土地利用型農業における精密農業の普及条件

—農業用 GPS 機器市場と農業経営の対応の日米比較—

Conditions for Market Penetration of Precision Agriculture in Field Crop Farms

: Availability of GPS for Agriculture and Farmers' Adoption in Japan and US

八木 洋憲

Hironori Yagi

(東京大学)

(University of Tokyo)

I 背景と課題

遊澤¹⁾によると精密農業とは、「情報技術を駆使して作物生産に関わる多数の要因から空間的にも時間的にも高精度のデータを取得・解析し、複雑な要因間の関係性を科学的に解明しながら意思決定を支援する営農戦略の体系」であり、圃場マッピング技術、意思決定システム、可変作業技術の3つの要素技術からなるとされる。また、一般に、GPS（全地球測位システム：Global Positioning System）、GIS（地理情報システム：Geographical Information Systems）、電子センサーやその他の空間情報技術を利用する農業が、精密農業（Precision Agriculture）として認識されている²⁾。土地利用型農業において、これらの要素技術を全て結合し、精密農業の概念を完全に具現した事例は、現時点で広くは観察されないが、GPS や GIS をはじめとする空間情報技術の利用は着実に進んでおり、将来的に広範囲の農業土地利用に与える影響は計り知れない。

Bullock et al.²⁾、Daberkow et al.³⁾ は、アメリカにおける精密農業の普及状況を整理している。例えば、2000年代前半における収量モニターの普及面積率は、トウモロコシで36.5%、大豆で28.7%、可変施肥機は5~10%であった³⁾。また Banerjee et al.⁴⁾ によると、綿花作経営を対象としたアンケート回答者のうち、約19%がGPSガイダンス機能を利用していた。

アメリカにおける技術普及の背景には、一般にGPSと通称される衛星航法システム（Navigation Satellite System：NSS）の実用化があることは言うまでもない⁵⁾。とくに、2000年のGPS衛星の民生向け精度向上や、2003年以降のWAASをはじめとする衛星航法補強システム（Satellite Based Augmentation System：SBAS）

^{注2)}の実用化による1m前後精度での測位の実用化にと
もない、普及が加速している（表1）。2~3cm精度での
利用も、RTK（Real Time Kinematic）測位によって可
能であり、必要な社会基盤整備も進んでいる。

表1 農業におけるGPS機器の販売展開

Table 1 History of the Commercial GPS Equipments for Agriculture

年	販売開始された機器	NSSの状況
1997	ガイダンス機器	
2000		GPS 民生用精度向上
2003	ディスプレイ付ガイダンス機器	WAAS 運用開始（アメリカ）
2005	自動操舵機能	
2007		MSAS 運用開始（日本）
2009	日本語版ディスプレイ付ガイダンス機器販売	

出所）筆者作成。

既往研究では、精密農業を採用する農業経営は、経営者が高齢でなく、非農業所得が少なく、事業規模が大きく、収量が高く、PCを利用するといった特性があることが示されている^{4)、5)}。日本の農業経営は規模が小さく、高齢化が進んでおり、農業機械市場も縮小しているとはいえ、新技術の利用可能性が世界的に見て急速に高まる中で、日本の農業に適した利用方法やそのための条件を考える必要性は大きい。すでに、1990年代には、アメリカへの精密農業の視察がなされ、その後も研究機関を中心に精密農業の適用可能性が吟味され^{6) 7)}、実証試験地では良好な成果を挙げてきた^{8) 9)}。また、2004年頃より農業用GPS機器（以下GPS機器）の輸入販売が行われてきたが¹⁰⁾、農業経営への普及という面では、アメリカに大きく遅れをとっていた。こうした中で、2009年にGPS大手メーカーのTR社とTC社が相次いで日本語版のGPSガイダンス機器を販売開始し、導入する経営が増えてき

たことは過去十数年間には見られなかった事態である。

しかし、これまで、市場で販売される精密農業用機器が、日米の農業経営にとっていかなる形で利用可能なのかという実態を踏まえて、普及条件を検討した研究はみられない。第一に、精密農業機器は生産財であり、それを提供する企業にとって十分な市場条件が見込まれなければ製品が販売されない。したがって、特定の市場条件下において市販される機能構成や価格を把握する必要がある。第二に、その条件下で、実際の農業経営が生産財すなわち生産要素としての新技術を、どのように利用するのかという検討も必要であろう。

そこで本研究では、日米の土地利用型農業における GPS 機器について、生産財として市販されている機能構成、および生産要素としての具体的な利用実態をもとに、今後の精密農業の展開可能性を検討する。

II 分析方法

まず、精密農業に必要な市販 GPS 機器の利用可能性について、聞き取り調査およびカタログ等をもとに検討する。聞き取り調査は、業界トップシェアの TR 社の販売取次店担当者（カリフォルニア（CA）州 Woodland）、アメリカでもシェアを伸ばしている日本企業米国法人 TC 社の販売担当者（同州 Livermore）、および両社の日本法人本社の販売担当者を対象に 2010 年 3 月～4 月に実施した。検討項目は、市場条件、販売戦略、機能構成、価格である。

表 2 日米の GPS 機器の市場条件および販売戦略
Table 2 Market Situation and Benders' Strategies of GPS Equipments in the US and Japan

		アメリカ	日本
市場条件	トラクタ一台数	476 万台（増加傾向） 平均 54.1hp	191 万台（減少傾向） 平均 27.0hp
	農業 GPS 市場規模	200～300 億円 （拡大中）	0.8 億円 （拡大中）
	RTK 網	GPS 機器および農機具製造企業が整備。一部地域では、交通局の RTK 網を利用可能。	国が整備した RTK 網をもとに、公共団体が情報を整理して提供し、民間企業が販売。
GPS 機器販売戦略	製造	国内、メキシコ等で製造	アメリカで製造
	商品構成	ガイダンス、自動操舵可変投入、収量モニタ、生育モニタ	ガイダンス、自動操舵
	農機具製造企業との販売提携	JD 社は自社ブランド。AC 社、CI 社、HD 社は OEM、トラクター付属品として提供。	YN, IS, MB, NH の系列販社が GPS メーカーの機器を販売開始、サポートも行う。
	作業機との連携	JD 社収量計との連携。作業機は通信プロトコル未対応も多い。	2010 年から順次。最初は防除機から。収量計の連携予定はない。

出所）トラクタ一台数は FAO Stat。農業 GPS 市場規模は、TC 社社会報告会資料および聞き取りをもとに試算した 2009 年の値。販売戦略は聞き取り調査による。

つぎに、農業経営にとっての利用条件について検討する。まず、日米両国の生産費調査をもとに、どの程度の費用削減が見込めれば、費用対効果が正になるかを計算する。すなわち、収支が均衡する費用削減率は、

$$\text{損益分岐費用削減率（以下 BE 費用率）} = V / TTC$$

として計算できる（BE：Break-even）。ただし、V は導入に伴う年当たり費用（減価償却費および固定資本利子）、TTC は削減対象となる費目の年間総支出である。

さらに、農業経営者への聞き取り調査を行い、GPS 機器などの精密農業機器の具体的な利用実態、利用による効果および課題を明らかにするとともに、これらの経営における上記の BE 費用率を試算し、その水準を吟味する。

以上の分析を通じて、とくに日本における GPS 機器の利用を中心とした、精密農業の展開可能性について検討したい。

III 市販 GPS 機器の利用可能性の日米比較

1 GPS 機器の市場条件と各社の販売戦略

表 2 に、日米の GPS 機器の市場条件および提供企業の販売戦略について整理した。アメリカの国土面積は日本の 25 倍に及ぶが、日本農業は高度に資本集約化されており、トラクター台数は 2.5 倍の差にとどまっている。一方、公式資料ではないが、GPS 機器市場の規模差は、300 倍程度の開きがあると推測される。日本では、当初は酪農や畑作経営を中心に導入され、水田経営でも利用が増えているという。アメリカでは、GPS 機器企業が独自の RTK 網を敷設しているが、日本では、国土地理院によって全国で整備されており^{注4)}、プロバイダーを経由して月約 3 万円程度（携帯電話代別途）で利用可能である。

聞き取りを行った両企業とも日本国内では製造を行っておらず、輸入コストを要する。また、日本語対応のためのコストも生じる。次節で詳述するが、日本で提供される商品構成は、現時点では限定されている。農機具製造企業との販売提携についても、アメリカでは大手農機具企業が、独自または OEM 製品（GPS 機器企業が製造）として GPS 機器を販売しており、トラクターやハーベスターの販売時に備え付けられることが多い。新規に販売されるトラクターのうち、100hp クラスでは 1～2 割、160hp クラスでは半数程度に自動操舵機能が備え付けられているという。一方、日本ではようやく 2009 年より農機具製造企業との販売提携が開始された。また、作業機との連携は 2010 年より開始される予定である。

2 GPS 機器の販売における機能構成

表3に、販売における機能の構成および価格の状況を示した。いずれの企業も、i) ディスプレイ、ii) 運転制御や可変投入などの機械制御(マシン・コントロール)、生育モニタ、収量モニタといった個別機能、iii) 位置情報の高精度化という3つの要素を組み合わせて価格設定および販売を行っている。すなわち、表中のA～Cのような基本的なモデル、およびオプションが設定されている。たとえば、Cモデルをベースに、ディスプレイ、運転制御および可変投入という各機能を組み合わせた上で、RTKによる高精度化を行うといった使用例が考えられる。軌跡の書き出し、簡易な地図作成といったPCとの連携機能はいずれも標準装備されている。販売数が多いのはガイダンス機能のAモデルであるが、徐々に自動操舵機能やBモデルが増えているという。

機械制御のうち運転制御機能は、トラクターやコンバインの運行において、GPSにより位置表示(ガイダンス)したり、ハンドルの自動操舵(Auto Steering, Assisted Steering)を行うものである。ガイダンス機能は標準で装備されており、直線部での自動操舵を行えるものが4,000～4,500ドル程度で販売されている。1997年にガイダンス機能が販売された当初は、7,500ドルであった。

可変投入機能は、運行軌跡をもとに、農薬や肥料の投入範囲を制御し、二重散布を防ぐ投入範囲制御(Section Control)と、散布設計(Prescription)にもとづいて液体や粉体の投入量を制御する投入量制御(Rate Control)とがある。制御する資材の種類数に応じて価格が異なるが、2,000ドル程度から利用可能である。

また、圃場で生育中の作物の窒素含有量をセンサーで把握する生育モニタや、JD社コンバインの粉流量センサーをもとに収量を表示する収量モニタも利用できる。

これらの機器は、約30cm精度のWAASに対応しているが、受信が有料であるOmnistarによるSBASを利用すれば10cm前後に、また、RTKを利用すれば2～3cm精度にまで向上させられる。RTKは、既存の基地局(RTK網)が利用できれば、5,000～9,000ドルの受信機(ローバー局)に加え、年間使用料1,500ドル程度で携帯電話経由で利用可能である(VRS-RTK方式)。しかし、そうでない場合(固定RTK方式)には、基地局と受信機の購入に17,000～18,000ドル程度を要する。近年、アメリカ中西部では、交通局(Department of Transportation)のRTK電波が無料で利用できる地域もあり、農業利用が進んでいる¹¹⁾。

一方、日本で市販されている機種はTR社A、B、TC社Aモデルであり、調査時点では、ガイダンスおよび自動操舵機能に限定されている。また、販売価格は、ガイダ

ンス機能が40万円程度、自動操舵(取付式)が70万円弱と、アメリカよりも高価になる。この背景には、市場規模の問題もあるが、日本語化およびサポートにコストを要する点も挙げられる。可変投入機能の導入には、作業機との通信対応の必要性もある^{注5)}。また、収量センサー付のコンバインがほとんど販売されていないという問題もある。さらに、固定RTKの実施には、電波法により、特定小電力無線局としての利用に限定され、導入に300万円程度を要してしまう。

表3 GPS 機器の機能構成および販売価格

Table 3 Functions and Price Level of GPS Equipments

機能	TR 社			TC 社		
	A	B	C	A	B	C
画面サイズ(inch)	4.3	7.0	12.1	5.0		8.4
運転制御						
ガイダンス	○	○		○	—	○
自動操舵	△ ^{注2)}	△ ^{注2)}		—	○	△
価格(ドル)		+4,000				+4,500
可変投入						
投入範囲制御	—	△ ^{注3)}	△ ^{注3)}	△ ^{注3)}	△	○
投入量制御	—	△ ^{注3)}	△ ^{注3)}	—	—	△
価格(ドル)		+2,000～ 10,000				+2,000 ～
生育モニタ	—	—	△	—	—	△
収量モニタ	—	—	○ ^{注4)}	—	—	—
高精度化(RTK) ^{注5)}	—	△		—	△	
価格(ドル)		+18,000			+17,000	
セット販売価格(ドル)	1,500 ～	3,000 ～	6,000 ～	3,000 程度	8,000 ～	5,000 ～
日本での販売有無 および価格	○ 36万円	○ 69万円	—	○ 40万円	—	—

出所) 聞き取りおよび各社カタログによる。2010年3～4月。

注1) 凡例は、○:対応、△:オプション。WAASによる30cm精度測位に対応。

注2) TR社の自動操舵は取付式と油圧式があり、後者はBとCモデルで利用可能。日本版は取付式。

注3) 調査時点では、日本版は可変投入未対応。

注4) JD社コンバインのみ対応。

注5) 固定RTK導入には、対応する機器と基地局(Base)の両方が必要。

IV 農業経営のGPS機器利用条件の日米比較

1 費用対効果が正となる条件の試算

表4に、日米の生産費に関する公的統計をもとに、BE費用率を計算した結果を示した。利用可能な統計をもとに、日本は大規模経営、アメリカは平均規模経営を想定している。GPS機器導入により、削減対象となる費目(TTC)として、投入要素費と労働費を取り上げる。これは、現時点における導入効果が、第一義的には種子、肥料、燃料の効率的利用および労働強度や労働時間の低減にみられることによる。なお、通貨間の比較のために適宜単位を調整している。各機器の導入費用(V)は、前節

での聞取り結果をもとに、日米において利用可能な機能別の価格をもとに設定した。

まず、面積当たりの投入要素費・労働費の合計では、日本のコストはアメリカに比べ、大豆で8.8倍、米で1.6倍を要している。アメリカでは労働費が投入要素・労働費の合計に対して10～15%に過ぎないのに対して、日本の米・大豆作は5割程度を占めている。したがって、アメリカでは投入要素の節減効果が重視されるのに対し、日本では労働の節減効果がより重視されることになる。

BE費用率は面積規模により異なるが、ここでの試算では、アメリカでは、ガイダンスが1%内外、自動操舵が0.4～3%、RTKが1.3～10.8%という結果であった。一方日本では、20ha規模の水稲作でガイダンスと自動操舵が1%台のBE費用率であり、わずかな効率の改善で導入が見込める状況にあると判断できる。また、日本でのRTKは米で7.9%、大豆で80.7%のBE費用率であった。

表4 GPS機器の損益分岐費用削減率 (BE費用率)
Table 4 Break-Even Cost Reduction Rate of GPS Equipments

		損益分岐費用削減率				
日本 (2008)		面積当 (百円 /ha)	経営計 (万円)	ガイ ダンス:40 (万円)	自動 操舵:70 (万円)	RTK: 300 (万円)
大豆 3ha 規模 (3.0ha)	投入要素費	1,458	43	20.4%	35.6%	152.8%
	労働費	1,303	39	22.8%	39.9%	170.9%
	計	2,761	82	10.8%	18.8%	80.7%
麦 (小麦) 10ha 以上 (14.5ha)	投入要素費	1,863	271	3.3%	5.7%	24.4%
	労働費	599	87	10.1%	17.7%	75.9%
	計	2,462	358	2.5%	4.3%	18.5%
米 15ha 以上 (20.8ha)	投入要素費	1,913	397	2.2%	3.9%	16.6%
	労働費	2,112	438	2.0%	3.5%	15.1%
	計	4,026	835	1.1%	1.8%	7.9%
アメリカ (2008)		面積当 (\$/ha)	経営計 (100\$)	-:30 (100\$)	-:70 (100\$)	-:250 (100\$)
大豆 平均規模 (162.8ha)	投入要素費	267	435	1.5%	3.5%	12.6%
	労働費	47	76	8.7%	20.3%	72.6%
	計	314	511	1.3%	3.0%	10.8%
トウモロコシ 平均規模 (151.5ha)	投入要素費	665	1,007	0.7%	1.5%	5.5%
	労働費	68	103	6.4%	15.0%	53.5%
	計	733	1,110	0.6%	1.4%	5.0%
米 CA 州平均 (165.0ha)	投入要素費	2328	3,840	0.2%	0.4%	1.4%
	労働費	235	388	1.7%	4.0%	14.2%
	計	2,563	4,228	0.2%	0.4%	1.3%

注) 費用の出所は、農業経営統計調査平成20年産大豆生産費(個別経営)、同小麦生産費(個別経営)、同米生産費。および、ERS/USDA, Commodity Costs and Returns. 日本の投入要素費は、種苗費、肥料費、農業薬剤費、光熱動力費の計。アメリカの投入要素費は、Seed, Fertilizer, Chemicals, Fuel, lube and electricity および Interest on operating capital の計。
耐用年数5年、固定資本利子4%として計算した。

2 日米の農業経営における利用実態

次に、日米の土地利用型の農業経営における具体的な利用実態をもとに、導入効果と課題およびBE費用率につ

いて検討する。

表5は、関東の水田および畑作経営におけるGPS機器の利用実態(予定を含む)について聞取り調査をもとに整理したものである。いずれもガイダンス機器(TC社A, 40万円)を導入している。作業の種類をみると、耕耘、施肥、代かき、防除が該当し、精度が要求される播種作業や、進捗状況を目視確認できる田植えや収穫作業には利用されていない。GPS機器の利用作業を合計すると、その回数(および面積)は、IC経営7～9回程度(80ha～100ha)、YJ経営10回(210ha)、YM経営1回(40ha)となる。ここから、GPS機器利用面積当たりの導入費用を計算すると、年間およそ20～100円/10aに相当する。

経営者のコメントによると、圃場内のターンが効率化される、作業時間の無駄が省けるといった効果が見られるという。一方で、圃場の登録が煩雑であったり、数多い圃場の判別が容易ではないなど、分散圃場に十分対応できていない。また、周長100m未満は圃場の周辺長として認識されず^{注1)}、狭小区画では利用困難であることが指摘された。なお、YJ経営は、既存の簡易GISシステムをGPS機器に読み込むことにより、作業の効率化を図ろうと試みているが、ソフトウェア上の制約も少なくない^{注2)}。

表5 日本の農業経営におけるGPS機器の利用実態
Table 5 Operation with GPS equipments in Japanese Farms

	IC 経営(茨城)	YJ 経営(茨城)	YM 経営(千葉)
作付面積	水稲 10ha 麦 13ha 大豆 13ha	水稲 11ha 麦 30ha 大豆 25ha そば 20ha	水稲 40ha (うち全作業受託5ha) 畑 1ha
GPS 機器導入時期	TC 社 A 1 台 2010 年 4 月	TC 社 A 1 台 2010 年 3 月	TC 社 A 1 台 2009 年 12 月
GPS 機器利用機械	トラクター ロータリ ドライブハロー 自走式ブームスプレイヤー ブロードキャスタ	トラクター 乗用管理機 (+ブームスプレイヤー) ロータリ ドライブハロー スタブルカルチ ブロードキャスタ	トラクター ドライブハロー
水稲	耕耘	○	×
	施肥	○	×
	代かき	○ 1 回	○ 1 回
	田植え	×	×
	防除	— (空散)	— (空散)
大豆	追肥	×	×
	収穫	×	×
	耕耘	○	—
	施肥	○	—
	播種	×	—
麦	防除	△ (50a 区画~)	—
	中耕	×	—
	収穫	×	—
	耕耘	○	—
	施肥	○	—
播種	×	—	
防除	△ (50a 区画~)	—	
収穫	×	—	

注1) 聞取りによる。2010年4月。利用作業は予定を含む。

注2) 作業機は、トラクターにGPS機器を装着して利用する。

表6は、CA州およびイリノイ（IL）州の2つの経営におけるGPS機器をはじめとする精密農業機器の利用実態を整理したものである。いずれも導入年次は2005～07年頃であり、200hp以上クラスのトラクターに自動操舵やRTK、可変投入機等を装備している。これにより、作業の効率化、軽労化、投入要素の節減に役立っている。また、両経営とも収量モニタとGPSを用いて圃場マッピングを行っている。収量データを蓄積することにより、今後の経営改善に役立てることを計画しているが、現時点ではデータを反映するまでには至っていない。

表6 アメリカの農業経営におけるGPS機器の利用実態
Table 6 Operation with GPS equipments in US Farms

	CA州水稲経営	IL州トウモロコシ大豆経営
経営主1名、常雇1名、臨雇有	2家族4名のパートナーシップ	
作付	所有地480ha（一部貸付）。水稲283ha。他に小麦、紅花（搾油用）、ひまわり等（2009年）。	経営耕地1,100ha。（うち所有地703ha）。トウモロコシ650ha、大豆450ha。
保有設備	・トラクター JD社150hp JD社255hp+自動操舵 ・コンバイン JD社6m幅+JD社ガイダンス、収量モニタ ・作業場	・トラクター CI社255hp+RTK可変施肥、耕転機。 JD社225hp+RTK可変播種機。 CH社200hp+RTK可変防除機。 ・コンバイン CI社10m幅+収量モニタ ・乾燥、貯蔵施設。
利用実態	・2006年からGISによる圃場マッピングとGPSによる収量把握。 ・水分計と収量計により、適切な水分での収穫時期調整。収量の傾向も分かる。 ・GPSガイダンスにより直線運転が可能。 ・データは収穫期間中コンバイン内に保存可能。 ・圃場別の収量を記録。塩類集積を推測。圃場別の施肥管理は行っていない。 ・システム導入は、経営者自身の学習や経営改善の動機づけにもなっている。	・2005年からGPSを利用した耕転を開始。 ・2007年からRTK導入。2cm精度で耕転、施肥、播種。耕転、施肥した場所に、正確に播種。経営耕地の約8割で利用。トウモロコシ後の大豆に必ず利用。 ・2007年に可変防除機を導入。自動的に開閉し、2cm精度で不要な農薬散布を抑える。 ・2007年に収量マッピング開始。暗渠排水の不良を推測。 ・自動操舵により長時間作業可。 ・6～7台のPCを稼働させ、毎作業後にデータ送信。 ・償却資産90万ドルのうち、IT関連が約9万ドル。 ・RTK通信施設は、CI社保有。年間利用料1,500ドル/機器。 ・400ha以上で収益還元可能。

注）開取による。CA州2009年10月、IL州2009年7月。

さて、以上の5つの農業経営について、表4の公的統計の値を用いてBE費用率を試算したものが表7である。日本の3経営については、導入した機器のBL費用率がいずれも1%弱となっている。また、アメリカの経営は複数台の機器を導入しているが、1台導入した場合のBL費用率は1%未満である。IL州の経営において、3セットのRTKシステムが導入されていることを考慮すれば、BL費用率が数%程度の水準でも、効果があると判断されていると推測できる。

いま、先述表4をもとに、日本において1%のBE費用率となる作付面積を計算すると、大豆、麦、米の順に、ガイダンス機器は、31.8ha、35.6ha、21.8ha、RTKは、238ha、268ha、164haとなる。なお、2005年農林業センサスでは、国内292万haの経営耕地（果樹園・牧草専用畑を除く）のうち、経営耕地20ha以上および100ha以上の経営体による経営耕地総面積は、それぞれ46.9万ha（面積シェア16.0%）、3.9万ha（同1.3%）であった。

表7 導入経営における損益分岐費用削減率の試算
Table 7 Calculation Result of Break-Even Cost Reduction Rate in Farms with GPS Equipments

		損益分岐費用削減率		
	投入要素・労働費計（試算）（万円）	ガイダンス：40（万円）	自動操舵：70（万円）	RTK：300（万円）
日本（2008）				
IC経営（茨城、田畑）	1,081	0.8%	1.4%	6.1%
YJ経営（"）	1,871	0.6%	0.8%	3.5%
YM経営（千葉、水稲）	1,622	0.5%	0.9%	4.1%
アメリカ（2008）	投入要素・労働費計（試算）（100\$）	—：30（100\$）	—：70（100\$）	—：250（100\$）
CA州経営（水稲）	7,265	0.1%	0.2%	0.8%
IL州経営（畑作）	6,173	0.1%	0.2%	0.9%

注）表4の作物の値をもとに、各経営の作付面積について試算。網掛けは導入している機能。

V 今後の展望

本研究では、日米の土地利用型農業における市販GPS機器の利用可能性、および農業経営での精密農業技術の利用実態を明らかにした。日米のGPS機器の市場条件は異なり、利用可能な機能及び価格面において、日本の農業経営にとって不利な面も少なくない。日本語対応に要するコストは、英語圏との比較において、回避できない追加コストである。なかでも、収量モニタ、可変投入機の利用可能性が限られていることは、精密農業が目指す、圃場マッピング、可変作業技術、そしてそれらを結びつける意思決定支援システムの導入を不可能にする。

それでも、エントリーモデルのGPS機器は、費用対効果が見込める価格水準に達しており、面積や費用から見て十分に導入可能であることが示された。2010年より、GPS機器企業によって、GPS機器の可変投入機器への対応が順次開始され、2009年より、大手農機メーカーもGPS機器の受託販売を開始した。GPS機器が普及段階に到達したことにより、日本の土地利用型農業における精密農業技術の普及が、牽引されているとみることが出来る。

現時点での効果は、作業時間と投入要素の削減に限定されるが、GISとの連携により小区画圃場かつ分散錯圃下の経営管理に応用しつつある経営もみられる。とくにGISとの連携による分散圃場管理や、精密な管理を生か

した農産物の品質向上・ブランド化は、土地資源が限られる日本で普及が期待される分野である。これまで、研究機関によって現地実証試験⁸⁾⁹⁾が行われてきたが、今後、市販されるGPS機器とGISとの連携がなされ、安価に導入およびサポートが可能となることが期待される。

注1) 人工衛星から送信される時刻情報を用いて、地球上の位置を把握する技術は、衛星航法システム(NSS)、もしくはGNSS(Global NSS)と総称される。衛星航法システムには、アメリカのGPS、ロシアのGLONASS、ヨーロッパのGalileo、日本のQZSSなどが含まれる。この中でもアメリカのGPSが広範に利用かつ認知されているため、一般にはNSSと同義でGPSと呼ばれることが多く、本研究もそれに倣った。なお、多くの衛星電波は無料で受信できる。

注2) SBASとは、衛星航法システムの精度を高めるために、注1)の衛星に加えて、静止衛星からの電波を利用する技術である。アメリカのWAAS、ヨーロッパのEGNOS、日本のMSASがこれに該当する。前記と同様に、SBASと同義でWAASと呼ばれることも多い。

注3) たとえば、農林水産省⁸⁾⁹⁾は、精密農業の実証試験地の取組みを紹介しており、GPSと連動した可変投入機により、肥料費や農薬費が2割程度削減できたことが報告されている。

注4) 国土地理院が整備した国内1,200か所の電子基準点によってGPS衛星の観測が行われている。2002年より、その情報は日本測量協会に提供開始され、さらに民間のプロバイダーが同協会から情報を購入してRTK向けの情報として販売している。

注5) GPS機器側には通信信号を読み込む機能が付属しており、作業機や収量センサーとの動作確認がなされれば、対応は可能だという。ただし、作業機の電子制御部は、独自方式をとっている機種も多く、個別に対応法を検討する必要がある。

注6) TC社の仕様による。またTR社のモデルは50m未満の直線が認識されない。

注7) 例えば、GISデータに付属する属性情報が読み込めない。また、TR社モデルはオペレータによる改ざん防止のため、GISデータの読込ができない。

引用文献

- 1) 澁澤栄(2006):『精密農業』朝倉書店、東京。
- 2) Bullock, D.S., J. Lowenberg-DeBoerb and S.M. Swinton (2002): Adding value to spatially managed inputs by understanding site-specific yield response. *Agricultural Economics*, 27, 233-245.
- 3) Daberkow, S.M. Morehart and W. McBride (2006): Information technology management. *Agricultural Resources and Environmental Indicators: 2006 Edition*. Economic Research Service USDA.
- 4) Banerjee, S.B., S.W. Martin, R.K. Roberts, S.L. Larkin, J.A. Larson, K.W. Paxton, B.C. English, M.C. Marra and J.M. Reeves (2008): A binary logit estimation of factors affecting adoption of GPS guidance systems by cotton producers. *Journal of Agricultural and Applied Economics*, 40(1), 345-355.
- 5) Daberkow, S. and W. McBride (2003): Farm and operator characteristics affecting the awareness and adoption of precision agriculture technologies in the US. *Precision Agriculture*, 3, 163-177.
- 6) 林和信(2007): 水稲精密農業における情報センターの構築. 農業機械学会誌, 69(5), 21-24.
- 7) 西村洋(2008): 日本型水稲精密農業における技術開発戦略(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「平成19年度新農機新技術セミナー担い手を支える精密農業と農業機械」), pp.37-52.
- 8) 農林水産省(2007): 地域のITを取り入れた農林水産業の取組事例, 農林漁業現地事例情報.
- 9) 農林水産省(2009): 農林水産分野におけるIT活用取組事例, 農林漁業現地事例情報.
- 10) 広田健一(2008): 農業におけるGPSの利用動向. 農業機械学会誌, 70(1), 29-33.
- 11) Hest, D.(2008): Corn belt coverage. *Farm Industry News*, November 25.

Summary

The objective of this paper is to give a prospect for the conditions of market penetration of precision farming (PA) technologies in field crop farms through the comparison of Japan and US situation. This paper focuses not only on farmers' adoption of PA technologies but also on the suppliers of PA equipments since they are under different situations of PA market and infrastructure. As a result of interview surveys, some technologies are not available to Japanese farms and most available equipments are more expensive than the US price due to the market size and language interpretation cost. GPS guidance systems are cost efficient for the Japanese farms if they can reduce less than 1% of factor input and labor cost, which is likely to be low enough to adopt them.

(2010年5月14日 受付)

(2010年10月3日 受理)