

## 地下レーダー記録のデータ処理

坂山利彦・長田正樹・原 徹夫

### PROCESSING OF RECORDS TAKEN BY GROUND PROBING RADAR

Toshihiko SAKAYAMA, Masaki OSADA and Tetsuo HARA

#### Abstract

Ground probing radar explores subsurface structure by emitting broad band electromagnetic pulse waves from the ground surface and picking up the resulting reflections from the subsurface interfaces.

Hara and Sakayama (1983) have reported on results obtained from subsurface investigations using ground probing radar, commenting on its applicability. According to their paper, ground probing radar can be used effectively to identify strata distribution in soil ground, subsurface cavities or buried objects to several meters, and geological structure to several tens of meters in high resistivity rock.

In analyzing records obtained with ground probing radar, the application of computerized data processing may be regarded as potentially extremely effective in correctly interpreting the reflective bodies and reflection surfaces in these records. In exploration of such subsurface anomalies as cavities or buried objects, one effective kind of processing is the accenting of anomaly information by improving S/N ratio of the records. In explorations of layer or geological structure, velocity analysis processing or processing to migrate the form of reflection surfaces are effective.

This paper covers the procedure of processing records from ground probing radar and the results obtained thereby.

In Part 2, covers the system for processing data and the processing sequence. Figure 2 is a flow chart on the procedure by which the authors carried out processing. It includes two types of processing for profile and WARR sounding data.

Part 3 covers profile data processing. This type of processing includes two different procedures, the selection of anomalies and the restoration of reflection profiles. Processing for extracting anomalies is conducted by spacial filtering. Migration processing is used to restore reflection profiles. Figure 7 is an example of an anomaly, a cavity beneath a road, extracted by spacial filter processing. Figure 8 shows the outline of an ancient burial mound, buried in volcanic ejecta, that was restored by migration processing.

Part 4 covers WARR sounding data processing. This processing consists mainly of velocity analysis by the constant velocity scanning method and CDP stacking. By means of this data processing, the velocity structure of the ground can be determined. Figure 13 compares a WARR sounding processed record taken from an artificial embankment with a profiling record. Figure 14 shows the distribution of propagation velocities of electromagnetic waves, as obtained from the processing results. These results correspond well with the soil structure of the embankment, and confirm the effectiveness of the processing.

## 1 まえがき

地下レーダーは、地表面において、非常に短い時間（数nanosec～数十nanosec）内に広域バンドパルスの電磁波を放射し、この電磁波が地下において反射して地表にもどってくる波を捉え、地下の構造を調べるものである。J. C. Cook (1960)によれば、放射する電磁波を立ち上がりの鋭い広域バンドパルスとすることによって、電磁的損失のある物質中においても透過力を強くし、また、反射面を検出する分解能をも高くすることができると思われる。この考え方は現在でも広く認められており、この考え方によるいわゆるパルスレーダーが地下探査用レーダーの主流になっている。

原・坂山(1983)は、地下レーダーによる地盤調査の結果をまとめ、その適用性について述べている。これによれば、土質地盤においては、深さ数mまでの地層の分布や、地下空洞、埋蔵物などの探査に、また、比抵抗が高い岩盤においては、深さ数十mまでの地質構造を把握するためには、地下レーダーが有効であることが述べられている。

ところで、このような地下レーダーによる探査は、その探査目的という観点からは、便宜的に、アノマリー探査と構造探査とに分けて考えることができる。アノマリー探査は、地下レーダーの持つ高分解能性を生かした探査であり、地盤内にある局所的な構造や異常を把握するものである。地下空洞、埋設管、埋蔵物などの探査はアノマリー探査と云えるものである。局所的に存在する反射体からの反射には、回折・散乱が伴うため、地下レーダー記録上には独特の反射パターンとなって現われる。

これに対して、構造探査は、地下の土質構造や地質構造を電磁波の伝播速度分布として把握し、地層境界などの形状の変化や、層相の変化を追跡するものである。砂

質土と粘性土、軽石層とローム層などの地質境界、盛土内の締め固め境界、地下水位面などは電磁波の良い反射面となり、地下レーダー記録上では連続した反射縞模様として把握される。

このような地下レーダー記録を解析し、その記録上に現われた反射体や反射面を正しく把握するためには、コンピュータによるデータ処理が極めて効果的であると考えられる。アノマリー探査においては、測定記録のSN比を改善し、正しいアノマリー情報を強調・抽出するような処理が有効であり、構造探査においては、速度解析や、反射面の形状復元、物性情報の抽出などの処理が有効である。

この報文においては、地下レーダー記録のデータ処理の流れや、処理結果の例について述べ、コンピュータによるデータ処理が地下レーダーの解析に果たす役割について示す。

## 2 データ処理システムとデータ処理の流れ

筆者らが使用している地下レーダー装置（株式会社応用地質調査事務所製の地下レーダー装置YL-R2）は、図-1に示すような構成となっており、データ収録装置としては、カセットデータレコーダー（アナログ磁気テープ）とフィールドディスクロガー（デジタルフロッピーディスク）が含まれている。

カセットデータレコーダーには、10scan/sec（あるいは20scan/sec）の繰り返しで受信される波形信号が入力し、磁気テープには、波形信号、トリガー信号およびマニュアルマーク信号の3信号が、3つのチャンネルにアナログモードとして収録される。磁気テープはデータ収録の容量が大きく、プロフィールデータの収録に使われる。

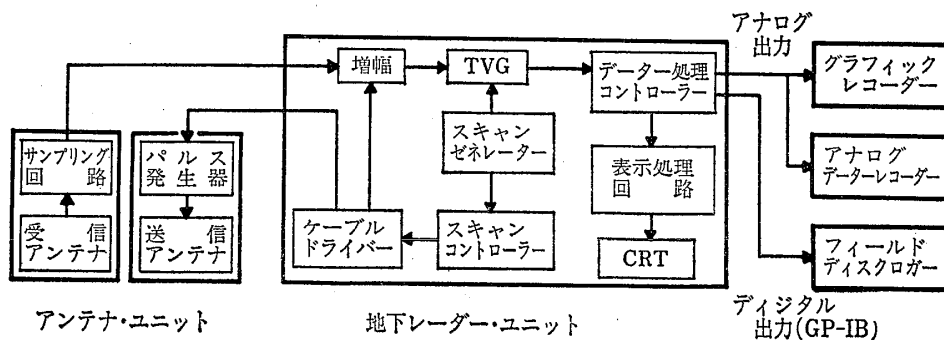


図-1 地下レーダー装置 (YL-R2) の構成  
Fig. 1 Ground probing radar system

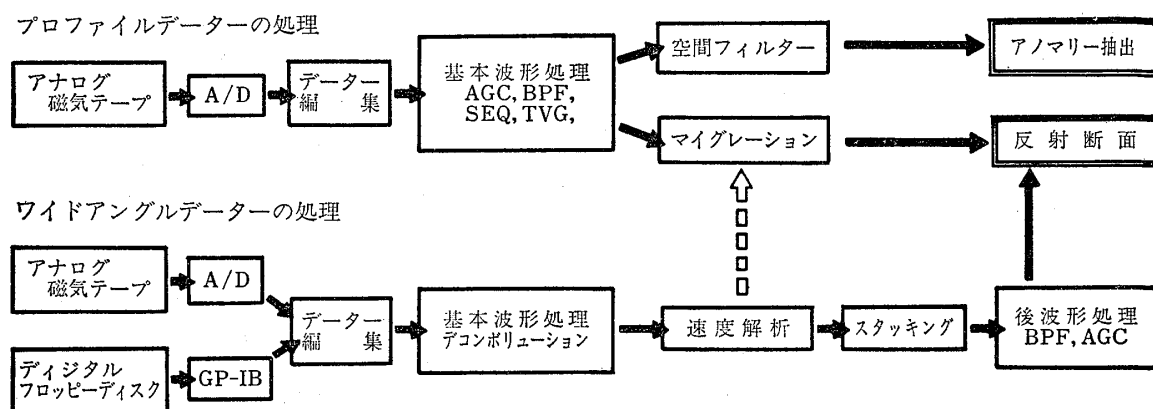


図-2 データ処理のフロー  
Fig. 2 Data processing flow chart

一方、フィールドディスクロガーには、地下レーダーユニット内部に組み込まれているマイクロプロセッサによって、GP-IBを介して、データサイズ1024のデジタルデータが転送され、フロッピーディスクに記憶される。現状、フロッピーディスクの記憶容量が最大255トレース（1トレース、1024チャンネル）であるため、記憶容量が少なく済むワイドアングルデータや、特殊な測定データの収録に使われる。

磁気テープに収録されたアナログデータは、A/Dコンバーターによってデジタル化され、一方、フロッピーディスクに納められたデジタルデータは、GP-IBを介して、処理コンピューターに取り込まれる。筆者らの場合、このデータ処理は、VAX11/780スーパーミニコンで行なっている。このコンピューターにおいては、測線長約100m分のプロフィール測定データ（データ量にして約40M Byte）の一括処理が可能である。

地下レーダー記録のデータ処理の方法に関しては、測定方法や探査目的に応じて、いろいろ考えられるが、筆者らが標準的な処理手順としているものを図-2に示す。ここに示した処理の流れは、大きくプロフィールデータの処理と、ワイドアングルデータの処理とに分けられ、それぞれのところにおいて、データの読み込みとデータの編集を経た後に基本的な波形処理が施される。プロフィールデータの処理においては、アノマリー探査か構造探査かの目的に応じて最終的な処理内容が選択される。アノマリー探査においては、そのアノマリーを強調、抽出するような空間フィルター処理が行なわれ、構造探査においては、反射面形状を復元するマイグレーション処理が行なわれる。一方、ワイドアングルデータの処理においては、速度解析、スタッキングに

よるSN比の改善などの処理が行なわれる。

これらの処理結果は、波形データを図化処理した後、静電プロッターあるいはカラーグラフィックディスプレイに出力される。

### 3 プロファイルデータの処理

プロフィール測定は、地下レーダーにおける最も一般的な測定法である。プロフィール測定は、送信アンテナと受信アンテナの間隔を一定に保ったまま、測線上を一定の速度（毎分10m以下）で移動し、地下からの反射波を連続的に測定する。この測定によって、地盤内における反射体の分布や、反射面の形状変化を把握する。

地下レーダー装置YL-R2は、通常10scan/secで波形信号を捉えており、測線距離1m当り60波形以上の高密度でデータが収録される。そこで、プロフィールデータの処理においては、このようなデータの高密度性を生かして、反射アノマリーの抽出や反射断面の復元処理を行なうことになる。

#### 3-1 処理の内容とその機能

図-2に示したように、プロフィールデータの処理は、アノマリー抽出のための処理と、反射断面復元のための処理とに分けられ、処理の最終段階でそれぞれの目的に応じた処理を選択するものである。

##### 3-1-1 A/D変換とデータ編集

アナログテープに収録された高密度のプロフィールデータを、コンピューターシステムに取り込むためには、A/Dコンバーターによるデジタル化と、記憶媒体への高速度データ転送が必要となる。そこで、筆者

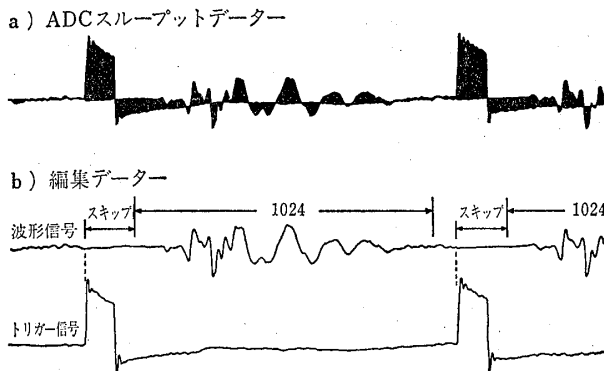


図-3 ADCスループットによる取り込み波形  
Fig. 3 Waveform digitized by ADC "throughput"  
mode of HP computer

らは、HPフーリエアナライザのADCスループット機能を利用して、A/D変換した磁気テープデータファイルを作成し、その磁気テープからVAX11/780に対するデータ読み込みができるようにした。このADCスループットによって取り込まれる波形の1例を図-3に示す。ADCスループットにおいては、波形信号とトリガー信号の2チャンネルが交互に取り込まれ、データサイズとしては2048chを1レコードとして、連続的にファイル化される。このように、ADCスループットデータには波形信号とトリガー信号が交互に混在しており、データ処理のためのソースデータとするためには、波形信号だけを規則正しく編集することが必要である。データ編集のプログラムは、波形信号とトリガー信号の分離、トリガー信号による波形信号の抽出および波形データファイルの作成というステップで構成されている。

### 3-1-2 波形の基本処理

高密度に並べられた各波形信号に対して、それぞれの波形の持つ時間特性や周波数特性の調整、改善を行うために、一様に施す基本的な処理であり、処理内容としては、(1)オートゲインコントロール (AGC)、(2)バンドパスフィルタ (BPF)、(3)スペクトル等化 (SEQ)、(4)タイムバリエブルゲイン (TVG) がある。

#### (1) オートゲインコントロール (AGC)

あるしきい値より大きい振巾の反射信号を一定の振巾になるように調整する。すなわち、大きい振巾の信号は抑制し、小さい振巾の信号は強調する。入力波形  $g(t)$  の絶対値のハイカット包絡曲線を  $AGC(t)$  と表わすと、出力波形  $h(t)$  は

$$h(t) = \frac{1}{AGC(t)} \times g(t) \quad (1)$$

となる。

#### (2) バンドパスフィルタ (BPF)

周波数軸上におけるウィンドウ関数  $H(f)$  を、入力波形  $g(t)$  の振巾スペクトル  $|G(f)|$  に掛け合せ、その逆フーリエ変換を行なうことによって得られる出力波形  $h(t)$  は、

$$h(t) = \int_{-\infty}^{\infty} H(f) \cdot |G(f)| \exp\{i2\pi f(t + \arg G(f))\} df \quad (2)$$

と表わされる。ここに、

$$G(f) = \int_0^{\infty} g(t) \exp(-i2\pi ft) dt \quad (3)$$

から求められ、フィルタ  $H(f)$  は、任意のローカットオフ周波数およびハイカットオフ周波数によって設定することができる。

#### (3) スペクトル等化 (SEQ)

この手続きは、一般にはケプストラムと呼ばれ、音声処理などに用いられており、振巾の大きい信号中に埋没している小さい信号成分を強調するためのものである。この手続きによって求められる出力波形  $h(t)$  は、

$$h(t) = \int_{-\infty}^{\infty} \log |G(f)| \exp\{i2\pi f(t + \arg G(f))\} df \quad (4)$$

と表わされる。

#### (4) タイムバリエブルゲイン (TVG)

任意の区間において、ゲインが  $\sin$  型で増加する関数をウェイト関数  $TVG(t)$  として、入力波形  $g(t)$  に掛け合せて後続の反射信号の振巾を強調するもので、出力波形  $h(t)$  は、

$$h(t) = TVG(t) \times g(t) \quad (5)$$

と表わされる。ここに、ウェイト関数としては、

$$TVG(t) =$$

$$\left\{ \begin{array}{l} G_1 \quad (t \leq t_1) \\ \frac{G_2 - G_1}{2} \sin\left(\frac{t - t_1 - 1}{t_2 - t_1 - 2}\right)\pi + \frac{G_1 + G_2}{2} \quad (t_1 < t < t_2) \\ G_2 \quad (t \geq t_2) \end{array} \right\} \quad (6)$$

とした。

以上に示したような基本的な波形処理を、実際のプロファイルデータに対して施した結果を図-4に示す。これらの記録は、高密度に並べられた波形データの振巾

が、一定のしきい値より大きい部分を黒く、小さい部分を白抜きとする2階調表示で示したものである。図中のa)は、あらかじめAGC処理を行なったものにBPF処理を施したもの、b)はa)に示した処理を行なった結果に対してSEQ処理をしたもの、さらにc)は、b)の結果に対してTVG処理を施したものである。このように、これらの一連の処理によって、反射記録中の高周波成分

を強調したり、微弱な信号の検出を容易にしたりすることができる。ちなみに、記録中央部の放物線状の反射パターンは、地中埋設管によって生ずる典型的なアンノミーパターンである。

### 3-1-3 空間フィルター

空間フィルターは、プロフィール記録上に現われるアンノミーパターンを強調するために、空間領域で定義さ

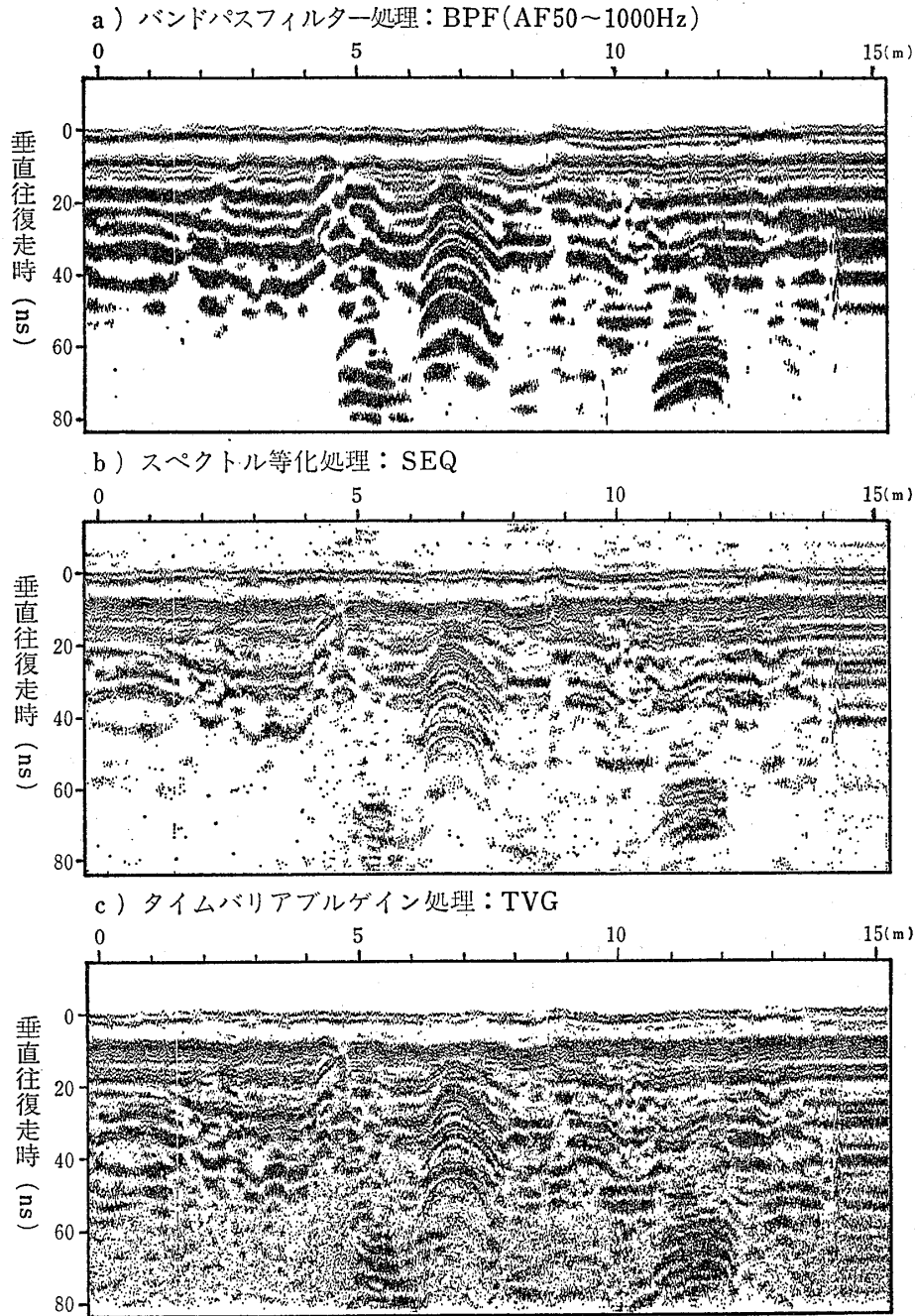


図-4 波形の基本処理  
Fig. 4 Basic waveform processing

れるフィルターである。このフィルター処理についてはいろいろな方法があるが、筆者らは、指数平滑化による処理法を用いている。この方法においては、入力波形群  $g_n(t)$  ( $n=1, 2, \dots, N$ : 空間方向の並び) に対して、つぎのような波形群  $S_n(t)$  を定義する。

$$S_n(t) = \sum_{i=1}^n \alpha(1-\alpha)^{i-1} g_{n+1-i}(t), \quad 0 < \alpha \leq 1 \quad (7)$$

そして、(7)式に示す  $S_n(t)$  は、つぎのような性質を有している。

○  $S_n(t)$  は、 $N$  番目の入力波形  $g_n(t)$  より前のすべての波形に対して、 $\alpha(1-\alpha)^{i-1}$  という重みを付けて加算したものである。

○ この重み係数  $\alpha(1-\alpha)^{i-1}$  は、 $i$  の増加に伴って指数関数的に減少し、 $\sum_{i=1}^{\infty} \alpha(1-\alpha)^{i-1} = 1$  となる性質がある。

○ 特別な場合として、 $\alpha = 1$  の場合には、

$$S_n(t) = g_n(t)$$

となる。

○ また、 $g_1(t) = g_2(t) = \dots = g_n(t) \equiv g(t)$  の場合には、 $0 < \alpha \leq 1$  に対して、

$$\begin{aligned} S_n(t) &= \sum_{i=1}^n \alpha(1-\alpha)^{i-1} g(t) \\ &= g(t) \cdot \sum_{i=1}^n \alpha(1-\alpha)^{i-1} \\ \lim_{n \rightarrow \infty} S_n(t) &= g(t) \end{aligned}$$

となり、 $\alpha$  が大きいほど、早く収束する。

上記のような性質を有している(7)式によって表わされる  $S_n(t)$  は、入力波形  $g_n(t)$  に対して、空間方向の重み平均をとったものになっており、ローパスフィルターの効果を示すものである。また、(7)式は、

$$\left. \begin{aligned} S_n(t) &= \alpha g_n(t) + (1-\alpha)S_{n-1}(t) \quad 0 < \alpha \leq 1 \\ S_0(t) &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

の形の漸化式で表わされ、実際の処理においては、少ないメモリで効率的な処理ができるという利点がある。これは一種のリカージブフィルターである。

出力波形  $h_n(t)$  として、

$$h_n(t) = g_n(t) - S_n(t) \quad (9)$$

とすると、 $h_n(t)$  は空間方向のハイパスフィルターを通したときと同等な効果を示し、局部的アノマリパターン

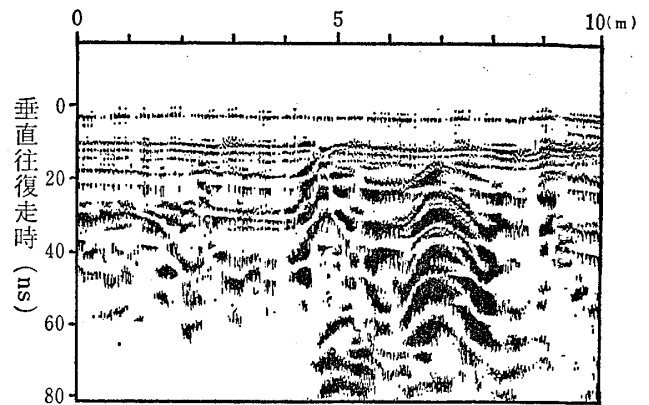
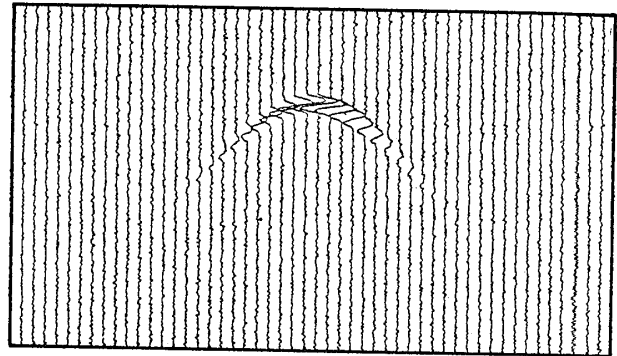


図-5 指数平滑化によるアノマリ強調処理

Fig. 5 Accenting of anomaly by exponential smoothing

a) テストパターン波形



b) マイグレーション波形

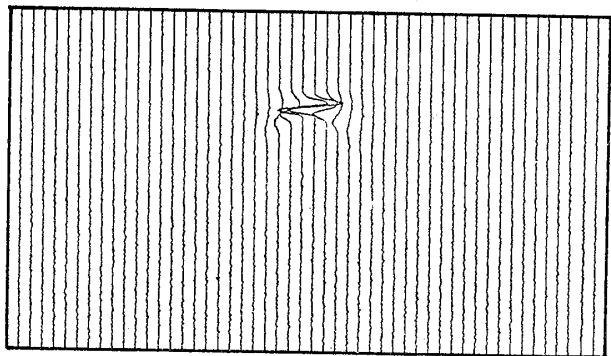


図-6 テストパターンのマイグレーション処理

Fig. 6 Results of migration of test pattern

が強調される。

そこで、図-4のa)に示す記録に対して、 $\alpha = 0.02$  として、指数平滑化による処理を施すと、図-5に示すようになり、中央部に現われている地中埋設管による反射パターンが強調されている。

3-1-4 マイグレーション

マイグレーションは、反射記録上に傾斜して現われる

反射面を、空間的に正しい位置に戻す処理である。マイグレーション処理法にはいろいろな方法があって、それぞれ特質をもっている。現在のところ、具体的な処理方法としては、時空間領域で処理するウェーブフロントマイグレーションを採用している。しかしながら、より効率的、効果的な方法を検討している。図-6は、ウェーブフロント法によるテストパターンのマイグレーション結果であり、反射体からの回折波が消えて、本来の反射体の位置からの反射が明瞭になっている。

### 3-2 実記録のデータ処理例

#### (1) 道路下空洞の抽出

一般に、道路構造は、舗装板～路盤～路床～原地盤とこのような層構造を成している。地下レーダー記録には、

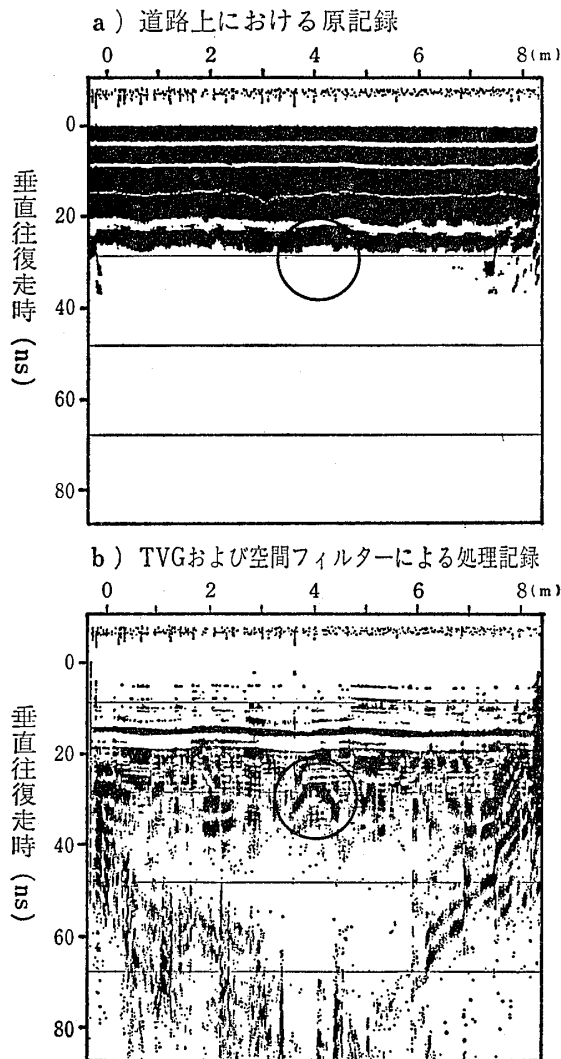


図-7 道路下空洞のアノミーパターン抽出  
Fig. 7 Extraction of anomaly pattern of cavity below a road

それらに対応した反射位相が、常に、ほぼ一定の時間間隔に現われ、強い横縞パターンを呈する。このような構造の中に空洞がある場合、空洞による反射位相がこれらの横縞パターンに覆い隠され、アノミーとして識別することが困難になることがある。図-7は、道路上において行なったプロファイル測定によるデータに対し、タイムバリアブルゲイン (TVG) によるアフター位相の強調と、空間フィルターによる横縞パターン除去が施されたもので、アノミーパターンを抽出、強調したものである。

#### (2) 埋蔵古墳の形状把握

図-8は、火山噴出物中に埋蔵されている6世紀前半の古墳の位置と形状を調べるために実施したプロファイル測定の結果である。図-8(a)において、Rと記されている反射波は、ローム層(下層)と軽石層(上層)との境界からの反射であり、その境界の深度は約3mである。このプロファイル記録に対して、反射位相の連続性を改善するために、スペクトル等化処理および空間フィルター処理を行なった後、マイグレーション処理を施した結果が図-8(b)である。これらの一連の処理によって、埋蔵古墳の形状を概ね復元し得たものと考えている。とくに、墳丘の裾部に見られる反射パターン(○印)が、細い溝状のものであることは、処理後の記録に明瞭に現われている。この古墳の規模は、直径約18m、比高約2mで、周濠を伴うものと推定された。

## 4 ワイドアングルデータの処理

ワイドアングル測定は、送信アンテナを固定し、受信アンテナを移動しながら測定する方法で、送信アンテナと受信アンテナとの間の距離に対する反射波の走時の変化から、地盤内の電磁波伝播速度の分布が求められる。また、1展開分のワイドアングルデータからは、層構造としての速度層とその境界深度が得られる。このようなワイドアングル測定を測線に沿って一定間隔ごとに繰り返すことによって、その測線下の速度断面構造を把握することができる。

### 4-1 処理の内容とその機能

ワイドアングルデータの処理の基本的流れは、図-2に示す通りで、この処理の中心は速度解析と、それに続くスタック処理によるSN比の改善にあるといえる。

#### 4-1-1 データ取り込みと編集

ワイドアングル測定によるデータは、送信アンテナと受信アンテナとの間隔を逐次拡げながら収録されてお

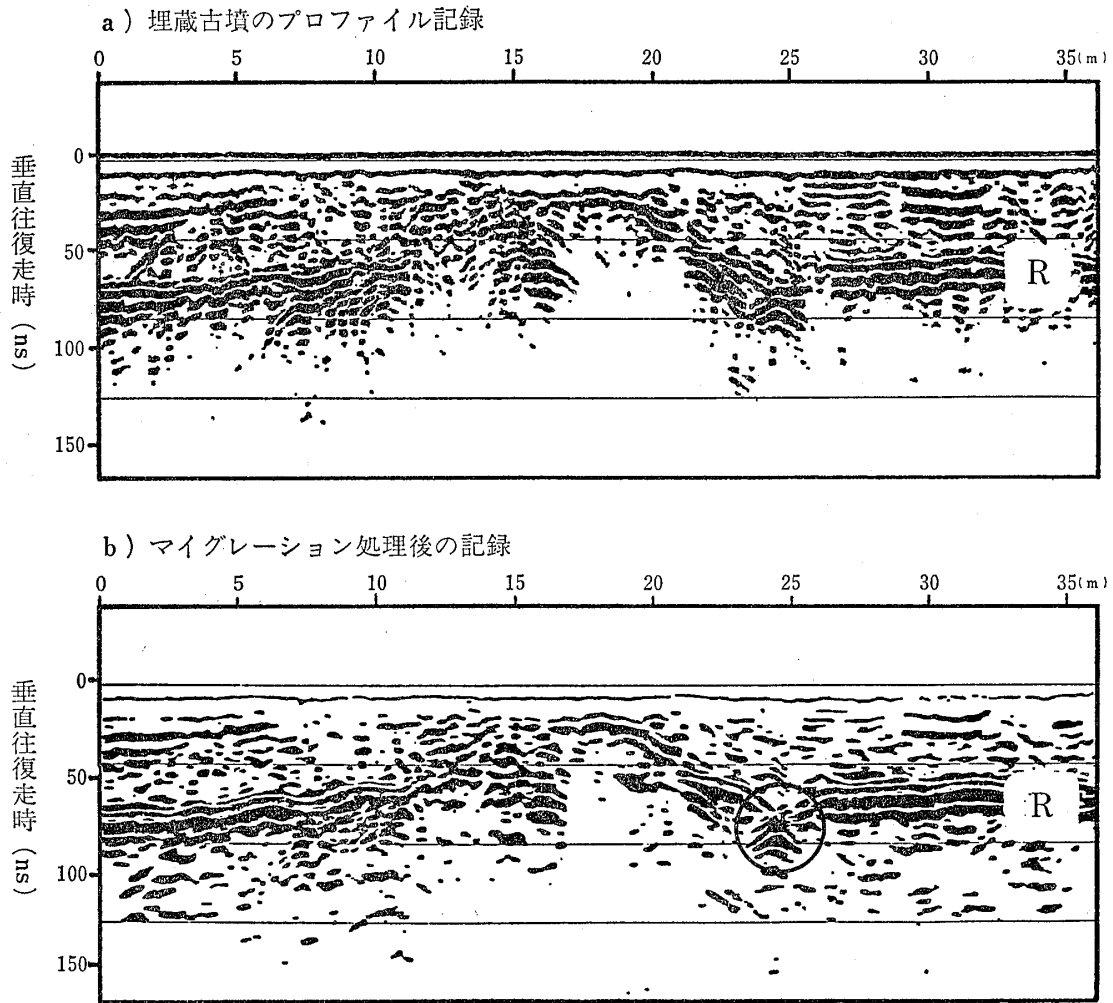


図-8 埋蔵古墳の形状復元のための処理  
Fig. 8 Restoration of outline of ancient burial mound (subsurface)

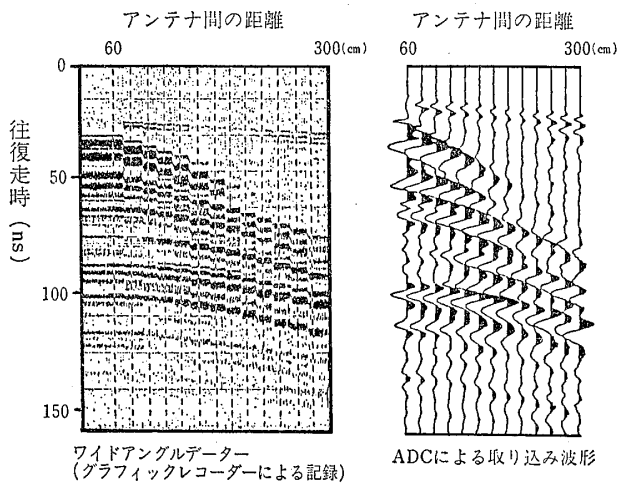


図-9 ワイドアングルゲーターのサンプリング  
Fig. 9 WARR sounding data sampling

り、データ収録間隔ごとに識別マークが入っている。アナログテープからの取り込みの場合には、この識別マークを参照しながら、各間隔ごとに1波形ずつA/Dコンバーターを介してサンプリングする。また、ディスクレコーダーによるデジタルゲーターの場合には、GP-IBを介してゲーターが取り込まれる。取り込まれたゲーターは、1展開分のワイドアングルゲーターが1ファイル分として編集され、処理のためのソースゲーターとなる。図-9は、アナログで収録されたワイドアングルゲーターのグラフィック記録と、その取り込み・編集された波形ゲーターである。

4-1-2 デコンボリューション

ワイドアングルゲーターによる速度解析を行なうに当たって、その波形の前処理として、各反射位相を孤立化させるためのデコンボリューション処理が行なわれる。デ



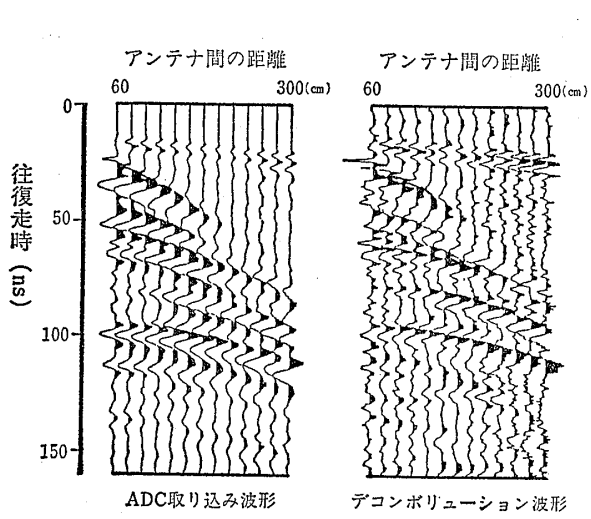


図-10 デコンボリューション処理  
Fig. 10 Deconvolution processing

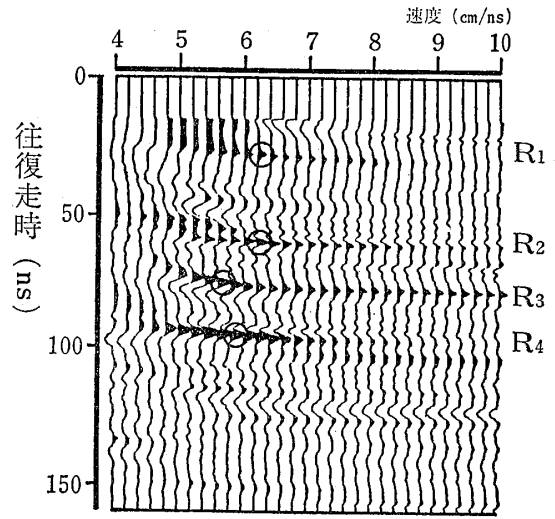


図-11 定速度走査法による速度解析  
Fig. 11 Velocity analysis by constant velocity scanning method

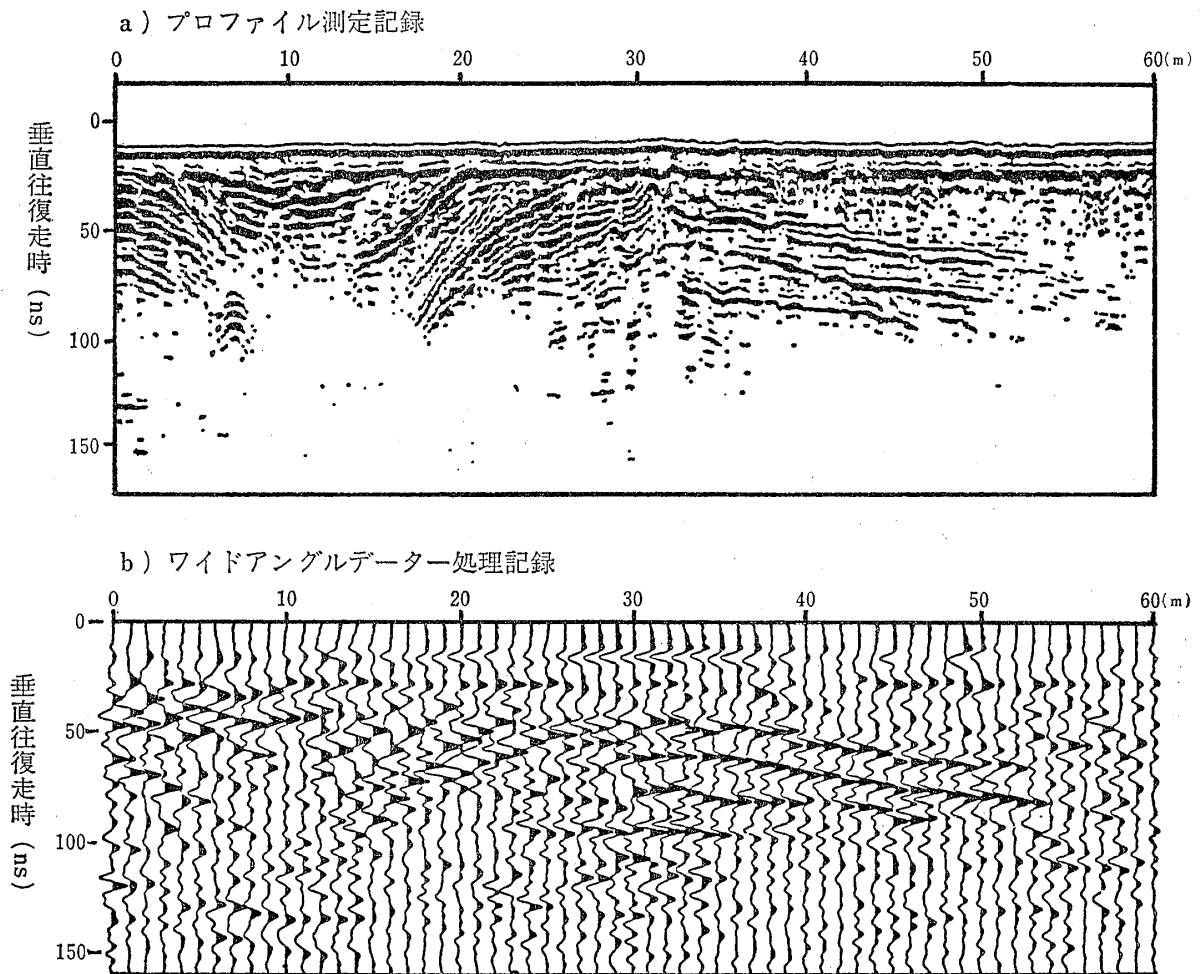


図-12 盛土地盤上における測定記録例  
Fig. 12 Example of measurement over artificial embankment

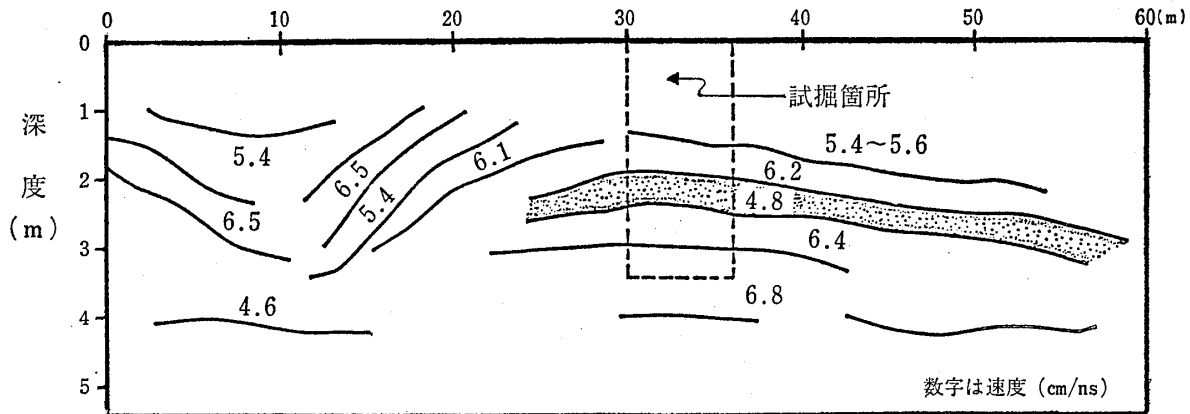


図-13 盛土地盤内の反射構造と速度分布  
Fig. 13 Reflection structure and velocity distribution within artificial embankment

コンボリューション処理とは、ミニマムフェーズの条件を満たす基本ウェーブレットを、インパルスに変換するフィルターを作り、これを測定波形に掛け合せるという処理で、フィルター処理の一種である。この処理によって、基本ウェーブレットに含まれるアフターフェイズが抑制され、反射位相を明確に分離することが可能になる。図-10は、1展開分のワイドアングルデータをデコンボリューション処理した結果である。

4-1-3 速度解析

デコンボリューション処理によって改善された、各反射位相の最適重合速度を求めるための速度解析は、定速度走査法と呼ばれる方法を用いている。この方法は、適当なきざみで平均速度を与えながら、各速度ごとに各距離の波形に対して、零時間への動補正を施し、スタックするものである。この場合、平均速度ごとにスタック波形が得られるが、最適重合速度のときに、その反射位相の振巾は最大になる。図-11は、図-10に示したデータに対して速度解析を行なった結果である。

4-1-4 スタッキング

速度解析によって求められた各反射位相までの最適重合速度を用いて、1展開分のワイドアングルデータをスタックすることによって、各反射位相のSN比を大きく改善することができる。図-11において、○印で示すように、R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub>, R<sub>3</sub>, R<sub>4</sub>の位相に対しては、それぞれ、6.2cm/ns, 6.2cm/ns, 5.6cm/ns, 5.8cm/nsの速度でスタックすればよいことになる。

4-2 実記録のデータ処理例

人工盛土内の土質分布を把握するために、ワイドアングル測定を行ない、同時に比較のために、プロファイル

測定を実施した。両測定は同じ測線上で行なわれ、ワイドアングル測定の送信アンテナの移動間隔は1mとなっている。図-12は、これらの測定結果で、いずれもさきに述べたデータ処理を一連の流れに沿って実施したものである。これらの記録のいずれにも、人工盛土内の反射構造がよく捉えられており、測点の0m~25m間においては、やや深く落ち込むような凹状の反射構造が認められ、測点の30m~60m間においては、図の右側の方にゆるく傾斜した層状の反射構造が認められる。

ところで、プロファイル測定においては、測線方向に高密度(80~100トレース/m)の記録が得られ、分解能の高い測定ができるという特徴を有している。これに対して、ワイドアングル測定においては、さきに述べたようなデータ処理を基本として、反射構造の把握およびその解析の面において有効であるといえる。

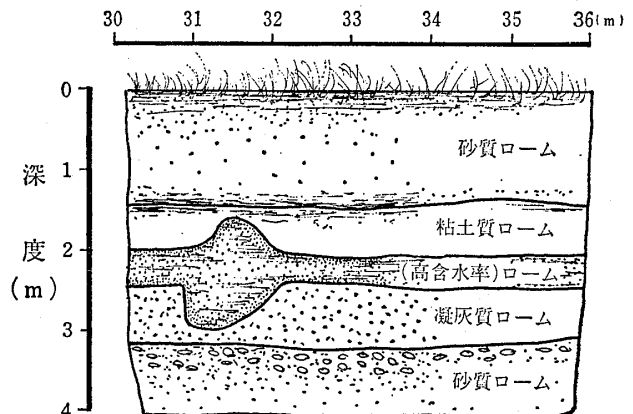


図-14 試掘によって判明した土質構造  
Fig. 14 Soil profile determined by excavation

図-12(b)に示すワイドアングル測定処理記録に基づいて、測線下の反射構造とそれらの各層の分布状態を求めると、図-13に示すようになる。ここに、電磁波速度の分布は、速度解析によって求められた最適重合速度に対し、傾斜補正を施し、区間速度に変換して求めたものである。

測点の0 m～25 m間に認められる凹状の反射構造は、盛土を一時的に開削した後に埋め戻した跡を示しているものと考えられる。また、測点の30 m～60 m間の層状の反射構造は、盛土の撤き出しに伴う土質の違いを示しており、とくに、低速度層(4.6～4.8 cm/ns)の部分は、含水率の高い層の存在を示している。図-13に波線で示してある測点30 m～36 mの範囲において実施された試掘の結果は、図-14に示す通りである。この試掘結果と図-13に示す解析結果とを対比すると、地下レーダーによって得られた反射面と盛土の土質境界とは良く対応しており、さらに、4.8 cm/nsの低速度層が非常にルーズで、高含水率のローム層に該当していることが判明した。

## 5 あとがき

ここでは、地下レーダー記録のデーター処理に関する1つの流れについて述べ、さらに、その処理内容やその具体例を示した。地下レーダー記録をコンピューターに取り込み、データー処理を行なうことによって、記録のSN比の改善、必要とする信号の強調・抽出を行ない、記録からの判別をより容易にすることができることを示した。このようなデーター処理は、地下レーダー測定結果を解析・解釈する上で極めて有効であることが分る。しかし、データー処理法に関しては、処理法として、必ずしも確立されているわけではなく、地下レーダー測定の目的や対象によっては、さらにいろいろな方法が考えられる。たとえば、アノマリー抽出のための画像処理やパターン認識の方法の改良、あるいは、レーダー・トモグラフィの開発などは、今後の大きな課題であると考えている。

