原 著 論 文

デジタルレコーダーによる検層データの集録と処理*

木 村 清, **武 田 盛 一**

The Digital Data Gathering and Processing System for Well Logging

by

Kiyoshi KIMURA and Seiichi TAKEDA

Abstract As a rule, well logging data are recorded on analog films. When an interpretation is made, digital values would be read by an operator; or in case of an interpretation by the computer system, the data should be punched on cards or tapes. This has been a prevalent way of interpreting well logging data in Japan.

The above method, however, is not appropriate to interpret tremendous amount of data or to obtain answers as quickly as possible. In order to meet such purposes, the digitizer has been utilized in these days.

As a matter of course, analog films are useful for the purpose of both monitoring and interpretation. On the other hand, if the data are recorded on both analog films and digital magnetic tapes, it is possible to input the data directly into the computer system.

For this reason, the digital data gathering and processing system was planned and completed for the interpretation of well logging data. This system deals with digital data which are simultaneously gathered while analog data are being recorded, but off-line to the computer.

This system works in a way that eight channels of analog signals which correspond to each well depth are amplified and converted and to digital values, of which data are then recorded on magnetic tapes. The gathering data are sent to and read by the computer as direct input with proper formats. Following to this process, the interpreted result could be out-put to a typewriter, X-Y plotter or other magnetic tapes.

1. ま え が き

検層データに関しては、アナログ曲線として記録されたフィルムから適当なスケールを用いて数値を読みとり、この値を手計算によるか、あるいはまたコンピューターによる解析を行なうにしても、読みとったデータを紙テープあるいはカードにタイプインしたものをインプットデータとして解析しているのが日本における現状であるが、このような方法では大量データの迅速処理、連続処理には限界があるので、一部デジタイザーの導入も行なわれている。

一方、アナログ曲線と同時にデジタル量としても記録しておけばコンピュータのインプットデータとして使えるし、またすでに記録済みの検層曲線からのデジタイゼーションデータの大量記録媒体としても使用できるので、検層データを直接デジタル量として集録、処理できるデータ集録、処理装置を試作、開発した。

2. 装置の構成

このデジタルデータ集録、処理システムは

- 深度信号発信器
- 増幅、モニターおよびフィルター回路部
- マルチプレクサーおよびA/D(アナログ-デジタル)変換用コントローラー
- 磁気テープ用コントローラー

昭和50年12月10日受理

* 昭和50年度石油技術協会総会(東京)にて講演

** 帝国石油佛技術研究所

第1図 構成

第2図 深度信号発信器ブロックダイアグラム

写真1 深度信号発信器

- 磁気テープ ハンドラー (レコーダー)

の各部より成り、全体構成図を第1図に示す。

2.1 深度信号発信器

検層データをデジタル記録する場合の問題点の1つは現象がすべて深度の関数であることで、既成のデータレコーダーをそのまま応用できなく、特殊な仕様が必要となる。このため深度を最初にデジタル化し、サンプリ

ングのインターバルを決定して、このインターバルに従ってサンプリング指令信号をだし、データ集録する必要がある。

この目的のため試作された深度信号発信器のブロックダイアグラムを第2図に、また外観図を写真1に示す。

また、検層記録曲線を例にとっても、測定されるログの種類により、その縮尺も1/20, 1/200, および1/500などがあり、同様に、デジタル記録の場合でも適切なサンプリングレートはログの種類、目的によって異なってくる。このため、本装置では、坑井実深度に対し、10cmと2cmごとの2種類のデータサンプリングのどちらでも選択できるように設計した。

2.2 増幅、モニターおよびフィルター回路部

従来のフィルムに対するアナログ曲線の記録の場合には、最終段の記録素子としては高感度(約2 μ A/フルスケール)のガルバノメーターが用いられており、このため、その出力値も非常に小さい場合もある。このままではデジタル記録するための諸種の処理ができないので、一旦必要なレベルまで増幅する必要がある。また、アナ

写真2 増幅およびモニター回路部

ログ曲線のフィルム記録の場合にはフィルムを現像することにより結果を視覚的に確認できるが、後述するように、本システムの場合には、コンピューターとオフラインで記録されるため、フィールドで直ちに結果を確認できないことが多いと考えられる。このため、記録時のモニターが重要であり、本装置では記録時の同時モニター用計器と、アナログの4CH×2の磁気テープ記録計を装備した。増幅、モニター回路部を写真2に示す。

なお、従来のフィルム曲線の場合には、回路の時定数と記録用の光学的ガルバノメーターのメカニクな時定数により、測定されるログの種類ごとに理論的および経験的な回路定数が用いられているが、磁気テープレコーディングの場合には、メカニクな時定数がないので応答性が速すぎる傾向がある。このため、フィールドテストにより、ログの種類ごとに最適フィルターを検討し、回路を決定した。

2.3 マルチプレクサーおよびA/Dコントローラー

上記コントローラーについては、磁気テープデジタルハンドラー(レコーダー)とも関連が深く、カセット型、オープンリール型について検層データ集録、処理機として必要な性能について検討の結果、下記の仕様で設計した。

(a) マルチプレクサー

チャンネル数	8
入力電圧	±10V以下
セットリングタイム	1μS
構成素子	FET
チャンネル切換	4ビットの信号によりランダムアクセス可能

(b) A/Dコントローラー

変換桁数	12ビット
変換時間	50μS
入力電圧	0～±10V
精 度	±0.02%フルスケール、± $\frac{1}{2}$ LSB

2.4 磁気テープ用コントローラー

磁気テープコントローラーは検層時にフィルムに対するアナログ曲線記録と同時にデジタルレコーディングがなされるため、車載型のフィールド記録専用でコンピューターとオフラインの磁気テープコントローラー(＃1)と、集録済テープを制御してコンピューターとオンラインでデータを処理し出力を出すか、あるいは同時に＃1 MTコントローラーを制御して一方のデータを編集し他の磁気テープに出力できる磁気テープコントローラー(＃2)の2系列に分けて設計した。写真3と4にMTコントローラを示している。

MTコントローラーの主仕様は下記の通りである。

写真3 MTコントローラー＃1
MPXとADコントローラー

写真4 MTコントローラー＃2

機 能	＃1 MT コント ローラー	＃2 MT コント ローラー
WRITE ONLY	WRITE ONLY	READ および WRITE
チェ ッ ク	水平および垂直	水平および垂直、 CRC
バッファメモ リ	256 BITES, プロ ック転送	電算機により任意 制御可能

2.5 磁気テープ ハンドラー (レコーダー)

MT ハンドラーは TEAC 社製 MT-8E 型 (IBM 社 2400シリーズとコンパチブル) ラックマウントトラックタイプのものを選定した。主要な仕様は、下記の通りで

ある。

記録方式 NRZI

記録密度 800 BPI

使用テープ JIS C-6240

1,200 ft (長さ) × 1/2 in (幅)

巻き取り枠 8.5 in

テープ駆動 シングルキャプスタン

テープ速度 24 in/sec

データ転送速度 19.2 KHz

トラック数 9(8bit+Parity 1 bit)

3. データ集録

3.1 データ集録ブロック図

第3図にデータ集録ブロックダイアグラムを示す。図の左端のアナログインプットより適当に増幅され、かつフィルタ回路を通された8チャンネルの各種検層データが入力される。図で、MPXはマルチプレクサー、S/Hはサンプルホールド、A/Dはアナログデジタル変換、MTCは磁気テープ制御部、MTは磁気テープハンドラーの各回路を示している。各回路ともアナログ信号をデジタル変換し、磁気テープに記録するための電子的な回路であるが、設計上留意したのは信号の処理量と速度の点である。

集録すべき処理量と速度については、最初に前提条件として、ロギングの最大速度を3,600 m/h、最大サンプリング頻度を200回/m(坑井実深度5 mm相当)、アナログ入力8チャンネル、デジタル入力2チャンネルと仮定した。なお、上記の仮定は従来行なわれている検層のフィルム記録との対比でも、また現在世界的に行なわれているデジタル記録との関係からいっても充分なものと考えられるが、ただ4パッドのデップメーターでキャリパー曲線が2本記録される場合だけ合計9曲線となり、アナログ8チャンネルの仮定なので1チャンネル不足し

第3図 テータ集録、処理ブロックダイアグラム

ている。将来このような問題が生じた場合には、マルチプレクサーをランダム制御してデータの割り込み記録を行なうなどの方法を取る必要があり、オプションによりこのような制御が可能であるように設計した。

3.2 フォーマットおよびタイムチャート

3.2.1 データのブロックフォーマット

集録すべきデータはバッファメモリーに1時保存され、12回のスキャンで120W(240バイト)のデータが集まった時、1ブロックを256バイトの固定ブロックとして磁気テープ上に書き込む。第4図に1ブロックデータフォーマットを示しているが、この図のように1ブロック256バイト中240バイトがデータで残り16バイトは0で常にブロックの最後には書き込まれる。また1スキャンで深度データ4バイト(2W)、ADデータ16バイト(8W)、合計20バイト(10W)のデータが集録される。標準的なスキャン順序は図のような深度データ1, 2:AD-CH1~CH8データでこのパターンが繰り返されるが、オプションによりランダムアクセスするとすれば、例えばチャンネル2の2バイト分に1回ずつ交互にチャンネル2とチャンネル9と置き換えて記録することが可能である。

3.2.2 集録データフォーマット

第4図 ブロックデータフォーマット

第5図 データフォーマット

第6図 タイムチャート

第5図に各データのフォーマットを示す。深度データは2ワードで1データとし、深度データ1は上位ビットに0が書き込まれる。ADデータは1ワードで1データとしMSD(極性)は0(正)、下3ビットに0が書き込まれる。

3.2.3 タイムチャート

データ集録時のタイムチャートを第6図に示す。図のようにMTへの転送エラーが発生した場合16回まで再書き込みを行ない、エラーカウンター表示灯によりエラー回数を表示する。最大エラー表示回数も16回とし、16回のエラーが生じた場合にはアラームランプが点灯する回路とした。このように多数回のエラーが発生する場合には装置が磁気テープにトラブルが想定されるので、原因をチェックして装置を適正な状態にリセットする必要がある。

4. データ処理

第7図に示すデータ処理ブロックダイアグラムに従い、データ処理をする。本装置の場合には、処理コンピュータとしてHitac-10とTosbac-40を想定したが、MTコントローラー#2にはCRCチェック機能を持たせて

第7図 データ処理ブロックダイアグラム

あるので、この機能を必要とする磁気テープ集録データについてもフォーマットを一致させることにより処理可能である。図示のように MT は合計 4 台まで制御できるタイプとして設計した。これは同時に記録できない、たとえばインダクションとデンシテイなどの複数の記録を深度に従い編集できる機能をもたせるためである。

検層データを解析するために現在行なわれている方法は、①アナログ（フィルム）記録から各深度の数値をス

ケールで読みとり解析する、②アナログ記録からデジタイザーを用い、デジタイジングしたうえで解析する、③アナログとデジタルの同時記録を行ない解析する、などの方法がとられている。本システムの主目的は③のデジタル信号同時記録にあることはもちろんであるが、②のデジタイジングされたデータの記録媒体としても同時に適用できるように考慮したうえで、設計、試作したものである。

第 8 図 デップメーター記録のタイプアウト例

DEPTH	PAD 1	PAD 2	PAD 3	MARK	CALIPER	DEVIATION	DOI	NOI
845.00	4672.85	5031.73	5173.33	46.38	1752.92	2443.84	2458.49	1257.32
844.98	4772.94	4875.48	4582.28	46.38	1752.92	2443.84	2456.05	1257.32
844.96	4628.90	4609.37	4750.97	43.94	1750.48	2442.11	2452.17	1254.88
844.94	4780.27	4531.25	4733.88	43.94	1750.48	2441.40	2448.73	1254.88
844.92	4575.10	4511.71	4663.08	43.94	1750.48	2441.40	2443.84	1254.88
844.90	4460.44	4440.51	4794.92	43.94	1750.48	2441.48	2441.40	1254.88
844.88	4465.33	4272.46	4831.54	43.94	1748.04	2441.49	2430.52	1252.44
844.86	4404.29	4199.21	4824.21	46.38	1745.60	2441.40	2431.64	1252.44
844.84	4377.44	4255.37	4650.87	43.94	1740.72	2438.96	2429.19	1252.44
844.82	4365.23	4472.65	4589.84	43.94	1738.28	2438.96	2424.31	1250.00
844.80	4418.94	4487.30	4274.90	43.94	1733.39	2436.53	2421.87	1250.00
844.78	4487.30	4475.09	4389.64	41.50	1728.51	2436.52	2416.99	1247.55
844.76	4533.69	4179.68	4565.42	41.50	1726.07	2436.52	2416.99	1247.55
844.74	4558.10	4260.25	4580.07	41.50	1723.56	2436.52	2412.19	1247.55
844.72	4533.69	4482.42	4562.98	41.50	1721.19	2434.08	2409.55	1245.11
844.70	4436.03	4697.77	4467.77	41.50	1721.19	2434.08	2407.22	1245.11
844.68	4440.47	5104.98	4499.51	41.50	1718.75	2434.08	2404.78	1242.67
844.66	5051.26	5222.60	4990.23	41.50	1718.75	2434.08	2402.34	1240.23
844.64	4184.57	4091.79	3894.04	41.50	1718.75	2431.64	2399.90	1240.23
844.62	2937.01	3608.39	3518.06	36.63	1718.75	2431.64	2400.49	1235.35
844.60	2602.53	3476.56	3367.63	34.17	1713.86	2431.64	2398.00	1230.46
844.58	2653.80	3398.43	3281.25	31.73	1708.98	2429.19	2392.57	1225.58
844.56	2805.17	3227.53	3217.77	31.73	1701.66	2429.19	2392.57	1223.14
844.54	3320.31	3117.67	3151.85	29.29	1696.77	2426.76	2390.14	1220.70
844.52	3488.76	3156.76	3090.82	26.85	1689.45	2426.75	2387.69	1218.26
844.50	3693.84	3559.57	3422.85	24.41	1682.12	2424.31	2385.25	1215.82
844.48	4287.10	4089.35	4128.41	24.41	1679.68	2424.31	2382.82	1213.37
844.46	4663.08	4223.63	4541.01	26.85	1679.68	2421.87	2382.90	1213.37
844.44	4577.63	4184.57	4667.96	29.29	1677.24	2421.87	2382.81	1213.37
844.42	4416.50	3801.26	3933.10	29.29	1674.80	2421.87	2382.81	1213.37
844.40	4003.90	3259.27	3303.22	26.85	1679.68	2421.87	2380.37	1210.93
844.38	3710.93	3000.48	3098.14	26.85	1682.12	2421.87	2380.37	1210.93
844.36	3486.32	2927.24	3076.17	24.41	1687.01	2421.87	2380.37	1208.49
844.34	3452.14	2961.42	3054.19	21.97	1694.33	2421.87	2382.81	1206.05
844.32	3659.66	3305.66	3613.28	21.97	1701.66	2421.87	2382.81	1206.05
844.30	4069.82	3925.78	4421.38	24.41	1711.42	2419.43	2385.25	1206.05
844.28	4306.64	4191.88	4396.97	24.41	1718.75	2416.99	2387.69	1206.05
844.26	4499.51	4304.19	4570.31	26.85	1723.63	2416.99	2390.13	1206.05
844.24	4680.17	4321.28	3851.07	29.29	1726.07	2414.55	2392.57	1208.49
844.22	4609.37	4323.73	4707.03	31.73	1728.51	2414.55	2397.46	1208.49
844.20	4519.04	4343.26	4460.44	31.73	1730.95	2412.10	2399.90	1208.49
844.18	4609.37	4399.41	4687.50	31.73	1733.39	2412.10	2402.34	1210.93
844.16	4650.87	4392.08	4753.41	34.17	1733.39	2412.10	2407.22	1210.93
844.14	4753.41	4323.73	4675.29	34.17	1735.83	2412.10	2412.10	1213.37
844.12	4567.87	4277.34	4782.71	36.62	1738.28	2409.66	2414.55	1213.37
844.10	4619.14	4284.66	4758.30	36.62	1738.28	2409.66	2416.99	1215.82
844.08	4667.96	4350.58	4614.25	36.62	1740.72	2409.66	2421.87	1218.26
844.06	4737.36	4426.26	4401.85	36.62	1740.72	2409.66	2424.31	1218.26

第9図(a) ノルマルーンガンマ検層フィルム記録例

1100

第9図(b) ノルマル・ガンマ検層デジタル記録のプロットアウト例

1100

5. フィールド テスト例

実際の坑井において、通常電気検層、ガンマー検層、デップメーター、プロダクション ロギングなど、種々の検層の集録テストを実施し、ほぼ予定した成果が得られた。

タイプアウト結果とフィルム記録との対比のため、プロットアウト結果を第 8, 9 図に示す。

実際に得られた結果について処理テストを行なってみたが、装置本体、コンピューターとのインターフェース上何ら問題は生じなかった。2.2 の項で述べたように、フィルター回路については各検層用回路ごとにその回路に適するフィルター定数を決定する必要がある、これについては今後も検討を続け、最終的にはどの検層機にも適合する汎用フィルターを完成させたいと考えている。

6. あとがき

検層フィルムに記録されたアナログ曲線から解析者が数値を読み取り、プリンタープレーションおよびインタープレーションを行なうことは、従来はもちろん今後も重要であることは論をまたない。また、コンピューターの進歩と普及の著しい今日では大量なデータの迅速な、かつ連続的解析も要請され、これに応えるためには検層曲線のアナログ値からデジタル値に変換してデジタル インプットデータを作成するためのデバイスが必要である。

本装置は上記目的のため試作され、坑井テストでも予期した結果が得られたが、デジタイズされたデータの解析は従来の手法の電算機プログラムと同様にソフト開発上の問題として別に考える必要があることももちろんのことである。

謝 辞

本研究は、工業技術院の大型プロジェクトである「大深度遠隔操作海底石油掘削装置」の検層システムの一環として昭和48, 49両年度に亘り研究、設計、試作および実験がなされたもので、本稿の一部も同上プロジェクト成果報告書より引用してあり、また工業技術院と石油資源開発(株)技術研究所伊藤寿恒氏とには有益なご教示を頂いた。記して感謝の意を表します。

参 考 文 献

1. Moran, J.H., Coufleau, M.A., Miller, J.P. and Timmons, J.P.; Automatic Computation of Dipmeter Logs Digitally Recorded on Magnetic Tapes, *Jour. Pet. Tech.*, July 1962
2. Horn, M.K.: Comlog-A Comprehensive Computer System for Log Interpretation, *Jour. Pet. Tech.*, Oct. 1962
3. Tixer, M.P., Eaton, F.M. and Biggs, W.P.: "Automatic Log Computation at Wellsite-Formation Analysis Logs, *Jour. Pet. Tech.*, Jan. 1965
4. Tinch, D.H., Miller, G.K., Carpenter, B.N. and Warren, J.P.: Application of Magnetic Tapes to Well Logging, *Jour. Pet. Tech.*, June 1966
5. 小玉則雄：コンピューターを使用する電検解析による油層評価とその諸問題，石技誌，第33巻，第4号，1968
6. 佐藤久敬，葛原典孝，保泉忠夫：コンピューターによる検層解析，石技誌，第35巻，第6号，1970
7. 石油開発公団，調査報告書：米国，カナダにおける Well Log Digitization の現況，情報室資料第6号，Nov. 1971