

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 5 月 31 日現在

機関番号：18001

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2014

課題番号：23580360

研究課題名(和文)多様な生産条件に対応する集落営農・生産法人等の農作業支援システムの開発

研究課題名(英文)Development of the farm work support system for many variations of community farming and an agricultural production corporation

研究代表者

鹿内 健志(Shikanai, Takeshi)

琉球大学・農学部・准教授

研究者番号：20264476

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：南西諸島地域のサトウキビ農業は、機械収穫体系の導入が進められ、農地の集積や農作業の受委託による効率的で安定した生産法人等による機械化経営を目指している。効率的な機械作業を進めるためには、農作業計画の最適化を行う必要がある。しかし、作業計画は圃場毎の作業履歴を記録し、データを分析しながら効率的に考えられるべきである。本研究では、農業機械に搭載可能なGPS利用の農作業自動記録装置を開発し、沖縄県のサトウキビ栽培の農作業データを蓄積し、収穫機の作業実態を詳細に調査した。また、正確にかつ効率良く作業計画を立てるために、サトウキビ栽培の作業体系を正確にモデリングするペトリネットモデルを提案した。

研究成果の概要(英文)：Mechanical harvesting of sugarcane is encouraged on the small islands located southwest of the main islands of Japan. The farmers in the area are advancing efficient and stabilized farm management by promoting the incorporation of farming businesses, including accumulation of small farmlands and contracting mechanical harvesting for small farmers. To perform machine operations efficiently on many farmlands, it is necessary to optimize the agricultural work plan. In this study, a digital recording system with a GPS was mounted in sugar cane harvesters to analyze the actual working data of the harvester. Based on the results of the analysis of the recording data, it was possible to explain the actual working condition of the harvester precisely. In order to form a work plan correctly and efficiently, the Petri net model was proposed for modelling of the operation sequence of sugarcane farming.

研究分野：農業環境・情報工学

キーワード：農作業情報 GPS 地理情報システム(GIS) 作業効率 ペトリネット サトウキビ ケーンハーベスタ

### 1. 研究開始当初の背景

サトウキビは沖縄県の農業を支える基幹作物である。近年生産農家の高齢化や担い手不足、機械化の遅れから作付面積、生産量とも減少傾向にあるが、生産法人、共同利用組織、集落営農等により、農地の集積や農作業の受委託により効率的で安定した経営を目指している。生産法人等が安定して営農するための支援システムが必要である。そのため農作業自動記録装置を開発し、地理情報システム(GIS)、数理モデルを活用し、多様な生産条件に対応する集落営農・生産法人等を支援するサトウキビ作業支援システムの開発が求められている。しかし、多数の機械を管理する生産法人では、複数の作業機械で兼用可能な汎用の自動農作業記録装置が必要である。また、異なる作型が混在する場合や複数の作物を管理する場合は、作業請負計画は複雑な問題となり圃場分散、作業能率、生産性等を評価できる新たな指標が必要となる。同時に、地域全体の農地や農作業の公益的な活用・運営の立案方法や評価方法を確立する必要がある。さらに、農作業計画では天候によるスケジュール変更、委託農家の特殊事情などスケジュール変更の柔軟性が求められ、シミュレーション結果を現場で利用するにはシミュレーションモデルの改善が必要である。

### 2. 研究の目的

集落営農・生産法人等の農作業の汎用的自動記録装置を開発し、多様な生産条件における作業効率と圃場分散等の関係を解明し、生産法人等の作業請負立案の手法を確立する。さらに、地域全体の農地や農作業の公益的な活用・運営の計画手法を提案する。また、作業スケジュール最適化の柔軟性を確保する数理モデルの開発を行い、これらの成果を統合し、地域の多様な生産条件に応じた生産法人や集落営農組織の実用的な農作業支援システムを構築する。本研究における科学的・技術的な研究目的は以下の4点である。

- (1) 生産法人や集落営農組織のための自動農作業記録装置の開発
- (2) 多様な生産条件の生産法人や集落営農組織での農作業請負等の立案手法の確立
- (3) 地域全体の農地や農作業の公益的な活用・運営の立案手法の確立
- (4) 作業スケジュール最適化の柔軟性を確保する数理モデルの開発

### 3. 研究の方法

本研究では、生産法人や集落営農組織でのサトウキビ栽培を対象にし、汎用性のある農作業の自動記録装置を開発し、農作業データの収集を行う。収集したデータから生産法人等の圃場分散と作業効率、生産性等に関する解析を行い、生産法人等の作業請負等の立案手法を確立する。さらに、この成果を活用し、地域内の複数の生産法人等の組織間の効率

的な受託作業の振り分け方法等を検討し、地域全体の農地や農作業の公益的な活用・運営の立案手法を提案する。また、作業スケジュール最適化のための新しい数理モデルの開発を行い、生産法人等の農作業のシミュレーションを行い最適な作業を提案可能にする。最後に、研究成果を統合しソフトウェアとしてパッケージ化し、分散圃場を管理する生産法人や集落営農組織で実用可能な農作業支援システムを提供する。

### 4. 研究成果

#### (1) 農作業記録装置の開発

生産法人や集落営農組織でのサトウキビ栽培を対象にし、汎用性のある農作業の自動記録装置の開発のため、小型、中型のサトウキビ収穫機のキャビン内に記録装置を設置し農作業データを収集した。作業内容は、GPSのデータから、GISで収穫機の軌跡を圃場の地図上に表示し、エンジン稼働中の作業速度の変化などから、実作業時間(収穫を行っている時間)と補助作業時間(収穫に伴う旋回、後退、収穫袋の取り付け、圃場内での待機調整時間)が把握できることを確認し、作業時間や作業能率のばらつきなどの可視化が可能となった。例えば、中型ハーベスタは、圃場作業量、有効作業量ともに、小型ハーベスタの2倍ということが明らかになった(図1)。

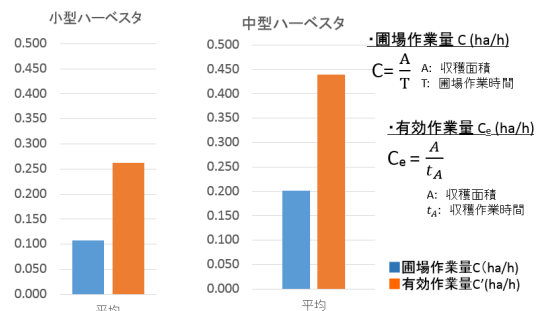


図1 小型と中型の圃場作業量と有効作業量の違い

#### (2) 地域全体の営農支援のための農作業分析と作業計画の立案手法の確立

##### 圃場形状による有効作業効率の考察

図2は圃場形状による有効作業効率の違いを示している。有効作業効率は全作業時間に占める収穫時間の比率である。図の青色の線は形状を囲ったポリゴンである。上側のグラフは左図のB038の圃場、下側のグラフは右図のD084の圃場の作業割合を示している。作業分析の結果として、圃場の形状によって、作業割合が異なり、収穫面積はほとんど同じであるが、有効作業効率に差がある。これは、B038は形状がきれいな四角形でないため、旋回時間の割合が大きくなり、有効作業効率が減少したと考えられ、このことから圃場の形状が有効作業効率に影響すると考えられる。

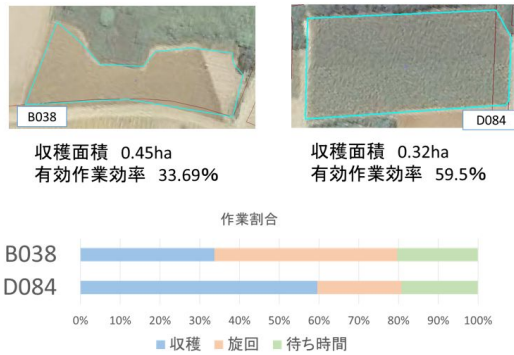


図2 圃場形状と作業効率

### 小型と中型ハーベスタの作業割合の考察

図3は小型ハーベスタと中型ハーベスタの作業割合の違いを示している。青色は収穫、赤色は旋回、小型ハーベスタの緑は待ち時間とトラブル、中型ハーベスタの緑は待ち時間、灰色はトラブルとなっている。小型ハーベスタの待ち時間、トラブルの割合は45%なのに対し、中型ハーベスタの待ち時間、待ち時間+旋回、トラブルは合計で31%となった。これは、小型ハーベスタは収納袋の容量が少ないため、頻繁に収納袋の交換が行われ、収納袋の供給がスムーズに行われないと、待ち時間が長くなると考えられる。このことから、収穫袋の供給を効率的に行うことにより、待ち時間を減少させ、中型ハーベスタと同程度の収穫作業が行える可能性があると考えられる。

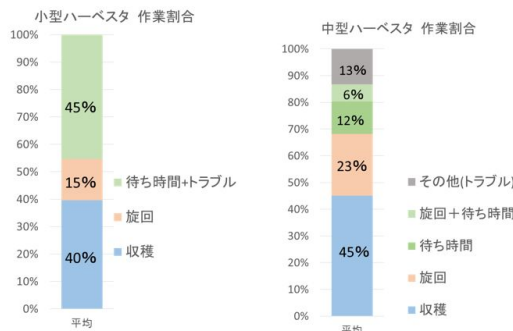


図3 小型と中型ハーベスタの作業効率

### 作業能率と圃場条件の考察

有効作業速度と有効作業量は単収が小さい圃場では大きい結果となる。有効作業速度と畝1m当たりの刈り取り質量との関係を図4に示す。なお、畝の総長さは、畝数から作業幅（畝幅）を求め、刈り取り面積を作業幅で割ることで求めた。刈り取り質量はハーベスタで収穫した収穫袋数から推定した。刈り取り質量が多くなるほど速度が低下していることがわかる。刈り取り質量が多いと、刈り取った茎の切断やトラッシュの処理のため刈り取り速度を上げることができないことがわかる。一方、有効作業効率と刈り取り質量

の顕著な関係は認められなかった。刈り取り質量が多くなると、有効作業速度が低下し、刈り取り作業の時間の割合が増え有効作業効率が増加すると思われたが、収穫量が増えるため収納袋の取り替え作業などが増加するため顕著な関係が表れなかったと思われる。

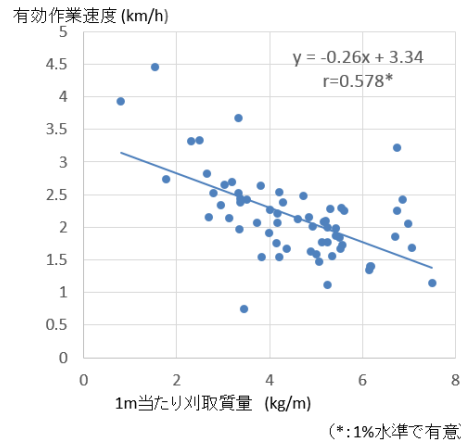


図4 有効作業速度と畝1m当たり刈り取り質量との関係

### (3) 作業スケジュールの数理モデルの開発

サトウキビ栽培の受託作業では多数の圃場で作業機を移動しながら、作業適期に必要な作業を終了する必要がある。そのためには各圃場の作業順序や、資源の計画的な配分を計画する必要がある。正確にかつ効率良く作業計画を立てるために、サトウキビ栽培の作業体系を正確にモデリングするペトリネットモデルを提案した。ペトリネットは農作業の様な動的な一連の動作を表現するのに適したモデルである。図5に示すようにプレースとトランジションと呼ばれる要素があり、プレースからトランジションに向かうアークがある。プレースにはトークンと呼ばれるものがマーキングにより配置され、トランジションが発火することでトークンはプレースからプレースへ移動する。トークンを発火規則に従って動かすことで複数の圃場で資源（農業機械、労働力）を共有して並行的に行う作業をモデル化することができる。

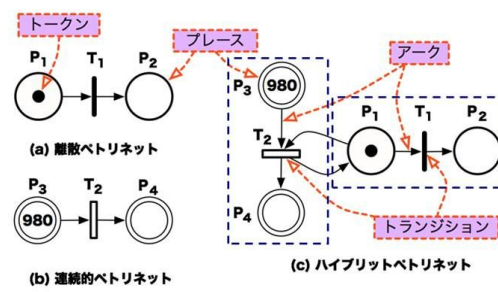


図5 ペトリネットモデル

### 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 1 件)

田中恒大,平井康丸,鹿内健志,井上英二,岡安崇史,光岡宗司:GPS 記録計を用いた精玄米収量計測法,九大農学芸誌,第 69 巻,第 1 号 pp1-7,2014

〔学会発表〕(計 9 件)

Hirai Yasumaru, Kodai Tanaka, Tsuneo Nakanishi, Takeshi Shikanai, Eiji Inoue, Akira Fukuda, Takashi OKAYASU, Mitsuoka Muneshi: Evaluation of measurement accuracy of the harvest area corresponding to each shipment to country elevator using GPS and QZSS, Proceedings of the 7th International Symposium on Machinery and Mechatronics for Agriculture and Biosystems Engineering (ISMAB),2014.05. Yilan (Taiwan)

平井康丸,田中恒大,中西恒夫,鹿内健志,井上英二,岡安崇史,光岡宗司:コンバインの収穫軌跡とカントリーエレベータの荷受記録を利用した水稻の精玄米収量計測法,第 73 回農業食料工学会年次大会講演要旨,2014 年 5 月 16-19 日,琉球大学(西原)

田中恒大,中西恒夫,平井康丸,鹿内健志,井上英二,福田晃,岡安崇史,光岡宗司:カントリーエレベータへの出荷に対応する収穫面積の少量的計算方法,第 72 回農業食料工学会年次大会講演要旨,2013 年 9 月 10-13 日,帯広畜産大学(帯広)

大嶺政朗,鹿内健志:GPS を用いたサトウキビ機械収穫における作業能率低下要因の解析,第 72 回農業食料工学会年次大会講演要旨,2013 年 9 月 10-13 日,帯広畜産大学(帯広)

田中恒大,平井康丸,鹿内健志,井上英二,岡安崇史,光岡宗司:コンバインの収穫軌跡と荷受け記録に基づく水稻の収量計測方法,第 76 回九州農業研究発表会専門部会発表要旨集,第 67 回農業機械学会九州支部例会,2013 年 9 月 2-3 日,立命館アジア太平洋大学(別府)

大嶺政朗,鹿内健志:農作業情報記録装置による沖サトウキビ収穫機の作業モニタリング技術の開発,沖縄農業研究会 第 52 回(平成 25 年度)大会,2013 年 8 月 9 日,琉球大学(西原町)

鹿内健志,官森林,大嶺政朗:沖縄県本島北部におけるサトウキビ小型収穫機の作業実態調査,農業環境工学関連学会 2012 年合同大会,2012 年 09 月 11 日,宇都宮大学(宇都宮)

鹿内健志,伊藤雄規,官森林,名嘉村盛和:

サトウキビ収穫受託作業の実態調査とモデル化,第 70 回農業機械学会年次大会,2011 年 9 月 28 日,弘前大学(弘前市)

官森林,名嘉村盛和,鹿内健志:農作業スケジューリングの分類とその解法,日本オペレーションズ・リサーチ学会 2011 年秋季研究発表会,2011 年 9 月 15 日,甲南大学(神戸市)

## 6. 研究組織

### (1)研究代表者

鹿内 健志 (SHIKANAI Takeshi)  
琉球大学・農学部・准教授  
研究者番号:20264476

### (2)研究分担者

大嶺 政朗 (OMINE Masaaki)  
独立行政法人農業・食品産業技術総合研究センター・主任研究員  
研究者番号:20355598

### (3)研究協力者

官 森林 (GUAN Senrin)  
筑波大学・医学医療系・研究員