

# LoRaWANを用いた山林地域における 災害予測システムの検討

猪田 耕平<sup>†1,a)</sup> 國領 あい理<sup>†1,b)</sup> 小比賀 亮仁<sup>†1,c)</sup> 小坂 隆浩<sup>†1,d)</sup>

**概要:** 近年、日本における気候変動の影響により降雨量が増加し、土砂災害や洪水といった自然災害が増加している。特に、森林地域では災害の発生を予測しにくく、防災対策の一環として広範囲にわたるセンサネットワークの構築が求められる。一方で、森林地域にセンサデバイスを設置する際、電力供給や構築コストが課題となる。本研究では、低コストかつ省電力の通信規格である LoRaWAN を用いた災害予測システムの構築を提案する。提案するシステムでは、森林地域に温度、湿度、土壌状態などのセンサを設置し、収集データをもとに降雨量や地盤の変化を監視することで災害予測に活用することを目指す。今後、実証実験を通じて課題を模索し、システムの実用化を進める。

## 1. 山林地域におけるセンサを用いた災害対策

近年、地球温暖化の影響により、日本各地で降水量が増加し、土砂災害や洪水などの大規模水害のリスクも上昇している [1]。これらの水害は、いどこで発生するか予測が困難であるため、山林地域に広範囲にわたってセンサを設置し、持続的な災害予測システムの構築が求められる。しかし、山林内では電波が届きにくく、持続的な長期間稼働が重要となる。本研究では、低消費電力かつ長距離通信が可能な LPWA (Low Power Wide Area) 技術のうち LoRa を用いたセンサシステムの実現を目指し、山林地域における水害の早期検知を可能とする災害予測システムを開発する。

## 2. 山林地域におけるセンサネットワークの環境課題

山林地域でセンサネットワークを用いる課題として2点挙げられる。まず、大規模なセンサネットワークの構築には多大なコストが伴う点である。広範囲にわたって多数のセンサデバイスを設置する必要があるため、設置および維持管理にかかる費用が大きな負担となる。

次に、対象地域が山林であるため、インフラ整備が十分でない点が挙げられる。山林地域はアクセスが限られ、電

力供給や通信インフラも都市部に比べ整備されていない。そのため、持続的かつ安定した運用を実現するには、省電力かつ長距離通信が可能な技術の導入が不可欠である。

## 3. LoRaWAN の山林地域への導入

本研究では、課題を解決する手段として LoRaWAN (Long Range Wide Area Network) を採用する。LoRaWAN は、省電力で広域にわたる通信が可能な無線通信規格であり、特に電力供給が不十分な地域での長期間運用に適している [2]。また、LoRaWAN はライセンスフリーの周波数帯域を利用しており、通信コストを抑えることができるため、広範囲にわたるセンサネットワークを低コストで実現できる。これにより、山林地域における持続的な災害予測システムの構築が期待される。

### 3.1 既存技術との比較

既存の通信技術として Starlink, 5G, WiFi などが挙げられる。

Starlink は衛星インターネット技術により広範囲での通信が可能であるが、山林地域では通信が安定しない可能性があり、また LoRaWAN に比べて電力消費が多いため、大規模なセンサネットワークの構築には不向きである [3]。同様に、5G は高速かつ大容量の通信が可能で都市部での利用に適する一方、高帯域幅に伴う高い電力消費と通信範囲の狭さから、山林地域での広範なネットワーク構築には多大なインフラ整備が必要であり、実用的ではない [4]。

これに対し、LoRaWAN は低消費電力で長距離通信が可能な上、ライセンスフリーの周波数帯域を利用することで

<sup>†1</sup> 現在、同志社大学  
Presently with 1-3 Tataramiyakodani, Kyotanabe, Kyoto 610-0394, Japan  
a) cgug1019@mail4.doshisha.ac.jp  
b) cguh1034@mail4.doshisha.ac.jp  
c) kohiga@gmail.com  
d) tkoita@mail.doshisha.ac.jp

通信費用も抑えられる。これにより、電力供給や通信インフラが十分でない山林地域でも、安定した広範囲のセンサネットワーク構築が期待される。

以下表 1 に LoRaWAN と 5G, Starlink の比較を示す。

表 1 LoRaWAN と他の通信規格との比較表

評価項目	LoRaWAN	5G	Starlink
消費電力	◎	△	×
通信範囲	○	△	◎
ネットワーク構築コスト	◎	△	×

#### 4. LoRaWAN の多領域における活用と災害予測システムへの応用

LoRaWAN は、省電力であり、ネットワーク構築が低コストで広域通信が可能という特長から、スマートシティ、スマート農業、害獣対策など多岐にわたる分野で既に活用が進んでいる [5][6]。このような多様な応用例により、LoRaWAN はインフラが整備されていない環境でも持続的なデータ通信を実現できる技術として注目されている。

本研究では、特に防災の観点から LoRaWAN の森林地域での適用可能性に着目し、水害や土砂災害の早期検知を目的としたセンサネットワークの構築に向けて検討を行う。

#### 5. 提案するシステム

本研究では、森林地域における降水量および土壌の状態に関するデータを収集し、災害予測に役立てることを目的としたセンサネットワークを構築する。具体的には、山林地域に温度、湿度、土壌状態を測定するセンサを設置し、降水量を推定する。そして、センサの取得したデータの中で異常値を検知した場合のみデータセンタに通知する。

以下に提案するシステムの動作フローと概要図 1 を示す。

- ① 森林地域に設置されたセンサが温度や湿度、土壌状態などのデータを継続的に取得する。
- ② 各センサは、事前に設定された閾値を超える異常値を検出した場合、異常の発生を LoRaWAN ゲートウェイを介してデータセンタに通知する。
- ③ 異常通知を受け取ったデータセンタは該当センサに対して、過去 24 時間分のデータ送信を要求し、センサはこれに応じてデータを提供する。

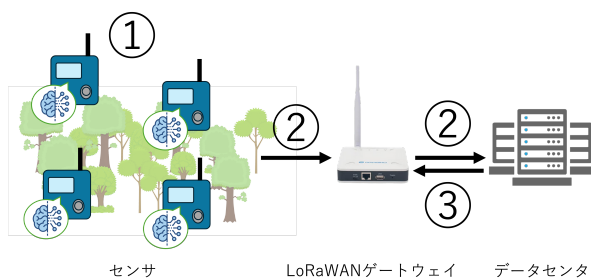


図 1 提案するシステム概要図

LoRaWAN の特性上、1 回のデータ送信サイズに制限があるため、時刻、位置情報、およびセンサデータを効率よく送信できるよう、送信データの切り替えの指示などプロトコル設計が必要となる。これにより、広範囲な森林地域での長期運用が可能なシステムの実現を目指す。

#### 6. 期待できる効果

LoRaWAN を用いたセンサネットワークにより、電力供給が難しく通信インフラが整備されていない森林地域でも、省電力かつ低コストで広域にわたるデータ収集が期待される。このシステムを通じて、降水量や土壌の状態などの環境データを定期的に取得し、森林地域での水害や土砂災害を早期に検知する。

#### 7. 今後の展望

今後の展望としては、実際にエンドデバイスを森林地域に設置し、実証実験を行うことを予定している。この実験を通じて、システムの有効性を調査する。

現段階で想定される課題としては、LoRaWAN の帯域幅が狭いため送信可能なデータ量に制限があることが挙げられる。そのため、効率的なデータ送信プロトコルの設計が求められる。また、災害の予測をターゲットにしており、広範囲にセンサを設置する必要があるため、コストを抑えた基地局と子機の配置方法を考える必要がある。

直近の目標は、システムを構築し基本機能を実証することであり、その後、中長期的にはエンドデバイスの台数を増やし、さらなるデータ収集を通じて新たな課題の特定と解決に取り組んでいきたい。

#### 参考文献

- [1] 国土交通省 (2023). 『令和 5 年 水害の現状と対策』。 [https://www.mlit.go.jp/river/pamphlet\\_jirei/pdf/suigai2023.pdf](https://www.mlit.go.jp/river/pamphlet_jirei/pdf/suigai2023.pdf),
- [2] Jouhari, Mohammed, et al. "A survey on scalable LoRaWAN for massive IoT: Recent advances, potentials, and challenges." *IEEE Communications Surveys & Tutorials* 25.3 (2023): 1841-1876.
- [3] Mohan, Nitinder, et al. "A multifaceted look at starlink performance." *Proceedings of the ACM on Web Conference* 2024.
- [4] Hoeller, Arliones, et al. "Beyond 5G low-power wide-area networks: A LoRaWAN suitability study." *2020 2nd 6G Wireless Summit (6G SUMMIT)*. IEEE, 2020.
- [5] Riko Ahmad MAULANA, Hiroaki SUGINO, Masaru MIZOGUCHI, Experiments on acquiring IoT sensor data from inside a mountain forest using the LoRa communication method. 農業農村工学会全国大会講演要旨集 pp, 525-526, 2022.
- [6] Schulthess, Lukas, et al, "A LoRa-based Energy-Efficient Sensing System for Urban Computing." *Proceedings of the 8th ACM/IEEE Conference on Internet of Things Design and Implementation*, 2023.