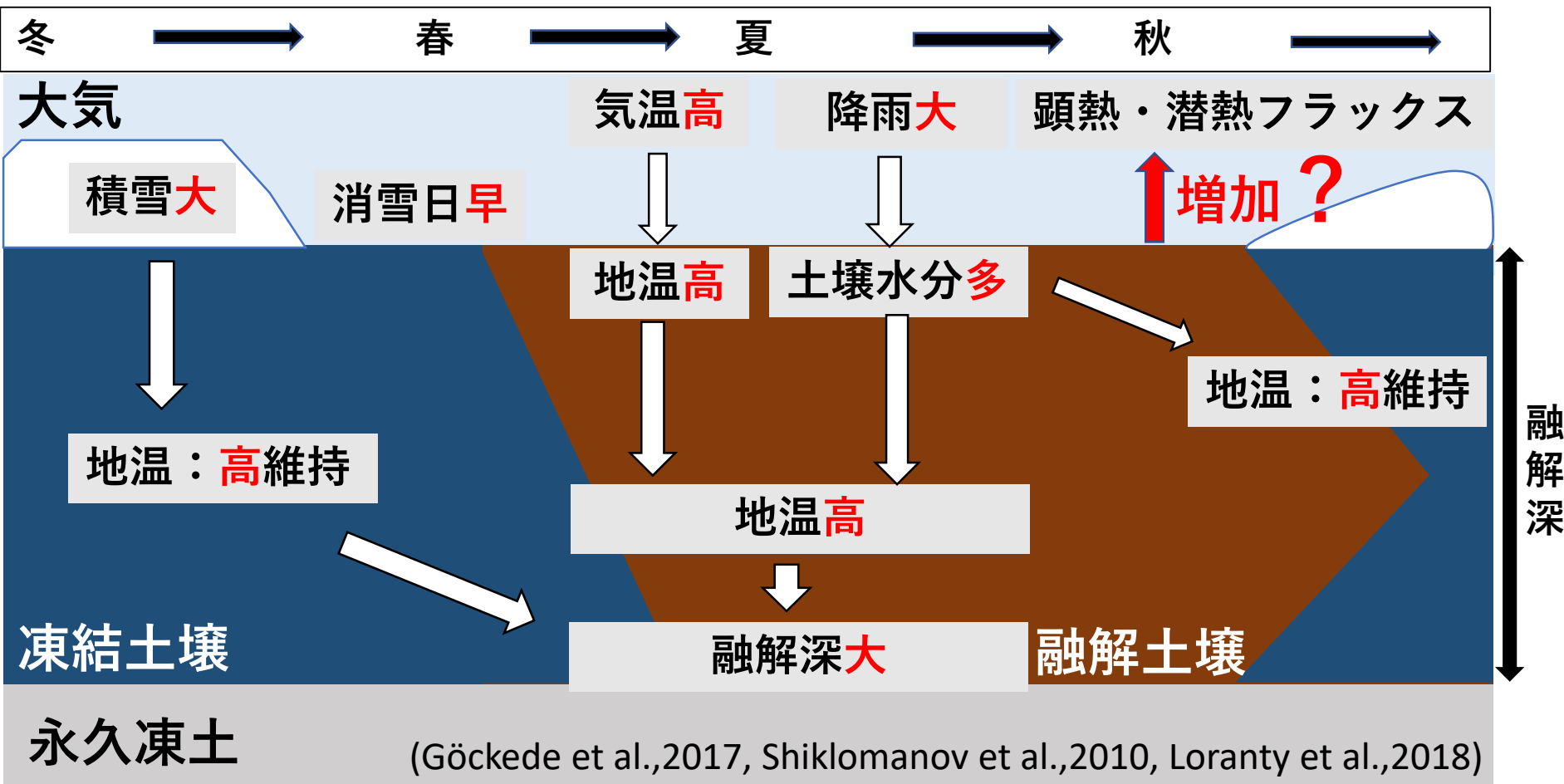


10年規模気候変動下における アラスカ北方林での大気と土壌の 物理的相互作用

18S6004H 大久保香穂

はじめに 【永久凍土帯での大気と土壌の相互作用】



融解深→温度・土壤水分（熱伝導率）・雪（断熱効果）の影響を受ける
顕熱・潜熱フラックスの挙動は不明な点が多い

はじめに 【先行研究・目的】

【先行研究】

➤ 数年間の気象変化の影響

(Harazono et al.,1998)

- **自然**状態
- 温暖・乾燥時
→蒸発散量の増加
- ボーエン比の低下

➤ 長期の気候変化の影響

(Göckede et al.,2017)

- 水位を**人為的**に低下
- 温暖化→顕熱フラックスの増加
- ボーエン比の増加

→連続した10年規模での
大気・土壌間の相互作用の研究は不足

【目的】

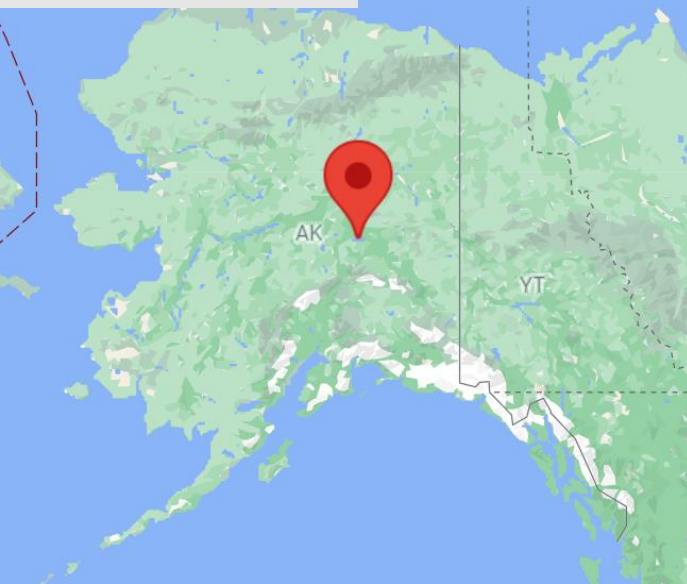
10年規模気候変動下におけるアラスカ北方林での

- 気候変化が土壌環境に与える影響
- 土壌環境変化が大気への熱フラックスに与える影響

を明らかにする

■アラスカ大学フェアバンクス校保護林

Googl mapより



(<http://science.shinshu-u.ac.jp/~hiwata/index.html>)より



【観測サイト】

- ・クロトウヒ林（内陸アラスカの優占種）や低木，コケが繁茂
- ・少雨だが，**永久凍土**が存在し湛水状態になるため地表面は**湿潤**
- ・融解深は最大約40cm，積雪は最大約50cm

【観測データ】

- ・**気象・土壌環境，顕熱・潜熱フラックス**（渦相関法）を使用
- ・**使用期間**は2004年～2020年

モデル概念：モデルは融解土壌を1つの層としている

地中に伝導する熱が凍結土壌の融解に使用される

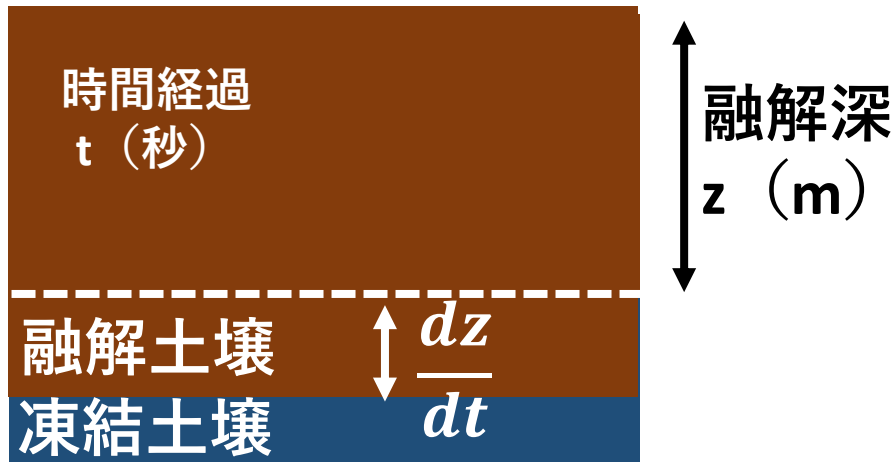
$$\rho f L \frac{dz}{dt} = \lambda_b \frac{T_s - 0}{z}$$

ρ ：氷の密度 (kgm^{-3})

L ：融解潜熱 (Jkg^{-1})

λ_b ：融解した土壌のバルク熱伝導率
($\text{Wm}^{-1}\text{C}^{-1}$)

f ：凍土中の氷の体積分率 (%)



λ_b の推定

融解土壌は熱伝導率の異なる固相・液相・気相により構成
→ λ_b は土壌水分（液相の割合）によって変化する

tで積分すると↓

$$z = \alpha (86400 \sum \lambda_b T_s)^{1/2}$$

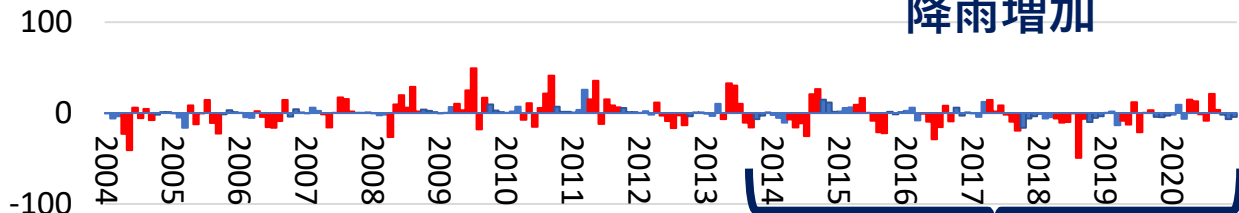
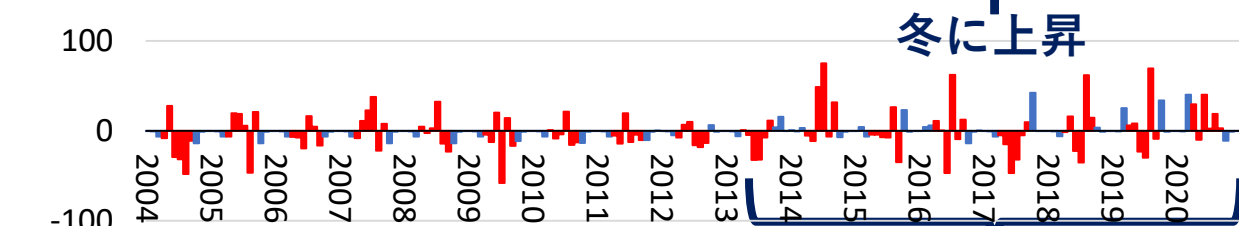
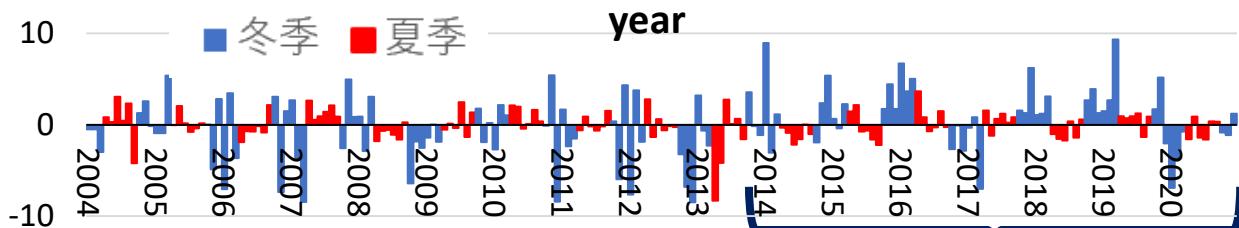
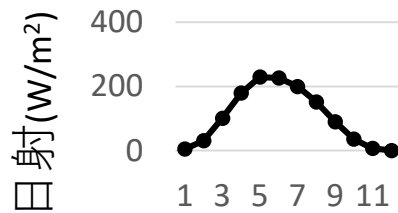
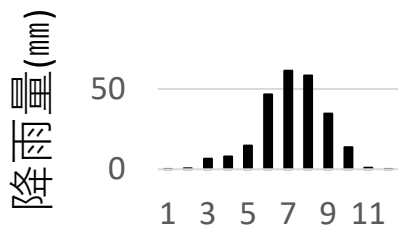
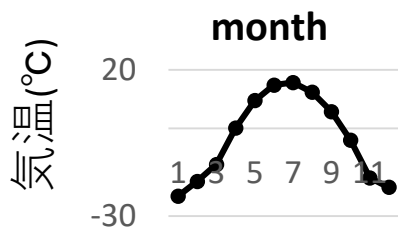
$$\text{ただし, } \alpha = [2/(\rho f L)]^{1/2}$$

地表面温度と土壌水分量
から融解深を計算

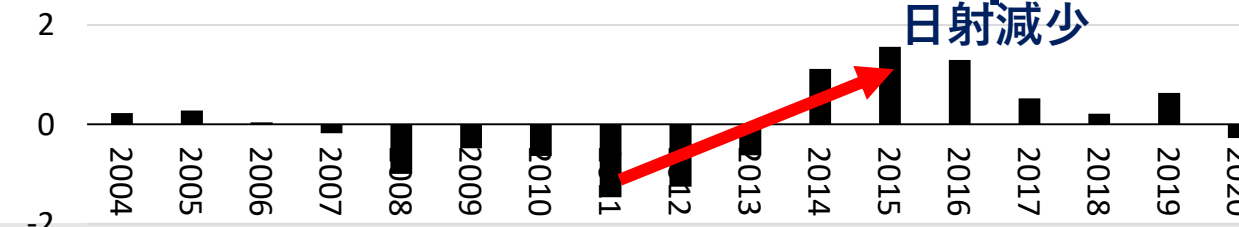
結果と考察【年々変動】

・各年の月平均から平均季節変化を引き偏差を算出

大気



PDO指数



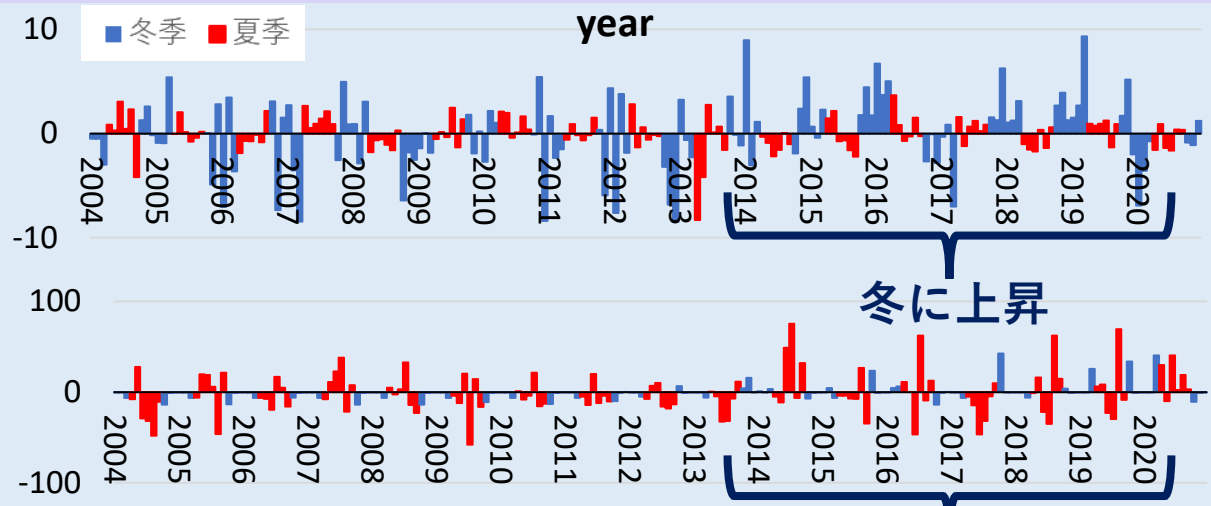
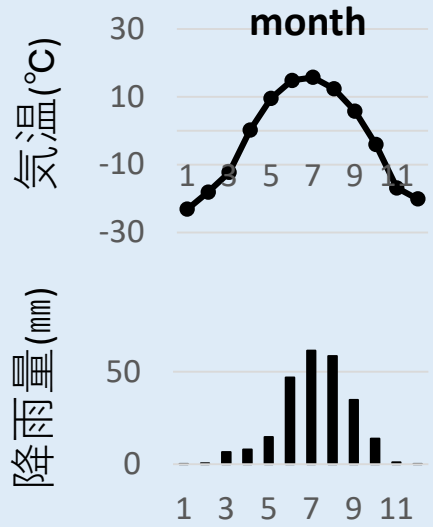
太平洋10年規模振動(PDO)：北太平洋と北米西部で数十年周期の海水温や大気状態の変動パターン

指数**正**：アラスカ南岸から温暖湿潤な空気が流れ込む
 →冬季気温上昇(Papineau et al.,2001), 降雨増加傾向

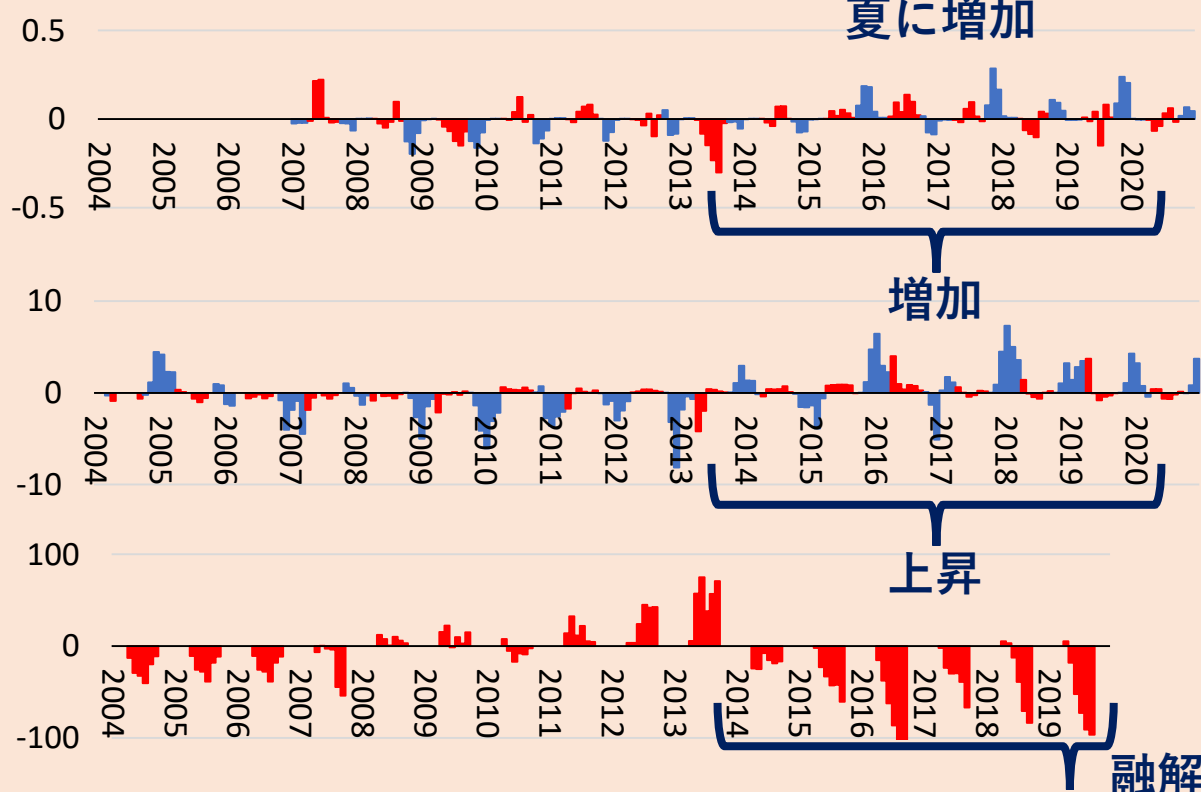
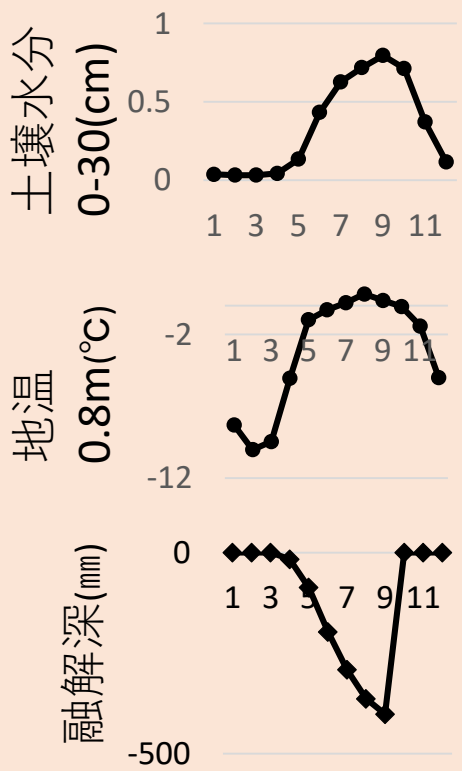
結果と考察【年々変動】

・各年の月平均から平均季節変化を引き偏差を算出

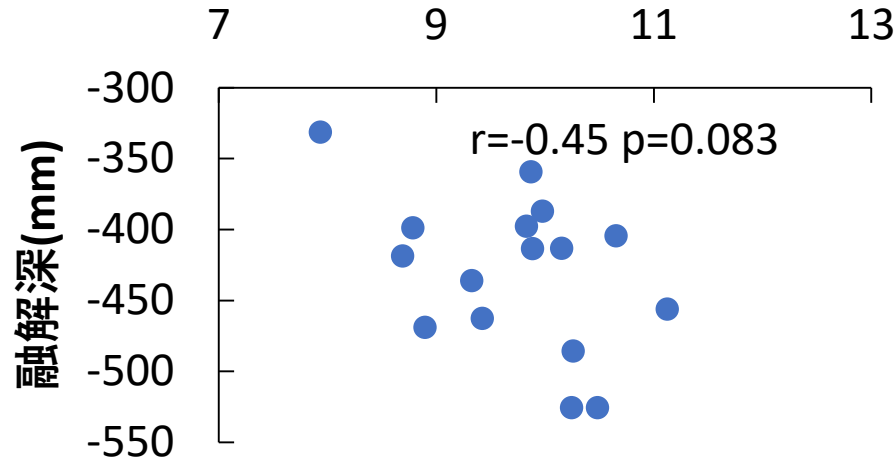
大気



土壌

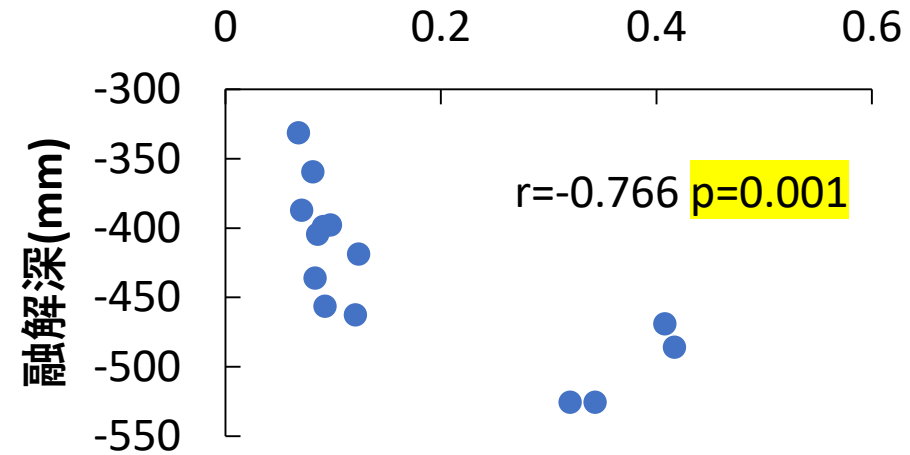


気温(4~9月)



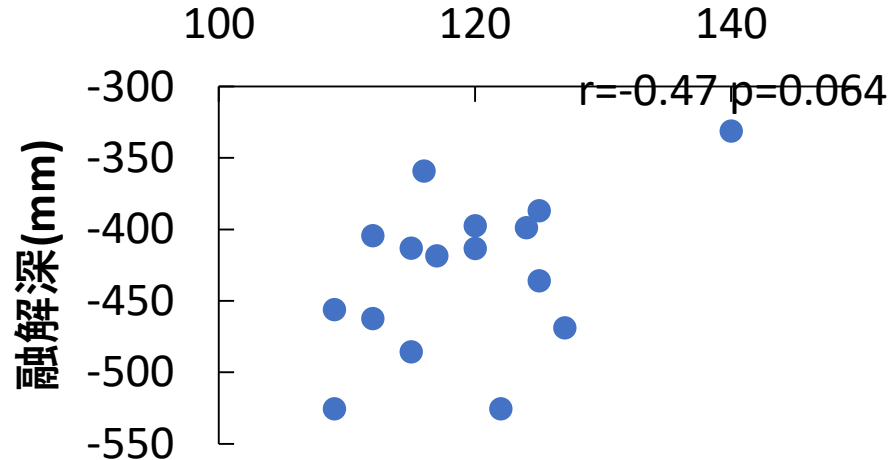
気温：高い→融解深：大

土壌水分(7~9月)(°C)



土壌水分：高い→融解深：大

消雪日(day)



消雪日：早い→融解深：大

【使用データ】

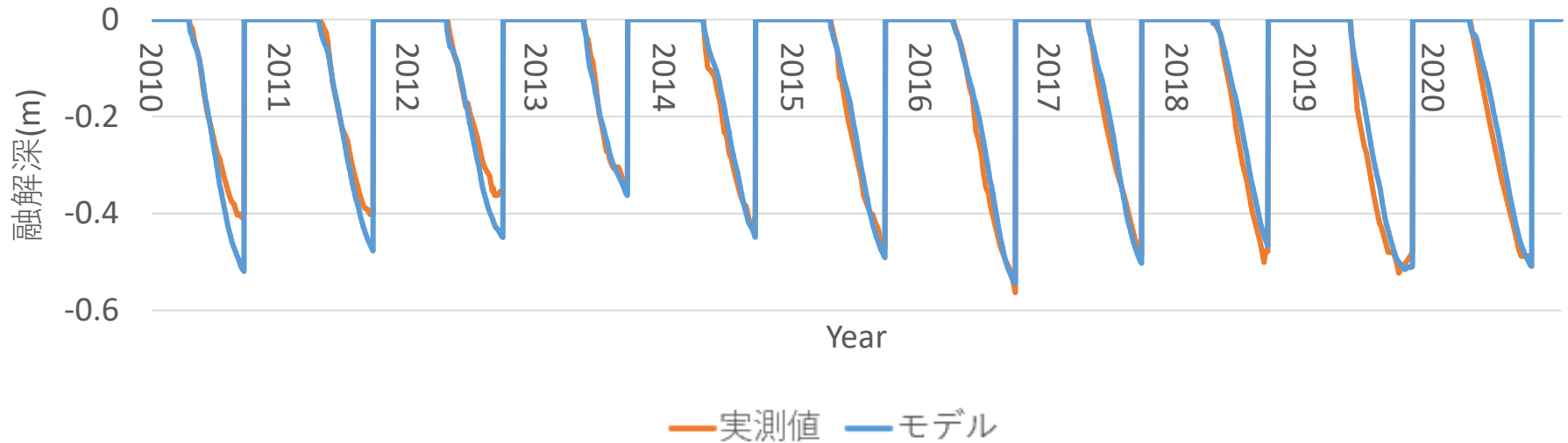
- 融解深：各年の最大値
- 土壌水分：夏の平均
- 消雪日：積雪融解完了日
- 気温：4~9月の平均

結果と考察【熱伝導モデル】

$$z = \alpha(86400 \Sigma \lambda_b T_s)^{1/2}$$

$\alpha = 5.9 \times 10^{-5}$ のとき (融解深の最大を揃えた)

RMSE : 0.054m



■ 理論値 (実測した融解深の値を用いて α を算出)

$$\alpha = [2/(\rho f L)]^{1/2}$$

ρ : 氷の密度(0.9168g/cm³)

f : 氷の体積分率(0.854(=1-0.125-0.02005))

L : 潜熱(336 × 10³J/kg)

➡ $\alpha = 8.7 \times 10^{-5}$

■ 定性的な経年変動は再現出来た

■ 最適化した α が理論値に反した値ではない

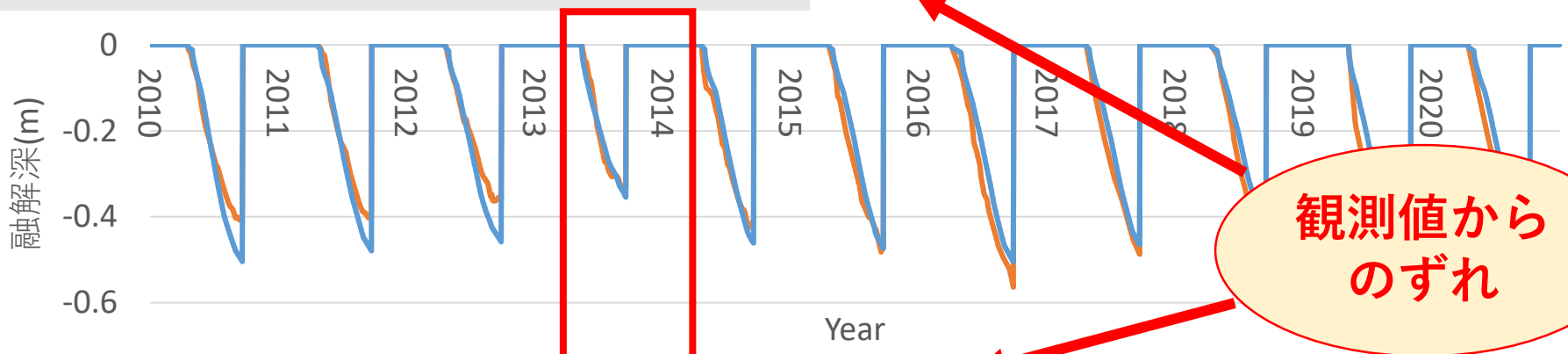
結果と考察【熱伝導モデル】

$$z = \alpha(86400 \Sigma \lambda_b T_s)^{1/2}$$

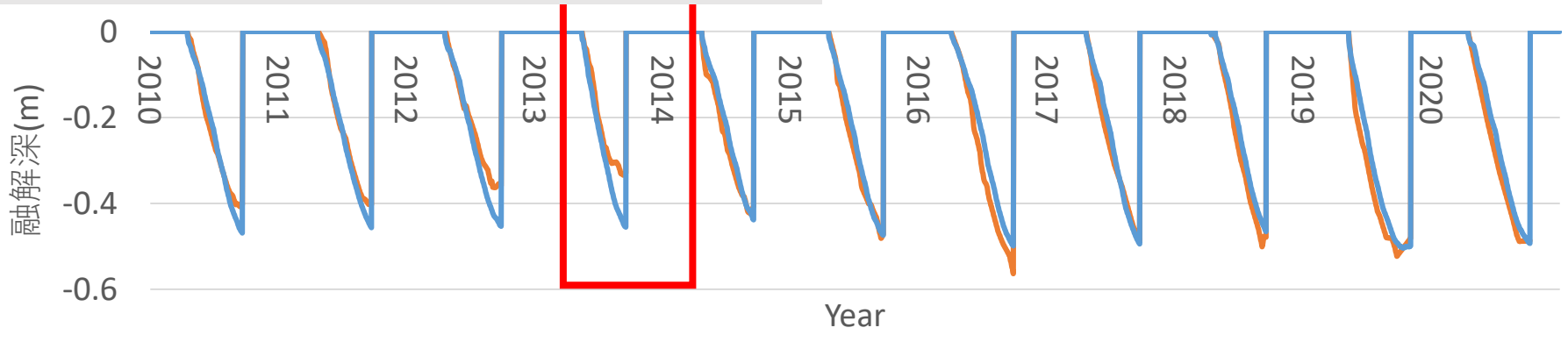
最適化したモデルのRMSE : 0.054m

変数を平均季節変化にし再現性が低い方が良く効いている

Ts (平均季節変化) と実際の土壤水分 **RMSE : 0.055m** — 実測値 — モデル



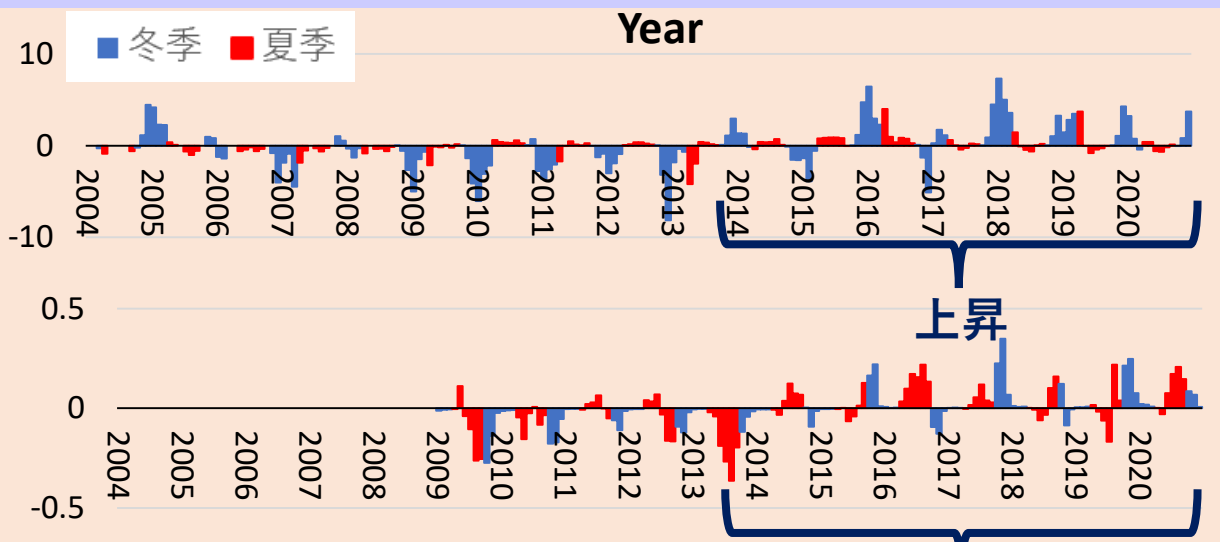
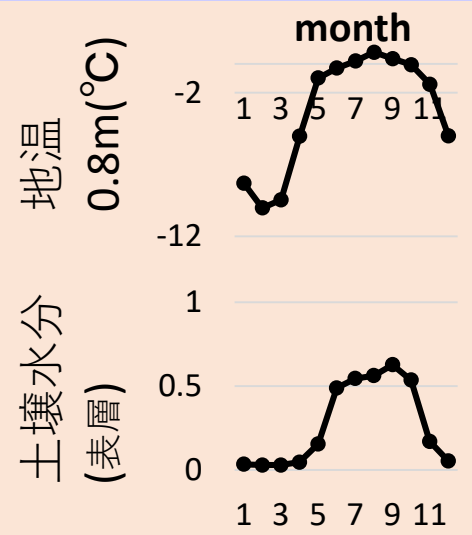
実際のTsと**土壤水分 (平均季節変化)** **RMSE : 0.058m**



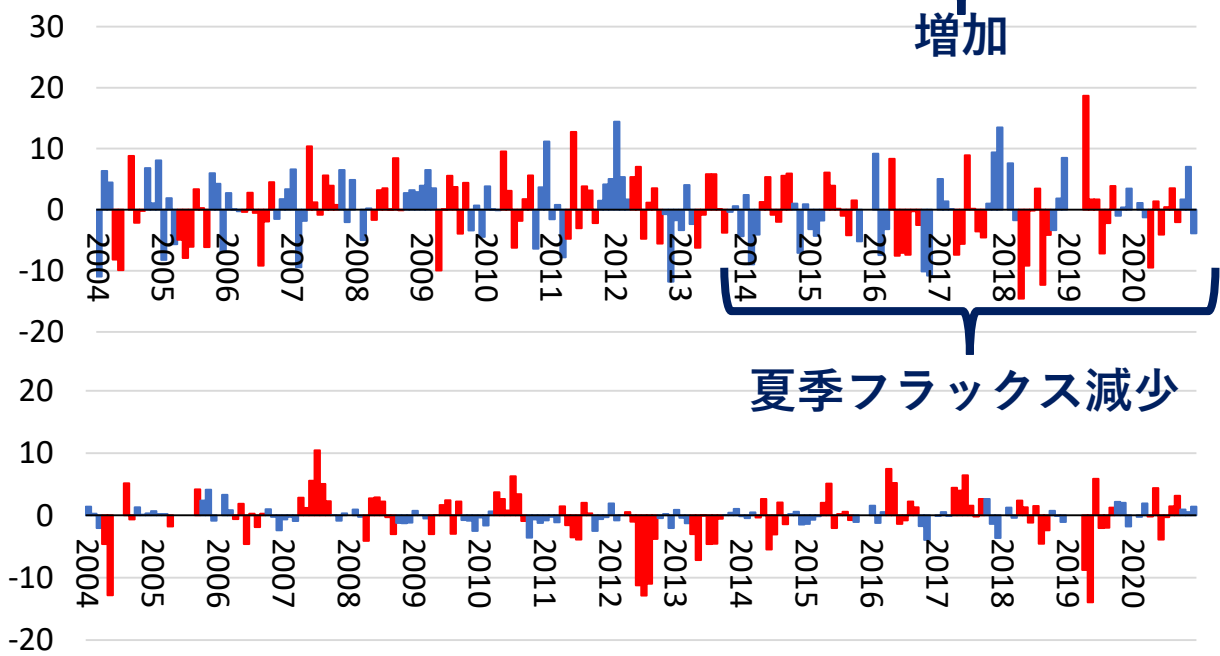
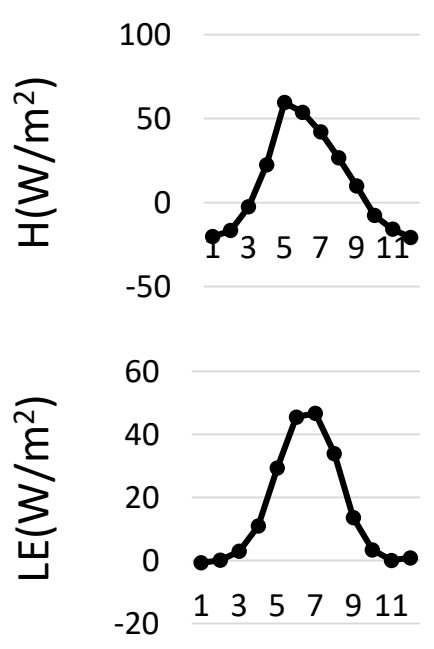
⇒融解深には土壤水分の方が効いている

結果と考察【土壌→大気】・各年の月平均から平均季節変化を引き偏差を算出

土壌



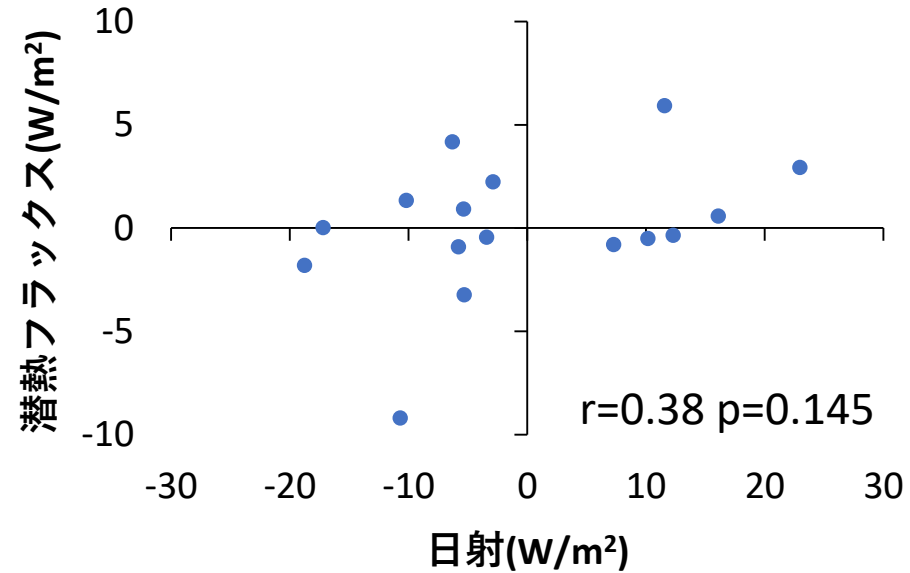
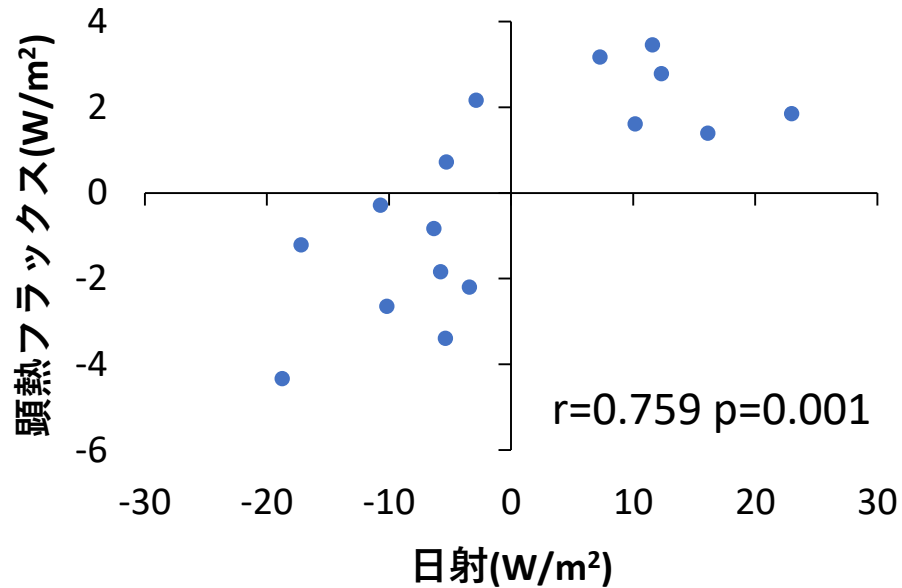
フラックス



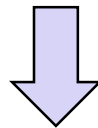
■ 土壌状態の変化とフラックスに関係は見られなかった

結果と考察【相関解析（夏季のフラックスと日射）】

【7~9月】



- 日射**増加**→夏に**顕熱・潜熱フラックス増加**
- 顕熱フラックスと日射には有意な相関



フラックスの年々変動は**放射**による制御が強い可能性

