

国際農林業協力

JAICAF

Japan Association for
International Collaboration of
Agriculture and Forestry

特集：国際農業協力における IT 技術の活用

エチオピア、ウガンダ、ナイジェリアにおけるデジタル・プラットフォームを通じた小規模農家支援

エチオピアにおけるコメ生産向上に貢献するデジタル農業の取り組み

アフリカ稲作におけるドローン・GIS を用いた圃場把握の事例

Vol. 48 (2025)
No. 4

公益社団法人
国際農林業協働協会

巻頭言

「持続可能な開発のためのボランティア国際年」に改めてボランティアと
キャリア形成を考える

西川 芳昭 1

特集：国際農業協力における IT 技術の活用

エチオピア、ウガンダ、ナイジェリアにおけるデジタル・プラットフォームを通じた
小規模農家支援

菊池翔太郎 2

エチオピアにおけるコメ生産向上に貢献するデジタル農業の取り組み

小川諭志・飯山みゆき 10

アフリカ稲作におけるドローン・GIS を用いた圃場把握の事例

西野俊一郎 20

寄稿

ウガンダにおけるバナナのフザリウム萎凋病の分布と発生状況

パトリック オドンゴ（訳 新田直人） 32

フィリピンでの公益社団法人国際農業者交流協会による野菜の流通実験について

児玉 広志 43



「持続可能な開発のためのボランティア 国際年」に改めてボランティアと キャリア形成を考える

龍谷大学教授
西川 芳昭

「海外の農業・農村開発の実践」と「国内の食と農のシステムの持続性に関する教育」の二足の草鞋を履いて30年になる。それぞれの現場（開発途上国や国内の農村）に行くと、「最近の若者も、問題意識をもって積極的に社会的課題に取り組んでいる」という声をよく聴く。筆者も、現場で会う若者にはそのような意欲の高さとチャレンジ精神を強く感じ、励まされることも多い。

しかし同時に、大学のキャンパスにいと、20年前から注目を浴びている「半径1メートル以内で生活する若者」にあふれている。彼らの多くにとって、ボランティアという言葉は、就職活動に使う「ガクチカ」に過ぎない。日本政府が先のボランティア国際年(2001年)を提案した1997年は、1995年の阪神・淡路大震災の緊急支援と復興で日本人のみならず世界中からのボランティアな支援を日本に住む私たちが身をもって経験し、市民生活における認知度が急速に高まっていた時であった。大半の大学生は、この時期にはまだ生まれていなかった。

このような状態で迎える「持続可能な開発のためのボランティア国際年」では、ボラン

ティア活動が個人のキャリアのための評価対象となり、その「自発性 (spontaneity)」が損なわれかねないという、持続可能な開発の精神とは裏腹のパラドックスが生じてくる。

ボランティアという行為の社会における位置づけが抱えるこの矛盾を乗り越え、個人や社会の持続性を担保する思考の枠組みとして、キャリア心理学者ジョン・D・克蘭ボルツが提唱した「計画的偶発性理論 (Planned Happenstance Theory)」を紹介したい。この理論は、キャリアの80%は予期せぬ出来事によって決定されるとし、「目的のための手段」に懐疑的な眼差しを向けている。むしろ、偶発的な出来事を引き起こす行動力と、その機会を最大限に活かす探究心・楽観性・柔軟性・リスクテイキング・持続性といった5つのスキルの大切さを強調している。ボランティアを通して得られた経験は、「目的のための手段」ではなく、偶発的な機会を掴む力につながる。

「持続可能な開発のためのボランティア国際年」が社会に実質化するには、「社会の課題解決」と「個人の自発的な成長」をむすぶ純粋な好奇心に基づいた自発的な行動に期待したい。個人的にも、行政的にも評価から解放された自発性が創り出す偶発性を楽しめる環境づくりに貢献していきたい。

NISHIKAWA Yoshiaki : Rethinking Volunteering and Career Development in the International Year of Volunteers for Sustainable Development.



エチオピア、ウガンダ、ナイジェリアにおける デジタル・プラットフォームを通じた小規模農家支援

菊池 翔太郎

はじめに

一般財団法人ササカワ・アフリカ財団（以下、SAA）は、1986 年よりアフリカの小規模農家を対象にした農業普及活動を約 40 年にわたって実施してきた。SAA は、1980 年代初頭にエチオピアを中心とする東アフリカを襲った大飢饉を契機に、笹川良一日本財団初代会長、ジミー・カーター元米国大統領、緑の革命の父としてノーベル平和賞を受賞したノーマン・ボーローグ博士の 3 人によって設立された。以降、アフリカにおける農業普及サービスの強化に取り組み、これまでに 16 カ国で活動を展開し、現在、エチオピア、ナイジェリア、マリ、ウガンダの 4 カ国に現地事務所を置き、生産性向上のための農業技術指導だけではなく、小規模農家の市場志向型農業と栄養に配慮した農業の普及、付加価値化および貯蔵のための農産加工技術、農業ビジネス拡大のためのマイクロファイナンス支援等に取り組んでいる。

本稿では、上記の活動に関連して SAA が推進してきた e-エクステンション（デジタル技術を通じた技術普及やプラットフォームの活用）の活動についてナイジェリア、ウガンダ、エチオピアの事例を紹介し、デジタル

技術の導入の成果と課題について報告する。

1. アフリカのデジタルへの期待と格差

まず、アフリカ農業開発の指針である包括的アフリカ農業開発プログラム（Comprehensive Africa Agricultural Development Programme：CAADP）カンパラ宣言の内容から、アフリカにおけるデジタル技術の方向性を確認したい。カンパラ宣言では、革新技术（Emerging technologies）の導入の推進について示されており、具体的には早期警戒システム（Early Warning Systems）、リモートセンシング、AI（人工知能）、精密農業といった技術について記述がある。また、デジタル・プラットフォームやオンラインコミュニティによる農業技術や情報の共有促進についても記述がある一方で、インターネット整備に対する投資の必要性や男女のデジタル技術のアクセスに関する格差についても述べられており、包括的なアプローチの必要性について言及している（CAADP Strategy and Action Plan 2026-2035）。

国際電気通信連合（International Telecommunication Union：ITU）のデータによると、世界のインターネット利用割合は男性 77%、女性 71%であるのに対して、アフリカの平均利用割合は男性 40%、女性は 31%で世界平均の半分程度であり、男女の差は世界平均よりも大きい（ITU 2025）。AI

KIKUCHI Shotaro：Supporting Smallholder Farmers Through Digital Platforms in Ethiopia, Uganda, and Nigeria.

やデジタル化は世界的な潮流である一方で、これらの技術の活用には、インターネット環境というインフラの土台と、さらに地域や性別によるデジタル格差が大きく影響を与えるが、アフリカはその点において大きく遅れている。また、本稿の対象とするエチオピア、ウガンダ、ナイジェリアのそれぞれの国のネットワーク環境について、ITU のデータ (2024 年) により整理した。4G (LTE) 回線の人口に対するネットワークカバー率はナイジェリア 84.6%、ウガンダ 82%、エチオピア 44%であった。ナイジェリアが最も高く、エチオピアはその約半分となっており、SAA の活動国においても、ネットワーク環境には大きな差がある。また、デジタルツールを利用する上で、スマートフォン (スマホ) の所有率は重要な指標であることから、文献調査より SAA 活動国におけるスマホの保有率のデータを確認した。エチオピアのスマホの保有率 (2025 年) は人口の 15%であり、男性 18%に対して、女性は 6%となっている (BirrMetrics 2025)。一方でナイジェリアのスマホ保有率 (2025 年) は 85%とされている (Vanguard 2025)。ウガンダのスマホ保有率 (2024 年) は 35.6%となっている (Techafricanews 2025)。国、またはそのエリアによってネットワーク環境やスマホの保有率が異なるため、それぞれの農家や環境の条件に合わせたアプローチを検討することが必要であり、デジタル技術のアクセスの有無による情報格差の配慮についても検討することが重要である。

2. SAA におけるデジタル推進の目的

SAA は 5 ヶ年事業戦略 (2021–2025)¹において、知識の移転と導入のアプローチとして、スマホや携帯電話を通じて、必要な農業情報を届ける「e-エクステンション・プラットフォーム」の推進に取り組んでいる。SAA の e-エクステンション推進の目的は、農家や普及員に対して、デジタル技術に関するトレーニングを実施することにより、農業技術やマーケット情報等にアクセスできるようにすることである。

小規模農家への農業普及活動では、モバイル機器、インターネット、放送技術などによる ICT (情報通信技術) の利用が増えている。特に、COVID-19 のパンデミックの際には、これまでの対面式の研修が困難な中で、e-エクステンションの技術の必要性が大きく高まった。2020 年 4 月中旬に SAA が実施した COVID-19 影響評価では、農家は農業バリューチェーン上の問題に直面し、種子や化学肥料などの農業投入財の入手が困難になったという報告や、金融サービスへのアクセスに影響が出たという報告があった (田才 2022)。e-エクステンションは、農業技術の普及、農業バリューチェーンへのアクセス、農家の情報管理といった多岐に亘る要素において重要な役割を担っており、農家の情報・物資・サービスからの分断や孤立といった問題に対応する上で不可欠なものになりつつある。

以下、国別の取り組みを紹介しながら、各国の e-エクステンションのあり方と成果を述べる。

¹ 5 ヶ年事業戦略: <https://www.saa-safe.org/jpn/strategy/pdf/SAA%20Strategic%20Plan%202021-25J.pdf> (アクセス日: 2026 年 1 月 9 日)

3. SAA のデジタル農業の事例紹介

1) AI 栽培アドバイスサービスの活用（ナイジェリア）

世界銀行が推奨する普及員 1 人当たりが担当する農家数は標準比率で 1 : 200~500 である（Moshi, E. *et al.* 2019）。ナイジェリアでは、以前は 500 人の農家に 1 人の農業普及員が配置されていたが、現在は 1 万人に 1 人と大幅に不足しており、普及員による従来型の対面研修では、技術普及において限界があるという見方も出ている（SAA 2024）。SAA ナイジェリア事務所は国際熱帯農業センター（IITA）や国際農業研究協議グループ（CGIAR）と共同で、キャッサバの栽培アドバイスツール「AKILIMO（図 1）」（意思決定支援システム）を開発した。AKILIMO はスワヒリ語で「スマート農業（Akili Kilimo）」を意味し、地域固有の条件と農家の目的に合わせて、キャッサバの栽培方法についてアドバイスを行う。例えば、肥料の量や投入時期など、農家の条件に応じてアドバイスをを行い、投入資材のコスト、予想収量・収益を示してくれる。施肥量に関する

アドバイスについては、AKILIMO に搭載されている土壌データベースを使用し、位置情報から土壌を参照して計算が行われる。AKILIMO はチャット形式の対話型アプリであり、チャットの質問に回答していくことで、誰でも簡単にアドバイスを受けることができる。スマホのアプリであるため、農家がスマホを所有していない場合は、農業普及員や農家リーダーが代わって条件を入力し、アドバイスを得ることもある。

2) デジタル・プラットフォームを活用した営農強化（ウガンダ）

アフリカの農村部、とりわけ遠方に住む農家は、マーケットへのアクセスや情報ネットワークの制限から、収穫した作物の販売において、ディーラー（仲買人）に買い叩かれてしまったり、高値で農業資材を購入させられたりと、不利な条件に陥りやすい。そこで、SAA は栽培技術の支援だけではなく、市場志向型農業も推進しており、JICA の SHEP アプローチ等も組み入れながら、小規模農家が適正な価格で取引できるようにトレーニン

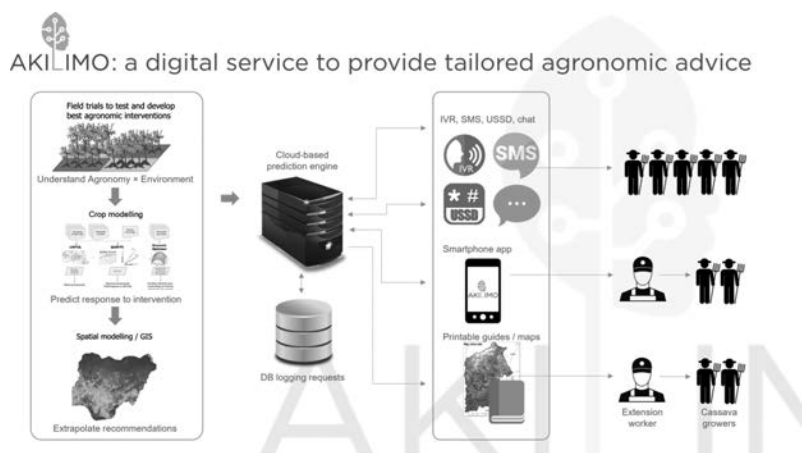


図 1 AKILIMO のシステム

出典：CGIAR ホームページ

グを提供している。

SAA ウガンダ事務所は、市場情報のアクセスや営農管理における e-エクステンションのアプローチとして同国のスタートアップが開発した営農デジタル・プラットフォーム「Mobipay」の導入を進めている。Mobipayを導入することで、モバイルマネーによる決済、銀行口座への入金等の会計処理がアプリを通じて可能になるとともに、農業資材の売買もアプリを通じて行うことができる。筆者が確認した Mobipay の機能は表 1 の通りである。

また、Mobipay には農家のプロファイリング機能があり、圃場面積、収量、収入、検査内容等を位置情報と合わせて整理することができる。これらのデータを蓄積していくこ

とで、銀行口座を持たない農家であっても、プロファイルのデータに基づき、農家の信用（安定的な生産と所得）を担保として、マイクロファイナンス（小規模融資）の獲得を目指すことができる。Mobipay は農業組合と農家の経営状況を可視化することが可能となり、経営の健全性の確保、改善を図る上で有効なツールである。また、支援を行う SAA ウガンダ事務所としても、Mobipay のデータをもとに具体的に必要な支援策を検討することができる。他方、1つのアプリにこだわることはせず、農業資材の購入では、Mobipay に加えて「EzyAgric」という農業アプリも活用している。農家の状況に応じて、それぞれのアプリの長所を活かせるように選定している。

表 1 Mobipay 機能一覧（2023 年時点）

機能	内容
農家のプロファイリング	農家の経歴、圃場面積、収量、収入、検査内容等を位置情報と合わせて整理
普及員のプロファイリング	普及員の経歴を位置情報と合わせて整理 ※リアルタイムで普及員の位置確認ができる。普及員の活動をモニタリング
農協の経営データ、組織の融資・資産管理	経営データ管理、資金管理システム
気象・農業情報発信	気象・農業情報を SMS で農家に送信
農業資材の購入	農業資材のディーラーの紹介、商品の購入
自動応答システム (IVR 音声サービス／SNS 回答)	農家は、登録された電話番号を使用して、音声情報にアクセス
トレーニングの予約管理	トレーニングの参加者、場所、期間など、内容を記録
モバイル決済システム	携帯を利用した電子マネーによる決済システム
アンケート機能	アプリを使用したアンケート調査
商品の QR 管理	QR コード／バーコードによる管理 ※情報は、agrobase アプリを介してコードをスキャンすることで取得
グループ内のチャット機能	メンバー間のチャット機能
レポートの管理	ウェブサイトにて普及員等のレポートをアップロード・管理
ID・Pass による管理、ID カードの配布	全メンバーに ID・パスワードを設定 ※携帯を持っていない場合は、メンバーから携帯を借りる等して、各自の ID とパスワードよりログイン。

出所：筆者作成

3) プラットフォームによる農機（トラクター）のアクセス改善（ウガンダ）

SAA ウガンダ事務所が活用しているもう1つのアプリとして、農機シェアリングにおけるプラットフォーム「Hello tractor」を紹介したい。Hello tractor はナイジェリアで誕生し、「農業版 Uber」として世界的に知られるようになった AgTech（農業 IT）スタートアップが開発した。トラクターの所有者と農家を IoT 技術とモバイルアプリでつなぎ、農業機械のシェアリング（賃耕）の仲介を可能とするプラットフォームである。これにより、機械を所有できない小規模農家は手軽にトラクターにアクセスでき、機械オーナーはアプリを通じて効率的に収益化を図ることができる。SAA の活動地においては、農業組合がトラクターを所有し、農家へのサービス提供に Hello tractor を活用する。トラクターには GPS が搭載されており、トラクターのオーナー（農業組合）は、アプリを通じて、トラクターの現在地、稼働時間・内容、予約状況等を、ダッシュボードで確認することができる。Hello tractor は、主にトラクターの使用管理アプリのサービスを提供しているが、もう1つのサービスとして、PAYG（Pay As You Go）を用いたトラクターのローンサービスも提供している。このシステムは、頭金を支払うことで、トラクターを所有することができ、PAYG で支払いを重ねていく。支払金額はローン返済に充てられ、頭金を含めてトラクターのローンとして払った金額として加算され、全額支払いの後、トラクターはサービス利用者（農家）のものとなる。一

方で、サービスの利用条件として、農地面積を含む稼働計画の提示を義務づけている。サービス利用者は頭金とは別に、1 ac ごとにトラクター貸し出しの収益の一部を Hello tractor に支払う。ただし、使用期間のメンテナンスと修理代は農家負担である。

トラクターのメンテナンスに関しては、SAA はトラクターのメンテナンス管理サービスを行う会社と農業組合の連携を図り、安定的にトラクターの整備が可能となるように支援を実施している。メンテナンス会社は農業組合のトラクター・レンタルサービスの収益 10% を財源とし、技術者を派遣してトラクターの管理・修理・メンテナンスのサービスを提供する。これらのレンタルサービスの収益管理は Mobipay を通じて実施される。SAA は、デジタルツールの紹介だけに限らず、このように各ステークホルダーの連携支援にも取り組んでおり、農業組合だけでは対応しきれない問題に関しては、パートナーを紹介して持続性の確保を図っている。

4) デジタル録音ツールを使用した技術普及（エチオピア）

デジタル技術を推進する上で、識字率は無視することができない要素の一つである。世界銀行の報告では、エチオピアの識字率は 2022 年時点で男性 71%、女性は 50% である（World Bank 2022）。また、ネット通信環境においても上述した通り、エチオピアはネットワークカバー率が 3 カ国の中では最も低い。こうした状況を踏まえて、SAA は、アナログな方法であるが、アメリカ・シアトル発の非営利法人 Amplio²が開発した「トーキングブック（写真 1）」という、乾電池で起動する録音機材を使用した技術普及に取り

² 同組織は、読み書きが困難な途上国の人々に音声デバイスで農業や保健の知識を届けるプロジェクトを世界各地で展開している。

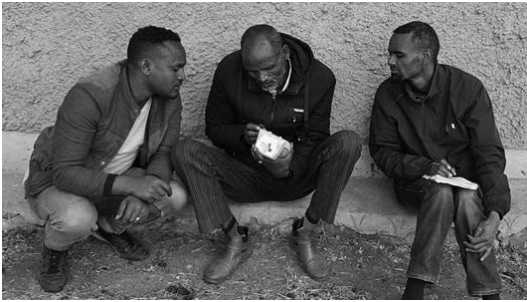


写真1 トーキングブックに耳を傾ける農家
出所：SAA 撮影

組んでいる。

トーキングブックは、音声として農業技術の情報を提供し、ササカワ・ラジオの愛称で利用されている。遠隔の農村部でも農家が利用できるようインターネット接続を必要とせず、乾電池で起動できる小型ボックスとして作られた。トーキングブックが説明する農業技術の内容は、農家からのフィードバックなどを踏まえて、パソコン上で編集した音声データをトーキングブックに取り込み、更新を行う。2024年の実績として、アナソラ、ネゲレ・アルシ、アンガチャの3地区において、延べ4800人以上（うち女性33%、若者45%）にリーチした。トーキングブックは、普及員の訪問頻度が低くなっても、音声による技術普及を継続し、技術情報を補完する役割を果たしている。最新のデジタル技術ではないが、インターネット環境や識字率に関係なく、平等に技術情報を提供できることが、トーキングブックの強みであるといえる。その結果として、2023年の調査では、農家の86%がトーキングブックから新たな知識を得たと回答し、特に、病害虫管理に関する知識は関心が高く、技術の実践において改善がみられた。

5) 普及員向けの栽培技術アドバイザー・プラットフォーム（エチオピア）

最後に、SAA エチオピア事務所のもう1つの取り組みとして、開発を進めている普及員向けの栽培技術アドバイザー・プラットフォーム「Ma'ed Farm Suite（Androidアプリ）」を紹介する。Ma'ed Farm Suiteは、作物ごとの栽培情報が得られるモバイルアプリで、現地言語対応かつオフラインでも情報にアクセスすることができる。普及員は場所やネットワーク環境に関係なく、ダウンロードを行えば、アプリの情報にアクセスすることができる。具体的には、栽培技術、病害虫防除、堆肥作成、収穫後処理など、多岐にわたるアドバイスに活用されており、2024年は、アナソラ、ネゲレ・アルシ、アンガチャ、メケットの各地区において、普及員等を通じて945人の農家に農業情報が提供された（写真2）。Ma'ed Farm Suiteはトーキングブックを補完する目的で、2022年に開発されたものである。例えば、識字率の低いエリアでは、トーキングブックを有効活用しつつ、普及員に対してはMa'ed Farm Suiteの利用を進め、現場と対象者の条件に合わせたハイブリッドな対応を取っている。



写真2 Ma'ed Farm Suiteを使って説明する普及員
出所：SAA 撮影

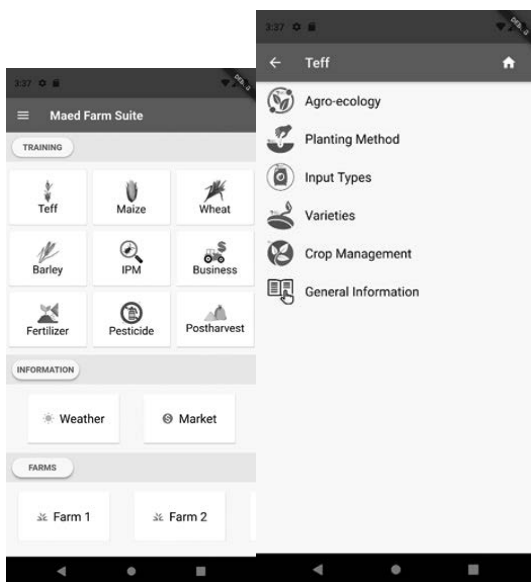


図2 Ma'ed Farm Suite の利用画面
出所：SAA 撮影

4. デジタル技術の課題と教訓

ナイジェリアの AKILIMO のようなデータベースや AI 対話型ツールから、エチオピアのトーキングブックのようなアナログ要素を統合した技術まで、SAA が使用する多様なデジタル技術を紹介してきた。これらの事例は、SAA がデジタル推進による農業イノベーションに積極的に取り組んできたことを示すものであるが、これらの取り組みは必ずしもすべてが成功裡に進展しているわけではない。デジタル技術の導入には、いくつかの構造的な課題が伴う。まず、多くのデジタルツールは安定したインターネット接続を前提として設計されており、接続環境が不十分な地域ではその機能が制限される。また、農家による利用を考慮した場合、通信費用やサブスクリプション料金などの経済的負担をどのように軽減するかが重要な検討事項となる。他方、データ解析を基盤とするツールにおい

ては、入力データの精度が解析結果の信頼性を決定づけるが、アフリカにおいては、高品質なデータの入手が限定的になる可能性があるため、データ収集の実行可能性を事前に慎重に評価する必要がある。

デジタル・プラットフォームについては、その有効性はユーザー数とその地理的・社会的広がり依存することに留意する必要がある。ユーザー規模が拡大するほど、情報の蓄積量、市場の規模、農家間のネットワークが強化されるからである。

また、すべてのデジタルツールにおいて、海外で開発されたものである場合、現地言語への対応が不十分であれば、利用者の範囲が大幅に狭まる可能性がある。デジタル農業の導入が小規模農家や脆弱グループの格差を拡大しないことにも留意が必要である。これらの課題を踏まえ、デジタル技術の潜在力を最大限に発揮するためには、現地のインフラ、経済状況、性別、言語的・文化的文脈を考慮した包括的なアプローチが不可欠である。

おわりに

アフリカのデジタル農業は「リープフロッグ(跳躍的な発展)」への期待が高まる一方で、革新的な技術をいかに現地の文脈に即して定着させるかという「ハイパー・ローカライゼーション」の難しさも浮き彫りにしつつある。デジタルツールの利用環境や範囲、スマホの普及、デジタルリテラシーの違い等、その国によって最適な e-エクステンションのあり方が異なり、その状況は日々刻々と変化しており、それぞれに応じた対応を検討しなければならない。また、アフリカには、国や地域、性別、コミュニティごとに複雑な条件が存在し、技術と現場をいかに繋げていくかが今後

の大きな課題である。SAA は現場主義に重きをおき、こうした課題に取り組み続けてきた。エチオピアにおいては、トーキングブックと Ma'ed Farm Suite の組合せ、ウガンダにおいては Mobipay、EzyAgric、Hello tractor といった複数のアプリを使用することで、現地ニーズとアプリの特性がマッチするように検討している。こうした柔軟性こそが今後のデジタル技術の活用において重要であり、現場目線でデジタル技術を推進してきた SAA の強みでもある。SAA は今後も「Walking with the Farmer（農家とともに歩む）」を合言葉に、農家を最優先としたアフリカ流デジタル農業の最適解を模索し続けていく。

引用・参考文献

- Africa Union (2025) : CAADP Strategy and Action Plan 2026-2035, Page 12, 16, 21, 54.
- International Telecommunication Union (2025) : Data Hub. <https://datahub.itu.int/> (2025 年 12 月 30 日確認).
- BirrMetrics (2025) : Ethiopia Narrows Mobile Gender Gap to 24%, but Smartphone Access for Women Remains Just 6%. <https://birrmetrics.com/ethiopia-narrows-mobile-gender-gap-to-24-but-smartphone-access-for-women-remains-just-6/> (2025 年 12 月 30 日確認).
- CGIAR (2026) : AKILIMO – A digital service to provide agronomic advice to cassava growers. <https://www.rtb.cgiar.org/akilimo/> (2026 年 1 月 1 日確認).
- Moshi, E. *et al.* (2019) : Complementing Extension Officers in Technology Transfer and Extension Services : Understanding the Influence of Media as Change Agents in Modern Agriculture. *International Journal of Research – GRANTHAALAYAH*. DOI : <https://doi.org/10.29121/granthaalayah.v7.i6.2019.802>
- 一般財団法人ササカワ・アフリカ財団 (2024) : 農業普及のデジタル化と官民パートナーシップの可能性. <https://www.saa-safe.org/news/news.php?nt=2&vid=630&lng=jpn> (確認:2025 年 12 月 30 日確認).
- 田才諒哉 (2022) : アフリカにおける小規模農家を対象とした農業普及のデジタル化—ラストテンマイルアプローチの提案. 国際農林業協力 Vol.45 No.1.
- Techafricanews (2025) : MTN Uganda Boosts Digital Access with UGX 50.55 Billion UCUSAF Contributio. <https://techafricanews.com/2025/05/13/mtn-uganda-boosts-digital-access-with-ugx-50-55-billion-ucusaf-contribution/?referrer=grok.com> (2025 年 12 月 30 日確認).
- Vanguard (2025) : Smartphone penetration in Nigeria soars : 140 million users expected by 2025. <https://www.vanguardngr.com/2025/09/smartphone-penetration-in-nigeria-soars-140-million-users-expected-by-2025/> (2025 年 12 月 30 日確認).
- World Bank (2022) : Gender Data Portal. <https://genderdata.worldbank.org/en/economies/ethiopia> (2025 年 12 月 30 日確認).
- (一般財団法人ササカワ・アフリカ財団 事業課長)



エチオピアにおけるコメ生産向上に貢献する デジタル農業の取り組み

小川諭志*・飯山みゆき**

はじめに

サブサハラ・アフリカ（SSA）では、人口増加と気候変動の影響により、食料安全保障が喫緊の課題となっている。特に小規模農家は、肥料や農薬などの投入資材、機械化、インフラへのアクセスが制限され、生産性の停滞が続いている（Muzari *et al.* 2012）。このような状況のもと、「デジタル農業（Digital Agriculture）」が、持続的集約化と生産性向上を実現する革新的手段として注目されている（Trendov *et al.* 2019）。デジタル農業は、IoT センサー、リモートセンシング、ビッグデータ解析、AI（人工知能）などのデジタル技術を活用し、栽培から収穫・流通に至るまでの各過程をデータに基づいて最適化する農業手法である。これにより、農家は気候や土壌条件に応じた意思決定が可能となり、収量・品質の向上、資源利用の効率化が期待されている（Ingram and Maye 2020）。しかし、SSA におけるデジタル農業の普及は限定的であり、通信インフラや電力供給の不足、デジタルリテラシーの低さ、言語やコミュニケーション方法などの問題が導入を阻む要因となっている（Bertoglio *et al.* 2021）。本稿では、SSA におけるデジタル農業の動向を

整理した上で、エチオピア・アムハラ州フォゲラ平原におけるコメ収穫時期最適化の実証事例を通じて、デジタル農業が小規模農家の生産性向上にどのように寄与できるかを明らかにする。

1. SSA におけるデジタル農業への期待と課題

SSA では、GDP の 3 割超を農業部門が占める国も多く、農村人口の約 7 割は小規模農家として生計を立てている。この地域において、デジタル農業は生産性向上・雇用創出・食料安全保障を同時に押し上げる中核的な解決策として期待されている（Trendov *et al.* 2019; Malabo Montpellier Panel 2019）。近年、FAO・世界銀行・CGIAR などの国際機関は、モバイル端末、IoT、リモートセンシングを活用した意思決定支援システム（Decision Support System : DSS）の開発・普及を推進しており、代表例として、栽培における施肥や品種選定を最適化する RiceAdvice や Nutrient Expert、気象モデルを用いて播種時期や品種を推奨する WeRise などが挙げられる（Saito *et al.* 2021）。しかし、SSA 特有の環境・社会経済的制約により、これらのシステムの効果は大きくばらついている。第 1 に、SSA は地形・気象・土壌条件の空間的不均一性が極めて高く、画一的な助言は個別圃場の実情に適合しにくい（Vanlauwe *et al.* 2014; Giller

OGAWA Satoshi, Iiyama Miyuki : Contribution of Digital Agriculture to Improve Rice Yield in Ethiopia.

2020)。第2に、肥料や農薬の供給制約および市場アクセスの不安定さが、推奨量の施用を妨げている(Chivenge *et al.* 2022)。第3に、インフラ整備や教育水準、社会資本の地域差がデジタル導入格差を拡大し(Huddleston *et al.* 2022)、圃場データ収集やアプリ操作の負担、言語等の問題も相まって、農家の活用意欲を下げている(Weersink *et al.* 2018)。このため、どのような条件下でデジタル農業が真に生産性向上に寄与するのかを実証的に見極める共同研究が求められている。これらの課題に対して、施肥や灌漑といった外部投入の増加に強く依存しない農作業時期の最適化は、資本の投入が限定されるSSA地域においても実行可能性が高い低コスト施策になり得る。実際に労働力不足などによる刈り遅れは、過熟・脱粒・割れ粒増加などにより、収量・品質・コストに強く影響すると報告されている(Hasan *et al.* 2021)。SSA稲作における複数国のデータを統合分析した研究でも、収穫が適期から遅れることで、平均で収量が22.7%、整粒比が8.5%低下することが報告されている(Sali *et al.* 2021)。以上は、SSAにおける一連の実証的知見であり、農家による資材等の追加投入を必要としないDSSとして「最適収穫期の可視化」が有効な手法である可能性を示している。

次章からは、このSSA全体の課題認識に立脚し、国家レベルでデジタル農業戦略を整備しているエチオピアを対象として、積算温度(Growth Degree Days: GDD)に基づく最適な収穫のためのDSSの実装可能性とその効果を検討する。第2章では、エチオピアにおける稲作の現状と課題を整理し、なぜ「最適収穫期の可視化」が有効な管理手法となり得るのかを論じる。第3章では、収穫時期最

適化DSSの設計と実証事例を示すとともに、収穫時期の違いが収量およびコメ粒品質に及ぼす影響を分析し、その結果を提示する。第4章では、導入上の技術的・制度的課題と社会経済的制約を整理し、スケーリング戦略を考察する。おわりに、本実証実験の意義と今後の展望を総括する。

2. エチオピアにおける稲作の現状と課題

エチオピアはアフリカで2番目に人口が多く、約1億3000万人のうち8割近くが農村に居住する農業国である。同国政府は食料自給と安全保障の確立を目的に、コメを戦略的作物として位置づけ、2008年以降、生産拡大を国家目標として推進してきた(CARD 2010)。エチオピアの主食は、イネ科雑穀のテフを粉にして水と混ぜて発酵させ、クレープのように薄く焼いたインジェラである。テフは単収が非常に低く、価格が高騰していることから、最近では、価格の安いコメ粉を混ぜることが増えた。また食の多様化などにより、都市部を中心にコメの消費も伸びている。栽培面積は近年9万haを超え、平均単収は3.1t/haに達しているが、肥料・農薬・灌漑施設へのアクセス制限、労働力不足、気候変動による干ばつの頻発など、依然として多くの制約を抱えている(CSA 2022; Lema *et al.* 2016)。

主産地のアムハラ州フォゲラ平原では、天水依存型(rain-fed)稲作が主流であり、雨季の始まる6月中旬から7月上旬にかけて播種が行われる。牛による耕起は土壌水分が一定以上に達しなければ開始できず、播種時期の柔軟性はほとんどない。改良品種の導入は全農家の7割にとどまり、残る3割は自家採取した伝統品種を栽培している。化学肥料の

表1 農業資材の利用状況

農業資材	利用状況	%
改良品種種子	無	30.2
	有	69.8
化学肥料 (尿素)	0 kg/ha	0.4
	1-50 kg/ha	1.3
	51-100 kg/ha	12.8
	101-150 kg/ha	7.1
	151-200 kg/ha	45.4
	201-250 kg/ha	4.3
	251-300 kg/ha	13.9
	301-400 kg/ha	10.9
	>400 kg/ha	3.9
化学肥料 (硫黄添加リン酸肥料)	0 kg/ha	5.1
	1-50 kg/ha	4.9
	51-100 kg/ha	48.2
	101-150 kg/ha	10.9
	151-200 kg/ha	24.6
	201-250 kg/ha	2.1
	251-300 kg/ha	1.1
	301-400 kg/ha	1.5
	>400 kg/ha	0.4
除草剤 (散布回数/作)	0	36.8
	1	61
	2	1.9
	3	0.2
	4	0.2
殺虫剤 (散布回数/作)	0	98.7
	1	1.3
	2	0
	3	0
	4	0
殺菌剤 (散布回数/作)	0	97.7
	1	1.9
	2	0.4
	3	0
	4	0

出所：FNRRTC の現地調査より筆者作成

使用率は上昇傾向にあるものの、多くの農家では依然として家畜糞尿などの有機物に依存しており、除草剤以外の農薬使用はほぼ皆無である（表1）。

このような条件下では、播種や施肥の最適化のような投入資材に依存する管理よりも、収穫などの農作業時期の最適化が実行可能かつ実効性の高い収量改善手段となる。フォゲラ平原の現地調査では、収穫～脱穀～乾燥～貯蔵～精米のポストハーベスティング各段階の合計で、平均 16.1%（10.3～27.1%）の損失が確認され、農家自身も収穫工程が重大な損失要因の1つであると認識している（Abdella *et al.* 2017）。また各農家の収穫作業を含むポストハーベスティングの損失は 16.4%と推計され、家族労働・教育水準・作



写真1 設置されたリアルタイム環境センサーの保守点検

出所：FNRRTC より提供

付面積などの要因が収穫遅延に影響を与えており、特に労働力や知識への制約が多い農家ほど過熟するまで収穫を遅らせる傾向が示唆されている (Dessie & Daregot 2024)。

もちろん、トラクターや精米機などの農業機械の導入、適切な乾燥施設の整備、加えて収穫期のピークに対応した地域労働力の確保が重要であることは言うまでもない。しかし、エチオピア稲作の大部分を占める約7万 haを有するフォゲラ平原全体をカバーするには、多額の資金と長期的な時間を要することから、本稿で紹介する実証事例では、収穫時期最適化 DSS に焦点を当てた。

エチオピアは政府主導で「Digital Agriculture Roadmap 2032」を策定し、農業デジタル化を通じたデータ駆動型の DSS の推進、ICT 人材の育成、公民連携による持続的な技術導入を柱としている。FAO、世界銀行、CGIAR など多くの国際機関も連携しており、政策面・制度面の整備が他の SSA 諸国と比較して進展していることから、デジタル農業の取り組みを実施する上での制度的・政策的条件が相対的に整っていると言える。

3. コメ収穫時期最適化におけるデジタル農業の取り組み

本実証事例では、エチオピア北部アムハラ州フォゲラ平原に位置する国立稲研究訓練センター (FNRRTC) で収集された過去 20 年以上の栽培研究データをもとに、主要3品種 (X-Jigna, Shaga, Selam) の播種日から収穫日までの GDD と収量の関係を分析し、最適収穫時期を推定した。その上で、研究センター内圃場および周辺農家圃場において、リアルタイム環境センサー (e-kakashi; Green, Inc.) を設置し、温度・湿度・日射量などの環境情



写真2 収穫時期を判断する現地の研究者と設置されたリアルタイム環境センサー
出所：FNRRTC より提供

報を自動収集した。これらのデータをもとに、DSS により最適収穫日を2週間前までに予測し、現地カウンターパートと共有した。実証では、① DSS が提示した最適収穫日 (DSS 提示最適日)、② 現地研究者が登熟状態を確認し、判断した収穫日 (研究者判断)、③ 農家が個々の判断で実際に収穫した日 (農家慣行) の3区分を設定し、それぞれについて収量およびコメ粒品質 (整粒比など) を比較評価した。

収穫時期の比較を表2に示す。X-Jigna と Selam では、DSS 提示最適収穫日と研究者判断との差は3日以内であり、普及員の農家訪問計画の策定や研究者判断の補助において DSS の実用性が高いことが示された。Shaga 品種は、光感受性の高い品種のため GDD のみに基づく最適収穫日の予測は難しく、日長時間や日照量を含めたアルゴリズムの再構築が必要なが示唆された。また現状として、周辺農家は研究者判断による最適収穫日より、13～24日も収穫に遅れが生じていることが分かった。2023年にフォゲラ地区で実施された調査では、対象稲作面積の95.6%において、DSS 提示最適日よりも収穫が遅れ

表2 DSS と研究者判断、農家慣行による収穫時期の比較

品種	DSS 提示 最適日	研究者判断	農家慣行	DSS と研究者 判断の差 (日)	研究者判断と 農家慣行の差(日)
研究センター内圃場 2023 年 6 月 22 日播種					
X-Jigna	11 月 8 日	11 月 11 日	11 月 24 日	- 3	- 13
Shaga	11 月 26 日	11 月 14 日	12 月 8 日	+ 12	- 24
Selam	11 月 17 日	11 月 14 日	12 月 8 日	+ 3	- 24
農家圃場 2023 年 6 月 27 日播種					
X-Jigna	11 月 8 日	11 月 8 日	11 月 24 日	± 0	- 16
Shaga	11 月 24 日	11 月 8 日	11 月 24 日	+ 16	- 16
Selam	11 月 10 日	11 月 10 日	11 月 24 日	± 0	- 14

出所：筆者作成

ていたことが明らかになった。もっとも、この遅れは、農家が最適収穫日を判断できないことだけが原因ではなく、収穫作業に従事する労働力の不足や収穫後の乾燥施設の不足、さらには圃場排水が不十分なために収穫作業そのものが実施できない場合など、複数の制約要因が存在する。それでもなお、DSS は農家個人の判断能力に依存することなく、こうした制約条件を前提とした上で、地域レベルで収穫作業を調整するための時間的余裕を確保する手段として有効であると考えられる。

各収穫時期が収量に及ぼす影響を図 1 に

示す。図左は研究センター内圃場、図右は農家圃場の結果である。横軸は各品種(X-Jigna、Shaga、Selam)における3つの収穫時期(DSS = DSS 提示最適日、研究者 = 現地研究者が登熟状態を確認して判断した収穫日、農家 = 農家慣行)を示す。縦軸は坪刈り収量(g/m^2)である。誤差棒は標準偏差(S.D.)を表し、*は農家慣行との間に有意差が認められたことを示す($P < 0.05$)。

Selam 品種では DSS 提示最適日の収穫により、研究センター内圃場で 65%、農家圃場で 16%、それぞれ農家慣行と比較して収量が増加した。X-Jigna 品種では農家圃場

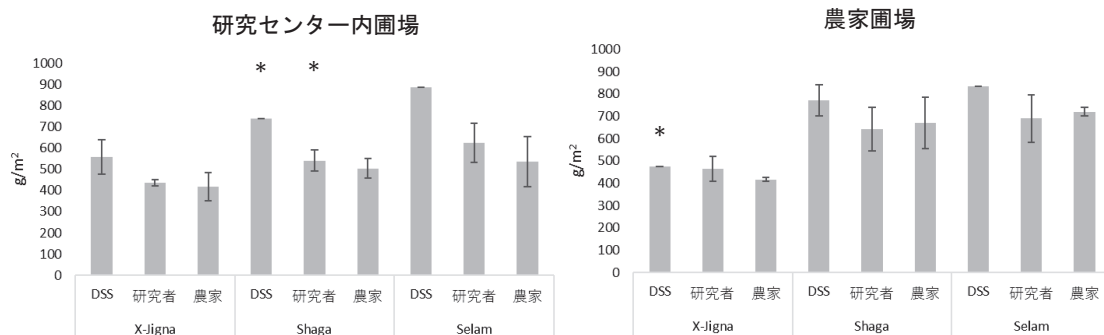


図1 収穫時期の違いが収量に及ぼす影響

注：*は農家慣行との間に有意差が認められたことを示す ($P < 0.05$)

出所：筆者作成

表3 収穫時期の違いがコメ粒品質に及ぼす影響

品種	収穫時期	研究センター内圃場		農家圃場	
		千粒重 (g)	整粒比 (%)	千粒重 (g)	整粒比 (%)
X-Jigna	DSS	28.33 ± 0.84	5.77 ± 0.82	28.27 ± 0.25	11.90 ± 2.16
	研究者	28.60 ± 1.34	9.10 ± 1.69	29.20 ± 0.71	12.57 ± 1.89
	農家	27.73 ± 1.05	6.63 ± 1.76	28.27 ± 0.90	15.83 ± 0.91
Shaga	DSS	28.13 ± 0.82	81.23 ± 1.88 *	27.07 ± 0.74	82.97 ± 3.07
	研究者	27.67 ± 0.74	79.70 ± 4.01	27.33 ± 0.66	81.80 ± 1.92
	農家	28.00 ± 0.91	73.33 ± 3.44	26.27 ± 1.06	86.10 ± 2.70
Selam	DSS	28.27 ± 0.57	13.00 ± 0.67 *	28.07 ± 0.25	16.87 ± 1.21
	研究者	27.67 ± 1.11	14.80 ± 1.42 *	27.80 ± 0.86	23.77 ± 3.18 *
	農家	27.53 ± 0.57	6.10 ± 1.22	28.00 ± 0.82	14.13 ± 1.14

注：数値は平均値±標準偏差 (S.D.) を示す。*は農家慣行との差が有意 (P < 0.05)

出所：筆者作成

で14%、Shaga品種では研究センター内圃場で46%の増収が確認された。土壌をはじめとする栽培環境の異質性 (heterogeneity) が高いエチオピアにおいても、DSSが増収に寄与する可能性が示唆される。

さらに、収穫時期の違いがコメ粒品質に及ぼす影響を表3に示す。収量だけでなく、整粒比においてもSelamおよびShaga品種で、研究センター内圃場では農家慣行より高い値を示した。

収穫時期の違いが収量およびコメ粒品質に及ぼす影響は限定的であったものの、いずれの条件においてもDSSが農家慣行を下回る結果は確認されなかった。このことは、DSSに基づく収穫判断が、少なくとも現地での農家慣行と同等の収量と品質を安定的に確保し得ることを示している。さらに、収量や品質に明確な優位性が確認されない場合であっても、表2に示すように、栽培期間を13～24日短縮できる点は重要である。これは、収穫作業やその前後に要する労働投入の削減、収穫期の労働集中の緩和、さらには降雨や過熱による品質低下リスク回避に寄与す

る可能性がある。特に、労働力や機械・乾燥施設が制約される天水稲作地域においては、収穫判断の前倒し自体が生産性向上に結びつく重要な管理要素となる。本実証事例で示されたDSSはこうした制約条件下においても実行可能な意思決定支援手段として有効であると考えられる。今後、このDSSを現場レベルで実装・普及することにより、収穫遅延の是正と労働効率化を通じた生産性向上が期待される。

4. 導入上の課題と展望

1) 技術的・制度的課題

DSS導入の最大の障壁は、通信インフラおよびデジタル活用能力の不足である。エチオピアのICT普及率は世界141カ国中137位と低く、農村部ではスマートフォンやインターネットの利用が限定的である (Schwab 2019)。また、センサー設置や通信維持には初期投資と運用コストを要することから、農業協同組合や地方行政単位による共同利用モデルの構築が不可欠である。フォゲラ平原は比較的なだらかな地形であることから、半径

15km 圏内で取得した環境データに有意差は認められなかったことから、単一センサーによる広域モニタリングが可能であることが示された。これは、低コストでの普及や衛星データとの連携による面的最適化の実現可能性を示すものである。さらに、GDD に基づく最適収穫日の予測手法は、安価な温湿度計や気象観測装置を活用することで、初期費用を抑えた段階的な社会実装も可能であり、現地の普及センターや民間企業による実用化も十分に現実的である。

他方、今後の課題としてはアルゴリズムの改良が挙げられる。本実証事例で用いた GDD モデルは汎用性が高いものの、日長感応性の強い Shaga 品種では予測精度が低下した。今後は、光周期や土壤水分、病害リスク指数などを統合した多変量学習モデルの開発が求められる。さらに、エチオピア農業省が策定した「Digital Agriculture Roadmap 2032」では、AI・IoT・衛星リモートセンシングを活用した国家農業データプラットフォーム構築が優先課題とされており (MoA & ATI 2025)、本実証事例をその中核的ツールとしてコメ以外の作物にも展開することが期待される。

2) 社会経済的制約とビジネス展開の可能性

技術導入の成果を現場で持続させるためには、農家の行動変容と人材確保が不可欠である。農家は収量最大化のみならず、家畜飼料の確保、脱穀作業、家族労働の配分など多様な要因を考慮して収穫時期を決定しており、必ずしも DSS が提示する「最適日」に従うとは限らない (Giller 2020)。特に、遅い収穫は「動物脱穀が容易である」「自然乾燥でコストを抑えられる」などの理由で意図的に

選択されている場合もある。そのため、単に収量増のデータを提供するだけでなく、地域慣行や文化的背景を踏まえた普及戦略の設計が重要である。この課題に対し、デジタル農業と農業人材派遣サービスを組み合わせる新たなモデルが注目されている。

具体的には、最適収穫日予測情報を基に収穫期に人手が不足する農家へ一時的農業労働力を派遣する仕組みにより、収穫遅延を防ぎつつ雇用創出に繋げる。リアルタイムにデータ収集をしていることから最適収穫日は毎日更新されるため、事前の人材確保が可能になる。現地調査では、農繁期に短期雇用を行う農家が全体の 52.6% に達し、平均 12% の収量増が報告されており、適切な時期に労働力を確保して効率的に農作業を行うことが増収に貢献していると示唆される。このように「収穫最適化×雇用創出」モデルは、デジタル農業の社会的実装として持続的価値を有する。

さらに、同一センサーを活用することで病虫害発生予測をすることも可能であり、収穫日最適化情報とあわせて病害感染リスクを提供することで、農薬販売業者や防除サービス企業と連携した予防的防除支援ビジネスへと拡張できる。例えば、いもち病などの発生リスクを感染拡大の 2 週間前に警報として発令し、情報共有することで、現地販売員や防除要員の派遣を効率化できる。

このように、DSS は単なる技術ではなく、「情報×労働×市場」を結ぶ統合的農業エコシステムの中核技術として機能し得る。

3) 普及体制と人材育成

エチオピアでは、デジタル技術を活用した DSS の仕組みが導入されつつあるものの、現場での活用は限定的である。代表的な例と

して、政府主導の「8028 Farmers' Hotline (IVR/SMS サービス)」があり、農家は携帯電話を用いて栽培技術や気象情報を音声または SMS で取得できる。しかし、SMS 通知が広告に埋もれる、通信障害が頻発するなど、ICT への過信によるリスクも影響し、実際の利用率はかなり低い。このような状況を踏まえると、収穫最適日の DSS もハイブリッド型の普及体制の構築が不可欠である。具体的には、

- ・デジタル通知（SMS・音声メッセージ）と普及員による電話連絡の併用
- ・地域普及員や女性農業リーダーによる対面型の現地説明会
- ・最適期における一時的労働力や農業資材導入に関する支援

との連動といった複数の手段を組み合わせることで、情報格差を最小化できる。

また、DSS を運用するためには、現地技術者や普及員のスキル向上が不可欠である。これにより、地域で信頼される農業指導者・技術者を育成し、地域密着型のデジタル農業支援ネットワークを形成することができる。

さらに、現地の労働慣行や脱穀方法、品質評価基準などの社会文化的要因を考慮する設計は、資材やインフラ制約に左右されにくく、広域展開が可能な介入手法として有効である。

4) 将来的展望とスケーリング戦略

本実証事例の DSS モデルは、稲作の収穫最適化に留まらず、ジャガイモ・小麦・野菜など他作物への展開も可能である。既に他作物でも DSS モデルのアルゴリズムが開発さ

れており、応用と実証も進められている。これらの拡張により、地域全体のデジタル農業技術として、さらには標準インフラとして整備されることが期待される。

今後は、国際協力スキームやエチオピア農業省との連携を通じて、DSS を国家レベルのデジタルプラットフォームに統合することが期待されている。並行して、ODA・民間助成・インパクト投資を活用し、DSS 導入地域を段階的に拡大する。さらに、収穫・防除最適化情報に基づく人材派遣や資材販売を組み合わせた地域包括型ビジネスモデルを確立することで、農業の生産性と雇用創出を両立させる「社会的事業型デジタル農業」へと発展できる。

おわりに

本稿で紹介したエチオピア・フォゲラ平原の実証事例は、デジタル農業が収穫ロス削減と生産性向上に実質的に貢献し得ることを示したものである。最適収穫期を提示する DSS は収量を増加し、作業効率を高め、労働コスト削減に貢献する可能性を示した。今後は、DSS の精度向上、現地人材の育成、制度整備、国際機関連携を通じて、SSA 全域への展開を目指す。本研究の成果は、「収穫ロス削減×雇用創出×人材育成」を同時に実現する包摂的なデジタル農業モデルとして、持続的発展に寄与することが期待される。

なお、本事例は 2025 年 7 月に国連本部で開催された「国連食料システムサミット+4 (UNFSS+4)」フォローアップ会合のサイドイベント「グローバル課題解決に向けた科学技術イノベーションのローカルコンテキスト適用：国・セクター横断的な農業・食料システム変革アプローチからの教訓」において「科

学技術を地域文脈に合わせて適用するアプローチ」として紹介された。

現在、エチオピア農業変革庁（ATI）が主導する「Digital Agriculture Roadmap 2032」の枠組みのもと、稲作だけでなく、小麦作への展開が進められている。また、e-kakashiを提供する Greein Inc. は、経済産業省「グローバルサウス未来志向型共創等事業費補助金（我が国企業によるインフラ海外展開促進調査）」を通じて、モザンビーク北部ナカラ回廊地域（ナンプーラ州）において、IoT センシングや衛星画像解析にバイオ炭を組み合わせた環境保全型ゴマ生産モデルおよびバリューチェーンのデジタル化に関する技術的・事業的有効性の検証も進めている。

引用・参考文献

- Abdella, M., Singh, T. N., & Singh, S. (2017). Studies on the assessment of post-harvest losses of rice (*Oryza sativa*) in Fogera District of Amhara Region, Ethiopia. MSc Thesis, University of Gondar.
- Bertoglio, R., Corbo, C., Renga, F. M., & Matteucci, M. (2021). The digital agricultural revolution : A bibliometric analysis literature review. IEEE Access, 9, 134762–134782.
- CARD (2010). Meeting Report of the 3rd General Meeting of the Coalition for African Rice Development. Arusha, Tanzania.
- Chivenge, P., Zingore, S., Ezui, K. S., Njoroge, S., Bunquin, M. A., Dobermann, A., & Saito, K. (2022). Progress in research on site-specific nutrient management for smallholder farmers in sub-Saharan Africa. Field Crops Research, 281, 108503.
- CSA (2022). Agricultural Sample Survey 2021/22. Addis Ababa : Ethiopian Statistics Service.
- Dessie, S., & Daregot, B. (2024). Determinant of rice postharvest losses at the farm level in Fogera District of the Amhara Region, Ethiopia. Journal of Stored Products and Postharvest Research.
- Giller, K. E. (2020). The food security conundrum of sub-Saharan Africa. Global Food Security, 26, 100431.
- Hasan, M., Tanaka, T., Ali, M., Saha, C. K., & Alam, M. (2021). Harvester evaluation using real-time kinematic GNSS and hiring service model. AgriEngineering, 3 (2), 363–382.
- Huddleston, P., Smith, T., White, I., & Elrick-Barr, C. (2022). Adapting critical infrastructure to climate change : A scoping review. Environmental Science & Policy, 135, 67–76.
- Ingram, J., & Maye, D. (2020). What are the implications of digitalisation for agricultural knowledge? Frontiers in Sustainable Food Systems, 4, 66.
- Lema, T. Z., Tessema, S. A., & Abebe, F. A. (2016). Analysis of technical efficiency of rice production in Fogera District of Ethiopia : A stochastic frontier approach. Ethiopian Journal of Economics, 26 (2), 88–108.
- Malabo Montpellier Panel (2019). Byte by Byte : Policy Innovation for Transforming Africa's Food System with Digital

- Technologies. IFPRI.
- 松田明・白鳥清志 (2024) : エチオピア連邦共和国アムハラ州におけるコメ生産向上への取り組み—大規模展示活動を通じた普及と優良種子生産・供給体制の改善—. 国際農林業協力, 47 (2) : 29-37. 国際農林業協働協会.
- Ministry of Agriculture (MoA) & the Agricultural Transformation Institute (ATI) (2025). Ethiopia's Digital Agriculture Roadmap (DAR) 2032. Addis Ababa. Retrieved from <https://www.moa.gov.et/wp-content/uploads/2025/04/Digital-Agriculture-Roadmap-Ethiopia.pdf> (2025年10月26日確認).
- Muzari, W., Gatsi, W., & Muvhunzi, S. (2012). The impacts of technology adoption on smallholder agricultural productivity in sub-Saharan Africa : A review. *Journal of Sustainable Development*, 5 (8), 69-77.
- Saito, K., Six, J., Komatsu, S., Snapp, S., Rosenstock, T., Arouna, A., Cole, S., Taulya, G., & Vanlauwe, B. (2021). Agronomic gain : Definition, approach, and application. *Field Crops Research*, 270, 108193.
- Sali, A. N., Candia, A., Mapiemfu, D. L., Rakotomalala, V., Danbaba, N., Kulwa, K., Houssou, P., Mohammed, S., Jarju, O. M., Coulibaly, S. S., Baidoo, E. A., Moreira, J., & Futakuchi, K. (2021). Valuation of rice postharvest losses in sub-Saharan Africa and its mitigation strategies. *Rice Science*, 28 (3), 212-216.
- Schwab, K. (2019). *The Global Competitiveness Report 2019*. Geneva : World Economic Forum.
- Trendov, N., Varas, S., & Zeng, M. (2019). *Digital Technologies in Agriculture and Rural Areas – Status Report*. FAO, Rome.
- Vanlauwe, B., Coyne, D., Gockowski, J., Hauser, S., Huisling, J., Masso, C., Nziguheba, G., Schut, M., & Van Asten, P. (2014). Sustainable intensification and the African smallholder farmer. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 8, 15-22.
- Weersink, A., Fraser, E., Pannell, D., Duncan, E., & Rotz, S. (2018). Opportunities and challenges for big data in agricultural and environmental analysis. *Annual Review of Resource Economics*, 10 (1), 19-37. <https://doi.org/10.1146/annurev-resource-100516-053654>
- (*公益社団法人国際農林業協働協会・非常勤技術参与
**国際農林水産業研究センター・情報プログラムディレクター)



アフリカ稲作におけるドローン・GIS を用いた 圃場把握の事例

西野 俊一郎

はじめに

近年、農業分野では、ICT（Information and Communication Technology：情報通信技術）、AI（Artificial Intelligence：人工知能）そしてドローンなどのデジタル技術の導入が進み、それら技術によって得られた定量的な情報を圃場管理や営農判断に活用する取り組みが広がっている。ドローンはこうしたデジタル技術の中でも比較的認知度の高い手段である。今日ではドローン技術が国際協力事業、特に稲作分野の技術協力や技術研修の現場で利用された事例がある。本稿では、農業分野におけるドローン利用を概観し、続いて筆者が関与した事例を紹介し、国際協力事業における有効活用の可能性を考察する。

「ドローン」という名称は厳密な技術用語や法令用語として定義されているものではない

NISHINO Shunichiro : Application of Drone and GIS Technologies to Field Information Assessment in African Rice Production.

¹ GNSS：全球測位衛星システム。複数の人工衛星からの電波を利用して、地上の位置を測定する仕組みの総称。スマートフォンやカーナビで使われるGPSもGNSSの一種であり、ドローンでは機体の現在位置や飛行経路を把握し、同じ条件での自動飛行や位置情報付き画像の取得に用いられる。

² IMU：慣性計測装置。加速度や回転の変化を検出して、機体の傾きや動きを把握するためのセンサ。ドローンではGNSSと組み合わせることで、風などの影響下でも姿勢を安定させ、正確な飛行や撮影を行うことが可能となる。

く、一般にはUAV（Unmanned Aerial Vehicle：無人航空機）の通称として用いられている。UAVは人が搭乗せずに飛行する航空機全般を指す概念であり、固定翼型や回転翼型など複数の機体形式を含む。本稿では農業分野で一般的に利用されている小型または中型の民生・産業用途の無人航空機を指して「ドローン」と呼ぶ。ドローンは、機体本体とそれに付随するナビゲーション・姿勢制御センサ、カメラや各種センサ、ならびにそれを操作する地上局および制御ソフトウェアといった要素から構成される。GNSS（Global Navigation Satellite System）¹やIMU（Inertial Measurement Unit）²を用いた姿勢制御により、ドローンは自律飛行や同一経路での繰り返し飛行が可能である。そのため圃場を一定条件で面的に撮影・観測する用途に用いられている。農業分野における国際協力事業では、離着陸の容易さや運搬性、現地での取り扱いやすさから、回転翼型が選択される事例が多い。

農業分野におけるドローン利用は、目的に応じて大きくいくつかの類型に整理できる。1つは農薬や肥料、種子の散布であり、広く知られている。近年は散布装置を搭載した専用機体の実用化され、作業条件に応じて利用されている。もう1つの主要な用途は、リモートセンシングによる圃場状態の把握である。ドローンに搭載したカメラやセンサを用いて上空から圃場を撮影し、作物の生育状況や空

間的なばらつきを把握する。さらに、測量・マッピングや灌漑計画への応用という用途もある。ドローンによる空撮（機体を上空に飛行させ、地表を真上から連続的に撮影すること）から作成されるオルソ画像³やDSM (Digital Surface Model)⁴等は、圃場の形状や水路配置、高低差を面的に把握する手段として有効である。本稿では、この用途について述べる。

本稿で紹介するドローンの活用事例は、新規の技術開発や独自手法の提示を目的とするものではない。ドローン空撮やオルソ画像・DSMの作成は既に広く利用可能な技術であり、関連するマニュアルや事例も存在する。しかし、実務の現場ではその活用が必ずしも一般化しているとは言えず、調査や計画立案に十分活かされていない場面も少なくない。本稿では、筆者が関与した具体事例を通じて、そのドローン活用の実例を紹介する。

1. 農業分野におけるドローンを利用した現地情報取得方法の概要

農業分野の調査や計画立案では、現地状況に関する情報が体系的に整理されていないことが多い。農家や関係者への聞き取りは重要な出発点だが、農地面積や圃場条件が記憶や

感覚に基づく数値として語られ、後の検討段階で前提条件の修正を迫られる場合がある。筆者自身も聞き取りで得た数値と現地確認結果が一致せず、計画の前提を見直した経験を重ねてきた。衛星画像やGoogle Earth等による補完も一般的だが実務上の制約がある。高解像度衛星画像は取得コストが高いことが多く、雲の影響を受けやすい地域では必要な時期・場所の画像が得られない場合がある。公開画像も更新時期や解像度、データ形式の点で圃場区画の確認や計画検討に十分でないことがある。

こうした状況において有用なのがドローン空撮とオルソ画像・DSMを用いた地理情報の取得である。必要な範囲を必要なタイミングで撮影し、圃场面積、区画形状、高低差、水路・灌漑インフラの配置を短時間で面的に把握できる。ドローンによって取得されるオルソ画像やDSMは、必要な範囲をその時点で撮影した広域かつ高解像度の情報であり、現地の実態に近い数値として関係者間で共有し、計画立案の前提を確認する材料となる。

なお、ドローンによる情報取得では、撮影の目的や現地の制約に応じて飛行範囲、高度、解像度、撮影時期、解析方法をあらかじめ設計する必要がある。例えば、広域を対象に機械化や土地改良の可否を検討する場合には、地区全体を一体として把握できる範囲設定と、地形の起伏を読み取れる解像度が求められる。一方、小規模で条件の異なる圃場が点在する地域では、個々の区画形状や進入経路、周辺地形との関係を確認できる撮影計画が必要となる。

2. アフリカ稲作圃場における利用事例

以下では、筆者が関与した2つの事例を紹介

³ オルソ画像（正射画像）。ドローンや航空機で撮影した複数の空中写真について、カメラの傾きや地形による歪みを補正し、位置関係を正しく揃えたうえでつなぎ合わせた平面画像。地図と同様にGISソフト上で距離や面積を測ることが可能であり、圃場区画の形状、水路や農道の配置を面的に把握・整理するための基礎資料として利用される。

⁴ DSM：デジタル地表面モデル。地面や作物、建物など、地表に存在するものの高さを含めて表した三次元の地形データ。ドローン空撮画像から作成することで、圃場内の高低差や水の流れやすい方向を面的に把握することができ、圃場整備や水管理の検討に役立つ。

介する。1つは、比較的広い面積を対象に均平状況や機械作業の可否を把握する研修の事例、次は、谷内田を含む小規模圃場が点在する地域で現地情報整理にドローンを用いた事例である。

1) タンザニア農業機械化研修

(1) 研修の概要とドローン導入の目的

筆者は、タンザニアで実施された独立行政法人 国際協力機構 (JICA)「コメ振興及び普及・研修システム強化に向けた情報収集・確認調査 (TANRICE2.5)」において、農業機械分野の2022年 ToT (Training of Trainers: トレーナー育成研修)を担当した。本 ToT は、農業機械の導入・運用・維持管理に関する技術を地域の農業技術者に伝達することを目的とし、圃場整備、収穫、収穫後処理の3分野を中心に講義と実習で構成した。なお、ドローンの導入は既定の研修内容には含まれていなかったが、筆者が研修の一環として組み入れたものである。既存の研修では扱いにくかった「圃場の状態を面的に把握する手段」を補うことを意図し、圃場整備や灌漑施設配置、均平作業の計画において、現地踏査や簡易測量に依存していた判断を地形情報に基づいて再点検できるかを確認することを目的とした、圃場配置や地形勾配、水路配置といった圃場条件を面的に把握しうる手段として、ドローン利用の有効性を確認できると考え、研修の一環として筆者が組み入れた。

研修地は、タンザニア北東部タンガ州コログウェ県の Mombo 灌漑地区であった。その面積は約 220ha で、農民組織が主体となって稲作を行っていた。圃場は比較的まとまっている一方、微地形の起伏があり、灌漑水の流下・滞留や圃場内高低差が作業効率や生育

に影響していることが現地関係者から指摘されていた。そこで本 ToT では、機械操作技術に加えて、圃場での効率的な機械作業を実施することを目的としたドローン空撮と地理情報データ作成を行い、その結果を研修生に紹介した。研修参加者からは撮影方法や画像解析手順について具体的な質問が寄せられ、より詳細な技術内容を学びたいとの意向が示された。また、現地研修機関としても今後の研修内容への組み込みを検討したいとの意見があり、関連する技術情報に接する機会が限られていることから、資料提供を求められ、後日共有した。

(2) データ取得と画像解析方法

以下に具体的な圃場情報取得方法を記す。タンザニアでは無人航空機の飛行に許可と操縦ライセンスが必要で、外国人が取得するには時間的・金銭的負担が大きい。そこで、本試行では筆者が操縦せず、国内でライセンスを保有し空撮業務を行う個人事業者に飛行を委託した。撮影目的、飛行計画、取得データの利用方法は筆者が設計し、「どの範囲を、どの高度で、どの解像度で撮影すれば、圃場整備や灌漑計画に利用可能な情報が得られるか」を明確にしたうえでその事業者に依頼した。

使用機体は DJI Mavic 2 Pro を用い、飛行計画の作成と機体への指示には iPad 用アプリ DJI GS Pro を用いた。撮影対象は Mombo 灌漑地区東部の約 100ha であり、小型マルチコプターでは、バッテリー容量の関係から一度に撮影可能な上限があるために、計3回の自動航行による連続撮影を行い、約 1000 枚の JPEG 画像を取得した。

PC 上での画像処理にはオープンソースの

OpenDroneMap (ODM) を用いた。連続静止画から SfM (Structure from Motion)⁵により三次元形状を推定し、オルソ画像や DSM を生成できる。本試行では地上基準点 (GCP) を設置・測量できなかったため、位置精度は GNSS に基づく相対的なものにとどまった。算出された GSD (Ground Sampling Distance)⁶ は約 10cm で、水路、圃場境界、圃場内の凹凸を視認するには十分な解像度であった。生成したオルソ画像と DSM は QGIS⁷ に読み込み、背景として Google Earth の衛星画像と重ね合わせて表示した。Google Earth の画像は商用衛星画像や航空写真を組み合わせたモザイクであり、撮影時期や提供元は地域ごとに異なる。解像度も一律ではなく、一般に数十 cm から数 m 程度まで幅があるとされる。そのため、圃場境界や小規模水路、畦畔などの細部の視認性は、本試行で得た約 10cm のオルソ画像の方が高かった。必要な時期に、より細かな単位で状況を確認できる点を研修参加者に示した。

⁵異なる位置や角度から撮影された複数の写真を用いて撮影対象の三次元的な形状とカメラの位置関係を推定する画像解析手法。ドローンで連続的に撮影した空撮画像を用いることで、地表や作物、構造物の形状を立体的に再現し、オルソ画像や DSM などの地理情報データを作成する基礎技術として利用されている。

⁶GSD：地上解像度。画像上の 1 画素が地上でどれくらいの大きさを表しているかを示す指標。GSD が 10cm の場合、画像上の 1 点が地上約 10cm 四方に相当する。

⁷地図や空間情報を表示・編集・分析するためのオープンソースの GIS (地理情報システム) ソフトウェア。ドローンで作成したオルソ画像や DSM、衛星画像、既存の地理情報データを重ね合わせて表示することができ、圃場区画の整理、面積算出、位置関係の確認などを行うための基本的な作業環境として利用されている。

(3) オルソ画像による圃場の面的把握

図 1 は空撮に先立って作成した飛行計画画面である。撮影範囲、飛行高度、画像の重複率などのパラメータを入力すると、それに基づいて自動航行の飛行経路が生成される。本図は、その設定結果として表示された飛行経路を示したものである。Mombo 灌漑地区東部の約 96ha を対象範囲とし、南北に細長く連続する複数圃場と灌漑水路が一体となる区域を設定した。約 3.5cm/px 程度の解像度を目指し、圃場境界・水路・畦畔の確認と相対的凹凸の把握を目的とした。飛行距離約 14.7km、25 本の飛行ラインが自動設定され、対象範囲を面的に把握する計画となった。

図 2 は図 1 の計画に基づいて得られた空撮画像情報から作成したオルソ画像である。対象範囲の圃場群が一体として可視化され、圃場区画、畦畔、農道、水路を明瞭に確認できる。現地踏査や聞き取りでは地区全体の配置や連続性を把握しにくい、オルソ画像により面的把握が可能になった。圃場ごとの色調差も確認できる。この色調差は耕作／不耕起、播種・移植時期の違い、生育段階の差、施肥（特に窒素施用）の時期や量、さらには湛水の有無や水深の違いなどを反映している可能性がある。例えば、代掻き直後から、播種・移植～収穫までの時期で地表の色や植生の被覆状況が異なり、画像上で明瞭な差として現れる。同一地区内でもこうした営農段階での違いが存在することが視覚的に把握できる。そのため、圃場整備や機械作業、収穫作業を地区一律の前提で計画するのではなく、条件ごとの対応を検討する必要性を示唆する。既存の衛星画像は撮影日を利用者が選択できるとは限らず、地域によっては更新間隔が長い場合や、雲の影響で利用できない場合もある。

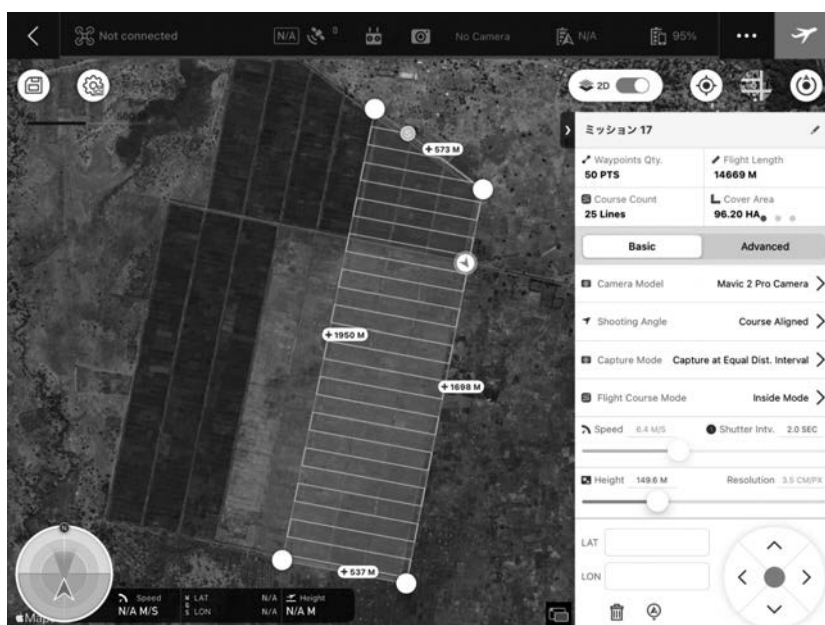


図1 DJI GS Pro による飛行計画⁸の画面



図2 本試験で作成したオルソ画像
GIS ソフト、QGIS 上で表示。背景は Google Earth。

⁸ 本図は飛行経路のみを示すことを目的としたものではなく、撮影範囲や解像度、重複率などの設定を含めた飛行計画全体の構成を示すことを意図して掲載している。印刷時には細かな数値の判読は困難であるが、実際にドローンによる自動航行撮影を行う際には、これらのパラメータ設定と経路生成が一体として設計される。飛行計画画面全体を示すことで、撮影条件の設計過程そのものを読者と共有することを目的とした。

また、同一地区が必ずしも同一日に撮影されているとは限らない。その点、ドローンでは調査や計画検討を行う時点で対象区域を設定し撮影できるため、畦畔や水路の位置関係を高解像度で把握できるだけでなく、検討時点に即した実態データを取得できる。

(4) DSM による高低差・凹凸の可視化

図3は図2と同範囲のDSMである。標高約410mと412mとの間を色分けし、相対的高低差を可視化している。一見平坦に見える水田地帯でも、圃場区画をまたいだ緩やかな勾配が存在することが分かる。地区全体として南から北に標高が低くなっており、水の流下方向を面的に把握できる。畦畔・農道・水路は線状の高まりや段差として現れ、オルソ画像上で確認した区画配置が実際にどのような

な高低差を伴っているかを具体的に示す。例えば、畦畔が視覚的な境界であるだけでなく、機械の進入を妨げる段差となり得ることや、水路沿いに局所的な落差があることが読み取れる。

圃場単位ではなく灌漑地区全体を一体として捉えることで、均平作業における土の移動方向（高い地点から低い地点へ）や必要となる移動量の概略を検討できるほか、耕うん機、トラクター、コンバインハーベスター等の進入経路や退出経路の選定、作業中の横転リスクのある箇所把握など、機械作業計画上の留意点を整理する材料となる。

図4は作成したオルソ画像の一部を拡大してGoogle Earth画像と比較したものである（中央の斜線が両画像の境界を示す）。Google Earthは商用衛星画像や航空写真を組み合わ

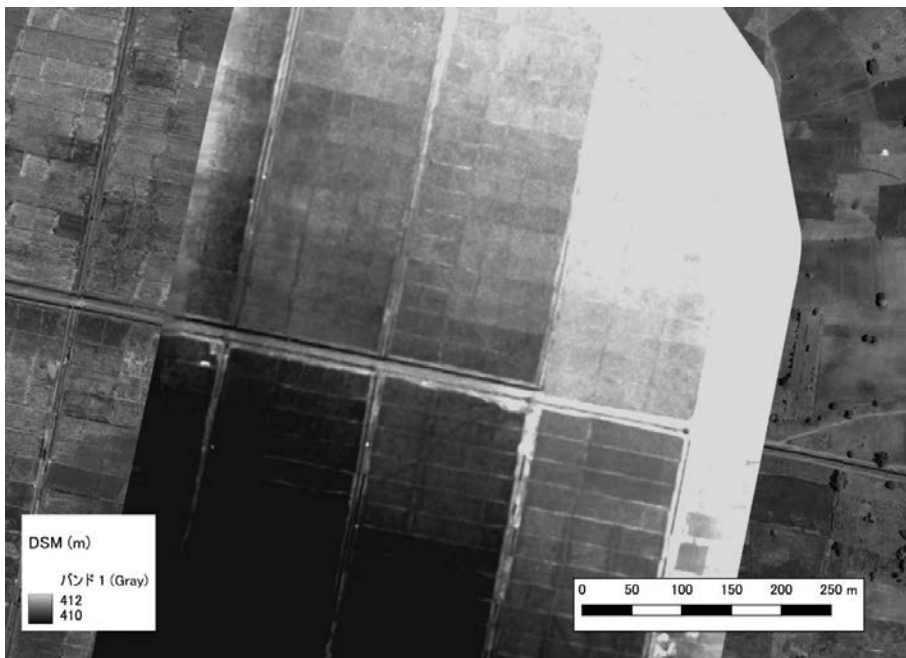


図3 本試験で作成したDSMの表示例
図2と同一範囲を解析した。



図4 オルソ画像（左側）と Google Earth 画像（右側）の比較
中央の斜線が両画像の境界を示す。

せたもので、地域や撮影時期によって解像度は異なるが、一般に数十 cm から数 m 程度の幅がある。一方、本試行で得たオルソ画像の GSD は約 10cm であり、1 ピクセルが地上約 10cm に相当する解像度である。この差により、畦畔の連続性や農道の幅員、水路の細かな屈曲部、小規模な溜水箇所などの視認性に明確な違いが生じる。

また、Google Earth の画像は撮影時期を利用者が自由に選択できるものではなく、雲の影響や更新間隔の制約を受ける場合がある。これに対し、ドローン空撮では調査や計画検討を行う時点で対象範囲を設定し撮影できるため、その時点の圃場状態を反映したデータを取得できる。本事例では、水路内の湛水状況や圃場ごとの生育段階の違いが画像上で確認でき、地区内で作業進捗や水管理条件にばらつきが存在することが可視化された。これにより、機械進入経路の選定や排水計画、収穫時期の調整といった具体的な作業

検討について、関係者間で同一の情報を基に議論することが可能となる。

図5はDSMを詳細表示した例である。高さ情報に沿った色分けと等高線により、地形と圃場内の高さの違いを把握できる。DSMは地表面と植生上端を含む表面モデルであり、その観測データはGISソフト上ではcm単位の差異も表現される。本図で確認される微細な凹凸には、地形起伏に加えて植生の高さの影響が含まれている可能性がある。近年、UAV空撮画像からSfM処理により生成したDSMと地表面モデル（DTM）との差分を用いて、イネを含む作物の草丈を推定する研究が報告されている⁹。本事例では裸地状態でのDTM取得や実測草丈との照合は行っていないため、草丈を定量的に推定するものではない。しかし、もし事前に地表面モデルを取得し差分処理を行えば、高さ情報から植生高をより精度高く抽出することは技術的に可能であると考えられる。本図は、目視では把握



図5 図3の一部拡大図。水路北側の生育中水田区画のDSM表示例
地形差に加えて植生による高さの影響が反映されていると考えられる。

しにくい生育差や凹凸の空間的分布を数値情報として確認できる例として示したものである。実務において利用する場合には、DSM値に地形と植生が混在していることを前提とし、地上確認や他の指標と併用して慎重に解釈する必要がある。

図6は図4の一部の凹凸情報である。国立

研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構（農研機構）が公開している「ドローンを用いたほ場計測マニュアル」¹⁰を参考にして作成した。DSMを基に相対的高低差を可視化することによって、圃場整備前後や作業中の凹凸を直感的に把握できる。本事例ではToTの圃場整備実技に合わせて事前に一度だけプラウをかけた圃場を対象とした。凡例単位はmだが実際の高低差は概ね10cm程度で、赤（高い）と青（低い）の分布から、どこを削りどこへ移動させるべきかを視覚的に確認できる。均平作業の参考資料としてだけでなく、作業前の条件共有や作業後の確認にも有効である。日本における従来の均平作業では、代掻き時に浅く湛水して水面から露出した部分を基準として土壌を移動させる方法が知られている。この方法は安価かつ迅速であるがアフリカの天水低湿地稲作や水供給が不安定な灌漑地区では必ずしも望む時期に十分な湛水状態を確保できるとは限らない。

⁹ 次の3報が報告されている。

張可, 辻修, 山崎由理, 星山賢一, 岡澤宏 (2020). 小型 UAV 空撮画像による DSM データを用いた作物の草高推定—生育形態が異なる作物の草高推定式の比較検討—. 農業農村工学会大会講演要旨集, 2020 年度 (第 69 回), 313-314.

Xie, Q., Dash, J., Rossini, M., *et al.* (2021). Estimation of crop height in wheat combining UAV-based digital surface model and vegetation index. *Computers and Electronics in Agriculture*, 184 : 106104.

Muangprakhon, R., *et al.* (2021). Estimating rice plant height using UAV-based digital surface model. *Remote Sensing*, 13, 3479.

¹⁰ https://www.naro.go.jp/publicity_report/publication/pamphlet/tech-pamph/080528.html (2026 年 2 月 13 日閲覧)。

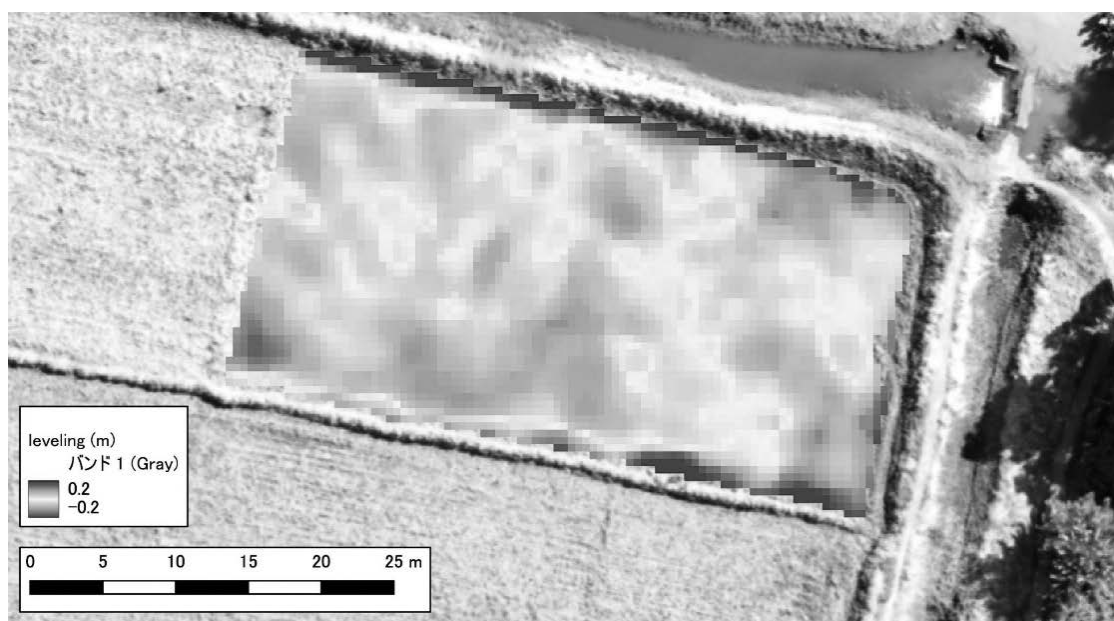


図6 農研機構のマニュアルを参考にして作成した凹凸情報

ToT で圃場整備の実技指導を行うために事前に一度だけプラウをかけた土地を対象とした。標高の高低は濃淡で示されている。圃場外縁部および右側が相対的に高く、左下端が低い。また中央部にも局所的な盛り上がりが見られる（原図はカラーで、赤が高く、青が低い配色となっている）。凡例の単位は m だが、圃場内の高さの差は 10cm 程度。

そのため、水を入れる前の乾田状態で圃場全体の高低差を把握できることは施工計画の立案や作業順序の検討において有用である。DSM を用いた凹凸可視化は圃場 1 枚の中でどの部分に土が多く、どの部分が不足しているかを面的に把握できるため、トラクターや人力による土壌移動を事前に計画する材料となる。また、作業前後の状態を同一基準で比較できる点も利点である。

（５）研修事例から得られた示唆

本事例を通じて、ドローン空撮と画像解析は、現地の状況を面的あるいは立体的に可視化し、関係者間で共有可能な情報として整理する手段であることが確認された。圃場整備や機械化の検討では数値の絶対精度のみなら

ず圃場配置、高低差、水管理条件といった複数の要素を一体として理解することが重要である。約 100ha 規模の圃場群を対象にオルソ画像と DSM を作成したことで、地区全体の構造を俯瞰的に把握でき、現地踏査や聞き取りでは断片的になりがちな情報を整理したうえで議論を進めることが可能となった。特に、作業前の段階で圃場の現況を客観的に示せることは、均平作業や機械作業導入の可否を検討する際の説明資料として有効である。空撮時点の状況を共有することで、「どこで、どのような条件のもとで判断しているのか」を明確にでき、関係者間の認識のずれを小さくする効果がある。

2) ガーナ農村コミュニティ調査事例

(1) 調査の目的と位置付け

タンザニアの研修事例は、比較的まとまった灌漑地区を対象に、地区全体を面的に把握し機械化や均平作業の検討に活用したものである。一方、ガーナの調査地は、谷地形に沿って小区画が分散する圃場構造であり、営農条件や地形制約もタンザニア事例とは大きく異なる。このように条件が大きく異なる環境において同じドローン手法を適用した場合、得られる情報の性質や有効な活用場面は必ずしも同一ではない。ここでは両事例を対比することで、ドローン空撮と画像解析の適用範囲と限界をより具体的に示すことを目的とする。

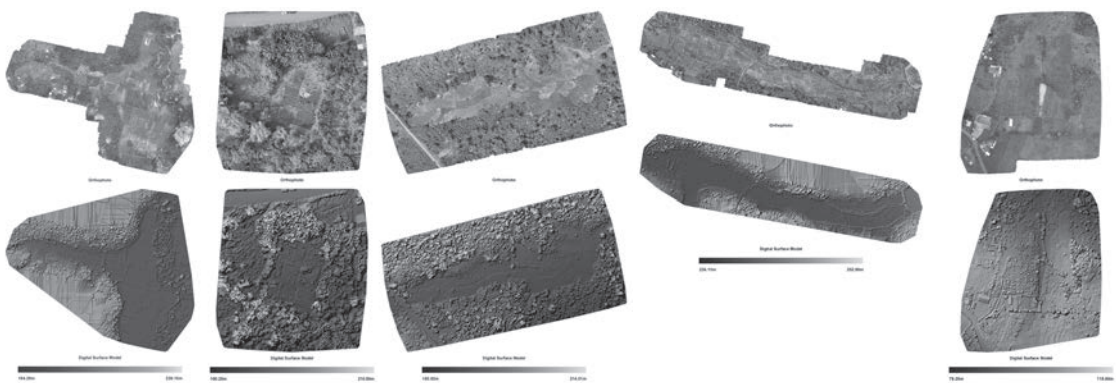
ガーナ事例は研修や均平作業を主要目的としたものではなく、JICA「ガーナ国 ICT を利用した小型精米ユニット導入による国産米高付加価値化推進案件化調査」¹¹の一環として、稲作農家の営農実態、流通条件、精米を

巡る課題を把握する中で実施した。ドローン空撮は、圃場分布や地形条件を整理し、踏査や聞き取りだけでは見えにくい全体像を確認する補助手段として2022年11月に試行したものである。

(2) 撮影条件と取得データの概要

空撮にあたっては、現地カウンターパートおよび関係者に目的と取得情報の内容を説明し、理解と許可を得た。取得したデータは、精米業に関する案件化調査の一環として稲作概況を把握する目的で収集したものであり、公表を前提として調査・取得したものではない。以下では、空撮結果に基づき複数圃場を整理し、タンザニア事例とは異なる条件下で、ドローン由来情報が、圃場形状や地形制約を把握するための補助手段としてどのように活用できるかを検討した(図7)。

図7は、ガーナ・アシャンティ州の谷内田稲作圃場について作成したオルソ画像と



圃場1

圃場2

圃場3

圃場4

圃場5

図7 ガーナ アシャンティ州の谷内田稲作圃場のオルソ画像(上)とDSM(下)
オルソ画像の面積は、それぞれ94.83ha(圃場1)、0.91ha(圃場2)、20.86ha(圃場3)、
102.05ha(圃場4)、15.62ha(圃場5)。

¹¹https://openjicareport.jica.go.jp/841/841_512_1000051855.html、2026年2月13日閲覧。

DSM である。空撮と解析の手法はタンザニア事例と同様で、市販の小型ドローンを用いて飛行計画に基づく自動航行で撮影し、取得した JPEG 画像からオルソ画像と DSM を作成した。調査期間中に 6 ヶ所の圃場を訪問したが、1 ヶ所では安定したモバイル通信環境が確保できず、飛行計画の同期や自動操縦ができなかったため空撮を実施していない。結果として、本稿で扱うデータは 5 ヶ所分である。対象面積は 1 ha 未満から 100ha まで幅があり、撮影枚数も地点あたり約 150 ～ 530 枚程度と対象範囲に応じて差があったが、いずれもオルソ画像と DSM の作成が可能で、圃場配置と地形条件を面的に把握する基礎情報が得られた。

(3) 圃場形状と機械化条件の整理

5 ヶ所は稲作という点では共通するが、面積・形状・周辺環境のばらつきが大きい。圃場 1 と圃場 4 はそれぞれ約 95ha、約 100ha と広いが、単一の整形圃場ではなく、谷地形に沿って細長く連なる小区画の集合体であり、かつ小規模ながら灌漑地であることがオルソ画像から確認できる。圃場 2 は約 1 ha 未満の小規模で個別農家レベルの圃場であった。圃場 3 (約 21ha) と圃場 5 (約 16ha) は中規模だが、複数の小区画が連続する形状で、一体の作業単位として扱うことは容易ではないと考えられた。面積の大小のみで機械化の可否を判断するのではなく、耕うん機やトラクター、コンバインハーベスターの導入を検討する際には、区画サイズ・形状や連続性に加え、進入路や農道の有無、水路配置、圃場内の勾配、排水状況や安全性などの条件が大きく影響する。オルソ画像と DSM は、これらの条件を面的に把握する手段となる。

オルソ画像上では、正方形や長方形といった機械作業を前提とした整形区画は多くない。圃場 3 および圃場 5 では、谷地形に沿って細長く形成され、畦畔も直線ではなく曲線的に配置されている。このような区画形状では、トラクターやコンバインでの作業時に旋回回数が増加して作業効率が低下する可能性がある。また、区画の幅が不均一である場合、作業機幅を十分に活かせない区間が生じる。圃場 2 は面積こそ小さいが DSM から周辺地形との段差が確認でき、進入路も限定的である。機械の搬入・搬出経路が確保できない場合や段差を越える必要がある場合には耕うん機であっても安全性の観点から制約が生じる。特に傾斜方向によっては横転リスクが高まり作業可能範囲が限定される可能性がある。一方、圃場 1 および圃場 4 は面積が比較的大きく区画もある程度整理されている。特に圃場 4 では農道の存在が確認でき、機械の進入・退出経路を確保しやすいことから、中～大型機械の導入も検討対象となり得る。また、DSM に見られる谷地形に沿った勾配や低地部の存在は水分が滞留しやすい区域を示唆しており、収穫期における地盤の軟弱化や重量機械の沈下リスクを考慮する必要がある。このように機械化の可否は面積のみで判断できるものではない。区画形状、区画の連続性、進入路幅、地形勾配、排水条件、安全性といった複数の要素を総合的に評価する必要がある。オルソ画像と DSM はこれらの条件を事前に可視化し、機械導入の現実性や作業計画を検討するための基礎情報を提供する。

(4) 地形条件と水管理の制約

DSM では圃場内の数 cm 単位の凹凸より

も谷地形に沿った圃場間および周辺斜面との高低差に着目したい。特に圃場5では谷底部が南北帯状に連続して低く表示され、その両側に斜面部が立ち上がる構造が確認できる。これは、圃場が自然の集水地形に沿って形成されてきたことを示唆している。圃場1においても圃場西側にかけて勾配が連続しており、地形傾斜が地区全体の水の流れを決めている様子を読み取れる。これは、タンザニア事例で見られた比較的均一な緩傾斜とは性質が異なる。このような地形条件のもとでは、水管理は区画ごとに人工的に制御する対象というよりも、谷地形の自然な高低関係に沿って行われている可能性が高い。そのため、均平作業や灌漑整備を検討する際にも、圃場内の微細な凹凸のみを対象とするのではなく、地区全体の地形構造を前提とした検討が求められる。

(5) ガーナ事例から得られた含意

上述したガーナ事例では踏査や聞き取りだけでは把握しにくい圃場分布、地形勾配、谷底部への集水状況、進入路幅、農道配置といった条件を面的に整理し、それらが機械導入や営農改善を検討するうえでどの程度制約となるのかを関係者間で共有する材料となることを確認した。たとえば、圃場間の高低差が大きい区域では重量機械の導入に安全面の懸念が生じ、進入路が限定される区域では機械の搬入自体が制約となる。また、谷地形に沿っ

て水が集まりやすい圃場では、収穫期の地盤条件が機械作業の可否を左右する。このような地形・アクセス・排水条件が、その地域で営農改善を進める際の主要な制約要因となり得る。小規模で不整形な圃場が点在し、地形や物流条件の影響が大きい地域では、ドローンは「どの条件が改善の前提となるのか」「どこに無理があるのか」を整理するための調査手法として機能する。本稿ではこの観点から、整形化された灌漑地区を対象としたタンザニア事例と対比させ、同一手法でも得られる意味合いが異なることを示した。

おわりに

一部の国や地域では、ドローンはすでに特別な技術ではなく、調査や記録を補完する一般的な道具として利用されている。重要なことは空撮そのものではなく、得られた情報をどのように分析・判断、そして関係者との合意形成に使うかである。国際協力事業においてもドローン導入を目的化すべきではなく、他の手段と比較したうえで位置付けを整理し、条件が整えば「当たり前に使われる道具」として扱うことが望ましい。ドローンは万能ではないが、適切に使われることで情報の取得と共有の選択肢を広げる手段となり得る。

(公益社団法人国際農林業協働協会
主任研究員)



ウガンダにおけるバナナのフザリウム萎凋病の 分布と発生状況

パトリック オドンゴ (訳 新田 直人)

はじめに

ウガンダ共和国 (以下、ウガンダ) はサハラ以南アフリカ地域において、全てのバナナ品種 (*Musa* spp.) の生産量で首位を占める (FAO 2022)。バナナはウガンダの食用作物生産量の中でも首位を占め、食料安全保障と小規模農家 (その 77% が女性) の収入源を確保している。食料需要の高さから、ウガンダでは農村部におけるバナナ生産が増加傾向にある。バナナ生産に伴う便益には、必要性の高い雇用創出、安定した収入、栄養供給、および農業工業用原料 (例: 耐性緑色デンプン [Liang *et al.* 2024] および繊維 [Adeniyi *et al.* 2019]) などがある。国内のバナナ生産は主に小規模農家 (農家全体の 90% 以上) によって行われており、農村部における平均耕作面積は 1.0ha 未満である (Nyombi 2013)。バナナはウガンダ第 3 次国家開発計画 (NDPⅢ、2020/21~2024/25 年) において重点作物として位置づけられており、健全な食料安全保障を備えた上位中所得国を目指

す「ウガンダ・ビジョン 2040」達成に貢献する主要農作物である (Uganda National Planning Authority 2020)。

ウガンダで栽培されるバナナの種類には、①東アフリカ高地バナナ (East African Highland Banana (EAHB)、ゲノム型¹は AAA 型、地元でマトウーケ (Matooke) と総称されるバナナ) に加えて、②プランテン (plantain、ロースト・ボイル・調理用、例: ゴンジャ (Gonja))、③デザートグループ (AA/AAA 型、例: スカリ・ンディジ (Sukali Ndizzi)、ボゴヤ (Bogoya))、④ジュース (AAB 型、例: カインジャ (Kayinja))、⑤キャベンディッシュグループ (AAA 型、例: ウィリアムズ (Williams)) および⑥改良ハイブリッド (例: 導入された FHIA 種 (AAA 型) など) がある (Karamura 1997) (それぞれの利用法は表 1 を参照)。

しかしウガンダのバナナ生産は、多くの非生物的・生物的要因によって制約されている。主要な非生物的要因には土壌肥沃度の低さと干ばつがある。現在の主な生物的要因にはゾウムシ (*Cosmopolites sordidus*)、センチュウ (*Radopholus similis*、*Pratylenchus goodeyi*、*Helicotylenchus* 属、*Meloydegynae* 属)、黒斑病 (*Mycosphaerella fijiensis*)、キサントモナス萎凋病 (*Xanthomonas campestris* pv. *musacerum*)、フザリウム萎凋病 (*Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* (FOC))²が挙げら

ODONGO, Patrick Jacob : Panama Disease (Fusarium Wilt) of Banana in Uganda : Situation, Response, and Way Forward.

¹ (訳注) バナナのゲノムは主に 2 つの野生種のゲノム (A ゲノム: ムサ・アクミナータ (*Musa acuminata*) ならびに B ゲノム: ムサ・バルビシアナ (*Musa balbisiana*)) の組合せで構成されている。ゲノム型はバナナ品種を特徴づける指標として利用される。

表1 ウガンダにおける主要バナナ品種の利用法

グループ／サブグループ	主要な品種／栽培品種	利用法
1 東アフリカ高地バナナ (East African Highland Banana ; EAHB)	マトゥーケ (Matooke) として食用に供される在来バナナである。	未熟な青い果実を皮むきし、果肉を蒸したり、茹でたり、加熱調理して利用する。 一部の品種、特に果指が大きいものは、青い未熟果を焼いてスナックとして食べられる。
2 ハイブリッド	マトゥーケ ハイブリッド 食用として改良されたハイブリッドバナナで、害虫・病害やその他の栽培上の問題に強いとため、一般に在来系統よりも好まれている。	・ 蒸す／調理する／茹でる。 ・ 未熟な青い果実を皮むきし、果肉を蒸したり、茹でたり、加熱調理して利用する。 ・ 多くのハイブリッド・マトゥーケバナナは用途が多目的で、菓子用の粉に加工したり、追熟させてジュースを作ったりすることもできる。
3 東アフリカ高地バナナ	ムビッデ (Mbidde) ／ムビーレ (Mbiire) ジュース、特にアルコール飲料に加工される在来地元バナナ。	・ 完熟した果実は生食用（テーブルバナナ）として食べられ、菓子類やジュースの加工にも利用される。 ・ さまざまな焼き菓子や製菓製品を作ることができる。
4 ハイブリッド	ムビッデ／ムビーレ ハイブリッド ジュース、特にアルコール飲料の加工に適した改良ハイブリッドバナナだが、通常は多用途に利用できる。害虫や病害、その他の栽培上の制約に対してより優れた耐性を示すため、一般に在来系統よりも好まれる。	・ 果実を追熟させてからジュースを搾り、清涼飲料やアルコール飲料の製造に利用する。 ・ さまざまな焼き菓子や製菓製品を作ることができる。 ・ 繊維は布地、ロープ、ドアマットなどの材料として利用される。
5 プランテン (Plantain)	ゴンジャ (Gonja) キヴヴ (Kivuuvu / Kivuvu) ブルーゴー (Bluggoe)	果実は、完熟させてから、ローストする、茹でる、調理する、揚げる、チップス／クリスピー加工するなどして利用する。 果実は、完熟させてから調理する、茹でる、または揚げるなどして利用する。 果実は、完熟させてから調理する、茹でる、または揚げるなどして利用する。
6 デザート (Dessert)	ボゴヤ (Bogoya) ンディジ (Ndiizi) キャベンディッシュ (Cavendish)	果実は小ぶりで、生食用として完熟果肉を食べるほか、菓子類やジュースの加工にも利用される。 果実は大きめのテーブルバナナで、完熟した果肉を生食するほか、菓子類やジュースの加工にも利用される。 果実は大きめのテーブルバナナで、完熟した果肉を生食するほか、菓子類やジュースの加工にも利用される。

出所：筆者作成。和訳は訳者による。

れる。最近の調査では、黒斑病と FOC レース 1 がバナナにとって最も重要な病害であり、それぞれ最大 50% および 100% の収量損失を引き起こす可能性がある」と報告されている。

ウガンダでは FOC のレースのうちレース 1 のみが確認されており、致死性の高い（壊滅的な）レース 4 の存在は現時点で否定されている。東アフリカ高地バナナ（在来のマトウーケバナナ）、その他の導入種キャベンディッシュおよびハイブリッドはウガンダでは FOC レース 1 に対して耐性を示し、グロス・ミシェル（Gros Michel-AAA 型）に属するボゴヤ（Bogoya）、スカリ・ンディジ（Sukari Ndizzi-AA/AAB 型）、ピサン・アワク（Pisang Awak-ABB 型）の 3 種類のみが感受性である（表 2）。

これら 3 種類のバナナはデザート用やジュース原料として人気がある。ただし、一部のデザート用・ジュース用・焼きバナナ用品種は FOC レース 1 に対する耐性が確認されており、以下が含まれる：キャベンディッシュ亜群（ウィリアムズ-AAA 型、グランドナイン（Grand Nain）-AAA 型）、ブルーゴー（Bluggoe）亜群（キヴヴ（Kivuvu）、サバ（Saba）、カルダバ（Cardaba）、プロセムサ

（Burocemsa））、ハイブリッド（FHIA's）、プランテン亜群（ゴンジャ）、そしてヤンガンビ KM5（イボタバタ（Ibotabota））。これらは全て導入品種である。

前述のように、東アフリカ高地バナナ（在来のマトウーケバナナ）は FOC レース 1 耐性が知られている。しかし 1996 年、（後に異なる病原体であると確認されたが）ウガンダ南西部でマトウーケバナナに同レースと極めて類似した萎凋病が発生したと報告された。それ以降、ウガンダ全土の複数の地域で数多くのバナナ萎凋病が報告されており、特に他の糸状菌や細菌の萎凋病原体に侵されたプランテーション（大規模農園）で発生が確認されている。多くの地域で、農民はフザリウム萎凋病の発生や被害程度がキサントモナス萎凋病などの他の萎凋病の存在と関連していると考えている。これにより、FOC レース 1 以外のレースを含む未報告病害の可能性に関する疑問が数多く提起され、全国的な調査を実施する必要性が浮上した。その目的は、現在の病害状況と被害規模の把握、病原体と他病害との関連性の解明、ならびにウガンダ国立農業研究機構（National Agricultural Research Organisation : NARO）および農業畜産水産省（Ministry of Agriculture, Animal Industry and Fisheries : MAAIF）の現行体制下における病害管理対策の効果の評価である。

フザリウム萎凋病害はウガンダ全土に広く蔓延し、発生率と被害程度の両面で着実に増加しており、一部地域ではプランテーションを壊滅させているにもかかわらず、対策はほとんど講じられていない。

²（訳注）フザリウム萎凋病はパナマ病とも呼ばれる。本稿ではその病原菌を FOC と略称する。バナナを侵す本菌のレースには 1, 2, SR4 ならびに TR4 があり、宿主とするバナナの品種が異なる。筆者は「3. 病原体の多様性」の項で詳述している。

³（訳注）ウガンダではスイートバナナが小型のデザートバナナであるスカリ・ンディジ（Sukali Ndizi）（desert banana）を指すことが多い。また、この品種は FOC のすべてのレースに感受性である（表 2）。したがって、この段落は、「FOC 感受性品種を栽培する農場の発病率が極めて高い。」との意であると解釈できる。

表2 ウガンダにおける主要バナナ品種の FOC に対する反応

亜群／品種	地域名	ゲノム型	FOC に対する反応性			
			レース 1	レース 2	レース S4	レース T4
東アフリカ高地バナナ亜群 (East African Highland Banana ; EAHB)	マトウーケ (Matooke)	AAA	抵抗性			感受性
プランテン (Plantain) 亜群	ゴンジャ (Gonja)	ABB	抵抗性*			感受性
ブルーゴー (Bluggoe) 亜群	—		抵抗性	感受性		感受性
キヴヴ (Kivuvu)			抵抗性			感受性
サバ (Saba)		ABB	抵抗性			感受性
カルダバ (Cardaba)			抵抗性			
プロセムサ (Burocemsa)			抵抗性			
ヤンガンビ (Yamgambi) 亜群						
ヤンガンビ KM5 (Yamgambi KM5)	Ibota/ Ibotabota/ Ibota Ibota	AAA	抵抗性			
グロス・ミシェル (Gros Michel) 亜群	ボゴヤ (Bogoya)	AAA				
グロス・ミシェル (Gros Michel)			感受性			感受性
AAB デザート亜群						
スカリ・ンディジ (Sukali Ndizzi) (国際的にはアップルバナナと呼ばれる)	スイートバナナ (Sweet banana)	AAB **	感受性	感受性	感受性	感受性
AA デザート亜群		AA				
ピサン・マス (Pisang Mas)						感受性
キャベンディッシュ (Cavendish) 亜群	—		抵抗性	抵抗性	感受性	感受性
ドワーフキャベンディッシュ (Dwarf Cavendish)						
グランドナイン (Grand Nain)		AAA	抵抗性			
ジャイアントキャベンディッシュ (Giant Cavendish)						
ウィリアムズ (Williams)			抵抗性			
ピサン・アワク (Pisang Awak) 亜群	カインジャ (Kayinja)	ABB				
ピサン・アワク (Pisang Awak)			感受性			

* (訳注) 罹病性とする報告もある。

** (訳注) 本文 p. 32 では AA/AAA、p. 34 では AA/AAB とされている。

出所：訳者が本文記載の品種を主として大東宏 (2000 年) に従って分類し、本文記載の FOC に対する反応性をまとめた。

写真1 フザリウム萎凋病 (FOC) レース 1 に罹病したバナナの葉 (左) と果実 (右)
(訳者提供、ラオス国セコン県にて 2022 年 11 月 10 日撮影)

1. 発生源、原因生物および拡散

ウガンダでは、スイートバナナ³の農場レベルでの病害発生率は60%以上に達する(Kangire *et al.* 1997)。

ウガンダではFOC レース 1 病害は、主に感染した農園から入手した病害植物およびその部位を通じて伝播する。農地内および農地間で、農家は感染農園から吸芽を掘り起こし、それを植栽することで病害を拡散させている。汚染された農具、特に移植・除葉・収穫・収穫後残渣（偽茎、塊茎、吸芽）処理時の工具が、本病伝播の最頻出経路である。農作業中の掘削による土壌移動、園地内移動、汚染されたゴム長靴やトラックタイヤも病害拡散要因となる。果実や果実の残渣といった植物部位の不適切な廃棄も病気を拡散させ、雇い労働者が植栽地清掃や房収穫時に共有する道具の使用も同様に危険である。

ウガンダではマトウケバナナを蒸して調理する際、スイートバナナ（スカリ・ンディジ）とピサン・アワク（カインジャ）の新鮮な緑の葉を特に好んで使用するが、これらはいずれも FOC レース 1 に極めて感受性が高い。多くの家庭内小規模産業では、需要の高い工芸品製造に大量のバナナ繊維を使用しており、感染した農園から調達された繊維が使用されるリスクが大きい。高地地域では家畜に葉・雄花芽・偽茎・塊茎などのバナナ植物部位が与えられており、これも重大なリスク要因となる。

祝祭期には行事が増えて、大量のバナナ部位が必要となる。祝賀行事中に長距離移動されるため、感染リスクが高まる。

バナナの葉や繊維はプランテーションから頻繁に採取され、物品（特に贈り物）の包装に利用される。こうした植物材料は感染した

プランテーション由来である可能性がある。

2. 病徴

FOC レース 1 の病徴は外部（外側）に現れ、感染した植物の葉や偽茎で確認できる。感染した植物の外観の病徴は、葉の縁に沿って特徴的な黄化が明瞭な帯状に発生し、その後縁に向かって広がる下葉および上葉の葉身の黄化を示す。感染した葉は急速に萎凋し、偽茎と葉身の間で1～2日以内に反り返りが生じることがある。被害葉は植物頂部で緑色を保ち直立する一方、他の葉は偽茎周囲に枯れた葉の塊（スカート）を形成する。

内部の病徴はフザリウム萎凋病害の最も確実な特徴であり、塊茎と偽茎の断面を観察すると維管束組織が変色している。感染した球茎を横断切断すると、個々の維管束に紫褐色の点状または線状の徴候が現れる。球茎の断面を頂部方向へ順次上方に切断すると、維管束の変色は次第に減退し最終的に消失する。重症例では、維管束の変色は根茎頂部から偽茎の葉基部まで上方に追跡可能である。

上記の病徴はキサントモナス属菌によるバナナ細菌性萎凋病（BXW）に類似しているものの、特に圃場での識別において頼りになる明確な区別点が存在する。これらは表3の通りである。

3. 病原体の多様性

FOC は広範な病原性と遺伝的多様性を示し、異なる基準品種に対する病原性にに基づいて指定されたレース 1、2、4 と、多数の遺伝的に異なる栄養相補性グループ（Vegetative Compatibility Group；VCG）で構成される。

病原性の点から見ると、FOC レース 1 は

表3 フザリウム萎凋病（FOC レース 1）とキサントモナス萎凋病（BXW）の症状における差異

フザリウム萎凋病（FOC）レース 1	キサントモナス萎凋病（BXW）
老化した葉に似た深い黄色	ルウォンボ料理のバナナ葉に見られる、火傷のような鈍い黄色の変色
感染葉を手のひらで握りつぶすと粉々に碎ける	感染葉を手のひらで握りつぶしても粉々に碎けず、ハンカチや米ドル紙幣のように柔らかく復元する
雄花序または蕾は萎れず乾燥しない	雄花序または蕾は萎れ、腐敗し、房の指状部分に向かって進行的に乾燥する
房の指状部分は未熟な状態で熟さない	房の指状部分は未熟な状態で熟し腐敗する
指状部分の切断面では透明な樹液と柔らかい果肉が確認される	指状部分の切断面では透明な樹液と褐色に変色した柔らかい果肉が確認される
偽茎と球茎の切断面では、褐色に変色した柔らかい果肉と透明な樹液が確認される	偽茎と球茎の切断面では、初期段階では褐色に変色した柔らかい果肉と透明な樹液が確認されるが、後に樹液はより粘稠性を増し、最終的には黄褐色の粘稠な粘液状となる

出所：筆者作成

品種グロス・ミシェル（AAA 型）に病原性を示す（Stover 1962）。FOC レース 2 はブルーゴー亜群（ABB 型、調理用バナナ）のバナナに病原性を示し、FOC レース 4 は、一般に FOC 亜熱帯レース 4（SR4）としても知られており、亜熱帯地域におけるキャベンディッシュ亜群（AAA 型）の栽培品種に病原性を示す。この地域では、冬の低温がキャベンディッシュをレース 4 に感受性にすると考えられている（Ploetz 2005）。ところが、FOC レース 4 は、全てのキャベンディッシュ栽培品種に影響を与えることに加え、レース 1 および 2 に侵される全ての栽培品種、ならびにピサン・マス（AA 型）などの多様な栽培品種にも攻撃を仕掛ける（Ploetz and Pegg 2000）という報告もあって、バナナ研究が混とんとした。そして、1990 年代初頭に初めて FOC 熱帯レース 4（TR4）が同定された（Moore *et al.* 1993, Ploetz 1994）。遺伝的に異なる（Pegg *et al.* 1994, Bentley *et al.* 1998）こと、および熱帯地域でキャベンディッシュ亜群に被害を与える点（Pegg

et al. 1994）から、レース 4（SR4）とは区別される。レース 1 および 2 は熱帯・亜熱帯のバナナ生産地域全体に広く分布し、ウガンダでも報告されており、一方、レース 4 は一般的に東南アジアおよびオーストラリア北部の亜熱帯地域に限定され、アフリカ大陸内では南アフリカとカナリア諸島でのみ問題となっている（Ploetz 1990）。これら 3 つのレースはいずれも、世界的なバナナ生産にとって依然として重大な脅威となっている。

遺伝的多様性の点から見ると、FOC は VCG によって少なくとも 21 のグループに分類される（Ploetz and Correll 1988）。栄養的互換性、生理的品種、およびクローン連鎖の詳細な分析により、ウガンダにおけるこの病気の原因は FOC レース 1 であると結論づけられた。これは、グロス・ミシェル（Tall Bogoya-AAA 型）、ピサン・アワク（Kayinja-ABB 型）、アップルバナナ（Sukali Ndizi-AA/AAB 型）に属する導入バナナのみが感受性であった事実によって裏づけられた。その他の導入品種であるブルーゴー（キヴヴ系統-ABB

型)、キャベンディッシュ・ウィリアムズ (ショート／ドwarf・ボゴヤ系統-AAA 型)、プランタイン (ゴンジャ系統-ABB 型) は本病の影響を受けなかった。ただしキャベンディッシュ系が罹患しなかった事実は、技術的にウガンダにおけるレース 2 およびレース 4 の存在を排除するものである。同様に、グロス・ミシェル、ピサン・アワク、アップルバナナがフザリウム病の影響を受けた事実は、ウガンダにおける病原体がレース 1 であることを裏づけている。同様に、キャベンディッシュ・ウィリアムズは FOC 熱帯レース 4 に対して非常に感受性が高いが、ウガンダではそのバナナ群が影響を受けなかった事実から、FOC 熱帯レース 4 がウガンダに存在しないことが確認された。

東アフリカ高地バナナ (在来のマトウケバナナ) は FOC レース 1 に対する耐性が知られているため、ウガンダでその品種にフザリウム萎凋病が発生すれば、その病原体は FOC レース 4 であると言える。

Kangire (1997) によれば、東アフリカ高地バナナ (在来のマトウケバナナ) はフザリウムに関連する奇妙な病気の結果として萎れが報告されていた。

研究者の関心がバナナのキサントモナス萎凋病へ移行しているが、フザリウム萎凋病は依然として世界的にバナナ生産に対する最大の脅威の一つであり、バナナが主食であるウガンダでは地域の食料安全保障を不安定化させる可能性を秘めている。

4. 病害の広がり方と原因

FOC レース 1 病害抵抗性の要因を理解することは、感染植物の除去、周辺感染土壌の処理、植物残渣や土壌中の病原体源の低減と

いった実践的なプロトコルの開発に役立つ。この病原体は半生物寄生菌とされ、まず宿主と共生する生物寄生菌として定着し、後に宿主を死滅させる腐生菌へと移行する。病原体は土壌中に持続し、長期生存能力を持つクラミドスポアを形成して宿主組織に定着するほか、有機残渣内で菌糸を伸長し、非宿主植物群において侵入・生存する症状を示す内生菌として存在するため、管理が極めて困難である。

さらに、病原体は低感染量でも病気を発生させ、土壌中にある程度の深さに潜伏し、長い潜伏期間を持つ (Pittaway *et al.* 1999, Hennessy *et al.* 2005)。現在のところ、外部病徴が現れるまでに感染植物を迅速に検出する実用的かつ効果的な方法はない。根感染から発病までの期間は長い。この長い潜伏期間 (2～6 ヶ月) の間、植物は無症状であるため、バナナ農園内で病原体が存在するかどうか、またその位置を特定することは困難である。感染がわずかな畑であっても、根は土壌と接触し続け、菌はゆっくりと拡散を続け、5 年以上持続する可能性がある (Rishbeth and Naylor 1957)。

感染したバナナ農園では多重感染が発生し、吸芽根茎が通常は病害親株から直接感染するのに対し、ほとんどの感染は二次根・三次根に由来する (Ploetz 2019)。大きな根が直接感染することはほとんどなく、根茎や偽茎を介した感染は通常局所的でまれである。また、母株から分枝を切り離す際には多数の導管が露出するが、これらが感染することはまれであり、仮に感染しても病原体が 1 cm 以上侵入することはほとんどない (Wardlaw 1968)。ときおり、バナナゾウムシ (*Cosmopolites sordidus*) が作るトンネルなどの表面の傷が、

周囲の細胞への菌糸侵入によって病原体に侵されることがある (Ploetz and Pegg 1999)。

FOC レース 1 による病害の性質上、管理方法は耐病品種の使用、侵入防止策の実施、早期検疫措置の適用に限られる。病原体が検出されると、非感染農園からの排除は困難である。なぜなら、必要な検疫措置の範囲と期間は病害発生速度と地域に依存するため、予測が難しいからである。植物上の病徴の存在は、病害の進行を研究する基本パラメータであると同時に、潜在的な新たな感染源の分布を示す指標でもある。

5. 研究介入と病害管理能力

東アフリカ高地バナナ（在来のマトゥーケバナナ）、一部のキャベンディッシュ亜種、およびキヴヴ・ブルーゴー (Kivuvu Bluggoe) やゴンジャ (Gonja) などのプランテンが、ウガンダで FOC レース 1 によるフザリウム萎凋病に抵抗性を持つことが判明した。これらは以前に国内に導入され、農家によって広く栽培されていた。この知見を契機に、より多くのバナナ品種における FOC レース 1 抵抗性をスクリーニングする疫学研究活動が起こった。1991 年以降、FOC レース 1 耐性を持つバナナ遺伝資源のスクリーニングが開始された。試験場および農場での評価研究による一連の調査研究により、国内における本病害の発生実態と被害規模が確認されている。東アフリカ高地バナナに加えて、ベルギー・ルーヴェン市拠点の国際中継センターおよびナイジェリアの国際熱帯農業研究所 (IITA) を通じて多様な栽培品種が導入された。その後 FOC レース 1 耐性が確認さ

れた品種にはキャベンディッシュ亜群（ウィリアムズ、グランドナイン）、プランテン（ゴンジャ、ブルーゴー）、FHIA5、そしてヤングンビ KM5（イボタボタ）がある。

現在進行中の育種により、これまでに FOC 抵抗性を示す新たなハイブリッドが創出されている。特に、FOC レース 1 に耐性を持つスカリ・ンディジは、デザートバナナとして消費者に受け入れられる優れた特性を有する。これらの新しいハイブリッドは現在、ウガンダ全土の農家による採用・普及に向けて増殖中である。

ウガンダ国立農業研究機構 (NARO) は、FOC レース 1 管理技術の創出・普及・促進に必要な十分な能力を構築している。

現在ウガンダのバナナ農家は、FOC レース 1 対策のために以下の手法を採用している。

- 感受性品種が枯死した区域での耐性品種の利用
- 植栽時に感染した材料を栽植しないこと
- 病害発生が確認された区域では、効率的かつ慎重な監督の下に農機具を使用するための農地区画の設定
- 勾配に沿った排水溝掘削による過剰流水の誘導、園地間水移動の抑制、表土流出／土壌侵食の軽減
- ABCD 病害管理パッケージの採用
 - A = 感染材料の植栽・食用を回避 (Avoid)
 - B = 傾斜を低減し、区画ごとに専用工具を管理するため、畑を管理しやすい小区画に分割 (Block)
 - C = 感染植物の全株を伐採 (Cut)・除去 (除去処理)
 - D = 汚染された工具は全て火炎処理または JIK⁴ 洗剤で消毒する (Disinfect)

⁴ (訳注) 次亜塩素酸ナトリウム系の漂白剤の商品名。

- 資源投入を抑えた栽培が可能な品種（高密度栽培可能な醸造用品種を含む。例：ピサン・アワク（カインジャ））を栽培する場合、農家は単に非常に高い植栽密度のもとで半放棄状態のプランテーションを維持し、推奨される最低限の農作業のみを行う。
- 強化された施肥は、より頑健で健康、活力があり、成長の速い植物を育成し、病害ストレスに対抗する能力を高める。

おわりに（病害防除と管理）

フザリウム萎凋病の化学的防除は一般的に効果的ではない。最も効果的で持続可能な防除手段は、その地域に蔓延している FOC レースに耐性を持つ品種を栽培することである。これまでのところ、ウガンダのほとんどの品種がこの病害の影響を受けているが、東アフリカ高地バナナ品種は例外である。

病原体の生存や伝播のメカニズムを考慮すると、抵抗性品種の利用、汚染材料の排除、検疫、適切な農法の実践が最善の管理策である。効果的な管理には複数の対策の統合的実施が必要である。

ウガンダにおける FOC レース 1 感染管理対策には、汚染源からの導入回避による感染材料の排除・予防が推奨される。病害が地域に侵入すると除去が困難となるため、感染地域から未感染地域への移動・伝播を制限する検疫措置を直ちに実施すべきである。

全ての感染農園では、感染区域を特定するため継続的かつ定期的な点検と調査を実施しなければならない。

本病に有効な治療法は存在しないため、感染した植物は全て除去または根こそぎ抜き取り、できれば掘った穴で焼却処分する必要がある。このような穴は農園外、できれば最も

勾配の緩やかな場所に設置し、土壌侵食による病原体の流出を防ぐ。

感染植物の処理に使用した農具は全て、火炎・JIK・エタノールによる消毒が必要である。

農家は、果肉や果皮などの感染部位を責任を持って処分するとともに、農地を区画分けし、作業効率と管理効果を高めることが推奨される。

土壌と植物の栄養状態を改善することは、植物の活力を高めその免疫力を向上させる。それを実践するためには、有機肥料、調合剤、バイオラショナル剤、台所の灰、尿、マルチングを用いて病害を管理する農家を見出すことが一般的である。

参考文献

- Adeniyi, A. G., Onifade, D. V., Igalo, J.O., and Akorede S.A. (2019). Review of coir fibre reinforced polymer composites. Science Direct.com Engineering volume 176, 107305.
- Bentley, S., Pegg, K. G., Moore, N.Y., Davis, R.D., and Buddenhagen, I. W. (1998). Genetic variation among vegetative compatibility groups of *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense* analyzed by DNA finger printing. *Phytopathology*, 88, 1283-1293.
- FAO (2022). FAOSTAT Agriculture Data: <https://www.fao.org/home/en> (2026 年 1 月 22 日閲覧).
- Hennessey, C., Walduck, G., Daly, A., and Padovan, A. (2005). Weed hosts of *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* tropical race 4 in northern Australia.

- Australasian Plant Pathology, Volume 34, Issue 1, pp. 115-117.
- Kangire, A. (1997). Fusarium wilt-like symptoms on East African Highland bananas in Uganda. Unpublished.
- Kangire, A., Gold, C., Karamura, E.B., and Rutherford, M.A. (1997). Fusarium wilt of banana in Uganda, with special emphasis on wilt-like symptoms observed on East African highland cooking cultivars (Musa-AAA, E.A). Acta. Horticulture.
- Karamura, E.B. (1997). The strategic importance of banana/plantain in Uganda. In Biological and Integrated control of highland banana and plantain pests and diseases. Proceedings of a research coordination meeting (Eds) C.S Gold and B. Gemmil, IITA, Ibadan, and Cotonou.
- Liang, M., Tu, S., Fu, J., Wang, J., and Sheng, O. (2024). Structural and Physicochemical Characterization of Resistant Starch from Sixteen Banana Cultivars across Three Genome Groups. Foods 2024, 13 (20), 3277.
- Moore, N.Y., Pegg, K.G., Allen, R.N., and Irwin, J.A.G. (1993). Vegetative compatibility and distribution of Fusarium oxysporum f.sp cubense in Australia. Australian Journal of Experimental Agriculture, 33, 6, 797-802.
- Nyombi. K. (2013). Towards Sustainable highland Banana Production in Uganda; Opportunities and challenges. African journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development, 13, 7544-7561.
- Pegg, H.X., Sivasithaamparu, K., and Turner, D.W. (1994). Chlamydospore germination and Fusarium wilt of banana plants in suppressive and conducive soils are affected by physical and chemical factors. Soil. Biol. Biochem. 31, pp1363-1374.
- Ploetz, R. C. (1990). Variability in Fusarium oxysporium f.sp cubense. Canadian Journal of Botany, Vol. 68, No. 6, pp. 1357-1363.
- Ploetz R. C. (1994). Panama disease : return of the first banana menace. International Journal of Pest management, 40 (4). 326-336.
- Ploetz, R. C. (2005) : Panama Disease : An Old Nemesis Rears its Ugly Head – Part 2. The Cavendish Era and Beyond. APSnet Feature Story October 2005.
- Ploetz, R. C. (2019). The Epidemiology of Fusarium Wilt of Banana. Frontiers in Plant Science, 10 : 1395.
- Ploetz R. C. and Correll (1988). Vegetative compatibility among races of Fusarium oxysporum fsp cubense. Plant Disease, 72 : 325-328.
- Ploetz, R. C. and Pegg, K. G. (1999). Fusarium wilt of banana and other Musa species. In : Diseases of Banana, Abacá and Enset Edited by D.R. Jones, CABI Publishing pp. 143-159.
- Ploetz, R. C. and Pegg, K. G. (2000). Fusarium wilt of banana. In : Diseases of Banana, Abacá and Enset Edited by D.R. Jones, CABI Publishing, pp. 143-159.
- Pittaway, P.A., Nasir, N. and Pegg, K. G. (1999). Soil receptivity and host-pathogen

- dynamics in soils naturally infested with *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*, the cause of Panama disease in bananas. *Australian Journal of Agricultural Research*, 50 (4). pp. 623-628.
- Rishbeth, J. and Naylor, A. G. (1957). *Fusarium Wilt of Bananas in Jamaica : III. Attempted Control*. *Annals of Botany*, 21 (4) : 599-609.
- Stover, R. H. (1962). *Fusarial wilt (Panama disease) of bananas and other Musa species*. Commonwealth Mycological institute, Kew, Surrey, England, 117pp Longman, London.
- Uganda National Planning Authority (2020). *Third National Development Plan (NDP III) 2020/2021-2024/2025-VISION 2040*.
- Wardlaw, C. W. (1968). *Banana Diseases including Plantains and Abaca*. Longmans, Green and CO. Ltd. London, 648pp.
- 訳者が選定した参考文献
- 大東宏 (2000) : バナナ. 熱帯農業シリーズ 熱帯作物要覧 30 社団法人国際農林業協力協会.
- 柏 毅・有江力 (2015) : バナナパナマ病の分子診断法に関する最近の話題 植物防疫 第 69 巻第 6 号 p407-409.
- 北西功一・小松かおり・佐藤靖明・鈴木邦彦・Muranga Isabirye Florence (2010) : アフリカの料理用バナナ. 熱帯農業シリーズ 熱帯作物要覧 36 社団法人国際農林業協働協会.
- (Senior Research Officer : Plant Health Management, National Banana Research Program / National Agricultural Research Laboratories / National Agriculture Research Organization)
- (訳者 : 公益社団法人 国際農林業協働協会 技術参与)



フィリピンでの公益社団法人国際農業者交流協会 による野菜の流通実験について

児玉 広志

はじめに

公益社団法人国際農業者交流協会（JAEC）では、フィリピンでの外務省の NGO 連携無償資金協力事業（2021 年 4 月～2025 年 3 月）において、野菜を熱帯高地のベンゲット州からマニラまで運び、食料品店の店頭で実際に販売してもらう実験を、2024 年 4 月から 2025 年 2 月までの 10 ヶ月間実施した。本稿では、その実験の概要を紹介するとともに、この実験から見てきた諸問題について議論する。

1. ベンゲット産野菜の流通の概要

ベンゲット州の玄関口のバギオ市およびラ・トリニダード町は、マニラ首都圏の北、大型トラックで 6 時間程度のところにある。野菜の主な産地はそこからさらにトラックで 2～6 時間程度離れた場所にある。これらの野菜産地は標高 800m 以上のところに位置し、年間を通じて冷涼な気候¹のため、一年中温帯性野菜の栽培が行われている。しかしながら、乾季（年によって変わるがおおよそ

11～4 月）と雨季（おおよそ 5～10 月）では値段、品質が変わる。乾季はほとんど雨が降らず、平均の相対湿度も 85% 程度なので、水さえ確保できれば品質の良い温帯性野菜が育つ。しかし、雨季は平均の相対湿度が 90% を超え、1 ヶ月の降雨日が 20 日を超える月が続き、降雨量も月に 340～963mm になる（表 1）。このため、病害虫防除が困難で、葉物野菜は軟弱で腐りやすくなるため、雨季に収穫される野菜は一般的に品質が悪くなる。さらに、畑が大雨被害を受けたり、作物やビニールハウスが台風の被害を受けることも多い。このため、雨季または雨季の生育不良の影響を受けた乾季の前半は、野菜も品不足になり、月平均の値段は乾季後半の値段の 2～3 倍になる（図 1）。

ベンゲット州では、共同出荷体制を取る農家グループがほほないので、一般的に、個々の農家が自分で収穫物を販売する。JAEC が冷蔵倉庫付きの集出荷場を建設したブギアス町では、ジャガイモ、ニンジン、キャベツ、白菜のうちの 1 種類の野菜を一度に定植、収穫を 2～3 回に分けて行い、収穫物を 2～3 t トラックで産地市場に運ぶ（自分のトラックを利用する農家とトラックを借りる農家がいる）のが一般的である。

ベンゲット産の野菜の多くは、常温・バラ積み²で大消費地のマニラまで輸送される³。まず、農家は野菜を収穫、畑・作業小屋等で

KODAMA Hiroshi : Vegetable Collection and Distribution Experiment in the Philippines by Japan Agricultural Exchange Council.

¹ バギオ市の月平均最低気温は 13～16℃ 台、最高気温は 23～25℃ 台（表 1）と、長野県の野辺山高原のキャベツ、レタスなどの出荷の最盛期である 7～9 月の気温とはほぼ同じである。

表1 バギオ市の主な気象項目（2020年平年値）

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
最高気温（℃）	23.1	23.7	24.8	25.5	24.7	24.3	23.1	22.3	23.0	23.6	23.9	23.5
最低気温（℃）	13.0	13.4	14.5	15.9	16.4	16.5	16.2	16.2	16.1	15.6	15.1	14.1
降雨量（mm）	16.4	23.7	50.5	99.5	340.0	406.1	772.7	963.2	537.3	477.3	96.1	41.6
降雨日（日）	3	3	5	8	18	19	24	25	22	13	7	5
相対湿度（％）	85	85	84	85	88	90	92	93	92	90	86	85

出所：Philippine Atmospheric, Geophysical and Astronomical Services Administration（PAGASA）
<https://www.pagasa.dost.gov.ph/>（アクセス日：2026年1月18日）

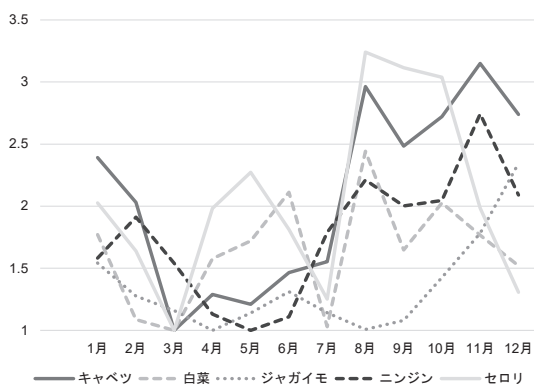


図1 BAPTCの野菜の価格（指数）

注：2021、2022、2024年の月平均価格を平均し、最も価格の安い月を1.0として他の月の価格を数値化した。

出所：筆者作成



写真1 産地でのキャベツの積み込み風景（この後、荷台をキャベツで一杯にしたトラックで産地市場に向かう）

出所：筆者撮影

² この流通における野菜産地から産地マーケットまでの輸送は穀物などの個体物をバラ積み船にバラ積みする方法に、産地マーケットからマニラまでの輸送は荷物をパレット上に置かずにトラックにバラ積みする方法に近いので、「バラ積み」としている。

³ ベンゲット州およびその周辺で収穫された野菜のどの程度が常温・バラ積みで輸送されているか、という統計資料は把握していないが、研究者であり野菜の流通を手掛けているNGOの代表でもあるベティ・リスティノは、全体の75%は3つの市場またはその周辺で取引され、常温・バラ積みで輸送されている、と推察している。

⁴ La Trinidad Vegetable Trading Post、Hangar Market（Baguio市内にある）、Benguet Agri Pinoy Trading Centre（BAPTC、La Trinidad町内にある）の3カ所を指す。

調製する。その後、野菜をクレートや段ボールといった包装資材に入れないまま常温トラックに重ね積み（写真1）し、ベンゲット州の玄関口のバギオ市、ラ・トリニダード町内に存在する3つの産地市場⁴に運び込む。産地（ベンゲット州および周辺州の町）から産地市場までのルートは大きく3つあるが、その中でもハルセマハイウェイ（Halsema Highway）を利用して届けられる野菜が一番多いと言われている。

産地市場では仲買人の手配する作業員による調製作業が行われる。まずは輸送中に傷んだ野菜、キャベツ等の場合は傷んだ外葉が除

去される。その後、10kg または 15kg 入るビニール袋⁵に詰められ、仲買人が決めた値段でバイヤーに売られる。仲買人は農家が持ち込んだ野菜を購入するバイヤーを探し、取引を成立させるという役割を担っているが、バイヤーからの注文を基に、日頃付き合いのある農家に連絡して出荷を要請する仲買人も多い。仲買人が利用可能な冷蔵倉庫はほぼないので、傷みやすい野菜は入荷日のうちに売り切る必要がある。フィリピンでは個々の農家が自分の都合や思惑で野菜の定植日を決めるため、ある品目の野菜が一斉に収穫適期を迎えたり収穫する野菜が極端に少なくなったりすることがある。加えて、野菜の公的な出荷調整制度が存在せず、さらに、産地から消費地までの流通ルートの中に野菜を冷蔵保存できる場所がほとんどないため、図1にある月ごとの価格変動以上に日々の価格変動が激しい。

産地市場でビニール袋に入れられた野菜は常温の大型トラックにバラ積みされて（写真2）マニラの消費地市場まで運搬される。マニラでさらに複数回調製作業が行われるので、葉物野菜は街中の小売店に並んだ時には小さくなっている。マニラでは、何度も外葉



写真2 産地市場での野菜の積み込み（このトラックがマニラに向かう）

出所：筆者撮影

を剥いて白い部分のみになったキャベツが、ホワイトキャベツ（White Cabbage、直訳すると白いキャベツ）と名付けられ、当たり前のように売られている。図2でこのような野菜の流れを示している。

2. 新しい流通ルートを構築している事業者

市場外で、自分たち自身でマニラまでの野菜の流通網を構築している事業者もいる。彼らのうちの一部は、産地でクレートまたは段ボール箱に入れて、ラ・トリニダードから低温トラックで野菜をマニラまで運んでいる。

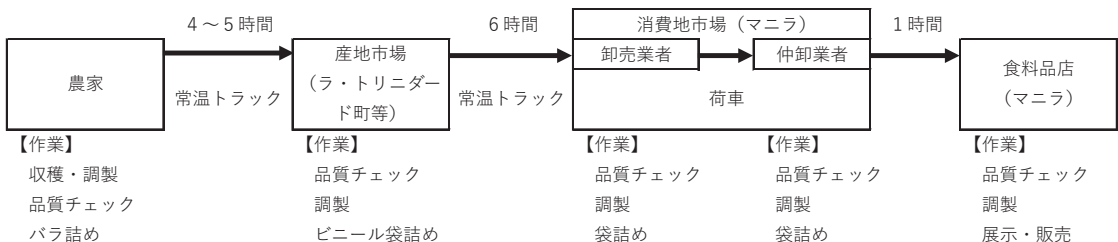


図2 ベンゲット州からマニラまでの野菜の主な流通経路

出所：筆者作成

⁵ サニーレタス等の特に傷みやすい野菜は段ボール箱に詰められる。

しかし、産地で野菜を予冷、産地から低温トラックでマニラまで運んでいる事業者は、筆者の知る限りいない⁶。その理由を複数の事業者に尋ねたところ、全ての業者から、「野菜が複数の産地から運ばれてくるので、特定の産地に集積ポイントを作るわけにはいかない」との返答を得た。また、彼らは農家から野菜を入手できない時は産地市場から調達している。ある業者は、「ラ・トリニダードではなく産地から低温流通でマニラまで届けた野菜（白菜やキャベツ）の品質が良いのは分かっているが、マニラでは富裕層も含めて『白菜は白菜、キャベツはキャベツ（白菜やキャベツを品質で選ぶことはない。）』という認識があり、有機野菜を除くと野菜の品質による差別化をしにくい。」と言われた。

これらの事業者の多くは、市場価格を基に買取価格を決めている。例外的に、雨季と乾季の定価を設定して集荷している事業者も存在した。ところが、産地市場の価格がこの業者の買取価格を上回った日は、農家が産地市場に野菜を搬送してしまい、この事業者の集出荷場に荷物が集まらないことが多かった。また、この業者の提示する売渡価格が市場価格よりも高い日が続き、出荷先が一時的にこの事業者との取引を中止することもあったと聞いている。定価での取引は、農家にもマニラの出荷先にも好まれるが、実行は難しい。

⁶ 1社は、マニラからトラックで11時間程度のところにある自社農場からレタスを週2回冷蔵トラックでマニラ近郊の自社の物流倉庫に運んでいる。しかし、その農場には冷蔵施設がないので、レタス収穫日にトラックに積み込み、マニラに運んでいる。

⁷ 詳細は三菱UFJリサーチ&コンサルティング(2024)を参照のこと。

3. 野菜の品質および廃棄量

日本で当たり前になっている、産地からの低温・クレートまたは段ボール輸送はフィリピンでも有効なのか？フィリピンでの低温・クレート輸送の常温・バラ積みで輸送された野菜に対する優位性については、三菱UFJリサーチ&コンサルティング株式会社が2024年1～2月にかけて国土交通省から委託を受けて実施し、JAECが技術支援を行った実験⁷で示されている。この実験では、白菜、ブロッコリー、結球レタス、サニーレタス、ロメインレタスを、産地であるブギアスのハルセマハイウェイ沿いにある集出荷場からラ・トリニダードの産地市場内を経由してマニラまで、異なる方法－①産地からマニラまで一貫して常温・バラ積み、②産地からマニラまで一貫して冷蔵(10℃設定)・クレート、③産地から産地市場までは常温・バラ積み、産地市場からマニラまでは冷蔵・クレートで輸送し、その後11日間マニラの集出荷場で野菜を保存した後に品質検査をした。5品目のうち、輸送方法がマニラ到着後11日目の品質に一番影響したのがブロッコリーとサニーレタスであった。輸送方法②の品質の①に対しての優位差は顕著であったが、②の③に対する優位差は小さかった。これは、高原地域に位置する産地から産地市場までの常温輸送時にトラック内の温度が常に20℃を下回ったためであると考えられる。白菜は輸送方法①と②の差が非常に小さかった。しかし、白菜も、①、③では②に比べてマニラ到着後に多くの外葉の品質が劣化し、除去していた。なお、白菜と結球レタスでは、収穫時に同じ基準で外葉を除去したが、輸送方法①、③では産地から産地市場までバラ積みで輸送したため、外葉が傷み、産地市場での積み替え時

に1割以上の重量分を破棄している。この実験から、産地でバラ積みせず、産地からマニラまで一貫して段ボールやクレートで輸送すれば、野菜の品質低下、廃棄率はかなり少なくなると推察される。

4. 流通実験の目的と概要

JAECは2007年からベンゲット州で農業技術支援を展開していた⁸が、農家支援の一環として、2021年にマニラからトラックで10時間程度のところに位置するブギアス町に冷蔵倉庫を建設した。この倉庫はプロジェクト終了（2025年3月）後に町に引き継ぐ予定で、その前にブギアス町が設立した事業体で流通業を始める予定であった。しかし、後にブギアス町政府内で、野菜の流通事業をゼロから始めるというリスクを町の事業体に背負わせることに対する懸念の声が挙がったため、まずはJAECが流通事業を実験の形で始めることとした。流通事業が商売として成り立つ目途がついた段階でブギアス町に事業を譲渡する約束であった。

今回の流通実験は、2024年4月12日の、24品目（合計重量約240kg）の出荷から始め、2025年2月29日まで2週間に1回のペースで計24回実施した。この実験では、主にブ

ギアス町にある冷蔵倉庫の周辺の農家から集めた野菜を予冷した後、クレートに入れたまま冷蔵トラックでマニラにある日系の食料品店まで運び、その店頭で2週間に亘って並べてもらった。2週間の販売期間のうちの2日間は、JAEC雇用のスタッフが店頭に立ち、客の声を集めた。なお、各回の実験の際の各野菜の出荷量は数kgから数十kgの範囲だったので、他の出荷先のために野菜栽培をしている農家の収穫物の一部を購入していた。

今回の流通実験における野菜の流れは図3に纏めているが、今回の実験を通じて幾つかの問題に遭遇、それぞれ解決策を講じた。以下、これらについて述べるとともに、今回の実験で得られた教訓についても議論する。

5. 品目の確保

今回の実験では、受け入れ先である日系の食料品店とレストランが希望する野菜と食料品店の客が必要であろう野菜の出荷農家探しに時間を費やした。その中でも、日本人は好むがフィリピン人は通常食さない野菜の栽培農家探しには苦勞した。ほうれん草、ニラ、ししとう等のフィリピン人がほぼ食さない品目に加え、大根、キャベツ、ナス、キュウリ、長ネギといった、品目そのものの流通量は多

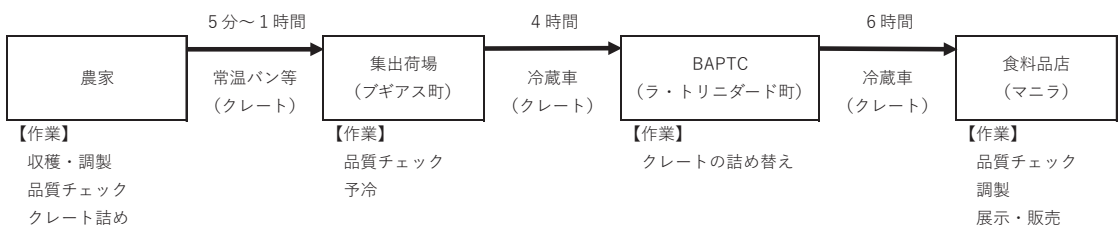


図3 流通実験での野菜の流れ

出所：筆者作成

⁸ JAECの農業支援の概要については、児玉（2025）を参照のこと。

いが、日本人や西洋人が好む、今回の実験で求められたがほとんど流通していない品種の栽培農家探しにも苦労した。最初は JAEC のネットワークを利用してこれらの農家を探したが、それだけでは不十分だった。このため、地元の市場でこれらの野菜を探し出し、早朝に出荷で市場を訪れた農家と交渉することも多かった。また、冷蔵倉庫から 1 時間程度の範囲内の地域で必要な品目・品種を栽培している圃場を見つけ出すことも多かった。栽培農家の発見後は、農家訪問および農家へのインタビューを実施し、その農家が長期で JAEC に出荷する意思と能力があるか確認後、取引を開始した。その後、受け入れ先での客の反応を確認、一定の需要がある商品を定番品目に加えた。このようにして品目数を増やし、12 月 14 日の第 19 回目の実験では 36 品目を出荷するまでになった。

6. 品目ごとの出荷農家

果菜類はなるべく 1 農家に継続して出荷してもらおうようにした。果菜類は、一般的に特定の圃場で一度に定植した野菜の収穫期間が数週間から数ヵ月あるので、特定の農家が複数回の出荷に対応できる。これらの農家の中から、自分の畑を幾つかに分割して同じ野菜を異なる時期に定植し、同じ販売先に長期間定期的に出荷している農家を選び、1 年程度の継続出荷の約束を口頭で交わした。しかし、多くの農家で、雨季は病気の発生等により予定よりも早く収穫が終わってしまい、次に定植したものが収穫期を迎えるまで 1 ヶ月以上空いてしまう事態が何度もあった。1 番長期に継続出荷してくれたミニトマト農家も、病害虫トラブルにより、4 月 12 日の第 1 回から 10 月 27 日の第 15 回の実験までしか出荷

が続かなかった。その後、第 24 回（最終回）の実験までに合計で 3 名の農家からミニトマトを購入した。農家からの出荷停止通告は、果菜類でも入荷予定日の 10 日程度前であることが多いので、そこからの 10 日間でバタバタと他の農家を探していた。

このことから、教訓としては、同一の品目の出荷農家を複数確保すべきである。また、同じ品目を栽培する 2 軒の農家が確保できたら、彼らの苗の定植日を少しずつしてもらい、一方の農家の収穫が予想よりも早く終わっても、もう一方の農家に当初の予定よりも多くの量を出荷してもらえる体制を導入すべきである。さらに、特にミニトマトや日本タイプのキュウリといった、定番商品の中でも栽培農家数が少なく、いざという時に他の出荷農家を見つけにくい品目は、常に他の栽培農家の情報も収集しておくべきである。

葉菜類と根菜類は、前述のように、ほとんどの農家が大きな面積に一度に定植、ニンジン、ジャガイモは一度に収穫、白菜、キャベツも 2 週間弱の間に 2～3 回収穫するのが一般的である。このため、ある出荷日にこれらの野菜を出荷してくれた農家の畑に 2 週間後の次の出荷日までこれらの作物が植わっていることは少ない。出荷日ごとに出荷農家を探すのは困難なので、通年の栽培・出荷体制を構築している組織を探した。幸いにも、キャベツ、白菜、ニンジン、ジャガイモ、ブロッコリーは、他のバイヤーのために通年出荷体制を構築し始めた農協から仕入れるようにした。ただし、この農協は、まだグループ出荷体制に慣れていないのか、ある品目は欠品ということが何度かあった。そのたびに他の農家を探し出して出荷してもらった。大根は、流通実験の途中から、主要産地である集落の

5名の農家に、毎回誰かが出荷できるような体制を構築してもらった。長ネギ、セロリはこのような農家の集まりを探し出せなかったため、24回の流通実験を通じて、ほぼ毎回、新しい出荷農家から購入した。

7. 野菜の品質

実験期間では、筆者を含む JAEC のスタッフが売り場に立っていたが、日本人を中心に、「こんな新鮮な野菜はマニラで初めて見た。」「(日本と同じように圃場でしか外葉を取り除いていないので、)こんなに大きな白菜、キャベツをマニラで初めて見た。⁹」といった声が多数寄せられた。また、10軒近くの料理店にサンプルを出荷したが、日系の料理店を中心に、「こんなに美味しい野菜を食べたことがなかった。」といった喜びの声を頂いた。

ただし、野菜の品質は、一般的に、雨季には悪くなった。白菜・キャベツなどは降雨時に外葉から内部の葉に土が入り込んでしまう。ブロッコリーは、日照が足りなくなるため色付きが悪くなる。また、露地栽培の野菜は、大きくなるまで圃場に置いておくと腐り始めるので、収穫物が乾季より小さくなった。

出荷農家による品質のばらつきを最小限にするためには、品質基準の策定が必要であるが、季節による品質の変動を把握しないまま通年の出荷基準を策定すると、季節によっては基準に合致した野菜が手に入らなくなる。教訓としては、出荷基準は流通事業参入後2年目以降に、季節ごとに策定すべきである。

⁹ 後述する流通実験で2024年4月27日に産地から低温・クレート流通で運ばれ食料品店で売られた白菜とキャベツの1玉の平均重量が約1300gに対して、同じ時期にマニラの4つのスーパーで売られていた複数の白菜とキャベツの平均重量はそれぞれ378~543gと448~888gであった。

8. 産地市場での購入

農家から野菜が集荷できない時に産地市場から野菜を仕入れる、との計画で流通実験を始めたが、結果として市場から野菜を買うことは少なかった。そもそも目当ての野菜がないことが多かった。産地市場では、一部の品目を除いては毎日野菜を仕入れていない。そのため、必要な時に必要な野菜があるわけではない。また、農家がバラ積みで搬入した野菜を1日以上常温で保管していることも多く、特に雨季は出荷先が必要な日に満足する鮮度の野菜を入手するのは困難である。このため、市場で調達した野菜の鮮度が農家からのそれに比べて明らかに劣っていることが多かった。さらに、数kgから数十kgといった単位で買い付ける場合、仲買価格ではなく、その2倍程度の小売価格でしか買えないことが多かった。

このことから、野菜の流通業者にとって産地市場は農家から野菜を仕入れられなかった時の保険になり得ないことが分かる。そもそも、低温・クレート流通の野菜は鮮度で勝負するので、できる限り農家から直接野菜を仕入れるべきである。

9. 出荷頻度

流通実験は、2週間に1回の頻度で始めた。しかし、そもそも多くの取り扱い野菜は冷蔵しても数日で品質が劣化する。さらに、出荷先の食料品店も、そこから出荷するようになったレストラン(それぞれ1店舗のみ)も、冷蔵庫を含む貯蔵スペースが限られていることから、少なくとも毎週出荷してほしい、との要請があった。このため、週1回の出荷を始め、2週間に1回は冷蔵トラックで、他の1回はある出荷団体がマニラに野菜を出荷す

る際に利用している常温トラック¹⁰にクレートを混載して、野菜を運ぶことにした。常温トラックで運ぶ野菜は、ジャガイモ、ニンジン、キャベツ、大根といった比較的品質劣化の少ないものから始め、徐々に種類を増やした。常温トラックは、昼間、比較的涼しいベンゲット州内を移動し、夜にラ・トリニダードからマニラに移動、次の日の早朝にマニラに到着する。このため、クレートに入れて輸送すれば、ほうれん草といった一部の野菜以外は、少なくともマニラに届いた日の品質は問題なかった。

10. 農家からの買取価格

この実験では、固定価格での買取は行わず、集荷日の産地市場の価格を参考に購入希望価格を決定し、農家と協議の上決めた。固定価格での買取を避けたのは、出荷農家との信頼関係が築けていなかったことと、出荷先の食料品店の客が品質で JAEC 野菜を選ぶようになるには時間がかかると考えたこと、安定した入荷価格を望むレストランへの出荷量の割合が少なかったことがある。当初、全ての野菜を、BAPTC⁴の管理機関が公表している集荷日の仲卸価格に一定の額を上乗せした価格で買い取る予定であった。しかし、JAEC の取扱品目の中には BAPTC で価格を公表していない品目も多く、また、価格を公表していてもそれが他の産地市場の価格と乖離している品目も多かった。このため、BAPTC の公表価格が利用できない品目については、ラ・トリニダードのスタッフが他の産地市場を回って価格を確認、農家との価格交渉の際の参考価格として利用した。ただ、

この形での価格の確認は手間がかかるので、商業ベースでの流通事業では取り入れにくいと思われる。

教訓としては、出荷農家との信頼関係が構築され、レストランへの出荷割合が多くなり、食料品店の低温・クレート流通野菜の固定客が増えるであろう 2 年目からは、季節ごとの固定価格での野菜の買取に移行するのが良いと考える。しかし、BAPTC 等の産地市場の値動きは同じ野菜でも年によって異なるので、はじめに季節価格を設定しても、産地市場の価格が設定価格を極端に上回る場合は、価格を修正するなどの柔軟な対応が必要である。

11. トラックのピックアップポイントまでの輸送

当初、ブギアス町内の農家が収穫した野菜は、JAEC のスタッフが取りに行っていた。この主な理由は、数百 kg から数 t の単位でバギオやラ・トリニダードの産地市場に出荷している農家が、数 kg から数十 kg のために JAEC トラックのピックアップポイントまで野菜を運ぶことに消極的であったからである。しかし、この方法を取ることで、農家と JAEC のスタッフが野菜の収穫・調製・梱包を一緒に行うことで、野菜が傷つかない収穫後処理方法を双方が学ぶ機会にもなった。

実験実施中の 2024 年 11 月に、ブギアス町がハルセマハイウェイ沿いに農家組合のための野菜の直販ショップを開設し、そこに JAEC へのお荷農家を中心とする 10 名以上の農家が野菜をお荷するようになった。彼らは、品目ごとに担当を決め、欠品を起こさないように工夫していた。彼らの直販ショップ

¹⁰この団体は週に 2 回常温トラックを産地からマニラに走らせている。

への出荷が安定したため、2025 年 1 月から順次直販ショップに出荷する農家に JAEC に出荷する野菜もクレートに入れて持ってきてもらい、マニラ行きのトラックがそれをピックアップするシステムに変えた。これによって、最小のスタッフで出荷作業ができるようになった。

12. 流通実験の支出

今回の流通実験の 1 回ごとの支出を基に算出した流通事業のコストを表 2 に示す。これによると、手数料を野菜 1 kg あたり 50 ペソ取る¹¹と仮定すると、週 1 回出荷で月に 3 t 弱 (750kg/週×4 週) の野菜を出荷すればコストは回収できることになる。今回は実験なので出荷量の増大は追求しなかった

表 2 1 ヶ月の流通事業のコスト

(単位：ペソ)

費目	月間のコスト
人件費 (マネージャー兼運転手)	23,500
人件費 (警備員)	4,000
冷蔵倉庫維持費	21,367
冷蔵トラック維持費	9,767
輸送代 (産地～産地市場)	10,300
トラック (産地市場～マニラ) 借料	30,000
ガソリン代・高速代	40,000
パッキング材料費	4,000
インターネット代	1,780
合計	144,714

注：冷蔵倉庫を稼働させるとともに、1 ヶ月に 4 回冷蔵トラックで野菜を出荷した場合
出所：筆者作成

¹¹ 流通実験の出荷先の食料品店からは、農家からの買取価格に平均で 50 ペソを上乗せした額で野菜を買って食料品店側の諸経費を上乗せした価格でも売れる、との返答を得ている。

¹² マニラに複数店舗展開するある日本料理屋の 1 週間の 1 店舗の野菜の需要は 700kg 超であった。

が、食料品店の他に若干大きい日本料理店へ供給できるようになれば、この量は出荷可能¹²である。

13. 消費者の声の反映

今回の流通実験を通じて、農家から購入した野菜を直接小売店に卸すことで、消費者の声が農家に届き、品質改善につながる事が分かった。一例として、ナスの話を紹介する。ベンゲット州で寒い日が続いた時期に、ナスを定期的に購入する客から、「最近食べたナスは苦かった。」という苦情があった。ナスは 1 農家からしか購入していなかったので、その苦情を農家に伝え、思い当たることはないか聞いたところ、「最近低温だったので黒の色づきの悪いナスを出荷した。色づきの悪いナスが苦いことは知っていた。」とのこと。この農家は産地市場にもナスを出荷していたが、産地市場の仲買人からはそのような苦情は一切なく、色づきの良いナスも悪いナスも同じ値段で売れるので、JAEC にも色を気にせず出荷していたとのこと。彼は、JAEC にはこれからは色づきの悪いナスは出荷しないと約束してくれた。これは特定の農家から仕入れて小売店に直接販売しているから分かったことである。このように、消費者の声が生産者に届くことで、生産者がより自分の品物に責任を持つようになり、それが消費者の更なる満足につながるということを積み重ねることで直接販売の量が増えていくと思われる。

おわりにー流通実験の成果の引継ぎおよび今後の展開について

当初、冷蔵倉庫と共に野菜の流通ビジネスもブギアス町に引き継ぐ予定であったが、町

側のリスクも考え、冷蔵倉庫を借りたいという事業者の紹介も行った。しかし、JAECの事業の終了（2025年3月）が2025年5月の町長選挙の前であったことから、町側が決断することができず、町は冷蔵倉庫等を引き継ぐだけにとどまった。ブギアス町農政課は、2025年3月現在複数の消費地の町と町営消費地市場への野菜の安定供給に関する議論を進めている。一方、冷蔵倉庫を借りたいという事業者もその意思は変わっていない。新町長の下で、冷蔵倉庫と町農政課職員に共有した今回の流通事業のノウハウが有効活用されるようになると期待される。

一方、流通実験の出荷先の食料品店より引き続き野菜を扱いたいとの申し出があり、ブギアス町の直販グループの農家および流通実験でジャガイモ等の出荷元であった農協を出荷元とし、出荷野菜を限定して、常温トラックでクレートに入れた野菜をマニラまで運ぶシステムを存続させた。JAECの事業で雇用了たスタッフが、その食料品店のスタッフになる形で取引先の農家との出荷調整と欠品の際の他の出荷農家の特定を続けることとなった。

今回の流通実験で届けた野菜の品質は、日

本人を中心に高く評価された。また、実験の終盤で試した、産地で調製し、常温輸送ではあるが、クレートに入れてマニラまで傷めずに搬送した野菜の需要もあることが判明した。これからは、常温・クレートまたは段ボール詰め野菜の流通が増えてくると考えられる¹³。さらに今後、マニラで、ほうれん草のような特に輸送中に傷みやすい野菜の需要が高まれば、冷蔵倉庫と冷蔵トラックを利用した出荷も増えてくると考えられる。フィリピン人も、品質の良い野菜を見慣れれば、「白菜は白菜、キャベツはキャベツ」という認識が変わり、野菜を品質で選ぶようになると期待される。

参考文献

児玉広志(2025):フィリピンでの低化学農薬・化学肥料栽培技術の普及活動. 国際農林業協力 Vol.48, No. 3, pp. 49-62.

三菱UFJ & コンサルティング(2024): ASEANにおけるコールドチェーン物流サービスの普及促進事業報告書. <https://www.mlit.go.jp/seisakutokatsu/freight/content/001748915.pdf> (アクセス日:2026年1月18日).

(元公益社団法人国際農業者交流協会
現地シニアプロジェクトコーディネーター)

¹³ある流通事業者は、出荷先からの要請に応じて、2025年3月から全ての野菜を、常温トラックではあるが、クレートで出荷することに決めた。

「国際農林業協力」誌編集委員（五十音順）

池 上 彰 英	（明治大学農学部 教授）
板 垣 啓四郎	（東京農業大学 名誉教授）
勝 俣 誠	（明治学院大学 名誉教授）
北 中 真 人	（元一般財団法人ササカワ・アフリカ財団 顧問）
熊 谷 徹	（一般社団法人海外農業開発コンサルタンツ協会 企画部長）
高 原 繁	（公益財団法人国際緑化推進センター 専務理事）
西 牧 隆 壯	（公益社団法人国際農林業協働協会 顧問）
藤 家 梓	（元千葉県農業総合研究センター センター長）

国際農林業協力 Vol.48 No.4 通巻第 217 号

発行月日 令和 8 年 3 月 31 日

発行所 公益社団法人 国際農林業協働協会

編集発行責任者 専務理事 西山明彦

〒101-0047 東京都千代田区内神田 1 丁目 5 番 13 号
内神田 TK ビル 4 階（北）

TEL (03)5772-7880 FAX (03)5772-7680

ウェブサイト www.jaicaf.or.jp

印刷所 NPC 日本印刷株式会社

International Cooperation of Agriculture and Forestry

Vol. 48, No.4

Contents

Rethinking Volunteering and Career Development in the International Year of Volunteers for Sustainable Development.

NISHIKAWA Yoshiaki

Utilization of IT technology in international agricultural cooperation

Supporting Smallholder Farmers Through Digital Platforms in Ethiopia, Uganda, and Nigeria.

KIKUCHI Shotaro

Contribution of Digital Agriculture to Improve Rice Yield in Ethiopia.

OGAWA Satoshi, IIYAMA Miyuki

Application of Drone and GIS Technologies to Field Information Assessment in African Rice Production.

NISHINO Shunichiro

Panama Disease (Fusarium Wilt) of Banana in Uganda : Situation, Response, and Way Forward.

ODONGO, Patrick Jacob

Vegetable Collection and Distribution Experiment in the Philippines by Japan Agricultural Exchange Council.

KODAMA Hiroshi