

**ウェーブレット変換を用いた  
高山帯生態系における  
二酸化炭素交換の環境応答解析**

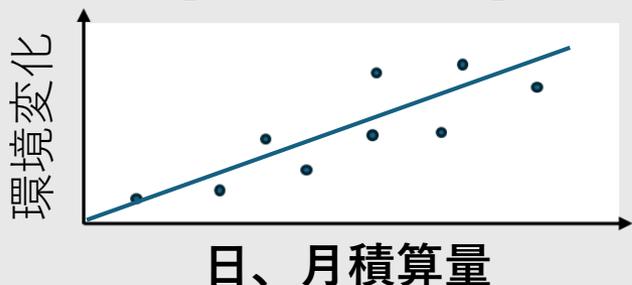
22S6025G 吉村隆博

# はじめに

## CO<sub>2</sub>交換

- 大気中のCO<sub>2</sub>濃度は、大気と生態系間との交換で増減
- 大気と生態系間のCO<sub>2</sub>交換は異なる季節、時間スケールで環境変化に応答 (Jia et al., 2018)

[一般的な手法]



- 特定の時間スケールを解析
- 時間的局所性の解析には不向き

[近年の試み]

**ウェーブレット変換**を用いた  
CO<sub>2</sub>交換と環境要因の応答解析

- マルチスケールな解析
- 時間的な**局所性**に対応

温帯・湿地帯などで先行研究

### 研究目的 / 内容

**ウェーブレット変換**を用いたCO<sub>2</sub>交換と環境要因との応答を解析、  
**高山帯生態系**における**CO<sub>2</sub>交換の特性**や**応答要因の詳細**の解明

# 観測概要

2

## 観測サイト

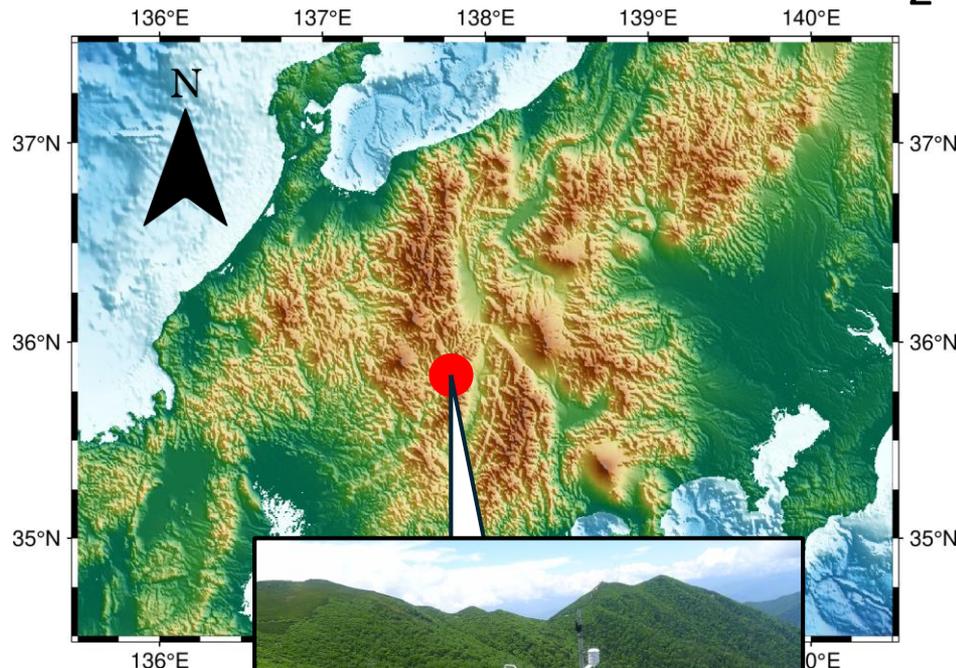
長野県 木曾山脈 将棋ノ頭付近  
標高：2640m 植生：ハイマツ  
積雪時期：1~4月末、10月末~12月

**解析期間** (連続してデータのある期間)  
2021年、2024年

**観測項目** (30分ごと)

- **気象** 日射、気温、地温、飽差
- **フラックス (渦相関法)**

正味CO<sub>2</sub>交換量 → 総一次生産量 (GPP)、生態系呼吸 (RE)  
(正味CO<sub>2</sub>交換量から分離)



▲ 観測サイトと所在地

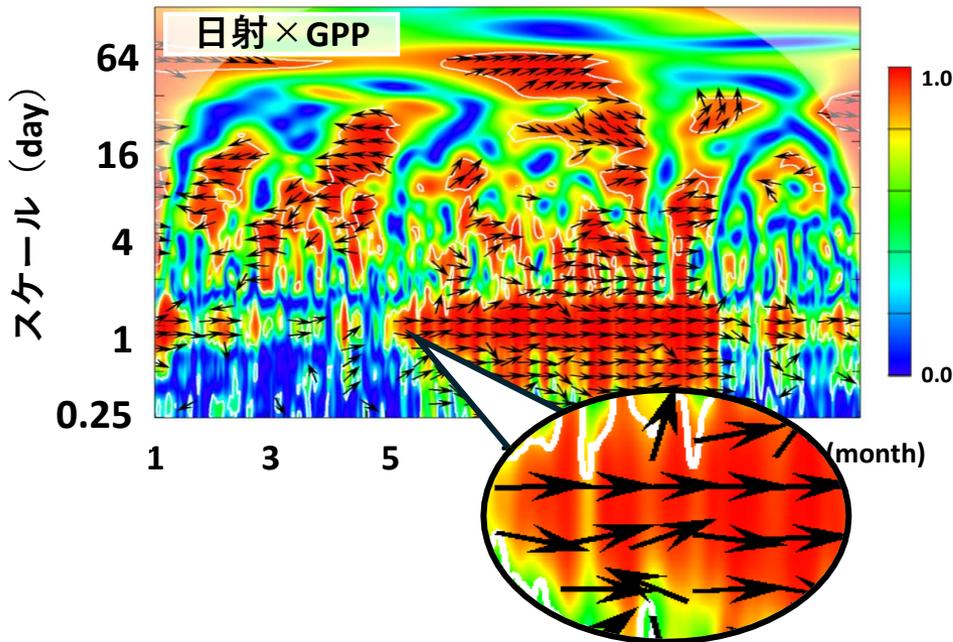
【補完手法】 ランダムフォレスト法 … 一時的な欠損：各年データで学習し補間

# 方法 | ウェーブレットコヒーレンス

連続ウェーブレット変換：時系列信号を「時間とスケール領域」に分解

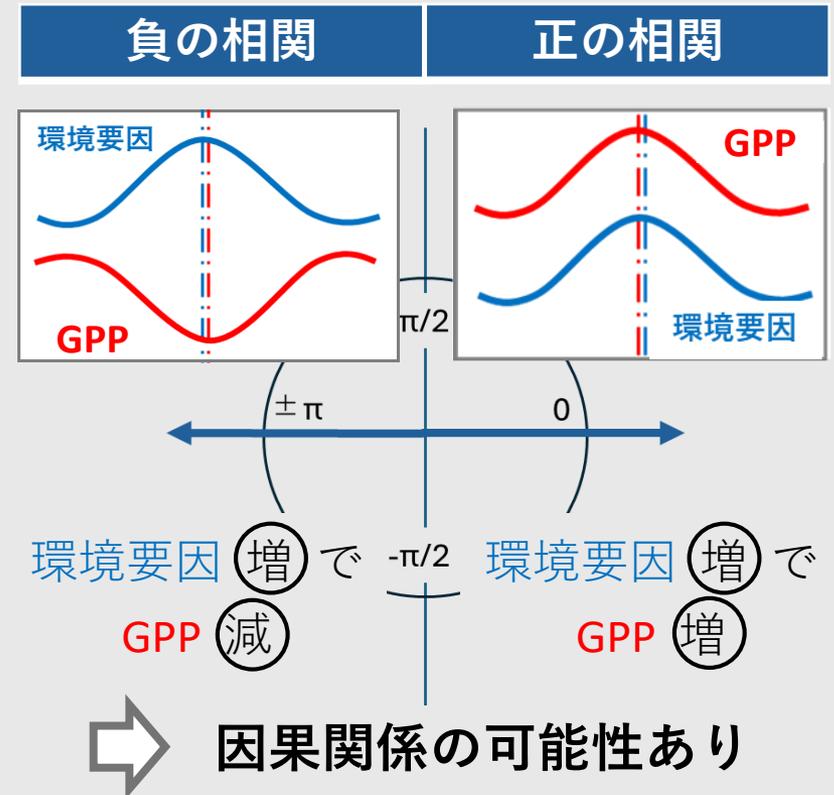
↳ 局所的な現象の解析に適する

○ ウェーブレットコヒーレンス：2要素の局所的な相関



• 2要素の波のコヒーレンス

→ 位相のずれ具合を矢印で



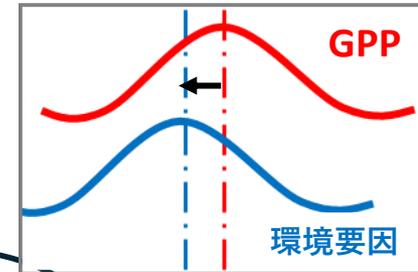
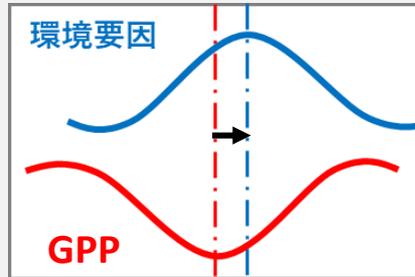
## 負の相関

## 正の相関

GPPに対して  
環境要因が遅れ



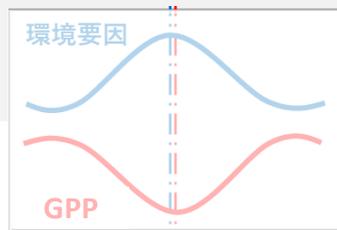
因果関係なし



GPPに対して  
環境要因が先行



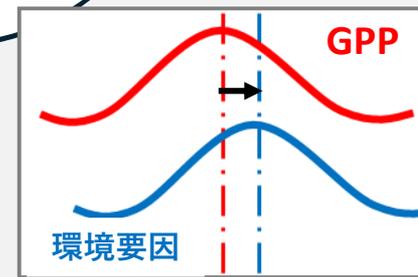
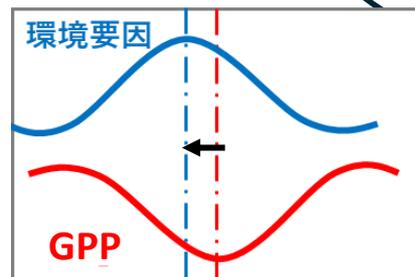
因果関係あり



GPPに対して  
環境要因が先行



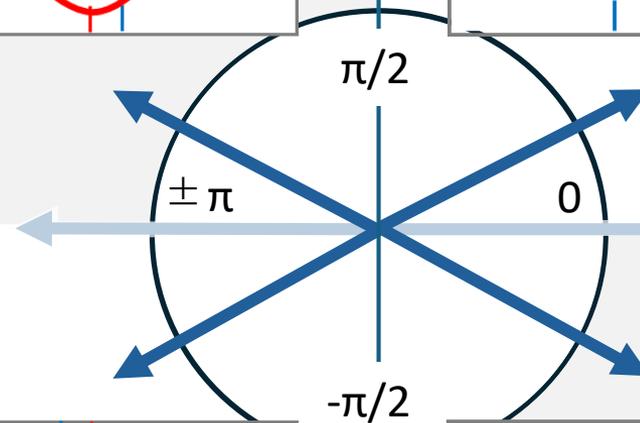
因果関係あり

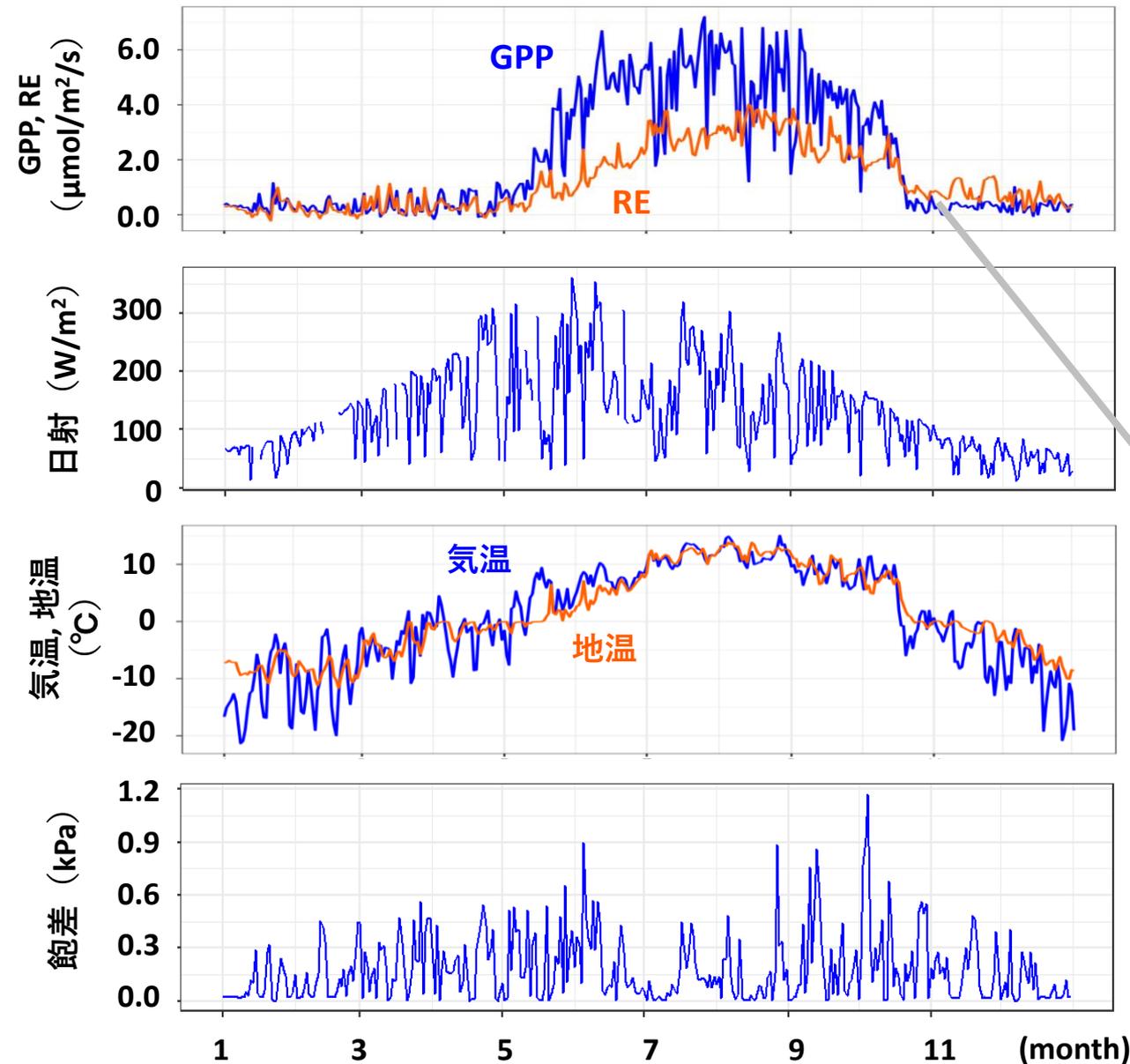


GPPに対して  
環境要因が遅れ



因果関係なし





## 【 GPP、RE 】

- 春~夏期に増加
- 夏~秋期に減少
- 7月にGPP (減)、RE (増)
  - 梅雨の降水

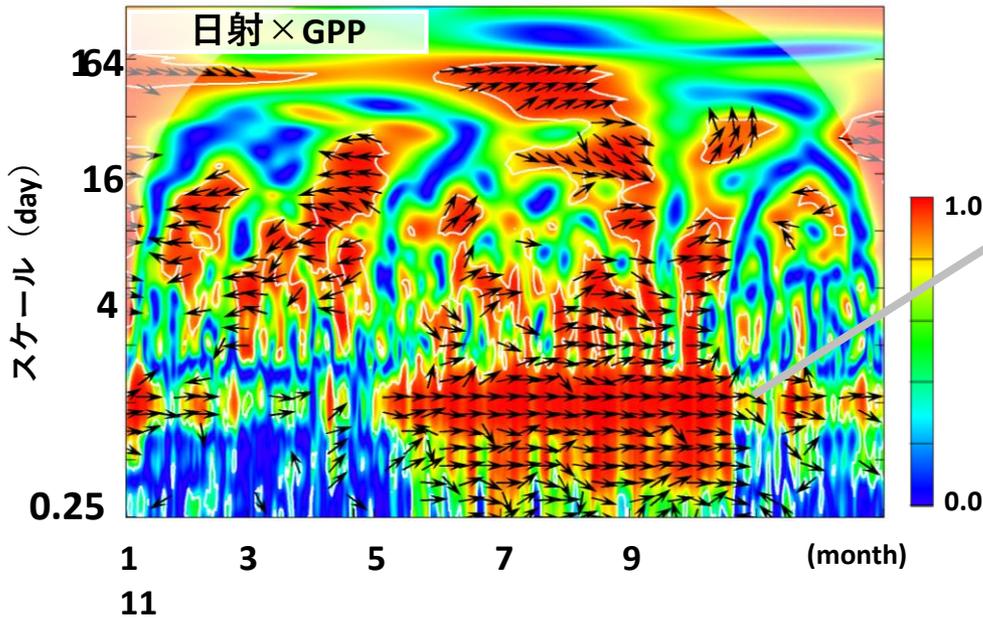
非積雪時に変動



非積雪時のGPP、REと  
環境要因との相関に着目

## 【 環境要因 】

- 夏期に増加、冬期に減少
- 梅雨
  - 日射、飽差 (減)



## ・ 正の相関

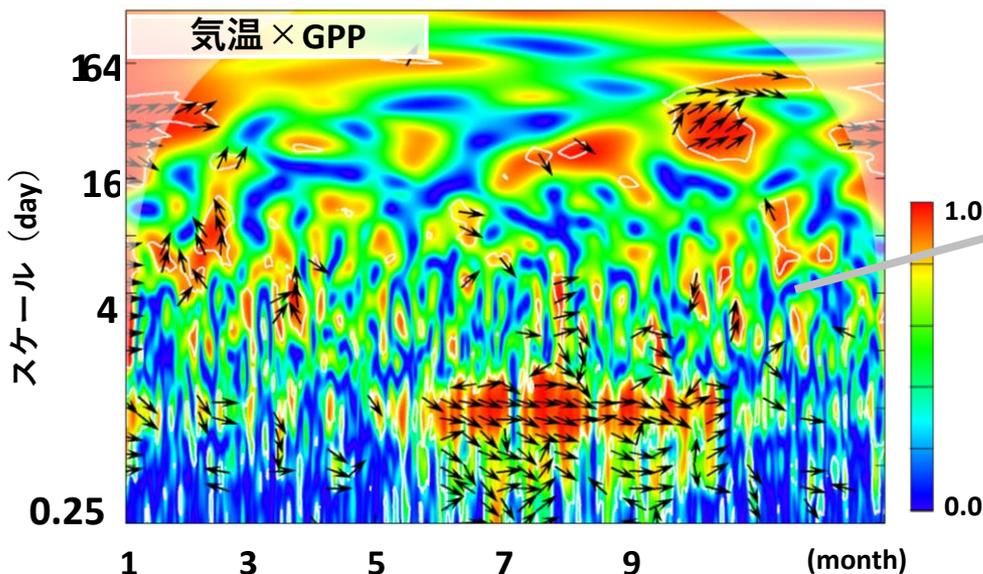
- 日スケールで連続
  - 2日~ふた月スケールで局所的
- ・ ずれ小さい → **密接な反応**

## ・ GPPは日射によって制御

日スケール：**日変化**に伴う日射の変動

2日からふた月スケール：**気象変化**に伴う日射の変動

- **数日ごとの気象の変化**
- 7月から8月、**梅雨から梅雨明け**



## ・ 正の相関

- **GPP** : 日スケールで連続  
融雪後、積雪開始時の  
ひと月スケール

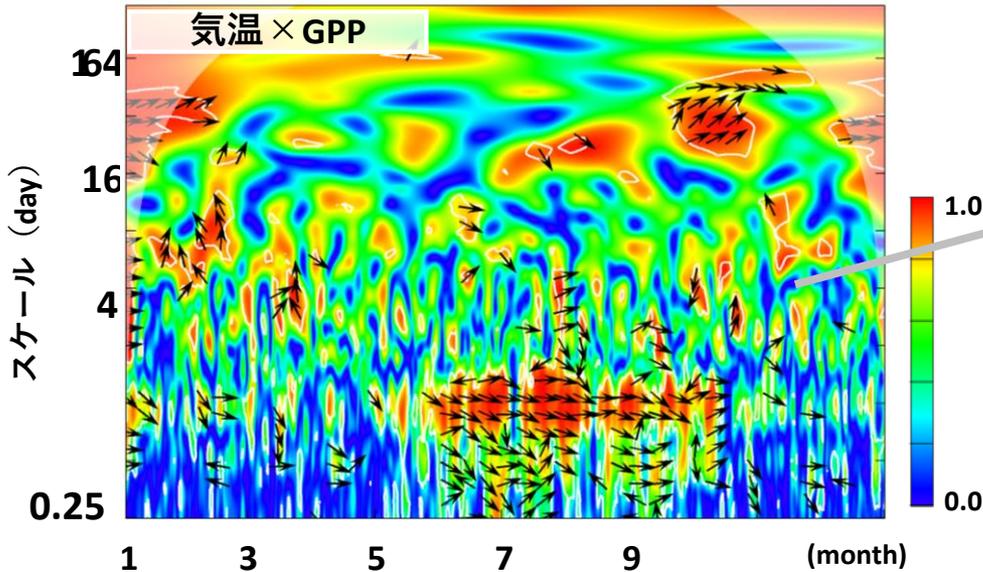
## ○<sup>11</sup> 融雪後、積雪開始時

【先行研究 (Kajimoto,1990)】

- 光合成の最適温度：高山帯のハイマツで10~15°C

➡ 本研究の夏期の気温に相当

➡ 光合成最適温度の移行期間、GPPは月スケール前後の気温で制御



## ・ 正の相関

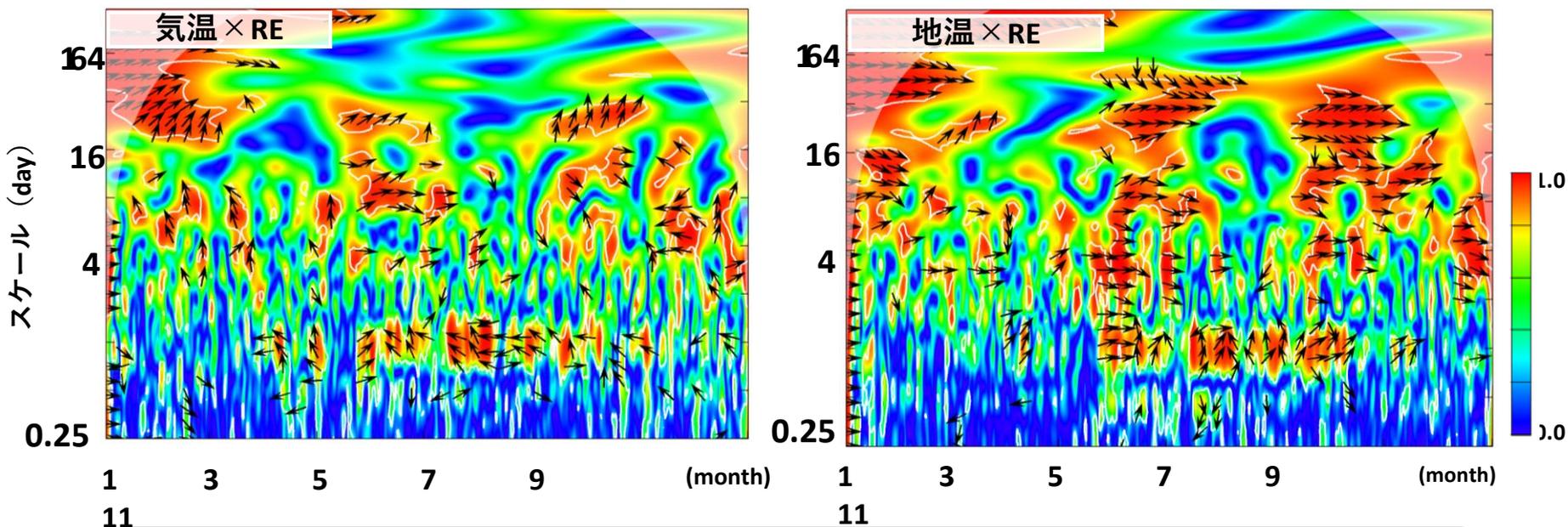
- **GPP** : 日スケールで連続融雪後、積雪開始時のひと月スケール

## ○<sup>11</sup> 日スケール

- ・ 日射の影響を削除すると、**相関の多くが減少**



日スケールの相関は**日射**の影響による**見かけの相関**



## ・ 正の相関

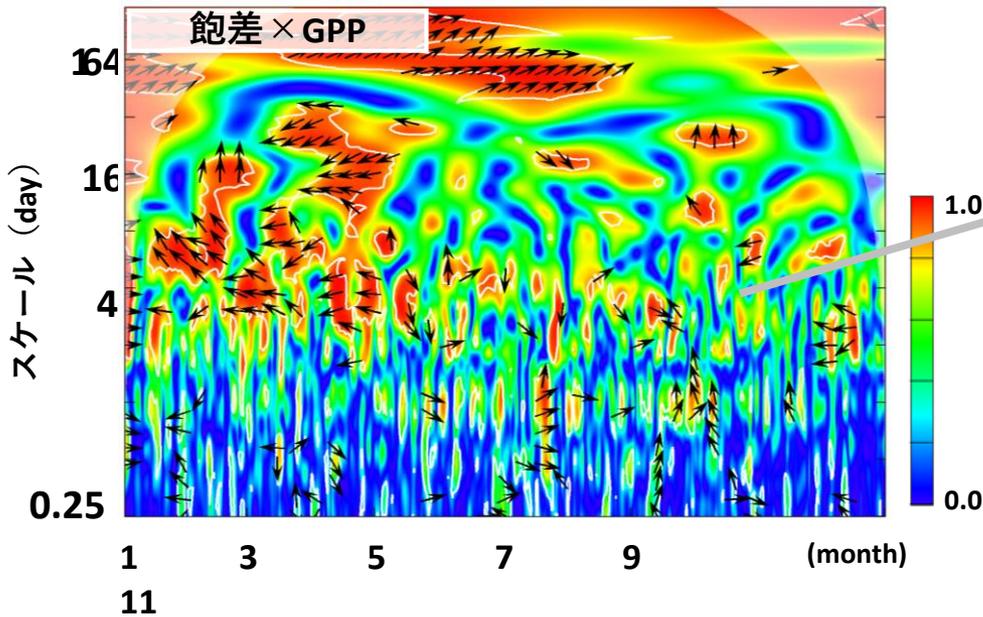
- RE : 日スケール

融雪後、積雪開始前の数日からひと月スケール

- 日スケール → 日射の影響を削除で相関の多くが減少

融雪後、積雪開始前 : 数日からひと月スケールでREを制御

日スケール : 日射による見かけの相関



## ・ 正の相関

- 日~ひと月スケールで局所的

→ 飽差 (高) でGPP (増)

- 気孔閉鎖を通じ、高飽差でGPP減少が一般的
- 湿潤な高山帯生態系 → 飽差は常に小さい

高山帯で飽差は低く保たれるため大きく制御しない可能性

- **連続ウェーブレット変換**を用いたCO<sub>2</sub>交換と環境要因との応答解析

**夏期** 日スケール : 主に**日射の日変化**で GPP 制御

数日~月スケール : 梅雨など**日射に関連する環境変化**で GPP 制御

**春秋期**

融雪後、積雪開始 : 数日スケール以上で**気温、地温**が RE 制御

CO<sub>2</sub>交換の制御 ← **ある時期・あるスケールの異なる環境要因**



連続ウェーブレット変換により、CO<sub>2</sub>交換の制御の要因と期間を**定量的に明らかにすることが可能**