解説

ICT 農業とリモートセンシング

Remote Sensing Technology for ICT Agriculture

野 口 伸* *北海道大学

Noboru Noguchi* *Hokkaido University

1. 情報技術を活用した生産技術—ICT 農業

日本農業は、農家戸数の減少と就業者の高齢化により労働力不足が深刻である。TPP の大筋合意がなされた状況で日本農業が持続性を確保するためには、格段の品質向上と生産コスト削減が不可欠であり、ICT 農業に期待が高まっている。20 世紀の欧米の農業は生産性向上を目指して、機械を大型化し、化学肥料や農薬を大量消費するといった投入エネルギーの増大を基礎に発展してきた。しかし、作業効率や生産性は向上したものの、農地やその周辺に与える環境負荷が大きく、農業生産の持続性を低下させる結果となった。これからの農業は生産性と環境の両面への配慮が求められる、この両立が農業の持続性には不可欠である。この問題を解決する農法として 1980 年代後半に空間情報に基づいて精密な農業生産を行う精密農業 (Precision Agriculture, PA) という技術概念が提唱され、21 世紀に必要な生産技術として世界中で研究開発が始まった [1]。従来の農業生産は農村レベルから圃場レベルまであらゆる階層で、個人知に依拠した生産形態がとられ、生物生産の本質である不確定性・不確実性のリスクを農薬・化学肥料などの過剰投入によって回避してきた。その結果、農薬・化学肥料の農地残留、河川への流出を引き起こし、環境に与える影響が問題になった。当然、不要な資材投入は農業経営にとっても望ましくない。この問題を科学的に解決するためには、土壌や植生の空間変動を考慮して、細分化した小空間ごとに適切な資材投入量を決定する必要がある、この実現には図 1 のようなプロセスを構成することになる。適切な「意思決定」には圃場の時空間情報を総合的に考察する「分析と診断」が重要である。さらに川上の「データ取得」ではドローンなどの低層や人工衛星の高高度からのリモートセンシングが用いられる。すなわち、PA の基盤技術は GPS に代表される衛星測位システム (GNSS)、様々な空間情報をデータベースで管理できる地理情報システム (GIS)、そしてリ

図 1 ICT 農業のプロセス

図 2 センシング高度によるリモートセンシングの分類

モートセンシングである [2]。

2. リモートセンシングによる農地空間の情報化

2.1 衛星リモートセンシング

図 2 に農業生産に使用されているリモートセンシングのプラットフォームを示した。地球の資源や環境観測を目的とした気象衛星以外の初の地球観測衛星として、米国は 1972 年に空間分解能 80 [m] の Landsat 1 号を打ち上げた。その後世界各国で続々と地球観測衛星を打ち上げており、現在は数十機が運用されている。地球観測衛星に搭載されたセンサは一般に、可視領域 (0.4~0.7 [μm]) から近赤外線 (0.8~0.9 [μm])、または熱赤外線 (8~14 [μm]) を含むマルチスペクトルセンサであり、なかには可視領域から短波赤外 (0.4~2.5 [μm]) までを 242 バンドで提供するハイパース

原稿受付 2015 年 12 月 9 日

キーワード: ICT Agriculture, Remote Sensing, Drone, Satellite Imagery

*〒 060-8589 札幌市北区北 9 条西 9 丁目

*Kita-ku, Sapporo-shi, Hokkaido

図3 ドローンを利用した低層リモートセンシングシステム（北海道大学農学研究院）

ペクトルセンサもある。衛星リモートセンシングを用いた研究は、土地利用調査、植生調査、水質調査、地質調査や地図作成など、極めて多岐にわたる[3]。農業分野でも小麦・トウモロコシ・テンサイ・馬鈴薯などの作付品目の特定、水稻やタマネギの作付面積の把握、水稻生育の把握、米粒や小麦のタンパク含量の推定、小麦の収穫期推定などに衛星リモートセンシングが活用されている。

2.2 ドローン利用による低層リモートセンシング

ドローンに代表される低層からのリモートセンシングは、数[cm]の地上における空間分解能を得ることが可能である[4]。図3はドローンを利用したリモートセンシングシステムである。目的に応じてセンサ、波長幅、波長帯を選択することもできる。最近ではこれらプラットフォームに搭載されるセンサも高分解能化、多チャンネル化、三次元画像化に加え、マイクロ波やレーザなどの能動的センサが利用されつつある。最近のドローンは比較的容易に広域モザイク画像を作成できる。取得された画像に幾何補正を施して、地上の計測データと作物モデルを併用して解析することで圃場内の細密な土壌の有機物含量（図4）、小麦の窒素ストレスを示す生育情報（図5）、地形、土壌含水率などのマップを生成できる[5]。これらマップは地図情報であるので、この土壌肥沃度や生育のばらつきに応じて、必要とところに必要な量の肥料や農薬を自動的に可変施用することが可能になる。窒素肥料の場合、土壌系へ過剰な投入が行われると、余剰分は大気・水系へ流れ出し環境負荷になる。事実、地下水の硝酸汚染が先進諸国で顕在化し、地域生態系への影響が懸念されている。以上のことから、図4、図5の空間情報を利用した適正な窒素管理は、土壌中の余剰窒素を減少させ環境負荷の低減につながる。生体情報とセンサ情報の普遍性と合理性の判断、また作物生育情報から適切な施肥量の決定アルゴリズムの開発は工学研究者と農学研究者の協業が不可欠である。図6はドローンを使用して小麦の栽培期間を通して撮影・作成したモザイク画像である。小麦栽培期間中の生育量が細密に画像データになる。気象情報、農作業情報、そして最後の収穫量、品質もデータ化して、データマイニングすることで栽培方法の最適化

図4 低層リモートセンシングによる土壌腐食含量マップ

図5 低層リモートセンシングによる小麦の窒素ストレスマップ

図6 ドローンを利用した小麦圃場の時系列モザイク画像

を図ることが可能になる。このような群落レベルの作物生育モデルの作成には、低層リモートセンシングは極めて有用である。このように低層リモートセンシングは作物栽培に有用な時間と空間の四次元情報を効率的に取得できる技術であるため、欧米、中国でも盛んに利用研究が進められている。

2.3 衛星リモートセンシングと低層リモートセンシングの融合

低層リモートセンシングは効率的な情報収集法ではあるが、飛行の安全性の問題もあり、センシングは1日数十ヘクタールが限界である。しかし、観測スケールを広域にして農地・農村環境のモニタリングシステムへ拡張することは進めなければならない。近年、高解像度衛星画像が実用化し、食料生産のためのセンシングデバイスとして期待さ

図 7 衛星画像と低層画像のオーバーレイ

れている．4～6[m]の空間分解能を有し，その解像度は可変施肥など圃場内の精密作業にも適用できる．したがって，最近この高解像度衛星画像を地球規模の環境問題，土地利用調査にとどまらず，圃場レベルの精密管理にも役立てる試みがなされている．しかし，画像取得の即時性に欠ける，可視域センサの場合，雲の存在により画像が取得できないなど，営農に衛星画像を利用するにはいまだ障害は多い．しかし，高解像度衛星画像と低層リモートセンシングを併用することで，観測時空間がシームレスなモニタリングシステムの構築が可能となる．広域から圃場レベルまで植生や生育状態はもちろんのこと栄養状態，病害虫の発生状態も統一的にモニタリングできるシステムとなる．例えば，収量予測や病害虫の発生予測などは広域をカバーできる衛星画像が望ましい．しかし，衛星画像では，圃場管理作業で必要となる即時性の高いデータを取得することは困難である．一方，低層リモートセンシングの場合，即時性・空間分解能の観点から衛星画像を凌ぐ性能を発揮する．メリット・デメリットが相反する2種類のリモートセンシングを融合して，数値情報を統一的に扱えるメリットははかり知れない（図 7）[6]．

3. お わ り に

ドローンを利用したリモートセンシングは機動性，即時

性，地上分解能の点で ICT 農業の基盤技術として注目される．画像データを GIS と連結して空間情報として扱うことで，取得された情報の有用性は格段に向上する．現在，全国の地方自治体は地域情報の電子地図化を進めており，地域の GIS コンテンツとしての活用も考えられる．さらに，低層リモートセンシングと高解像度衛星リモートセンシングの融合技術は ICT 農業の進化に重要な役割を担うことになろう．

参 考 文 献

- [1] 日本学術会議：提言/農林水産業への地球観測・地理空間情報技術の応用—持続可能な食料生産と環境保全—，2014．
- [2] N. Noguchi and J. O'Brien: "Remote sensing technology for precision agriculture," *Environment Control in Biology*, vol.41, no.2, pp.107-120, 2003.
- [3] B. Su and N. Noguchi: "Agricultural land use information extraction in Miyajimanuma wetland area based on remote sensing imagery," *Environment Control in Biology*, vol.50, no.3, pp.277-287, 2012.
- [4] R. Sugiura, N. Noguchi and K. Ishii: "Remote sensing technology for vegetation monitoring using an unmanned helicopter," *Biosystems Engineering*, vol.90, no.4, pp.369-379, 2005.
- [5] S. Rasooli, N. Noguchi, I. Han-ya and K. Ishii: "Optimal vegetation indices for winter wheat growth status based on multi-spectral reflectance," *Environment Control in Biology*, vol.51, no.3, pp.105-112, 2013.
- [6] I. Han-ya, K. Ishii and N. Noguchi: "Satellite and aerial remote sensing for production estimates and crop assessment," *Environment Control in Biology*, vol.48, no.2, pp.51-58, 2010.

野口 伸 (Noboru Noguchi)

1990 年北海道大学大学院博士課程修了．農学博士．同年北海道大学農学部助手．2007 年助教授，2014 年より教授．そのほか，中国華南農業大学中国農業大学中国西北農林科技大学の客員教授，伊ボローニャクラブ会員．専門は生物環境情報学，農業ロボット工学．日本生物環境工学会，農業情報学会などの会員．

(日本ロボット学会正会員)