

平成22年5月6日現在

研究種目：基盤研究（B）  
 研究期間：2007年～2009年  
 課題番号：19380147  
 研究課題名（和文） カンキツ生産地域のイノベーションを創出する選果ロボットの開発と観測衛星の制御  
 研究課題名（英文） Development of Fruit Grading Robot for creating innovation in Citrus Production  
 研究代表者 近藤 直（KONDO NAOSHI）  
 京都大学・大学院農学研究科・教授  
 研究者番号：20183353

研究成果の概要（和文）：生産物の品質、環境保全、安心安全な「食」情報に貢献する農業を展開するため、西日本で多くの面積を占める階段畑等のカンキツを対象とし、移動型選果ロボットを開発すると同時に、フィールドサーバおよび衛星画像等からの情報を表現できる2次元および3次元マッピング手法の開発を行った。これらの成果により、カンキツ生産における精密農業が推進されるものと考えられた。

研究成果の概要（英文）：A fruit grading robot for citrus on terraced orchards spread in West Japan was developed in order to enhance product quality, to maintain environmental conservation, and to contribute informatization of “food safety and security”. In addition, a system to collect environmental conditions from field servers and to analysis satellite images was constructed. It was expected to propel “precision agriculture” in citrus production based on the results of this research.

## 交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	14,000,000	4,200,000	18,200,000
2008年度	1,200,000	360,000	1,560,000
2009年度	900,000	270,000	1,170,000
年度			
年度			
総計	16,100,000	4,830,000	20,930,000

研究分野：農学

科研費の分科・細目：農業工学・農業情報工学

キーワード：バイオロボティクス、画像処理、精密農業、制御

## 1. 研究開始当初の背景

## (1) 「食」に関わる問題と情報化

近年「食」に関わる社会問題として、BSE、鳥インフルエンザ、O-157、偽装農産物、化学肥料、残留農薬等のトラブルが頻繁に報道されている。特に、BSEなどは日米の国際問題にまで発展した経緯があり、今後もその安全性が世界中で注目されている。これらの問

題解決のためには、「食」の生産工程である「農」に関わる正確なトレーサビリティ情報が必須と言える。そのためには、ネットワーク、データベース等の整備だけでなく、情報収集するセンサが必要であり、情報化農業は高精度なセンサをもつ機械システムの導入によってもたらされるとも言える。

## (2) 選果ロボット、情報化に関わるシステム

の開発状況

これまで、農産物に正確な情報を付加する機械システムの一つとして、選果ロボットを開発し、外観、内部品質等の情報を果実各々に付加することを可能とした。さらに、ピーマンおよびナスの移動型選果ロボットの研究も手がけた。この移動型選果ロボットは、人間が収穫した果実に対してその場で情報付加できるため、定置式選果機の選果情報に加えて収穫日時、作業地点の情報が得られる。つまり、果実と果樹個体との対応が可能のため、ほ場管理にとどまらず、樹木管理を可能とするものである。

一方、局所的気象環境計測、動植物のモニタリング、および監視を行うため、フィールドサーバが開発され、2002年頃からほ場に設置され始めた。他方、衛星画像の高解像度化が進み、QuickBirdやPLEIADESの地上分解能は1m以下である。これにより、農地や作物の情報化に利用できる。これらの情報収集システムにより、生産物情報、ほ場情報、および生育環境情報等が得られるようになった。現在それらの情報をデータベースに蓄積すると共に、有機的に組み合わせる精密農業が可能となりつつある段階と言える。

### (3)カンキツ生産の機械化

ここでカンキツ生産に注目すると、西日本の階段畑や傾斜地においては、モノレールを利用した運搬装置と選果機以外は機械化されていない。そのことより、収穫作業やモノレールまでの運搬作業が重労働であるばかりか、情報化が遅れている。ただ、近年地域のJAへ導入された光センサ選果機を生産者およびJAがうまく利用すれば、園地ごとの生産情報を得ることは可能である。しかし、そのためにはコンテナを園地ごと（階段畑ごと）に使い分けて情報を得ること、正確な作業記録をとること等の重要性を生産者に理解させることが必要であるが、高齢化している生産者の意識改革は容易ではなく、数多くの小規模な階段畑ごとにそれを行うのは困難である。同時に、平地での果樹栽培と比べ、複雑な地形の階段畑等においては、園地ごとおよび樹木ごとの生育環境の「ばらつき」が大きく、生産物の品質も樹木によって異なる。これらのことより、階段畑のカンキツの高品質生産を達成するには、高齢の農業従事者でも簡単に利用可能で軽労化につながる移動型選果ロボットの開発ならびにフィールドサーバの利用が急務で、各樹木から得られる生産物の情報ならびに一般の気象データからは得られない局所的生育環境情報を収集することが不可欠である。国外においても、アメリカ合衆国のカンキツ産地であるフロリダ州等では、Canker、Greeningという2つ

の病気が大きな問題となっており、園地を走行する果実収集機械にマシンビジョンを付加し、それらの病気を早期発見すると同時に、廃棄すべき果実の輸送費ならびに貯蔵費の削減を試みる研究、可変施肥機の研究等が始められている状況である。

## 2. 研究の目的

上述した情報収集システムからの情報は、生産者への営農指導に役立つだけでなく、施肥、農薬投与を最小限に抑えることが可能である。また、各樹木の管理ができるため、生産物の品質向上が期待できる。同時に、消費者に対して「食」に関わる情報を提供できる。

そこで、本研究では精密農業の展開を目指し、①労働力の軽減、②営農指導、③生産物の品質向上、④環境保全、⑤安心・安全な「食」情報に貢献することを目的とし、今後の精密カンキツ生産においてキーテクノロジーとなる移動型選果ロボットを開発することに至った。

## 3. 研究の方法

### (1)移動型選果ロボットの試作

図1に試作した移動型選果ロボットを示す。これは、主として果実投入口、ローラーピンコンベア（RPCと称する）、カラーTVカメラ、近赤外分光を用いた内部品質センサ、および制御用PC等からなる。作業者が収穫した果実を投入口に投入すると、フォトセンサで果実の投入順に番号（投入番号）が付される。投入後、果実は、RPC上で移動する間に、カラーTVカメラおよび内部品質センサで、寸法、色、糖度等の情報が計測される。

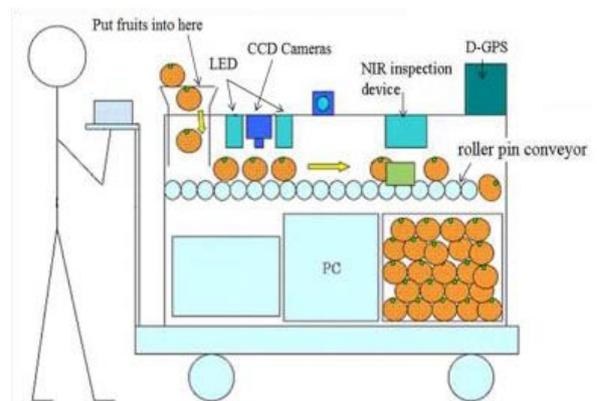


図1 移動型選果ロボット

本ロボットでは果実はそのまま同一コンテナに排出されることとし、後に地域に導入済みの選果機で選別、箱詰めされることを前提とする。RPCの速度は毎秒10~30cm程度とし、1~2人の作業者が複数個同時に果実を投入しても処理できる能力（毎秒約2個の処

理)を有するものとする。

本ロボットはD-GPSで自己位置を獲得できるシステムを搭載し、園地内の各樹木の位置も地図情報に含める。従って、計測されたデータはD-GPSによる位置情報とリンクされるため、全ての果実情報は果実を生産した樹木ID、果実投入口、投入番号と対応づけられて、情報収集サーバに保存される。さらに、観測衛星、フィールドサーバからの画像情報と比較するため、ロボットの進行方向に対して左の樹木をモニタリング可能なカラーTVカメラを搭載しており、入力画像からその平均葉色および樹冠の寸法(ロボットの進行方向)を計測する。

#### (2)実験対象ほ場とマップ作成方法

実験に使用したほ場は、愛媛県松山市にある愛媛県農林水産研究所のカンキツ果樹園の一部で、横17m×縦19mで25本の樹木のうち18本を対象とした。計測結果の果実寸法、色、糖度、樹幹の寸法、平均葉色等のデータに対して、樹木ごとに円または円柱を用いて2次元マップおよび3次元マップにより表現した。その際、収穫果実の樹冠内の位置により、北東、北西、南東、南西に分けてデータを表現した。

### 4. 研究成果

#### (1) 2次元マップ

図2には、作成した2次元マップを示す。ここでは、例として選果ロボットで収集した糖度の結果を計測した樹幹の径を有する円により示している。これより、樹木によって果実の糖度も樹冠径もばらばらなことが一目でわかる。また、全体的に南側の樹木のほうが糖度の高い果実になっていることも明らかとなった。

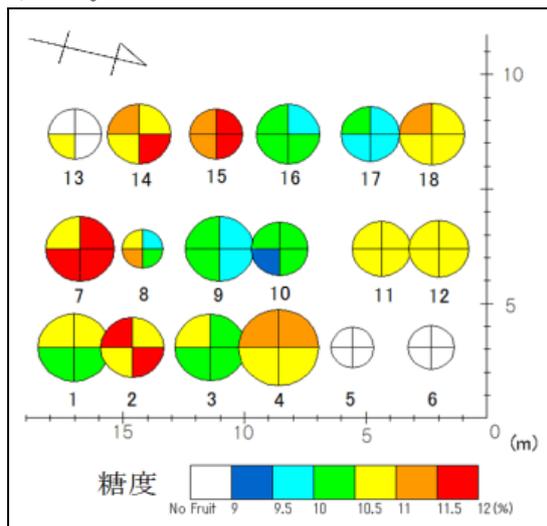


図2 2次元マップ(糖度と樹幹径)

このような2次元マップは、円の色・円半径によって任意の二要素を表し、関係を読み

取ることが可能である。例えば、色で糖度や酸度・色値・寸法・葉の色を表し、円半径で樹冠径・収量・樹齢を表すと、酸度・樹冠径マップや、色値・収量マップ、樹齢・糖度マップを作ることが可能である。この2次元マップには要素を平面的に表すため、航空写真や土壌情報を容易に描き加えることが可能と考えられた。

#### (2) 3次元マップ

図3は、糖度・樹冠径・収量を示す3次元マップを示す。このマップは圃場を斜め上から見た鳥瞰図になっており、各円柱は樹木と対応している。円柱の位置はRTK-GPSにより測定したものを使用した。色が糖度を、円柱の大きさが樹冠径を、円柱の高さが収量を表している。

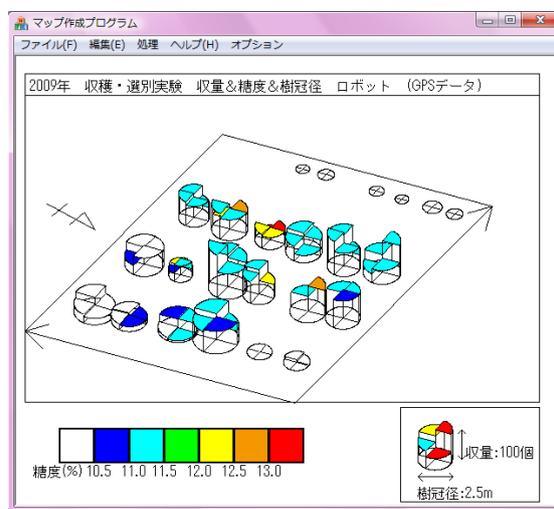


図3 3次元マップ(糖度、樹幹径、収量)

このような3次元マップは、”円柱の半径”と”円柱の色”と”円柱の高さ”により、任意の3要素を表し、3要素の関係を読み取ることができる。例えば、色で糖度、酸度、果実色、葉色を表し、円半径で樹冠径、果実寸法、樹齢を表し、高さで収量、果実生育平均高さを表すこともできるので、種々の利用方法が可能である。

2次元マップと3次元マップでは、利用の目的が異なる。適宜必要に応じてその要素を変化させて用いることが、DSSにおいては必要である。今後は、より簡易に扱える移動型選果機の検討ならびにこれらのマップを実際の精密農業において利用することが期待される。

### 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2件)

河野靖・近藤直・海内崇史・栗田充隆・岡本伸吾:カンキツ生産の情報化のための移動型選果機の試作, ROBOMECH2009 講演論文集(CD), 2009

河野靖・近藤直・山川論誉・飯田訓久・椎木友朗・海内崇史・栗田充隆:カンキツ生産の情報化のための移動型選果機の試作と圃場マップの作成, 農業環境工学関連学会2009 合同大会講演論文集(CD), 東京都, 2009

〔学会発表〕(計4件)

山川論誉・近藤直・飯田訓久・小川雄一・椎木友朗・河野靖・栗田充隆:柑橘の品質と収量に関する情報の3次元マッピングシステム, 農業機械学会関西支部123回, 神戸市, 2010

海内崇史, 岡本伸吾, 栗田充隆, 近藤直, 河野靖:カンキツ用移動型選果機の試作, 農業機械学会関西支部例会121回, 京都市, 2009

池川周伍, 近藤直, 谷脇滋宗, 栗田充隆, 河野靖:移動型選果ロボットのモニタリングカメラを用いた果樹のマッチング, 農業機械学会関西支部119回例会, 大阪府, 堺市, 2008

Yasushi Kohno, Naoshi Kondo, Shigemune Taniwaki, Kazuhiko Namba, Takao Nishi, Mitsutaka Kurita: Precision citrus production concept based on information from mobile citrus fruit grading robot, field-server, and satellite, Application of Precision Agriculture for Fruits and Vegetables, ISHS, Orland, USA, 2008

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

近藤 直 (KONODO NAOSHI)  
京都大学・農学研究科・教授  
研究者番号: 20183353

### (2) 研究分担者

飯田訓久 (IIDA MICHIHISA)  
京都大学・農学研究科・准教授  
研究者番号: 50232129

難波和彦 (NAMBA KAZUHIKO)  
岡山大学・環境学研究科・准教授  
研究者番号: 90263623

栗田充隆 (KURITA MITSUTAKA)  
エスアイ精工(株)・技術開発部・主事  
研究者番号: 00451302

谷脇滋宗 (TANIWAKI SHIGEMUNE)  
愛媛大学・理工学研究科・准教授  
研究者番号: 40263623  
(2008年1月死亡)

### (3) 連携研究者

河野 靖 (KOHNO YASUSHI)  
愛媛県農林水産研究所・主任研究員  
研究者番号: 80504125

### (4) 研究協力者

西 卓夫 (NISHI TAKAO)  
株式会社阿部・技術開発部・部長