

太陽光型植物工場における細霧冷房コントローラの性能改善

情報科学部 伊藤 正英

本研究の概要

本研究の目的は、太陽光型植物工場において室内環境制御に用いる細霧冷房コントローラの性能を向上させることである。木更津高専の栗本・浅野らが開発した、統合環境計測制御システム（ANTS）では、工場内の環境情報を計測し、細霧冷房により光合成が活発化するように水蒸気飽差（VPD）を制御できる。しかし、現在採用している、誤差に比例させる制御ではVPDの制御に改善の余地があった。

本研究では、ANTSにおける時間的遅れの影響を抑制する制御、および細霧発生とVPDとの関係を表す数式モデルの改善という2方向から制御性能の改善に取り組んだ。得られた結果は、今後、VPDの未来の振る舞いを予測しながら制御するコントローラの設計と評価に生かす。

《研究背景》細霧冷房を利用した太陽光型植物工場の課題

太陽光型植物工場 = 温室 + 情報通信技術（ICT）

【千葉大学 環境フィールド科学センター 5号棟「大仙植物工場」】

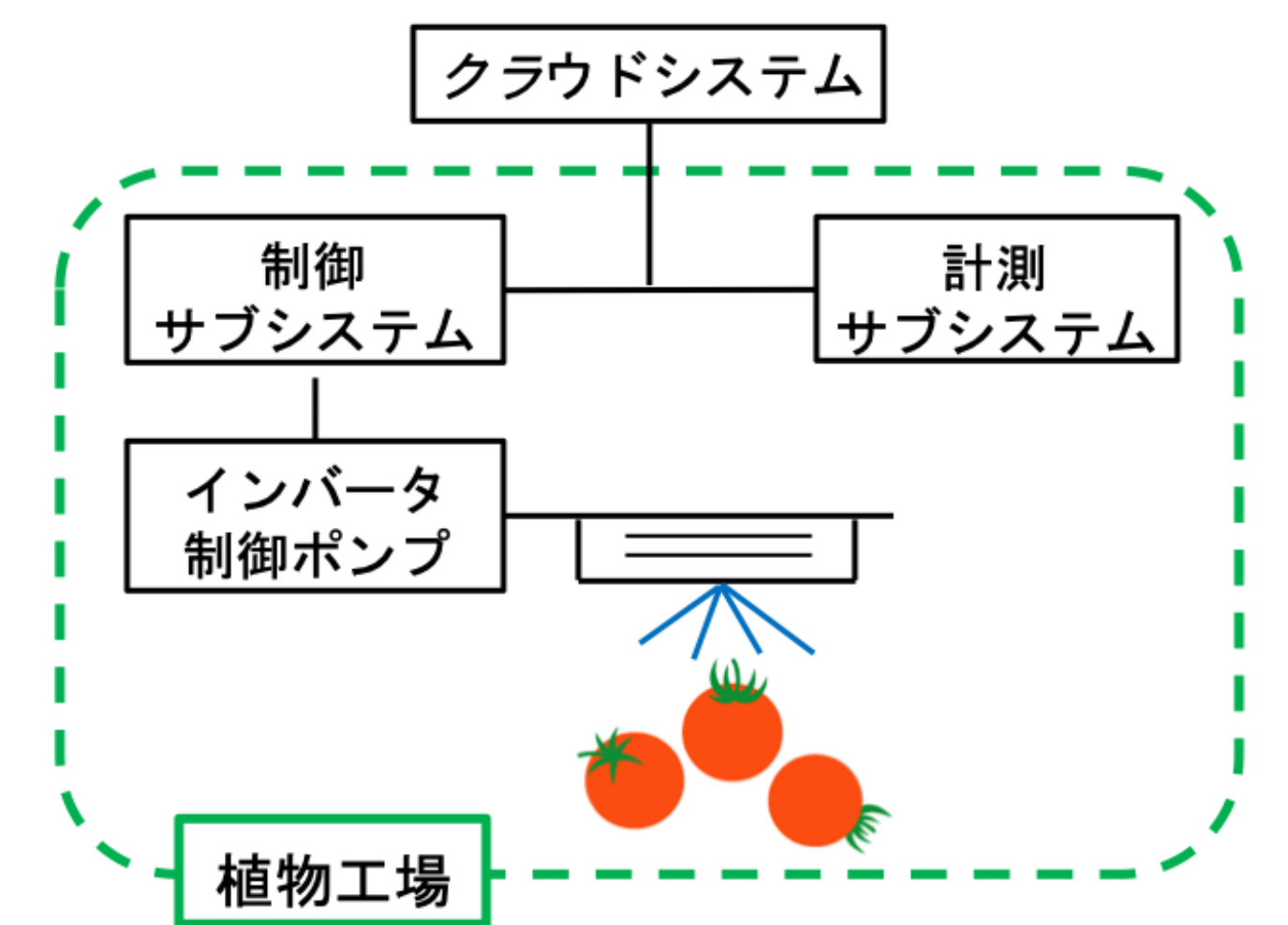
- 環境情報計測 + クラウド → 工場内環境が見える
- 細霧冷房（微細霧の気化熱による冷却） → 工場内環境を制御

【基本的な着眼点と従来手法】

- 水蒸気飽差（VPD）を一定に保つ ⇒ 植物の光合成効率が向上
- VPDの変動に注目し、そのズレに比例した細霧発生で一定化 [1]
- 課題：概ね制御できているが、**平均値の誤差 & バラツキあり**

【研究目的】

- 仮説1：環境計測や細霧の指令～発生に**時間的遅れ**が影響
➡ アプローチ1：むだ時間の影響を抑えることによる性能改善
- 仮説2：細霧発生～環境変化の数式モデルの誤差が影響
➡ アプローチ2：より適当なモデルへの置き換えによる性能改善

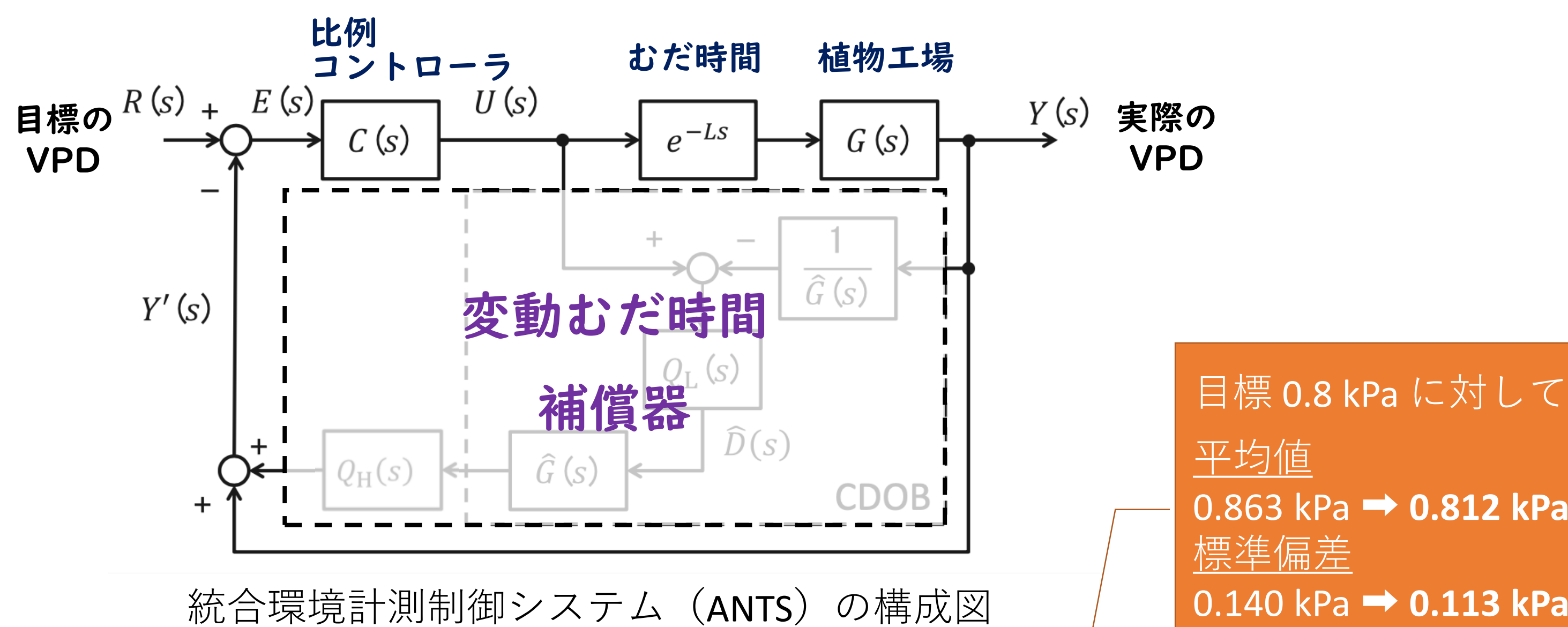


統合環境計測制御システム（ANTS）の構成図

◀ 千葉大学 環境フィールド科学センター 5号棟「大仙植物工場」
(from <https://www.daisen.co.jp/greenhouse/chiba.html>)

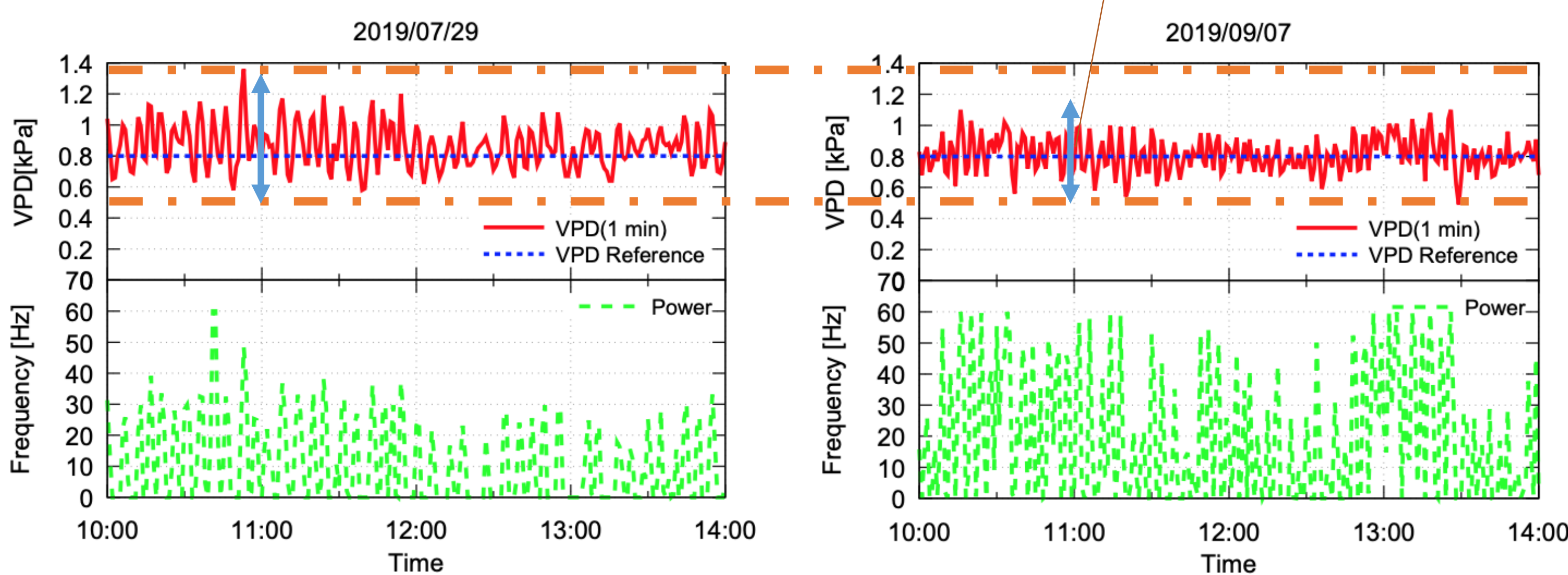
《研究成果1》むだ時間の影響抑制による性能改善 [2]

- 変動的むだ時間の推定法 [3] を拡張して応用
- 推定したむだ時間によって真のむだ時間の影響を抑制



統合環境計測制御システム（ANTS）の構成図

目標 0.8 kPa に対して
平均値
0.863 kPa → 0.812 kPa
標準偏差
0.140 kPa → 0.113 kPa



(a) 従来手法（比例制御のみ）

(b) 提案手法（比例制御 w/ むだ時間補償）

同条件での実験結果（上：VPD，下：細霧発生に対応するインバータ周波数）

平均値の誤差はおおよそ**80%**、バラツキはおおよそ**20%**の改善

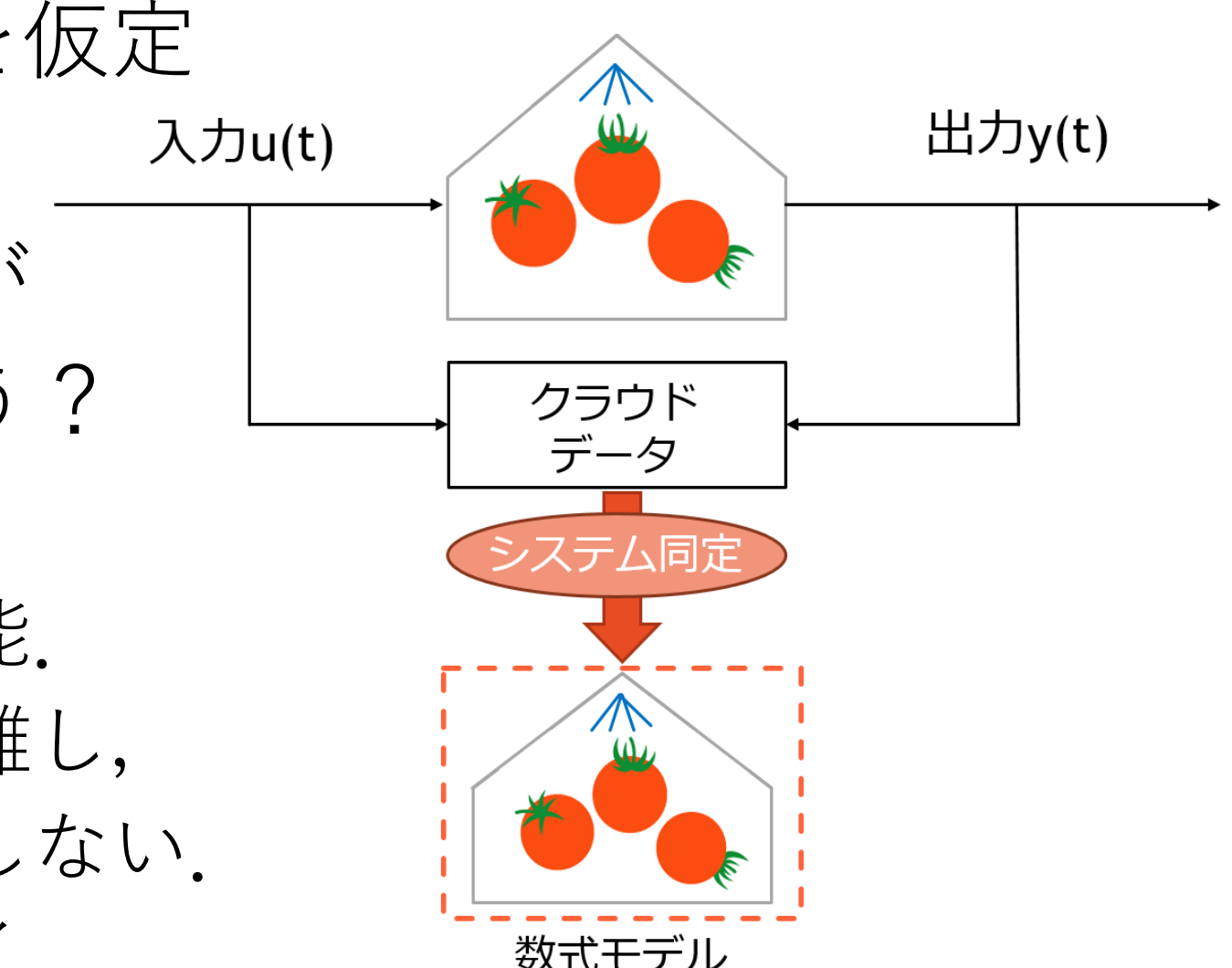
《研究成果2》より適当なモデルへの置き換え [4]

- 従来：1次遅れ系という数式モデルを仮定
➡ システム同定によるものでない

- 問題点：日射や窓換気などの外乱が含まれるデータをどう扱う？

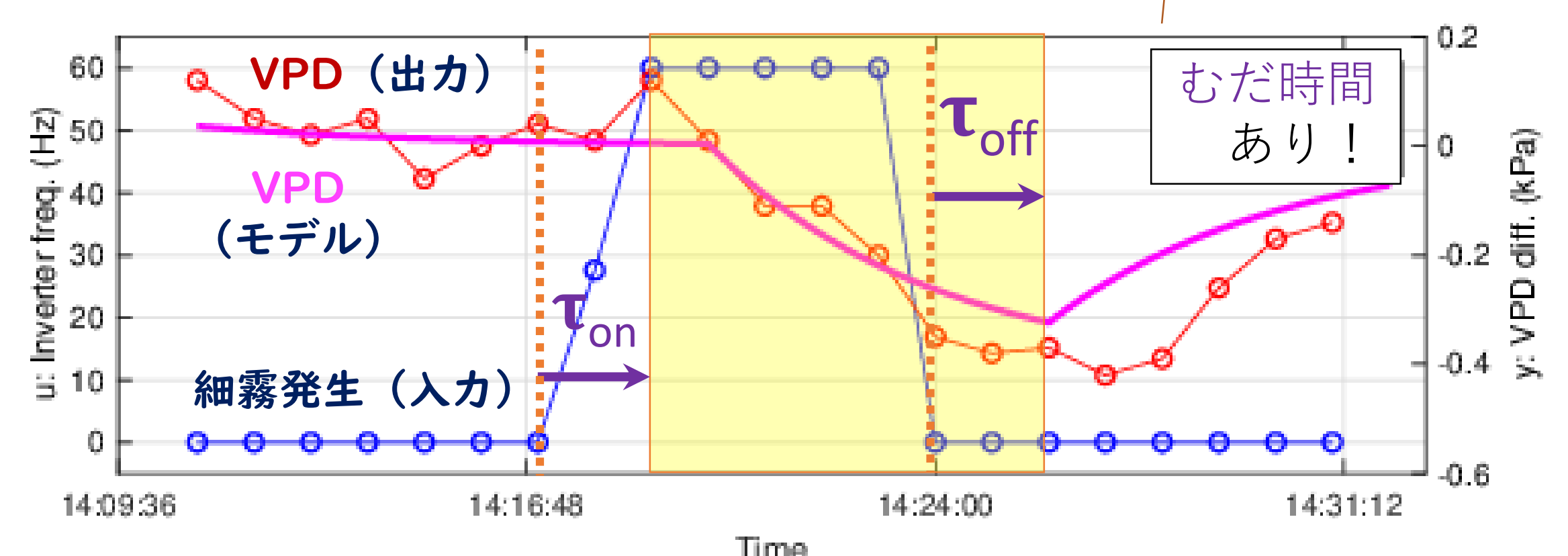
- 基本アイデア：

- 大仙植物工場は東西ユニットに分離可能。
- ① 東西同じ環境状態になったら東西分離し、東側で一定の細霧冷房、西側は何もしない。
- ② 東側データから西側データを差し引く
⇒ 外乱のない（少ない）細霧発生～環境変化の数式モデル



モデルの基本構造

1次遅れ系 + むだ時間



参考文献

[1] 渡邊, 浅野, 栗本, 糠谷, 狩野, 丸尾: “太陽光型植物工場における連続細霧発生による気温・飽差制御システムの開発”, 計測自動制御学会論文集, 52 (5): 292—298 (2016)

[2] 浅野, 渡邊, 伊藤 (正), 伊藤 (裕), 栗本: “太陽光型植物工場における細霧発生に伴う変動むだ時間を補償する水蒸気飽差制御”, 第20回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会, 高松 (2019)

[3] 小山, 浅野: “2.4GHz帯無線通信を用いたアクチュエータ位置制御の精度向上”, 電気学会論文誌D, 137 (7): 553—560 (2017)

[4] 伊藤, 二村, 浅野, 渡邊, 栗本: “隣接する太陽光型植物工場の出力差に基づくパラメータ同定”, 令和2年電気学会全国大会, 東京 (2020)
※新型コロナウイルス感染症拡大のため大会は中止されたが、発表は成立している。