

平成22年 5月24日現在

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2007 ～ 2009

課題番号：19560811

研究課題名（和文） 弾性波散乱現象を用いた弾性体構造探査高精度化の基礎研究

研究課題名（英文） Fundamental Research on the accuracy augmentation of structural surveys using elastic waves through elastic scattering phenomena

研究代表者

三ヶ田 均（MIKADA HITOSHI）

京都大学・大学院工学研究科・教授

研究者番号：10239197

研究成果の概要（和文）：

弾性波・電磁波ともにベクトル波の影響を用いることで物理探査におけるイメージング結果を更に高度化することが可能である。またフレネル帯の影響では、可能なフレネル帯の影響を取込むことが有効であるが、測定制限等でフレネル帯の次数制限がある場合、1次フレネル帯を用いることが効果的である。

研究成果の概要（英文）：

The imaging quality in geophysical exploration could be increased using vector waves both in elastic and electromagnetic exploration methodologies. When considering the influence of the Fresnel zone, it is effective to use full Fresnel zones in terms of the imaging capability. However, it is better to limit the order to the first Fresnel zone when the aperture for the measurements is limited.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	800,000	240,000	1,040,000
2008年度	1,300,000	390,000	1,690,000
2009年度	800,000	240,000	1,040,000
年度			
年度			
総計	2,900,000	870,000	3,770,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：電気電子工学・通信・ネットワーク工学

キーワード：信号処理，弾性波・地下構造探査

## 1. 研究開始当初の背景

波動の伝播時間（走時）を利用する物理探査手法では、有限波長の波であっても、周波数が十分に大きく、波長が無視し得る空間スケールしか持たないという仮定を置き、フレネル帯の概念を無視することが一般的である。また弾性波反射法や散乱波トモグラフィで

は、波長の影響を取り入れフレネル帯を考慮したデータ処理が行われる機会は少なかった。そこでフレネル帯や弾性波などのベクトル波の影響を取り入れる探査手法の高度化が必要であった。

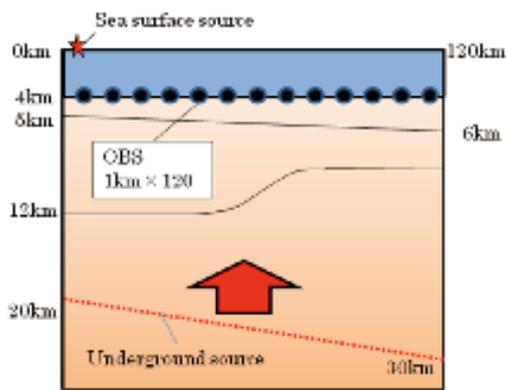
## 2. 研究の目的

フレネル帯の影響の見積もり及び探査で用いられる基礎方程式への多次近似式適用、そして波動方程式から導かれるベクトル波により、波動光学的な構造探査法での高精度化がどこまで可能であるのかを検証することを目的とした。

### 3. 研究の方法

- (1) 走時のみであった解析に弾性ベクトル波の影響を取り入れるべく、ベクトル波によるイメージング手法としてレーシーバー関数法の高度化に着手した。
- (2) 次に、点そして対象を記述することの多いベクトル波の散乱現象を、有限な大きさを持つ対象体に適用可能であるかどうかを検証した。
- (3) 最後にフレネル帯の影響を見積もるため、波動方程式を用いる方法でのフレネル帯の

(a)



(b)

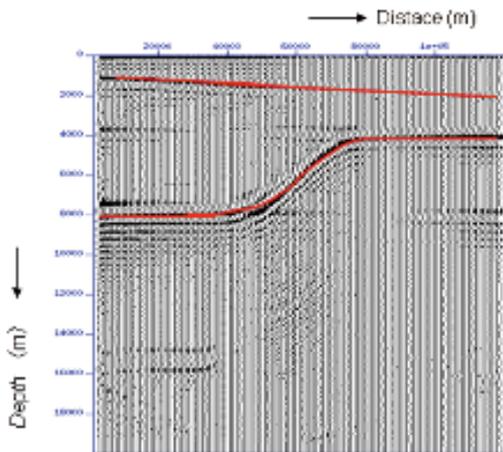


図 1 数値計算に用いた地下構造モデル(a)とベクトル波の散乱現象に注目しイメージングした結果(b)。図は論文の②に掲載されたもの。

影響を数値的かつ実験的に検証した。

### 4. 研究成果

その結果、弾性波の P-S 変換波というベクトル波をイメージングに用いることが可能であることを見出した (図 1)。

次に電磁波への適用では、散乱波の効果を推定するために用いられるレイリー・ゾンマフェルトの積分を適用することで、その効果を推定可能であることを確認した (図 2)。従って、弾性波で確認したベクトル波によるイメージング手法は、電磁波にも同様に適用可能である。

最後にフレネル帯の影響を調査するため、イメージングに用いるフレネル帯次数を変化させ、実際にイメージングを行なった。その結果、可能であればできる限り次数を多く用いることが必要であること、次数に制限が加わる場合、1 次フレネル帯を用いることが有効であることという結果を得た (図 3)。

### 5. 主な発表論文等

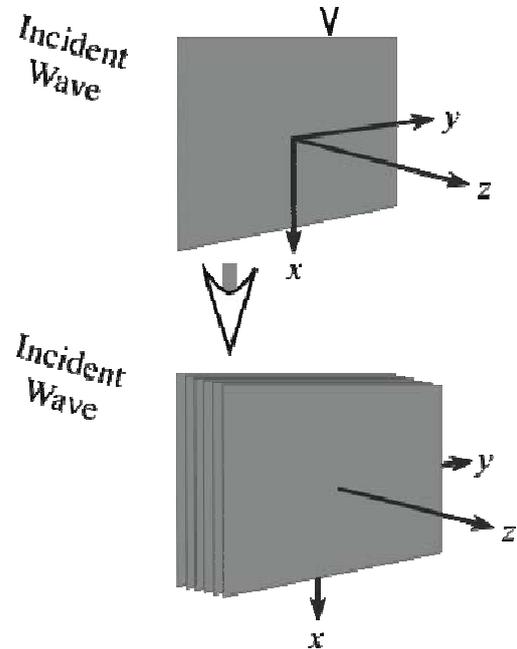


図 2 表面積分であるレイリー・ゾンマフェルト積分を、グリーンの定理を用いて図のような体積積分に置き換えることが可能である。図は、現在投稿・査読中の論文に使用した図面。

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 11 件)

- ① 川林徹也・尾西恭亮・後藤忠徳・三ヶ田均、2009、反射法地震探査における  $\tau$ -P 変換を用いたフレネルボリュームマイグレーションの適用性の研究、第 121 回物理探査学会学術講演会論文集、195-198、査読無。

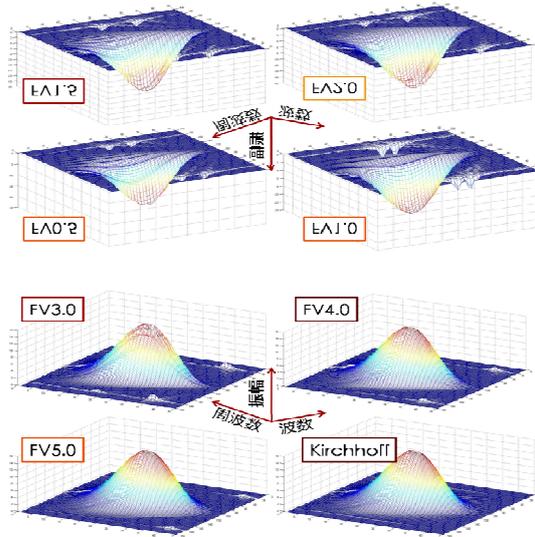


図3 点散乱体のイメージングを多種のフレネル帯に対して行ない比較した図面(周波数波数領域表示)。図中水平方向の裾野が広く、鉛直方向のピークが高い孤高型である場合が最もイメージング結果が良い。Kirchhoffは全フレネル帯、その他の数字は使用したフレネル帯次数を示す。本図より、Kirchhoff型が最もイメージングが良いこと、それ以外の場合、1次では孤高型となるのに対し、他の次数ではピークの分裂が生じてしまうことがわかる。図は成果論文の⑤より転用した。

- ② Mikada, H., Tsujimoto, S., Okano, Y., Onishi, K., Asakawa, E., 2009., Seafloor receiver function analysis for hybrid dataset composed of both refraction survey and earthquake records, Proc. IEEE, OCEANS 2009-EUROPE, 2009 (ISBN: 978-1-4244-2522-8), 1-4, doi: 10.1109/OCEANSE.2009.5278289, 査読有。
- ③ Ohkawa, E., Mikada, H., Goto, T.-N., Onishi, K., Taniguchi, K., and Ashida, Y., 2009, Effects of silicic spheres on electromagnetic propagation, Proc. 9<sup>th</sup> SEGJ International Symposium, pp.1-4, 査読有。
- ④ 大川恵理・三ヶ田均・後藤忠徳・武川順一・尾西恭亮・谷口清・芦田讓, 2009, 微小セラミック球による散乱が輻射熱抑制効果に与える影響, 2009, 第121回物理探査学会学術講演会論文集, 24-27, 査読無。
- ⑤ 川林徹也・尾西恭亮・後藤忠徳・三ヶ田均, 2009, 反射法地震探査におけるフレネルボリュームマイグレーションの適用性, 第120回物理探査学会学術講演会論文集, 47-50, 査読無。
- ⑥ 辻本すばる・尾西恭亮・後藤忠徳・三ヶ

田均, 2009, レシーバー関数解析によるP-S変換波を用いた地下構造イメージング, 第120回物理探査学会学術講演会論文集, 32-35, 査読無。

- ⑦ Tsujimoto, S., Mikada, H., Onishi, K., and Asakawa, E., 2009, Imaging underground structure using receiver function for P-S converted waves, SEG Expanded Abstracts, 28, 2768-2771, doi:10.1190/1.3255424, 査読有。
- ⑧ Tsujimoto, S., and Mikada, H., 2008, Estimation of oceanic crustal structure using receiver function, Proc. IEEE, OCEANS 2008 (ISBN: 978-1-4244-2125-1), 1 - 2, doi: 10.1109/OCEANSKOB.2008.4531068, 査読有。
- ⑨ 辻本すばる・尾西恭亮・三ヶ田均, 2008, OBSで観測された屈折波へのレシーバー関数解析の適用, 第119回物理探査学会学術講演会論文集, 97-100, 査読無。
- ⑩ 大川恵理・三ヶ田均・尾西恭亮・谷口清・石橋象二郎・芦田讓, 2008, 微小セラミック球による電磁波の散乱に関する研究, 第118回物理探査学会学術講演会論文集, 146-149, 査読無。
- ⑪ 辻本すばる・三ヶ田均・真田佳典・芦田讓, 2007, レシーバー関数を用いた地下速度不連続面の推定, 物理探査学会第117回学術講演論文集, 283-286, 査読無。

[学会発表] (計12件)

- ① 川林徹也・尾西恭亮・後藤忠徳・三ヶ田均, 2009, 反射法地震探査における $\tau$ -P変換を用いたフレネルボリュームマイグレーションの適用性の研究, 第121回物理探査学会学術講演会, 2009.11.17, 名古屋大学野依記念ホール。
- ② 大川恵理・三ヶ田均・後藤忠徳・武川順一・尾西恭亮・谷口清・芦田讓, 2009, 微小セラミック球による散乱が輻射熱抑制効果に与える影響, 2009, 第121回物理探査学会学術講演会, 2009.11.16, 名古屋大学野依記念ホール。
- ③ Tsujimoto, S., Mikada, H., Onishi, K., and Asakawa, E., 2009, Imaging underground structure using receiver function for P-S converted waves, SEG Annual Meeting, 2009.10.26, Houston.
- ④ Tsujimoto, S., Mikada, H., Onishi, K., and Asakawa, E., 2009, Imaging underground structure using receiver function for P-S converted waves, SEG Annual Meeting, 2009.10.26, Houston.
- ⑤ Ohkawa, E., Mikada, H., Goto, T.-N., Onishi, K., Taniguchi, K., and Ashida,

- Y., Effects of silicic spheres on electromagnetic propagation, Proc. 9<sup>th</sup> SEGJ International Symposium, 2009.10.13, Sapporo.
- ⑥ 辻本すばる・尾西恭亮・後藤忠徳・三ヶ田均, 2009, レシーバー関数解析による P-S 変換波を用いた地下構造イメージング, 第 120 回物理探査学会. 2009. 5. 25, 早稲田大学国際会議場.
- ⑦ Mikada, H., Tsujimoto, S., Okano, Y., Onishi, K., Asakawa, E., 2009., Seafloor receiver function analysis for hybrid dataset composed of both refraction survey and earthquake records, Proc. IEEE, OCEANS 2009-EUROPE, 2009, 2009.5.16, Bremen.
- ⑧ 辻本すばる・尾西恭亮・三ヶ田均, 2008, OBS で観測された屈折波へのレシーバ関数解析の適用, 第 119 回物理探査学会学術講演会, 2008.10.21., 東京タワーホール船堀.
- ⑨ 大川恵理・三ヶ田均・尾西恭亮・谷口清・石橋象二郎・芦田讓, 2008, 微小セラミック球による電磁波の散乱に関する研究, 第 118 回物理探査学会学術講演会, 2008. 5. 13, 早稲田大学国際会議場.
- ⑩ 辻本すばる・三ヶ田均・真田佳典・芦田讓, 2007, レシーバー関数を用いた地下速度不連続面の推定, 物理探査学会第 117 回学術講演論文集, 283-286. 大川恵理・三ヶ田均・尾西恭亮・谷口清・石橋象二郎・芦田讓, 微小セラミック球による電磁波の散乱に関する研究, 第 118 回物理探査学会学術講演会, 2008. 5. 13, 早稲田大学国際会議場.
- ⑪ Tsujimoto, S., and Mikada, H., 2008, Estimation of oceanic crustal structure using receiver function, Proc. IEEE, OCEANS 2008, 2008.4.5, 神戸国際会議場.
- ⑫ 辻本すばる・三ヶ田均・真田佳典・芦田讓, 2007, レシーバー関数を用いた地下速度不連続面の推定, 東京大学地震研究所研究集会「アスペリティのマッピングとモニタリングシンポジウム」 2007.11.19, 東京大学地震研究所.

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

三ヶ田 均 (MIKADA HITOSHI)

京都大学・大学院工学研究科・教授

研究者番号：10239197