

光センサー選果データの GIS による生産への活用と研究開発の展望

宮本久美

和歌山県農林水産総合技術センター・果樹試験場 643-0022 有田郡吉備町奥

Feedback of the Fruit Quality Data Measured by NIR Spectrophotometer to Production Control Using GIS and Taking New Turn of Agricultural Research

Kumi Miyamoto

Fruit Tree Experiment Station, Wakayama Research Center of Agriculture, forestry and Fisheries,

Oku, Kibi-cho, Arida, Wakayama 643-0022

はじめに

非破壊内部品質選別機(光センサー選果機)は、近赤外分光法によって果実の糖や酸、蜜入り程度などを非破壊的に測定する装置であり、1989年に、モモの糖度選別機として初めて選果場に導入された。当初は反射光測定方式であり、リンゴ、ナシなど果皮の薄い果実の糖度選別へと利用が広がった。その後、透過光測定方式のオンライン装置が開発され(宮本, 2003a), 1996年からミカン産地への導入が始まった。カンキツでは糖以外に酸、すあがりの測定に使われている。落葉果樹でも蜜や内部褐変などが判別できることから、最近では透過型装置の導入が増えている。

非破壊品質選果されている果実量は、平成13年産実績で全出荷量の24.1%を占めている。選果場への光センサー導入台数はカンキツで最も多く、ウンシュウミカンの選果割合は平成13年産で28.1%、平成14年産では35.9%を占めており(農水省果樹花き課)、さらに増加する勢いである。光センサーは、大きさ、形、色、傷などの外観を画像計測するカラーグレーダーとセットで、カンキツ選果場の標準装備になりつつあり、ミカンの流通と生産に大きな影響を及ぼしている。

本稿では、光センサー導入を契機とするミカン産地の新しい取り組みと、それがもたらす産地の生産システム変革への動き、これをサポートする研究開発の展望についてのべる。

光センサー導入による流通の変化と産地の販売戦略

ウンシュウミカンの生産は、1961年の農業基本法制定による選択的拡大のもとで急速に増加し1970年代半ばにピークに達したが、生産過剰による暴落を契機として年々減少し、現在の栽培面積は約6万ha、生産量は約120万トンである。成熟市場を迎えた1980年代には、多くの産地ブランド、差別化商品が生まれ激しい産地間競争を繰

り広げた。バブル期の高単価が一層これを刺激したが、客観的な味の保証がなく、年や産地による当たりはずれと果実間のばらつきが消費者の不信を招いていた。1996年から始まった光センサーの全数選果による糖度保証は、ブランド品の価値を不動のものにし価格向上効果をもたらした。糖度選別機の区分設定によって新しい高級品ブランドを作ることが可能になり、産地全体の価格を引き上げるプライスリーダーの役割を果たしている。これと合わせて、多くのミカン産地では、レギュラー一品についても品種や出荷時期に応じて10度や11度などの最低糖度ラインを定めて品質保証を行っており、流通業者との信頼関係を強めて産地全体のブランド化を進め、産地の収益アップを図ろうとしている(長谷川, 1999; 篠原ら, 2001; 濱口, 2001)。このような中で、ミカンの市場卸売価格も、それまでの外観等級中心のものから糖・酸含量による味区分を重視した価格形成へと変化してきた(宮本, 2001)。これに伴い、低糖度果実や消費ニーズの乏しい品種・系統は益々販売が困難になってきており、消費者に目を向けた生産への取り組みがミカン産地の重要課題になっている(吉川ら, 2004)。また、消費者への糖度保証を生かして、多様な販売先の掘り出しとそれに合わせた生産・選果・流通経費の削減、消費者教育の重要性が指摘されており(今井, 2003)、ミカン産地でも本格的な取り組みに向けた準備が進められている。

光センサー選果がミカン産地に及ぼす効果

徳田(1997)は、日本で初めて糖度選別機を導入した西野農協(現JAこま野西野支所)におけるモモの販売戦略と実績を解析し、光センサー選果による糖度規格の導入がもたらす価格上昇効果を、次の3段階に区分した。①高糖度保証とパッケージで高級贈答用商品を生み出し高価格を実現する「高級品創造効果」、②新しい糖度規格の導入と品質管理によって産地全体の評価を高め出荷品全体の価格水準を引き上げる「産地ブランド効果」、③糖度規格の導入によって生まれた規格間価格差に誘発されて価

格的に優位な商品生産の増加で価格水準が上昇する「高級品割合上昇効果」。そして、産地にとって重要なことは、「高級品創造効果」を起点として「産地ブランド効果」、「高級品割合上昇効果」を実現することにあるとしている。川上ら(2003)は、このような価格上昇効果を実現するためには、選果情報が「選果機→流通過程」への一方通行ではなく、生産技術要因を検討する「選果機→生産過程全体」、消費ニーズに対応した生産を検討する「流通過程→選果機→生産過程」にも流れる必要があり、「生産過程←→選果機←→流通過程」の双方向での選果情報の活用が重要であると指摘している。

ミカン産地が光センサーを導入する狙いは、①ダンボール箱内、箱間の味のばらつき縮小、②全数検査による消費者への最低糖度の保証、③味重視の選果工程による省力・省コスト化、④全数検査の客観評価に基づく生産者への精算、⑤消費ニーズに対応した販売戦略の立案と実行、⑥選果データの生産へのフィードバックであり、これらを通じてミカン消費の拡大、価格の向上と安定、生産意欲の増大を図ろうとしている。①～④は既に目的を達成しており、⑤と⑥がミカン産地の課題である。前述の通り、⑤と⑥は選果情報を媒介としてつながっており、課題の解決には生産対策、販売対策、産地基盤対策を網羅した産地全体の合意に基づく統一的な運営管理を行う産地マネジメントの視点が不可欠である(藤澤, 2003)。この道具として注目されているのが GIS である。

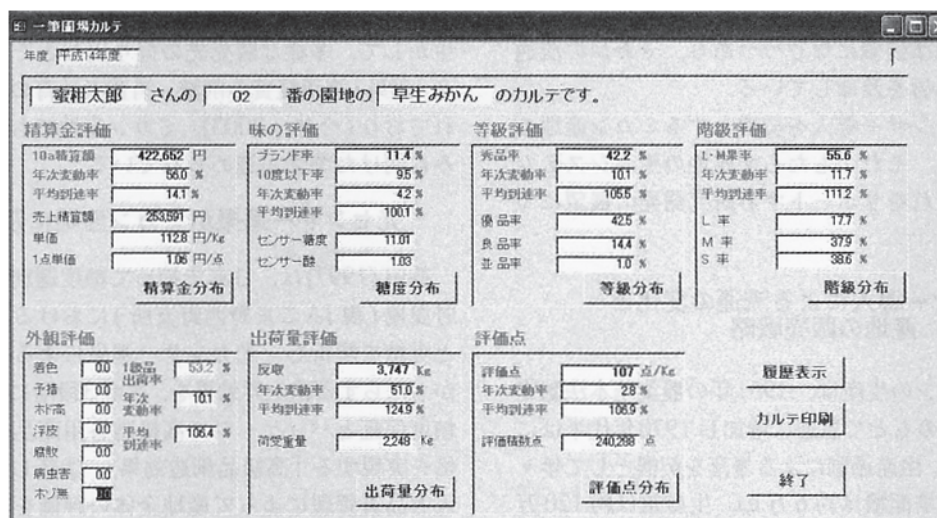
ミカン産地での地理情報システム(GIS)の開発

ミカン産地では、他の作物に先駆けて、品質評価結果(選果データ)に基づく産地マネジメントの道具として GIS (Geographic Information System) の利用が検討された。その背景には、光センサー導入選果場では荷受時に入力された生産者の園地番号によって、入荷ロット単位の膨大な選果データが園地帰属データとして毎年自動蓄

積されており、このデータを栽培技術と経営にフィードバックし、産地全体のレベルアップを実現する産地システムの確立が切実に求められていたことがある。小澤(2003)は、「GISとは、地図と地図上に位置を持つ情報をコンピューター上で統合的に管理することにより、様々な自然、社会現象の構造や、特性を分析、解析するコンピューターベースのシステム」と定義している。選果データを高品質果実の連年生産に活用するためには、生産者の行動起点である園地に情報を落とす必要がある。

ミカン産地向け GIS の開発は長崎県、香川県、和歌山県で進められ、それぞれがメーカーと共同して商品化している。長崎県は「樹園地管理システム」(鳥羽, 2001; 鳥羽ら, 2003)、香川県は「果樹マッピングシステム」(森末ら, 2004)、和歌山県は「園地診断システム」(森ら, 2004)という名称で、いずれも選果場で使用する GIS であり、生産者データ、園地データ、選果データを基本属性データとして園地データベースを構築し、地図データとリンクしている。システムによっては、園地ごとの売上データ、栽培管理データ、気象データ、巡回調査データなども入っており、これら全てのデータが園地 ID をキーコードに一元管理されている。

和歌山県と N 社が共同開発した「園地診断システム」の概要を簡単に紹介する。この GIS データベースには、各種情報の表示・検索機能、1 圃場 1 品種単位の一筆圃場カルテの作成と表示機能、過去 5 年間の履歴表示機能、農家単位の同様の作成・表示機能、これらの帳票印刷・発行機能が備わっている。第 1 図に、一筆圃場カルテの一例を示した。選果データを精算金、味、等級、階級、外観、出荷量、評価点に分類して評価する構成とし、実績数値と過去 5 年間の年次変動係数、選果場平均に対する達成率を表示しており、ブランド(出荷区分)別に分布グラフを表示できる。任意設定基準によって数値を青、黄、赤に色別表示でき、膨大な選果データを利用者にわかりやすい



第 1 図 園地診断 GIS の一筆圃場カルテ画面

表現で診断できる。生産者の耕作園地は多い人で10箇所以上に分散しており、1園地1品種ごとに発行される圃場カルテは多数枚になる。そこで、全耕作園地の過去5年の園地別評価実績と収益判定結果を1枚の一覧表で表示する農家カルテを発行し、経営として優先して対策をとらねばならない圃場がすぐに把握できる仕組みにした。このデータベースを園地、地形、航空写真などの地図データとリンクさせた園地診断GISでは、レイヤ構造の特徴を生かして自由な重ね表示や任意条件設定による園地分布図の作成が可能で、情報を面に展開することができる。逆に、地図からのデータ抽出とEXCEL形式での帳票出力も可能である。

開発されたいずれのシステムも、栽培管理データや生育測定データが入力されれば、選果実績データとの連携によりさらに効率的で実証的な生産支援ツールとなる。水田作では、分散多圃場に対応したGISによる合理的で計画的な作業支援システムも開発されている(三浦ら, 2004; 大黒ら, 2004; 大塚, 2004)。

GISの導入によるミカン生産システムの変革

園地GISをミカン産地に導入する主な狙いは、次の4点である(宮本, 2003b)。①GISは園地に帰属する各種情報を効率的に収集・蓄積・利用するための情報システムであり、園地や樹ごとの実態に即した栽培管理を支援する道具となる。②経験や勤のデジタル化、数値化を進める契機となり、産地の中で体系的に技術を蓄積・継承していく道具となる。③園地の客観評価が可能になり、高齢化に伴う耕作放棄を防止して優良園地の円滑な流動化を進める道具となる。④荷受ロットIDから生産園地の追跡と蓄積された園地情報の照合が可能になり、安全・安心を求める消費ニーズに対応する道具となる。

これら4つの機能は、ミカン産地の現状が抱える人、土地、技術、販売の課題解決に直結しており、園地GISが産地活性化のコア情報基盤であることを示している。バラバラに点在していた情報を体系的に整理・蓄積・閲覧でき、解析機能を活用することにより総合的判断を導くことができる。産地の中で情報共有することにより、課題の共通認識と解決に向けた役割分担が明瞭になる。生産者、JA、自治体、民間企業が連携して情報を行動に変え、結果を検証して事例集積を進めることができれば、産地の知恵や技術、経済力を高めるとともに、そのサイクルの中で人が育つ総合的な産地(地域)マネジメントが可能になる(宮本, 2004)。小澤(2004)は、このようなGISによる総合的な取り組みを進めている事例として、長野県飯島町を紹介している。

GISがもたらす新しい研究開発の展望

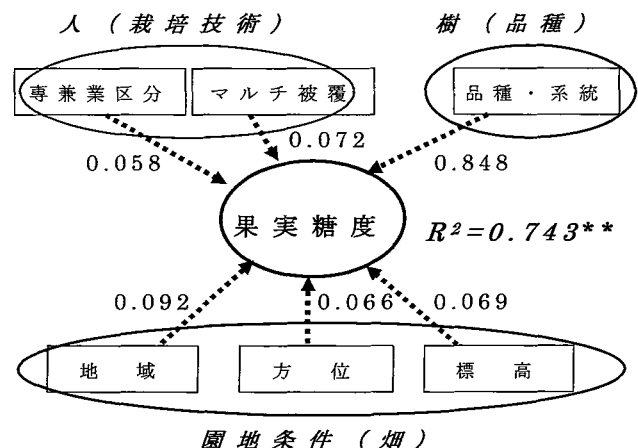
以上のように、ミカン産地へのGISの導入は、ミカン産地の生産システムを、従来の経験と勤による自己完結

的で閉鎖的なものから客観性、検証性、拡張性を備えたシステムへと変革していく契機となる。

この技術サイドの取り組みとして、藤澤ら(2003)は、リンゴ樹の生育と光センサー選果機による選果データの関係を解析し、高品質果実生産のための栽培管理技術を明らかにしようとしている。山本ら(2000)は、モモ選果データから糖度の異なる園地を抽出し、高糖度園地における土壌特性を明らかにしている。森ら(未発表)は、和歌山県のモデル選果場で構築したGISデータベースを用いて、果実糖度に関する要因解析から高糖度果実生産の必要条件を探っている。解析結果の一部を第2図に示したが、膨大な園地サンプルを使って、園地の固定的な属性要因、可変的な属性要因の糖度に対する効果を、人、園地、樹に類別して定量的に把握しようとしている。園地個々が持つ多変量な世界をありのままに表現しデータ解析を行う試みである。このような解析は、選果実績の園地別自動蓄積と各種園地属性データを一元管理できる園地GISがなければ、労力や時間の制限から実施不可能である。

ミカンについては、これまでの全国的な研究蓄積と生産者の事例蓄積により一般標準的な栽培管理指針は概ねできている。しかし、多様な立地条件と気象の中で1樹ずつ異なる履歴を持つ果樹の場合、試験研究機関で得られた知見や個別開発技術が個々の園地や樹の栽培管理にそのまま適用できるケースは少ない。他の変動要因をできるだけ揃えた試験研究も必要であるが、これをいくら積み重ねても現場の園地や樹での処理効果を予測することはできない。試験園、試験樹の実態を表現する変数要因の定量化と現実の多変量空間の中での処理効果の定量化が必要である。そのためには、次項で述べる実態を把握するためのセンシングと診断・定量技術、多変量空間の定量化とモデル化技術、処理効果の予測技術などが重要な研究開発課題である。

生産支援型GISの出口は、生産者に対して問題のある



第2図 果実糖度を左右する要因(2001年産)
数字は重回帰分析の標準回帰係数を示す

園地の処方箋を提示することであり、さらに、その結果をGISに蓄積、解析してより精度の高い処方箋を提示するという循環システムを産地内に作り上げることにある。これは、総合判断に基づく最適解の問題であり、上記の研究開発課題と密接に関係している。逆に言うと、GISの産地への導入によって、生産者、現場技術者、研究者、民間企業技術者が共同してデータを収集、解析、検証する場が生まれ、新しい研究開発が展開するといえる。GISの農業生産への利用が進む中で、従来の要素管理に基づく農学研究ではつかめなかった多変量要因の定量化と最適化の研究が進むことが期待される。

生育モニタリング技術と判断支援システムの開発

ミカン産地におけるGISによる生産支援では、園地の収益性が低い原因はどこにあるのか、収益を高めるには何をどうすればよいかをデータに基づいて解析し、生産者にわかりやすく提示し、生産者と営農指導員が問題意識を共有しながら、最適な栽培管理の処方箋を提案するというのが理想である。ところが、現状では選果実績や園地、生産者データは揃っているが、現在の生育データや栽培管理データの収集・入力に人手に頼っており、わずかな定点調査園や抜き取り調査園のデータしかない。また、対処法の提示は担当者任せであり、自らの知識と経験で判断するしかない。したがって、園地GISを生産支援に活用するためには、多数の園地の生育状況、栄養状態、水ストレス状態などを迅速・簡便にセンシングできる技術の開発が必須である。また、測定したデータを迅速・簡便にデジタル入力できるハード、ソフト両面の情報研究が必要である。さらに、GISの園地属性データと現在の生育、栽培管理履歴をもとに、篤農家やベテラン技術者と同等の診断と処方箋を自動提示できるシステムの開発が必要である。

作物生産環境や植物体、植物群落のセンシングに関する研究は、近年、農業環境工学系の学会を中心に活発に行われている。大政(2003)は、広域～近接まで多様な階層的リモートセンシングの最新技術と農業生産への利用について紹介し、GPSやGISと併用した階層的リモートセンシングシステムの構築が重要であると指摘している。井上(2001)は、野外におけるありのままの作物や植生の生体情報や土壌情報を広域的・定量的にとらえるために、光や電磁波を利用した非破壊・リアルタイム・遠隔的な手法の有効性を紹介している。近接センシングの最近の事例として、果樹生葉の近赤外スペクトルによる栄養診断や水ストレス診断技術の開発があり(高野ら, 2000; 宮本ら, 2003c)、このための圃場に持ち込める小型NIR分光器も開発されている(大倉ら, 2003)。500-1000 nm波長域の携帯型NIR分光機は既に市販されており、リンゴ、モモ、ミカン果実の樹上での非破壊糖度測定や樹内、園内(樹間)糖度分布測定への利用が検討されている(別所

ら, 2002; 宮本, 2002)。これら以外にも、圃場での近接センシング技術として、レーザー誘起蛍光分光(LIF)による野菜の生育状態計測(石澤ら, 1999)、クロロフィル蛍光と光照射後の遅延蛍光による植物のストレス反応計測(土屋ら, 未発表)、パルス振幅変調(PAM)クロロフィル蛍光による高温ストレス計測(佐藤ら, 2002)、PAMやLIFによる光合成速度計測(遠藤, 2002; 中屋ら, 2001)などが報告されており、ポータブルな計測装置も開発されている。衛星や航空機から撮影した熱赤外面像(Hamlynら, 2003)やマルチバンド分光画像による広域リモートセンシングも、最近では高い分解能を持つようになり、小さな圃場区画でも使えるようになってきた。多くの情報を持つ多波長のハイパースペクトル分光画像についても農業への利用が進められつつある。しかし、このような広域リモートセンシングの利用は稲作や畑作が殆どであり、欧米でのブドウ園への利用はあるものの果樹栽培への利用は殆どない。面的な産地を形成している日本の果樹産地で利用できる測定技術と装置、解析技術の開発が望まれている。

測定したデータを迅速・簡便にデジタル入力できる情報技術として、現在、GPSによる位置計測とPDAや携帯電話による情報入力・照会を結合したシステム開発が進められている(高橋ら, 2003)。Web-GISを利用した(藤山, 2004)、個々の生産者による直接入力も今後の研究課題である。

また、GISの園地属性データと現在の生育、栽培管理履歴をもとに、生育や品質を診断・予測し、意思決定を支援できる情報システムの開発も、少しずつだが進められつつある。ウンシュミカンでは、樹の生育や果実品質を予測するプログラムと高品質化マニュアルの開発(吉川ら, 2003)、篤農家や専門家の知識を模倣したエキスパートシステムの開発(張, 2003)などがある。現在、近畿中国四国農業研究センターの地域農業確立総合研究「カンキツ経営安定のための連年果実生産システムの確立」(平成15~19年)において、上記のようなセンシングと対策技術の開発、エキスパートシステムによる生産支援のシステム開発などにカンキツ生産県が共同して取り組んでいる。しかし、バックにある壮大な研究テーマに比してできることは限られており、今後、もっと多くの分野で、学際的な研究グループが結集して取り組むべき研究課題であろう。

おわりに

選果場への光センサー導入による果樹産地の生産システム変革への動きとGISの役割、これを支える新しい研究開発課題とその展望について、筆者の浅学、独断を承知の上で述べた。澁澤(2003)は、全米研究協議会(NRC)が「精密農業とは、情報技術を駆使して作物生産に関わる多数の要因から空間的にも時間的にも高精度のデータ

を取得・解析し、複雑な要因間の関係性を科学的に解明しながら意思決定を支援する営農戦略体系である」と規定し、研究組織や研究手法の改革を提言していることを紹介している。そして、日本独自のコミュニティベースの精密農業モデルを提案し、科学、技術、ビジネスの三つの論理に基づく研究アプローチを、異分野の人々が共同して横断的に発展させることが重要であるとしている。本稿とも共通するところが多く、今後の農業研究の方向や手法について重要な示唆を与えるものとする。

引用文献

- 別所英男・増田哲男・鈴木良治ら. 2002. 携帯型の非破壊品質評価装置を用いたリンゴ樹上未熟果の糖度測定. 平成14年度東北農業研究成果情報.
- 張 勇. 2002. 果樹育成知識の体系化と果樹育成エキスパートシステム. 和歌山大学システム工学部修士論文.
- 大黒正道・高橋英博・寺元郁博. 2004. GISを用いた水稲作春作業計画支援システムの開発. システム農学. 20: 23-31.
- 遠藤 剛. 2002. PAMクロロフィル蛍光計による光合成測定の実験と応用. 植物の成長調節. 37: 69-75.
- 藤澤弘幸. 2003. リンゴ非破壊選果機の利用実態と今後の考え方. 園学雑. 72(別2): 96-97.
- 藤澤弘幸・増田哲男・中元陽一・別所英男・工藤和典・阿部洋・石川勝規・佐々木真人・横沢 勤・藤井 満. 2003. リンゴ樹の生育と光センサー選果機による選果データとの関係-岩手県都南リンゴ産地におけるおい化栽培「みしまふじ」の実態-. 東北農研総合研究. 10: 34-52.
- 藤山 浩. 2004. Web-GISを利用した地域マネジメント-土地利用, 鳥獣対策, 産直市PRの実例. システム農学. 20: 9-15.
- 濱口壽幸. 2001. 長崎県における非破壊選果機導入の成果と活用の課題. 九州沖縄農業経営資料. 1: 15-23.
- Hamlyn G. J. and L. Iikka. 2003. Thermal Imaging for the Study of Plant Water Relations. 農業気象. 59: 205-217.
- 長谷川美典. 1999. 非破壊選果機を利用した産地活性化戦略-和歌山県JA有田中央農協-. フレッシュフードシステム. 28(5): 137-139.
- 今井克孝. 2003. 非破壊内部品質評価技術と流通・販売戦略. 園学雑. 72(別2): 100-101.
- 井上吉雄. 2001. フィールドにおける光計測・電磁波計測-リモートセンシングを中心に-. (社)農林水産技術情報協会シンポジウム「計測技術の最先端」講演要旨集. 1-10.
- 石澤広明・松澤恒友・斉藤保典・野村彰夫・鳥羽英治・小松和彦. 1999. レーザー誘起蛍光分光計測による野菜類の生育状態モニタリング. 第38回計測自動制御学会学術講演会講演予稿集. 653-654.
- 川上秀和・長谷川啓哉・藤澤弘幸・中元陽一. 光センサー選果機を利用したリンゴ販売戦略の評価-アンケート調査によるモモとの比較. 2003. 東北農研総合研究. 10: 1-15.
- 三浦修平・小林 一. 2004. 一筆圃場カルテに基づく経営支援システムの開発-水田農業の大規模経営体のためのパソコン用ソフトウェア-. システム農学. 20: 16-22.
- 宮本久美. 2001. 果実品質要因がウンシュウミカン卸売価格に及ぼす影響. 和歌山農総技セ研報. 2: 57-69.
- 宮本久美. 2002. 携帯型光センサーのウンシュウミカン果実糖度の測定能力. 平成14年度近畿中国四国農業研究成果情報.
- 宮本久美. 2003a. ウンシュウミカン選果工程における近赤外分光法による内部品質管理に関する研究. 和歌山農総技センター特別研究報告. 5: 1-94.
- 宮本久美. 2003b. ミカン産地におけるGISを用いた園地診断システムの開発. 園学雑. 72(別2): 98-99.
- 宮本久美. 2003c. 近赤外分光法によるミカン樹水ストレス診断の取り組み. 平成15年度近畿中国四国農業試験研究推進会議問題別研究会(農業気象)シンポジウム要旨. 12-17.
- 宮本久美. 2004. GISの手法を用いて地域農業マネジメントを革新する. 地域農業経営戦略研究. 2: 32-40.
- 森 敏紀・宮本久美. 2004. 急傾斜大規模ミカン産地における園地診断システムの開発. 近畿中国四国農林水産新技術実用型12. 「一筆圃場カルテに基づく経営支援システムの開発」. 15-34.
- 森末文徳・山下泰生, 山地茂伸. 2004. 中山間ミカン産地における営農指導支援システムの開発. 近畿中国四国農林水産新技術実用型12. 「一筆圃場カルテに基づく経営支援システムの開発」. 35-61.
- 中屋 耕・庄子和博. 2001. 異なる背景光強度におけるイネ生葉のLIFスペクトルと光合成速度の変化. 農業気象. 57: 127-133.
- 大倉 力・宮本久美. 2003. 農業用可搬小型近赤外分光分析装置の開発. 第19回非破壊計測シンポジウム講演要旨集. 123-128.
- 大政謙次. 2003. リモートセンシングの新展開-環境モニタリングから新しい生産技術へ-. 日本生物環境調節学会シンポジウム「屋外環境下における生物生産のモニタリングと制御」講演要旨集. 1-8.
- 大塚 彰. 2004. 土地利用型農業の生産管理用ソフトウェア-分散多圃場生産管理システム-. 農業情報研究. 13: 47-55.
- 小澤克己. 2003. 地域農業経営の展開とGIS. 地域農業経営戦略研究. 1: 30-37.
- 小澤克己. 2004. GISの戦略的活用による地域営農支援. システム農学. 20: 2-8.
- 高橋英博・寺元郁博・吉田智一・大黒正道・大原源二. 2003.

- モバイル GIS による現地圃場確認システムの開発. システム農学. 19(別 2): 68-69.
- 高野和夫・妹尾知憲. 2000. 近赤外分光法によるモモ生葉中無機成分の非破壊測定. 岡山農経セ農試研報. 18: 29-33.
- 鳥羽由紀子. 2001. 非破壊選果データと園地データを活用した経営改善方策. 九州沖繩農業経営研究資料. 1: 26-36.
- 鳥羽由紀子・岩坪友三郎. 2003. カンキツ産地の再編に向けて-非破壊選果データを活用した樹園地管理システムの開発-. 九州農業研究. 65: 29-32.
- 徳田博美. 1997. 果実需給構造の変化と産地戦略の再編-東山型果樹農業の展開と再編-. 農林統計協会. 192-210.
- 佐藤達雄・吉田 誠・大矢武志. 2002. パルス振幅変調(PAM)クロロフィル蛍光測定法による野菜の高温ストレス耐性の検定. 園学雑. 71: 101-106.
- 澁澤 栄. 2003. 精密農業の研究構造と展望. 農業情報研究. 12: 259-274.
- 篠原公人・宮田良二・北園邦弥・坂西 英・立場久雄・満田 実. 2001. 温州ミカンにおける非破壊選果機導入の効果と地域への影響. 九州農業研究. 63: 152.
- 山本章吾・高野和夫. 2000. モモの高糖度園における土壌特性. 平成 12 年度近畿中国四国農業研究成果情報.
- 吉川公規・中嶋輝子・大石智広・濱崎 櫻. 2004. 光センサー選果機情報の活用による CS(顧客満足度)対応青果物生産管理システムの構築. 静岡柑試みかん光センサープロジェクト研究成果報告書.