

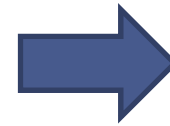
浸潤過程における不飽和水分 移動特性の推定

土壌圏循環学研究室

507140 中川 絢子

はじめに

- 農耕地での適切な水管理
- 土中の水分移動の予測が必要

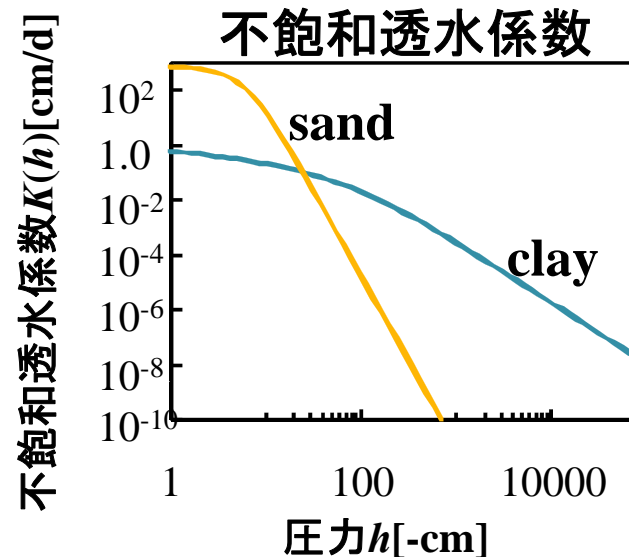
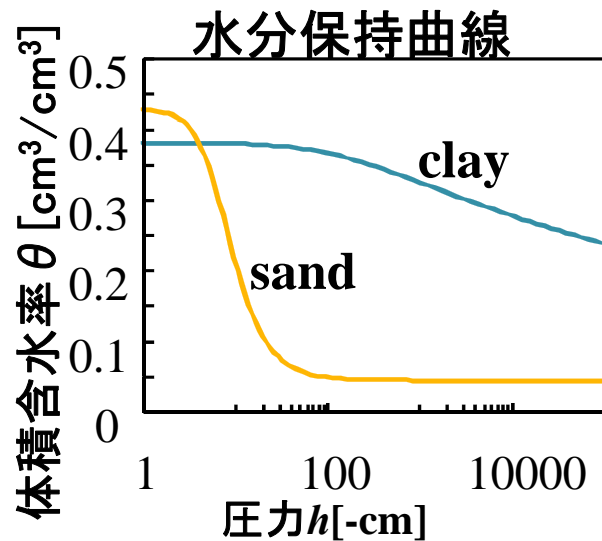


不飽和水分移動特性
(水分保持曲線,
不飽和透水係数)が必要

van Genuchten式

$$\text{水分保持曲線: } S_e = \frac{\theta - \theta_r}{\theta_s - \theta_r} = \left(1 + |\alpha h|^n\right)^{-m}$$

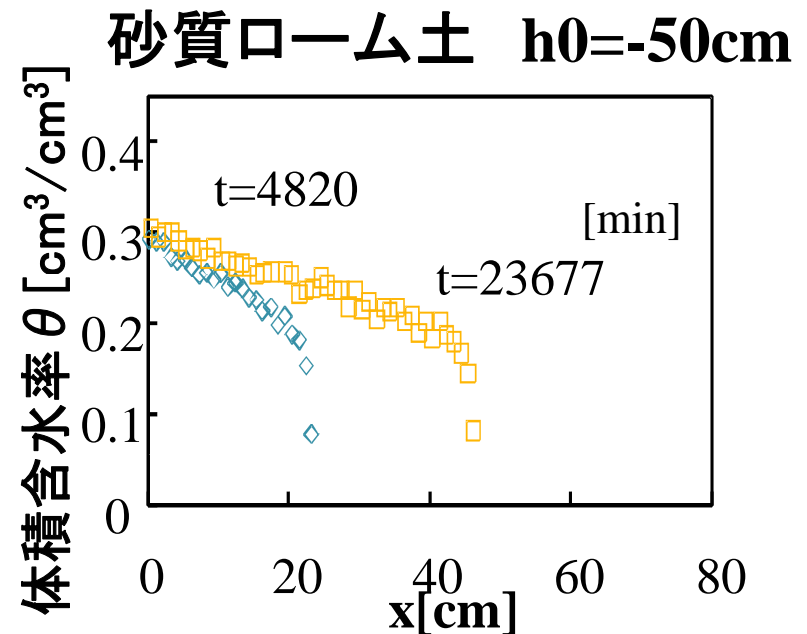
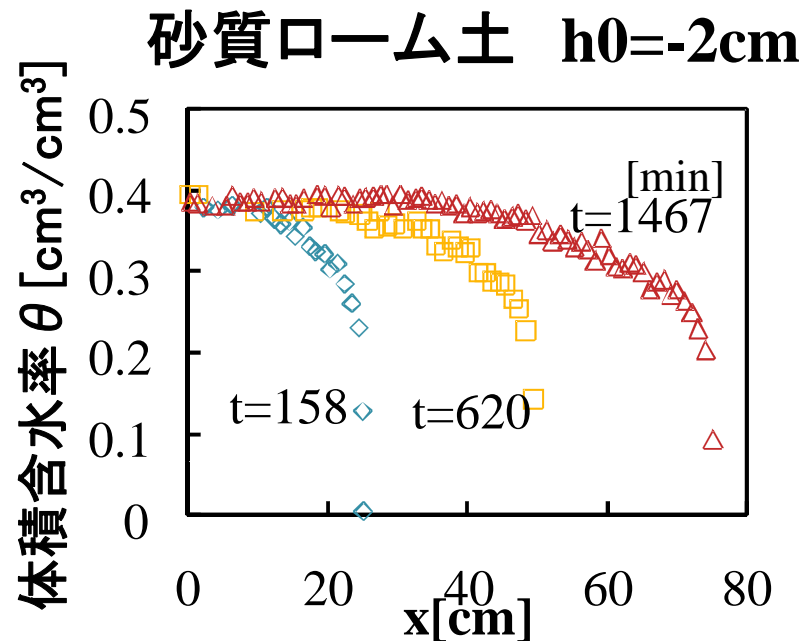
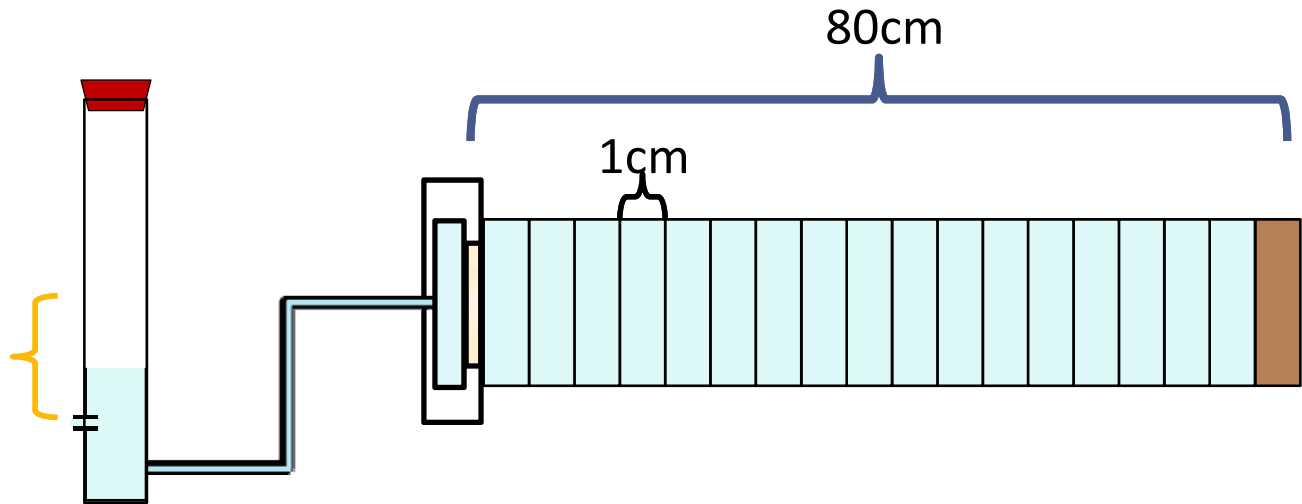
$$\text{不飽和透水係数: } K(h) = K_s S_e^l \left[1 - (1 - S_e^{1/m})^m\right]^2$$



Nielsen(1962)の水平浸潤実験

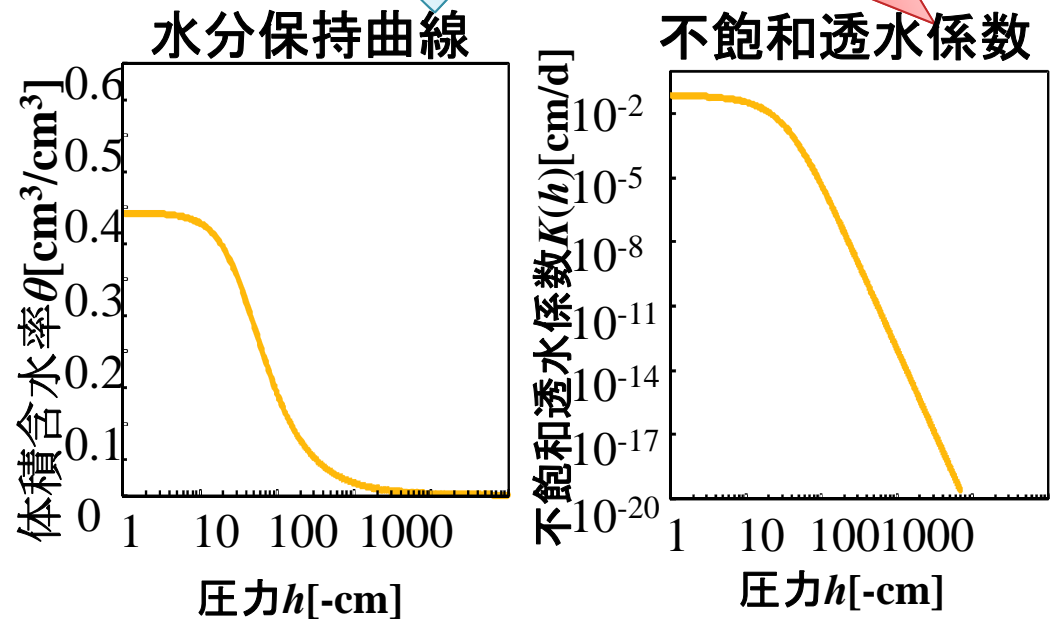
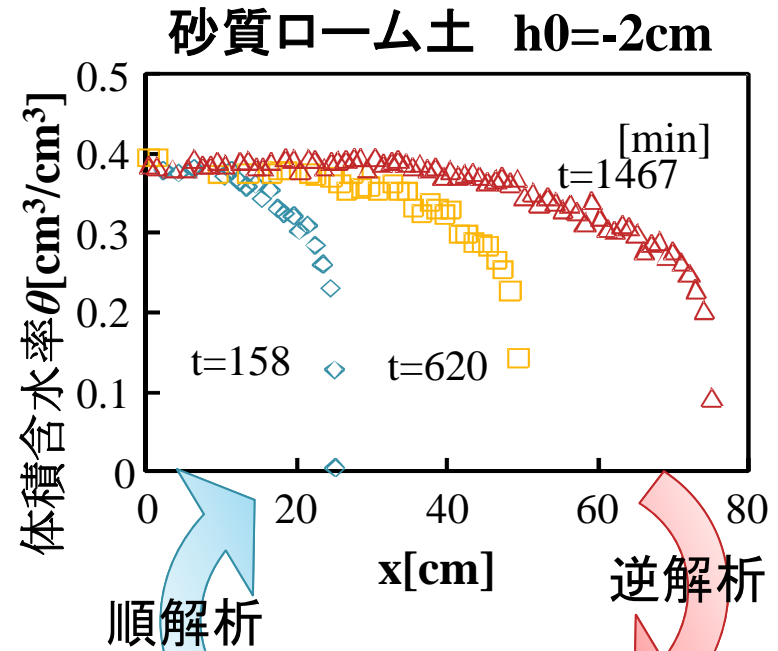
使用データ

- ・境界圧力-2cm
- ・境界圧力-50cm



本研究の目的

- 浸潤過程の水分分布から逆解析
- 幅広い圧力範囲で信頼のある推定
 - 逆解析と解析的手法との比較
 - 逆解析の手法



解析的手法

比較

データが少ない場所...
傾き不安定
→得られる θ 範囲が狭い

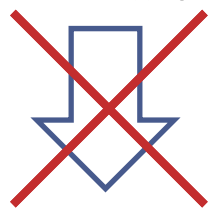
リチャーズ式の水分量表記

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(D(\theta) \frac{\partial \theta}{\partial x} \right)$$

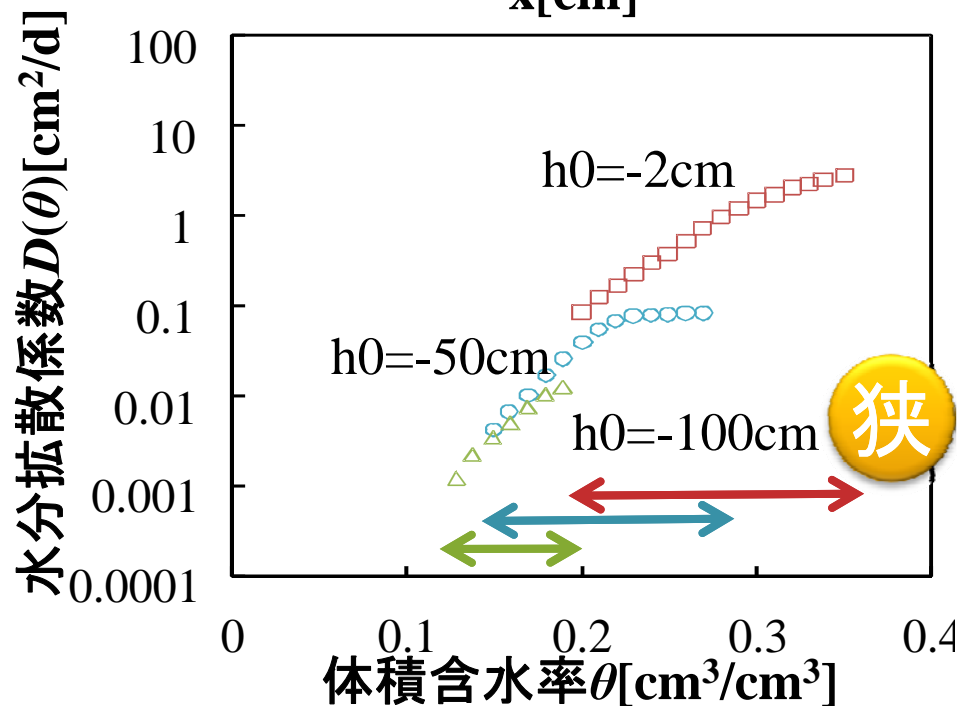
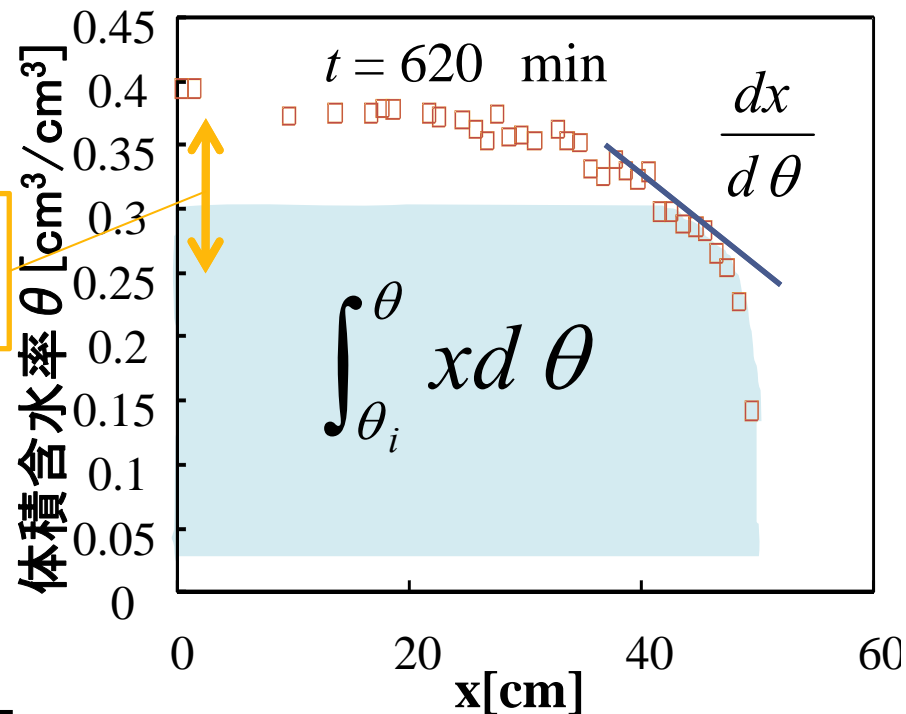
$$D(\theta) = -\frac{1}{t} \left(\frac{dx}{d\theta} \Big|_{\theta} \right) \int_{\theta_i}^{\theta} x d\theta$$

水分拡散関数

$$D(\theta) = K(\theta) \frac{dh}{d\theta}$$



水分保持曲線・不飽和透水係数



逆解析法

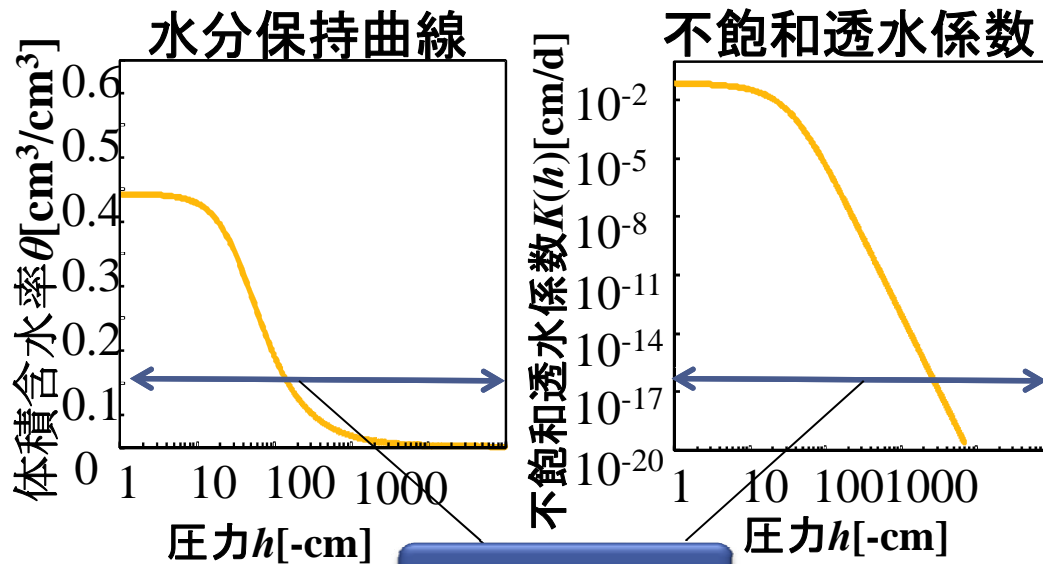
比較

van Genuchten式

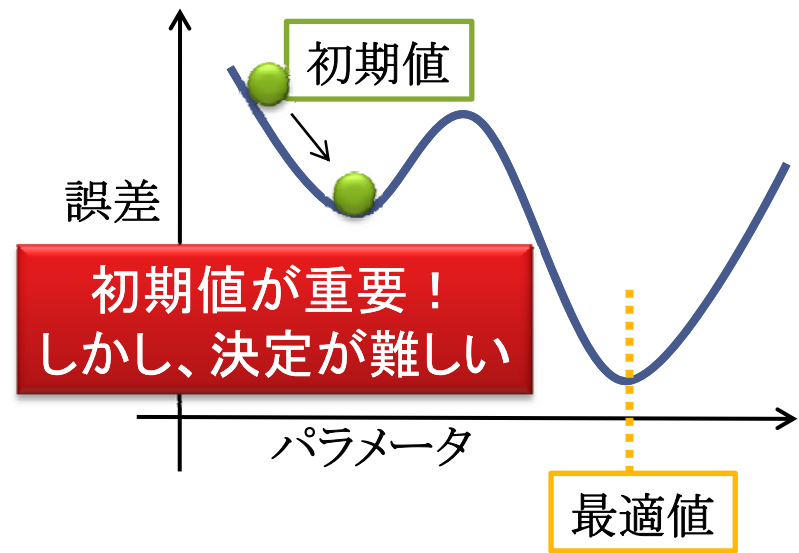
$$S_e = \frac{\theta - \theta_r}{\theta_s - \theta_r} = \left(1 + |\alpha h|^n\right)^{-m}$$

$$K(h) = K_s S_e^l \left[1 - (1 - S_e^{1/m})^m\right]^2$$

| parameter | θ_s | α | n | K_s | l |
|-----------|------------|----------|-----|-------|-----|
| 初期値 | ? | ? | ? | ? | ? |



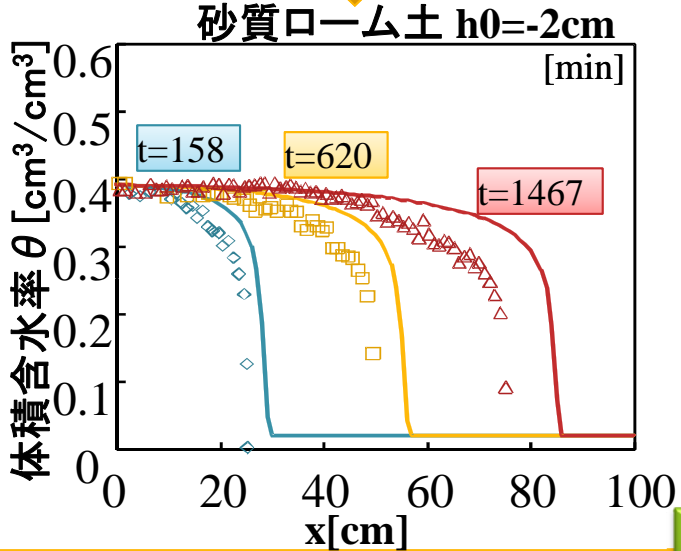
幅広い推定



提案

逆解析法

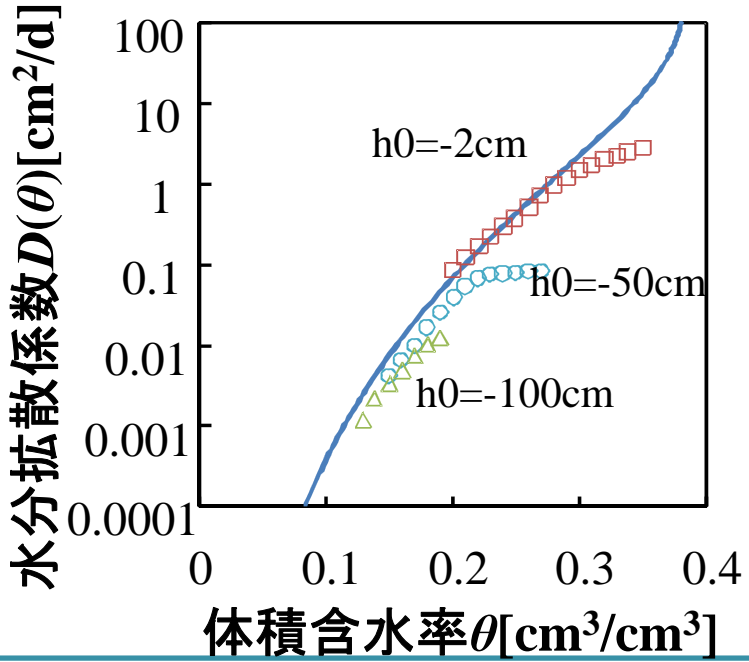
| parameter | θ_s | α | n | K_S | ℓ |
|-----------|------------|----------|-----|-------|--------|
| 初期値 | ? | ? | ? | ? | ? |



解析的手法

初期値の決定

| parameter | θ_s | α | n | K_S | ℓ |
|-----------|------------|----------|-----|-------|--------|
| 初期値 | ? | ? | ? | ? | ? |



水分分布のみから最適値に近い初期値の推定

初期値の決定

水分拡散関数

$$D(\theta) = K(\theta) \frac{dh}{d\theta}$$

水分保持曲線

$$S_e = \frac{\theta - \theta_r}{\theta_s - \theta_r} = \left(1 + |\alpha h|^n\right)^{-m}$$

activeXを用いて変化させて適合



水分拡散関数

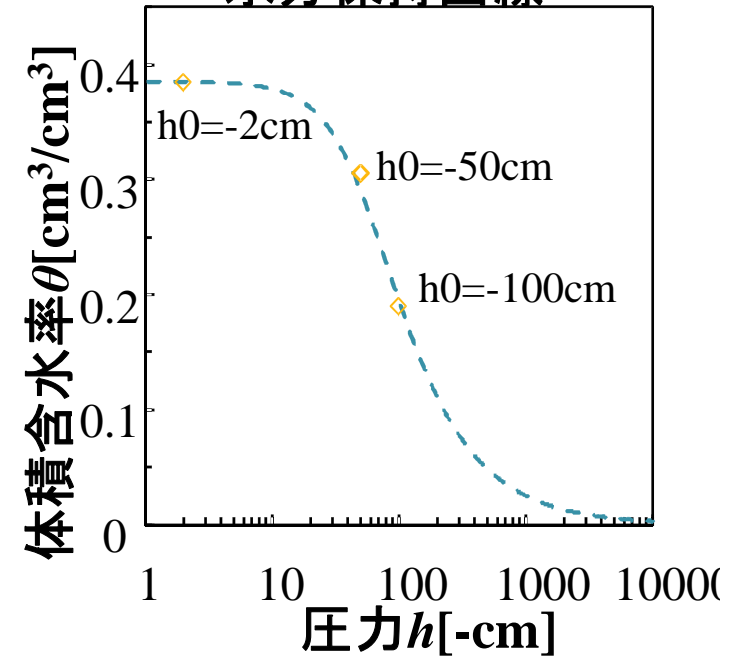
$$D(\theta) = K(\theta) \frac{dh}{d\theta}$$

不飽和透水係数

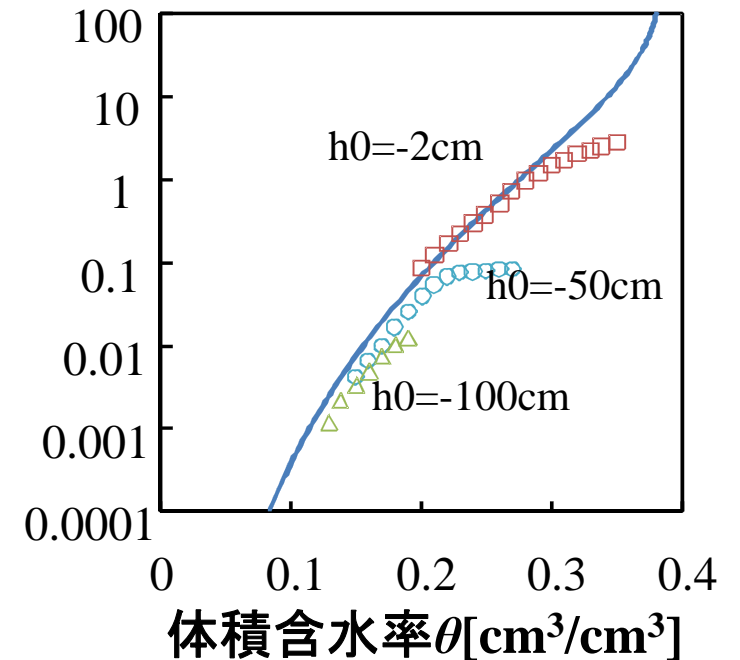
$$K(h) = K_s S_e^l \left[1 - (1 - S_e^{1/m})^m\right]^2$$

activeXを用いて変化させる

水分保持曲線



水分拡散係数D(θ)[cm²/d]



提案

低水分域

| parameter | θ_s | α | n | K_s | ℓ |
|-----------|------------|----------|------|-------|--------|
| 初期値 | 0.4 | 0.034 | 1.95 | 0.069 | 1.55 |

固定

適用

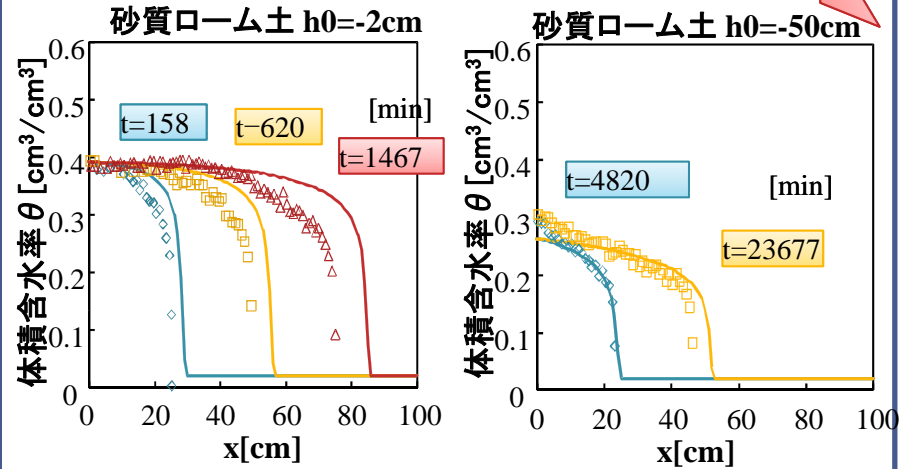
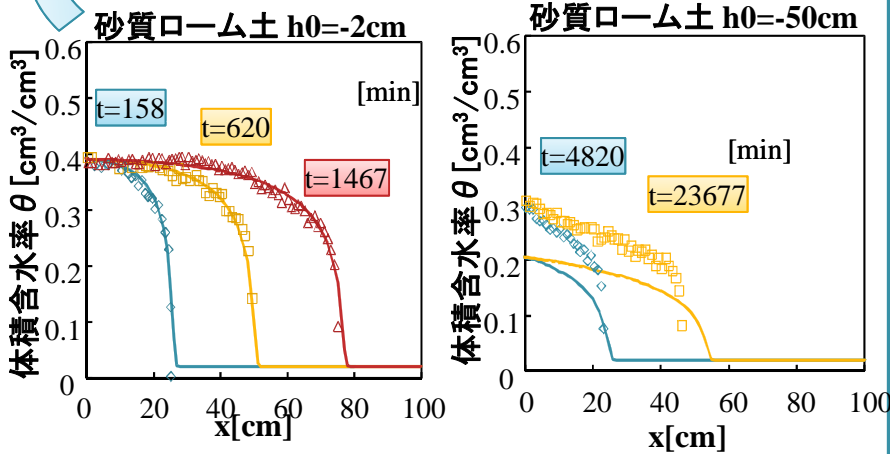
高水分域

| parameter | θ_s | α | n | K_s | ℓ |
|-----------|------------|----------|------|-------|--------|
| 初期値 | 0.4 | 0.034 | 1.95 | 0.069 | 1.55 |

固定

逆解析

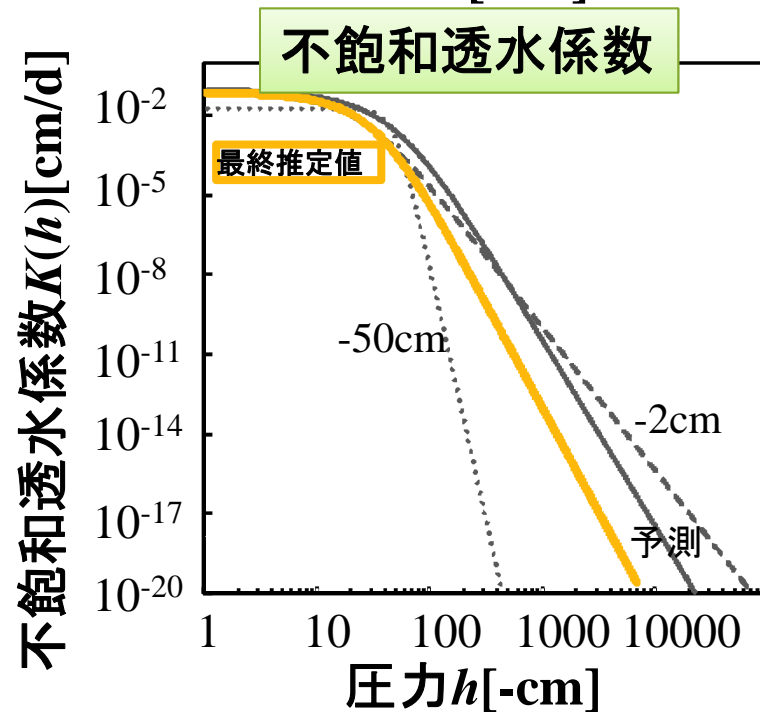
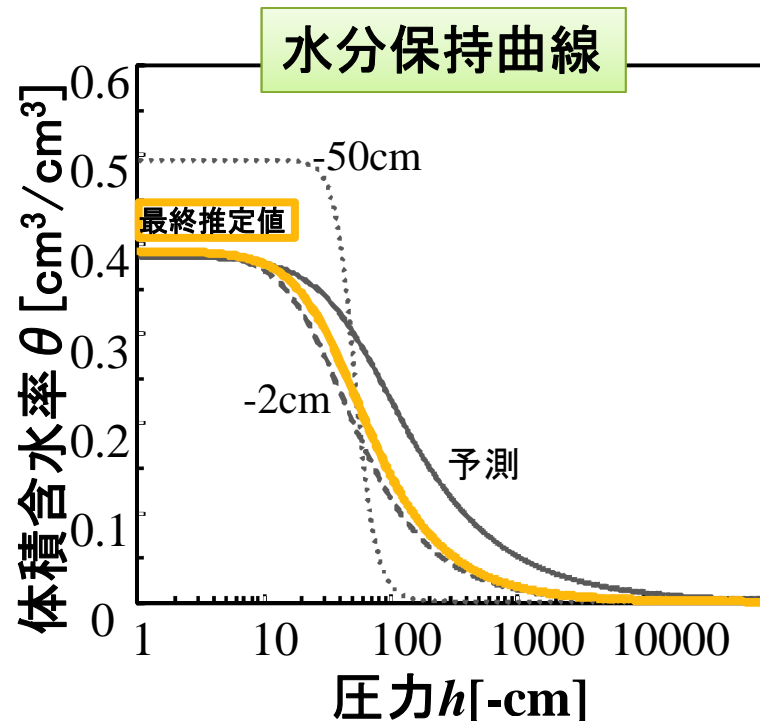
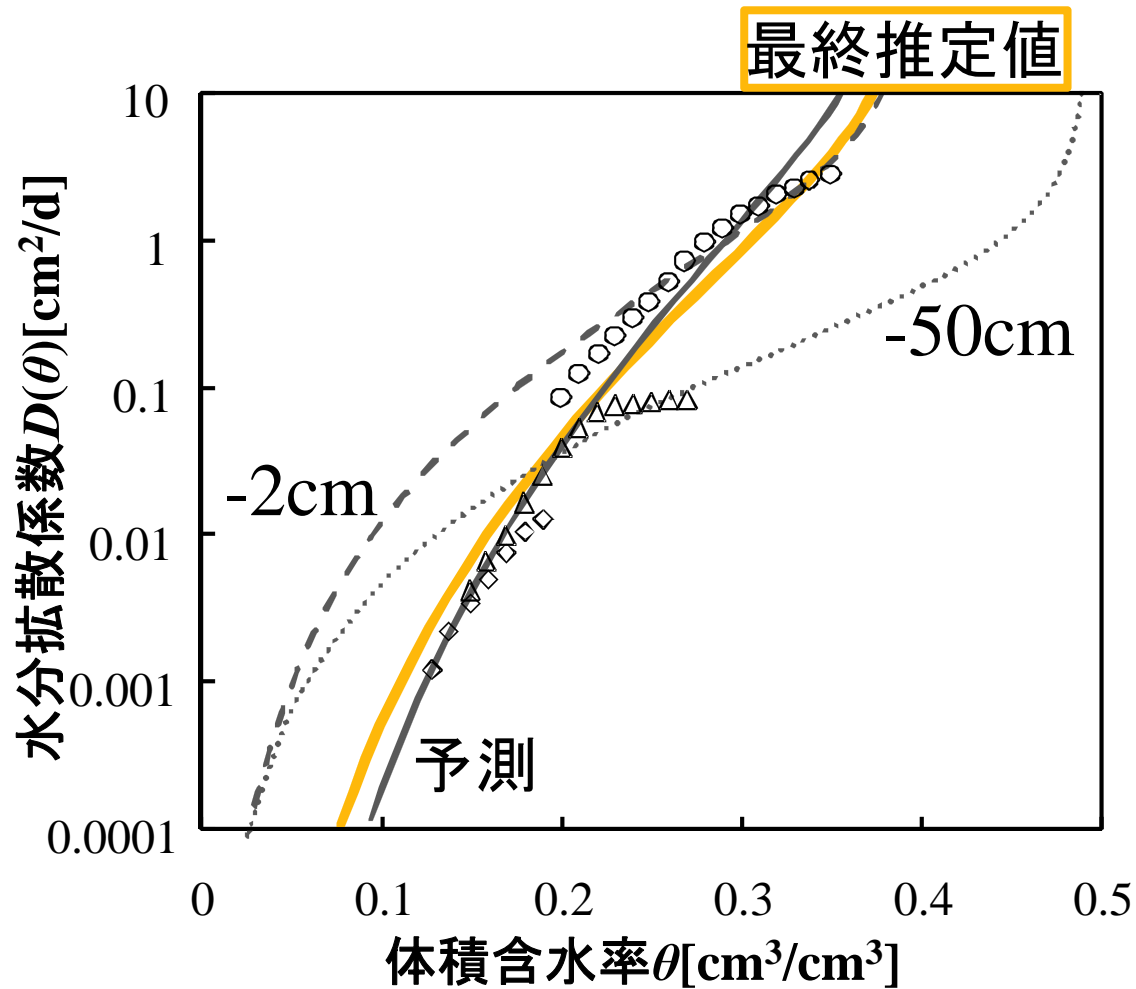
結果



幅広い圧力範囲で信頼のある推定

最終推定値

| parameter | θ_s | α | n | K_S | ℓ |
|-----------|------------|----------|------|-------|--------|
| 初期値 | 0.4 | 0.03 | 1.95 | 0.069 | 4.13 |



まとめ

○ 逆解析と解析的手法との比較

逆解析

良

- ・広い圧力範囲での推定
- ・ $K(h), \theta$ も推定可能

悪

初期値の推定が困難

解析的手法

良

- ・水分分布のみで解析可能

悪

- ・求められる範囲が狭い
- ・ $D(\theta)$ のみ推定可能

→解析的手法で $D(\theta)$ を求め

その $D(\theta)$ に水分保持曲線と不飽和透水係数に適合



水分分布のみから逆解析の初期値を推定可能に

○ 浸潤過程の水分分布から逆解析

前線が比較的急→情報が境界圧力周辺に集中



境界条件が異なることで、逆解析結果が異なる

濡れた条件の逆解析結果: θ_s, K_s, n を固定値

→乾いた条件で逆解析、

→ 広い圧力範囲で適合する逆解析が可能に