

III-339 サイスマットモグラフィーの数値実験

応用地質(株) 正会員 大友秀夫 斎藤秀樹

1. ま え が き

サイスマットモグラフィーとは、ボーリング孔、試掘横坑、あるいは地表面で囲まれた断面内を透過する地震波の走時を多方向から多数測定し、コンピュータ処理によって、断面内の詳細な速度分布を再構成する探査法である。解析には、医療診断用X線CTスキャナーの再構成法を応用できるが、実用化にあたっては医療診断用X線CTスキャナーとサイスマットモグラフィーの相違点に充分留意する必要がある。

その相違点は、主として次の2点である。

- (i) X線の透過経路は、直線と仮定してさしつかえないが、地震波の場合、断面内の速度の変化によって屈折や回折を起し、その透過経路を直線で近似することができない。
 - (ii) CTスキャナーは、人体の全周からデータを収集できるが、サイスマットモグラフィーの場合、ボーリング孔や試掘横坑の配置、即ち、起振点・受振点の配置が制限され、データの数や方向性が不均一になる。
- (i)は、再構成アルゴリズムを複雑にする要因となり、(ii)は、再構成像にある種の歪みを与える原因となる。ここでは、(ii)の問題、即ち、起振点・受振点配置の制限が再構成像に与える影響について、数値実験により検討したので報告する。

2. 数値実験の内容

数値実験には、図-1に示す速度構造モデルを使用した。1辺40mの断面内に直線状の低速度層を挟むモデルである。これに対して、図-2に示す5種類の起振点・受振点配置を想定した。この図は、解析に使用した起振点・受振点の組み合わせを直線で表示したものである。これらの図で明らかにように、ケース1では断面全周を取り囲む形で起振点・受振点を配置しているが、ケース2～ケース5ではそれぞれ下辺、右辺、上下辺、左右辺に起振点・受振点を配置できなかった場合を想定している。各々のケースで使用するデータ数を、図中に示した。

解析は、一般に使われている反復法に従った。即ち、(1)初期モデルを設定し、(2)モデルに対して理論波線、理論走時を計算し、(3)観測走時と理論走時の残差を小さくするようにモデルを修正する。(2)、(3)の処理を繰り返し実行し、走時残差が十分に小さくなった時点で計算を終了する。

再構成は、モデルの領域を4m四方(計100個)のセルに分割して行なった。初期モデルは、走時データの逆投影(BPT)によって決定した。理論波線および理論走時は、伊藤他(1983)のパス計算法を改良した波線追跡法によって計算した。モデル修正のステップでは、'damped least square'法と呼ばれる方法を用いた(たとえば、Aki and Lee, 1976)。この方法は、パラメータの精度が異なる場合に、最小自乗法を安定に解くための一方法であり、我々は、各セルを通過する波線の数や方向性によってパラメータ(各セルのスローネス修正量)に重みをかけた。

3. 数値実験の結果

図-3に再構成結果を示す。各ケースとも、図中に記した回数の反復計算を行なった。ケース1は、全方向からのデータを使用しているため、モデルを良く再現している。ケース2、4は、ケース1に比べてデータの方向性が限られているにもかかわらず、少ない反復回数でモデルを良く再現している。これは、波線の主な方向と、速度構造の方向が一致しているためと考えられる。一方、波線の方向と、速度構造の方向が直交するケース5では、モデルが全く再現されていない。ただし、ケース3のように、さらに1辺のデータがあれば、多数の反復回数は必要とするものの、かなりの再現性が認められる。

4. ま と め

サイスマットモグラフィーによって速度分布断面像を再構成する場合、理想的には、対象領域の全周に起振点・受振点を配置することが望ましい。しかし、今回の数値実験により、速度構造を考慮した形で起振点・受振点を配置すれば、3辺あるいは2辺にのみ起振点・受振点を配置したケースでも再構成が可能ながわかった。波線の数の少ない部分や、方向性の限られている部分では再現性が悪いが、その影響は今回用いた'damped least square'法によって、最小限に押えることができたと思う。このことは、筆者らが既に報告している、通常の最小自乗法やその他の再構成法による結果と比較しても明らかである(斎

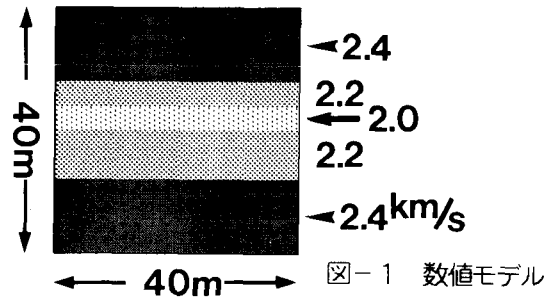


図-1 数値モデル

藤・大友,1986)。また、今回の数値実験により、速度構造に直交方向のデータだけを数多く収集しても、正しい速度分布を再構成することは、非常に困難であることも確かめられた。サイスミックトモグラフィを実施するにあたって、予め、地質構造などを確認し、適正な配置を計画する必要がある。

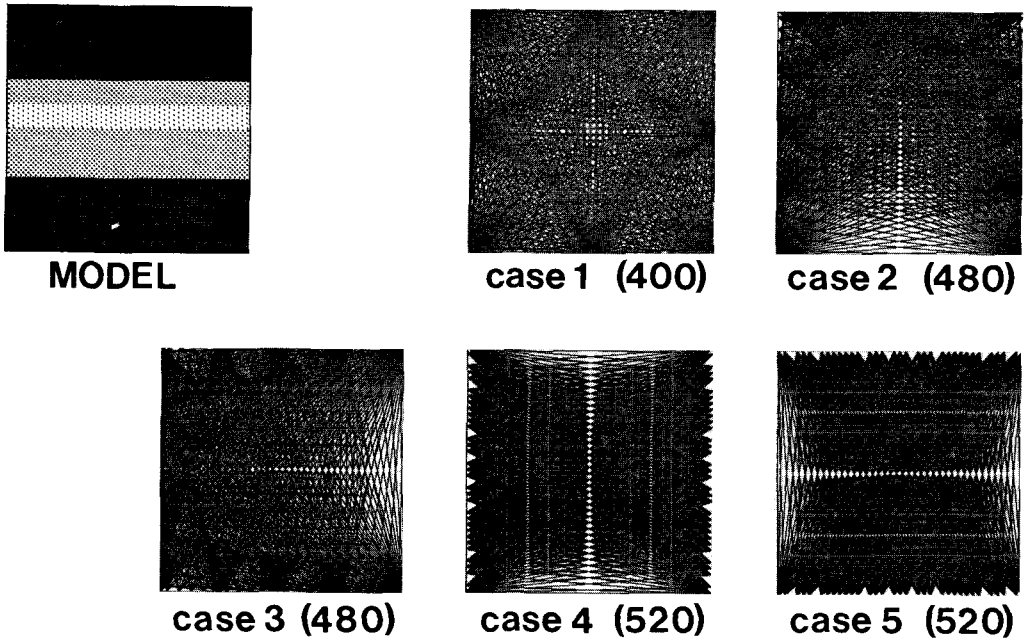


図-2 起振点・受振点を結んだ直線波線図（カッコ内は、解析に使用した初動走時データ数）

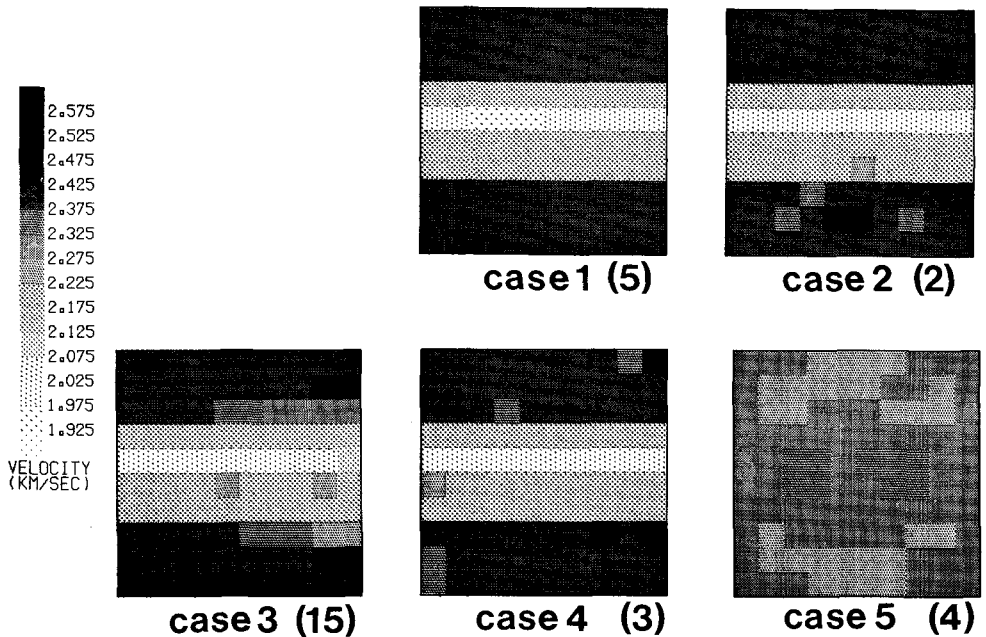


図-3 再構成速度分布断面図（カッコ内は、繰り返し計算の回数）

- <参考文献> Aki and Lee, 1976, J.G.R., vol.81, 4381-4399.
 伊藤, 斎藤, 山田, 1983, 物理探査学会昭和58年度春季講演会講演予稿集, 6.
 斎藤, 大友, 1986, 物理探査学会昭和61年度春季講演会講演予稿集, 21