



担い手を支える 精密農業 と 農業機械



● 平成 20 年 3 月 5 日 ●

独立行政法人 農業・食品産業技術総合研究機構
生物系特定産業技術研究支援センター

新農業機械実用化促進株式会社

担い手を支える精密農業と農業機械

1 趣旨

我が国の農業においては、国際化が進展する中で、低コストで消費者ニーズに対応した安全・安心な農産物の生産が求められています。

これまで、農作物の生産管理は、生産者の技術に負うところが大きかったわけですが、近年のIT技術の進展により、作物の生育状況や土壌の状態等に係る情報を把握した上で、これらの情報に基づいて適切な栽培管理が行うことが可能な状況となってきました。

また、昨年11月に政府のIT戦略本部が取りまとめた「ITによる地域活性化等緊急プログラム骨子」では、農業分野において経営を効率化しつつ大幅な環境負荷低減と生産性の維持・向上を両立させる取り組みとして、ITを積極的に活用することが提唱されています。

農業機械分野を中心として進められてきたITを活用した精密農業も10余年の研究期間を経て、ようやく現場サイドに向けた普及のステージに入ってきました。本セミナーでは、精密農業研究の最前線を講演を通して概観しながら、実際に精密農業機器を活用している農業者、今後取り組む意向を持つ農業者をパネリストとしてお招きし、精密農業を中心とした新しい時代の農業を支援する技術開発の方向性について議論します。

2 日時

平成20年3月5日（水）13：00～17：00

3 場所

埼玉県さいたま市 大宮ソニックシティ<小ホール>
(さいたま市大宮区桜木町1-7-5 / Tel:048-647-4111)

4 日程

(1)開会 13：00

(2)挨拶

(3)講演 13：15～

世界の精密農業事情と今後の展望

京都大学大学院農学研究科地域環境科学専攻 教授 梅田 幹雄 氏

日本型水稻精密農業における技術開発戦略

生研センター 生産システム研究部 主任研究員 西村 洋 氏

<休憩15分>

畑作を中心とした精密農業と農業機械

中央農業総合研究センター 上席研究員 宮崎 昌宏 氏

(4)パネルディスカッション 15：30～

コーディネーター：生研センター 生産システム研究部長 杉山 隆夫 氏

パネリスト：(株)三本木グリーンサービス 代表取締役 渋谷 誠司 氏

農事組合法人 神谷生産組合 理事 丸山 信昭 氏

(株)サイエンスクリエイト 第1事業・食農産業クラスター推進事業担当 山村 友宏 氏

農事組合法人 ファームとちや 代表理事 森田 敏博 氏

(5)閉会 17：00

5 主催

- ・独立行政法人 農業・食品産業技術総合研究機構 生物系特定産業技術研究支援センター
- ・新農業機械実用化促進株式会社

目 次

世界の精密農業事情と今後の展望	3
-----------------------	---

京都大学大学院農学研究科地域環境科学専攻 教授 梅田 幹雄 氏

日本型水稻精密農業における技術開発戦略	37
---------------------------	----

生研センター 生産システム研究部 主任研究員 西村 洋 氏

畑作を中心とした精密農業と農業機械	53
-------------------------	----

中央農業総合研究センター 上席研究員 宮崎 昌宏 氏



世界の精密農業事情と 今後の展望

京都大学大学院農学研究科地域環境科学専攻
教授 梅田 幹雄 氏

はじめに

“ 農業は時代時代の最先端の技術を駆使して行われてきた ”

これは農業に対する私の哲学である。

精密農業は現在考えられる全ての最先端技術を活用した農業技術である。

今回「新技術セミナー」のために、知人に依頼して精密農業関係の資料を提供してもらった。改めて世界の農業技術の進歩に驚かされた。

本講演では、アメリカ、ドイツを中心とするヨーロッパ、アジア、オセアニアの精密農業を紹介する。

オセアニア、アメリカなどの畑作地域は精密農業の取り入れ、さらなる生産性向上を図っている。これに対して、日韓台湾などの稲作地域は精密農業の前に、精密農業を取り入れることのできる農業経営の改善が必要となる。世界的な水不足の中で稲作地域の国は水に恵まれており、水資源に応じた食料生産が課題となっている。

これらを踏まえて世界の精密農業を概観してみたい。

アメリカの精密農業

アメリカの農業は円形農場に代表される人工的農業である。大学での農業研究は盛んであり、精密農業についても多くの大学が精密農業研究センターを有している。精密農業の基礎となる肥料や水の最適化のため作物モデルDSSAT (Decision Support System for Agrotechnology Transfer) が生まれている。農機メーカーによる精密農業機器も、Deere社のGreenstar、AGCO社のFieldstar、CaseIH社のAFSなど十分に準備されている。

経営は大規模で、約1%の農場で42%の食料を生産し、8%の農場で72%の食料を生産している。経営規模が大きいため精密農業を取り入れることで、肥料や農薬の節減になり収益が上がる。このため、精密農業は経営効率改善有力な手段となっている。中西部のコーンベルトでは収量モニター付コンバインでの収量計測が16%、土壌分析が26%、人工衛星リモセン5%、可変施肥24%、可変農薬散布19%といわれている(フロリダ大学John Schueller教授)。実際はこれより高い普及率にあると思われる。現在、大学の研究はその州の特産品、すなわち、カンキツ類とサトウキビ(フロリダ大学)、トマト(カリフォルニア大学)、シュガービート(ミネソタ大学)、コットン(テキサスA&M大学)などである。

アメリカでは水が貴重品であり、精密灌漑(Precision Irrigation)も精密農業の重要な課題である。

(梅田幹雄)

Dr. K. A. Sudduth のアメリカ農業の特徴

20世紀特記事項は、農場・圃場の拡大と農業機械化の進展である。一方、農場が多様性を失い、アメリカの大部分がトウモロコシやダイズの少数の作物に覆われることになった。

今日、アメリカの典型的な農業者は畑での労働で無く、経営により利益を得るビジネスマンである。経営上の決定を行なうために詳細な情報を得ることを必要としている。

精密農業では20世紀はじめ、研究者は圃場内のばらつきをマップ化し、たとえば、土壌をグリッドでサンプルし、可変石灰施用になどの投入を助言してきた。
(Linsley and Bauer, 1929)

注意：以下の資料は、アメリカ農業省(USDA)ARSのDr. Kenneth A. Sudduthの厚意により入手したもので、資料の著作権は同博士にあります。

同博士の許可なく使用することはできません。

なお、原文は英語で書かれています。誤訳の責任は全て梅田幹雄にあります。

Dr. K. A. Sudduth のアメリカでの精密農業の歴史(1)

1990年代は増益と成長の期間であった。

- ・ GPS の信頼性が向上した。
- ・ 市販の収量モニタが利用できるようになった。
- ・ 市販の土壌センサーで電気伝導率(EC)の測定が可能になった。
- ・ 精密農業研究で大きな成果がでた。
- ・ ミネソタでの精密農業国際会議開催された。
- ・ 農業者と農業ビジネス間で利益が拡大した。



Courtesy of Dr K. A. Sudduth
USDA ARS, August 2007

Dr. K. A. Sudduth のアメリカでの精密農業の歴史（２）

2000年代にも精密農業の効果（利益）は持続している。しかし特殊な分野では変化が生じた。窒素の可変施肥は利益がでたが、リンやカリ、石灰の可変施肥の利益は減少した。

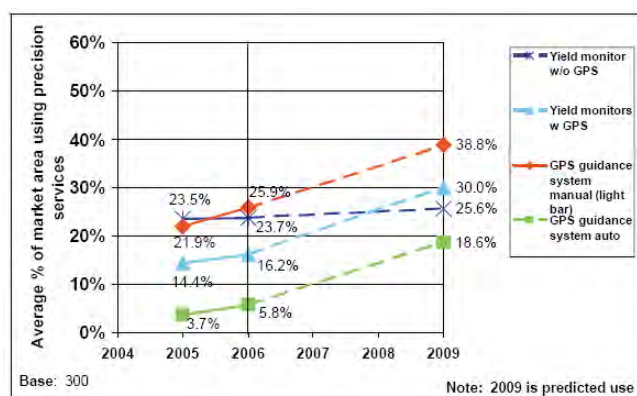
RTK-GPSを用いた車両の誘導が実用化した。

省力化と生産履歴をトレースするため、また環境保全のために精密農業の技術が用いられるようになった。



Courtesy of Dr K. A. Sudduth USDA ARS, August 2007

アメリカでの精密農業の採用

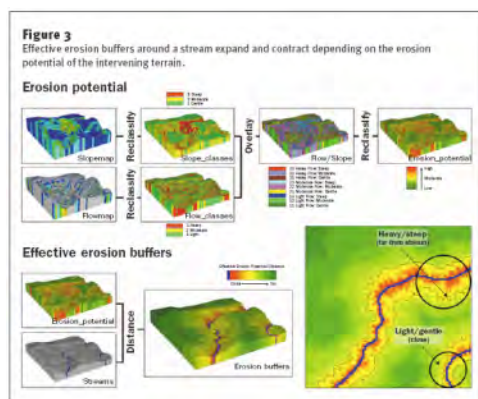


穀粒収量モニター付コンバインは、2000年に約3万台使用されている。
(Daberkow et al., 2002)

1996年にダイズとトウモロコシの15%は収量モニター付コンバインで収穫された。2002年には30%に、2006年には40%に増加する。

Courtesy of Dr K. A. Sudduth USDA ARS, August 2007

精密農業による土壌浸食防止（Kitchen et al., 2005）



以下のことを考慮した精密農業システム（PAS）の開発

- ・地区の多様性に応じて作物生産における資材を可変投入する
- ・精密な保全性の測定

中部ミネソタでの36ha圃場でのPASの適用と評価

Courtesy of Dr K. A. Sudduth USDA ARS, August 2007

Dr. Sudduth のアメリカ精密農業の予測

- ・精密農業の採用はアメリカの中でも異なる。この技術が最初に採用された北中部では採用率が高い。
- ・精密農業の技術は穀物生産の約1/4で使われている。
- ・精密農業を採用している農業者の大部分は若くて、高学歴で、かつ大規模農場であり、コンピュータに習熟している。
- ・精密農業は新しいスキルをセットで要求する。本格的な普及はコンピュータの教育を受けた新世代が登場するまで実現しない。
(Robert,2002)

今後は以下の課題に取り組むことが重要になる。

- ・精密土壌保全
- ・作物育成状態のダイレクト計測
- ・果実・野菜生産への応用
- ・ワイヤレス・センサー・ネットワークによる情報伝達

Dr. Sudduthの資料 終

Courtesy of Dr K. A. Sudduth USDA ARS, August 2007

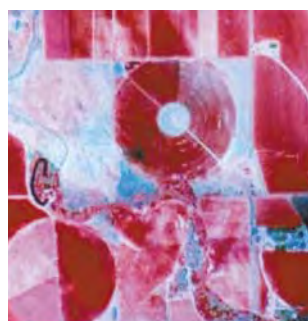
Prof. J. Schueller の精密農業

精密農業は技術主導ではない。

生産において、天候や局所的なばらつきは予測できない。精密農業は空間変動に対応するための農業側の要求による。

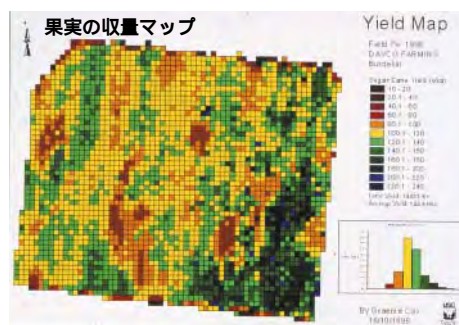
注意：以下の資料は、フロリダ大学のProf. John K. Schueller厚意により入手したもので、資料の著作権は同教授にあります。同教授の許可なく使用することはできません。

なお 日本語訳に誤訳があった場合の責任は全て梅田幹雄にあります。



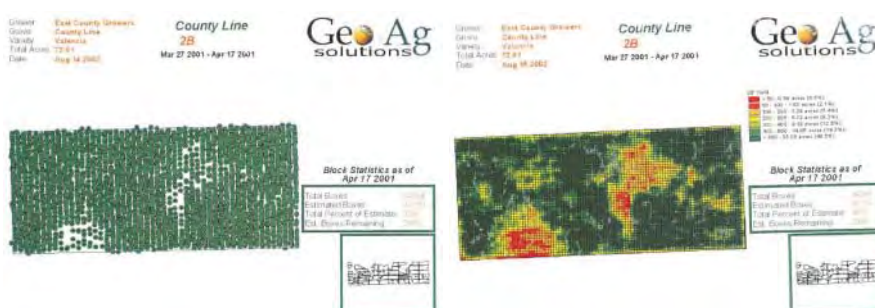
一般的でない非穀物の収量マップ

今後、果実、野菜、飼料、砂糖などが普及する。



Courtesy of Prof. J. K. Schueller University of Florida, Dec. 2005

作業者の調査による収量マップ作成



Courtesy of Prof. J. K. Schueller University of Florida, Dec. 2005

リモートセンシング

5月の適当な日に精密農業のための情報を衛星画像にて取得する。

ATLAS, 2.5-meter day multispectral image. Note Calibration target and datalogged-pond (circled in yellow)

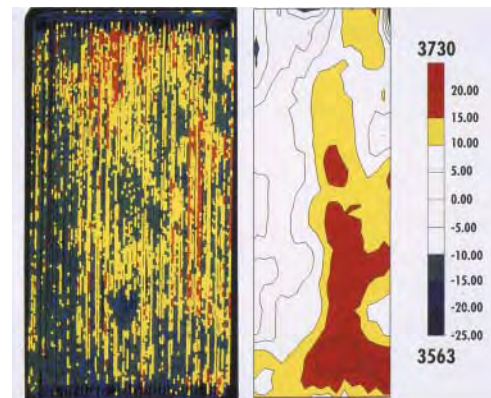
Courtesy of Prof. J. K. Schueller
University of Florida, Dec. 2005



精密農業は全ての圃場実験を可能にする

例：2つの品種を交互に植えつける。
収量マップは差異を示している。

Courtesy of Prof. J. K. Schueller
University of Florida, Dec. 2005



収量マップ

品種の比較

サウス・カロライナ州の円形農場での精密灌漑

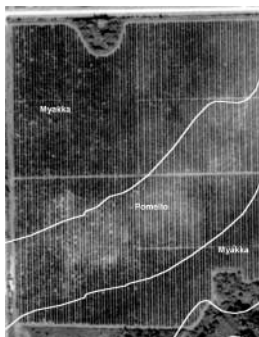
水はしばしば収量を規制する。
必要な量の撒布は有効である。

Torre-Neto & Schueller

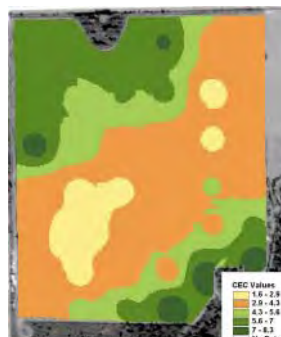


Courtesy of Prof. J. K. Schueller
University of Florida, Dec. 2005

サウス・カロライナ州の円形農場での精密灌漑



土壌の変化



陽イオン交換容量
土壌によりCECが変化



収量
CECにより収量が変わる

Courtesy of Prof. J. K. Schueller
University of Florida, Dec. 2005

収量モニター付柑橘類収穫機



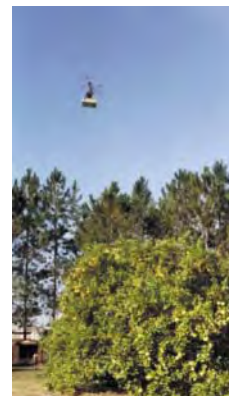
フロリダ州

Courtesy of Prof. J. K. Schueller
University of Florida, Dec. 2005

画像処理による柑橘類の収量予測

Lee & MacArthur

Courtesy of Prof. J. K. Schueller
University of Florida, Dec. 2005



中西部コーンベルトでの精密農業用機器の普及

Whipker & Akridgeによる <http://axe.agriculture.purdue.edu/ssmc/>
肥料と農薬業者の2005年のデータに基づいて算出された。
ボランティアの調査に基づき統計手法を用いて普及率を推定された。

GPS Yield Monitoring	16
GPS Soil Sampling	12
GPS Lightbar Guidance	26
GPS Automatic Steering	4
Variable Seeding	3
Satellite Remote Sensing	5

Variable Single Fertilizer	24
Variable Single Pesticide	19
Variable Single Lime	9
Variable Multi Fertilizer	12
Variable Multi Pesticide	9
Variable Multi Lime	4

Courtesy of Prof. J. K. Schueller University of Florida, Dec. 2005

Prof. J. K. Schueller の精密農業普及予測

商品・栽培システム，地域，圃場のばらつき，あるいは地域の条件により，精密農業の実施は多様性を有する。

- ・精密農業手法は数百万haで採用される。
- ・他の国（Other countries）ではさらに使われる。
- ・しかし，大多数（Majority）はNotである。
- ・普及の過程は緩やかである。

精密農業は，経済的，生態学的により良い方向に向かうと考えられる。研究者はこれを支援すべきである。

Prof. Schuellerの資料 終

Courtesy of Prof. J. K. Schueller University of Florida, Dec. 2005

トマト栽培の精密農業

カリフォルニア大学デービス校のProf. Shrini Upadhayaは、州の特産品であるトマト栽培の精密農業に取り組んでいる。



撮影：梅田幹雄（2000年7月）

収量モニター付トマト収穫機



選別はこの機械に作業者が乗り込んで行なう。左端のコンベアの下部にロードセルが取り付けられていて収量を計測する。

撮影：梅田幹雄（2000年7月）

Prof. Shrini K. Upadhaya, University of California, Davis

ヨーロッパの精密農業

アメリカの収益に対して住環境としての環境保全を重要視している。

収量モニター付コンバインはAGCO社の関連会社であるデンマークのDronnigborg社で最初に開発されたことには注目すべきである。

精密農業を取り入れて経営上の効果を得るには、ある程度の経営規模が必要である。EU15カ国の中で農場の農場経営平均面積35haを上回る国は

イギリス（68ha）、デンマーク（45ha）、フランス（41ha）、スウェーデン（38ha）、ドイツ（35ha）、アイルランド（35ha）

であり、これらの国々では精密農業の取り入れに注力している。

ヨーロッパの主要精密農業研究センターとし、

イギリス：Cranfield University, 旧Silsoe Research Institute,

デンマーク：Danish Institute of Agricultural Science,

フランス：National Institute of Agronomy Research,

スウェーデン：Swedish Institute of Agricultural Engineering,

ドイツ：Institute of Agricultural Engineering（ATB）、Federal Agricultural Research Center（FAL）、Technical University of Munich,

ベルギー：Catholic University Lueven

があげられる。

（梅田幹雄）

ドイツの精密農業（その1）

Prof. Hermann Auernhammerの考え方

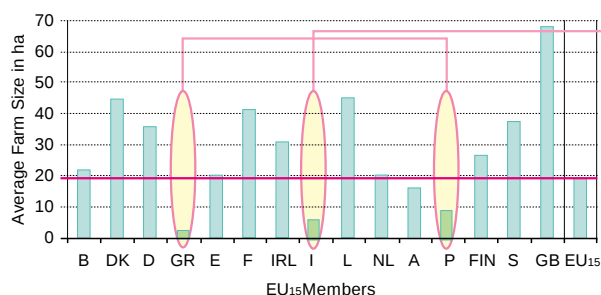
精密農業の普及は以下のような要因に依存する。

- ・経営規模（耕作面積，家畜頭数，温室栽培の種類）
- ・農作業の条件（作物の種類，水資源量，土壌浸食の危険性，...）
- ・労力（作業要員の数，年齢，教育，...）
- ・資金（資産，農業外所得，確実性，...）
- ・技術（最新技術，入手可能性，標準化，...）

注意：以下の資料はミュンヘン工科大学Prof. Hermann Auernhammerの厚意により入手したもので，資料の著作権は同教授にあります。同教授の許可なく使用することはできません。

なお，原文は英語で書かれています。誤訳の責任は全て梅田幹雄にあります。

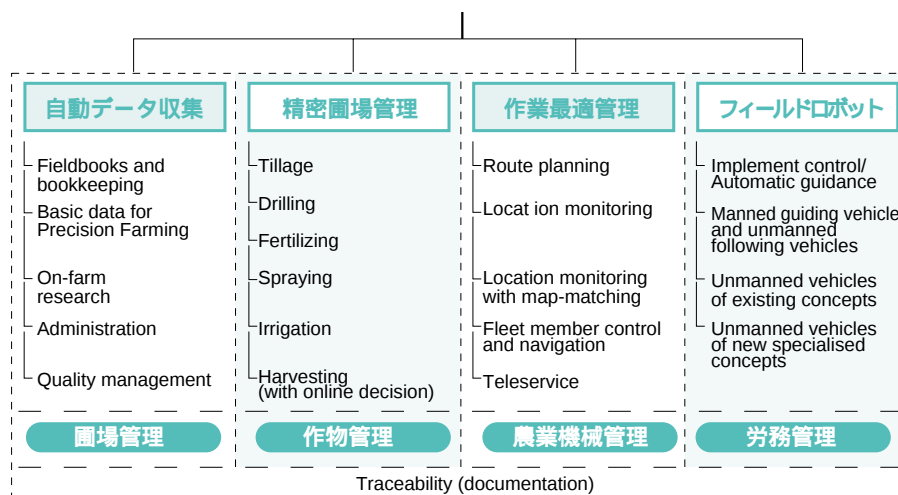
EU15カ国の農場規模 1999/2000年



小規模経営で自動化は必要か？
小規模経営でどのようなタイプの自動化が必要か？

Courtesy and copyright of Auernhammer, 23.08.2007

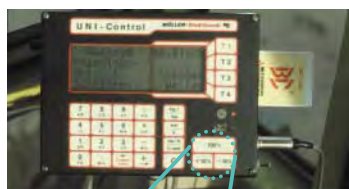
Prof. Auernhammerの提案する精密農業の領域*



*) First draft established 2001, Dec 4 by the author

Courtesy and copyright of Auernhammer, 23.08.2007

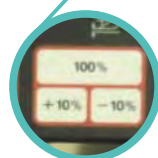
直読センサー（1985年以来 40.000以上が使用されている）



MÜLLER UniControl (market leader, D) LH Agro 5000(DK)



CLAAS agrocom. ACT(D)

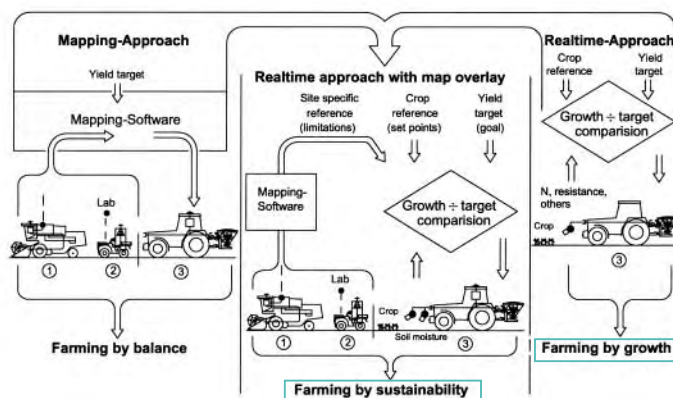


+/- keys together with the 100%-key allow a fast and convenient adjustment



Courtesy and copyright of Auernhammer, 23.08.2007

窒素肥料散布の戦略



Courtesy and copyright of Auernhammer, 23.08.2007

センサーベース・リアルタイム可変施肥 (Sensor Approach)



戦略“均等”

現在の農作業を真似る

→ 低収量の部分には大目に施肥する

Courtesy and copyright of Auernhammer, 23.08.2007

センサーベース・リアルタイム可変施肥 (YSRA H-Sensor)



520システム以上が世界的に使用されている。500システムがヨーロッパで使用されている。そのうち360システム以上がドイツで使用されている。

1システムでカバーできる圃場面積は約4.000 ha。

標準的な使用法は低収量圃場に部分的に多くの窒素を施肥する。昨年の施肥では逆の戦略に変化した。システムは窒素肥料にのみ使用されている。

Courtesy and copyright of Auernhammer, 23.08.2007

発光レーザーシステム (MiniVeg, FRITZMEIER)



2007年8月AGRITECHNICA展示会以後使用可能に

- ・アクティブシステム
- ・作物に接触することが必要
- ・反射率、栽植密度と草丈が測定できる
- ・乾物重の推定が可能

病害菌付着の推定が可能

施肥、薬剤散布、病害菌の腐食、安定生育に有効

Courtesy and copyright of Auernhammer, 23.08.2007

法律の基づく農地の集約

ヨーロッパの小規模経営農場の圃場面積は1ha以下である。
農地集約のための処置には10年以上の時間と費用を必要とした。
3つの拡大要因により圃場が拡大できた。



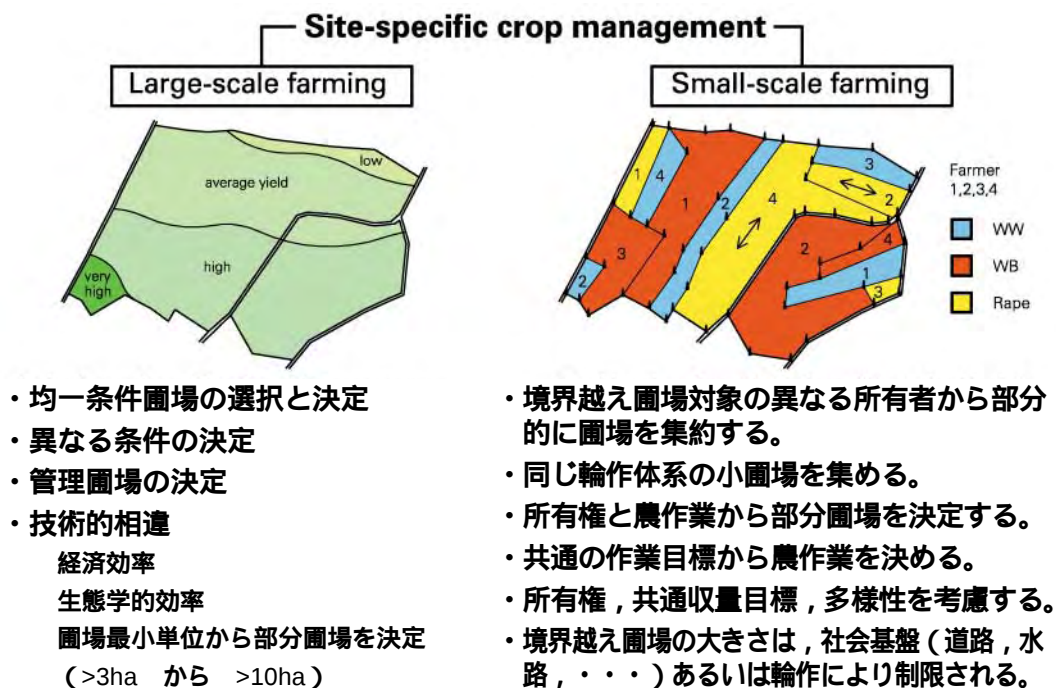
Courtesy and copyright of Auernhammer, 23.08.2007

仮想的農地集約→境界を越えた (Transborder) 農作業



Courtesy and copyright of Auernhammer, 23.08.2007

精密部分圃場管理 (Site-specific Part Field Management)



Courtesy and copyright of Auernhammer, 23.08.2007

3つの境界越え圃場 (transborder field) での実験



5つの農場から
20の圃場を
3つの境界越え圃場に集約
集約率； 7:1
省力率；約 35%
機械コストの節約率；約 30%
利益；約315 €/ha

数箇所で境界越えシステムが実施されている。
その1つは10年間以上経過している。

Courtesy and copyright of Auernhammer, 23.08.2007

各種の操縦装置が精密農業の普及を促進

ガイダンス	操縦支援	自律走行
 システムが所定の走行路を視覚で指示	 支援装置が操縦を行う。異なる機会に装着することが可能	 トラクタ装置の油圧装置を使ってトラクタが自律走行する。

Courtesy and copyright of Auernhammer, 23.08.2007

ヨーロッパの精密農業に対する質問と回答

No.	Responses	Question	yes [%]
1	27	Do you think PA makes sense in an economical point of view	88 %
2	27	Do you think PA makes sense in an ecological point of view	96 %
3	27	Will PA be the only farming system of the future	52 %
4	12	If you do not use PA on your farm, what are the reasons?	
		No benefit	8 %
		Investment costs too high	83 %
		Additional labor required too high	66 %
5	15	What are your site-specific treatments?	
		Tillage	46 %
		Drilling	27 %
		Basic fertilization	55 %
		N-Fertilization (Mapping approach)	36 %
		N-Fertilization (Sensor approach)	55 %
		Fungicide / stem stabilizer application	27 %
		Herbicide application	36 %
6	14	How is the labor requirement through PA	
		Much more higher	29 %
		Marginally higher	36 %
		Similar	14 %
		Smaller	21 %
7	13	What are your future strategies for the usage of PA on your farm?	
		Will be extended	84 %
		Same level	8 %
		Reduced level or even no PA	8 %

(by WAGNER, Berlin 2006, November 21; 27 Farmer; average farm size 2.500 ha)

Courtesy and copyright of Auernhammer, 23.08.2007

Prof. Auernhammerのヨーロッパ精密農業の動向

1. 圃場での先行機走路との並行走行や枕時作業のために、自動走行支援は急速に浸透する。
2. これらのシステムは並列作業機、たとえば自走チョッパーをとまなう牧草収穫、に急速に進むだろう。
3. 履歴記録のためのデータの自動収集の重要性はすでに明らかだろう。
4. さらに、これは可変施肥や防除で増加するだろう。マップと連動するオンラインセンサーの使用は実用レベルとなっている。
5. 品質と構成要素パラメータの実時間計測は、さらに重要と思われる。
6. 境界越え農作業はより適切なものになり、今以上に農業に取り込まれるだろう。
7. フィールドロボットはゆっくりと注意深くだが、実用化の役割を見つけるだろう。

Courtesy and copyright of Auernhammer, 23.08.2007

Prof. Auernhammerの精密農業に関するコメント

- ・ヨーロッパの精密農業は現在技術主導である。近い将来もこの状況は変わらないだろう。
- ・収量計測装置の性能は、さらに向上するであろう。
- ・播種、施肥、防除への電子制御のために、トラクタと作業機の通信はISOBUSが標準になる。
- ・次世代形機器の開発により経済性と環境保全性を両立が可能となる。
- ・高速の自動データ収集はISOBUSの使用により容易に実現する。これが“品質向上とトレーサビリティに向けてのヨーロッパの政策”を新しい段階に推し進める。同時に、記録とトレーサビリティが保障される。より性能の向上したセンサーの取り付けで不具合原因のオンラインでの評価が可能となる。
- ・ヨーロッパにおける境界越え農作業（transborder farming）が、これらの技術の開発で、より早く実現するであろう。
- ・ヨーロッパでのフィールドロボットの使用を予測することは現状では難しい。

Courtesy and copyright of Auernhammer, 23.08.2007

Prof. Auernhammerの農業自動化に関するコメント

- ・ヨーロッパの農業は極めて多様である。農業は約1ha規模の不利な小規模経営にて実施されている。大規模経営に向けて構造の変化が起こりつつある。EUの拡大にともなってEU加盟国内の差異が増加しつつある。
- ・農業機械化は様々な新技術により高レベルに到達している。電子技術により性能と安全性の向上し、ドライバー支援に使われるにことで、自走式農機は増加の傾向にある。しかし、トラクタは現在でも農作業の中心的役割を担っている。
- ・精密農業は最適窒素肥料散布によって高収量戦略に集中している。精密圃場管理は、仮想農地集約によって小規模構造を克服するであろう。
- ・環境保全は精密農業の推進力となる。技術に対する追加投資がなされるなら、最初に社会の要求が扱われるであろう。社会が継続的生産履歴記録を要求すれば、それがISOBUSの採用等将来の自動化の方式を決定するだろう。

Prof. Auernhammerの資料 終

Courtesy and copyright of Auernhammer, 30.09.2004

ドイツの精密農業（その2）

Prof. Hans Juergen Hellebrand Institut fuer Agrartechnik Bornim

ドイツには、ブラウンシュバイクの西ドイツ系のドイツ農業研究センター（FAL）とポツダムにある東ドイツ系のボルニム農業工学研究所（ATB）がある。

精密農業の研究は両研究所で行なわれている。

ドイツは1研究機関1課題ということもあり、紹介された機器は、

Prof. AuerhnammerとProf. Hellebrandで、共通のものが多かった。

両教授の紹介する精密農業機器では、肥料散布、除草剤等センサーベースで、圃場ではらつきを検出しGPSを使わず可変散布する機械が多い。

（梅田幹雄）

注意：以下の資料はボルニム農業工学研究所（ATB）Prof. H. J. Hellebrandの厚意により入手したもので、資料の著作権は同教授にあります。同教授の許可なく使用することはできません。

なお、原文は英語で書かれています。誤訳の責任は全て梅田幹雄にあります。

ペンダラム式生育センサー 付リアルタイム可変施肥機



約60システムが窒素の施肥，防除（牧草密度を収量を制御する），茎を安定させるために使用されている。

（CROP-Meter by agrocom., 2003）

Courtesy of Prof. H. J. Hellebrand, ATB, 2004

ペンダラムセンサーによる 生育量の検出の原理

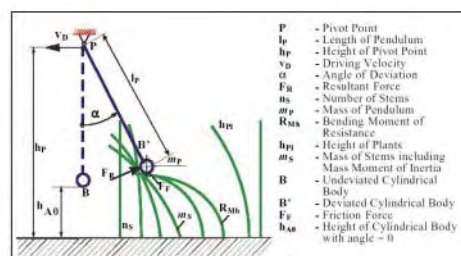


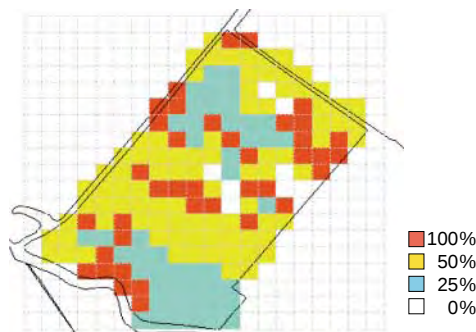
Figure 8: Advanced measurement principle of the pendulum-meter.

Volker Carsten Hammen: On-line sensing of biomass. Dissertation thesis Humboldt University 2001

<http://dochohost.rz.hu-berlin.de/dissertationen/hammen-volker-carsten-2001-07-17/PDF/Hammen.pdf>

Courtesy of Prof. H. J. Hellebrand, ATB, 2004

雑草分布の例



Golzow/Oderbruch, 42 ha 冬コムギ，1996年4月

雑草密度に応じた除草剤散布量の削減

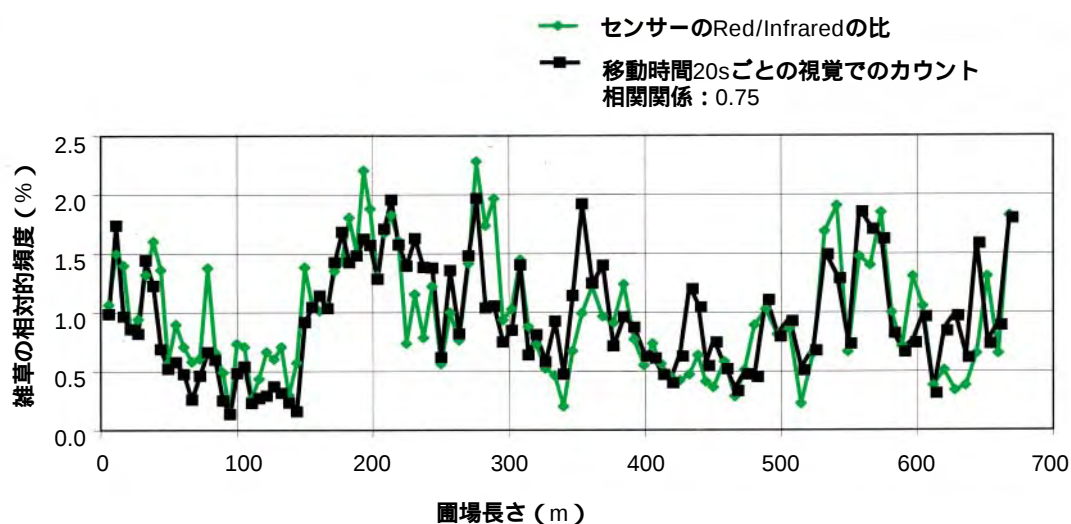
Courtesy of Prof. H. J. Hellebrand, ATB, 2004

雑草検出センサー付除草剤 可変散布機



Courtesy of Prof. H. J. Hellebrand, ATB, 2004

除草剤可変散布



視覚でのカウントとセンサーでのカウントの比較

Courtesy of Prof. H. J. Hellebrand, ATB, 2004

除草剤・殺菌剤可変散布



Courtesy of Prof. H. J. Hellebrand, ATB, 2004

土壌サンプル採集専用車



Courtesy of Prof. H. J. Hellebrand, ATB, 2004

生育量センサー

C. Bredemeier and U. Schmidhalter
Technical University of Munich, Department of Plant
Nutrition. bredemei@wzw.tum.de



クロフィルの反射率測定による冬コムギとトウモロコシのSSCM

Courtesy of Prof. H. J. Hellebrand, ATB, 2004

近赤外線水分・タンパク質センサー付牧草収穫機



Courtesy of Prof. H. J. Hellebrand, ATB, 2004

水平貫入式土壌硬度センサー

R,Verschoore¹,J.G. Pieters¹,T.Seps¹,Y.Spriet¹ and J. Vangeyte²

¹Ghent University, Coupure links 653 B9000 Gent1, Belgium

²Agricultural Research Centre CLO-DVL, Department of mechanisation Burg, van Gansberghelaan 115,B9820 Merelbeke, Belgium

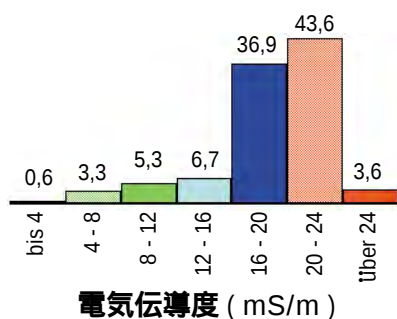
Reinhart, Verschoore@rug.ac.be

<2003年>

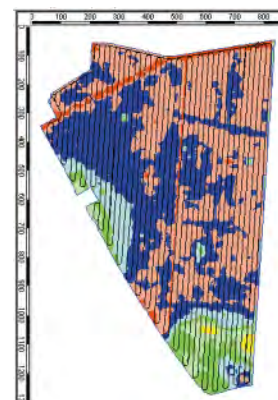


Courtesy of Prof. H. J. Hellebrand, ATB, 2004

土壌電気伝導度マップ



Courtesy of Prof. H. J. Hellebrand, ATB, 2004



(冬コムギ) 可変播種機



Courtesy of Prof. H. J. Hellebrand, ATB, 2004

Prof. Hellebrandの資料 終

ATBで開発されたトラクタ装着形葉反射率センサー



撮影 梅田幹雄

アジアの精密農業

韓国、中国、台湾は、1990年代後半の我が国とほぼ同時期に精密農業の研究を開始している。可変施肥機、収量モニター付コンバイン、リモートセンシング等の研究が国家プロジェクトして行なわれ、現在各国とも機器の開発が終了し、実際の営農にどのように活用するかの研究が進められている。マレーシアは大資本によるプランテーションが多いため早くからリモートセンシングを中心に精密農業を取り入れている。

近年、インド、イラン、インドネシアはじめアジア各国も国情に合わせて精密農業を取り入れようと考えている。
(梅田幹雄)

韓国での精密農業の紹介

韓国では農業工学研究所を中心として、ソウル大学、企業の加わった精密農業プロジェクトが実施されてきた。すでに精密農業学会が設立されている。

現在、平沢（ピュオンテク）市をモデル地区に精密農業の普及を図る計画が進行している。
(梅田幹雄)

정밀농업 실현을 위한 요소기술 개발 필요 精密農業実現のために必要な要素技術開発

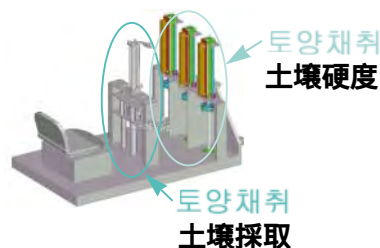
토양 샘플러 및 경도 측정장치	トラクタ装着土壌サンプラー及び硬度測定装置
생육 측정장치	生育測定装置
수확량 측정장치	収穫量計測装置
이랑 동시 측조 변량시비기	田植同時側条可変施肥機
원격탐사	遠隔探査（リモートセンシング）

注意：以下の資料は、韓国農村振興庁農業工学研究所李忠根博士の厚意により入手したもので、資料の著作権は同研究所にあります。同研究所及び同博士の許可なく使用することはできません。
なお、日本語訳は梅田幹雄がつけました。誤訳の責任は訳者にあります。

트랙터 부착형 토양 샘플러 및 경도 측정장치 トラクタ装着土壌サンプラー及び硬度測定装置

특징 特徴

- 성능 性能
1분/1샘플
1分/1サンプル
- 채취량 採取量
114cc/1회回
- 채취깊이 採取深さ
표토 表土 20cm
- GPS 연동방식
GPS連動方式



提供：韓国農業工学研究所 李忠根博士の厚意による

족압형 토양 샘플러 足踏形土壤サンプラー

특징 特徴

■ 성능 性能

1분30초/1샘플
1分30秒/1サンプル

■ 채취량 採取量

100cc/1회 回

■ 채취깊이 採取深さ

표토 表土 10~20cm

GPS 연동방식

GPS連動方式



提供：韓国農業工学研究所 李忠根博士の厚意による

생육 측정장치 生育測定装置

특징 特徴

■ 측정항목 測定項目

엽농도

葉(窒素)濃度

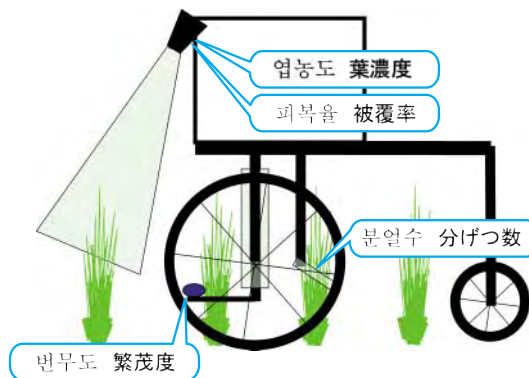
피복율 被覆率

분얼수 分げつ数

번무도 繁茂度

GPS 연동방식

GPS連動方式



提供：韓国農業工学研究所 李忠根博士の厚意による

수확량 계측장치 収穫量計測装置

특징 特徴

■ 측정항목 測定項目

단위수량

單位面積当数量

총 수량 籾数量

수분 水分

위치 位置

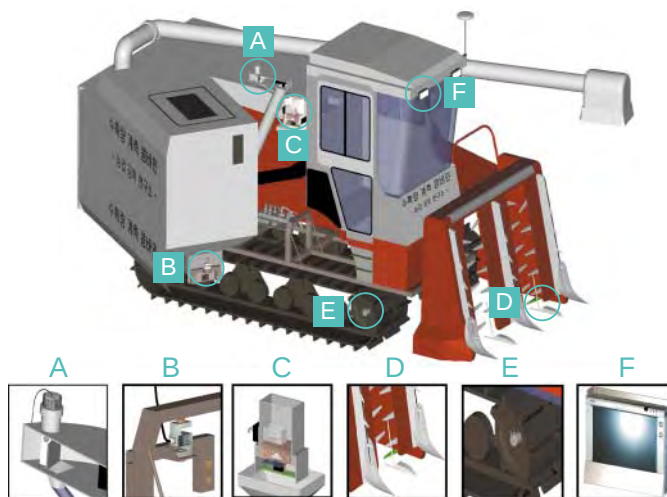
■ 정밀도 精密度

단위수량

單位数量：

총량 籾量：±1.2%

수분 水分：±0.86%



[유량센서] [총량센서] [수분센서] [작업유무] [속도센서] [모니터]

A: 流量センサ、B: 総量(籾)、C: 水分、D: 作業の有無、E: 速度センサ、F: モニタ

提供：韓国農業工学研究所 李忠根博士の厚意による

실용화 모델 개발 実用化モデル開発

특징 特徴

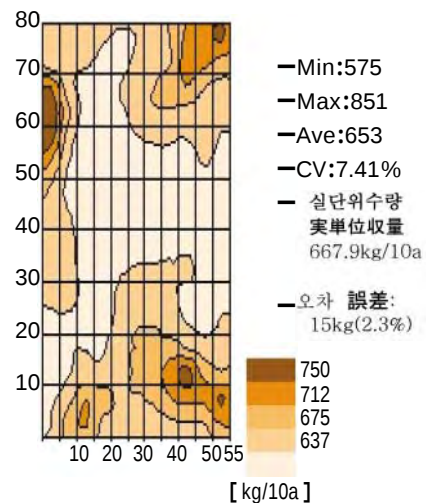
- 측정항목 測定項目
 - 총 수확량 籾総収量
 - 수분 水分
- 정밀도 精密度
 - 총량 籾量: $\pm 1.2\%$
 - 수분 水分: $\pm 0.86\%$



總量及び水分センサ[총량 및 수분센서]

提供: 韓国農業工学研究所 李忠根博士の厚意による

실시간 수량지도 작성 リアルタイム収量マップの作成

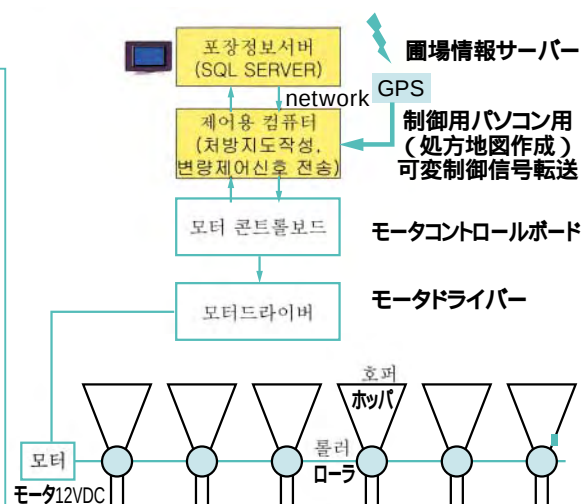


提供: 韓国農業工学研究所 李忠根博士の厚意による

이앙 동시 측조 변량 시비기 田植同時側条可変施肥機

특징 特徴

- 측정항목 作業形態
 - 이앙 동시 측조 변량시비
및 균일 시비 가능
- 田植同時側条可変及び均一施肥可能
- 완효성 비료 및 일반 비료 살포
- 緩効性肥料及び一般肥料散布
- 제어범위 制御の範囲
 - 살포폭 散布幅: 1.8m
 - 살포량 散布量: 3 ~ 17kg/10a
(성분기준) 成分基準
- 정밀도 精密度: $\pm 5\%$
- GPS 연동방식 GPS連動方式



提供: 韓国農業工学研究所 李忠根博士の厚意による

이랑 동시 측조 변량 시비기 田植同時側条可変施肥機



[살포량 제어기]
散布量制御器



[GPS수신기]
GPS受信機



[DC모터] DCモータ



[속도측정] 速度測定

提供：韓国農業工学研究所 李忠根博士の厚意による

원격탐사 遠隔探査

특징 特徴

■ 영상취득 映像取得

Orbview

분해능 分解能: 1~4m

관측폭 観測幅: 8km

밴드 バンド: PAN, Multispc.

파장대 波長帯: 0.45~0.90 μm

청 靑: 0.45-0.52

녹 緑: 0.52-0.60

적 赤: 0.63-0.69

근적외 近赤外: 0.76-0.90

QuickBird

분해능 分解能: 0.72~2.88m

관측폭 観測幅: 16.5km

PAN, Multispec.

■ 분석정보 分析情報

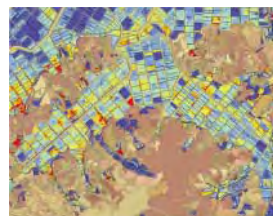
엽질소 및 단백질함량

葉室素及びタンパク質含量

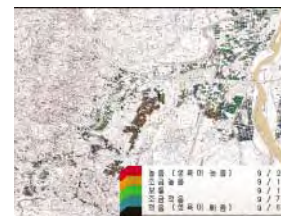
수확시기 收穫適期

분석방법 分析方法

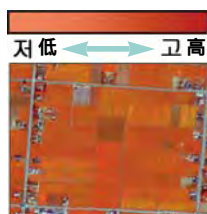
NDVI



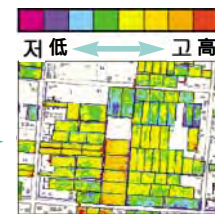
엽질소 함량 지도,
葉室素含量地図



수확시기 판단 지도
收穫適期判断地図



적외선 칼라 화상
赤外線カラー画像

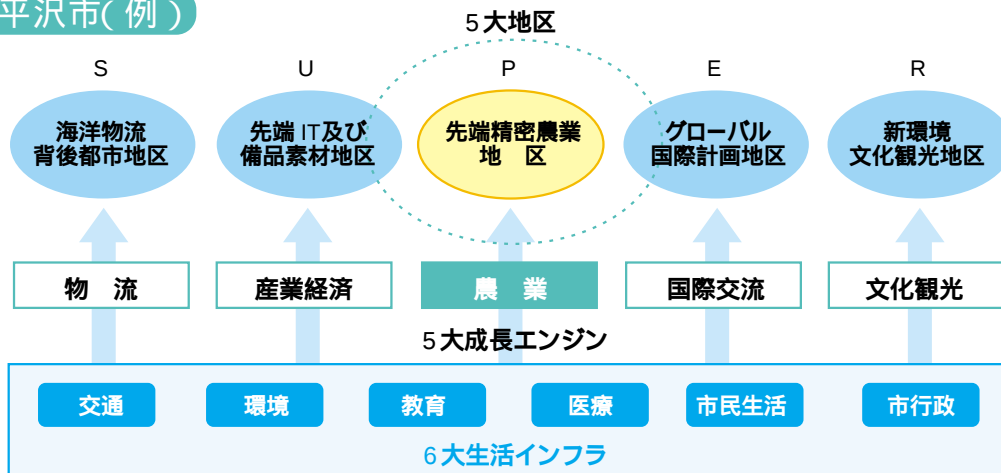


단백질 지도
タンパク質地図

提供：韓国農業工学研究所 李忠根博士の厚意による

자료출처：농과연 홍석영 박사 및 후지쯔 農業技術科学院

平沢市(例)



提供：韓国農業工学研究所 李忠根博士の厚意による

평택시 (예) 平沢市(例)

사업개요 事業概要

- 위치場所 : 평택시 일원 平沢市一円
- 사업기간 事業期間 : 2005~2014년 年
- 총사업비 總事業費 : 86억원 86億ウォン
- 사업규모 事業規模 : 미곡 米穀 5,000ha, 과수 果實 250ha, 시설채소 施設蔬菜 80ha 화훼 花卉 7ha
- 사업내용 事業内容
 - GIS를 이용한 정밀과학농업시스템 GPSを用いた精密科学農業システム
 - RFID를 이용한 농산물생산이력사업 RFIDを用いた農産物生産履歴事業
 - GPS를 이용한 농작물정밀관리사업 GPSを用いた農作物精密管理事業
 - 정밀농업체험관광사업 精密農業体験観光事業

韓国農村振興庁農業工学研究所資料 終

提供 : 韓国農業工学研究所 李忠根博士の厚意による

中国の精密農業

中国では北京, 上海はじめ各地に精密農業研究センターが設置されて研究が進められている。

中国農業大学ではアメリカの円形農場用のガントリーを用いて可変作業を実施する幅400m, 長さ800mの実験農場を有している。北京はコムギとトウモロコシの二毛作地帯であるため, 精密農業機器は韓国や我が国と異なりアメリカ製のものがそのまま使用できるところも多い。

経済発展とあいまって中国全土で輸入・国産の精密農業機器を用いて実験を行なわれている。穀物だけでなく, 畜産, 園芸, 施設園芸にも精密農業が試みられている。

(梅田幹雄)

注意 : 以下の資料は中国農業大学Maohua Wang教授の厚意により入手したもので, 資料の著作権は同教授にあります。同教授の許可なく使用することはできません。

なお, 原文は英語で書かれています。誤訳の責任は全て梅田幹雄にあります。

中国農業大学の北京精密農業実験農場 2000年建設



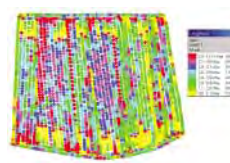
北京から35km, 面積140 ha
コムギとトウモロコシの輪作

Courtesy of Prof Maohua Wang, China
Agricultural University, August 2007

輸入コンバインによる北京実験農場での収量マップの作成

2001年から作成

CASE 2366 with AFS



Courtesy of Prof Maohua Wang, China
Agricultural University, August 2007

北京実験圃場でのリモートセンシングの適用

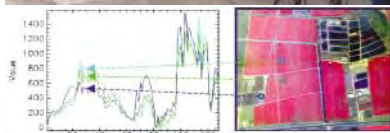


Band	Wavelength	Resolution
64	(0.4 1.1 μ m)	10nm
16	(1.1 2.0 μ m)	60nm
32	(2.0 2.5 μ m)	15nm
8	(3.0 5.0 μ m)	250nm
8	(8.0 12.5 μ m)	500nm

Total 128 bands

IFOV: 3mrad or 1.5mrad

FOV: >70 degree OMIS(Operative Modular Imaging Spectrometer)



ハイパースペクトル画像データ
(128 bands)



中国科学院
上海応用物理学
研究所開発

Courtesy of Prof Maohua Wang, China
Agricultural University, August 2007

中国西部におけるコットン・ピッカーによる収量マップの作成

CASE 2555

Xinjiang(Since 2002)



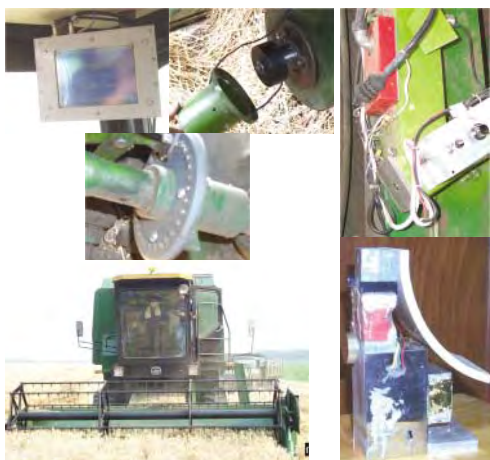
Courtesy of Prof Maohua Wang, China Agricultural University, August 2007

大規模農場での精密農業の実験



Courtesy of Prof Maohua Wang, China Agricultural University, August 2007

中国産プロトタイプ収量モニターシステムの実験



Courtesy of Prof Maohua Wang, China Agricultural University, August 2007

土壌水分計を組み込んだ土壌硬度測定器

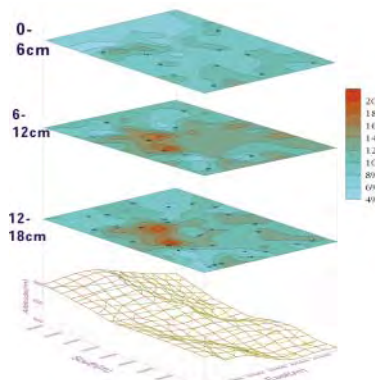


Courtesy of Prof Maohua Wang, China Agricultural University, August 2007

牧草管理の精密農業



GPS・GISによる内モンゴルでの牧草地資源探索



土壌水分含有量と凹凸マッピング

Courtesy of Prof Maohua Wang, China Agricultural University, August 2007

サトウキビの収量測定システムと土壌踏圧センサーの開発

南中国での研究



サトウキビ収穫



土壌踏圧センサー

Courtesy of Prof Maohua Wang, China Agricultural University, August 2007

中国農業科学院での輸入機器での適応試験



Courtesy of Prof Maohua Wang, China Agricultural University, August 2007

上海での精密農業実験圃場



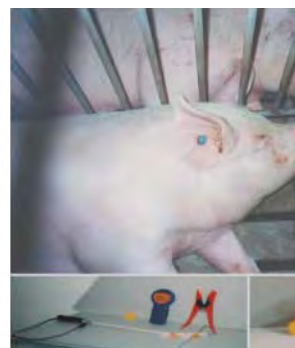
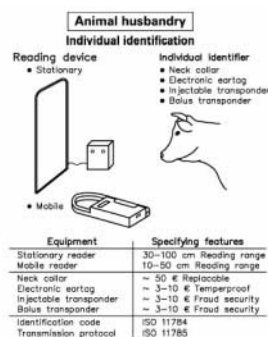
面積: 113 ha 作物: イネ

実験圃場



Courtesy of Prof Maohua Wang, China Agricultural University, August 2007

畜産での精密農業



Courtesy of Prof Maohua Wang, China Agricultural University, August 2007

施設園芸での精密農業



Courtesy of Prof Maohua Wang, China Agricultural University, August 2007

Maohua Wang教授の考えまとめ

- ・キーワードは、IT、精密農業、トレーサビリティ、革新的農業機械である。
- ・農業の生産性、資源保護、及び環境保全を成し遂げるためには、高度に発達した近代的農業においてインテリジェント機器と技術の開発、物流の改善を必要とする。
- ・精密農業は情報と知識に基づいた農業経営戦略である。低価格、ロバスト、高効率センシング技術とデータ収集の機器への研究費の投入は、変動やばらつきの管理ために優先的に行なわれるべきである。大量の生データは、インテリジェント情報システムによって、容易かつ迅速に処理されることが必要である。低価格で高効率かつ総合的なアプローチが高度な技術革新を達成する。
- ・信頼できる記録は、情報が正確に開示されていてトレーサビリティの高い状態で、消費者に提供されるという考えに基づいていることが必要である。情報通信技術に基づいて、水稻栽培管理、他の農業関連産業、及び慣行農作業システムを再構築するとの考えを発展させることは、問題解決のための大きな役割をはたす。**シンプル**な理論、すなわち、実際の問題を解決するための**最もシンプル**な方法を見つけ出すことが必要である。低価格で高度な技術の開発が、精密農業の革新的な進展のため道である。

Wang教授提供資料 終

Courtesy of Prof Maohua Wang, China Agricultural University, August 2007

台湾の精密農業

台湾も行政院農業委員会農業試験所（TARI）を中心に、多くの大学・研究機関が参加した国家プロジェクトを実施している。儀器科技研究中心では航空機用ハイパースペクトルカメラを開発した。稲作用精密農業機器の開発は終了している。施設園芸への精密農業も盛んである。

（梅田幹雄）



精準農業在台灣之發展

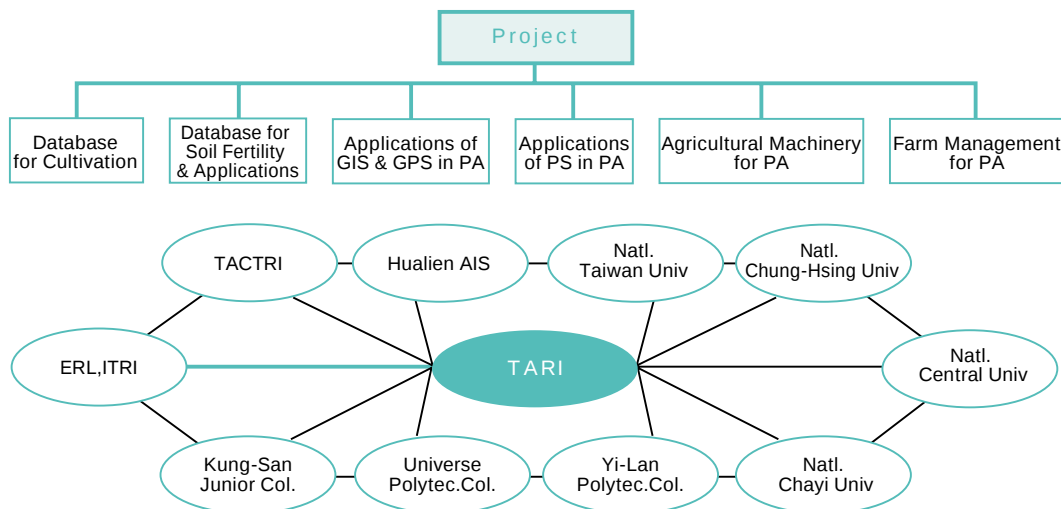
盧福明

台灣大學生物產業機電工程學系教授

財團法人農業機械化研究發展中心主任

注意：以下の資料は国立台湾大学の盧福明教授の厚意により入手したもので、資料の著作権は同教授にあります。同教授の許可なく使用することはできません。
なお、原文が中国語で書かれているので日本語に翻訳しませんでした。

台灣精準農業計畫參與研究機構與主題



提供：国立台湾大学 盧福明教授の厚意による

農業試験所精準農業試験 區 10.8 公頃



提供：国立台湾大学 盧福明教授の厚意による

精準農業作物產量分佈偵 測系統之開發

収量モニター付コンバインの開発
精準農業自動化農機操作系統之開發（1）



提供：国立台湾大学 盧福明教授の厚意による

間作物性定點精準感測系統之開發研究

條間生育測定機 精準農業自動化農機操作系統之開發 (2)



提供：国立台湾大学 盧福明教授の厚意による

近地機具

精準農業自動化農機操作系統之開發 (3)



提供：国立台湾大学 盧福明教授の厚意による

精準噴藥系統之開發研究

精準農業自動化農機操作系統之開發 (4)



提供：国立台湾大学 盧福明教授の厚意による



田間定點精準變異率施肥系統之研究

精準農業自動化農機操作系統之開發 (5)

可變率施肥機本體

肥料桶 (4個)



離型機之一角 (正面)



離型機之一角 (背面)

盧福明教授提供資料 終

提供：国立台湾大学 盧福明教授の厚意による

ハイパースペクトル カメラの開発



撮影 梅田幹雄

施設園芸の精密農業



Chiayi 市 撮影 梅田幹雄

マレーシアの精密農業

マレーシアは、水が少なく、パームオイルやゴム栽培のための企業経営による資金の豊富な大規模農場が多い。このため、精密農業については早くから関心を寄せており、1990年代中頃からSMARTファームিংと称して、研究、開発及び実用化に取り組んでいる。精密農業会議も毎年開催されており、私も何度か招待された。リモートセンシングについてもMACRES (Malaysian Centre for Remote Sensing) が中心となり衛星画像の農業への応用を研究している。



パームヤシ園

(梅田幹雄)

リモート・センシング・センター (MACRES) Kuala Lumpur



Kuala Lumpurでの精密農業会議の様子



精密農業会議での精密農業機器展示ブース

重要な会議には政府の高官が顔を出す



その他のアジア各国での精密農業

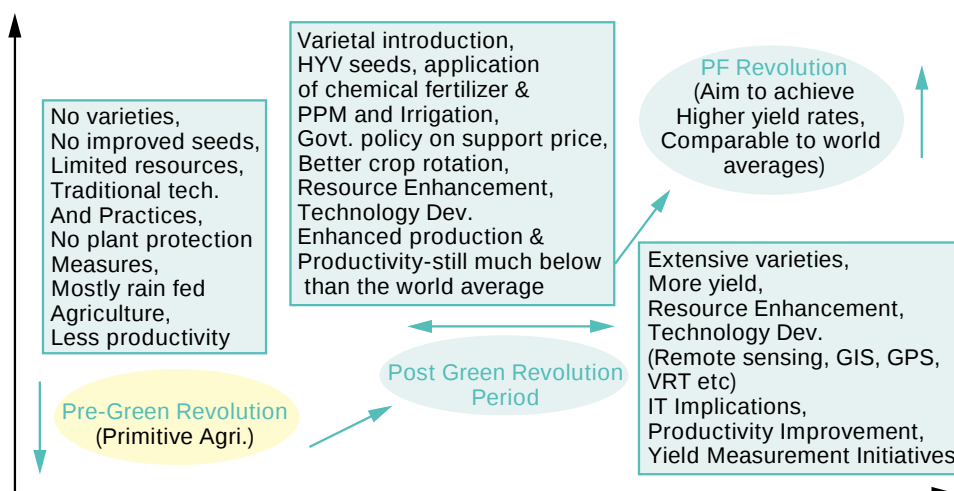
2006年7月にはアジア生産性本部（APO）主催で台湾の桃園市で精密農業に関する研修会が開かれた。講師国の台湾と日本に加えて、台湾、フィジー、インド、インドネシア、イラン、韓国、マレーシア、フィリピン、シンガポール、タイの10カ国から27人が参加した。各国とも、自分達の国で精密農業の発達は未熟であると述べながら、精密農業の持つ収量増加、品質向上、生産費削減、及び環境負荷低減を活用したいと報告した。

カントリーペーパーの中で、インドが緑の革命の疲労（Fatigue of Green Revolution）からの回復に精密農業の技術を活用したいと報告した。

イランでは塩類障害を回避するために、土壌電気伝導度（EC）の圃場マップ作成に精密農業技術を役立てたいと報告した。

インドネシアは、スマトラで大規模農場を経営しており、これに精密農業技術を役立てたいとのことであった。シンガポールは穀物生産は実施していないが、野菜の生産や花卉類の生産は盛んであり、精密農業の研修会に政府の関係者が参加していたことは興味を引いた。（梅田幹雄）

インドの精密農業の進化



Courtesy of V. K. Soni, Director and Group Head of National Productivity Council under Ministry of Commerce and Industry, Government of India, New Delhi, India

イランの精密農業

イラン農業の最大の課題は塩害である。塩類障害は収量と利益を減少し、農民が都会への移住を余儀なくされている。

これは**白い死（White Death）**と呼ばれている。

イランの精密農業は計器を用いて塩分濃度マップを作成し、濃度に応じた作物を選択または洗浄を行なうことにある。

（Masuod Karandish）

注意：イランの塩害と精密農業関係の写真は、イラン農業省普及・農作業システム部次長（Advisor to Deputy Minister of Extension and Farming System in Iran）Masuod Karandish氏から提供を受けた。写真の著作権は同氏にあります。

説明文はアジア生産性本部主催で2006年7月に台湾桃園市で開催された精密農業検討会に同氏から提出されたカントリーレポートから同氏の承諾を得て引用した。原文は英語で書かれており、日本語訳の誤訳の責任は梅田にあります。

土壌塩分濃度の測定と栽培作物の関係



携帯式ECメータによる土壌塩分濃度の測定

壤の電気伝導度と栽培作物の目安

EC<2 ds/m

...トウモロコシ

EC<4 ds/m

...コムギとキャノーラ

4<EC<12 ds/m

...オオムギ

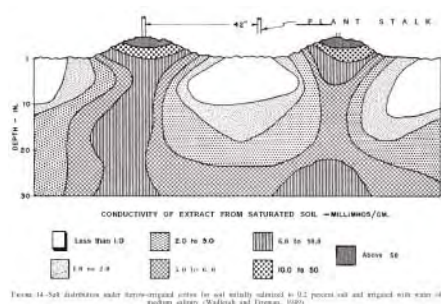
12<EC ds/m

...非栽培期に水での洗浄が必要

写真と資料原文提供： Masuod Karandish

畝をすることによる効果

畝をすることにより畝上面に塩分が集まり、畝間に作物を栽培することができる。



畝を作ったことによる塩分濃度の分布



写真と資料原文提供： Masuod Karandish

実ったコムギとMasuod Karandish氏



写真と資料原文提供： Masuod Karandish

オセアニアの精密農業

高度な技術を駆使して世界最高の生産性を誇るオーストラリアとニュージーランドは、精密農業でも最先進国である。
(梅田幹雄)

オーストラリアの精密農業

シドニー大学のオーストラリア精密農業研究センター (Australian Centre for Precision Agriculture) の成果は注目されている。

注意：以下の資料は、オーストラリア精密農業センター上席研究員のDr. Brett Whelan厚意により入手したもので、資料の著作権は同博士にあります。同博士の許可なく使用することはできません。

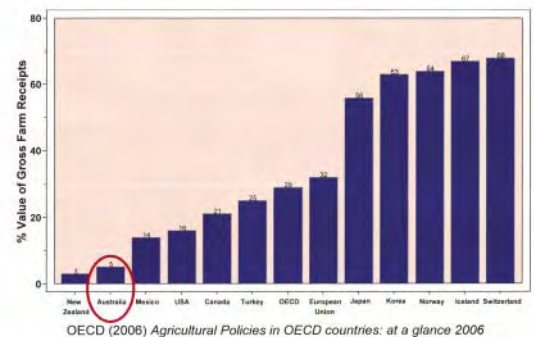
なお 日本語訳に誤訳があった場合の責任は全て梅田幹雄にあります。

Site-Specific Crop Management

オーストラリアでの精密農業の目的はSSCM, 局所圃場管理, である。



各国農業への政府補助の比較



Australian Centre for Precision Agriculture Courtesy of Dr. Brett Whelan



ガイダンスと自動操縦



- ・ 土壌踏圧の減少
- ・ 二重散布の削減
- ・ 条間の耕作
- ・ 作業時期の適正化
- ・ 操縦者の疲労低減
- ・ 燃費改善
- ・ 労働の緩和

ガイダンス ~ 13,000 (耕作面積の30%)
内自動走行付 ~ 5000 (40%)

Australian Centre for Precision Agriculture
Courtesy of Dr. Brett Whelan

精密農業の進展に関する現状

Steps	Tools & Techniques that PA can offer
最適作物管理	Crop scouting and soil sampling tools, vehicle guidance and auto-steering, simple field experimentation tools.
空間・時間変動の度合、構造、 応答の決定	Crop scouting and soil sampling tools, yield monitors, soil sensors and remote sensing, more advanced experimentation analytical and modelling tools.
収量・品質に対する投入量と 生産量の割合の最適化 (利益の最大化と環境負荷の最小化)	Crop scouting and soil sampling tools, crop yield and quality monitors, soil sensors and remote sensing, vehicle guidance and auto-steering, advanced experimentation, analytical, modelling and decision support tools, variable-rate controllers
品質管理と生産物のマーケティングと追跡	Crop quality monitors and segregation tools, variable-rate controllers, application map recording, electronic information tagging and recording, process control technology
資源の保全と作業の情報化	Crop scouting and soil sampling tools, mapping capabilities and specialized storage software

Australian Centre for Precision Agriculture Courtesy of Dr. Brett Whelan

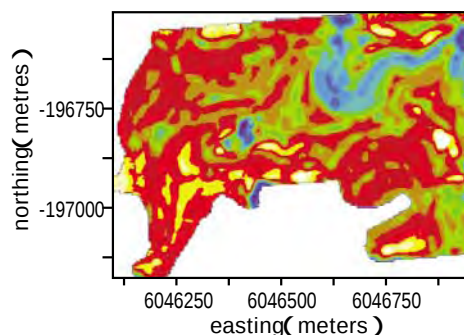
可変作業の改善と施肥



- ・マップは空間と時間の収量の大きな変動を示している。穀物では2~3倍、ブドウでは10倍のばらつきが存在する。
- ・生産者は収量と品質の設定、及び肥料の使用への影響を受け入れている。

Australian Centre for Precision Agriculture Courtesy of Dr. Brett Whelan

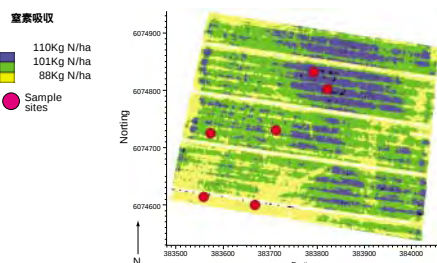
イネの精密農業



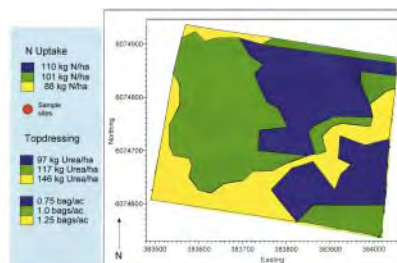
収量(t/ha) 5 6 7 8 9 10 11

EC マップは収量変動と関係する。
幼穂分化期の画像はサンプリング分析値に対応する。
‘ maNage rice ’ と協力して可変施肥戦略を構築する。

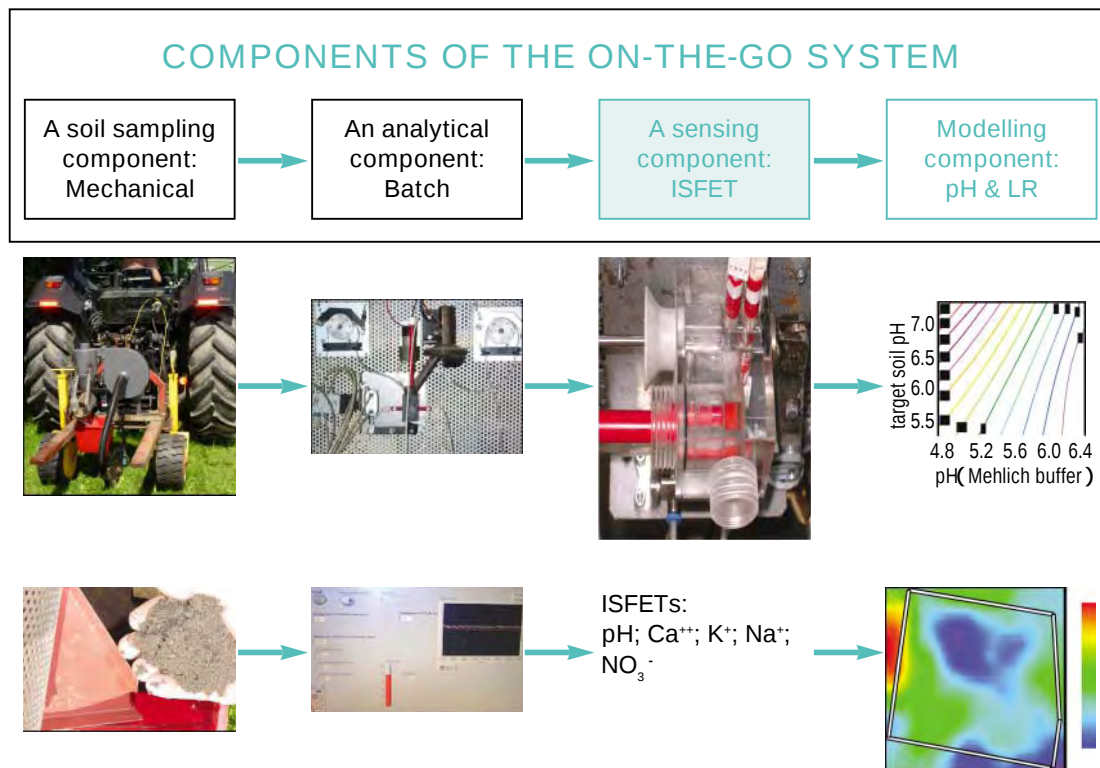
NDVI を用いた幼穂分化期の生育量分析 NDVI を用いた幼穂分化期の穂肥散布計画



Australian Centre for Precision Agriculture Courtesy of Dr. Brett Whelan



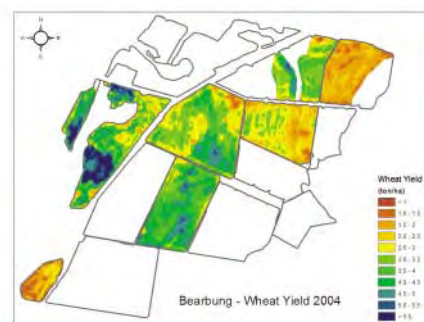
土壌pHのセンシングシステム



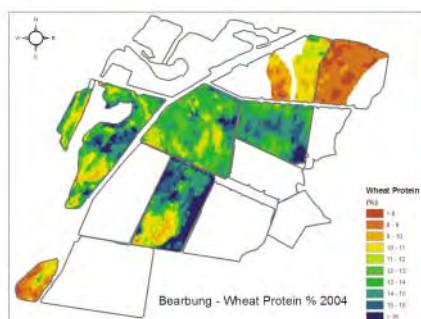
Australian Centre for Precision Agriculture Courtesy of Dr. Brett Whelan

コムギの収量，タンパク質と窒素吸収のばらつき

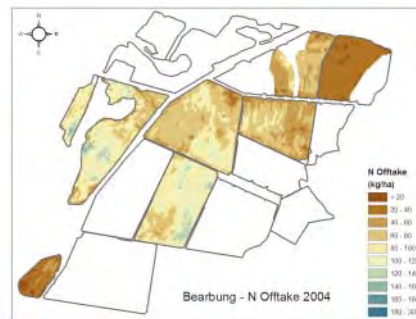
収 量



タンパク質



窒素吸収



Australian Centre for Precision Agriculture Courtesy of Dr. Brett Whelan

Dr. B. Whelan資料 終

ニュージーランドの精密農業

ニュージーランドでは、他国で実施されている慣行の精密農業に加えて、マッセイ大学では、肥料の航空散布の際、可変施肥とともに河川の上空に撒かないこと、あるいは、圃場の傾斜と車輪のスリップを計測して、マップアプローチでトラクタの運転状態を最適に保つことなどを試みている。

(梅田幹雄)



I.J. Yule, Massey University *
J.P. Praat, Lincoln Ventures *
Murray Craighead, Ravensdown Fertilisers
Allan Gillingham, Agresearch *

* Members of the New Zealand Centre for Precision Agriculture

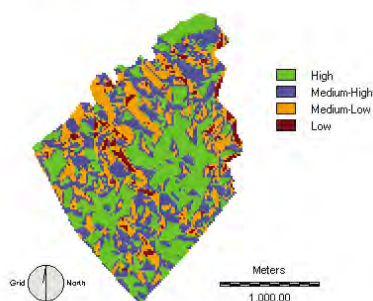
注意：本資料はニュージーランド・マッセイ大学のI.J. Yule教授の厚意により入手したもので、資料の著作権は同教授にあります。同教授の許可なく使用することはできません。

なお 日本語訳に誤りがあった場合の責任は全て梅田幹雄にあります。

肥料散布計画

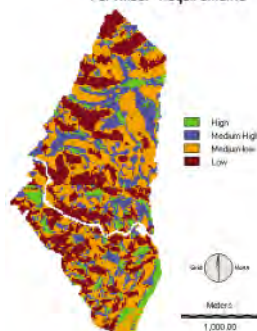
マッセイ大学の Tuapaka 農場

Fertiliser Requirements



Ballantrae

Fertiliser Requirements



解像度20mDEMからの分析マップ

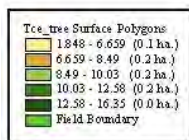
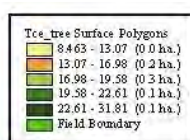
Courtesy of Prof. I.J. Yule, Massey University

果樹園のブロック別の収量

1回目の収穫



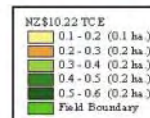
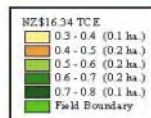
2回目の収穫



- ・2回目の収穫が低収量となっている。
- ・特定の場所の成熟遅れは明確である。
- ・さらに、収量と品質に作業者の作業の仕方が影響している。
- ・特定の場所は常に低収量である。

Courtesy of Prof. I.J. Yule, Massey University

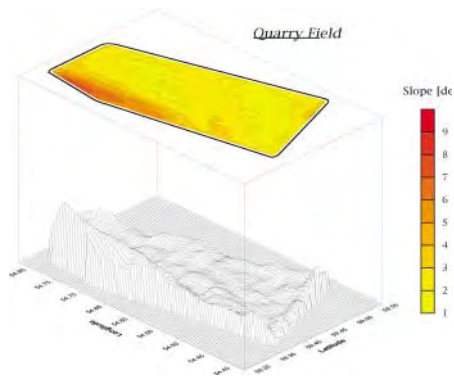
価格分類別果実マップ



個々の収穫がごから集めた情報を等級付けした。
収量は等級付に関係することはない。
収量は水平方向に変化するが、等級付は垂直方向に変化することは明確である。
収量と等級から決まる粗収益をマップ化のために情報を使い続ける。

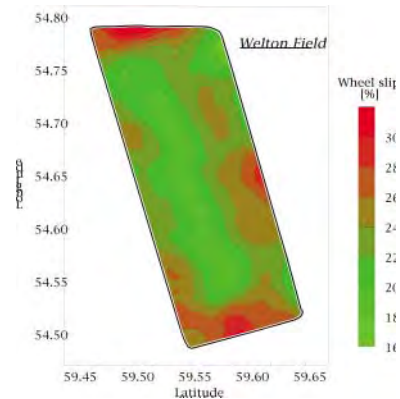
Courtesy of Prof. I.J. Yule, Massey University

傾斜の測定と高度の計算



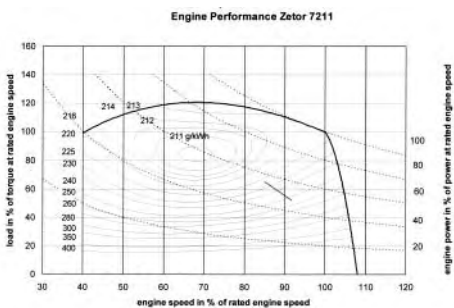
Courtesy of Prof. I.J. Yule, Massey University

圃場作業中に生じる車輪のスリップ



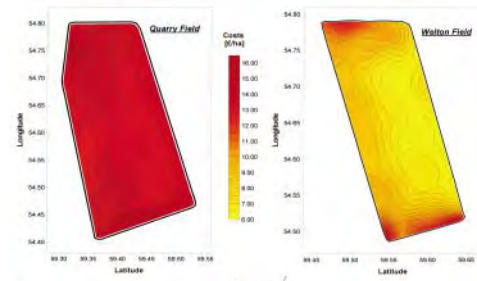
Courtesy of Prof. I.J. Yule, Massey University

農用トラクタのエンジン性能と使用範囲



Courtesy of Prof. I.J. Yule, Massey University

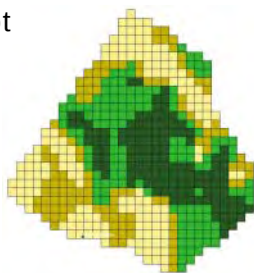
作業改善によるコスト低減の効果



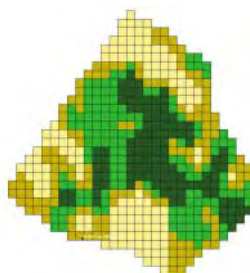
Courtesy of Prof. I.J. Yule, Massey University

プラウ層のTDRの変化 2000

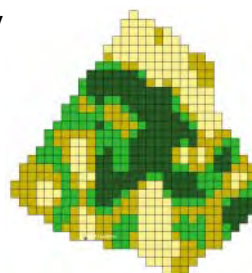
Sept



Oct



Nov



Dec



Jan



Time	Av.	Min.	Max.
Sept	30	22	38
Oct	26	17	33
Nov	22	15	28
Dec	26	17	36
Jan	34	18	43

Courtesy of Prof. I.J. Yule, Massey University

Prof. Yule資料 終

全体まとめ

畑作地帯の精密農業

1. アメリカ、オーストラリアとニュージーランドのような大規模経営の国は、精密農業を取り入れ経営効率改善を図っている。精密農業は生産性向上の重要な手段となっている。
2. 精密農業を取り入れるにはある程度の経営面積を必要とする。ヨーロッパで平均経営規模の大きな、イギリス(68ha)、デンマーク(45ha)、フランス(41ha)、スウェーデン(38ha)、ドイツ(35ha)は、精密農業を取り入れて生産性の向上と環境保全を図ろうとしている。
3. ドイツの平均経営面積は35haであるが、経営効率改善のため仮想土地集約(virtual land consolidation)と境界越え作業(transborder farming)を試みている。これは所有権は移管しないが、農作業を条件の似た圃場を集約して農作業を行なうことで経営効率を上げる。
4. 畑作と稲作では農業形態が異なる。

稲作地帯の精密農業

5. 稲作を中心とする、日韓台湾は精密農業の機器開発面は終えているが、精密農業の取り入れには、まず経営のあり方、農業のあり方を検討する必要がある。このため、実用化では畑作地域に遅れを取っている。
6. この3カ国は食料自給率も低く、食料を海外に依存している。しかし、安全性の面から食料を外国に依存することの危険性は前から問題となっている。
7. スイスの食料自給率は60%強である。人間は通常3000kcal/日人を必要とするが、生きてゆけただけなら2000kcal/日人ですむ。スイスは有事の場合このレベルに落として全国民が生き残ることを考えている。これらの3カ国は海外からの食料の供給が途絶えた場合、2/3人しか生き残ることができない。
8. 中国は、稲作地帯はこれら3カ国と似ているが畑作地帯も多く、経済発展にともなう豊富な研究費により、多くの条件で精密農業の実験農場を設定して研究を進めている。沿岸地域では、近い将来精密農業を取り入れると思われる。
9. 今回の精密農業の調査を通して、改めて世界の農業の技術進歩に驚かされた。精密農業はその国の総合力である。取り入れるか、取り入れないか。あるいは効果があるか、ないかの問題ではない。精密農業を取り入れられない国は経営効率の点から農業が生き残れない。
10. 農業が他産業と異なるところは、自国民の食料が供給できない国は存続する資格がないということである。これまでは海外から比較的容易に食料が調達できた。いや、余剰の食料を押し付けられていた面もある。しかし、世界的に水不足は明らかで、我が国のような水の豊富な国が、海外から食料を買い集めることがいつまで許されることが問われている。
11. 環境保全は物質の循環であり、このためには循環の媒介地として農地が必要となる。現在、政府はバイオマス・ニッポン総合戦略を進めており、市町村はバイオマスタウン構想をまとめている。安全な食料の確保と物質循環による環境保全のためには農業の再生が必要である。バイオマスタウン構想の実現には地域農業の再生が不可欠である。精密農業を単独で考えるのではなく農業再生の中心技術と位置づけることが必要である。



(梅田幹雄)

ポーランド・オルシティ、ワルミア・マズーリ大学にて



日本型水稻精密農業に おける技術開発

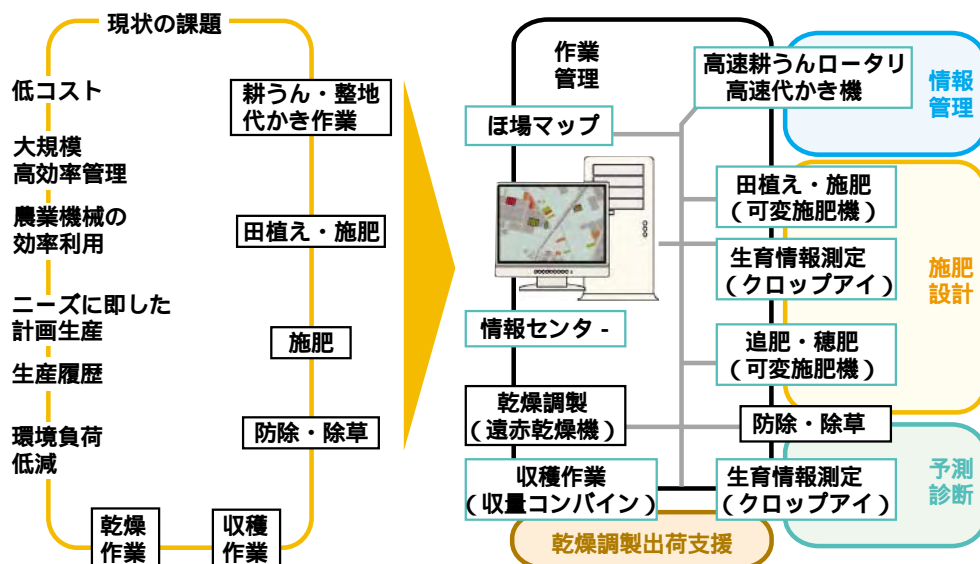
独立行政法人 農業・食品産業技術総合研究機構
生物系特定産業技術研究支援センター
生産システム研究部 西村 洋氏

コンテンツ

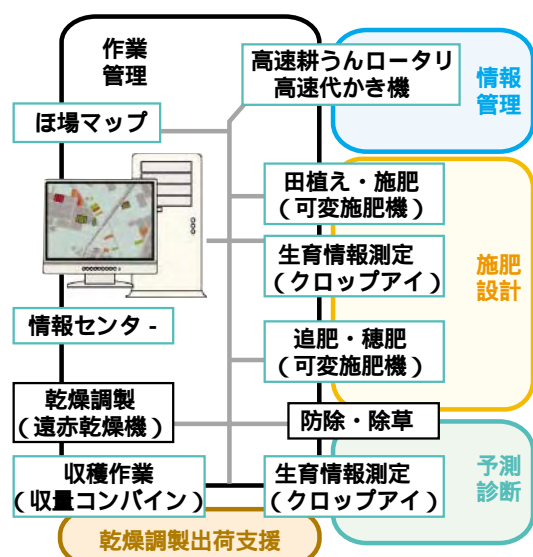
1. 水稻精密農業が提案する新しい稲作
2. 生研センターで開発した精密農業機器
 - 1) 作物生育情報測定装置
 - 2) 収穫情報測定装置（収量コンバイン）
 - 3) 可変施肥装置
 - 4) 情報センター
3. 導入効果
 - 1) 情報管理
 - 2) 施肥設計・管理
 - 3) 作業管理・情報農業
 - 4) 予測技術及び乾燥調製出荷支援
4. 導入事例とその評価
5. 今後の展開

1. 水稻精密農業が提案する新しい稲作

現状の課題と新しい農業システム



新しい農業システムによる効果



水田毎の特性に応じた
きめ細かい管理を行うことによって

高品質化
収量の安定
生産性の向上
環境負荷の低減

を目指します。
この実現によって、

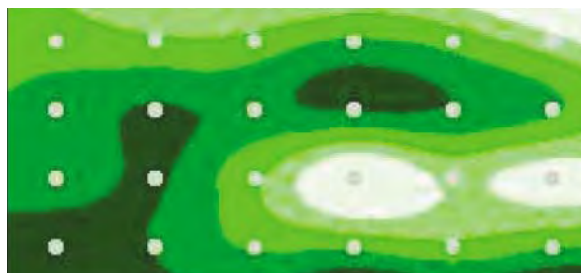
計画生産による経営の安定
高品質・安全農産物供給による実需・
消費者の信頼性向上
受託契約作業の信頼性向上

を図ることができ、

大規模経営の
さらなる発展の可能性が広がります。

管理単位の設定

■ ミクロに見ると...
(造成後の大区画ほ場)



■ マクロに見ると...



例えば10 × 10m

管理単位

1ほ場

高精度GPS

位置情報

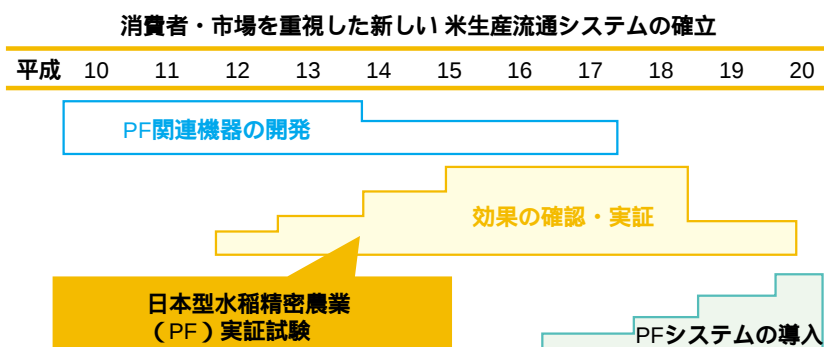
ほ場の地番

局所精密管理

広域管理

2. 生研センターで開発した精密農業機器

研究の流れ



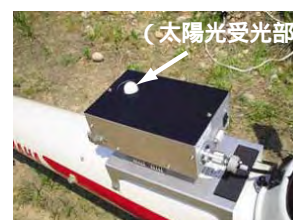
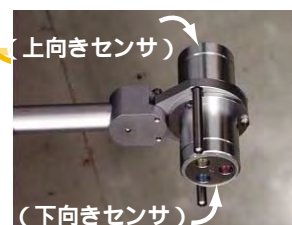
2-1) 作物生育情報測定装置

タイプと構造



測定原理

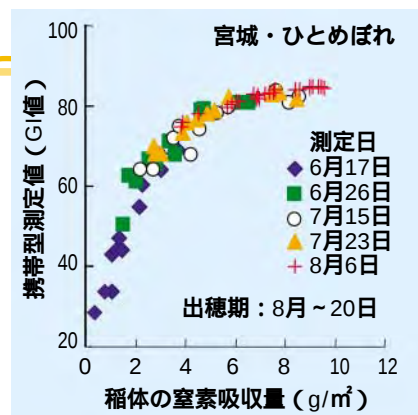
どのくらいの割合で
光が反射されているか
(反射率)



特徴

本装置と従来法の比較

	本装置	従来手法	
		葉色計	衛星リモセン
導入コスト	○		
運用コスト		○	
管理面積	○		
生育診断精度		○	
適期測定	○		
取扱性		○	



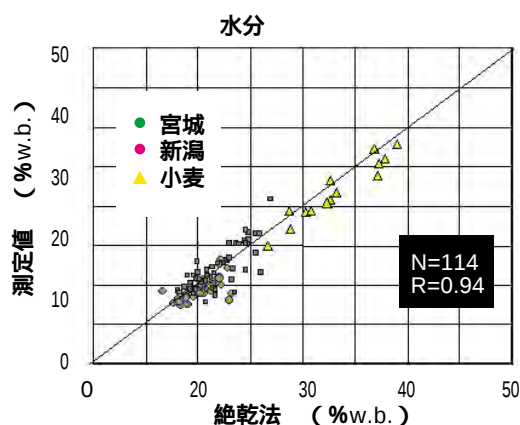
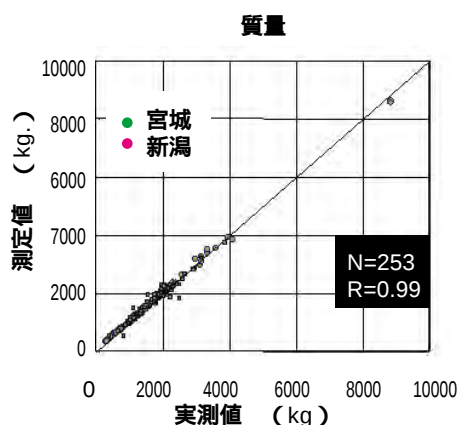
測定値と減数分裂期頃までの
稲体窒素吸収量との関係
(平成15年古川農試、ひとめぼれ)

2-2) 収穫情報測定装置

構造



測定部の性能



特徴

本装置と従来法の比較

	本装置	従来機
導入コスト	1割程度↑	-
作業性能	変わらない	-
作業精度	変わらない	-
収穫量モニター	○	×
水分モニター	○	×
収量モニター	○	×
データ出力	○	×



センターパネル表示例

2-3) 可変施肥装置

種類と構造

〔基肥用（減速比の制御）〕



減速比の制御

かさ密度
施肥量

〔追肥用（DCモーター回転数制御）〕



車速

直流モータ回転
速度の制御

外部
コンピュータ



【制御表示部】

本機と従来機の比較（調量）

● 繰出量設定

● 実繰出量確認



● 操作パネルで施肥量、かさ密度を設定

● 直ちに作業開始



作業精度

機種	I機	Y機
ほ場数	12	13
面積 (ha)	2.4	2.7
設定施肥量 (kg/10a)	15 ~ 25	15 ~ 25
施肥精度 (%)	91 ~ 103 (95)	90 ~ 102 (94)
表示精度 (%)	92 ~ 99 (96)	-

$$\bullet \text{ 施肥精度} = \frac{\text{実施肥量 (kg/10a)}}{\text{設定施肥量 (kg/10a)}} \times 100$$

$$\bullet \text{ 表示精度} = \frac{\text{実施肥量 (kg/10a)}}{\text{累積施肥量表示値 (kg/10a)}} \times 100$$

特徴

本装置と従来法の比較

	本装置	従来機
導入コスト	10～15万円↑	-
作業性能	変わらない	-
作業精度		
設定時間	10秒程度	1～2分
ほ場No.入力による自動設定	○	×
外部信号による可変施肥制御	○	×



コントローラ

2-4) 情報センター

役割と機能

1. 情報センターの役割

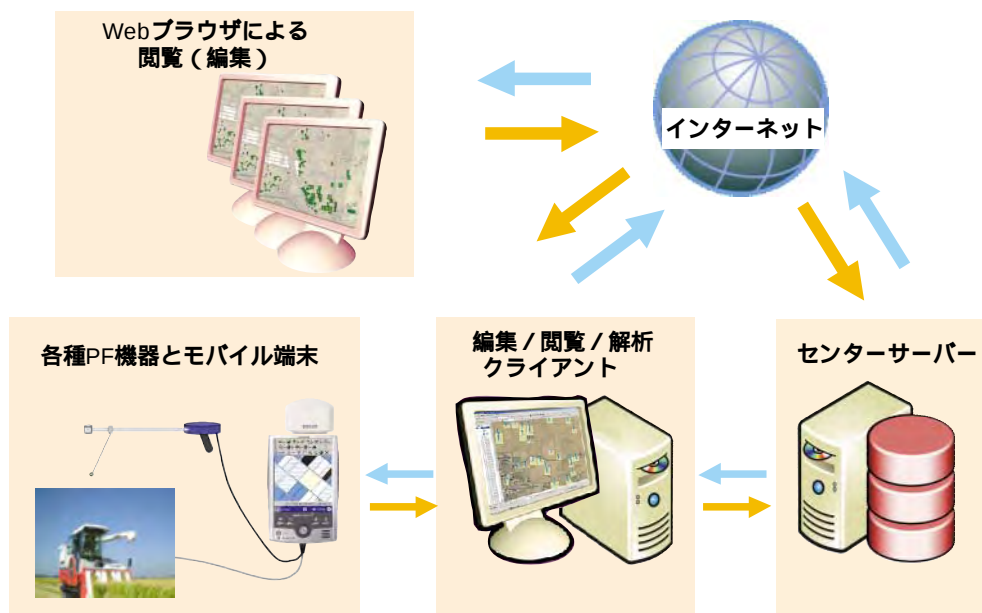
農作業履歴の取得、解析、表示などを統合的にを行い、
情報に基づく営農管理を支援する。

2. 情報センターに備える機能

- 精密農業機器からの情報収集
- 精密農業機器以外の作業情報の収集
作業日誌：パソコンからの入力、モバイル端末からの入力
- 地理情報システム（GIS）による情報の活用
電子ほ場図
ほ場図とリンクした生産履歴データベース
データを利用した解析
インターネットを介した情報の取得・発信

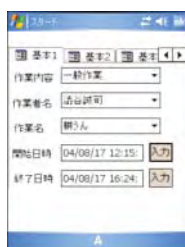
システム構成

情報センターを中核に据え、様々なPF機器により取得した
生産履歴データを管理・配信するしくみ。

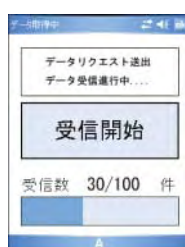


モバイル端末による情報取得

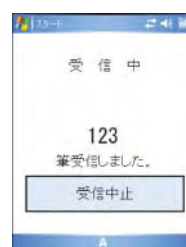
モバイル端末



作業日誌
入力画面



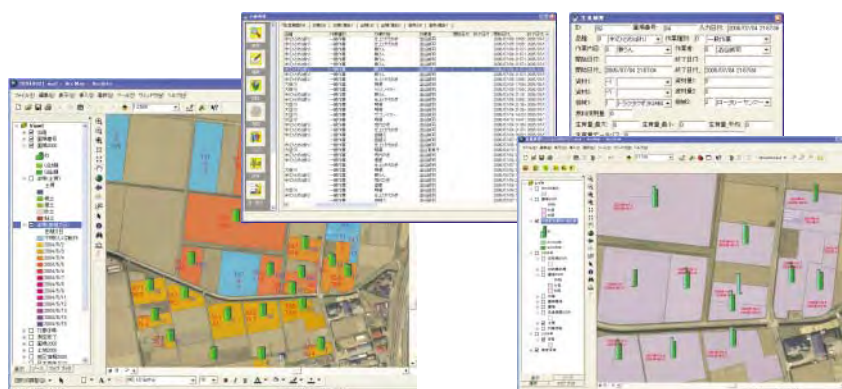
生育情報測定装置
受信画面



収量コンバイン
受信画面

取得データの取り込み、加工

現地で取得した生産履歴データを取り込み、情報センターへ登録を行う。登録を行う前のデータの整理や、様々な解析を行うことができる。また、登録されたデータを元に、作業計画を立てる図面を作成することも可能。

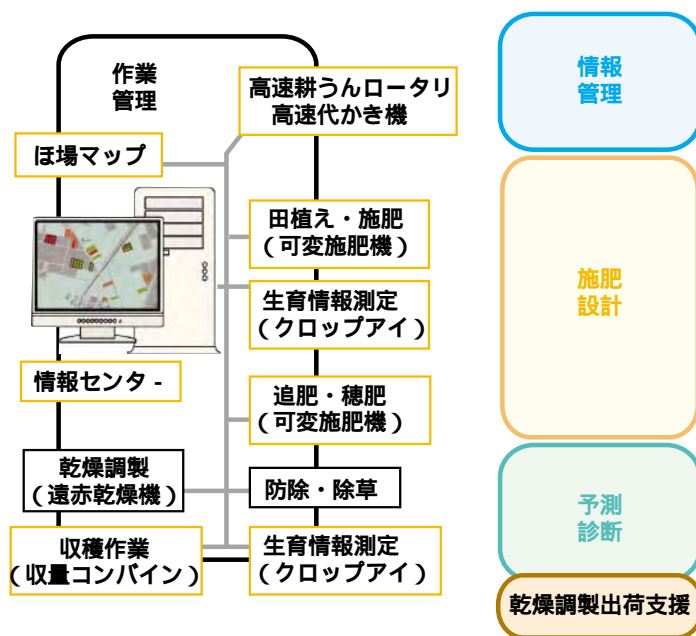


情報の発信

ほ場ごとの情報確認（作付け状況、作業履歴確認など）



3.導入効果



3 - 1) 情報管理



GISやデータベースを管理する機能。
スタンドアロンでも、ネットワークを
介して複数のPCをつないで管理する
ことも可。



測量データ

+



航空写真

=



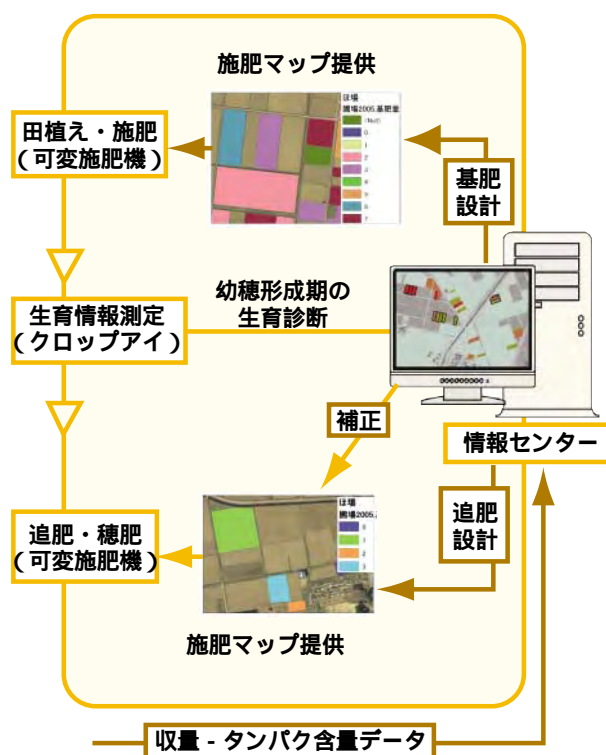
情報センターで利用する
GIS (ほ場地図)

基本ほ場テーブル
ほ場住所、所有者、
面積など

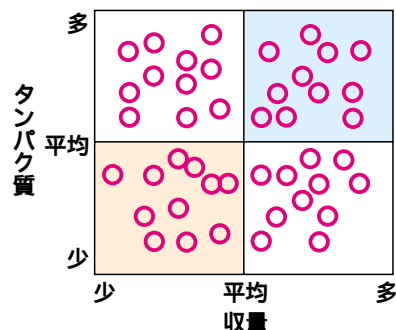
年度ほ場テーブル
耕作ほ場、作付け計画
など

作業履歴テーブル
作業日、作業者、機械
など

3 - 2) 施肥設計・管理



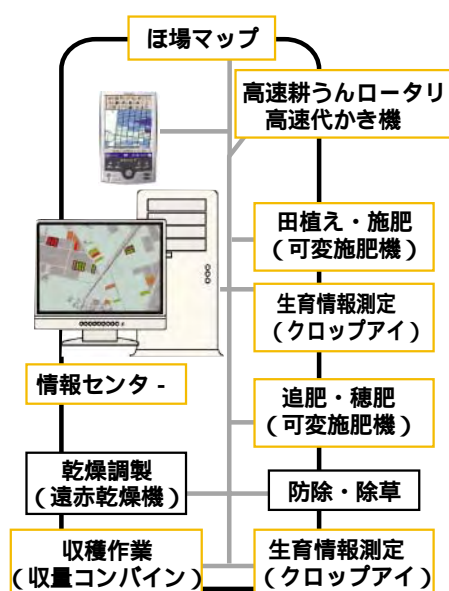
前年の収量とタンパク含量から翌年の施肥設計を行い、精度の高い施肥機を組み合わせ、計画的な生産を支援。



基本ルール

収量高、タンパク高(青色)は減肥
 収量低、タンパク低(橙色)は増肥
 収量高、タンパク低(右下)は変更なし
 収量低、タンパク高(左上)は施肥以外の検討を要する

3 - 3) 作業管理・情報農業



携帯端末やパソコンで、PF機器情報の取得や作業日誌の入力ができ、施肥マップや作業進捗状況マップの作成による効率的な作業管理、生産履歴情報として利用可。

作業管理の機能

施肥マップ作成

ほ場地図と設計施肥量のデータから作成する。施肥作業時に携帯し、可変施肥機にほ場毎の正確な施肥量を設定。

作業進捗状況マップ

ほ場地図と作業日誌のデータから作成する。翌日以降の作業計画及び作業指示に活用可。

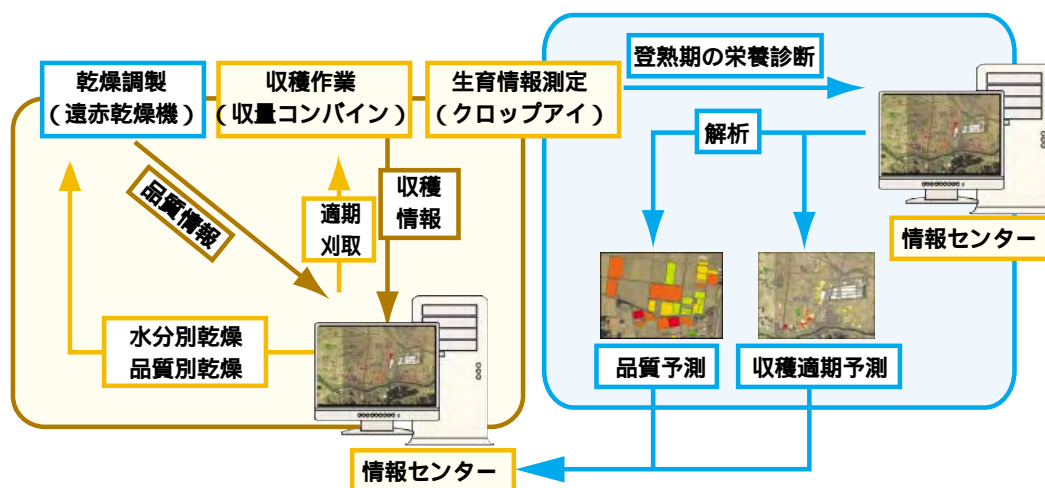
生産履歴情報

作業日誌入力システムでまとめられた情報は、ほ場毎の生産履歴としてまとめられ、情報付きのお米として販売可。

3-4) 予測・乾燥調製出荷支援

作物生育情報測定装置と作業履歴の情報などを利用して、収穫適期の早晩の予測や米の品質（タンパク含量）を予測。

適期刈取による品質の向上、水分別乾燥による乾燥の効率化、品質別乾燥調製による計画的な出荷、などが可能となる。



4. 導入事例とその評価

導入事例

1) 新潟県長岡市：K生産組合



< 経営規模 >

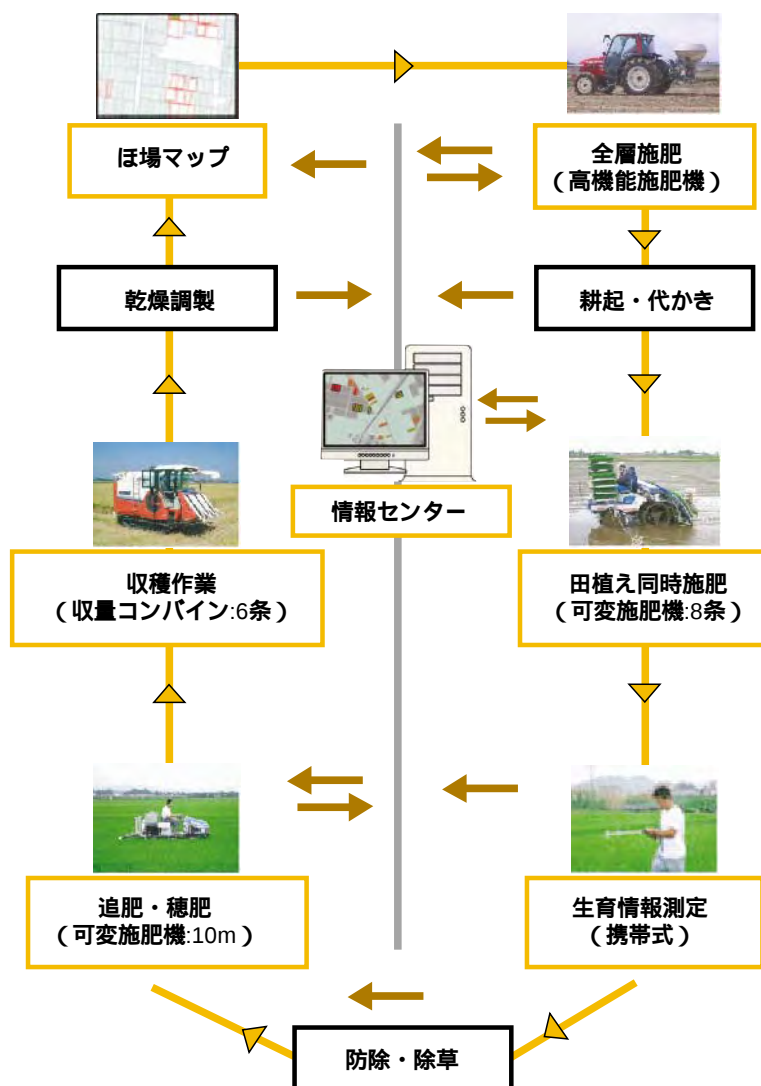
水稲：育苗（18,000枚）、耕作面積（51ha）、作業受託（9ha）大豆等：転作作業（11ha）、もち加工、味噌加工、その他
社員：

2) 宮城県大崎市：(株) S農場



< 経営規模 >

水稲：45ha（自作7ha、全作業25ha、部分作業13ha）大豆（生産組織）：25ha（3年1周りのブロックローテーション）



■ 情報センターの運用

- データベースの構築及び年度毎の更新
- 施肥マップの作成と可変施肥作業での利用
- 作業進捗状況マップの作成と確認

■ 施肥計画・管理

- 初年度は従来方式の施肥設計で肥料を投入し、生育情報、収穫情報を取得
- 2年目以降は、ほ場毎の収量とタンパク含量のデータから施肥設計を見直し、可変施肥機で精度の高い施肥を実施
- 幼穂形成期の生育情報から、穂肥量を決定

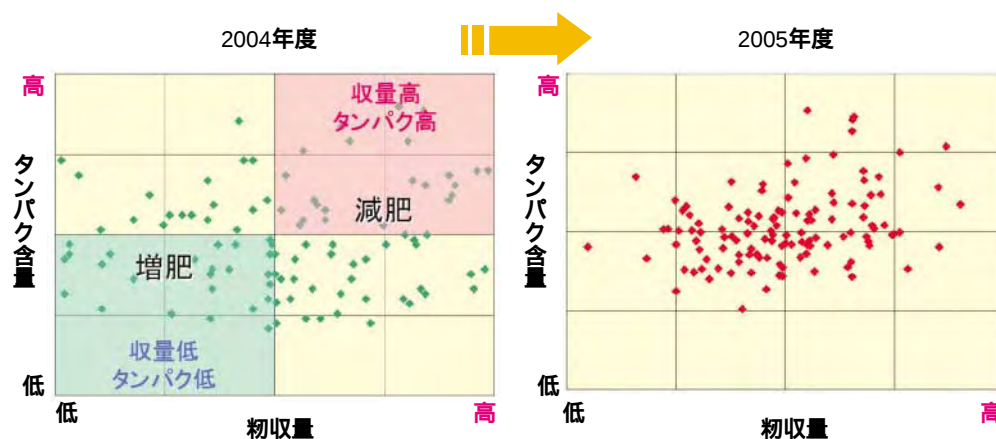
■ 予測・乾燥調製出荷支援

- 生育情報を用いて収穫適期の早晩を予測
- 生育情報と作業履歴を用いて、ほ場毎の玄米タンパク含量を予測
- 水分別乾燥を実施

導入効果1

品質揃い向上

新しい施肥設計方法導入により、ほ場間の品質変動が2年間にわたり2～3割少なくなりました。



導入効果2

環境負荷低減

新しい施肥設計方法導入、可変施肥機の利用及び施肥マップの活用により、肥料投入量が13%減少しました。



2004年度
肥料投入量
10.5トン

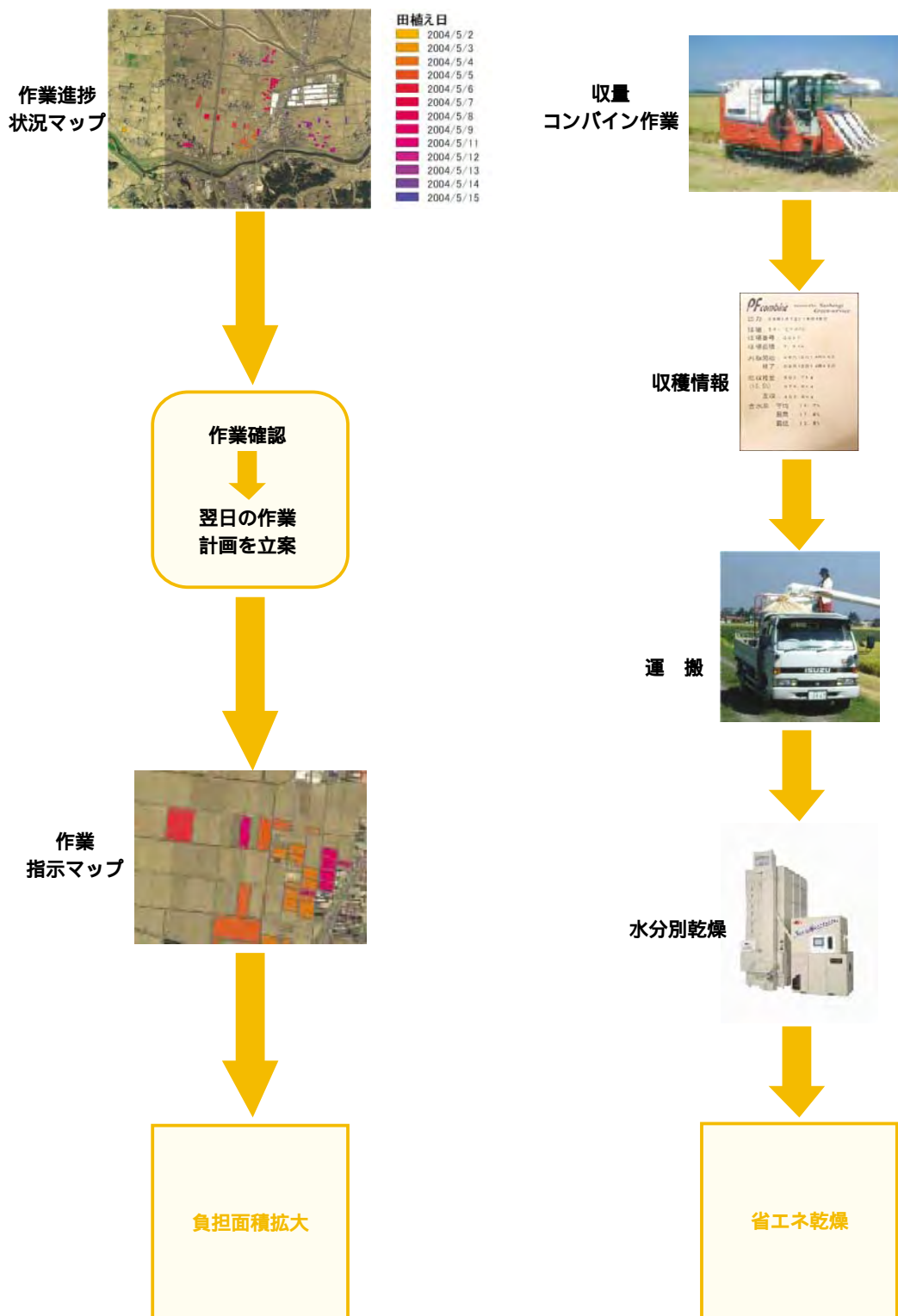
↓

2005年度
肥料投入量
9.1トン

導入効果3

生産コスト低減

肥料投入量削減に加え、作業管理による機械の負担面積拡大、水分別乾燥調製による省エネなど、生産コスト低減の可能性も見えてきました。



5. 今後の展開

1) 精密農業機器の実用化

- (1) 作物生育情報測定装置
- (2) 可変施肥装置
- (3) 収量コンバイン
- (4) 情報センター

2) 実証試験等による効果検証

- (1) 生産コスト低減に寄与するIT活用農業
- (2) 環境負荷低減に寄与するIT活用農業
- (3) 安心・安全農産物生産を支援するIT活用農業

3) 情報農業の方向性

- (1) 情報センターの機能向上
- (2) GAPなど他のシステムとの連携強化
- (3) 農産物履歴情報の利活用方法の検討

畑作を中心とした 精密農業と農業機械

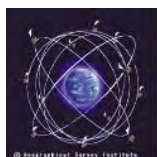
～プロジェクト「精密畑作」から～



中央農業総合研究センター
上席研究員 宮崎 昌宏 氏

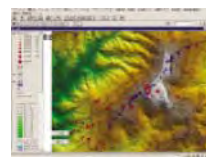
背景

- 食の安全・安定供給
- 環境保全・温暖化対策
- 少子高齢化・省力化



GPS

精密農業



GIS

生産の不安定要因や環境負荷を最小化し得る情報集約型生産システム

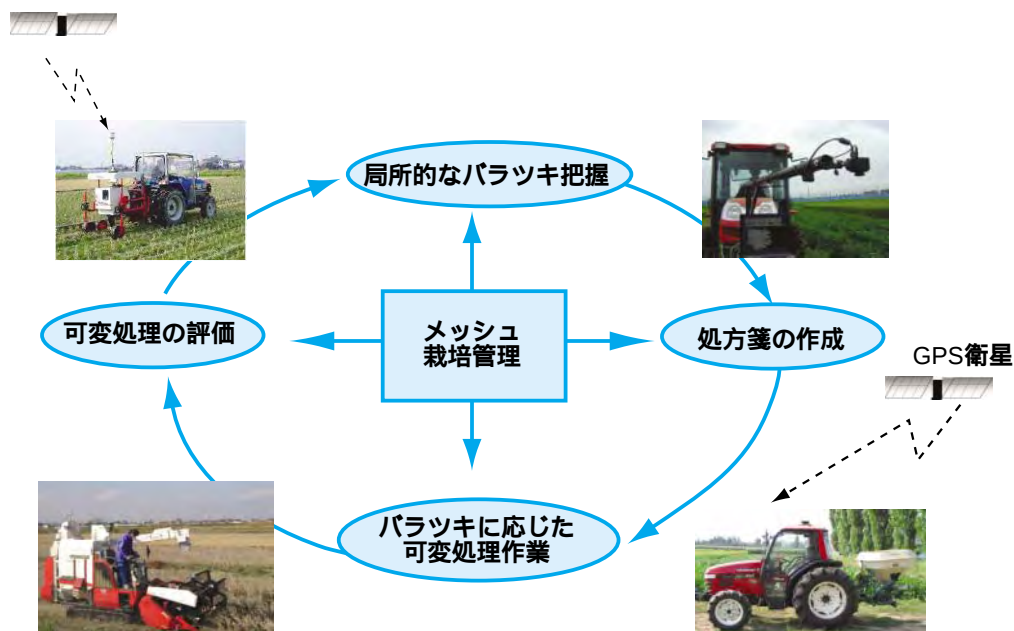
プロジェクト研究「精密畑作」：H15～19

消費者に信頼される生産体系を支える精密畑作農業技術の開発

先端的な経営体の育成
環境保全型の生産技術
消費者への情報提供

- 麦・大豆の均質安定生産技術の開発
- 野菜・茶の投入資材削減技術の開発
- 技術評価

精密農業サイクル



麦・大豆

大ロット出荷のための収量・品質の安定化
生育のばらつきは主に土壌肥沃度のばらつき
生育に応じて追肥量を可変

センシング

リアルタイム土壌センサ
ビデオカメラの小麦生育
分光カメラの大豆生育

モニタリング

分析試料収集装置
大豆の収穫物モニタリング

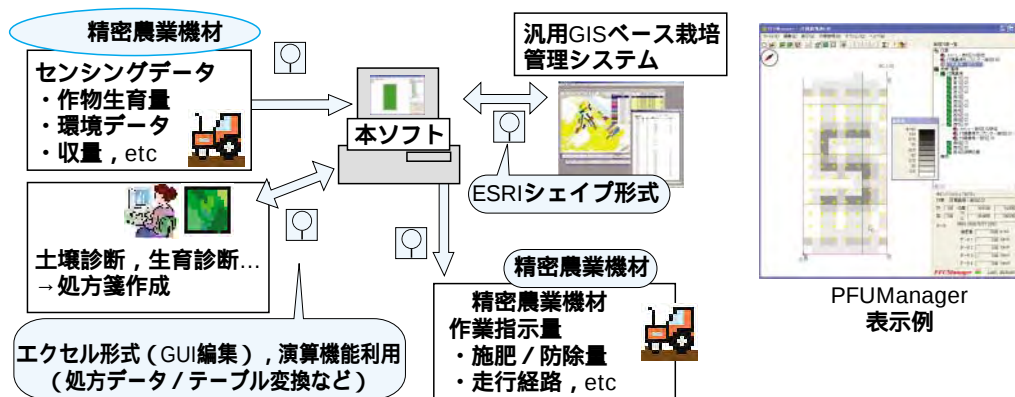
情報管理

圃場作業情報管理ソフト

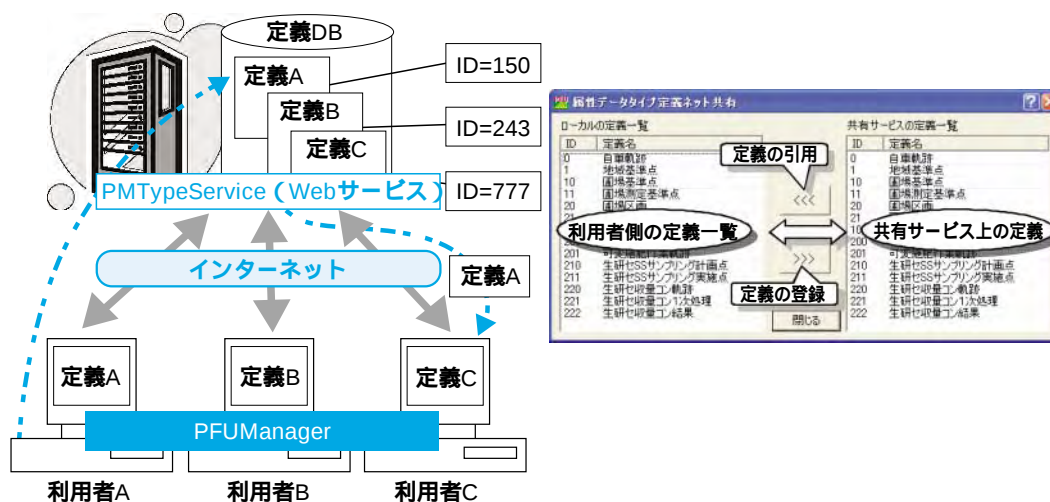
圃場作業管理ソフト (<http://www.aginfo.jp/PFU/>)

- 圃場作業情報 (位置 & 属性データ) の共有
- 作業情報管理ソフトウェアの開発

汎用GISベース栽培管理システム - ESRIシェイプ形式 -



利用者間の情報の共有

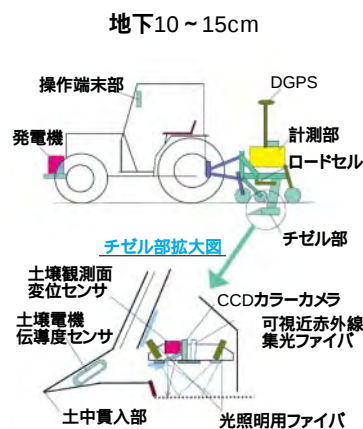
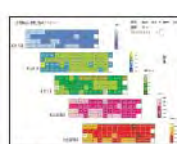


リアルタイム土壌センサ

可視・近赤外分光分析により土壌中の水分、有機物含量、全窒素量、硬さを計測・マップ化

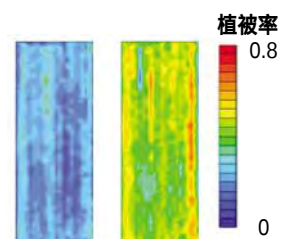
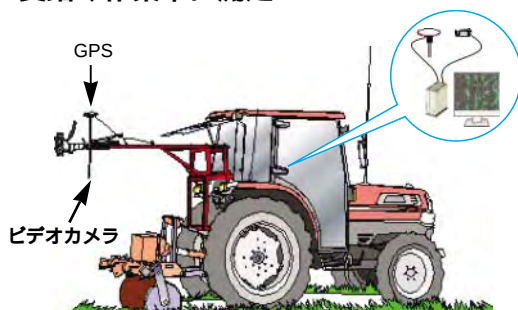


シバヤマシナリー製
モデル: SAS1000



麦の初期生育センシング

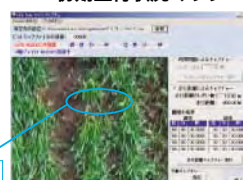
- ・画像から初期生育（草丈×分けつ数）を把握
- ・葉色（SPAD値）を推定
- ・麦踏み作業中に測定



2月28日 3月14日

初期生育状況マップ

映像の確認



きぬの波

大豆の生育センシング

群落分光デジタルカメラ

- PTMC-Auto -
- ・葉色などの分光画像から作物の生育状態を把握
- ・観測波長：550, 800, 950nm

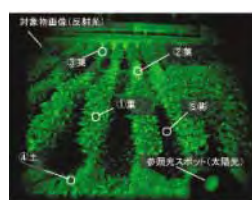
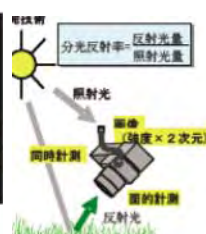


図 測定画像の実例（大豆群落 550nm）



植被率カメラ計測システム

- GAC-PS2 -
- ・植被率を計測
- ・大豆の初期生育から開花期の計測に
- ・携帯・簡便



近赤外（830nm）画像を画像処理し、植被率を算出

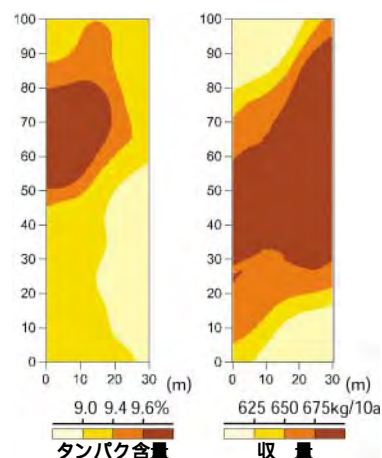


麦の収量・品質モニタリングー分析試料収集装置ー

- ・収穫作業中に試料を自動サンプリング
- ・GPSと連動し採取した場所も特定



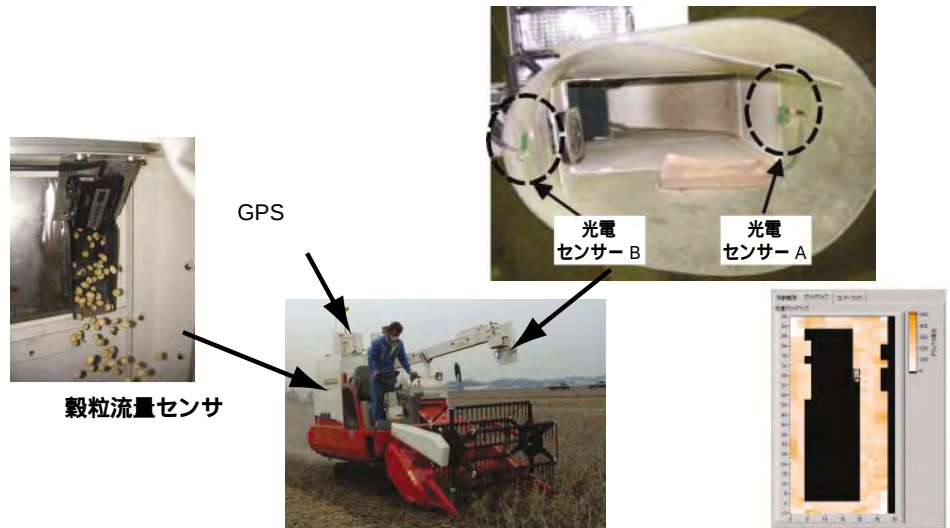
分析 →



大豆の収量モニタリング

リアルタイムに圃場内の収量を表示・記録、マップ化

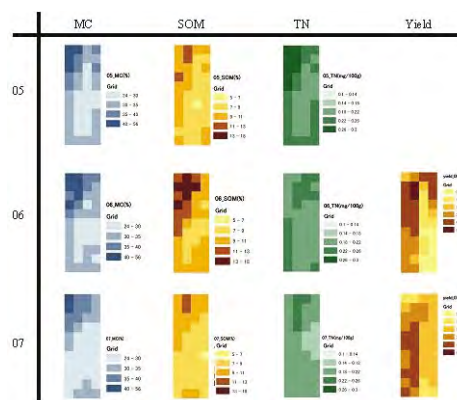
・穀粒流量センサ、GPS、排出量センサ、モニタ



現地実証

- ・収量と品質の圃場内変動調査
- ・局所追肥による収量・品質改善効果

群馬県農業技術センター内



野菜・茶

肥料・農薬使用量の削減
施用位置の最適化
散布機構の高精度化



野菜

うね立て同時部分施用機
静電散布装置

茶

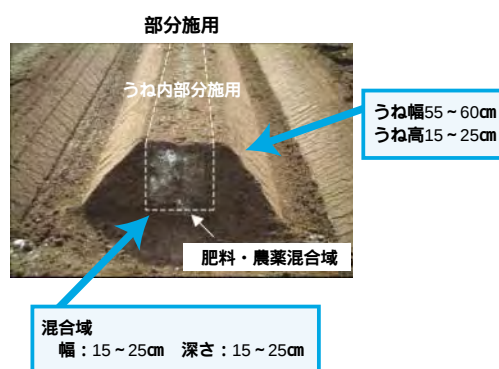
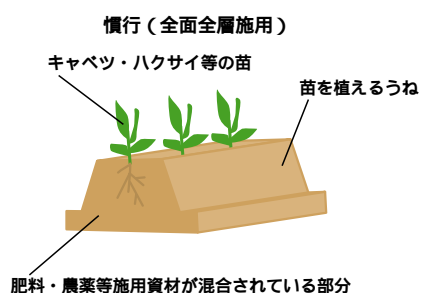
歩行形精密施肥機
害虫発生予察装置
送風式捕虫機・農薬散布機

情報管理・評価

LCAソフト, GIS

うね立て同時部分施用法

- ・肥料、薬剤をうね中央部に施用
- ・施用量は慣行の50～70%



うね内部分施用法の実証効果—キャベツ、ハクサイ、ダイコンで実証—

- ・肥料30～50%、根こぶ病防除剤を1/3程度まで削減しても収量・品質を維持
- ・窒素の溶脱が少ない
- ・同時作業で作業能率向上
- ・うね間の雑草を抑制
- ・資材費の節減



静電散布システム

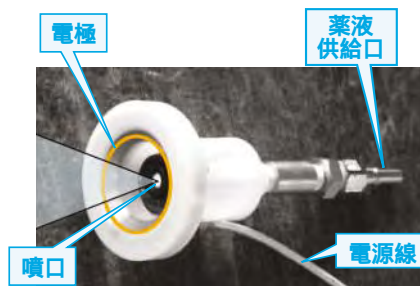
- ・環状電極を配置し、散布粒子を帯電
- ・付着率が向上し、30%減量しても慣行と同等の防除効果



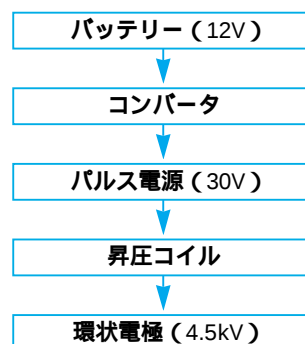
静電散布



慣行

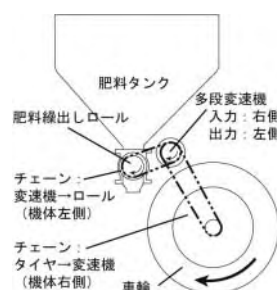


試作ノズル（環状電極・誘導帯電）



歩行形手押し式精密施肥機

- ・多様な肥料に適應→ゴム製の繰出ロール
- ・肥料を均一散布→速度連動の繰出機構



害虫発生予察装置

画像処理計数機

- ・クワシロカイガラムシの幼虫数を自動計数し、防除適期を予測



有効積算温度表示器

- ・有効積算温度を記録・表示することでクワシロカイガラムシのふ化盛期を警報



送風式捕虫機と農薬散布機

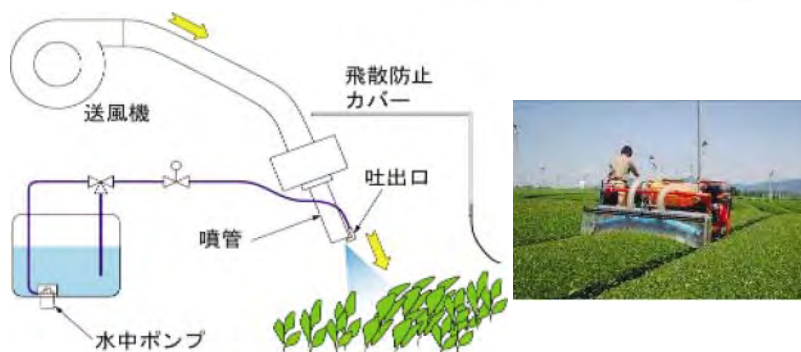
送風式捕虫機

- ・ミスト風による害虫の吹き飛ばし捕獲
- ・物理的防除で害虫密度を低下



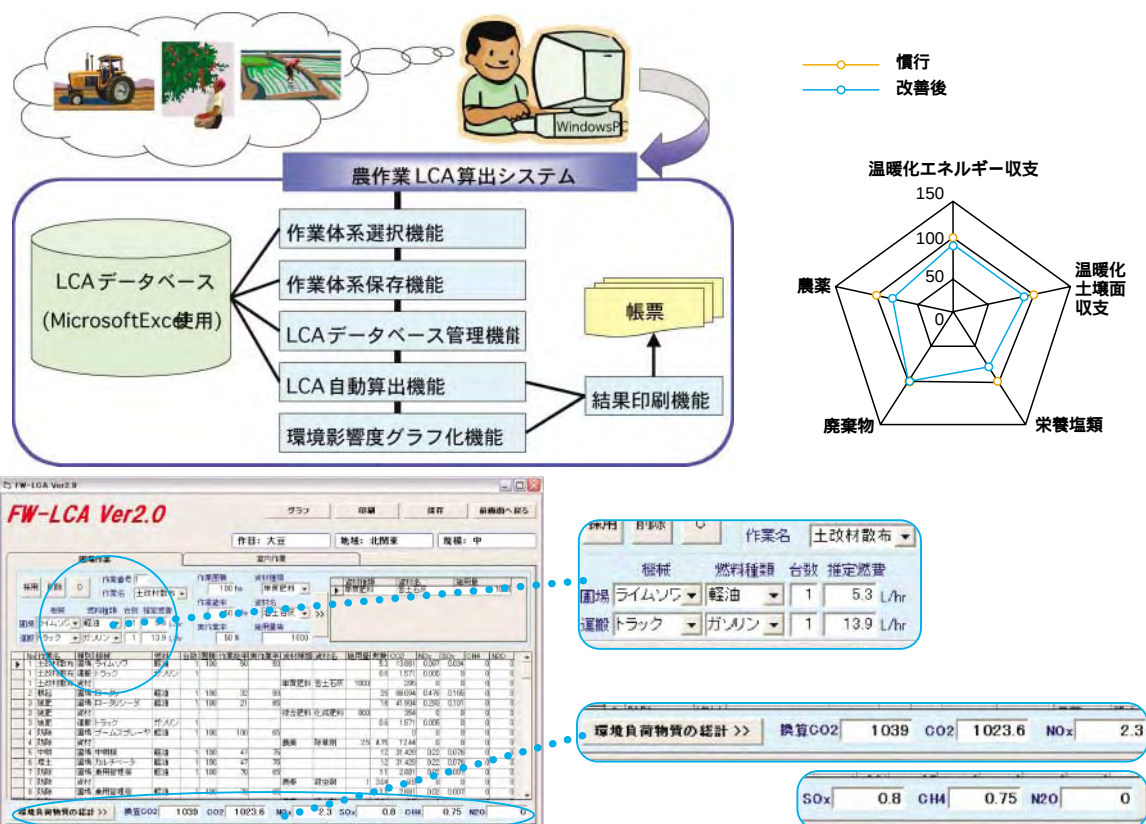
送風式農薬散布機

- ・近接送風散布で、葉裏への付着が優れる
- ・散布量を40%減量できる



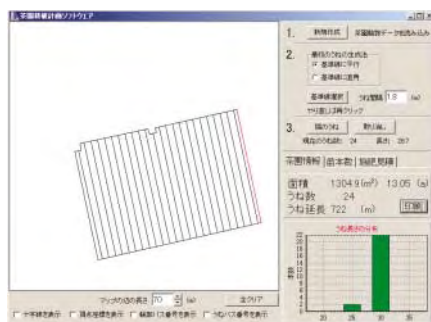
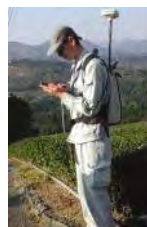
LCAソフト

- ・環境負荷低減効果をLCA手法を用いて算出・評価



GPS & GIS

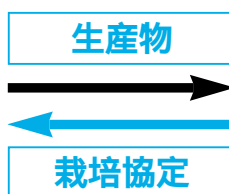
- ・不整形な分散茶園情報の取得
 - 正確な植栽面積から施肥量を決定
 - 改植時の茶園設計支援
 - 暗渠の記録



GISの活用



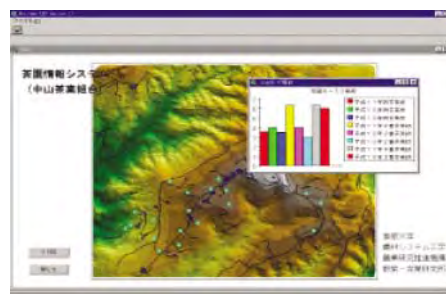
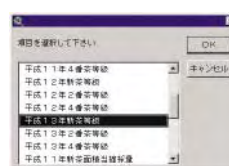
小区画茶園



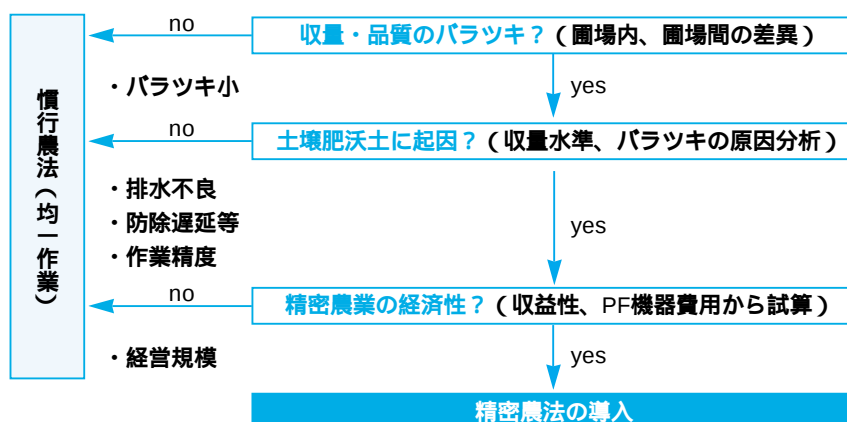
共同工場



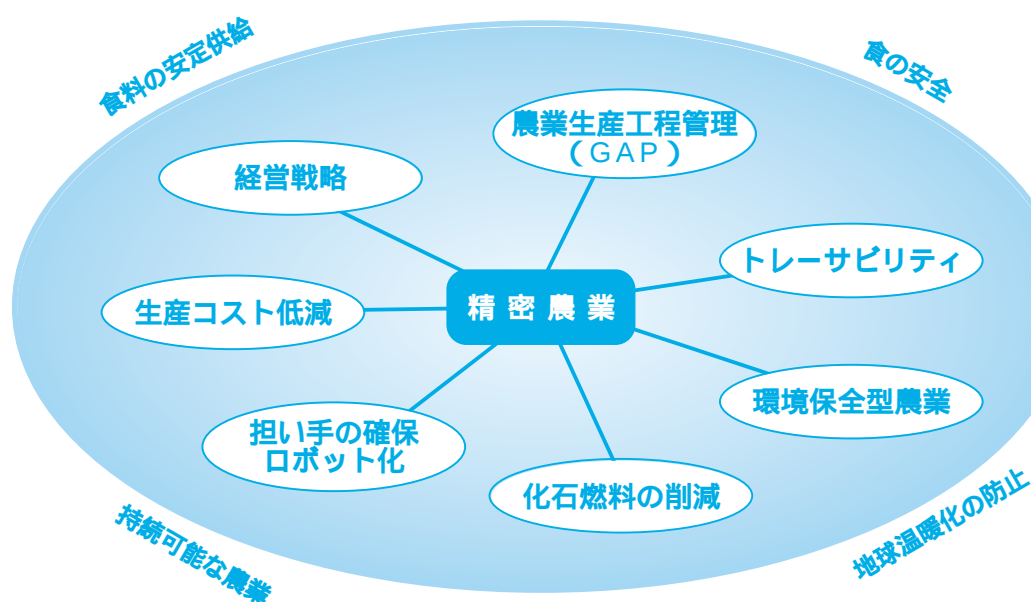
- 組合員の相互理解・合意形成
- 戦略的農地管理



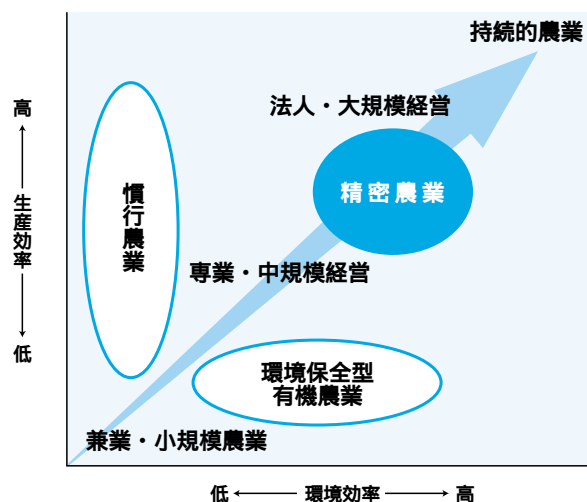
精密農法の導入のチャート



精密農業が期待される場面

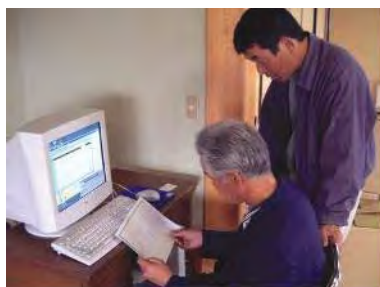


PFの展開方向



今後の課題

- PF機器の低価格化とユーザビリティ
- 栽培管理処方箋のモデル化
- 総合的な取り組み



引用文献

- 交付金プロジェクト研究「精密畑作」成果集（独）農研機構中央農業総合研究センター，平成20年3月
- 「軽労化農業」研究成果集第 期，農研機構・中央農業総合研究センター，平成15年3月
- 環境負荷低減と生産コスト低減が両立する作業技術研究の推進方向，平成18年度共通基盤試験研究推進会議作業技術部会資料，2007
- 岡本 博，IT活用型営農成果重視事業と精密農業研究への要望，交付金プロジェクト「精密畑作」平成18年度推進評価会議資料，2007
- 特集：畑作と精密農業（前編），農業機械学会誌，69（6），3-20，2007
- 特集：畑作と精密農業（後編），農業機械学会誌，70（1），3-23，2008

平成20年3月

編集・発行 新農業機械実用化促進株式会社

ホームページアドレス：<http://www.shinnouki.co.jp/>

Eメールアドレス: shinnouki@gol.com