

# 北海道の大規模機械化農業のためのソフトウェアの開発

堀 武司, 全 慶樹, 近藤 正一, 奥田 篤, 佐藤 彰宏\*

## Development of a Planning Support Software for Large-scale Mechanized Agriculture in Hokkaido

Takeshi HORI, Keiki ZEN, Shouichi KONDO,  
Atsushi OKUDA, Akihiro SATO\*

### 抄 録

北海道の農業は、離農者の農地引継ぎや農業生産法人化などにより大規模化が進行しており、これらの特性を生かした営農効率化が求められている。道内の営農指導では「機械化作業体系計画図」などの手法を用いて農業機械の導入・利用を計画的に行うことが推奨されてきたが、計画設計作業の複雑さなどから農業現場で実際に活用されている例は少ない。そこで本研究では、入力された各種営農データをもとに機械化作業体系計画図を作成するITシステムの試作を行った。実際の道内農業法人のデータを用い、試作システムの評価を行った結果、専門家が作成したものとおおむね同等水準の作業計画を、簡便かつ迅速に作成できることを確認した。

キーワード：営農支援システム、機械化作業体系計画、クラウドサービス

### 1. はじめに

北海道においても農業従事者の高齢化と後継者不足による離農が進んでおり、それらの農地の引継ぎにより一戸あたり営農規模が大規模化する傾向にある。今後も地域の農業を維持・発展させていくためには、更なる大規模化に対応できる営農の効率化が不可欠である。

また、近年の傾向として、経営管理能力の向上と営農効率化を目指し、複数戸の個人農家の合併により農業生産法人を設立する動きが加速している。平成27年の時点では、道内全体で約3,000の法人が存在し、毎年100社程度の法人が新規設立されている。これら農業生産法人に対しては地域農業の中核的な担い手として期待が高まっているが、そのためには組織化された大規模経営の長所を営農効率化につなげるための具体的方策が必要である。

北海道の大規模畑作では、高価格な大型トラクタや各種農作業機械を多数用いる機械作業が農作業の中心である。生産コストにおいても農機具費は全体コストの約二割を占め、労働費（機械オペレータのコストを含む）を合わせると4割弱となる（図1）。そのため、適正な農業機械の導入、運用が営農効率化における重要な課題の一つである。

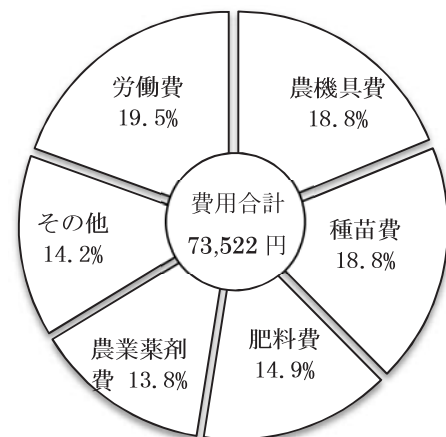


図1 原料用ばれいしょ生産費の主要費目(10aあたり)

北海道内の営農指導では、農業機械の作業能率や負担可能面積などのデータにもとづき系統的に作業計画を設計し、営農規模に対して過不足のない適正な農業機械の導入・運用計画を立てることを推奨してきた<sup>2)</sup>。また、具体的な計画設計法として、機械化作業体系計画図と呼ばれる図表を用いた手法が指導で用いられてきた<sup>2,3,4)</sup>。

しかし、これらの手法を用いた農作業計画設計は非常に煩雑な作業となることから、実際の農作業の現場では十分に活用が進んでおらず、熟練した農作業管理者の知見に依存する形での作業管理が行われているのが実状である。

そこで本研究では、大規模畑作における農業機械の効率的な導入・運用を支援するため、機械化作業体系計画図にもと

\* 株式会社コア, CORE Corporation

事業名：経常研究

課題名：大規模営農を支援する農業情報提供システムに関する研究

づく農作業計画設計を省力化、自動化するためのITシステムの開発を行った。

## 2. 機械化作業体系計画図による作業計画設計

機械化作業体系計画図とは、輪作により並行して行われる複数作物の作業に関して、各作業の実施時期、及び作業に対するトラクタ、作業機、人員の割当てを表形式でとりまとめたものである(図2)。機械化作業体系計画図を用いることで、①作業の競合と回避方法の検討、②機械の年間使用時間の把握、③現行の作業体系の問題点や改善方策の検討、④新規導入する作物・機械による作業体系変更の効果検討、などの分析が可能となる。

また、機械化作業体系計画図は、個々のトラクタや人員に関する作業スケジュールそのものでもあり、日々の農作業の管理においても活用できる。

項目	月日(日単位で設定)					
	5月	6月	7月	10月		
栽培区分	(例)秋まき小麦(20ha)	追肥				
	馬鈴しょ(20ha)					
	牧草(5ha)		刈草			
	飼料用とうもろこし(15ha)					
基幹機械	1号トラクタ(PS)	作業機名 ブロードキャスト	実作業日数 7	1日作業時間 5.2	~	
	2号トラクタ(PS)	作業機名				
		実作業日数				
	自走式機械(コンバイン、フォレージハーベスタなどの大型機械)	作業機名				
		実作業日数	20	1日作業時間 5.2		
	補助臨時機械	作業名・機械名(台数)	小型動力機械(スノーモービル、たまねぎ移植機など)			
		1日能率×日数×人数	トラクタ・運搬車輛など			
	手作業	作業名および使用器具名	機械を用いない人力作業(種草取りなど)			
		1日作業時間				
	補助	補助(作業者数を示す)				

図2 機械化作業体系計画図の例

機械化作業体系計画図の作成手順は、道農政部「農業機械導入計画策定の手引き」<sup>3)</sup>などで詳細に説明されているが、おもに考慮が必要となるのは以下の事項である。

### 1) 並行作業間の作業競合

4品目以上の作物で輪作を行うことが前提となるため、複数作物に関する作業が同時期に並行して行われる。その際、これらの作業間で、利用するトラクタ、作業機械、人員等の重複が発生しないようにスケジュールしなければならない。

また、可能であれば、各作業のスケジュールをずらすなどして作業の重複を避け、必要なトラクタ台数を削減し機械の利用効率改善を考慮することも求められる。

### 2) 作業適期

それぞれの農作業には、作物別、作業内容別に実施すべき期間(作業適期)がある。作業適期を逸脱した場合は作物の収量や品質に対する悪影響があるため、具体的な作業期間を定める際には、それぞれの作業適期の範囲内となるように配慮しなければならない。

道内で栽培される主要作物に関しては、「北海道農業生産技術体系」<sup>5)</sup>の中で、標準的な作業体系と作業適期の情報が提供されているが、地域ごとの気象条件などに応じて変更が必要である。

### 3) 作業所要日数の見積り

各作業の所要日数は、機械の作業能率などのデータから、図3に示す計算手順によって見積もられる<sup>3)</sup>。

負担面積とは、当該トラクタ・作業機が所定日数作業した場合に作業可能な面積である。作業期間を適期全体とした場合の負担面積は現在の機械装備で耕作可能な最大面積を表しており、実際の作付面積がこれに近い場合は機械が無駄なく活用された状態といえる。

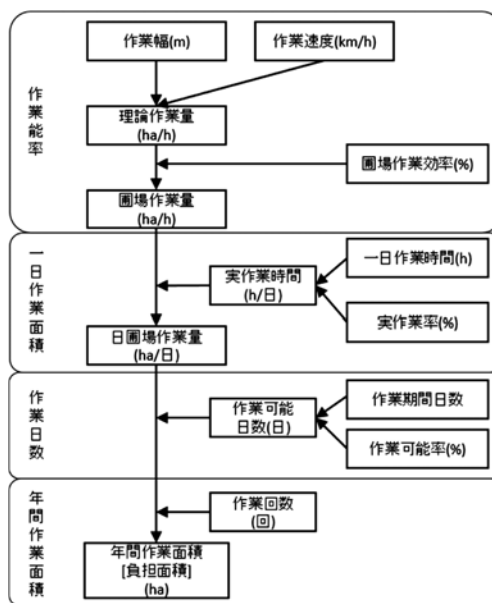


図3 負担面積の計算手順

負担面積の計算には、機械の作業能率(作業速度、圃場作業効率など)、一日あたりの作業可能時間、作業可能日数などのデータが用いられる。作業速度や圃場作業効率などの値は、各農業者の実態に合わせたデータを用いるのが望ましいが、詳細なデータが得られない場合は、標準作業能率表<sup>6)</sup>の値を用いることができる。

### 3. 農作業計画設計支援システムの設計と実装

2章で説明した考え方と計算手順にもとづき、保有する機械装備の能力などのデータにもとづく農作業計画を系統的に設計することができる。しかし、一連の計画設計作業は非常に煩雑であり、手作業若しくは一般の表計算ソフトなどを用いて作業した場合には、熟練者であっても準備作業を含めて数時間以上を要する。新規機械導入に伴う改善効果の検討などを行う場合には、計画設計の前提条件を変更しながら複数の作業計画を作成することになり、更に作業時間を要する。

そこで、計画設計作業の煩雑さを解決し、農業現場における作業改善、経営改善ツールとしての機械化作業体系計画図の活用を促進するため、一連の設計作業を省力化、自動化するためのITシステムの設計・開発を行った。

#### 3.1 既往の営農管理システムの調査

農業分野におけるIT技術活用は近年急速に進んでおり、様々な営農管理システムが既に製品化されている。本研究では、システム開発に先立ち、既往の営農管理システム製品が備える機能の調査を行った（表1）。

表1 主要な営農管理ITシステム製品

製品名	開発元	主な機能
Akisai	富士通	生産履歴管理、販売管理など
GeoMationFarm	日立	GIS上の情報管理
KSAS	クボタ	トラクタ作業記録の管理
apras	農研機構	農作業日誌の記録・管理
PMS	農研機構	農作業計画の設計（水稲中心）

Akisai<sup>7)</sup>、GeoMation Farm<sup>8)</sup>など大手ITベンダが開発する大規模・多機能製品、KSAS<sup>9)</sup>などのトラクタの行動把握機能を中心とする製品、APRAS<sup>10)</sup>などに代表される小規模なクラウドサービス型製品など、多様な規模と価格帯の製品が提供されているが、これらのシステムのほとんどは生産履歴の記録管理機能を中心として構築されている。一方で、農作業計画については、システム上での計画入力・管理機能、計画入力時の補助機能として前年度作業実績を参照できる機能などは多くの製品が備えているが、機械化作業体系計画図のような系統的な計画設計作業を支援する機能は、調査時点ではどの製品にも存在しなかった。

作業計画・管理支援システム（PMS）<sup>11,12)</sup>は、数理最適化技術を用いて農作業計画の最適設計を行う機能を備えており、著者らが想定するシステムに近い。しかし、PMSは水稲中心の作業への適用を想定しており計画最適化の観点もそれに沿ったものであるため、北海道の大規模畑作における複雑な並行作業における機械利用の効率化に関しては十分な機能を有していない。

これらの調査結果から、本研究では、北海道の大規模畑作における機械利用を中心とした作業計画設計に特化した独自のシステム開発を行うこととした。

#### 3.2 システムの要求分析と基本設計

想定されるシステム利用形態を「農業生産法人において経営者や作業管理者がおもに利用し、法人の年間作業計画設計や、機械装備の効率化検討のために用いられる」と設定し、これに沿ってシステム要求分析及び基本設計を行った。

作成したシステム機能仕様のおもな項目を表2に示す。設計に際しては、一般的な営農管理に関する各種データ（圃場情報、作付計画など）を取り扱う部分と、作業計画設計に直接関係する部分を明確に区別し、分離可能とするように留意した。これによって、既に導入されている他の営農管理システムと本システムとの相互連携やデータ共有が容易になることが期待される。また、本システムの機能を実作業計画設計のみに限定し、データ管理機能などは外部の営農管理システムに委ねる形態でのシステム実装も考えられる。

表2 システム機能仕様の概要

分類	機能
標準データ管理	標準作業体系管理 標準作業能率表
農場データ管理	ユーザ登録・管理 圃場登録・管理 トラクタ・作業機登録・管理
作業計画設計	作業員登録・管理 計画設計条件入力 計画作成（自動スケジュール） 計画図表示・編集

機械化作業体系計画図の作成方法、機械の負担面積計算などの機能は、「農業機械導入計画策定の手引き」<sup>3)</sup>の記述に従っているが、作業期間の見積り、作業へのトラクタ、人員の割当てなどの設計作業は、各種制約条件を考慮しコンピュータが自動計算する設計とした。

#### 3.3 システムの実装

基本設計にもとづき、実際に動作するシステムの試作を行った（図4）。試作システムの実装形態は、ネットワークサーバ上で動作しユーザはWebブラウザ経由で操作を行う、Webアプリケーションとした。また、試作システムの実装はJava言語で行い、表3に示すフレームワーク、ライブラリ、データベースサーバ等を利用した。



図4 試作システム（主メニュー画面）

表3 システム実装に使用した主なソフトウェア

種別	名称
データベースサーバ	PostgreSQL 9.4
アプリケーションフレームワーク	Apache Spring 4.3
O/R マッピング, 永続化	MyBatis
ガントチャート描画	jqgantt

#### 4. システムの評価

試作システムの機能及びシステムが生成する作業計画の妥当性を検証するため、道東地区の農業生産法人2社における実際の営農データを用いて作業計画設計の試行と評価を行った。

また、システムの発展的な活用方法を検討するため、農作業実績データの反映による作業計画の高精度化、農作業シーズン中におけるリスケジュールへの応用についても試験を行った。

##### 4.1 対象の農業生産法人

道東地区の農業生産法人2社（以下、法人A社、法人B社とする）の協力により、平成27、28年の2カ年にわたって、機械化作業体系計画図の作成に必要な営農データの提供を受けた。

両法人に関する基本的な営農情報を表4に示す。どちらの法人も200ha程度の圃場を保有しており、畑作4品目（ばれいしょ、小麦、てんさい、大豆）を中心とする輪作を行っている。法人A社はトラクター保有台数がやや多いが、これは法人設立からの経過年数が比較的短く、設立時に持ち寄られた機材の整理が進んでいないためである。

表4 農業生産法人2社の基本情報

	法人A社	法人B社
圃場面積 (ha)	230	200
保有トラクター (台)	21	14
うち 100馬力以上	6	7
主要な栽培作物	畑作4品+金時	畑作4品+たまねぎ

##### 4.2 GPSを用いた農作業実績の調査

作業計画設計の試行と並行して、法人が実際に行った農作業の実績を把握するため、トラクタ搭載GPSを用いた作業実績調査を実施した。

2法人が保有する主要トラクタ全てに対してGPSロガーを搭載し、2カ年分のトラクタ走行軌跡情報（5秒間隔）を網羅的に収集した。これらのトラクタ走行軌跡と圃場区画形状情報をGISシステム上で処理することで、圃場一筆ごと、トラクター一台ごとの詳細な作業実績情報（作業開始・終了日時、使用トラクタ、作業の種別など）を得ることができた。

##### 4.3 機械作業計画の作成機能の評価

法人から提供された保有トラクタ・作業機械、作付計画などのデータを試作システム上に登録し、自動スケジュール機能を用いて機械化作業体系計画図の生成を行った（図5）。また、それらと同じデータを用いて、農作業計画設計の専門家（農業試験場研究員）が、従来方法にもとづき手作業による作業計画設計を行った（図6）。これら二つの作業計画、及びGPS走行軌跡から得られた作業実績データを比較することで、試作システムが生成した作業計画の評価を行った。

作業計画として満たすべき基本的な制約条件（トラクタ割当の重複、作業適期内でのスケジュール、各作業における所要作業日数の見積り）について、作業計画として妥当な内容となっていることを確認した。手作業による作業計画と比較すると、作業に対する具体的なトラクタの割当てなどは当然異なっているが、基本的な部分についてはおおむね同等な内容であった。



図5 システムが自動生成した作業計画（一部）

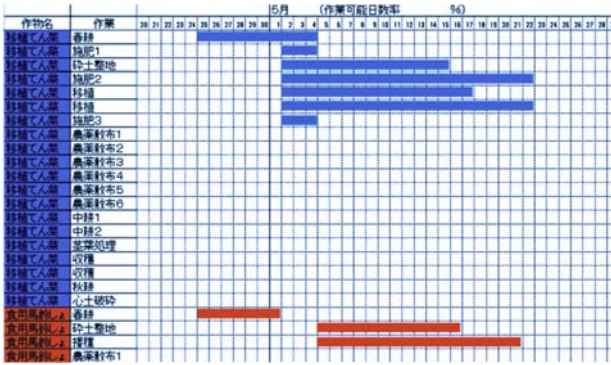


図6 専門家が作成した作業計画（一部）

#### 4.4 計画設計の所要時間

試作システムの自動スケジューラを用いた計画設計の所要時間は、1回につき約2～3秒程度であり、手作業による計画設計では数時間以上を要していたことと比較して、大幅な速度向上が達成された。これにより、前提条件を変化させながら複数の作業計画を作成して比較するなど、経営シミュレーション的な活用方法も現実的なものとなった。

なお、上記の所要時間には、計画設計に必要な各種データの入力作業は含まれていない。しかし、実際のシステム利用場面では、保有する圃場やトラクタなどの情報に関しては、前年度のデータを再利用する、若しくは他の営農管理システムのデータを利用することが可能であり、データ入力作業の手間は大きな障害にはならないと考えられる。

#### 4.5 実際の農作業実績との比較

法人が実際に行った農作業実績と生成された作業計画とを比較すると、いくつかの点で差異が見られた。

法人A社が平成28年度の作業で使用したトラクタ総台数は13台であったが、試作システムでは自動スケジューラによってトラクタ割当てが最適化された結果、同じ作業をトラクタ8台で実施する計画を生成した。これによって、現在の機械装備保有量が過剰であることが示されたが、実際の作業実績と比較すると、作業機交換回数の増加や特定トラクタへの負荷の偏りが見られる（図7）ため、この計画の通り8台まで削減することが現実的かどうかについては検討が必要である。

より現場の実情に近い計画設計を実現するには、トラクタや作業機の選択の際に、現場の作業管理者がどのような条件を考慮して意思決定しているのか、更に調査と分析を行い、計画設計の理論に表れない暗黙の要求事項をシステム仕様で反映させる必要がある。

また、各作業の実施時期や作業期間に関しても、計画と実績の間でのずれが見られた。これは、気象条件等に応じた計画の見直しが行われていないこと、標準作業能率表にもとづく作業効率が実際の作業効率と一致していないこと、がおもな要因と思われる。これらについては、次節以降で述べる、

農作業期間中のリスケジュール、実績値ベースの作業能率の利用などにより解決できるものとする。

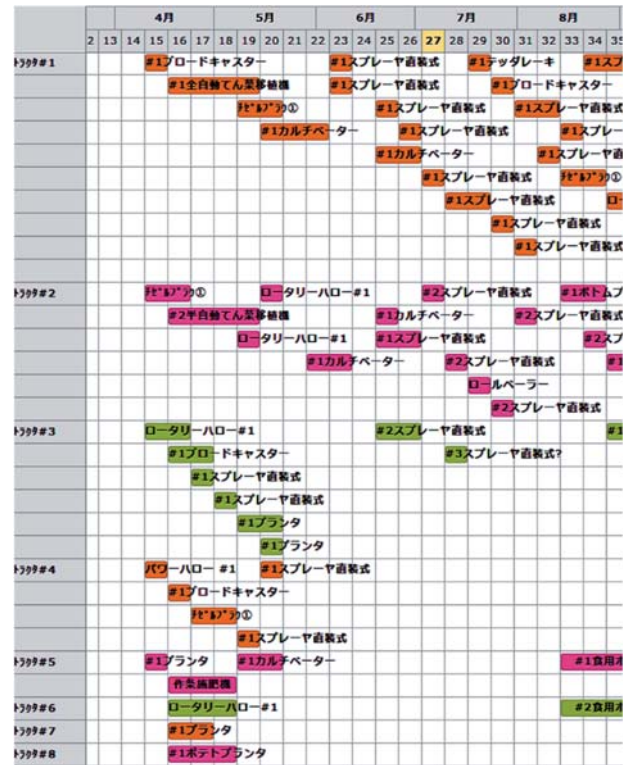


図7 法人Aの作業計画におけるトラクタ利用状況

#### 4.6 農作業実績から導出された作業能率の利用

作業所要日数計算に必要な作業速度、作業能率等は、通常は標準作業能率表の値が用いられるが、実際の作業能率は圃場の条件やオペレータの熟練度などにより大きく異なる場合があり、作業計画の精度に影響を与える可能性がある。

法人A社のGPS走行軌跡データを用いて作業速度を求めたところ、一部では標準作業能率表の値と比べて3倍以上のずれが見られた（表5）。

表5 法人Aにおける実測値ベースの作業速度

作業機械	作業速度 (km/h)	
	標準作業能率表	法人A実績値
ボトムブラウ	6.0	14.0
チゼルブラウ	5.0	3.5
カルチベーター	4.5	5.0
サブソイラ	3.0	15.0
全自動てんさい移植機	4.0	3.1
グレンドリル	6.0	2.0
ビートハーベスタ	5.5	2.8
作条施肥機	5.0	5.5

試作システムには予め標準作業能率表にもとづくデータが登録されているが、農場固有の作業能率データがある場合は

それを用いて計算することも可能である。表5の実績値データを用いて作業計画を再生成したところ、てんさいの移植、施肥、ビートの収穫などいくつかの作業に関して作業所要日数が増加した結果が得られた(図8)。また、計画全体においても、年間のトラクタ利用台数が当初の8台から9台に増

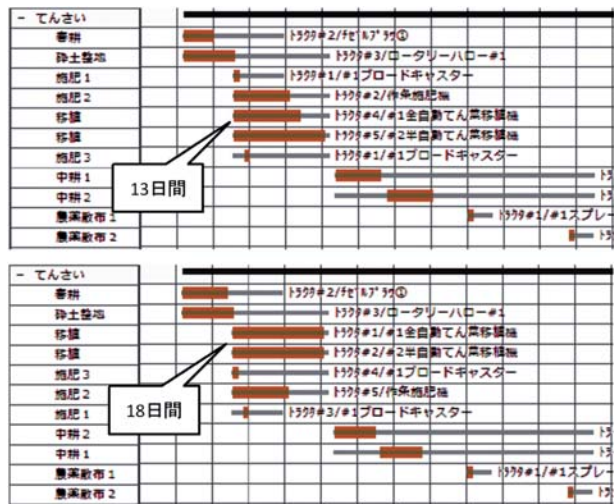


図8 実績値に基づく作業能率を用いた場合の変化  
(上:標準値, 下:実績値)

4.7 農作業期間中のリスケジュールへの適用

実際の農作業では、気象条件、作物の生育状況、機械の故障など様々な要因により当初作業計画からのずれが生じるため、実際の作業進捗に合わせて計画を適宜見直す必要が生じる。そこで、農作業期間中のリスケジュール作業への適用を想定したシステム評価を行った。

平成28年8月の台風の影響により、法人A社、B社の地域では8月15日から約10日間、圃場作業が実施できない期間が発生した。今回はこの状況を想定し、作業中断後のリスケジュールの試験を行った。

8月15日時点での作業実績にもとづき、そこから10日間の作業禁止期間を設定し、8月25日以降の残作業に関して作業計画を設計した(図9)。自動スケジューリング機能を活用することで、任意の時期と条件からの計画設計を簡便かつ柔軟に実施できることが確認できた。

将来的に、他の営農管理システムやGPS走行軌跡解析との連携により日々の作業進捗が実時間で把握できる環境が整えば、天候による作業中断時の影響評価、作業再開後の立て直し計画作成などに活用できると期待される。

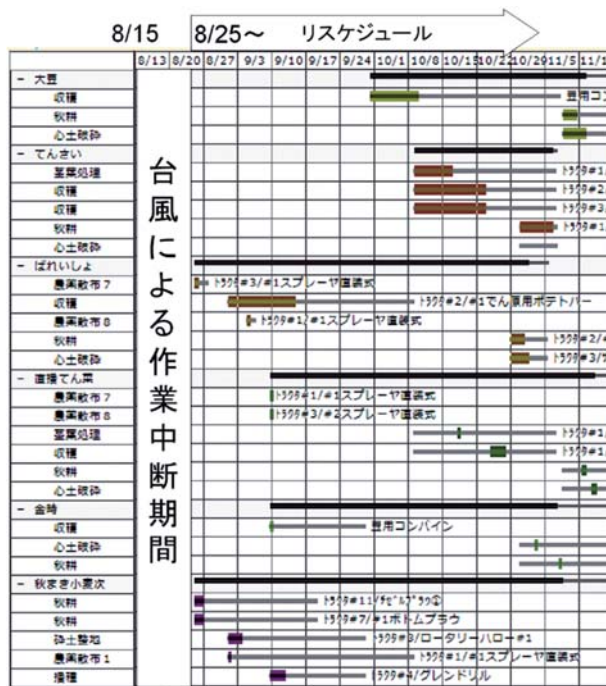


図9 農作業期間中のリスケジュールへの適用例

5. まとめ

道内の営農指導で用いられてきた農作業計画設計手法にもとづき、与えられた営農データから機械化作業体系計画図を自動的に生成するWebアプリケーションシステムの試作を行った。道内農業生産法人2社の営農データを用いて作業計画設計を試行した結果、従来の手法とおおむね同等水準の作業計画を、試作システムが備える自動スケジュール機能を用いて迅速かつ簡便に作成できた。また、作業能率実績値を用いた作業計画の精度向上、農作業シーズン途中でのリスケジュールへの適用が可能であることを確認した。

今後は、農業法人等の現場での評価試験を更に進めながら、生成される作業計画の品質向上、システム全体のユーザーインターフェース改善を図り、システムの製品化を目指す予定である。また、現在研究中であるトラクタGPS走行軌跡の分析技術を統合し、作業の進捗状況や作業能率実績値を自動的に反映可能とすることも検討している。

引用文献

- 1) 農林水産省大臣官房統計部：平成27年度原料用ばれいしょ生産費、農業経営統計調査、(2016)
- 2) 渡辺隆：農業機械化計画立案に関する考察、北海道立農業試験場研究報告、第14号、pp.4-77、(1966)
- 3) 北海道農政部：農業機械導入計画策定の手引き、(2014)
- 4) 白旗雅樹：機械化体系見直しと組立ての実際、ニューカントリー夏期増刊号、北海道農業協同組合通信社、

(2008)

- 5) 北海道農政部編：北海道農業生産技術体系 第4版，公益社団法人北海道農業改良普及協会，(2013)
- 6) 北海道農政部編：農業機械の代表的なほ場作業能率等一覧，(2014)
- 7) 富士通：食・農クラウド Akisai (秋彩)，  
<http://jp.fujitsu.com/solutions/cloud/agri/>
- 8) 西口 修：農業情報管理システム「GeoMation Farm」，農業食料工学会誌，76巻4号，pp.289-294，(2014)
- 9) 宮地克嘉・長網宏尚・京田成博：営農支援システム「クボタスマートアグリシステム (KSAS) の開発」，農業食料工学会誌，76巻4号，pp.284-288，(2014)
- 10) 伊藤淳士・遠藤智章・平藤雅之：クラウドサービス型農産物生産工程管理システム「apras」の開発，農業情報研究，23巻4号，pp.154-164，(2014)
- 11) 吉田智一・高橋英博・寺元郁博：圃場地図ベース作業計画管理ソフトの開発，農業情報研究，18巻1号，pp.41-51，(2009)
- 12) 作業計画・管理支援システム PMS，  
<http://www.aginfo.jp/PMS/>