

委託試験成績（平成27年度）

担当機関名、部・室名	東京農工大学 大学院農学研究院 農業環境工学部門 (澁澤研究室)
実施期間	平成27年度
大課題名	I 大規模水田営農を支える省力・低コスト技術の確立
課 題 名	土壌・栽培情報価値の可視化による精密農業モデルの構築
目 的	土作りは営農管理の原点であり、従来の土壌管理と異なる連続的なデータ測定により、圃場の特徴や空間的バラツキの把握を可能とするシステムを構築する。経験と勘を裏付けるデータを可視化し、データに基づき生産者の判断と営農管理を支援し、品質や収量の均一安定化を狙う。 具体的には、土壌マップと収量マップを作成し、ほ場への窒素等の収支バランスの把握やほ場理解および施肥管理を支援するほ場ベースGISを提供する。
担当者名	澁澤 栄・小平 正和・李 恵
<p>1. 試験場所： 茨城県龍ヶ崎市塗戸町2047 有限会社 横田農場（水田ほ場）</p> <p>2. 試験方法</p> <p>試験区ほ場：ほ場A2-02（131.4m×55.6m、0.73ha）</p> <p>栽培品種：マンゲツモチ、移植栽培</p> <p>栽培方法：慣行栽培、収穫のみ委託試験の作業方法とした</p> <p>播種日：5月23日（描圃）</p> <p>元肥：6月7日 鶏糞（4-4-2）510kg/10a</p> <p>移植日：6月24日 8条植え、条間30cm（16箱植付/10a、180g播種/1箱）</p> <p>追肥：8月16日 尿素（46-0-0）32kg/10a</p> <p>出穂日：8月27日</p> <p>防除：9月5日 カメムシ防除[スタークルメイト]</p> <p>収穫日：10月24日 収量コンバイン（AG6114、ヤンマー株式会社）</p> <p>供試装置：</p> <p>リアルタイム土壌センサ（SAS） シブヤ精機製 型式：SAS3000 （トラクタ ヤンマー株式会社製 型式：EG33 EcoTra）</p> <p>収量コンバイン（AG） ヤンマー株式会社製 型式：AG6114R試験機（6条刈り）</p> <p>乾燥機（ライスセンター2号機） 株式会社サタケ製 型式：SDR60</p> <p>試験実施状況</p> <p>（1）平成27年10月22日：供試圃場A2-02の試験区設定</p> <p>SASは、ほ場内を一定間隔（短辺側）で長辺方向に往復しながらライン状のデータ収集を行う。AGは、外周から内側へ反時計回りに収穫するのが慣行法であり、得られる土壌マップと収量マップには、データ収集ポイントの不一致やデータ解析分解能の不均一性の問題が指摘されていたことから、両者を比較・解析可能な様にAGの収穫方法を試験用に変更した。</p> <p>（2）平成27年10月23日：収量予備調査（稲株サンプル収集）</p> <p>生産者の協力を得て乾燥機への単独張込みを可能とし、籾乾燥前後の重量を出来</p>	

るだけ正確に測定する為に、1000kgのフレコン回収毎にAG排出籾重量を測定するものとした。AGによる収穫1ライン分の籾重量は、約200kgと想定し、4ライン毎にフレコンへの排出と籾重量計測を行った。また、AG収穫4ライン分を代表とする稲株サンプルを試験区からAGによる収穫前に実施した。稲株サンプルは、実際のAG収穫ラインがずれる事も考慮し、AG収穫2ライン毎に稲株サンプルを収集する計画とした。

(3) 平成27年10月24日：収量コンバインによる収穫

慣行の外周から反時計回りに内側へ収穫する方法ではなく、SASと同じライン状に収穫する方法とした。また、AGの旋回等に必要となるエリアや外周およびデバイダー刈込から穀粒流量測定およびグレンタンクへ籾が全量排出される時間を考慮し、両短辺を予めAGで収穫した。本試験では、ほ場内にAGでライン状に収穫が可能な試験区を設定した。これにより、SASとAGの測定データ間の解析を可能とした。AGによる収穫作業は、倒伏状況や動力負荷状況に応じて速度を加減速するが、時速3km (0.84m/s) 設定の一定速で収穫作業を実施した。AGの収穫した条数を全て記録し、3と4条目の条間にSASが測定するラインの目印としてガラスポールを設置した。

(4) 平成27年10月25日：リアルタイム土壌センサによる土壌センシング

リアルタイム土壌センサは、H27年3月に自走式軽量型土壌分析システム試作機（農匠ナビ1000）を開発し、本機を使用した。観測土壌深さは0.1m（設定値）、観測速度は0.28m/s、データは3秒毎（0.84m）に記録、土壌観測ラインは、AG収穫ラインの中央部（3条目と4条目の条間）である。

3. 試験結果

(1) 試験区ほ場A2-02は、長辺131.4m×西側短辺約55m、東側短辺約51mの台形ほ場である。水口は東側短辺にあり、排水は西側短辺にある。試験区でのAG収穫作業は、南側長辺を基準に、西側から東側へ一方向に収穫するものとした。AGの「刈取－脱穀－穀粒流量計測－グレンタンク収納」までの遅れ時間と収穫速度から、両短辺の約15m内側までを外周とし、内側に残った長辺約100m×短辺約50mを試験区（図1-1斜線部）として目印となる位置にガラスポールを設置した。

(2) 稲株サンプルの収集位置は、ほ場長辺の中央付近で、AG収穫2ライン、12条中の16条目とし、12条毎に計14ヶ所、1箇所当り1条の連続した5株、合計70株を採取した。また、サンプリング時には、隣り合う条や株の前後等に株の欠損が無い場所を選定した。この時、ハンドヘルドGPSにて位置情報も同時に記録した。

14ヶ所、70サンプルは、1ヶ所5サンプルの平均値を採用し、AGの収穫作業で収穫された条を確認した結果、2ヶ所分がフレコンに納まっている事を現場で確認した。現時点で終了している稲株の分解調査結果を表2-1にまとめた。試験区内のフレコン毎の収量と5成分のグリッドマップを図2-1にまとめた。

ほ場への窒素等の収支バランスの把握は、稲株の分解調査と作物体成分分析結果がまとまり次第、検証する予定である。

(3) AGは、基準となる南側長辺7条分とAGの外周走行路として北側13条分を外周分として収穫した。また、AG旋回と遅れ時間分として東と西側約15mを外周分として収穫した後に適宜、籾をフレコンへ排出し、乾燥機へ張込む前に籾重量を測定した。乾燥機は試験区A2-02専用の単独張込みとした。試験区内の収穫は、南側から収穫し、4往復毎に籾を排出し、フレコン籾重量を測定した。試験区では、24ライン分収穫し

、フレコン籾重量を計6回測定した時点で、東側短辺の稲株数が7株、西側短辺の稲株数が17株になったことから、この部分は外周分として収穫し、フレコン籾重量を測定した。また、AGで籾を排出毎に、AGの籾重量推定値を記録した。稲株サンプルとAGの1平方メートル当たりの収量、フレコン籾重量および乾燥後の選別重量を表3-1にまとめた。AGで1ライン毎に収穫した条数が6条である事を西側（刈出し）で確認した。AGの測定データはヤンマー様より提供頂いた。AGの収穫速度は0.84m/s、データ収集は200msec毎に記録している事から、5データでSASの1データに相当した。よって、AGの収量は5データを積算し、位置データは5データの平均値に変換して収量マップを作成した。AGの衛星測位システムはGPSの単独測位であり、平均衛星捕捉数は15であったが、ライン間には実作業の様に一定間隔となっているライン数は少なかった。収量マップでは、収量の傾向として西側が多く東側が少ない傾向を示しており、西側の収量が多い部分には若干の倒伏が確認された場所であった。

- (4) SASの観測ラインは、AGで1ライン毎に収穫した条数を数え、6条である事を確認しながら、3と4条目の条間にガラスポールを目印として設置した。SASは、東西のほ場端からセンシングを行い、試験区内の測定データを用いて含水比（MC）と有機物含有量（SOM）、熱水抽出性窒素（N-h）、有効態りん酸（P-a）、交換性加里（K）の土壤マップと収量マップを作成した（図4-2）。SASの衛星測位システムはDGPSであり、平均衛星捕捉数は9、基地局は684（浦安）の補正信号を受信した。MCとSOMは、SASで収集した146試料から解析した検量線によって推定値を算出した。その他の3項目は、SAS2500で収集した406試料から解析した検量線によって推定値を算出した。SASとSAS2500は、同じ型式の分光装置を使用している。各検量線は、2次微分前処理とPLS（Full cross Validation）回帰分析によって解析され、その信頼性は決定係数（ R^2 ）=0.88~0.90（表4-1）であった。ほ場の北西側は、水捌けが悪い場所で、収量も少ない部分である事を生産者より情報を得た。ほ場北西部は、MCとSOM、N-hおよびKが高い傾向を示した。また、ほ場中央付近から南北に成分分布状況が2分割される特徴が確認された。

4. 主要成果の具体的データ

表2-1 稲株の分解調査結果（一部記載）

箇所NO.	稲株NO.	稈長(cm)	穂長(cm)	穂数	1株全穂重(g)	平均1穂重(g)	精籾重(g)	稈実籾数	稈実歩合	1穂当籾数
1	1-①~⑤	86.2	24.3	22	49.85	2.22	44.53	1664	83.44	88
2	2-①~⑤	86.3	23.9	20	45.82	2.28	39.45	1434	79.28	91
3	3-①~⑤	89.2	23.8	22	51.63	2.33	44.37	1637	78.93	94
4	4-①~⑤	90.8	22.9	21	45.21	2.15	37.64	1389	74.94	89
5	5-①~⑤	89.1	24.4	20	42.92	2.19	36.59	1322	77.83	87
6	6-①~⑤	82.7	24.7	17	39.80	2.41	34.26	1215	79.58	93
7	7-①~⑤	93.1	23.4	19	39.81	2.08	29.78	1112	64.12	91
8	8-①~⑤	86.7	23.9	20	44.41	2.23	37.69	1371	80.27	86
9	9-①~⑤	90.9	24.6	22	47.47	2.18	37.38	1362	69.64	90
10	10-①~⑤	86.6	24.5	22	47.81	2.20	39.80	1442	76.17	87
11	11-①~⑤	87.0	26.1	19	40.14	2.16	33.55	1235	77.12	87
12	12-①~⑤	84.9	25.1	20	44.69	2.27	38.34	1380	79.21	88
13	13-①~⑤	85.7	28.0	17	38.48	2.22	31.84	1167	74.00	91
14	14-①~⑤	86.5	27.5	19	37.97	1.95	31.76	1146	69.74	85

表3-1 株サンプルとAG収量推定値、フレコン粗重量および選別重量の結果

試験名	5株平均値			フレコン毎の推定値と実測値								
	採取場所	精粉重 (g)	フレコン名	水分15%換算 (Kg)	試験名	収穫量 (Kg)	平均水分量 (%)	水分15%換算 (Kg)	試験名	粗重量 (Kg)	粗含水率 (%)	水分15%換算 (kg)
稲株サンプル	1,2	41.99	外周部	1558.02	収量 コンバイン (AG)	1643.3	23.9	1458.5	乾燥機 (SDR60) 粗玄米 3474.4Kg	1900	25.6	1698.1
	13,14	31.80	No.1	427.50		481.5	23.1	435.5		559	24.2	507.6
	11,12	35.95	No.2	483.21		480.0	22.5	437.6		560	24.0	509.6
	9,10	38.59	No.3	518.71		476.6	22.6	433.8		552	24.4	500.1
	7,8	33.74	No.4	453.54		470.5	22.8	427.2		559	25.0	503.1
	5,6	35.43	No.5	476.22		444.9	23.1	402.4		541	21.9	503.7
	3,4	41.00	No.6	551.22		461.8	23.8	413.8		563	21.6	525.8
	—	—	全体	4468.4		4458.6	23.1	4008.8		5234	23.8	4772.5

表4-1 5項目のPLS回帰分析結果

項目	試料数	アウトライヤー	R ² _{Val}	RMSE _{Val}
MC	246	51	0.90	2.78
SOM	246	59	0.90	0.77
N-h	406	202	0.88	0.24
P	406	39	0.90	2.89
K	406	150	0.90	0.72

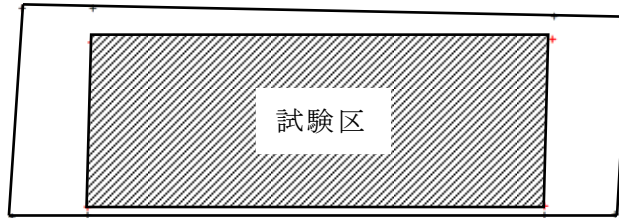


図 1-1 A2-02 ほ場外形と試験区

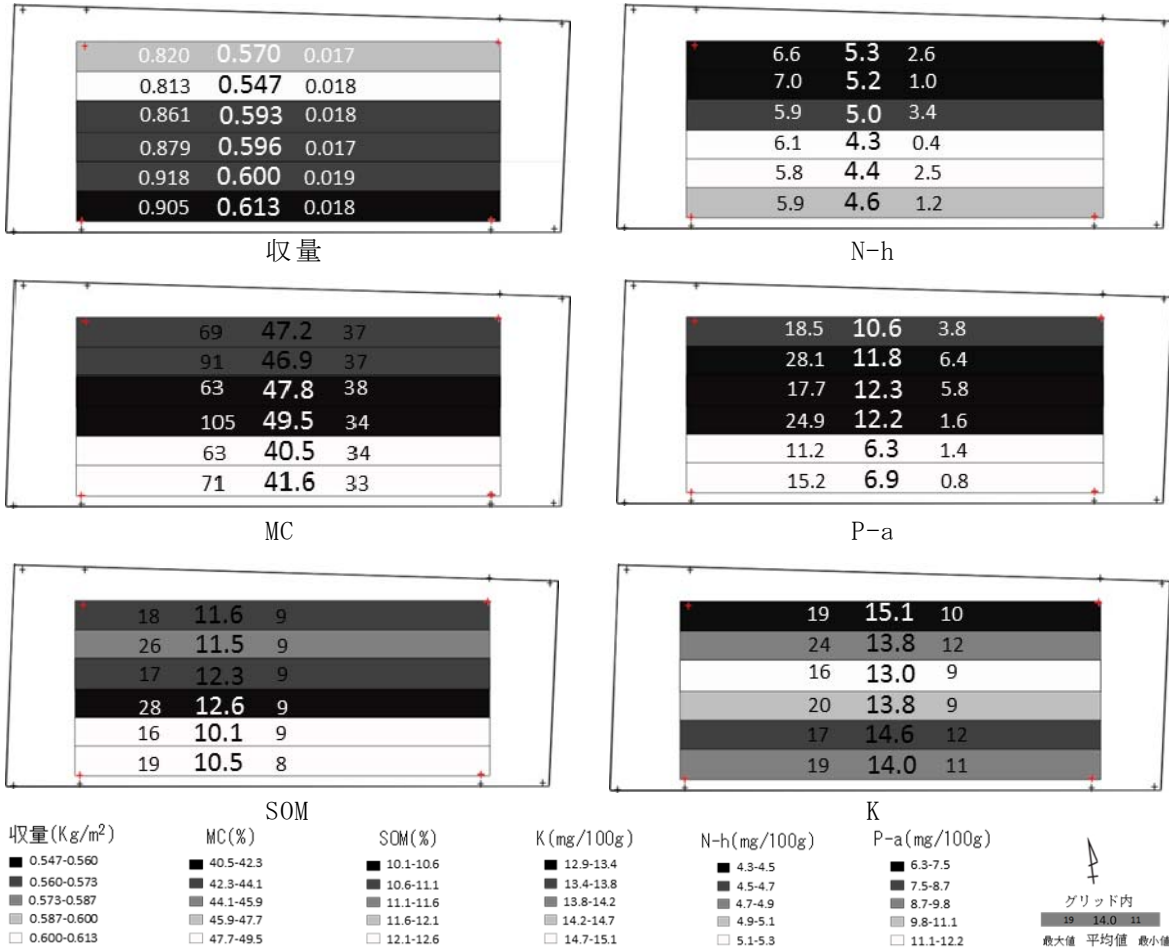


図2-1 フレコン毎の収量と5成分のグリッドマップ

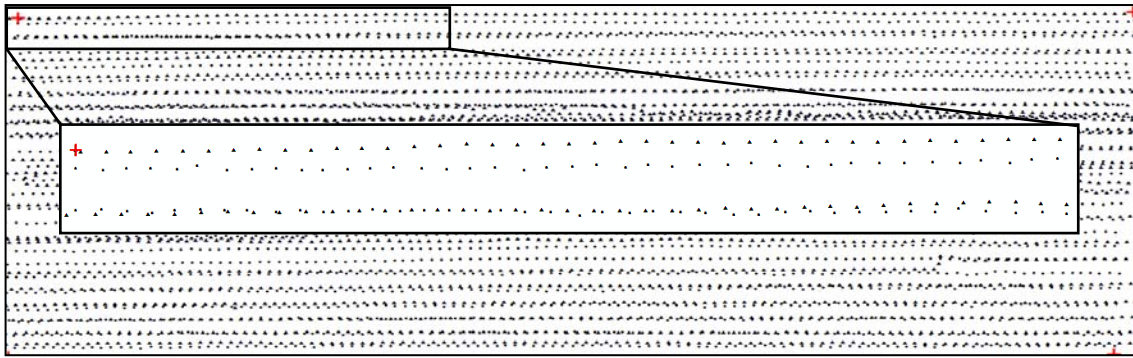
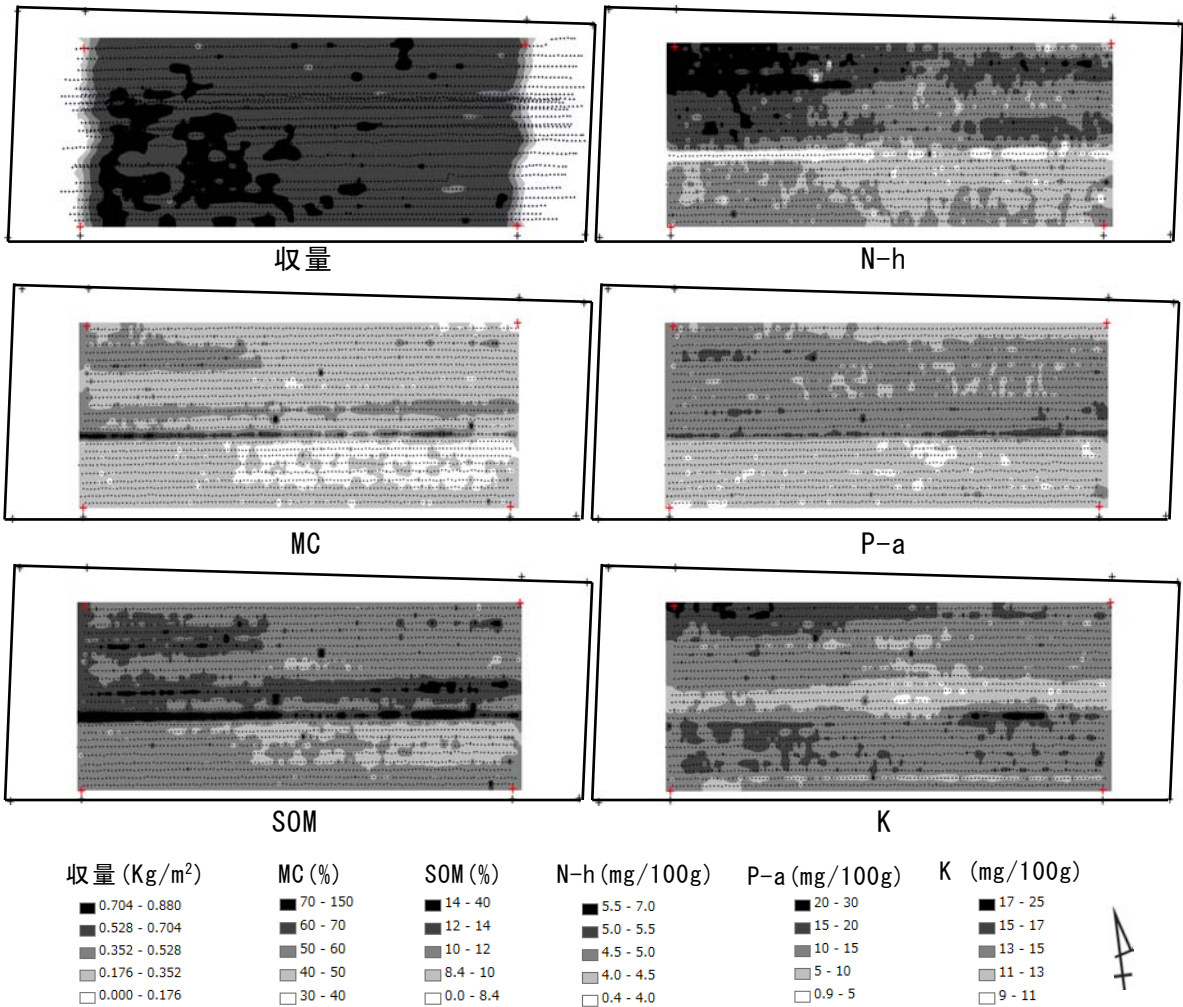


図4-1 試験区内のSAS (・) とAG (▲) のデータ測定軌跡



「+」：ほ場外形端および試験区外形端 「・」：SASデータ収集地点 「▲」：AGデータ収集地点

図 4-2 試験区内の収量マップと 5 項目推定値土壌マップ

5. 経営評価

各項目の検量線が既に準備されている場合、土壌センシング作業員1名、測定速度1 km/h、25圃場 (23.5ha) の条件で、1時間当たり1.6筆、1.5ha、5ライン、567データの収集が可能である。1筆1試料の化学分析費用1.2万円とした場合、1日当たり10万円 (1

2.5筆以上保有で1筆換算8千円)を支払える経営規模の生産者は、SAS3000を利用する事では場内の詳細なマップ情報を得る事が可能である(農匠ナビ1000成果より参照)。本試験区の特徴から推察すると、北側と南側で基肥施用量を調整すると肥料コストの低減も可能である事が推察される。

6. 利用機械評価

利用機械：収量コンバイン (AG6114R試験機, 6条刈り)

評価：収穫時の穀物流量マップが表示されるので、コンバインの作業状態の可視化には便利である。しかし収量計測の時間遅れや刈取幅の変化および水分モニタ感度などのため、絶対座標での収量マップ作成は困難である。一列ごとの収量計測には十分な精度があり、今後、収量評価の試験機として運用が期待される。

7. 成果の普及

農林水産省関係の革新的技術緊急展開事業「農匠ナビ1000」の横展開で注目されている。

8. 考察

収量マップと5項目の土壌マップ間には、視覚的な相関性は認められなかった。A2-02ほ場は、過去に合筆と客土のほ場整備を行っており、5項目の土壌マップ共に南北に分かれる境界線の位置が近い事から、過去の栽培や作業体系および合筆等の痕跡を示している可能性が伺える。ほ場内を南北に2分割して基肥施用量を施肥基準に従って施用する場合、慣行の1筆内を一様に散布する場合よりも投入量の削減や収量増、過剰部分への環境負荷軽減を目的とした土壌管理が可能であり、生産者の意思決定情報として有用であると推察される。マッピングにはDGPS測位精度が最低限必要である。

9. 問題点と次年度の計画

SASとAGの測定データのマッチングを図り、土壌マップと収量マップの作成を可能としたが、栽培作業体系に即したセンシング方法とマッピング方法の検討が今後の課題である。AGの「刈取-脱穀-穀粒流量計測-グレンタンク収納」では、刈取-穀粒流量計測間の遅れ時間と脱穀しきれなかった粃が再脱穀され、穀粒流量計で計測される事から、位置データと収量の関係が構造的に一致させることができない。よって、土壌マップと何らかのデータ間の解析や視覚的判断をする場合には、局所的では無く、本試験区のようなフレコン毎の解析等、グリッド毎に解析する手法が適切であり、グリッドの設定方法が今後の課題である。

10. 参考写真



リアルタイム土壌センサ (SAS3000)



収量コンバイン (AG6114R)

