

サトウキビ生産農家の経営支援の OR

鹿内 健志, 名嘉村盛和, 官 森林

サトウキビは沖縄県の農業を支える基幹作物である。しかし、近年農家の高齢化や担い手不足、機械化の遅れ等から作付面積、生産量とも減少傾向にある。このような現状から持続的な地域農業を確立するために、新しい担い手としての生産法人や共同利用組織、さらに集落営農等が提案されている。これらは農地や農作業を集中させ、生産規模を拡大し作業の機械化による効率的な経営を目指しているため、効果的な農地集積計画や農作業のスケジューリングの最適化が必要である。しかし、農家はこうした管理業務に不慣れであるため、農家が利用できる支援システムの構築が必要である。

キーワード：サトウキビ、農業生産法人、GPS、GIS、携帯電話、ペトリネット、スケジューリング

1. 沖縄のサトウキビ農業の現状

サトウキビは沖縄県の農業を支える基幹作物である。沖縄県の農業においてサトウキビ作は総農家数の約7割、総耕地面積のおよそ半分を占める非常に重要な存在である。しかし、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作付面積、生産量とも減少傾向にある。また貿易の農業交渉で国際ルールの強化などの交渉が行われている状況のなかで、政府は今後の日本の農業を背負って立つことができるような、強い農家を育成するため、農家の経営の安定を図る施策を意欲と能力のある担い手に対象を限定しようとしつつある。

このような現状から持続的な地域農業を確立するために、数名の担い手農業者が中心となり地域で組織化し、そこに農地や農作業を集中させ、生産規模を拡大し作業の機械化による効率的な経営を目指す取り組みがある。これらの取り組みには農地拡大および効率的な農業経営を法人形態によって行う農業生産法人の設立や集落ぐるみで計画的な土地利用、機械・施設の共同利用、能力に応じた農作業分担など地域全体の生産の効率化を図る営農形態である集落営農などがある[1]。

ところが、このような組織では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

がうまく進まず、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。

例えば、沖縄県のある生産法人ではすべて借地により合計約20haの圃場でサトウキビ栽培を行っているが、これらの圃場は生産法人が存在する村全域に点在し、なかには隣接する村にもわずかに存在し、その総数は90筆の圃場になる。圃場が広域に分散しているため、収穫後の株出し管理作業に遅れを生じ、中耕(根を傷めぬように土の表面を軽く耕すこと。土壌の物理性改善、雑草の発芽制御などの効果がある)、除草、施肥等の最適管理ができず、この作業の遅れが低単収の一因になっている。生産法人のサトウキビの平均単収は4.66t/10aで沖縄県の平均単収7.11t/10aを大幅に下回っているのが現状である。

政府が進める品目横断的経営安定対策は農業生産法人や集落営農組織等の担い手のみを育成する施策で、サトウキビ生産だけでなく、水稻、麦、大豆生産においても同様の問題が増えることが予想される。地域内の多数の農地の集積に伴い農作業面積が増えるが、分散した多くの圃場を抱え農作業の効率化を妨げることも予想される。したがって生産法人や集落営農等組織による農地、機械・施設の効率的利用を支援するシステムの構築が望まれている。

2. サトウキビ生産農家の経営支援のための研究

サトウキビ生産の新しい担い手である農業生産法人では下記のような問題を抱えている。

- (1) 農地集積や農作業請負により作業面積が増え、それに伴い多くの分散した圃場を抱え農作業の

しかない たけし
琉球大学 農学部
なかむら もりかず, GUAN Senlin
琉球大学 工学部
〒903-0213 沖縄県西原町千原1番地

効率化を妨げている。

- (2) 多数の圃場を効率的に作業するための作業スケジュールリングが必要であるが、長年の勘と経験に頼った方法しかない。また、それが最適であるか不明。また、経験の浅い若い担い手には困難である。
- (3) 担い手に農業生産法人の経営経験がなく、経営マネジメントのノウハウを有していない。
- (4) 地域に複数の生産集団ができ、農地集積や農作業請負の競争が生じている。

これらの問題の解決のため、生産法人での農作業の実態を詳細に記録したデータベースを構築し作業内容の分析を行っている。分散した圃場が生産性に与える影響を地理情報システム (GIS) を用いて解析し、その結果を用いて、効率よい農作業が可能になる農地集積計画を立案する。さらに、集積された圃場を効率的に作業するための作業計画を立案する最適化アルゴリズムの開発を行っている。

2.1 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いわれている。しかし、その実態は明らかではない。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を試みている (図1)。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

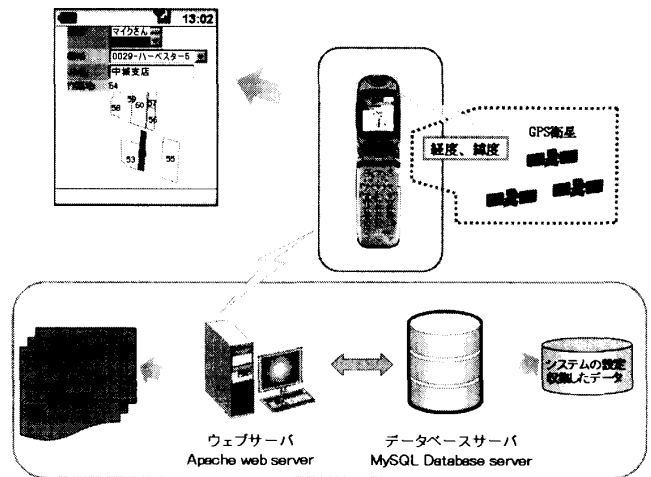


図1 携帯電話を用いた農作業データ収集システム

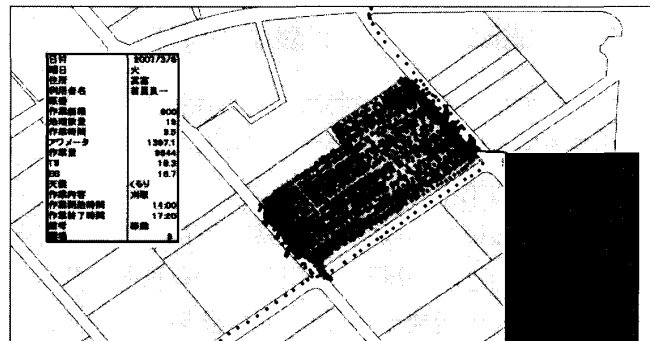


図2 車両搭載GPSを用いた農作業データ収集システム

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。

本システムについて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したり、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[2]。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中である (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。

2.2 圃場分散がサトウキビ生産性に与える影響

沖縄県のあるサトウキビ生産法人を対象とし圃場分散がサトウキビ生産性に与える影響を調査した。この生産法人はサトウキビの機械化栽培を約16haの借地圃場で行っている。この地域はサトウキビ生産地域であるが、土地集積のため広域にわたり借地しており、これらの圃場は南北約6km、東西約3kmの村全域に点在している(図3)。このことについて遠距離の費用対効果が小さい圃場についても、規模拡大による経営安定化を目指した生産法人が、無理をして借地していると指摘されている。また、地域の作型別収穫面積の内訳は株出し(収穫後の地下株から出芽させ栽培し収穫)が約70%、春植(春に植えてその年の冬に収穫)が約10%、夏植(夏に植えて翌年の冬に収穫)が約20%となっている。毎年、同程度の経営面積を維持しているが、これらの圃場を合わせると生産法人が作業を行う圃場は100筆程度になり、作業効率の低下を招いている。また、この生産法人の単収は4t/10a程度と推定され、作型の構成の影響も考えられるが県全体の平均に比較して35%程度低い。この理由の一

つとして前記した圃場の分散による作業効率の低さが挙げられる。

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(図4)。「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(今回、半径は作業記録から判断し400mとし、作型の分布も考慮した)。周囲圃場面積と単収の関係を図5に示す。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。このことより、事務所から離れた地点で一圃場だけ借地している農地(図3の○印)は返却し、他の地域で周囲圃場面積を拡大するように農地を集積し資源を振り向ける経営拡大方針をとることが望まれる[3]。

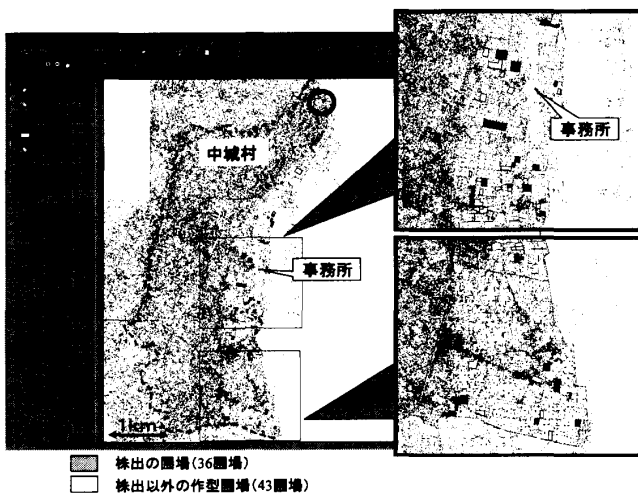


図3 農業生産法人の経営圃場の分布

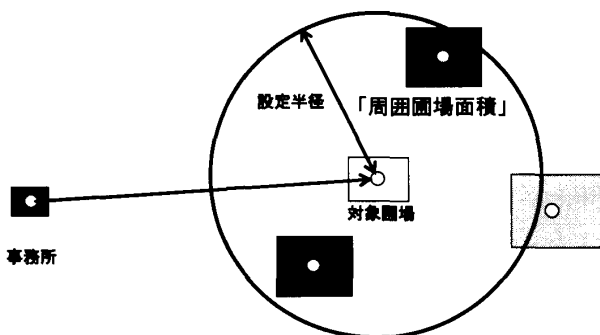


図4 圃場の分散に関する地理的な評価指標

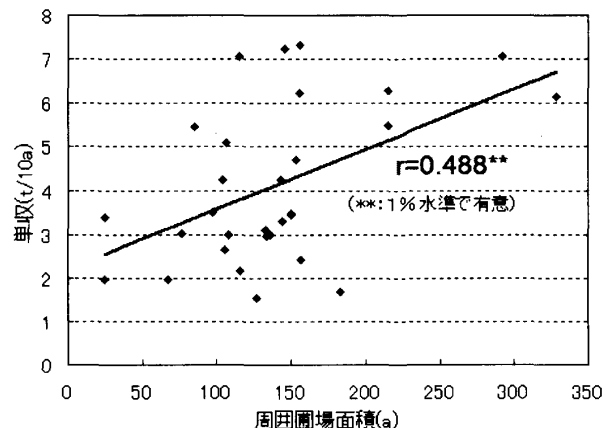


図5 周囲圃場面積と単収

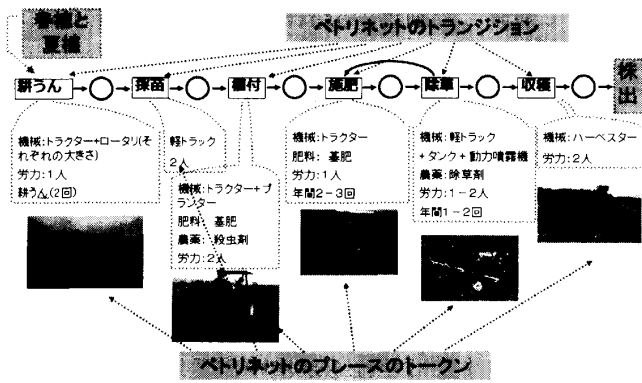


図6 サトウキビの栽培体系とモデル化

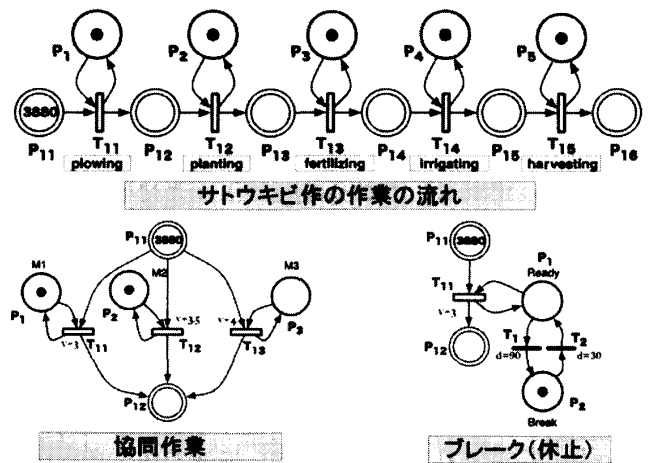


図8 サトウキビ作業体系のハイブリッドペトリネットモデル

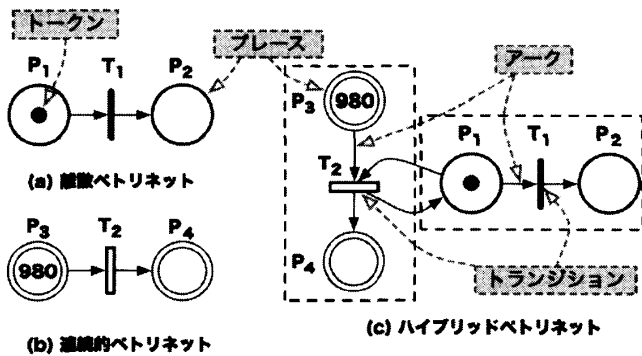


図7 ペトリネットモデル

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ORに縁のないユーザにも理解しやすい。

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[4]。図7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6)。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7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。詳細な数式は文献[5][6]を参照願いたい。

図8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、労働力などの資源配置、天候不順、機械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、労働力などの資源の配置と変更およ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9は80の圃場で作業する場合の作業スケジューリング結果を示す。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であることが想像できる。今後は、天候リスクな

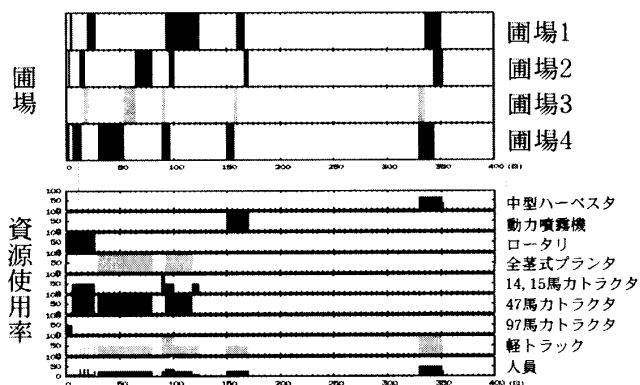


図9 サトウキビ作業のシミュレーション結果

参考文献

- [1] 赤地徹, 玉城麿, 鹿内健志, 「沖縄県におけるさとうきび増産に向けた機械化システム」, 砂糖類情報, No. 128 (2007), 6-15.
- [2] S. Guan, T. Shikanai, T. Minami, M. Nakamura, M. Ueno and H. Setouchi: "Development of a System for Recording Farming Data by Using a Cellular Phone Equipped with GPS," Agricultural Information Research, 15 (2006), 241-254.
- [3] 鹿内健志, 南孝幸, 官森林, 上野正実: 「サトウキビ生産法人に集積された圃場の分散が生産性に及ぼす影響—地理情報システムを用いた分析—」, 農作業研究, 42 (2007), 29-36.
- [4] T. Murata: "Petri nets: properties, analysis and applications," Proceedings of the IEEE, 77 (1989), 541-580.
- [5] S. Guan, H. Matsuda, M. Nakamura, T. Shikanai and T. Okazaki: "Scheduling for Farm Work Planning Based on Petri Net Model and simulated Annealing," Agricultural Information Research, 16 (2007), 188-195.
- [6] S. Guan, M. Nakamura, T. Shikanai and T. Okazaki: "Hybrid Petri nets modeling for farm work flow," Computers and Electronics in Agriculture, 62 (2008), 149-158.

ども含めたスケジューリング最適化を進めていく。

3. おわりに

持続的で安定な地域農業を確立するには、農家経営において効率的な計画を立て、計画を円滑に実施するよう管理することが重要である。これまでの農家は長年の勤と経験で経営の最適化を行ってきたといえよう。しかし、後継者不足による智恵の継承が途絶え、また、国際競争に耐えうる農家育成と新たな経営形態が導入される今、科学的手法で分析と意思決定を行うORは地域農業発展のために必要な学問といえよう。