

平成21年 6月 5日現在

研究種目：基盤研究（B）  
 研究期間：2006～2008  
 課題番号：18380153  
 研究課題名（和文） NIR-GIS-RS 連携による成分可変施肥システムの開発

研究課題名（英文） Development of component variable application system  
 by linking NIR-GIS-RS

研究代表者  
 上野 正実（UENO MASAMI）  
 国立大学法人琉球大学・農学部・教授  
 研究者番号：50145546

研究成果の概要：NIR（近赤外分光法）を用いてサトウキビの植物体中に含まれる窒素、リン酸、カリウムなどの肥料成分を迅速に測定し、さらに、RS（リモートセンシング）を用いて圃場全体の作物の分布状態を把握し、それらのデータをGIS（地理情報システム）で解析することによって、圃場の状態に合わせて、施肥量だけでなく、成分を調整して施肥を行うシステムを開発した。

交付額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	9,700,000	0	9,700,000
2007年度	2,900,000	870,000	3,770,000
2008年度	3,200,000	960,000	4,160,000
年度			
年度			
総計	15,800,000	1,830,000	17,630,000

研究分野：農学

科研費の分科・細目：農業工学・農業環境工学

キーワード：精密農業，分可変施肥システム，細裂 NIR 法，圃場一筆成分管理システム，可変施肥シミュレータ，ネットワーク，NIR-GIS-RS 情報システム，栄養診断

## 1. 研究開始当初の背景

南西諸島地域の基幹作物であるサトウキビは、バイオマス生産性が高く、台風・干ばつに強い抵抗性を示すこと等から、この地域には不可欠の作物である。しかしながら、農家の高齢化、肥培管理の不徹底等から長期的な減産傾向が続き、抜本的な対策が必要とされている。申請者らは長年のサトウキビ研究の中から、生産の維持のためには IT を活用した圃場一筆単位のかめ細かな栽培管理の必要性を痛感しており、これまでその実現に向けた基礎研究を展開してきた。これらの問題を解決するには、

環境保全型で生産性の高い持続可能なサトウキビ農業の展開を目指して、施肥量だけでなく肥料成分を圃場の状態に適合させる「成分可変施肥システム」の開発が必要である。

## 2. 研究の目的

圃場一筆単位および圃場内「成分可変施肥システム」を開発するために、近赤外分光法（NIR）による作物の栄養状態の迅速測定と診断、リモートセンシング（RS）による作物生育の空間分布の把握、および、これらの情

報を地理情報システム（GIS）で統合してマッピングを行うとともに、作業機に連携するシステムを構築する。

### 3. 研究の方法

#### (1) NIR によるサトウキビの肥料成分高効率計測システムの確立

①サトウキビの細裂試料より NIR を用いて N（窒素）、P（リン）、K（カリウム）などの成分分析技術の検討を行う。②細裂 NIR 法で糖度を測定する品質評価システムを用いて、茎中の成分分析を行うシステムの確立と適用性の評価を行う。③NIR を利用してサトウキビ葉片中の養分値を測定する技術を開発する。④NIR を利用して堆肥などの成分を迅速に測定する方法を開発する。

#### (2) GIS を活用した圃場一筆成分管理システムの確立

①NIR の測定データをマッピングするためのデータベースの作成とその解析を行う。②成分情報に基づく栄養診断エキスパートシステムの開発を行う。③GIS による成分情報、診断結果等のマッピングと解析を行う。④GPS によるマッピング支援システムを開発する。

#### (3) 衛星 RS と GIS の連携による圃場内可変施肥システムの確立

①高解像度衛星画像によるサトウキビの圃場内生育ムラを把握する。②GIS による RS データの統合を行う。③栽培試験などによって生育ムラへの影響因子の分析を行う。④ハーベスタに装着した GPS と音声センサによる圃場内生育ムラの検出技術を検討する。

#### (4) 車載型簡易システムおよび可変施肥シミュレータの開発

GPS で位置確認を行いながら圃場を識別し、NIR-GIS-RS 空間情報システムとのリンクによって可変施肥を実施する車載型の簡易システムの基本構造を検討する。

### 4. 研究成果

#### (1) NIR による肥料成分高効率計測システムの確立

##### ①細裂 NIR 法による成分測定

平成 18 年度に沖縄県内のすべての製糖工場に導入された細裂試料によるサトウキビの品質評価 NIR システムの品質評価精度の検証を行った（本評価システムは上野らの研究によって開発したものである）。このシス

テムを用いてサトウキビ茎中の C、N、K、P、Mg などの含有量を測定する検量線の開発を行い、良好な予測精度を示すことを確認した。液体サンプルに比べるとこれらの検量線の精度は若干低い、実用上問題のない精度で測定可能であることを明らかにした。これによってサトウキビ中の成分測定が迅速・高精度かつ低コストで実施できるようになった。

##### ②全圃場の成分測定技術の確立

サトウキビの品質取引制度との連携によるシステムとして、すべての製糖工場からインターネット経由でスペクトルデータを採取するシステムを開発した（図 1）。沖縄県内すべてのサトウキビ圃場からのスペクトルデータを 3 年間にわたって修得し、分析を行うとともにその適用性を評価した。これによって圃場一筆単位の変態施肥に必要な主要技術を確立できた。

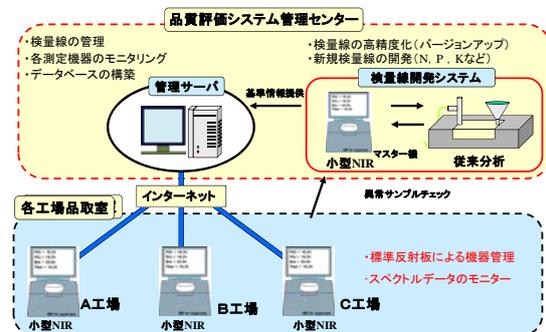


図 1 ネットワーク型 NIR システム

##### ③NIR による葉片成分の測定と栄養診断

生育中のサトウキビの葉を生葉および乾燥粉末の状態での NIR を用いて分析し、窒素やカリウムについては十分な精度で測定できることを示した。特に、生葉の方が測定精度が高いことより生育現場でも栄養診断が可能になり、品質評価システムを用いた成分測定と組み合わせることによって、時間・空間的に連携した成分把握と栄養診断が可能となった。

##### ④NIR による堆肥成分の迅速測定

地力維持の目的でバイオマスによる有機肥料（堆肥）の利用が推奨されているが、原料や製造地によって肥料成分に大きなばらつきがあるので、NIR によって成分を迅速に測定するシステムを開発し、主要成分については高い精度で測定できることを示した。

#### (2) GIS を活用した圃場一筆成分管理システムの確立

##### ①データベースの作成とマッピング解析

品質評価システムで測定した成分データを南北大東島などの製糖工場管内で GIS マッピングを実施した。この結果は現場サイドに大きな影響をもたらした。マッピングの迅速化が大きな課題として残された。

## ②成分情報に基づく栄養診断エキスパートシステム

上記のシステムで得られた結果を効果的に活用するためのエキスパートシステム構築の準備として、窒素処理を施した栽培試験を行い、サトウキビの収量と品質（糖含量）に影響する初期生育の違いを検討した。さらに、サトウキビ茎中の成分測定値と糖度の関係を分析した。特に、カリウムと糖度には負の相関があることを示した。細裂 NIR 法で測定したカリウムでもこの傾向が得られたことより、従前、搾汁液で得ていた成果が新しい細裂 NIR 法でも活用できることを示した。さらに、サトウキビの肥培管理の実態を北大東島や宮古島で詳細に実施し、収量および糖度に与える影響を分析した。これによって、細裂 NIR 法で測定した成分値を現場で活用する具体的な方法としてのエキスパートシステムを検討するための基礎資料を得た。

細裂 NIR 法で得られる情報は、サトウキビが生育期間中に蓄積した成分や環境の影響を含んだ「積分値」である。したがって、精度の高い成分可変施肥を実施するには、作物体内の成分と土壌成分との関係を把握する必要がある。この点に関しては 2 年間の試験を実施しているが、おおまかな傾向を把握した。両者の関係に与える気象要因などの詳細な解析も必要なことがわかった。

## ③GPS によるマッピング支援システム

GIS マッピングにおける最大の課題である実圃場、数値圃場および NIR による成分データとの迅速なリンクを実現するために、GPS をサトウキビ運搬トラックに搭載した圃場識別システムを開発した。ハーベスタと運搬トラックが並走する収穫体系ではこのシステムは良好に機能するが、刈り置きする手刈体系などでは周辺圃場との区別が十分にできない場合もあった。

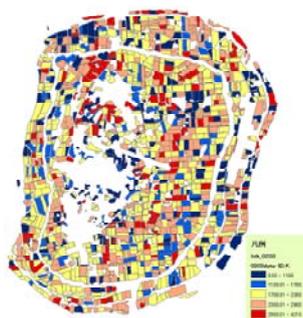


図2 カリウム分布のマッピング例(南大東島)

## (3) 衛星 RS と GIS の連携による圃場内可変施肥システムの確立:

### ①高解像度衛星画像の利用

IKONOS などの商用高解像度衛星画像を用いて、NDVI (正規化植生指数) 値を用いてサ

トウキビの圃場内生育ムラを把握し、GIS で表示した。生育ムラの評価法を検討した。

## ②GPS によるハーベスタ挙動解析

ハーベスタに GPS を搭載し、その挙動解析、特に速度変化を分析することによって生育ムラを分析する手法を検討した。さらに、ハーベスタに GPS とデジタル録音器を組み合わせたデータ収集装置を搭載し、ハーベスタの走行状態および音声データよりサトウキビの生育情報の測定を試みた。これらのデータを GIS による圃場地図上にマッピングして生育状態を判断する基礎資料を得た。

高性能大型ハーベスタについては、多少の生育ムラがあっても速度はほとんど変化しないが、音声データにはある程度の影響がでることが明らかになった。このシステムではセンサの取り付け位置やデータの解析法などにいくつかの課題が残った。

## (4) 車載型簡易システムおよび可変施肥シミュレータの開発

サトウキビの大半が微小区画 (5 アール未満) の圃場で栽培されており、また低価格で、粗放的な栽培の多い現状では、まず、一筆単位の変換施肥が最も現実的かつ効果も大きいことが明らかになった。この方法でも沖縄県全域に普及させるには多くの課題をクリアしなければならない。

一筆可変施肥に対応するシステムは単純であり、その構造と機能について検討を行った。また、一筆可変施肥が可能になれば圃場内可変施肥への展開は、NIR 計測、RS および GPS データを組み合わせることによって十分可能であり、そのシステムの構成を検討した。

## (5) 結論

本研究で開発したシステムによって技術的には一筆単位の変換施肥が可能になった。現在では、いくつかの地域 (製糖工場管内) が導入の意向や興味を示しており、具体的なシステムを構築できる段階に達している。圃場内可変施肥への対応も開発技術の適用で可能である。圃場内可変施肥システムは南北大東島のような大型機械化体系が完備している地域での利用は十分に可能である。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 10 件)

①上野正実・藤田憲治・前田建二郎: GPS を用いたケーンハーベスタの挙動分析に関する研究, 農業機械学会九州支部誌, No. 55, 9-13, 2006.9, 査読無

②Taira, E., Ueno, M., Kawamitsu, Y. and

- Osaki, K. : Fourier transform near infrared spectroscopy applications to improve the quality evaluation system for sugarcane, Near Infrared Spectroscopy, 686-691, 2007, 査読有
- ③ E., Taira, M., Ueno, Y., Kawamitsu and R., Matsukawa: High efficient diagnosis of sugarcane farm land using NIR spectroscopy networking system, Proc. of the XXVI Internal Congress of ISSCT, South Africa, CD-ROM, 2007, 査読有
- ④ T., Azama, Y., Kawamitsu Y., Fukuzawa, M., Ueno and Y., Komiya: Effects of potassium on photosynthesis and sugar yield in sugarcane. Proc. of the XXVI Internal Congress of ISSCT, South Africa, CD-ROM, 2007, 査読有
- ⑤ K., Kikuchi, M., Ueno, Y., Kawamitsu, L., Sun, E., Taira, K., Maeda: The state of sugarcane fertilization management in island regions and its relation to per unit production: A case study of Kitadaito Island, Proc. of the XXVI Internal Congress of ISSCT, South Africa, CD-ROM, 2007, 査読有
- ⑥ 上野正実・平良英三・川満芳信: 連続一体型細裂NIRシステムによるサトウキビ品質評価の試み, 沖縄農業, 41(1), 3-14, 2007, 査読無
- ⑦ 福澤康典・川満芳信・小宮康明・上野正実: サトウキビ生育の極初期段階におけるバイオマス生産特性, 日本作物学会紀事, 77(1), 54-60, 2008, 査読有
- ⑧ M., Ueno, E., Taira, Y., Kawamitsu, Y., Komiya, K., Kikuchi: Application of FT-NIR spectroscopy to the evaluation of compost quality, Engineering in Agriculture, Environment and Food, 1(2), 51-56, 2008, 査読有
- ⑨ 前田建二郎・平良英三・上野正実・川満芳信・小宮康明: サトウキビの簡易栄養診断に向けた葉身窒素含量の近赤外測定法の開発, 農業情報研究, 17(3), 105-110, 2008, 査読有
- ⑩ 平良英三・上野正実・孫麗亜・川満芳信・小宮康明: NIRとGISを用いたサトウキビの高品質化支援情報システムの開発(第3報) -GISによる品質情報およびカリウム含量のマッピングとその利用-, 農業機械学会誌, 71(3), 70-77, 2009, 査読有

[学会発表] (計5件)

- ① E., Taira, M., Ueno, Y., Kawamitsu and R., Matsukawa: High efficient diagnosis of sugarcane farm land using NIR spectroscopy networking system, XXVI Internal Congress of ISSCT, South Africa,

2007. 8

- ② K., Kikuchi, M., Ueno, Y., Kawamitsu, L., Sun, E., Taira, K., Maeda: The state of sugarcane fertilization management in island regions and its relation to per unit production: A case study of Kitadaito Island, XXVI Internal Congress of ISSCT, South Africa, CD-ROM, 2007. 8
- ③ 上野正実・川満芳信・平良英三・新垣健一・松川亮太・津嘉山珍健サトウキビ細裂試料による品質評価と管理システムの構築, 第34回サトウキビ試験成績発表会, 沖縄県農業研究センター, 2007. 9
- ④ 上野正実・平良英三・川満芳信・松川亮太・竹内千春 NIRを利用した細裂試料の多成分同時計測, 第35回サトウキビ試験成績発表会, 沖縄県農業研究センター, 2008. 9
- ⑤ M., Ueno, E., Taira and Y., Kawamitsu Near Infrared Networking System for the Improvement of Sugarcane Production, Asian NIR Consortium The First Asian NIR Symposium, Tsukuba, 2008.10

[図書] (計2件)

- ① 川満芳信: 作物学概論(分担, 食糧生産の基礎: 光合成・呼吸, 作物と環境条件), 八千代出版, 91-121, 2008
- ② 菊池香: 島嶼におけるさとうきび生産 農林統計出版, 159, 2009

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

上野 正実(UENO MASAMI)  
琉球大学・農学部・教授  
研究者番号: 50145546

### (2) 研究分担者

川満 義信(KAWAMITSU YOSHINOBU)  
琉球大学・農学部・教授  
研究者番号: 20192552  
菊池 香(KIKUCHI KOU)  
琉球大学・農学部・助教  
研究者番号: 30325831

### (3) 連携研究者