

琉球大学学術リポジトリ

GISによるサトウキビ生産支援情報システムの開発 (第2報) —数値圃場地図の作成と品質データのマッピング—

メタデータ	言語: 出版者: 沖縄農業研究会 公開日: 2009-01-29 キーワード (Ja): サトウキビ, 生産支援, 数値圃場地図, マッピング キーワード (En): GIS, sugar cane, GIS, production assistance, field map, mapping 作成者: 上野, 正実, 孫, 麗?, 大川, 欣之, 川満, 芳信, 渡嘉敷, 義浩, Ueno, Masami, Sun, Liya, Okawa, Yoshiyuki, Kawamitsu, Yoshinobu, Tokashiki, Yoshihiro メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/20.500.12000/0002015654

GISによるサトウキビ生産支援情報システムの開発（第2報） —数値圃場地図の作成と品質データのマッピング—

上野正実・孫麗娅・大川欣之
川満芳信・渡嘉敷義浩

Masami UENO, Liya SUN, Yoshiyuki OKAWA
Yoshinobu KAWAMITSU, Yoshihiro TOKASHIKI:

Development of an Information System to Assist the Sugar Cane
Production using GIS (Part 2)

— Preparation of Digital Field Map and Mapping of Quality Data—

要 旨

本研究では、サトウキビの増収と高品質化を低環境負荷・低コストで実現するために、GIS（地理情報システム：Geographic Information System）を利用した生産支援情報システムの開発を目的としている。点情報の表示と解析を行った第1報（Ueno et al, in printed）に引き続き、本報では、南大東島におけるすべての圃場の数値地図を作成してデータベースとの結合を行い、単位収量や糖度などのマッピングおよびその解析法を検討した。これによって、点情報に比べてより詳細な解析が可能になり、分布特性を明確に把握できることを示した。解析結果の例として、島の北北西部から北東部にかけての沿岸一帯の圃場は、単位収量および糖度いづれも平均値よりも低い圃場が多いことを確認した。大池の周囲には、糖度が相対的に高い圃場が分布していたが、単位収量が低いため単位産糖量は低い値を示した。防風林の内側と外側の圃場と単位収量および糖度を数値圃場地図と空中写真のオーバーレイ表示によって比較し、防風林の効果が大きいことを確認した。

〔キーワード〕 サトウキビ, GIS, 生産支援, 数値圃場地図, マッピング

Abstract

This research aims to develop an information system for the sugar cane production using GIS (Geographic Information System) to achieve high yield and high quality with low load to environment. The simple system to display and analyze the spot information was reported in the previous paper. In this paper, the digital map of all fields in Minami-Daito Island was prepared. Mapping of unit yield and sugar content was carried out, and analytical methods of those were discussed. More detailed analysis than that of spot information was realized, therefore, distribution characteristics of data could grasp clearly. As examples of analysis, it was shown that unit yield and sugar content near seacoast region from north-northwest to northeast of the Island were low comparing with the average values. There were many fields with relatively high sugar content surrounding Oike, however, the values of unit sugar yield were low due to low unit yield. The values of unit yield and sugar content were compared with an inside field and an outside field to the wind break in order to check the effect of wind break by overlaying the digital field map and the aerial picture.

[Keywords] sugar cane, GIS, production assistance, field map, mapping

I 緒言

本研究は、サトウキビの増収ならびに高品質化を低コストかつ低環境負荷で実現するために、GIS（地理情報システム）を利用した情報システムを構築して合理的な生産支援を行うことを目的としている。第1報（Ueno et al. in printed）では、南大東島に設置したサンプリング圃場の点情報を扱う簡易なGISについて検討し、空間的な分布特性の大まかな把握にはこのシステムが有効であることを示した。

本報では、より高精度の解析と圃場単位の管理支援を目指して、南大東島の全圃場の数値地図を作成した。これを用いて単位収量や糖度（甘蔗糖度すなわち原料茎に含まれる糖分の重量割合を意味する）などの品質データのマッピングを行うとともに、その解析法の検討を行った。本研究の目的に利用できる数値地図がなかったので、まず地形図の作成を行い、その後、地籍図と空中写真を利用して数値圃場地図を作成した。数値圃場地図はその輪郭をトレースしてベクトル化したもので、全体で約1,800筆の圃場があった。

製糖工場で付与される収穫圃場のコードは固定値ではなく毎年異なる変動値である。このため、データファイルの年度間の関連が確定できず、特定圃場の経年変化を追跡できないなどの難点があった。また、数値地図との対応表も未整備で両者を結合できない状態であった。したがって、数値圃場地図上に単位収量や糖度などの生産実績データを表示するには、固定した圃場コードを付与するか、もしくは、対応関係を確定する必要がある。

そこで、97/98年期について、数値地図とデータベース両方の圃場コードを確定した。これを

用いて地図上に単位収量、糖度、単位産糖量などを表示し、これらの分布特性の解析を行い、いくつかの知見を得た。

II 研究方法

1. 使用地図

数値地図の基図として使用した紙地図の種類を表1に示す。南大東島の5,000分の1地形図を基図として数値圃場地図を作成した。圃場単位の生産実績データと結合させるための位置情報の作成には5,000分の1地籍図を使用した。地籍図に記載されている圃場の形状は、道路の整備や基盤整備などによって実状とはかなり異なっている。そこで、平成6年12月撮影のカラー空中写真を用いて南大東島のモザイク写真を作成し、比較用の補助的な画像情報として使用した。

5,000分の1地形図の精度は約1.25mであり、数値化された地図はその精度を維持して拡大縮小が可能である。これは圃場の属性情報の表示・解析を中心とする本研究の目的に対しては十分な精度である。また、地形解析のための標高データとして国土地理院発行の数値地図を補助的に使用した。

表1 使用地図
Table 1 List of maps

5000 分の 1 地形図 5000 分の 1 地形地籍併合図 沖縄県島尻郡南大東村
25000 分の 1 地形図 (証判 3 色) 図名南大東島 地図番号 NG-52-4-9-4 国土地理院発行、平成 9 年刊行
空中写真 (縮尺 10000 分の 1) 国土地理院発行 1994 年撮影 カラー写真 密着焼印画

ここでは、数値地図の作成およびマッピングにおいてGISソフトウェア ArcView GIS Version3.0a（以下 ArcView）を使用した。

2. 数値地図の作成

紙地図から数値地図への変換を行うには数値化（ディジタイジング）が必要である。その方法として、手動数値化、半自動数値化、自動数値化があげられる（ESRI, 1996a）。ここでは、手動数値化に比べて入力の労力が軽減でき、一定の精度を確保できる半自動数値化を用いた。数値地図の作成手順は次の通りである（図1参照）。

(1) 地形図、地籍図のスキヤニング

まず、基図とする地形図および地籍図のスキヤニングを行った。スキヤナはEPSON GT6500を使用した。原図の大きさはA0版であるので分割して入力を行った。縮尺5,000分の1地形図の精度を保つために、スキヤニングの分解能は地図の精度を損なわない程度の127dpi（モノクロ）に設定した。分割してスキヤニングした地図は画像処理ソフト（PaintShop Pro Ver 4.2J）を使用して結合し、一枚の地図画像を作成した。

(2) 位置、縮尺の設定

スキヤニングした地図画像は単なる画像ファイルであるので、ラスタデータ（地図画像）として扱えるように画像の位置、縮尺などを設定した。それらの設定はArcViewではワールドファイルによって行われる。ワールドファイルは画像ファイル名の拡張子に"w"を付加したもので、画像ファイルと同一のディレクトリに格納されたテキスト形式のファイルである（ESRI, 1996b）。地形図画像ファイルの内容を表2に示す。

表2 地形図画像ファイルの内容
Table 2 Contents of geographical image file

4.405286343612	X方向画像1ピクセルあたりの地図上での距離
0	行の回転角度
0	列の回転角度
-4.405286343612	Y方向画像1ピクセルあたりの地図上での距離
-13	左上位置のX座標
7008	左上位置のY座標

(3) 空中写真の数値化

空中のある1点から撮影した写真はすべて空中写真と呼ばれる（Machida et al, 1994）。国土地理院発行の空中写真は、地図の作成、あるいは、地形や地質、土地利用状態などの判読

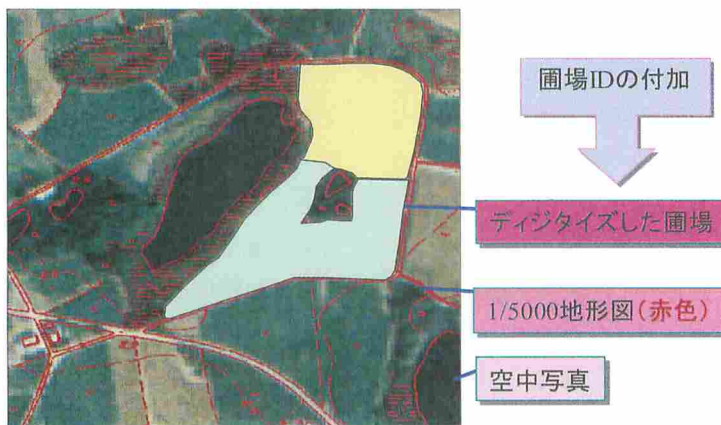


図1 数値地図作製手順。

Fig. 1 Making process of the digital map

解析が可能な精密な写真で、目的に応じて適切な撮影計画を立て、専用カメラを用いて良好な条件下で撮影したものである。1つの飛行コース内で連続する写真は、通常60%のオーバーラップで撮影される。また、隣接コース間では30%程度のオーバーラップをもつように撮影される。空中写真は、無限遠から正射影した地図とは異なり、有限の距離から撮影した鳥瞰写真であるので、わずかではあるが普通の写真と同様に遠近が存在する。そのため空中写真は周縁部ほどひずみが大きくなる。上述のように、ここでは5,000分の1地形図に基づいて数値地図を作成し、空中写真はその背景として使用した。空中写真のひずみが大きいと両者は一致しなくなる。そこで、ひずみが比較的小さい写真の中央部を使用して100dpi(カラー)でスキャニングを行った。

(4) モザイク写真の作成

南大東島全体を概観するためにスキャニングした写真を張り合わせてモザイク写真を作成した。合成画像はあたかも1枚の写真のように見えるが、実際には接合部になんかのひずみが存在する。そこで同縮尺の地形図上に道路などの目標点を設定し、それに対応させて空中写真を張り付け、ひずみを低減した。

使用した空中写真の縮尺は10,000分の1とされているが、写真であるので正確な縮尺ではない。そこで、平坦な場所の建造物や交差点などの明瞭な目標となる写真上の2点を選び、5,000分の1地形図上の対応点との比較を行った。5,000分の1地形図には水平、垂直それぞれ1km間隔に格子状にラインが記入してある。格子の地図上の間隔は20cmである。この地図を127dpiでスキャニングした画像は地図1km(20cm)あたり1,000dotに相当し、1km格子と対応する空中写真上の間隔は275dotであった。そ

こで5,000分の1地形図の画像ファイルを275/1000=0.275倍に縮小して、空中写真と同一サイズの地形図画像を作成した。この地形図を画像処理ソフトのレイヤ第1層に置き、第2層に読み込んだ空中写真を道路などの目標物に対応させて配置した。

(5) グリッドデータへの変換

地形図とレイヤを重ねた空中写真などのラスターデータの両方を表示する場合に、画像ラスターデータを下層レイヤに配置すると、そのままでは隠れて見えなくなる。そこで、スキャニングした地形図画像をグリッドデータに変換した。グリッドデータは、各セルに関する補足的情報がレコードとしてテーブル内に保存された特殊なラスターデータである。地形図画像の黒部(地図の内容)と空白部(紙上で何も記載されていない部分)を数値化し、空白部を透過設定にするとラスターデータと重ね合わせても下層レイヤが表示される。

(6) 圃場コードの設定

スキャニングした地形図および空中写真のラスターデータを拡大し、マウスを使用して地形情報をトレースした。属性情報が少ない場合には、数値化と同時に必要事項を直接入力した。属性情報の多い圃場地図は、データベースと結合させるために、数値化終了後に圃場ごとに識別コードを付与した。圃場コードは地区単位で分類して一意になるように設定した。

ところで、同一圃場内にいくつかの作型が共存する場合には、製糖工場の生産実績データは、それぞれ異なるレコードとして扱っている。すなわち、地形的には同一圃場であっても生産実績データは複数存在する場合がある。そこで、地形的にみた圃場地図と、作型によって区別された栽培圃場地図の2種類を準備した。栽培圃場地図は原料生産予想野帳の栽培面積などを参

考にして作成した。

3. 南大東島の全圃場図

上記の方法によって作成した南大東島の全圃場図を図2に示す。圃場数は約1,800である。収穫方式が枯葉を立毛状態で焼却するバーン方式であった10年前頃までは、1回の焼却区画によって面積が制限され、圃場数は現在よりも多かった。製糖工場の日処理能力に合わせて焼却するので圃場区画がそれに依じて限定されるためである。その後、枯葉焼却を行わないグリーン方式に変更されたために次第に圃場の大区画化が進行した。これによってハーベスタなどの作業効率は大幅に向上した。10年前に比べると圃場数は大幅に減少している。

4. 属性データベース

データベースソフトとして Microsoft Access97 を使用し、属性情報として97/98年期の生産実績データを使用した。これはすでにデータベース化してあった (Sun et al., 1998a,

1999b) が、位置情報が記載されていなかった。そこで、製糖工場が毎年10月に実施している生産予想調査の野帳に、それぞれの圃場の地籍番号を記入してもらった。これによって、生産実績のデータベースと地籍図を照合して圃場コードを入力し、データベースと数値地図との連結が可能になった。

III 結果と考察

1. 97/98年期生産データの空間分析

(1) 97/98年期の収穫概況

作成した全ての数値圃場地図上に97/98年期の単位収量や糖度のマッピングを行い、空間分布に関する解析を行った。この年期の総生産量は約61,000トンで平年並みであるが、台風や干ばつの被害が大きかった前年期 (Sun et al., 1998a) と比較すると大幅に増加している。この年期も台風と干ばつはあった (Okinawa Meteorological Observatory, 1994-1997) が、



図2 南大東島の全圃場図。

Fig. 2 Field map on Minami-Daito Island

相対的に被害は小さかった。一方、収穫期間中に記録的な降雨があり、製糖日数116日のうち76日間の降雨が観測された (Okinawa Meteorological Observatory, 1994-1997)。このためハーベスタの稼働能力が大幅に低下し、例年なら遅くとも4月上旬までには終了する製糖期が5月上旬まで延長された。

(2) 作型の分布

サトウキビの栽培法には、夏植および春植に分類される新植と、収穫後、継続して栽培する株出があり、単位収量、糖度、経済性などに大きな影響を与える (Sun et al., 1998b)。収穫圃場の作型は図3のように分布しており、これまで比率 (数値) でしか把握できなかった作型構成を空間的に検討することができるようになった。

全体的に株出の比率が大きく、広い範囲に分布している。作型分布の特徴を見るために地区別にそれぞれの面積割合を算出して比較した。

これより、夏植は新東区 (島の北東部、東側) の幕上に多く、春植の多い地区は旧東区 (東側、南東側) 幕下で、株出の多い地区は北区の幕下であった。データが1年分しかないので、これが一般的な分布傾向か否かは判断できず、今後の検討を要する。

(3) 糖度の分布

収穫圃場の糖度分布を図4に示す。圃場部分で空白になっているところは大半が次年度に収穫する夏植圃場である。さらに、糖度の平均値 (12.59度) を中心として標準偏差 (1.09度) による分級図を作成した (図5参照)。平均値が基準糖度帯 (13.1~14.4度) より低いので、この年期的重量取引当時に比べて1tあたりの価格は低くなっている。

図6に示す糖度の経時変化を見ると、この年期的は4月上旬を除いてかなり低い値で推移している。干ばつと台風によって大きな被害を受けた96/97年期的前半とほぼ同じ値で推移してお

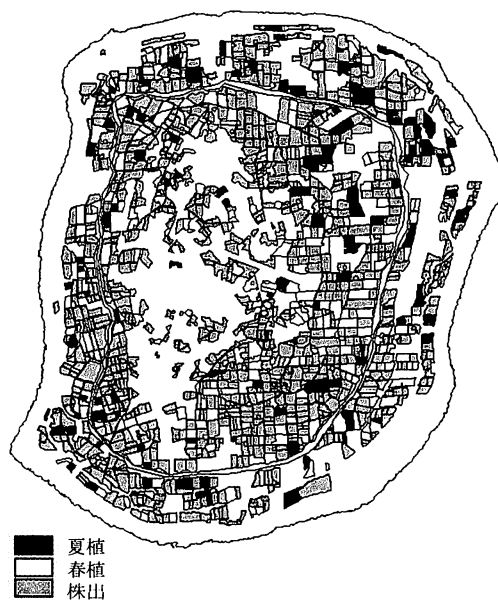


図3 収穫圃場の作型分布。

Fig. 3 Distribution of cropping type of harvest fields

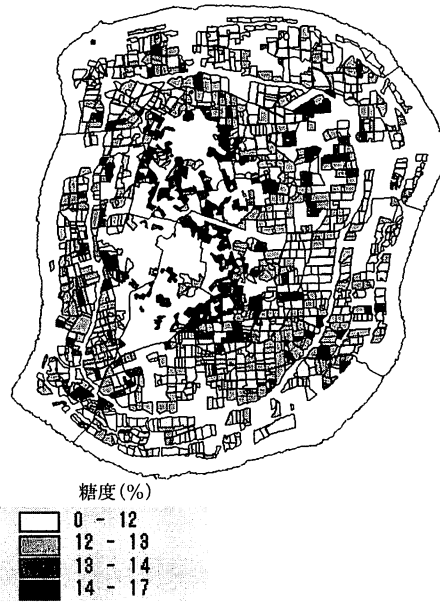


図4 糖度の分布.

Fig. 4 Distribution of sugar content

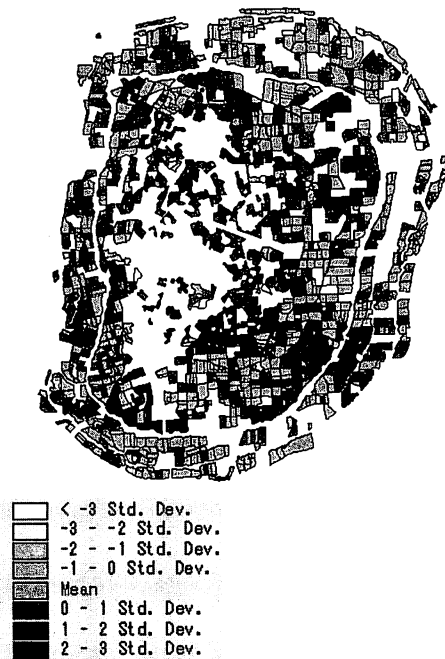


図5 収穫期における作型別の糖度の推移.

Fig. 5 Time series of sugar content in harvesting season

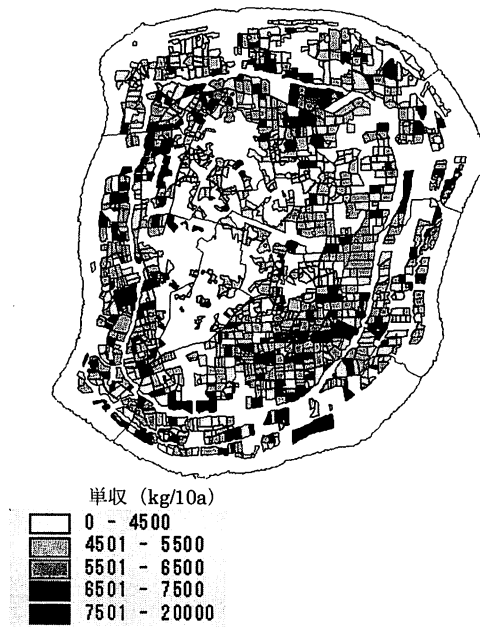


図6 単位収量の分布.

Fig. 6 Distribution of unit yield

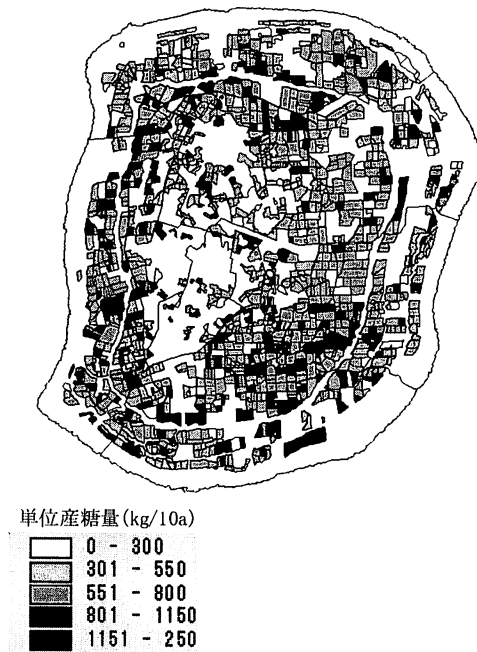


図7 単位産糖量の分布.

Fig. 7 Distribution of theoretical sugar yield

り、この年期は特異的に低いことがわかる。第1報（Ueno et al. in printed）で述べたように、製糖期における記録的な降雨が主な原因であると見なす。一方、4月上旬は好天が続いたために糖度が急速に上昇している。

作型別に比較すると、平均値は夏植が12.6度で最も低く、最大値は同じく夏植の17.3度が最も高い値であった。夏植の平均糖度が相対的に低い原因の一つとして、他の作型に比べて収穫期が早く（Sun et al., 1999b）、降雨の多い時期と重なったことがあげられる。降雨が糖度を下げる原因は土壌からの水分の吸収に加えて、ハーベスタ原料ではチョッピングによる切り口からの吸収も考えられる。図7に収穫期における作型別の日平均糖度の推移を示す。

株出については大池の周囲に糖度の高い圃場が分布している傾向が見られる。ここは湿地が多いので糖度は低いものと予想していたが、逆

の結果であった。湿地帯ではハーベスタの走行性に問題があるので、降雨の少なかった4月を中心に収穫されたことが高糖度の要因になったと推察できる。糖度の分級図においても大池の周辺部に平均値よりも糖度の高い圃場が集中している。一方、北区幕上には平均値よりも糖度の低い圃場が多く分布する傾向が見られる。今後さらに継続的にデータを集めれば、地域間の特徴がより明確に把握できるものと考えられる。

（4）単位収量の分布

単位収量の分布を図8に示す。夏植は他の作型に比べて平均値が高く、10,000kg/10a以上の圃場が多く点在していることがわかる。夏植の標準偏差は他の作型と比較して大きく、その比率の高い新東区幕上には他の地区に比べて単位収量の低い圃場が目立って多い。これは植え付けた後の96年11月に襲来した台風などの影響を強く受けたためと推察される。また、北区の



図8 糖度、単位収量の評価。

Fig. 8 Evaluation of sugar content and unit yield

幕上, 特に, 北西部の防風堤 (Ueno et al. in printed) 付近には, 夏植を除いて低単位収量の圃場が多い。さらに, 糖度が全般に高い値を示した大池周辺においても, 単位収量の低い圃場が多く見られる。

(5) 単位産糖量の分布

糖度と単位収量から算出した単位産糖量 (単位収量×甘蔗糖度) は圃場の糖生産能力を表す指標のひとつである。これを地図上に表示して分布の特徴を検討したところ, 大池周辺では, 糖度は高いが単位収量が低いため, 単位産糖量も低い値を示す圃場が多く見られた。旧東区幕下にも糖度は高いが単位収量の低い圃場が集中しており, 貯水池周辺部から南にかけて産糖量の低い圃場が多く分布している。この一帯は圃

場整備が終わったばかりで, 圃場の生産力が回復していないためではないかと推察される。新東区の幕下では, 糖度は低いが高単位収量の高い圃場が多く, 結果として産糖量は高くなっている。

2. 生産成績の評価

糖度と単位収量のいずれも平均値以上の圃場, および, いずれも平均値以下の圃場を抽出して図9に示す。すなわち, 成績のよい圃場と悪い圃場とに分類して表示した。この図より, 幕下および池之沢区全域では両方が混在しているが, 北区と南区の幕上では成績の悪い圃場が多く見られる。このような解析を継続することによって農家に適切なアドバイスを行うことが可能になる。

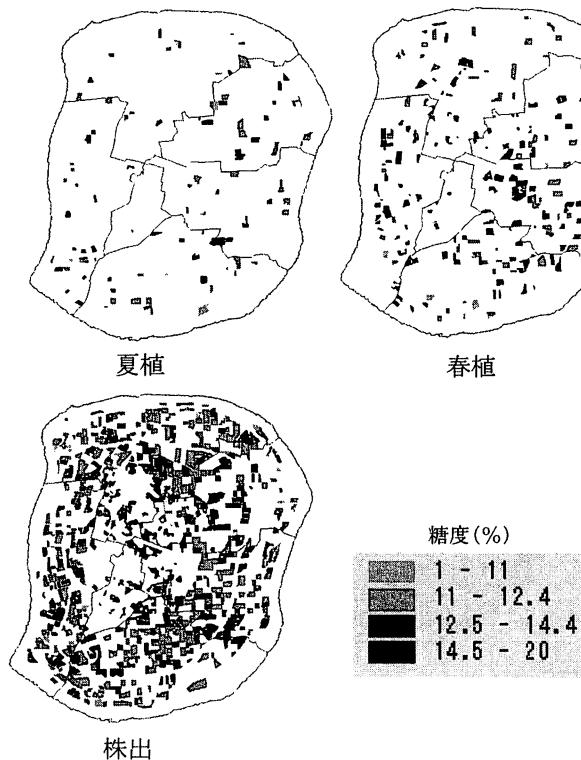


図9 品種の比較.

Fig. 9 Comparison with some varieties

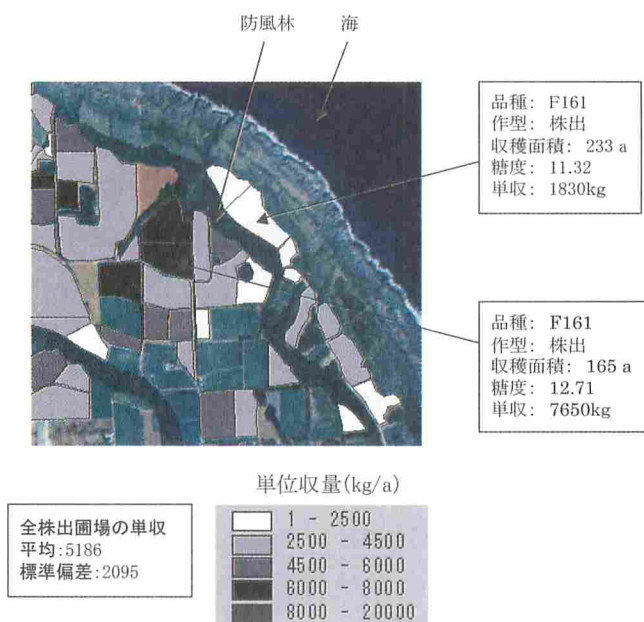


図10 防風林の効果.

Fig. 10 Effect of wind break

3. 品種の分析

栽培品種としては、ほとんどの圃場で脱葉性が良くハーベスタ収穫に適したF161が栽培されている。わずかではあるが北区幕上、池之沢区幕上および旧東区幕下でNi9、北区幕下でF172、IRK67-1、旧東区幕下と池之沢区幕下でNCo310が栽培されている。

そこで、季節風の影響が大きな北区幕上で、F172やNi9を栽培している圃場が集中している部分の拡大図を作って品種の分類表示を行った。F172の圃場では、糖度は平均値を下回っているが、単位収量は平均値よりも高い。一方、Ni9を栽培している圃場では、糖度、単位収量ともに平均値を下回っている。また、これらの品種は、同一農家が栽培していることが明らかになった。この農家は池之沢区幕上にも圃場を所有しているが、そこではF161を栽培し、糖度、単位収量ともに高い圃場が多く見られる。

このように、品種、場所、農家さらには作型などを特定しながら解析を行うことによって、綿密な生産支援が可能になる。

なお、F161は南大東島全域で栽培されているが、品種構成があまりにも単純化しているので、今後、多様化を図る必要がある。

4. 防風林の効果

第1報 (Ueno et al. in printed) で述べたように、96年11月の台風で大きな被害を受けた96/97年期において、南区の幕上、北区の幕下、東側と西側の防風林付近に糖度が相対的に高い圃場が見られる傾向があった。これは防風林や地形の効果で潮害などが比較的軽かったものと考えうる。数値圃場地図と空中写真のオーバーレイ表示によって、北東部沿岸の防風林の外側と内側にそれぞれ作型（株出）と品種（F161）が同じ2つの圃場を見出した。そこで防風林の効果を確認するために単位収量および糖度を比

較した。その結果、単位収量および糖度は、外側圃場ではそれぞれ1,830kg/10aおよび11.3度、内側圃場ではそれぞれ7,650kg/10aおよび12.7度でいずれも大きな差が見られ、これより防風林の重要性が確認できた。

IV 摘要

本報では、生産支援や精密圃場管理を目的としたGISベースの情報システムの開発に関して、南大東島の全圃場地図の作成と、単位収量や糖度のマッピングおよび分布特性に関する解析を行った。これによって、第1報で示した点情報による解析よりも、さらに詳細な解析が可能になった。主な結果は次の通りである。

- 1) 全圃場のマッピングを行った97/98年期的日平均糖度は製糖期における記録的な降雨のため全般に低い値で推移したが、4月上旬は好天が続いたために急速に上昇した。
- 2) 大池の周囲には、相対的に糖度の高い圃場が分布していたが、単位収量が低いため単位産糖量は低い値を示す場合が多く見られた。糖度が高かったのは好天の4月上旬を中心に収穫されたためと見なしうる。
- 3) 北区幕上には糖度が平均値よりも低く、さらに、夏植を除けば単位収量も低い圃場が多く見られた。
- 4) 旧東区幕下では、糖度は高いが単位収量の低い圃場が集中し、結果として単位産糖量が低い値を示したので、圃場整備との関係を検討した。
- 5) 主要品種F161以外のF172やNi9を栽培している圃場を抽出したところ北区幕上に集中しており、これらの糖度や単位収量を把握できた。
- 6) 作型と品種が同じで防風林の内側と外側の圃場と単位収量および糖度を比較した結果、

単位収量および糖度はいずれも内側圃場で高いことがわかり、防風林の効果を確認できた。今後の課題として、同一圃場内で作型が異なる場合の合理的な処理法の開発と生産実績データベースと圃場地図との対応付けを効率的に行う方法を確立する必要がある。

References

- ESRI, 1996a. Using the ArcView GIS. Environmental Systems Research Institute.
- ESRI, 1996b. Using the ArcView GIS Spatial Analyst. Environmental Systems Research Institute.
- Machida, S., 1994. Admission and master of Geographical information system (in Japanese). Sankaido.
- Okinawa Meteorological Observatory, 1994-1997. Weather monthly report (in Japanese). Okinawa Meteorological Observatory.
- Sun, L., Ueno, M., Akinaga, T., Nagata, M., Kawamitsu, Y., 1998a. Studies on the construction of an information system to assist the sugar cane production. Journal of JSAM, 60(5), 27-35.
- Sun, L., Ueno, M., Akinaga, T., Nagata, M., 1998b. Improvement of sugar cane harvesting by characteristics of cropping type (part 1) —Analyses and modeling of the characteristics of yield and sugar content—. Journal of JSAM, 60(6), 27-34.
- Sun, L., Ueno, M., Oomine, M., Kawamitsu, Y., Tokashiki, Y., 1999a. Utilization of the quality information for precision farming in sugar cane cultivation. Journal of Okinawa agriculture 33(2), 9-

19.
Sun, L., Ueno, M., Akinaga, T., Nagata,
M., 1999b. Improvement of sugar cane
harvesting by characteristics of cropping
type (part 2) —Optimizing method of
harvesting by Genetic Algorithm — .
Journal of JSAM, 61(6), 149-157.

Ueno, M., Sun, L., Okawa, Y., Kawamitsu,
Y., Tokashiki, Y., Development of an
Information System to Assist the Sugar
Cane Production using GIS (Part 1) —
Display and Analysis of Spot Information
—. Journal of JSAM, in printed.