

特集 ICT が変える食料・農業・農村**コミュニティベース精密農業の課題と展望**

東京農工大学卓越リーダー養成機構 特任教授

澁澤 栄

はじめに

1990 年代初頭に、空間計測と情報通信の新技术が農業分野に導入され、精密農業 (precision agriculture) が世界的に普及しはじめた。精密農業は 21 世紀型の農業技術マネジメント戦略ともいわれ、大規模な空間データを駆使して環境負荷軽減 (保全) と収益向上の同時実現の手法を提供した。いわば高度に機械化・知能化された環境保全型農場管理である。2000 年代には国際精密農業学会 (International Society of Precision Agriculture : ISPA) が組織され、米国、ヨーロッパ、アジアで国際会議が定期開催された。さらに 2010 年代には生物工学 (Biotech) や情報安全保障 (cyber security) の分野とも接続し、さまざまな分野から、そして世界各国から、精密農業の取り組みが試行された。そして、「スマート農業」などの多様な類似用語が氾濫し、学術コミュニケーションに齟齬が起こる懸念も提起された。そこで、2018 年の精密農業国際会議 (ICPA2018、モントリオール) では、各国各分野で用いられている 50 件以上の類似用語をリストアップして議論し、投票の結果、従来の precision agriculture を公式用語として定めた。本稿では、精密農業及びスマート農業の共通定義の紹介、その考え方、わが国の科学技術政策における精密農業の位置づけ、そして将来展望について考えてみる。

1 精密農業とは

ICPA の公式ホームページ (<https://www.ispag.org/about/definition>, 2020. 3. 31) から精密農業の定義を抜粋し、その日本語訳 (澁澤・森本・梅田訳、近日中に同ホームページに日本語訳も掲載予定) を紹介する。

Precision Ag Definition: Precision Agriculture is a management strategy that gathers, processes and analyzes temporal, spatial and individual data and combines it with other information to support management decisions according to estimated variability for improved resource use efficiency, productivity, quality, profitability and sustainability of agricultural production. (注: Ag は Agriculture の略)

精密農業の定義: 精密農業とは、農業生産の資源利用効率、生産性、品質、収益性および

持続可能性の改善をめざし、時間的および空間的な広がりを持つ個別事象のデータを収集、処理、解析して他の情報と統合し、推定されたばらつきに応じた管理判断を支援するための経営（マネジメント）戦略である。

Succinct Version: Precision Agriculture is a management strategy that takes account of temporal and spatial variability to improve sustainability of agricultural production.

簡略版：精密農業とは、時間的および空間的なばらつきを考慮にいたれた農業生産の持続可能性を改善するための経営（マネジメント）戦略である。

続いて、アジア生産性機構(Asian Productivity Organization: APO)の「農業変革の枠組み」(APO Agricultural Transformation Framework) からスマート農業の定義を紹介する(<https://www.apo-tokyo.org/publications/papers/apo-agricultural-transformation-framework/>)。

なお、APO は、1961 年に政府間協定の締結により設立された、アジア太平洋地域の生産性向上に取り組む国際機関である。

Smart agriculture is the use of new, advanced technologies within the agrifood system to promote sustainable productivity by allowing farmers and other stakeholders to make more informed, appropriate decisions. Existing and emerging technologies like big data, online meteorological data, digital technologies, and analytics are important components of smart agriculture technologies.

(暫定訳) スマート農業とは、農家や利害関係者が十分な情報にもとづいてより適切な判断をし、持続可能な生産を推進できる農業生産システムの中で、新しい先端技術を活用することである。従来および最先端のビッグデータやオンライン気象データ、デジタル技術群および解析処理手法はスマート農業技術の重要な構成要素である。

精密農業もスマート農業も、持続可能性をめざす農場管理手法の変革を意図しており、両者の区別はあまり意味がない。アジア諸国では、スマート農業の語感が人気のようなのである。ただ、マネジメントの訳が「経営(学)」や「管理(学)」でよいのか常に迷うところである。

2 精密農業技術による農法変革¹

農法とは、地力あるいは土地生産性を維持しながら、農産物を生産し出荷する仕組みであり、5大要素から構成される(図1)。5大要素とは、「作物」、「圃場」、「技術」、「地域システム」、「農家の動機」である。それぞれの要素は、複数の異なるサブ要素から構成され、重層的な階層構造を持っている。例えば、「作物の選定」では、品種の選択やその形質発現の特性お

よび栽培方法の特徴などがすべて記述されて、初めて農法の要素になる。種子を購入しただけでは、農法の構成要素として管理したことにはならない。

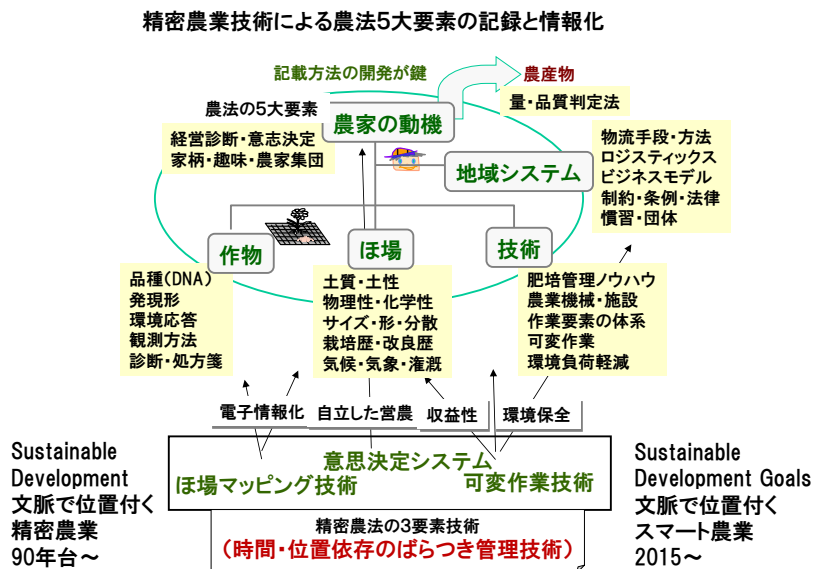


図 1 精密農業技術による農法 5 大要素の記録と情報化

精密農業技術の導入により、農作業をはじめとした農場管理のノウハウが
 克明に記録され、知的財産が蓄積される。

ここで精密農業の 3 要素技術、「圃場マッピング技術」、「意思決定支援技術」、「可変作業技術」の利用を考えてみる。「圃場マッピング技術」は、作物とその生育環境である圃場の克明な記録手段だ。また、「可変作業技術」は作物生育に合わせたきめ細かな作業体系であり、緻密な作業履歴も記録される。従来の機械効率を基準にした平均値作業の考え方とは異なる。

「意思決定支援技術」は、農業者あるいは経営者の判断を支援するものであり、農場管理者が技術運用の中心に所在することを意味している。しかも、従来にない時間と空間の解像度を持った農業情報が蓄積される。これが「情報付き圃場」である。農産物の出荷時に農業情報を付加すれば、「情報付き農産物」が誕生する。精密農業を支える中間流通業者が登場すれば、実需者や消費者の手元に「情報付き農産物」が届けられることになる。

農法の中の農作業判断アルゴリズムは特別の位置を占め、古くから研究されている。いわば知識の機械化であり、定形知と推論知の複雑な相互作用の結果として判断文脈が構成されることが提案された²。例示として (図 2)、除草剤の散布作業を分析し、11 のデータ処理部のうち 5 つを用いて 16 の判断ステップが記載されている。それぞれのステップに可否の判断があれば、2 の 16 乗の 6 万 5 千通りの組み合わせから最適な組み合わせを一つ選ぶ作業になる。判断レベルが三段とか五段になると、その組み合わせは膨大になる。さらに価値観や市場動向も介入する複雑な知識処理プロセスになり、認知科学の応用が期待される分野として国際的にも注目を浴びている。

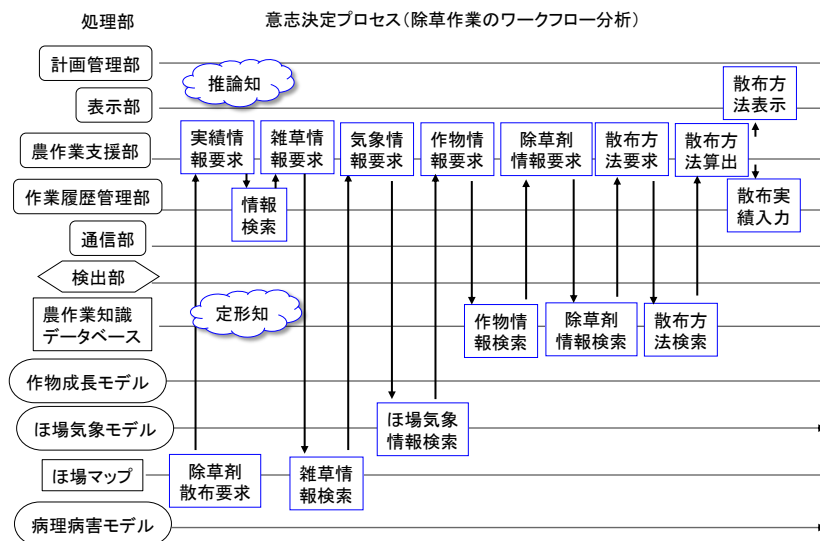


図 2 除草作業における判断プロセスの分析例

農業者には 16 の判断処理部があり、それぞれ 3 の処理レベルがあるとすれば、4 千万通りの組み合わせがある。その中から適切な組み合わせを瞬時に選択する。

3 コミュニティベース精密農業

精密農業の具体的な姿を理解するには、その作業サイクルをみるとよい³(図 3)。まず、圃場の空間的ばらつきの克明な記録からはじまる。土壌や雑草あるいは病害虫発生のばらつきである。すでにトラクタ搭載式土壌センサやリモートセンシング技術などを用いて、土壌肥沃度や生育むらなどが精密に観測できるようになっている。続いて過去の蓄積されたデータを参照しながら、圃場ばらつきに対応した栽培作物や管理法あるいは作業内容を決定する。作業サイクルの最後は農産物の収量と品質のばらつきの観測である。収量モニタ付きコンバインや選果選別ロボットは、収穫作業をしながら収量マップと品質マップを提供する。

作業結果の評価指標には、当該年の収量や収益性のみならず長期的な地力維持や農作業の安全性あるいは環境保全効果なども重要になる。このような圃場管理作業が一巡すると、「情報付き圃場」と「情報付き農産物」を手にすることができ、持続的農業の評価指標の作成と共通化に有効である。

日本のような小規模分散の家族農業を対象にし、圃場内あるいは地域的ばらつきを管理する知的農業者の学習集団と、必要な技術を開発導入する技術者の集団が協働してすすめる取り組みをコミュニティベース精密農業という(図 4)。「情報付き圃場」と「情報付き農産物」が新たな創造物になり、「情報」を結節点にして生産と流通の仕組みが同時に変化するシステムイノベーションが駆動される。必然的に、フードチェーンと農業改革 Agricultural Transformation の同時進行を技術的にサポートすることになる。

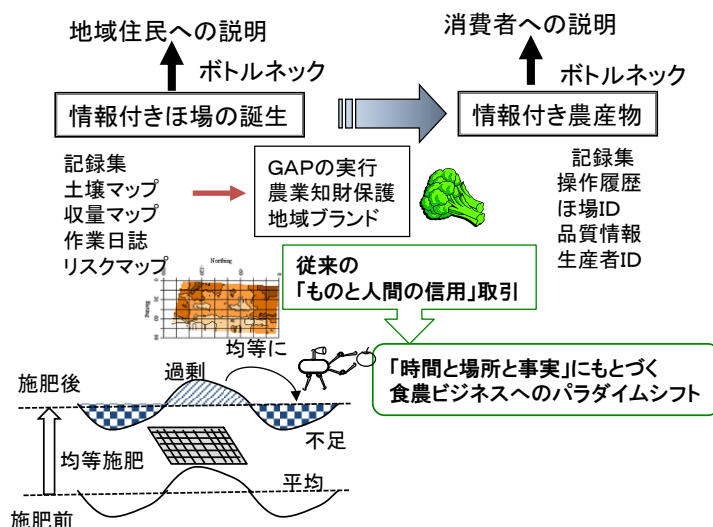


図3 精密農業の考え方

圃場のばらつきを克明に記録し、ばらつきの理解、管理方針の決定、作業結果の記録と評価のサイクルを繰り返す。
収益に直結する収量マップと違法性に関するリスクマップが重要である。



図4 コミュニティベース精密農業の模索

精密農業技術の機能や効用は理解できるが、経営導入になるとうまくいかない。その理由に収益性と農家連携の問題がある。そこで埼玉県本庄市の農家は「情報つき農産物」の消費者受容を研究するため、地元小売店やJA および関連企業店頭販売実験を開始した。すでに15年経過し、若手世代への交代もはじまった。この経験は国内外のボトムアップ活動や学術・行政施策にも影響している。

4 スマート・フードシステムの構想

従来、農業技術行政は農林水産省の所轄事業であり、部分的に府省連携が進められていたが、農業技術が科学技術政策の中心課題の一つとして内閣府に取り上げられたのは第 5 期科学技術基本計画が初めてである。農業を一つの結節点として科学技術行政の相転移がおりつつある。

スマート・フードチェーンの提案に先立ち、過去 20 年間の栽培技術と育種技術の研究開発力に関する国別比較調査報告を特許庁が発出している⁴。これによると、栽培技術に関する特許では、日米欧中韓における出願件数が 1990 年代から 2000 年代にかけて増加傾向にあり、日本国籍、米国籍、欧州国籍の出願人による出願件数が多いが、2000 年代以降は相対的に日本国籍の出願比率が減少し、近年は中国籍、韓国籍の出願件数が急増したと指摘している。特に、日本で登録されている特許を出願人国籍別で見ると、日本国籍の出願比率が 93% と圧倒的に多く、日本国内で登録されている海外籍出願人の出願比率は少ない。すなわち、知財のグローバルマーケットにおける日本市場の地位はきわめて低いことが予想される。

栽培技術と育種技術の相対的な国際的地盤沈下を背景の一つとして、第 5 期科学技術基本計画で提案された Society 5.0 の 11 の既定サブシステムの中にスマート・フードチェーンシステムとスマート生産システムが位置づけられた (図 5)。特に、スマート・フードチェーンシステムでは、育種・生産・加工・流通・外食・消費という農産物流通のシステム全体を対象にしたシステムイノベーションに資する基盤技術の強化を謳いながら、新たな産業クラスター形成を期待しており、従来の農業技術政策と本質的に異なる視座である (図 6)。

注目すべき点は、加工業務用農産物を市場ニーズの重要な柱と位置づけ、定時・定量・定品質・定価格の農産物供給システムを付加価値の構成要素と位置づけたことである。

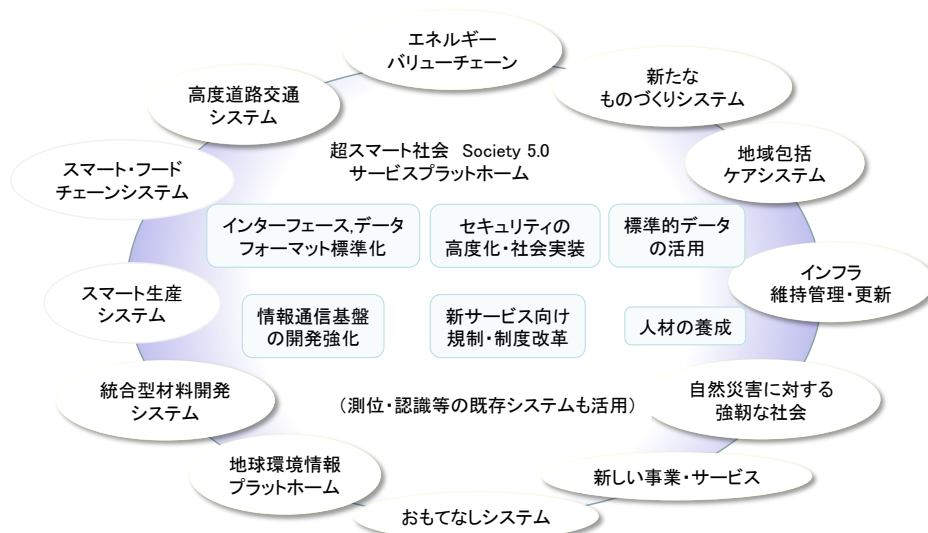


図 5 超スマート社会 Society 5.0 サービスプラットフォームの構想
第 5 期科学技術基本計画 (2016. 1. 19)

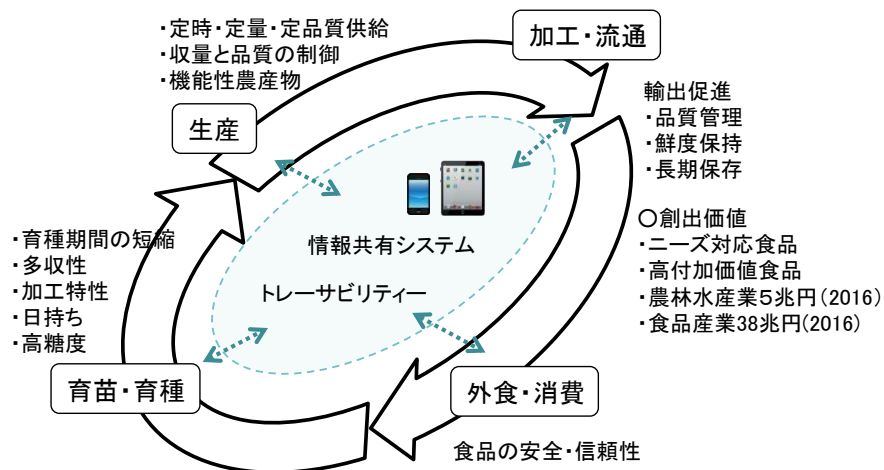


図 6 研究戦略におけるスマート・フードチェーンシステム
(SCTI 地域戦略協議会 2015 年 12 月)

5 スマート農業の担い手⁵

「スマート農業」が行政施策の課題に浮上したのは、農林水産省大臣官房に組織された「スマート農業の実現に向けた研究会」(2013 年 11 月 26 日発足)の活動によるところが大きい。農業機械や電気・情報通信あるいは自動車や保険などの多様な産業界、内閣官房や内閣府、総務省、経済産業省、厚生労働省の広範囲な関連行政部署、農業者や全農および産総研や農研機構、そして大学などの多様な専門分野から専門委員 25 名を招き、農業に関する業際的学際的な研究会を発足させた。趣旨は、ロボット技術や ICT を活用して超省力・高品質生産を実現する新たな農業(スマート農業)を実現するため、スマート農業の将来像と実現に向けたロードマップやこれら技術の農業現場への速やかな導入に必要な方策を検討することであり、スマート農業の将来像と実現に向けたロードマップ(解決課題と対応)とロボット技術の安全性確保策を課題として各界の意見をとりまとめた。

一方、スマート農業の担い手は誰かという鋭い問題提起が継続して出されたが、適切な回答を得るにはいたっていない。研究者や技術者が考え出すことは、現実から乖離した技術偏重のシナリオになりがちであり、人間や家族に目線を当てた地域コミュニティや社会システムの変化に対する洞察の欠落が常である。このスマート農業の構想も同じ弱点をもっている。著者も農業工学を専門とする技術研究者であり、技術偏重とはわかりつつも、なかなか担い手の人間像や地域社会の変貌を組み込んだ技術シナリオが苦手である。その素人が考えた、現行の農業システムが崩壊した後に登場するであろう農業の担い手像の作業仮説を、参考までに紹介する(図 7)。

- ①日本の自然条件により、現行サイズと大差ない小規模圃場群の耕作が安定した農業の姿である。
- ②農業とは、植物の営みの支援を基本として有用な産物を得る業である。
- ③農業は、大別して企業農業、地産知商農業、耕す市民農業に類型化される。
- ④企業農業の担い手は、数億～数十億円の売上を管理する経営者であり、市場アクセスを注視しながら収益管理とリスク管理を行う。
- ⑤地産知商農業の担い手は、地元の農産物を商う多角的事業者の経営者であり、生産様式や生活様式が販売価値に直結する工夫をする。
- ⑦耕す市民農業の担い手は、農業あるいは農作業に対価を払う市民であり、自然と調和する暮らしを購入すべき価値とする市民である。
- ⑧人々は、三つのタイプの農業を自由に経験できる
- ⑨スマート農業は、これらの多様な農業の担い手に利活用される技術と知の体系である。

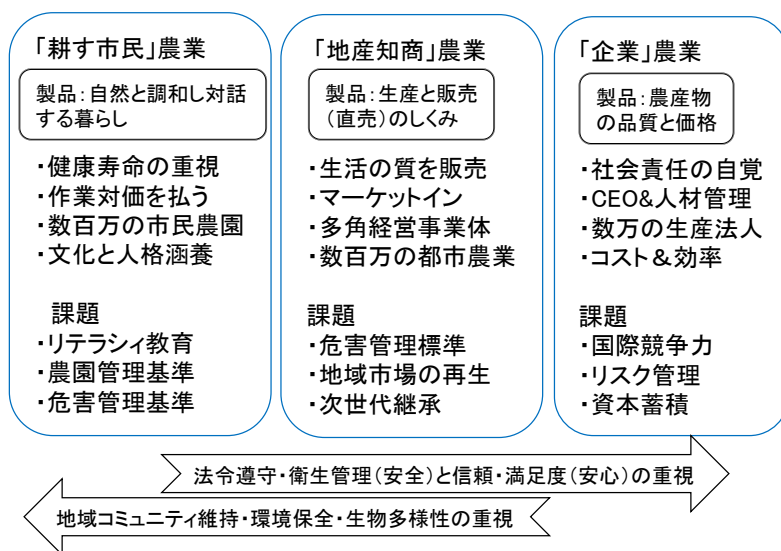


図 7 地域資源を活用する日本農業の主な担い手
 政府 IT 総合戦略本部 新戦略推進専門調査会農業分科会資料
 (2013 年 10 月 29 日)

最後はいささか乱暴な議論になってしまいましたが、お許し願いたい。

おわりに

本稿は、日本農学アカデミーシンポジウム (2019. 11. 3) での講演内容を加筆修正したものである。貴重な機会を与えてくださった同事務局に謝意を表す。

参考文献

- 1 澁澤栄、IT 農業の源流、精密農業とは (下) 他産業と結び付く「知的農業者集団」登場へ、Agrico 0110 号 (2016/05/24)。
- 2 特許 4058544、農作業決定支援システム (1998 年出願 東京農工大学、発明 澁澤栄)。
- 3 澁澤栄、第 5 世代の精密農業——日本から発信するコミュニティベース精密農業、特技懇、256 号、pp. 31-37、2010 年。
- 4 平成 26 年度 特許出願技術動向調査——農業関連技術 (2015 年 3 月特許庁)。
- 5 澁澤栄、特集 ICT システムを活用した未来を創造するスマート農業、機能材料、2017 年 7 月号、Vol. 37 (No. 7)、pp. 1-9。