琉球大学学術リポジトリ

地理情報システム(GIS)と数理計画手法による高度生産管理システム

メタデータ	言語: 出版者: 上野正実 公開日: 2009-09-02 キーワード (Ja): 地理情報システム　(GIS), サトウキビ生産, マッピング, 最適管理, 数理計画手法, モニタリング, 遺伝的アルゴリズム (GA), 衛生リモートセンシング キーワード (En): 作成者: 上野, 正実, 孫, 麗亜, Ueno, Masami メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/20.500.12000/12307

地理情報システム(GIS)と数理計画手法による高度生産管理システム

（課題番号：００００９３）

平成12～13年度科学研究費補助金（特別研究員奨励費）

研究成果報告書

平成14年3月

研究代表者　　上野　正実　（琉球大学・農学部・教授）

研究分担者　　孫　麗亜　（日本学術振興会・外国人特別研究員）

（琉球大学・客員研究員）

目　　次

概要　（1）
知的営農における GIS の利用　（4）
地域営農ツールとしての GIS 分析機能の検討 (PP)　（7）
知的営農・IT 農業の展開と IT 産業振興に向けて　（12）
21 世紀の光 NIR とマッピングによる知的営農の展開 (PP)　（16）
IT を活用した知的営農支援情報システムの開発 (PP)　（18）
未来型サトウキビ研究センター構築に関する基礎的研究　（27）
GIS の活用例　（29）
　GIS（地理情報システム）による圃場生産力の評価
　GIS を利用した北大東島の生産構造の解析
　GIS（地理情報システム）を利用した生産支援情報システムの開発
高解像度リモートセンシングの利用に向けて　（43）
　高解像度衛星画像を利用した圃場モニタリング・生産支援情報システムの開発
　高解像度衛星画像を利用した圃場モニタリングシステムの開発
NIR の利用　（47）
　NIR を用いた蔗汁成分の迅速計測システムの開発
　NIR を用いた土壌成分の迅速計測システムの開発
GPS と GIS による収穫作業情報システム開発に関する基礎研究　（51）
遺伝的アルゴリズムの利用　（56）
　遺伝的アルゴリズムによる大規模収穫の最適化
　遺伝的アルゴリズム (GA) による作型構成の最適化に関する研究
サトウキビの糖度向上に作物，土壌，生産システム学的研究（5～9報）　（59）
蔗汁成分・土壌成分のマッピングによる久米島さとうきび農業の分析　（72）
英文報告集　（77）
　Information system to assist the precision farming of sugar cane production.
　Precision farming in sugar cane production using quality information and GIS.
　An effective information system to assist the sugarcane cultivation using NIR and GIS.
　Application of Genetic Algorithm to determine the optimum harvesting schedule considered with the cropping types.

概　　要

研究課題：　　地理情報システム（ＧＩＳ）と数理計画手法による高度生産管理システム

研究種目名：特別研究員奨励費

課題番号：　　００００９３

研究期間：　　平成１２年度　～　平成１３年度

研究代表者：　　上野　正実

機関・部局・職：　琉球大学・農学部・教授

研究組織：　　２名

代表者　　上野　正実（琉球大学・農学部・教授）

分担者　　孫　　麗亜（外国人特別研究員，琉球大学・農学部・客員研究員）

研究経費：

平成１２年度	１，０００，０００　円
平成１３年度	１，０００，０００　円
合　　計	２，０００，０００　円

キーワード：

（１）地理情報システム（GIS）　（２）サトウキビ生産　（３）マッピング

（４）最適管理　（５）数理計画手法　（６）モニタリング

（７）遺伝的アルゴリズム（GA）　（８）衛星リモートセンシング

１．研究目的

沖縄農業の基幹作物であるサトウキビは，最近の急激な減産によって存続すら危惧されており，増産および品質の向上に加えて機械化・省力化の推進が重要な課題となっている。これらを可能にするのは機械化と情報化を中心とした新しい生産システムであるが，機械化はともかく情報化の実現には大きな困難を伴うのが実状である。サトウキビのような土地利用型作物においてはその傾向が強い。

本研究は，サトウキビを主対象にこれまで開発してきた品質情報を利用した生産支援情報システムを地理情報システム（ＧＩＳ）をベースとした高度生産管理システムに拡張し，地域レベル，圃場レベルから作物個体レベルまでの管理まで統合・一元化を図る方法論を確立するとともに，その実用化を目的とする。作物学および土壌学の研究者と共同して，栽培管理技術，施肥管理技術の高精度化を追求し，また，その評価および最適化のために，遺伝的アルゴリズムなどを利用した数理計画手法を開発する。作型および品種の構成比率の最適化および栽培計画の最適化を図る数理計画手法を検討する。収量および糖度モデルをベースに，気象要因と作物栄養学的要因を考慮した成長モデルを作成し，栽培管理や作業計画の高精度評価法および最適化手法を検討する。

２．計画および方法

（平成１２年度）

（１） 収量，糖度などのデータベースを利用してＧＩＳベースのシステムを開発し，圃場単位の生産力を評価し，それに基づいた具体的な管理マニュアルを作成・提供する手法を確立する。南大東島および北大東島を対象地域として，全圃場の数値地図を作成して品質データのマッピングを行い，空間的分布だけでなく時間的変動を解析する手法を開発する。そのためにＧＩＳソフト，空中写真を購入し，圃場地図作成などに謝金およびデータ収集のための調査旅費を使う。

（２） これまで開発した収穫順序の最適化手法を拡張して，作型および品種の構成比率の最適化および栽培計画の最適化を図る数理計画手法を検討する。収量および糖度モデルをベースに，気象要因と作物栄養学的要因を考慮した成長モデルを作成し，栽培管理や作業計画の高精度評価法および最適化手法を検討する。

（平成１３年度）

（１） 開発したＧＩＳベースのシステムによって，品質，収量などに影響する土壌的，地形的，気象的要因の解明を試みる。作物学，土壌学分野を含めたプロジェクト研究で得られた情報のマッピングと解析によって圃場別の栽培管理マニュアルを作成し，これより，農家に最適な栽培管理・施肥マニュアルをフィードバックする実用的な情報システムを設計する。システム設計のためにパーソナルコンピュータを購入し，米国における関連分野の技術動向等を調査するための旅費，および解析のための謝金などを要する。

（２） 高解像度地球観測衛星（イコノス）の画像を利用して対象地域の精密圃場管理の基礎技術の開発を検討する（衛星画像は購入する）。

（３） 各種資源の効率的利用を図るために，ＧＩＳを利用して地域全体で労力，機械などの配置を最適化する手法を開発する。

（４） 結果のとりまとめと報告書の作成を行う。

３．結　　果

（平成１２年度）

本研究は，これまで開発してきたサトウキビの品質情報を利用した生産支援情報システムを，地理情報システム（ＧＩＳ）をベースとした高度生産管理システムに拡張し，地域レベル，圃場レベルから作物個体レベルまでの管理を統合・一元化する方法論と技術を確立するとともに，その実用化を目的としている。作物学および土壌学の研究者と共同して，栽培管理技術，施肥管理技術の高精度化を追求し，また，その評価および最適化のために，遺伝的アルゴリズムなどを利用した数理計画手法を開発する。第１年目の主要な成果は次の通りである。

（１）収量，糖度などのデータベースを利用してＧＩＳベースのシステムを開発し，圃場単位の生産力を評価する手法を確立する。南大東島および北大東島を対象地域として，全圃場の

数値地図を作成して品質データのマッピングを行った。これに加えて空間的分布だけでなく時間的変動を解析する準備を行っている。中でも，データの取得法として，これまで利用してきたサトウキビの品質取引制度の他に，衛星リモートセンシングを使う方法の開発を試みた。特に，衛星リモートセンシングとＧＩＳを組み合わせることによって，個別圃場の収量予測を高精度に行えることを示した。また，近赤外分光分析法（ＮＩＲ）を用いて取得されるデータをＧＩＳとリンクする方法についても検討を行った。

（2）これまで開発した収穫順序の最適化手法では十分に考慮できなかった作業の進行状況と作業コストを加えた方法を開発した。さらに，作型の構成比率を最適化するとともに栽培計画の最適化を図る数理計画手法を検討した。

（平成１３年度）

圃場一筆レベルでの管理を行うシステムの確立と実用化を目指し，作物学および土壌学の研究者と共同して，栽培管理技術，施肥管理技術の高精度化を追求した。また，その評価および最適化のために，遺伝的アルゴリズムなどを利用した数理計画手法を開発した。

（1） ＧＩＳベースの生産支援情報システムを開発し，糖度や単収のマッピングによって圃場単位の生産力を評価した。南北大東島，久米島，伊良部島を対象地域として，全圃場の数値地図を作成して品質データのマッピングを行った。北大東島に関しては３年間のデータをマッピングして品質データの時間的変動の解析を行った。また，生育モニタリングに関するデータの取得法として， LANDSAT や IKONOS 衛星の画像を用いたリモートセンシング技術の開発を行った。衛星リモートセンシングとＧＩＳを組み合わせることによって，個別圃場の収量予測を高精度に行えることを示した。

（2） 遺伝的アルゴリズム（GA）を用いて，作業の進行状況と作業コストを加えた収穫順序の最適化を検討した。これらを GIS とリンクして具体的に各圃場に割り振って表示した。さらに，作型の構成比率を最適化するとともに栽培計画の最適化を図る数理計画手法を開発した。これによって，作業計画だけでなく苗の必要量の算出などが適切に行えるようになった。

（3） 近赤外分光分析法（ＮＩＲ）による蔗汁中のミネラル成分迅速計測システムで得られるデータをマッピングし，精密な施肥管理に利用できることを示した。これより，各圃場の状態を診断し，農家にその結果をフィードバックするシステムの可能性を示した。

知的営農におけるGISの利用

孫　麗亜・上野　正実・川満　芳信・有我　徹[1)]
（琉球大学農学部・㈱沖縄マッピングシステム[1)]）

１．はじめに

品質取引制度や選果場などにおいて NIR で計測したデータを有用な情報に変換するにはGIS（地理情報システム）を効果的に利用する必要がある。ここではGISが農家の役に立つのか，あるいは，どうすれば役立てられるかに関して検討してみたい。

農産物の生産あるいは営農においては様々な情報が必要であり，正確な情報とそれに基づいた作業によって，農産物の高品質化が可能になり，農家の生産意欲増大につながる。このため，さらに情報が集まり効果的な循環ループが形成され，良くなる方向に作用する。一方，逆の場合には品質は低下して生産意欲が減退し，悪い循環ループが形成される。好循環ループを作るためには，データをどのように集め，解析するかが重要である。収穫時にデータを得た後に有効な情報に変換するところにGISの役割がある。

GIS は電子地図すなわちコンピュータの中に作成した地図に様々なデータを視覚的に表示したり，解析する総合的なシステムである。農業に関する様々なデータはすべて土地に付随しているので，GISの利用に最も有効なデータである。これより営農や生産管理への利用には様々な項目が考えられる。農家への応用だけでなく行政や研究にも役立てることができる。

２．GISの基本機能

GISの最も基本的な機能はデータをわかりやすく表示することである。図１は北大東島におけるサトウキビの単収を一筆ごとに色分けして表示したものである。これによって圃場ごとの高低が一目で明瞭にわかる。これは農家にとって非常に刺激的な図であり，知的営農のきっかけとなる可能性がある。糖度や単収データを経時的に表示すれば，地域的な生産構造も明確になる。このようにマッピングによっていままでわからなかったことがはっきりと見えてくる。

図1　北大東島の単収分布(11/12年期)

GISはデータを表示する道具として非常に優れているが，残念ながら，これまでは農地の地籍図のように紙の地図をGIS化しただけの利用に止まっている。

GISを考える農家のための分析ツールにグレードアップするにはどうすればよいのか？さらに，次のような課題にはどのようにすれば使えるのか？

生産性向上，営農改善
環境保全
農業政策，農地利用計画
事業効果の発現・評価
マーケッティング，消費者との交流

３．GISの分析機能

まず，抽出・検索機能に注目して，サトウキビの株出栽培における更新時期の決定およびその後の作業計画などへの適用を検討してみた。２回以上，３回以上の株出圃場を抽出し，さらにその中から３t/10a以下の圃場を抽出することによって更新圃場を具体的に検索・抽出した。収穫期において糖度は後半になるほど高くなるため，開始時に糖度の低い圃場は後から収穫する方が望ましい。それに相当する圃場は一体どこか？収益を最大化する収穫順序を探索する問題に使えるかどうか検討を行った。解析には遺伝的アルゴリズム（GA）を用いたが，糖度が高くて単収の多い畑から収穫すべきであるという結果を得た。これは，沖縄県内でももっとも品質の高い波照間で実際に採用されている考え方と一致している。ここでは収穫の順番をマッピングし，具体的な畑の位置まで明示できた。これを見ながら，ルート検索や機械の効率的運用などを考慮すれば，より高度な最適化も可能になり，作業の手順を具体的に決めることができる。したがって，ハーベスタや運搬トラックの配車にも利用できる。

これまでの基礎研究で，蔗汁中のカリウムの濃度が糖度を低下させることが明らかになっている。昨年期および今期において南大東島で実施している全圃場蔗汁のミネラル成分計測は予想以上の好結果を得ている。これを利用して土壌中のカリウム濃度を推定して，一筆ごとのマッピングを試みた（図２）。これより土壌診断基準を利用して，肥料の成分ごとに施用量を決めることができ，必要な肥料を必要量だけ施用できる。それだけではなく無駄な肥料を使わないようにすることも可能になる。すなわち，一筆ごとに施肥量を綿密に決定できる。これは，“プレシジョンファーミング・精密農業”と呼ばれ

図2　推定土壌カリウムの分布

る最新技術で，アメリカやヨーロッパで実用化されている。診断結果はインターネットや携帯電話などさまざまな伝え方が考えられる。

現在，進行中のプロジェクトは次の通りである。

- **伊良部における準オンラインマッピング**
- **南大東における多機能 NIR 実用化・マッピング**
- **圃場地図作成の簡易化と圃場識別システム**
- **久米島におけるマッピング基礎データ収集**
- **北大東における時系列マッピング**
- **宮古におけるマンゴー圃場のマッピング**

NIR と GIS を利用したシステムの基礎的な部分はすぐにも実用化可能な段階に達している。

４．伊良部におけるプロジェクト

最後に，伊良部で行っているオンラインマッピングに関連して，GIS を利用した問題解決の試みを紹介する。伊良部は夏植中心の栽培体系で，年間あたりの単収は４t/10a（８万円）程度と極めて低いのが特徴である。これから資材費だけを引いても収益は６万円程度しかなく，基本的には単収を高めコストを下げる必要がある。単収を上げるにはどうすればいいか？これを調べる最もよい方法は，理論的な分析よりも高単収をあげている農家から学ぶことであろう。図３は今期の収穫が終わった圃場の単収を示したもので，ここから単収 11t/10a をあげた圃場を抽出した。この農家からの聞き取りと圃場調査によると，深耕と大量のバガス（有機物）の投入した土づくりにポイントがあることがわかった。一方，低単収圃場（単収 4t/10a）では害虫の被害が大きいようである。農薬も効果が少ないようであるので専門家を交えた検討が必要であろう。このように，マッピングをベースに現地調査，聞き取りによって問題点が明確にすれば，具体的な対策が明確になる。これらの緊密な連携がもっとも重要であると思われる。

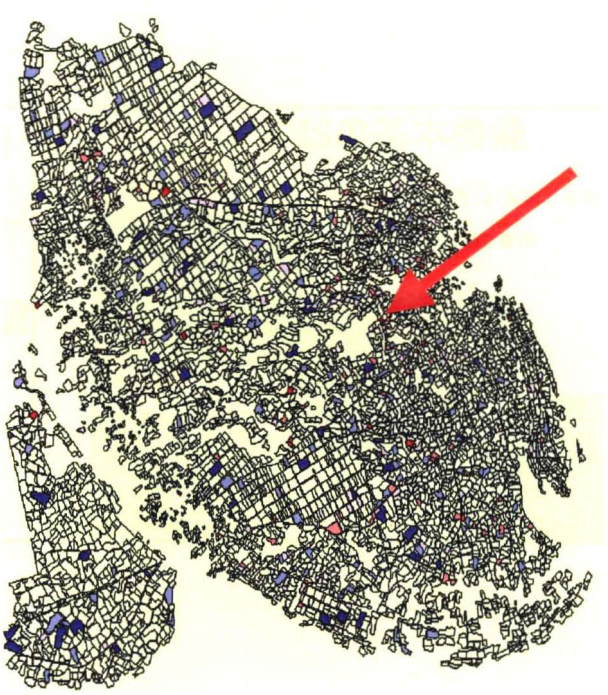


図3　伊良部の高単収圃場の抽出

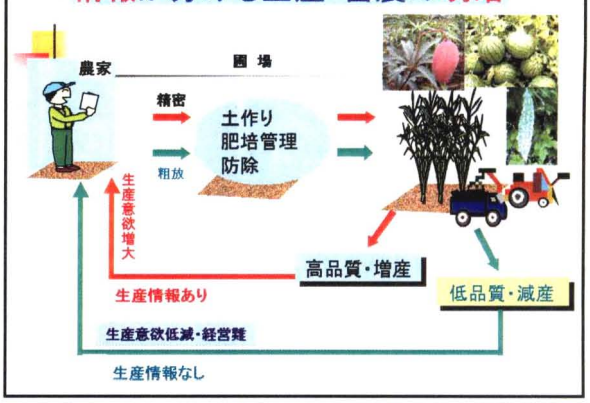
地域営農ツールとしての GIS分析機能の検討

GISは農家の役に立つか？
あるいは
役立てるには何が必要か？

デージファーム・ミニシンポ
平成14年1月28日（月）
JAやんばる羽地支所

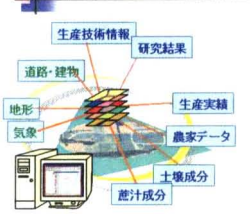
琉球大学農学部　孫　麗亜

情報が分ける生産・営農の明暗



マッピングへの期待

数値データの限界を超えて



農家生産への応用

- 生産意欲の向上
- 作型構成・更新の決定
- 作業時期の決定
- 施肥管理
- 経営診断

行政・研究機関での利用

具体的な研究目標設定
- 政策の制定
- 品種選択
- 栄養肥料学的アプローチ
- 生理学的アプローチ

事業レベルでの対応
- 防風林の設置
- 潅水施設の整備
- 事業の評価
- 自然災害・病虫害の評価

応用例
- 生産予想
- 作業計画等

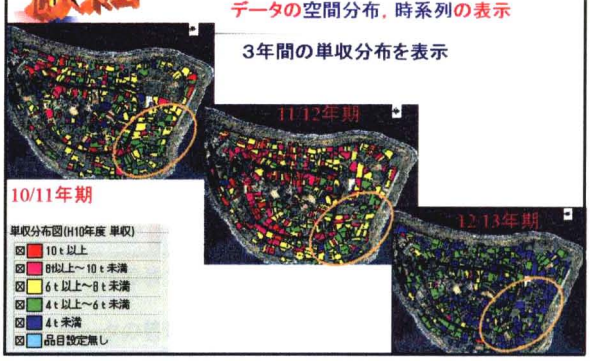
地理情報システム（GIS）
電子化地図上に多様なデータを表示・解析するシステム

GISの基本機能

北大東島

データの空間分布，時系列の表示

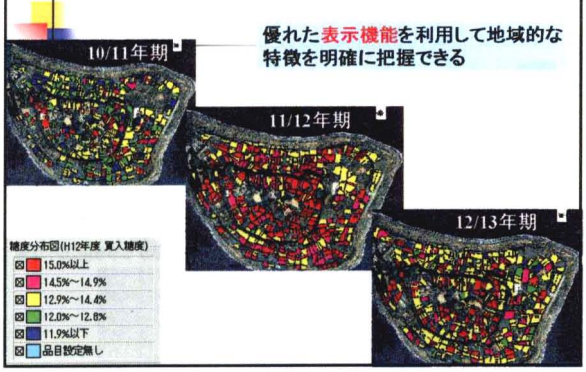
3年間の単収分布を表示



3年間の糖度分布

北大東島

優れた表示機能を利用して地域的な特徴を明確に把握できる



GIS（地理情報システム）の抽出・検索機能の利用

GISをどのように使えば，

生産性向上，営農改善，環境保全，

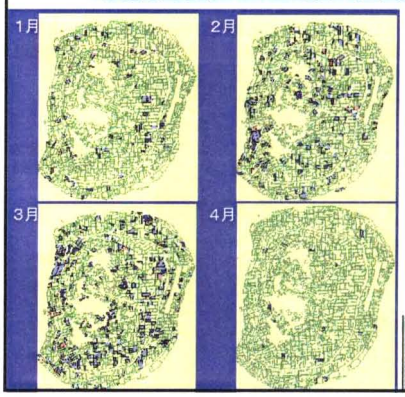
農業政策作成，事業効果発現，

マーケッティング，消費者との交流

等に役立てられるか？

株出更新圃場の抽出

収穫月別にみた株出圃場の単収



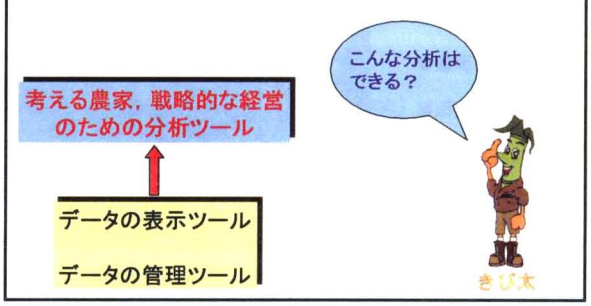
株出の単収は，1シーズン前のどの時期に収穫したかによって異なる。

この図は収穫月別に単収をマッピングし，そのような傾向の分析を試みたもの。

データをGISに載せればこのような分析は簡単に実施できる。

特定圃場の抽出，詳細データの表示

GIS（地理情報システム）を分析ツールに変える

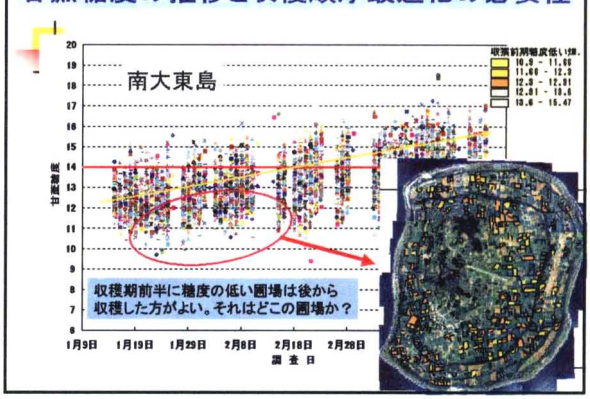


収穫順序最適化への適用

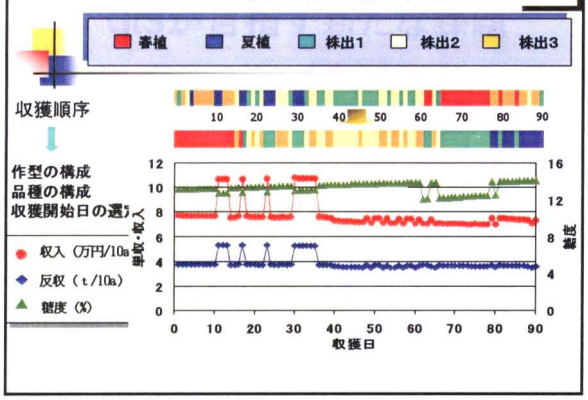
現状：くじ引きなどで順位を決める

収穫順序はキビ価格を最大にする等の最適化を考えて決められている訳ではなく，他の要因で決定されている。
GISを最適化のツールとして使えないか？

甘蔗糖度の推移と収穫順序最適化の必要性

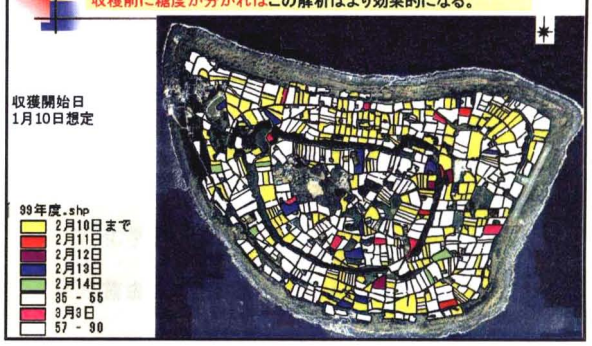


GAによる収獲順序の最適化例　Ni9



収獲順序最適化とGISによる作業計画の立案

解析結果をマッピングして，ルート検索等によって最適化を行う。
収穫前に糖度が分かればこの解析はより効果的になる。



最適な収穫順序から導いた作型分布

最適収穫順序からの春植用苗必要量の算出

春植面積の算出

苗所要量算出

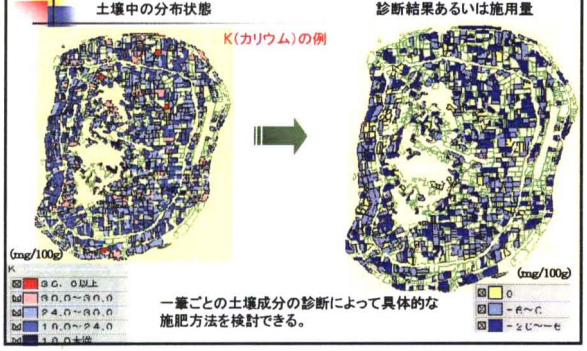
苗圃の算出・割当て

苗圃は植付け面積の約1／10必要

赤い圃場は今期春植すべき圃場

土壌化学成分に基づく一筆診断（1）

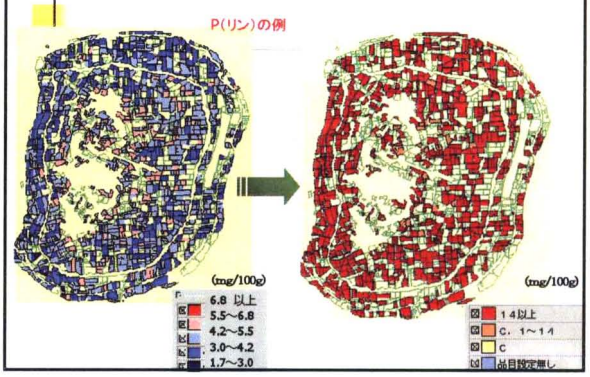
土壌中の分布状態　K（カリウム）の例　診断結果あるいは施用量



一筆ごとの土壌成分の診断によって具体的な施肥方法を検討できる。

土壌化学成分に基づく一筆診断（3）

P（リン）の例



GISが目指す新たな課題

実用化を目指して
こんなことを
やっているよ！

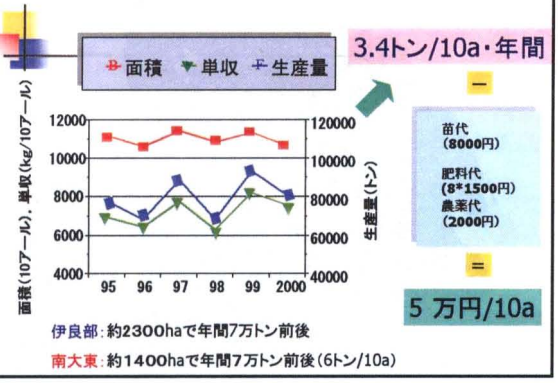
- 伊良部における準オンラインマッピング
- 南大東における多機能NIR実用化・マッピング
- 圃場地図作成の簡易化と圃場識別システム
- 久米島におけるマッピング基礎データ収集
- 北大東における時系列マッピング
- 管理・運営システムの検討

伊良部・問題解決への適用検討

伊良部のサトウキビ作の問題解決にGISの適用を試みる

- 作型が単一である
  （株出が芽が出ない，春植は単収がない）
- 品種が単一である
  NiF8は98% を占める
- 灌漑施設が少なく，旱魃なりやすい
- 化学肥料に頼っている
  （年間2回，平均8袋/10a））
- 害虫の被害が深刻である

伊良部における生産の状況



3.4トン/10a・年間

－

苗代
（8000円）

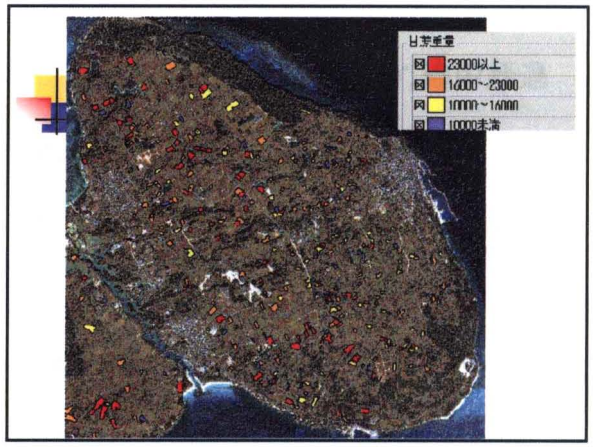
肥料代
（8*1500円）
農薬代
（2000円）

＝

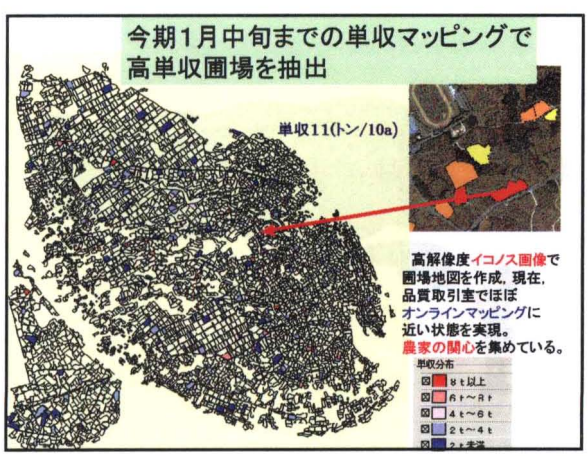
5 万円/10a

伊良部：約2300haで年間7万トン前後

南大東：約1400haで年間7万トン前後（6トン/10a）



今期1月中旬までの単収マッピングで高単収圃場を抽出

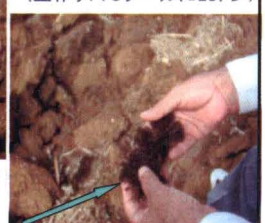


高解像度イコノス画像で圃場地図を作成，現在，品質取引室でほぼオンラインマッピングに近い状態を実現。
農家の聞心を集めている。

高単収圃場の篤農家を尋ねた

高単収の秘密は2つあるようだ

○大量のバガスを入れる
（土作り：10アールに15トン）



○ 深耕を行う（60cm）

昨年入れたバガスが真っ黒になっている

収穫を前に自信満々

株出：10トン大丈夫

春植：9トンの予測

夏植：何と12トン以上

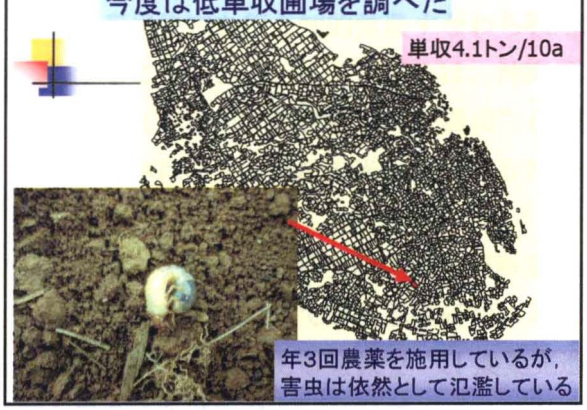
次期夏植も期待できそう！　カボチャも元気だ！

カボチャ畑にボイラ灰を9トン投入

今年の夏植：分ゲツが多く，茎が太い

今度は低単収圃場を調べた

単収4.1トン/10a



年3回農薬を施用しているが，
害虫は依然として氾濫している

結論には至らないものの；途中経過

- 春植，株出が可能な要因としては土作り
  （地力，保水性向上が要求される）
- 現在，余剰バガス3,000トンが堆肥化(2,000円/トン)
  しかし，大半は宮古本島のタバコ農家が使用。
  このため伊良部の圃場はさらにやせていく。
  バガスの地元還元が課題である。
- 病虫害の総合的な防除方法が課題である。

GIS（地理情報システム）により
私たちは農家と一緒に頑張る
気持ちを伝えたい

きび太

農地診断カルテ

知的営農・IT農業の展開とIT産業振興に向けて

上野　正実
（琉球大学農学部）

１．ITと農業

人がものを考えるには情報が必要である。言うまでもなく，正しい情報がなければ正しく考えることはできない。これは営農においてもまったく同じで，この言葉自体がすでに考えるという行為を含んでいる。ことさら“知的営農”を強調するのは，この分野では的確な意思決定・判断がかなり難しいことを意味している。これはかなりの部分が情報に由来している。人は五感や能力を高めるために様々な道具を利用する。例えばトラクタは耕す能力を高めるために使用されている。情報を扱う能力，思考能力を高める道具がITである。

本シンポのねらいは，市場，圃場，作物，土壌などの情報を効率的に収集・分析し，的確な意思決定を行う知的営農すなわち戦略的沖縄農業の展開を支援する情報システムを構築することである。本システムは，沖縄農業を大きく発展させるポテンシャルをもっており，これを利用した農業を“IT農業”（限定的には，“精密農業”）と呼ぶ。この情報システムの基本は，２１世紀の光と呼ばれるNIR（近赤外光）とGIS（地理情報システム）で構成される。

サトウキビの品質取引制度は沖縄農業のIT化に大きな可能性をもたらし，導入以来，長年にわたって継続してきた基礎研究によって，本システム実用化の目途がたちつつある。このため，沖縄はある意味で“IT農業先進県”として注目されている。このシステムをサトウキビだけでなく，マンゴー，パパイヤ，ゴーヤなどの戦略的作目にも拡張すれば，２１世紀の沖縄IT農業の根幹を支えるシステムを構築することができる。安全でおいしい農産物を安定的に供給する農業の基本的役割を果たすには，生産者，市場，消費者の密接な連携が必要であり，ITがそれを可能にする。

２．すべてはサトウキビの品質取引から始まった

平成６年度に始まったサトウキビの品質取引制度は，すべての圃場から品質データを得る情報収集システムであり，他に類のない大規模なシステムを構成している。土壌分析を例にあげるまでもなく，情報収集には膨大な手間・コストが必要である。品質取引制度はこの点で極めて大きな意義をもっている。品質データが価格を決める単なる数値（差別化・商品の品質管理）ではなく，IT農業の基本データであることを認識すると，これまでとはまったく異なる世界が現れる。沖縄県農業試験場および沖縄県糖業振興協会で蓄積されたデータベースはすでに130万レコードのデータを有しており，“沖縄農業の宝”となっている。これに加えて，サトウキビの品質評価にNIRを利用した先見性はいくら高く評価してもしすぎることはない。NIRのもつ多機能性によって，収穫農産物から圃場情報も推定でき，

農家が知的営農を展開するのに必要な基本情報を得る可能性を秘めている。すべてはサトウキビの品質取引から始まった。NIRによる品質情報を生産支援に活かすための基礎研究は，南大東村の農業振興のために，糖度向上ITプロジェクトとして平成7年度より実施してきた。この間，同村の多大な支援でプロジェクトは順調に成果を上げ，その後，範囲を拡大しつつ今日に至っている。昨年（00/01年期）より実施している多機能NIRの実用化に関する南大東プロジェクトは予想を上回る成果をあげており，実現に向けて大きく前進している。

３．他の作目への拡張

サトウキビの品質取引とNIRの関係は，集荷農産物の品質評価という関係でとらえれば，多くの作目や他の地域に対して容易に拡張できる。品質評価とともに生産管理にデータを活かすアイデアは，ミカンを始めいくつかの分野で試み始められている。今回，ミカンやチャの例が報告され，多くの示唆を与えてもらった。他県でも同じような試みがなされているということは，このシステムが広範な普遍性をもち，有用であることを意味している。それぞれの作目に応じた特徴や課題が存在し，そこで開発される技術は他の分野に大きな利益をもたらす。この意味で相互の研究交流・意見交換は非常に有意義である。沖縄県においては，マンゴー，パイナップルなどの熱帯果実の品質評価にNIRを適用する研究が試みられている。これらも基礎研究の範囲から応用への段階に入る時期かと思われる。

また，NIR計測技術の発達や小型化によって，新しい利用法が開発されつつある。その非破壊性によって，マンゴーなどの収穫適期判断や栄養診断などへの利用が期待される。最近注目されている機能性成分の分析への期待ももたれている。土壌分析への応用は解決すべき課題も多いが，有望な結果も得られつつあり，今後の展開が楽しみである。まさしくNIRは“２１世紀の光”と言えよう。

４．GISの利用

NIRなどによる品質データは数値データであり，そのままでは非常にわかりにくい。膨大なデータから有益な情報を得るにはそれなりの仕掛けが必要である。その中心的なツールがGIS・地理情報システムである。本シンポでも示されたように，GISは表示機能が特に優れており，農家に強烈なインパクトを与えるものと思われる。GISは大きな可能性をもっているが，その多くは試行の段階である。農業面では，農地管理など紙地図を数値化しただけの利用に止まっていると言っても過言ではない。生産や営農に役立てるには，多くの工夫が必要である。特に求められているのが各種分析機能の付与であることが強調された。これは，農学全般の知識を総動員して再構築する作業とともに，さらに，新たな研究も必要であろう。

５．モニタリングと対策

製糖工場や選果場におけるNIRとGISを組み合わせた基本システムは，それだけで知的

営農の支援には有効であるが，システムをより効果的に活用するには生育段階のモニタリングと市場データおよび消費者の嗜好データなどの収集も不可欠である。

生育段階のモニタリングに関して，高解像度衛星画像や無人ヘリなどによる近接プラットフォームによるリモートセンシングが紹介された。この分野の技術は日進月歩，秒進分歩で発展しており，実用化できる技術の確立も遠くはないと思われる。問題はコストパフォーマンスであり，低コストのモニタリングシステムの構築が望まれる。市場や消費者嗜好のモニタリングは，これまでどちらかと言えば社会科学の分野に属していた。この分野に使用できる新たなモニタリングシステムの検討が必要と思われる。

このように，データ収集・解析に関する技術の発達はめざましく，農業面での実用化も目前である。このようにして正確な情報を得たら，その次に必要なことは行動・対策で，営農の根幹をなす部分ある。営農の技術を磨くのも情報であり，外部のモニタリングだけでなく，営農行為のモニタリングも必要である。

６．デージファーム

情報ネットワークは，社会・産業構造だけでなく私達の生活を大きく変えつつある。このネットワークのもつ大きな可能性をみると，この方向に農業振興の活路を見出すことは決して夢ではない。沖縄農業研究会では，ネットワーク型の研究センターの設立を提言し，具体的な方策を探ってみた（平成１２年６月３０日；本会・第１回懇話会)。ネットワークとは情報ネットワークはもちろんのこと，研究者などの有機的なつながりについても含めた包括的なシステムであることは言うまでもない。本センターの目的・機能は，ネットワーキングによって各種研究資源の共有化と有効な活用を図ることである。これによって，限られたスタッフ，予算，施設を最大限に活用し，サトウキビ農業・沖縄農業の振興に貢献できると考える。具体的な機能としては次があげられる。

・情報の蓄積・保存・共有化
・研究資源の有効利用
・研究者・技術者の相互支援・情報交換
・農家との連携（生産活動の支援，情報提供など）
・産官学の効果的連携
・一般市民への情報提供

本センターの基本構成は，研究機関，団体，工場などに構築されたデータベース群とホームページ群より構成される。

このような研究センターの中心となるのが“デージファーム”である。この素敵なネーミングは，コンピュータ内に構築された“仮想農場・デジタルファームと，「重要な」を表す方言“デージ”をもじったもので，沖縄県農林水産部・農業機械専技・上原数見氏によるものである。デージファームのイメージを簡単に述べると次のようになる。

・コンピュータ・ネット上に構築された農業の仮想世界

・コンピュータ内で畑を耕し作物を作るマルチメディアの世界
・児童から研究者まで楽しめ，役に立ち，農家にとって不可欠の実用と趣味の世界
・新知見，新技術および従来技術を総合した世界
・新しい知識を吸収して限りなく発展する世界

７．沖縄 IT 農業の追求は IT 産業振興のポイント

沖縄県は IT 産業の振興を基本的政策として掲げ，様々な施策を実施に移していることは周知の通りである。ところで「IT とは何か？」今一度熟慮してみる必要がある。光ファイバーのネットワークを張り巡らし，パソコンをつなぐことが IT か？新しいハードウエアを開発することか？情報インフラの整備は重要ではあるが，公共工事の延長に過ぎず，これだけでは産業の振興や市民生活の向上にはつながらない。すなわち，“光ファイバー信仰”から早急に脱却しなければ，IT 産業の振興はありえないことを肝に銘ずべきである。私達の生活に密着し，広範な関連分野を含む農業は，生物を対象とし，気象などの不確定要素に左右されるために IT の展開にもっとも相応しい領域である。したがって，IT 農業の追求によって IT 産業と産業創出の展開方向が見えてくる。

８．むすび

IT はツールであると最初に述べた。軽薄な IT ブームに乗らないためにはこの事実をしっかりと認識すべきである。ただし，このツールは極めて強力なポテンシャルをもっていることも事実である。これをいかに使いこなすかは私達の基本姿勢・人生観にかかわる問題である。IT を使いこなしていくアイデアが求められる。先ほどの質問，“IT とは何か？”に対する答えのひとつは“Idea　Technology　”である。おいしい食べ物によって人も環境もハッピーになる，そのために IT は存在する。

21世紀の光NIRとマッピングによる知的営農の展開

まとめに替えて

沖縄農業研究会
デージファーム・ミニシンポジウム
平成14年1月28日(月)
JAやんばる羽地支所

琉球大学農学部
上野　正実

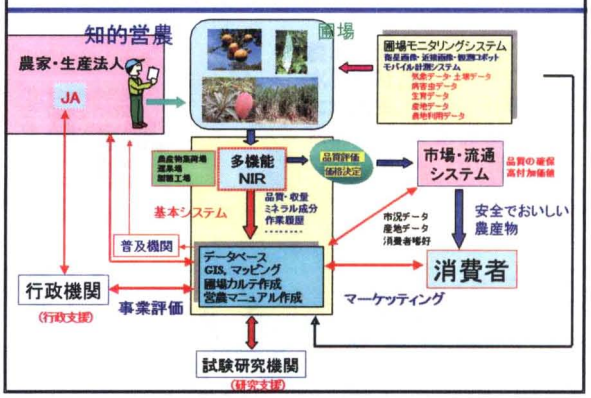
要　約

- ○ 知的営農支援情報システムの開発
  市場，圃場，作物，土壌等の情報収集・分析と的確な意思決定
  ⇩
  知的営農すなわち戦略的沖縄農業の展開
- ○ IT農業（限定的には，精密農業）
  沖縄農業を大きく発展させるポテンシャルをもつ
- ○ 基本システム：
  NIR（近赤外光）＋GIS（地理情報システム）
- ○ サトウキビの品質取引制度は沖縄農業のIT化の始まり
  130万レコードのデータベース　=>　沖縄農業の宝
  IT農業の先進県

要　約（2）

- ○ 戦略的作目：マンゴー，ゴーヤ等への拡張
  沖縄IT農業の根幹を支えるシステム
- ○ ITによる生産者，市場，消費者の密接な連携
  安全でおいしい農産物を安定的に供給する
  ⇩
  農業の基本的役割
- ○ ITとは何か？　=>　Idea　Technology
  光ファイバー信仰からの脱却とIT振興
- ○ IT農業の追求によるIT産業と産業創出

知的営農（IT農業）支援情報システムの概念

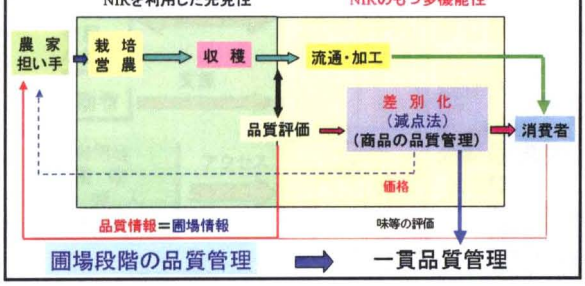


IT化は品質取引（品質評価）から始まった

サトウキビの品質取引制度　=>　情報収集システム

差別化・商品の品質管理　=>　IT農業の基本データ

NIRを利用した先見性　　NIRのもつ多機能性



圃場段階の品質管理　⇨　一貫品質管理

IT利用・研究開発のポイント

品質取引制度＋NIR
リモートセンシング
低空・地上観測システム
モバイル計測システム

GIS（地理情報システム）
すべてのデータは圃場に付随しており
マッピングが最も適している。

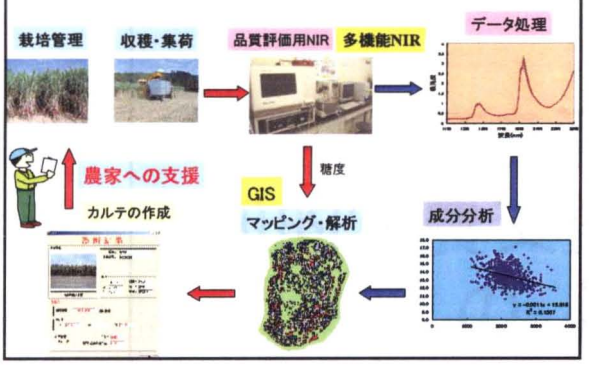
効率的で安価なデータ収集　⇨　効果的なデータ解析　⇨　わかりやすくインパクトのある表示・情報提供

製糖工場，選果場での品質評価システムがこの要求を最もよく満足する。
これによって，毎年，自動的にデータを収集できる。

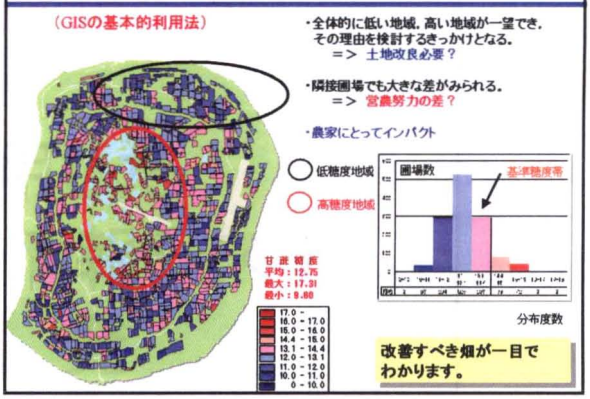
携帯電話
モバイル端末
CATV
ファックス

品質取引制度　=>　圃場モニタリングシステム
IT利用のカギはここにある

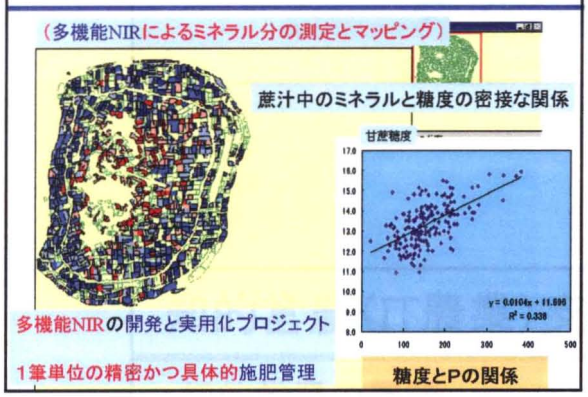
NIR—GIS基本システムによる営農支援の流れ



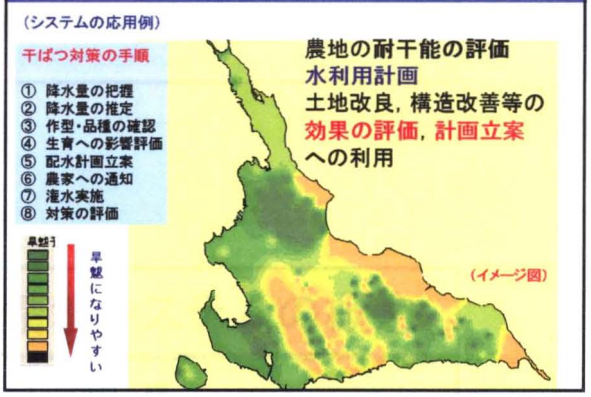
地図を見て考える！97/98年期の甘蔗糖度（南大東島）



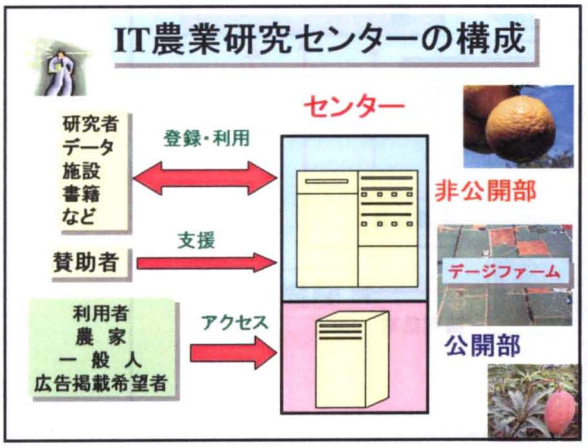
地図を見て考える！ 00/01年期の蔗汁中リンの分布



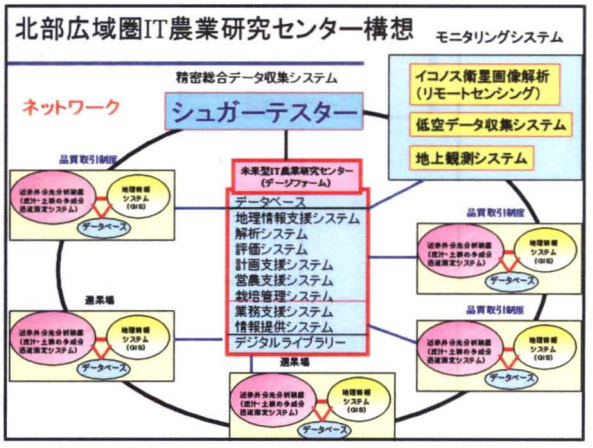
地図をみて考える！耐干能の評価，水利用計画の検討



IT農業研究センターの構成



北部広域圏IT農業研究センター構想

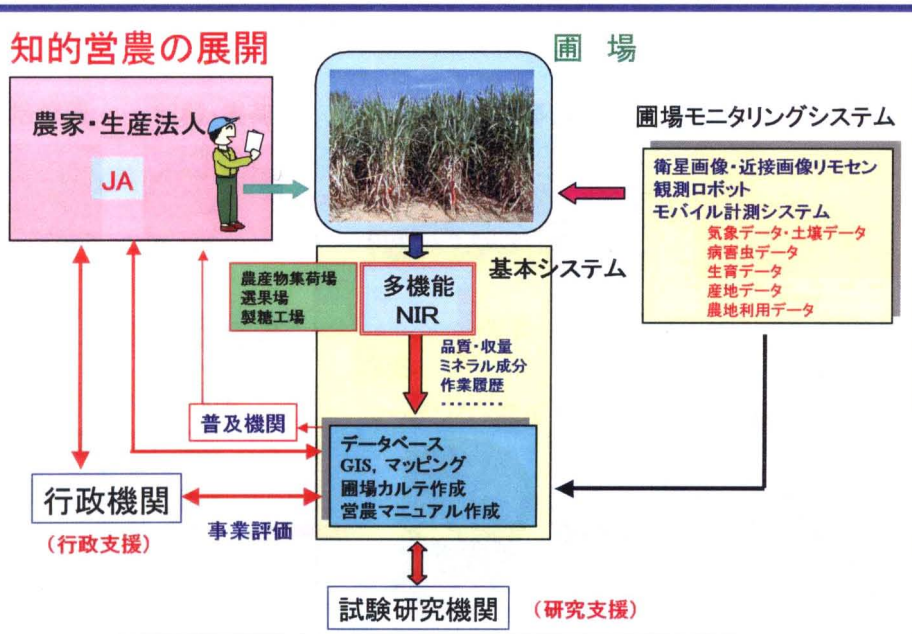


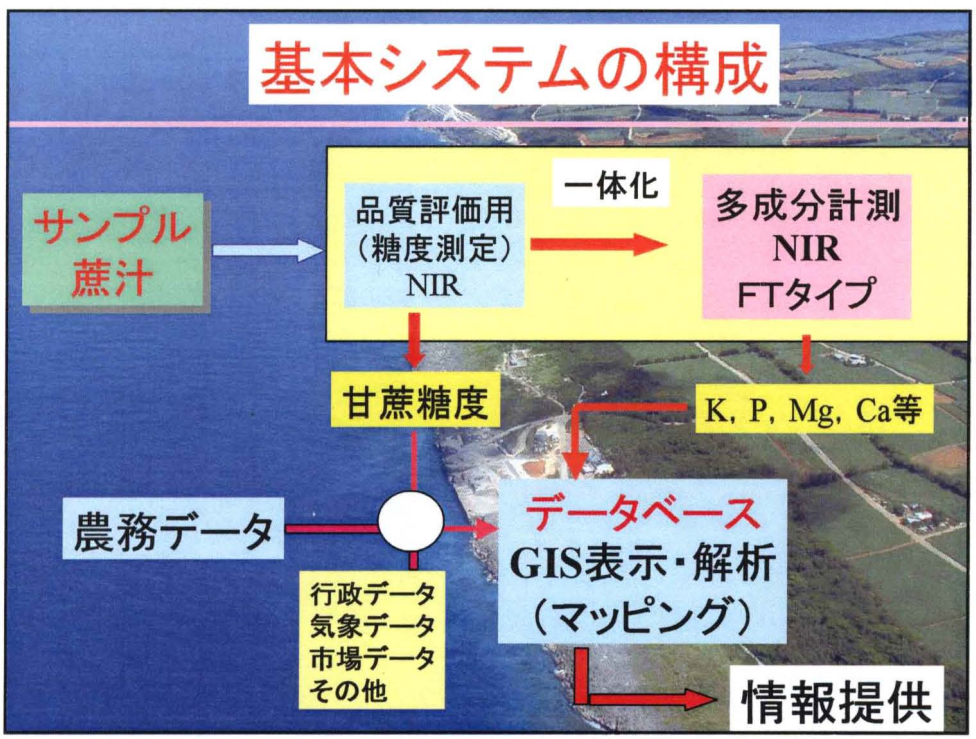
平成13年度南大東プロジェクト

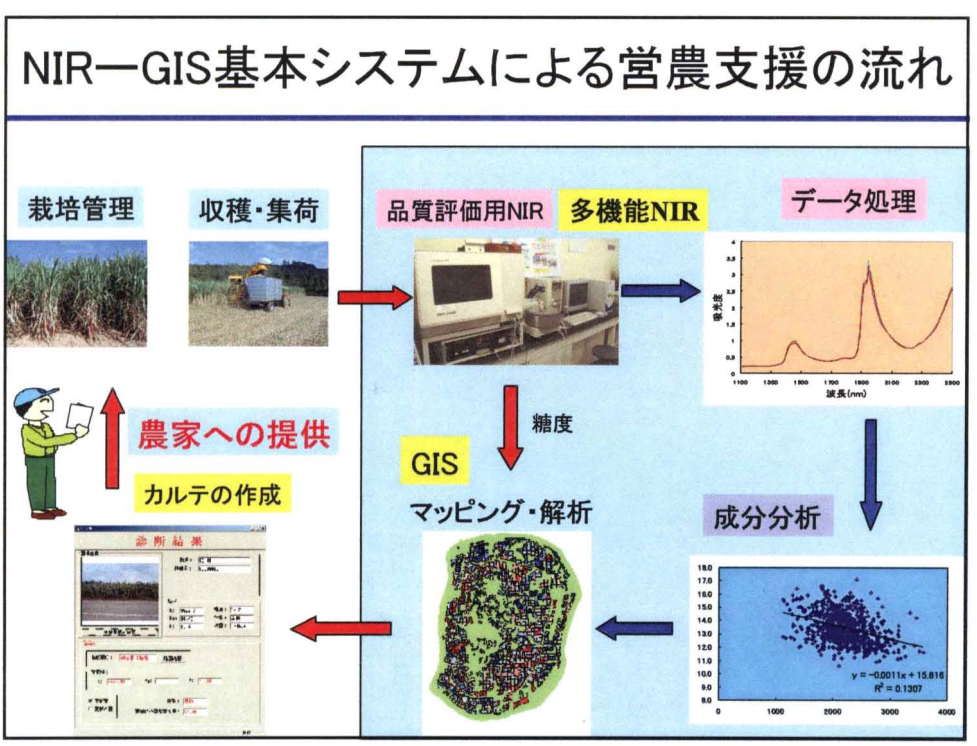
ITを活用した
知的営農支援情報システム
の 開 発

沖縄農業研究会
（琉球大学農学部・沖縄県農業試験場他）
デージファームプロジェクト

知的営農（IT農業）支援情報システムの概念




基本システムの構成
サンプル
蔗汁
品質評価用
(糖度測定)
NIR
一体化
多成分計測
NIR
FTタイプ
甘蔗糖度
K, P, Mg, Ca等
農務データ
データベース
GIS表示・解析
(マッピング)
行政データ
気象データ
市場データ
その他
情報提供


NIR—GIS基本システムによる営農支援の流れ
栽培管理
収穫・集荷
品質評価用NIR
多機能NIR
データ処理
農家への提供
カルテの作成
糖度
GIS
マッピング・解析
成分分析
診断結果

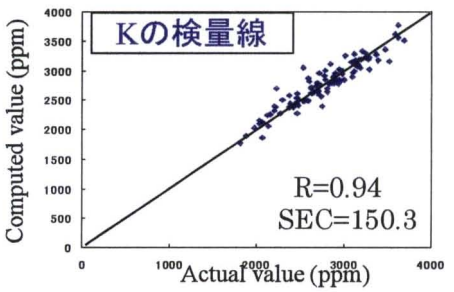
蔗汁の多機能NIRの開発

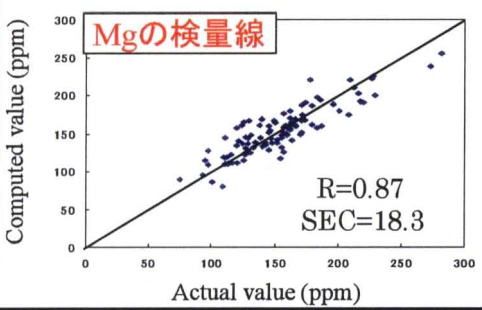
・NIRで定量可能な成分

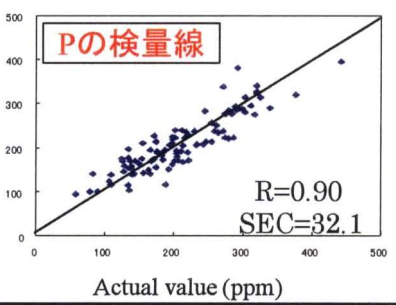
Sucrose**, Glucose**, Fructose**,

K**, Mg**, S**, P**, Na**, Si**, Ca**

NH_4^+**

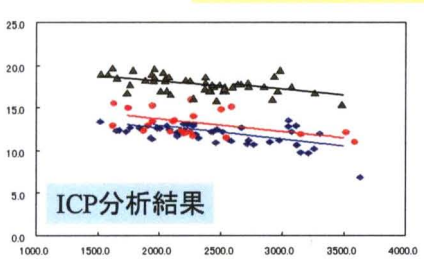


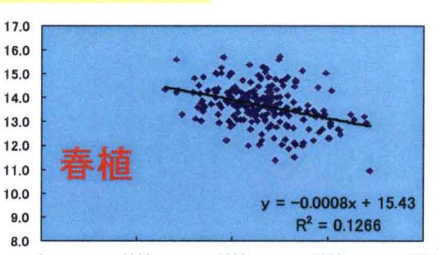


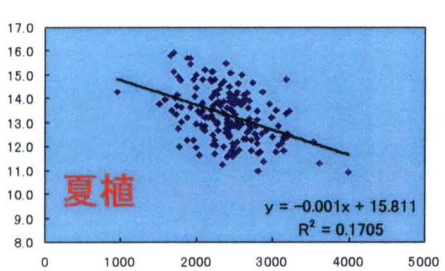


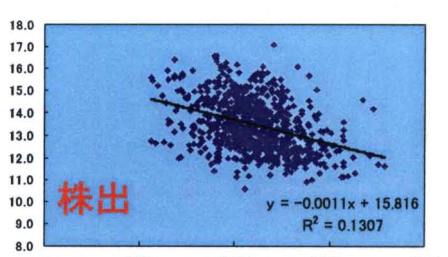
NIRによる糖度とK濃度の関係

室内実験と同じ傾向が得られた！

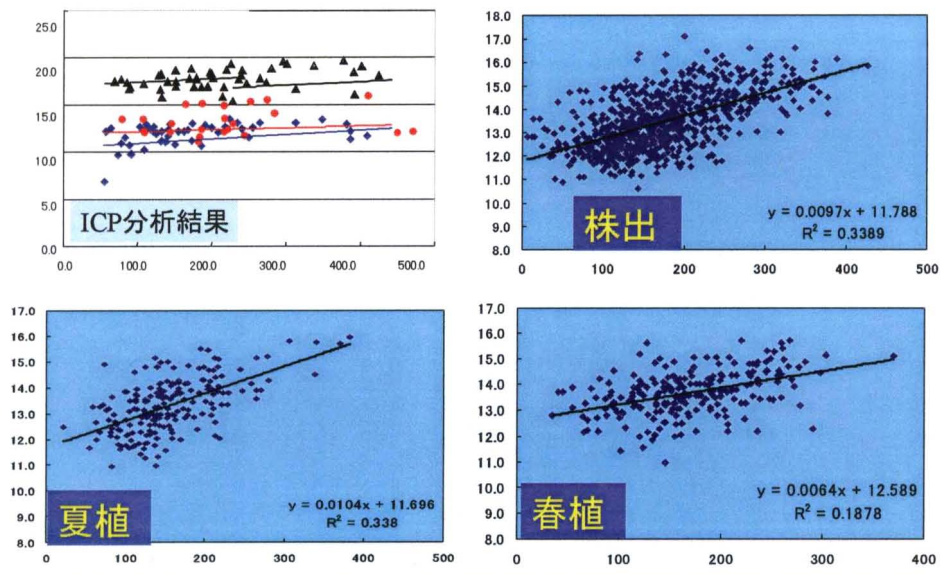






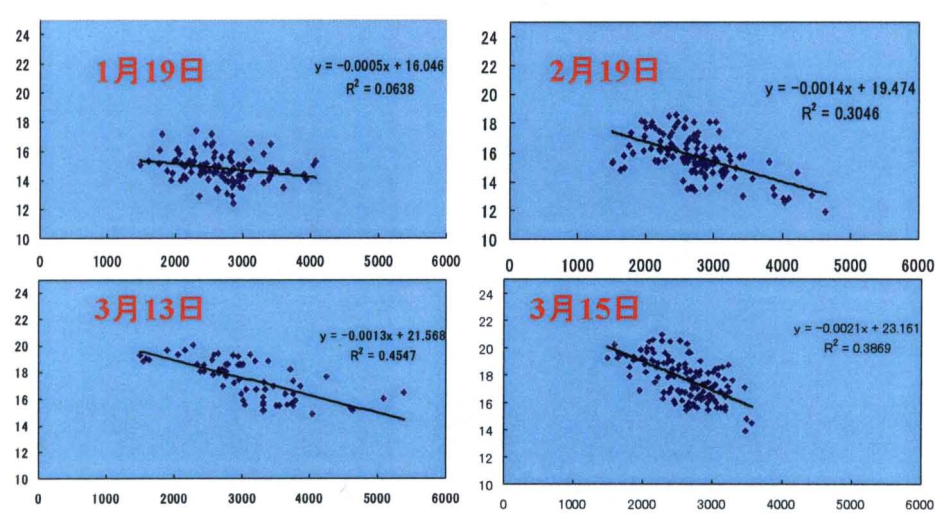


NIRによる糖度とP濃度の関係



NIRによる糖度とK濃度の関係

収穫日で分類した両者の関係



圃場位置識別－NIRリンクシステム

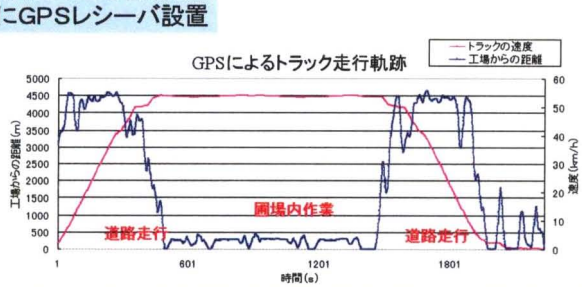
収穫・集荷

このキビはどこの畑から？

圃場－分析値－GISのリンク

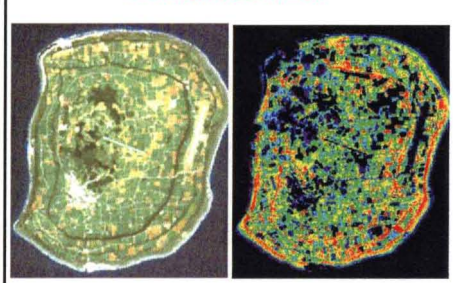
多機能NIR

GPSの利用　　圃場数が多く，識別困難な場合
運搬トラックにGPSレシーバ設置



衛星リモートセンシング

30m解像度の世界



Landsat5-TM
True color image

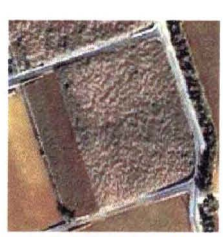
植生指数
97年7月15日

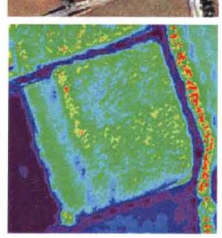
衛星RSの利点

- 広域性
- 同時性
- 周期性

圃場情報の効率的
収集・モニタリング

1m解像度の世界





圃場内の生育むらのチェックもできる

無人ヘリコプターの応用

無人ヘリコプター（低空近接プラットフォーム）による情報収集システム

【地上システム】　・操縦指令、カメラ指令

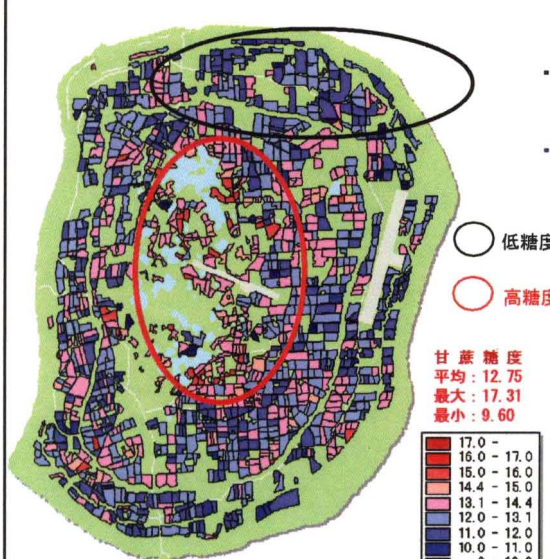
【自律航行無人ヘリ】
高精度な自律航行
緊急時自動帰還

・画像情報
（機体位置、速度、高度）

キビ圃場の合成画像

地図を見て考える！97/98年期の甘蔗糖度（南大東島）

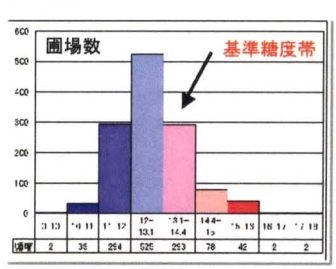
（GISの基本的利用法）



・全体的に低い地域，高い地域が一望でき，その理由を検討するきっかけとなる。
　=> 土地改良必要？

・隣接圃場でも大きな差がみられる。
　=> 営農努力の差？

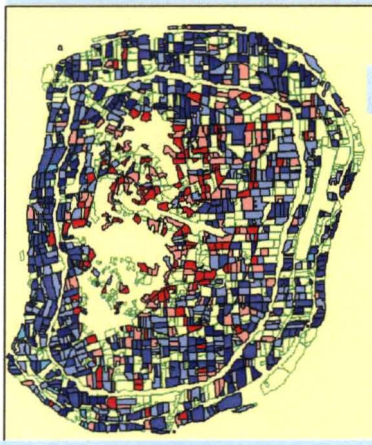
・農家にとってインパクト

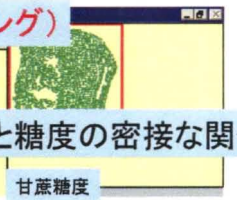


改善すべき畑が一目でわかります。

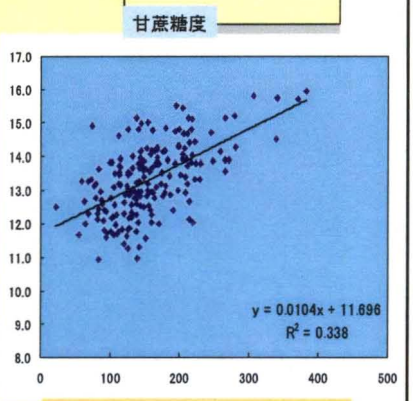
地図を見て考える！　00/01年期の蔗汁中リンの分布

（多機能NIRによるミネラル分の測定とマッピング）





蔗汁中のミネラルと糖度の密接な関係



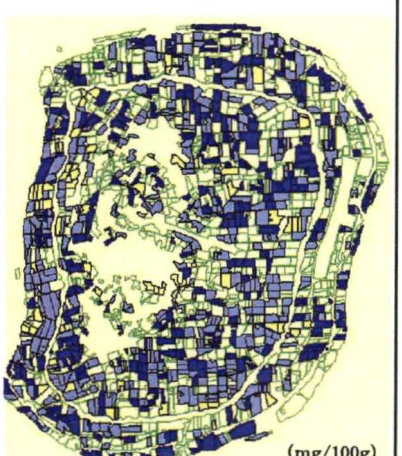
糖度とPの関係

多機能NIRの開発と実用化プロジェクト

1筆単位の精密かつ具体的施肥管理

土壌化学成分に基づく一筆診断

土壌中の分布状態　K（カリウム）の例　診断結果あるいは施用量

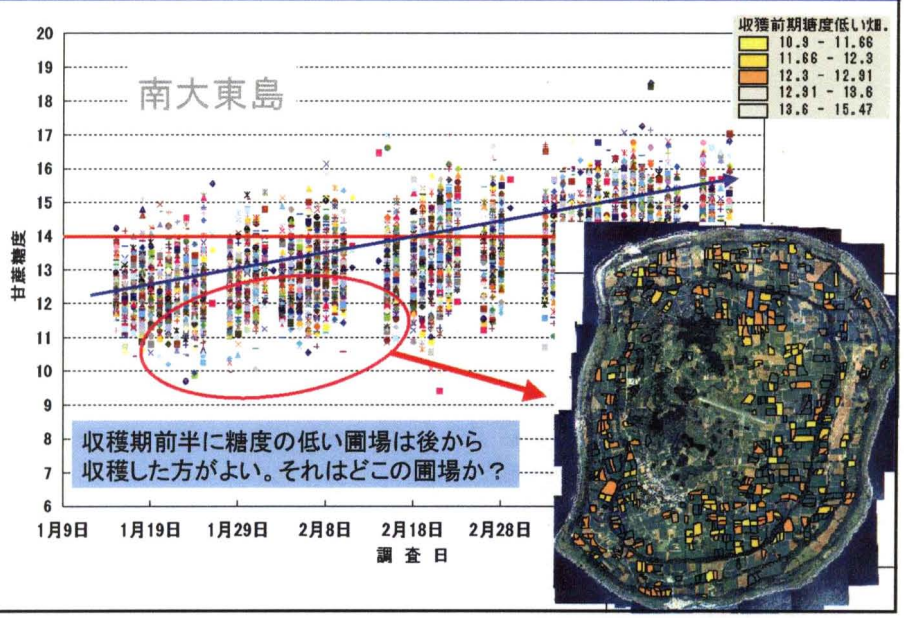


一筆ごとの土壌成分の診断によって具体的な施肥方法を検討できる。

農家への情報提供の形態

このような画面を
モバイル端末，
インターネット，
携帯電話
などで伝える。

甘蔗糖度の推移と収穫順序最適化



期待される効果

・生産安定化，増産および高品質化による増収
20～30%増収目標

・施肥方法の改善と肥料の節減

・経営の安定化

・付随効果

収量予測や病害虫発生予察への利用
農家経営、生産支援のための情報提供
管理作業の最適化、作型構成の適正化
収穫順序の最適化、品種構成の選定