

大規模施設向け生産管理支援システムの概要とその利用

―施設園芸におけるデータ駆動型農業の実践―

大阪府立大学人間社会システム科学研究科

大山 克己

1. はじめに

近年、施設園芸において、取得したデータにもとづいた農業生産活動の実践と改善、いわゆるデータ駆動型農業の必要性が叫ばれている。これまで、施設園芸では、環境、生育、作業などにかかわるデータが取得されてきたものの、取得したデータの活用には至っていない場合があった。しかし、データを活用することによって生産性を高められることが、中小規模の施設園芸だけではなく、次世代施設園芸拠点のような大規模な施設園芸においても、様々な生産者において示されつつある。

これまでに、施設園芸における環境データや作業データを取得するためのシステムは、いくつも開発されてきた。ただし、生産工程の中の一部に着目したシステム開発がほとんどであり、生産工程全体を見渡して包括的にデータ取得を目指した例は限られている。そこで、筆者らは、大規模施設園芸向け生産管理支援システム（Agricultural Management Assistant Program、以下、AMAP）の開発を目指した。また、AMAPの利用により、生産工程全体を見渡して包括的にデータを取得および解析することで、生産活動の適正化を達成することを目指した。

本稿では、スマート農業技術の実証・開発プロジェクト（施 H07）において（株）タカヒコアグロビジネス「愛彩ファーム九重」に導入した AMAP を取り上げる。まず AMAP の主要な構成と概要を紹介した後、大規模施設におけるデータ取得への活用事例を示す。なお、3. 生産管理支援システムでのデータ取得および活用事例で取り上げた AMAP の機能は、あくまで AMAP 全体の一部分であることを記しておく。

2. 生産管理支援システムの概要

2.1 生産管理支援システムの特徴

今回開発した AMAP は、クラウド上で動作し、遠隔地からでも農場の管理が可能であり、また、関係者（社員などの管理者）間での情報共有が可能であるという特徴がある。それとともに、GAP 認証の取得および維持がスムーズに実施できるような機能を盛り込んでいるという特徴がある。

AMAP は、計画の立案、実施および実績登録を中心としたシステムである（図 1）。なお、農業分野では、大計画、中計画を立てていたとしても、天候などの外的要因により小計画を変更せざるを得ない場合が生じやすい。そのような変更が生じた場合でも、AMAP では、柔軟に対応できる仕様になっている。たとえば、半年から1年間の長期計画（大計画）、ま

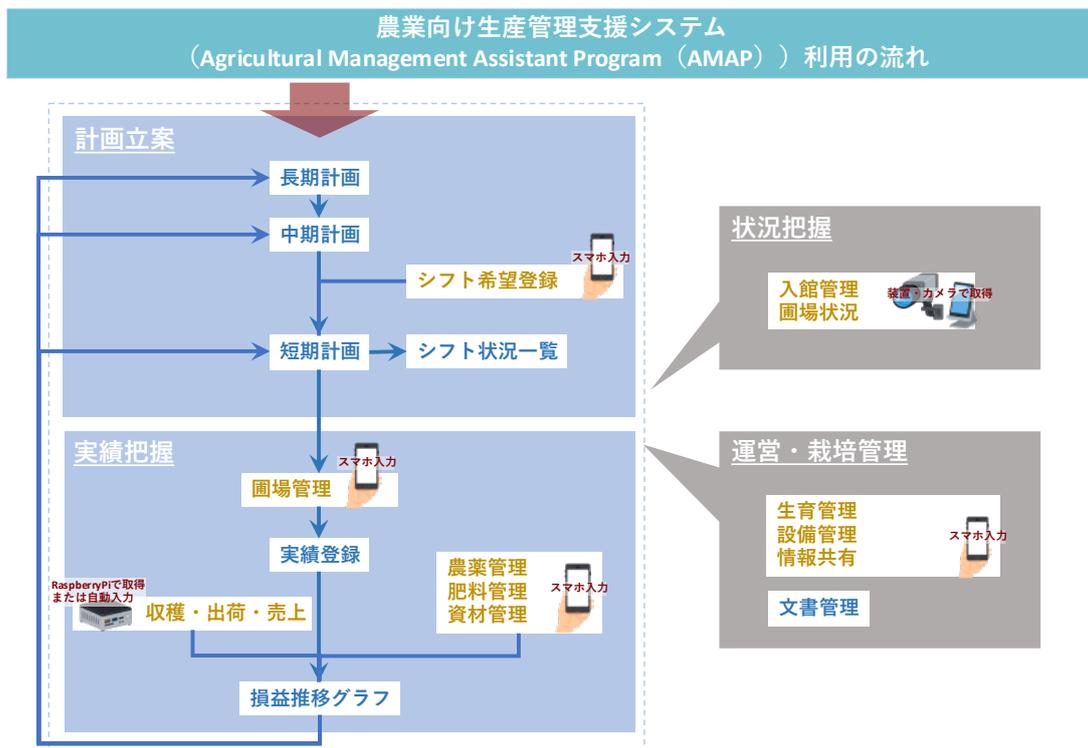


図1 生産管理支援システム (AMAP) の主な構成と利用の流れ

たは、1か月程度の中期計画（中計画）で立案していない計画でも、数日から1週間の短期計画（小計画）で新たに追加することが可能である。逆に、長期計画、または、中期計画で立案している計画を、短期計画では採用しないこともできる。

他方、AMAPでは、農場における計画が滞りなく実施できるよう、様々な付加機能を用意している（図1）。たとえば、遠隔地からでも農場の様子を見ることのできる圃場状況把握機能、作業の進捗を把握できる圃場管理機能、農場の作物の生育を把握するとともに解析するための生育管理機能、農薬、肥料および資材を管理するための農薬、肥料および資材管理機能、設備点検のための設備管理機能および苦情や事故などの記録を残すための情報共有機能を用意した。なお、利用者の希望に応じて、それぞれの機能は取捨選択することができるようになっている。

2.2 生産管理支援システムの概要

AMAPは、大別して計画立案機能、現場管理機能、販売管理機能、通知設定機能および基本情報機能のそれぞれの機能により構成される（図1）。計画立案機能は、計画立案や実績登録に関する機能であり、長期計画機能、中期計画機能、短期計画機能、シフト状況一覧機能、シフト希望登録機能および実績登録機能により構成される。現場管理機能は、計画を

農業向け生産管理支援システム
 (Agricultural Management Assistant Program (AMAP)) とデータ入力ハードウェアとの連携

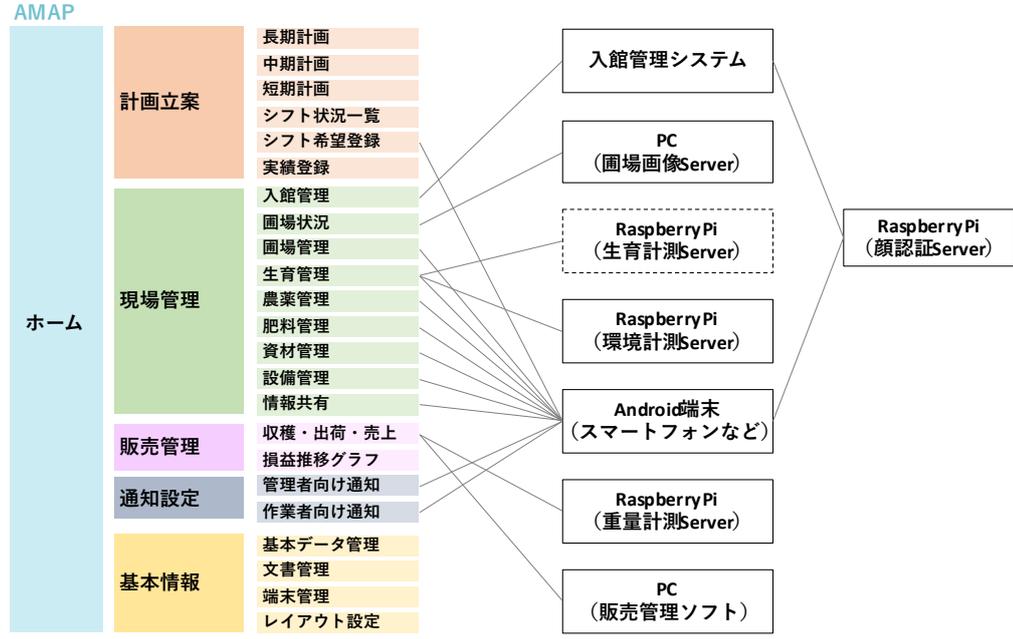


図2 生産管理支援システム (AMAP) の構成する機能

円滑に遂行する上で必要な機能であり、入館管理機能、圃場状況機能 (ライブカメラ)、圃場管理機能、生育管理機能、農薬管理機能、肥料管理機能、資材管理機能、設備管理機能および情報共有機能により構成される。販売管理機能は、日々の損益を把握するために必要とされる機能であり、収穫、出荷および売上管理機能と損益推移グラフ機能により構成される。通知設定機能は、管理者および作業員に向けて、計画を遂行する上で必要な情報を通知するための機能であり、管理者向け通知設定機能と作業員向け通知設定機能とにより構成される。基本情報機能は、農場および AMAP を運用するために必要な情報を保管する機能であり、基本データ管理機能、文書管理機能、端末管理機能およびレイアウト設定機能により構成される。

AMAP では、それぞれの機能において直接データを入力する場合と、各種デバイス (スマートフォンやタブレット、小型シングルボードコンピュータ) を利用してデータ入力を支援する場合がある。シフト希望登録機能および圃場管理機能では、作業員がスマートフォンやタブレットを利用して、データを入力する。生育管理機能、農薬管理機能、肥料管理機能、資材管理機能、設備管理機能および情報共有機能では、管理者が PC だけではなくスマートフォンやタブレットを利用して、データを入力できるようになっている。他方、環境計測機能および収穫物計測機能などでは、小型シングルボードコンピュータ (Raspberry Pi) を利用して AMAP にデータを取り込む。また、Raspberry Pi は、スマートフォンやタブレットのアプリケーション使用時において、顔認証する際にも用いられる。

3. 生産管理支援システムでのデータ取得および活用事例

3.1 入館管理機能

入館管理機能は、入館者の顔の撮影と体温を計測する装置を利用して、入館者の情報を収集する機能である。あらかじめ従業員を小型シングルボードコンピュータ (Raspberry Pi) 上で構築した顔認証サーバに登録し、入館と体温計測を実施する(図3)。サーバに登録されていない人(たとえば、外来者)が来た場合には、ゲストとして認識し、体温計測を実施する。ここで、体温が設定値以上(たとえば、37.5°C以上)であった場合、AMAP上(ホーム画面)に警告が表示される。警告が出た場合、入館の拒否などの対応を実施し、健康上問題のある入館希望者の農場内へのアクセスを制限する。これまでも、農場への入館者の記録は、GAPにおいて求められてきていた。さらに、最近の感染症対策の上でも、農場への入館者の記録は必須になると考えられる。



図3 生産管理支援システム (AMAP) の入館管理機能で利用される顔認証・体温検知装置。

3.2 圃場状況把握機能 (ライブカメラ)

圃場状況把握機能は、一般的な Web カメラを利用して、圃場の状況をライブストリーミングする機能である(図4)。ここでは、圃場の詳細な状況や従業員の行動を監視するのではなく、あくまで概況を把握することを目的とする。他方、圃場の状況を定点で経時的に撮影し、タイムラプス動画を得られるようにもしている。これにより、圃場の作物の生育経過を把握できるようにする。

圃場状況把握機能は、管理者が圃場の概況を遠隔地から視覚的にとらえるために用いている。現在、圃場内4カ所と選果場に設置したカメラを利用して、圃場の状況を把握している。なお、今回は5台の Web カメラを利用して試行しているが、台数制限によるわけではない。他方、現状では、Web カメラを圃場の状況を把握することのみに使用しているが、

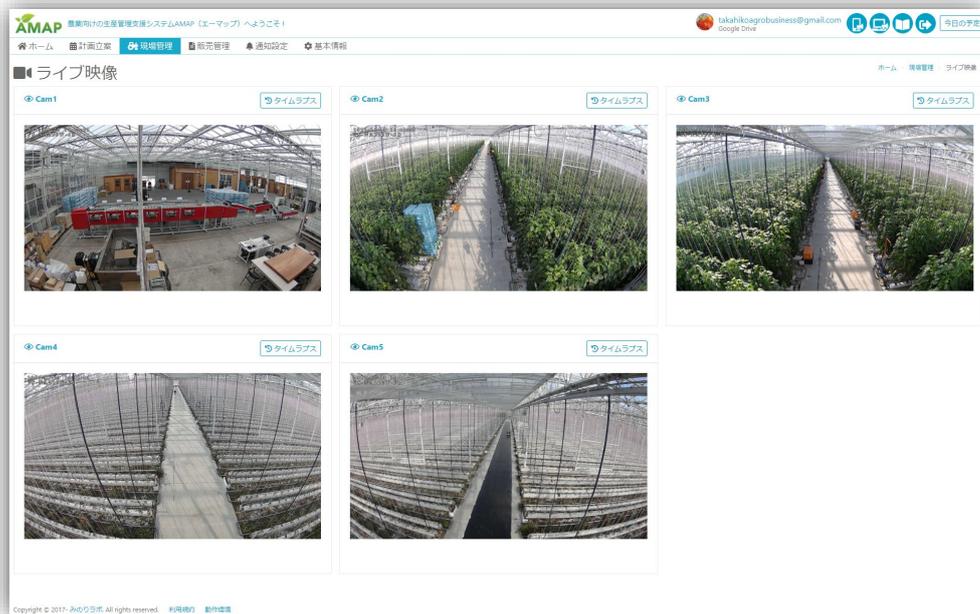


図4 生産管理支援システム（AMAP）でのライブカメラ画像取得状況。

将来的には、実需者や消費者に生育概況を伝えるための情報提供ツールとしての活用も視野に入れている。

3.3 圃場管理機能

圃場管理機能は、圃場で従業員が作業した場所を把握するための機能である。従業員の所持するスマートフォンに表示された開始・終了ボタンを押した後、そのスマートフォンで圃場内の QR コードを読み取ることにより、圃場の地図上に作業終了個所を描画することができる（図5）。また、作業者がスマートフォンで写真を撮影し、位置情報と紐づけて AMAP に登録することで、圃場内での異常（たとえば、病害虫、機器の故障）が発生した個所を管理者に伝達できる。これにより、管理者は、圃場で見まわりをしなくても作業進捗や異常を把握できるようになる。

まず、作業に先立ち、圃場で作業を実施する従業員がスマートフォンからアプリケーションを立ち上げ、自身の名前でログインする。このログイン時、作業者の顔を認証、または、リストから作業者名を選択する。つづいて、スマートフォンに表示された開始・終了ボタンを押した後、そのスマートフォンで圃場内の QR コードを読み取ることにより、作業実施場所と作業速度を把握できるようにする。ここで、AMAP では、その日の計画が立案されているので、作業者名と作業名が紐づいている。そのために、スマートフォンの画面上で作業名の入力は必要ない。スマートフォンの画面は、非常にシンプルであり、開始・終了ボタン、

作業切替ボタンおよび休憩ボタンの3つのみにより構成される（図6）。

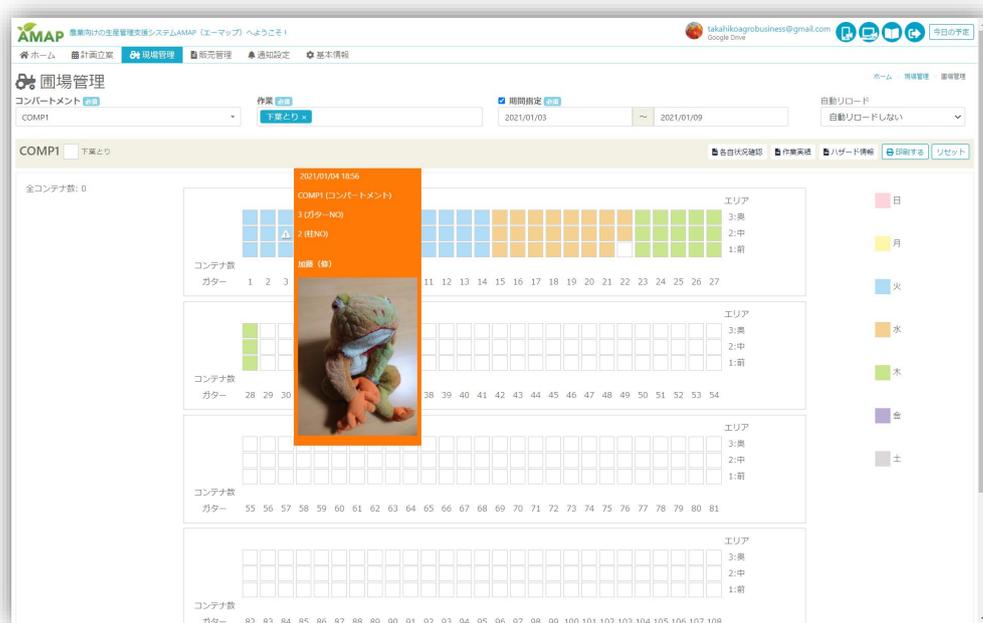


図5 生産管理支援システム（AMAP）の圃場管理機能。圃場での進捗とともに、異常（たとえば、病害虫の発生）の報告を受けられる。

他方、作業中に圃場内での異常を発見した場合には、管理者に通知することができる。この通知では、写真を添付することができる。写真のみでは詳細な異常は伝達できないが、大まかな場所と状況を伝達はできる。これにもとづいて管理者が見まわりをした場合、何も手掛かりなしに見まわりをするよりも、適切な対処を迅速に講じられると期待される。

3.4 生育管理機能

生育管理機能では、取得した生育データとともに、作物の生育に影響をおよぼす環境データ（たとえば、日射、気温、湿度、CO₂濃度）を表示する（図7）。この機能では、基本的なグラフとして、データの時間的な推移を把握するための時系列グラフと、生育データと環境データとの関係性をみるための散布グラフとを用意している。これらを利用して解析をすることで、適切な環境調節のための知見が得られると考えられる。従来、環境データの取得、生育データの取得のいずれか一方、または、双方が実施されてきたが、解析、さらには生産条件の改善に結び付けられる例は限られていた。AMAPでは、簡単な解析を実施できる機能を有しているため、これまでよりも生産条件の改善が実施しやすくなると期待される。

3.5 農薬管理機能



図6 生産管理支援システム（AMAP）の現場管理用スマホアプリ。（左）ホーム画面、（右）作業開始時に使用する画面。

農薬管理機能は、農薬の入庫量、使用量および在庫量を管理する機能である。また、防除記録も管理できる。農薬の入庫時、スマートフォンまたはPCを利用して、入庫する農薬の種類、量および担当者を入力する（図8）。ここで、農薬は、（独）農林水産消費安全技術センター（FAMIC）の農薬登録情報提供システムに登録されている農薬を参照して、AMAPの基本データ管理機能に登録する。AMAPに登録した農薬のリストより、リストボックス内から使用する農薬の種類を選択できるようにしている。農薬の使用時には、使用する農薬の種類、量および担当者を入力する。他方、定期的（1か月に1回程度）に、農薬保管庫にある農薬の種類、量および担当者を入力し、農薬の適切な保管の上で必要な情報を記録する。農薬の入庫、使用、出庫とともに、防除記録も残すことができる。防除記録では、防除の対象作物名、防除対象となる病害虫、防除を実施する場所、担当者、開始および終了時刻、防除に用いた機器、防除時の天候、使用する農薬の種類を記録する。

農薬の管理は、作物の安全性を担保する上で、GAP認証の取得や維持のためだけではなく、実需者や消費者からも強く求められている。AMAPでは、防除記録とともに農薬の在庫量、使用量および在庫量を、スマートフォンなどを利用して簡単につけられることから、

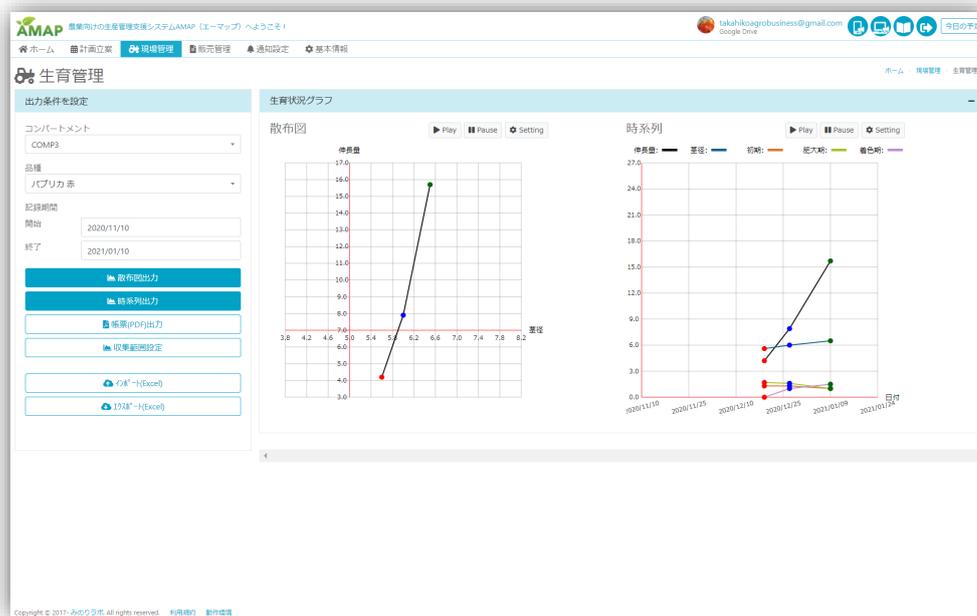


図7 生産管理支援システム（AMAP）の生育管理機能画面。

その適切な利用に結び付けることができる。この AMAP を利用した適切な農薬管理の実施と情報開示が、今後、作物生産の上での付加価値として認められるかもしれない。

3.6 肥料管理機能

肥料管理機能では、肥料の入庫量、使用量および在庫量を管理する。肥料の入庫時、スマートフォンまたは PC を利用して、入庫する肥料の種類、量および担当者を入力する。肥料の使用時には、同様に使用する肥料の種類、量および担当者を入力する。他方、定期的（1 か月に 1 回程度）に、肥料保管庫にある肥料の種類、量および担当者を入力し、肥料の適切な保管の上で必要な情報を記録する。

肥料の管理は、農薬の管理と同様に、GAP 認証の取得や維持のためだけではなく、実需者や消費者からも求められている。とくに、環境汚染の防止の観点から、その使用量の低減が強く望まれている。AMAP では、スマートフォンなどを利用して、肥料の入庫量、使用量および在庫量を簡単に記録できる。この AMAP を利用した肥料管理の実施により、使用量低減のための方策をまとめることは、今後、その要求を満たすことにつながると思う。

3.7 資材管理機能

資材管理機能では、生産に利用される資材（副資材を含む）の入庫量、使用量および在庫量を管理する。資材の入庫時、スマートフォンまたは PC を利用して、入庫する肥料の種類、量および担当者を入力する。資材の使用時には、同様に使用する資材の種類、量および担当

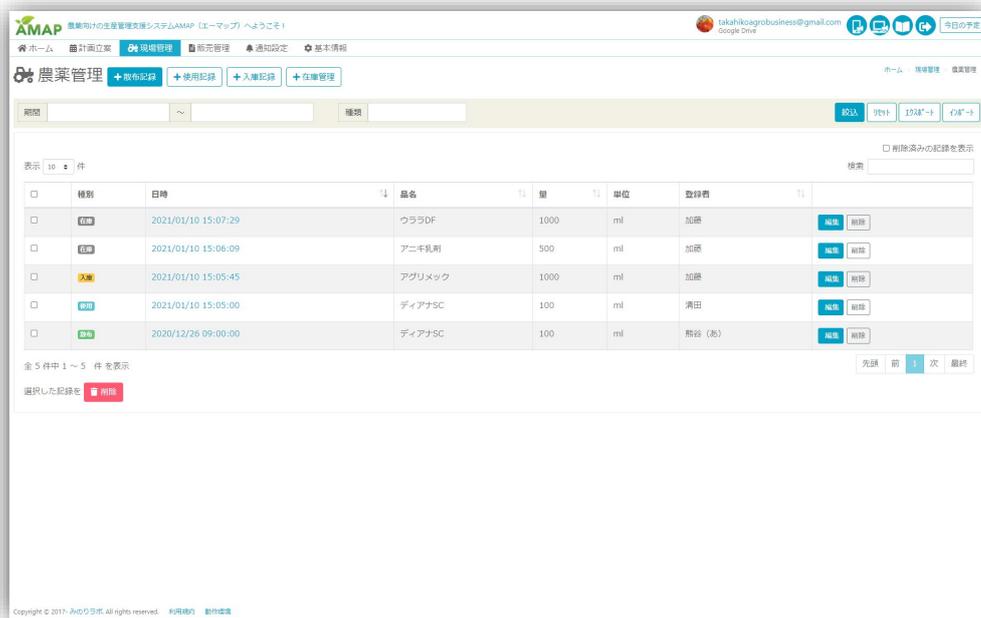


図 8 生産管理支援システム (AMAP) の農薬管理機能。農薬の散布記録、入庫記録、使用記録 (出庫記録) および在庫記録を管理する。なお、肥料および資材管理機能も同様の画面で、入庫記録、使用記録 (出庫記録) および在庫記録を管理する

者を入力する。他方、定期的 (1 か月に 1 回程度) に、資材保管庫にある資材の種類、量および担当者を入力し、資材の適切な保管の上で必要な情報を記録する。

資材の管理は、経営上、費用を低減するために必要である。また、資材の不足による生産活動の停滞を防ぐ上でも求められる。資材の管理のために、AMAP では、スマートフォンなどを利用して、肥料の入庫量、使用量および在庫量を簡単に記録できるようにしている。資材のリストを確認することで、不必要に多くの資材を発注してしまう、または、発注のタイミングが遅れ必要な資材が不足してしまう、といった問題の発生を回避できるようになる。なお、AMAP では、発注のタイミングについては、通知設定機能を利用することで、適切な時期に管理者へ通知できるようになっている。

3.8 設備管理機能

設備管理機能は、生産に利用する機器の点検を支援するための機能である。スマートフォンを利用して、設備ごとに添付された QR コードをスマートフォンで読み取ると、その設備で必要な点検項目表 (チェックリスト) がスマートフォンのアプリケーション上に表示される。この表示された点検項目表にもとづいて設備の点検を実施することで、故障や不具合といったトラブルの発生を未然に防ぐことを目指す。

一般に、大規模な施設では、複数の設備が利用され、作物生産が行われている。ここで、

重要な設備（たとえば、養液を送るためのポンプ、窓開閉のモータ）が故障した場合、最悪、すべての作物が枯死する結果を招く可能性がある。最悪の場合でなくとも、作物の生育が遅延し、ひいては収量の低下が発生してしまう可能性がある。このような設備の故障による作物生産への悪影響というリスクを低減するために、定期的な設備の点検は必須である。

3.9 情報共有機能

情報共有機能は、苦情、事故・インシデントおよび打ち合わせを記録し、管理者間でその情報を共有するための機能である。苦情を記録する機能では、苦情記録を登録した日時、内部および外部からの苦情の内容とその対応を記録する。事故・インシデントを記録する機能では、事故・インシデントの記録を登録した日時、種類、登録者名、場所、内容および対応を記録する。打ち合わせを記録する機能では、打ち合わせの種類（たとえば、定期的な打ち合わせ、教育訓練）、登録者名、内容、対応を記録する。

情報共有機能では、上記で実施した記録がリスト化されて表示される。ここで、リストは、特定の期間の記録のみ抽出することが可能である。また、項目ごとにソートすることが可能である。それゆえ、たとえば、ある期間内に発生した事故・インシデントを場所ごとに抽出し、その結果にもとづいて事故・インシデントの発生予防策を講じることが可能となる。また、苦情の多い顧客を抽出し、その顧客に対して苦情が発生しないような対応を実施することも可能になる。

4. 生産管理支援システムを利用したデータ取得とその効果

(株) タカヒコアグロビジネス「愛彩ファーム九重」では、GLOBALG.A.P.を取得していることもあり、比較的システムティックな農場の運営が実施されてきていた。ただし、計画の立案は属人的であり、また、様々な記録は紙ベースで実施されているという課題が存在していた。この課題を解消するために、大阪府立大学、(株) タカヒコアグロビジネスならびに(株) CHASQUIでAMAPを共同開発するとともに、「愛彩ファーム九重」に試験導入した。その結果、AMAP導入による管理作業にかかわる時間の60%程度の削減効果が得られると予想された(表1)。

5. データ駆動型農業推進上の課題

AMAPの一連の開発の中でいくつかの課題が生じた。以下では、開発体制、データ連携、ネットワーク、GAP認証およびデータ入力装置に関して論じてみたい。

5.1 開発体制

今回開発したAMAPは、(株) タカヒコアグロビジネスという生産者、大阪府立大学という研究機関、(株) CHASQUIというソフトウェアベンダが、密に連携を取りながら開発した。そのために、上記プロジェクトの期間内において、生産現場で必要十分な機能に特化し

表1 生産管理支援システム（AMAP）導入による管理作業削減効果の推定値

項目	年間作業時間（時間）			
	導入前	導入後	予想削減効果	
計画立案	長期、中期、短期計画	200	100	100
	シフトの連絡	12	0	12
	作業指示・進捗把握	400	40	360
	作業時間把握			
	作業データ解析	250	0	250
現場管理	入館管理	12	1	11
	生育調査	25	5	20
	農薬記録	10	5	5
	肥料記録	10	5	5
	資材記録	24	24	0
	設備点検・記録	25	25	0
販売管理	収量データ把握	220	0	220
	出荷・売上	700	600	100
	損益推移	24	12	12
情報管理	状況確認	100	0	100
合計		2,012	817	1,195

て、生産管理支援システムの開発を実施した。その結果として、生産現場における生産性向上に寄与できる生産管理支援システムを開発できた。これまで、今回開発したような生産管理支援システムは、研究者、または、技術者のみの手により開発されることが多かった。そのために、実際の現場において必要とされる機能を十分に洗い出しできなかった可能性がある。また、研究者、または、技術者が、技術的に開発可能であるが、生産者には求められていない機能を盛り込みがちであり、生産現場において利用しづらい形態となってしまうことがあった。今回の開発では、そのような意見の齟齬が生じないよう細心の注意を払い、生産現場で必要十分な機能のみを盛り込むように留意した。農業分野でのアプリケーションを製作する場合、農業特有の課題が存在する。それゆえ、農業分野のアプリケーションの製作には、研究者や技術者が携わるだけでなく、生産者も参画する必要がある、今後必要とされると考える。

5.2 データ連携

現在までに、様々な農業向け生産管理支援システムが開発されてきている。ただし、その

多くは、生産管理上必要とされる機能の一部分に特化したシステムが多い。そのために、複数のシステムを利用して生産管理全体を最適化しようとした場合、それぞれのシステム間のデータ連携が難しいという課題が生じる。このような課題を解決するために、開発当初より、複数ある機能のそれぞれの機能が連携できるように、AMAP を設計した。今後、データ駆動型の農業を実践するためには、このようなデータ連携が重要となると考える。ただし、データ連携が複雑になるほど、不具合が生じた際の影響範囲が大きくなる。開発規模や期間を勘案して、データ連携をどのように進めるのかを考える必要がある。

5.3 ネットワーク

データ駆動型農業を実践していくためには、圃場における通信環境を初期より整備する必要がある。今回、圃場管理機能においてスマートフォンの利用が前提であったことから、圃場内で Wi-Fi による通信ができるように、複数のアクセスポイントを設置した。具体的には、3ha の圃場に 10 台のアクセスポイントを設置し、(株)タカヒコアグロビジネス「愛彩ファーム九重」にひかかれている光回線と接続し、インターネットを利用できるようにした。現在、圃場の作物群落内では通信はできないという課題はあるものの、通路部分では支障なく通信できるようになっている。一方、今回開発した圃場で利用されるスマートフォンのアプリでは、上述したように、作物群落内で通信はできないという問題の回避策を講じている。具体的には、作物群落内で作業しているためにスマートフォンが通信できない場合、一時的にローカルストレージにデータを保存する。その後、通路に出るなどにより通信が可能となった場合、ローカルストレージに保存してあるデータを送る。作物群落内で作業しているためにローカルストレージに保存する場合、AMAP に作業開始・終了を知らせるデータの送信にタイムラグが生じる問題がある。しかし、作業データは、即時性の必要性がそれほど高くないことから、大きな支障は出ないと判断している。

5.4 GAP 認証

GAP 認証取得のためには、様々な文書管理や記録が求められる。具体的な要求に関しては、本稿の範疇を超えるので割愛するが、いずれの要求も農場の適切な管理のためには必要不可欠な項目が盛り込まれている。それゆえ、本来、GAP 認証の取得および維持は、農場の生産性を高めるために必要とされるべきである。しかし、残念ながら、GAP 認証の取得、維持のみに注力してしまい、農場の生産性向上に寄与していない場合があるということも漏れ伝わってくる。これは、GAP の概念が理解されていないこととともに、その支援のためのアプリケーションが限られてしまっていることにも起因すると考える。このような課題を解消するために、今回開発した生産管理支援システムでは、開発の段階から、GAP 認証の取得および維持のための概念を取り込むようにした。それゆえ、今回開発した生産管理支援システムを適切に利用し続ければ、GAP 認証の取得および維持が容易になるようになっている。今後、今回開発した生産管理支援システムの広がりとともに、GAP の概念にも

とづく適切な農場の管理が根付いていくことを期待したい。

5.5 データ入力装置

今回開発した生産管理支援システムでは、圃場管理機能および生育管理機能などでのデータ取得にスマートフォンを利用することを前提とした。スマートフォンは一般に普及していて、多くの従業員にとって身近なものであることから、利用に対する抵抗感が少ないと考えている。それとともに、専用端末を開発し、導入するとした場合と比べて、スマートフォンを購入する場合、価格が比較的安価であることも、データ取得にスマートフォンを利用するようにした理由である。他方、AMAP では、小型シングルボードコンピュータ (Raspberry Pi) を利用した顔認証サーバ、環境計測サーバおよび収穫量計測サーバ構築し、データを取り込むようにした。小型シングルボードコンピュータの一つである Raspberry Pi に関しては、故障の可能性があるといった点で、使用を避けられる場合があることは承知している。しかし、価格が安価であり、また、開発が容易であることから、今回 AMAP へのデータ入力装置として Raspberry Pi を採用した。ただし、今後、他のデバイスでより良いものがあれば、取り入れていくことを検討したい。

6. おわりに

本稿では、大規模施設におけるデータ取得とその活用法を例示するために、スマート農業技術の実証・開発プロジェクトにおいて (株)タカヒコアグロービジネス「愛彩ファーム九重」に導入した大規模施設園芸向け生産管理支援システム (AMAP) を取り上げ、データ駆動型農業と関連の深いと考えられる一部機能を紹介した。また、AMAP を開発していく中で重視しなければいけないことが明らかになった、データ連携、開発体制、ネットワークなどについて論じた。

本稿では、農林水産省「スマート農業技術の開発・実証プロジェクト (課題番号: 施 H07、課題名: 大規模施設園芸の生産性を飛躍的に向上させるスマート技術体系の実装)」(事業主体: 国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構) の支援により実施した実証研究の内容の一部を紹介した。本稿の作成にあたり、同プロジェクト生産性向上スマート農業実証コンソーシアムの構成員の方々には、様々なご支援をいただいた。とくに、株式会社タカヒコアグロービジネスの松尾崇史氏には、生産管理支援システム (AMAP) の開発にあたり、生産者の立場から貴重なご意見を賜った。また、株式会社 CHASQUI の藤岡潤氏には、AMAP の開発および改良にご尽力いただいた。さらに、オブザーバーである瀬戸田亜裕美氏には、AMAP 導入効果に関するデータの取りまとめと解析を実施いただいた。ここに、深甚なる謝意を表したい。

(スマートグリーンハウス検討専門委員会委員)