

修士学位論文要約（平成29年3月）

センサデータを利用した タウンマネージメントの高度化に関する研究

熊谷 健太

指導教員：菅沼 拓夫， 学位論文指導教員：阿部 亨

A Study on Improving Town Management Using Sensor Data Kenta KUMAGAI

Supervisor: Takuo SUGANUMA, Research Advisor: Toru ABE

In town management using IoT technology, local-area weather prediction in town is useful because it can be effectively used for energy management and healthcare, etc. However, there is a possibility that enough prediction accuracy can not be obtained only with sensor data installed locally or only by wide-area weather forecast announced by weather stations. In this research, we propose a local temperature prediction method which integrally utilizes sensor data, weather forecast, and open data of past weather. From experiments using actual data, we have verified that it is possible to predict highly accurate local temperature using this method.

1. 序論

街における住民生活の安全性・利便性の向上、住民の健康維持、エネルギー利用の効率化等を目的とした施策としてタウンマネージメントが注目されている。近年のIoT技術の進展を背景に、小型で低価格なセンサやクラウドによるデータ活用基盤を活用したタウンマネージメントの高度化への期待も高まりつつある。タウンマネージメントの業務では夏季の熱中症や冬季の路面凍結の対策等の気象の影響を受けるものもあり、気温を中心とした気象の情報が重要である。気象の情報は気象予報から入手できるが、局所の気象の予測には広域の気象予報が適用できない場合がある。そこで本研究では、予測の対象地点に設置したセンサのデータや気象のオープンデータを利用した局所の気温予測手法を提案する。

2. 関連研究と課題

局所の気象予測に関する研究として、気象台を対象として気象予報の気温と実測値の気温の差を分析し、気象予報の気温の補正を実施する研究¹⁾がある。この研究では、気象台を対象とした気象予報の気温の予報値の補正を行うことにより気温の予測を行う。しかし、気象予報が提供されない地点の気温予測には対応できないという課題がある。また、気象予報と気温センサのデータを用いた戸別の気温予測を実施する研究²⁾がある。この研究で利用するのは気象予報の気温と予測の対象地点の気温のみであるため、日照状況による影響が大きい場所では気温予測の精度の低下が懸念される。

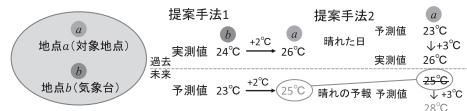


図1: 提案手法による気温予測値算出のイメージ

3. 提案

3.1 提案の概要

前節で述べた課題を解決するため、本研究では提案手法1として2地点間の気温差と気象予報の気温を利用した気温予測を、提案手法2として知識に基づく気温予測値の補正を提案する。

気温予測の対象地点としてセンサを設置した地点を地点a、付近の気象台を地点bとする。提案手法1では、地点aと地点bの実測値の気温の差を記録・蓄積し、記録した気温の差と気象予報の気温から対象地点の気温予測値の算出を行う。提案手法2では、提案手法1で算出した予測値の一部を補正する手法として、気温予測値の誤差（予測の対象地点における気温予測値と実測値の気温の差）と気象要素の推移の関係を知識として抽出し、その知識に基づいて気温予測値の補正を行う。提案手法による気温予測値算出のイメージを図1に示す。

3.2 提案手法1: 2地点間の気温差と気象予報の気温を利用した気温予測

提案手法1では、地点a、地点bの2地点間の気温差を記録・蓄積し、予測の対象日の過去数日の2地点

間の気温差の平均を地点 b の気象予報の気温に加える事で、地点 a の気温予測値の算出を行う。提案手法 1 による気温予測値の算出には式 (1) を用いる。

$$T'_{a,n} = T'_{b,n} + \frac{1}{|\mathbb{T}_n|} \sum_{(T_{a,n}, T_{b,n}) \in \mathbb{T}_n} (T_{a,n} - T_{b,n}) \quad (1)$$

$T'_{a,n}$: 地点 a (対象地点), 時刻 n の気温予測値
 $T'_{b,n}$: 地点 b (気象台), 時刻 n の気象予報の気温
 \mathbb{T}_n : 予測対象日の直近 d 日間の地点 a, b の時刻 n における実測値の気温の対 $(T_{a,n}, T_{b,n})$ の集合
 $|\mathbb{T}_n|$: \mathbb{T}_n に含まれる対の総数

3.3 提案手法 2：知識に基づく気温予測値の補正

提案手法 2 では、気温以外の気象要素のデータを利用して提案手法 1 で算出した気温予測値の補正を行う。本論文では日射に関するデータに注目し、過去数日の晴れた日の気温予測値の誤差の平均を気温予測値に加えることで、地点 a の気温予測値の補正を行う。提案手法 2 による補正後の気温予測値の算出には式 (2) を用いる。

$$T''_{a,n} = T'_{a,n} - \frac{1}{|\mathbb{S}_n|} \sum_{(T'_{a,n}, T_{a,n}) \in \mathbb{S}_n} (T'_{a,n} - T_{a,n}) \quad (2)$$

$T''_{a,n}$: 補正実施後の地点 a (対象地点) の時刻 n における気温予測値
 $T'_{a,n}$: 補正実施前の地点 a (対象地点) の時刻 n における気温予測値
 $T_{a,n}$: 地点 a (対象地点), 時刻 n の実測値の気温
 \mathbb{S}_n : 予測対象日の過去の晴れた日直近 d' 日間の地点 a, b の時刻 n における気温予測値と実測値の気温の対 $(T'_{a,n}, T_{a,n})$ の集合
 $|\mathbb{S}_n|$: \mathbb{S}_n に含まれる対の総数

4. 実験

提案手法 1, 2 の有効性を確認するために実験を実施した。地点 a の実測値の気温として、宮城県仙台市宮城野区田子西に設置されたセンサの実測値の気温のデータを、地点 b の実測値の気温としてアメダス仙台管区気象台の実測値の気温を、地点 b の気象予報の気温として気象庁 地域時系列予報の宮城東部の予報を利用した。

提案手法 1 による実験では、評価には誤差の二乗平均平方根 (RMS) を利用し、過去データの参照日数 d を 30 日, 15 日, 7 日, 1 日とした場合の提案手法 1 による気温予測値と、気象予報の気温を気温予測値として利用した場合の 5 通りで比較を行った。提案手法 1 による 2016 年 8 月から 2017 年 1 月の気温予測の結果を表 1 に示す。提案手法 1 による気温予測は気象予報の気温よりも精度が高く、 $d = 30, 15, 7$ の

3 通りではほぼ同じ精度であり、これらは $d = 1$ の場合より精度が高かった。

表 1: 予測の誤差の二乗平均平方根 (°C)

	$d = 30$	$d = 15$	$d = 7$	$d = 1$	気象予報
8月	2.0	2.0	1.9	2.1	3.0
9月	2.0	1.9	1.9	2.1	2.2
10月	2.3	2.3	2.2	2.3	3.0
11月	2.3	2.3	2.3	2.7	2.8
12月	1.7	1.7	1.8	2.2	2.5
1月	1.7	1.7	1.8	1.9	2.2

提案手法 2 による実験では、過去の 3 日分の晴れた日の気温予測値の誤差を利用して、気象予報の天気カテゴリで晴れと予報された日を対象に気温予測値の補正を実施した。提案手法 1 では 15 時の気温予測値の誤差が大きかったため、補正の対象時刻を 15 時とし、補正の対象日は 9 時から 15 時の気象予報の天気カテゴリが晴れである日とした。提案手法 2 による補正の結果、気象予報の天気カテゴリが的中した日の誤差は平均 0.6 °C 改善された。しかし、気象予報の天気カテゴリが外れた日（晴れと予報されたが晴れなかった日）の誤差は平均 0.9 °C 悪化しており、補正対象日全体としては平均 0.5 °C の悪化となった。そのため、予報が晴れの日には補正対象日当日の日射の推移から補正を実施するか決定するなどの工夫により、精度の悪化の防止が必要と考えられる。

5. 結論

本研究では、IoT 技術を活用したタウンマネジメントの高度化のための局所の気温予測を目的とし、気温のデータを利用した気温予測と、気温以外のデータを利用した気温予測値の誤差改善を提案した。成果として、気象予報より高精度な気温予測の実現と、補正によって気象予報の天気カテゴリが的中した際の誤差の改善ができた。今後の課題としては、提案手法 1 における参考する気象台の適切な決定や、提案手法 2 における機械学習の利用による気温予測値の補正の効率化・高精度化が挙げられる。

参考文献

- 1) 曽我和弘, 赤坂裕. “建築環境予測への局地気象予報データの応用: その 1 気温と湿度の予報誤差の解析 (年間気象データ, 環境工学 II).” 学術講演梗概集. D-2, 環境工学 II, 热, 湿气, 温热感, 自然エネルギー, 気流・換気・排煙, 数值流体, 空气清净, 暖冷房・空調, 热源設備, 設備応用 2003: 69-72.
- 2) 小林亜樹, 他. “天気予報情報とセンサ履歴による戸別気温予測に関する一検討 (D-9. ライフインテリジェンスとオフィス情報システム).” 電子情報通信学会総合大会講演論文集 2013.1: 145.