

# 同期した時系列データ間の 「見えない因果」の新規検出法

京都大学 白眉センター  
特定准教授 潮 雅之



京都大学  
KYOTO UNIVERSITY

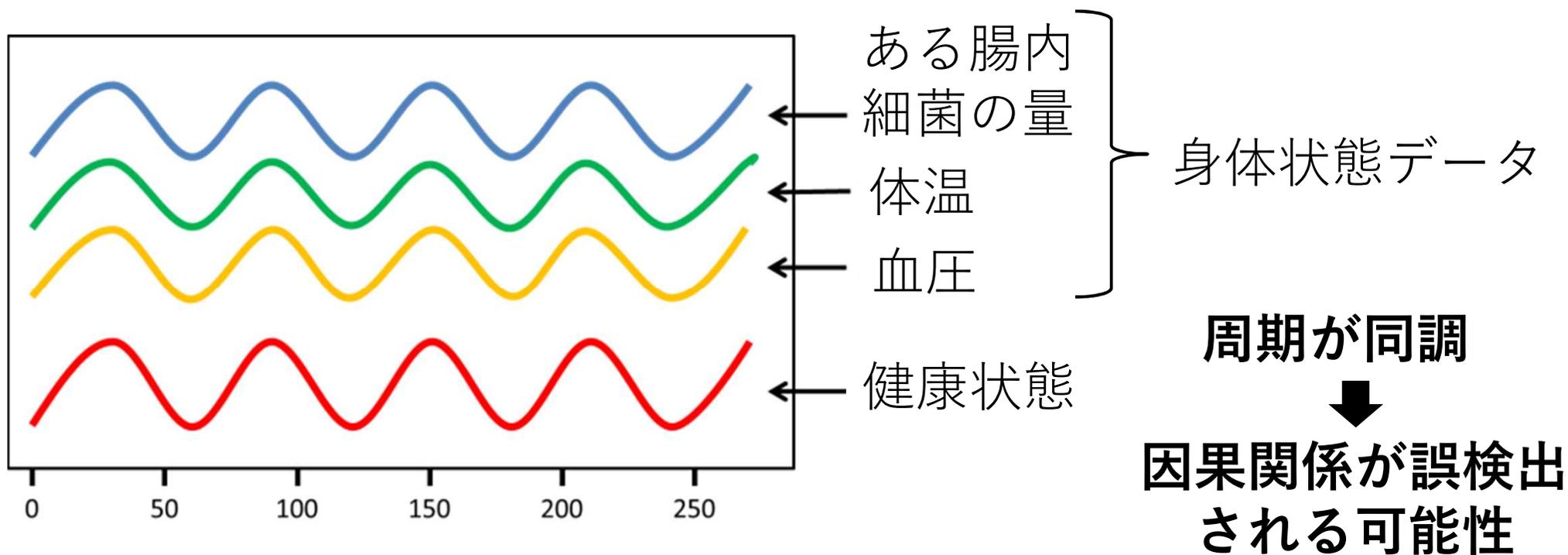


2019年5月16日

# 従来技術とその問題点

- データ解析による因果関係の推定は、「減少のメカニズムの解明」「現象の予測」「現象の制御」などの観点から非常に重要
- 時系列データに基づく因果解析法がいくつか開発されており、**Transfer Entropy (TE; Schreiber 2000)**、**Convergent Cross Mapping (CCM; Sugihara et al. 2012)** などが有名
- しかし、これらを「**周期が同調した時系列データ**」に適用すると、
  - 周期の同調に起因する**因果の誤検出** (= 因果がないのに「因果あり」と判定してしまいます) が高頻度で発生する
  - 周期の同調は「野外現象の季節性」や「概日リズム」など、人工環境・自然環境・生物・非生物問わず**非常にありふれた現象**
- この問題は今も解決しておらず TE や CCM の幅広い適用を妨げる原因の一つになっている

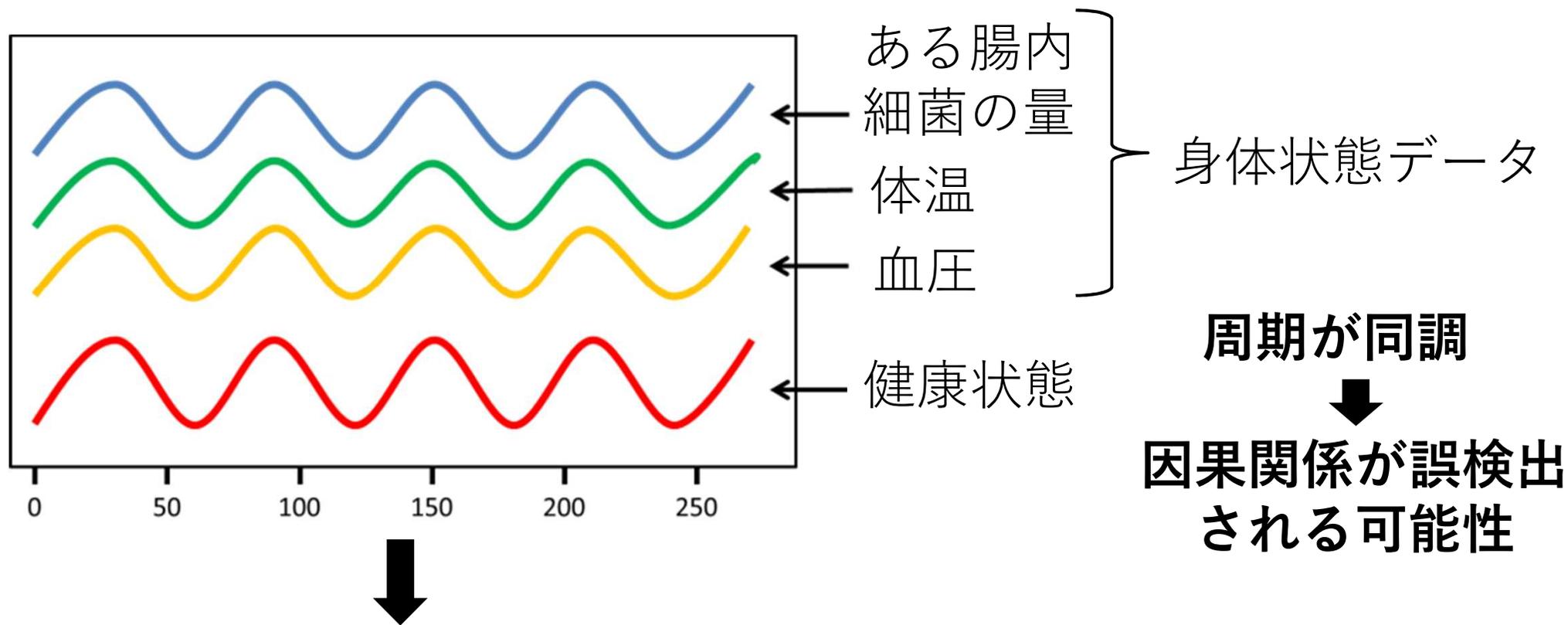
# 従来技術とその問題点



# 新技術の特徴・従来技術との比較

- 今回、従来より問題であった周期の同調に起因する**因果の誤検出を大幅に抑制する手法を開発**
- この改良により従来は適用できなかった「**同調する季節性を持つ野外現象**」や「**概日リズム**」などのデータにTEやCCMを適用することが可能となった
- 本技術の適用により、より幅広い現象で因果関係の推定が可能になり、**内部メカニズムの解明や、将来予測、系の制御**などが可能になる

# 新技術の特徴・従来技術との比較



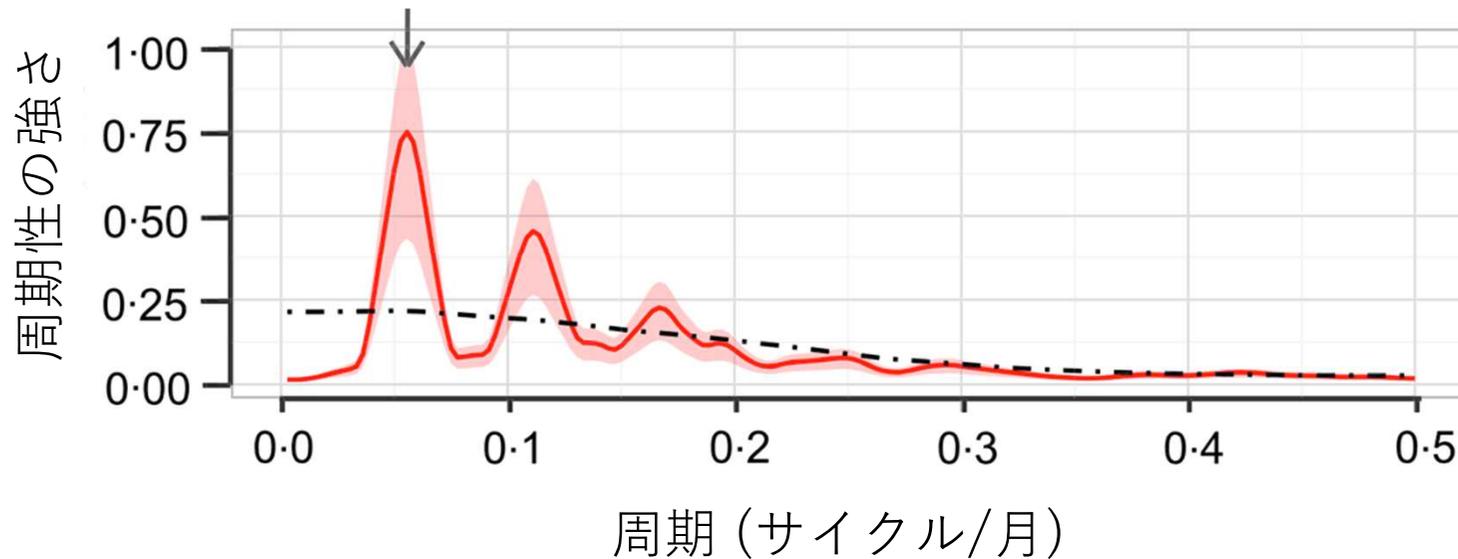
- 生データを使用するのではなく、スペクトル解析により「周期性の強さの時系列」に変換
- 「周期性の強さ同士」の関連を見てやることで誤検出が格段に抑制されることを発見

# 新技術の特徴・従来技術との比較

- ・ 時系列をサインカーブの足し合わせに分解するフーリエ解析
- ・ 信号を解析する分野で頻繁に利用

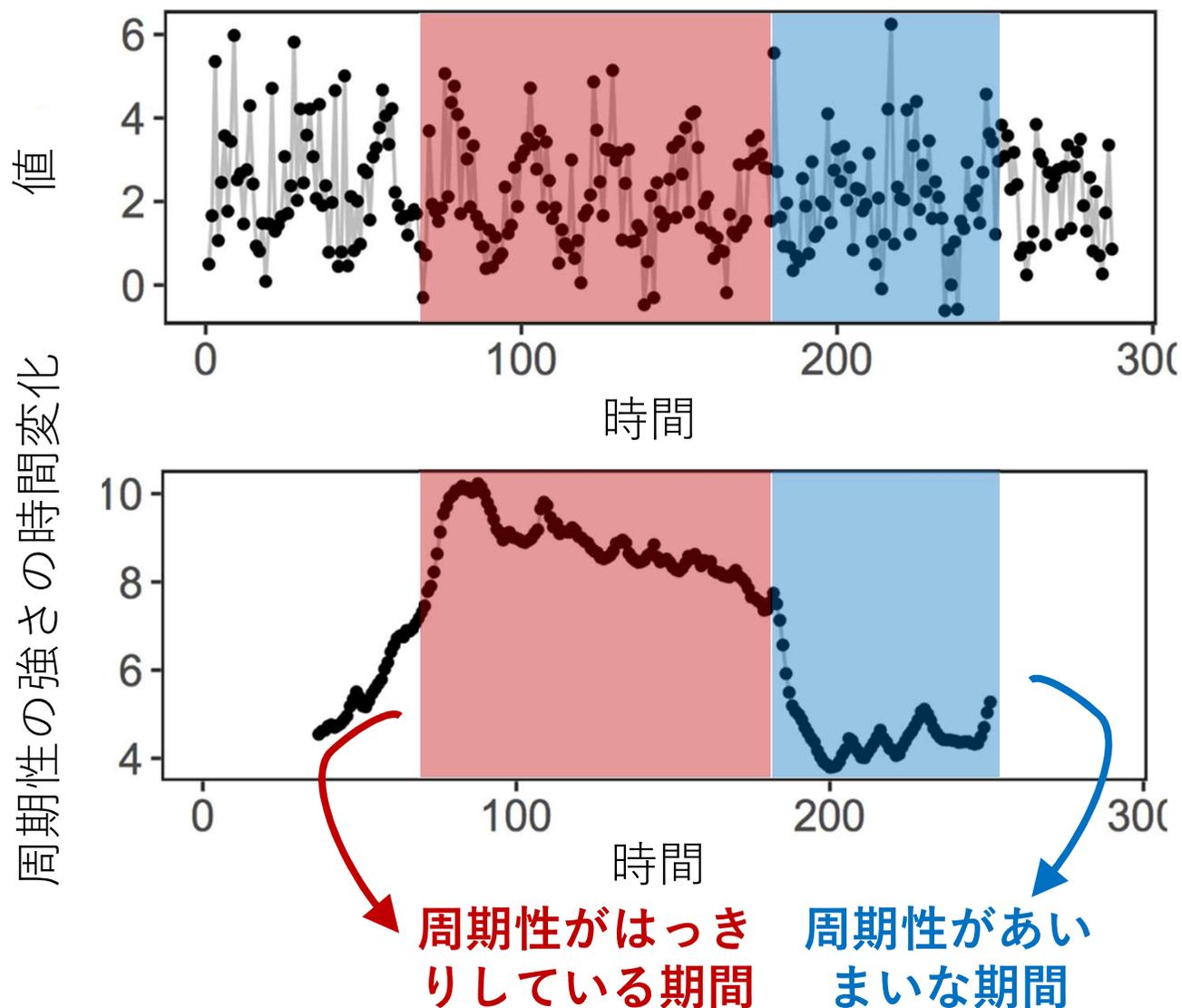


最も強い周期 (18ヶ月)



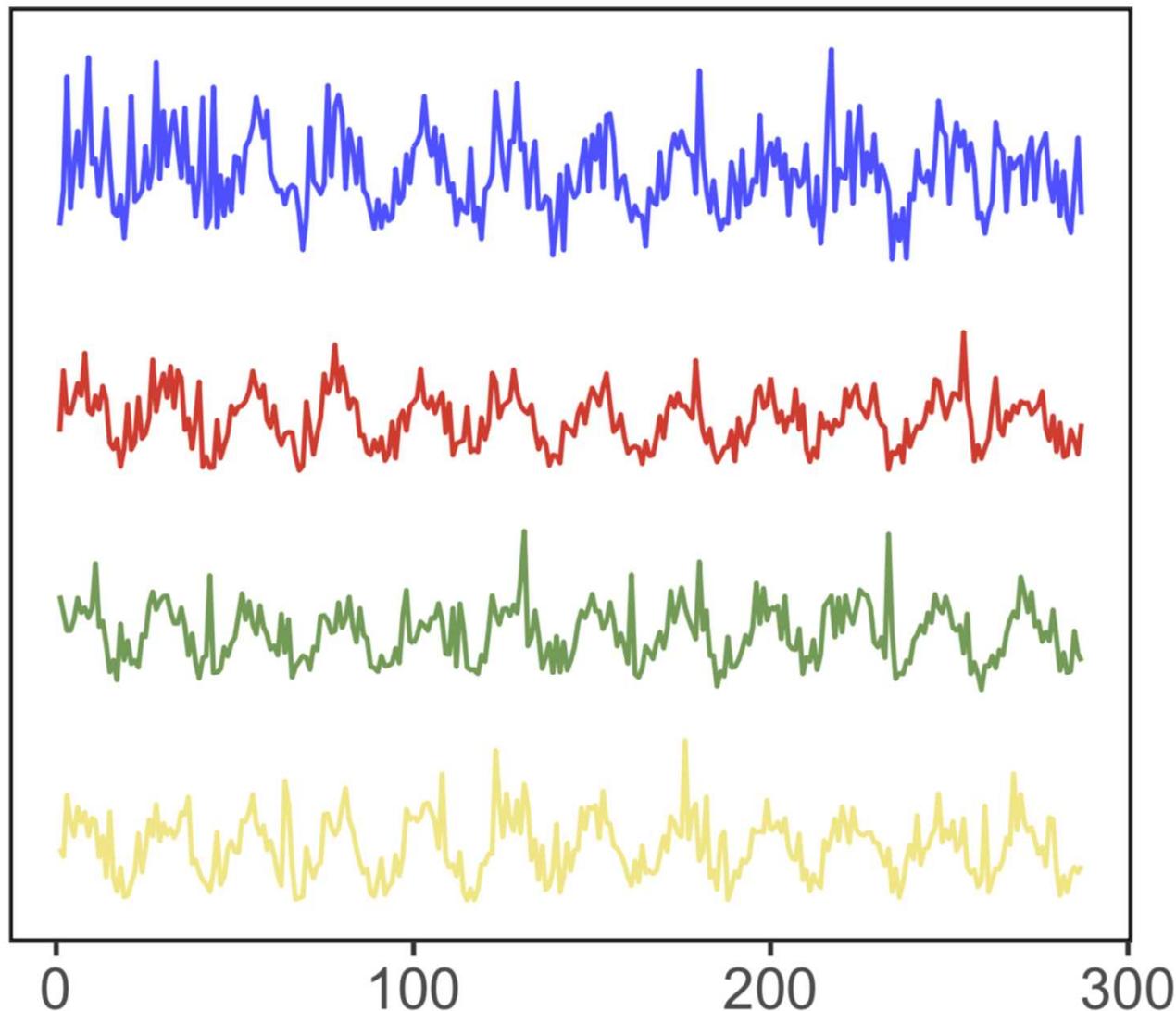
# 新技術の特徴・従来技術との比較

- 周期性が強いときと弱い時を見分けられる



# シミュレーションデータによる検討

生成したシミュレーションデータ

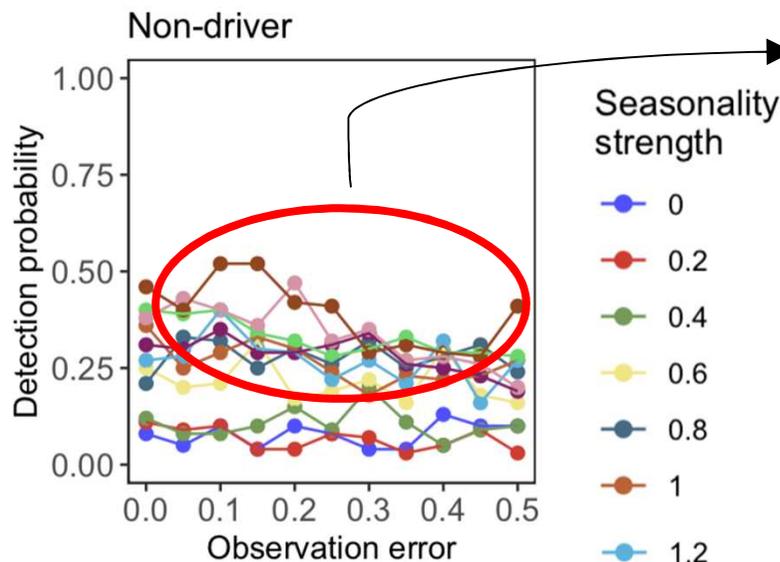
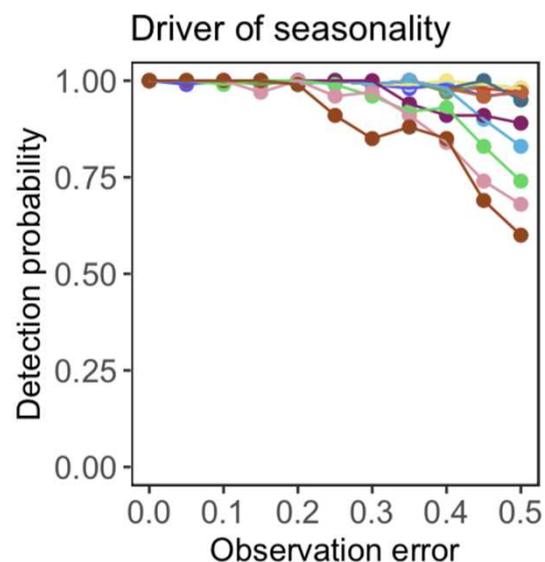


時系列

- 影響を受けている変数
- 影響を与えている変数
- ほとんど影響のない変数
- 全く影響のない変数

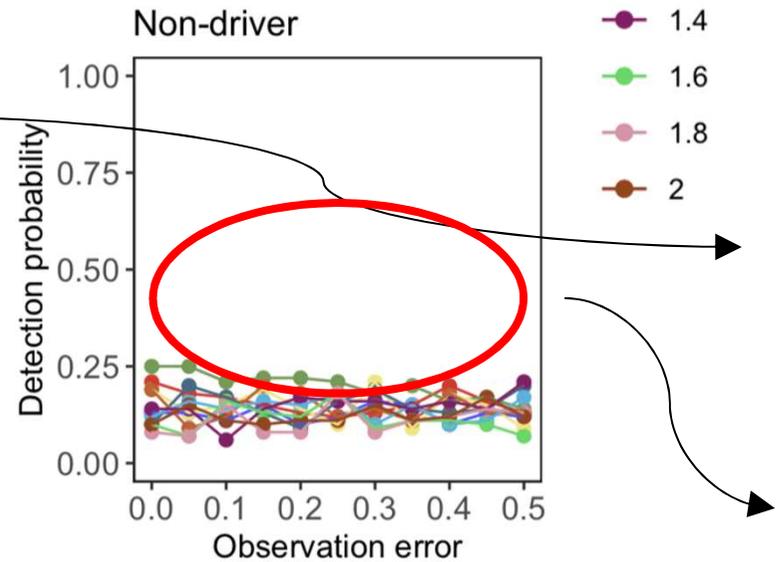
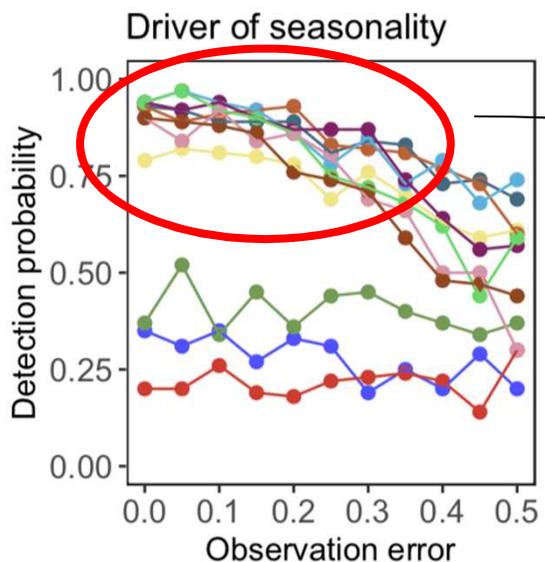
# シミュレーションデータによる検討

従来法



因果がない変数同士でも **30-50% 程度「因果あり」と判定**

新技術



因果がある変数同士は **90% 程度「因果あり」と判定**

因果がない変数同士の因果の **誤検出を 15% 程度に抑制!**

# 今回の手法の特徴

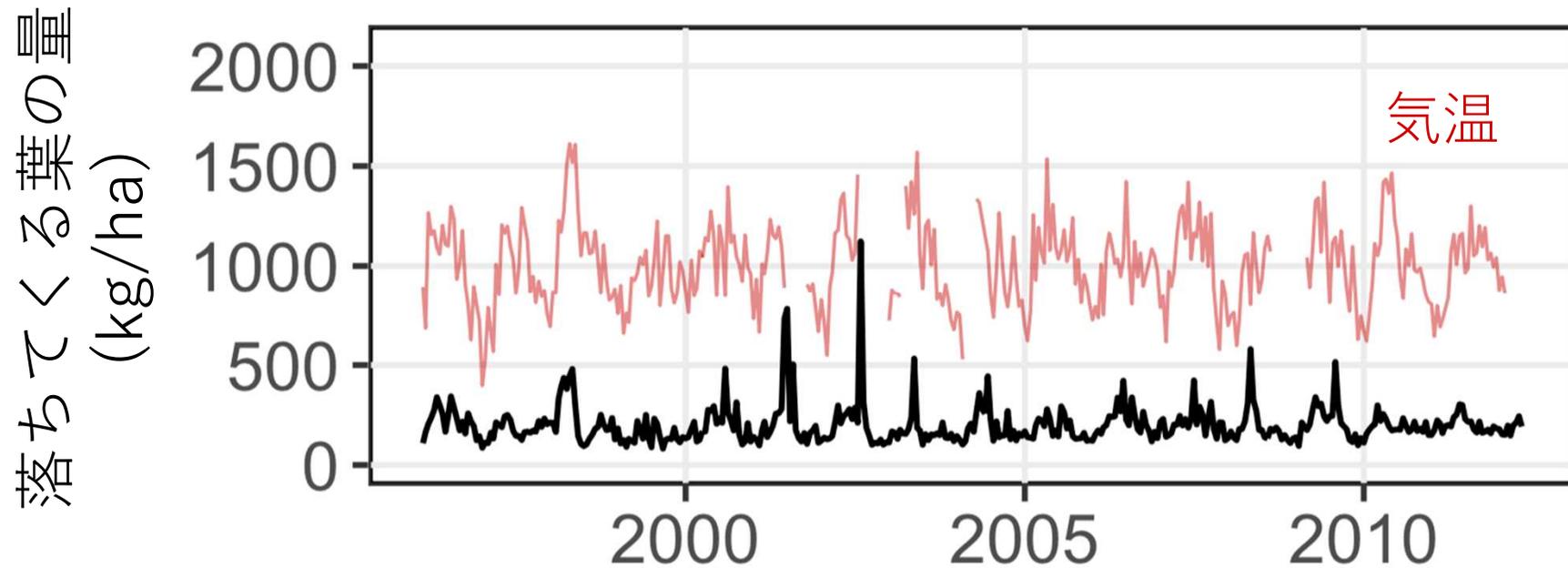
1. 複数の時系列データから**真の因果関係を検出**
2. 因果関係を適切に組み込むことで**精度の高い将来予測が可能**
3. 時系列データさえ取得できれば**分野を限らず適用可能**

# 応用例 1

ボルネオ島のキナバル山の熱帯林の季節性



# 応用例 1



Kitayama et al. (2018) *bioRxiv*

気温や光と葉の量が同期 (1年周期)

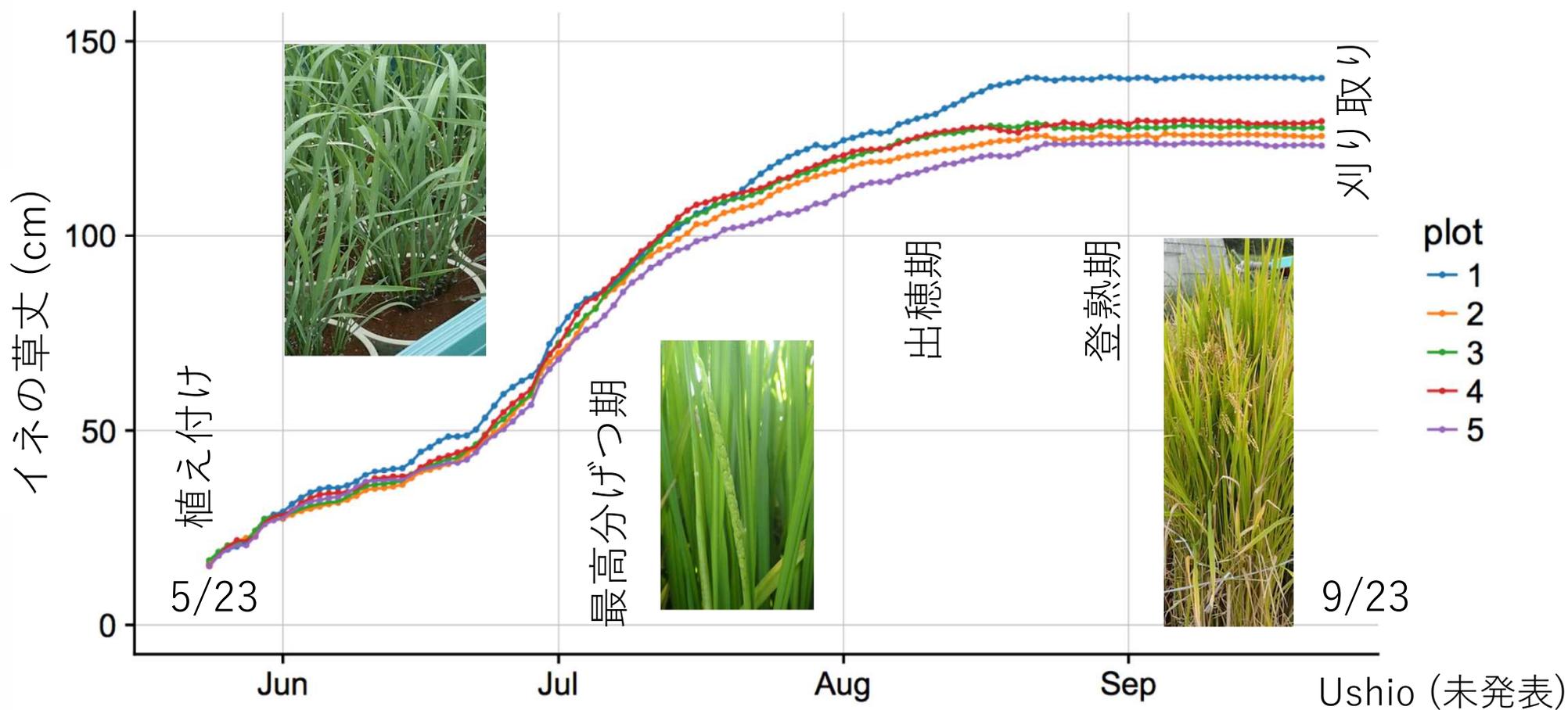
→ 通常の解析では因果の判定が困難

→ 新手法で気温が一番重要と判明!

(→ 気候変動下での森林の応答の正確な予測に寄与)

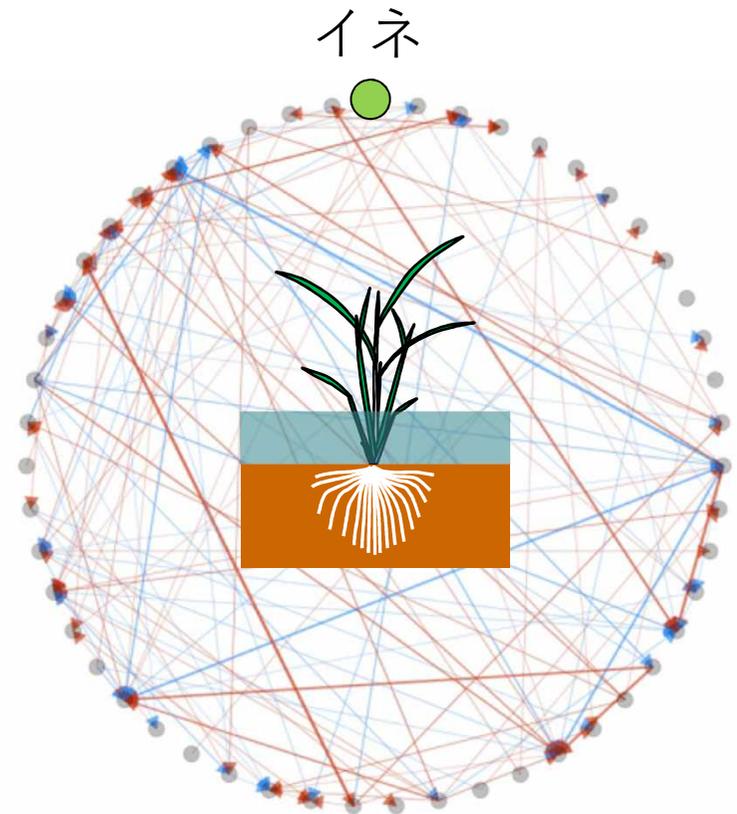
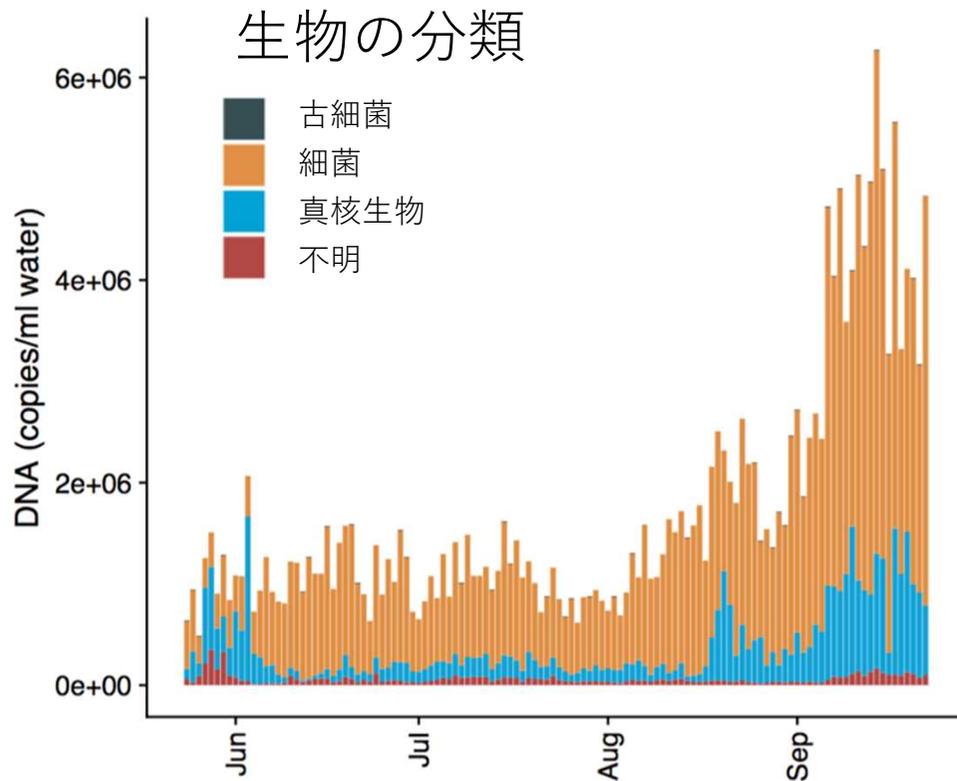
# 応用例 2

- 周辺環境の微生物データから農作物の量・質に与える生物を特定し、終了改善を図る



# 応用例 2

- 周辺環境の微生物データから農作物の量・質に与える生物を特定し、終了改善を図る

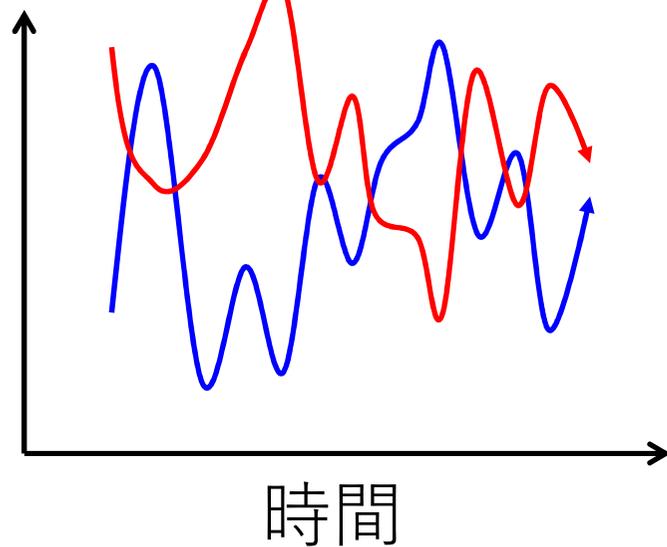


Ushio (未発表)

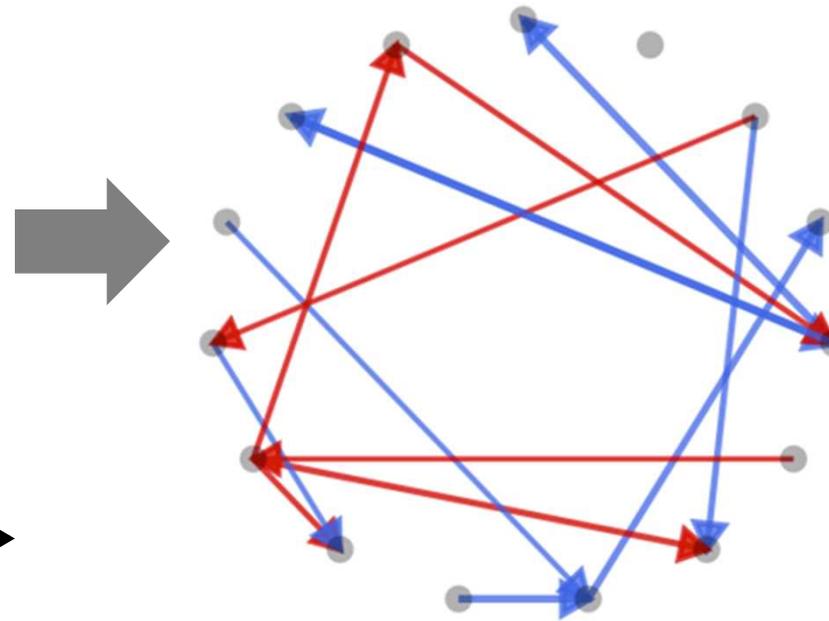
# 想定される用途

- 腸内細菌の時系列データと人間の健康状態の関係を解析し、重要な微生物（群）を特定 → 健康管理に活かす

腸内細菌の量の変動



腸内細菌間の相互作用解明

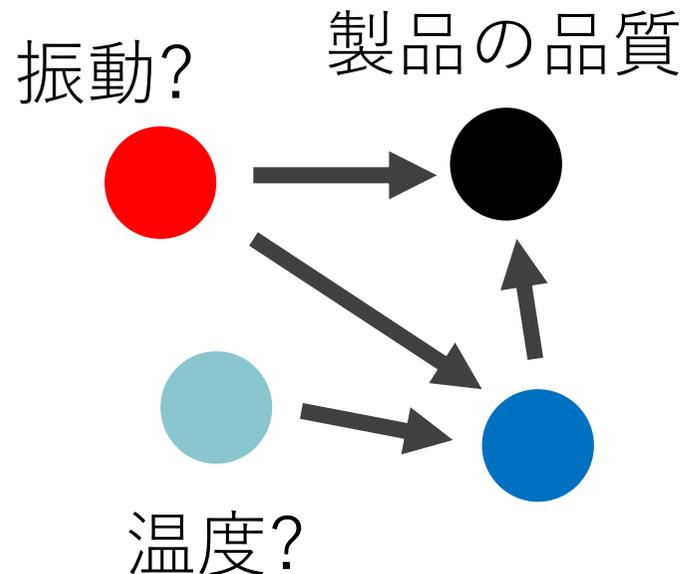
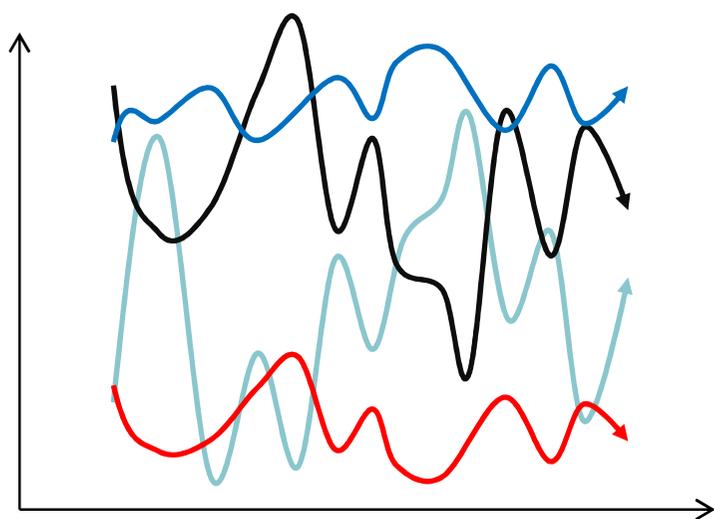


健康への影響解明

# 想定される用途

- 温度や振動のデータから製品の品質に影響を与える要因を特定

工場内で取得する  
時系列データ



# 実用化に向けた課題

- 現在、解析方法はプログラムとして実装済みであり、基本的な解析は実行できる状態
- しかし、因果を検出した後、さらに将来予測が成功するかどうかは検討段階であり、実証データの蓄積が必要
- さらに「周期性の強さ」の定量化方法の高精度化や将来予測アルゴリズムの検討が進行中

# 企業への期待

- 高品質のデータ（=多くの時間点・高頻度・測定誤差が少ない時系列データ）をお持ちでそれらの間の因果関係を解析することで業績の向上に資する可能性のある企業
- 例1：微生物データや遺伝子発現データと製品の関係について解析し、製品・食品の質向上、生産の安定化などに寄与したい  
[腸内細菌・発酵・食品・農業]

# 企業への期待

- 高品質のデータ（=多くの時間点・高頻度・測定誤差が少ない時系列データ）をお持ちでそれらの未来予測を行うことで業績の向上に資する可能性のある企業様
- 例2：ある海域での魚種の出現パターンの予測 [漁業系]

# 企業への期待

- 時系列データの質や量が本技術の有用性を決める重要な要因の一つ。そのため、以下のような企業も面談希望。
- 例3：データ取得の自動化技術を持っている企業との共同研究を希望 [工学系・気象系]

# 本技術に関する知的財産権

- 発明の名称 : 解析装置、解析方法、及び  
コンピュータプログラム
- 出願番号 : 特願2018-079640 (未公開)
- 出願人 : 国立大学法人京都大学
- 発明者 : 潮 雅之
- 出願国 : 日本国 ( J P )

# 産学連携の経歴

- 2016年 – (2020年) JSTさきがけに採択 (野外の生物群集ネットワークを利用した植物動態の予測)
- 2018年 – (株) バイオームのデータ解析アドバイザー
- 2018年 – A社との本件技術での共同研究

# 問い合わせ先

国立大学法人京都大学内  
関西ティール・エル・オー株式会社  
京大事業部門 技術移転チーム  
清水 基宏（しみずもとひろ）  
T E L 075-753-9150  
F A X 075-753-9169  
e-mail [shimizu@kansai-tlo.co.jp](mailto:shimizu@kansai-tlo.co.jp)