

# オーグメントドワイヤレス：拡張無線環境学習を利用した無線周波数共有技術の研究開発

田久修<sup>1</sup>, 安達宏一<sup>2</sup>, 太田真衣<sup>3</sup> <sup>1</sup>信州大学 <sup>2</sup>電気通信大学 <sup>3</sup>福岡大学

## 研究概要

- IoT社会の膨大な数のセンサによる無線アクセスを収容できる同一・他システム間周波数共有を実現する無線センサーネットワークシステムを確立
- 受信機の復調能力の考慮と送信機の干渉回避能力を認識する拡張無線環境学習を備えたオーグメントドワイヤレスを確立し、920MHz帯LPWAの既存規格と比較して半分の周波数資源でアクセス収容を実現 (周波数利用効率を2倍改善)

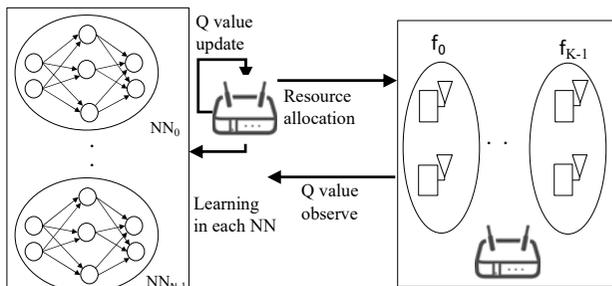
## 研究背景

Low Power Wide Area (LPWA) Networks の登場によりセンサネットワークの広域利用が可能になり、農業・自然環境モニタ・水産・建築などの様々な業種での適用に期待  
課題：広域エリアをサポートするため遠方システムと相互干渉による収集率低下

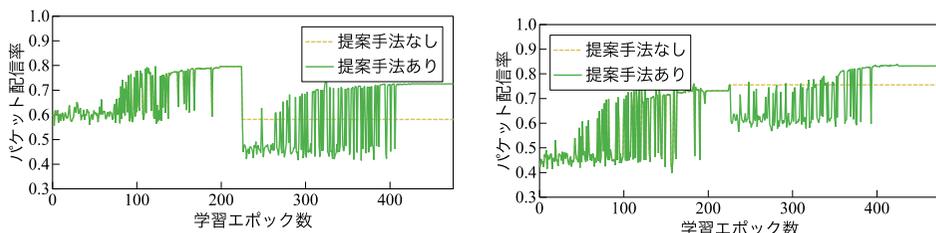
**オーグメントドワイヤレス：拡張無線環境学習・無線機性能・周波数利用モデル化の三機能からなる適切な周波数共有を可能にするアクセス技術の高度化**

## 機能1：拡張無線環境学習によるチャネル割当法

- 機械学習の一種であるDeep Q学習を用いることによって、システム内外の無線環境を認識[1]
- 学習には、情報集約局が入手可能なパケット配信率を利用
- システムに大きな負荷や追加のオーバーヘッドを必要としない手法
- 無線環境認知の結果に基づいて、各LoRaWAN端末が利用可能な周波数を設定



図A. 提案手法の構成



(a) 干渉発生時

(b) 干渉消滅時

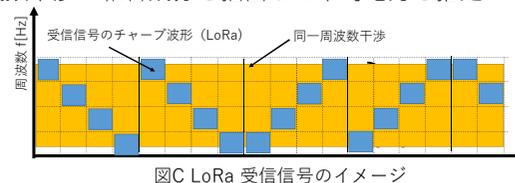
図B. 提案手法を用いた場合の外部干渉に対する学習の一例

## 機能2：無線機性能を与える信号対干渉雑音電力推定法

- アンテナの高さに対する920MHz帯の受信電界強度観測実験
- 920MHzLoRaの受信機の高さを変えたとき送受信機間距離と受信電界強度 (RSSI) の関係性を評価
  - 受信機が高くなると距離によるRSSIの減衰量が緩和傾向
- 受信機の高さごとに所望・干渉電力推定の必要性を確認

LoRa変調の特徴を利用した所望・干渉電力推定法[2]

高速フーリエ変換 (FFT) でチャープ変調の周波数遷移を捉え、未使用の周波数成分から同一周波数干渉・雑音成分を抽出して平均電力を推定

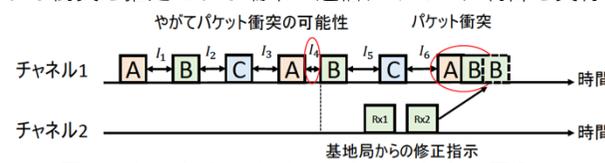


図C LoRa 受信信号のイメージ

信号対干渉雑音電力推定結果から、チャネルの利用可否を含む利用率 (占有率) を測定し、チャネルの利用可否を判断可能

## 機能3：周波数利用モデルを活用した送信タイミング制御

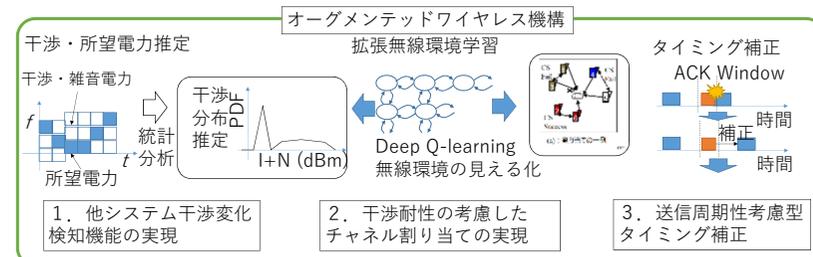
- 周期的にパケットを送信する通信システム (LoRaWAN) で莫大な数の端末が共存する環境を想定
- 端末が安価な発振器の利用で送信タイミングがずれる
- GWによる衝突を推定による端末の送信タイミング制御を実行



図E パケット衝突タイミング推定と衝突回避

送信タイミングの変更回数を考慮しつつ、送信成功率の低下を抑制可能[3]

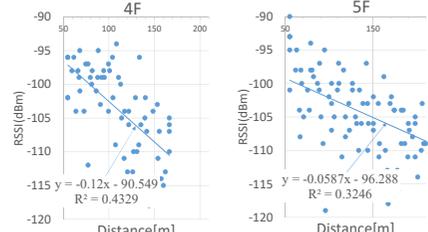
## オーグメントドワイヤレスによる周波数利用効率評価結果



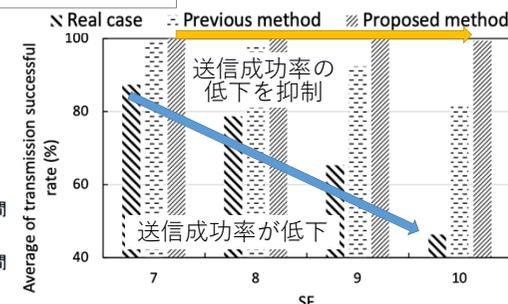
提案 (チャネル数8) が従来LPWA (チャネル数16) より、干渉変化検知とチャネル割り当の改良の結果、優れたパケット到着率 (PDR) 達成 →2倍以上の周波数利用効率の改善を達成



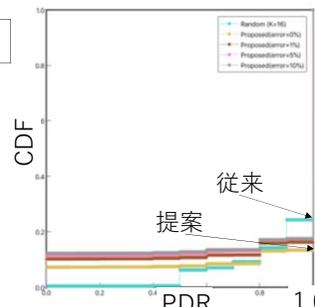
(a) アンテナの配置場所 (b) LPWA送信機をドローンに搭載 (c) ドローンを利用した滑空実験 (建物遮蔽効果の緩和を確認)



図D LPWAの測定実験



図F 拡散率(SF)による送信成功率



図G PDRの累積分布 (CDF)特性 (提案が9割確率でPDR=1.0を達成)

[参考文献] [1] 相原、安達他、信学技報RCS2019-275.

[2] 小林、田久他、ソ大 2020 B-17-4. [3] 天野、太田他、ICAII2020, March.