

表面波による上部マントル鉛直異方性:新しい η_κ パラメータの影響

1. はじめに

- 地震波の振動成分による速度の違いを反映する鉛直異方性(または偏向異方性)は、5つの独立な弾性定数A,C,F,L,Nによって記述される。うち4つ(A,C,L,N)は、地震波速度に直結する。Fはもう一つの異方性パラメータ η に関係する。しかし、 η は、実体波速度の入射角依存性に関係するが、従来の定義では、その物理的性質は理解しにくい。
- 最近、Kawakatsu *et al.* (2015) によって、この η パラメータの定義が新たに見直され、新たに η_κ が提唱された。 η_κ は実体波の入射角依存性を表すパラメータとして、より理解のしやすいパラメータとなっている。
- 本研究では η および η_κ それぞれの場合について、マルチモード表面波の合成データ(分散曲線)を用いたインバージョンを行い、地球構造モデル復元時の影響を検証する。

$$\alpha_h = \sqrt{\frac{A}{\rho}} \quad \alpha_v = \sqrt{\frac{C}{\rho}} \quad \beta_v = \sqrt{\frac{L}{\rho}} \quad \beta_h = \sqrt{\frac{N}{\rho}} \quad \eta = \frac{F}{A-2L}$$

PH波速度 PV波速度 SV波速度 SH波速度 異方性パラメータ

新しい異方性パラメータ η_κ

$$\text{OLD: } \eta = \frac{F}{A-2L} \quad \text{NEW: } \eta_\kappa = \frac{F+L}{\sqrt{A-L}\sqrt{C-L}}$$

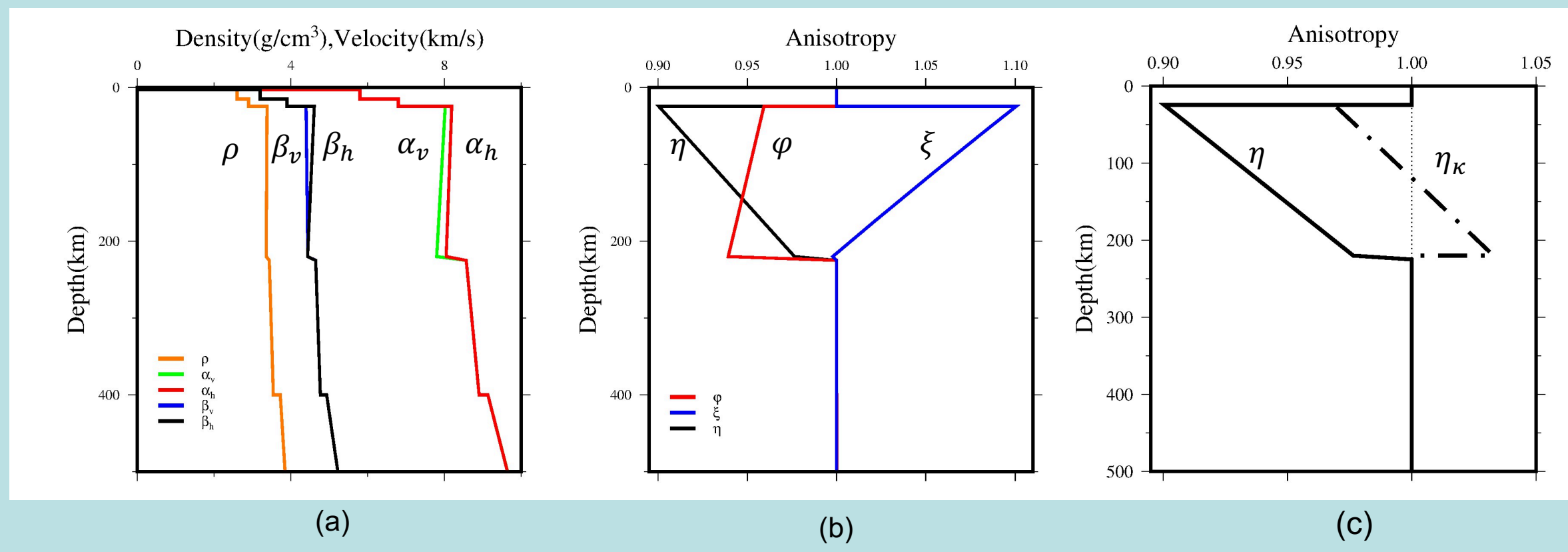


図1: 標準地球モデル(PREM) (a)密度、PH、PV、SV、SH波速度、(b) ϕ 、 ξ 、 η 、(c) η 、 η_κ (Dziewonski and Anderson, 1981)

2. 感度カーネルへの影響

異方性パラメータ η を η_κ に変更することで感度カーネルには顕著な違いが現れる。 η_κ のカーネルは η のカーネルの約1.8倍の大きさとなる。高次モードにおいて η_κ のカーネルは最大感度を有するSVのカーネルに次ぐ大きさとなる。

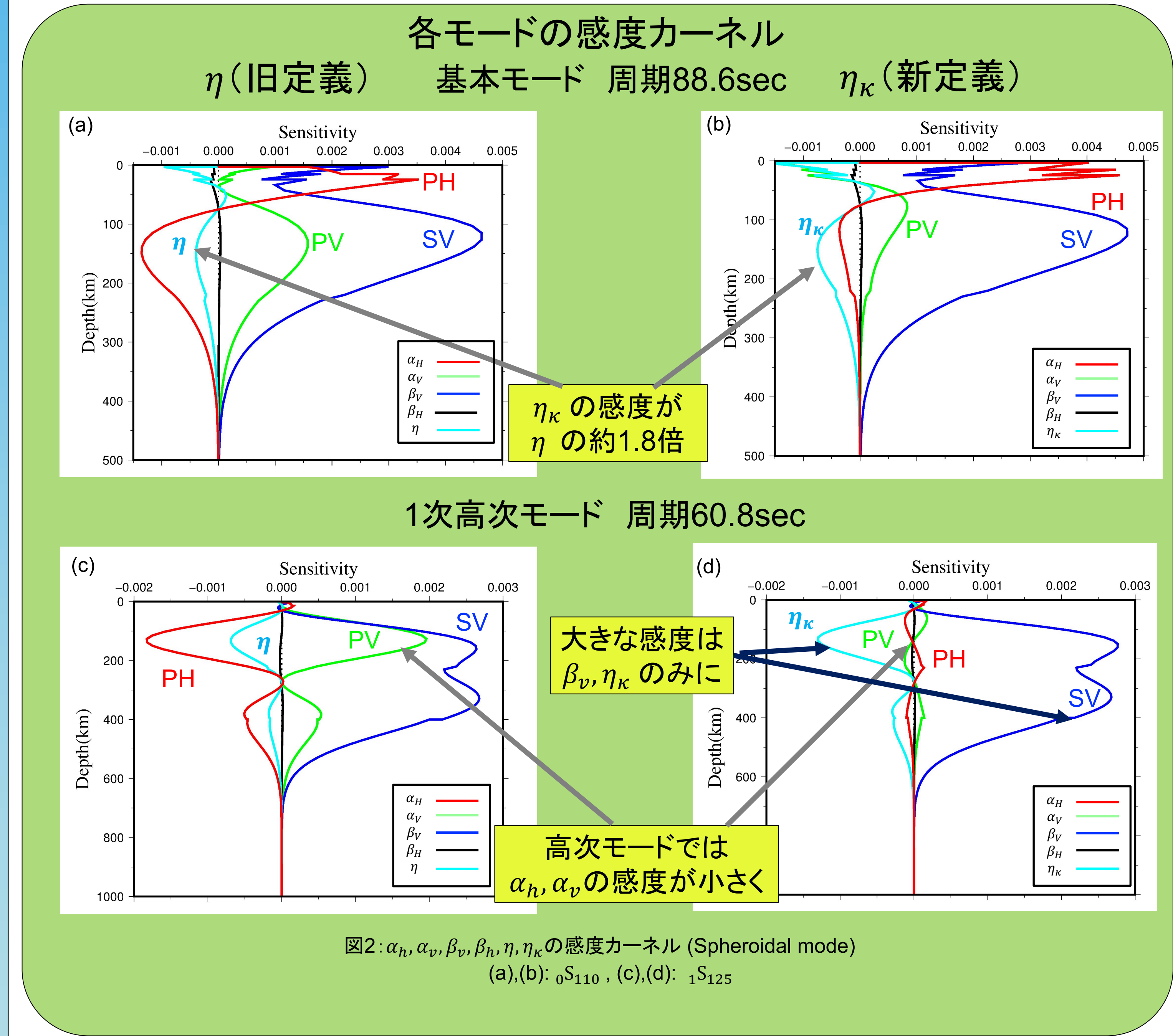
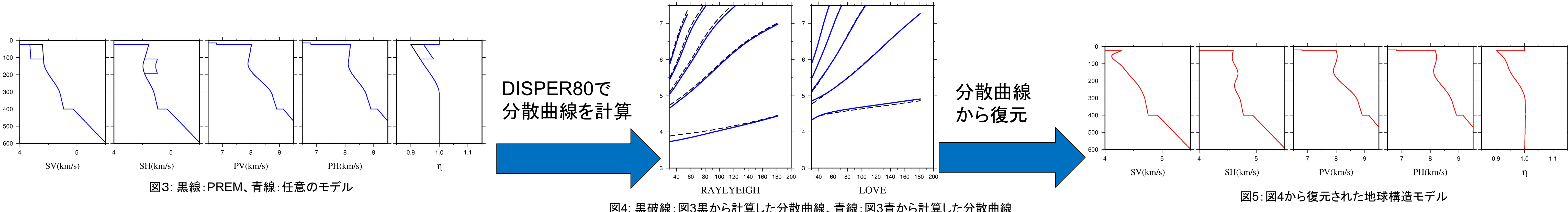


図2: α_h 、 α_v 、 β_v 、 β_h 、 η 、 η_κ の感度カーネル (Spheroidal mode) (a),(b): ${}_0S_{110}$, (c),(d): ${}_1S_{125}$

3. 1次元モデルのインバージョン法

本研究では、合成データを用いて地球構造モデルの復元に対する η_κ の影響を調べる。地球構造モデルの復元には、Nishimura & Forsyth(1989, GJ)と同様の方法で行う。また、Yoshizawa(2014, GJI)に従い、レイリー波及びラブ波の位相速度を用いてインバージョンする際には、 $[\alpha_h, \alpha_v, \beta_v, \beta_h, \eta, \text{ or } \eta_\kappa]$ を独立な変数として用いる。なお、密度は初期モデルで固定する。合成データ: PREM(220km不連続面を取り除いたもの)(図3黒)を用いて、任意の深さに数%の摂動を与えたモデルで計算された表面波位相速度の分散曲線を使用する。(図4) ノーマルモードの計算にはDISPER80(Saito, 1988)を使用する。



先験情報として与えるモデル共分散行列の標準偏差(σ)は、Nishimura & Forsyth(1989)で用いられた値を、表1に示す。また、そこから調整した標準偏差を表2に示し、correlation lengthも示す。

表1: 標準偏差(σ)とcorrelation length

層の深さ(km)	σ ($\alpha_h, \alpha_v, \beta_v, \beta_h$)	σ (η, η_κ)	correlation length (km)
24.4	0.03	0.03	5
250	0.05	0.03	10
400	0.03	0.03	15
670	0.015	0.001	30
1500	0.010	0.001	40

表2: 標準偏差(σ)とcorrelation length

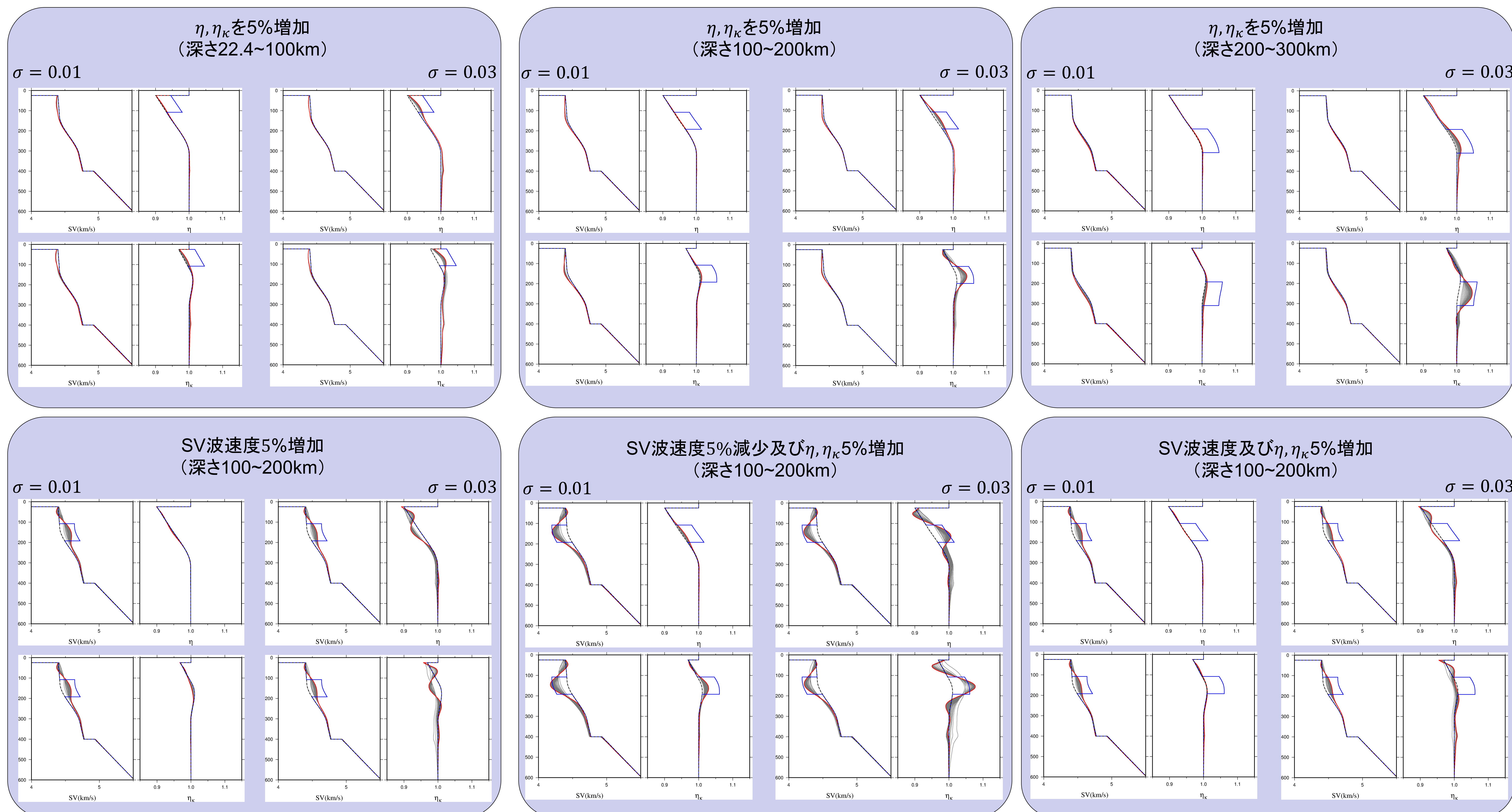
層の深さ(km)	σ ($\alpha_h, \alpha_v, \beta_v, \beta_h$)	σ (η, η_κ)	correlation length (km)
24.4	0.03	0.01	5
250	0.05	0.01	10
400	0.03	0.01	15
670	0.015	0.001	30
1500	0.010	0.001	40

モデル共分散行列はcorrelation lengthを δ として以下で表せる。

$$C_{pp}(i, j) = \sigma_i \sigma_j \exp \left\{ \frac{(r_i - r_j)^2}{-2\delta^2} \right\}$$

4. 1次元モデルの復元

赤線: 最終モデル、青線: 真のモデル、黒破線: 参照モデル



5. まとめと考察

- 本研究では、異方性パラメータを η および η_κ を用いて、表面波分散曲線から得られる地球構造モデルへの影響について検証した。
- 表面付近では基本モードのSV波感度カーネルと η_κ との負の相関により、SV波速度の影響を強く受ける。しかし、高次モードでは η_κ の感度がS波に匹敵するほど大きくなるため、深部(200km-)での η_κ の異常が復元できる可能性がある。
- Nishimura & Forsyth(1989)で用いられた標準偏差の値(0.03)を用いると、 η, η_κ のみに異常を含むモデルは比較的よく復元できるが、その一方、SV波速度の異常の影響を強く受ける。標準偏差の値を0.01に変更すると、SV波速度の影響を軽減できる一方、 η, η_κ の異常の復元は困難となる。
- 今後、 η, η_κ も含め、全変数の最適な標準偏差の値を精査する等、さらなる検証を重ねていく必要がある。