 +0.3 ASPA Alice Springs 4S 01 20 28 0 NWAO Narrongin (SRO) 25.19 179 1eP 01 17 03 -1.4 NWAO Narrongin (SRO) 4S 01 22 13 +68 BDT Bhumboi Dam 30.35 325 1eP 01 17 50.5 +0.1 CTA Charlat Towers 31.00 117 P 01 17 58.4 +0.4 KOL Khonsa 40.17 330 1eP 01 19 13 +0.2 MNG Mangahao 61.59 132 P 01 21 49 -1.1 </pre>		<pre> PNT Pentlicton 7.85 38 1Pn 03 34 52.9 (2.0) -0.6 NEW Newport 8.29 51 1P 03 35 01.1 -1.0 NEW Newport 4S 03 35 08.0 FRI Friant 8.48 139 P 03 35 04 -0.8 PRI Priest 8.72 145 P 03 35 02 -6.5 EUR Eureka 9.06 113 1P 03 35 14.0 (4) +0.9 LHD Little Hoodo Mt 9.17 55 1P 03 35 14.1 -0.8 CLX Calx Mt 9.40 58 1P 03 35 18.3 +0.4 LDM Libby Dam 9.40 54 1P 03 35 18.0 +0.1 MSO Missoula 9.87 65 1eP 03 35 20.2 -1.3 RXF Rexford 9.71 52 1P 03 35 21.7 -0.4 </pre>																																																							
<pre> RSMAC 014 00p 42m 178.1, 151.6N x 99.33W, h40m, M4.7 NES 014 00p 42m 2088, 161.5N x 99.10W, h39m, M4.9 ISC 014 00p 42m 2997.2, 0.035, 161.5N±0.009x99.1W±0.034 h40m, n88, e118/64, M4.9/16, 8C-7D, Near coast of Guerrero, Mexico </pre>		<pre> KMI Kunming 4.33 341 Pn 01 35 45.5 -0.1 KMI Kunming 4S 01 35 58.0 KMI Kunming 1P 01 38 02 KMI Kunming 1P 01 37 01.6 CHG Chiang Mai 5.49 247 Pn 01 38 02 -4.0 CHG Chiang Mai 1P 01 38 25.4 CHG Chiang Mai 1P 01 37 48.3 CHG Chiang Mai 1P 01 38 00.2 GYA Guiyang 5.84 21 Pn 01 38 07.4 GYA Guiyang 1P 01 37 52.0 BDT Bhumboi Dam 6.23 234 Pn 01 38 13.6 +1.3 BDT Bhumboi Dam 1P 01 38 34.3 BDT Bhumboi Dam 1P 01 37 49.9 NST Nakhon Sawan 6.82 217 Pn 01 38 47.2 -3.2 NST Nakhon Sawan 1P 01 38 02.0 PCT Pak Chong 6.87 204 Pn 01 38 26.8 +5.4 PCT Pak Chong 1P 01 38 45.5 </pre>																																																									
<pre> ACX Acapulco 0.86 290 1P 00 42 43.3 -2.2 IS /S 00 42 56.0 -3 CC4 Caracol Dam 4 1.69 327 1P 00 42 57.0 -0.3 III Iguala 1.84 346 1P 00 43 00.1 +0.6 PEX Puerto Escondido 2.00 111 P 00 43 00.1 -1.2 PEX Puerto Escondido 1P 00 43 32.7 +7 IT Tonatlan 2.52 15 1eP 00 43 08.8 -0.4 ZIH Zihuatenejo 2.56 294 1eP 00 43 08.7 -1.0 ZIH Zihuatenejo 1P 00 43 45.3 +5 IIM Instituto de Ing. 2.74 357 P 00 43 13.4 +1.1 MEX Mexico City 2.74 357 1eP 00 43 14.3 +2.0 MEX Mexico City 1P 00 43 69.1 +14 MEX Mexico City 2.78 2 1eP 00 43 12.8 +0.3 </pre>		<table border="1"> <thead> <tr> <th>年</th> <th>件数</th> <th>レコード数</th> <th>データ量(MB)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1971</td><td>11388</td><td>523202</td><td>56.5</td></tr> <tr><td>1972</td><td>11913</td><td>558382</td><td>60.3</td></tr> <tr><td>1973</td><td>12284</td><td>570697</td><td>61.6</td></tr> <tr><td>1974</td><td>13444</td><td>582424</td><td>62.9</td></tr> <tr><td>1975</td><td>13885</td><td>629891</td><td>68.0</td></tr> <tr><td>1976</td><td>15726</td><td>696697</td><td>75.2</td></tr> <tr><td>1977</td><td>15697</td><td>655231</td><td>70.8</td></tr> <tr><td>1978</td><td>16741</td><td>771502</td><td>83.3</td></tr> <tr><td>1979</td><td>18189</td><td>761899</td><td>82.3</td></tr> <tr><td>1980</td><td>20135</td><td>795427</td><td>85.9</td></tr> <tr><td>1981</td><td>17798</td><td>772691</td><td>83.5</td></tr> <tr><td>1982</td><td>20390</td><td>855900</td><td>92.4</td></tr> <tr><td>合計</td><td>187590</td><td>8173943</td><td>882.8</td></tr> </tbody> </table>		年	件数	レコード数	データ量(MB)	1971	11388	523202	56.5	1972	11913	558382	60.3	1973	12284	570697	61.6	1974	13444	582424	62.9	1975	13885	629891	68.0	1976	15726	696697	75.2	1977	15697	655231	70.8	1978	16741	771502	83.3	1979	18189	761899	82.3	1980	20135	795427	85.9	1981	17798	772691	83.5	1982	20390	855900	92.4	合計	187590	8173943	882.8
年	件数	レコード数	データ量(MB)																																																								
1971	11388	523202	56.5																																																								
1972	11913	558382	60.3																																																								
1973	12284	570697	61.6																																																								
1974	13444	582424	62.9																																																								
1975	13885	629891	68.0																																																								
1976	15726	696697	75.2																																																								
1977	15697	655231	70.8																																																								
1978	16741	771502	83.3																																																								
1979	18189	761899	82.3																																																								
1980	20135	795427	85.9																																																								
1981	17798	772691	83.5																																																								
1982	20390	855900	92.4																																																								
合計	187590	8173943	882.8																																																								

図-1 (a) ISCプレティン冊子(1982.12.p1) (b) ISCプレティンMTデータ量

とにした。M-280Hの光ディスクは、片側の面だけで約1.25GBの容量があるので、全てのファイルが片面に収納できた。これを最大32枚までマウントできるジュークボックスタイプの光ディスクライブラリ装置に入れ、TSSからいつでも利用可能にした。

VOS3では、光ディスク上のファイルは、FORTRANプログラムなどで従来のディスク上のファイルと同様に読むことが出来たので、ただ光ディスクにコピーし磁気テープの掛け替えをなくしただけでも格段に使い易くなった。しかしまだ12年分144ファイルの全てから、必要なデータを取り出すのに、データが多いため2~3時間程度は必要であった。

このようなことから、光ディスクのダイレクトアクセス機能を利用して、必要な部分だけを効率よく

短時間に取り出すことのできる検索システムを開発してみることにした。

3. 光ディスクのカタログ性能と実際

まず最初に、光ディスクの実際の読み込み速度の性能を調べることにした。

図-2は、光ディスクの性能と磁気ディスクの性能とをカタログ上で比較したものである。

記憶容量は光ディスク2枚あれば、今日最大級の装置容量を持つ最新型磁気ディスク装置と同等の容量に匹敵する。また、書き換えは不可能だがディスクの取り外しができるので、磁気テープに代わる大容量データ保存媒体としての利用に適している。しかしディスクの回転速度が遅いため、データ転送速度や、シーク時間、回転待ち時間などが磁気ディスクに比べ約一桁遅い。このようなことから一般に光ディスクは大容量低速デバイスとして位置づけられている。

そこでまず、実際にどのくらい「低速」なのかを、全く同じプログラムで異なったデバイス上の全く同じデータを読んで比較してみたのが、図-3である。

図-3では意外なことに、カタログ性能から予想される約1桁の読み込み時間の差は見られずに、同一プログラム同一データで比較した場合、光ディスクの読み込み時間は磁気ディスクの高々1.67倍に過ぎないことが分かった。さらに、プログラムのデータ入力部分だけを光ディスクのダイレクトアクセス法(ODAM)に書き換えると、光ディスクの読み込み時間は磁気ディスクの0.93倍(CPU時間は約1/3に短縮)となることが分かった。

これから実際は光ディスクが磁気ディスクに匹敵するほどの性能を有することが分かったが、カタロ

		光ディスク	磁気ディスク
記憶容量		1311MB/片面 2622MB/両面 ~8390MB/装置 512B/セクタ 62セクタ/トラック 41300トラック/片面	1260MB/ボリューム 5040MB/装置 47476バイト/トラック 15トラック/シリンダ 1770シリンダ/ボリューム
トラック密度		16000TPI	600TPI
ディスク回転速度		600rpm	3600rpm
データ転送速度		328KB/sec (制御装置1.5MB/sec)	3MB/sec
シーク時間	最大 平均 最小	300msec 200msec 1msec	31msec 17msec 5msec
回転待ち時間	最大 平均	100msec 50msec	16.7msec 8.3msec
ディスク交換		可能	不可能
書き換え		不可能	可能

図-2 光ディスクと磁気ディスクのカタログ性能比較

デバイス	アクセス法	CPU時間(秒)	読込時間(秒)	作業時間(秒)
磁気テープ	QSAM	2.74(98%)	9.3(45%)	51.1(145%)
磁気ディスク	QSAM	2.79(100%)	20.7(100%)	35.2(100%)
光ディスク	QSAM	2.90(104%)	34.6(167%)	49.4(140%)
"	ODAM	0.92(33%)	19.2(93%)	35.9(102%)

(備考) テストデータ : ISC 1971年1月分 約4.5MB
 テストプログラム: インデクスファイル作成プログラム(出力はDUMMY)
 ODAM使用時のI/Oバッファサイズは180KB

(注) 作業時間には、コンパイルとロード時間およびファイル割り当て時間が含まれる。
 磁気テープ場合は、テープの先頭のファイルのテープマウント時間も含まれる。
 テープの2番目以降のファイルの読み込み作業時間はこれよりさらに長くなる。

図-3 デバイス別読み込み時間の比較

グ性能から考えていつでもこのような高性能が保証されるとは考えにくい。光ディスクは回転速度が600rpmと遅いために、I/Oバッファサイズを大きくして一度にまとめて読み込まないと効率が悪くなることが予想される。そこで次に、I/Oバッファサイズを色々替えて読み取り時間の変化を見たのが図-4である。

I/Oバッファサイズが1.5KBの場合は、180KBの時の10倍以上も読み込み時間がかかり、CPU時間も2倍以上かかることが分かった。また、ディスク上では比較的効率の良い3K~6KBのI/Oバッファサイズは、光ディスクの場合ではあまり効率良くなく、少なくとも20KB以上のバッファサイズが必要であることが分かった。

光ディスク上のファイルを磁気ディスク上のファイルと同じ様にFORTRANのREAD文などで入力する場合は光ディスク上の(論理的な)ブロックサイズがI/Oバッファサイズとして使われる。従って、データを光ディスクに格納する際は、論理ブロックサイズを最大値である32760バイト程度までできるだけ大きくとることが光ディスクを効率良く使うために重要であるといえる。

一方、光ディスクのダイレクトアクセス法のODAMを使えば、32760バイト以上のI/Oバッファサイズを取ることができるが、図-4によると96KB以上になるとあまり大きくしても効果が少ないことも分かった。

光ディスクを、共用のオンラインファイルとして使う場合は、同時に複数の人がアクセスした場合に、どの程度読み込み速度が低下するかについても調べておく必要がある。そこで、同じ光ディスク上の同じファイルを複数のジョブで同時に読み込んだ場合の、読み込み時間の変化を求めたのが図-5である。

図-5より、光ディスクの読み取り速度は、同時アクセスの数にほぼ比例して増大することがわかる。この効率の低下は、磁気ディスクの場合に比べるとかなり顕著である。このことから、複数のジョブから同時に参照される利用度の高いデータは、光ディスク上に置くのは好ましくないといえる。例えば、検索に使われるインデックスを光ディスク上に置くと検索のたびに光ディスクのアクセスが発生し、他のユーザと競合しやすいので、そのようなデータは磁気ディスク上に置いて光ディスクへのアクセスは必要最小限におさえるような注意が必要である。

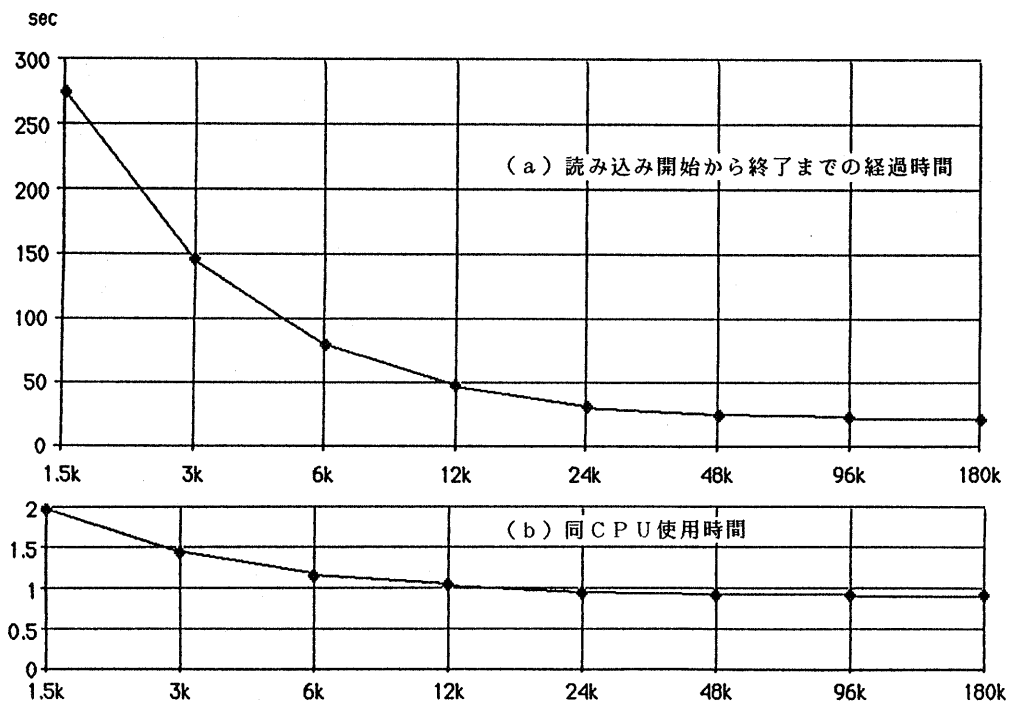


図-4 I/Oバッファサイズによる読み込み時間の変化

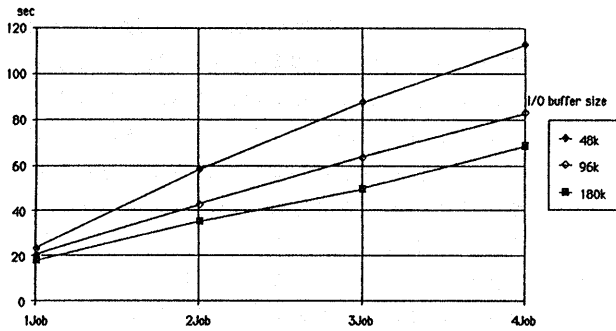


図-5 複数ジョブからの同時アクセス時の読み込み時間の変化
 なお、図-5をよく見ると、I/Oバッファサイズの大きい方がわずかだが傾きが小さいことに気付く。これは、I/Oバッファサイズの大きい方が、同時アクセスの場合の効率の低下が少なくて済むことを示しており、この点でもバッファサイズを大きく取ることが好ましいといえる。

4. 検索システムの開発

検索システムの目的は、2章でも述べたように光ディスクのダイレクトアクセス機能を利用して、光ディスク上の必要とするデータだけを効率良く短時間に取り出すことにある。すなわち、

- (1) 大量データの効率の良いインデックスの作成。
- (2) 目的とするデータの高速な読み出し。

が、実現できなくてはならない。

4. 1インデクスファイルの作成

図-6 (b) は、一ヶ月分のISCプレティンファイルのおおまかなファイル構成を示している。ファイルの中味は、図-8に示すようなコード化された1行96バイトのテキストデータで、各行の先頭の数字がレコードタイプを示している。多くの利用者が必要とするデータは、この中のイベントレコードと呼ばれる部分である。イベントレコードにはある一つの地震（より一般的にイベントと呼ばれる）に関する各観測機関が決定した震源情報や世界中の観測点で観測された読み取り情報など地震学的に有用な色々な情報がはいっている（図-6 (c)）。

一つのイベントレコードの大きさは地震の規模にほぼ比例して数行から二千行以上にもおよぶ。そこで、このイベントレコードに1対1に対応したインデックスを作成することにした（図-6 (a)）。

一つのイベントレコードに対するインデックスは、図-7に示すような項目からなる。イベントレコードは非常に多くの情報を持つため、検索のキーとなりうる項目も非常にたくさん考えられる。しかし、そのすべてを検索キーにすることは困難なため、次のような項目を検索キーとした。

- 1) 主たる震源レコード中の震源時刻、場所（緯度、経度、深さ）、規模（マグニチュード）

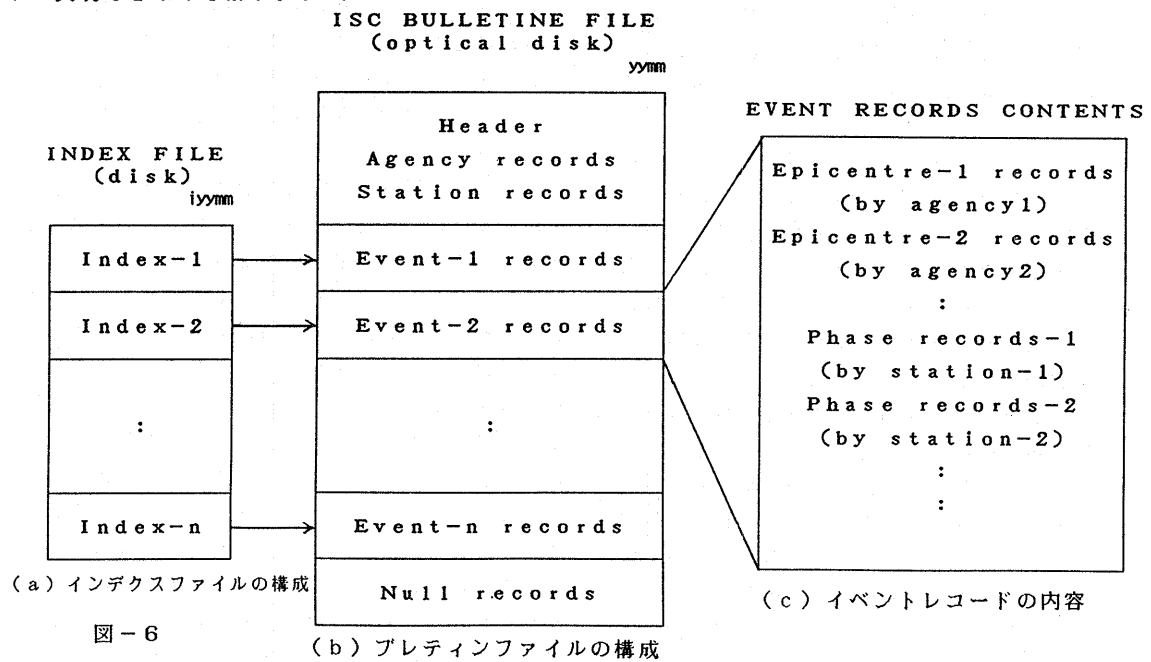


図-6

Event record location
Event record size
Primary event location
Event elements Date, Time Latitude, Longitude, Depth Magnitude
Agency of primary event
Agency of magunitude
Region number

図-7 インデクスレコードの構成

- 2)震源決定機関、マグニチュード決定機関
- 3)全世界を729の区画に分けた地域番号
- 4)地震波を観測した観測点の数

そして、インデクスファイルの検索の結果、プレヘインファイル内のイベントレコードのファイルの先頭からの位置とサイズが取り出せるようにした。

しかし、このようにして最低限の情報を抜き出して、インデクスを作成しても、元の情報量が多いため、インデクスファイル自体がまだかなり大きなものとなった。図-1(b)にあるように12年間のイベントレコードの数だけでも約19万件におよぶ。そこで、これを効率よく検索できるようにするために、次のような方針でインデクスファイルを作成した。

- a)インデクスレコード中の各項目のほとんどを2バイト整数で表す。これにより、インデクス検索時のデータ変換を不要にすると共に、レコード長をできるだけ短くし、全件数を検索した場合でも1/0回数を少なくする。また、検索した結果が数千件になることも少なくなるので、検索結果のデータ量も少なくなる。
- b)インデクスファイルから検索されたレコードの集合から更に検索が行えるようにする。
- c)インデクスレコードは、適当なグループ毎に区分編成データセットのメンバに格納し、検索条件によって、適当なグループからすばやく検索することを可能にする。現在のところ、一ヶ月毎にグループ化し、検索条件で期間が指定されたときはその期間内のメンバだけを検索するよ

うにしている。全期間のメンバも用意し、前期間の19万件全てを検索するときはそちらを使うようにしている。このほかにも、マグニチュードによってグループ化したり、地域によってグループ化するなどが可能であるが、それをしなくても実用上十分な性能が得られているので、まだやってない。

- d)検索されたインデクスレコードは、ユーザファイルにも保存し、あとで再利用可能にする。これにより、毎回同じ様な検索をする必要が無いようにした。

現在のところ、19万件全てを、任意の条件で検索した場合でも、30秒以内で検索できる。期間を指定した場合は、一ヶ月0.3秒から2秒以内で検索できる。これは、ヒットした件数にはあまり関係なく、ほとんどインデクスファイルのシークエンシャルな入力にかかる時間である。

4. 2光ディスクからの高速データ入力

検索されたインデクスレコードから直接目的とするイベントレコードを入力するのは、3章で述べたVOS3の光ディスクダイレクトアクセス法(ODAM)を用いた。ODAMでは、光ディスク内のセクタの絶対アドレスではなく、ファイルの先頭からのセクタアドレスを指定し、入出力は512バイトからなるセクタ単位で行われる。そこで、イベントレコードの先頭を含むセクタアドレスを求めて、1/0バッファの適当な位置に入力するプログラムを作成した。

ここで、問題はどの程度の長さを一度に読み込むかという点にあった。インデクスレコード中にはイベントレコードの長さも格納されている。従って、一つのイベントレコード分だけを入力することも可能である。しかし、検索結果が何千件にもなると一つ一つの入力のたびに光ディスクをアクセスしていたなら2章でブロックサイズを小さくした場合と同じで相当の時間がかかることは明かである。すなわちもしデータが連続している場合は、後ろのデータも一緒に読み込むようにする必要がある。理想的には、後に続くインデクスレコードを先読みして何セクタ連続して読んだらよいかを求めれば良いが、インデクスレコードの先読みは面倒なので、ここでは簡単に1/0バッファの終わりまで読むことにした。

I/Oバッファサイズは3章で検討したように大きい方が効率よいので180KBにした。こうすると、もしデータが連続している場合はまとめて入力され最も効率が良くなる。しかし、逆にデータがあまり連続していない場合は無駄な入力が多くて効率が悪くなる（実際には、I/Oバッファサイズが180KBの場合、最適に近いI/Oサイズの場合の1.2～1.5倍程度悪くなる）。

光ディスクからのデータ入力時間は、ヒット件数だけでなく入力データ量や入力ファイル数（これは、データが光ディスク上でどの程度分散しているかを示すファクターとなる）などに複雑に依存するが、数秒から長くても数分以内には完了する。これは、12年分144ファイルから必要なデータを取り出すのに2～3時間程度かかっていたことから考えると驚異的な時間の短縮である。

4. 3 プリント出力プログラムの作成

プレティンファイルの内容は図-8に示すように計算機処理向きにコード化され分かりにくいので、図-1(a)の印刷物に似たフォーマットでプリント出力するプログラムを、検索システムに組み込んだ。これによるLBPへの出力例を図-9に示す。この出力のために、次のようなテーブルをインデックスファイルとは別に用意した。

- (1) データ提供機関コード表
- (2) データ提供観測点コード表
- (3) フェーズ名コード表
- (4) 地震地域名コード表

このうち観測点コード表は12年間分約3000点の4文字の観測点コードと観測点名称の対応表であ

1	1198212	1	0295040-1	928-263600-2	274000-2	20	0	310	-1R	99
1	2198212	1	0294925-1	1A-263363-2	274321-2	20	0			99
2	5198212		99	0336-2	00336-3	00306-3				99
5	6198212BPI	137	2	73	056	2	1	030	100-1101P/PKP	9999 72 03
6	5198212	2	1	030	700-1	358				-739999999 99 99 99
5	6198212KSR	534	2	315	068	2	1	030	250-1101P/PKP	9999 72 -07+
5	5198212	2	1	030	1150-1	358				-399999999 99 99 99
5	6198212PRE	830	2	50	090	2	1	030	750-1101P/PKP	9999 72 01
6	5198212	2	1	030	1800-1	358				-399999999 99 99 99
5	6198212SLR	956	2	52	097	2	1	030	860-1101P/PKP	9999 70 -01-
6	5198212	2	1	030	2120-1	358				-349999999 99 99 99
5	6198212EVA	304	2	97	148	2	1	030	750-1101P/PKP	9999 74 02
6	5198212	2	1	030	3550-1	358				-229999999 99 99 99
5	6198212VIR	1138	2	196	181	2	1	030	2200-1101P/PKP	9999 74 00
6	5198212	2	1	030	6470-1	358				-129999999 99 99 99
5	6198212SMZ	1002	2	245	206	2	1	030	2750-1101P/PKP	9999 74 19
6	5198212	2	1	030	5250-1	358				019999999 99 99 99
5	6198212BLF	121	2	201	297	2	1	030	3700-1101P/PKP	9999 74 -16
6	5198212	2	1	031	1200-1	358				-359999999 99 99 99
5	6198212CND	210	UN	90	427	3	1	031	700-1 OEP	9999 74 100 E
6	6198212	2	1	031	4300-1	73ESN				99999999999 E 99 99 99
6	1198212	3	1	032	100-1	73ESN				99999999999 E 99 99 99
1	3198212	1	0421710-1176B	156000-1	-993000-1	400	0			99 99
3	1198212	1	0421710176B	ML5.7						
1	1198212	1	0422893-1	2C	165300-3	-990340-3	330	0	490	-18 99
1	2198212	1	0422991-1A	165779-2	-990100-2	400	0	490		-18 16 99
2	5198212		99	0354-2	00399-3	00336-3				99 99
5	6198212ACK	13	UN	290	086	2	1	042	4330-1 OIP	9999 0 -22 I
6	5198212	2	1	042	5500-1	331S				-339999999 I 99 99 99

図-8 I S Cプレティンファイルの内容の例

る。これは読み取りデータ1件ごとに毎回検索されるので、検索効率の良いバイナリサーチが採用されている。

4. 4 データ追加への対応

新しいプレティンファイルを光ディスク上に追加した場合、次のような作業が必要となる。

- 1) インデックスファイルを新たに追加作成する
- 2) 機関コード表、観測点コード表を更新する
- 3) 最後に、データ収録期間や、光ディスク上のファイルの所在などの管理表をエディットする

なお、3)の管理表を用意したことでプログラムはいっさい変更する必要がない。データが増えて、何枚かの光ディスクにまたがっても管理表にてファイルの格納されているボリュームを指定しておくだけでよい。

5. 検索システムの利用方法

図-10に、本検索システム(BISCと呼ばれている)の使用例を示す。使用に当たってはまずTSSをLOGONし、BISCコマンドを投入する。ついで、期間、場所(緯度・経度の範囲)、マグニチュードの範囲等を必要に応じて入力する(特に指定したくない場合は、単にリターンを押す)。更に、必要なら、深さ、震源を決定した機関のコード、地域番号、観測点の個数等の条件を指定できる。続いて、検索条件に従って、インデックスファイルが検索された後、検索した内容を端末に表示(Display)、プリンタに出力(Print)、ファイルに出力(File)することができる(この時に初めて光ディスクにアクセスが行われる)。

1982	12	1							
PRE	00	29	50.4	26.36S	27.40E	ZKH	ML3.1		
ISC	00	29	49.6	26.34S	27.43E	ZKH		N=9	SD=1.10/9
				+(0.3	0.03	0.03)		
Republic of South Africa									
BPI	Johannesberg		0.56	73	Pg		00 30 01.0	+0.3	
BPI							00 30 07.0		
KSR	Koster		0.68	315	+Pg		00 30 02.5	-0.7	
KSR							00 30 11.5		
PRE	Pretoria		0.90	50	Pg		00 30 07.5	+0.1	
PRE							00 30 18.8		
SLR	Silverton		0.97	52	-Pg		00 30 08.6	-0.1	
SLR							00 30 21.2		
EVA	Evander		1.48	97	Pn		00 30 17.5	+0.2	
EVA							00 30 35.5		
VIR	Virginia		1.81	196	Pn		00 30 22.0	+0.0	
VIR							00 30 44.7		
SMZ	Schweizer-Reneke		2.06	245	Pn		00 30 27.5	+1.9	
SMZ							00 30 52.5		
BLF	Bloemfontein		2.97	201	Pn		00 30 37.0	-1.6	
BLF							00 31 12.0		
CNB	Chansalane		4.27	90	epn		00 31 07.0	+10.0	

図-9 検索結果のプリント例(1982.12.nol~)

6. 大規模データ検索システムの構築の際の注意

ここでは、大規模データを光ディスクに格納し、必要な部分だけを取り出す検索システムを構築する際の注意すべき点を簡単に述べる。

まず、光ディスクにデータを格納する際の注意事項としては、すでに I/O バッファサイズを 20KB 以上大きく取る必要があることを述べた。もう一つ注意すべき点として、光ディスク上のファイルサイズがある。もし、光ディスク上のダイレクトアクセスが、VOS3 同様にファイルの先頭からの相対アドレスで利用できるなら、光ディスクからの入力を高速化するためには、ファイルサイズをできるだけ大きくして格納することが望ましい。このタイプの光ディスクの場合は、ファイルの格納に関するディレクトリ情報も同じディスク上に置かれているため、ファイルをオープンする際にディレクトリの場所までシークが発生する。このシーク時間は図-2 に示すように片道平均 200 msec もかかり、無視できない値である。もし、1MB のファイル 1000 個からなるデータがあったときは、これを 1MB サイズのまま格納するのではなく、10MB サイズあるいは 100MB サイズにまとめて大きなファイルにしてファイル数を少なくして格納するのが望ましい。

```
>>BISC
ISC BULLETIN (1971.01-1983.12) OPTICAL DISK DATABASE SYSTEM
VERSION 1.30 1987.02.04 ( K.Takano & T.Yoshii )

Enter YMHDDH1,YMHDDH2 or ALL or Exit <ALL>
82120100 82120106
Enter LAT1,LAT2,LON1,LON2 or ALL, Redo or Exit <ALL>
Enter MAG1,MAG2 or ALL, Redo or Exit <ALL>
Select other conditions by n1,n2,... (Note. -n means exclusion)
0(no more), 1(depth), 2/-2(agency),
3/-3(region), 4(Nr.of station) or ALL, Redo, Exit or ? <0>

(O1)+ Time=82120100->82120106
OK ? (Enter Y/N or Exit) <Y>
(O1)+ FOUND. H= 14 R= 463 F= 1 Time=( 0.03C, 0.32E)S
Enter Select/Display/Print/File/Keep/And/Or/History/End command or ? <S>
P
Enter O(Print all), 1(Print Hypo.), 2(Print Hypo. 2) 9(Exit) or ? <0>
Enter Print Destination by DESTNAME, >DSNAME, 9(Exit) or ? <TOKEN>
A6
(O1)+ Output End. Hypo.= 14 Time=( 0.33C 12.09E)S
Enter Select/Display/Print/File/Keep/And/Or/History/End command or ? <S>
P
Enter O(File all), 1(File Hypo.), 2(File Hypo. 2) 9(Exit) or ? <0>
Enter Dataset-name <default B8ISC.SAVE>
Enter OLD./NEW./RNW or Exit <default OLD>
RNW
(O1)+ Output End. Hypo.= 14 Rec.= 463 Time=( 0.07C 3.06E)S
Enter Select/Display/Print/File/Keep/And/Or/History/End command or ? <S>
Enter YMHDDH1,YMHDDH2 or ALL or Exit <ALL>
Enter LAT1,LAT2,LON1,LON2 or ALL, Redo or Exit <ALL>
36 36 138 140
Enter MAG1,MAG2 or ALL, Redo or Exit <ALL>
5.5 2
Select other conditions by n1,n2,... (Note. -n means exclusion)
0(no more), 1(depth), 2/-2(agency),
3/-3(region), 4(Nr.of station) or ALL, Redo, Exit or ? <0>

(O2)+ Lat= 36.0-> 36.0 Lon= 138.0-> 140.0 Mag=5.5->9.0
OK ? (Enter Y/N or Exit) <Y>
(O2)+ FOUND. H= 4 R= 4441 F= 4 Time=( 2.49C, 28.70E)S
Enter Select/Display/Print/File/Keep/And/Or/History/End command or ? <S>
```

図-10 検索システムの使用例

次に、ファイルの内容とインデックスの関係であるが、まず光ディスク上のファイルは、外部にインデックスなどを持たなくても単独で利用できる形で格納するのが望ましい。検索システムなどなくても使えるようにしておくことで、データの利用率が増すと共に、検索システムの開発、改良が容易となる。もし、どうしてもインデックスが必要なデータの場合は、そのインデックスも一緒に光ディスクに入れておくべきである。検索システムで使うインデックスは、光ディスク上に格納した後からデータの内容を見たり、光ディスク上のインデックスを参考にして、磁気ディスク上に作成する。大規模データの場合、必然的にインデックスも大規模となりやすいので、高速な検索ができるようにインデックスの設計を行う必要がある。また、検索された結果の件数や、光ディスクから取り出すデータ量も比較的大きくなりがちであるという点にも注意する必要がある。

7. おわりに

MTマウント操作も含めて数時間かかったデータ検索作業が、単にMTから光ディスクに移しただけで2~3時間に短縮された。さらに、本検索システムを用いれば同じことが数分以内で可能になった。これは、ダイレクトアクセスができるという光ディスクの特徴によるところが大である。

本発表では、光ディスクは決して「低速」デバイスではなく I/O バッファサイズを十分大きく取るなどに注意して使えば十分「高速」であることを示した。さらに光ディスクのダイレクトアクセスができるという特徴を活用することにより、単に磁気テープに代わる大容量補助記憶媒体と言うだけでなく、磁気テープなどには実現不可能な「大規模データの高速検索処理」を可能にする優れた記憶媒体であることを実証した。地震データのような大容量データを何本もの磁気テープで保存しているところでは、それを光ディスクに移し、本検索システムのようなものを開発すれば、保管が簡単になるだけでなく、データ利用の際にも非常に強力なツールとなるであろう。

謝辞：本システムの開発に当たり重要な指摘をしていただき、プリント出力プログラムの作成もしていただいた吉井敏尅助教授に深く感謝します。