

# 時空間クリギングを用いた植物工場における VPD 値の変化予測

辻本 陸真<sup>†</sup> 岩田 大志<sup>†</sup> 山口 賢一<sup>†</sup>

<sup>†</sup> 奈良工業高等専門学校 情報工学科

## 1 はじめに

近年、農家の人手不足による農作物供給不安定化を背景に、閉鎖空間で内部環境を制御し計画的かつ安定的に植物を栽培することが可能である植物工場が注目されている。しかし現在、植物工場の多くは環境制御設備の初期費用、維持費が高いことや、安定的な生産をするためのノウハウが乏しいことが原因となり、赤字経営となっているため、運営に際して作物の高収量化による増益が必須である。渡邊ら [1] は、環境要素の 1 つである水蒸気飽差 (VPD) を適切に制御できれば植物の果実収量が増加したことを報告している。VPD の制御は、植物工場内の VPD の詳しい空間分布や、時間経過によってどのように変化するかなどの情報があれば、より高精度で実現できる。そこで古賀ら [2] は、地球統計学で使用されるクリギング法 [3] を用い、9 つのセンサのみから得られた VPD 実測値を用いて工場内全域の VPD 値を補間することに成功した。

本研究では古賀らが用いたクリギング法を時間軸的に利用して VPD 値の時間的変化を予測する、時空間クリギング [3] を用いた手法を提案する。

## 2 時空間クリギング

クリギング法とは、式 (1) に示す計算式をもって既に計測した環境データから、未計測の環境データを推測する手法で、主に地球統計学において使用される。式 (1) において  $\hat{Z}(x_0)$  は未計測値、 $n$  は測定値の個数、 $Z(x_i)$  は位置  $i$  における計測値、 $\omega_i$  は位置  $i$  における重み係数を表している。

$$\hat{Z}(x_0) = \sum_{i=1}^n \omega_i Z(x_i) \quad (1)$$

式 (1) の重み係数  $\omega_i$  は、距離を変数として導出した分散値群 (バリオグラム)  $\gamma^*(h)$  によって決定する。

時空間クリギングは、前述した空間的なクリギング法において時間軸を新たな空間軸の 1 つとみなし、空間、時間軸それぞれの距離を変数としたバリオグラムを別々に算出して合成することで時間の変化によって未計測値がどう変化するかを推測する手法である [3]。

## 3 変化予測評価実験

本実験は、図 1 に示す環境 (千葉大学環境健康フィールド科学センター内太陽光型植物工場) において固定式センサ 9 地点で取得したデータを用いて行う。データ計測間隔は 30 秒ごとで、計 95 点計測する。そして取得し

た 95 点のデータの、60 点目までを現在までのデータとして時空間クリギングにおけるバリオグラム算出 (重み算出) に使い、残りの 35 点を未来のデータとして予測、計測値との誤差算出を行う。

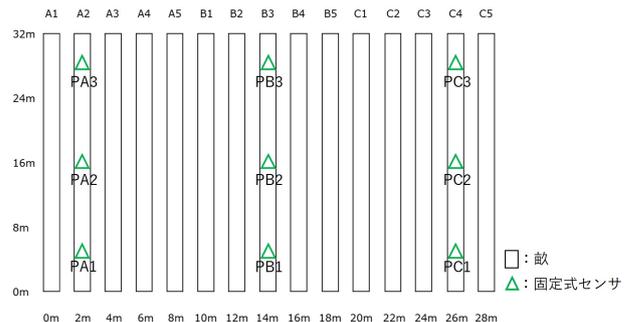
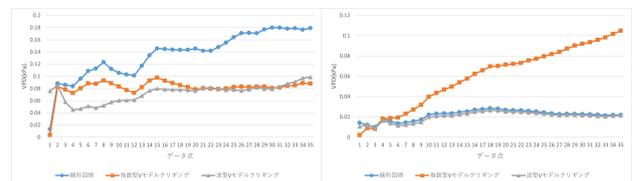


図 1 実験区画の上面図

予測は、線形回帰及びバリオグラムモデルに指数型、波型を用いた時空間クリギングでそれぞれ行い、それらの比較を行う。

結果の例として、PA1 地点、PA3 地点での MAE (平均絶対誤差) を図 2(a), (b) にそれぞれ示す。



(a) PA1 地点

(b) PA3 地点

図 2 各予測方法での平均絶対誤差

図 2 を見ると、線形回帰、指数型バリオグラムを用いた時空間クリギングは地点によっては大きい誤差が生じるが、波型バリオグラムを用いた時空間クリギングは比較的安定した精度で予測できることが分かる。

## 参考文献

- [1] 渡邊孝一, 浅野洋介, 栗本育三郎, 糠谷綱希, 狩野敦, 丸尾達, “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, Vol.52, No.5, pp.292-298 (2016)
- [2] Takashi Koga, Ken'ichi Yamaguchi, Hiroshi Iwata, and Ikusaburo Kurimoto: “Kriging Interpolation Evaluation of Vapor Pressure Deficit in Plant Factory with Solar Light,” SICE Journal of Control, Measurement, and System Integration, Vol.13, No.3, pp.131-137, May (2020)
- [3] 瀬谷 創, 堤 盛人: “空間統計学”. 朝倉書店 (2014)