

2025 年 3 月 19 日（水）

成果物

スマート農業における高速 LTE 回線を用いた  
遠隔観測システムの構築

Remote Observation System Using High-Speed LTE Line in Smart Agriculture

学部：生産システム工学専攻学部  
学科：生産システム工学専攻科  
所属：情報通信工学研究室  
学籍番号：24606  
氏名：須川稜己

## 1. はじめに

現代では、スマート農業が日本全国で取り組まれている [1]。本研究ではその一環として、作物における湿害問題の改善に着目した。大豆や麦は、降雨や霧の影響により急激に水分を含むと、種子が破れ腐敗し、育成障害を引き起こす。これにより作物の収穫率が減少し、巻き直しによる収穫時期の遅れを招いてしまう [2]。そのため降雨や土壌水分量をより早く、遠隔で観測できる湿害モニタリングシステムの開発を目指している。

前期は、2年前の wi-fi を活用した通信システムを改良するため、LTE 通信規格を搭載した基地局の制作、実験を行った。通信システムは、ノード-基地局間の距離を拡大するため、基地局に 4GLTE モバイルルータ (LTE 通信モデム) を採用した。これにより、基地局の通信環境における設置制限は解消されたが、電源の制約が残った。

本稿はノードから直接 LTE 通信規格によりインターネットに接続し、サーバにデータをアップロードすることを目的として通信プログラムの制作を行い、COM.LTE module (LTE 通信規格) の通信試験を行なった結果について報告する。

## 2. 概要

### 2.1 背景

現代の日本における農業問題を図 1 に、スマート農業について図 2 に示す。

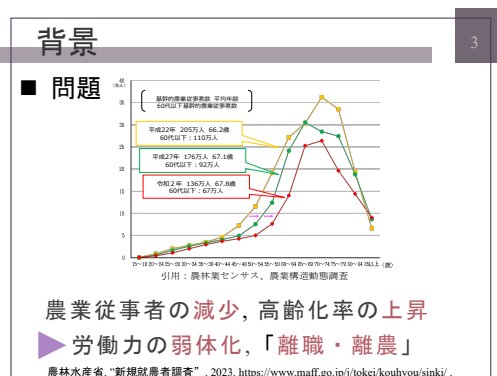


図 1 農業における問題

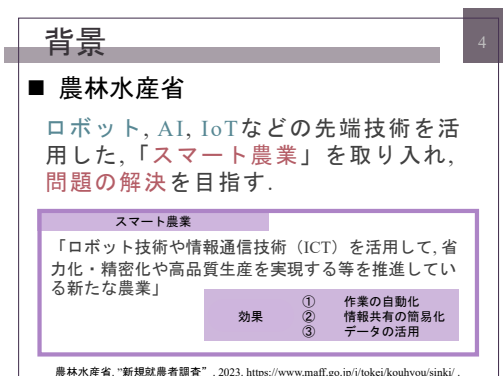


図 2 スマート農業とは

現代の日本の農業業界では、農業事業者の減少、高齢化率の上昇といった労働力の弱体化、離職・離農が問題となっている。そのため農林水産省では、ロボット, AI, IoT などの先端技術を活用した、「スマート農業」を取り入れ、問題の解決を目指している。

## 2.2 目的

湿害の影響を図3に示す。

5

目的

■ 湿害問題

研究対象である大豆や麦は、**湿害の影響**を大きく受けてしまう。

大豆 ▶ **梅雨**の時期に蒔く  
雨の影響を受ける

麦 ▶ **秋～冬**の時期に蒔く  
霧、霜の影響を受ける



引用：千葉県庁 山武農業事務所ホームページ  
湿害を受けた圃場

土壌水分量・雨量・霧・霜を観測する必要がある

図3 湿害問題

本研究では、スマート農業の一環として、作物における湿害対策に着目し、観測機器の開発をした。図3は湿害の問題について示している。研究対象の大豆や麦は湿害の影響を大きく受ける。大豆は梅雨の時期に蒔かれ、急激に水分を含むと種子が腐敗・破損し、発芽不良を引き起こす。また、麦は霧による病害や霜による凍結障害の影響を受け、生育不良を招く。以上の湿害の問題を改善するため、土壌水分量、雨量、霧、霜などの圃場情報を把握し、早急に対策する必要がある。本研究は、土壌水分量・雨量・霧・霜などの圃場情報を迅速かつ、遠隔で観測できるモニタリングシステムを実現することを目的とする。

### 3. 通信システム

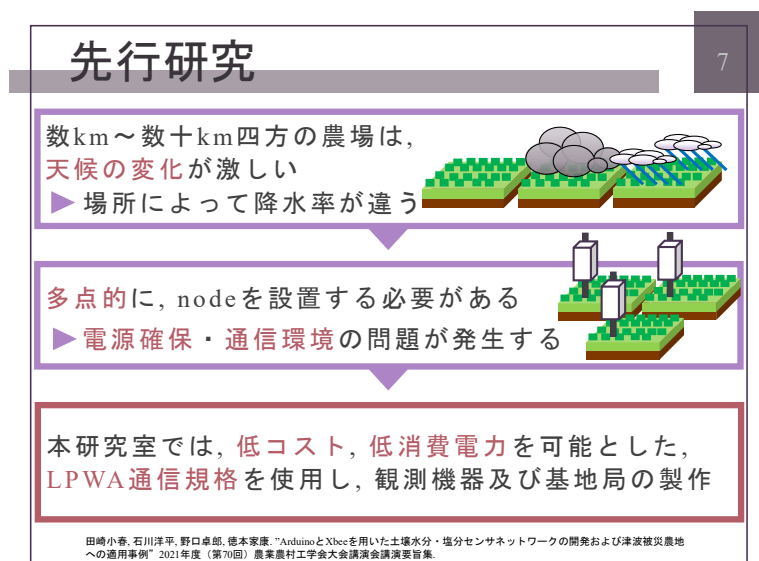


図4 他の研究者による先行研究

以上の図4は他の研究者による先行研究を示している。本研究は、数kmから数十km四方に及ぶ農場の観測を目的としている。しかし広大な農場では天候の変化が激しく、場所によって降水率にばらつきが生じる。そのため、一つの畑に一つの観測機器を設置し、多点的に設置しデータを取得する必要がある。しかし、電源の確保や通信環境の制約といった課題も発生する。本研究室では、低コスト、低消費電力かつアンテナ高を2m以上確保することで長距離通信を可能とするLPWA通信規格（LoRa module）を使用し、電源確保、通信環境の問題の改善を試みた。



図5 本研究室における従来の通信システム

図5は本研究室における、従来の通信システム構成図である。農場に設置した観測機器からセンサにより圃場情報を取得しLPWA通信規格（LoRa通信）を使用して、基地局にデータ送信する。その後、基地局からWiFi通信を使用し、インターネット上のGoogle Spread Sheetを用いて観測結果の表示を行う。

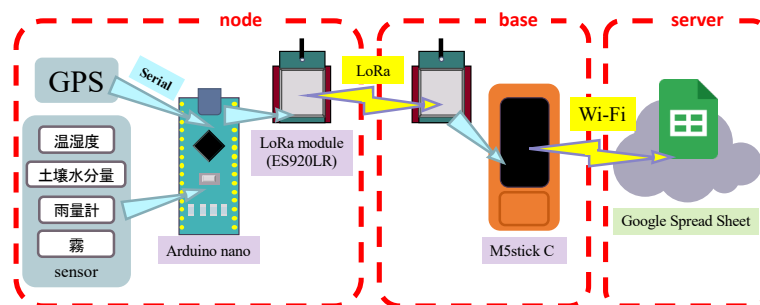


図6 本研究の先行研究

図6は従来のシステム構成をもとに制作された観測システムである。観測機器にArduino nano、基地局にはM5stick Cを使用し観測システムを開発した。しかしLoRa通信環境の問題に加え、Wi-Fi通信における基地局の設置制限の影響により、通信が不安定となり、多点設置が困難だった。図7はLoRa通信の通信環境の問題を示している。実際に設置する観測機器は右の画像より、農家さんの要望によりアンテナ高1m未満とすることが必要がある。本来LoRa通信は、アンテナ高2m以上の高さを保つことで数kmの長距離データ伝送が可能である。しかし本研究ではアンテナ高1m未満の制約により、観測範囲が最大約110mまでに制限されてしまう。図8はWiFi通信における基地局の

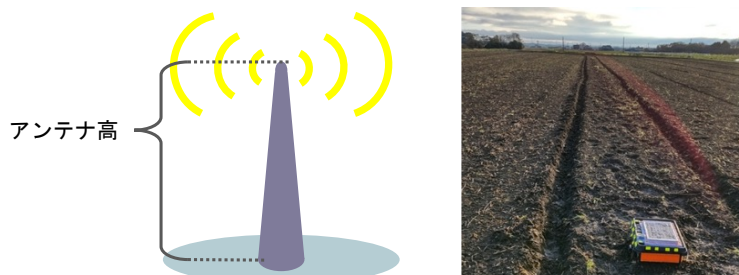


図7 LoRa 通信環境の問題

設置制限の問題を示している。Wi-Fi通信は、Wi-Fiアクセスポイント内でデータ伝送が可能である。先行研究のシステムでは、LoRa通信環境の制約により、観測機器の通信範囲が約110mに限られていた。そのため、基地局を観測機器に近づける必要があった。しかし、Wi-Fiアクセスポイントの設置場所が農家の家の周辺に限定されてしまい、柔軟な配置が困難となった。

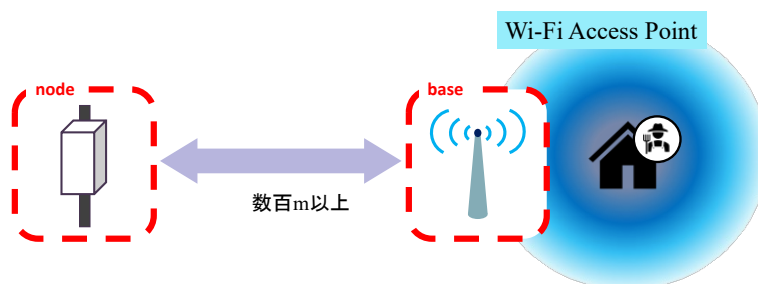


図8 WiFi 通信における基地局の設置制限の問題

私は、本科5年時に基地局の開発を担当し、LTE 通信を利用した基地局を制作した。図9は基地局にLTE 通信を搭載した場合を示している。この基地局は設置場所を自由に変更できるため、従来のように農家の周辺に限定される課題を解消し、通信環境の改

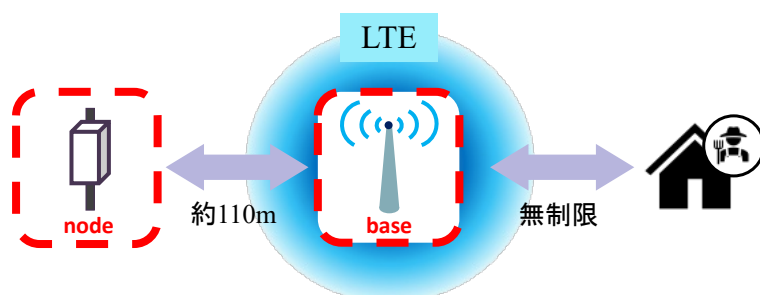


図9 LTE 通信を使用した基地局

善を目指した。図10はLTE 通信を用いた基地局による通信システムである。先行研究ではM5stick Cを使用していたが、本研究ではRaspberry Pi 4とLTE Modemに変更した。専攻科1年の前期には、実際に農場へ設置し、圃場情報の収集およびインターネット上での表示実験を行った。その結果、LTE 通信を搭載したことで、通信環境による問題は解消された。しかし、データ送信が途中で途絶える問題や、基地局の消費電力が高いために電源確保が難しく、設置場所に制限が生じる新たな課題が発生した。このデータ送信の問題を解決するため、図11に示すようにM5stick Cと4G Mobile Routerを使用した基地局を製作したが、電源確保の問題は依然として解決できなかった。

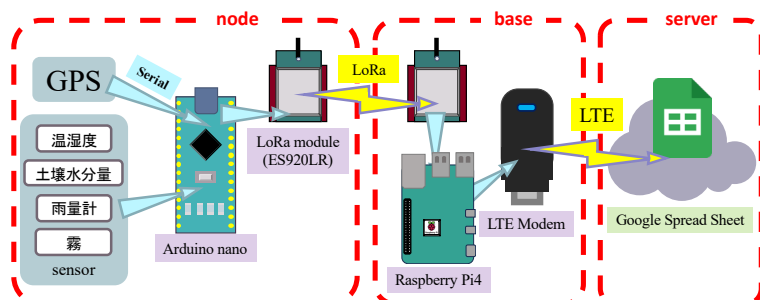


図10 LTE 通信を使用した基地局

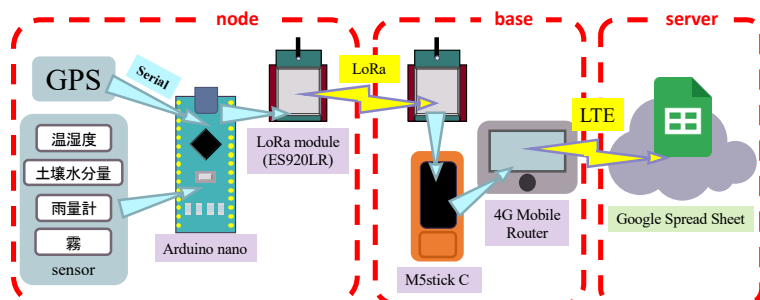


図11 LTE 通信を使用した基地局 ver.2

本研究は基地局を廃止し、観測機器に LTE 通信を搭載することで、センサーで取得したデータを、基地局を経由せずに直接インターネットへアップロードするシステムを製作した。通信システムの構成を図 12 に示す。先行研究では観測機器に Arduino Nano を使用していたが、本研究では M5stack Basic に変更し、COM.LTE module を搭載することで、観測機器単体でのインターネット接続を行う。これにより、観測機器の通信環境の安定化を図るとともに、数 km 四方にわたる大規模農場への観測機器の多点設置や、遠隔地からの観測を実現する。

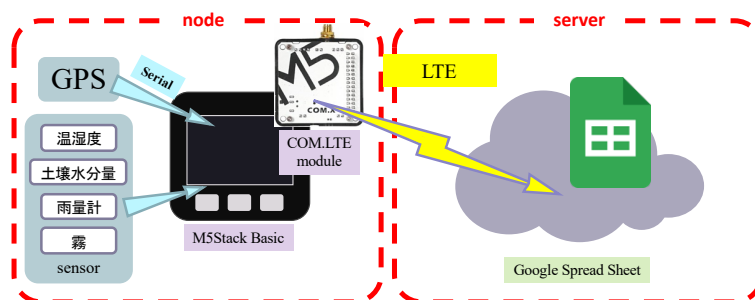


図 12 基地局を廃止した通信システム

## 4. 実験

図 12 における通信システムを実現するため、データ送信の実験を行う。実験におけるシステム構成を図 13 に示す。観測機器の制御モジュールである M5stack Basic にランダムな 3 つの値を生成し、COM.LTE Module からインターネット上の Google Spread Sheet にアップロードする。プログラムフローチャートを図 14 に示す。

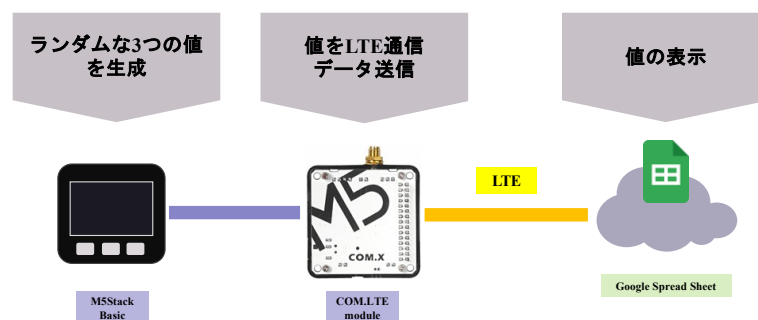


図 13 実験の通信システム構成

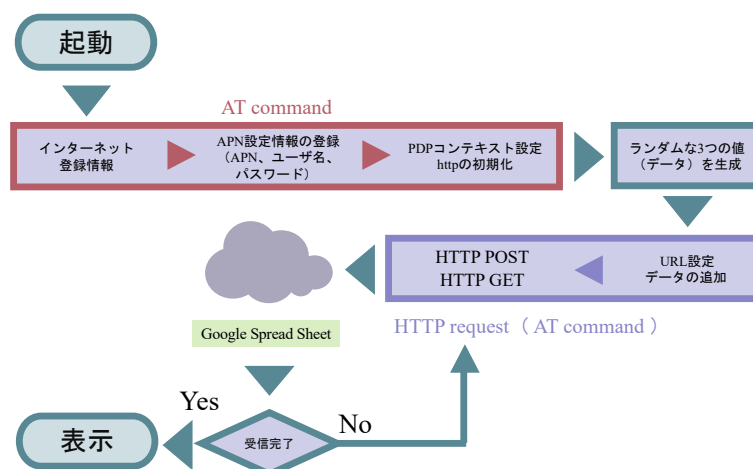


図 14 実験のフローチャート



## 5. 結果

図 15 に M5stack Basic の動作、図 16 には Google Spread Sheet の動作を示している。以下の画像より、ランダムな値の生成後、Google Spread Sheet に表示されたことが確認できる。また観測機器を屋外に設置し観測実験を行った結果、インターネット上に値を表示することができた。本実験により LTE モジュールを使用し、観測機器から直接インターネット上にデータを表示するシステムを制作することができたため、大規模農場での他店設置による遠隔観測を実現する。今後は図 12 に示しているセンサを搭載した観測機器を制作し、実際に農場での観測実験を行う。

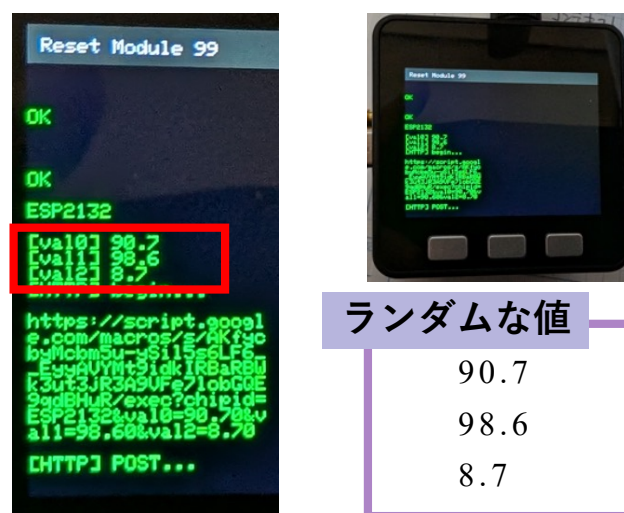


図 15 M5stack Basic の動作

F2	A	B	C	D	E
1	日付	chipid	Va10	Va11	Va12
2	2025/03/10	ESP2132	90.7	98.6	8.7
3	2025/03/10	ESP2132	94.1	99.2	42.6
4	2025/03/10	ESP2132	88.8	97.6	59.9
5	2025/03/10	ESP2132	54.8	48.6	66.4
6	2025/03/10	ESP2132	42.3	16	70.3
7	2025/03/10	ESP2132	59.7	87.6	99.6
8	2025/03/10	ESP2132	70.3	58.1	57.3
9	2025/03/10	ESP2132	53.2	7.5	19.4
10	2025/03/06	ESP2132	76.8	8.7	31.7
11	2025/03/06	ESP2132	36	55	20.9
12					

図 16 Google Spread Sheet 表示

## 付録

製作した観測機器（M5stack Basic）のプログラムを github 内のファイル(ファイル名：2025\_3\_4\_Observer\_for\_LTE\_system)に記載する。また、Google Spread Sheet のプログラムを以下に記載する。

```
function doGet(e) {  
  Logger.log("Received GET request: " + JSON.stringify(e));  
  
  var sheet = SpreadsheetApp.getActiveSpreadsheet().getSheetByName('シート1');  
  if (!sheet) {  
    return ContentService.createTextOutput("Error: Sheet not found").setMimeType(ContentService.MimeType.TEXT);  
  }  
  
  // クエリパラメータを取得  
  var chipid = e.parameter.chipid || "Unknown";  
  var val0 = parseFloat(e.parameter.val0) || 0;  
  var val1 = parseFloat(e.parameter.val1) || 0;  
  var val2 = parseFloat(e.parameter.val2) || 0;  
  
  // スプレッドシートにデータを記録  
  sheet.insertRowBefore(2);  
  sheet.getRange(2, 1).setValue(new Date()); // 受信日時  
  sheet.getRange(2, 2).setValue(chipid);  
  sheet.getRange(2, 3).setValue(val0);  
  sheet.getRange(2, 4).setValue(val1);  
  sheet.getRange(2, 5).setValue(val2);  
  
  return ContentService.createTextOutput("Data received successfully").setMimeType(ContentService.MimeType.TEXT);  
}
```