

物理探査の現場作業《かんたん》図解付き

地質調査の現場には、地面の下がどうなっているのかを調べるために直接（孔／穴を）掘る **ボーリング**や**トレンチ**、地図

とハンマーを片手に地表の岩石を観察する **踏査** があります。それとは別の方法に **ボタン** = **物理探査** があります。

ボタン は地面に **振動** を起こしたり、**電気** を流したりしてその応答を観測します（物理的な現象を利用するわけです）。

振動を利用するものには **弾性波探査**と**表面波探査** があります。

弾性波探査 には大きく **屈折法** と **反射法** があり **屈折法**を単に **弾性波探査** と呼ぶことがあります。

表面波探査 には **ハンマー**等で起振する方法 と その場所の通常の振動を測定する **微動アレイ探査** があります。
山岳トンネルやダム、法面などの土木工事の調査に多く用いられるのが **屈折法弾性波探査** です。

反射法 は平野部での**構造調査**、**資源探査**などに用いられています。

表面波探査はいずれも平地で行われることがほとんどです。

土木の世界で **物探 = ボタン** という **屈折法弾性波探査** を指すほどです。

ここで《かんたん》に**屈折法弾性波探査**を説明しようと思います。

物質を媒体とする波を**弾性波**といいます（“**地中**”という媒質を通る波 = **地震波** = **弾性波**ということ）。

A 地点で発生した地震波は B 地点までまるで **光** のように **直接**または**屈折**、**反射**して到達します。

なぜ **屈折**、**反射** するのかというと波が通過する**地層に違い**があるからです。

その違いとは媒体の密度です（水槽に斜めからまっすぐな棒を入れると水中で曲がって見えるのと同じです、大気と水の密度の違い）。

地盤を伝わる波がどのくらいの**速度**で通過するのかわかり **地下を区分**（**速度層区分**）するのが**弾性波探査**なのです。

地盤は一様ではありません。深ければ深いほど密度は上からの荷重で大きくなるはずで **屈折法の前提**になります。

軟らかい = 密度が小さい 弾性波速度が低い = 軟らかい

硬い = 密度が大きい 弾性波速度が高い = 硬い

表土 < 風化層（強風化層 < 弱風化層） < 岩盤 屈折法は下層のほうが上層よりは速い《硬い》ことを前提にしています。

実際の**弾性波探査の現場作業手順**です。

まずは**測量** 平面図、基準点から**方位**を割り出し、トラコン（方位磁石の付いた測量機器）で測線を設定します。

物探の測量は通常**5m**または**10m**ピッチです

ポール3本 左でOK!

ポール持ちに先行して伐採マンが測線の見通しをつけて伐開します

熊笹や濃い藪は刈払い機が活躍
通常は鉋や鎌

Ushikata
Poco Lay (ほこれ)



トラコンにレーザー測距器が搭載され
条件がよければ**100m**以上もOK!
測量士は斜距離と傾斜角から水平
距離を計算し杭の位置を指示します

杭には 通し番号、または距離程を書き込みます
展開、発破作業を考慮すると距離程がベター

1

2

3

4

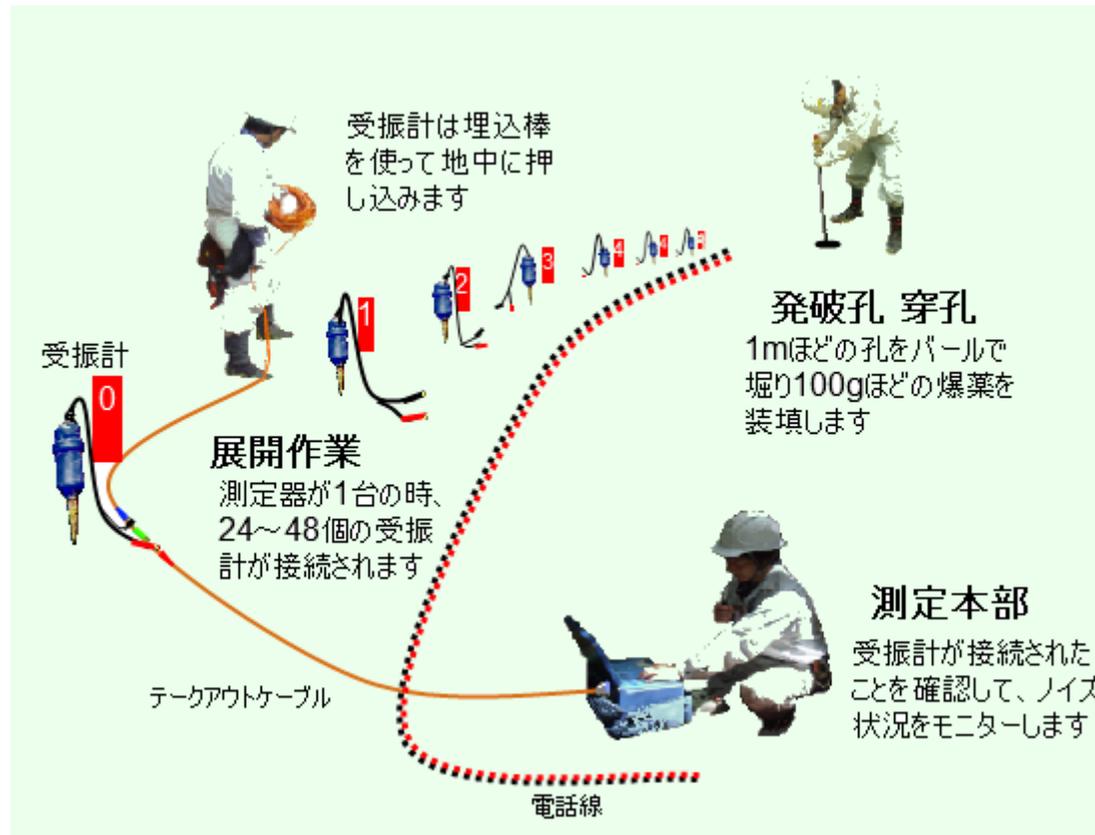
5

6

まずは測線に沿って**電話線**を張ります（測量が別の場合、この時に**地形や周囲の状況**などを把握する）。この電話線は**本部と発破士の連絡**のほか**起振時刻**を測定器に伝えます。

地表に設定した測線に沿って複数の**受振計**（地震計ともいう）を等間隔に並べます。

5m ピッチの 24 成分 115m が**基本の型**といえます。



それからあらかじめ決められた複数の場所（測線上の外から内側まで）で振動を起こします。

上記の基本型であれば、測線の起点・終点の端から 50m 程度離して 2 箇所、測線端の 5m と 110m の 2 箇所、

測線中の 40(-)m、80(-)m の 2 箇所、の計 6 箇所の起振点が**標準的な測定計画**となります。

地盤にどのような振動を起こす？

大きさに言うと**爆薬**を使って**人工地震**を起こすのです。爆薬は高周波の波が発生するので最適です。

ハンマー打撃（非爆薬での測定を**簡易弾性波探査**といいます）が手法はまったく同じ）を用いることもあります。

屈折法弾性波探査の振源のいくつかを紹介します。

爆薬 火薬類を使用するには申請と許可が必要です。保安物件が近い場所では許可は下りません。

土中発破 **どはっば**

通常用いる発破です。1m程度の孔に1本100g程度の薬量を装填して発破します。より大きなエネルギーが必要なときは、複数の孔を作って複数本を装薬し同時に発破します。爆薬は三号桐、二号榎、現在は含水爆薬が多くなりました。1本100gのものを主に使用します。



水中発破 **さわはっば**

沢、沼など水のある場所で発破します。同薬量であれば土中発破より格段に効きます。

かなり大きな音がします。地権、漁業権がありますので必ず事前の許可が必要です。



孔中発破 **ぼーりんぐはっば**

ボーリング孔にて発破します。比較的安全に多くの薬量が装填できます。数回にわたる使用のためにはケーシング保孔、孔内水の用意、保孔パイプ養生などが必要となります。



非爆薬 火薬が使用できない現場での振源です。

低振動破碎薬 右の写真はガンサイザー

燃焼に伴う**水蒸気の膨張**を利用した岩石の小割りに用いる薬剤です。土中発破同様、1m 程度の孔を掘って装薬します。発破器を用いて**土中で燃焼**させます。**火気には厳重な注意が必要**です。また**起振時刻の補正**が必要です。



ドロップヒッター

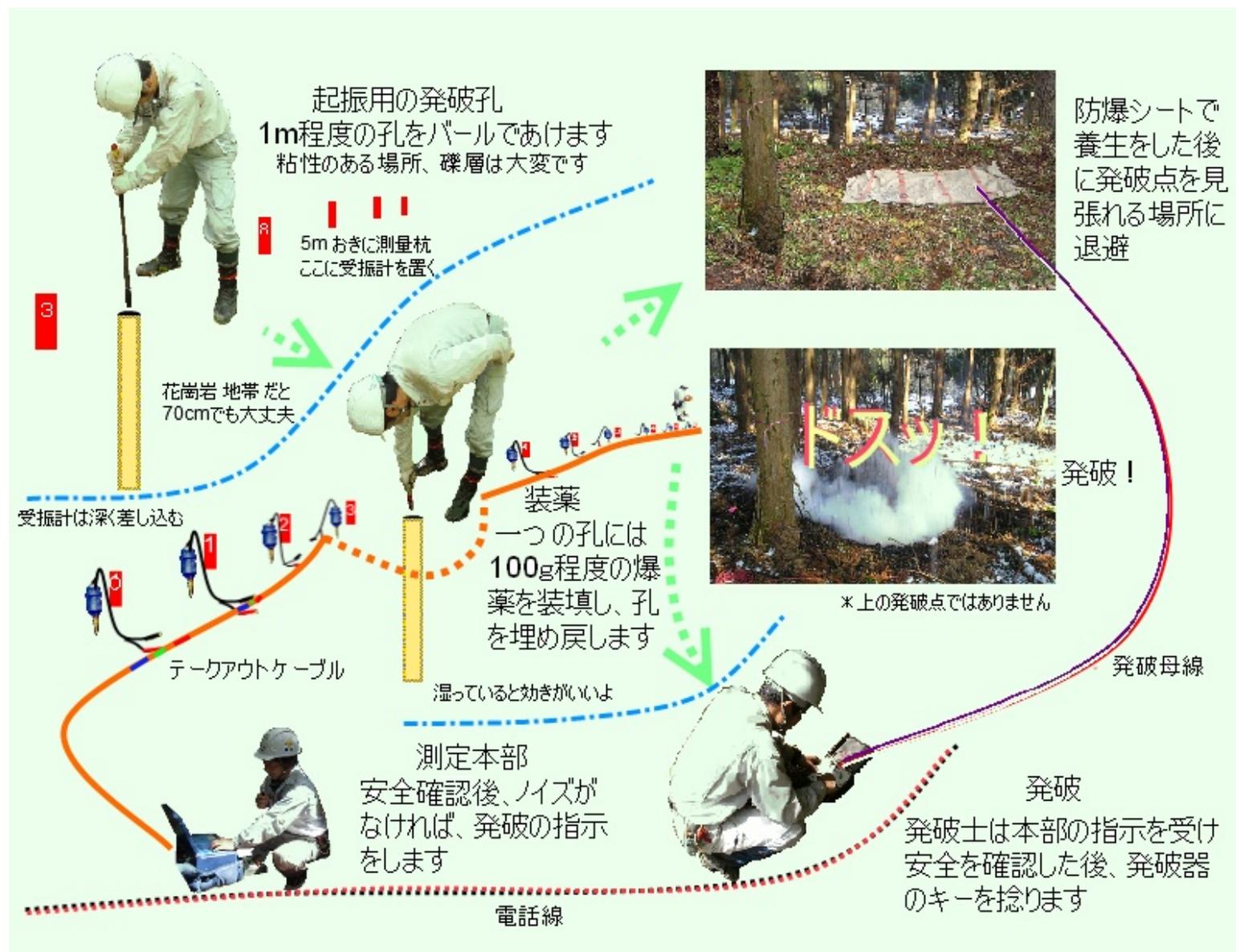
電動で錘を巻き上げ、落下させる装置です。車が入る場所でないと使用は困難です。オペレータを含め、最低3名の人員が必要となります(発電機も必要です)。何回か落下させ S/N を向上させます。



カケヤ打撃

カケヤまたはハンマーを撃ち付ける最も単純な震源です。地表が腐葉土だと効きません。起振板、起振杭を用いることがあります。同じ場所で複数回打撃しデータを重ねて S/N を向上させます。





準備が整い、**周囲の安全**が確認されたらいよいよ**発破**です。

測定本部は はじめに再装薬が比較的楽な箇所**の発破**（起振）をノイズの少ない静かな時を見計らい発破士に示します。

収録した波形記録がよければ、続いて各起振点の**振動波形**を測定・記録していきます。

ボタンの中で電気を利用するものは**電気探査(でんたん)**と呼ばれ、2本の電極で**自然電位**を測る方法と2本の電極の間に電気を流して、別の2本の間で**電位を測定**する方法があります。いずれも**一次元探査**です。

現在では多数の電極を使って、多数のデータを取得する**高密度二次元電気探査**と呼ばれる方法が主流となっています。

これは収録した抵抗値(電位)データと初期モデル(見掛け比抵抗分布)から算出される抵抗値(電位)との差を繰り返し計算によって近づけ、地下の近似モデルを得ます。**比抵抗二次元モデル断面**を**解析結果**とします。

二極法(pole-pole法)の場合、測線設定と同時に遠電極を打設し、遠電線を張ると効率的です。

遠電極は測定期間中打ちっぱなしになるのでステンレス製の電極棒を用品です
測線内の電極は移動を繰り返すため、軽量の銅板圧着型のアース棒、またはアルミ製の電極を使用します

遠電極に人が接触する可能性があるときには告知看板の提示、トラロープで囲う、電極棒に靴を被せるなどの感電防護措置をとります



遠電極(電流)

二極法の場合、この電極と測線内の電極間で電気を流します



電極打設

接地抵抗が高い場合には電極棒を複数にします

ケーブル展開

1本のケーブルは15~20成分です

テークアウトケーブル



測定本部

測線内の電極を切り替えながら電位、抵抗値を記録します



遠電極(電位)

二極法の場合、この電極と測線内電極間の電位を測ります

遠電線は測定期間中、断線などを避けるため中空に張るようにします