

# TSP と DBSCAN を基にした水田管理におけるスマート水管理機器の自己適応区画選択法 Self-Adaptive Plot Selection Method for Smart Irrigation System in Paddy Field Water Management Based on TSP and DBSCAN Algorithms.

○田潤澤\* 飯田俊彰\*\* 高木強治\* 木村匡臣\*\*\*

Runze TIAN, Toshiaki IIDA, Kyoji TAKAKI, Masaomi KIMURA

## 1. はじめに

近年は、スマート水管理機器を利用して、給排水の自動化に基づいた水管理を実現することができる。スマート水管理機器の効用を最大限に活用するためには、導入による労力削減量を正確に把握・計算し、それに基づく導入戦略を立てることが重要である。しかし、多くの水田の中から最適な設置区画を見つけることは、計算量が多く複雑な作業である。計算効率を向上させるために、DBSCAN アルゴリズムを用いて、水田を区画塊と孤立区画に分類する戦略を採用し、計算量を削減した。DBSCAN アルゴリズムの適応性が低いという問題に対処するために、データセットにおける水田の密度分布を評価するための局所平均密度メトリックを設計し、アルゴリズムの適応性を改善するために局所平均密度の勾配に基づいて DBSCAN の最適パラメータを決定した。結果から、本手法は、結果の精度を落とすことなく、必要な計算量を大幅に削減でき、導入区画数に応じた最適な設置区画を決定できることが示された。

## 2. 方法

### 2.1 対象農家

千葉県栄町の稲作専業農家を対象農家とした。対象農家が耕作する 56 区画の位置を聞き取って地図上で把握し、各区画の中心点の経緯度を求めて全区画の座標を決定した。対象農家の耕作区画の分布を Fig. 1 に示す。

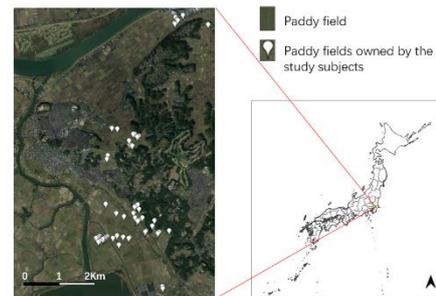


Figure 1 Field plot distribution.

### 2.2 巡回経路による労力の評価

水田の水管理時間は、耕作している区画間を移動する巡回時間、区画確認時間、作業時間の 3 つの和である。区画確認時間と作業時間はほぼ区画数によって決まる。スマート水管理機器を導入した場合の水管理時間の減少分は、主に巡回時間で決まる。また、巡回時間は巡回経路長から推定できる。本研究では、スマート水管理機器を導入した場合の労力削減効果を巡回経路長の減少分で評価した。

### 2.2 DBSCAN による区画塊の抽出

一般に水田区画の分布では複数の区画が近接して区画塊を形成している箇所が多く、このような区画塊の一部にスマート水管理機器を導入しても、全体的な巡回経路は変化しない。したがって、まず与えられた全区画から区画塊を形成している区画をスマート水管理機器導入に適さない点として除く処理を行った。この処理を機械的に行うために DBSCAN 算法を用いた。DBSCAN の適応性が低いという問題に対処するために、データセットにおける水田の密度分布を評価するための局所平均密度メトリックを設計し、アルゴリズムの適応性を改善するために局所平均密度の勾配に基づいて DBSCAN 算法の最適パラメータを決定した。

### 2.3 TSP による巡回路線のシミュレーション

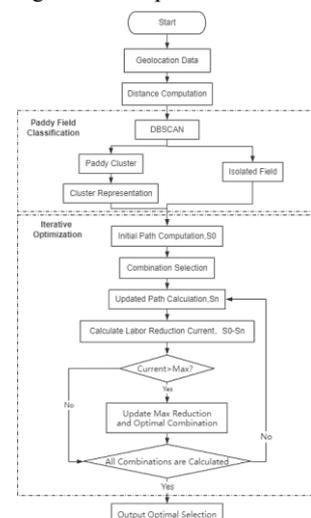


Figure 2 Flow chart of the optimized selection methodology.

\*東京大学大学院農学生命科学研究科 Graduate School of Agricultural and Life Sciences, The University of Tokyo、\*\*岩手大学農学部 Faculty of Agriculture, Iwate University、\*\*\* 近畿大学農学部 Faculty of Agriculture, Kindai University キーワード: 水田灌漑 巡回セールスマン問題 スマート農業

次に、TSP での算法を用いるため、2つの区画の全ての組み合わせについて、区画間の実際の道路に沿った距離を、地図上で読み取った。このデータを用いて、TSP 算法により幾何学的に最短巡回経路を探索した。

## 2.4 最適な区画の推定法

Fig. 2 に示したように、まず区画塊を代表点で代表させ、全区画を巡回するときの最短巡回経路長を  $S_0$  とした。導入区画数によって、孤立区画と区画塊の組合せを選択した。選択した組合せを除外し、残りの区画を巡回する最短巡回経路長  $S_n$  を TSP で求めた。この場合の労力削減量を  $(S_0 - S_n)$  で評価した。労力削減量が最大となる組合せを導入に最適な区画として選定した。

## 3. 結果および考察

Fig. 3 には、区画塊と孤立区画の数の変化、および Eps 値を変更した際の DBSCAN による分類結果を示す。また、スマート水管理機器を導入する区画数を 1 から 5 に変えた場合 (Case1 から Case5) で、本選定法により選ばれた結果は表に示す。図では孤立区画は点で表示され、赤いシャドウで区画塊が示す。数字は各水田の番号を示す。

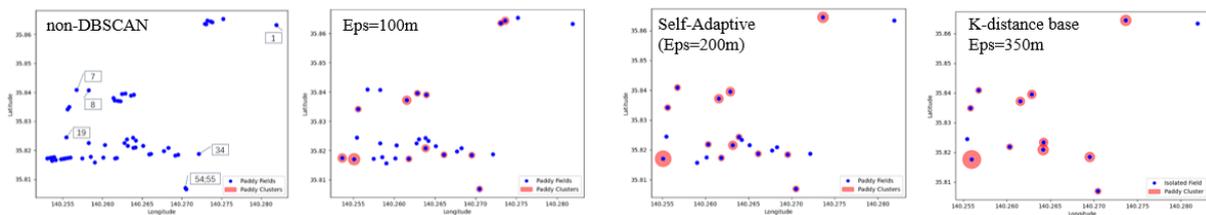


Figure 3 Classification results

Fig. 3 に示したように、DBSCAN の適用により区画塊が形成され始める。Eps の値が大きくなるにつれて、区画塊の範囲も拡大し、より多くの孤立した水田が区画塊に組み込まれる。Eps の値が 100m と 200m のケースでは、区画塊を取り囲む孤立した水田がまだ多い。しかし、Eps を 350m まで大きくすると、区画塊の外側に孤立した田んぼが 2 つだけ残る。この状況は、計算結果に影響を与える可能性がある。

Table 1 The results of the paddy field selection and iteration times.

	non-DBSCAN		With DBSCAN (Minpts=1)					
			Eps = 100m		Eps = 200m (Self-Adaptive)		Eps = 350m	
	Selection result	Iteration times	Selection result	Iteration times	Selection result	Iteration times	Selection result	Iteration times
Case 1	1	55	1	19	1	9	1	2
Case 2	1,34	1540	1,34	179	1,34	44	1,19	3
Case 3	1,54,55	27720	1,54,55	1123	1,54,55	156	1,54,55	8
Case 4	1,34,54,55	367290	1,34,54,55	5312	1,34,54,55	455	1,19,54,55	13
Case 5	1,19,34,54,55	3819816	1,19,34,54,55	20308	1,19,34,54,55	1077	1,17,18,54,55	19

表に示したように、Eps の値が大きすぎると計算結果が不正確になり、小さすぎると DBSCAN の有効性が低下する。注目すべきは、Case 2 において、Eps が 350m に設定されたときに計算エラーが発生したことである。これは、Eps が 300m を超えると、水田 34 が区画塊に含まれるため、正しく選択できず、計算が不正確になるためである。さらに、Eps を 100m に設定しても正しい結果は得られるが、Eps を 200m に設定した場合に比べてより多くの計算が必要となる。これらの観察結果は、本手法は、結果の精度を落とすことなく、必要な計算量を大幅に削減でき、導入区画数に応じた最適な設置区画を決定できることが示された。