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1報）　―点情報の表示と解析―

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, GIS（地理情報システム）, 点情報, 蔗汁成分, 土壌成分
	キーワード (En): sugar cane, production assistance, GIS(Geographic Information System), spot information, juice mineral components, soil mineral components
	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/20.500.12000/0002015653

GISによるサトウキビ生産支援情報システムの開発（第１報）
—点情報の表示と解析—

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 1)
— Display and Analysis of Spot Information —

要 旨

著者らが前に開発した数値データ中心のサトウキビの生産支援情報システム（Sun et al., 1998a）をより効果的なものにするために，GIS（Geographic Information System：地理情報システム）ベースのシステムに拡張した．本報では，南大東島に設置した約100筆の定点サンプリング圃場に関する点情報のマッピングとそれを利用した解析結果について報告した．品質データ（単位収量，糖度）などを点表示あるいはサーフェイス表示し，空間的な分布特性の一部を解析した．糖度および単位収量は年度格差がかなり大きいことを示し，その主要因は気象であると推察した．また，糖度については北区の沿岸部などに継続的に低い地域があることがわかった．蔗汁の元素成分のうちK濃度やP濃度と糖度とを数値地図上で比較し，それらの関係の一部を明らかにした．南大東島の圃場は全体的に酸性土壌であるが，基盤整備事業完了区にはpH8程度の値を示す圃場があり，土壌改良の効果を確認できた．このように限られた点情報のマッピングであっても地域的な生産構造の把握には効果的であり，生産システムの改善に利用できることを示した．

〔キーワード〕サトウキビ，生産支援，GIS（地理情報システム），点情報，蔗汁成分，土壌成分

Abstract

The information system developed by authors in order to assist the sugar cane production, which was a numerical data oriented one, was extended to a Geographic Information System (GIS) based one. Mapping and results of the analysis about spot information on 100 fields set in Minami-Daito Island were reported in this paper. It was discussed whether the spot and surface indications could effectively represent the spatial distributions of the quality data, mineral compositions of cane juice and soil. There was an area with low sugar content year by year at the north district of the Island. Remarkable annual differences were observed within both sugar content and unit yield. Weather conditions were regarded as main factors. The degree of disasters by typhoon or drought, which exerted to all area of the Island, was not uniform. K content and P content in cane juice were related to the sugar content. The soil in the Island was generally acid soil, on the other hand, the values of pH in the fields post land reclamation were about eight. It was regarded as an effect of soil improvement.

Thus, mapping of information with limited spots was effective to analyze and to improve the production system.

〔**Keywords**〕 sugar cane, production assistance, GIS (Geographic Information System), spot information, juice mineral components, soil mineral components

I 緒 言

最近減産の著しいサトウキビは，新しい生産システムの構築と技術の確立によって，低コストかつ低環境負荷で増収ならびに高品質化を実現することが求められている（Sun et al., 1998a）．それには，1994年度から導入された品質取引制度によって製糖工場に蓄積される単位収量，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）などの大量のデータを利用すると効果が高い．すなわち，これらのデータを解析・利用するシステムを構築することによって農家に対する生産支援が可能となる．このシステムのポイントは，生産物の集荷施設において効率的にデータを収集し利用することである．これに関連して著者らは南大東島を主対象地域としてデータベース化とその利用に関する研究を進めてきた（Sun et al., 1998, Ueno et al., 1996, Ueno et al., 1998）．

ところで，品質データ，生産実績，土壌データなどの情報は圃場すなわち土地（オブジェクト）に付随したもので，これらを扱うにはGISが最も適している（Machida, 1994）．GISは，数値マッピング技術とデータベースを統合し，地理的位置や空間に関連する情報を処理してその結果を表示する情報システムである．これによって空間的な分布特性の把握が容易になり，管理作業や各種の計画立案において的確で迅速な意思決定が可能になる．GISによる表示は農家に与えるインパクトも大きく，栽培改善や経営改善に効果的に利用できる．

そこで本研究では，別報（Sun et al., 1998）で述べた数値データ中心の生産支援情報システムをGISベースのものに拡張することを検討した．特に，マッピングとその効果的な利用を目的とし，システムの基本部を構築した．本報では，南大東島に設置した約100筆（最大200筆）の定点サンプリング圃場に関するデータを数値地図上に展開した．これには自作ソフトおよび市販GISソフトの両方を用いた．これらの圃場では1995年度より3年間にわたって蔗汁や土壌を採取し，元素成分の分析を行っている（Kawamitsu et al., 1996, Ueno et al., 1997）．全圃場に関するマッピングについては第2報で述べる．

II 研究方法

1．システムの構成

本研究で構築を目指しているシステムは，データ収集システム，データベース，解析・表示システムより構成されている．GISは解析・表示システムの主要部を分担する．前述のように，本研究では点情報を扱う簡易なシステムと全圃場を扱うシステムの両方を検討したが，本報では前者について述べる．属性データとしては品質取引によるデータと定点サンプリング圃場から収集したデータを用いた．

2．定点サンプリング圃場の設置

増収と糖度向上に必要な基礎データをうるために，作物学，土壌学，システム工学の3分野で「糖度向上プロジェクト」（Kawamitsu et

al., 1996, Ueno et al., 1997）を企画し，南大東島の全域にサンプリング圃場を設置した（図1参照）．そこでは，品質取引で糖度評価に使用した蔗汁，および当該圃場から採取した土壌や葉片などの元素成分を中心にいくつかの項目について分析を行っている．サンプリング時期および点数の一覧を表1に示す．土壌および葉片は1圃場より5点を対角線サンプリングし，混合して試料を得た．なお，圃場のサイズは大半が1～2ha程度であった．

表1　サンプリングの時期および点数
Table 1 Lists of sampling time and fields

時　期	搾汁液	バガス	土　壌	植物体
1996年3月	200	100	100	
1996年10月			100	100
1997年3月	100	100	100	
1997年11月			100	100
1998年3月	100	100	100	

3．蔗汁および土壌の元素分析

採取した蔗汁および土壌は所定の処理を行った後，高周波プラズマ発光分析装置（島津ICPS-2000）を使用して元素分析を行った．分析項目はK, P, Mg, Na, Al, Si, S, Ca, Feなどである．本報ではその一部を用いてマッピングと解析を行う．各成分の単位収量や糖度への影響あるいは相互関係の詳細な解析結果については別途報告する予定である．

4．南大東島の地理的特徴

本研究ではGISを適用する対象地域として南大東島を選定した．この島は那覇市の東方約400kmの太平洋上に位置し，南北6.54km，東西5.78km，面積30.57km^{2}の卵形の島である（Minami-Daito village office, 1994）．全体的に平坦であるが，海岸は断崖絶壁で，中央部は灰皿のように窪んだサンゴ石灰岩の環礁をベースとした地形である．中央低地には約30haの

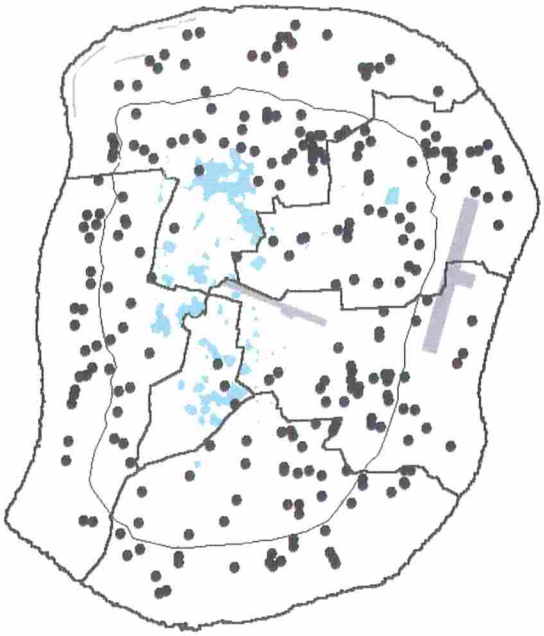

図1　サンプリング圃場の位置図．
Fig. 1 Location map of the sampling fields

面積をもつ「大池」をはじめ多くの池が散在している．海岸の断崖から内側に環状に露出した岩石地帯があり，その内側に二重の防風林が設置されている．外周の高い部分は「幕上」，内側の低い部分は「幕下」，境界部分は「幕元」と呼ばれ，幕上，幕下はそれぞれ平坦な地形を形成している．また，中央部の池の多い湿地帯は「丸山」と呼ばれている．行政的には，北区（島の北側），南区（南側），旧東区（東・南東側），新東区（東・北東側），池之沢（西側），在所（内部の中心地）の6字に分割されている（図1参照）．総面積の約6割は農地（1,838.5 ha）であり，農家1戸当たりの耕地面積は約8 haと比較的大きく，農地の約90％でサトウキビが栽培されている．

5．データベースの作成

表示用の地形図として，南大東島10,000分の1および25,000分の1地形図を用いて島の輪郭，飛行場，池など特徴的な形状を表す図形データを作成した．さらに，サンプリング圃場の中心位置を点で表示する地図を作成した．

生産実績データベースは製糖工場（大東糖業株式会社）の資料よりサンプリング圃場の単位収量，糖度などを抽出して作成した．庶汁成分および土壌成分データベースは，前述のプロジェクトによって収集・分析されたデータを圃場別および年度別に整理して作成した．

6．ソフトウェアなど

本研究では数値地図の作成および空間解析のために，市販のGISソフトウェアArcView GIS Version3.0aを使用した．また，このような市販ソフトが利用できない場合を想定しMicrosoft Visual Basicを使用して簡易な表示システムを開発した．データベースの操作には，主としてデータベースソフトMicrosoft Access 97を使用した．地図の読み取りにはイメージスキャナを使用し，圃場位置の読み取りにはディジタイザを使用した．

Ⅲ　結果と考察

1．点情報の表示

まず，地図上の圃場位置において糖度，単位収量などの値を色などで階級表示する簡単な基本システムを作成した．対象や目的に合わせて配色は容易に変更できる．各種データを作型別あるいは品種別に分析する場合が多い（Sun et al., 1998b）ので，これらを分類して解析・表示できるようにした．データベース内の多くのデータから，まず，糖度，単位収量，単位産糖量，土壌pH，および，蔗汁と土壌のP（リン）濃度，K（カリウム）濃度，Mg（マグネシウム）濃度などを表示の対象とした．単位産糖量は単位面積当たりの糖の理論生産量で，単位収量と糖度の積で求める．

着目した地域の詳細なデータを表示する時には，全体基本地図の一部を拡大する．拡大位置の指定と縮尺は任意に設定でき，圃場位置をマウスでクリックすると関連データが表示される．1点に関連するデータには多くの項目があるので，必要に応じてデータベースから検索して表示する．なお，同様の処理は市販GISソフトでも可能である．

2．品質データの空間的解析

(1) 糖度分布

サンプリング圃場の3年間の糖度をマッピングし，2例を図2に示す．同時に平均値と標準偏差による分級図（以下，分級図と呼ぶ）を作成し，これらに基づいて収穫年期別に分布の特徴を解析した．

a 95/96年期

95/96年期は，品質取引の導入以降，糖度が最も高く，平均糖度は15.2度で，価格設定の基

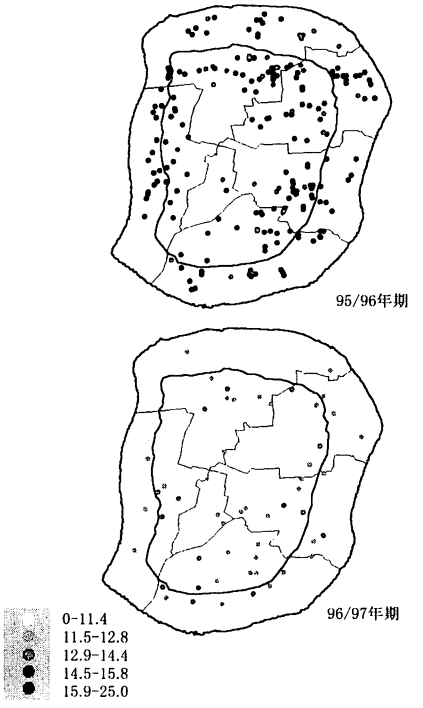

図２　糖度分布.
Fig. 2　Distribution of sugar content

準となる基準糖度帯（13.1～14.4度；この範囲では一定価格）以上の圃場が大半を占めている．表２に示すように，この年期は生育期間を通じて降水量が1259.5mm（95年降水量）と平年に比べて少なかったため（Okinawa Meteorological Observatory, 1994-1997）生育が抑制され，さらに収穫期においても好天が続いたことが高糖度の主要因であると考える．糖度分級図を見ると北区では幕上，幕下ともに平均値以下の点が多く分布している．これに対して，島の

表２　気象条件
Table 2 Weather conditions in Minami-Daito Island

	項　目	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	合 計	平 均
1994年	降水量(mm)	144.5	79.5	126	16.5	518	187.5	38	48	165	22.5	73	78	1496.5	124.7
	降水日数(日)	8	9	9	6	14	8	7	12	8	11	8	4	104	8.7
	風の方向	N	NNW	N	E	ENE	SW	ESE	ESE	NE	NNE	ENE	NNE		
	風速(m/s)	3.4	4.3	5.3	3.7	3.9	3.7	3.3	5.6	4.8	6.1	4.8	5.1		
	日照時間(時間)	119.2	92.0	131.3	167.7	151.2	220.4	292.0	235.8	191.8	170.2	158.1	166.3	2,096	174.7
1995年	降水量(mm)	95.5	36	101	38	240.5	429	13.5	61.5	72.5	85.5	70.5	16	1259.5	105.0
	降水日数(日)	11	11	9	5	16	12	4	11	7	11	6	4	107	8.9
	風の方向	N	NNW	NNW	S	E	SW	SSE	ESE	E	NE	N	N		
	風速(m/s)	5.5	5.5	5.1	4.4	4.1	4.0	3.9	3.3	4.1	4.9	5.3	5.6		
	日照時間(時間)	113.7	93.8	121.6	190.2	143.1	149.0	318.2	297.2	235.2	204.1	118.7	120.9	2,106	175.5
1996年	降水量(mm)	28.5	37	73	77.5	327.5	294	14.5	350	442.5	453	107.5	31.5	2237	186.4
	降水日数(日)	8	5	6	8	15	4	4	9	12	11	7	7	96	8.0
	風の方向	NNE	N	N	NE	ENE	SW	ESE	SSW	ENE	ENE	ENE	NE		
	風速(m/s)	4.1	5.5	4.7	5.1	4.3	3.9	4.3	3.5	5.4	4.6	5.7	4.6		
	日照時間(時間)	180.2	110.0	166.4	140.1	110.1	280.2	319.2	212.4	209.2	150.3	137.3	195.0	2210.4	184.2

西側に当たる池之沢区，南区の幕上，旧東区の一部および新東区の幕上に高い点が集中している．

b 96/97年期

この年期は全体的に低糖度の圃場が多く，平均糖度は11.8度で前年期と比較すると大幅に低下している．これは，1996年11月中旬に台風24号が近海を通過し，大きな被害（折損害および潮害）を受けたためである．この台風は降雨が少なかったため潮害が甚大で，通過後は島内全域でサトウキビを始めとする植物の葉がすべて黄変した．この時期は登熟期で糖の蓄積過程に当たるが，黄変によって葉の光合成能力が失われ，植物体回復のために茎に蓄積された糖が消費される．収穫期には緑葉がある程度回復していたが，糖の増加には至らなかったものと推察する．また，梢頭部が折れた茎は芽子から発芽したり，見かけは普通の茎であっても半枯死状態で糖度が極端に低い場合も少なくない．

糖度分級図を見ると，北区の幕上に相対的に低い地域が集中している．この地区は，台風による潮害が最も大きく，加えて，冬季の季節風の影響を受けたためと考える．一方，南区の幕上，北区の幕下，島の東側と西側の防風林付近に糖度が相対的に高い地域が見られる．これらの地域では防風林および地形の効果で潮害が軽減されたものと考える．

c 97/98年期

97/98年期の糖度の最大値は15.9度で前年期を上回ったが，最小値はむしろ低い値を示した．糖度の標準偏差は1.2度もあり3年間で最もばらつきが大きかった．この年期は，表2に示すように，収穫期に降雨が極端に多く，ハーベスタによる収穫作業が不能になり，通常，3月下旬もしくは4月上旬に終了する作業が5月上旬まで延びた．収穫時の降雨は糖度を低下させることを別報（Sun et al., 1998a）で報告したが，この年期は降雨の影響が強く現れたものと考える．なお，3月下旬から4月にかけては降雨が少なく，この時期に収穫した圃場の糖度は相対的に高かった．糖度の高い圃場は幕下，特に池の周辺に分布し，北区の幕上および南東部は全般に糖度の低い圃場が多かった．

このように，年度によって糖度分布には大きな差が見られたが，3年間を通じて北区の幕上には各年度の平均値よりも低糖度の圃場が多い傾向が読みとれた．この原因については後で考察する．

(2) 単位収量および単位産糖量

95/96年期および96/97年期の単位収量ならびに単位産糖量の分級図をそれぞれ図3および図4に示す．単位収量の平均値は，95/96年期は4,187kg/10a，96/97年期は3,452kg/10aであった．前者は糖度と同様に相対的に高いが，後者は過去40年ほどの中で最も低い値であった．

95/96年期は，池之沢区（島の西側）幕上に平均単位収量よりも高い点が集中し，北区幕上，南区幕上に低い点が多い．南区幕上の糖度は平均値よりも高い点が多かったが，単位収量が低いため単位産糖量は平均よりも低い値となっている．一方，糖度と単位収量いずれも平均値以上であった池之沢区の幕上の産糖量はかなり高い値を示している．北区の幕上は糖度，単位収量とも平均よりも低かったため，産糖量は平均値を下回っている．

96/97年期は，前述のように収穫前に甚大な台風被害を受け，さらに，生育が旺盛な6・7月に長期（約60日間）の干ばつ害を受けている．台風については11月中旬の24号以外に7～9月の間に4個の台風が襲来している．したがって，干ばつで成長が著しく阻害された状態で相次ぐ台風被害を受けたことになり，従来にない減産

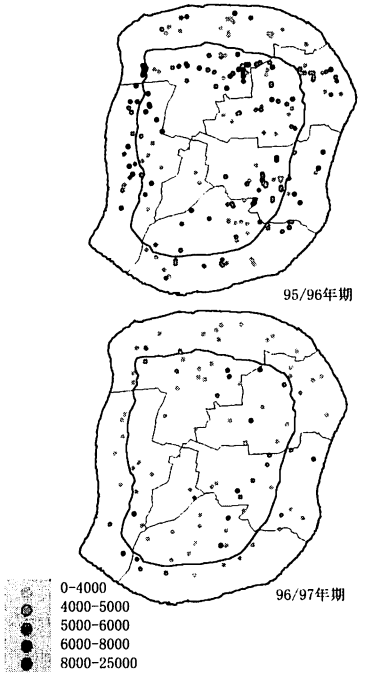

図３　単位収量の分布.

Fig. 3　Distribution of unit yield of sugar cane

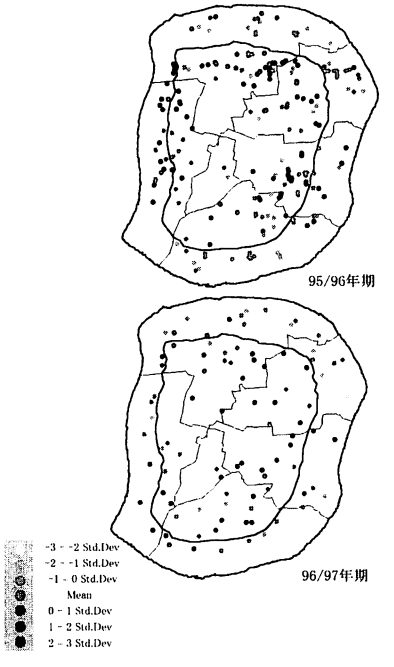

図４　単位産糖量の分布.

Fig. 4　Distribution of unit sugar yield

となった．北区幕下，池之沢区幕上（南西側）に単位収量が平均を上回る圃場が見られる．一方，北区幕上，南区幕上，池之沢幕上（西側）は低い地域となっている．この年期は単位収量だけでなく糖度も低いので，産糖量はほぼ全域で低い値を示している．わずかに北区から新東区（北東側）にかけた幕下，旧東区（東側）から南区の幕下にやや高い値を示す圃場が見られる．

これらより，地域および年度によって生産実績は変化するが，北区の幕上には低糖度，低単位収量の圃場が他の地域よりも多いことが明らかになった．これは，サトウキビの登熟期に当たる秋季・冬季における北および北東からの季節風（Okinawa Meteorological Observatory, 1994-1997）による塩害が原因の一つであると考える．

3．蔗汁成分および土壌成分の空間分析例

(1) 蔗汁Kの分布

前述のプロジェクト研究によって，蔗汁中のK濃度と糖度の間には弱い負の相関関係が見られ，糖度の低い年期ほどその傾向が強いことを明らかにした（Kawamitsu et al., 1996, Ueno et al., 1997）．そこで，糖度が低かった96/97年期における蔗汁中のK濃度の分布を図5に表示し，糖度の分布図と比較した．同図より，島の北側を除く幕上は相対的に濃度が低く，また，幕内には濃度の高い圃場が多いことがわかる．図2に示した糖度分布図およびその分級図を見ると，K濃度の高い圃場の糖度は相対的に低い値を示している．97/98年期についても同様の傾向があり，また，全体的に糖度が高かった95/96年期についても糖度分級図で見ると同様の傾向が得られた．

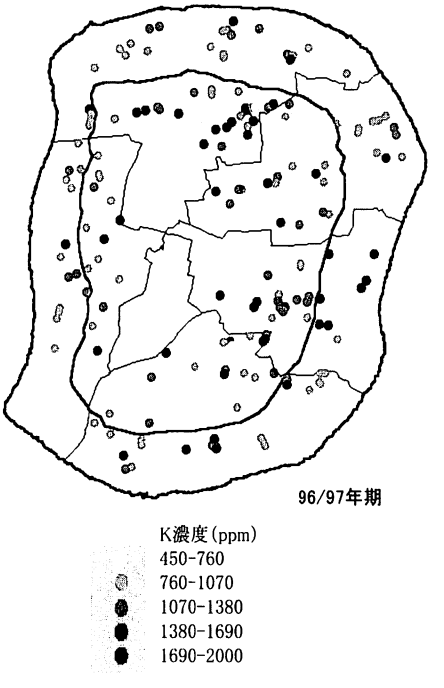

図5　蔗汁のK濃度の分布．
Fig. 5　Distribution of K content in cane juice

(2) 蔗汁Pの分布

図6に96/97年期における蔗汁中のP濃度の分布を示す．この成分は糖度を高める傾向があることが解明されつつある（Kawamitsu et al., 1996, Ueno et al., 1997）．P濃度は全般に幕上の内側防風林の外側において低く，幕下において高い圃場が見られた．特に，北区幕上のP濃度が低い．これらの傾向は他の年度においてもほぼ同様であったが，95/96年期のP濃度は全般に高い圃場が多く見られた．K濃度の場合と同様に糖度と比較したところ，P濃度の高い圃場は糖度が高く，一方，低い圃場では糖度も低いことを確認できた．

(3) 土壌成分のサーフェイス表示

単位収量や糖度に大きな影響を与える要因として，気象的な要因の他には，土壌中の元素成分があげられる．サンプリング圃場の土壌成分データを数値地図に展開し，空間分布の特徴を解析した．GISソフトウェアの空間解析機能を使用し，点状に分布した値から全面にわたるサーフェイス表示を行った．これによって点表示よりも空間的な特徴の把握が容易となる．サーフェイスにおける各セルの値は中心点の値であり，隣接セルとの中間の値は補間によるものである．このため，表示精度を上げるにはより多くのサンプリング地点が必要で，解析結果の見方にも注意を要する．

a 土壌pHの分布

サンプリング圃場の土壌pH分布をサーフェイス表示した（図7）．これは土壌の化学的性質に関する重要な因子で，施肥管理の指標の一つである．5回のサンプリングにおける土壌pHの平均値は約5.5と低く標準偏差も小さい．すなわち酸性土壌が広く分布している．特に北

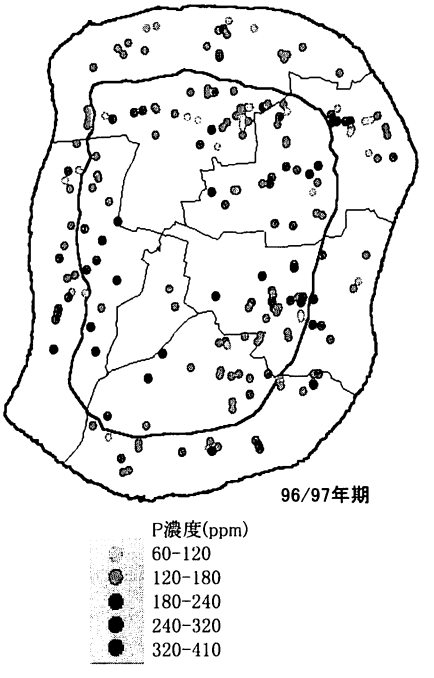

図6　蔗汁のP濃度の分布．
Fig. 6 Distribution of P content in cane juice

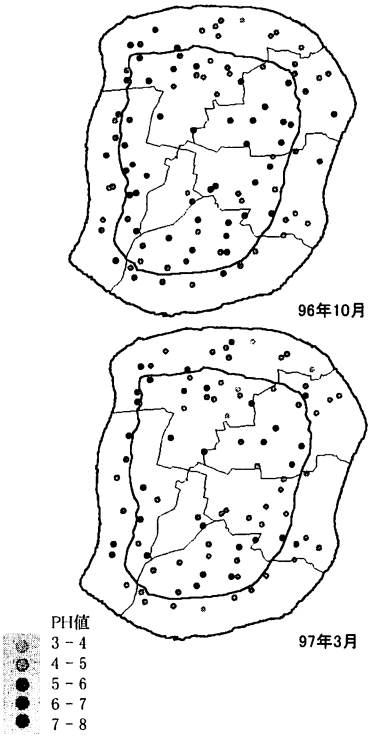

図7　土壌pHの分布.
Fig. 7　Distribution of soil pH value

区幕上の圃場は5回ともほぼ低い値となっている．pH 4以下の土壌はサトウキビの生育に悪影響を及ぼすので対策が必要である（Okinawa agriculture, forestry and fishery department, 1993）．このような地区あるいは圃場を特定し，その範囲内でより詳細な土壌分析を行えば効果的な対策が可能となる．

新東区幕下の貯水池周辺には，pH 7～8と例外的に高い値の圃場が分布している．その原因を探るために，98年3月の土壌pHの分布図に基盤整備事業計画図をオーバーレイ表示してみた（図8参照）．同図より，pHの高い地点は基盤整備事業が終了した圃場であることがわかる．したがって，事業で実施されている石灰岩砕粉散布による土壌改良の効果が現れたものと推察できる．

b 土壌Naの分布

土壌中のNaは肥料などに由来するとは考えにくい．南大東島のように小規模で周囲が断崖の島では，台風や季節風によって海水の飛沫が発生し島中に飛来する．飛来塩分は風向，風速，波高などに大きく影響されることが報告されている（Koki, 1998）．飛来塩分は土壌中のNa濃度にも影響すると考えられるので，図9のサーフェイス表示によってその分布を調べた．その結果，北区および新東区の幕上に濃度の高い地域があることが確認できた．サンプリングした10月および3月は，秋冬季の季節風の影響を受けやすい時期に一致しているので，Naは主として飛来塩分に由来すると考えられる．空中写真で北区幕上を見ると，他の地域に比べて防風林が薄く季節風などが侵入しやすい構造のため，

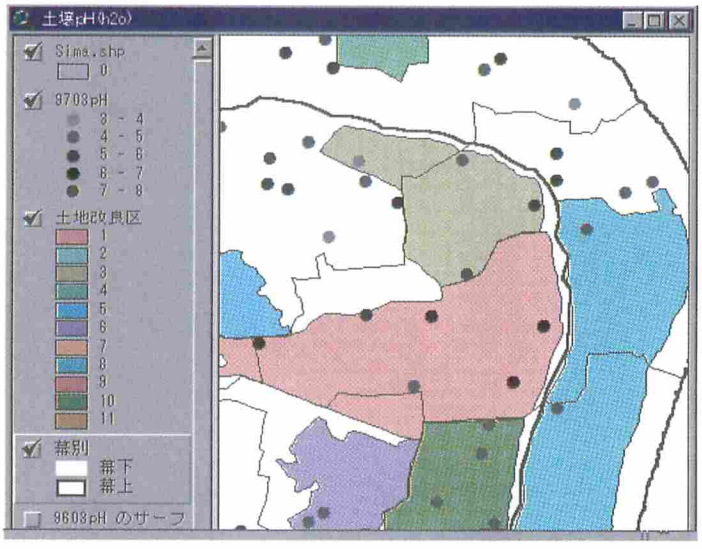

図８　土壌pHの分布と基盤整備図のオーバーレイ表示.
Fig. 8　Overlay of soil pH map and land reclamation map

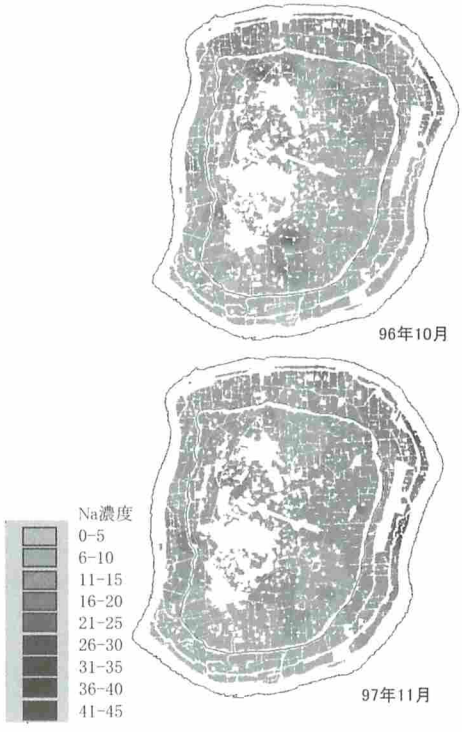

図９　土壌Na濃度の分布.
Fig. 9　Distribution of Na content in soil

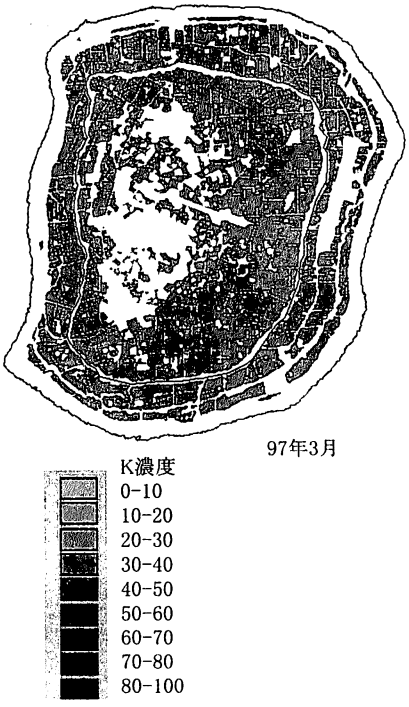

図10 土壌K濃度の分布.
Fig. 10 Distribution of K content in soil

Naの集積が著しいものと見なしうる.

これとは別に大池周辺の土壌Na濃度が高くなっている. 国土地理院発行の50mメッシュ数値地図で作成した勾配分布図をみると, 大池の沿岸付近は相対的に緩勾配で風が通りやすい地形になっている. さらに, この地域の北西部には, 漁港整備事業によって発生した大量の砕石を積み上げた防風堤が連なっている. 防風堤の上部は平坦で植林もされていないために強風時にはその内側で渦流が発生し, 飛来塩分が集積しやすい状態になっていると考える. かんがいなどの影響も考えられ, 大池周辺の土壌Na分布の特異性を考察するには今後さらに詳細な調査を行う必要がある.

c 土壌Kの分布

サンプリング圃場における土壌中のK濃度のサーフェイスを図10に示す. 幕下にK濃度の高い点が多く, また大池北西部にも相対的に高い値を示す圃場が存在する. Kは土壌に残留しやすく, 低地に集積したものと考える. 図5の蔗汁K濃度の分布と比較すると大まかに関連がある (Ueno et al., 1997) ことが読み取れた.

土壌成分は施肥方法, 地形などの影響によって圃場間あるいは同一圃場内でも大きく変動する場合があり, データの空間的な広がりを考察する際には注意が必要である. ただし一般には, 土壌成分の空間分布と単位収量や糖度の分布を比較することによって, 栽培や施肥管理の適否および改善策の検討が可能となるものと期待できる.

Ⅳ 摘　要

生産支援に有効な各種データの分布状態を視覚的に解析する簡易なGISの基本部を構築した．本研究で得た主要な成果は次の通りである．

1）比較的少数のデータであっても，点表示あるいはサーフェイス表示によって分布の特徴が視覚的に把握でき，数値データ中心の分析に比べて分布特性の解析が容易となった．

2）糖度および単位収量は年度間の差がかなり大きく，この主要因として気象条件が考えられることを示した．

3）南大東島は気象被害を受けやすい生産環境であるが，場所によって影響に差があることが明らかになった．

4）島の北北西部から北東部にかけた沿岸地帯には，単位収量，糖度ともに全体平均値よりも低い圃場が多く見られた．

5）蔗汁中のK濃度が高い圃場の糖度は相対的に低い傾向が読み取れた．

6）蔗汁中のP濃度は全般に幕上において低く，幕下において高い圃場が見られ，P濃度の高い圃場は糖度が高く，低い場合は糖度も低いことを確認した．

7）土壌は全体的に強い酸性を示すが，基盤整備事業区には毎年pH８付近を示す地区があり，土壌改良の効果が現れたものと見なせる．

8）北区および新東区の幕上は土壌中のNa含有量が高く，季節風や台風による飛来塩分の影響を受けやすいことがわかった．

以上より，点情報のマッピングだけであっても地域全体の生産システムおよび栽培方法の改善にはかなり有効であることが明らかになった．

References

Kawamitsu, Y., 1996.Relationship between sugar content and elements in the stem of sugarcane. Journal of Okinawa agriculture 31 (1), 1-10.

Koki, Z., Studies on the amount of salt spray in Minami daito island. Journal of Okinawa agriculture, 33 (1), 42-46.

Machida, S., 1994. Admission and master of Geographical information system (in Japanese). Sankaido.

Minami-Daito village office, 1994. The survey about the vigor of a village (in Japanese).

Okinawa agriculture, forestry and fishery department, 1993. Sugarcane cultivation indicator.

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 co ntent—. Journal of JSAM, 60(6), 27-34.

Ueno, M., Sun, L., 1996.Studies on use of quality data of sugar cane. Journal of Kyushu branch of JSAM, 45, 27-35.

Ueno, M., Kawamitsu, Y., Tokashiki, Y., 1997. Crop science, Soil science and System

engineering-studies on increase of sugar content of sugar cane (in Japanese). Report of agricultural system establishment promotion basic enterprise results.

Ueno, M., Sun, L., Kawamitsu, Y., Okawa, Y., Oomine, M., 1998.Precision farming in sugar cane production by using the quality information. Symposium of JSAM: Consideration on Japan type precision farming, 31-44