

平成 17 年度

農業農村情報の利活用に関する調査検討委託事業
報告書

平成 18 年 3 月
社団法人 農業土木学会

まえがき

本報告書は、農業農村整備情報総合センターから農業土木学会に委託された「平成17年度農業農村情報の利活用に関する調査検討委託事業」の成果を取りまとめたものである。本業務を実施するにあたり、農業農村整備情報総合センターにご協力を頂きましたことに深く謝意を表します。

農業農村情報利活用調査検討委員会
委員長 大政謙次

委託事業名 平成17年度農業農村情報の利活用に関する調査検討委託事業
事業委託者 社団法人 農業農村整備情報総合センター理事長 長谷川高士
事業受託者 社団法人 農業土木学会会長 田中忠次
実施期間 平成17年9月25日～平成18年3月15日

農業農村情報利活用調査検討委員会

委員長 大政謙次 東京大学大学院農学生命科学研究科教授
委員 大西亮一 (財)日本水土総合研究所 専門研究員
委員 松尾芳雄 愛媛大学農学部教授
委員 溝口 勝 東京大学大学院農学生命科学研究科助教授

報告書執筆者

石山 斉 株式会社パスコ
伊藤良栄 三重大学生物資源学部
大政謙次 東京大学大学院農学生命科学研究科
小野寺晃宏 農業農村整備情報総合センター
平藤雅之 農業・生物系特定産業技術研究機構 中央農業総合研究センター
星 仰 茨城大学生涯学習研究会・元茨城大学工学部情報工学科
星野 敏 神戸大学農学部
松尾芳雄 愛媛大学農学部
溝口 勝 東京大学大学院農学生命科学研究科
山田和広 農林水産省農村整備課
山本晴彦 山口大学農学部
吉迫 宏 農業工学研究所地域資源部

目次

1 . はじめに	1
2 . 農業農村情報に関わる研究の現状と問題.....	2
2-1 農業農村情報をめぐる社会的要請の実態	2
2-2 農村振興における農村の情報化とその利活用の現状	14
2-3 持続可能社会における農業農村情報研究の役割	22
2-4 アジア・アメリカ・ヨーロッパにおける農業情報ネットワークの現状	30
3 . 農業農村情報を活かすための基盤技術の開発と応用	32
3-1 農業農村分野における GIS の利用	32
3-2 ため池群の洪水軽減機能シミュレータ	40
3-3 フィールドサーバによる農業情報モニタリング	51
3-4 携帯電話を用いたフィールド情報モニタリング	64
3-5 農業防災対策のための豪雨災害時における防災情報通信システム	72
3-6 GA による農耕地の適地選定モデルとその応用	83
3-7 マルチエージェント・シミュレーションによる地域農業計画モデルの可能性 ..	99
3-8 農業工学分野における画像情報の多角的利用法	106
3-9 水土の礎 - 農業土木ポータルサイトの構築	119
4 . おわりに	125
参考資料 土地改良区の概要.....	126

1. はじめに

携帯電話やインターネットなど、情報技術(IT)は確実に私たちの生活に浸透してきている。しかし、都市に比べると農村での利用は未開拓とって過言でない。食の安全・安心に関連するトレーサビリティ、気候変動に伴う水循環変動と食料需給の問題解決など、農業分野における情報利用には大きな可能性がある。また、地震や台風による自然災害など、防災面からも農村における情報活用が期待される。一方、ITの利用によって、人類の知恵が凝縮されている農業土木技術を若い世代にわかりやすく伝えることも可能となる。しかしながら、農業農村情報の定義は人によって異なり、その利活用についても明確なビジョンが示されていないのが現状である。

農業土木学会・農業農村情報研究部会は2004年10月に発足し、これまで適宜勉強会を開催し、農業土木分野における農業農村情報研究の現状と問題点を議論してきた。本報告書は、農業農村情報利活用調査検討委員会のメンバーが中心となり、こうした勉強会で集積された知識を

(1) 農業農村の現場におけるIT利用の実態

(2) 今後10年の展開方向の可能性

という視点で整理してみたものである。

本報告書は大きく現状分析(第2章)と応用例(第3章)から構成されている。

第2章では、「農業農村情報に関わる研究の現状と問題点」として、持続可能社会における農業農村情報研究の役割が述べられると共に、行政側のニーズや農村振興における農村の情報化とその利活用の現状、海外の取り組み状況などが述べられている。第3章では、「農業農村情報を活かすための基盤技術の開発と応用」として、ハード面とソフト面からの取り組み事例が紹介されている。

本報告書が、21世紀の農業農村情報利活用のための一つの指針になることを期待したい。

2. 農業農村情報に関わる研究の現状と問題点

2-1 農業農村情報をめぐる社会的要請の実態

2-1-1 農山漁村における情報化の現状

農山漁村地域は、人口密度が低く、事業採算性が悪い等の理由で、都市部と比較してCATVや高速インターネット基盤整備が大きく遅れており¹⁾²⁾、高速・大容量の情報通信サービス、いわゆるブロードバンドの利用頻度は低くなっている²⁾。また、農林漁業者のIT活用の有用性への意識が希薄な面もあり、農林漁業や農山漁村のIT化による恩恵を十分に活かしきれていない。例えば、農業者のインターネット利用は、商工業者や会社員に比べて低くなっている²⁾。

その一方で、電子商取引、市況や気象等の情報入手、遠隔監視、農作物の生育制御、食の安全・安心を含めた消費者への情報発信等といった、地域農業や農業経営に変革をもたらす可能性のあるIT技術の開発が進んでおり、さらには、国民の価値観や生活様式の多様化を背景とした、ゆとりややすらぎを与える場としての農山漁村地域の評価の高まりを背景に、農山漁村のIT化は国民のニーズと農村を結ぶ強力なツールともなりつつある³⁾。

2-1-2 政府の情報化施策

政府は、平成12年11月にすべての国民がインターネット等を容易に利用できる社会の実現等を目指す高度情報通信ネットワーク社会形成基本法(IT基本法)を制定し、その後、IT国家戦略として「e-Japan戦略」(平成13年11月)その具体的な施策である「e-Japan重点計画」等を決定してきた。なお、「e-Japan重点計画2004」では、過疎地域等の条件不利地域において地方公共団体等が行う地域情報通信基盤の整備については、総務省と農林水産省が支援を行うこととしている⁴⁾。

2-1-3 農業農村におけるIT技術の活用を支援する施策

農林水産省においても、「21世紀における農林水産分野のIT戦略」(平成13年4月)、「e-むらづくり計画」(平成15年7月)を公表し、施策の打ち出しを行っている⁵⁾⁶⁾。また、具体的な施策の形である事業制度等は毎年度見直しを行っているが、ここでは施策の概要を報告する。

(1) 農業生産、農業経営、食の安全・安心におけるIT利活用の推進

- ・ユビキタスコンピューティング技術の活用による食の安全・安心システムの導入
電子タグの活用等によるリスク管理、生産・流通の合理化を図る技術開発、モデル地区でのシステム整備への助成等
- ・食品のトレーサビリティシステムの普及
生産流通履歴情報把握システム導入のためのデータベース構築、機器の整備等
- ・農業経営の効率化・高度化を支援
温室等の遠隔環境制御・監視システム等の整備等

(2) 情報通信基盤の整備への支援

- ・条件不利地域における情報通信基盤整備の推進
CATV、高度情報化拠点施設、地域内漁業情報システム等の整備への支援
- ・農林水産業に係るデータベースシステムの整備
農林水産統計情報総合データベース、農学情報資源システムの整備等

(3) 農林漁業者等の情報利活用能力の向上への支援

- ・講習会や研修会の開催等
- ・子ども達へのIT教育への人材派遣、教材提供等

(4) ITを活用した都市と農山漁村の共生・対流の促進

- ・農山漁村から都市への情報発信の強化

- 都市と農山漁村の共生・対流ポータルサイトの開設等
 - ・農山漁村の魅力を感じさせる情報のデジタル・アーカイブ化
 - 水土里（みどり）電子博物館の開設、水土里の道ウォーキングサイトの開設等
- (5) 新たな情報技術の実用化
- ・試験研究独立行政法人、民間での技術開発への支援等

2-1-4 「元気な地域づくり交付金」について

農林水産関係の補助金改革の一環として、平成17年度予算においては、補助金大胆な統合・交付金化を行い（175事業を7つの交付金に）、地域にとって使いやすく、かつ、地域の自主性、裁量性が十分に発揮できるような仕組みへ転換を図っている⁷⁾。これらの交付金は、これまでの事業ごと、個別の施設ごとに審査して国が採択する仕組みから、達成しようとする目標とそれを達成可能な計画内容かどうかを審査して都道府県が採択する仕組みとし、予算配分についても、国は計画全体について予算を配分し、各メニュー間・地区間の予算配分は地方の裁量に委ねる仕組みとしている。例えば、CATV等の情報通信基盤を整備する農村振興支援総合対策事業（情報基盤整備事業）は、グリーンツーリズムや都市農業の振興施策をはじめとする農村振興を図るための非公共事業を統合した「元気な地域づくり交付金」の中のメニューとしており、農業に関連したコミュニティビジネスなどの取組を推進するソフト事業、交流施設や棚田整備などのハード事業と同一計画の下で実施し、それらの施策間の予算配分などを地方が主体的に行える仕組みとなった。これにより、地域の創意工夫による元気あふれる農山漁村の実現されることを期待している。

参考情報・資料

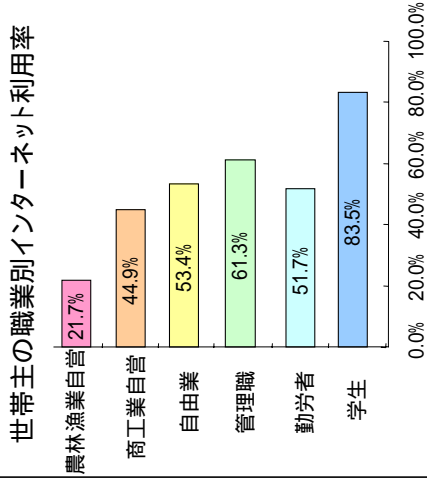
- 1) 総務省「平成16年度情報通信白書」
- 2) 総務省「通信利用動向調査」(H13.11)
- 3) 「オーライ！ニッポン会議」ホームページ <http://www.kyosei-tairyu.jp/>
- 4) 「IT戦略本部」ホームページ <http://www.kantei.go.jp/jp/singi/it2/index.html>
- 5) 「21世紀における農林水産分野のIT戦略」
<http://www.maff.go.jp/soshiki/kambou/joho/it-sen/it-sen.htm>
- 6) 「e-むらづくり計画」
http://www.maff.go.jp/www/press/cont/20030709press_2.htm
- 7) 「農林水産予算」ホームページ
<http://www.maff.go.jp/soshiki/kambou/kessan/index.htm>

農山漁村のIT化の現状

IT化の遅れ

農林漁業者のIT利活用の遅れ

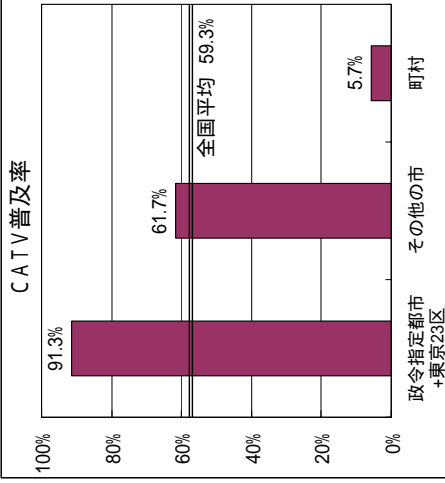
農林漁業者のインターネット利用は、他の職種に比べ遅れている



総務省「通信利用動向調査」
(平成13年11月)

農山漁村における情報基盤整備

町村部へのCATVの普及は都市部に比べ遅れている

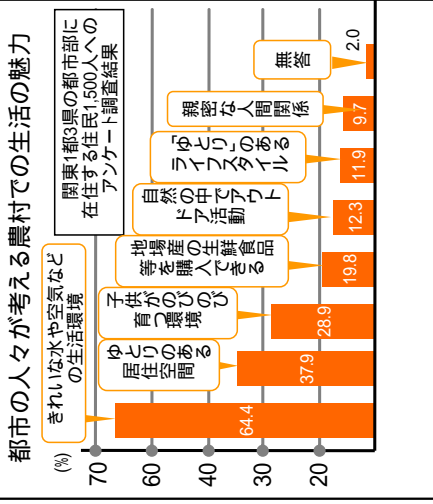


資料：(株)サライトマガジン社「ケープル年鑑 2004」、総務省「平成13年住民基本台帳に基づく市区町村別人口及び世帯数」を参考に作成。

新しい可能性

農山漁村の魅力と国民ニーズ

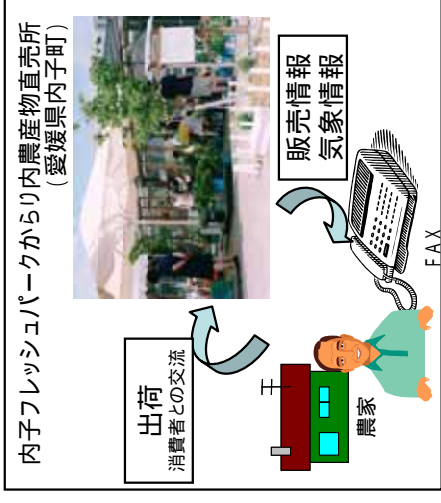
都市住民の農山漁村への期待が高まっている



資料：「都市と農村の共生・対流等に関する都市住民及び農業者意向調査」日本農業研究所 (平成14年)

先進事例

IT技術を農業に活用している事例
(「立ち上がる農山漁村」として選定)



内子フレッシュパークからり内農産物直売所
(愛媛県内子町)

情報基盤整備の取組

政府全体の農業・農村の活性化の取組

食料・農業・農村基本計画

(平成17年3月閣議決定)

(4) 快適で安全な農村の暮らしの実現
生活環境の整備

都市とそん色のない高水準の情報の提供による地域住民の利便性の向上や情報技術の活用による流通の効率化、営農の合理化を通じた地域経済の活性化の観点から、e-Japan戦略を踏まえ、都市地域に比べて遅れている高度な情報通信基盤の整備を推進する。

特に、近年発達がめざましい情報通信技術が農村において十分に活用されるよう、ケーブルテレビ、携帯電話等の多様なサービスの提供、光ファイバー網等の整備を推進する。

立ち上げる農山漁村

(食料・農業・農村政策推進本部)

・地域再生の原動力となる先駆的な事例を「立ち上げる農山漁村」として選定。この中で、高度情報化による経営革新の事例(愛媛県内子町)を選定。

都市と農山漁村の共生・対流

・都市と農山漁村の共生・対流に関する副大臣プロジェクトチーム(内閣官房副長官と、農林水産副大臣が主査となり、関係府省の副大臣で構成)及びオーライニッポン会議において、「人・物・情報」の行き来を活発にした新しい日本再生を目指すことを目的に展開中。

政府全体におけるIT化の推進施策

e-Japan戦略・e-Japan重点計画2004

(IT戦略本部決定)

・「インフラ」の一環として、過疎地域等の条件不利地域における情報格差の是正を図ることが必要。

(総務省、農林水産省)

e - むらづくり計画

農村に整備された情報通信ネットワークに、各種の農林水産産品の支援施策を組み合わせた「e - むらづくり」を一体的に推進

農業農村における情報基盤の活用例

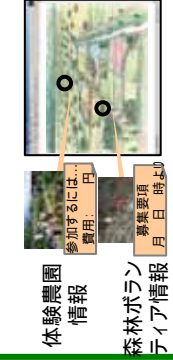
農業者の情報利活用能力向上の支援



ハウス等の遠隔監視制御



農業、地域資源、防災等多様な農村地理情報システムの整備



情報通信技術を利用した効率的販売



高速・超高速インターネットの基盤整備

民間事業者が整備しない地域における情報基盤整備の支援



「e - むらづくりモデル地区」の育成

全国へ波及

- ・効率的な農林漁業の実現
 - ・都市と農山漁村の共生・対流
- 食料・農業・農村基本法が目指す、**
- ・食料の安定供給の確保
 - ・農業・農村の有する多面的機能の発揮

農林水産省の情報基盤整備における「交付金化」

平成16年度予算

従前の各種補助事業

農業振興地域におけるCATV整備事業
...

農村振興支援総合対策事業のうち
情報基盤整備事業
(23.9億円)

...

水産業振興総合対策事業のうち漁
港高度利用促進対策事業
(19.4億円)

漁港集落におけるCATV整備事業

農政改革の方向に沿った
統合・交付金化
(175事業を7つの交付金に)

食の安全・安心確保
(27億円)

強い農業づくり
(470億円)

元気な地域づくり
(466億円)

バイオマスの環づくり
(144億円)

森林(もり)づくり
(44億円)

強い林業・木材産業づくり
(78億円)

強い水産業づくり
(152億円)

平成17年度予算：補助金改革の方向

入りに重視から出口重視へ

【これまで】

- ・事業ごとに定められた細かな要件に合致しているか細かく審査
- ・個別の施設ごとに規模・構造等を細かく審査

【これから】

- ・達成しようとする精査目標が、事業の目指す方向に合致しているかどうか、計画内容が成果目標達成可能かどうかのみを審査。

地域が提案するメニューも補助の対象とする

【これまで】

- ・国の示すメニューの中から選択

【これから】

- ・国の示すメニューに含まれていなくても、地域が必要と判断するメニューであれば、補助の対象とする。

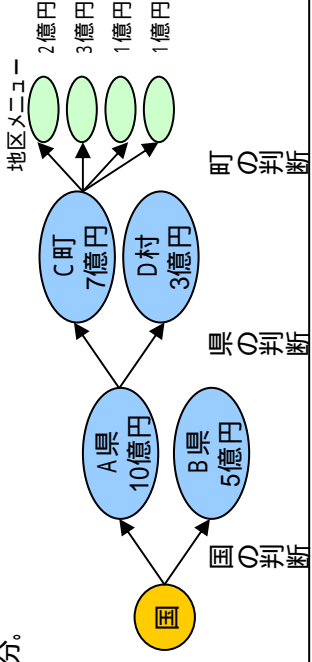
各メニュー間・地区間の配分は地方の裁量に委ねる

【これまで】

- ・個別事業ごとに申請を受け交付額決定

【これから】

- ・統合された交付金一体で事業申請、採択した計画全体について予算を配分。



情報基盤整備の現状(地域整備課関連)

・農村振興局関係では田園地域マルチメディアモデル整備事業(H9創設)から、現在までで36地区、46市町村、約13万1千世帯を採択し、事業を実施。

平成9年度 平成10年度 平成11年度 平成12年度 平成13年度 平成14年度 平成15年度 平成16年度 平成17年度

田園地域マルチメディアモデル整備事業(平成10年度まで公共)
 (予算:平成9年度1,248,000千円,平成10年度1,943,840千円,11年度4,000,000千円、12年度4,000,000千円,13年度2,500,000千円,14年度639,000千円)

農村振興地域情報基盤整備事業
 (予算:平成13年度1,025,000千円,平成14年度966,000千円)

農村振興支援総合対策事業のうち情報基盤整備事業
 (予算:平成15年度2,695,087千円,平成16年度2,390,824千円)

元気な地域づくり交付金のうち農村の振興
 (予算:平成17年度466億円の内の数)

元気な地域づくり交付金について

地域の自主性・裁量性の発揮

- ・地域が提案する独自の取り組みも支援
- ・地区間、メニエ間の予算配分を地域の裁量により実施可能

事務の簡素化等による使い勝手の向上

- ・採択審査の簡素化（事後評価の重視）
- ・各種様式の統一、簡略化
- ・計画変更手続きの簡素化

元気な地域づくり計画の作成

3～5年後の地域づくりの目標を、地域独自の視点から明確化

採択
(簡易な様式で実施)

農山漁村の活性化に資するソフト・ハードの幅広いメニューを助成対象

グリーン・ツーリズム、都市農業の振興



グリーン・ツーリズムや都市農業を通じた市民農園等による交流、ふれあい活動を推進

農村の振興



農業、農村の活性化に資する施設の整備や地域住民など多様な主体の参画による取り組みや地域づくりを支援

農業生産の基盤の整備



地域の創意工夫を活かし、きめの細かい生産基盤の整備・保全及び関連する推進施策を支援

中山間地域等の振興



地域の担い手の確保、棚田地域の保全、多様な地域産業の振興など山村等中山間地域の個性ある地域づくりを推進

地域提案メニュー

地域が目標達成に必要であると提案し、都道府県知事が認めた独自の取り組みも支援

事後評価
(目標の達成状況を評価)

地域の創意工夫による元気あふれる農山漁村の実現

農村の振興

事業内容

(1)ソフト

農村整備事業を契機とした美しい暮らしづくりや施設の利活用、美しい景観の形成、農業に関連したコミュニティビジネスなど多様な主体の参画による自主的に継続的な取り組みを推進するため、地域住民の能力構築を促進する取り組みや活動などを支援
農業者の振興を図り、施策目標を達成するために必要となる地域が提案する活動等を支援

(2)ハード

良好な農村景観の再生・保全に向けた土地改良施設等の改修などを支援
地方公共団体、公共施設(土地改良施設、集落排水施設等農業関係公共施設を除く)、農家等の情報通信ネットワークを構築し、農業情報を含む行政情報等の提供を行うとともに、高速、大容量及び双方向の通信等を可能とするケーブルテレビ施設の整備
土地改良施設、集落排水施設等農業関係公共施設及び農業共同利用施設を構築する情報通信ネットワークに接続し、施設管理情報、防災情報等を受発信できる高度情報通信基盤の整備
農林水産業の振興を図り、施策目標を達成するために必要となる地域が提案する施設の整備

事業実施主体

都道府県、市町村、一部事務組合、農業協同組合 等

交付額算定率

1/2相当、1/3相当、定額 等

下線部がケーブルテレビ等情報基盤整備に関する事項

情報基盤整備による効果（農業振興）

(1) 農業経営の効率化

・市況情報、気象情報等各種情報の入手により、低いコストで高い収益を上げる農業経営が可能。遠隔監視技術の導入により、農作業に係る労働を軽減し、労働生産性を高める。

(2) 農業意欲の向上

・地域の農作物に関する営農情報を生育段階に応じて提供
 ・地元の営農の様子をテレビ映像として放送することにより営農意欲が高まる

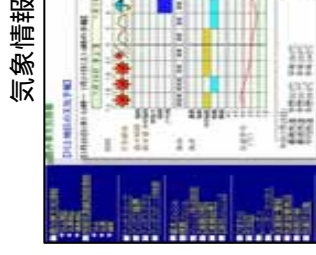
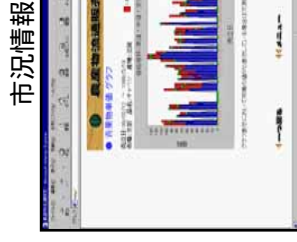
(3) 生産技術を的確に活用

・映像を通じて、農業生産技術等を提供できる。特に、病害虫情報等地域全体に広がる恐れのある事態に的確に対応できる。

(4) 農家の市場感覚の向上

・市況状況を把握して、最適集荷・出荷時期の決定
 ・生産物の販売情報、消費者の反応を放送・配信することを通じて消費者ニーズの把握
 ・消費者へ生産者、産地、生産方法、農薬使用の有無等の安全・安心に関する情報を発信できる。
 ・産地直売システムの促進

【市況情報、気象情報等：長野県川上地区】



自宅パソコンにより情報検索



監視カメラによるリアルタイム農地情報

【牛舎遠隔監視：北海道西興部地区】

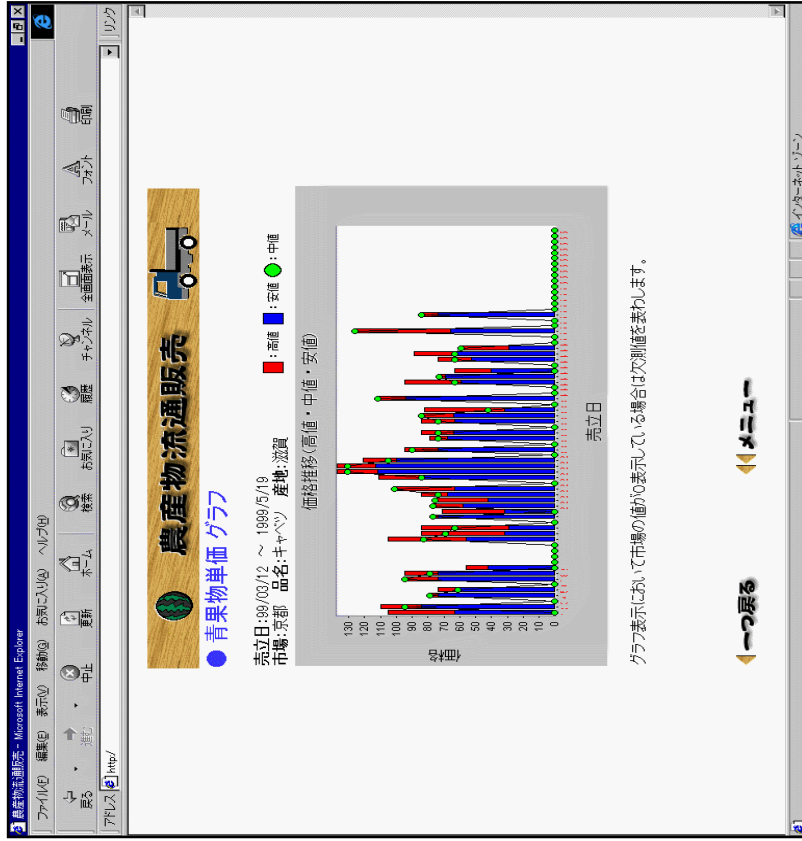


牛舎



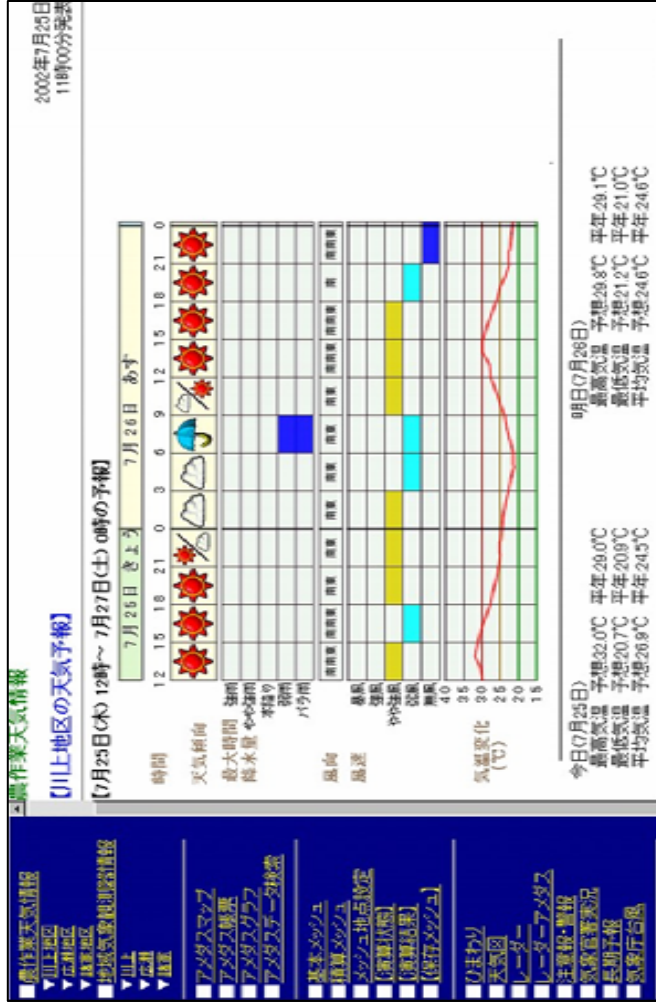
自宅での牛舎監視

【参考】



農産物市況情報

農協等が提供する複数の市況情報を、農産物別に過去の動向を含めてグラフで表示。
高値で取引される市場への出荷や、出荷のタイミングを図ることが可能。



気象情報

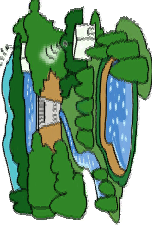
民間気象情報サービスによる、地区のピンポイント予報や、気象観測ロボットの実測データを用いて、農業に必要な気象情報を提供。
強風や降霜などの予測が可能となり、それらに対応した作業を行うことで生産物の質の維持、向上が可能。

情報基盤整備による効果（農村生活）

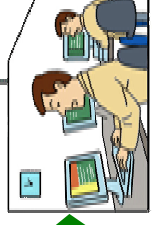
- (1) 防災情報
 - ・映像または音声による防災情報の提供
 - ・避難情報の提供
- (2) 集落機能の維持、行政区域内の一体性の促進
 - ・映像、音声告知等により集落等に必要な情報の提供（会合 案内、共同作業、防災情報、役所からの情報、各種申請事項等）
 - ・集落内の情報、または同町村内の他地区の情報、小中学校 情報等を放送または配信することで、集落または行政区域内の一 体性に貢献。
- (3) 健康管理
 - ・高齢者に対する健康相談、健康管理が可能
 - ・住民への健康管理情報の提供
- (4) 住民の行政や社会活動への参画
 - ・町村役場からの連絡、行政・議会情報の提供
 - ・行政サービス、町村の施策に関する情報提供
- (5) 地域情報の発信
 - ・農村の観光情報、農産物情報、自然景観等環境情報等の提供が でき、都市との共生・対流が促進される。

【防災情報】

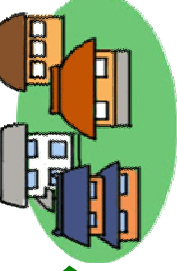
ダム・ため池からの
予警報情報



役場、防災セン
ター等



農家等



【行事・イベント情報】



複数集落共同
で行事開催

【高齢者福祉システム：兵庫県朝来地区 他】



高齢者宅

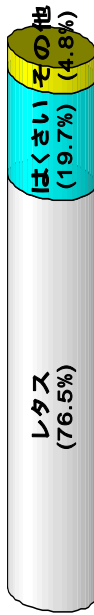
保健師

・健康相談
・血圧、体温等
の健康情報等

情報基盤整備(CATV)による効果(長野県川上村の事例)

情報基盤整備を活かしてレタス出荷額日本一を維持

八ヶ岳山麓の高原気候特性を活かして、レタス、白菜、キャベツなどの高原野菜を生産。農業が基幹産業、第一次産業従事者割合は約66%(H12国勢調査)、農業粗生産額は97億円(H12)で約8割がレタス。

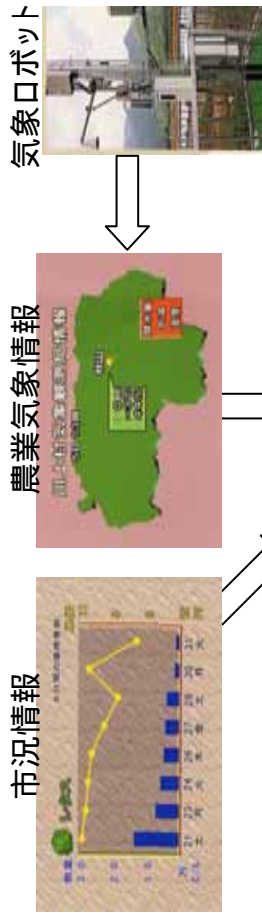


情報基盤整備

CATV 第 期 S63 (単方向)
第 期 H12 (更新、双方向化)

<情報基盤整備の効果>

川上村のレタス生産額は一時期全国シェアが2位に下がったものの、それ以外は市況情報・気象情報等を駆使し、気候変動にかかわらず高単収を確保し、出荷額・出荷量ともに全国シェア第1位を堅持。農業技術情報に適切に対応して、栽培技術、栽培品種等の技術情報、病虫害情報等を積極的に取り入れて、農業経営の向上を図る。監視カメラにより農地の状況を把握し、洪水、暴風等の災害に対処。



農地監視
カメラ

農業気象情報の活用による単収・生産量の安定確保

市況情報の活用による出荷量の適正化

農家収入の増大等による地域全体のレタス生産の振興

入荷不足の市場に対して供給を行い、消費者への農産物の安定供給に寄与

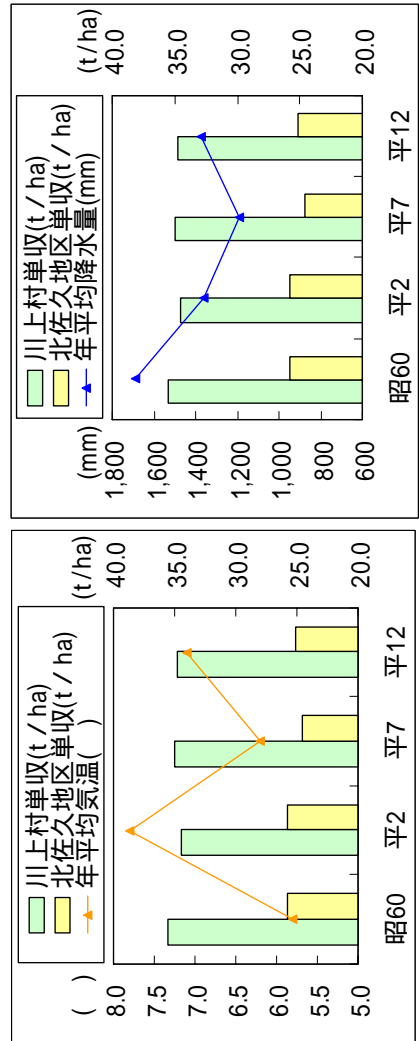
レタスの出荷量 上位3市町村 (単位:トン)

	昭60	平2	平7	平12
1位	長野県川上村	長野県川上村	長野県川上村	長野県川上村
	19,920	57,600	58,900	62,100
2位	長野県塩尻市	長野県塩尻市	長野県塩尻市	長野県塩尻市
	24,770	29,500	34,800	29,300
3位	茨城県岩井市	茨城県岩井市	茨城県岩井市	茨城県岩井市
	14,621	18,900	22,600	26,500

レタスの粗生産額 上位3市町村 (単位:百万円)

	昭60	平2	平7	平12
1位	長野県川上村	茨城県岩井市	長野県川上村	長野県川上村
	6,390	7,019	6,555	7,319
2位	長野県塩尻市	長野県川上村	長野県塩尻市	茨城県岩井市
	3,078	6,723	4,327	4,771
3位	茨城県岩井市	長野県塩尻市	茨城県岩井市	長野県塩尻市
	2,686	4,043	3,614	3,322

川上村のレタス生産額は一時期全国シェアが2位に下がったものの、それ以外は市況情報・気象情報等を駆使し、気候変動にかかわらず高単収を確保し、出荷額・出荷量ともに全国シェア第1位を堅持



長野県農林業市町村別統計書(各年度版)
気象庁観測データより作成

[北佐久地区]...川上村の周辺の2市6町村

<兵庫県朝来町> 高速インターネットCATV

ITがもたらす農村振興及び都市との交流

積極的に新しい農業技術の先取り

種苗、栽培等に関する新しい農業技術を手し、CATVで積極的に農家に提供。農業技術の向上により、農業生産の効率化が図れる。

致命的な病虫害被害への対応

病虫害被害、過去の被害の実例、対応薬剤のデータベース等の情報を提供し、被害を軽減させる。

高齢者の健康管理及び健康相談

自宅で血圧や脈拍などを測定し、蓄積され健康管理や指導を行う。また、テレビモニターを通じ保健福祉関係者と直接アドバイスを受ける。

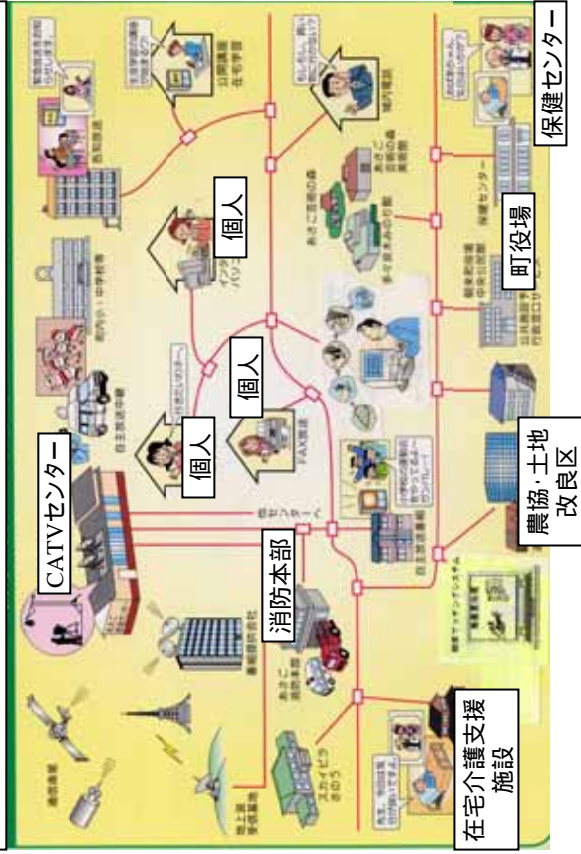
特産物情報の発信

特産品情報、貸し農園情報などをホームページを通じて都市住民あて発信

<基礎データ>

- ・面積： 13,020ha
 - ・人口： 7,549人
 - ・世帯数： 2,270世帯
 - ・耕地面積： 436ha
 - ・農家人口： 3,664人
 - ・農家戸数： 928戸
- 田園地域マルチメディアモデル整備事業(H11～H13)
地域情報センター、伝送路(光ファイバー26km、同軸ケーブル142km)、農業情報システム、在宅ケアシステム等

ケーブルテレビイメージ図



農業情報



在宅健康支援システム



2-2 農村振興における農村の情報化とその利活用の現状

2-2-1 はじめに

農業農村情報研究部会の勉強会で農村計画分野からの話題提供に際し、農村振興に係る情報関連のキーワードを農村整備の現場的な視点から自由連想的に拾い出して整理した¹⁾。それらを補足修正し、主に、農村振興の整備対象である、農業生産基盤・施設()と農村生活環境()、整備目標としての、農村振興()、整備現場における地域変容()、非日常的だが影響力の大きい自然災害への対応()、地域防災・減災に関連面での視点から、農村の情報化とその利活用を整理し、農村空間のアメニティ視点を交えた小考を加え、報告した²⁾。

本稿は、その報告内容²⁾を基礎として、そこでの主張や論点に係わる根拠や関連資料等を補足する。

2-2-2 農村振興対象の農業生産基盤・施設

農業生産基盤・施設に関して、施設管理・運営(運用)管理・機能管理面での管理支援、水位監視やゲート遠隔操作等の面での水利施設等管理の高度化がある。ハード面で水路網等のネットワークの整備が進めらるが、施設・設備機能の更新やその機能の保全管理はGISツールの普及や適用技術の向上が課題となるだろう。

営農・生産活動の面では、気象・病虫害・栽培技術に関する情報の適時提供、オンデマンドな(On Demand: ユーザが必要な時に必要な情報が得られる状況を保証する)技術情報の提供が想定され、それらは、Precision Farming(精密農法; Artificial Agriculture も同義)やBISA(Balanced-Input Sustainable Agriculture: 適正投入持続型農業)の環境保全型の持続的農業の形成にも繋がるとともに、土壌・病虫害等の関連診断技術に関し、AI(Artificial Intelligence: 人工知能)による経験や知識のモデル化が望まれている。

一方で、現実的な課題や問題に直面する農家や農業者の有する在地の経験や知恵(科学的には根拠が曖昧または不明であっても実用的なもの)の収集や共有化が課題となる。

地域農業面では、転作割当や播種・作付け管理などの土地利用面でGISツールが導入され活用されるが、これに加えて、市況情報に基づく集出荷管理などの地域農業における市場戦略策定支援や生産地連携といった課題が想定される(補足資料1)。

農作業面では、安全性・省力化・軽労化における情報利活用ニーズの発掘が課題と思われる。単独での農作業も多く、農業機械等における農作業環境の安全性に加えて事故発生時の緊急通報体制が望まれる。これらでは、GPSや無線通信等の技術の応用や展開が期待される。

また、地域農業の担い手の女性化や高齢化が進行しており、その対策・支援は、地域変容に係るが、根菜から葉物へといった「軽小短薄」作物への転換などが図られてきている。そのための啓蒙指導や栽培技術の普及の面での利活用が期待される。

いずれの局面においても、情報提供体系に関しては農村MPIS(Multi-Purpose Information System: 多元情報システム)等でのこれまでの経験や知見がハード面での叩き台として、また、ソフト面での体制整備で、参考になるとと思われる。

2-2-3 農村振興対象の農村生活環境

農村型CATV(農村MPIS)の基本サービスであるCATV放送(地上波の再送信)や空チャンネルを使った有線放送電話等は、同軸ケーブルから光ケーブルへといったハード面での更新対応が求められている。混住化あるいは疎住の農村地域の生活面では、遺漏のない行政サービス情報、地域活動や社会的ネットワーク形成のために自主制作コミュニティ放送などがあるが、その運営面で技術スタッフの確保や住民等支援体制の有無が存続成否に係る。農村生活面での情報システム基盤整備は、都市農村交流・産消連携等による農村の活性化、多様な就業を可能にする異業種立地や定住促進のために不可欠な手段であるといえる。

C A T V回線が既設でない農村も多く、山間地の散居村や島嶼集落などでは、有線システムは設置費用や保線等の管理費用も高増となる。特に山間地や島嶼部の多い四国や愛媛県では、無線通信(補足資料2)やインターネット利用環境としての無線LAN(補足資料3)の導入実験等が行われ、過疎地等での新たな通信基盤整備方式に期待される。

2-2-4 目標としての農村振興

農村振興における地域資源を在地のシーズとして、フローの観点からモノ・コト・ヒトおよびストックとしての農村空間の観点から、ここで検討する。

モノ モノは、主に農産物だが、単なる規格食材として一方向的に供給されるのではなく、消費者ニーズが反映できる双方向的な媒体としての位置付けが重要で、生産過程・流通履歴のトレーサビリティといった、食の安心・安全性情報が望まれる。これには、まだ単価が高く、安価な農産物での適用は難しいが、ICタグ(電子荷札)の利用が考えられる。また、大きさが0.4mm四方というミューチップも開発されている(補足資料4)。なお、今は特例に位置づけられる対象かも知れないが、農薬や化学肥料を使わない水田の後作で栽培された野菜しか受け付けないという化学物質アレルギーの消費者の需要があるという。農産物のみではなく、水田や畑の生産基盤での栽培方式や生産基盤の利用履歴が問われる場面もあることになる(地域農産物の固有性・付加価値化に繋がる：補足資料5)。

農産物における双方向性としては、消費者ニーズのモニタリングや掘り起こしが想定されるが、そこでは情報収集手段が重要となる。また、消費者ニーズを反映した産消連携や特産品化、ブランド化といった農業振興に繋げる。伝統食(伝統作物)や地域食などに由来する農産加工品においても同様と思われる。

コト コトは、農事に由来する伝統行事や伝承祭事などを主とするが、農村空間を利用した菜の花やひまわりの迷路などの交流イベントも含まれる。特に、後者では交流情報の発信が望まれ、前者では、さらに音楽・映像、祭具などの多様なデジタル記録による保存や、技や文化の継承への活用面も想定される。

ヒト ヒトは、農作物の栽培技術に加えて各種技能(屋根葺き、石積み、炭焼き、藁・竹細工、蕎麦打ち、調理・加工技術など)や伝統芸能を有する人的資源で、農作業を始めとする体験・学習教育などの交流シーズとなる。一村一品ではないが、地域住民の多様な一人一芸的な人材データベースは農村振興課題の現場的な解決に寄与するだろうし、また、地域の人物紹介的な情報は混住化地域では、域内交流の契機ともなるだろう。

農村空間 農村空間は、モノづくりやコトの場、ヒトの活動の場であり、二次的自然として多様な生態系が育み、親水等も含め、次世代が成長期を過ごし、高齢者等が憩い安らぐ場ともなる。加えて、棚田・段々畑等の農村景観、水車や歴史的遺構などを含めて、田園空間博物館的な整備や美の里づくりを介して、都市農村交流の場として、さらには新たな雇用機会創出への展開も期待される。なお、場の遺贈性、次世代への継承の面では、消費と回復への配慮(イベント等での改変と現状復帰など)の視点が求められる。

日帰り・短期滞在型の交流を契機として、固定的・長期滞在型の交流、さらにはU I ターン等による定住化が望まれているが、交流機会、U I ターン、田園居住、雇用・就業などに関する各種の情報発信が、農村振興面では田園整備と併せて望まれる。

2-2-5 農村振興整備現場における地域変容

都市近郊の兼業農家等での担手の女性化や高齢化、中山間地域での過疎化や農業者の高齢化が進行している。農作業面での安全性・軽労化・省力化の視点や作物転換等の営農対策面は 触れた通りである。ここでは高齢化と過疎化から述べる。

高齢化 地域管理の観点からは、高齢農業者が要介護とならず、現役で農業従事できる農作業環境が整備課題となり、地域内で役割や責任を果たすことが望ましい。また、地域の高齢化の観点からは、高齢者の日常的な健康維持増進、在宅健康管理・相談、個別の生活指導・健康増進プログラム等が望まれる。高精細映像のT V電話や健康状態データの通

信による保健師の指導・助言等が技術的に可能な状況にあるが、プライバシー保護や医療・保健面での制度的な問題が残される。

農村ウォーキング等で身近な農村空間の活用を図るなど、保健福祉部局と農村整備部局の地域内での連携整備が望まれる。なお、高齢者は身体能力・集中力の低下や反射的動作が困難とされる。高齢農業者は増加しているが、高齢者の農作業中の事故件数も増えており、安全対策の啓蒙や普及面でも期待される手段となる(補足資料6)。

過疎化 過疎化や離農により農業者が減少すると水路や農道等の共同管理対象での相対的な負担の増大、放棄農地の荒廃化やそれに伴う鳥獣害等の増加による営農負荷の増大が起こる。人目の届かない単独の農作業の機会も多く、農作業時事故や体調急変時の緊急通報手段の確保が中山間地域では特に、望まれる。なお、農用トラクタで、転倒時に自動緊急通報を行う装置が開発され、実用段階にある。

2-2-6 非日常的な自然災害への対応

自治体の定める地域防災計画に基づいて防災無線等により、域内一斉に、避難警報、避難勧告、避難命令等の発令または解除を通報し、避難行動を喚起または解除する。被災時には、安否確認等で通常の通信手段が輻輳し、機能しなくなることも多い。自治体等の災害対策本部では被災状況に基づき対策を講じるが、被災状況に関する多様な情報収集手段が重要となる。末端取水施設等では増水時に担当者が堰板除去等を行うが転落事故等の二次的災害に繋がることも多く、緊急通報手段が望まれる。

救急・救命面では、被災者の診療履歴・健康状況等を記録したICカードが本人確認を含め有効とされる。阪神淡路大震災での経験では、高齢者は自分が服用している薬を知らないことが多いことが指摘された。

集落の孤立対策や支援面では地上災害に強い衛星電話設置を決めた自治体も多い。平常時には、ハザードマップにより危険箇所・区域や避難場所・避難経路の周知が求められるが、ライフライン等の保安全管理を含め、GISツールは地域情報の管理面で不可欠となる。

2-2-7 空間アメニティ観点からのまとめ - おわりに代えて -

都市アメニティは、計画的観点から空間アメニティが重視され、住環境、職環境、遊環境に大別されている³⁾。

この整理に従えば、住環境は、農村生活環境が該当し、職環境は、生産基盤・施設が相当する。多くの農村では非農家の混住化が進み、農村生活環境に関し、都市との生活環境の違いはなくなりつつあるが、過疎村等では情報基盤整備の格差が残される。農村では百姓百作と例示・形容される技量対象や知的刺激の多様性があるが個人の志向や価値観に依存し、職の選択多様性や機会は極めて少ない現状がある。職の立地制約を緩和する手段として農村の情報化に期待がある。住環境や職環境における都市のそれとのアメニティ面での違いは今後、平準化と思われる。ただし、空間の有する経済的な生産性の面では見込みや期待の度合いが異なるので平準化の判断は難しい(格差は解消されないだろう)。

遊環境の面では、さらに、多様な二次的自然・季節の移ろいを身近で接することや、馴染みのある密な地域社会の安らぎに特徴付けられる。都市的な娯楽・刺激や魅力に乏しいが、都市空間に欠乏するやがある。

農村アメニティを特徴付ける近自然的なアメニティは、地域変容により自然との共生バランスを欠いた疎住や、都市近郊等での生活者の地域疎遠(地域に係らない日常：農村の都市化)が起こり、の面で地域社会面での情報遺漏も起こることが予想され、での地域防災や減災面での安全性を危うくする危惧や可能性が指摘できる。これらへの対策も含め、地域の実情(過疎化・高齢化対策へのニーズ)に対応する地域管理面での農村振興とその支援が望まれるが、農村体験やボラバイト等の域外交流の仕組みや受皿づくりとその発信や広報の方策・手段としても、農村の情報化は大きく期待される。

在地の経験・知恵(学習情報)の収集が課題である()としたが、情報技術の利活用に関し、知恵袋の共有、つまり、優良事例や現場的な工夫・手法等の共有化を図ることが、農村地域の問題解決の効率化や解決策の洗練化に繋がり、重要となる。

また、農村の現場的な問題解決に際し、異局面の事項をクロス・オーバーさせ柔軟な発想や連想を誘発し、その具体方策へ展開するといった水平思考を誘発する手段となることが、農村の情報化の究極的な役割かも知れない。最後に、補足資料の新聞記事情報は主に朝日新聞社の「聞蔵」によったことを付記する。

参考資料

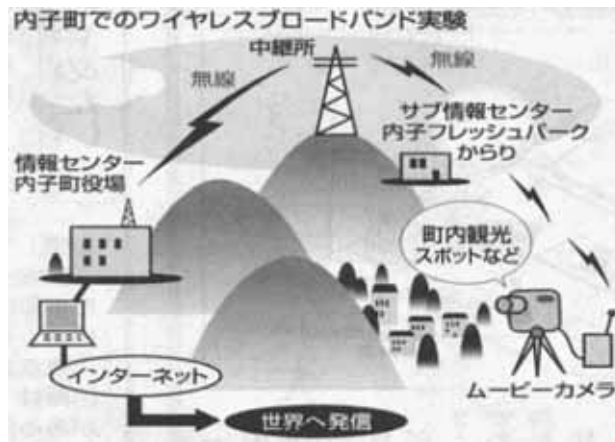
- 1)松尾芳雄：第1回勉強会資料4(2004.9.6),
<http://agrinfo.en.a.u-tokyo.ac.jp/meetings/s1-4.pdf>
- 2)松尾芳雄：農村振興における農村の情報化とその利活用，農業土木学会大会講要，pp.56～57(2005)
- 3)青山吉隆他：都市アメニティの経済学、学芸出版社、175P (2003)

補足資料

1:平均68歳農家、IT駆使「つまもの」全国シェア7割 徳島・上勝町 朝日 5.9.19
旬の料理に添えられて季節の風情を盛り上げるモミジの葉やハギの花は「つまもの」と呼ばれる。全国の7割を生産するのが徳島県の山あいにある上勝町。出荷を担う約180軒の農家の平均年齢は68歳。パソコンで相場を読み、携帯電話でタイミングを逃さず出荷を予約するおばあちゃんの姿はビジネスマンさながらだ。年商が1千万円を超える農家もある。高齢者が人口の半数近くを占める小さな町は、活気に満ちている。(上田学)

同町傍示の急斜面の中腹に自宅がある菖蒲清さん(79)と妻増喜子さん(80)の一日は、朝7時半にパソコンの電源を入れてネットに接続することから始まる。「モミジやナンテンの葉がようけ売れとる」。画面には、つまもの事業を手がける第三セクター「いろどり」(社長笠松和市・上勝町長)が流す出荷状況の情報が刻々と更新される。午前10時30分、防災無線につながったファクスから農協からの緊急注文が流れた。「ハス葉100枚、サトイモ葉50枚、山シダ100枚...」。通常の注文とは別に、日に5、6回、各農家に一斉送信される。増喜子さんは紙が半分出たところで携帯電話で農協に出荷予約を入れた。「きょうはうちが先やったで」と増喜子さん。緊急注文の受注は早い者勝ち。100軒ほどの農家が一斉に電話することもある。「一般電話より、どこでもかけられる携帯電話の方が早い」。受注が決まると、清さんが山に入った。昼前までに注文の葉を採ってきて自宅でパック詰めし、車に積んで農協へ。午前中の注文は午後1時までには納品するのが原則。「普段から山のどこに何があるか気をつけて歩く」と清さんは話す。上勝町は人口約2200人。65歳以上が46%を占め、徳島県内では最も高齢者の割合が高い。99年4月、町などが「いろどり」を設立。ネット環境を整備し、月1回の割合でパソコン講習会を開いてお年寄りに普及させた。現在、約70軒が利用する。町の「つまもの」出荷額は年間約2億5千万円。1軒あたりの売り上げは年平均約140万円、中には1千万円以上の農家もある。ネット上では、農家ごとの出荷状況や売り上げ順位が更新され、互いの意欲をくすぐる。増喜子さんは「初めはパソコンを怖く感じたが、慣れたら楽しくなった。全国のどこに商品を出荷するのか、納入先までが開示されて面白い。同じような年齢の10～20人がライバル」と笑う。菖蒲さん方から約500m離れた農家針木ツネコさん(82)はライバルの一人。「お隣さんがよく出荷したなとか、あの人は少なかったなとか、比べるのが楽しみ。ちょっとでも成績を良くしようという励みになる」と語る。町の1人あたりの医療費は、県内全50市町村(合併前)で32位(04年度)と低い。「いろどり」の横石知二副社長(46)は「ここでは働くことが楽しみになっている高齢者が多い。それが生きがいになって、健康を保っているのではないかと話している。

2:無線使いブロードバンド 山間地や島でも実現 (朝日愛媛版 04.12.12)



映像など大量のデータを高速で送受信するブロードバンド環境の地域格差を解消しようと総務省四国総合通信局などが、内子町で8日から10日まで、無線を使ったワイヤレスブロードバンドの実験に取り組んだ。道の駅「内子フレッシュパークからり」のスクリーンには、無線で送られてきた街角の様子が鮮明に映し出され、実験の参加者たちは「これなら様々な使い方ができる」と期待を寄せていた。

内子で総務省など実験 山間地や島は、光ファイバーに代表される高速通信回線を敷設しようにも地形から費用がかさむ。利用者も少なく、ブロードバンド格差は広がる傾向にあり、山間地や島が面積の大部分を占める四国にとって、格差解消は大きな課題だ。同通信局は研究者や企業を集めて検討会を8月に発足させ議論を進めてきた。

容量大きい18⁺ヘルツ帯で 検討会が目にしたのは03年10月、地方自治体などに開放された18kHz帯の電波。この電波は、データ通信容量が大きく、電波の届く範囲も広い。この電波帯の無線通信を使えば、回線を敷設せずとも、高速通信ネットワークが築け、効果的に格差が解消できるとの結論に至ったという。実験地は、山間地にあり、江戸時代からの町並みを残す内子町を選んだ。観光客に小型通信機器を貸し出し、町内の名所などに設置したムービーカメラが撮影した映像を無線で配信するなど様々な使い道が想定できるからだ。実験では、街角などにムービーカメラを設置。収録した映像が無線で送信され、「内子フレッシュパークからり」に設けられたスクリーンに鮮明に映し出された。次いで、山に阻まれ、無線の電波が届かない町役場とからりの間のブロードバンド実験に移った。町を見下ろす高台にある龍王公園に設置した中継アンテナを経由して、無線で双方の画像をやり取りし、テレビ電話のように会話を交わした。

回線不要、地域格差を解消 四国総合通信局の倉田達夫・企画調整課長は「画像も音声も鮮明で実験は成功だった。無線を使えば回線の敷設が難しい山間地や島でも高速通信が可能。すべての人が良好なブロードバンドを享受できるように環境を整備していきたい」と夢を膨らませている。

3:有線より費用抑制 県電子推進協 報告書まとめ(朝日愛媛版 5/5/12)

山間部や離島でのインターネット利用がしやすくなるよう、高速情報通信の基盤整備方法を検討してきた「県電子自治体推進協議会」(事務局・県情報政策課)は、無線を使った基盤整備についての報告書をまとめた。無線は通信の安定性に課題が残るものの、十分な通信速度を確保できる上、有線より費用を抑えられるため、過疎地での活用にも有力な選択肢としている。県情報政策課によると、県内で高速・大容量の情報通信網が未整備なのは、旧美川村や旧柳谷村など合併前の計14町村。人口の少ないこれらの地域では採算が合わないため、民間事業者による整備が期待できないという。このため、同協議会は昨年、行政による過疎地の通信基盤整備方法を検討してきた。昨年10月から今年1月には吉田町の

奥浦地区で、無線を使ってインターネットに接続する「無線LAN」の実証実験をした。実験では同地区の9世帯に無線機を設置。光ファイバーによる通信環境が整備されている地元の小学校を基地局として、各世帯の通信速度を検証した。この結果、6世帯は一般に普及している有線のADSLと同レベルの高速通信(約7～約20Mbps)が可能だった。海をはさんだ3世帯は、潮の干満の影響で通信速度が不安定になったが、より感度が良いアンテナに変えることで改善されたという。費用面でも、奥浦地区の100世帯に同様の通信環境を整備すると想定した場合、光ファイバーなど有線の通信網を設置すると約2500万円かかるが、無線なら約1500万円に抑えられることもわかった。ただ、山間部などで民家と基地局の間に山などがある場合は、電波がさえぎられるため無線での整備は難しいという。県情報政策課は「協議会が目指す行政手続きの電子化などの実現には、まず環境整備が必要。今回の報告を参考にして、県内の各自治体が快適なインターネット環境を整備してほしい」としている。

4:ICタグ「ID記録」とどめ小型化 5.10.16



米粒と比較したミューチップ(東京都国分寺市の にも 日立製作所中央研究所)

2205万人を集めた愛知万博。その入場券には、ICチップが埋め込まれ、パビリオンなどの事前予約システムの実現に一役買った。日立製作所が製造した非接触無線ICチップ「ミューチップ」で、大きさは0.4mm四方、世界最小クラスだ。一般的には「ICタグ(電子荷札)」と呼ばれ、バーコードに代わる技術として急成長が見込まれている。

コストも減 ミューチップは、128ビットの情報を記録できるメモリーと通信機能を備え、小さなアンテナと併用する。キャッシュカードなどに使われるICチップと違って、読み取り専用で書き換えられないメモリーを使っているのが特徴だ。開発責任者は、同社中央研究所(東京都国分寺市)主管研究長の宇佐美光雄さん(57)。「信頼性を向上させる一方で、コスト低減を徹底的に追求した。機能をID番号の記録だけにとどめたのがミューチップの命なんです」という。チップ自体を極力シンプルにし、ネットワークの中で使う。機能を抑えることによって小型化が可能になった。これこそが「発明」なのだという。

券などに埋め込まれたチップが壊れないよう

小さい方がいい。シリコンウエハーから取れるチップの数が増え、ごみの付着による不良品発生の確率も下がって、コストも改善する。

距離も延長 さらに、9月には薄膜アンテナを内蔵した名刺大のラベルにチップをはり付ける技術を開発、通信距離をこれまでの30cm程度から70cmに延ばした。従来のミューチップの設計を変えずに専用ラベルにはり付けるという簡単な方法でコストを抑えたのが、新技術のポイントだ。万博の入場券や衣料品の在庫管理などには30cmでよかった。しかし、距離が延びれば、チップと外部の管理システムが離れても情報をやり取りできるようになり、用途がぐっと広がる。70cmになれば、宅配業者が荷物にこのラベルをはり、ベルトコンベヤーに載せたまま荷物のデータを読み取って、自動的に仕分けることもできる。ミューチップは元々、紙幣や有価証券の究極の偽造防止対策として考えられていたという。同じID番号が存在せず、書き換えもできないためだ。今後はもっと用途が広がり、日常生活に欠かせない道具になるとみられている。(吉原宏樹)

メモ：日立はミューチップのID番号がダブらないよう管理しており、これからも同じ番号は存在しない。野村総合研究所は、ICタグ市場が03年度の126億円から、09年度に1022億円に急増すると推計する。

ひとつこと：ミューチップの課題は価格。今は 100 万個以上買った場合でも 1 個 10 円台。ただ同然のバーコードより高く、安い商品につけるほど割高だ。

5:カモ、トキ、トンボ...生き物銘柄米たわわ 消費者「安全」、高まる人気 朝日 5.7.4

カモにメダカにゲンゴロウ。水田に暮らす生き物の名前をつけるなどした「生き物ブランド米」が全国各地で誕生している。水田に生き物を戻すのを目的として始めたものがほとんどだが、魚や鳥が暮らす水田で育ったということが、「食の安全」を求める消費者に受け入れられているようだ。コシヒカリ、キヌヒカリと品種は様々だが、通常より高値でも完売するブランド米もある。(浅見和生)

ラムサール条約の登録湿地の石川県加賀市の片野鴨池。そこから 1 km ほど離れた同市の農業山本幸次郎さん(77)の田んぼは今、40cm ぐらいの稲が青々と育つ。この田んぼ、実は周辺の水田とは少し違う。秋収穫した後も、そして冬も、田んぼは水が張ったままだ。鴨池に飛来するカモの多くは、水面や水中のエサを濾し取って食べる。だが、乾田化が進み冬場に水を抜く田んぼが増え、カモの飛来も減少した。このため、環境 NPO 法人「鴨池たんぼクラブ」が、えさ場確保のために、冬の田んぼにも水を張るよう、山本さんに依頼した。そこで育った米は、特に飛来数が減っていたトモエガモにちなんで「加賀の鴨米ともえ」と名付けられ、01 年から販売。カモは水田の落ち穂の他に雑草の種を食べるため、除草剤は通常の半分ですむ。糞が肥料代わりになるため、化学肥料も通常の半分以下だ。米はインターネットを使って全国に売られる。横浜市戸塚区の会社員岡望さん(54)も購入者の一人。「渡り鳥が好んで飛来する水田で育った米なら、安心して食べられる」と話す。農林水産省によると、生き物ブランドが増えたのはここ 3、4 年で、同省が把握しているだけで全国で 18 種。それまでの地域ブランド米は、ほとんどが地名がつくものだった。

農薬少なめ 滋賀県は、フナずしの原料のニゴロブナが外来魚の影響で激減したため、産卵場を水田に確保しようと取り組む。04 年度は彦根市や近江町で、琵琶湖から魚が「遡上」しやすいように、水路の水位を高め設定。約 4 ha の水田で農薬や化学肥料を半分以下にした。「魚のゆりかご水田米」と名付けた。近江町の農業高橋克治さん(37)は「魚が泳ぐ安全な環境で育てたというイメージをアピールできる」と話す。今年度は、「ゆりかご米」の作付面積を 30ha に拡大、県農村振興課は、「将来は、琵琶湖周辺のブランド米として定着させたい」と意気込む。

自然保護も 広島県尾道市の農家は、減農薬でゲンゴロウなど水生生物との共存を目指す。「源五郎米」と名付けた。05 年産は 7.4 t を出荷予定だが、すでに 3 割以上は予約が入っているという。大型のガンの仲間の名前をつけた茨城県稲敷市の「オオヒシクイ米」は 5 kg3500 円と通常のコシヒカリに比べて 1.5 倍近く高い。それでも、毎年約 7.5 t が完売する。サントリー次世代研究所(旧不易流行研究所)の佐藤友美子部長は、「消費者からすると、食への安全性だけでなく、購入することで、自然保護をサポートしているという満足感も得られる。こうしたブランド米は増えていくのでは」と話す。

主な生き物ブランド米(農林水産省資源課調べ)

伊豆沼オリザ米 はつかり米 雁の里米(宮城県登米市)

ふゆみず田んぼ米 雁音米(宮城県田尻町)

トキひかり(新潟県佐渡市)

ハッチョウ米(新潟県柏崎市)

メダカ米(新潟県妙高市)

不耕起メダカ米(栃木県宇都宮市)

加賀の鴨米ともえ(石川県加賀市)

魚のゆりかご水田米(滋賀県彦根市など)

コウノトリの舞(兵庫県豊岡市)

源五郎米(広島県尾道市)

メダカ米(高知県日高市)

サシバの里・穴塚米(茨城県土浦市)

稲守貝米(福岡県前原市)

オオヒシクイ米(茨城県稲敷市)

湘南タゲリ米(神奈川県茅ヶ崎市)

ハッチョウはハッチョウトンボ、サシバはタカの仲間の鳥、タゲリはチドリの仲間の鳥。「伊豆沼オリザ米」のオリザはラテン語で稲の意味だが、渡り鳥のえさ場確保のため冬の水田に水を張り、米袋にも鳥の存在をアピールしている。

写真説明：加賀の鴨米ともえの袋と、鴨米が育つ水田(石川県加賀市)

6：死亡、10年で1.8倍急増 農作業中の高齢者事故 農水省調べ 朝日 5.3.3

お年寄りの農作業中の死亡事故が10年間で1.8倍に急増していることが2日、農林水産省の農作業事故調査で分かった。02年の70歳以上の死亡者は233件で全体の6割を超え過去最高。同省は、都道府県を通じて、高齢化した農家を個別指導する「農業作業安全指導員」の養成を強化する方針だ。調査によると、02年の死亡事故は全体で384件。ここ10年間は371件から409件の間で推移している。70歳以上の件数を比較すると、93年は126件(全体の34.0%)だったが、年々増加し、02年は233件(同60.7%)となった。02年の事故全体の原因を見ると、農業機械作業中の事故が269件で、そのうちトラクターなどからの「転落や転倒」が126件(同46.8%)と最も多かった。農業就業人口の高齢化は年々進んでおり、02年は65歳以上が55.4%。お年寄りの死亡事故の増加は「農家全体の高齢化とともに、お年寄りが注意力や判断能力が落ちたことに気づかないことが原因」(同省生産局)と見ている。

2-3 持続可能社会における農業農村情報研究の役割

2-3-1 はじめに

世界の人口は、国連人口基金（UNFPA）の世界人口白書（2005年版）によると、1年間に7600万人増加し、約65億人に達しようとしている。また、2050年における人口予測は約90億人で、その後も増加傾向が続くと予測される。そして、生活質の向上と相まって、食料問題は、人口増加が著しい開発途上国だけでなく、先進国においても重要な問題である。特に、我が国の食料自給率は、熱量換算で40%、穀物で28%と世界の主要先進国の中で最低レベルであり、食料安全保障の問題として、主食物（穀物）である食糧だけでなく、野菜類や果実類、肉類、魚介類などを含めた食料としての自給率の向上が求められる。

このように、世界的にみても、我が国においても、食料問題は、解決すべき重要な問題であるが、世界規模での増産のための生産場の拡大が、森林破壊や砂漠化、海洋汚染などの地球規模の環境問題を引き起こしている。我が国においても、世界各国からのマテリアルフローが集中し、農耕地での過度の肥料や農薬の使用、家畜糞尿や養殖餌料などが、湖や沿岸域の富栄養化や汚染の問題を引き起こす要因になっている。一方、我が国においては、生産年齢人口の減少が、地方において顕在化しており、特に、第1次産業においては、後継者問題が深刻な問題になっている。さらに、食料の安全性や消費者ニーズへの対応も重要な問題である。そこで、ここでは、このような問題を解決していくための持続可能社会における農業農村情報研究の役割について、我が国における第1次産業のイノベーション(Innovation)、即ち新しいアグリシステムとの関係で考えてみる。また、地球規模の問題として、気候変動や食料生産と密接に関係する砂漠化の問題を例に述べる。

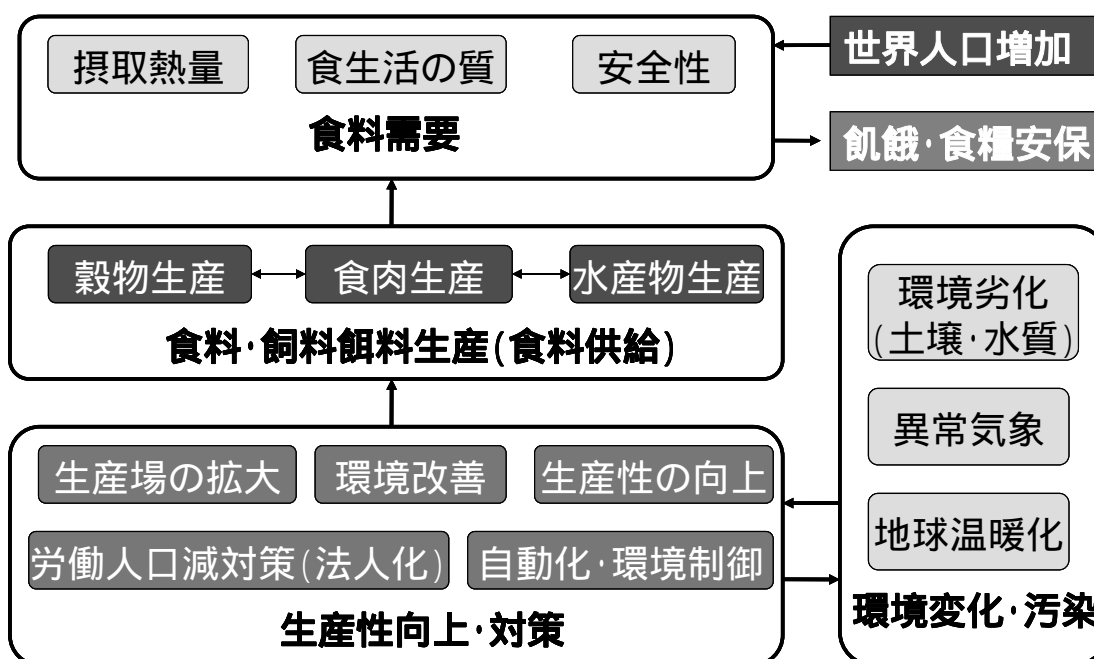
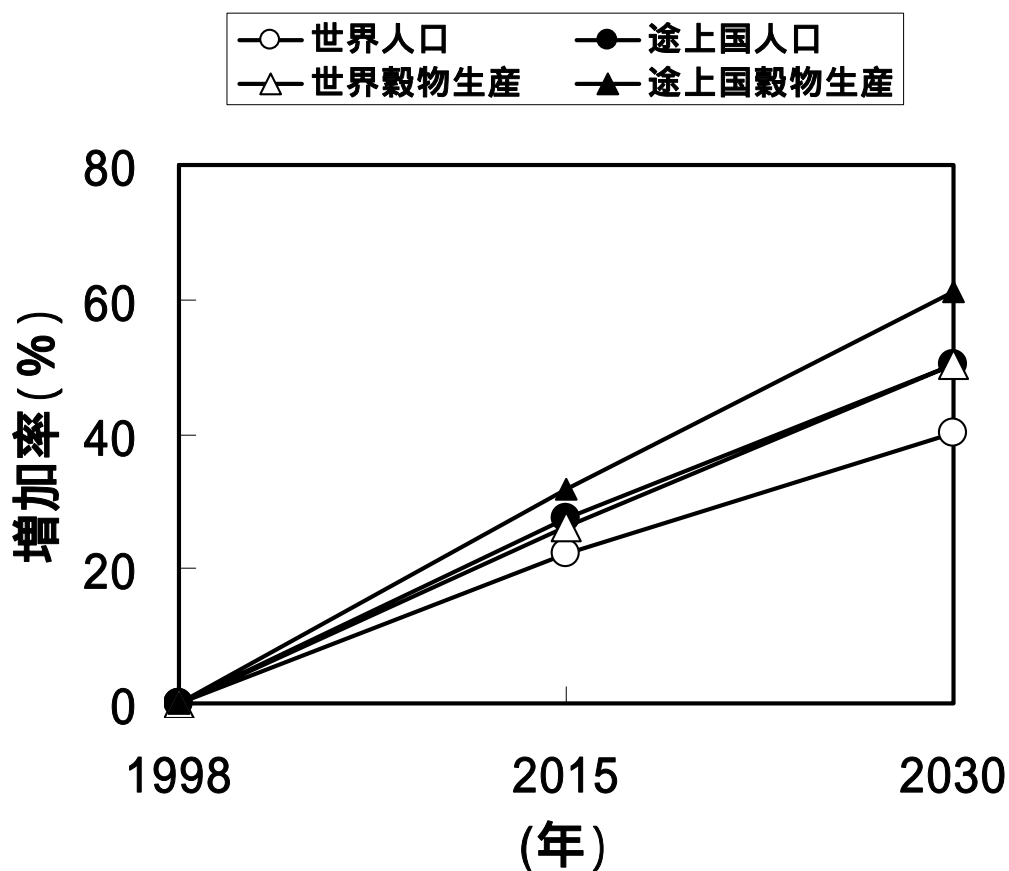


図1 人口と食料と環境問題の相互関係

2-3-2 人口と食料と環境のトリレンマ

図1は、人口と食料と環境問題の相互関係を図示したものである。世界人口の増加は、食料需要を増加させる。このため、食料増産が必要となるが、過度の生産は、土壌や水質などの環境劣化を引き起こし、また、砂漠化や地球温暖化、湖沼や海洋の汚染などの問題を生じさせる。このような環境の変化や劣化は、食料の生産性を低下させ、食料の需給関係

にアンバランスを生じさせる。



(FAO world agriculture: towards 2015/2030より改変)

図2 世界全体と途上国における人口と穀物生産の2000年比の増加率予測(FAO world agriculture: towards 2015/2030より改変)

図2は、世界全体と途上国における人口と穀物生産の1998年比の増加率予測を示したものである。人口に比べて穀物生産の増加が大きく、この図からは、食料問題が顕在化するようにはみえない。この増産の原因は、耕地面積の拡大に加えて、生産性の向上に依存するところが多い。小麦や米、トウモロコシなどでは、耕地面積の拡大以上に、生産性の向上が期待されている。

ところで、国連食糧農業機関(FAO)の統計データなどをみると、各国の人口一人当たりの摂取熱量は所得に依存して増加する。しかし、穀物消費量は飢餓に瀕している場合を除けば所得には依存しない。最貧国では、動物性の摂取熱量はほとんどないが、所得が増加するに従って、動物性に依存する割合が大きくなり、先進国では、動物性のものが、植物性の1/3程度にまで達している。熱量換算で、最貧国では1日一人当たり1500~2000カロリー、また、米国などの富裕国では3500カロリーを超える熱量を摂取している。所得の増加に伴う動物性の摂取熱量の増加は、脂肪やタンパク質の摂取量の増加をもたらす。このため、これらの摂取量も最貧国と富裕国では数倍程度の差がある。

肉類生産のために必要な土地は、例えば、トウモロコシを飼料とする場合、kg当たり、牛肉で16.3m²(7倍)、羊・山羊で9.3m²(4倍)、豚肉で9.3m²(4倍)、鳥肉で4.7m²(2倍)とされる。世界の人々が、より豊かな生活を求めるようになると、図2で述べた穀物ベ

ースでの需給関係が崩れる。耕地の生産力を超えた過剰な生産は、土壌劣化による砂漠化や森林消失による温暖化の問題を引き起こす。例えば、中央アジアでの灌漑によるアラル海の干上がりや塩類集積の問題は、不可逆的ともいえる生産性の低下をもたらしている。また、アメリカでも、灌漑のための地下水の過剰な汲み上げが深刻な問題になっている。長江を堰き止めた三峡ダムは、水資源の確保のためではあるが、ダムへの土砂の堆積など将来に問題を残している。半乾燥地における過放牧や薪炭材伐採の問題、熱帯林などの焼き畑の問題なども深刻である。不可逆的な生産性の低下は、需給のバランスを将来大きく崩す可能性を秘めている。

表1 先進各国の熱量換算と穀物の自給率の変化
(農林水産省 平成15年度食料自給率レポート)

国名	熱量換算自給率(%)		穀物自給率(%)
	1970	2001	2001
オーストラリア	206	265	273
カナダ	109	142	142
アメリカ	112	122	127
フランス	104	121	175
ドイツ	68	99	132
スウェーデン	81	85	119
イタリア	79	69	80
オランダ	65	67	24
イギリス	46	61	88
スイス	46	55	63
日本	60	40	28

表1は、先進各国の熱量換算と穀物の自給率の変化を示す。各国の1970年と1998年(我が国は1999年)の自給率を比較すると、日本以外の国の自給率が上昇していることがわかる。イギリスやスイスは、1970年には我が国よりも遥かに自給率が低かったが、現在はその値が逆転している。ドイツは我が国と同じ程度であったが、現在は完全な自給国になっている。フランスは、小麦などの輸出国である。なお、世界の小麦やトウモロコシなどの穀物の輸出国は、アメリカやカナダ、オーストラリアなどの一部の国に限られている。

我が国の食料の自給政策は、米を中心に行われてきた。このため、米の自給は確保されているが、他の食料の自給率は年々減少している。小麦や大豆の自給率は5~10%であり、牛肉や果実で30~40%、魚介類で50%程度である。近年、野菜なども近隣諸国からの輸入が増加している。今後、開発途上国の食生活の質が向上し、また、環境問題などにより生産適地の拡大が減少すると、先に述べたように絶対量の不足が生じる可能性がある。このため、他の先進各国と同様に、将来における自給率の確保が必要となる。それと同時に、食生活の質の変化や安全性に対する対策も必要となる。

一方、国立社会保障・人口問題研究所の報告(中位推計)によれば、我が国における人口は、少子化のために、2006年に、1億2千8百万人弱で最大になり、その後減少に転じ、2050年にはおよそ1億人、2100年には7千万人弱になると予測されている。また、15~64才の生産年齢人口でみると、1990年代にすでに減少に転じており、2000年で68%(全人口比)、2050年には54%の5千4百万人に減少すると予測されている。この生産年齢人口の減少は、地方では既に顕在化しており、特に、第1次産業において、後継者問題として、深刻な問題になっている。将来の生産年齢人口の減

少は、さらに深刻な問題になっていくことが予想され、このままでは、我が国の食料生産にも重大な影響を及ぼす。

2-3-3 新アグリシステムの構築

上述の人口（世界人口の増加と我が国における生産年齢人口の減少）と食料（食糧安保、食生活の質、安全性）と環境（環境変化や汚染）のトリレンマ問題を解決するためには、産業のイノベーションが必要となる。ここでは、我が国の第1次産業におけるイノベーション、即ち、農業だけでなく林業や養殖漁業を含む新しいアグリシステムの姿について考えてみる。

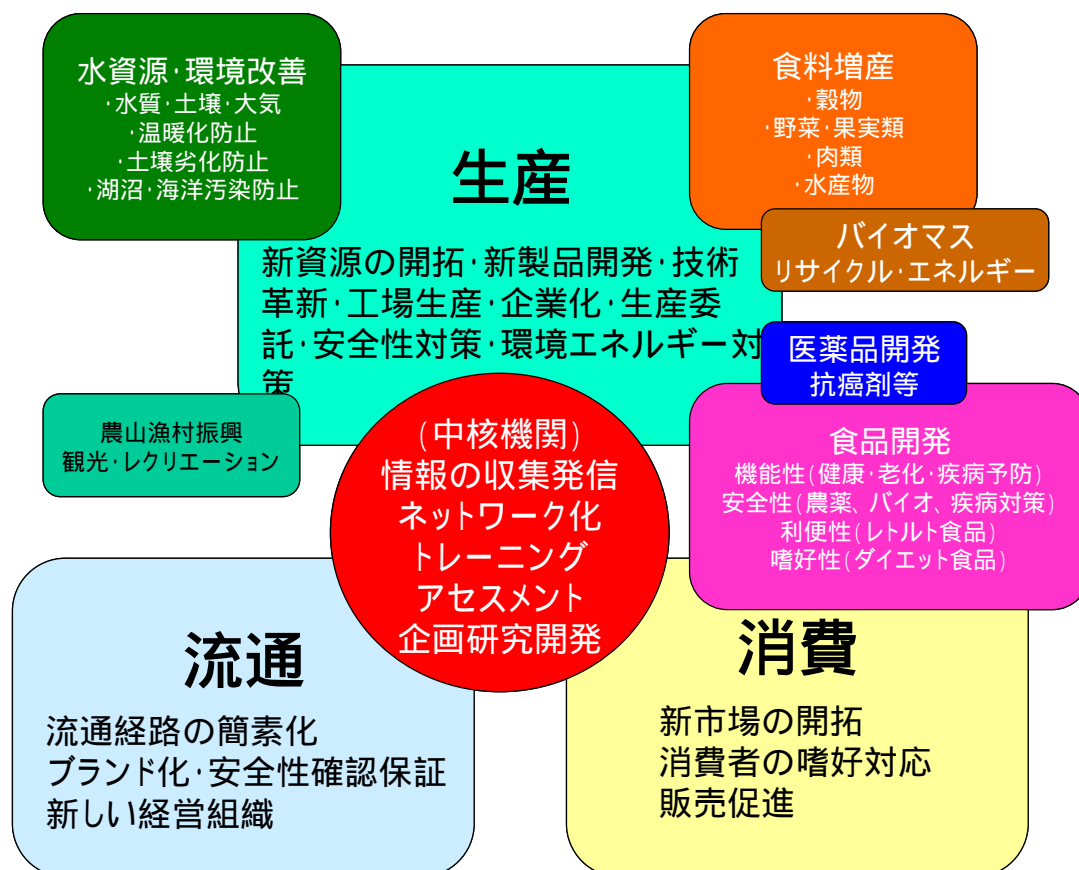


図3 第1次産業におけるイノベーションの概念図

イノベーションの概念は、経済学者であるシュンペーターによって提唱されたが、我が国では、技術革新という意味で用いられることが多い。しかし、本来の意味は、生産技術の革新だけでなく、新商品の導入、新市場、新資源の開拓、新しい経営実施などを含む概念であることから、第1産業のイノベーションを考える場合にも、当然のことながら他の産業のイノベーションと併せて考える必要がある。

図3は、この考え方を第1次産業におけるイノベーションに当てはめたときの概念図である。第1次産業は、本来、農業や林業、水産業などの直接自然に働きかける産業である。これは、図3における生産分野の一部とみることができる。しかし、第1次産業の活性化のためには、第2次産業や第3次産業とのさらなる融合が必要である。そして、これらをつなげるのがITであり、農業農村情報研究である。現在、第1次産業における就業者の高年齢化と後継者不足により、従来の第1次産業の相続による就業形態を変えるべき状況にきている。図3には、生産と流通と消費の中心に、中核機関を描いているが、これは、第1次産業のイノベーションを、中核機関を中心に推進していく必要性を示している。中核

機関は、農業法人や一般企業、非営利法人、大学など、どのような組織でもいいと思うが、生産と流通、消費に関する情報の収集と発信、新製品や新市場の開発、新しい生産・流通システムの構築、人材のトレーニングとネットワーク化、アセスメント、企画研究開発など、イノベーションの中核たる役割を分担して担う必要がある。

先に述べたように、我が国における食料問題は、食料の絶対量の確保、即ち自給率の向上とともに、食品の安全性や消費者ニーズへの対応が重要である。最近話題になっている安全性の問題には、狂牛病や食品における残留農薬、遺伝子組換え作物などがある。狂牛病は、牛海綿状脳症（BSE）とも呼ばれ、プリオン病の一種であるが、これは、肉骨粉などのリサイクル型の飼料に含まれるBSE病原体となった異常プリオンタンパクにより発症する。我が国では、現在、全頭検査をしているが、従来、発病しないとわれていた30ヶ月以下の牛でも異常がみつかっている。これらの家畜を原料とする製品は、食肉やミルク、焼き肉用の内臓以外にも、加工食品、医薬品、化粧品、医療材料などに使用されている。また、残留農薬の問題は、最近、中国などからの輸入農産物に高濃度の残留農薬が検出されたことから問題になったが、我が国でも、比較的高濃度の残留農薬が検出されることもある。遺伝子組換え技術は、食料や飼料の増産のための有力な方法として期待されているが、我が国ではまだ安全性について国民的なコンセンサスがとれておらず、食品としてのアレルギーがある。これらの問題に対しては、現状で考えられる対策を講じて、将来、問題が起こる可能性を完全に否定することはできないところに、食品の安全性管理の難しさがある。このため、生産から消費までのトレーサビリティを確保し、問題が発生した場合に迅速に対応できる体制をとることが重要である。また、生産や流通の規範と認証システムの整備が必要である。消費者ニーズの観点からみると、機能性食品やレトルト食品、嗜好性食品などの開発、さらに、医薬品開発などは、生産物の付加価値を高める。また、消費者の年齢層を考慮した食品の開発が必要であり、独身層や高齢層の増加に対応させることが重要となる。このためには、消費者ニーズを、常時、的確にサーチし、対応していく体制の整備と、ニーズそのものを作り出すことや、ブランド化なども必要となる。市場は、わが国だけでなく、先進各国や富裕層が増大している東アジア地域に拡大していく必要がある。

我が国の中山間地における過疎化・高齢化は、生産活動の低下だけでなく、農林地の荒廃を引き起こし、集落の存続維持さえ困難にしている。このため、耕作地の大規模化や生産委託、企業化などによる対策が必要とされる。また、エコツーリズムや古里としての観光・レクリエーション資源としての活用も重要である。地球温暖化対策のための温室効果ガスの削減や排出権取引などの問題に関連して、森林や農耕地管理の重要性が高まっており、また、そこで生産されるバイオマスのリサイクルやエネルギー利用を促進していく必要がある。京都議定書では、2008年から2012年の第1約束期間において、我が国の温室効果ガスの排出量を6%削減することが決められており、そのうち3.9%を森林などの吸収に期待している。また、削減目標の達成のために、先進国間でプロジェクトを行う共同実施（JI）や途上国とのプロジェクトを通して削減する、クリーン開発メカニズム（CDM）、排出権取引などの取り決めがあり、今後、森林を含めたバイオマスのリサイクルとエネルギー化の技術開発や取引システムの確立が重要とされる。将来、炭素税などにより財源を確保し、これを農林地の管理とバイオマス精製工場や製品工場を中心とした地域地振興にあて、バイオマスリファイナリー社会を構築していくために利用することが必要とされる。

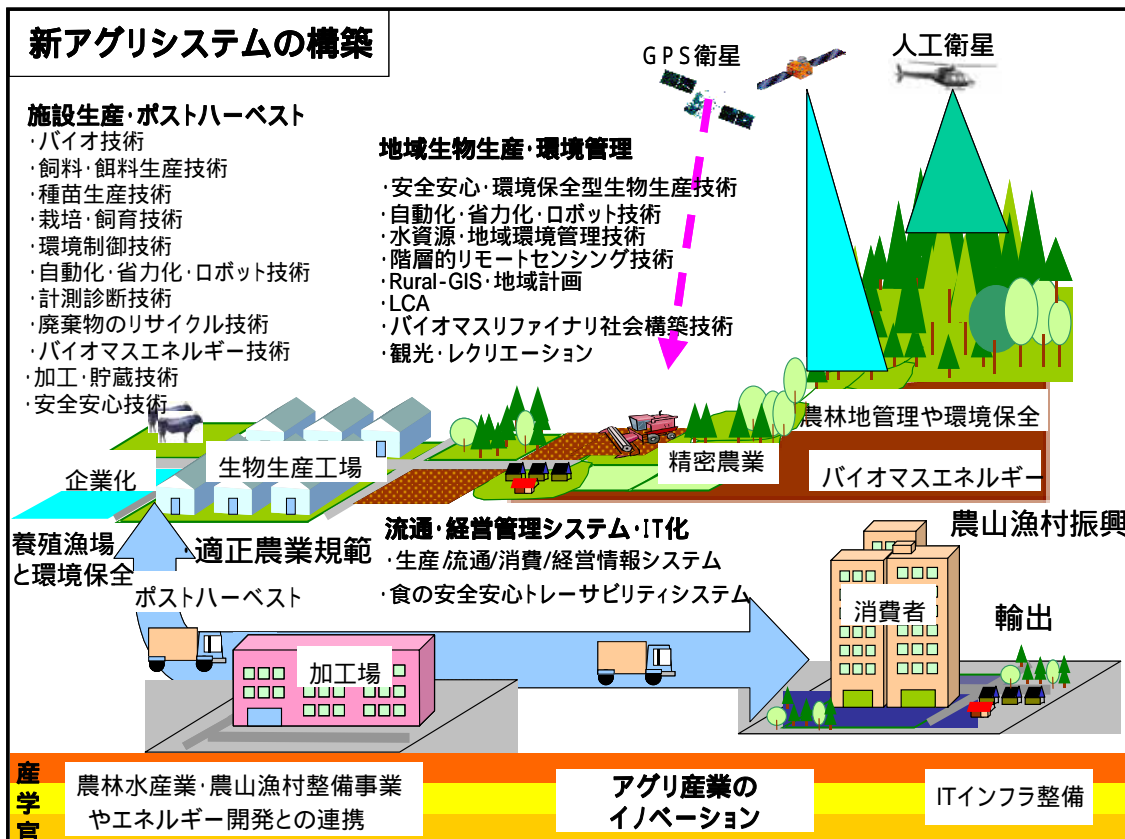


図4 新アグリシステムの概念図

図4は、第1次産業のイノベーションのための新アグリシステムの概念図である。従来は個別に行われていた生産、流通、消費段階までを一体化して考える新しいアグリ情報システムを構築することで、環境保全や食の安全に考慮しつつ、農山漁村の活性化、食料生産の効率化を図ろうとするものである。即ち、バイオテクノロジー、リサイクル、IT、ロボット、リモートセンシングといった技術を集結し、消費者ニーズへの対応、流通の簡素化、企業的な経営、ビジネスとしての効率化、工場化、環境保全と食の安全性の確保などをシステムとして実現しようとするものである。今後、官公庁予算による農山漁村の整備事業やITインフラ整備、また、民間も含めた特区事業などの動きとあわせて、産学官の連携によるモデル研究や事業の推進が望まれる。

2-3-4 地球規模の環境問題への対応

地球温暖化や砂漠化、水資源などの地球環境の問題に関連して、地球観測の重要性が科学技術研究の最重要課題として取り上げられている。

砂漠化の問題は、地球規模での農業問題としてとらえることもでき、温暖化や水資源の問題とも密接に関連している。図5は、砂漠化の構図と砂漠化研究の流れ図を示したものである。1996年に発効した国連の砂漠化対処条約では、被影響国の貧困の撲滅と、食糧安全や人口動態、自然資源の持続的管理、持続的農業慣行、多様なエネルギー資源の開発と効率的利用、制度的法的枠組み、影響評価と体系的観測の強化、教育と公衆啓発などを保証するための、住民レベルから、国家、国際機関のレベルでの行動計画の立案と実施が求められている。このため、情報の収集と分析、研究活動の支援、技術移転などの科学技術協力が重要とされる。具体的な課題としては、(1) 砂漠化の原因・機構・影響の体系的解明、(2) 砂漠化のモニタリングとデータベース、(3) 新技術・代替システムの開発と対策計画の作成、(4) 持続的な土地利用システム、(5) 生態系の保護と植林、(6) 効率

的な援助とその評価および行動計画作成のための支援、などがあげられる。全ての課題に農業農村情報研究は密接に関係するが、特に、(2)は地球観測のプロジェクトとも関連し、砂漠化の現状把握やそのデータベース化、モデル開発、砂漠化の体系的解明や予知、あるいは対策などのために重要である。

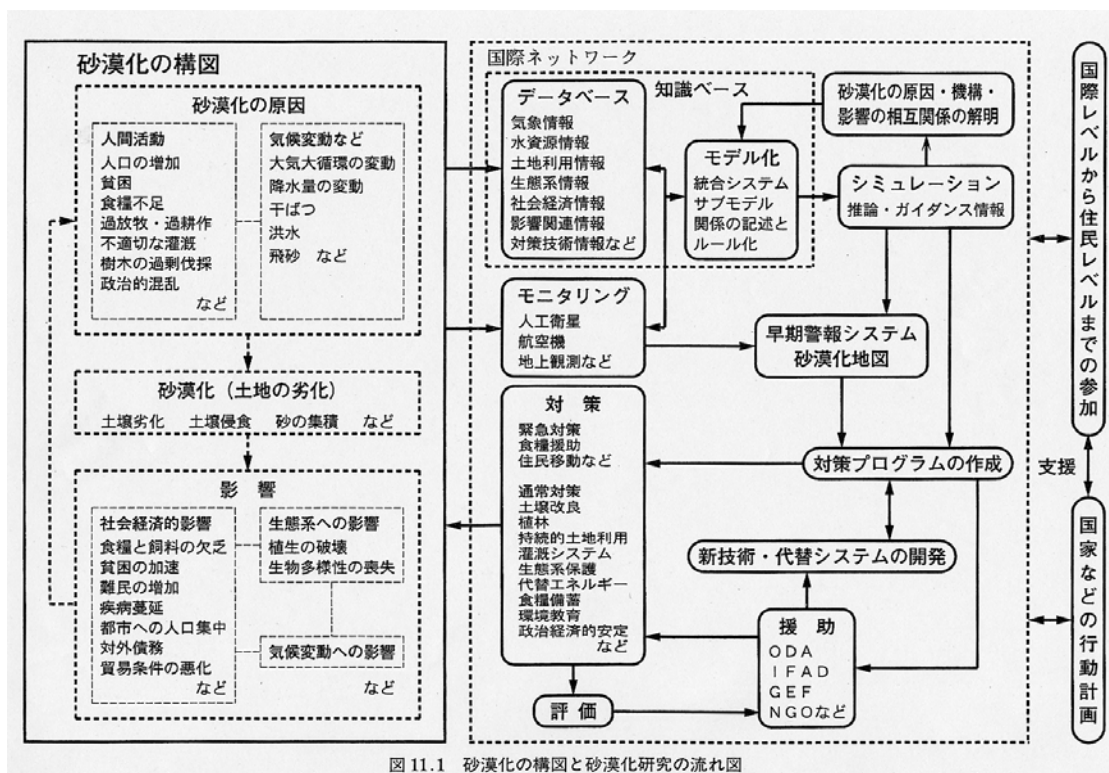


図 11.1 砂漠化の構図と砂漠化研究の流れ図

(大政謙次:砂漠化防止に求められるもの「新しい地球環境学(西岡編)古今書院。)

図5 砂漠化の構図と砂漠化研究の流れ図

砂漠化のモニタリングでは、人工衛星などからの広域リモートセンシングによる土地利用(あるいは植生指数)や降雨の推定などに加えて、社会・経済的側面も含めた総合的なモニタリングが要求される。広域リモートセンシングは、現状ではその画像情報の信頼性に問題があり、また、空間解像度の高いセンサーを搭載した人工衛星が打ち上げられているが、高解像度での連続的なモニタリングには限界がある。このため、砂漠化モニタリングでも、他の分野のモニタリングと同様、人工衛星での観測と地上観測やバルーン、航空機などによる定期的な観測とを併用して、モニタリングの精度と得られる情報量の増大をはかる必要がある。最近注目されているインターネットとリンクした安価なフィールドサーバーを砂漠化モニタリング向けに改良した観測ネットワークの構築が期待される。そして、気象情報や土地利用、水資源、生態系などに関する情報を収集解析し、これらの情報を介して人間活動や影響関連の情報との関係を明らかにし、対策に利用していくことが必要である。

2-3-5 おわりに

ここでは、農業農村情報研究の役割を、我が国における第1次産業のイノベーションや地球環境問題の一つである砂漠化の問題を例に考えてみた。我が国では、自給率の向上や生産コストの問題とともに、就労者の高齢化や過疎化、消費者ニーズ、食の安全性、流通の簡素化、生産場の環境問題などに対する対策が必要となる。このために、生産と流通と

消費を一体化してとらえた第1次産業のイノベーションを推進していくことが重要である。そして、地域の活性化とバイオマスリファイナリ社会の実現のために、今後、農山漁村の整備事業やITインフラ整備、さらに、民間も含めた特区事業など、産官学の連携によるモデル事業やプロジェクト研究の推進が望まれる。一方、地球規模の問題に関連した農業農村情報研究の必要性について、砂漠化の問題を例に取り上げた。そして、地球観測と協調した砂漠化モニタリングとその情報利用研究の重要性について述べた。今後、地球環境分野での農業農村情報研究の発展が期待される。

参考文献

- 1) 東京大学農学部編, 1998: 人口と食糧. 朝倉書店
- 2) 西岡秀三編, 2000: 新しい地球環境学. 古今書院
- 3) 湯川英明(監修), 2001: バイオマスエネルギー利用の最新技術. シーエムシー出版
- 4) FAO, 2002: World agriculture: towards 2015/2030. Summary report.
- 5) 動け! 日本タスクフォース編, 2002: 動け! 日本 イノベーションでかわる生活・産業・地域. 日経BP社
- 6) 農林水産省, 2002: 食料・農業・農村白書, 森林・林業白書, 水産白書. 平成14年度版.
- 7) 山内一也・小野寺節, 2002: プリオン病 BSE (牛海綿状脳症) のなぞ. 近代出版
- 8) 大政謙次, 2003: リモートセンシングの最新技術と農業・環境分野への利用. 「リモートセンシング研究の現状と将来ー農林水産技術への活用に向けてー」. 農林水産技術情報協会.
- 9) 大政謙次・原沢英夫・(財) 遺伝普及会(編), 2003: 地球温暖化 世界の動向から対策技術までー. 生物の科学遺伝 別冊 No.17
- 10) R S B S 事務局, 2005: サステナビリティの科学的基礎に関する調査報告書. イースクエア
- 11) USDA ERS: PS&D online.
- 12) Munack, A. et al. (eds), CIGR Handbook of Agricultural Engineering. Vol.6. ASAE (in press)

2-4 アジア・アメリカ・ヨーロッパにおける農業情報ネットワークの現状

ここでは、筆者が参加した国際会議をもとに、アジア・アメリカ・ヨーロッパにおける農業情報ネットワークの現状について報告する。

現在、農業情報ネットワークを主題とする国際会議としては WCCA(World Congress on Computers in Agriculture)があり、さらに各地域毎に AFITA(Asian Federation for Information Technology in Agriculture), EFITA(European Federation for Information Technology in Agriculture), PanAFITA(Pan-American Federation for Information Technology in Agriculture)が組織されている。残念ながら、まだアフリカには WCCA をサポートする地域組織は構築されていない。

農業情報に関する初めての学術的な会議は、1982年にアメリカ合衆国フロリダ州 Tampa で開催された National Conference of Computers on Agricultural Extension Programs である。1980年代にフロリダ大学が農業用ロボット研究のリーダー的存在であったことから、この会議はフロリダ大学 IFAS(Institute of Food and Agricultural Sciences)が主催し、2回目の1986年には、名称も International Conference on Computers in Agricultural Extension Programs に変わり、国際会議に格上げされた。その後もフロリダ大学の主導で2年毎に開催され、主としてフロリダ大学本部のあるフロリダ州 Gainesville や Orlando 近郊のディズニーワールド近くにある Lake Buena Vista などが会場となった。1994年の第5回国際会議からは名称が International Conference on Computers in Agriculture に変更され、第6回は1996年にはメキシコの Cancun で開催された。

その後、地域組織である EFITA が1996年に、AFITA が1998年に組織された。2002年には International Conference on Computers in Agriculture が World Congress of Computers in Agriculture and Natural Resources(WCCA)に名称変更され、第1回会議が3月にブラジル イグアスの滝で開催された。この際、アメリカ大陸にも AFITA などに相当する地域組織が必要と認識され、後日 PanAFITA が組織された。これにより、EFITA, AFITA, PanAFITA より構成される WFITA(World Federation for Information Technology in Agriculture)が WCCA の主催団体という現在の体制が構築された。

第1回の WCCA では、精密農業、コンピュータモデリング、ニューラルネットワーク、画像処理、水管理、GIS、自動制御、温室管理、インターネット・ネットワーク応用、情報配信・データベース、エキスパートシステム、コンピュータストラテジー・ポリシー、畜産といったカテゴリーが設定され、120以上の口頭発表が行われた。参加者は、ブラジル、アメリカ合衆国はもとより、日本、中国、カナダ、イタリア、ドイツなど25カ国に及んだ。その後 WCCA は、構成組織である AFITA, EFITA, PanAFITA との共同開催の形を取りながら、2004年にタイ国バンコク、2005年にポルトガル Vila Real で開催され、今年は7月24日から26日までアメリカ合衆国フロリダ州の Lake Buena Vista で開催される予定である。発表のカテゴリーも、普及、意志決定支援システム、教育・トレーニング、遠隔授業・専門認定、e-AgBusiness and Production Chain Management、現場でのデータ計測と収集、食の安全とトレーサビリティ、GIS、グリッドコンピューティング、情報システムとデータベース、自動制御、Web サービス・ポータル・インターネットアプリケーション、Library Science と知識表現、モデリング・シミュレーション、パッケージング科学と技術、ユビキタスコンピューティング、精密農業、農村・環境開発および政策、ワイヤレス・センサーネットワークと拡大し、大会委員長のフロリダ大学 Fedro S. Zazueta 教授からの情報では、200を超える発表申し込みがあったとのことである。

AFITA は、1998年1月に和歌山市で第1回 Asian Conference for Information Technology in Agriculture を開催するにあたり、日本、中国、インド、インドネシア、韓国およびタイの農業情報関係の学会をフルメンバーとして組織された。第1回の大会は、和歌山県、中央農業研究所、三重大学を中心に組織され、常時接続回線を会場に引き込み発表会場でネットワーク環境を提供したのは、当時としては画期的なことであった。Asian

Conference for Information Technology in Agriculture は、その後 2 年毎に韓国水原 (Suwon)、中国北京、タイ国バンコクで開催され、今年は 11 月 9 日から 11 日までインド Bangalore で開催される予定である。2004 年 8 月にバンコクで開催された第 4 回大会では、開会式にタイ王室 Maha Chakri Sirindhorn 妃がご出席されるなど、タイでは国をあげて農業への IT の応用に力を入れていることがうかがえた。口頭、ポスターあわせて 130 以上の発表があり、参加者は 400 名弱であった。日本、中国、韓国、タイからの参加者が多く、西アジア諸国からの参加は少なめであった。日本からの出席者は、農業環境工学関係の方たちがほとんどで、残念ながら農業土木系は筆者ひとりであった。

会議に出席した感じでは、

- ・ ICT(Information and Communication Technologies)
- ・ FOSS(Free Open Source Software)
- ・ データベース
- ・ Web サービス
- ・ GIS
- ・ 携帯電話

といったところがキーワードになっているようである。また、情報関連分野ではデファクトスタンダードが重要になってくるが、Web-GIS はミネソタ大学で開発された MapServer が、ブローカー技術では中央農業研究所で開発中の MetBroker, ChizuBroker, DEMBroker などがデファクトスタンダードになりつつある。

EFITA は 1997 年に第 1 回大会がデンマークのコペンハーゲンで開催され、その後、2 年おきにフランスモンペリエ、ハンガリー Debrecen、ポルトガル Vila Real で開催されている。このうち、モンペリエには、フランス国立農業工学・環境工学研究所(Cemagref)の Information and technology for agro-processes 部門もあり、ヨーロッパにおける農業情報研究拠点のひとつになっている。昨年 9 月にはモンペリエで Fruit, Nut and Vegetable Production Engineering Symposium の第 7 回大会にあたる "Frutic05 Information and Technology for Sustainable Fruit and Vegetable Production" が開催された。研究発表では画像や光を用いたセンシングの話が多く、この分野では日本の研究が先行している感じであった。また、現場レベルでの適用事例に関する発表が少なく、基本的な計測原理に関する発表では質疑も活発になる傾向が見られた。Excursion で Cemagref の中を案内してもらえたが、4 年前にも訪問したことがある同行者の話では、以前は広いスペースを使って農業機械の開発をしていたとのことであるが、現在は機械類が撤去され、そのスペースが画像解析用に改造されたので、研究所全体として農業機械から農業情報への転換を図っていることがうかがえた。

3. 農業農村情報を活かすための基盤技術の開発と応用

3-1 農業農村分野における GIS の利用

GIS¹（地理情報システム）とは、地理的位置を手がかりに、位置に関する情報を持ったデータ（空間データ）を、コンピュータを用いて総合的に管理・加工し、様々な形で視覚的に表示または、分析や迅速な判断を可能にする技術である。

この GIS 技術を利用して、農業農村整備事業では計画支援や施設管理、農協等の生産団体では直接的な営農支援を、自治体では政策的な支援を、また販売・流通業者を通じて消費者へ生産者情報・品質情報の開示を行うことが可能であり、導入する農業関連団体も増えてきている。

3-1-1 わが国の情報化施策における GIS の動向

(1) e - Japan 戦略と GIS アクションプログラム

高度情報通信ネットワーク社会形成基本法（IT 基本法、平成 13（2001）年 1 月 6 日施行）第 25 条の規定に基づき「高度情報通信ネットワーク社会推進戦略本部（IT 戦略本部）が設置され、この第 1 回会議で国としての IT 戦略「e - Japan 戦略（同 1 月 22 日）」が決定された。重点政策分野のひとつに地理情報システムの推進がある。

この「e - Japan 戦略」を具体化し、高度情報通信ネットワーク社会形成に向け政府が迅速かつ重点的に実施すべき施策の全容を明らかにするための重点計画として「e - Japan 重点計画（同 3 月 29 日）」が策定された。これは、今後 IT 戦略本部を中心とした内閣のリーダーシップの下で本計画を確実に実施し、その達成状況を継続的に調査するとともに、必要に応じて新たな施策を重点計画に加えることにより、世界最先端の IT 社会への転換を迅速に推進するというものである。

表 1 e - Japan 重点計画における年度ごとの具体的施策（GIS 関連のみ抜粋）

計画年度	具体的施策
平成 13（2001）年度	全国の 1/25,000 地形図の電子データ整備
	G - XML の J I S 規格化
	三次元 GIS に関する基盤技術の開発
平成 14（2002）年度	全国の 1/25,000 地形図のインターネットによる提供 民間が整備保有しているデータの活用を図りつつ、 道路・街区・河川・海等の地理情報の電子化と提供
	地理情報クリアリングハウスの登録内容等を拡充 データ構造等の仕様を J I S 規格化 G - XML の国際標準化機構（ISO）への提案 Web マッピングシステムの開発

¹ Geographic Information System

また、GISの整備・普及をより確かなものにするため、GISに関係する国の行政機関からなる「地理情報システム（GIS）関係省庁連絡会議」において、平成14（2002）年度以降を計画期間とする新たな計画「GISアクションプログラム2002-2005」が策定された。多くの方がGISコンテンツを利用できるように、様々な行政分野において効率化・迅速化、公共サービスの質の向上、産業分野における新しいビジネスモデルの創造、新規雇用の形成、国民生活全般における安価で質の高い各種サービスの享受などが可能になることを目指している。

3-1-2 GISの標準化動向

(1) ISO/TC211

ISO²（国際標準化機構）の211番目の専門委員会として、平成6（1994）年4月に設置された。地理情報に関する国際標準化（地理情報標準）の検討を担当している。委員会の正式名称は「地理情報/ジオマティクス」といい、5つのワーキンググループで構成される。議長国はノルウェーで、参加国は投票権を持つ30ヶ国（日本を含む）と投票権を持たないオブザーバ20ヶ国の計50ヶ国からなる。

専門委員会で検討された標準原案は、数度の議決手続きを経て、最終的に国際規格に認められると「ISO-19100シリーズ」と呼ばれるようになる。

(2) OpenGISコンソーシアム(OGC)

GIS関連企業や政府機関、大学等様々な団体が加盟する非営利団体で、異なるGIS間での空間データ交換を可能にするオブジェクト指向型のソフトウェア仕様を検討している。この仕様に従うことにより、ネットワーク上に分散する空間データをシステムの違いを意識せずに利用することが可能になる。GISの中には、OGCの認定を受けた製品がいくつかある。

OGCはISOと異なり非政府系の任意組織であり、法的な手続きや根拠を伴っていない。したがって、策定される仕様は公式標準ではなく、パソコンのOSなどに見られる「事実上の標準規格（デファクトスタンダード）」であることに留意する必要がある。

(3) 地理情報標準

国土地理院では民間企業との共同研究により、「GISの標準化に関する調査研究（平成8（1996）～10（1998）年度）」に取り組み、地理情報標準（第1版）を作りあげた。その後、「地理情報標準の運用に関する研究（平成10（1996）～13（2001）年度）」に取り組み、地理情報標準の普及のために必要な事項について検討がなされた。

国土地理院および民間企業（共同研究）では、ISO/TC211国内委員会を通して国際規格案に対する意見・質問等を行い、また、国内委員会と連携しながら国際規格案に準拠した地理情報標準の整備・拡充を行っている。ISO/TC211に準拠した地理情報の標準化が図られることで、GISの普及に大いに役立つことが期待されている。

(4) G-XML

G-XMLとはXML³をGIS用に拡張して地図情報等の格納を可能にしたテキスト

² International Organization for Standardization

³ Extensible Markup Language

ベースの言語仕様である。我が国の産学官協同プロジェクトで開発され、平成 13 (2001) 年に日本工業規格 (JIS) 化された。現在の仕様は第 2 版。WebGIS におけるデータ交換手法として活用が期待されており、既にいくつかの WebGIS 処理ソフトが G-XML に対応している。

G-XML はネットワーク環境で地図を広く流通させるために不可欠なデータ形式と考えられているが、一方で、ISO/TC 211 による国際統合化に向けた取り組みの最中であること、地図データの容量が従来の約 6 ~ 10 倍になり、処理効率が落ちること、などの課題を抱えていることに留意する必要がある。

ISO/TC211 への働きかけを通じて国際規格との統合を進める過程で、OGC が推奨する GML との相違が課題になっている (上記)。国際的な標準化に向けた団体同士のいわゆる“標準化競争”が起こっており、国内でもダブルスタンダードを危惧する声があがっている。この課題を解決すべく、G-XML の第 3 版 (国際統合版) では GML との統合に向けた取り組みがなされている。

処理効率の低下は、G-XML がテキストベースの言語仕様であることに起因する課題である (上記)。現在多く流通しているバイナリベースのデータ形式に比較して容量が約 6 ~ 10 倍に膨れあがるため、コンピュータやネットワークに過大な負荷がかかり、処理効率が著しく損なわれる。いずれにしても実用化までにはしばらく期間を要する見込みである。

3-1-3 空間データ整備に関する技術動向

(1) 数値地形測量技術の最新動向

事業で整備する空間データの多くは、航空写真画像を電算加工して作成するデジタルオルソ画像 (1/2,500 地形図と同等の位置精度を持つ航空写真画像) を基盤地図として、この上に農振地域や圃区等の情報を載せて整備する。デジタルオルソ画像はここ数年来の新しい測量技術を用いて作成する。要求される品質レベルによって幾通りもの手法がある。数値地形測量技術はここ 1 ~ 2 年で急速な進展を遂げており、現在もなお進化の渦中にある。特に GPS や電子基準点を用いた自動空中三角測量やレーザー波による精密な地形標高取得等がその代表例といえる。

(2) 空間データ調達仕様書

農村振興地理情報システム整備事業 (国庫補助) で整備する空間データの取得は「空間データ調達仕様書」によることが規定されている。この仕様書は「中山間地域等空間データ基盤作成実施要領」をベースとしながらも、プロダクトスペック方式への移行という点で設計思想が大きく変わった点が特長である。

プロダクトスペック方式 (成果品の品質を定める) が従来のプロセススペック方式 (作り方を定める) と異なる点は、作成手法・工程を限定しないため、関連技術の発展に応じた新しい手法等の採用が容易になり、データ整備の効率化が期待できる。従来の地図の仕様にとらわれることなく必要なデータ項目のみを示すため、オーバースペックの回避が容易になる。データ項目とその品質を明確にするため、他業務での活用の可否を判断し易くなり、重複投資の回避が容易になる。

一方、特に定めない限り作業方法は原則として自由なので、計画段階においては運用イ

メージを想定した品質の定義がとりわけ重要になる。さらに、成果品の品質の保証を考えた場合、作業規程による発注では規程に従って作業が行われることによって自動的に品質が確保される部分が多いが、製品仕様による発注では成果品が要求仕様を満たしているかどうかの確認が常に必要となる。

(3) 農業農村分野における GIS データの整備状況

現在、1/25,000 レベルの地形データは、国土地理院の「数値地図シリーズ」や市販地図にあるよう全国レベルの整備は完了している。また、1/2,500 レベルの地形データも都市計画区域においては、国土地理院の「数値地図 2500 (空間データ基盤)」や総務省が市町村で整備を進めている「統合型GIS」などにより概ね整備が完了している。

一方、農業振興区域においては、上述の都市計画や 1/5,000 の森林基本図が整備されている一部の森林区域と重複している区域を除いた 354 万 ha が全国的に未整備な状況である。このうち、農水省では、採草地などを除く 233 万 ha を低コストで目視による現況土地利用が把握しやすく、同時に標高データが得られる「デジタルオルソ画像」による整備を農村振興地理情報システム整備事業として推進している。

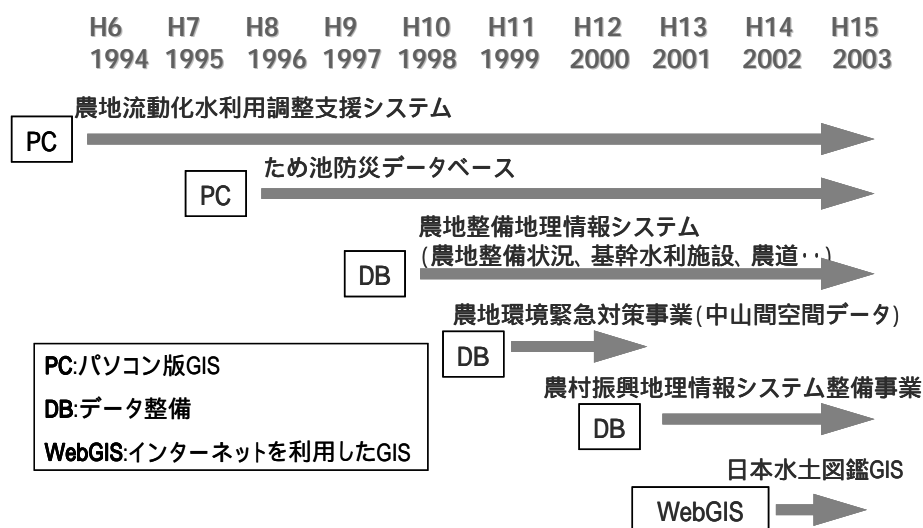


図 1 農林水産省農村振興局における主な GIS の変遷

3-1-4 農業農村分野における GIS の利用

GIS を利用するためには、GIS ソフトウェアと空間データが必要である。空間データは、図形データベースと属性データベースから構成され、図形データベースには、地番図、圃区・耕区、排水路、農道等の範囲、路線等を示す線や面の図形情報、属性データベースには、圃区・耕区の地番、地目、面積など各図形データの諸元情報や、関連資料の電子化された台帳、図面、写真等がある。

空間データの作成には、多くの時間と費用を要するが、一旦整備されれば、GIS ソフトウェアを使って様々な検討や分析が可能である。

(1) 農業農村分野における GIS の効率的な利用

農業農村分野の各種施策の連携を効率的に進めていくためには、国・都道府県・市町村・土地改良区・農業協同組合・農業共済組合等が持つ空間データと共用し、地理的な条件や

事業の実施状況ならびに地域間の相互関係を地図上で把握することのできる GIS (地理情報システム) の整備が喫緊の課題である。こうした空間データの共有化を図るうえで、その「あるべき姿」は以下の通りである。

- 水土里ネット(各都道府県の土地改良連合会・土地改良区)は GIS の構築について、土地改良区から市町村・JAを含め、国、都道府県まで関わることができる立場である。また市町村とともに農業農村整備事業を通じて技術的サービスを実施しており、GIS の利用を促進する仕組みづくりのコア(センター)、データバンクの役割が期待される。
- 農業農村分野における GIS の利用向上には、土地改良区・行政・農業委員会・JA・農業共済組合等の各機関の連携を進め、情報技術力の向上や人材育成に取り組むなど容易なことではないが、ブロック単位の研究会の活動や、それ以上の広域連携型の研究会での取り組みが必要である。
- 農業農村分野における GIS データの根幹を成す空間データの整備促進にあたっては、市町村が保有する一般ニーズの高い空間情報データは、個人情報保護法へ抵触しない範囲で情報共有されるべきであり、この仕組みづくりには総務省、農水省、都道府県の支援策が急がれる。
- 各地域レベルでの農業農村における GIS 体系については、都道府県、及び市町村における統合型 GIS と相互流通可能な GIS の構築が必須である。例えば、土地改良区のためだけにデータを作成するのではなく、なるべく共有性の高いデータの運用・管理が必要である。データ管理ソフト等においては、統合型 GIS の形態、システム要件に併せた標準的あるいは汎用性・拡張性の高いものである必要がある。
- 農業農村分野における GIS の利用は、農業従事者へのサービスの向上や、各関連機関の業務の効率化を図る上で、GIS の整備・普及を確かなものとするため、誰もが情報にすぐにアクセスできるということが求められる。

(2) 農村地域空間情報の迅速な公開と流通

インターネットを中核とした情報通信技術 (IT) の革新とその活用は、21世紀を迎えたわが国の社会・経済の発展を図るうえで、不可欠なものとなっている。産業の分野では、情報通信技術を活用した生産性の向上や新たなビジネスの成長が期待されており、農業分野においても、その活用を通じ、生産から流通にわたる多くの場面で様々な可能性をもたらすことが期待されている。

さらに、近年、組織や個人を世界規模のネットワークで結び、双方向の情報通信をきわめて低コストで実現するインターネットが普及しつつあり、農業分野にこれまでにない可能性をもたらしている。従来型の情報システムは、地域内の情報センターから一方向に情報提供を行う閉鎖型であり、関係機関の情報を相互に連携して活用できないなどの限界もあった。これに対して、インターネットを活用することで、農業者は、必要な外部情報を必要に応じて迅速に入手することができるようになるほか、経営の内部で生じた情報を外部に送信し、専門家の分析・判断を仰ぐことも可能となっている。

農林水産省では、さまざまな農業農村整備事業が各地域に計画・展開されており、生産者の多様なニーズに応えるうえでも、既存事業で整備した空間情報を速やかに提供するこ

とが要求されている。

(3) GISを活用した事業間の連携と計画策定の支援

農村で農業生産活動が行われることにより生じる多面的機能は、国民生活及び国民経済の安定にとって重要な役割を果たしている。近年、特に農業生産条件が不利な中山間地域等において耕作放棄地の増加等による多面的機能の低下が懸念され、農業生産活動の維持を通じた耕作放棄の発生防止等の取組みが重要となっており、こうした取組みについて、中山間地域等の住民だけでなく国民全体の理解と協力を得つつ推進していくことが必要である。

農業の有する多面的機能には、国土の保全、水源のかん養、自然環境の保全、良好な景観の形成、文化の伝承等様々なものがあり、これらは、農業生産活動が行われることにより発揮される有形・無形の価値であるが、農産物のように市場において評価されるものではない外部経済効果としての性格、また、国民が対価を直接支払わずに享受できる公共財としての性格を有している。平成10(1998)年に農林水産省が発表した全国における農業農村の多面的機能の計量評価は、農業粗生産額10兆円に対し、洪水防止機能・水源かん養機能・大気浄化機能で6兆8千億円に達している。農業の有する多面的機能は、水田における稲作を中心に発展してきた本道の農業形態と密接に関連したものであり、その機能を確保するうえで農業の持続的な発展が必要である。

こうした背景を受け、デジタルオルソ画像と地図データが整備されてGISを活用することにより、農業情報・生活環境情報・防災情報等の多様な主題データが集約化され、数値に根ざした分析や視覚的な検索/表示により迅速な判断を促す計画策定が可能となる。こうした主題データの整備効果を上げるため、国と地方の農政関係機関との間で連携を図りつつ、積極的に情報利用していくことにより、事業者間の円滑な相互的調整事務、さらには管内事業受益者や消費者への十分なアカウントビリティが可能になる。このようにGISを活用して計画的・効率的な農業農村整備事業の推進を図ることが可能である。

(4) 地域資源データの体系化と活用(空間基盤戦略)

農村は、農業者を含めた地域住民の生活の場であるとともに、農業の持続的な発展の基盤として重要な役割を果たしていることから、その中長期的なあり方を見据えつつ振興を図っていくことはきわめて重要である。今後、地域特性とニーズに応じた適切な農村の整備を行っていくためには、地域住民、行政、関係機関等地域の関係者が主体となって、目標とすべき農村像を明らかにしたうえで農村振興の目標を設定し、その実現のために必要なハード事業やソフト施策の連携を図りつつ、これらを一体的に実施することが重要である。特に、地域住民が計画の策定から事業の実施、施設の管理まで一貫して参加していくことが、地域住民のニーズに即した無駄のない施設の整備及び適切な利活用と維持管理につながることから、地域住民の主体的な参加を促進するとともにこれを積極的に受け入れていく必要がある。

このようなことに加え、農村における快適な生活を送るうえで、日常的に利用する上水道、道路及び住宅等の基礎的な生活環境基盤のほか、医療福祉施設、教育施設、文化施設、交通・情報通信施設、商業施設等の生活支持機能の確保も重要であるが、単独の市町村での対応が困難であるなど非効率な場合が多いのが現状である。このため、市町村合併が積

極的に推進されているほか、複数の市町村等の広域的な連携・機能分担による効率的・効果的な地域づくりへの取組みや地方中核都市等との交流も促進されている。

これからの農業農村整備事業を見据えるうえで、個性豊かな農村の多面的機能の維持増進を積極的に推進するため、一体的にまとまりを持った地域特性に応じた重点的な事業実施プログラムの策定が求められている。散在する地域資源データの集約化を行い、地域の実情に応じた予算の優先配分ならびに事業効果の算定等が図れることが望まれている。

(5) 情報化による農業構造改革の加速化と国内農業生産の展開

農業構造改革を推進するには、地域における担い手の明確化と農業経営施策の担い手への集中的・重点的な実施が重要だ。これらの取組を通じ、担い手の規模拡大や営農組織の育成・確保を図る必要がある。

また、国内農業生産の新たな展開では、水田作や畑作の経営を対象として、諸外国との生産条件の格差を是正するための品目横断的政策が19年産から導入される。政策の対象となる担い手は、認定農業者のほか、経営主体としての実体があるなど、一定の要件を満たす集落営農組織である。

これらの計画支援や「担い手育成確保方針マップ」の作成による合意形成において GIS は有効な手段となりえる。

(6) GIS の活用による農業生産の高度化

農業生産に関するさまざまな機関が、その業務に応じてさまざまな情報（データ）を整備している。これらの情報には、地図情報などの各機関で共通する情報もあり、それらを共有化することで効率的かつ有効な活用を図ることができる。近年、わが国でも日本型精密農業への取組みが始まっており、リモートセンシング技術による生育情報や可変施肥装置等の農業機械への情報伝達のプラットフォームとして、GIS は期待されている。

また、1筆ごとのほ場の情報管理することで、食品の安心安全に対するトレーサビリティやGAP（適正農業規範）などへの活用も期待される。

3-1-5 農業農村分野における GIS 利用の展開

(1) 農業農村分野における GIS の利用体系

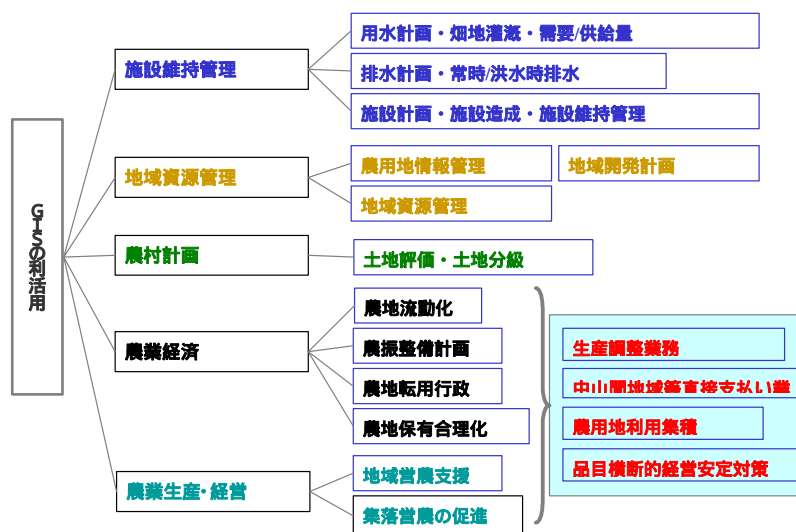


図 2 農業農村分野における GIS の利用体系

(2) GISの基盤情報の展開

農業農村分野におけるGISの基盤情報としては、地形図、オルソ画像に次いで必要となるデータとして農地筆データが挙げられる。これらの基盤情報は、これまでの様々な機関や事業によって全国的に虫食い状態で整備されており、畑地地域や過疎地域などでは基盤情報が無い空白地域が多数存在する。これらの空白地域の殆どは、農林水産業を主体とする地域である。これらの地域の情報化を進めることは、過疎地域の防災対策、担い手の救済、環境保全対策などにおける施策支援やボランティア活動支援等に活用でき、その支援ツールとしてGISが利用できるを考える。農林水産省農村振興局では、全国の農業農村地域における基盤情報の整備を図るべく、平成18年度から新規事業として「水土里情報利活用促進事業」を予定しており、今後の国や自治体によって基盤情報が整備促進され、農業農村地域が全てデジタル化されることに期待したい。

(3) GISの基盤情報の運用

整備されたデータが陳腐化しないための維持更新や二次利用も重要な課題である。農業農村整備事業では、事業計画作成時点でアナログの地番図が整備されているが、経年変化やデジタル化の手間を考えると、自治体から最新のデジタル地番図を借用し、農地筆データを作成するのが最も安価な方法と言える。

但し、地番図データには個人情報が含まれるため、個人情報保護ガイドラインに抵触しないように手続きを行う必要がある。個人情報保護ガイドラインでは、特定利用目的、保護されるべき全ての個人の同意、の2つの条件がクリアされれば、個人情報の利用が可能となるが、多大な労力を必要とする。今後、公益性の高い場合の仕組みや運用指針などの法令整備が待たれる。

3-2 ため池群の洪水軽減機能シミュレータ

3-2-1 はじめに

日本各地に築造されているため池は、今日においても灌漑水源として、重要な役割を果たしている。また、ため池は豪雨時の洪水ピーク軽減や親水空間の形成、地域環境の維持など、多面的な機能を持つことから、様々な効果を果たすことが期待されている。しかし一方、水稻作付面積の減少による用水需要の減少、また管理者（池守）と受益農家の高齢化や都市化などによる維持管理の困難などにより、潰廃の危機に直面しているため池も少なくない。

今後、全国に 20 万余個存在するため池を現代にふさわしく管理・活用していくためには、改修・整備に関わる事業と共に、ため池の持つ多面的機能の効果や受益範囲を定量的に明らかにし、新たな管理のための費用負担者や担い手の確保を図る等の方策、またそれに関わる技術開発を行う必要がある。

本報告では、この一環として農業工学研究所において開発した、GIS（地理情報システム）技術を活用したため池群が持つ洪水軽減機能評価のシミュレータ（以下、単に「シミュレータ」と記す）のあらましを紹介する。加えて、広島県下を流れる椋梨川（沼田川支流）・椋梨ダム上流域（広島県東広島市・三原市）において、空間データ基盤等を活用してシミュレータの入力データとなる流域情報GISデータベースを構築した事例、及びシミュレータ上で洪水流出のシミュレーションを行うモデル（以下、単に「モデル」と記す）を作成し、ため池群が持つ洪水ピーク軽減機能の評価を行った事例を紹介する。

3-2-2 ため池群の持つ洪水ピーク軽減効果シミュレータ

ため池群の持つ洪水ピーク軽減効果を正確に評価するためには、単独ため池が持つ効果を単純に足し合わせるだけではなく、各ため池の効果の発現時間差や地域内における降雨強度・時間等のばらつき、河川や水路を流下する洪水流の到達時間差などを考慮する必要がある。このシミュレーションを効率的・省力的に行うためにシミュレータを開発した。シミュレータの概要を図-1 に示す。シミュレータでは、GIS（ESRI 社 ArcGIS）上に構築した流域情報GISデータベースのデータ群と Excel 形式ファイルで用意した降雨データをそのまま入力データとして用い、モデルを Excel 形式ファイルとしてGIS上で自動作成する。作成したモデルを用いたシミュレーション計算は、表計算ソフト（Microsoft 社 Excel）を入出力のインターフェースとするプログラムで実行する。河川等の洪水流やため池からの流出の解析には、広域排水解析などで実績のある不定流解析法を用い、後背地からの降雨流出には、同様に実績のある、貯留関数法を用いている。

従来、不定流解析法や貯留関数法による広域排水解析等に際しては、紙地図上での計測や判読等の作業でモデル作成に必要な地理情報を作成しており、多大な労力を必要としていた。シミュレータでは、必要な地理情報をGISデータベースとして構築し、これをそのまま入力データに用いること、及び地理情報の処理にGISの諸機能を活用することにより、作業労力の軽減を実現している。加えて、ため池や河川の諸条件（洪水吐の構造や貯水量、河川断面形状など）を変えてシミュレーションを行うことが容易に出来る。また、表計算ソフトをシミュレーション計算時の入出力インターフェースとしていることから、

任意地点・時間の河川流量・水位、ため池貯水位の取得、及びグラフ作成などの取得データの加工処理も容易に出来る。

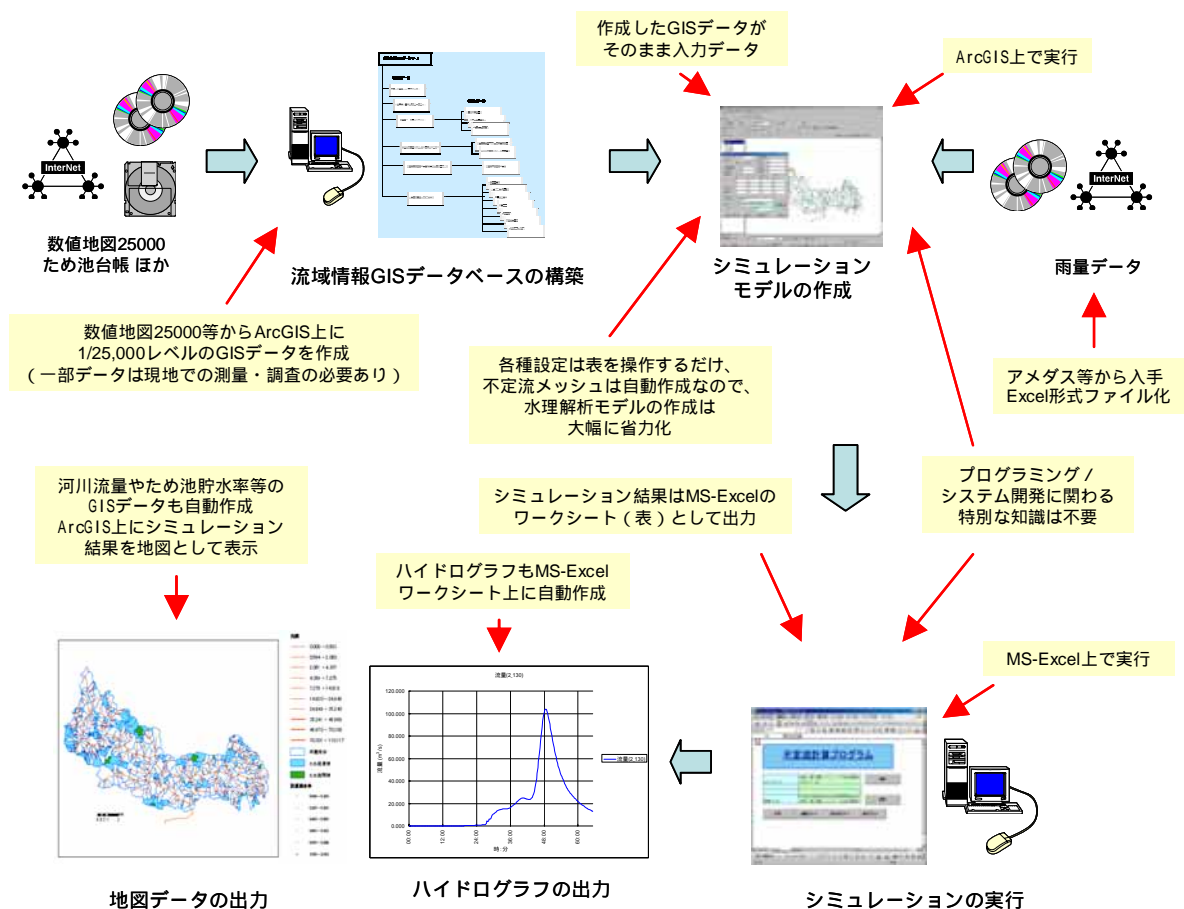


図-1 シミュレータの概要

3-2-3 流域情報GISデータベースの作成

(1) 流域情報GISデータベースの設計

(a) データ項目と構造

シミュレータの入力データとして必要な項目を表-1 に示す。流域情報GISデータベースはこの入力項目に対応する様、図-2 に示す構造としている。

(b) 精度

国土交通省河川局河川計画課がとりまとめた「河川基盤地図ガイドライン(案)第2.1版」においては、表-2、3のように、河川基盤地図として1/2,500レベルの河川図(詳細地図)と1/25,000レベルの流域図(概略地図)の2つが提案されている。流域情報GISデータベースは流域全体の地理情報を扱うことから、1/25,000レベルの精度としている。

表-1 ため池群シミュレータの入力項目

河道	接続点	流域	ため池	標高点
河川横断	土地利用	不定流メッシュ	流出点	流出方向

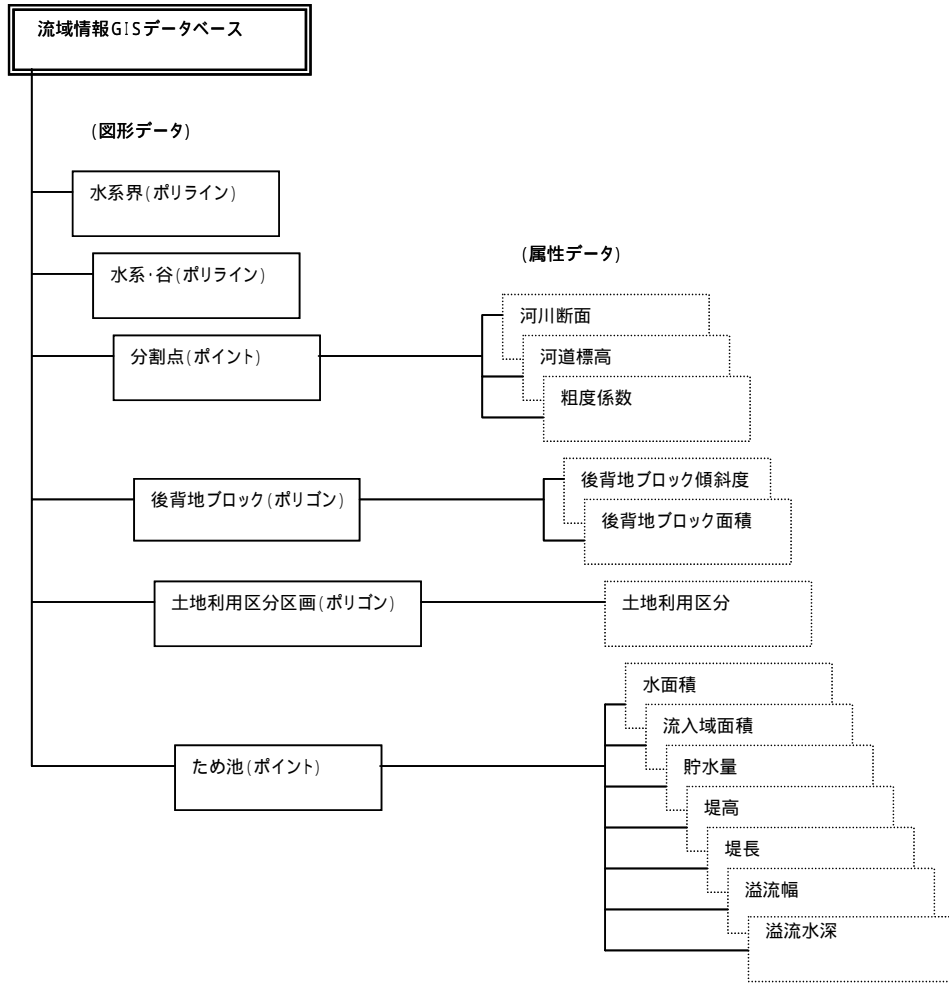


図-2 流域情報GISデータベースの構造

表-2 河川基盤地図の種類

	種類	精度	対象範囲	対象区間	データの種類
河川基盤地図	河川図 (詳細地図)	1/2,500 レベル	河道および沿川 200 ~ 500m の範囲	河川改修計画が定めら れている河川区間	河川背景データ 河川基図データ 河川基本主題データ
	流域図 (概略地図)	1/25,000 レベル	流域全体	全法河川	流域背景データ 流域基図データ 流域基本主題データ

表-3 描画精度

地図情報レベル	相当縮尺	精度 (標準偏差)	
		(平面位置)	(標高点の標高)
2500	1/2,500	1.75m 以内	0.66m 以内
25000	1/25,000	17.50m 以内	5.00m 以内

(2) 使用する空間データ等

(a) 一般に公開された空間データ

1995年に地理情報システム関係省庁連絡会議が設置されて以降、ここで決定された「国土空間データ基盤の整備及びGISの普及の促進に関する長期計画」GISアクションプログラム2002-2005」等に基づいて、日本国内においてもGISの利用を支える空間データの整備が計画的に進められている。現在、従来は紙地図や冊子等のみで提供されていた地理情報についても、その多くが電子媒体やインターネットを通じて電子情報として利用可能となっている。特に、1/25,000地形図については、これを基に全国を対象に作成された各種の数値地図が国土地理院より一般に提供され、GIS構築に利用出来るようになっている。現在、国土地理院から一般に提供されている空間データを表-4に示す。

流域情報GISデータベースの構築にあたっては、可能な限り、これらの一般に提供された空間データを使用する。

表-4 国土地理院で作成・提供している空間データ

データ名	概要	データ形式	整備・提供範囲
数値地図 2500 (空間データ基盤)	一般に都市計画図と呼ばれる縮尺 1/2,500 図の行政区域・海岸線、道路中心線、鉄道、内水面、建物、基準点等の項目をデジタル化したデータ。	ベクター	縮尺 1/2,500 図(都市計画基図:紙地図)の発行範囲(都市部)
数値地図 25000 (空間データ基盤)	縮尺 1/25,000 地形図に示されている道路中心線、鉄道中心線、河川中心線、水涯線、海岸線、行政界、基準点、地名、公共施設、標高の項目をデジタル化したデータ。	ベクター	全国
数値地図 25000 (地図画像)	縮尺 1/25,000 地形図を 1 図葉ずつ TIFF 画像データ(0.1 mm/画素)化したもの。(全国を 75 枚の CD に収録)	ラスタ	全国
数値地図 50000 (地図画像)	縮尺 1/50,000 地形図を 1 図葉ずつ TIFF 画像データ(0.1 mm/画素)化したもの。(全国を 30 枚の CD に収録)	ラスタ	全国
数値地図 200000 (地図画像)	縮尺 1/200,000 地勢図を 1 図葉ずつ画像データ(0.1 mm/画素)化したもので、地名、行政界・鉄道、道路・建物、市街地、地形図、河川、水表面を各レイヤー分けし TIFF 画像化した「図葉ファイル」とぼかし版を JPEG 画像化した「陰影図ファイル」がある。	ラスタ	全国
数値地図 25000 (行政界・海岸線)	縮尺 1/25,000 地形図の行政界・海岸線の項目をデジタル化したデータ。市区町村、島が領域として確認可能	ベクター	全国

数値地図 25000 (地名・公共施設)	縮尺 1/25,000 地形図の注記及び公共施設の記号を取得し、代表点や属性等を付加した地名及び公共施設データをデジタル化したデータ。注記・注記座標・注記所属・記号・公共施設の 5 テーブルから構成される。	ベクター	全国
数値地図 10m メッシュ (火山標高)	縮尺 1/5,000 及び 1/100,000 火山基本図の等高線を数値化したものを基に東西南北それぞれ 10m 間隔で作成した数値標高モデル(DEM)。	ラスタ	縮尺 1/5,000 及び 1/100,000 火山基本図の発行範囲
数値地図 5m メッシュ (標高)	地表 5m 間隔で区切ったメッシュ中心点標高を、航空レーザスキャナ測量にて取得したデータを基に、家屋・橋・樹木等を除いた地表面データとして作成した数値標高モデル (DEM)	ラスタ	東京都・埼玉県内の各一部地域
数値地図 50m メッシュ (標高)	地表を約 50m 間隔に区切ったメッシュ中心点の標高を 1/25,000 地形図から計測した標高データ。	ラスタ	全国
数値地図 250m メッシュ (標高)	地表を約 50m 間隔に区切ったメッシュ中心点の標高を 1/25,000 地形図から計測した標高データ。	ラスタ	全国
細密数値情報 (10mメッシュ 土地利用)	宅地利利用動向調査による 10mメッシュの土地利用データと行政区域データをデジタル化したデータ。	ラスタ	宅地利利用動向調査 首都圏・中部圏・近畿圏 土地利用項目 山林・荒地等、田、畑・ その他の農地、造成中 地、空地、一般低層住 宅地、密集低層住宅 地、中高層住宅地、工 業用地、商業・業務用 地、道路用地、公園・ 緑地等、その他の公共 公益施設用地、河川・ 湖沼等、その他

(b) その他の既存データ

ため池の諸元については、各自治体で整備しているため池台帳を活用する。

(3) 流域情報GISデータベースの構築作業事例

棕梨川・棕梨ダム上流域において、流域情報GISデータベースの構築を行った作業事例を以下説明する。

作業にあたっては、はじめに表-5の空間データをGIS上に入力し、図-3の流れでGISソフトが持つ基本的な機能を用いて流域情報GISデータベースを構築した。なお、表-5の空間データから作成出来ないものについては、別途作成方法を検討した。

地区内の概要を図-4に示す。

表-5 流域情報GISデータベース構築に使用する空間データ

種類	概要
数値地図25000(地図画像)	1/25,000 地形図を画像データ化したもの
数値地図50mメッシュ(標高)	1/25,000 地形図の等高線より求めた 50m メッシュ標高値

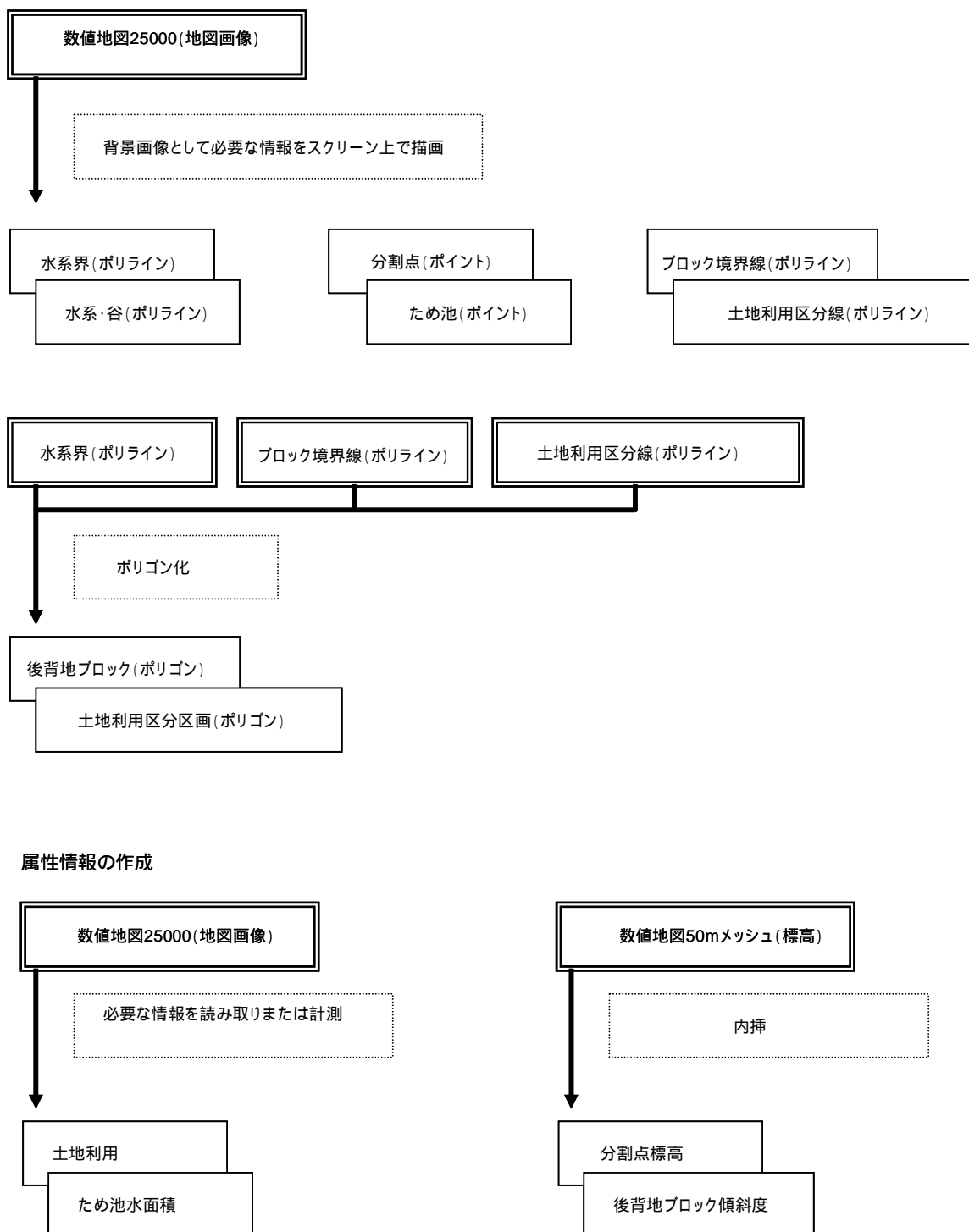


図-3 流域情報GISデータベース構築の流れ



図-4 作業地区の概要

(a) 水系界

数値地図 25000 (地図画像) の等高線等から、対象地域と他地域との流域境界線である水系界を判読した。構築にあたっては、ArcGIS を構成する ArcMAP (ArcView) のエディタ機能により、同地図を背景画像としてスクリーン上で描画 (ポリライン) した。

(b) 水系 / 谷

数値地図 25000 (地図画像) 上の河川、同地図の等高線から明瞭に判読出来る谷、及びため池から河川までの流路について判読した。構築にあたっては、エディタ機能によりスクリーン上で描画 (ポリライン) した。

なお、河川については数値地図 25000 (空間データ基盤) の河川中心線ベクターデータを用いることも可能である。

(c) 分割点

流入域である後背地ブロックの設定のために、棕梨川については棕梨ダム地点を起点とし、1,000m 単位で分割点を設定した。支川や谷については各合流点を起点として、同じく 1,000m 単位で分割点を設定した。分割点データ (ポイント) は、エディタ機能の「ディバイド」を用いて構築した。

(d) 河川断面

河川断面については既存の地理情報が得られなかったため、数値地図 25000 (地図画像) 上の河川に関しては橋地点を中心に河川断面の簡易測量を行った。測量地点を図-5 に示す。また、河川断面の急変地点についても、現地踏査により地図上で把握した。

これらのデータから、河川断面の急変地点を踏まえた上で、各地点の測量値を河道距離で比例させ、分割点における河川断面を推定した。推定値は分割点の属性値として入力した。

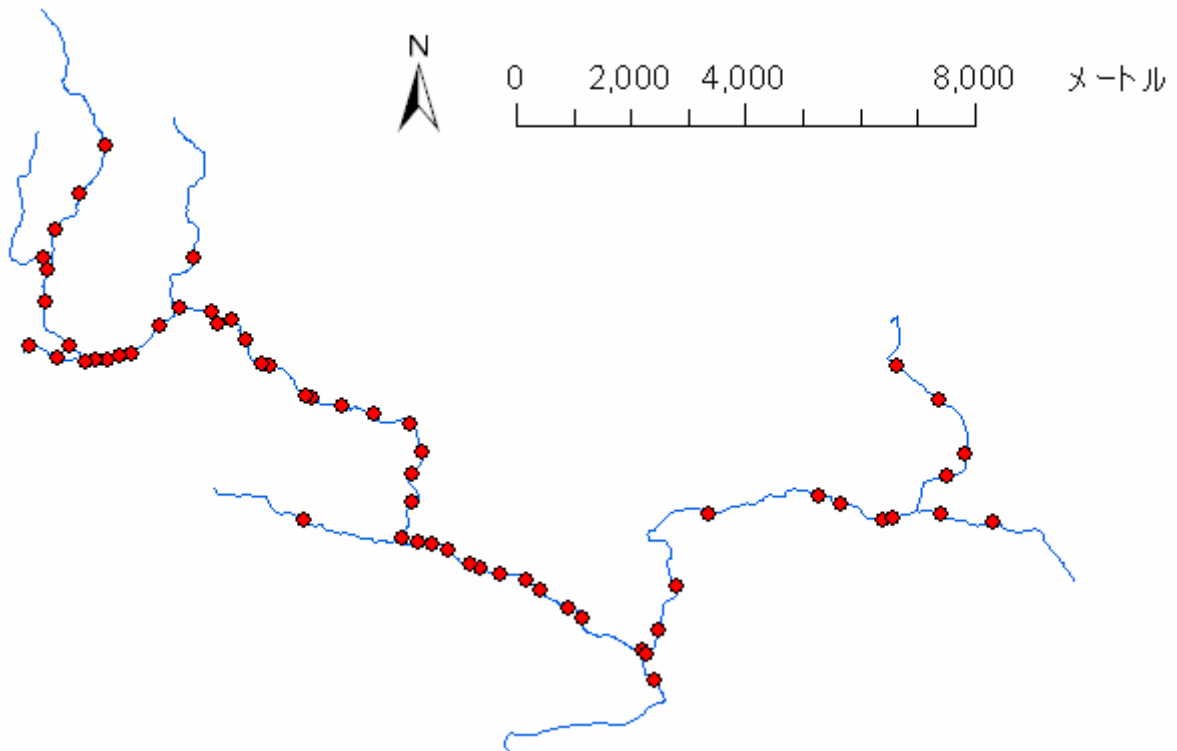


図-5 河川断面の簡易測量地点(実線:河川、丸印:測量地点)

(e) 河道標高

数値地図 50mメッシュ(標高)より、ArcMAP のテーブル結合を用い、分割点の標高値を求め、属性値として構築した。

(f) 粗度係数

粗度係数については既存の地理情報から得られなかったため、数値地図 25000(地図画像)上の河川については橋地点を中心に河道の状態を把握し、分割点の上流側、下流側それぞれの粗度係数を推定した。推定値は分割点の属性値として入力した。

(g) ブロック境界線

分割点で区分された水系/谷の1単位(1,000m)に対応した後背地(流入域)について、数値地図 25000(地図画像)の河川や等高線等を背景画像として境界線を判読した。構築にあたっては、エディタ機能によりスクリーン上で描画(ポリライン)した。

(h) 土地利用区分線

水田、畑、果樹園、及び山林について、数値地図 25000(地図画像)の地目境界や地目記号を背景画像として土地利用区分の境界線を判読した。構築にあたっては、エディタ機能によりスクリーン上で描画(ポリライン)した。

(i) 土地利用区分区画

土地利用区分線データ(ポリライン)等から、ArcGIS を構成する ArcCatalog の新規ポリゴン作成機能を用いて、土地利用区分区画(ポリゴン)を作成、構築した。また、数値地図 25000(地図画像)の「地目境界」「地目記号」を背景画像として、各区画に対応し

た土地利用を読み取り、土地利用区分区画の属性値として入力した。

(j) 後背地ブロック

水系／谷データ（ポリライン）とブロック境界線（ポリライン）から、新規ポリゴン作成機能を用いて後背地ブロック（ポリゴン）を作成した。

また、テーブル結合機能を用いて数値地図 50mメッシュ（標高）から各後背地ブロックにおける水系／谷への落水線方向の傾斜度を、フィールド演算機能を用いて面積を求め、後背地ブロックの属性値として構築した。

(k) ため池

数値地図 25000（地図画像）上のため池について判読した。構築にあたっては、エディタ機能によりスクリーン上で位置（堤体の位置を地図画像上で推定）を描画（ポイント）した。また、数値地図 25000（地図画像）上からフィールド演算機能を用いて水面積を、ため池流入域となる後背地ブロックの面積を求め、それぞれ属性値として入力した。加えて、ため池台帳から各ため池について図-2の項目を表計算ソフト上で集計し、リレート機能を用いて属性値として構築した。

なお、ため池の水面積については、数値地図 25000（空間データ基盤）の水涯線ベクターデータを用いて求めることも可能である。

(l) 構築したデータ例

構築したデータ例として、水系／谷とため池の位置データを図-6に示す。

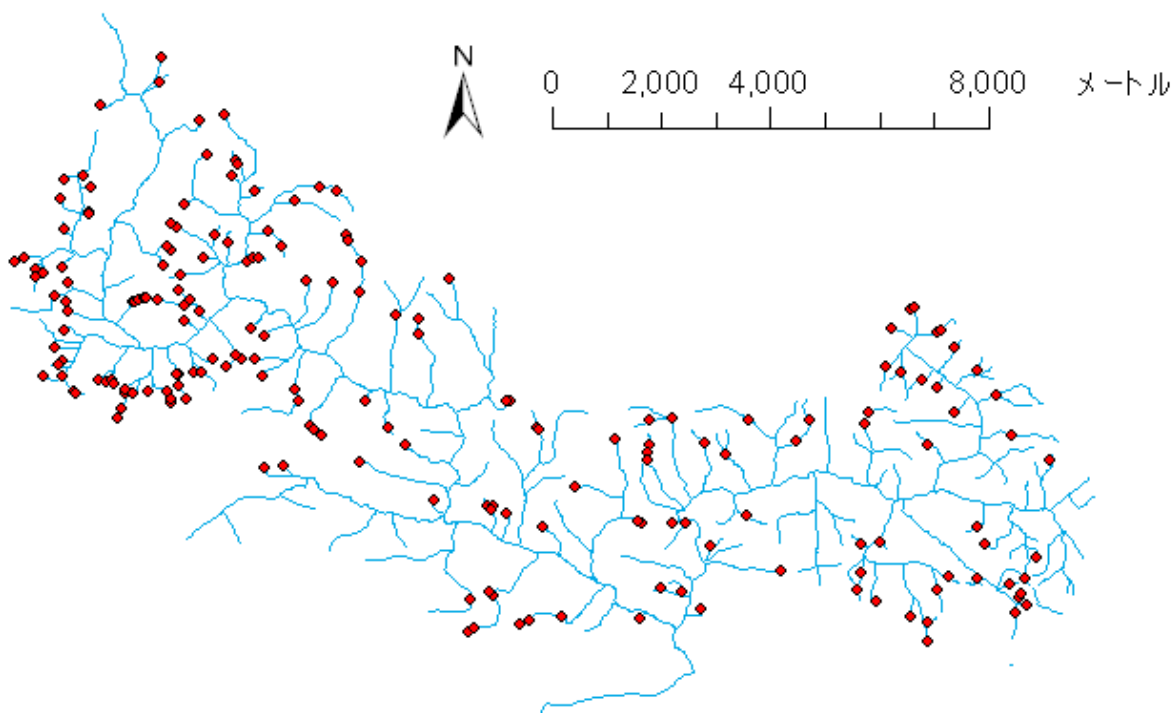


図-6 構築したデータ例(実線:水系／谷、丸印:ため池)

(4) ため池属性値(欠損値)の推定

ため池の水面積と流入域面積は数値地図 25000（地図画像）より計測出来るため、全て

のため池についてデータを作成出来る。しかし、ため池台帳においては、一部のため池について記載されていなかった。また、ため池台帳に記載があっても、一部項目値が欠落している場合もあった。このため、欠損データの推定を行った。

推定に当たっては、まずため池属性値の各項目間について、ため池台帳に記載されたデータを用いて相関係数を求めた。結果を表-6に示す。この結果から、相関関係が認められる項目間において回帰式を作成し、欠損データを推定した。各項目に対応する回帰式の従属変数を表-7に示す。

表-6 ため池属性値の相関関係

単相関	流域面積 (㎡)	水面積 (㎡)	貯水量 (千 m3)	堤高(m)	堤長(m)	溢流巾 (m)
水面積 (㎡)	0.34**					
貯水量(千 m3)	0.17	0.87**				
堤高(m)	0.11	0.38**	0.53**			
堤長(m)	0.08	0.30**	0.32**	0.45**		
溢流巾(m)	0.30**	0.44**	0.39**	0.44**	0.29**	
溢流水深(m)	-0.00	0.31**	0.37**	0.24*	0.24*	0.43**

* 5%水準で有意 ** 1%水準で有意

表-7 データ推定に用いた項目

推定した項目	推定に用いた項目
貯水量	水面積
堤高	貯水量
堤長	堤高
溢流巾	堤高
溢流水深	溢流巾

3-2-4 シミュレーションの実行

(1) モデルの作成

洪水流出のシミュレーションの実行にあたっては、前述の通り、図-1に示した流れに沿ってモデルを作成する。この際、シミュレータ上でため池の初期貯水位や貯留関数法の諸定数(K値・P値や一時流出率、飽和雨量)、不定流解析法に関わるメッシュサイズ等の設定を行う。

シミュレーションは、作成したモデルを用いてシミュレータ上で行う。シミュレーション結果が実測流量・水位と整合する様、主として貯留関数法の定数等を変え、試行錯誤的に定数等を決定する。

棕梨川・棕梨ダム上流域において決定した定数等を設定画面の表示として図-7に、シミュレーションで求めた河川流量と実測流量の比較結果を図-8に示す。

不定流メッシュ作成

メッシュサイズ(m)

ため池
 なし 満水 空

計算時間間隔(秒)

出力間隔(分)

一般河道横断
幅(m)
高さ(m)
法勾配
粗度係数

貯留関数法

	水田	畑	樹園地	その他
K	<input type="text" value="8"/>	<input type="text" value="12"/>	<input type="text" value="12"/>	<input type="text" value="15"/>
p	<input type="text" value="0.6"/>	<input type="text" value="0.6"/>	<input type="text" value="0.6"/>	<input type="text" value="0.6"/>
1次流出率	<input type="text" value="0.5"/>	<input type="text" value="0.5"/>	<input type="text" value="0.5"/>	<input type="text" value="0.5"/>
飽和雨量	<input type="text" value="300"/>	<input type="text" value="300"/>	<input type="text" value="300"/>	<input type="text" value="300"/>

Excelファイル
不定流メッシュ

降雨

シート

図-7 決定した定数等

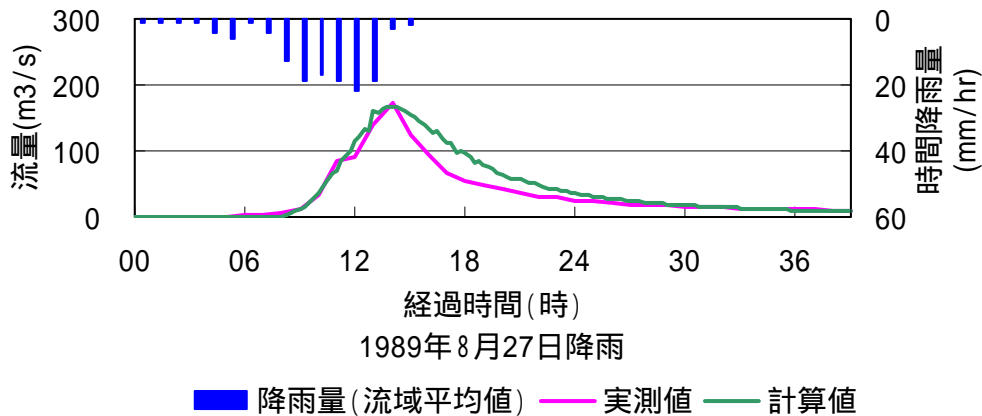


図-8 流量の比較結果

(2) ため池群の持つ洪水ピーク軽減効果

決定した定数等を用い、任意のため池初期水位や降雨強度・降雨パターンに基づきモデルを作成し、シミュレーションを行うことにより、ため池群の持つ洪水ピーク軽減効果を評価することが出来る。

ため池群の空き容量に対応した洪水ピーク軽減効果の評価例を図-9に、河川の溢水抑制効果の評価例を図-10に示す。

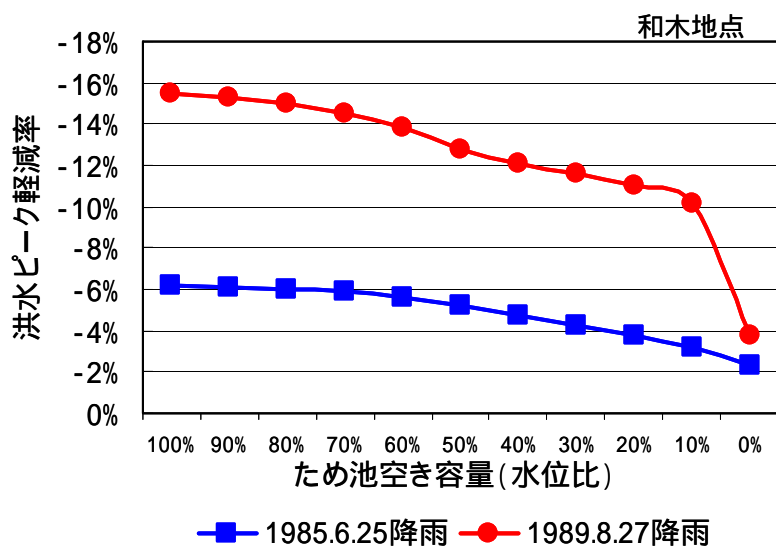


図-9 洪水ピーク軽減効果の評価例

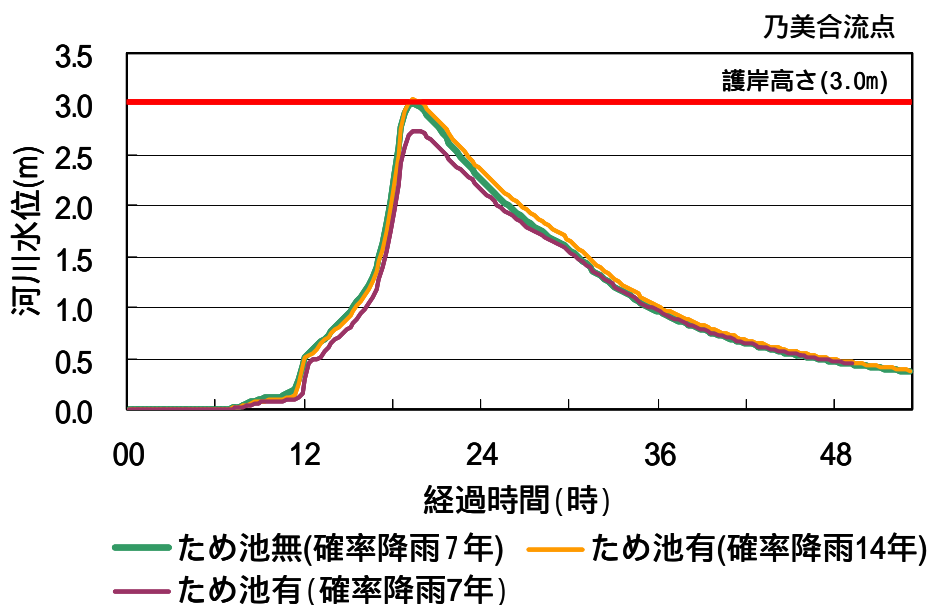


図-10 河川の溢水抑制効果の評価例

3-2-5 まとめ

整備された空間データを用いて流域情報GISデータベースを構築し、GIS技術を活用した洪水軽減機能シミュレータを用いて行ったため池群の洪水ピーク軽減効果の評価の事例を紹介した。

今後、数値地図(空間データ基盤)が一層整備され、数値地図(地図画像)や紙地図をスキャナで読み込んだ画像上でベクターデータの作成を行うことなく直接GIS上にベクターデータを取り込んで作業出来る環境が整うことを期待したい。

3-3 フィールドサーバによる農業情報モニタリング

3-3-1 はじめに

農業は生物を生産対象とし環境の影響を受けるため、農業の生産管理においては作物及び環境に関する莫大なデータが必要であるが、栽培者の目視や経験に頼っているのが現状である。環境データに関しては AMeDAS の気象データ程度が利用できるが、アメダスはもともと雨量測定が目的であり、日射量、湿度、CO₂濃度、土壌水分など、農業や環境研究に必須のデータは計測されていない。作物の生育状況や病害発生等に関するデータはほとんどない。

農業生産の現場だけではなく、農学・環境の研究においても、肝心の情報が決定的に不足している。コンピュータの演算能力が指数関数的に向上し大量のデータを様々な面から解析が出来るようになったが、肝心のデータが少ないため「宝の持ち腐れ」になっている。衛星画像データの情報量も飛躍的に増えているが、こちらも解析に必要となる地上におけるグランド・トゥルースデータが決定的に不足している。

このように、現場におけるデータの不足が生産及び研究における IT 活用の大きなネックとなっている。フィールドサーバはこの問題を解決するために開発されたデバイスであり、屋外に多数設置してセンサネットワークを構築することができる[1]。

3-3-2 フィールドサーバの機能

(1) フィールドサーバ

これまで、屋外における長期定点観測を行うためには、プレハブの観測小屋に計測機器、パソコン、エアコン等を設置し、商用電源と通信用電話回線をひく必要があった。フィールドサーバは、最近の情報通信技術及び新規開発した通風冷却技術によって、これらを大幅に小型化し1モジュール化したものであり [2]、冷却用ファン、無線 LAN 基板、計測用 Web サーバ基板（フィールドサーバ・エンジン）、ネットワークカメラ、LED 照明、太陽電池等が搭載されている（図1）。センサは、気温、湿度、日射量、CCD/CMOS カメラを標準実装し、土壌水分、葉の濡れ、CO₂濃度、紫外線強度、3次元風向・風速等のセンサを追加できる。

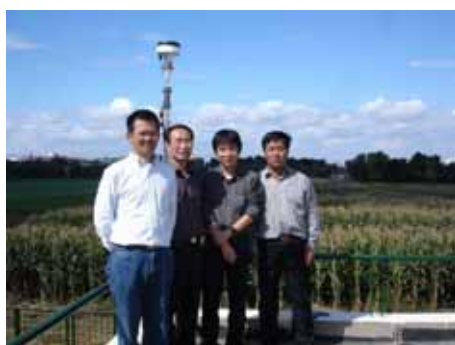
通信手段としては多段中継可能な無線 LAN による高速回線で接続されている。このようなシステムをワイヤレス・センサネットワークという。



図1 フィールドサーバ(標準型)

(2) 屋外用センサネットワーク

屋外用センサネットワークと室内用センサネットワークには、大きな違いがいくつかある。センサネットワークの使い方として、しばしば「センサノードを農場に大量にばらまけば温度を計測できます」と表現を見かける。しかし、このような使い方は全くナンセンスである。例えば、センサノードに内蔵されている電池や電子回路にはヒ素や水銀等の重金属が含まれており、このようなものを圃場にばらまくと土壌が汚染されてしまう。また、圃場の表面温度だけをいくら多点で測っても、大して役には立つ情報にはならない。さらに困ったことには、センサノードを適当にばらまいた場合、センサノードで計測される温度のデータが、地表面温度なのか、あるいは地中温度なのか、はたまた植物の上に落ちたセンサノードの温度なのかを判別することができない。



ハルビン(黒竜江省農業科学院栽培耕作研究所)



河北省・保定(河北農業大学)



シリア(国際乾燥地農業研究センター)

図2 各地に設置されたフィールドサーバ

室内用センサネットワークは、SmartDust[3]のようにセンサノードのサイズを小さくするほど使いやすくなるが、圃場や砂漠等では十分な設置空間があり、センサノードを無理に小さくする必要はない(図2)。むしろ、屋外ではプライバシー保護やメンテナンス、環境汚染防止のためには、センサノードの損算が肉眼で分かるある程度の大きさが必要である。

すなわち、屋外用のセンサノードでは、計測のための電子回路や情報通信技術だけではなく、設置方法や運用方法にも配慮する必要がある。

(3) 通風式計測と冷却

気温や湿度程度の1~2チャンネルのセンサであれば、MOTEなど室内用のセンサノードや既存の小型データロガーで十分と思いがちであるが、問題は計測精度である。センサノードに直射日光が当たると筐体の温度が上昇し、気温よりも高くなる。また、夜間は放射冷却で筐体は気温よりも低くなる。さらに、電子基板が発熱すると、その熱がセンサのケーブル（電流だけでなく熱の良導体）を通して伝わり、センサの温度を上昇させる（図3）。

すなわち、センサノード内部の温度センサが計測した温度は気温（外気の温度）ではなく、センサノードのケース表面または内部の温度を測っているに過ぎない。そのため、気温を正確に測るための筐体の断熱と通風を十分行う必要がある。

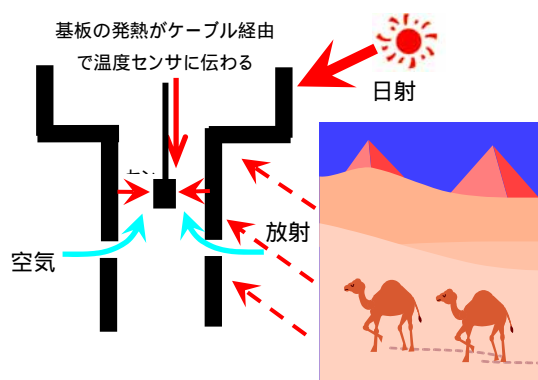


図3 温度センサに影響を与える様々な要因

しかし、通風を行うと、台風や豪雨、砂嵐の際に、吸気口や排気口から水や埃が内部に侵入する可能性がある。また、小動物が侵入する可能性もある。

真夏に気温が40℃となったとき、筐体に直射日光が当たると、内部温度は極めて高くなる。無線LANやネットワークカメラなど高性能の電子機器は発熱量が大きい一方、これらの電子機器は高温に極めて弱く、50~60℃を超えるとCPUが暴走してしまう。

そのため、フィールドサーバではフィルタを使って防塵性を高めるとともに、センサへの通風のための気流を使って、内部の電子機器を冷却している。また、この吸気によって内部の気圧を高くし、防水性と防塵性を高めている。

(4) 屋外に設置するPC

小型の太陽電池でも駆動できるよう、フィールドサーバの内部に搭載する電子機器はなるべく消費電力の小さなものを選んで搭載している。しかし、フィールドサーバの内部の冷却能力は通気量を増やすことで増やせるため、PC基板等発熱量の大きなデバイスも搭載することが出来る。すなわち、フィールドサーバは屋外に設置するPCでもある。Skypeをインストールすれば、屋外で音声や画像による会話ができ、ハードディスクを内蔵すれば分散型ストレージとなる。太陽光や風力で分散発電した電力をその場で有効利用する装置ともなる。

現在、フィールドサーバに標準搭載しているデバイスは、計測用Webサーバ基板（フィ

ールドサーバ・エンジン), 無線 LAN 基板, 超高輝度 LED 照明モジュール, ネットワークカメラだけであるが, 必要に応じて画像認識基板, PC 基板, 液晶ディスプレイ, ハイビジョンカメラや熱画像カメラ等を搭載可能である。こういった高機能なモジュールはバグ等でハングしやすい。また, 消費電力も大きいため, フィールドサーバ・エンジンによって ON/OFF 制御して, 必要な時にのみ電源を ON にして利用している。

(5) コピキタス・ネットワーキング

電波法は国によって大きく異なるが, 無線 LAN は Wi-Fi による標準化が進み, ほとんどの国で利用可能である。そのため, 海外での展開を考慮すると現状では Wi-Fi が最適である。しかも, Wi-Fi は通信速度がワイヤレス・センサネットでも用される Zigbee よりも桁違いに速いため, 単位エネルギー当たりの情報伝送量が 1 ~ 2 桁大きい。すなわち, 電力利用効率が Zigbee よりも高いため (表 1), 太陽電池など稀少な自然エネルギーで駆動する必要がある屋外のセンサネットワークに適している。また, Zigbee 同様, AODV 方式 (ルーティングを動的に行う) のメッシュネットワークも利用できる [4]。さらに, インフラストラクチャモード (アクセスポイント - クライアント接続) でパソコンとの接続も可能であるため, 屋外でインターネットをコピキタスに使うためのインフラストラクチャとなる。

表 1 Wi-Fi と Zigbee の比較

	ZigBee	Wi-Fi
最大通信速度	250 Kbps	11/54/108 Mbps
エネルギー効率	4.2 bps/ μ W	9 ~ 45 bps/ μ W
到達距離	75 ~ 300m	100m ~ 22km
Mesh Network		
フリースポット	×	
PC との接続	×	

しかしながら, 無線 LAN は PC やゲーム機器で広く利用されているため, 進歩が極めて早く, 製品サイクルも短い。そのため, フィールドサーバでは市販の無線 LAN カード, アクセスポイント基板, Ethernet コンバータ等を適宜組み合わせて搭載している。

無線 LAN の通信可能な距離はアンテナによって大きく異なるが, 数 100m ~ 数 km である。メッシュネットワーク [4] または WDS (Wireless Distributed System) によって多段中継すると広域をカバーすることができる (図 4)。

基幹回線を構成するフィールドサーバは常時稼働するため, 外部電源または大型太陽電池で駆動される。フィールドサーバの周囲数 100m の範囲に Wi-Fi ホットスポットが生成され, インターネットをフリーで利用できる。Wi-Fi ホットスポット内には, 内蔵の小型太陽電池のみで稼働する間欠動作するフィールドサーバを高密度に設置することができる [5]。

農林地は人目がほとんどなく, 通学路の近くに畑や林があると児童にとって極めて危険なエリアとなる。また, 農地の集積が進むとともに, 生産者の目の届かない遠隔地の農地が増えており, 農産物の盗難が増えている。

農林地にフィールドサーバを設置すると、消費者に農業の生産現場を見せることができると同時に防犯にもなる。また、溪流釣りやキャンプをしながらインターネットを楽しむことができるため、グリーンツーリズムやエコツーリズムの魅力アップにも寄与すると考えられる[5]。

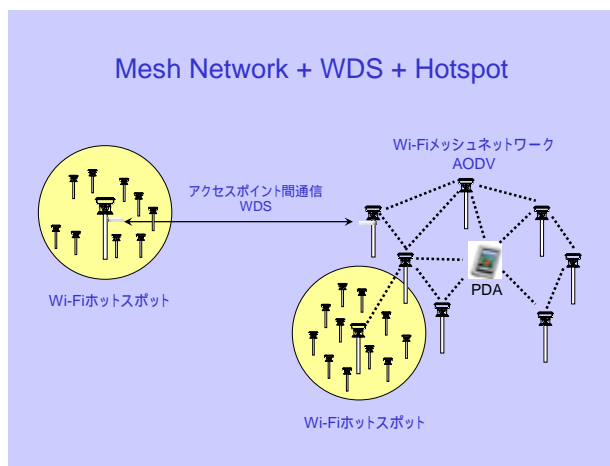


図4 フィールドサーバの無線ネットワーク

3-3-3 フィールドサーバをサポートするソフト

(1) フィールドサーバ・エージェント

フィールドサーバは計測データを Web で表示する Web サーバであり、ブラウザで操作できる。世界各地のフィールドサーバからデータを収集しデータベース化する作業は人間の代わりにフィールドサーバ・エージェント（一種の人工知能ソフト）が自動的に行う。エージェントは各地のフィールドサーバを一定周期で巡回し、あらかじめ入力したルールに従ってデータを XML 形式に変換して、XML 形式のデータベースとしてデータストレージ・サーバに蓄積する。同時にフィールドサーバの LED ライトの ON/OFF、カメラの撮影など一連の作業を行っている[6]。

収集されたデータは農林水産計算センター（電農館）のデータストレージ・サーバにアーカイブされ、Web で公開されている（図5）。

現在、エージェントは中央農研の PC クラスタ上で稼働しており、フリーのネットワークサービスとして運用されている[7]。

ただし、インターネットに接続できない地域や接続が不安定な場合には、超小型 PC にエージェントをインストールした「エージェント・ボックス」を用いてローカルにデータ収集を行っている（図6）。

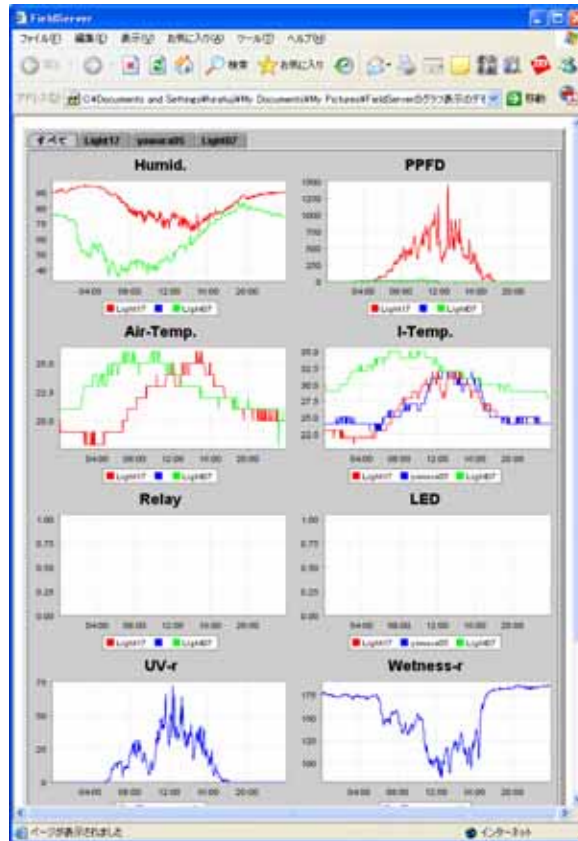


図5 データビューアソフト(AppletまたはServletとして無償提供)によって各地のフィールドサーバが収集したデータを表示した例



図6 エージェント・ボックス

(2) MetBroker

フィールドサーバが収集するファクトデータは生態系・地球環境に関する一種の知的資産である。こういったファクト・データベースを仮想的な一つの巨大データベースとして利用することができるネットワークサービス「MetBroker」が開発されている[8,9]。MetBrokerによってフィールドサーバや AMeDAS 等の様々な形式のデータベース違いが吸収されるため、ユーザやアプリケーションソフト開発者は、個々のデータベースの違いを意識することなく、簡単に利用することができる(図7)。

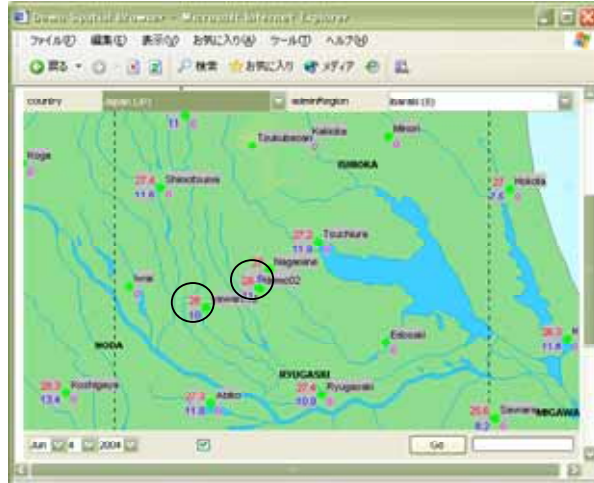


図7 MetBroker による気象データベースの統合利用
(円内がフィールドサーバ, それ以外は AMeDAS)

3-3-4 応用例

(1) 生産管理

フィールドサーバが収集したデータは MetBroker 経由で病害虫や霜害等気象災害の発生予測, 生育管理等の様々なアプリケーション (Applet) で利用されている[10]。また, 画像データは作物の生長モニタリング, 防犯に利用されている。また, 農作業事故の早期発見, 台風や地震等災害時の現況モニタリング等にも活用できる。



海外の農場(ハワイ島UCCコーヒー農園)



みかん農園(静岡県)



野菜集荷場の無農薬野菜(埼玉県)

図8 生産現場の画像の例

(2) 隠さない農業

消費者は生産現場の履歴画像を見て農薬散布の頻度等を確認できる。また、消費者が購入した農産物が食卓に届くまでの履歴を消費者自らが見ることができる(図8)。従来のトレーサビリティシステムはRF-IDのすり替えに対して脆弱であったが、フィールドサーバ内蔵の値とワークカメラによってクローズアップ画像を撮影しておくことで、農産物の形状の違いを生体認証として利用することができる。

3-3-5 計測用 Web サーバ及びセンサ

フィールドサーバの機能はコア基板である計測用 Web サーバ基板「フィールドサーバ・エンジン」の性能に依存している。センサによっては交流信号源や信号増幅用 IC 等を必要とするため、フィールドサーバ・エンジンにはこれらの機能を集積している(表2)。A/Dコンバータのチャンネル数が16chあるため、センサを16個まで接続できる。

表2 フィールドサーバ・エンジンの諸元

搭載 IC	仕様
CPU	H8/3069(ルネサス社、20MHz、ROM: 512KB、RAM : 16KB、ADC : 10bit 8ch、DAC10bit 2ch)
外付け RAM	256KB
外付け A/D コンバータ	$\Delta\Sigma$ 型(シーラス・ロジック社、CS5528、24bit 分解能、8ch)
任意信号発生 LSI	DDS-LSI(ウェルパイン社、出力は70MHzまで、周波数分解能は1Hz)
外部機器の ON/OFF 制御	半導体リレー2ch(松下電工、AQZ205、AC/DC:100V 2A)
電源 IC	MIC4680(Micrel 社、入力:6~34V、出力:5V、1.3Aまで)
外部 IF	Ethernet(10base-T)、RS-232C
基板サイズ	75mm×75mm

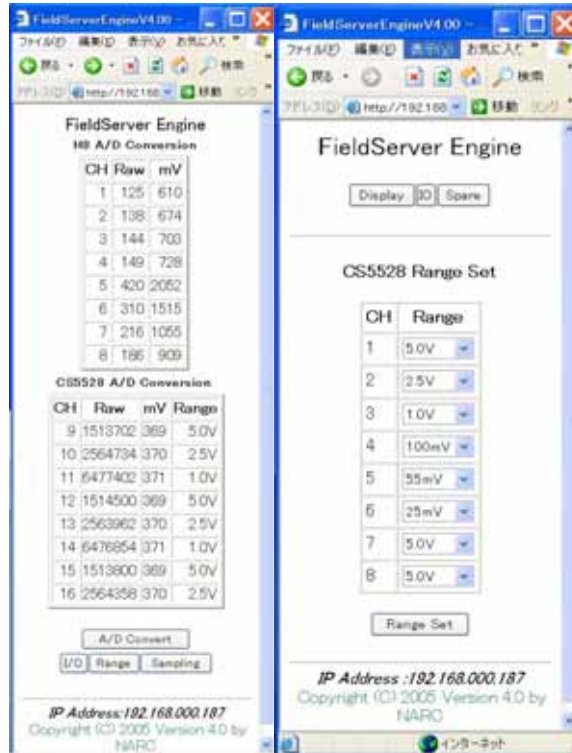


図9 操作画面の例

DDSによって湿度センサが必要とする交流信号(1kHz程度)を供給できる。この交流信号を使うと、通常の湿度センサ(8000円程度)の代わりに家電組込用の安価な湿度センサ(500円程度)を利用できる。また、簡単な電極を用意するだけで、土壤水分、農産物の含水率、EC(電気伝導度)等を計測できる。さらに、スピーカを接続すると可聴域から超音波までの音響信号を簡単に発生させることができる。フィールドサーバにスピーカとマイクロフォンを組み込むことで、音波式風速計をソフトウェアで構成できる。

ファームウェアには、Webサーバ機能、計測データの表示、IPアドレスの変更、パスワードによるアクセス制限、高速データサンプリング、DDSが生成する周波数の設定、リレーのON/OFF等の機能を有し、全てブラウザのみで操作できる(図9)。ファームウェアにはOSを使用していないため、高速かつコンパクトである。C言語のみで書かれているため、C言語のプログラミング経験があればファームウェアの拡張やカスタマイズを行うことができる。

内蔵の高精度A/Dコンバータは高精度(24bit)かつノイズが少ないが、変換時間が遅いため(最大サンプリング速度は617サンプル/秒)、気温や湿度、日射量等を精密に計測するのに適している。一方、H8に内蔵されているA/Dコンバータは低精度(10bit)であるが、高速であるため(最大サンプリング速度は300kサンプル/秒)、音(音声など)や振動(地震など)の計測に適している。

フィールドサーバに新しいセンサを追加するだけで目的が達成されるケースも多い。例えば、土壤水分センサで土壤水分を計測すれば、降水量のデータから土壤水分を推定するモデルは不要になる。土壤水分センサへのニーズが大きかったため、フィールドサーバの

外部接続端子には市販の土壤水分センサ（ECH2O）[11]を直結できるようにした。センサの結線が違っただけでエンドユーザには簡単に使えないものとなる。そのため、フィールドサーバではECH2Oセンサの結線をデファクトスタンダードとして採用し（図10）、他のセンサ及びフィールドサーバの内部での温度・湿度・日射量等のセンサの接続も含めて、全てこの結線方式に統一した。



図10 ECH2O(キャパシタンス式土壤水分センサ)の結線を事実上の標準として採用

フィールドサーバのA/Dコンバータは当初、4chであり、利用できるセンサは最大で4種類だった。最新のフィールドサーバ・エンジンは16chのA/Dコンバータを有し、3年で4倍になった。近いうちに24chに拡充する予定である。その次のフィールドサーバ・エンジン（図11）は50chとなる。センサ数が増えるに従ってセンサとのインタフェース回路は極めて複雑なものとなる。しかも、いったんフィールドサーバを屋外に設置してしまうと、回路の調整や変更のために現場を訪れるのは非常に大変である。そのため、このフィールドサーバ・エンジンには、FPAA（Field Programmable Analog Array）が搭載されており、インタフェース回路をソフトウェアで動的に変更できる。



図11 FPAA搭載型フィールドサーバ・エンジンのプロトタイプ

ムーアの法則とセンサ技術の進歩によって、今後、100ch, 200ch と増えて行くかもしれない。画像を計測するイメージセンサの方は、一足先に 30 万画素から 300 万画素, 800 万画素と増えている。

3-3-6 おわりに

技術移転や国際協力あるいは共同研究としてフィールドサーバを各地に設置し、フィールドサーバ本体やネットワーク接続技術のテストや改良を進めて来た(図12)。また、地球観測データ収集システムの研究の一環として、アメリカのフロリダ大学の農場にフィールドサーバ及びエージェント・ボックスを設置し、パラボラアンテナを使った Wi-Fi による超遠距離通信や日米間での高速データストリーム通信の実験、アクティブデータベースの開発研究、ハリケーン等に対する長期耐久性テストなどを行っている。

タイは有数の農業国であり、農場の環境データに大きなニーズがある。環境モニタリング及び IT 教育の手段としてフィールドサーバに大きな期待が寄せられている。中央農研と MoU が締結され、タイの国情にあわせた低コストのタイ製フィールドサーバが NECTEC (National Electronics and Computer Technology Center) 及び HAI (Hydro and Agro Informatics Institute) によって開発され、既に約 600 カ所で実運用に供されている。



図12 フィールドサーバの実験サイト

これまでの実験では、30 台のフィールドサーバが 1 年間稼働すると約 1 TB (10^{12} B) のファクトデータが収集された。3 万台だと年間 1 PB (10^{15} B) , 3 千万台では 1 EB (10^{18} B) のオーダーに達する。センサ数や画像の解像度の増大によって、データ量はさらに増えるだろう。

参考文献

- [1] Hirafuji, M. and T. Fukatsu, Architecture of Field Monitoring Servers, Proc. of the Third Asian Conference for Information Technology in Agriculture”, 405-409, 2002
- [2] 深津時広, 平藤雅之: 圃場モニタリングのためのフィールドサーバの開発, 農業情報研究 12(1), pp.1-12, 2003
- [3] Kahn, J. M., R. H. Katz and K. S. J. Pister, “Mobile Networking for Smart Dust”, ACM/IEEE Intl. Conf. on Mobile Computing and Networking (MobiCom 99), Seattle,

WA, Aug., 1999

[4]<http://www.thinktube.com/>

[5]Hirafuji, M., T. Fukatsu and Hu Haoming, Full-Wireless Field Monitoring Server for Advanced Sensor Network, Proc. of AFITA/WCCA2004, 686-691, Bangkok, Thailand, Aug. 2004

[6] Fukatsu, T. and M. Hirafuji, "The Agent System for Field Monitoring Servers to Construct Smart Sensor-Network", Fifth International Workshop on Artificial Intelligence in Agriculture, 1-5, 2004.

[7] <http://model.job.affrc.go.jp/FieldServer/>

[8] Laurensen, M. R., T. Kiura and S. Ninomiya, "Providing agricultural models with mediated access to heterogeneous weather databases", Applied Engineering Agric., 18, 617-625, 2002.

[9] <http://www.agmodel.org/>

[10] <http://cse.naro.affrc.go.jp/ketanaka/model/applet/>

[11] <http://www.ech2o.com/probes.html>

3-4 携帯電話を用いたフィールド情報モニタリング

3-4-1 はじめに

フィールドには、気象、動植物の活動、人為など、様々な要因により刻々と変化する貴重な土壌情報が眠っている。こうした情報のうち、センサーを用いて電気信号に変換できるものは、現地に設置されたデータロガーに記録されるが、その情報を確実に得るためには、定期的なデータ回収とメンテナンスが必要となる。しかし、容易に行ける場所ならばともかく、行くのが困難なフィールドでは、観測途中で起こる不測のトラブルのために、しばしば記録していた情報を失うことがある。

気象観測では、こうした情報損失の問題を解決するために、データロガーに蓄積された情報を遠隔操作で取得するシステムが実用化されている。しかし、土壌水分量に関しては、適当な土壌水分センサーがないなどの理由から、遠隔操作で土壌情報をモニタリングするシステムは実用化のレベルには達していなかった。こうした状況の中、最近、安価で高性能の土壌水分センサーが開発されてきている。そこで、そうした土壌水分センサーと携帯電話を組み合わせ、土壌水分量と地温を研究室からリアルタイムにモニタリングするシステム SIMS-CP (Soil Information Monitoring System using Cellular Phone) を試作した。

一方、日本全国に張り巡らされている農業用水路と農業排水路は、農村地域における水循環の動脈と静脈的な役割を果たしている。ほとんどの土地改良区は、農業用排水の適正な水管理のために、日常的に水路での流量(水位)観測を行っている。流量観測データは、農業用排水路の水位観測地点に固定された自記記録計に記録され、土地改良区の職員によって定期的に回収されている。しかし、多くの場合、データは紙に記録され、職員がエクセル等に入力しなおしている現状がある。また、流量(水位)観測点は固定されているので、ある地点で流量を新たに知りたい場合には、既存の地点データから推定するか、設置工事をして観測点を追加しなければならない。そこで、そうした水圧センサーと携帯電話を組み合わせ、農業用水の水位と水温・水質を研究室からモニタリングするシステム「農業用排水管理用ポータブルフィールドサーバ(PFS-AW; Portable Field Server for Agricultural Water)」を試作した。

本報告では、これらのシステムの構成と構築上の注意点を概説すると共に、実際にこのシステムで取得したデータの一例を示しながら、フィールド科学におけるシステムの有効性について考察する。

3-4-2 方法

(1) SIMS-CP システムの構成

本システムは、土壌水分量と地温、および降雨量をデータロガーに記録し、それらの情報を現地に設置した受信専用の携帯電話を経由して研究室に取得するものである。

現地に設置するハードウェアは、センサー マルチプレクサ データロガー
携帯電話データ通信コントローラ 携帯電話 バッテリー 避雷器 アンテナ
太陽電池用パネルである。これらのうち、～ は防水箱(40cm×40cm×30cm)の中に吸湿材と共に納められている。(写真1)

一方、研究室で必要なハードウェアは、電話回線 モデム RS-232C ケーブル

通信用ソフト コンピュータである。

(2) 土壌水分センサー

フィールドにおける土壌水分量の測定には、土壌の誘電率が土壌水分量によって変化する特性を利用した高周波誘電率法が用いられるようになってきた。この方法は、センサーを用いて土壌水分量を電気信号として測定するものである。現場で迅速に土壌水分量を測定でき、センサーを現地に埋設しておけば土壌水分量の変化を連続的にモニタリングできる。代表的なものに、TDR 法や ADR 法などがある。

TDR 法は、土壌に挿入された電極中の高周波パルス信号の速度から土壌の誘電率を求める方法で、土壌水分量と同時に電気伝導度も測定できる。一方、ADR 法は電極と土壌のインピーダンスの差によって発生する干渉反射波の振幅差を電圧で測定して誘電率を求める方法で、消費電力が少なく、塩分の影響を受けにくいなどの特徴がある。しかし、いずれのセンサーも土壌中に複数本埋設するには高価であり、それが土壌水分量のモニタリングシステム構築上の障害になっていた。

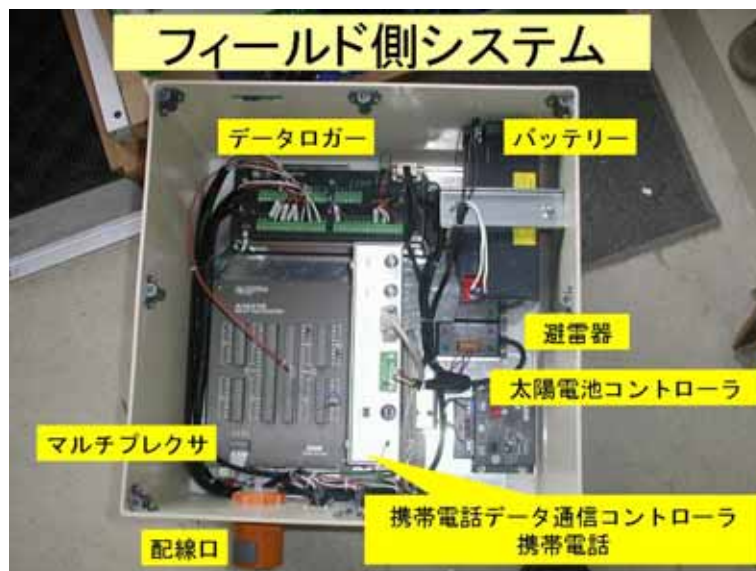


写真1 防水箱に格納されたハードウェア

最近、これらに比べて廉価な土壌水分センサーが開発された。ECH2O と呼ばれるこのセンサーは、土壌をコンデンサーとみなし、その充電時間から土壌の誘電率を求める方法で、印加電圧と出力電圧の比により土壌水分量が測定できるのが特徴である。高周波を処理する回路が、幅 3cm・長さ 20cm の帯状センサーの根元に組み込まれているので、温度による影響を受けにくく (Campbell, 2001a)、またセンサーがガラスファイバーで覆われているので塩分の影響も受けにくい。

ECH2O の出力電圧と土壌の体積含水率は次式の線形関係で表される。(Campbell,2001b)

ここで、 θ は体積含水率、 V はセンサーの出力電圧(mV)、 a および b は土壌によって決ま

$$\theta = aV + b$$

る定数である。マニュアルによると、土壌ごとにキャリブレーションをすれば、その精度は $\pm 1\%$ とされる。

今回試作したシステムではこのセンサーを用いた。現地の土壌でキャリブレーションして得たセンサー定数はそれぞれ $a=0.001857$, $b=-0.9244$ である。

(3) データロギング

データロガーには CR10X (Campbell 社) を用いた。電源は太陽電池により確保した。また、雷による電気回路の損傷を防ぐため、避雷器も取り付けした。さらに、今回は地温と土壌水分量の測定点数がロガーのチャンネル数より多かったので、センサーとロガーの途中にマルチプレクサを使用した。

(4) システムの制御プログラム

CR10X の場合、Windows 上で動作する通信ソフト (PC208W; Campbell 社) を用いることにより、容易にプログラミングできる。SIMS-CP のプログラムは、携帯電話制御、計測、記録の 3 つの部分から構成される。

(5) 携帯電話データ通信

携帯電話データ通信コントローラは、携帯電話を内蔵したモデムである。このコントローラは、RS232C 変換ケーブルを介してデータロガーの I/O ポートと、また同軸ケーブルを介して室外アンテナと繋がる。CR10X の 5V 用コントロールポートから通信コントローラを経由して、携帯電話に電力が供給される。最近の携帯電話はデータ通信に余分な機能を持っているので、データ通信を確実にを行うためにはメール受信や留守番電話などの機能を予め解除しておく必要がある。

(6) 研究室からのデータ取り込み

PC208W には、外付けモデム経由で CR10X と通信する機能が標準装備されているので、電話回線によるデータ通信の知識があれば、容易に利用できる。コンピュータにモデムを正しく認識させ、パケットサイズや応答時間を最適条件に調整する。携帯電話の電波状態によっては繋がりにくい場合もある。また、内線電話から 0 発信で外線に繋ぐ場合にも、交換機の特性によって繋がらないこともある。これらの作業は、ユーザの利用環境に合わせて試行錯誤で行う必要がある。

3-4-3 SIMS-CP による観測例

(1) 観測地

試作したシステムを 2001 年 8 月 31 日に群馬県 T 村のキャベツ畑地に設置した。この畑地では、冬期に土壌が凍結するために春期に融雪水が地中に浸透できずに、表土が侵食されることがしばしば問題となっている (溝口ら, 2002)。畑地中央に土壌断面を作り、各深さの土壌の物理性を測定した後、土壌水分センサーと熱電対を断面に垂直方向に 10cm, 20cm, 30cm, 40cm, 60cm, 90cm の深さに挿入した。ECH2O 土壌水分センサーは、水分の鉛直方向の移動を遮断しないように縦向きにして挿入した。データロガーなどが収納されている箱もセンサーの埋設部から 1m 以上離して埋設した。こうすることでデータロガーに内蔵されている熱電対温度補正用の基準温度の変動が小さくなり、温度測定の精度が向上する。また、雨量計と太陽電池用パネルをセンサー類の埋設地点から 2m 程度北側の地上部に設置した。現地に設置したシステムの概観を写真 2 に示す。



写真2 現地に設置されたSIMS-CPの概観

(2) 地温の変化

図1は2001年9月1日から2002年4月30日までの地温変化である。日変動を繰り返しながら、秋から冬にかけて地温が低下してゆく過程や春先に急激に上昇する様子がわかる。表層(10cm, 20cm)の地温は12月7日までは大きく日変動しているが、それ以降の3月15日まで変動がなくなった。これは、積雪あるいは土壌凍結のためと考えられる。

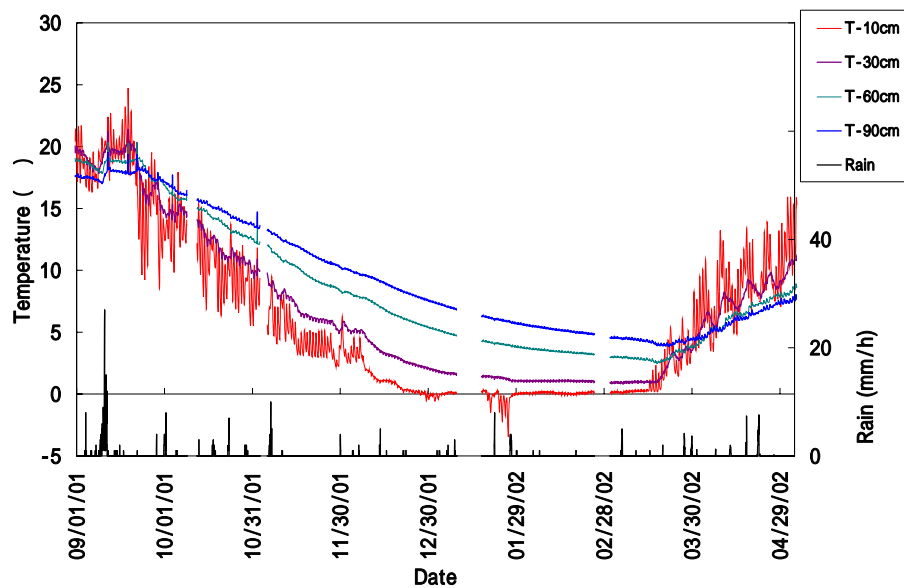


図1 群馬県T村畑地における地温変化

(3) 土壌水分量の変化

図2は体積含水率の変化である。観測期間中、群馬県では台風による大雨があった。本システムは、そうした雨の浸潤やその後の排水過程における畑地土壌水分量の変化を見事にとらえている。

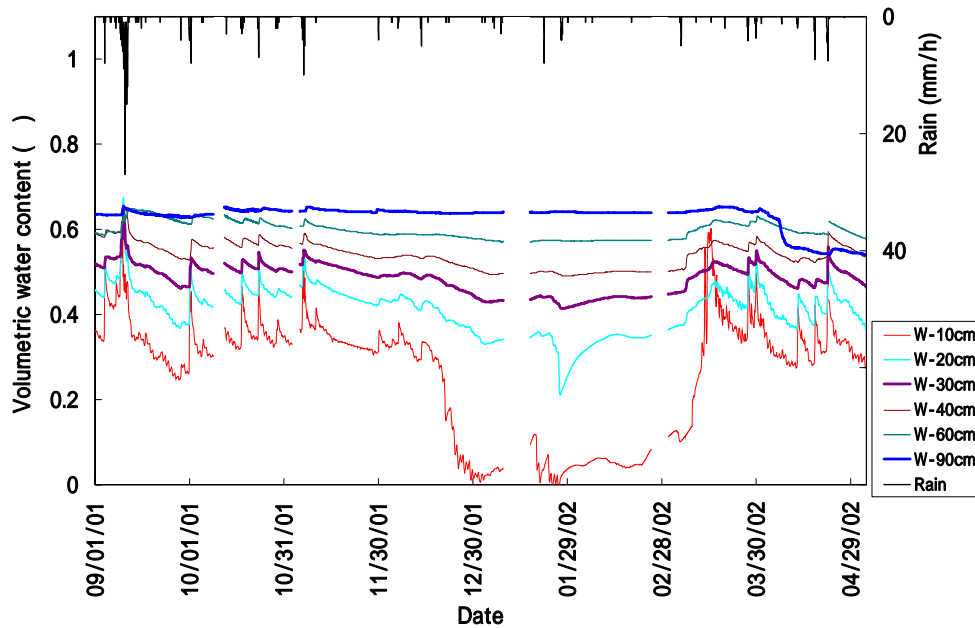


図2 群馬県T村畑地における土壌水分量の変化

12月中旬には10cm深さの土壌水分量が急激に低下した。この時期に凍結前線が水分計の埋設されている10cm付近に到達したためである。このような土壌水分量低下は1月下旬に20cm深でも観測された。その後、3月上旬まで10cm深さの土壌水分量は低い値を保ち、冬期間土壌が凍結していたことがわかる。

3-4-4 PFS-AWによる観測例

(1) 観測地

試作したシステムを栃木県那須塩原市（旧西那須野町）一区町にある那須疏水加治屋放水路（那須疏水幹線 加治屋用水路 加治屋放水路の末端水路）に設置した。



写真3 設置状況



図3 エクセルシートによるデータ取得

(2) データの取得

ユーザ用のエクセルファイルを自分のパソコンにダウンロードし、マクロを有効にして

ファイルを開く。エクセルシート上の[データ取得]ボタンをクリックすると、データセンターからデータがエクセル上に送られ、VisualBasic によって作成されたプログラムによりグラフが自動作成される。(URL : <http://soildb.en.a.u-tokyo.ac.jp/nasu/>)

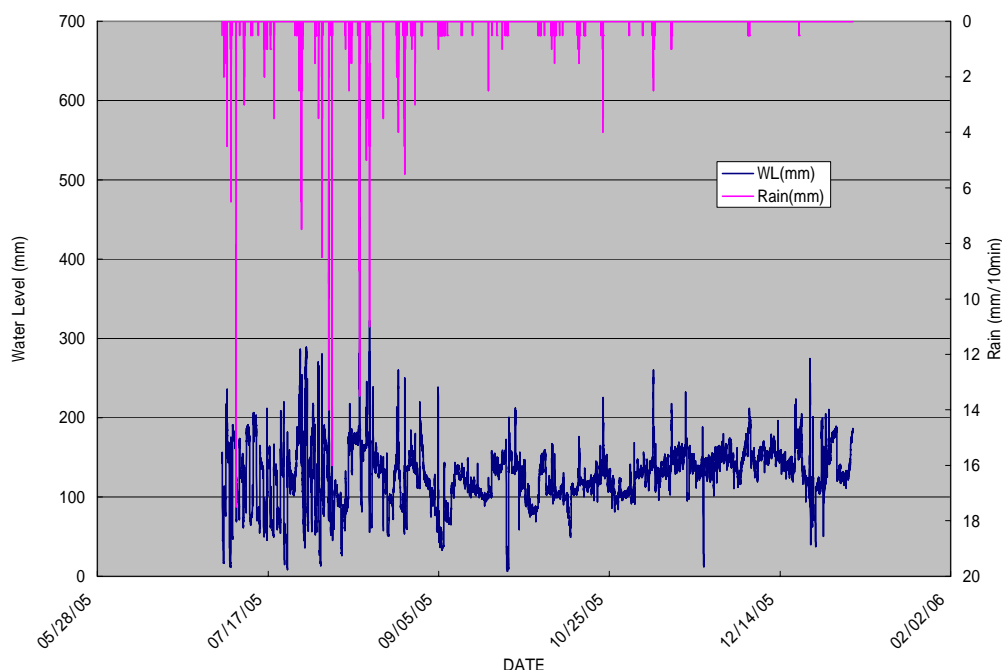


図 4 PFS-AW による水位変化と降水量のデータ

(3) 今後の課題

今回のシステムでは、携帯電話の電源を 1 日 3 時間 (12:00-15:00) だけ ON にするようにしたが、蓄電池の容量が小さかったため電力低下により、しばしばシステムが停止した。Web カメラは電力を消費するので、カメラ付きフィールドサーバを太陽電池で安定的に稼働させるためには、スリープ機能をつけるなどの消費電力を節約する工夫が必要である。

3-4-5 フィールド科学における SIMS-CP の有効性

フィールドは、完全にコントロールされた室内実験では得ることのできない貴重な土壌情報の宝庫である。そのようなフィールドに対して、SIMS-CP は室内実験の計測手法をそのままフィールドに持ち込み、フィールドを仮想的な実験室にするための変換器といえる。

実際、図 1 と図 2 で示した地温と土壌水分量は、まるで隣の実験室のデータをみているような感覚で、研究室から取得できる。実験室との唯一の違いといえば、不測のトラブルがあった場合に即座に対処できない点であろう。

しかし、これまでは現地に行ってみないと判らなかつたトラブルを事前に察知できるという点だけでも、本システムはフィールド科学の方法を大きく変える。例えば、単にデータロガーに供給される電源の電圧をモニターするだけでも、電池交換時期の予測に役立つ。また、取得したデータを事前にみておけば、トラブル対策を考え、道具を用意して現地に向かうこともできる。実際、今回の観測期間中に雨量計が稼働していないことに気づき、

代替品を持って現地に向かったこともある。こうしたメリットは、交通の便の悪い地域や海外に調査地をもつフィールド科学者には魅力的であろう。

3-4-6 おわりに

欧米ではここ数年の間に土壌情報のデータベース化が急速に進み、GIS などによる土壌情報の利用法に関する研究が進められている。筆者らも日本の土壌に関して、既存情報のデータベース構築法（野田ら 2001）やインターネットによる利用法（Mizoguchi 1999, Mizoguchi et al. 2000, 関ら 2001）を研究してきたが、SIMS-CP はこれをさらに一歩進めて、取得したデータをそのままデータベース化する手法と位置づけられる。

SIMS-CP でリアルタイムにモニタリングされる土壌情報を気象情報や既存の土壌データベースとリンクすることで、様々な応用技術への展開が考えられる。例えば、土壌水分量と降雨量の時間変化を過去の災害情報とリンクさせれば、地すべり予報が可能になろう。また、地域別作物データベースとリンクさせれば、地域ごとの最適な営農管理ができるようになると思われる。

また、PFS-AW は、ポータブルにしたことで農業用排水路の任意の地点に設置できる。これにより、気象協会等から提供される予想雨量情報に基づいて、事前に知りたい地点の予想推定高さに PFS-AW を設置すれば、実測雨量に対する農業用排水路ごとの応答特性（いわゆる水循環における動・静脈瘤）を知ることができることになろう。

今回のシステムではフィールド情報を農地土壌と農業用水に限定したが、電気信号に変換できる情報であればいくらかでもシステムの拡張が可能である。特に、土壌の汚染や浄化に対する社会的な関心（土壌物理学会，2001）を考えると、土壌中の硝酸や NAPL 類の濃度センサーの開発が期待される。また、PHS や無線 LAN、インターネットの利用を視野に入れて、データと画像を海外からも効率よく転送できるようにすることも今後の課題である。

参考文献

- C. S. Campbell, (2001a): Response of ECH2O Soil Moisture Sensor to Temperature Variation, DECAGON Application Note, (<http://decagon.com/echo/>)
- C. S. Campbell, (2001b): Response of the ECH2O Soil Moisture Probe to Variation in Water Content, Soil Type, and Solution Electrical Conductivity, DECAGON Application Note (<http://decagon.com/echo/>)
- M. Mizoguchi (1999): Development of internet tools for calculation and prediction of soil hydraulic properties, Characterization and Measurement of the Hydraulic Properties of Unsaturated Porous Media, University of California Riverside, 341-347
- M. Mizoguchi and K. Noborio (2000): Cyber Soil Center for Predicting Soil Water and Nutrients Movements in Agricultural Fields, Proceedings of the XIV CIGR World Congress 2000, 1755-1758
- 関 勝寿・野田 恭子・溝口 勝・宮崎 毅 (2001): インターネット対応型土壌データベース, 農業土木学会講演要旨集, 222-223
- 野田 恭子・関 勝寿・溝口 勝・宮崎 毅 (2001): 日本の土壌に関するデータベース構

築の試み，農業土木学会講演要旨集，224-225

土壤物理学会編(2001)：土壤の汚染と浄化 - 土壤物理学の貢献 - ，土壤物理学会シンポジウム講演要旨集

溝口 勝・矢吹裕伯(2002)：積雪寒冷地における地温変化と土壤の凍結融解過程，農業土木学会誌，70(4)，321-324

溝口勝・三上正洋・石井悟(2003)：携帯電話を利用した土壤情報モニタリングシステム，土壤の物理性，92，25-30

3-5 農業防災対策のための豪雨災害時における防災情報通信システム

3-5-1 はじめに

わが国は狭い国土面積（38万km²）で、しかも南北約3,000kmと細長い島国で複雑な海岸線を有し、中央を急峻な山脈が縦断し、国土の75%を山地が占めている。このような国土の特徴から、梅雨・秋雨前線や台風に伴う集中豪雨が発生すれば土砂災害が頻発し、また多くの地域では高潮や洪水が発生により大規模な水災害に見舞われる危険性を常に有している。

筆者らは、1993年の夏季に発生した長雨・豪雨による農業災害^{1)~3)}以降、1999年福岡・広島豪雨⁴⁾、2000年の東海豪雨⁵⁾、最近では2005年の梅雨前線豪雨⁶⁾や台風14号⁷⁾などを対象に、台風や梅雨・秋雨前線に伴う集中豪雨の気象的特徴や農業災害の発生状況について詳細な解析を進めてきた⁸⁾。顕著な局地性を有する集中豪雨による農業災害の解析には、気象庁のアメダスデータは勿論のこと、各種機関が独自に観測している雨量データを中心とした気象データの収集と解析が必要不可欠である^{9)~10)}。

近年のインターネットに代表される情報通信技術の進歩や、気象・水文観測技術の進歩により、高度な豪雨・高潮防災関連の情報が一般に公開・発信されつつある。さらに、2000年の土砂災害防止法¹¹⁾の制定、2001年の水防法¹²⁾の改正¹³⁾により豪雨災害に関する危険個所の周知や危険情報の伝達促進が制度化された。このことから、地方自治体による防災情報、豪雨・高潮災害時の警戒避難情報の整備は急速に進展している状況にある。

豪雨災害時における農業防災対策としての防災情報通信システムの利用は、今後も発生の頻度が増大すると予測されている豪雨災害を未然に予測・回避・減災することからも重要な課題であると言える。本報では、農業防災対策のための豪雨災害時における防災情報通信システムの利用について検討したので概要を報告する。

3-5-2 気象庁で観測された地上気象観測情報の公開

わが国における地上気象観測は、気象庁のアメダス（Automated Meteorological Data Acquisition System：地域気象観測システム）観測網が整備され、四要素観測（気温、風向・風速、降水量、日照時間）が21km四方に1ヶ所の割合で約850ヶ所、降水量観測が17km四方に1ヶ所の割合で約1,300ヶ所）実施されている。例えば、山口県では図1に示したように、地域気象観測所（気温、風向・風速、降水量、日照時間）が15ヶ所、地域雨量観測所が7ヶ所（無線ロケット雨量計を含む）で観測が実施されている。これらの観測所で観測した気象データは、気象庁に自動的に送信されて、図2に示したように「電子閲覧室¹⁴⁾」において、1961年からの気象データ（アメダスデータは1976年から）を閲覧・印刷・コピーすることが出来るようになっている（表1・表2）。

気象庁で観測された気象データは、印刷物として気象月報などの形で公開されてきたが、近年はCD-ROMの形として（財）気象業務支援センターで販売されている。当センターでは、インターネット気象データ提供システム（通称、メテオi-NET）を構築し、必要なデータをダウンロードまたはオーダーメイドによりCD-ROMを作成する、準リアルタイムのデータ提供サービス（会員制有料サービス）を実施している¹⁵⁾。

各県における農林関係の部署では、アメダスデータの利活用を図るために様々な形式で

インターネットによる気象情報の発信が行われている。たとえば、山口県では、「山口県農林業情報システム¹⁶⁾」においてアメダスデータのリアルタイム情報が公開されている(事前に登録が必要)。山口県の全地点、隣接する広島県(高野・八幡・内黒山・佐伯・大竹)、島根県(赤名・三隅・波佐・益田・匹見・十種峯・津和野・六日市)、福岡県(八幡・頂吉・行橋)について、1976年から現在までの特別・日別・半旬別・旬別・月別・年別の検索により観測値、極値、累積値の情報が得られる。また、ひまわり、天気図、レーダー、レーダーアメダス。注意報・警報、気象官署実況、きょう・あすの天気、週間予報、長期予報、気象庁台風の情報も閲覧できる。山口県以外にも、たとえば秋田県では「秋田県農業気象情報¹⁷⁾」において1976年からのアメダスデータを発信するなど、同様のシステムが各県で進められている。

3-5-3 国土交通省の「川の防災情報¹⁸⁾」の概要

情報通信・気象水文観測技術の進歩により、高度な豪雨防災情報システムの整備が進んでおり、国土交通省(旧建設省)河川局が管理する109ヶ所の1級水系を対象に、リアルタイムで雨量・水位などの情報を提供する「川の防災情報」のシステムが運用されている。本情報からは10分・1時間雨量と時間雨量の12時間履歴の情報が得られ、同時に水位、水質、積雪深、レーダー情報の閲覧も可能であり、携帯端末(i-MODEなど)でも利用できるようになっている。

3-5-4 都道府県における防災情報通信システムの概要

各県では、2級河川を管理する河川・砂防関係の部署において、リアルタイムで雨量・水位などの情報を提供するシステムを独自に構築して、運用を開始し始めている。2004年末現在において、独自に雨量(河川水位・潮位も含む)情報システム(県により「土木防災情報システム」などをはじめ、名称が異なる)の整備を実施している県は表4に示したように36都府県となっており、それ以外の1/4の11府県(宮城県、茨城県、栃木県、群馬県、千葉県、神奈川県、新潟県、京都府、鳥取県、岡山県、愛媛県)ではシステムが未整備または準備中の状況にある。

気象庁が所管するアメダスにおける降水量の観測所は、約17km四方に1ヶ所の割合で設置されているのに対して、県の河川課・砂防課が管理・運用しているシステムはアメダスとほぼ同様な設置箇所(北海道、秋田県など5道県)から約10倍(香川県)まで、大きな差異が認められている。また、河川の水位観測所についても、雨量観測所同様な傾向となっている。

近年、未整備の府県においても台風や前線に伴う局地的豪雨による浸水・土砂災害に見舞われていることから、早急にシステムの整備を進める必要がある。たとえば、愛媛県では河川関連部局でのみで閲覧が可能であったシステムをWeb上で閲覧できるように改良中である。また、整備時期が最も早かった鹿児島県では、2004年に整備した山形県などと最新のシステムの利用方法が大きく異なることから、利用者に立場から再構築の必要性も認められている。また、潮位観測所は各県の港湾課や河川課において整備が行われているが、防災情報システムで閲覧が可能な府県は大阪府、広島県、香川県、鹿児島県のわずか4県に過ぎない。今後は、地域住民にもインターネットや携帯端末で閲覧は可能な潮位観

測システムの整備が急務であると同時に、風観測の情報も同時に受信できることが望まれる。

1) 「山口県土木防災情報システム¹⁹⁾」の事例

山口県では土木建築部において平成 13 年度に「山口県土木防災情報システム」を構築し、防災関係機関への配信を開始し、平成 14 年度より Web 上で閲覧できるシステムが運用開始されている(図 3)。本システムは、雨量(128 局)と水位(95 局)の過去 24 時間の 60 分間毎および累積値の数値・グラフなどの情報がリアルタイムで配信、雨量観測時には 10 分間毎に観測が切り替わるシステムになっている。

しかし、24 時間以前の雨量・水位情報については閲覧出来ず、県内 22 ヶ所の気象庁「アメダス」地点や県内 1 級河川の佐波川や小瀬川の国土交通省「川の防災情報」、主要国道の道路気象情報とはデータの互換がないなど、システム改良の余地は残されている。2005 年 12 月には、県内 14 ヶ所の主要な港湾を対象に、潮位、気圧、風向・風速の要素についても閲覧できる機能が追加されており、海岸地域における農業防災に回避・減災にはきわめて有効な情報である。

2) 「香川県防災気象情報²⁰⁾」とその利活用

筆者らは、2004 年の台風 23 号により甚大な豪雨災害に見舞われた香川県を対象に、香川県土木部河川砂防課が整備した「香川県防災気象情報」を用いて、気象庁のアメダス情報をリアルタイムで提供する「電子閲覧室」と農業防災対策のための利用者の立場からその比較分析を行っている²¹⁾。「電子閲覧室」は全国約 1,300 ヶ所(気温、風向・風速、日照時間の四要素は約 850 ヶ所)の降水量データをリアルタイムで閲覧できるものの、面積 1,862 km²の香川県では 6 ヶ所(約 17km 四方に 1 ヶ所)にしか整備されたおらず(表 4 参照)、しかも 1 時間雨量しか閲覧することが出来ない。しかし、「香川県防災気象情報」は、過去 24 時間の情報に限定して 1 時間雨量、3 時間前までは 10 分間雨量を閲覧することが可能で、観測所も図 4 に示したように県内 71 ヶ所とアメダスの 10 倍以上に及んでいる。昨年の台風 23 号により大規模な土砂災害が発生した東さぬき地域もきめ細かく観測局が整備されていることから、表 5 や図 5 に示したようにアメダス観測値を大きく上回る豪雨を観測することが可能となっている。

また、河川砂防課が管理する河川の約 90 ヶ所に水位観測局が整備され、水位が通報・警戒・計画高水位のどの状況まで上昇しているのかを視覚的に見ることが出来る。気象情報には「注警報・津波予報・天気予報・天気分布予報・季節予報・アメダス・台風情報・レーダーアメダス・ひまわり・四国合成レーダ」、さらには潮位情報(7 ヶ所)も閲覧することが出来ることから、地域毎の農業災害の回避・減災するための手段として有効な情報であると言える。

3-5-5 市町村における気象観測システムの概要

都道府県と同様に、市町村においても独自に防災情報システムの運用が試みられている。たとえば、山口県宇部市では平成 12 年度から宇部市内の各所に雨量計を設置して宇部市 HP で配信している。図 6 に示したように、平成 16 年 11 月 1 日に宇部市と厚狭郡楠町と

が合併し、新「宇部市」誕生しており、旧楠木町には雨量計の設置が進んでいない。未設置の旧楠木町においても台風や前線に伴う局地的豪雨による土砂災害に見舞われていることから、市内でも防災情報の格差を是正する上でも早急に雨量計の設置を進める必要が示唆される。

3-5-6 農業防災のための防災情報システム利用をめざして

ここまで示してきたように、気象庁、国土交通省河川課、地方自治体では、雨量、河川水位、潮位などの防災に関する情報をリアルタイムで発信するシステムを独自に構築し、地域防災力の向上のための利用の普及・促進を行ってきた。また、市町村の中には農村型CATV局に気象ロボットを導入して局地気象データの配信を行ってきた²²⁾。今後は、このようなきめ細かなリアルタイムの防災・気象情報を、農家サイドにおける農業防災のための積極的な利用が推進されることを期待したい。

謝辞

本報告を作成するに当たり、国土交通省河川課・気象庁をはじめ地方自治体においてインターネットにより公開されている防災情報システムを利用させていただいた。香川県土木部河川砂防課からは、2004年台風23号の通過時における雨量・水位データのご提供をいただいた。

本調査研究は、(財)ユニバーサル財団、(財)国際コミュニケーション基金、(財)セコム科学技術振興財団、(財)鹿島学術振興財団の研究助成金の一部を使用させていただいた。ここに、厚く謝意を表します。

参考文献

- 1) 山本晴彦, 鈴木義則, 早川誠而: 1993年の異常気象による西日本の農業災害. 自然災害科学, 14(1), pp.31-42 (1995)
- 2) 山本晴彦, 鈴木義則, 早川誠而: 1993年異常気象による九州・中国地方の水稻被害. 農業気象, 50(1), pp.43-48 (1994)
- 3) 山本晴彦, 早川誠而, 鈴木義則: 西日本における1993年冷夏・凶作と1994年猛暑・豊作, 天気, 45(3), pp.163-170 (1998)
- 4) 山本晴彦, 岩谷 潔, 鈴木賢士, 早川誠而, 鈴木義則: 1999年6月29日に福岡県と広島県において発生した豪雨の特徴, 自然災害科学, 20(4), pp.403-421 (2002)
- 5) Yamamoto, H., Iwaya, K.: Characteristics of Heavy Rainfall and Flood Damage in Aichi Prefecture from September 11th to 12th 2000, Journal of Natural Disaster Science, 24(1), pp.15-24 (2002)
- 6) 山本晴彦, 岩谷潔: 山口県東部における梅雨前線に伴う2005年7月3日の豪雨の特徴と浸水被害. 自然災害科学, 24(3), pp.323-331 (2005)
- 7) 山本晴彦, 岩谷潔, 東山真理子: 2005年台風14号(NABI)による豪雨の特徴と錦川流域の浸水被害, 自然災害科学西部地区部会報・論文集, 30, 印刷中 (2006)
- 8) Yamamoto, H, Iwaya, K.: Changes and the Characteristics of Heavy Rainfall Disasters in Japan. Journal of Agricultural Meteorology, 60(5), pp.917-920 (2005)

- 9) 山本晴彦, 岩谷 潔, 鈴木賢士, 早川誠而, 鈴木義則: 山口県北部における各機関の降水量観測の状況と詳細な降水量分布の把握, 自然災害科学, 19(4), pp.437-452(2001)
- 10) 山本晴彦, 東山真理子, 岩谷 潔: 防災情報通信システムの整備と豪雨災害時における地域住民における気象情報の利活用, 気象利用研究会講演論文集, 17, pp.24-27(2005)
- 11) 土砂災害防止法
<http://www.mlit.go.jp/river/sabo/linksinpou.htm>
- 12) 水防法 <http://www.houko.com/00/01/S24/193.HTM>
- 13) 水防法改正の内容
<http://www.mlit.go.jp/river/saigai/tisiki/syozaiti/suibo.html>
- 14) 電子閲覧室
<http://www.data.kishou.go.jp/index.htm>
- 15) メテオ i-NET <http://www.jmbse.or.jp/>
- 16) 山口県農林業情報システム
<http://www.nourin.pref.yamaguchi.jp/norin35/norin35.asp>
- 17) 秋田県農業気象情報
<http://kisyo.agri-ex.pref.akita.jp/agr/>
- 18) 川の防災情報 <http://www.river.go.jp/>
- 19) 山口県土木防災情報システム
<http://y-bousai.pref.yamaguchi.lg.jp/>
- 20) 香川県防災気象情報
http://www.pref.kagawa.jp/bosai/ksy/a2/index_ksy.html
- 21) 山本晴彦, 岩谷 潔, 松村伸二: 2004 年に四国地方で発生した豪雨の特徴, 中国・四国の農業気象, 18, pp.18-22(2005)
- 22) 山本晴彦: 耕地環境の計測・制御 - 役立つ新しい解説書 -、第4章 4.3 節 気象情報の利用、pp.159-170 養賢堂(2001)

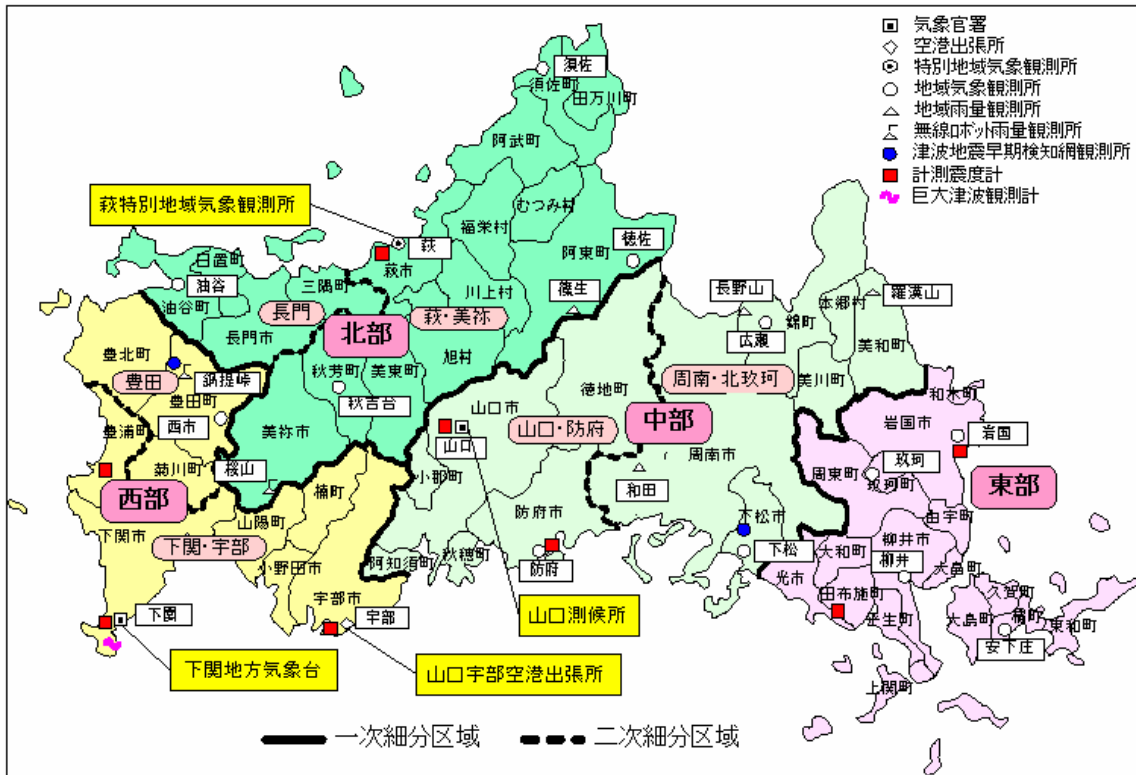


図1 山口県の予報区と観測所(下関地方気象台HPより転載)

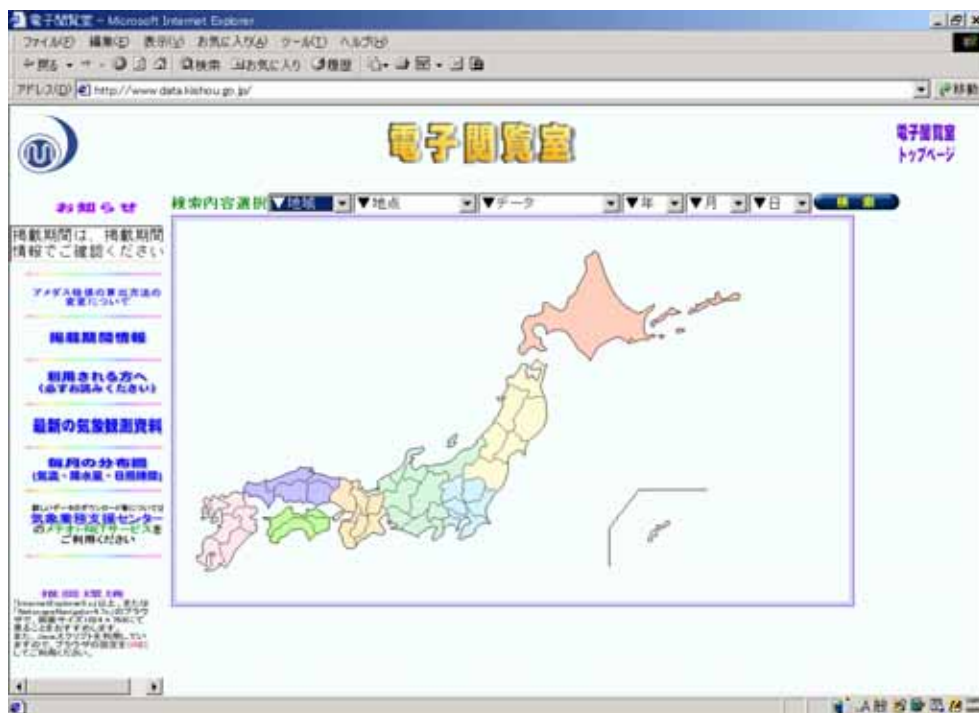


図2 気象庁が開設した電子閲覧室(<http://www.data.kishou.go.jp/index.htm>より転載)

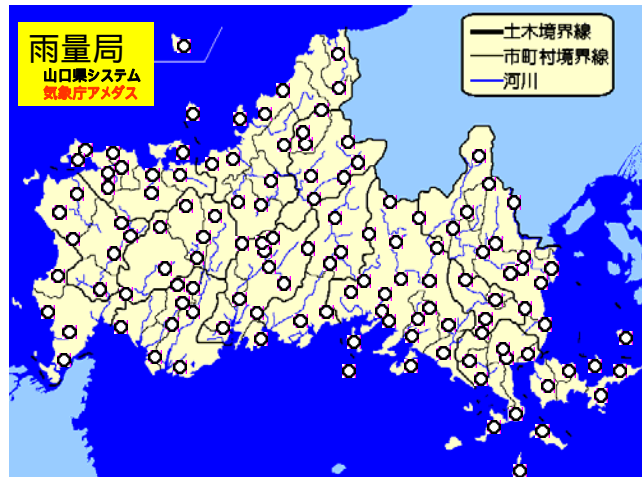


図3 山口県土木防災情報システム(雨量局)

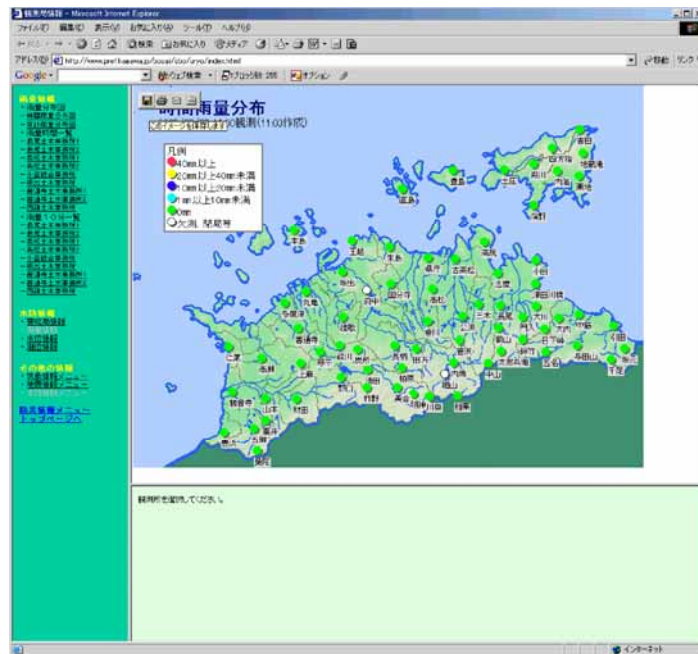


図4 香川県防災気象情報(雨量局)

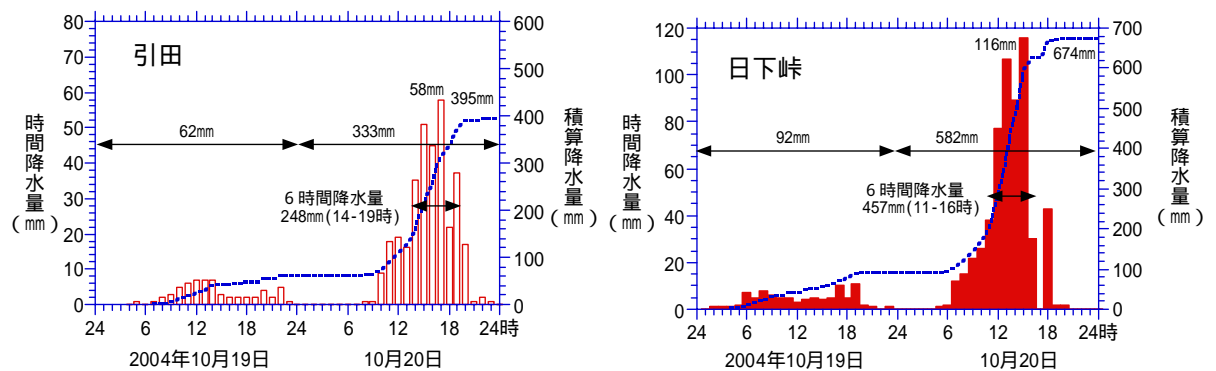


図5 引田(アメダス)と日下峠(香川県防災気象情報)における1時間降水量とその積算値の推移



図6 宇部市における雨量観測所の設置状況
(で囲んだ地区名は設置済み)

表1 観測値における掲載期間

観測値	気象台・測候所のデータ	アメダスのデータ
1日の毎時の値	1976年～昨日まで	1976年～昨日まで
1ヶ月の毎日の値	1961年～昨日まで	1976年～昨日まで
1年間の毎月の値	1961年～先月まで	1979年～先月まで
毎年の値	1961年～2002年	1979年～2002年
極値	統計開始～昨日まで	統計開始～昨日まで

表2 電子閲覧室のデータをコピーし、EXCELにHTML形式でペーストした事例

日	平均 現地 気圧 hPa	平均 海面 気圧 hPa	平均 気温	最高 気温	最低 気温	平均 相対 湿度 %	最小 相対 湿度 %	平均 風速 m/s	最大 風速 m/s	風向	最大 瞬間 風速 m/s	風向
1日	1003.5	1005.5	19.4	24.3	14.7	67	49	2.5	6	北北西	12	北北西
2日	1006.6	1008.6	19.9	28.3	13	64	23	1.5	4.5	西南西	8.9	西南西
3日	1009.4	1011.5	20.4	26.1	14.1	63	31	1.1	3.4	南南西	6.7	南西
4日	1005.7	1007.8	22.5	28.4	16.7	58	29	1.4	4	南西	8.2	西南西
5日	1006.8	1008.9	21.9	29.7	16.4	60	33	1.3	4	西	8.1	西北西
6日	1006.9	1009	22.3	29.2	15	55	30	1.8	4.6	南南東	8.8	南南東
7日	1008.4	1010.5	22.9	28.6	18.7	60	25	1.6	3.7	南南西	7.7	南南西
8日	1011.6	1013.6	23.1	29.8	17.3	62	28	1.7	4.9	南東	8.8	南東
9日	1009.6	1011.7	23.8	30.1	17.9	58	32	2.9	6.9	南東	12.1	東南東

表 3 川の防災情報(i-MODE 版, 筑後川水系(福岡/佐賀))

雨量観測所

原田観測所

宝満川

福岡県筑紫野市

02/15 更新

07:50 現在

現在の降雨状況

10分: 0

時間: 0

累加: 0

● 12時間履歴

時間/累加

07時: 0/ 0

06時: 0/ 0

05時: 0/ 0

04時: 0/ 4

03時: 0/ 4

02時: 0/ 4

01時: 0/ 4

24時: 0/ 4

23時: 0/ 4

22時: 0/ 4

21時: 0/ 4

20時: 0/ 4

● 1時間履歴

10分/累加

07:50: 0/ 0

07:40: 0/ 0

07:30: 0/ 0

07:20: 0/ 0

07:10: 0/ 0

07:00: 0/ 0

06:50: 0/ 0

表 4 気象庁アメダスと都道府県の防災情報システムとの比較

都道府県名	面積 (km ²)	アメダス				防災情報システム			
		四要素 (箇所)	四方km /箇所	降水量 (箇所)	四方km /箇所	雨量 (箇所)	倍率**	水位 (箇所)	潮位 (箇所)
北海道	78,419.00	159	22.2	228	18.5	278	1.2	291	-
青森県	9,606.78	22	20.9	31	17.6	*185	6.0	*130	-
岩手県	15,278.64	33	21.5	52	17.1	74	1.4	57	-
宮城県	7,285.53	18	20.1	24	17.4	-	-	-	-
秋田県	11,612.22	24	22.0	37	17.7	39	1.1	97	-
山形県	9,323.39	20	21.6	32	17.1	177	5.5	127	-
福島県	13,782.75	29	21.8	48	16.9	102	2.1	99	-
茨城県	6,095.68	14	20.9	23	16.3	-	-	-	-
栃木県	6,408.28	14	21.4	22	17.1	-	-	-	-
群馬県	6,363.16	13	22.1	23	16.6	-	-	-	-
埼玉県	3,797.25	8	21.8	14	16.5	14	1.0	20	-
千葉県	5,156.54	14	19.2	17	17.4	-	-	-	-
東京都	2,187.09	14	12.5	20	10.5	77	3.9	82	-
神奈川県	2,415.85	5	22.0	11	14.8	-	-	-	-
新潟県	12,582.58	27	21.6	45	16.7	-	-	-	-
富山県	4,247.34	9	21.7	15	16.8	83	5.5	71	-
石川県	4,185.43	11	19.5	15	16.7	106	7.1	110	-
福井県	4,189.22	9	21.6	15	16.7	81	5.4	60	-
山梨県	4,465.37	10	21.1	15	17.3	68	4.5	58	-
長野県	13,560.55	29	21.6	48	16.8	146	3.0	-	-
岐阜県	10,622.85	23	21.5	37	16.9	138	3.7	102	-
静岡県	7,779.82	17	21.4	29	16.4	141	4.9	113	-
愛知県	5,162.50	11	21.7	19	16.5	140	7.4	-	-
三重県	5,776.59	12	21.9	21	16.6	*169	8.1	*122	-
滋賀県	4,017.36	9	21.1	13	17.6	91	7.0	63	-
京都府	4,612.98	8	24.0	19	15.6	-	-	-	-
大阪府	1,893.75	7	16.4	9	14.5	46	5.1	94	7
兵庫県	8,393.51	19	21.0	31	16.5	142	4.6	127	-
奈良県	3,691.09	6	24.8	15	15.7	75	5.0	30	-
和歌山県	4,725.82	12	19.8	19	15.8	137	7.2	44	-
鳥取県	3,507.21	9	19.7	15	15.3	-	-	-	-
島根県	6,707.47	16	20.5	27	15.8	107	4.0	96	-
岡山県	7,112.70	15	21.8	24	17.2	-	-	-	-
広島県	8,477.73	18	21.7	32	16.3	54	1.7	88	13
山口県	6,111.11	16	19.5	22	16.7	128	5.8	95	-
徳島県	4,145.46	8	22.8	13	17.9	51	3.9	-	-
香川県	1,876.16	6	17.7	7	16.4	71	10.1	93	7
愛媛県	5,676.92	15	19.5	21	16.4	-	-	-	-
高知県	7,104.88	15	21.8	27	16.2	52	1.9	65	-
福岡県	4,974.75	12	20.4	18	16.6	135	7.5	42	-
佐賀県	2,439.31	4	24.7	9	16.5	84	9.3	5	-
長崎県	4,094.39	14	17.1	19	14.7	128	6.7	58	-
熊本県	7,404.42	17	20.9	28	16.3	145	5.2	-	-
大分県	6,339.11	14	21.3	24	16.3	71	3.0	66	-
宮崎県	7,734.77	18	20.7	27	16.9	124	4.6	20	-
鹿児島県	9,187.50	30	17.5	40	15.2	259	6.5	38	6
沖縄県	2,273.93	17	11.6	25	9.5	25	1.0	23	-
合計	372,806.74	850	20.9	1,325	16.8	3,589	2.7	2,334	33

*国土交通省所管の観測所を含む

**アメダスの雨量観測所に対する県所管の雨量観測所の倍率

表5 香川県東部における2004年台風23号による降水の特徴

順位	観測所名	所在地 (市町名)	日降水量		積算降水量 (mm)	最大1時間	最大3時間	最大6時間
			19日(mm)	20日(mm)		降水量(mm)	降水量(mm)	降水量(mm)
1	日下峠	東かがわ	92	582	674	116	312	457
2	与田山	東かがわ	81	513	594	107	246	399
3	大内	東かがわ	85	466	551	88	222	361
4	前山	さぬき	72	457	529	125	263	376
5	大川	さぬき	89	436	525	91	229	335
6	五名	東かがわ	80	441	521	88	190	322
7	太郎兵衛	さぬき	77	427	504	90	202	322
8	千足	東かがわ	82	419	501	62	158	266
9	門入	さぬき	83	412	495	76	221	334
10	鈴竹	東かがわ	67	412	479	83	184	293
アメダ ス	引田	東かがわ	62.0	333.0	395.0	57.5	161.5	255.0
	福原旭	徳島県	79.5	470.0	549.5	70.0	206.0	362.5

3-6 GA による農耕地の適地選定モデルとその応用

3-6-1 はじめに

リモートセンシング技術の遠隔探査の対象は、銀河系、太陽惑星系、地球に大別することができる。われわれの生存する地球の調査は、衣食住といった一次産業に直接係ることからリモートセンシング技術の利活用が盛んになされてきた。その代表的な事例は、気象衛星観測であり、大気圏流体の解明と予測であり、日々の短期予測、週・月間予測、年間予測、数年の長期予測へと発展してきている。わが国の主穀物である水稻を例示しても、その生産高は気象条件に左右されることは既成の事実である。この問題を解決するには未だ時間のかかる長期的課題である。気象条件以外には、立地条件が生産高に影響を及ぼす。立地条件の要因としては、3次元位置情報である地球座標系の緯度、経度、標高とそこに存在する地表情報の土壌である。3次元位置情報は汎地球測位システム(GPS, GLONASS)の活用があり、地表の土壌や生育状況は軌道衛星によって観測できる。特に農作物の調査の画像データ利用は盛んで、低解像度 1 km の NOAA/AVHRR センサー、中解像度 10 ~ 100 m の SPOT/HRV センサー、LANDSAT/MSS, ETM センサー、高解像度 0.6 ~ 5 m の各種センサーが用いられ無償利用の方向にある¹⁾。この中でも、近年運行している超高解像度 1 m 以下の IKONOS/MSS、QuickBird/MSS センサーが農耕現状把握図をはじめ農公共事業、農村農業設備管理、農林防災環境、農作物開発など多分野の用途に幅広く有償で活用されている²⁾。

この研究では、わが国のユビキタス社会にリモートセンシング技術をいかに有効に活用していくかということを念頭におきながら、農業農村情報研究の一端として、農耕地適地選定モデルについて論述する。

3-6-2 ユビキタス社会における農耕地開発

ユビキタスコンピュータは³⁾本来、コンピュータの情報資源をどのコンピュータでも共有できる環境を構築し、情報通信することが念頭にあったが、インターネットの普及によってほぼ達成された。これに加え汎地球測位システムのデータ取得の公開によって、位置情報と関係付けることができるようになり、ユビキタスの偏在すなわち「何所にでも」が、無線だけでなく有線によっても可能となってきた。そこで、リモートセンシング技術によって抽出されたデータをいかにこの通信網に生かすかがユビキタス社会に課せられた課題であるとも受け止められる。ここで、農耕地適地選定問題を取り上げたとき⁴⁾、LUCC 問題からの耕地被覆率⁵⁾、エネルギー問題からの自給率が基本条件として存在し、この条件下において、どこに、なにを生産させるべきかという問題を解くモデルが必要になってくる。社会変動への対応が過去の経験の延長で対応できるケースもあるが、そうでないケースがあり、後者への対抗がユビキタス社会では、ますます重要視されよう。そこで、農耕地適地選定では、「何処に」、「何を」生産すると生産高に「如何に」効果をもたらすかという問題であると定義し、農耕地適地選定問題を解く方法論を述べ⁶⁾、モデル化の現実の可能性を明らかにするために、事例として、衛星画像や航空機で作成される主題図(地図)を活用して、農耕地の現状と面積の分布調査をする。

次に、作物集合(種類) Q における生育属性 X を土地属性と気象属性条件に2区分して、

これらに係るデータとリンクさせながら、最適化問題として定式化することでコンピュータシミュレーション可能なモデル化ができるので、このモデルのパレット解を算出する。一般の農耕地は単作物以外に多期作などが実施されていることから、作物の定式化には NP 問題への対応として、遺伝的アルゴリズム (GA) を用いて収束効率を向上させる。そして、パレット解を求めるには、わが国の分析地区への適用をして具現化に近づける。

3-6-3 作物の農耕地適地選定の定式化

農耕地適地選定は、最適化問題を包含する線形の 0 - 1 計画問題として解くことができる^{7),8),9)}。また、地域を広域的に捉えることでリモートセンシング技術の衛星画像からの主題図や地図が活用できる。一般に、このリモートセンシング技術による広域農耕地適地選定モデルは、中国大陸や南アメリカ、アフリカのような広大な土地を有する諸国での山林・原野などの未開拓地を農地として開発するのに適しているが¹⁰⁾、作物の立地条件と気象条件の適地選定諸要因の組み合わせが多く NP 問題となるため¹¹⁾、モデリングの世界から脱皮しえなかったといえよう。

しかし、遺伝的アルゴリズム (GA) 応用研究の進展するなか、この NP 問題の打開策として適用してみたところ、単作物の適地選定の解法の可能性を見出すことできた¹²⁾。この農耕地適地選定問題では、従来行ってきた作物生育および土地開発の可否を規定する属性とその属性状態をまず定義し、属性値とその収量の関係を多状態信頼性理論の最小パスベクトルによって表現可能にする。そして、分析地区の各属性の内、改善可能な属性を操作することで、総開発費 H の最小化、作物総収量 J の最大化をする最適化 2 問題を同時解く関係とこれに伴う諸条件を以下に示す¹³⁾。

(1) 耕地の土地属性

作物の栽培および収量に影響を与える生育環境要因を表したものを属性 A_i ($i=1,2,\dots,n$) とし、ここでは、土壌関連属性、土地被覆関連属性、気象関連属性、地形関連属性の種類を上げる。

具体的な属性モデルには、有効土層厚・れき含量・土性 (土壌関連属性)、地目 (土地被覆関連属性)、気温・降水量・日照時間 (気象関連属性)、傾斜度 (地形関連属性) の 8 属性要因を用いる。ここで、気象関連属性と土地被覆関連属性は作物ごとに属性が異なる。また、土地属性の中には一定の開発費をかけることで状態を改善することができるものも存在し、それらのことを特に状態改善可能属性とする。

作物の収量は各属性によって収量が変化することから、収量を区分化できるように、各属性を L_v 段階の状態で表現することにする。段階 L_v の数字が大きいほど収量の多い良好な状態を表すこととする。

(2) 属性状態ベクトル

分析地区の各区画に対する土地属性状態の集合を属性状態ベクトル X_j とし、ある区画 j の属性 A_i の状態を x_j とすると、属性状態ベクトルは、属性数を n としたとき次のように表現できる。

$$X_j = (x_1, x_2, \dots, x_n) \quad (3.1)$$

属性Aとその属性状態Xを表1に示す。

(3) 最小パスベクトル

このGAモデルにおける最小パスベクトルは、作物収量の達成条件を表すもので、属性状態ベクトルと収量レベルの関係を表すことになる。ある収量を得るために最低限必要な土地属性 A_i の状態を y_i とすると、最小パスベクトル P_i は、以下のように表す。

$$P_i = (y_1, y_2, \dots, y_n) \quad (3.2)$$

また、土地属性 A_i の状態が x_i である区画の最小パスベクトル番号は、最小パスベクトルを収量の多い順に並べたとき、以下の式を満たす。

$$x_k \geq y_k \quad k \quad (3.3)$$

ただし、属性状態ベクトルの値に1つ以上0がある場合には、その区画の収量は0とする。

わが国の水稻の最小パスベクトルを表2に示す。

(4) 作物の総収量

分析地区全体における作物の収量の総和、ある区画 j の最小パスベクトル番号を k_j 、それから得られる収量を $f(k_j)$ とすると、対象地区の区画集合を T 、区画 j の面積を a_j としたとき、対象地区全体の作物総収量 J は次のようになる。

$$J = \sum_{j \in T} a_j f(k_j) \quad (3.4)$$

(5) 総開発費

分析地区全体における状態改善に要する開発費の総額を総開発費 H で表す。ある区画に対して、改善前属性状態ベクトル X_j から改善後属性状態ベクトル X_j' へと開発を行ったとき、その土地の開発にかかる費用を h_j とすると、分析地区の区画集合を T 、 T のある区画 j の面積を a_j としたとき、対象地区全体にかかる総開発費は次のようになる。

$$H = \sum_{j \in T} a_j h_j \quad (3.5)$$

なお、開発費の算出には、作物の単価を要するので、分析地区の市場調査より表3を用いる。また、状態の改善をするには、表1の*の改善可能属性とその改善コスト(単位：万円/10a)が必要なので、表4を用いる。

3-6-4 遺伝的アルゴリズムの改良プログラム

遺伝的アルゴリズム(GA)を用いて多目的最適化問題を解く研究も進められてきたが¹⁴⁾、

以前のプログラム pgm-0 では、開発費の上限 C_{\max} ($H \leq C_{\max}$) を定めたときの総収量 J

を最大化する最適化問題とし、開発費の上限を変化させパレット最適解を得てきた。

また、単作物の適地選定問題のコーディングは、状態改善可能属性の状態番号を区画数だけ並べ、ある区画 j の属性状態ベクトル $X_j = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ が、 $x_k \neq 0 \quad \forall k$ を満たす時

とし、各区画に対して状態改善可能属性の個数 n の各々についての状態を bit 列で並べたものである。

この研究では、パレット解曲線の形状の振動性状を滑らかにし収束性の向上を以下の点で改良して、パレット解を算定できるGA試作プログラム prg-1 を作成する。

(1) 解空間の改善

試作プログラム prg-1 の実行結果のパレット解を横軸に開発費、縦軸に収穫量にしてプロットしたとき、初期開発費に対するパレット解が得られていない。このことは、この問題の解空間に占める解空間が小さく開発費の上限 C_{\max} が低いとき、解が求まらないことに起因する。これは条件式を満たさない個体同士は共に適応度が 0 になるために優劣がつかず、適応度 $f > 0$ となる個体が現れるまで解が求まらないためであると推定される。そこで、評価法の改善として評価関数（適応度） f を用いてきた。

$$f = \begin{cases} J & (H \leq C_{\max}) \\ \frac{C_{\max}}{H} & (\text{それ以外}) \end{cases} \quad (4.1)$$

(2) パレット解曲線の改善

パレット解が C_{\max} が高くなるにつれて、曲線が滑らかとはいえない。また、最適解が求まりにくくなっている。これはコーディングする全塩基配列の組み合わせの数に対して、個体数が少ないために局所解に陥りやすいと考えられる。そこで、複数の表現型の導入を考える。この方法はデコーディングによって個体から得られた区画 j における状態改善可能

属性 A_i の状態を z_i としたとき、個体の表す複数の改善後属性状態ベクトル、

$$X1_j = (x1_1, x1_2, \dots, x1_n), \quad X2_j = (x2_1, x2_2, \dots, x2_n), \quad X3_j = (x3_1, x3_2, \dots, x3_n),$$

$$X4_j = (x4_1, x4_2, \dots, x4_n)$$

には、以下の式が成り立つので、

$$x1_k = \begin{cases} \max(z_k, x_k) & (\text{区画}j\text{が改善可能かつ}A_k\text{が状態改善可能属性}) \\ x_k & (\text{それ以外}) \end{cases} \quad \forall j, k \quad (4.2)$$

$$x2_k = \begin{cases} \min(4, x_k + z_k - 1) & (\text{区画}j\text{が改善可能かつ}A_k\text{が状態改善可能属性}) \\ x_k & (\text{それ以外}) \end{cases} \quad \forall j, k \quad (4.3)$$

$$x3_k = \begin{cases} (x1_k + x2_k) / 2 & (\text{区画}j\text{が改善可能かつ}k = 1, 2) \\ 4 & (\text{区画}j\text{が改善可能かつ}k = 7, 8) \\ x_k & (\text{それ以外}) \end{cases} \quad \forall j, k \quad (4.4)$$

$$x4_k = \begin{cases} x2_k & (\text{区画}j\text{が改善可能かつ}k = 1, 2) \\ 4 & (\text{区画}j\text{が改善可能かつ}k = 7, 8) \\ x_k & (\text{それ以外}) \end{cases} \quad \forall j, k \quad (4.5)$$

式(4.2)で示される $X1$ は、改善可能属性の改善後属性状態に、改善前属性状態と個体の表す状態のうち、大きい値が選択されてきた。式(4.3)で示される $X2$ は、個体の表す状態を改善前属性状態の増分値として用いるものである。式(4.4)で示される $X3$ と式(4.5)で示される $X4$ は、水稻の最小パスベクトル(表 2)から土地属性属性 A_s 、 A_g が状態 4 でない限り収量が得られない点を考慮したものである。

(3) 双方向探索

複数の表現型を用いた prg-1 では、その表現型の変わり目で値がジャンプする問題点があったので、これまで昇順に C_{\max} を変化させるのと、逆順に C_{\max} を変化させながら探索を行うことを実験してみたところ、最適解への収束を早められた。これはすべての作物モデルに使えるもので、逆順探索法の導入をすることにした。

3-6-5 事例適用時の GA パラメータの調整

(1) 個体数・世代数の調整

個体数 N_i を変化させたときの個体数と収量合計、実行時間の関係について実験を行った。この結果、 $N_i \geq 160$ の部分で収量合計が安定してきているので、 $N_i = 200$ を採用する。

世代数 N_g の調整は、世代数と収量合計、実行時間の関係について実験を行った。この結果、 $N_g \geq 30$ で収量合計が安定してきたので、 $N_g = 50$ を採用する。

(2) NP 問題の対策

ここまでの仮定から、区画数 $j=50$ 前後の分析地区に対しては、GA を用いて農耕地適地選定問題が解くことが可能であった。しかし、50 区画の分析地区での改善可能な土地属性の組み合わせ数 C_1 は、式(2.6)から $C_1 \leq 4^{4 \times 50}$ となり、コンピュータ処理のことも考えると、これより広い分析地区の適地選定は不可能になる傾向にある。実際、2ヶ所の分析地区の区画数は共に 1,000 にも及び、この分析地区での改善可能な土地属性の組み合わせ数 C_2 は、 $C_2 \leq 4^{4 \times 1000}$ となり、組み合わせ数が多すぎる。そこで、分析地区の分割処理を取り入れ、その地区ごとにパレット最適解を求め、それらの合成手法を思考する。この分割地区のパレット最適解を合成して分析地区全体のパレット最適解に組み直すことを、「分割地区合成」と呼ぶことにする。

(a) 分割地区合成問題の最適化

分割地区合成問題も分析地区全体の総収量 TJ を最大化、総開発費 TH を最小化する 2 目的最適化問題となるので、開発費の上限 TC_{\max} を定め、その条件式(5.1)の範囲内で TJ を最大化する最適化問題として解く。

$$TH \leq TC_{\max} \quad (5.1)$$

以下に、この問題の遺伝子へのコーディング、個体の評価方法を示す。

分割地区問題の遺伝子へのコーディングは、代数的思考では、分割地区ごとのパレット最適解の標本番号を2進数に変換して塩基配列のbit列に並べることによって実施できるので、分割地区数： n 、分割地区ごとの標本数： m であるとき、個体の持つ塩基配列の長さは、 $n \lceil \log_2 m \rceil$ と短く表すことができる。

(b) 個体の評価

次に、分割地区合成問題の個体の評価について述べる。ある分割地区 i において、標本番号 k の総収量を $J_i(k)$ 、総開発費を $H_i(k)$ とすると、分割地区合成問題において個体のデコーディング処理によって取り出した分割地区 i の標本番号を b_i としたとき、その個体の表す分析地区全体の総収量 TJ と総開発費 TH は、分割地区の集合を S とすると次のように表される。

$$TJ = \sum_{i \in S} J_i(b_i) \quad (5.2)$$

$$TH = \sum_{i \in S} H_i(b_i) \quad (5.3)$$

また、ある分割地区 i に含まれる区画 j において、標本番号 k の改善後属性状態ベクトルを $X'_{ij}(k)$ とすると、分割地区合成問題において個体のデコーディング処理によって取り出した分割地区 i の標本番号を b_i としたとき、その個体の表す分析地区の改善後属性状態ベクトル TX'_j には、次の関係が成り立つ。

$$TX'_j = X'_{ij}(b_i) \quad \forall i, j \quad (5.4)$$

上式(5.2)、式(5.3)から個体の表す分析地区全体の総収量 TJ と総開発費 TH が求まり、式(5.4)から分析地区に対する区画ごとの改善後属性状態ベクトルも得られる。

この個体の評価方法には上記の処理で得た TJ, TH を用いて、式(5.5)の評価関数(適応度) f を用いる。

$$f = \begin{cases} TJ & (TH \leq TC_{\max}) \\ \frac{TC_{\max}}{TH} & (\text{それ以外}) \end{cases} \quad (5.5)$$

上記の分割地区合成を含めた改良プログラム prg-2 の手順を図 5.1 に示す。

これまで述べてきた改良点を包含したことにより、区画数の多い分析地区でも、単作物の農耕地適地選定モデルの最適解を求めることが可能になる。

(3) 複作物のモデル

これまでの研究によって、単作物を対象とした農耕地適地選定問題は最適解を求めることが可能になった。

そこで、複作物を対象とした農耕地適地選定問題について述べる¹⁵⁾。

複作物を対象とした農耕地適地選定問題には、1 年を 2 つの時期に分けて、それぞれに分析地区全体で 1 つの作物のみを育てる二毛作の問題と、分析地区において同時期に複数の作物を育てる複作物の問題に限定する。これらの問題は、単作物の遺伝子コーディング部分と評価法部分を換えるだけで実現できる。以下に、複作物の農耕地適地選定問題に対する遺伝子へのコーディング法と個体の評価法について述べる。

(4) 二毛作のモデル

二毛作の適地選定問題のコーディングは、2 種の作物モデルに対して状態改善可能属性の状態番号を区画数だけ羅列する。本研究のわが国の事例における作物モデルは、すべての状態改善可能属性は作物の種類に関わらず共通属性とすることができる。そのため、作物ごとのコーディングは単作物のコーディング法を用いる。

ただし、地目については水稲モデルとそれ以外の作物モデルで状態が異なるため、状態 3 を畑地、状態 4 を水田とすることにした。

3-6-6 分析地区と作物の生育条件

(1) 分析地区の概要

わが国の水稲生産の北部と南部では、気象条件を含めた生育条件が異なることから、北部のモデル地区として、北海道岩見沢地区を選定する。この他、モデル選定には農耕地の分布面積も考慮の対象となることから、区画選定の調査も行っている¹⁵⁾¹⁶⁾。

この地区は、北海道中央の石狩平野東部に立地する岩見沢市内にあり空知支庁所在地である。東半分は夕張山地、西側は沖積平野からなり、道内有数の豪雪地帯で農業が中心産業である。この分析地区では、1 区画の土地面積を 1 ha(100m × 100m)としたとき、30 × 30 格子の 900 区画を事例モデル領域に選定することができる。

(2) 作物の生育条件

(a) 水稲

主な生育特性として水稲は水田で栽培され水を保有する平地が必要である。育苗期間はハウスなどで育てられるので、本田に移植されてからの水稲を作物の対象にする。幼穂形成期から出穂期までの適正な温度環境は、昼間 30 ~ 35 、夜間 25 ~ 30 、水温 25 以上が望ましい。葉面積は幼穂分化から出穂までの間でピークを迎える。

(b) 小麦

寒冷地にも強く年間降水量 400 ~ 1,000mm の地域でよく栽培される。小麦の主な生育特性としては排水した田・畑のどちらでも栽培可能である。発芽の適温は 25 前後(最高 40 、最低 0 ~ 2 程度)である。開花の適温は 18 ~ 20 であり葉面積は出穂期にピークを迎える¹⁷⁾。

(c) 馬鈴薯

萌芽は5月で開始し芋の形成と肥大には15~20℃が適温で、29℃以上になると芋の肥大は停止する。土壌に対する適応性は広く、排水良好な砂壤土ないし壤土が生育に適する。乾燥に弱いが過度の水分は塊茎の腐敗を招く。

また、馬鈴薯の葉面積は塊茎肥大時にピークを迎える^{18) 19)}。

(d) 小豆

主な生育特性として、温暖な気候を好み、地温が10℃以上で播種可能となる。葉面積は開花後30日頃にピークを迎える。登熟期はやや冷涼で乾燥した気候が望ましい。また、小豆は着蕾から開花期の低温により減収する²⁰⁾²¹⁾。

3-6-7 分析地区への適用結果

(1) 単作物ごとの適地選定モデル

農耕地適地選定問題に対して、水稻・小麦・馬鈴薯・小豆の4種類の作物を、北海道岩見沢地区モデルに単作物を栽培したことを想定してプログラムを適用する。ただし、本研究では、すべての区画を笹生地・野草地とみなし、分析地区を未開発地区として問題を解く。

岩見沢地区の水稻モデルに土地属性状態のデータを与え、適地選定改良プログラム *prg-2* を実行させた。出力した水稻のパレット最適解の曲線性状を図7.1に示す。

この図の横軸の総開発費が、 $IRTC_1$ ($TC_{max}=10^5$ 万円), $IRTC_2$ ($TC_{max}=4 \times 10^5$ 万円),

$IRTC_3$ ($TC_{max}=8 \times 10^5$ 万円)のときの最小パスベクトルの数値を、分析地区の30x30の格子

区画上に色調を施して図化したものが図7.2~図7.4で、開発区画の広がりを読み取れる。

次に、岩見沢地区の3作物(小麦、馬鈴薯、小豆)の開発適地選定問題のパレット最適解を求め、その曲線性状と最小パスベクトル図化を図7.5~図7.16に示す。

この図7.1の水稻パレット最適解の曲線性状から開発費効果が総収量にどのように反映し

ているかが読み取れる。また、3段階の開発費 $IRTC_1$ 、 $IRTC_2$ 、 $IRTC_3$ において、分析

地区のどの区画が開発対象になったのかを図7.2~図7.4を比較し理解することができる。

この傾向は水稻と同様に、図7.5~図7.16からも、小麦、馬鈴薯、小豆の開発費の3時点における最小パスベクトル図化の相違から開発の進行状況が読み取れる。

(2) 複作物の適地選定モデル

(a) 岩見沢地区の複作物の農耕地適地選定

北海道岩見沢地区における複作物を対象とした農耕地適地選定問題を水稻・小麦・馬鈴薯・小豆の4作物を対象にして、土地属性状態などの入力データを読み込ませて実行した。適地選定プログラムが出力したパレット最適解の性状を図7.17に示す。

この図の横軸の総開発費 $ISTC_1$ ($TC_{max}=0.5 \times 10^5$ 万円), $ISTC_2$ ($TC_{max}=2 \times 10^5$ 万円),

$ISTC_3$ ($TC_{max}=3.8 \times 10^5$ 万円)の3時点における岩見沢地区の最小パスベクトル番号を

30x30 の区画に図化したものが図 7.18 ~ 図 7.20 である。

この図から馬鈴薯の栽培が広がり、さらに開発費を投じると水稻の栽培が増加する傾向が読み取れる。

(b) 甘木地区の複作物の農耕地適地選定

適地選定プログラムの信頼性を確かめる目的で、わが国の南北の分析地区として、九州福岡県甘木市のエリアに位置している甘木地区を選定した。北海道岩見沢地区と同様に、作物生育条件などのデータを整備し、prg-2 に適用した。作物の種類は北海道岩見沢地区の特産の大豆に変えて、九州の特徴を表す意味を持たすため、トウモロコシを採り上げた²²⁾。

水稻・小麦・馬鈴薯・玉蜀黍（トウモロコシ）の4作物に対して、土地属性状態などのデータを適地選定プログラム prg-2 に読み込ませて実行した。複作物におけるパレット最適解の性状を図 7.21 に示す。

この図の横軸の総開発費が $ASTC_1$ ($TC_{max}=0.9 \times 10^5$ 万円)、 $ASTC_2$ ($TC_{max}=2.4 \times 10^5$ 万円)、 $ASTC_3$ ($TC_{max}=3.1 \times 10^5$ 万円)のときの甘木地区の最小パスベクトル番号を区画 30x30 格子上に表示したものが図 7.22 ~ 図 7.24 である。

開発初期の第1時点では、玉蜀黍の栽培が広がり、第2時点では、玉蜀黍に馬鈴薯が加わってくるが、第3時点では、馬鈴薯のピークが過ぎて馬鈴薯の栽培区画の1部が玉蜀黍に置き換えられているところを読み取れる。

3-6-8 考察および結論

これまでの農耕地の適地選定問題は、未開拓地区の適用問題として研究してきた。当初は単作物モデルを取り上げて、投資効果をパレット解で表現する試みをしてきた。次に、ブラジルの事例研究では、複作物問題へと拡張した。しかし、遺伝的アルゴリズムによるモデリングの収束性を速めることがパレット解の振動性を生み、計画段階では効果的であっても実施段階へと継続してモデリングすることが精度上、困難な状況にあった。

この研究では、事例モデルに現地に即したデータを用い実用性を重視しながら、かつパレット解空間の改善、評価適応度関数の改善により、パレット解の振動性状を少なくすることができた。この結果、パレット解の誤差が少なくなり、精度向上に努めることができた。また、区画分割処理法のロジックを GA の prg-2 に挿入することにより、広域な適地選定に対する NP 問題を解決した。

この遺伝的アルゴリズムによる適地選定モデルを形成する過程を検証したところ、生産量が低いときには傾斜度の少ない区画から開発が始まり、生産量が上昇するにつれて徐々に地目・傾斜度に対する開発が進み、収量の増加が図られていることが明らかになった。そのため、改善前状態で笹生地・野草地としていた、もともと畑や水田だった区画が早くから開発され、実の分析地区の状態とほぼ同様になった。

また、単位面積当りの収穫量に関しても、どの作物も分析地区の区画における最小パスベクトル番号の分布状況が、現状に近い分布状況であり、分析地区の統計量を加味したので、GA モデルの完成度は高いといえる。

二毛作については出力結果を省略したが処理システムは予想通りの稼働している。このため、本研究の GA による適地選定モデルは、区画が笹生地・野草地とみなせる未開拓地区には適用可能であり、わが国の目標を定めなければならない自給率とこれに見合う総生産高の算定に対する方向性を提示できよう。また、岩見沢地区と甘木地区の GA モデルを用いた複作物の農耕地適地選定問題では、気象関連属性などの相違によって、栽培作物が異なってくるということが明示できたといえる。さらに、甘木地区の複作物の農耕地適地選定では、開発費を変化するにしたがって区画栽培が固定せず変動する傾向が明らかになった。これはこのモデル研究で新たに表現できた解析結果であり、事例研究としても 1 つの特徴が得られたといえよう。

近年利活用可能になった地図は、3～10 年程度古い土地利用状況でも現状と大差ないときには安価な資料であるが²³⁾、現在でも地図が入手困難な国・地域も存在する。このような状況下では、むしろ時系列データが入手可能なユビキタス社会でのリモートセンシング技術による衛星画像図の利活用が得策と思われる²⁴⁾。

今後の課題として、この研究で論述してきた適地選定モデルをより発展させていくためには、灌漑整備の整った土地利用が高度化している農業先進国の地域に対しての転作・配置換え問題や野菜栽培、ビニールハウス栽培、特産物の助長などにも適用できるモデリング改良が不可欠であろう。また、近年、わが国の水稻の転用が話題になっていることから、将来、作物の配置換えや水稻の転用にも適用できる可能性を秘めている。

謝辞

本研究の事例研究に対して専門的知識の提供・統計資料の紹介などには、元農業工学研究所室長・石田憲治氏の協力を得た。また、GA モデリングのコーディングと計算処理は、元茨城大学情報工学科の川口大貫君の協力による。ここにお礼申し上げる。

参考文献

- [1] たとえば, <http://glcfapp.umiacs.umd.edu/>
- [2] たとえば, <http://earth.google.com/>
- [3] Mark.Weiser:”Some Computer Science Issues in Ubiquitous Computing”,CACM, Vol.36, No.7, pp.75-84, 1993.
- [4] Takashi Hoshi :”Data Base System of Remote Sensing for Agricultural Development”, Center for Data Processing and Mapping, Ministry of Public Works, PUSDATA in Indonesia, Rep.1,pp.1-116, 1989.
- [5] <http://www.geo.ucl.ac.be/LUCC/lucc.html>
- [6] 稲垣敏之,星 仰,秋山侃,石田憲治,永嶋彰代嗣,池辺八州彦:”衛星画像データにもとづく広域的農耕地適地選定”,オペレーションズ・リサーチ,pp.512-518,1986.8.
- [7] E. El-Newehi, et al, “Multistate coherent systems”,J.Appl. Prob. 15, pp.675-688, 1978.
- [8] B. Natvig, “Two suggestions of how to define a multisatate coherent system”, Adv. Appl. Prob. 14, pp.434-455, 1982.
- [9] 森, 玉置, 荒木, “多目的最適化問題に対する遺伝的アルゴリズムの一構成法”,

システム制御情報学会, May 25/27, 1994.

[10] Jaime H.Thuruta, Takashi Hoshi : ” A Study on the Selection of Agricultural Adaptive Development Areas Using Genetic Algorithms Applied to More Than One Crop”,Brazilian Review of Agricultural Economics and Rural Sociology , Brazil , pp.197-227., 2000.12.

[11] 星 仰,山本真靖: “遺伝アルゴリズムの農業適地選定へのアプローチ”, システム農学会春季シンポジウム一般講演要旨集 , pp.46 ~ 47, 1993.6.

[12] Hopcroft,Ullman: ”Introduction to Automata Theory, Languages, and Computation”,Addison Wesley, 1979.

[13] 星仰, 石田憲治 “リモートセンシングによる総合農業基盤の確立 - 既耕地の高度利用のための要因分析 - ”, 日本写真測量学会 昭和 62 年度年次学術講演会発表論文集,pp.143-148,1987.

[14] 山本真靖, 星仰: “複数の PTYPE による遺伝的アルゴリズムを用いた農業耕地開発適地選定の研究”, 電子情報通信学会論文誌, J79-A, pp.650-657, 1996.

[15] 石井龍一,中世古公男,高崎康夫: “作物学各論”, 朝倉書店, pp.56-97, 1999.

[16] Joy Tivy: “農業生態学”, pp.4-112, 養賢堂, 1994.

[17] “農業経営統計調査 平成 13 年産 麦類生産費(農家調査)”, 農林水産省, 2002.

[18] 伊藤正: “野菜の栽培技術”, 誠文堂新光社, pp. 432-439, pp.741-745, 1987.

[19] “平成 12 年産作物統計(普通作物・飼料作物・工芸農作物)”, 農林統計協会, pp.2-232, 2002.

[20] “平成 14 年産 大豆, いんげん及びらっかせい(乾燥子実)の全国作付面積及び小豆の北海道予想収穫量(9 月 1 日現在)”, 農林水産省, 2002.

[21] “北海道農林水産統計年報(農業統計市町村別編) 平成 12 年 ~ 13 年”, 農林水産省 北海道統計情報事務所, pp.12-60, 2002.

[22] “第 48 次 福岡農林水産統計年報 平成 12 ~ 13 年”, 九州農政局福岡統計情報事務所, pp33-112, pp.128-130, 2001.

[23] たとえば、<http://www.gsi.go.jp/tizu-kutyu.html>

[24] 前出[2]

表 1 水田開発を規定する属性とその状態

状態	*有効土層厚 (A ₁)	*れき含量 (A ₂)	土性 (A ₃)	R1 期の平均最高気温 (A ₄)
4	100cm 以上	3%未満		25 ~ 30
3	70 ~ 100cm	3 ~ 15%	壤質	22 ~ 25・30 以上
2	40 ~ 70cm	15 ~ 20%	砂壤質・壤粘質	19 ~ 22
1	25 ~ 40cm	20 ~ 30%	砂質・粘質	18 ~ 19
0	25cm 未満	30%以上	強粘質	18 未満

状態	R2 期の合計降水量 (A ₅)	R3 期の合計日照時間 (A ₆)	*地目 (A ₇)	*傾斜度 (A ₈)
4		350hr 以上	水田	35' 未満
3	1500mm 以上	300 ~ 350hr	畑地	35' ~ 3°
2	800 ~ 1500mm	225 ~ 300hr	笹生地・野草地	3 ~ 8°
1	300 ~ 800mm	150 ~ 225hr	森林	8 ~ 10°
0	300mm 未満	150hr 未満	市街地	10° 以上

表 2 水稻収量と最小パスベクトル

収量レベル (kg/10a)	最小パスベクトル
700	P ₁ (34343444)
650	P ₂ (34343344)
600	P ₃ (34333344) P ₄ (44233344)
550	P ₅ (34332344) P ₆ (44232344)
500	P ₇ (34212344) P ₈ (24232244) P ₉ (33232244)
450	P ₁₀ (33222244) P ₁₁ (33231344)
350	P ₁₄ (33212244) P ₁₅ (23121244) P ₁₆ (22121344)
300	P ₁₇ (23111244) P ₁₈ (33211144)
250	P ₁₇ (23111144) P ₁₈ (12132244)

表 3 作物の平均単価(単位: 円/kg)

	水稻	小麦	馬鈴薯	小豆	トウモロコシ
単価	258.30	167.60	83.32	349.37	201.67

表 4 状態改善属性とそのコスト(単位: 万円/10a)

状態前\後	有効土層厚			れき含量			地目 1			地目 2			傾斜度		
	4	3	2	4	3	2	4	3	2	4	3	2	4	3	2
3	48			5			10			48			24		
2	71	48		15	10		35	25		25	35		60	40	
1	94	71	48	20	15	5	70	60	35	60	70	35	210	198	150

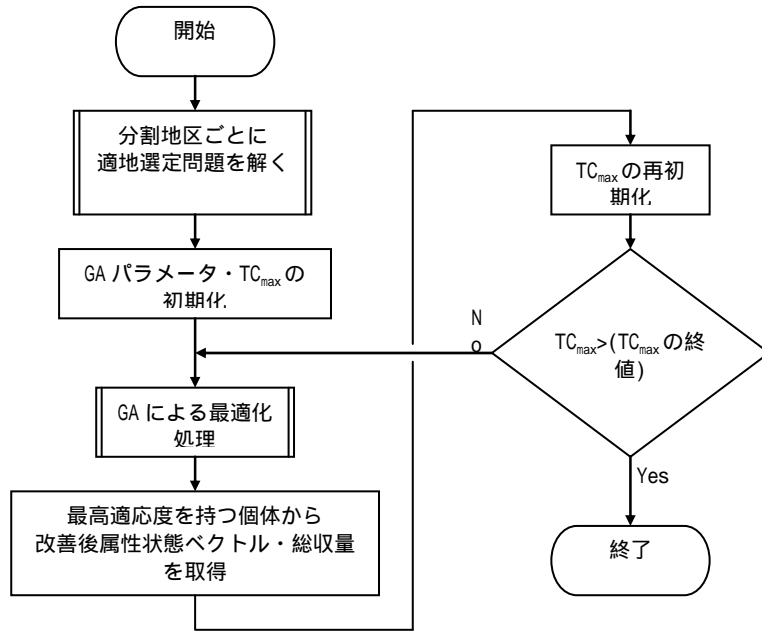


図 5.1 改良プログラム pgm-2 の手順

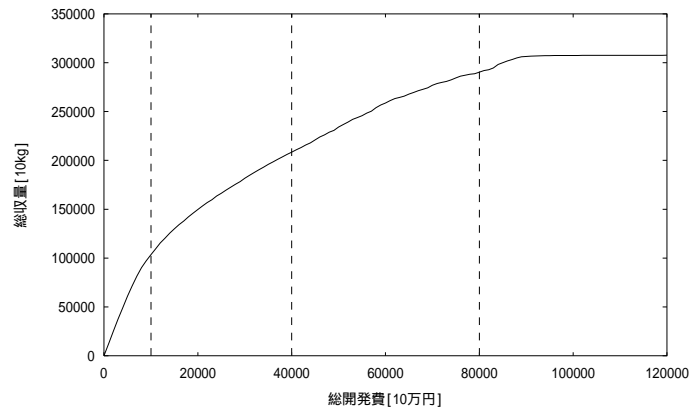


図 7.1 岩見沢地区の水田開発のパレット解

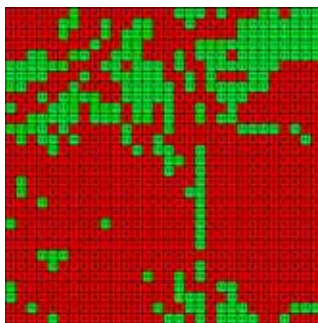


図 7.2 IRTC₁ の最小パスベクトルの図化

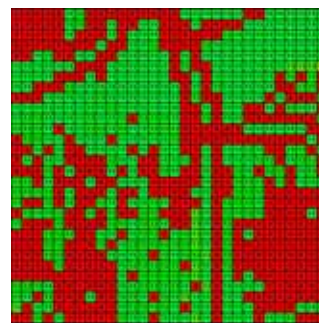


図 7.3 IRTC₂ の最小パスベクトルの図化

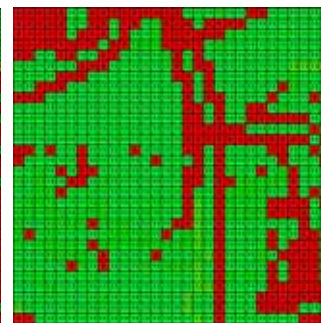


図 7.4 IRTC₃ の最小パスベクトルの図化

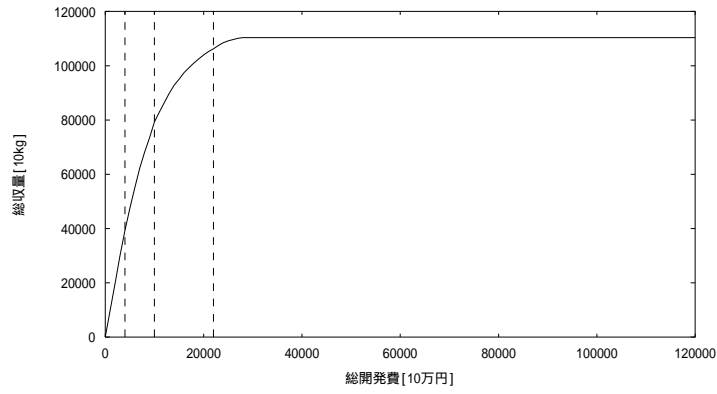


図 7.5 岩見沢地区の小麦畑のパレット解

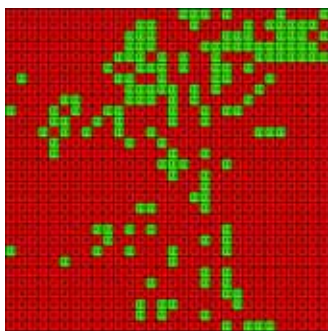


図 7.6 IWTC₁の最小バスケトルの図化

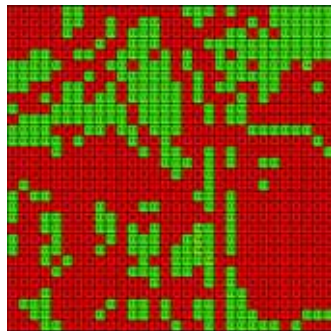


図 7.7 IWTC₂の最小バスケトルの図化

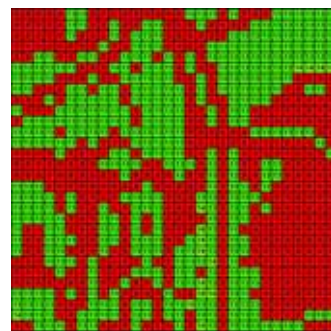


図 7.8 IWTC₃の最小バスケトルの図化

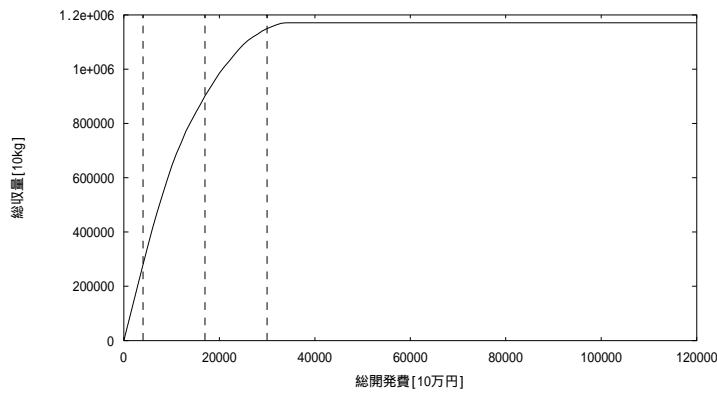
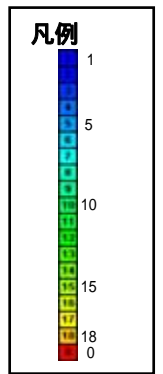


図 7.9 岩見沢市地区の馬鈴薯畑のパレット解

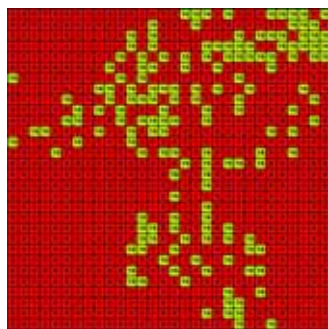


図 7.10 IPTC₁の最小バスケトルの図化

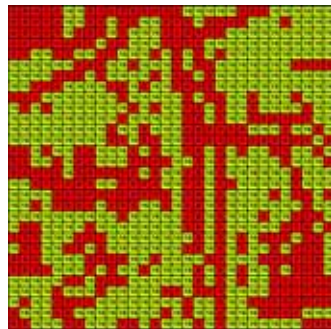


図 7.11 IPTC₂の最小バスケトルの図化

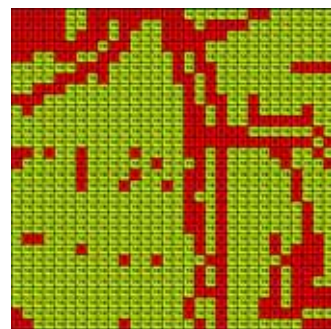
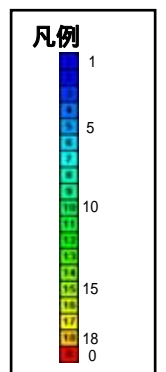


図 7.12 IPTC₃の最小バスケトルの図化



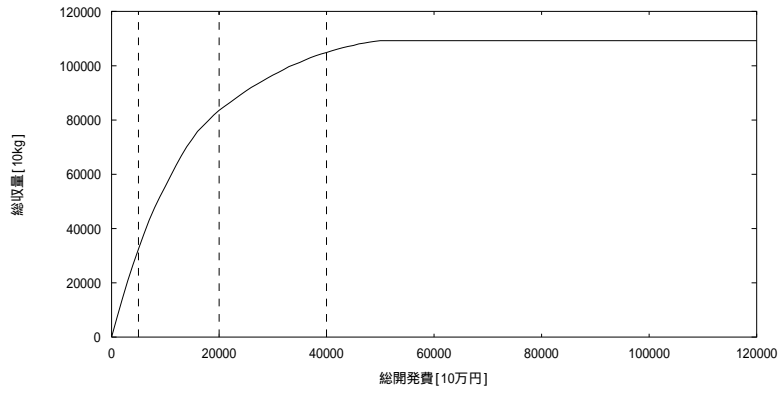


図 7.13 岩見沢市地区の小豆畑のパレット解

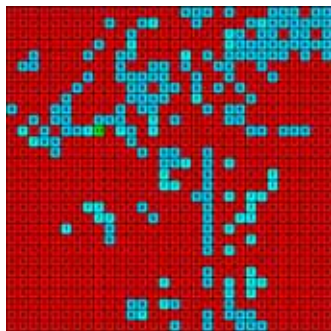


図 7.14 IBTC₁の最小
バスケットルの図化

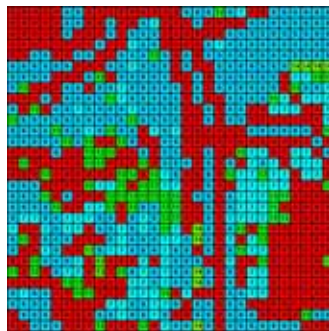


図 7.15 IBTC₂の最小
バスケットルの図化

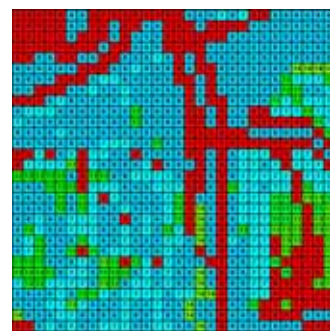


図 7.16 IBTC₃の最小
バスケットルの図化

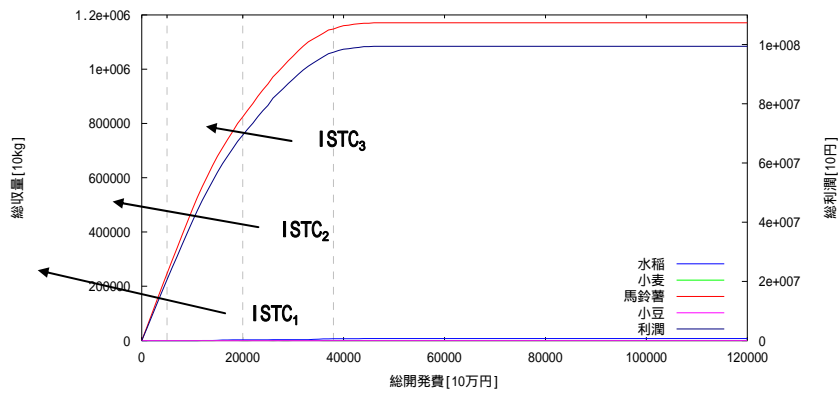
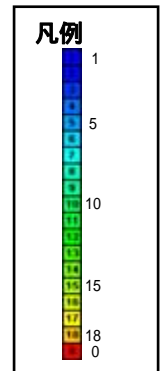


図 7.17 岩見沢地区の複作物のパレット最適解

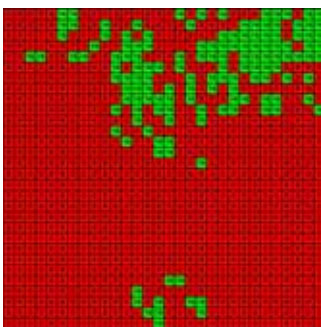


図 7.18 ISTC₁の最小
バスケットルの図化

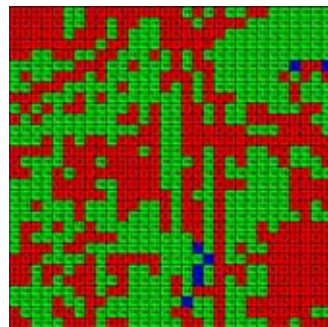


図 7.19 ISTC₂の最小
バスケットルの図化

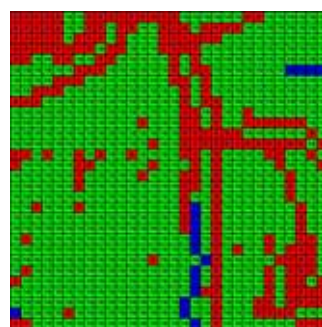
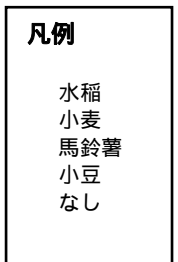


図 7.20 ISTC₃の最小
バスケットルの図化



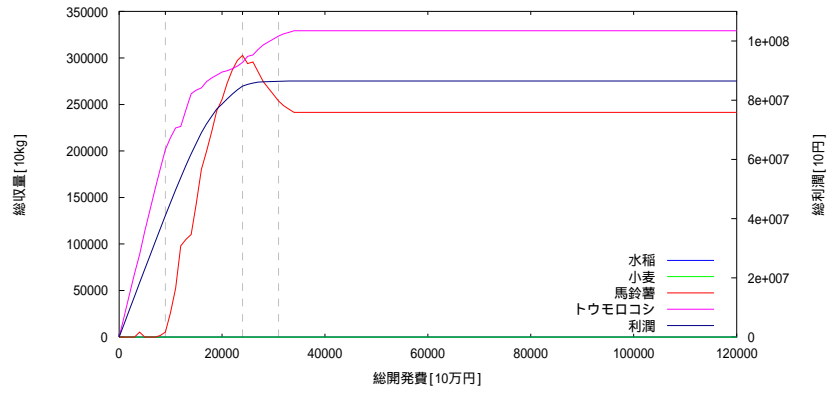


図 7.21 甘木地区の複作物のパレット最適解

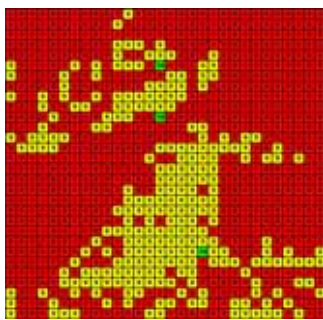


図 7.22 ASTC₁ の最小
バスケットルの図化

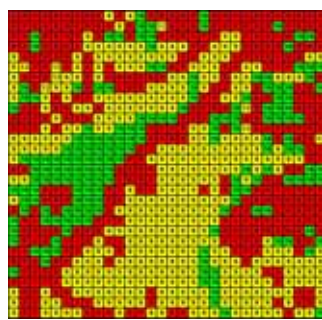


図 7.23 ASTC₂ の最小
バスケットルの図化

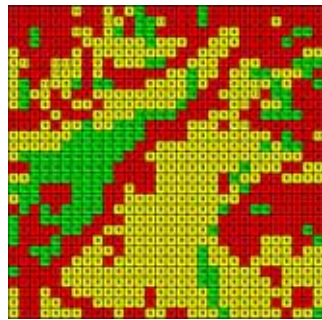
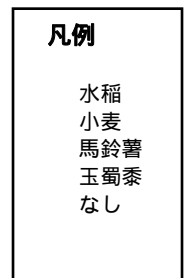


図 7.24 ASTC₃ の最小
バスケットルの図化



3-7 マルチエージェント・シミュレーションによる地域農業計画モデルの可能性

3-7-1 はじめに

筆者らは、近年、マルチエージェントモデルによる地域農業計画モデルを開発した。同モデルの前身である CALL モデル(Community-based Agricultural Land Lease Model)は農地流動化を予想するためのプロトタイプモデルとして開発したものであるが、作業受委託の機能を加えた改良版である ASMAP (Agent-based Simulation Model for Agricultural Planning)は、農地流動化のみならず様々な課題に適用できることが明らかになってきた。

本論では、地域農業計画モデル論¹の展開を踏まえて、マルチエージェントモデルによる地域農業計画モデルの可能性について検討する。

3-7-2 地域農業計画モデル論の展開

能美誠(1999)²は、経験や実態等をもとにして、そこから機能的に構築した計画手法(帰納論的接近法)と高度な数学や計量的手法を適用した計画手法(数学的接近法)に分類している。ここでは、後者に属する地域農業計画モデルの展開を簡単に整理しておきたい。

(1) 地域農業計画モデル論の展開

農村計画分野における計画手法にはいろんなタイプのものであるが、地域農業計画に関するモデルは、まず農業経済学・農業経営学分野で研究されてきた。この分野の古典的な成書として、武藤和夫・森島 賢らの研究(1979)³や農林水産省農業研究センター編の研究(1983)⁴がある。これらの書籍では、人口・就業者予測、多変量解析を応用した地域分析法、数理計画手法を用いた個別経営計画、計量経済モデルなど、非常に幅広く解説されている。地域農業計画モデルの代表的な手法は線形計画手法である。線形計画手法は、戦後単体法が開発されて以来、様々な分野で応用されるようになったが、農業経営分野では1960年代から個別経営計画に適用した論文が見られるようになり、計算機により解の計算が容易になって更に普及する。

当初は個別経営体を対象にした最適営農計画モデルであったが、すぐに様々な課題へ拡張されていった。たとえば、農業経営計量分析研究会編の研究(1985)⁵では、作目と技術の選択、長期的な投資と資金繰りの問題、価格変動に伴うリスク対応などの個別経営計画に関する課題に適用されただけでなく、営農集団の経営管理や組織運営や集団転作、地域農業システムなどの地域農業計画に関するモデルも提案されている。また、下村(1989)⁶も同様に集団の営農問題への適用を試みており、個別経営計画から地域農業計画への展開がみられる。さらに南石(1991)⁷は確率的多目標計画法を用いた地域農業計画モデルを提案し、不確実性下の意思決定における同手法の有効性を明らかにしている。このように数理計画法を用いた計画モデルは今日まで多くの研究者と実務者の関心を引きつけてきた。それだけに、線形計画手法による農業計画モデルの課題や限界についてもよく検討されているが、これについては前掲の能美の研究(1999)の整理が詳しい。

上述の数理計画法の応用が地域農業計画モデルの主流ではあったが、それ以外にも地域農業モデルについてみてみよう。MITのJ.W.フォレスター教授によるインダストリアル・

¹ 地域農業を対象にしたモデルであり、計画策定に有益な情報を提供しうるものをここでは「地域農業計画モデル」と呼ぶことにしたい。

² 能美 誠著、「地域農業計画手法論」、農林統計協会、1999、p. 13

³ 武藤和夫・森島 賢共編著、「地域農業計画の方法と実際」、明文書房、1979

⁴ 農林水産省農業研究センター編、「地域農業の計画手法」、農林統計協会、1983

⁵ 農業経営計量分析研究会編、「農業生産の計画モデル」、農林統計協会、1985

⁶ 下村義人著、「集団的営農の計画と管理」、明文書房、1989

⁷ 南石晃明著、「不確実性と地域農業計画 - 確率的計画法の理論、方法および応用」、大明堂、1991

ダイナミクス(1961)やアーバン・ダイナミクス(1969)を契機に、我が国でも都市計画・地域計画で地域モデルは1970年代にブームとなり、研究はもちろんのこと、シンクタンクやコンサルタントによって実務レベルでも都市の発展を予測する都市モデルの研究開発が盛んに行われた。1980年代に入って農村計画分野にもシステム・ダイナミクスを用いたモデル研究がみられた。該当するモデル研究としては、土地改良事業の投資効果を計測する竹谷の研究(1981, 1986)⁸や農地開発の効果を予測する門間の研究(1987)⁹がある。また、計量経済モデルを農山村地域に当てはめてモデルを構築した研究には上路利雄(1979)¹⁰、高坂祐輔(1983)¹¹などがある。ただし、農村計画分野での適用事例はいずれも研究ベースでの実験・試行的な研究であり、都市モデルの場合ほどには定着に至らなかったように思われる。

(2) OR手法による地域農業計画モデルの問題

地域が多数の主体が絡んだ集合体であることに対応しなければならないため、地域レベルのモデルでは、個別経営レベルにはなかった幾つかの課題に直面する。

第1に、地域レベルのモデルでは多数の農家間の関係をモデルに組み込む必要がある。数理計画法によるモデルではこれが極めて大きな負担となる。実際、営農集団への適用の多くは数戸程度であり、多数の主体を取り扱うには限界がある。

第2に、そのような多数の主体はそれぞれに異なる価値観を持っている。かつてのようにそれを均質的なものととらえることはもはや妥当性を欠いている。個々の農家の判断基準がそれぞれに異なるという事実には、農家間の連携に関しても判断基準が異なってくると言うことを意味する。短期的な経済合理性以外の判断基準が少なからず農家の連携行動を支配しており、しかもその基準が農家によって異なっているのである。

第3に、地域農業が営農組織によって一体的に行動しているようにみえても農家間の連携は緩やかであり、一般の企業のように命令系の指示は機能しない。従来の(OR手法による)モデルがこのような主体間の緩やかな連携という構造を表現することは苦手である。

第4に、厳密に構造化されたモデルには、情報加工に関してある種の効率の悪さを感じることもある。これは多主体に起因する課題と言うよりも、ハード・システムズ・アプローチに起因する課題である。数理計画法等でモデルを構築するためには、相当大きな技術係数のマトリクスが必要になる。この技術係数を求めることはかなりの作業量であるが、その大部分は計算過程でほとんど使われない。しかも実際には、モデルが考慮外とした要因によって厳密に求めた解の妥当性が失われることが少なくない。「非効率」と断定することは正しくないが、無駄な情報収集と加工が多いことは間違いない。

第5に、関係者が完全な知識の保有を仮定している点である。実際には、モデルの作成者の知識もその結果を事後的に知ることになる農業者の知識も限定されたものである。

上述の課題は、OR的に扱いやすい部分だけを課題として切り出したモデル化が地域レベルのモデル化で適用限界にあることを示唆している。そして地域レベルの構造化しにくい課題に対して有効なモデルの開発が遅れているのである。

(3) マイクロ・シミュレーションによる地域農業計画モデル

上述以外にも地域レベルの農業計画モデルに関して新たな動きがある。マイクロ・シミュレーション(MS)である。MSは、個人や世帯、そして企業といった行動主体を分析単位としたシミュレーションであり、個人の行動を確率的に扱うことからモンテ・カルロシミ

⁸ 竹谷裕之、「System Dynamics 手法による土地改良投資の効果計量システムの開発、名古屋大学農学部食糧生産管理学講座研究報告、19、1981 および竹谷裕之、土地改良投資の波及効果とその計測、農業土木学会誌、54(9)、1986

⁹ 門間敏幸、地域農業のシステム・ダイナミクス、前掲農林水産省農業研究センター編(1983) および門間敏幸、「パソコンによる農業生産の計画と予測/応用編」、明文書房、1987

¹⁰ 上路利雄、計量経済モデルによる地域分析、前掲武藤・森島共編著、1979

¹¹ 高坂祐輔、地域農業振興と公共投資、前掲農林水産省農業研究センター編(1983)

ュレーションが用いられる¹²。たとえば、ミクロレベルの経済行動を積み上げてマクロレベルの経済変動をシミュレートするという技法である。労働経済学・人口学分野の分野あるいは交通政策評価などで広く用いられてきた。集計型のモデルが活動をブラックボックスとして扱っているため、現象のメカニズムを読み取れないという問題があった。

農業分野でも 1980 年代から研究事例があるが、最近では遠藤(2004)の研究がある。人口の変動、農作業従事日数の変動、経営主の交代の各プロセスに確率過程を組み込み、各農家の農業労働力の推計を行い、更にそれを農地面積に反映されて農地利用(耕作放棄地)の予測を試みている。MS もある種の人工社会を構築しており、マルチエージェント・シミュレーションと類似している点がある。

3-7-3 マルチエージェント・シミュレーションによる地域農業計画モデル

本節では、マルチエージェント・シミュレーションの特徴とその農村計画分野における応用について整理したい。

(1) マルチエージェント・シミュレーションとは¹³

マルチエージェント・シミュレーション(Multi-Agent simulation, MAS)は、計算科学分野の主要な理論である分散型人工知能分野で発達した。社会変容というマクロレベルの問題について、ミクロレベルの主体の行動から解明しようとする手法である。経済取引、投票行動、ゲーム(駆け引き・スポーツ)、インターネットなど多数の主体の意思決定が絡む複雑なシステムに対して有効なモデリング手法である。PC上に「人工社会(仮想社会)」を構築し、多数のエージェントがそこで意志決定を行い、相互作用を及ぼし合う。“実験”が困難な分野でもさまざまなケースについて実験することができる(図1)。

MAS によるモデルでは、まず、シミュレーションの場(人工社会)を構築する。次に、現実社会の人間の行為を代行するエージェント(Agent)の意思決定機構や、エージェント間の相互作用を定義する。そして、人工社会でのエージェントの行動と、社会の大局的な変化との因果関係を分析することで、現実社会の問題解決に対する提言に結びつけることができる。

¹² 遠藤和子，棚田を対象とする農地利用予測シミュレーション，農村計画学会誌，23(1)，2004

¹³ 本項は，山下良平・星野 敏，地域農業計画シミュレーションシステム『ASMAP』の開発とその可能性，神戸大学大学院自然科学研究科紀要，24(B)，2006 から引用・加筆した。

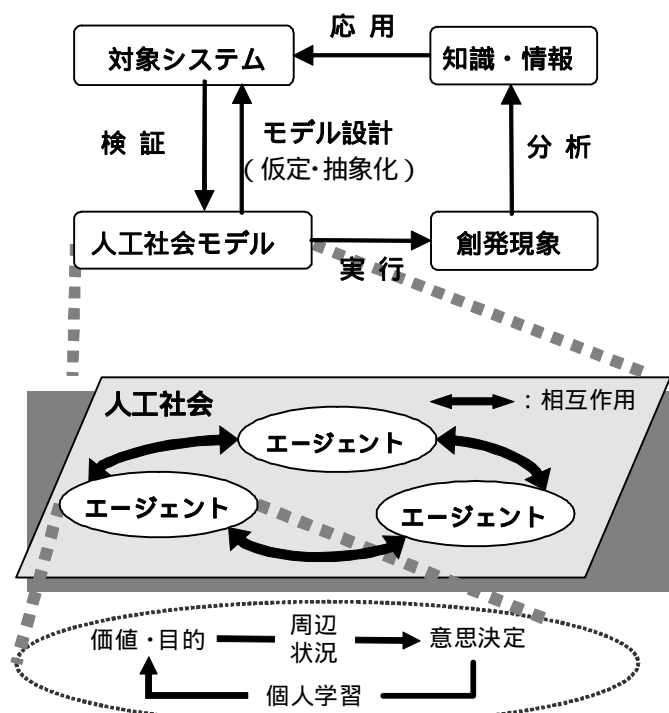


図1 MASによるモデル分析の概念¹⁴

(2) MASの特徴

(a) エージェント間の相互作用の重視

3-7-2 (3)で、MSについて述べたが、MASとMSはマクロレベルの指標を追跡するためにミクロレベルの行動主体をモデル化していること、また、MASにもMSと同様、確率過程が組み込まれていることなどから、両者に類似点が多く、その境界は必ずしも明確ではない。しかし、あえて線を引くとするならば、MASが行動主体（エージェント）間の相互作用にこだわってモデルを構築するのに対して、MSには相互作用についてのこだわりがみられない点である。

(b) 過度な厳密性を要求しないこと

後述するように、MASによる地域農業モデルでは、各農家は必ずしも最適に行動しているわけではない。実際には何か不具合（労働力が低下、収益性が悪化）が出たときに「以後ことの良い方向に」動くようにプログラムされている。このように、モデルは過度な厳密性を農家に要求していないが、このことは現実に則している。

(3) シミュレータKKMAS

MASによるモデルは、通常のプログラム言語（C言語等）を用いても構築することができる。しかし、より簡単にプログラムを作成し、実行するために専用のシミュレータが開発されている。SwarmやStarLogoなど海外で開発された定番のものもあるが、KK-MAS（開発元：(株)構造計画研究所）は日本語のWindows環境で作動し、GUIの操作が簡易であり、多彩な出力機能を用意してあるので使いやすい。KKMASの特徴は、第1に、簡易で広範に普及しているプログラミング言語であるVisual Basicに準拠したルール書式によって記述可能であること、第2に、分析のためのグラフ表示やデータ出力機能などの補助的機能も整っていることである。このため、仮説検証のための試行錯誤が簡単かつ自由に行うこ

¹⁴ 山下良平、「マルチエージェントシステムを用いた集落営農シミュレーションモデルの開発」, 神戸大学農学部修士論文, 2004のp.9より引用。

とが可能になる。我々のモデルもこの KKMAS 上で開発されている。

3-7-4 CALL モデルから ASMAP へ

本節では、開発契機、CALL モデル、ASMAP モデルについて紹介したい。なお、モデルの詳細については論文等を参照いただきたい。

(1) モデル開発の契機

計画づくりを支援する計量手法は数多く提案されているが、モデル化し易いところをモデル化したものであり、実は地域農業計画に必要な情報を提供してくれる手法は必ずしも多くない。筆者の経験の一つを紹介すると次の通りである。1988年に広島県向原町で全国に先駆けて財団法人向原町農業公社が設立された。この公社は農作業の受委託を通じて、担い手農家の育成や大規模経営農家の育成を目的とするものである。1990年代には、農業の担い手不足を抱えた中山間自治体が公社設立に動いた。筆者も岡山県内の自治体からそれに関する調査依頼を受けたが、農業公社の立ち上げの基礎資料となる将来の耕作放棄地や農地流動化の推移を把握する手法がなかったのである。当時は、流動化に関する農家のアンケート調査結果を積み上げるだけの、極めてプリミティブな方法しか持ち合わせていなかった。結果的に満足のいく予測はできなかったが、この時はそれ以上の展開はなかった。

その後、別のプロジェクトに従事した折りに、MAS と出会い、再びこの問題に取り組むようになった。現在の CALL、ASMAP の原型となる集落内の個別農家をエージェントにした農地貸借モデルを構想していた

(2) CALL モデル¹⁵

上記の構想は「絵に描いた餅」であったが、筆者が2002年に神戸大学へ異動してからそれが実現した。そして誕生したモデルが、MASによる地域農業計画モデルの第1号となるCALLモデルである。赴任後の最初の専攻生となった山下良平が慣れないKKMASを駆使して、苦勞の末、モデルを完成させてくれた。このモデルのユニークな点は、個別農家間の農地貸借行動に焦点をあててモデル化した点である。また、従来の数理計画モデルでは考慮されていない圃場の空間配置や肥沃度、団地化による生産効率などを反映させた。仮想的なデータセットを当てはめたプロトタイプであったが、パラメータ値を様々に変更させることで、従来には想像できなかった試行実験が可能となった。たとえば、耕作放棄地の発生状況を示す土地利用図（メッシュ図）、農業構造の変化（規模階層の分化）、耕作放棄への米価の影響、農地流動化を支援する組織の効果など、従来のモデルでは得難いシミュレーションを可能にした。

(3) ASMAP の開発

CALLモデルを現実の地域へ適用する研究に進んだ。ASMAPは、表面的には農地貸借に加えて、基幹作業の受委託を内装したモデルであるが、プログラムは全面的に改良されている¹⁶。その改善点を箇条書きにすると以下の通りである。

- 圃場単位の経営計算を厳密に導入したこと
- 機械の保有状況および更新意向を組み込んだこと。
- 作業委託先の要件を組み込んだこと。
- 家族労働力の推定方法をより厳密にしたこと。
- 集落営農組織を代表するエージェントを新たに追加したこと。

適用地域は兵庫県神崎町（現神河町）のY集落（農家数約100戸）である。純農村地域

¹⁵ この研究は山下良平君の卒業研究であり、その内容は農村計画論文集にも掲載されている。山下 良平，星野 敏，マルチエージェントシステムを適用した集落農地貸借モデルの開発 - 地域農業計画における課題の同定と意思決定支援のために - ，農村計画論文集，5巻 頁 85-90，2003

¹⁶ 山下 良平，星野 敏，マルチエージェントシミュレーションによる集落営農計画モデルの開発，農村計画学会誌，24(2)，103-114，2005

であるが、地元では営農組織設立の希望があるため、その効果もあわせて計測した。また、必要なデータを確保するために、アンケート調査を平行して実施し、その意向を反映させる方式をとった。図2は、農家の意思決定フローを示している。労働力による面積調整判断と許容所得水準による継続判断（その基準はそれぞれに農家毎に異なる）を実施している。逆に余力のある農家は作業を受託したり、農地を借りたりすることができる。

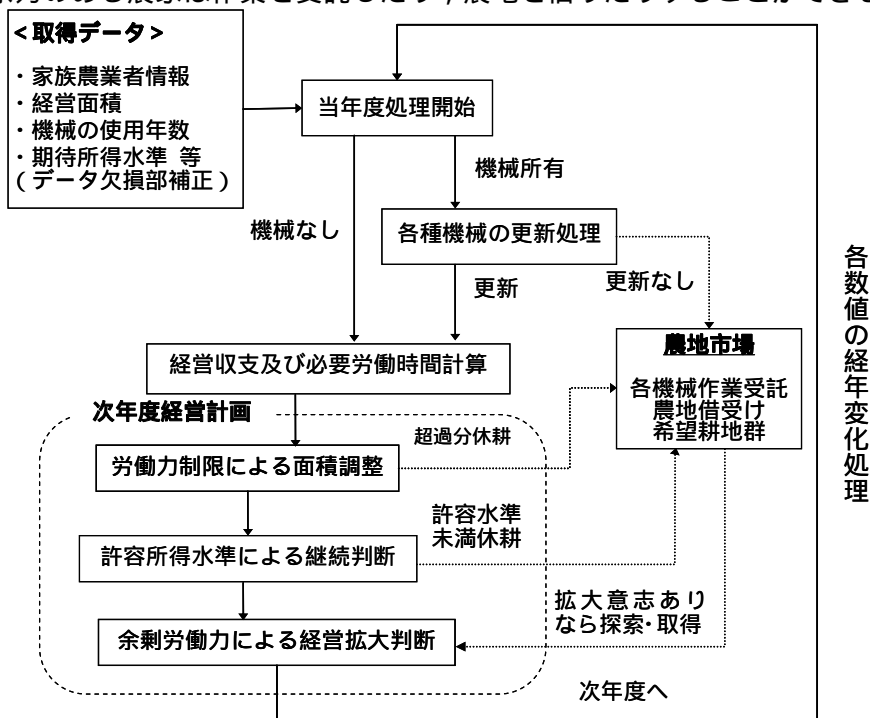


図2 農家の意思決定フロー

(4) 営農組織の効果の計測

Y集落への適用によって、農地貸借と作業受委託を内奏した ASMAP が完成したが、集落営農組織の影響を極めてドラスティックに明らかにすることができた（図3）。これによって、ASMAP に組織化の啓発ツールとしての役割が追加されることになる¹⁷。

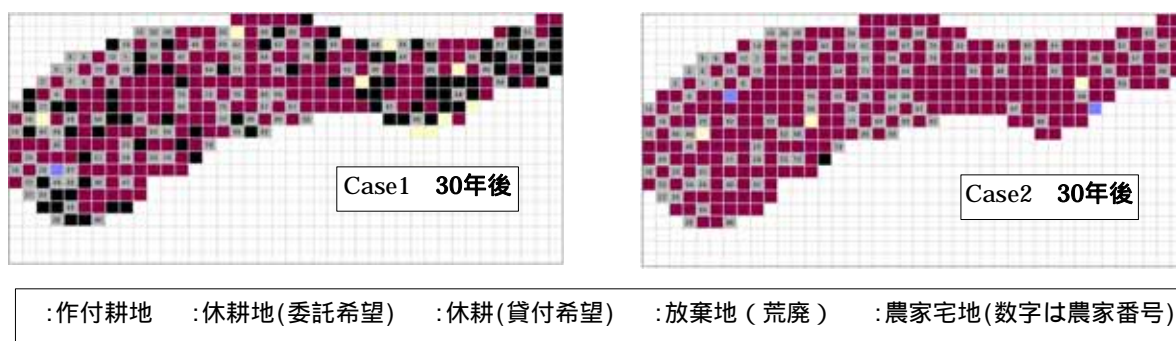


図3 農地保全のシミュレーション結果(左:単純将来予測 右:集落営農を組織)

¹⁷ 山下良平, 星野 敏, 伊庭治彦, マルチエージェントモデルによる農地流動化要因の影響評価-兵庫県神崎町 Y 集落を事例として-, 農村計画論文集, 7, pp121-126, 2005 および山下良平, 星野 敏, 営農組合の経営統合に関する効果比較シミュレーション, 農林業問題研究, 42(1) (2006年3月掲載決定) では生産組織についての分析を行っている。

(5) 圃場整備事業における総合化手法の効果計測

そして、昨年度(2004)から日本水土総合研究所の委託調査では、圃場整備事業の総合化手法の効果計測研究へとつながっている¹⁸。ハード整備(圃場整備)は圃場データを整備圃場版に入れ替えることにより、また、ソフト施策は担い手あるいは営農組織となるエージェントを操作することにより ASMAP でそれぞれ評価することができる。表1は分析の枠組みを示している。6つ(本質的には4つ)のケースを設定してそれぞれ結果を比較することで、圃場整備の総合化手法の効果を明らかにすることができた。結局、圃場整備事業はソフト対策とあわせて実施されることにより、単独で実施するよりも大きな効果が期待されることを明らかにした(図4)。

表1 分析の枠組み(Case 設定)

	ほ場整備なし	ほ場整備あり
担い手への集約なし	Case 1: 比較の基準となるケース	Case 2: ハード単独整備 (ほ場整備事業を単独実施)
担い手集約 a: 担い手 農家型	Case 3a: 担い手農家への土地・作業の集約(農業経営基盤強化促進法による施策を単独実施)	Case 4a: 総合化手法 a
担い手集約 b: 営農組 合型	Case 3b: 営農組織を受け皿とする土地・作業の集約(同上)	Case 4b: 総合化手法 b

注) 実際の事例は、Case 4a、4b のどちらかが該当している。

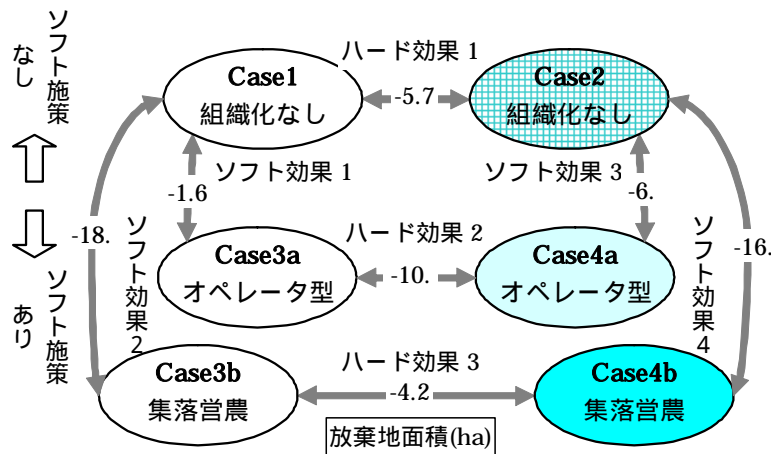


図4 総合化手法・ハード単独・ソフト単独の効果比較(指標:耕作放棄地)

3-7-5 おわりに

本論では、地域農業計画モデルの流れを整理し、MAS による地域農業計画モデルの開発に至る契機やこれまでの展開を明らかにした。今後、ASMAPP を更に現場に持ち込んで、農家の普及啓発ツールとしての利用も期待されている。本手法の一層の普及を図るためには、操作のマニュアル化が必要になるとと思われる。

¹⁸星野 敏,山下良平 他:平成 16 年度 ほ場整備の総合化手法の効果予測等に関する調査(1) ほ場整備の総合化手法効果予測 報告書,(財)日本水土総合研究所,2005

3-8 農業工学分野における画像情報の多角的利用法

3-8-1 はじめに

農業工学分野における画像情報の利用は多様であり、その技術の進歩には著しいものがある。これは、コンピュータや画像センサーなどの要素技術の進歩と低廉化に加えて、インターネットなどの情報通信技術の発達に起因しているところが多い。また、地域や地球環境の問題が国際的に認識され、広域情報の解析に適したリモートセンシング画像や地理情報などの画像情報が、持続的な環境保全型の農業をめざした分野でも積極的に利用され始めたことによる。さらに、最近では、安全性に関連した分野でも画像情報の利用が考えられている。ここでは、これらの農業工学分野での画像情報の利用、特にリモートセンシングや画像計測などの画像センシングに関連した利用について簡単に紹介する。

3-8-2 画像情報の利用が期待される分野

表1に、農業工学分野における画像情報の利用が期待される分野の一覧を示す。生物生産の分野において、プレジジョン・アグリカルチャーをめざした技術の進歩はめざましい。例えば、ポストハーベットの分野では、野菜や果実、穀物などの選別、加工処理などを自動化する目的で、新しい技術が開発され、広く利用されている。また、農作業用ロボットや種苗生産、栽培管理の自動化などに、画像情報を利用する試みが盛んに行われている。特に、インターネットなどの情報通信技術（IT）と組み合わせたシステムの開発に、生産現場だけでなく、ポストハーベストや流通レベルでも多大な期待がある。さらに、バイオテクノロジーとそれに関連する基礎生物学の分野でも、遺伝子のスクリーニングや遺伝子情報を含む生体機能の解明と診断への画像情報の利用が急速に拡大している。

また、地球にやさしく、安全性を考慮した環境保全型農業をめざして、プレジジョン・ファームングやアグロフォレストリー、リサイクル型農業などが注目されている。これらの農法の発展には、それぞれに関連する技術の開発に加えて、近接あるいは広域リモートセンシングによる植物や農業生態系のモニタリング、GPS(Global Positioning System)や地理情報システム（GIS：Geographic Information System）との併用、さらに、得られた情報を利用した植物や生態系のモデル化や評価管理手法の開発、営農マネジメントを含めたシステムの構築などが不可欠とされる。

さらに、環境分野として、上記の環境保全型農業に加えて、IGBP(International Geosphere-Biosphere Program)やIPCC(Intergovernmental Panel on Climate Change), The Millennium Ecosystem Assessment、GEOSS(Global Earth Observation Systems of Systems)などの国際的な動きに関連して、農地や森林、生態系などのモニタリングやアセスメント、管理などのために、人工衛星や航空機からの広域リモートセンシングやGISの積極的な利用が求められている。また、地域環境計画や景観シミュレーションなどの計画分野での利用や、都市緑化のための緑化植物の選別や環境改善機能の評価などへの利用も重要である。その他、基礎生物学分野における生体機能解明への利用や反応が眼でみえる利点を生かした教育分野への利用、農山漁村における画像情報を利用したユビキタスネットワーク化への利用などが期待される。

図1は、生物生産や環境、教育研究分野への画像情報の利用の概念図である。リモートセンシングや画像計測などの画像センシングによって得られた画像情報は、GISや各種知識データベースなどに保存され、利用される。GISや各種知識ベースには、画像センシングによって得られたデータ以外に、現場での計測データや、国や地方公共団体、研究機関、民間企業、さらに、国際機関などにより作成された様々な既存データ、さらに、解析・評価のための各種のモデルなどが含まれる。

3-8-3 画像センシングの技術的トレンドとその利用

表2に、広域リモートセンシング、生体画像計測（近接リモートセンシングを含む）、ポ

ストハーベストなどの分野の代表的な画像センシング技術とこれらの画像センシング技術から取得可能な情報を示す。また、図2に、農業工学分野における画像センシングの利用の概念図を示す。

広域リモートセンシングは、主に、人工衛星や航空機からのセンシング技術であり、実際に耕地面積の広い欧米などでは、Landsat や SPOT、気象衛星などの可視から近赤外、および熱赤外の衛星画像データが、土地被覆状態や収量予測、気象予測、農業経営などに利用されている。人工衛星や航空機に搭載されるセンサーの技術的トレンドは、高空間解像度化、多チャンネル化、高観測頻度化、3次元画像化やレーザーやマイクロ波などの能動的センサーの利用である。例えば、2001年に打ち上げられた米国の商用衛星である QuickBird は、バンク画像(0.45~0.90 μm)で0.61m、マルチスペクトル画像(青(B):0.45~0.52 μm 、緑(G):0.52~0.60 μm 、赤(R):0.63~0.69 μm 、近赤外(NIR):0.76~0.90 μm)でも2.44mと、従来の航空機からのリモートセンシングに匹敵する空間解像度を有している。また、2000年に打ち上げられたEO-1のHyperionはLandsatと同じ30mの空間解像度で、可視~近赤外(0.4~2.5 μm)の220バンドのハイパースペクトル画像を提供する。さらに、Vegetation Canopy Lidar(VCL)による1mの距離計測精度を有するレーザー距離計によって地形や森林の3次元計測を行う計画もある。マイクロ波を利用した合成開口レーダー(SAR)は、その波長を選択することにより、雲や降雨の状態の計測や、逆に雲や降雨の影響を受けないで、地表面の情報を得ることができる。2002年末に打ち上げられたみどり2号に搭載されている高性能マイクロ波放射計では、地表面からのマイクロ波の放射画像を提供できる。

このような人工衛星からのリモートセンシングの発達により、従来、衛星画像では困難とされていた我が国の小面積の耕地でも、実用的な利用が可能になってきた。特に、農業や肥料の最適管理のために、プレジジョン・ファームなどの環境保全型農業の分野では、GPSやGISとの併用利用による実用化が期待されている。しかし、人工衛星からのリモートセンシングには、観測周期や雲の影響などの問題があり、より自由度のある航空機からのリモートセンシングとの併用利用が必要である。航空機に搭載されているリモートセンサーには、20cm程度の空間解像度を有するマルチバンドセンサーや2mの空間解像度で、可視から近赤外(0.43~1.0 μm)を512バンドで計測できるハイパースペクトルセンサーなどがある。さらに、無線ヘリコプターやバルーン、農作業車からの近接リモートセンシングを加えた階層的なリモートセンシングにより、より多くの、より有用な情報を得ることができる。

図3は、航空機スキャニングライダー(SL)システムによる地表面と樹冠高の3次元リモートセンシングの概念図である。このシステムでは、ヘリコプターから進行方向に対して直角方向に、パルスレーザー(25,000Hz)を地表面に向かってスキャン照射し、地表面や樹木から帰ってくる反射パルスの飛行時間を計測することにより、地表面との距離を算出する。その際、樹冠の計測はレーザー光が反射して最初に戻ってくるパルスを受信するモード(FP-mode, First pulse mode)により、地表面の計測はレーザー光が反射して最後に戻ってくるパルスを受信するモード(LP-mode, Last pulse mode)により行う。そして、あらかじめGround GPS(Global Positioning System)により正確に計測された基準位置(三角点に設置)と、ヘリコプターに搭載されているAirborne GPSや機体の位置や姿勢をGPSと結合して正確に計測するIMU(Internal Measurement Unit)のデータ、さらに、レーザーのスキャン角(照射角度)及び計測された距離のデータなどから地上のレーザー反射位置の正確な3次元座標を算出し、標高を示すメッシュデータ(DEM, Digital Elevation Model)を得る(図3の流れ図を参照)。なお、このシステムにより求められる絶対座標の誤差は、20~30cm程度であるが、基準点からの相対座標での誤差をみると、距離計測の精度である15cm以内である。

FP-modeは、レーザー光が反射して最初に戻ってくるパルスを受信するモードであるので、このモードにより得られた標高メッシュデータ(FP-mode DEM)(図3(a)参照)は、樹

木が生育している場所では、その位置で最も高い樹冠の標高を与える。図4は谷間の地域のFP-mode DEM の例である。下方の道路に隣接して植物園があり、この園内には、針葉樹や広葉樹の高低木、110 余種が植栽されていた。また、研究園の右上方に隣接した山の斜面には、麓から頂上に向かって、アオキーイロハモミジ群落、コナラ群落、オオバーヤシャブシ群落が広がっていた。

一方、LP-mode は、レーザー光が反射して最後に戻ってくるパルスを受信するモードであるので、樹間を通して地表面までパルス光が到達した場所では、地表面の標高を与える。このため、このモードにより得られるデータにおいて、周辺に比べて標高が特に低い場所を抽出し、補間処理をすることにより、地表面の形状（地形、建物を含む）を示す標高メッシュデータ（DTM; Digital Terrain Model）（図3(b)参照）を得ることができる。図5はLP-mode DEM から推定されたDTM（建物を含む）を鳥瞰図として示したものである。右上の山の斜面が高く、また、左上から右下に向かって、標高が低くなっていることがわかる。対象地域の地形図や地上調査の結果から判断して、樹木が茂っていたにもかかわらず、植物園内の地形が正確に描かれていた。また、山の斜面や建物、道路、河川なども細部にわたって現況と一致していた。

図6はFP-mode DEM からDTMを引くことによって求められた樹冠高のメッシュデータ（DCHM; Digital Canopy Height Model）（図3(c)参照）の鳥瞰図である。山や谷、建物などの部分が除かれ、平地に樹木が生育しているように表示されている。この鳥瞰図から、樹冠の形や樹木の高さがわかる。個々の樹木において、針葉樹で47cm、広葉樹で40cmの誤差内での計測が可能であった。また、RMSE でみると、針葉樹で19cm、広葉樹で12cm程度の誤差であった。なお、DCHMの算出の際に、ノイズ除去のために3×3メッシュのメディアンフィルター処理を行った。

図7は、航空機搭載の高空間分解能マルチバンドセンサーにより得られたスペクトル画像から算出されたNDVI（ $=(\text{NIR}-R)/(\text{NIR}+R)$ 、Normalized Differential Vegetation Index）によるコムギの生育診断の例である。このコムギ畑は、窒素肥料の施肥量の違いにより3つの区に分かれている。NDVI 値が大きいほど栄養生長がよいことを示すが、左側の区のコムギは、生長が早いですが風に弱く、突風ですぐ倒れる傾向があった。生殖生長も含めた総合的な生育では中央の区が最適で、右側の区では肥料不足によって生育が悪かった。この結果は、生育管理のためには、各々の生育ステージでの観測が必要であることを示唆している。

図8は、航空機搭載のハイパースペクトルセンサーで得られたスペクトル画像から得られた農地の分光スペクトル特性の例である。農地にはスイカやトウモロコシ、タロイモなどが栽培されている。スペクトル画像から、農地の区画が容易に区分でき、また、栽培種によってそのスペクトル特性が異なっていることがわかる。このことから、土壌や植物といった簡単な土地被覆状態の分類だけでなく、栽培種の分類やその生育状態の診断への利用が可能であることがわかる。

一方、生体画像計測は、遺伝子や細胞レベルから個体群を対象とした近接リモートセンシングまで、使用目的によって多種多様である。生体（又は生態）機能や環境応答解明などの研究目的のためだけでなく、広域リモートセンシングの補助（階層的リモートセンシング）として、また、植物被害の診断、農作業用ロボットや植物生産ラインの視覚センサー、さらにバイオテクノロジー関連技術としても使用される。さらに、プレジジョン・アグリカルチャーの実用化のためにも有用である。この分野の技術的トレンドも、広域リモートセンシングの場合と同様、高空間解像度化、ハイパースペクトル化、3次元画像化やレーザーやマイクロ波などの能動的センサーの利用などである。しかし、生物生産分野では、計測装置の低廉化やコンパクト化、利便化、また、携帯端末などを利用したユビキタスネットワーク化なども重要である。

生体画像計測における高解像度化は、遺伝子などの分子レベルでの非破壊計測であり、このため、蛍光色素などを利用した共焦点レーザースキャン顕微鏡や走査プローブ顕微鏡

などの技術が発達してきている。また、X線や核磁気共鳴(NMR)などを用いて細胞や組織レベルでの3次元構造や成分・機能情報を得るCTシステムや、生体内に存在するクロロフィル a 蛍光などの分光画像を計測することにより光合成反応などに関する情報を得るシステム、遅延蛍光や化学発光などを計測するシステムなども開発されている。レーザーを利用した3次元形状計測やLIF(Laser Induced Fluorescence)蛍光イメージングなどは、能動的な計測技術である。ハイパースペクトル画像計測システムは、顕微鏡レベルから近接リモートセンシングまでに利用でき、多くの生理的・生態的な情報を得ることができる。ハイパースペクトル画像解析においては、分光成分分析に用いるケモメトリックスの解析手法の利用が期待されている。

図9は、分光ミラー/フィルタを内蔵したマルチスペクトルカメラと、このカメラを用いて計測されたイネのスペクトル画像である。このカメラでは、4バンド(B: 0.40~0.52 μ m、G: 0.48~0.60 μ m、R: 0.60~0.72 μ m、NIR: 0.70~1.1 μ m)のスペクトル画像とその合成画像を得ることができる。植物葉は、クロロフィルやカロチノイドなどの光合成色素の吸収により、0.4~0.7 μ mの可視域の反射が小さく、また、葉温上昇を防ぐために0.75 μ m以上の近赤外域では、大きな反射特性を示す。特に、青や赤の帯域で吸収が大きく、図5の画像で見られるように葉が黒く写る。緑の帯域では、青や赤の帯域に比べて多少反射が大きい。稲穂は可視域で葉よりも反射が大きく、特に、赤の帯域で顕著である。このため、マルチスペクトル画像を用いて、器官の抽出やその生育診断が行える。

プレシジョン・ファームिंगにおいては、計測された分光画像から、植物や土壌の成分を分析することが期待されているが、実際に微量成分の量などを計測するには限界があることにも注意を要する。例えば、生葉での計測では、生体内の状態や反応によって他の波長を用いた方が有用な場合がある。光合成に関係するクロロフィル a の濃度を推定する場合、吸収帯である青や赤の波長を用いるよりは、緑と近赤外の比(0.55 μ m/0.90 μ m)を用いた方が、相関が高く、推定誤差が小さい。この傾向は、クロロフィル a の濃度が大きい程顕著である。また、水ストレスの影響や窒素施肥効果をみる場合にもこのことがいえる。葉が枯れるような乾燥状態では、診断に水の吸収帯を利用するのが有用であるが、通常の生育状態における萎れ程度の水ストレス(-1.0MPa以上)では、葉からの反射スペクトルのバンド比でみると余り差がみられない。それゆえ、水ストレスの診断には、形状変化の計測の方が有効である。窒素施肥の場合、生体内の窒素含有量の増加とともに、クロロフィルの含有量が変化する。このため、施肥効果をみるには、窒素の吸収帯よりも、550nmと近赤外域の比や700nm付近の吸収エッジの変化(シフト)など、クロロフィル含有量と関係する波長の画像を解析した方が有効である。なお、含有色素や微量成分の量を推定する場合、画像濃度との関係を相関解析により求める方法をよく用いるが、相関係数が0.9以上であっても、実際には上下限值に数倍の差が生じるので、定量的な成分分析に利用するときには、注意を要する。また、土壌の微量成分の量を推定する場合には、水ストレスの場合と同様、検量線の範囲が適切かどうかの確認と上記の誤差を考慮した解析が必要である。これらの点に注意すれば、スペクトル画像の解析は、得られる情報が多く、安価で、かつ、コンパクト、高速処理が可能な装置開発が可能なことから、農業分野での実用的な利用が期待される。

図10は、筆者らが開発した、アルゴンレーザーを光学的にスキャンし、クロロフィル a の蛍光誘導期現象を遠隔で計測できるLIFイメージングシステムである。レーザー光を、ポリゴンとガルバノの両スキャナーを用いて、面的に照射するシステムで、このシステムを用いた蛍光誘導期現象の計測例が示されている。この計測により、光合成反応系の画像診断が可能である。また、クロロフィル a 蛍光を利用した診断には、蛍光誘導期現象を用いるものの他に、強い飽和パルス光を照射し、光化学的なクエンチングと非光化学的なクエンチングとに分離して解析する方法が開発され、最近では、ポータブル型の装置や変動光の下でも計測可能なように、パルス変調(PAM)化した装置も開発されている。

3次元形状計測には、スキャンレーザーを用いたイメージングライダー(イメージ

ングレンジファイナダー)や光切断法などの能動的方法が有効である。しかし、一般に高価であるので、農業分野では、ステレオ法や shape-from-x と呼ばれる受動的な方法も期待されている。図11は、筆者らが開発した、受動的な方式である改良型 shape-from-focus 法による3次元計測用CCDカメラとこの装置を用いて計測したキンセンカのテクスチャマッピング3D画像の例である。形態などの3次元情報と対応させて色調の情報を得ることができる。この方法は、近接での被写体計測の他、3次元光学顕微鏡にも適用されている。しかし、テクスチャーがはっきりしない被写体では、適切なテクスチャーを投影する能動的な手法に切り替える必要があるが、同じアルゴリズムでの3次元形状計測が可能である。

ポストハーベスト分野は、生物生産分野の中で、画像計測の実用化が最もすすんでいる。ライン実装のために、高速処理が求められるが、画像としての計測項目は限定され、大きさ(代表径、長さなど)や外観品質(形、色、傷など)が主で計測項目となる。内部品質の一部(空洞、浮皮、腐敗など)についても、X線CTや透過光などにより画像計測されているが、成分(糖度、酸度など)や熟度についても画像化の研究が進められている。図12は、農家から集荷されたミカンの階級等級自動選別システムの例である。コンテナで運ばれた果実は、ダンパーによりローラーコンベア上を進み、整列ベルト、整列ローラによって1列に並べられる。その後、果実は、近赤外光を中心に照射するランプを用いて、数波長の解析により、糖度、酸度の計測を行う。次に、X線画像により浮皮、スアガリの検査を行い、さらにカラーCCDカメラを用いて外観検査を行う。このカラーCCDカメラによる検査においては、偏光板を通して複数のハロゲンランプ(熱線カットフィルター付)で照射し、偏光フィルタを装着した6台のCCDカメラで果実を撮像することにより、安定した色温度で全周計測が可能である。得られた画像を処理し、寸法、色、形状、傷および病気などに関わる特徴量を抽出した後、各果実の階級および等級を判定する。現在、全国の集荷場にこのようなシステムが導入されつつある。また、野菜などの調整システムや保存状態の診断にも、画像計測が積極的に利用されつつある。

3-8-4 おわりに

ここでは、農業工学分野での画像情報の利用、特にリモートセンシングや画像計測などの画像センシングに関連した利用について簡単に紹介した。表1に示したように、農業工学の分野における画像情報の利用は多様である。バイオテクノロジーやポストハーベスト、家畜診断などの高い収益性を有する分野では、実用的な画像センシング技術の積極的な開発が行われている。また、植物工場やプレシジョン・ファームのような栽培管理の分野でも、高生産性や環境保全型農業のために、自動栽培システムや農作業ロボットに搭載した画像センサーの開発やGPS/GISと組み合わせたリモートセンシングの研究が盛んに行われている。さらに、ここでは述べなかったが、地域計画や環境アセスメントに関連した分野でもリモートセンシングやGISの利用が盛んである。今後、画像情報は、インターネットの普及によって、ユビキタスネットワーク化の牽引力として、上記の分野だけでなく、農業教育や環境教育、地域福祉などの分野も含めた多角的分野での利用拡大が期待される。なお、詳細については下記の文献を参照されたい。

参考文献

- 1) Auernhammer, H. and J.K. Schueller (1999) CIGR Handbook of Agricultural Engineering. Vol.III. (Stout, B.A. ed.) 598-616 ASAE
- 2) Campbell, J.B. (1996) Introduction to Remote Sensing. 2nd ed. The Guilford Press
- 3) Colwell, R.N. (ed.)(1983) Manual of Remote Sensing. 2nd Ed. Vol.II. Amer. Soc. Photogrammetry
- 4) De Baerdemaeker, J., A. Munack, H. Ramon and H. Speckmann (2001) IEEE Control Systems Magazine. 21(5):48-70.
- 5) Govindjee and L. Nedbal (2000) Photosynthetica 38:481-482
- 6) Häder, D-P. (2000) Image Analysis: Methods and Applications. 2nd ed. CRC Press

- 7) Hashimoto, Y., H. Murase, T. Morimoto and T. Torii (2001) IEEE Control Systems Magazine. 21(5):71-85
- 8) Hobbs, R.J. and H.A. Mooney(編)大政謙次他 (監訳) (1993) 生物圏機能のリモートセンシング. シュプリンガー・フェアラーク
- 9) 井口征士(1995) 3次元画像計測の最近の動向. 計測と制御. 34:429-434
- 10) 石川 豊(1998)ポストハーベストにおける画像計測の応用. 計測と制御 37:91-94
- 11) Kondo, N. and K.C. Ting (eds) (1998) Robotics for Bioproduction Systems. ASAE
- 12) 宮脇敦史 (編) (2000) GFP とバイオイメージング. 羊土社
- 13) 大政謙次 (1984) 新農業システム総合技術(高辻正基・橋本 康・三澤正愛編) 459-483 R & D プランニング
- 14) Omasa, K. (1990) Modern Methods of Plant Analysis. New Ser. Vol.11 (H.F. Linskens and J.F. Jackson, eds) 203-243 Springer
- 15) 大政謙次(1994) 新しい農業気象・環境の科学 (日本農業気象学会編) 149-173 養賢堂
- 16) 大政謙次(1994)計測と制御 33:855-862
- 17) Omasa, K. (1998) SPIE 3382:91-99
- 18) Omasa, K. (2000) Image Analysis: Methods and Applications, 2nd ed.(D.P. Häder, ed) 257-273, CRC Press
- 19) 大政謙次(2003)農業情報研究.11:213-230
- 20) 大政謙次(2004)新農業環境工学. 59-70 養賢堂
- 21) 大政謙次(2004)新農業情報工学. 66-78 養賢堂
- 22) Omasa, K. CIGR Handbook of Agricultural Engineering. Vol.6.(A. Munack et al., eds.) ASAE (in press)
- 23) Omasa, K. and I.Aiga (1987) Systems & Control Encyclopedia.(M.G. Singh, ed.), 1516-1522, Pergamon Press
- 24) 大政謙次・秋山幸秀・石神靖弘・吉見健司(2000) 日本リモートセンシング学会誌 20:34-46
- 25) Omasa, K. and J.G. Croxdale (1992) Image Analysis in Biology.(D.-P. Häder, ed.) 171-193, CRC Press
- 26) 大政謙次・近藤矩朗・井上頼直(編著)(1988)植物の計測と診断.朝倉書店 155-192
- 27) Omasa, K., K. Oki and T. Suhama. CIGR Handbook of Agricultural Engineering. Vol.6.(A. Munack et al. eds.) ASAE (in press)
- 28) Omasa, K., G.Y. Qiu, K. Watanuki, K. Yoshimi and Y. Akiyama (2003) Environ. Sci. & Tech. 37:1198-1201
- 29) Omasa, K., H. Saji, S. Youssefian and N. Kondo (Eds) (2002) Air Pollution and Plant Biotechnology. Springer
- 30) 大政謙次・芝山道郎 (1992) バイオ電磁工学とその応用 (大森豊明監修) 422-433, フジ・テクノシステム
- 31) 岡野利明・星 岳彦・大政謙次他(2000)農業における新しい情報化技術. 農業電化協会
- 32) Rencz, A.N. (ed.)(1999) Remote Sensing for the Earth Sciences. John Wiley & Sons
- 33) 塩 光輝 (2001) 農業 IT 革命. 農文協
- 34) 曾我部正博・臼倉治郎 (1998) バイオイメージング. 共立出版
- 35) 山崎弘郎・橋本 康・鳥居 徹 (編) (1996) インテリジェント農業. 工業調査会

表1 画像情報の利用が期待される農業情報工学分野

(生物生産関係：プレシジョン・アグリカルチャー)

- ・栽培植物，飼育動物，培養組織などの診断
- ・栽培管理，飼育管理，組織培養などの自動化
- ・プレシジョン・ファーミング
- ・収穫，選別，加工などの自動化
- ・遺伝子工学機器の自動化
- ・安全性診断と流通システム

(環境関係)

- ・植物や生態系のモニタリング
- ・生態系機能のモデル化
- ・環境改善機能の評価
- ・緑化植物の選別と管理
- ・景観シミュレーションと地域計画
- ・環境アセスメントと環境管理
- ・地球環境問題への対応

(その他)

- ・生体機能解明（基礎生物学，遺伝子情報を含む）
- ・CELSS（宇宙生物学）
- ・教育システム（各関連分野）
- ・農山漁村のユビキタスネットワーク

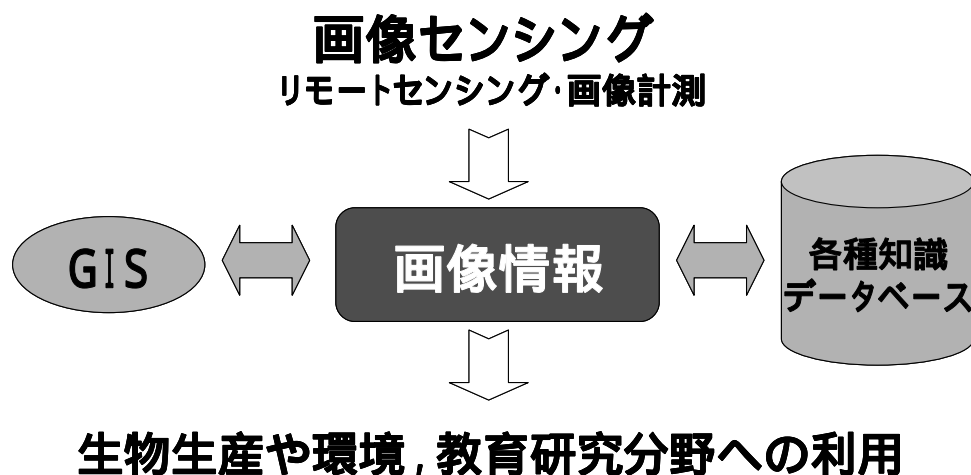


図1 画像情報の利用の概念図

表2 代表的な画像センシング技術と得られる情報

分野(対象)	代表的な画像センシング技術	取得可能な情報
広域リモートセンシング (生態系・群落)	空中写真(赤外線, 高解像度等) マルチスペクトルスキャナ(可視~熱赤外線) ハイパースペクトルスキャナ(可視~近赤外線) ステレオスキャナ(可視線) マイクロ波レーダー(合成開口等) ライダー(レンジ, 蛍光等)	景観・地形 土地被覆状態・土地利用 生態系機能・被害・収量 種構成・生物季節・群落構造 バイオマス・物質循環 土壌種・状態
生体画像計測 (含近接リモートセンシング) (個体群・個体・種苗・細胞)	3次元形状計測システム(ステレオ, ライダー等) スペクトル画像計測システム(紫外~近赤外線) ハイパースペクトル画像計測システム(上同) サーマルカメラ(含顕微鏡) 蛍光画像計測システム(LIF, Chl 蛍光等) CTシステム(X線, MRI, 超音波等) 顕微鏡システム(共焦点, 走査プローブ等)	位置・形状・構造 器官生長・バイオマス 色調・含有色素・成分 気孔反応・蒸散 光合成・ガス交換 生体内成分・機能 細胞構造・機能・遺伝子情報
ポストハーベスト用画像計測 (野菜・果実・穀類等)	CCDカメラ(カラー, 紫外~近赤外, 反射, 透過) 3次元形状計測システム(光切断法等) CTシステム(X線, MRI等) 軟X線装置 + 高速 画像処理	大きさ(代表径, 長さ等) 外観品質(形, 色, 傷等) 内部品質(空洞, 浮皮, 腐敗, 成分等)

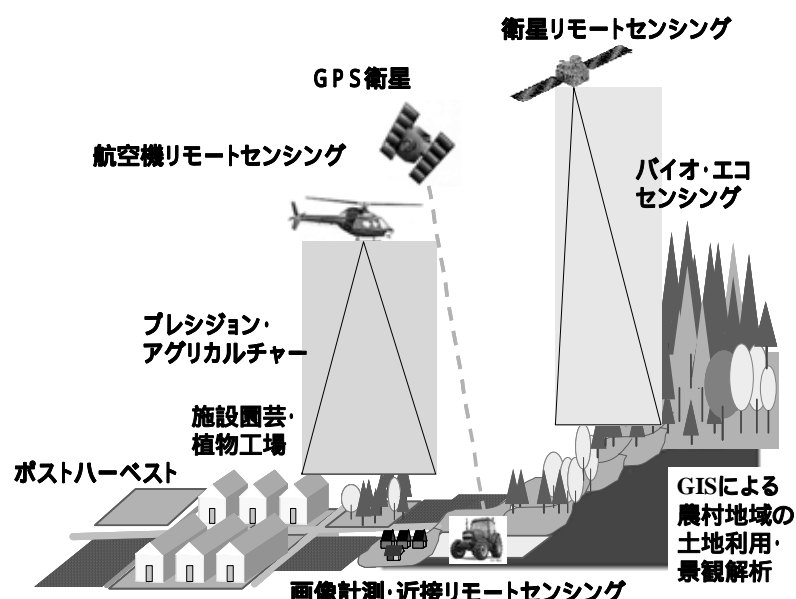


図2 農業情報工学分野における画像センシングの概念図

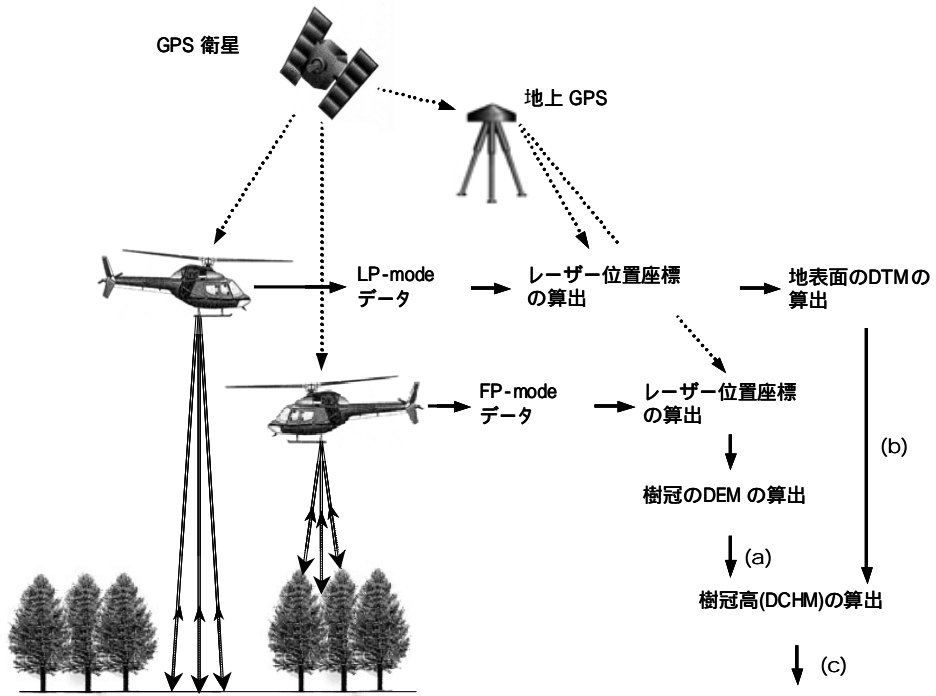


図3 ヘリコプター搭載の高空間分解能SLシステムによる地表面と樹冠高の3次元リモートセンシングの概念図²⁴⁾

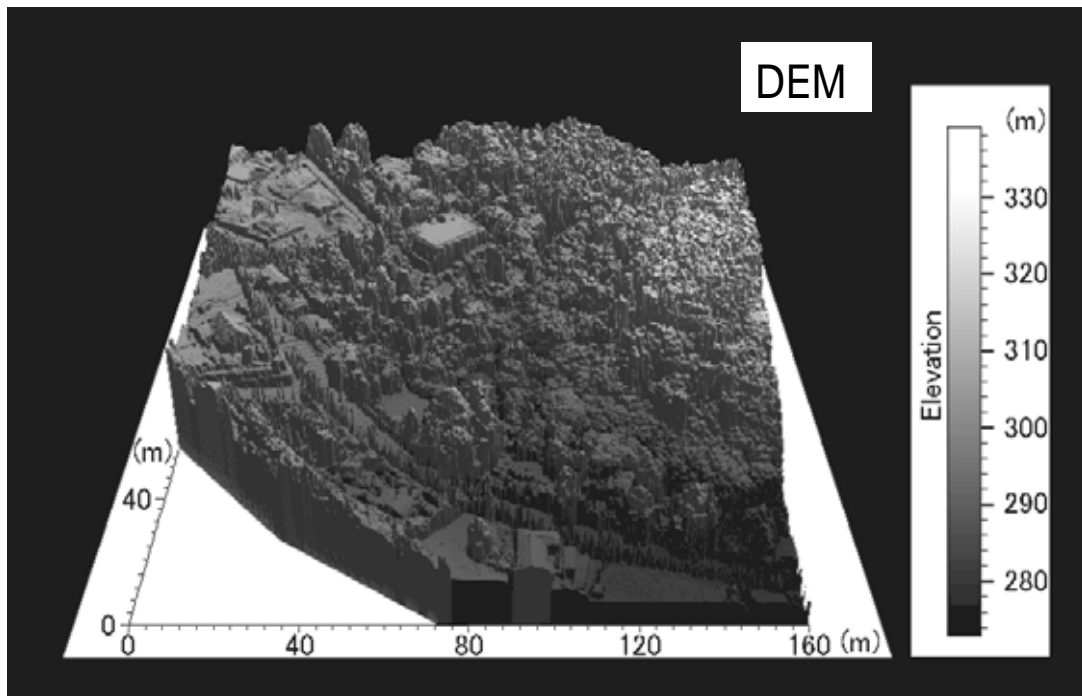


図4 谷間の地域のFP-mode DEMの鳥瞰図²⁴⁾

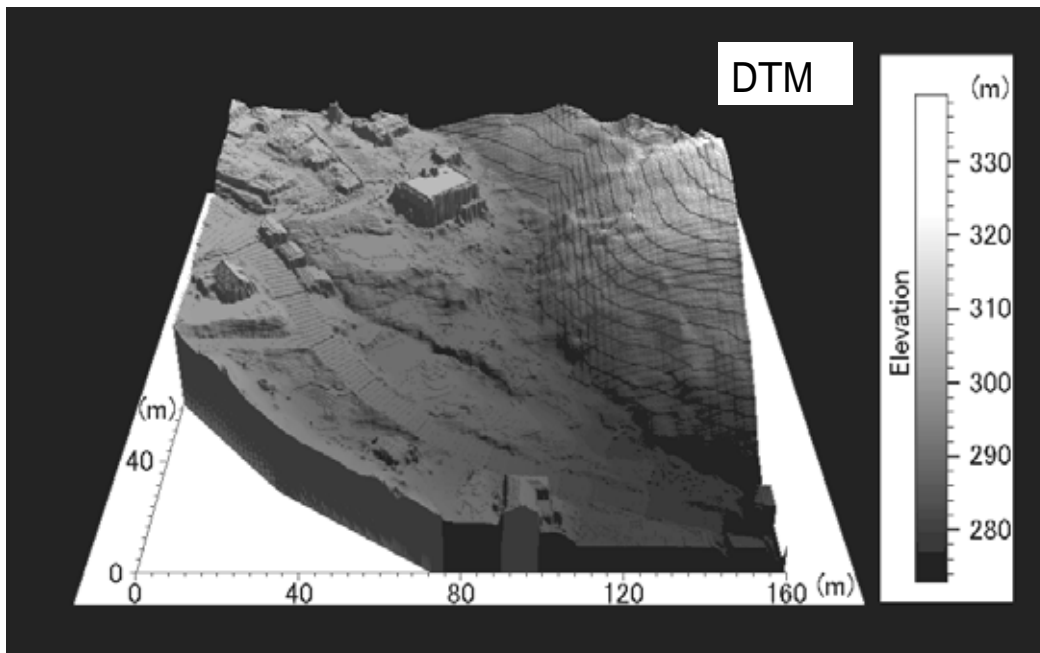


図5 LP-mode DEM から推定された DTM(建物を含む地表面)の鳥瞰図²⁴⁾

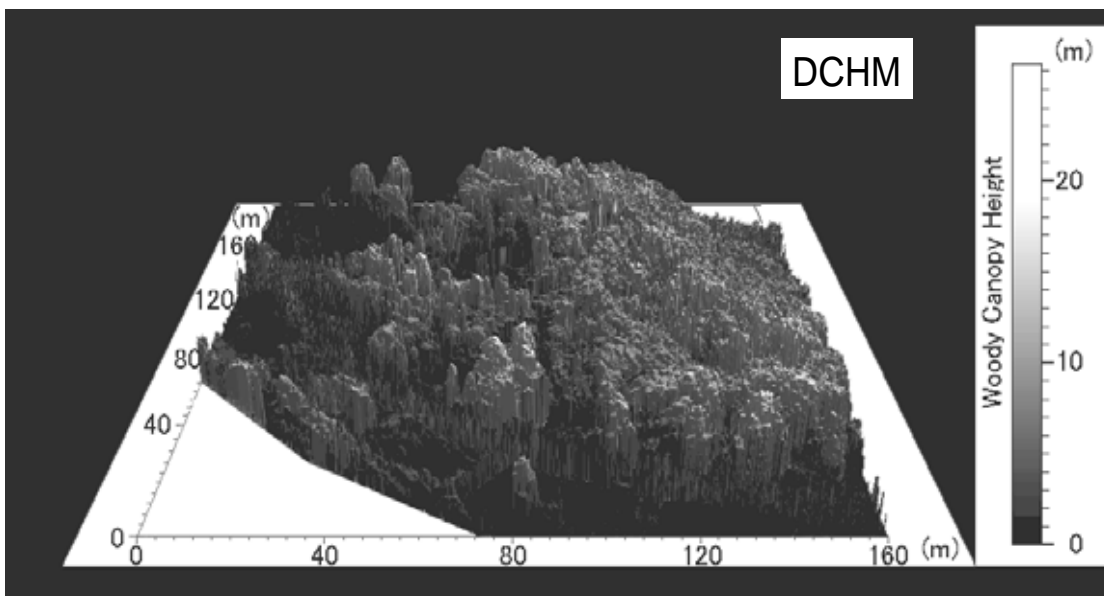


図6 FP-mode DEM(図4) から DTM(図5)を引くことによって求められた DCHM(樹冠高)の鳥瞰図²⁴⁾

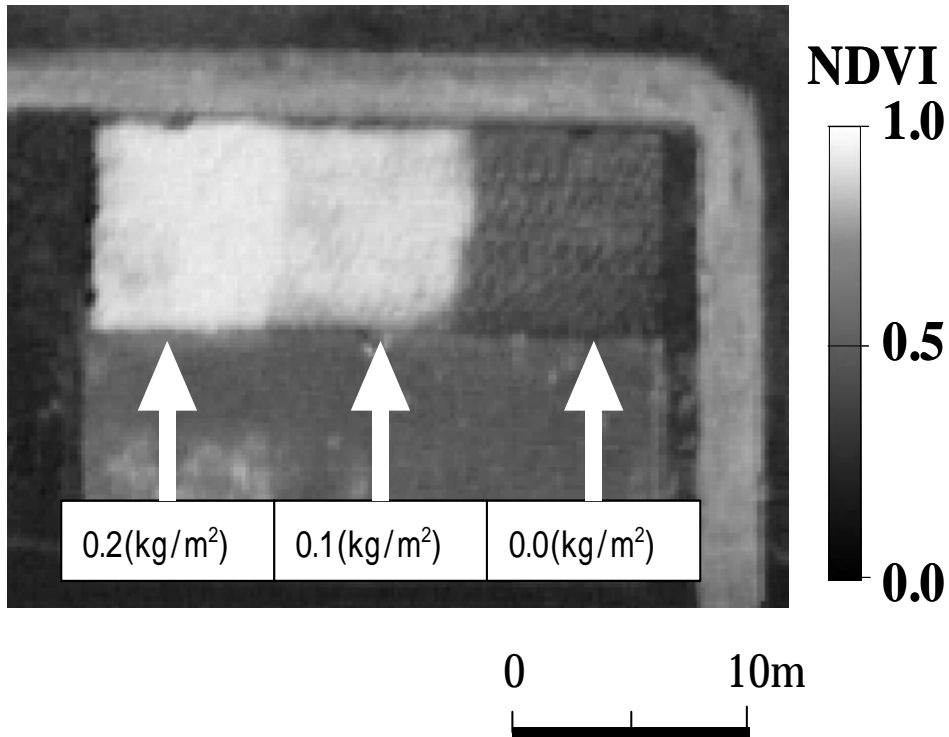


図3 航空機搭載の高空間分解能マルチバンドセンサー(LH Systems ADS40)により得られたスペクトル画像から推定されたNDVIによるコムギの生育診断²⁷⁾. このマルチバンドセンサーは4つのバンド(B:0.43~0.49 μm 、G:0.535~0.585 μm 、R:0.61~0.66 μm 、NIR:0.835~0.885 μm)を有している。

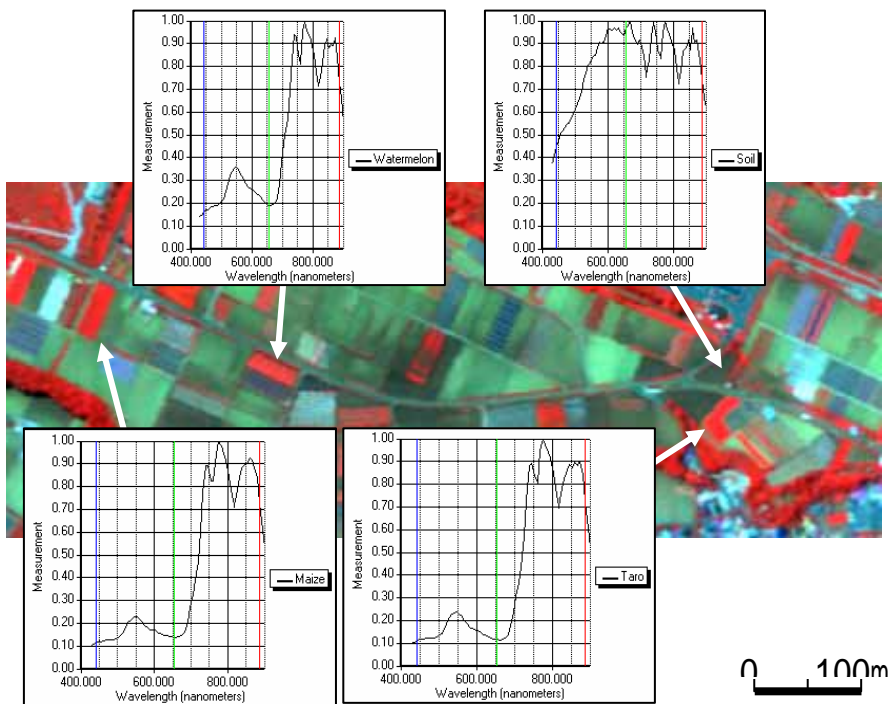


図4 航空機搭載のハイパースペクトルセンサー(Spectral Imaging, AISA)で得られたスペクトル画像から解析された農地の分光スペクトル特性²⁷⁾

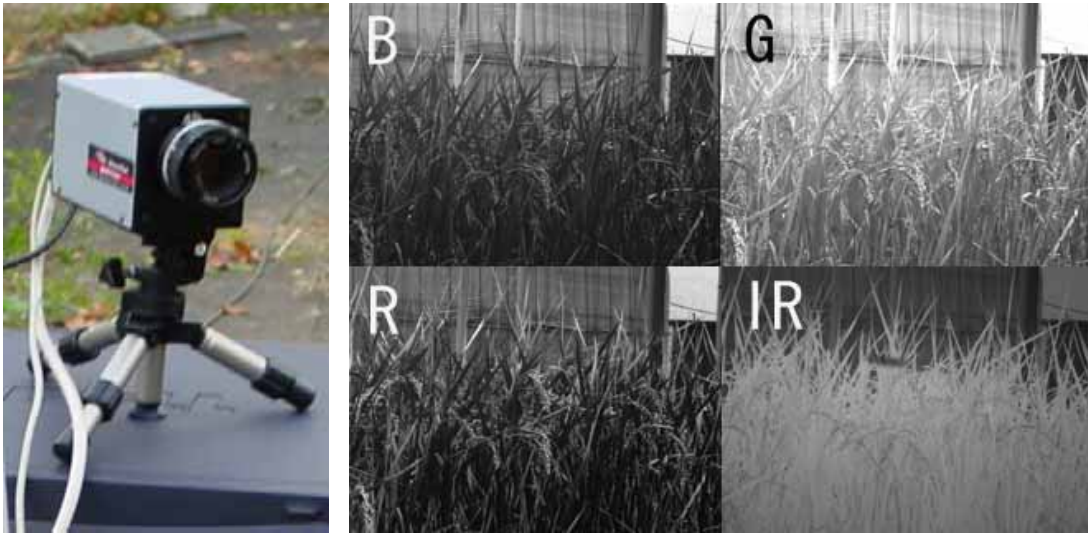


図5 分光ミラー/フィルタ内蔵のマルチスペクトルカメラ(DuncanTech MS3100)と計測されたイネのスペクトル画像 . B : 0.40 ~ 0.52 μ m、G : 0.48 ~ 0.60 μ m、R : 0.60 ~ 0.72 μ m、NIR : 0.70 ~ 1.1 μ m

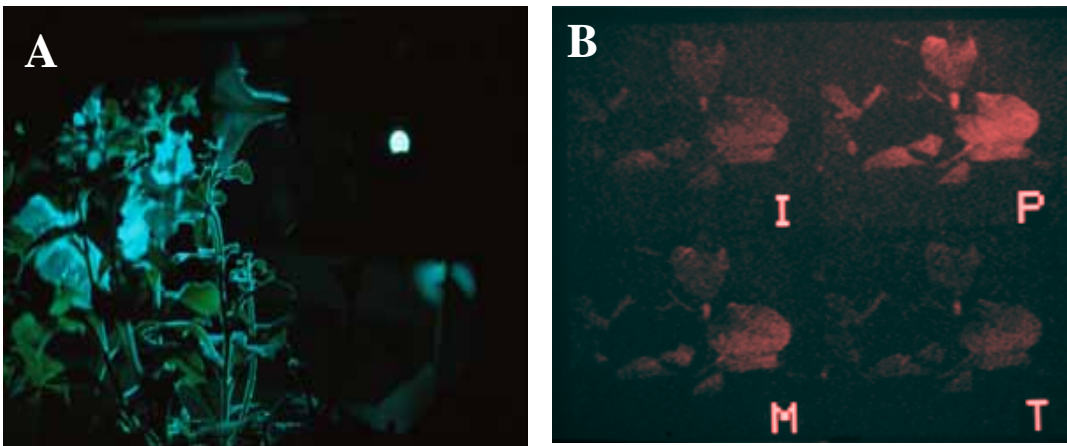


図6 LIF イメージングシステム(A)とクロロフィルaの蛍光誘導期の画像(B)¹⁷⁾ 図Aでは LIF イメージングシステムにより植物にレーザー光が照射されている。

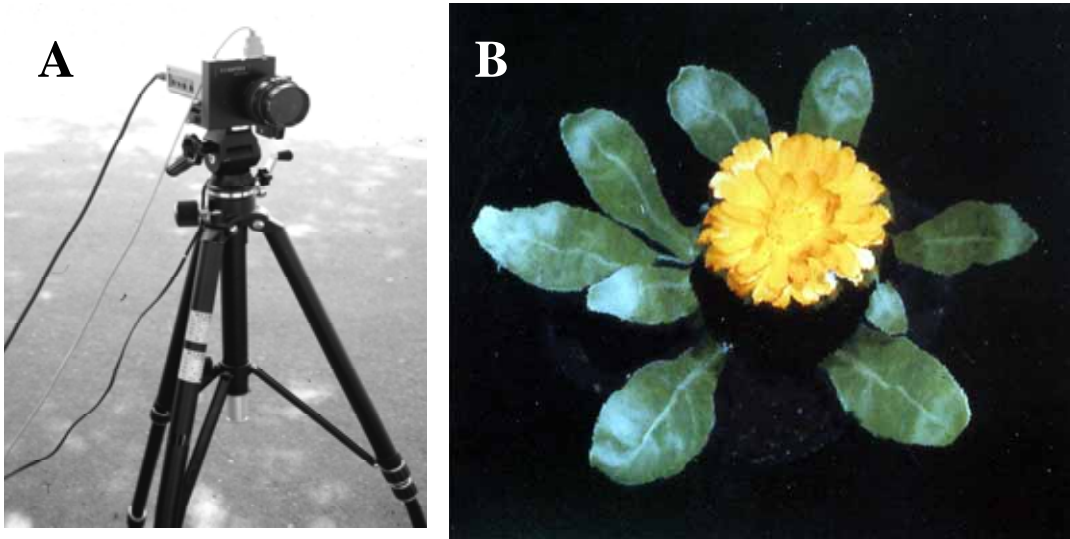


図7 改良型 shape-from-focus 法による3次元計測用 CCD カメラ (A) と計測されたキンセンカのテクスチャーマッピング3D画像 (B)²²⁾

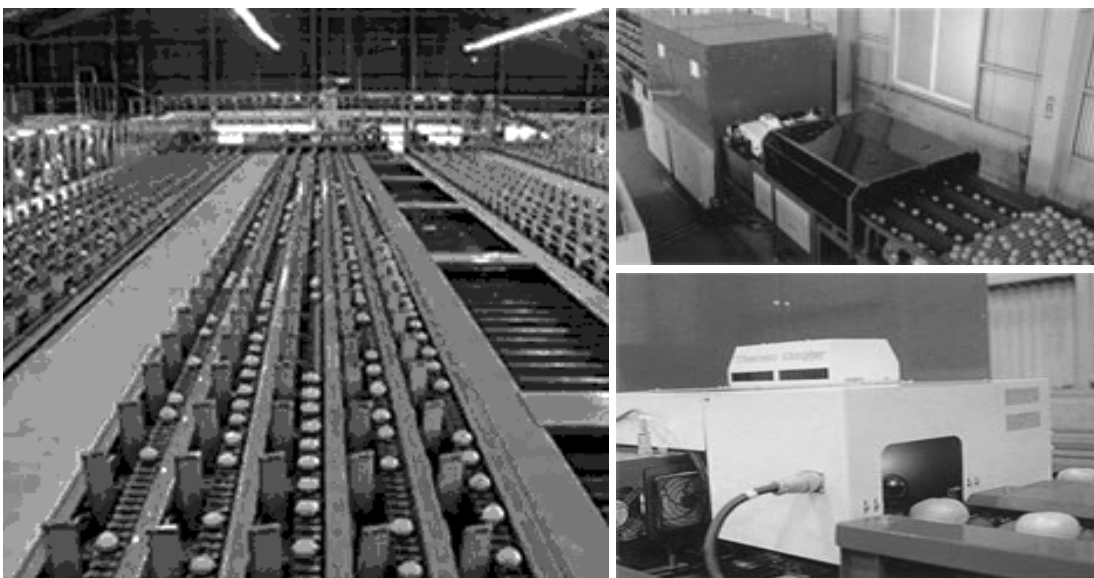


図8 ミカンの階級等級自動選別システムの例

3-9 水土の礎 - 農業土木ポータルサイトの構築

3-9-1 はじめに

農業土木は、弥生時代の水田開発に始まる二千年の歴史を有し、水をため、水を引き、また、海を干し、野を切り拓き、荒蕪の地を沃野に転じ、今日の豊かな農業農村の礎を形成してきた。このような永い歴史的蓄積を重ねてきた農業土木の技術と果たしてきた役割を体系的に整理し、多くの人々に見て学んでもらい、そして、農業土木の技術を次世代に継承していくことを目的として、農業土木のポータルサイト『水土の礎』の制作を行った。



図1 農業土木のポータルサイト『水土の礎』

3-9-2 インターネット利用者の増大

情報通信白書（平成 17 年度版）によると、平成 16 年末におけるインターネット利用人口は 7,948 万人と推計され、人口普及率は 62.3%に達しており、国民の 2/3 がインターネットを利用していることになる。

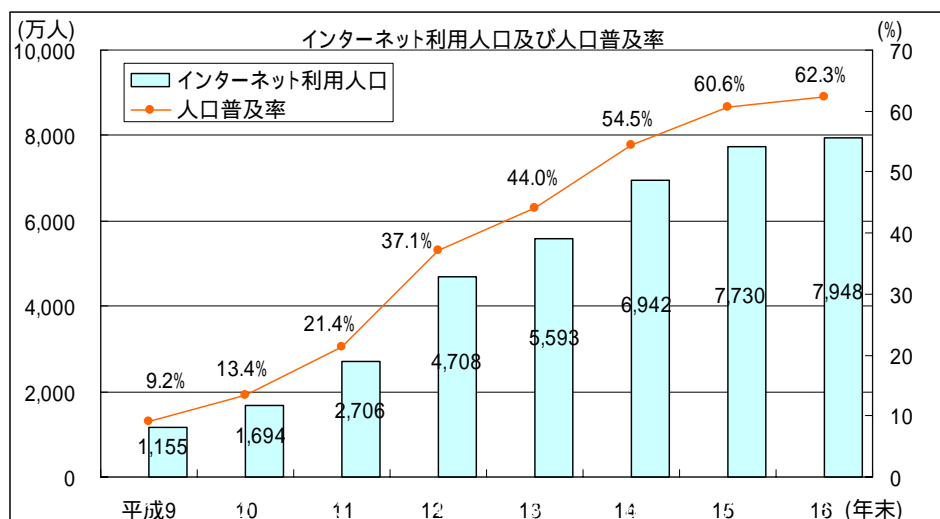


図2 インターネット利用人口の変化(出典:総務省「通信利用動向調査」)

また、小中高等学校におけるインターネットの普及状況は、平成 16 年 3 月 31 日現在、インターネット接続率は 99.8%に達し、ほぼ全ての公立学校がインターネットに接続して

いる。また、高速インターネット（回線速度 400kbps 以上）への接続率は 71.6%となっている他、平成 15 年度現在、ホームページを開設している公立学校は 67.4%であり、インターネットの利用が急速に進展している。

表1 小中高等学校におけるインターネットの普及状況(出典:文部科学省「学校のコンピュータ整備及びインターネット接続について」)

整備状況 (平成17年3月31日現在)

学校種	学校数 A	教育用 コンピ ュー タ 総 台 数 B	1学校当 たりの 教育用 コンピ ュー タ 平 均 設 置 台 数 B/A	教育用 コン ピ ュー タ 1 台 当 た り の 児 童 生 徒 数 C	イン ター ネ ット 接 続 学 校 数 D	学校 の イ ン ター ネ ット 接 続 率 D/A	D の う ち 高 速 イ ン ター ネ ット 接 続 率 E	普 通 教 室 の LAN 整 備 率 F	ホ ー ム ペ ー ジ の 開 設 率 (H15) G
	校	台	台	人/台	校	%	%	%	%
小 学 校	22,720	698,804	30.8	10.1	22,691	99.9%	78.5	37.1	
中 学 校	10,254	477,066	46.5	7.1	10,244	99.9%	82.3	40.0	
高 等 学 校	4,076	438,721	107.6	6.2	4,076	100.0%	95.5	71.5	
中 等 教 育 学 校	7	433	61.9	2.9	7	100.0%	100.0	66.0	
盲・ろう・ 養 護 学 校	934	27,343	29.3	3.4	933	99.9%	91.0	58.3	
合 計	37,991	1,642,367	43.2	8.1	37,951	99.9%	81.7	44.3	67.4

注1)「教育用コンピュータ1台当たりの児童生徒数」は、平成16年5月1日現在の児童生徒数を(B)で除いたものである。

注2)「高速インターネット接続率」は、インターネット接続回線速度が400Kbps以上の学校の割合を表す。

注3)「普通教室のLAN整備率」は、全普通教室のうち、LANに接続している教室数の割合を表す。

このように、インターネットは基幹的な情報インフラとなっており、その情報量は、圧倒的に書籍物を凌駕しており、幅広い分野での情報収集に利用されている。

このことから、農業土木に関するあらゆる歴史や技術などをインターネットを利用して情報発信するウェブサイトは、その歴史を正しい見識をもって理解してもらえるなど、より多くの効果を期待できると考えられる。そして何よりも次世代を担う人たちの歴史的教材として活用されることが望ましい。

3-9-3 水土の礎のコンテンツ

(1) 水土の歴史年表

年代ごと、地域ごとの歴史データベースの検索機能を有し、全国と地域の政治、経済、文化の歴史を対比ながら閲覧することができる。また、歴史年表キーワードから対象ページにジャンプする機能も有している。地域の農業土木の歴史を改めて整理できる、きわめて活用の高い資料と考えられる。



図3 水士（水と土）の歴史年表

(2) 地域の礎

その土地土地、地方地方に応じた百所百様の土地改良事業の歴史を全国9エリア、県別に紹介している。具体的には戦後、各地で実施された国営事業、特になぜ国営事業が実施されたのか、なぜ国営事業が必要だったのかなどの歴史を中心に紹介している。八郎潟干拓事業では、当時の吉田茂首相にまつわるエピソード、また、「近代社会が法による平等を保障しても、農業水利の不平等という問題はほとんど解決されなかったが、農業水利施設の完成により、長年の社会構造を改善したという意味でも特筆されるべき事業と言えるのではないのでしょうか。」という国営農業水利事業の成果が語られている。



図4 地域の礎

(3) 水士の成り立ち

民俗学者柳田国男は、川を「天然の中で最も日本的なるもの」として、川をめぐる社会の緻密さは世界に類がないと云っている。日本の農民たちは年中水の絶えることのない川を確保するため、何百年にわたって山に木を植え続けて、森林を維持してきた。そして森林によって涵養された水を維持し、循環させ、持続的に使い続けるために、協調し、共同し、ときに争いながら変動の激しい国土と気象条件を克服し、高度な水秩序、世界一緻密な水社会を形成してきた。

こうした日本の水士の成り立ちを「ひく」「ほす」「ためる」「わける」「ほす」「もどす」「むすぶ」「まもる」の8つの事例で紹介している。



図5 水土の成り立ち

(4) 大地への刻印

昭和 63 年に発行された『大地の刻印』この島国は如何にして我々の生存基盤となったか、のウェブ版である。古代から現代にいたる壮大な農業土木の集積をアーカイブ化し、図と解説で分かりやすく解説している。



図6 大地への刻印

(5) 国土を創造した人々

「食を得るといっただ一つの目的のために、これほどはげしく肉体をいじめる作業というのは、さらにそれを生涯くりかえすという生産は、世界でも類がないのではないか。」(司馬遼太郎『街道をゆく - 潟のみち』より)

日本の国土を創造(たがや)した名もなき多くの農民の壮絶なる歴史を「新潟」であるために・十章」、「藍より青く吉野川」、「疎通千里・利沢万世」、「安曇野水土記」、「王朝の湖水」、「千年の悲願」などで、あらためて紹介する。



図7 国土を創造した人々

(6) 礎の歴史的展開

我が国の農業とその基盤の整備は、アジア・モンスーン地帯の地理的、気象的条件を生かした水稲栽培を中心に発展してきた。そして、我が国の国土づくりは、時代の為政者と多くの人々の力で、古代は律令制により、中世は荘園制により、近世は大名知行制により、近代は富国政府の下で、稲作を中心とする基盤づくりによってなされてきた。

また、稲作栽培は、二千数百年前の縄文時代後期に始まりましたが、現在の姿まで発展する過程は、栽培技術の向上とともに用水路の開削や開墾などの生産基盤整備の歴史と云っても過言ではない。

このような我が国の農業とその基盤の整備が、いかにして形成されてきたか、時代の為政者と多くの人々の力の結晶が生みだした生産基盤整備の歴史を紐解く。



図8 礎の歴史的展開

(7) 近代日本の礎

明治維新によって奨められてきた士族授産事業、代表的な士族授産事業である安積疎水及び那須疎水を紹介し、近代日本の黎明期が鮮やかに蘇る。国営事業の歴史を紐解いていくと、その始まりは士族授産とも云われる。その士族授産事業の背景、士族授産政策の破綻・功績など、戦前の貴重な文献等の資料からまとめられている。



図9 近代日本の礎

(8) 水土の巧

人に人柄、土地に土地柄があるように、水柄がある。このコンテンツは、ARIC 情報誌に連載している日野文雄氏（フォトエッセイスト）の『水利の技術を訪ねて』のウェブ版であり、それぞれの水柄から生まれた水利の技術と暮らしを巡る旅の報告を、氏の美しい写真とともに紹介している。



図10 水土の巧

3-9-3 おわりに

農業土木は、狭い国土に複雑高度な水路網を張り巡らせ、荒蕪の地を沃野に転じ、多くの民を養ってきた。四季折々に自然と向き合う術を論じ、地域の人々の気質をも形成してきた。

その技術は、二千年にもおよぶ悠久の歴史に培われてきた知識の集積と云うべきものであり、私たち農業土木の技術者は、その歴史を正しく理解し、すなわち先達の偉業を次世代へと引継ぐ役割も負っていると考えられる。

そうした視点から『水土の礎』(<http://www.suido-ishizue.jp/>)が利用されることを期待する。

参考資料

総務省 情報通信白書平成17年度版

文部科学省 http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/zyouhou/04120301.htm

4. おわりに

本報告書は、農業土木学会・農業農村情報研究部会の勉強会で議論してきたことを基に、(1)農業農村の現場における IT 利用の実態、(2)今後 10 年の展開方向の可能性、という視点で現状分析と応用例を整理したものである。農業農村情報とは何か、その定義は現時点でも不明確ではあるものの、少なくとも上記 2 つの命題に関して次のようにまとめられる。

(1) 農業農村の現場における IT 利用の実態

農業における IT 利用の革新をめざして農林水産省委託 IT 研究プロジェクト「データベース・モデル協調システム」(<http://www.agmodel.net/DataModel/>) が平成 13 年度から 5 年計画で実施された。このプロジェクトでは、農学・工学・情報科学の研究者の力を結集して、農業の IT に関わる問題を解決するために必要な要素技術が開発された。その主な技術は以下のようなものである。

- ・圃場の情報を効率的に収集するシステム
- ・膨大な文書情報を知識に変えて営農や農業研究を支援するシステム
- ・大量のデータを分かりやすく整理・分析して営農や農業研究を支援するシステム
- ・生産者・流通・消費者を結びつけるシステム
- ・ばらばらの情報資源をばらばらのまま融合して利用する - 分散協調型のシステム

これらは、農業という産業を支援する個別技術としては革新的なものといえる。しかしながら、生活空間としての農業農村地域における IT 利用という基盤技術の開発までには至っていない。

また、ダムや排水機場などの公共予算のつけやすい大規模な施設管理には高度な情報技術が使われているが、ため池や農業用水路などの地域住民が協働管理する施設における情報利用はまだまだ進んでいるとはいえない。このような実態から判断して、農業農村の現場における具体的な IT 利用はまだ始まったばかりといえよう。農業農村地域の人々が何を望み、地域をどうしていきたいのか、まずはそのニーズを明確に把握し、地域住民が安心して生活できるような身近な情報利用技術の開発が望まれる。

(2) 今後 10 年の展開方向の可能性

農業就業者の減少と高齢化の進行が見込まれる中、農業の持続的な発展を図るためには、今後ますます農業農村情報の利用法が重要になってくる。企業を含む農業への新規参入を見込んだ担い手の育成・確保や農地の利用集積の促進、農業農村地域のみならず都市住民にとっても魅力ある農業・農村づくり、予防的な保全対策を組み込んだ水利ストックの有効活用、地すべりやため池溢水などの防災・減災のための危機管理システム、また安全な農作物を生産し食卓まで流通させるトレーサビリティシステムなど、農業農村に関わる情報利用には多方面への展開が見込まれる。

農林水産省では、平成 19 年度から、農地・水・環境保全向上を図るための新たな対策を導入する。その手始めとして、平成 18 年度には、全国 600 地域で、実験的な取組に対する支援（実験事業）が開始される。この対策により、将来にわたってさまざまに変化する農業農村の基盤を支えることになる。この対策では、「農業者だけでなく、地域住民、自治会、関係団体などが幅広く参加する活動組織を新たにつくってもらい、これまでの保全活動に加えて、施設を長持ちさせるようなきめ細かな手入れや農村の自然や景観などを守る地域活動を促進する」ことが重視されている。多様な住民で構成される活動組織をどのように作り運営するのか、その鍵となるのは住民にとって有用な情報の収集・共有・発信となろう。農業農村情報の技術は、農業農村地域において合意形成を実現するツールの一つとして、今後ますます重要になってくるであろう。

日本の農業政策の転換期にあたるこの機会に、本報告書が 21 世紀の農業農村情報利活用の方向性を決める羅針盤となれば幸いである。

参考資料 土地改良区の概要

土 地 改 良 区 の 概 要

1 土地改良区制度の概要

土地改良区は、一定の地域について土地改良事業を実施することを目的として、土地改良法に基づいて設立される法人であり、土地改良事業の公共的性格を反映して、組合員の強制加入（法第11条）、経費の強制徴収（法第36条、法第39条）等が認められている公共団体（沿革的には戦前における土地改良事業（工事）の実施主体たる耕地整理組合及び水利施設の維持管理団体たる普通水利組合の機能を一元的に包括したものとなっている。）。

（1）設立手続

15人以上の事業参加資格者（原則として農地の耕作者）が、あらかじめ、実施しようとする土地改良事業、土地改良区の概要につき受益地内の事業参加資格者の3分の2以上の同意を得て、事業計画、定款等を作成し、知事の認可を経て設立。

[参考1 土地改良区設立手続一覧参照]

（2）地区及び組合員

土地改良事業の施行に係る一定の地域を地区とし、当該地区内の事業参加資格者は土地改良事業に対する同意、不同意にかかわらず、すべて組合員となる。

（3）事業

土地改良事業（かんがい排水施設の新設、改良、管理、区画整理等）及びこれに附帯する事業

（4）管理、運営

定款、規約等諸規程を整備

役員 - 理事5人以上、監事2人以上

（理事の定数の5分の3以上、監事の定数の2分の1以上は組合員でなければならない。）

総会が最高の意思決定機関

（組合員が200人を超える場合には総代会を設置することが可。総代は市町村の選挙管理委員会の管理のもとで選挙）

（5）議決権、選挙権

組合員は、その経営する面積の広狭にかかわらず一人一票制

2 土地改良区の現状

（1）土地改良区及び関係面積の推移

昭和36年度の13,163地区がピーク。その後、合併、設立抑制等により漸減。平成16年3月時点では6,354地区。[第1表参照]

（注） 土地改良区設立については、昭和39年までは1事業1改良区主義が厳しく適用され、同一地域において同種の目的をもった土地改良区が重複して設立されてきた。

このため、昭和36年までは土地改良区が乱立し、その数は年々増加し、13,000を超えるに至った。

このような事情を背景とし、昭和39年の法改正が行われ、2以上の事業の施行を目的として1の土地改良区を設立することができることとなった。

他の土地改良区と重複している地区は、27%、6以上の土地改良区と重複している地区も1.5%存在する。[第2表参照]

土地改良区数及び面積の推移 (第1表)

	土地改良区		土地改良区連合	
	地区数	面積(ha)	地区数	面積(ha)
昭和27年度	6,302	2,095,001	32	71,230
30	10,238	2,768,320	67	152,400
35	13,041	3,157,730	138	318,992
36	13,163	3,229,217	139	382,073
37	13,146	3,289,961	142	350,907
40	12,557	3,397,277	143	373,708
45	11,664	3,514,391	137	405,447
50	10,186	3,499,481	123	408,945
55	9,031	3,431,226	116	417,500
60	8,476	3,254,854	112	419,089
平成2年度	8,133	3,253,048	106	388,433
3	8,071	3,242,953	105	386,605
4	7,992	3,230,917	104	382,257
5	7,892	3,211,387	101	376,422
6	7,796	3,187,322	102	380,668
7	7,681	3,159,846	100	370,805
8	7,573	3,139,646	97	364,527
9	7,414	3,102,782	96	363,194
10	7,297	3,080,347	93	351,857
11	7,137	3,042,494	92	350,832
12	7,004	3,014,601	89	342,748
13	6,816	2,972,649	89	339,770
14	6,605	2,939,856	85	319,602
15	6,354	2,904,196	85	325,964

土地改良区の重複状況

(第2表)

単位:()は%

	重複する土地改良区数						集計地区数
	重複なし	1区	2区	3区	4~5区	6区以上	
地区数	3,982	849	314	142	64	80	5,431
(割合)	(73.3)	(15.6)	(5.8)	(2.6)	(1.2)	(1.5)	(100.0)

(2) 土地改良区の設立態様

現存する土地改良区の約5分の4は土地改良法制定後に新設されたものであり、5分の1は普通水利組合等から組織変更されたものである。[第3表参照]

(3) 土地改良区の面積規模

土地改良区の多くは、小規模面積のものであり、100ha未満の地区が約半数。近年、わずかながら大規模化の傾向。[第4表参照]

土地改良区の設立経緯

(第3表)

単位：()は%

区分	新設	新設合併	組織変更			集計地区数
			耕地整理組合	普通水利組合	北海道土功組合	
土地改良区数	3,511	502	485	851	82	5,431
(割合)	(64.6%)	(9.2%)	(8.9%)	(15.7%)	(1.5%)	100.0%

面積規模別土地改良区数の推移

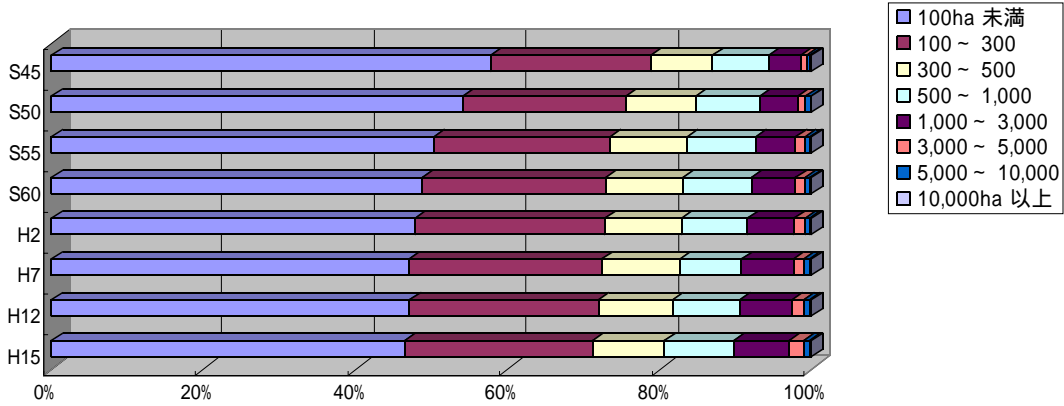
(第4表)

単位：地区、%

年度	100ha未満	100～300	300～500	500～1,000	1,000～3,000	3,000～5,000	5,000～10,000	10,000ha以上	計
S35	8,231	2,490	984	812	472		36	16	13,041
(割合)	(63.1)	(19.1)	(7.5)	(6.2)	(3.6)		(0.3)	(0.1)	(100.0)
40	7,664	2,490	960	844	534		46	19	12,557
(割合)	(61.0)	(19.8)	(7.6)	(6.7)	(4.3)		(0.4)	(0.2)	(100.0)
45	6,729	2,468	947	860	494	92	54	20	11,664
(割合)	(57.7)	(21.2)	(8.1)	(7.4)	(4.2)	(0.8)	(0.5)	(0.2)	(100.0)
50	5,512	2,189	936	861	510	99	63	16	10,186
(割合)	(54.1)	(21.5)	(9.2)	(8.5)	(5.0)	(1.0)	(0.6)	(0.2)	(100.0)
55	4,544	2,087	921	807	484	115	58	15	9,031
(割合)	(50.3)	(23.1)	(10.2)	(8.9)	(5.4)	(1.3)	(0.6)	(0.2)	(100.0)
60	4,086	2,062	881	770	498	107	57	15	8,476
(割合)	(48.2)	(24.3)	(10.4)	(9.1)	(5.9)	(1.3)	(0.7)	(0.2)	(100.0)
H2	3,882	2,039	819	708	498	117	52	17	8,132
(割合)	(47.7)	(25.1)	(10.1)	(8.7)	(6.1)	(1.4)	(0.6)	(0.2)	(100.0)
7	3,615	1,947	784	630	519	105	65	16	7,681
(割合)	(47.1)	(25.3)	(10.2)	(8.2)	(6.8)	(1.4)	(0.8)	(0.2)	(100.0)
12	3,302	1,738	683	618	479	113	56	15	7,004
(割合)	(47.1)	(24.8)	(9.8)	(8.8)	(6.8)	(1.6)	(0.8)	(0.2)	(100.0)
15	2,953	1,573	599	577	465	116	55	16	6,354
(割合)	(46.5)	(24.8)	(9.4)	(9.1)	(7.3)	(1.8)	(0.9)	(0.3)	(100.0)

(注) 土地改良区連合は含まない

面積別土地改良区数の推移



(4) 土地改良区の事業・役割

土地改良区の約7割は農業水利施設の維持管理を行っている。[第5表参照]
 (ダム462ヶ所、頭首工7,952ヶ所、水路28km等) [第6表参照]
 また、国が造成した農業水利施設の約7割を土地改良区が管理している。
 [第7表参照]

土地改良区の事業形態

(第5表)

単位：()は%

区分	工事主体	工事+管理	管理主体	償還業務	その他	集計地区数
土地改良区数 (割合)	438 (8.1)	1,220 (22.5)	2,732 (50.3)	778 (14.3)	263 (4.8)	5,431 100

(第6表)

土地改良区が管理している土地改良施設

区分	ダム(ヶ所)	頭首工(ヶ所)	機場(ヶ所)	樋門(ヶ所)	ため池(ヶ所)	水路(km)
施設数	462	7,952	26,329	19,977	13,376	280,532
管理主体数	302	1,480	2,591	1,689	1,463	3,787

(第7表)

国営基幹水利施設の管理主体

(単位：%)

	国	県	市町村	土地改良区	その他	計
ダム・貯水池	0.6	24.1	23.5	45.9	0	100
頭首工	2.4	20.3	10.1	64.2	3	100
揚水機場	0.3	10.4	14.8	74.1	0.3	100
樋門	0	40.6	22.6	36.8	0	100
全体構成比	1.4	16.2	15.5	66.1	0.8	100

資料：農村振興局

(5) 土地改良区の賦課金

ア 土地改良区1地区当たりの平均的な財政規模は1億3千万円。

主な収入は、賦課金(約3割)、補助金(約2割)、借入金(約1割)である。

また、主な支出は、運営経費(約2割)、施設管理費(約1割)、工事関係経費(工事に係る借入金償還金を含む。)(約5割)である。

イ 土地改良区の賦課金には、大きく分けて事務人件費、維持管理費に充てるための經常賦課金及び工事費、工事借入金償還に充てるための特別賦課金がある。

なお、10a当たり賦課金は、土地改良区平均で、經常賦課金約2,900円、特別賦課金約4,000円となっている。

[参考2 土地改良区の財政運営参照]

(6) 土地改良区の職員

土地改良区で専任の職員を置いている地区は約半数。[第8表参照]

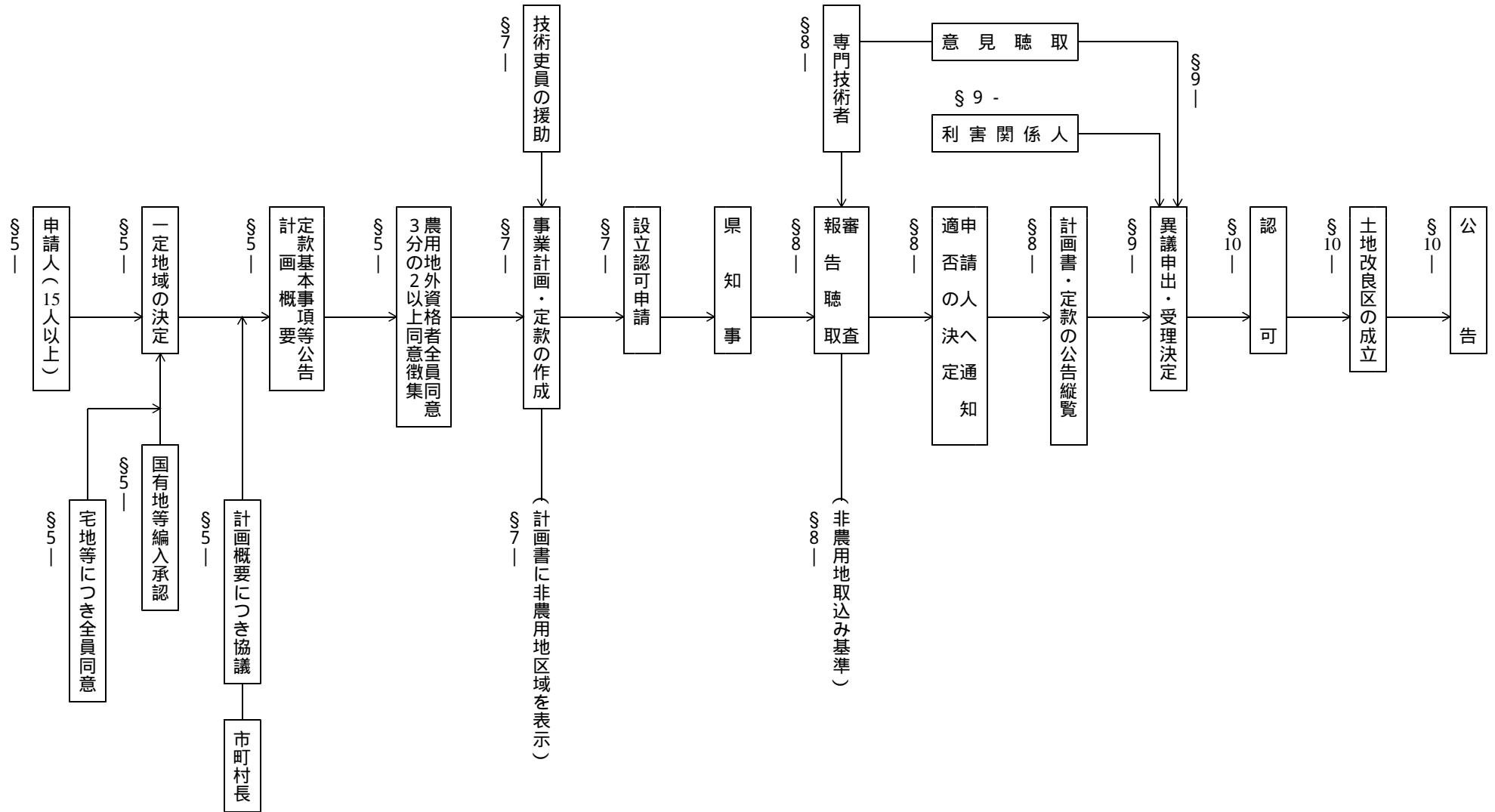
専任職員の設置状況

(第8表)

単位：地区、人

	なし	1	2	3~5	6~10	11~20	21人以上	集計地区数	職員数
100ha未満	1,767	338	75	20	1			2,201	558
100~300	714	491	174	60	3			1,442	1,054
300~500	193	193	133	80	3			602	752
500~1,000	123	124	137	156	21		1	562	1,127
1,000~3,000	47	38	51	174	112	26		448	1,980
3,000~5,000	6	2	8	11	26	48	9	110	1,211
5,000~10,000		2		4	8	20	19	53	986
10,000ha以上	2	1				2	8	13	518
計 (割合)	2,852 (52.5)	1,189 (21.9)	578 (10.6)	505 (9.3)	174 (3.2)	96 (1.8)	37 (0.7)	5,431 (100.0)	8,186

参考1 土地改良区設立手続一覧



参考2 土地改良区の財政運営

収 入			
項 目	1地区当たり	10アール当たり	割合
	千円	円	%
賦課金	35,270	6,941	27.5
經常賦課金	14,883	2,929	11.6
特別賦課金	20,387	4,012	15.9
補助金・助成金	22,617	4,452	17.7
国庫補助金	10,105	1,989	7.9
工事費補	8,032	1,581	6.3
恒常的経費補助	2,073	408	1.6
市町村等補助金	12,512	2,463	9.8
工事費補助	9,625	1,895	7.5
恒常的経費補助	2,887	568	2.3
借入金	14,424	2,839	11.2
農林公庫	7,747	1,525	6.0
その他	6,677	1,314	5.2
その他の収入	23,742	4,673	18.6
他目的使用料	1,360	268	1.1
地区除外決済金	1,635	322	1.3
受託料	2,997	590	2.3
過年度収入	498	98	0.4
その他	17,252	3,395	13.5
繰越金	32,090	6,316	25.0
計	128,143	25,221	100.0
支 出			
項 目	1地区当たり	10アール当たり	割合
	千円	円	%
恒常的経費	22,455	4,420	17.5
運営費	12,479	2,457	9.7
運営事務費	3,636	716	2.8
役員報酬費	1,187	234	0.9
職員人件費	7,656	1,507	6.0
維持管理費	9,976	1,963	7.8
整備補修費	3,879	763	3.0
電力油脂費	1,562	308	1.2
人件費	1,642	323	1.3
助成金等	919	181	0.7
適正化拠出金	677	133	0.5
その他	1,297	255	1.0
工事費	10,627	2,091	8.3
国県営負担金	12,658	2,491	9.9
借入金償還金	34,926	6,874	27.3
各種積立金	13,122	2,583	10.2
その他の支出	8,915	1,755	7.0
繰越金	25,440	5,007	19.9
計	128,143	25,221	100.0

2. 土地改良区をめぐる情勢

(1) 新たな農業農村施策

1) 新農業農村基本法の制定(平成11年(1999)7月16日)

21世紀における、日本の食料、農業及び農村に関する施策の基本指針となる、食料の安定供給の確保、多面的機能の発揮、農業の持続的発展及び農村の振興の4つの理念を掲げた新基本法が制定された。

2) 土地改良法の改正(平成12年7月)

新食料、農業、農村基本法の制定を受けて、「事業実施に当たっての環境との調和への配慮」、「地域の意向を踏まえた事業計画の策定」等についての1部改正。

3) 新たな米政策(平成16年度から)

米を取り巻く環境の変化に対応し、消費者重視・市場重視の考え方に立って、需要に応じた米作りの推進を通じて水田農業経営の安定と発展を図ることを目的。

4) 食糧・農業・農村基本計画の改訂

基本法に基づく基本計画が改訂され、17年度からスタートする。重点課題として、担い手育成のあり方、経営安定対策(品目横断的政策)、農地制度のありかた、農業環境・資源政策の確立が取り上げられている。

中でも については、土地改良区にとっても重要な課題となる。

(2) 施設管理を巡る課題など

1) 管理責任の増大

2) 管理費用の増大

3) 技術力確保への対応

4) 組合員の負担の困難性の増大

5) 地域資産としての期待の増大

3. 土地改良区に期待される役割

食料・農業・農村に係る、新たな施策の展開への対応とともに土地改良区をめぐる課題の解決をとおし、これからの土地改良区の役割は重要になると思われる。

(1) 農地・農業用水の管理保全

農村の過疎化や都市化、混住化の中で、担い手農家への農地利用集積や、集落機能の強化のため、土地改良区の役割は以前にも増して大きくなり、これに的確に対応することが重要。

(2) 多面的機能の発揮を通じた地域への貢献

「水」、「土」の管理を通じて、農業農村の有する多面的機能を生かす、維持をさせることが期待される。

(3) 各種情報の保有、蓄積と活用

多くの土地改良区は、農家、農地、農業用水、土地改良施設等の係る多様な情報を有しており、こうした情報を情報技術の導入により、効率的・効果的に農家に、提供することが、望まれる。

4 . 2 1 世紀土地改良区創造運動のとりくみ

土地改良区を取り巻く状況を踏まえ、土地改良区の存在への地域からの理解と地域への貢献を進めるための活動を展開 「別紙 〇〇」