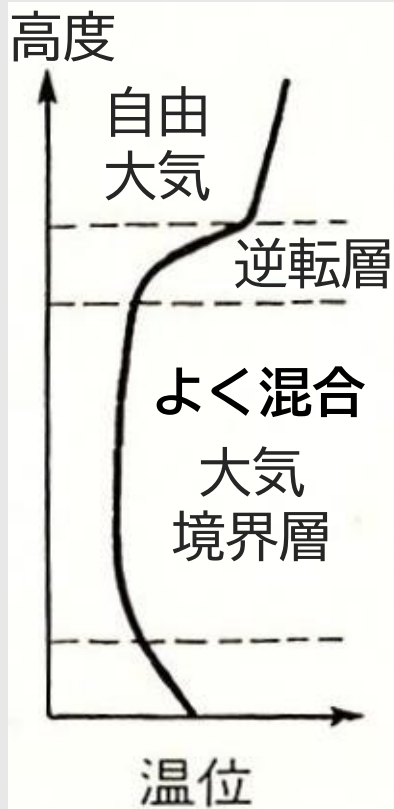


北方林の森林火災による 土地被覆変化が対流性降雨の 特性に与える影響

信州大学 落合悠介

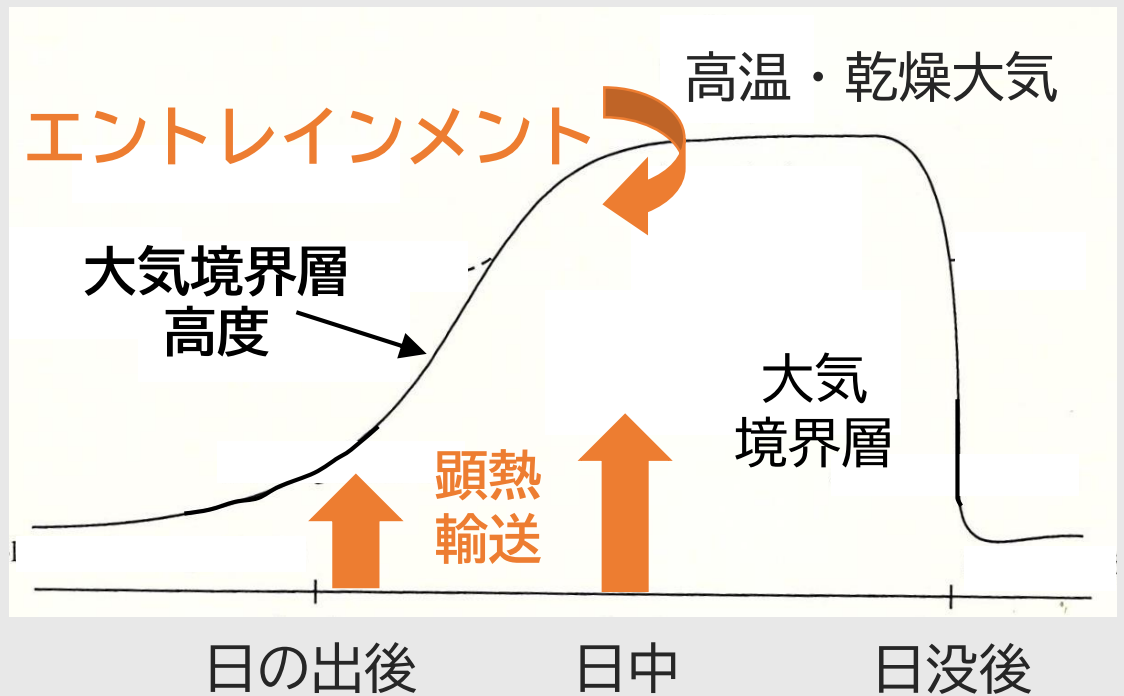
大気境界層と対流性降雨の概略

日中の典型的な
プロファイル



引用：小倉, 2016

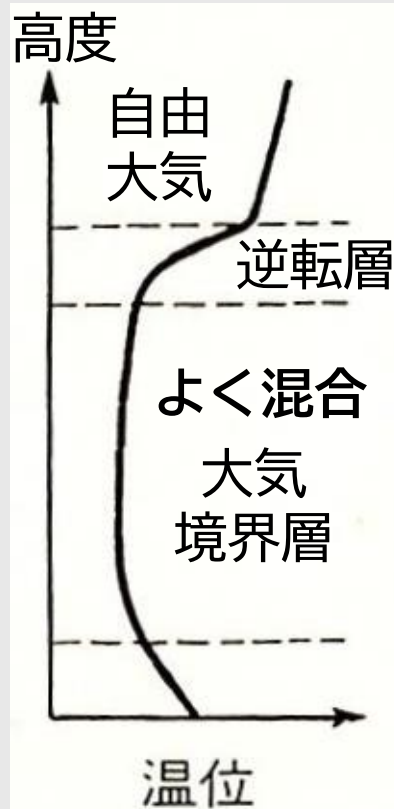
日中の大気境界層の成長



引用：Vila-Guerau de Arellano et al., 2015

大気境界層と対流性降雨の概略

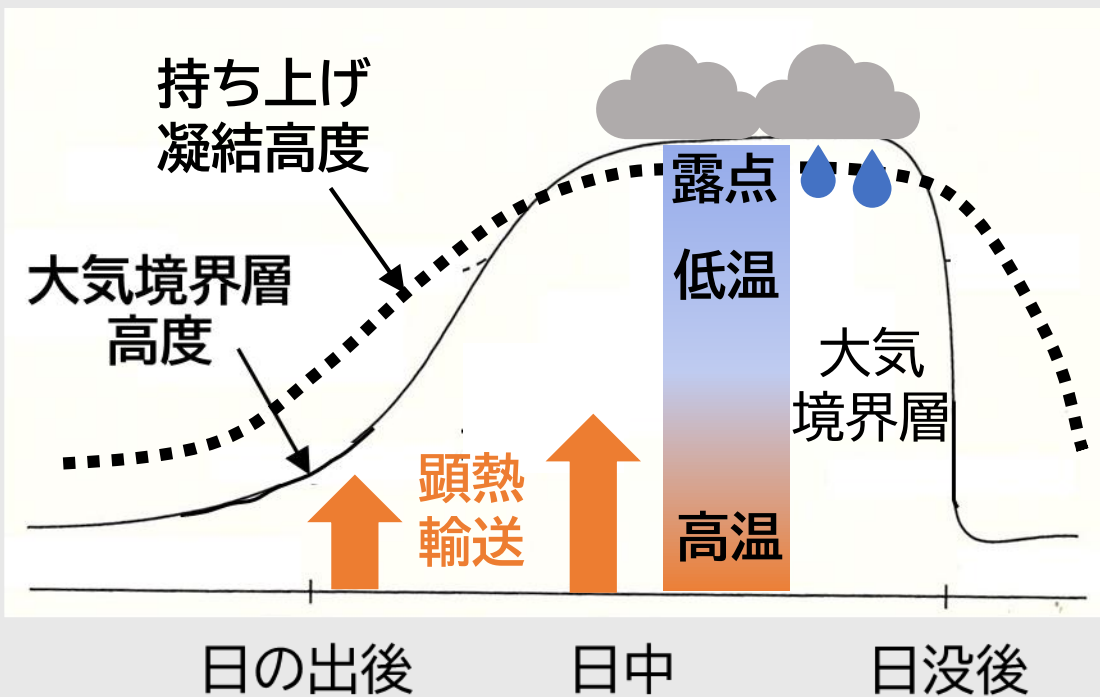
日中の典型的な
プロファイル



引用：小倉, 2016

日中の大気境界層の成長

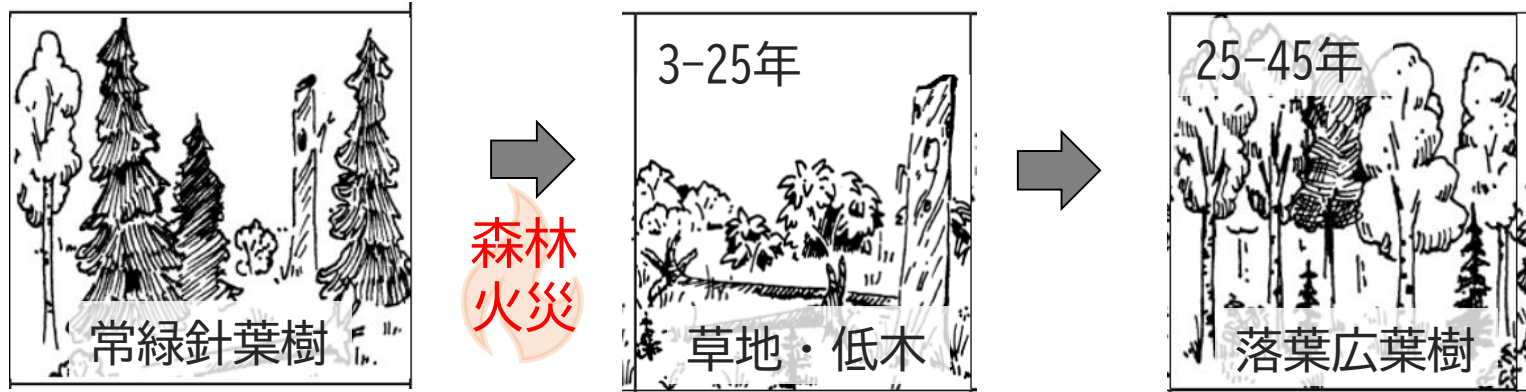
成長した境界層が持ち上げ凝結高度を超えた後の降雨 → 対流性降雨



引用：Vila-Guerau de Arellano et al., 2015

研究背景

- 森林火災によるアラスカの典型的な遷移 [Dublin et al., 2018]



- 火災後の顕熱輸送の減少と潜熱輸送の増加 [Amiro et al., 2006] [Liu et al., 2005]
- 火災後の境界層の高度低下と温位低下・比湿増加 [Ueyama et al., 2020]
→持ち上げ凝結高度が低下すると考えられる。

課題

熱輸送を通じた境界層の変化が雲生成や降雨特性に与える影響が考慮されてきていない

→対流性降雨による土壌水分の変化を通じた植生回復への影響も重要

本研究の目的

アラスカの**森林火災**による地表面変化が**対流性降雨**に与える影響を明らかにする

発表内容の概要

方法

- ・ 観測サイト
- ・ 大気境界層や持ち上げ凝結高度を再現するモデルの紹介

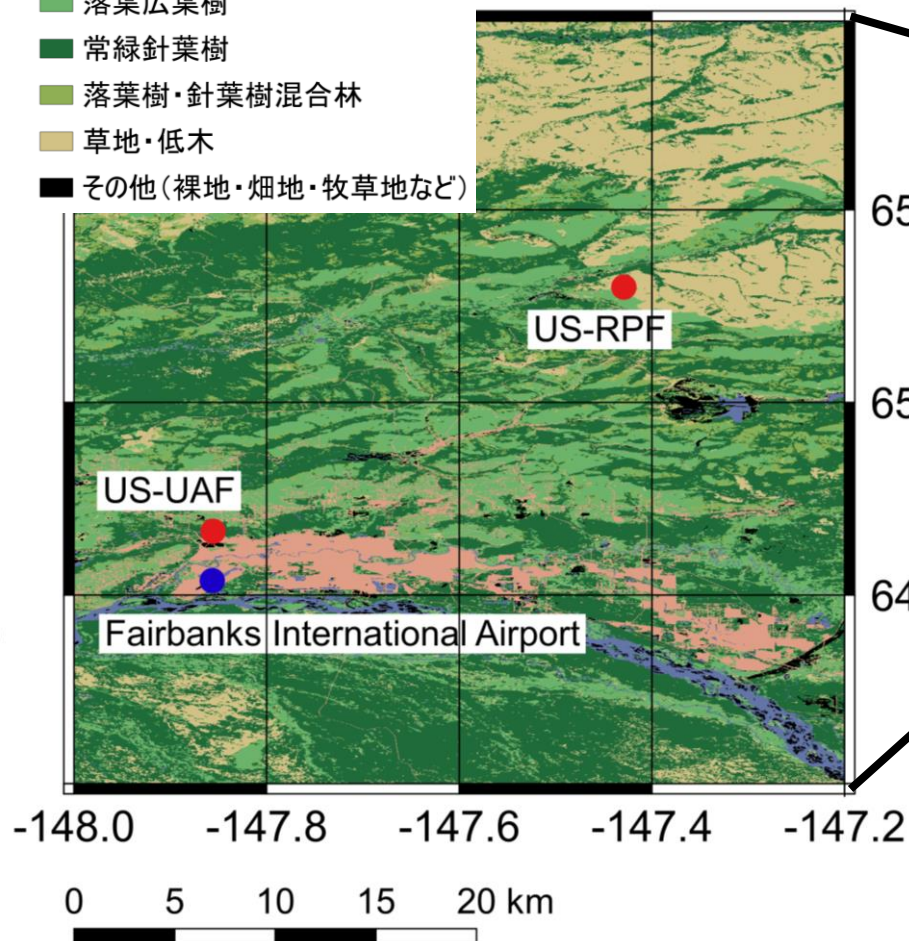
結果と考察

- ・ 火災後の植生回復に伴う熱輸送の変化や大気境界層高度・持ち上げ凝結高度の経年変化
- ・ 火災前後（ボ-エン比の変化）における対流性降雨のモデルシミュレーションと観測結果

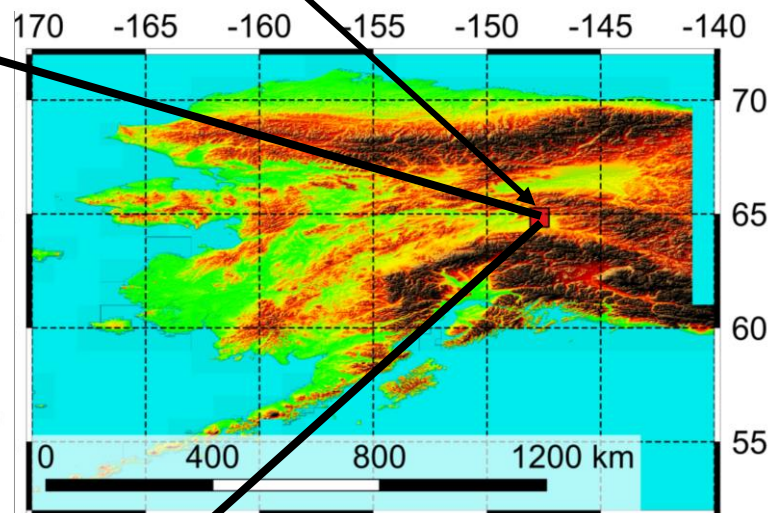
観測サイト

常緑針葉樹が優占するアラスカ・フェアバンクス周辺

- 水域・万年雪
- 市街地・道路
- 落葉広葉樹
- 常緑針葉樹
- 落葉樹・針葉樹混合林
- 草地・低木
- その他(裸地・畑地・牧草地など)



フェアバンクス



標高 (m)

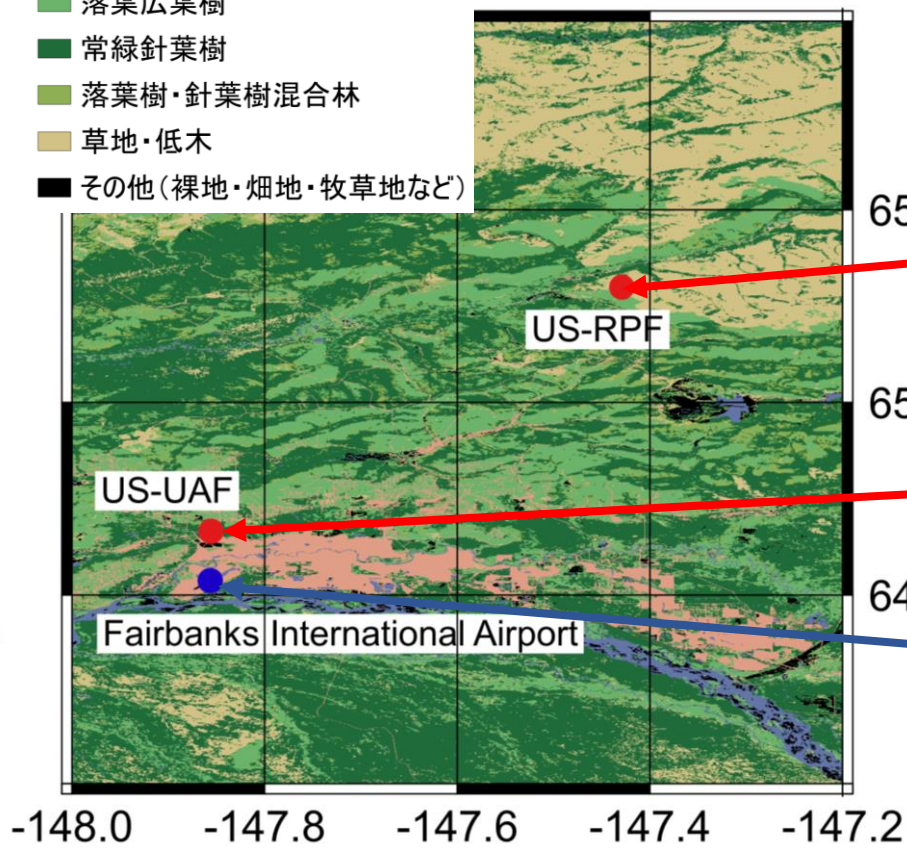
- < 0
- 0 - 3.4
- 3.4 - 75.2
- 75.2 - 205.0
- 205.0 - 331.4
- 331.4 - 488.5
- 488.5 - 772.1
- 772.1 - 1103.4
- 1103.4 - 3412.7
- >= 3412.7

USGSから作成

観測サイト

常緑針葉樹が優占するアラスカ・フェアバンクス周辺

- 水域・万年雪
- 市街地・道路
- 落葉広葉樹
- 常緑針葉樹
- 落葉樹・針葉樹混合林
- 草地・低木
- その他(裸地・畑地・牧草地など)



地上観測サイト

- ・ 顕熱・潜熱輸送の観測
- ・ 気象観測

シラカバ若齢林サイト

- 2004年：深刻な火災
- 2013年～：若い落葉樹優占

クロトウヒ成熟林サイト

ラジオゾンデ観測サイト

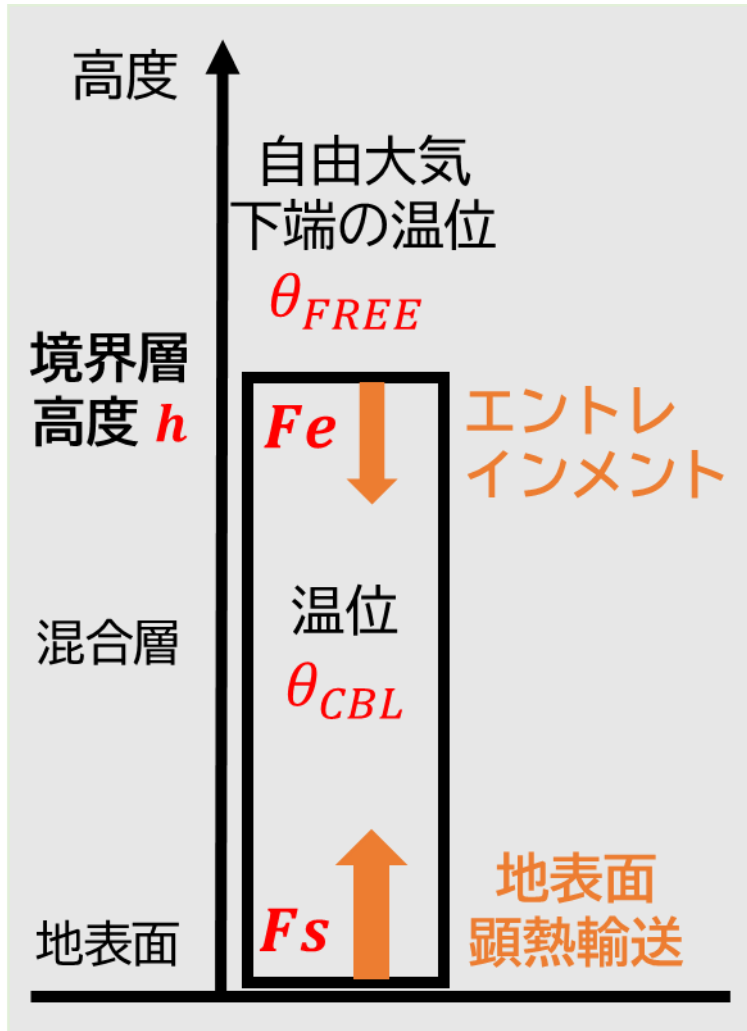
クロトウヒ林上空の
温位・比湿の観測

観測時刻：2:00 14:00

USGSから作成

スラブモデルの概略

スラブモデル：境界層を単層と仮定したモデル



- 境界層内の温位と比湿の時間変化

$$\frac{d\theta_{CBL}}{dt} = \frac{F_s - F_e}{h}$$

比湿の時間変化→潜熱輸送から計算

- 境界層高度の時間変化

$$\frac{dh}{dt} = \frac{\beta F_s}{\theta_{FREE} - \theta_{CBL}}$$

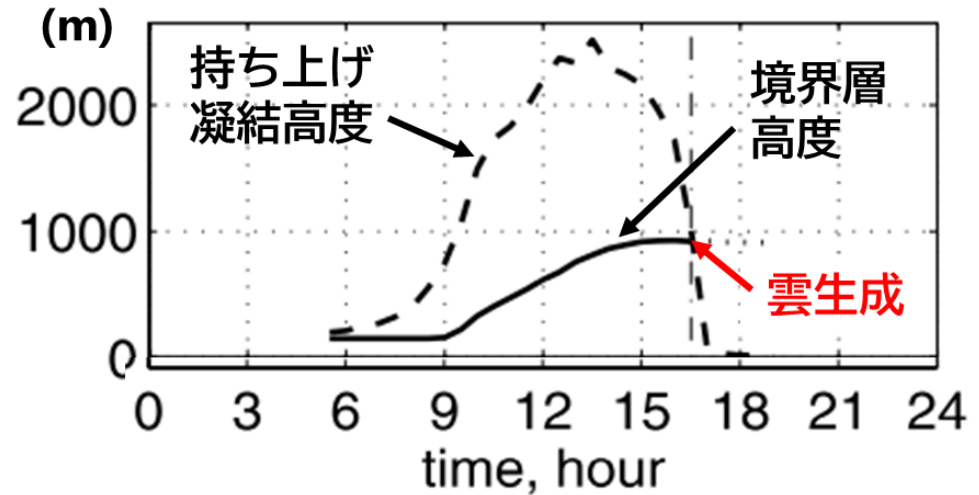
(ただし $\beta = 0.2$)

よく混合した対流条件下で実行

雲生成サブモデルの概略

雲生成や降雨のタイミングを検出するモデル

大気境界層高度が
持ち上げ凝結高度
を超えるときに、
雲が生成する。



持ち上げ凝結高度の推定 Romps (2008)

地表面の気温と相対湿度を用いて計算する。

$$H_{LCL} = \frac{(T_a - T_{LCL})}{\Gamma}$$

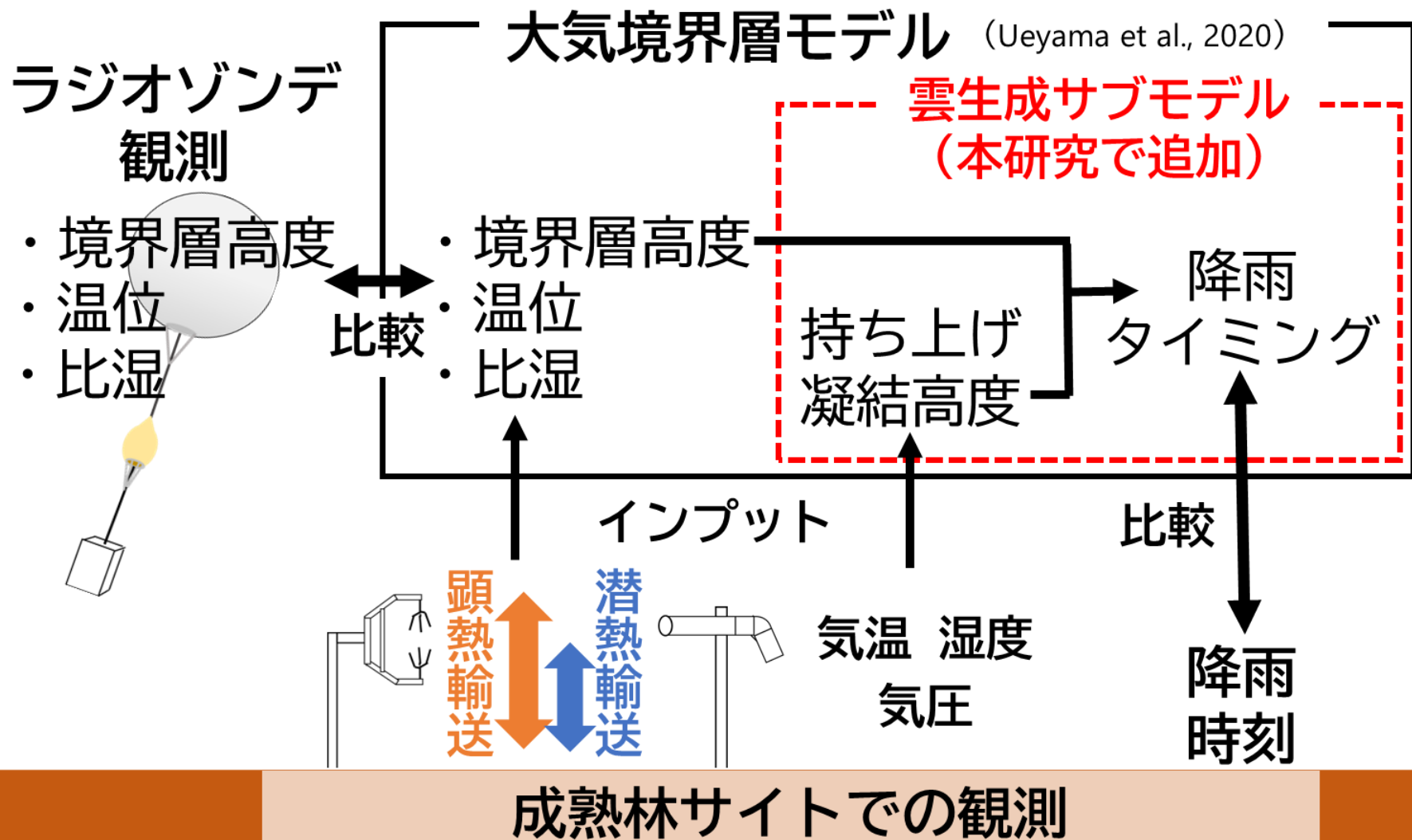
気温

持ち上げ凝結高度での
気温

相対湿度を使用

気温減率

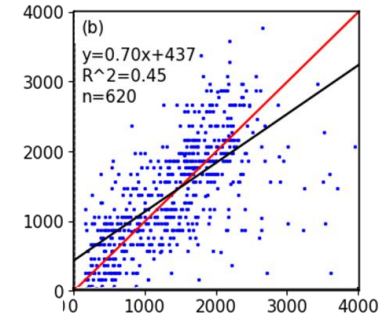
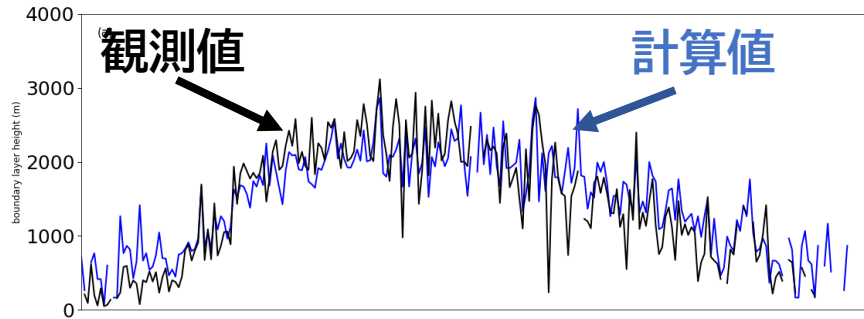
モデルの検証方法



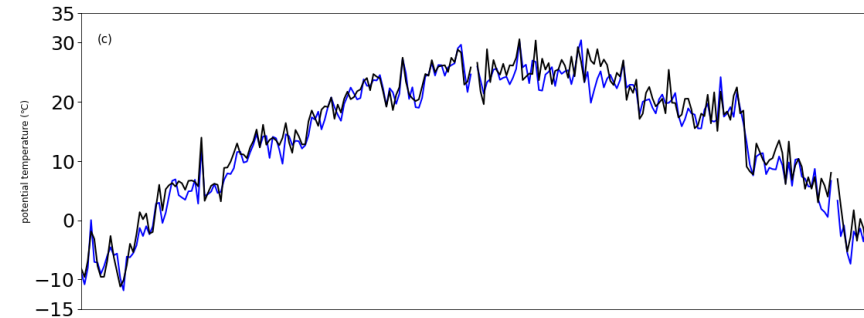
大気境界層のモデル評価

3月から10月の15時のデータ

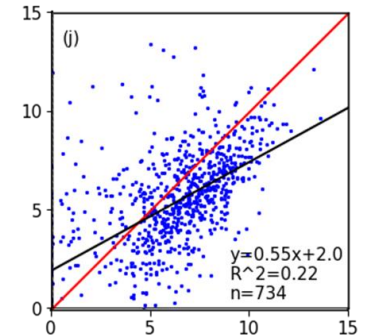
高度 (m)



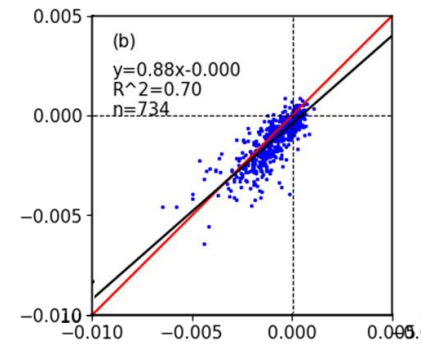
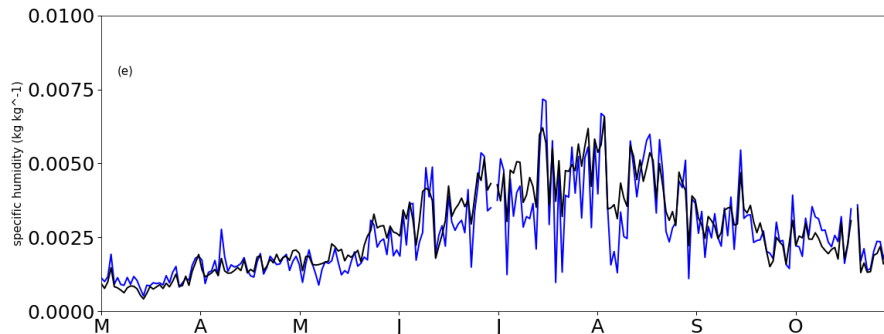
温位 (°C)



観証値



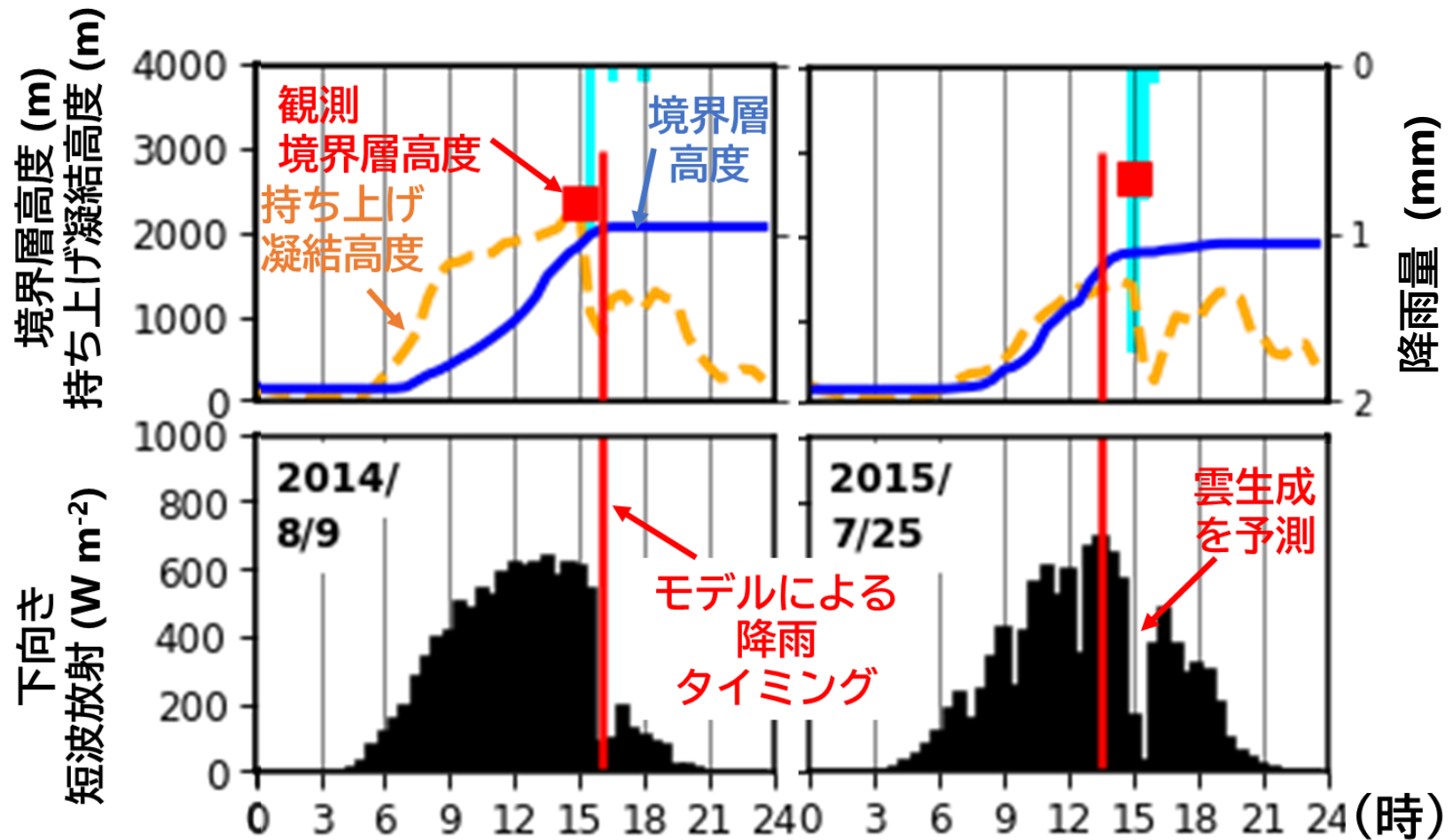
比湿 (kg kg⁻¹)



計算値

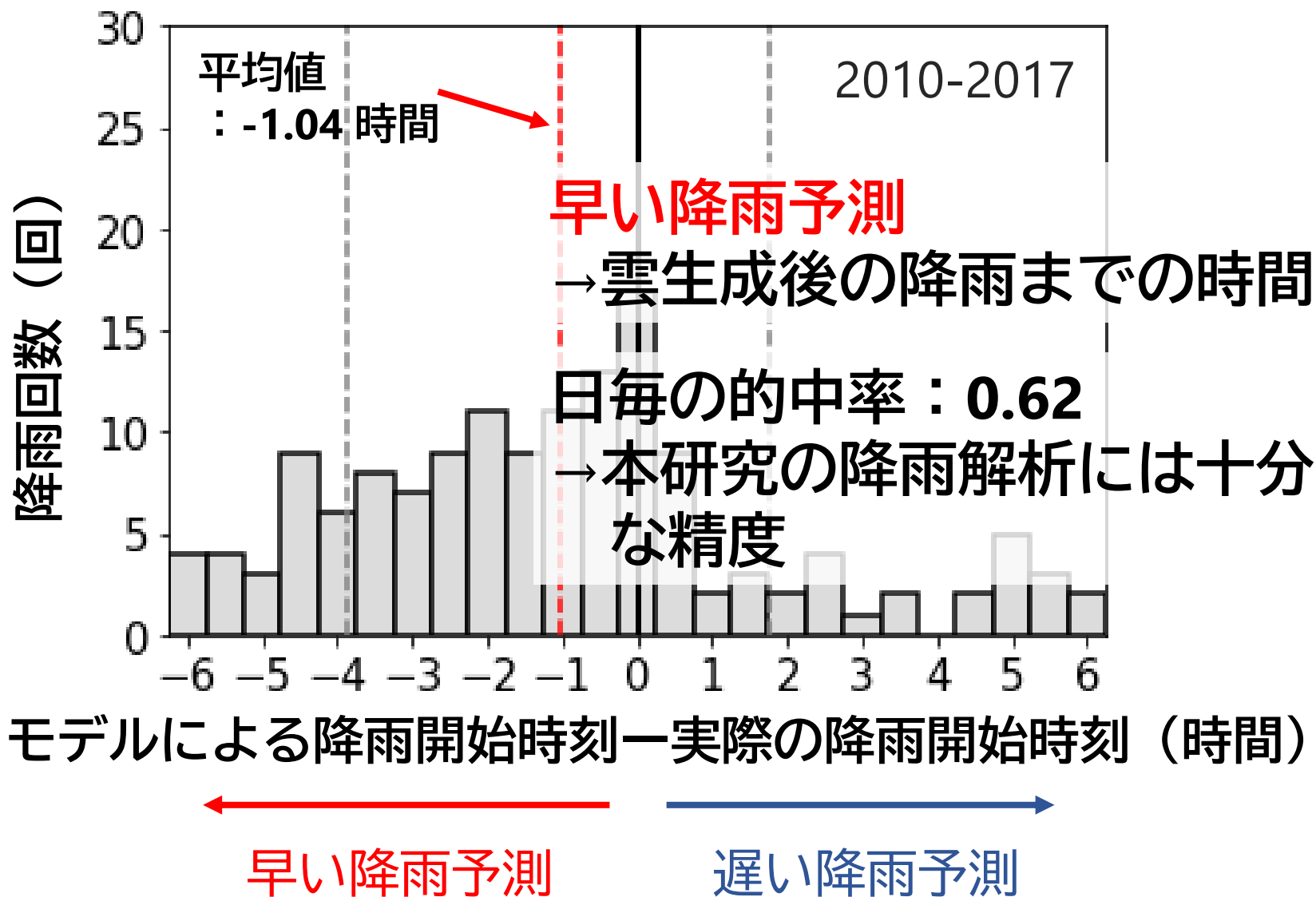
モデルは大気境界層の季節変化をおよそ再現

対流性降雨発生 の予測例



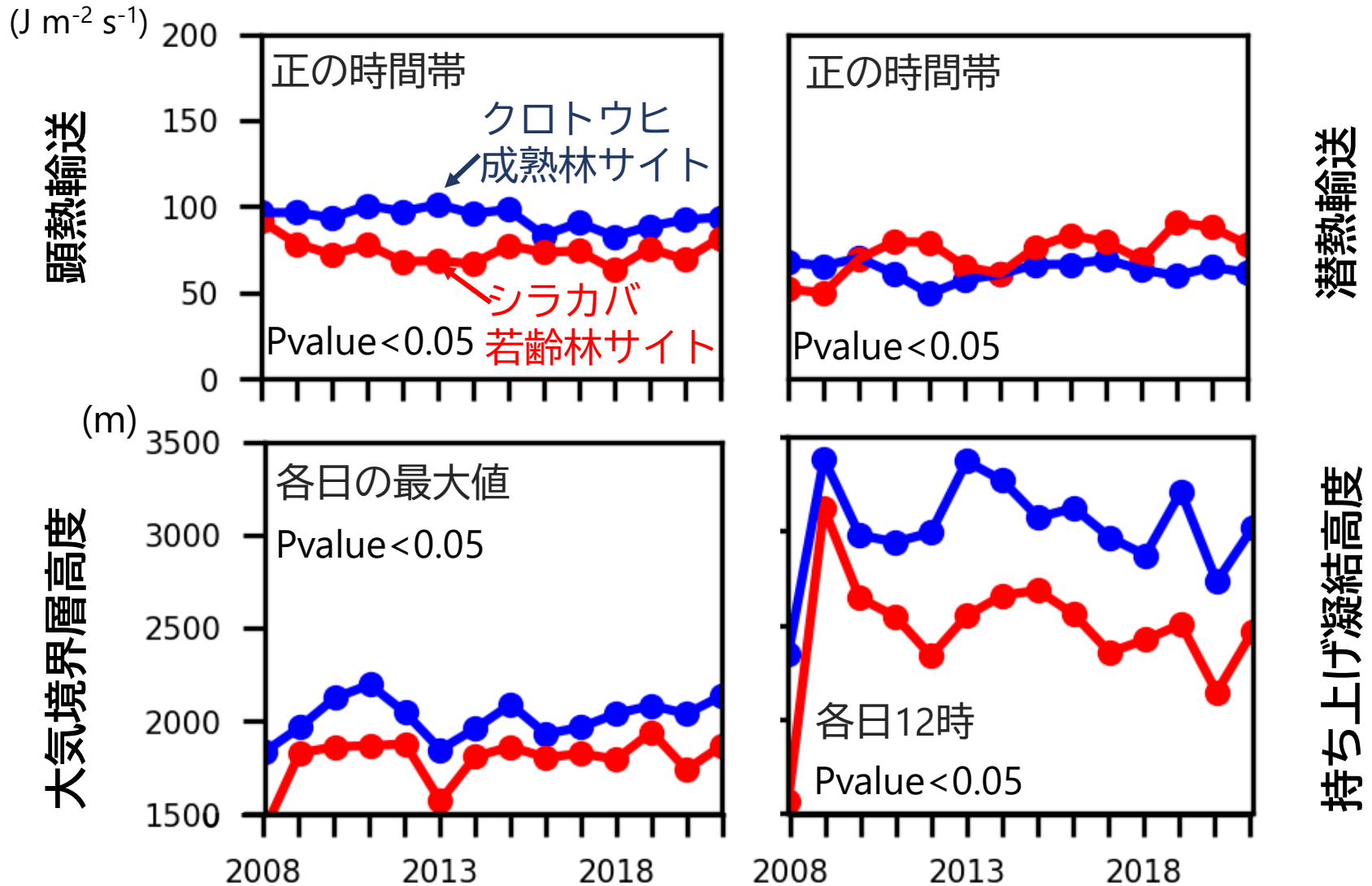
境界層高度が持ち上げ凝結高度を超える際に雲生成や降雨がみられた

対流性降雨発生タイミング予測の検証



火災前後の大気境界層と持ち上げ凝結高度の変化

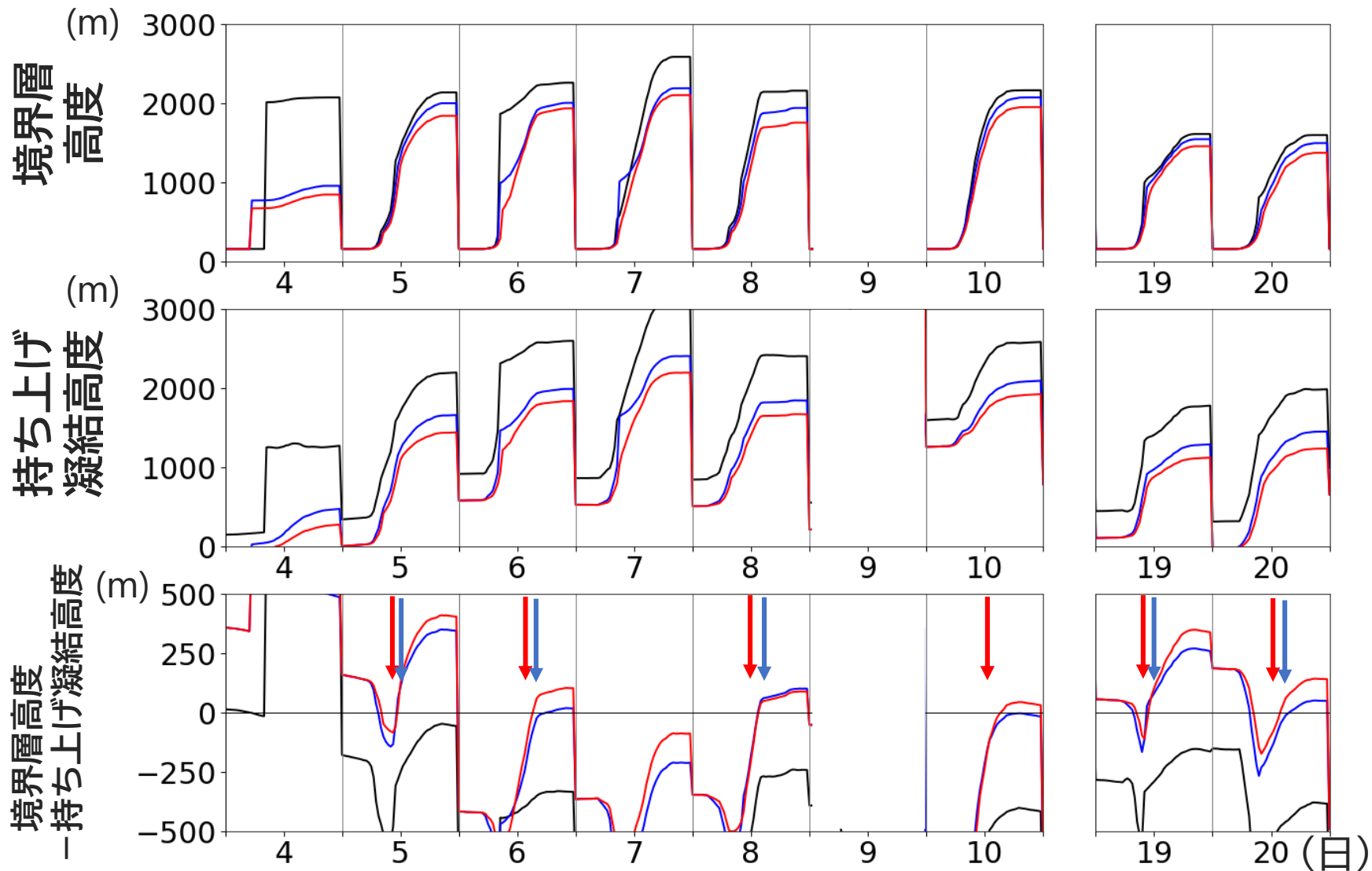
2008年-2021年の5~8月の月中央値



ボーエン比(B_0)の変化に対するモデルの感度実験

黒：成熟林サイト (日中平均 $B_0=2.0$) 青：火災後7年目 (低木) (日中平均 $B_0=1.3$) 赤：火災後12年目 (若い広葉樹) (日中平均 $B_0=0.9$)

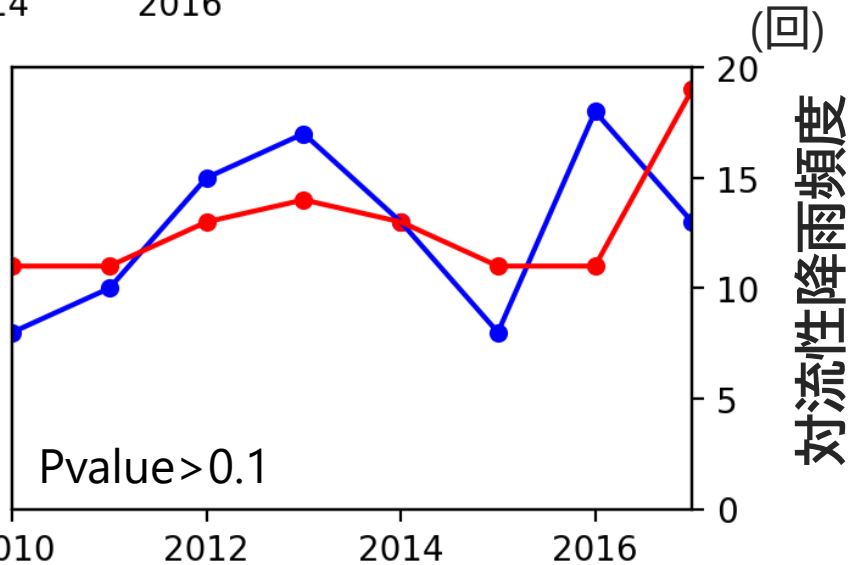
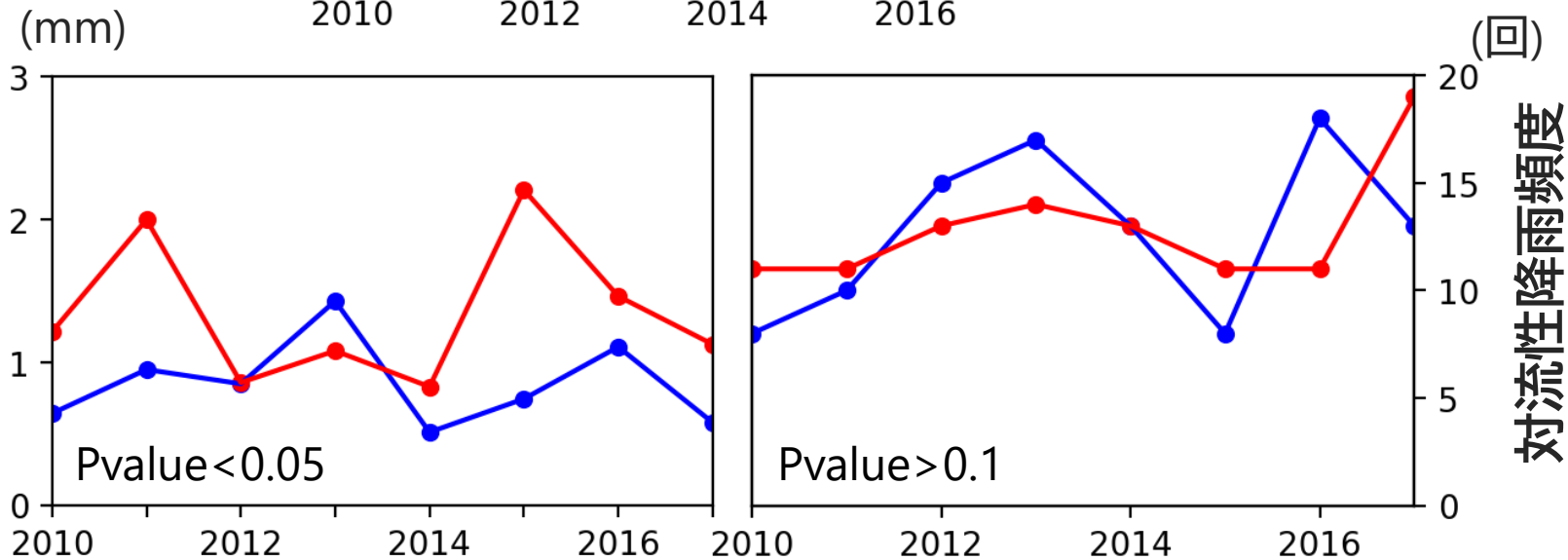
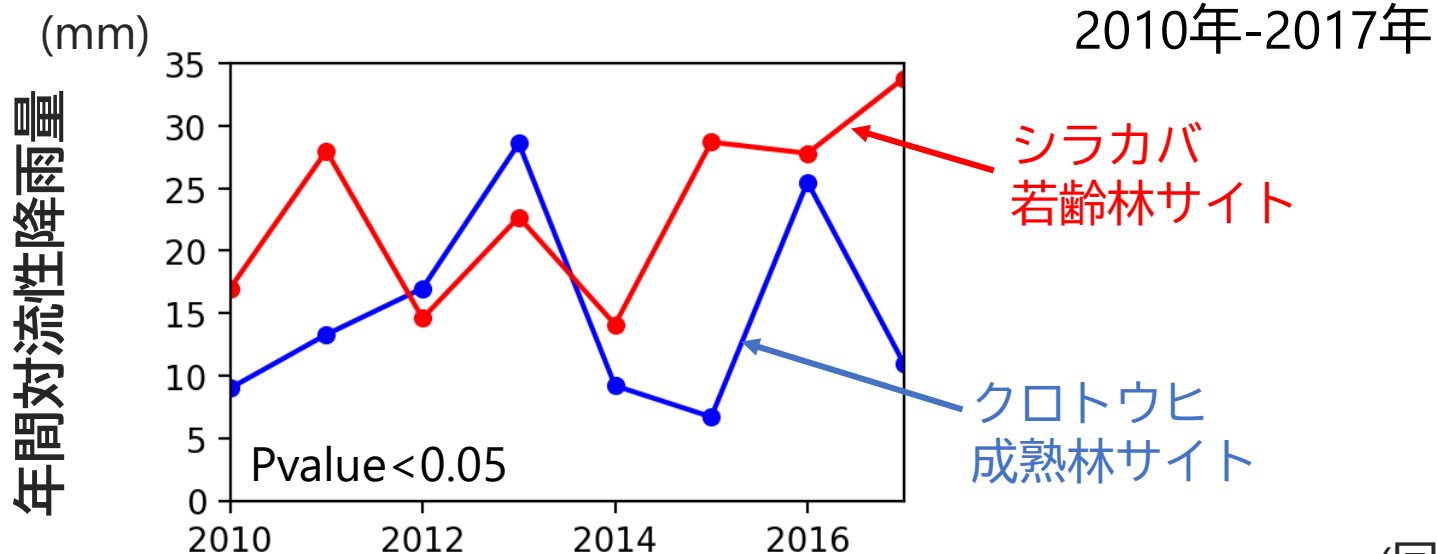
2011年7月



対流性降雨量の分析

モデル予測時に実測の降雨から抽出（対流条件）

イベントごとの降雨量（年平均）



まとめと結論

大気境界層モデルと雲生成サブモデルの評価

- ・大気境界層と持ち上げ凝結高度がおおよそ再現された
- 対流性降雨開始タイミングの日毎の予測がおおよそ再現

火災前後での対流性降雨特性の変化

- ・火災後の熱輸送変化を通じた境界層高度や持ち上げ凝結高度の低下傾向がみられた。
- 境界層高度の低下量 < 持ち上げ凝結高度の低下量
- ・モデルシミュレーションによる火災後の雲生成・降雨頻度の増加や観測降雨の分析によるイベントごとの降雨量の増加傾向が示された。

降雨頻度の増加やイベントごとの降雨量の増加により、大規模な森林火災後には対流性降雨が増加する可能性が示された。