

センサネットワークにおける予測結果のブロードキャストを活用した自律型通知制御法の特性評価

平根 秀康 (信州大学), 田久 修 (信州大学)

1. 研究背景・目的

IoT(Internet of Things)の急速な発展に伴い、幅広いシーンでセンサが活用されている。その中でも5GやLPWA (Low Power Wide Area)の普及したこと、多端末接続が可能になり、1つの集約局に接続する端末台数の増加が見込まれている。そこで以下の課題が挙げられる。

課題

- より多くのセンサが配置されたモニタ対象の空間把握には過剰な通知が発生する
 - ▶ 消費電力が増大し電源リソースに制約のあるセンサにとって欠点となる
- センサ数が増加することでコリジョン発生確率が上昇する
 - ▶ データの再送を繰り返すことで、ユーザにとって効率的な環境把握を実現できない

目的：センサから集約局に情報を通知する回数及び電力の削減

1. 一部のセンサからのみ情報を通知
 - ▶ 未通知情報は予測及び補間を用いて、通知回数を削減
2. 誤差-CW無線アクセスによるセンサごとの自律分散的な優先制御
 - ▶ 補間誤差の大きいデータの通知により、予測誤差を改善する

2. 提案法



- ① 各センサが温度を計測
- ② 初期に通知するセンサ群（赤）が集約局へ情報を送信する
- ③ 補間手法と“①”的初期通知データを用いて、未通知データを予測する
- ④ 予測結果を各センサにブロードキャスト
- ⑤ 各センサは“予測結果”と“実測値”を比較し、誤差を算出する
- ⑥ 誤差が閾値以上のセンサは集約局に実測値を通知する
 - ▶ 予め“表1”を設計することで、誤差が大きいセンサの優先的な通知を可能にする
- ⑦ 誤差が閾値未満になるまで“③～⑥”を繰り返す。
 - ▶ 未通知センサからの追加情報と再補間により、誤差を収束させる

表1：誤差-CW対応表

| 誤差(δx) | 0.5≤δx<5 | 5≤δx<10 | 10≤δx<11 |
|--------|----------|---------|----------|
| CW | 6 | 5 | 3 |
| 固定 | 10 | 4 | 0 |

センサの待ち時間は、
FixedValue+CWの範囲内の
一様乱数に基づいて決定する

3. シミュレーションによる特性評価

本研究では、空間相関の強弱に伴う予測精度及び通知回数の変化について評価する。

シミュレーション諸元

■ 補間手法：2次元3次スプライン補間

■ 許容する予測誤差：0.5 [°C]未満

■ バックオフ制御

□ 比較法 | ランダム通知

- ▶ CW=20 (各センサ共通)

□ 提案法 | 大きい誤差を優先通知

- ▶ 誤差-CW対応表 ; $\sigma=2.25$ のヒートマップ用

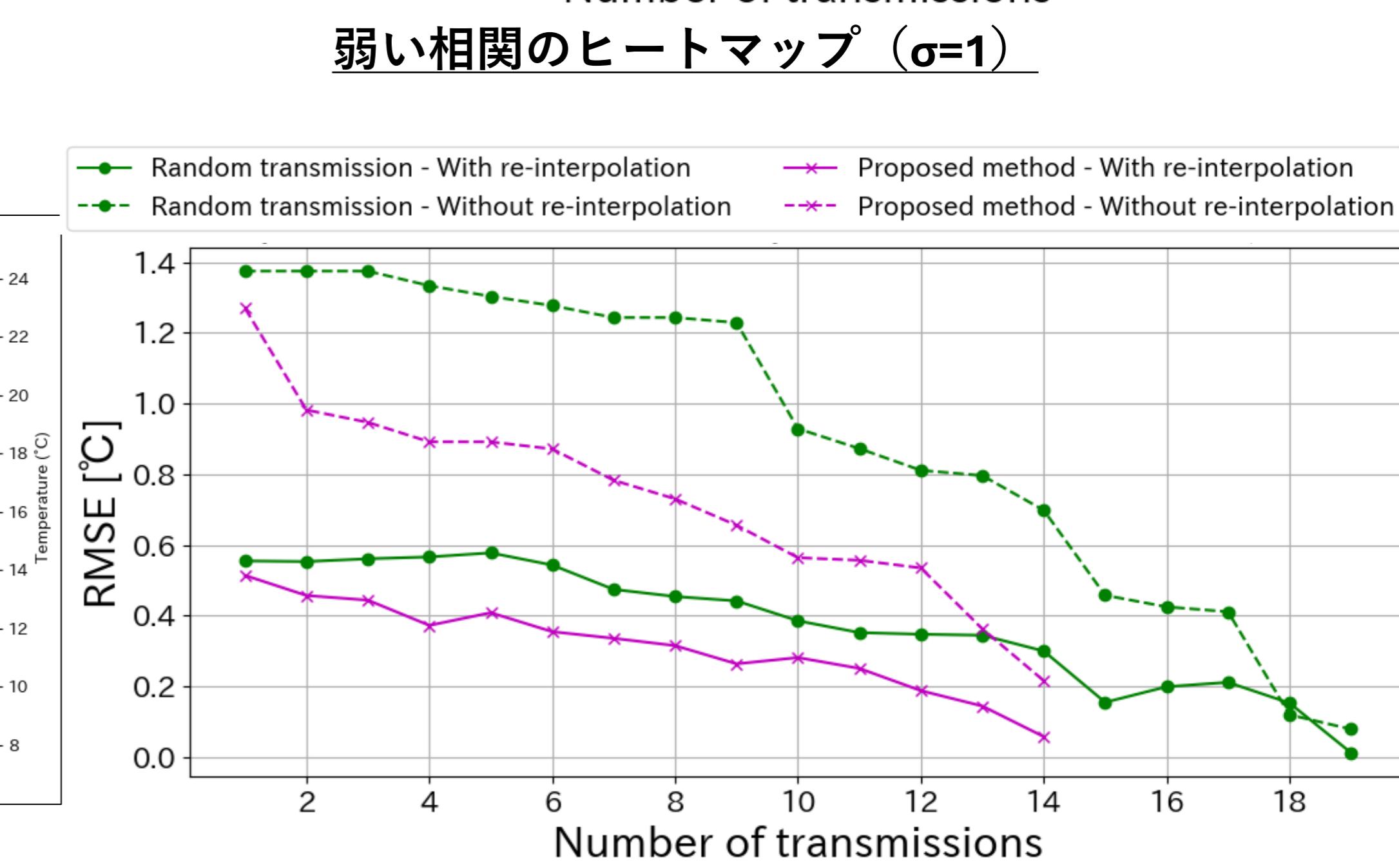
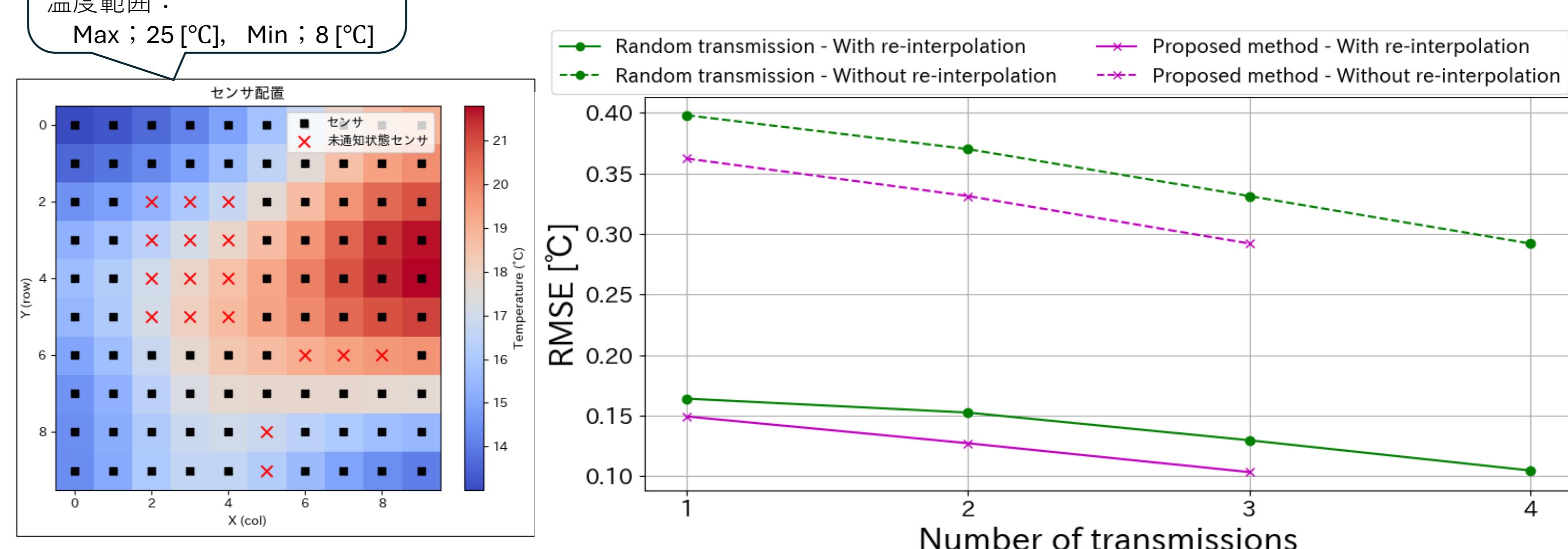
| 誤差(δx) | 0.5≤δx<0.55 | 0.55≤δx<0.65 | 0.65≤δx<1.0 |
|--------|-------------|--------------|-------------|
| CW | 6 | 9 | 3 |
| 固定 | 14 | 4 | 0 |

- ▶ 誤差-CW対応表 ; $\sigma=1$ のヒートマップ用

| 誤差(δx) | 0.5≤δx<0.55 | 0.55≤δx<0.65 | 0.65≤δx<1.0 | 1.0≤δx<2.0 | 2.0≤δx<4.5 |
|--------|-------------|--------------|-------------|------------|------------|
| CW | 1 | 2 | 4 | 6 | 3 |
| 固定 | 19 | 16 | 11 | 4 | 0 |

シミュレーション結果

強い相関のヒートマップ ($\sigma=2.25$)



- 空間相関が強い場合、予測が容易になり通知回数が減少することが確認できた。
- 相関が弱い場合、通知回数の削減とRMSEの収束が顕著に見られる
 - ▶ 提案法では比較法から通知回数を5回削減
 - ▶ 提案法は同じCWでも誤差ごとに住み分けられるため、適切なテーブル設計がコリジョンの抑制に寄与
 - ・ 比較法: コリジョン 4回
 - ・ 提案法: コリジョン 1回

4. 今後の展望

- 予測結果はセンサが送信するたびにブロードキャストされるため、ダウンリンクの電力消費が大きくなる。
 - ▶ ブロードキャストの判断基準を再検討する必要がある。
- 誤差の収束性を向上させるために、誤差-CW対応表の最適化が求められる。

Acknowledgement

This research was supported by JSPS KAKENHI Grant Number JP24K00882 and was commissioned by the Ministry of Internal Affairs and Communications (MIC) under the SCOPE program (JP235004002)