

# 乾燥地における作物生育の安定化に向けた 農家による降雨量データの集積と作物収量予測のための モバイルアプリケーションの検討

元田 匡哉<sup>1,a)</sup> 東野 正幸<sup>1,b)</sup> 川村 尚生<sup>1,c)</sup> 近藤 克哉<sup>1,d)</sup> 坪 充<sup>1,e)</sup>

**概要：**乾燥地では乾燥・高温による作物の生育障害のために食糧供給の多くを輸入に依存している場合がある。そのような地域では安定的かつ自立した作物栽培が重要な課題となっている。安定的かつ自立した作物栽培には作物の収量予測やそのための雨量計測が重要となるが、発展途上国では雨量計測のインフラが未整備のため、それらを行うことが難しい状況にある。そこで本研究では、農家自身が手作りの雨量計を用いて測定した降雨量や位置情報などを入力情報として収量予測の出力情報を提示するモバイルアプリケーションを検討する。本アプリケーションを搭載したモバイル端末により、降雨量などのデータをサーバへ集積し、その集積データから作物収量予測を求めて農家に提示できることになり、乾燥地における根拠に基づいた作物栽培の実現と作物生産の安定化が期待できる。

**キーワード：**モバイルアプリケーション、乾燥地、降雨量、作物収量予測

## 1. はじめに

アフリカでは食糧不足が深刻な問題となっている [1]。特に乾燥地では乾燥・高温による作物の生育障害のために食糧供給の多くを輸入に依存している場合がある。そのような地域では安定的かつ自立した作物栽培が重要な課題となっている。

安定的かつ自立した作物栽培には作物の収量予測が重要となる。作物の収量予測には降雨量の記録が必要となるが、発展途上国では降雨量を計測するためのインフラが未整備のため [2]、それらを行うことが難しい状況にある。しかし、近年では発展途上国においてもスマートフォンが普及しつつある [3], [4]。このため、個人がモバイルアプリケーションを用いて降雨量の記録を行い、それらのデータをインターネットを介して集積・分析することで、当該地域での作物の収量予測を行える可能性がある。

そこで本研究では、農家自身が手作りの雨量計を用いて測定した圃場の降雨量等を入力情報として作物の収量予測

の出力情報を提示するモバイルアプリケーションを検討する。

## 2. 関連研究

気象局の降雨データ、私設の雨量計データ、及び土壤モデルを使って、土壤水分の収支モデルから土壤水分量を推定するアプリケーションが提案されている [5]。土壤水分量の推定は作物の収量予測に有用であるが、本アプリケーションはオーストラリアを対象としており他の地域には公開されていない。土壤水分量を推定するモデルを構築するためにはその土地の土壤の性質を正確に把握する必要があるが発展途上国においては難しい。

機械学習を用いて収穫前の作物の画像から収量を推定する手法が提案されている [6]。本手法は作物が実った後の状態で収量を推定するため、食糧不足が問題となっている乾燥地で重要となる播種前の作物の栽培計画の立案と播種後の環境変化に対応した作物の収量推定の時期よりも後で使用ことが想定される。

## 3. システムの設計

### 3.1 雨量の記録

作物の収量予測においては降雨量の記録が重要なパラメータとなる。しかし、発展途上国では降雨量を記録するためのインフラが十分に整備されていない場合がある。ま

<sup>1</sup> 鳥取大学  
Tottori University, 4-101, Koyama-Minami, Tottori, Tottori  
680-8550, Japan

a) b17t2110z@edu.tottori-u.ac.jp

b) higashino@tottori-u.ac.jp

c) kawamura@tottori-u.ac.jp

d) kondo@tottori-u.ac.jp

e) tsubo@tottori-u.ac.jp

た、乾燥地では雨雲が疎らに発生する場合がある為、ある地点で雨が観測されたからといって、その周辺でも同様の規模の雨が観測されるとは限らない。このため、乾燥地において収量予測の精度を高めるためには其々の圃場での実際の降雨量を測定することが重要となる。

そこで提案システムでは、農家自身が身近にある材料を使って雨量計を自作し、その雨量計で測定した降雨量をモバイルアプリケーションに入力することで、雨量計を設置した圃場の位置情報と降雨量をサーバに集積する手法を採用する。自作する雨量計の材料としては、例えば断面積が一定のペットボトルを用いて目盛りを読み取る方法や任意の容器で収集した降雨量を計量カップ等で計測して収集容器の入口の断面積で換算する方法などが考えられる。また、人手で降雨量を測定することから一定の時間間隔で数値を記録することは難しいため、測定開始時刻と測定終了時刻も記録する。なお、作物の収量予測において細かい頻度での降雨量の変化を把握する必要性は低いと考えられることから、1日に1回程度の降雨量の確認で十分であると考えられる。

### 3.2 播種前の作物の栽培計画の立案支援

作物の栽培計画を立案する際、栽培する作物の目標収量を推定するためには、作物の品種、栽培面積、肥料の種類に加えて、降雨量のデータが入力値として重要となる。しかし、乾燥地において降雨量を測定するインフラが整備されていない地域では、実際の降雨量を正しく把握することが難しい。

そこで提案システムでは、農家が自身で測定した圃場の降雨量のデータを目標収量を推定する為の入力値として使用する。以下に目標収量の達成に必要な播種基準及び施肥基準を推定するための入出力値を示す。入力値は農家自身が設定し、その入力値をサーバに集積し、作物モデル [7] と季節予報を用いて分析を行い、その推定結果を出力値として農家に提示する。

#### ● 入力値

- 作物の種類
- 肥料の種類
- 雨量計を設置した圃場の位置（緯度と経度）
- 降雨量
- 栽培面積
- 目標収量

#### ● 出力値

- 目標収量の達成可否
- 播種基準（作物の種類と播種量）
- 施肥基準（肥料の種類と施肥量）

### 3.3 播種後の環境変化に対応した作物の収量推定

播種後の作物栽培期において、実際の降雨量が栽培計画

時に想定していた値と大きく異なる場合、作物の収量に影響が及ぶことが考えられる。もし、収量が栽培計画時に見込んでいた値よりも少なくなることが早期に推定できれば、実施できる食糧不足対策の幅が広がる。

そこで提案システムでは、播種後の作物栽培期においても降雨量を記録し、降雨量の変動に応じた収量の推定値を農家に提示する。以下に推定収量を提示するために必要な入出力値を示す。入力値は農家自身が設定し、その入力値をサーバに集積し、分析を行い、その推定結果を出力値として農家に提示する。

#### ● 入力値

- 作物の種類
- 播種量
- 播種日
- 肥料の種類と施肥量
- 雨量計を設置した圃場の位置（緯度と経度）
- 降雨量

#### ● 出力値

- 推定収量

### 3.4 多様な通信環境への対応

住宅地から離れた圃場では通信インフラが整備されていない可能性があることから、モバイルアプリケーションのインターネットへの常時接続を想定することは難しい場合がある。また、例えばサブサハラ・アフリカ地域では契約済みの携帯電話回線のうち 2025 年には 3G 回線が 62%、4G 回線が 23%となる予測 [8] が示されており、高速な携帯電話回線の利用を想定することは難しい。

そこで提案システムでは、降雨量等の入力値の保存はオフライン環境でもモバイル端末内へ行えるようにし、モバイル端末がオンラインになった際にモバイル端末とサーバとの間でデータの同期を行う方式を採用する。本方式により多様な通信環境で提案システムのモバイルアプリケーションが使用可能となる。

### 3.5 入力を促すためのリマインダ

提案システムは人手により降雨量を記録するため入力を失念する可能性がある。入力を失念してしまい降雨量のデータが十分に得られない場合、収量推定が行えない可能性がある。そこでユーザに入力を促すためにモバイルアプリケーションからリマインドを行う。

ただし、乾燥地においては長期間雨が降らないことも考えられる。その場合、雨が連日降っていないにも関わらず入力作業をリマインドされてしまうため、リマインダの効果が薄れてしまう可能性がある。そこで、近隣の他のユーザが降雨量を入力した場合、その周辺でも雨が観測されている可能性があるとして必要なタイミングで必要なリマインドを行う。

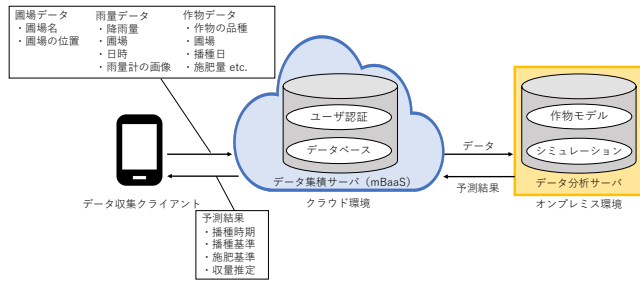


図 1 システム構成図

## 4. システムの実装

### 4.1 システムの構成

本システムはデータ収集クライアント、データ集積サーバ、及びデータ分析サーバで構成される(図 1)。

**データ収集クライアント** サブサハラ・アフリカ地域などでのシェアが高い Android 端末 [9] を採用する。より多くのユーザが利用できるように過去のバージョンの Android OS にも対応する。

**データ集積サーバ** Google 社の mBaaS (mobile backend as a service) である Firebase [10] を使用する。ユーザ認証に Firebase Authentication [11] を、データベースに Firebase Cloud Firestore [12] をそれぞれ使用する。Firebase Cloud Firestore はリアルタイム性を備えており、データ収集クライアントから受信したデータを、迅速にデータ分析サーバへ送信できる。

**データ分析サーバ** データの分析はオンプレミス環境のワークステーションで行う。ユーザがモバイルアプリケーションで入力したデータはデータ集積サーバに集められる。ワークステーションはデータ集積サーバからデータを取得し、分析し、分析結果をデータ集積サーバに返却する。返却された分析結果はデータ収集クライアントを介してユーザへ通知される。

### 4.2 データモデル

播種前の作物の栽培計画の立案支援と播種後の環境変化に対応した作物の収量推定に必要な入出力のデータモデルを定義する(表 1, 表 2)。

**ユーザ** 作物の栽培計画や収量の情報は入力したユーザ本人と本システムの管理者のみがアクセスできるものとする。ユーザの認証及び認可の機能を提供するためにユーザ情報を管理する。

**圃場** 作物の収量を推定するには降雨量の観測地点と作物の栽培場所を関連付けて記録する必要がある。本システムでは圃場に雨量計が設置されるものとする。データベースには雨量計を設置したユーザを識別するためのユーザ ID, 圃場名, 及び圃場の緯度と経度を圃場情

報として記録する。

**降雨量** 本システムでは圃場に雨量計が設置されているものとする。このため、降雨量情報は圃場情報と関連付けて記録する。また、本システムでは手動で降雨量を入力するため、雨量計での測定開始時刻と測定終了時刻も関連付けて記録する。

**作物** 作物の収量予測には入力値に加えて作物モデル [7] と季節予報を使用する。システムで利用できる作物モデルは予め管理者が設定しておき、ユーザはその中から収量予測を行いたい作物を選択する。

**肥料** 作物の収量は降雨量だけでなく肥料の種類や施肥量によっても変化する。本システムで使用する作物モデルにおいても重要な入力値となる。肥料の種類は予め本システムで既定しユーザはそこから使用したい肥料の種類を選択できる。

**タスク** リマインダ機能を実現するにはリマインド相手のユーザとリマインドの内容が必要である。データベースには送信先ユーザ ID, リマインド内容を示すタイトルとその説明内容を記録する。またリマインド内容の作業状態も記録してタスクの完了状況を管理する。

**栽培** 播種前の作物の栽培計画の立案支援と播種後の環境変化に対応した作物収量推定の入出力値を表 2 に示す。  
**播種前の入力値** 施肥量, 播種時期, 及び播種量の推定に必要な作物, 圃場, 降雨量, 栽培面積, 及び使用予定の肥料の種類を記録する。降雨量情報が圃場情報と関連付けられているため、圃場を選択することで降雨量の入力要件は満たされる。

**播種前の出力値** 目標収量となる施肥量, 播種時期, 及び播種量を管理する。目標収量を達成できない場合は、再大収量となる出力を提示する。

**播種後の入力値** 作物別の収量の推定に必要な実際に栽培する作物, 圃場, 降雨量, 栽培面積, 実際の施肥量, 実際の播種時期, 及び実際の播種量を記録する。播種前と同様に圃場を選択することで降雨量の入力要件は満たされる。

**播種後の出力値** 作物別の収量の推定値を記録する。

## 5. プロトタイプ

現在、提案するモバイルアプリケーションのプロトタイプの開発を進めている。

ユーザは最初に圃場を登録して圃場を雨量の記録地点や圃場の栽培地点として選択可能にする。圃場を登録する際は圃場名と圃場の緯度・経度を入力する。圃場を 2 つ登録した場合の画面を図 2 に示す。

次にユーザは雨量を圃場毎に概ね毎日 1 回ずつ記録する。雨量を記録する際は、登録済みの圃場と降雨量の観測地点が一致する圃場を選ぶ。そして降雨量, 測定開始時刻, 及び測定終了時刻を入力する。2 つの圃場でそれぞれ 3 回ず

表 1 データモデル

エンティティ	ユーザ	圃場	降雨量	作物	肥料	タスク
アトリビュート	ユーザ ID	圃場 ID	降雨量 ID	作物 ID	肥料 ID	タスク ID
	メールアドレス	ユーザ ID	ユーザ ID	作物名	肥料名	送信先ユーザ ID
		圃場名	圃場 ID			送信元ユーザ ID
		圃場の緯度	測定開始日時			タイトル
		圃場の経度	測定終了日時			説明
			降雨量			状態
						開始日時
					終了日時	

表 2 作物収量予測の入出力

播種前の作物の栽培計画の立案支援		播種後の環境変化に対応した作物の収量推定	
入力	出力	入力	出力
作物		作物	
圃場		圃場	
降雨量		降雨量	
栽培面積		栽培面積	
肥料の種類			
目標収量			
	目標収量となる施肥量	実際の施肥量	
	目標収量となる播種時期	実際の播種時期	
	目標収量となる播種量	実際の播種量	
			推定収量

※栽培面積が不明の場合は単位面積で処理を行う。

※目標収量を達成できない場合は最大収量となる出力を提示する。

つ雨量を記録した場合の画面を図 3 に示す。

ユーザは雨量の記録を継続しながら、播種前の圃場準備期に入ると栽培計画を立案する。栽培する作物の目標達成のために、作物ごとに使用予定の圃場を登録済みの圃場から選択し、作物名、栽培面積、使用予定の肥料の種類、及び目標収量を入力する。入力したデータはデータ集積サーバに集められ、データ分析サーバで作物モデルと季節予報を用いてシミュレーションが行われ、その出力として目標収量の達成可否、播種基準、及び施肥基準がユーザに提示される。その後、播種後の栽培期に作物別の収量を推定する。そのために、実際に栽培する作物、圃場、播種量、播種時期、及び施肥量を入力する。これらの入力データを用いてデータ分析サーバでシミュレーションが行われ、その出力として収量の推定値がユーザに提示される。これらの一連の入出力は時系列順で表示される。作物収量予測の入出力画面の例を図 4 に示す。なお、データ収集クライアント、データ集積サーバ、及びデータ分析サーバはそれぞれ並行して開発を進めており、これらのシステム連携については今後実装する予定である。このため現在のデータ収集クライアントのプロトタイプでは作物収量予測として仮の値が表示されている。

## 6. おわりに

本稿では、乾燥地における安定的かつ自立した作物栽培を達成するために、農家が自身で測定した降雨量等の入力

圃場	雨量
Tottori 圃場の位置情報 緯度: 35.50026683809813 経度: 134.23521470278502	2020/10/24 02:45 ~ 2020/10/25 01:47 2 Koyama
	2020/10/24 02:42 ~ 2020/10/25 03:30 0 Tottori
Koyama 圃場の位置情報 緯度: 35.51828405508256 経度: 134.17460180819035	2020/10/23 01:43 ~ 2020/10/24 02:45 8 Koyama
	2020/10/23 01:41 ~ 2020/10/24 02:42 5 Tottori
	2020/10/22 01:50 ~ 2020/10/23 01:43 14 Koyama
	2020/10/22 12:42 ~ 2020/10/23 01:41 10 Tottori

図 2 圃場の一覧画面

図 3 降雨量の一覧画面

値から作物の予測収量を提示するためのモバイルアプリケーションを提案した。提案アプリケーションにより、乾燥地における根拠に基づいた作物栽培の実現と作物生産の安定化が期待できる。現在、本アプリケーションはプロトタイプの段階であり、今後は鳥取大学乾燥地研究センターにて試用及び評価を行うとともに実証実験に向けた改良を加える。その後、スーダン共和国で実証実験を行う予定である。

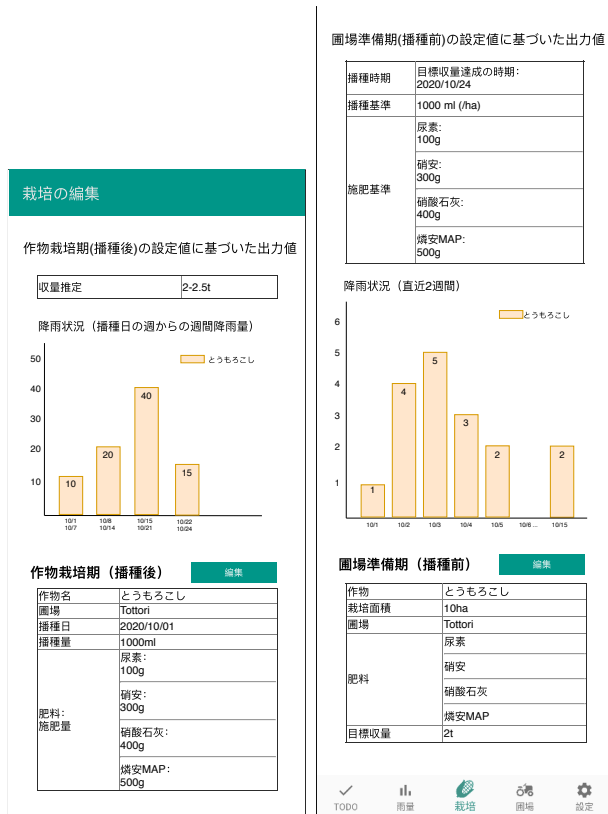


図 4 作物収量予測の入出力画面

Saharan Africa: laying the foundations, Technical report, GMS (Global System for Mobile Communications) Association (2019).

- [9] StatCounter: Mobile Operating System Market Share Africa Sept 2019 - Sept 2020, StatCounter (online), available from <https://gs.statcounter.com/os-market-share/mobile/africa> (accessed 2020-10-21).
- [10] Google LLC: Firebase, Google LLC (online), available from <https://firebase.google.com> (accessed 2020-10-29).
- [11] Google LLC: Firebase Authentication, Google LLC (online), available from <https://firebase.google.com/products/auth> (accessed 2020-10-29).
- [12] Google LLC: Firebase Cloud Firestore, Google LLC (online), available from <https://firebase.google.com/products/firestore> (accessed 2020-10-29).

## 参考文献

- [1] FAO, IFAD, UNICEF, WFP and WHO: Transforming food systems for affordable healthy diets, *The State of Food Security and Nutrition in the World (SOFI)*, (online), DOI: <https://doi.org/10.4060/ca9692en> (2020).
- [2] Le Coz, C. and van de Giesen, N.: Comparison of Rainfall Products over Sub-Saharan Africa, *Journal of Hydrometeorology*, Vol. 21, No. 4, pp. 553–596 (online), DOI: <https://doi.org/10.1175/JHM-D-18-0256.1> (2020).
- [3] Poushter, J., Bishop, C. and Chwe, H.: Social Media Use Continues to Rise in Developing Countries but Plateaus Across Developed Ones, pp. 3–4 (2018).
- [4] Silver, L. and Johnson, C.: Internet Connectivity Seen as Having Positive Impact on Life in Sub-Saharan Africa, p. 13 (2018).
- [5] Freebairn, D., Ghahramani, A., Robinson, J. and McClymont, D.: A tool for monitoring soil water using modelling, on-farm data, and mobile technology, *Environmental Modelling & Software*, Vol. 104, pp. 55–63 (online), DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2018.03.010> (2018).
- [6] Chen, Y.: Estimage: A mobile application in agriculture for image to object count estimation, *Proceedings of the Nova Scotian Institute of Science*, Vol. 49, No. 1, pp. 119–143 (online), DOI: <https://doi.org/10.15273/pnsis.v49i1.6983> (2017).
- [7] Tsubo, M., Walker, S. and Ogindo, H.: A simulation model of cereal-legume intercropping systems for semi-arid regions: I. Model development, *Field Crops Research*, Vol. 93, No. 1, pp. 10–22 (online), DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2004.09.002> (2005).
- [8] Okeleke, K., George, D. and Obiodu, E.: 5G in Sub-