

平成 22 年 5 月 31 日現在

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2007～2009

課題番号：19580298

研究課題名（和文） 新政策での集落営農・生産法人支援のための作業改善システムの開発

研究課題名（英文） Development of the farm work improvement system for community farming and an agricultural production corporation in the new policy

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

研究成果の概要（和文）：GPS 機能付き携帯電話や農業機械に搭載したGPS 利用の農作業自動記録装置を用いたデータ記録システムを開発し、沖縄県のサトウキビ栽培の農作業データを蓄積するデータベースを構築した。また、効率よい農作業計画を立案するため農作業を数理モデルで表現し、生産法人による大規模なサトウキビ作業のシミュレーションを行った。農業機械、労働力の圃場への配置等により最適な農作業計画の数値解が得られることがわかった。

研究成果の概要（英文）：The data recording system using a cellular phone with a GPS function and an automatic recording device which can be mounted in a tractor was developed. The data base which stores the farm work data of sugarcane cultivation of Okinawa was build. Moreover, in order to design up an efficient agricultural work plan, farm work flow was modeled using the mathematical model. The large scale sugarcane farm work by an agricultural production corporation was simulated using the model and the numerical solution of the optimal agricultural work plan is obtained.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2007 年度	600,000	180,000	780,000
2008 年度	500,000	150,000	650,000
2009 年度	700,000	210,000	910,000
年度			
年度			
総計	1,800,000	540,000	2,340,000

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：農作業システム、地理情報システム（GIS）、サトウキビ、農作業受委託

## 1. 研究開始当初の背景

近年、生産農家の高齢化や担い手不足、機械化の遅れ、高収益性作物への転換等の要因から沖縄県のサトウキビの作付面積、生産量とも減少傾向にある。このような現状から担い手不足を解消し農地の集積と作業の機械化による効率的かつ大規模な経営を目指すサトウキビ生産法人が注目されている。ところが、圃場面積に対する圃場筆数の多さ、圃場の分散等により、計画的な農作業が進まず、適期作業の遅れや圃場の管理不足などが起こり、生産性に関して問題を抱えている。

一方、軽くて携帯しやすい端末、そしてGPS機能が付き、インターネットへ接続できる携帯電話による農作業記録システムにより農作業データを収集し、作業記録を管理することができる。また、収集したデータを活用し効率的な経営を行う作業計画の立案が可能となれば農業生産法人に生じている生産性の問題を解決できる。

## 2. 研究の目的

本研究では沖縄のサトウキビ生産法人での農作業計画および農作業管理システムの実用化を目指す。まずサトウキビ生産法人での農作業の実態を把握するため、携帯電話を利用した農作業記録システムにより農作業データを記録・保存するデータベースを構築する。また、ペトリネットを用い、サトウキビ作の作業体系のモデリングを行う。そしてモデルにより、農作業計画を最適化するためのスケジューリング問題を定式化し、サトウキビ生産法人での農作業計画および農作業管理を支援するシステムの実用化を行う。

## 3. 研究の方法

### (1) GPS 携帯電話とGIS を用いたサトウキビ

生産管理データベースシステムを用いて、年間を通じた作業記録を保存し農作業データベースを構築する。

(2) ペトリネットによるサトウキビ生産作業の数理モデルを構築するためにペトリネットの基本構造であるプレース、トランジション、トークンをそれぞれ相当する農作業体系に振り当て、サトウキビ生産作業体系をモデル化する。

(3) 生産法人の複数圃場の作業最適化を行うためモデルを定性的な算法で解析できる形し、スケジューリング問題を定式化する。

(4) 複数の圃場で作業を最適化する問題の解決は容易ではなく、組合せ数は爆発的に増加すると予想されるので、効率よく作業スケジューリング問題を解くアルゴリズムを開発する。

## 4. 研究成果

### (1) 農作業データベースの構築

大規模農家や生産法人では農作業の請負が増大し作業面積が増え、それに伴い多くの分散した圃場を抱え農作業の効率化を妨げると言われている。しかし、その実態は明かではない。正確な作業実態を調査するためには毎日の農作業の詳細な記録が必要であるが、法人経営に対する経験不足で法人としてどのような形式で記録を整理すればよいのかがわからず、また、繁忙期には未経験の従業員を雇用し法人を運営しているので記録が不十分である。ノート等に手書きで記録を付けている例もあるが、事務所に戻ってから記憶に頼って記帳することもあり不正確である。

そのため、最適な作業計画立案に利用できる基礎データがない。軽くて携帯しやすい端末、そしてGPS機能が付き、インターネット

トへ接続できる携帯電話は農家の若い担い手も所有していることから、圃場の現場で農作業データを入力する理想的な端末である。そこでデータ入力端末としてGPS 付き携帯電話を用いて農家の記帳の手間を省き、農作業データを記録して、農作業データベース構築した（図1）。

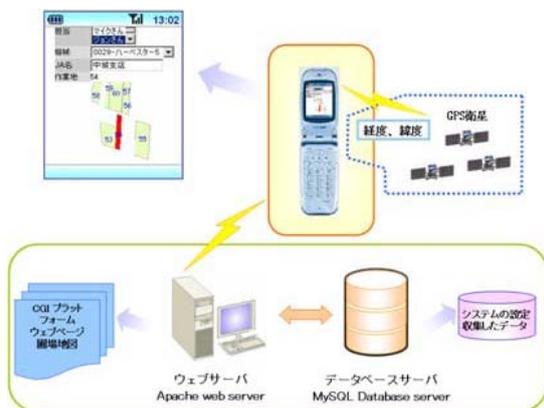


図1 携帯電話を用いた農作業データ収集システム

GPS 機能を用いることで作業を行う圃場の位置を把握でき、インターネット接続よりデータをデータベースサーバへ転記することなく直接に入力できる。データベースサーバにはサトウキビ栽培に関する様々な事項をデータベーステーブルとしてあらかじめ用意しているので、農家はデータベースをそのまま利用できる。また、農家が新たにデータベース項目を増やしたい場合は、携帯電話端末からデータベーステーブルを変更することができ、農家がデータベース管理のためにパソコンを操作する複雑性を排除している。利用者のインタビューでは従来の記帳にくらべ携帯電話のキーパッドでは入力しにくい、操作に不慣れのため数字入力ミスがあった作業圃場を簡単に特定でき、圃場位置の記録間違いがなくなる。また、従来の手書きノートからパソコンへデータ入力する作業が不要となるなどの意見があった。特に、生産法人ではパソコン

へのデータ入力のため事務員を雇用、または入力作業を外部に委託していることがあり、コストの削減につながると考える。また、携帯電話からの入力の煩わしさをなくすため車両にGPS を搭載し、作業圃場、作業時間等を自動的に記録するシステムも構築した（図2）。データベースに記録されたデータは農家が営農管理の意思決定の際の基本データとなる。



図2 車両搭載GPS を用いた農作業データ収集システム

データベースのデータから圃場分散を評価する指標として、「周囲圃場面積」を提案した。「周囲圃場面積」は作業効率や移動効率を評価するための指標である。1日に複数の圃場の作業を行う際、特に適期作業の実施を考える場合には対象圃場の周囲に圃場が存在することは効率上、大変有利である。対象圃場での作業終了後、周囲に圃場が多数存在すればそれらが次の作業地の候補となる。そのため、対象となる圃場を中心に一定の範囲内に圃場が集積され集団化されれば効率性の向上が期待でき、生産性向上につながると考えられる。作成したデジタルマップ上で各圃場の重心点を求め、対象とする圃場の重心点から設定した半径内に重心点が含まれる圃場の合計面積を周囲圃場面積と定義した。周囲圃場面積と単収の関係を分析した結果、周囲圃場面積と単収については正の相関があり、圃場分散がサトウキビ収量に影響を及ぼしている可能性があるといえた。生産法人が経営拡

大する際の農地集積の方針を検討する指針として活用されることが期待される。

### (2) サトウキビ生産作業体系のモデル化

図3 に示すようにサトウキビ栽培の作業は各作業が作物の生育に応じて必要な順序で、必要な資源（農業機械、労働力）を配分して行われる。大規模な経営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。しかし、多数の圃場を移動しながら農作業を行う生産法人などの作業スケジューリング問題は複雑な問題であるため、短時間に最適な作業計画を立てることは極めて困難である。そこで、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。ペトリネットは複雑な数式をあまり使わないで、農作業の体系と作業に利用される資源の関係を一つのモデルとしてグラフィカルに表現できるため、直感的に分かりやすく、農家のような数理モデルに縁のないユーザにも理解しやすい。

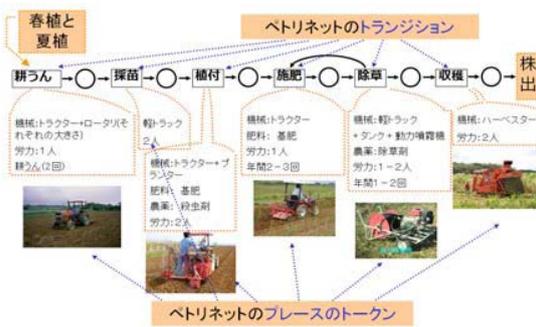


図3 サトウキビの栽培体系とモデル化

ペトリネットはシステムの動的な一連の動作を表現するモデルである。図4 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。すなわち、ペトリネットのモデル化に際し、耕うん、植付、施肥などの各農作業をトランジションに、圃場状況や必要機械の条件などをプレースに、農業機械や労働力をトークンとして設定した（図3）。また、農作業の流れは連続的であるが、資源の配置は離散的に行われるため、図4 に示す離散的なペトリネットと連続的なペトリネットを組み合わせハイブリッド型のペトリネットとした。

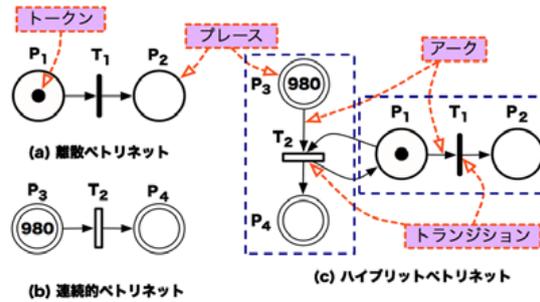


図4 ペトリネットモデル

### (3) 生産法人の作業最適化

図5 は生産法人が限られた作業機を配置しながら複数の圃場で農作業を行っている例をハイブリッドペトリネットでモデル化したものである。農作業の流れのモデリング、機械、労力などの資源配置、天候不順、機故障などによる作業中断、圃場と資源の状態等をグラフィカルに表現するとともに、数学的にまとめることができ、モデルの振舞いによって、作業の進捗、不意な原因による作業中断、機械、労力などの資源の配置と変更及び協同作業等が表現できるようになった。そして、スケジューリングアルゴリズムにより適切な資源配置方法、最適な作業順序を求めることができる。

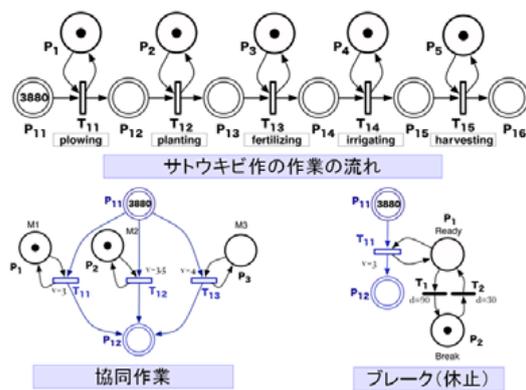


図5 サトウキビ作業体系のハイブリッドペトリネットモデル

図6 は80 箇所の圃場で作業する場合の作業スケジュールリング結果を示す。上図は4 つの圃場のみを取り上げ、年間における作業を行う順序を示す。下図は作業機を利用する期間を横軸で示し、縦軸方向の長さで機械稼働率を示す。シミュレーションでは機械稼働率を最大化することで大幅な作業日数の短縮が可能であることがわかった。つまり、作業順序を最適化することで天候不順等の作業遅れの要因が生じても余裕のある農作業が可能なが想像できる。

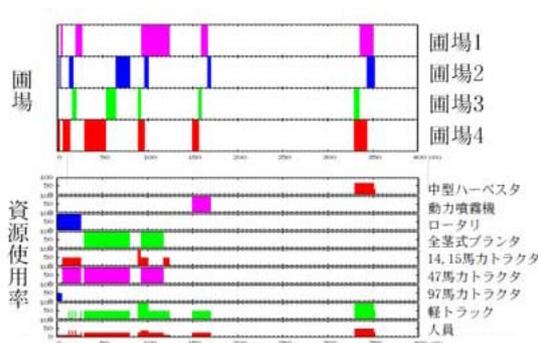


図6 サトウキビ作業のシミュレーション結果

### 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4件)

① Takeshi Shikanai, Maro Tamaki:

Development of an agricultural-work database for agricultural corporations producing sugarcane by using an agricultural-work data collection system, Proceedings of the International Workshop on Agricultural and Bio-systems Engineering, 査読無, 2009, 36-40

② 鹿内健志, 名嘉村盛和, 官森林: サトウキビ生産農家の経営支援のOR, オペレーションズ・リサーチ, 査読無, Vol. 54, No. 1, 2009, 25-29

③ Senlin Guan, Morikazu Nakamura, Takeshi Shikanai, Takeo Okazaki, Hybrid Petri nets modeling for farm work flow, Computers and Electronics in Agriculture, 査読有, Vol. 62(2), 2008, 149-158

④ Takeshi Shikanai, Morikazu Nakamura, Senlin Guan, Maro Tamaki, Development of the supporting system for sugarcane farming contractor in Okinawa islands, Proceedings of International Seminar on Agricultural Structure and Agricultural Engineering, 査読無, 2007, 212-215

[学会発表] (計2件)

① 鹿内健志, 官森林, 名嘉村盛和, 受託作業組織の作業最適化のための農作業モデル, 農業環境工学関連学会2009年合同大会, 2009年9月16日, 東京

② Takeshi Shikanai, Morikazu Nakamura, Senlin Guan, Maro Tamaki, Supporting system for management of agricultural corporation of sugarcane farming in Okinawa islands, IAALD AFITA WCCA2008, World Conference on Agricultural Information and IT, August 24-27, 2008, Atsugi.

### 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

( )

研究者番号：

(3) 連携研究者

( )

研究者番号：