

第 部門 大深度、大口径立坑掘削における弾性波による3次元切羽前方探査

関西大学大学院 学生員 高橋 重行  
 関西大学工学部 フェロー 楠見 晴重

1. はじめに

現在わが国では高レベル放射性廃棄物の地層処分計画に伴い、処分試験場において地下 1000m に達する大深度・大口径立坑トンネルの建設が進められている。大深度における施工は複雑かつ困難になることが予想され、切羽前方の地山状況を正確に把握することは必要不可欠である。そこで本研究では、トンネル切羽前方の地層可視化技術である等走時面によるイメージング手法<sup>1)2)</sup>を利用して、地層角度の定量的な評価を行い、切羽前方探査技術の向上を試みた。

2. 等走時面によるイメージング手法

図 1 はイメージング手法の基本概念を示したものであり、反射点は振源から受振器までの反射波の走時と到着時間の積が一定の軌跡上、つまり振源と受振器を焦点とする楕円体の表面上にあるということを示している。これにより、複数の振源と受振点による記録を組み合わせることで、これら楕円体群の共通接面として反射面を検出することができる。図 2 は3成分受振器を用いた重み付けの基本概念を示しており、3方向からの振幅値の相対的な大きさから受振器に伝播してきた波動の伝播方向をベクトル化ができ、そのベクトルに応じて重み係数を与えることで真の反射点を強調することが可能となる。

3. 地層角度の推定方法

通常のトンネル掘削現場における弾性波探査では、施工条件から受振器は側壁配置のみと制限されてしまうが、立坑掘削現場では横坑に比べ、受振器を自由に配置することが可能となる。これを利用して、本研究では地層傾斜角度の三次元数値評価を行った。地層の傾斜角度を推定するにあたって、振幅値の足し合わせを行ったイメージング領域における最大振幅値を持つ座標  $P_c$  の抽出を行う。図 3 は地層の傾斜角度推定の概念図である。3成分受振器によって反射波の方向が特定されていることから、最大振幅値を持つ座標は振源  $S$  から出た波と反射面が垂直に交わる反射点であると考えられる。地層境界面がトンネル軸と垂直に交わる場合、図-3の直線  $SP_c$  はトンネル軸の延長線上に存在することになる。このことから、直線  $SP_c$  がトンネル

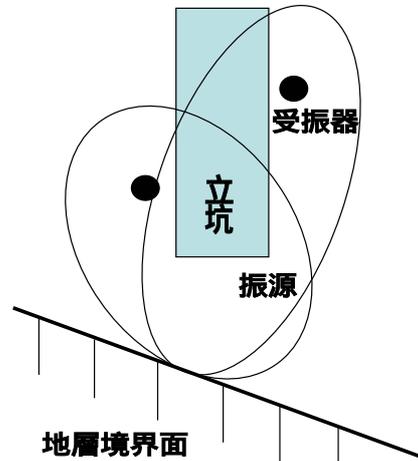


図 1 等走時面によるイメージング

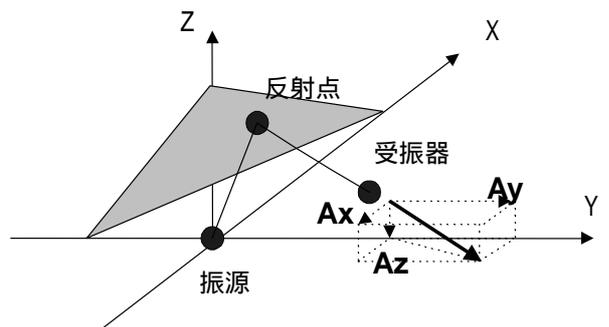


図 2 3成分受振器による重み付け

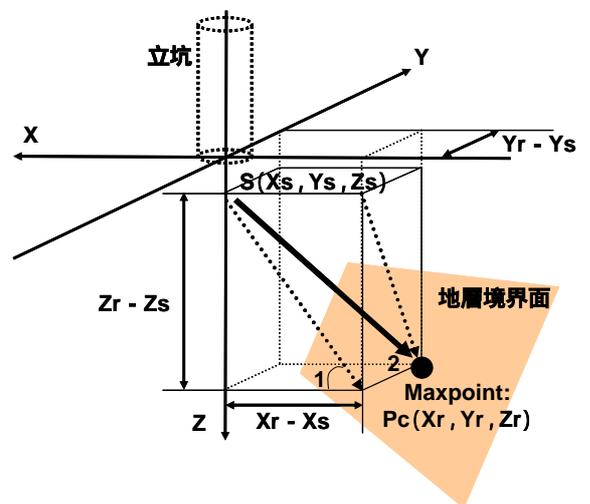


図 3 地層角度の推定方法

軸の延長線からどれだけ傾斜しているかを2軸で捉えることによって、地層境界面の傾斜度の推定が可能になると考えられる。このことから式(1)(2)を用いて直線SPcがzx面上、zy面上でそれぞれ何度傾斜しているかが推定可能である。

zx面上での推定傾斜:

$$1 = \arctan(Zr - Zs / Xr - Xs) \quad (1)$$

zy面上での推定傾斜:

$$2 = \arctan(Zr - Zs / Yr - Ys) \quad (2)$$

#### 4. シミュレーション結果

本研究で用いたシミュレーション地盤モデルと振源・受振器配置が図-4、図-5である。地層境界面はZX方向に1、ZY方向に2傾斜させており、受振器はトンネル側壁周辺に4個ずつ、計24個配置した。傾斜角度1および2の値を変化させ、計4パターンの地盤モデルで上節に示した地層角度の推定方法の検証を行った。4パターン全てのイメージング結果から得られた地層角度が表-1である。これらの結果よりモデル地盤と非常に近い精度の良い値が得られていることから、本研究で提案した定量的評価手法の妥当性が示された。

#### 5. まとめ

本研究は、地層傾斜角度の定量的推定方法を提案し、立坑掘削現場を想定したモデル地盤に適用した。その結果、地層の傾斜角度を正確に把握することができ、本手法の妥当性が確認された。

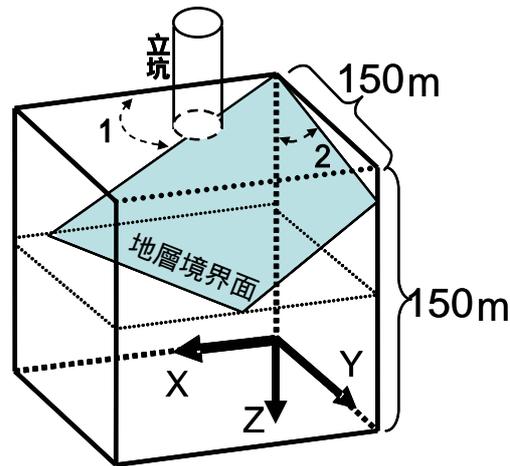


図 4 シミュレーション地盤モデル

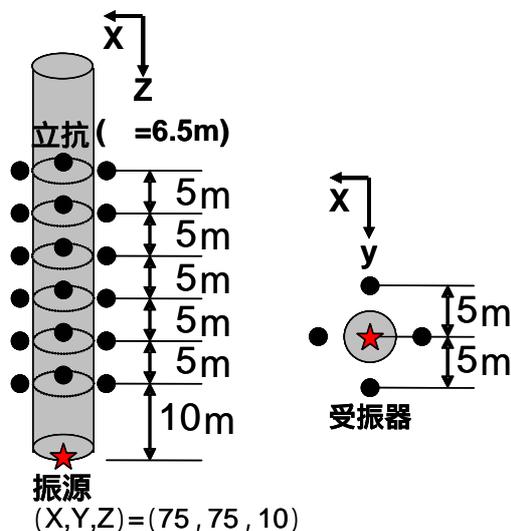


図 5 振源・受振器配置

表 - 1 地層傾斜度推定結果

地盤モデル	地層傾斜度	最大振幅値座標 (m)	arctan	推定傾斜度	誤差
パターン 1	1 : 60°	(62, 79, 32)	arctan(22/13)	59.42°	-0.58°
	2 : 80°		arctan(22/4)	79.70°	-0.30°
パターン 2	1 : 60°	(65, 86, 28)	arctan(18/10)	60.95°	0.95°
	2 : 60°		arctan(18/11)	58.57°	-1.43°
パターン 3	1 : 80°	(70, 84, 34)	arctan(24/5)	78.23°	-1.77°
	2 : 70°		arctan(24/9)	69.44°	0.56°
パターン 4	1 : 90°	(75, 83, 32)	arctan(22/0)	90.00°	0.00°
	2 : 70°		arctan(22/8)	70.02°	0.02°

#### 参考文献

- 1) 芦田 譲、松岡俊文、楠見晴重：弾性波の3成分受振によるトンネル切羽前方の高精度イメージング、土木学会論文集、No.680、-55、pp123-129、2001.
- 2) 楠見晴重、芦田譲、松岡俊文、野口哲史、佐野信夫、伊熊俊幸：破碎帯が連続した岩盤におけるトンネル切羽前方探査の適用、土木学会論文集、NO.743、-64、pp229-pp234、2003.