

拠点の温度異常検知システムの構築

System Construction for Detection of Temperature Abnormalities at Network Bases

吉川 雄也, 大垣内 多徳, 浪花 智英

Yuya YOSHIKAWA, Tatoku OGAITO, and Tomohide NANIWA

福井大学総合情報基盤センター

Center for Information Initiative

University of Fukui

ネットワークを構成する機器を設置した多拠点について、配備した温度センサで異常を検知した場合に管理者に発報するシステムを構築した。空調機の有無や人の出入りの頻度などに起因する拠点ごとに異なる正常範囲を、過去の観測データを用いて分析し予測することで、高精度な異常検知を早期に行なうことが可能となった。

キーワード：異常検知, ネットワーク保守

We constructed a system that sends a notice to network administrators in case temperature sensors detect abnormalities at multiple network bases. By analyzing and predicting the normal range of each network base from the past data, which is attributed to whether there is an air conditioner and how often people enter and leave, we made it possible to detect abnormalities earlier with high precision.

Keywords : Abnormality Detection, Network Maintenance

1. はじめに

福井大学総合情報基盤センターでは、本学における教育、研究、医療等を支える情報ネットワークの管理・運用を行っており、そのような情報ネットワークを構成する機器を設置した拠点(以下、ネットワーク拠点とする)が約 200 箇所ある。

これらのネットワーク機器の可用性を担保することは重要であり、その円滑な運用のための空調機の設置の必要性や、調達時の要求仕様を含める温度上限を決定するために、これまで拠点の環境データ(温湿度)を観測し蓄積を行ってきた。観測には、ネットワーク経由でリモートから温湿度が確認できる T&D 社製の

「おんどとり」という製品を用いている。なお、おんどとりの機能としてグラフ化等の機能は持っているが、一度に取り扱える個数に上限があることもあり、RRDtool を用いてサーバに温度情報を収集し管理する方針としている。また、おんどとりはサーバラック内に設置し、ネットワーク機器周辺の温度を計測している。

導入当初は、異常発生時の問題切り分けの環境で、現地に行くことなく温度状況を把握できるものの、参照するのは一部の担当者のみであったが、取得したデータを Web ブラウザから参照できるようにすることにより、確認作業を容易とすることで現在では日常点検にネットワーク拠点の温度確認作業を組み込んだ。

しかし、令和 2 年度に、ネットワーク拠点で

空調機の故障により温度が上昇し、機器停止につながる事例が2件発生した。具体的には、常に約22°Cに保たれていた2箇所の拠点で空調機が故障し、温度が40°C以上に達したことにより、ファイルサーバやネットワーク機器が壊れてしまった。これらをふまえ、日次での定時確認では不十分であることが明らかとなった。そこで、収集される温度データを監視し、あらかじめ設定した閾値(30°C)を越えた場合に、メールで通知するような改善を行なった。しかし、この方法には以下の課題があった。

- (1) 常に30°Cを超えており、30°Cを超えていても正常である拠点もある。
- (2) 普段は空調機によって20°C未満で一定に保たれているネットワーク拠点に異常が発生した場合に、温度が30°Cに到達するまで通知されない。
- (3) 勤務時間外に異常が発生しても、メールを確認するまで異常発生を知ることができない。

続いて、上の(3)の課題を解決するために、メールではなくLINEのアカウントに通知するようにしたが、依然として(1)や(2)の課題が残った。この課題はそれぞれのネットワーク拠点が、空調機の有無などにより通常時の温度変化の大きさや周期が異なることを考慮せずに、「温度異常」を一定の温度で定めたことに起因している。

本稿では、何らかの要因により、通常時とは異なる温度変動をし、放置することで機器異常を起こしうる温度に到達することが懸念される状態を、異常な状態と定義する。

そこで、我々は温度的な性質の異なる各ネットワーク拠点において、それぞれに適切な基準で温度異常を検知する手法について検討、開発を行なった。本稿では、構築した温度異常検知システムに関して、閾値の設定方法や、過去の温度データで検証した結果とそれに対する考察および今後の課題について述べる。

2. 温度変動の構造に対する分析

各ネットワーク拠点に応じた基準で異常を検知するために、過去の温度データをもとに、正常時の温度変動の構造について分析を行なった。

・季節変動について

ネットワーク拠点の温度が、外気の影響を受ける場合、そのネットワーク拠点の温度の一日の平均値は、春から夏にかけて次第に高くなり、夏に最も高くなる。そして、秋から冬にかけて徐々に一日の平均値は低くなり、冬に最も低くなる。外気の影響を受けないネットワーク拠点の場合は、一年間を通して、温度はほとんど一定である。また、外気の影響を受ける/受けないという観点でネットワーク拠点を完全に2つに分類できるわけではなく、外気の影響を受ける度合いの大きさは様々である。外気の影響を受ける度合いが異なる3つのネットワーク拠点の、約1年間における各日の温度の平均値の変動を図1に示す。

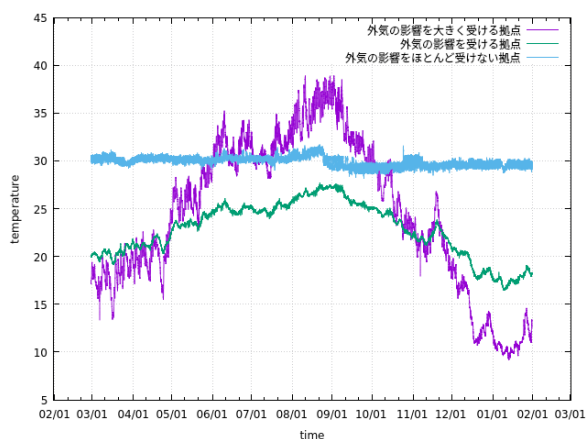


図1 約1年間における3拠点の温度変動

・日周変動について

一日の中での温度変動については、ネットワーク拠点への人の出入りの有無が大きく影響する。日常的な業務等で使用する部屋の中には、ネットワーク拠点が設置されているような場合は、業務時間内は空調機によって人が快適な温度に保たれるが、業務時間外は空調機の電源

が切れ、徐々に温度が変化する。また、空調機が操作される時刻も定まっていないため、他の拠点に比べて温度の変動が大きく、変化も不規則となる。同一ネットワーク拠点において、空調機の操作による温度変動の差異を図2に示す。

さらに、人の出入りがあるネットワーク拠点において、夏と冬とでは、一日の中での温度変動の仕方が大きく異なる。すなわち、夏は日中に冷房が点けられるため、夜間よりも日中の方が温度が下がるが、冬は暖房が点けられ、日中の方が夜間よりも温度が上がる傾向がみられる。同一ネットワーク拠点における夏と冬の一日の温度変動を図3に示す。

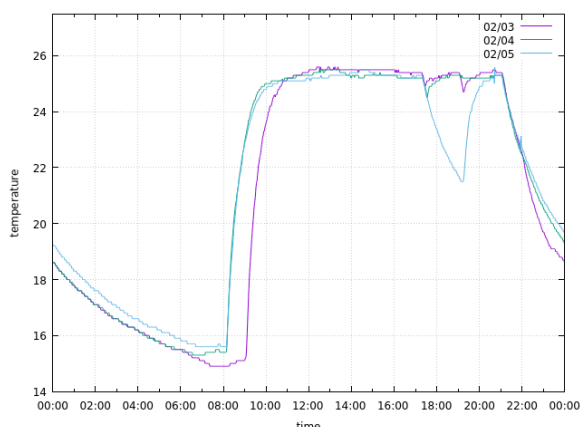


図2 同一拠点における各日の変動

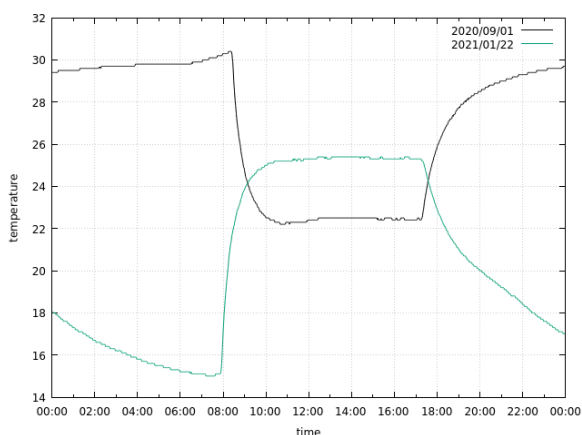


図3 空調機が操作された夏と冬の日の変動

・週内変動について

1週間のうち、特定の曜日だけ、他の曜日とは異なる日周変動をするネットワーク拠点も

みられた。ここから、周期が1週間の変動も考慮する必要があることが示唆された。業務等で日常的に人が利用する部屋に設置されているネットワーク拠点の場合は、多くの場合、平日と休日とで異なる日周変動になる。また、学生が利用するコンピュータ演習室等では、授業がある曜日・時間帯に室温が変動することが確認されている。

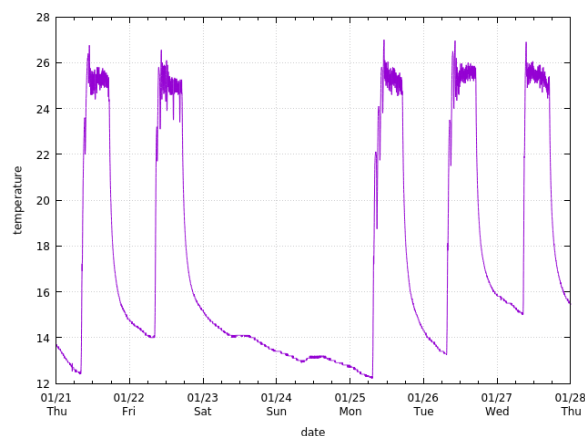


図4 1週間における温度変動

3. 異常検知の方法

次に、前節での分析に基づいた、異常検知の方法について述べる。

本システムでは、各ネットワーク拠点の温度の現在値を毎分取得し蓄積している。これらの過去の観測結果を用い、以下の方法で算出した値が上下の閾値で定めた範囲を外れた場合を異常と判断し、発報基準を定めた。

- (1) 現在値を取得する。
- (2) 1日前の温度データの中から、現在と同時刻の値および、その時刻の前後15分間の値を取得する。
- (3) (2)の手順を2~7日前についても行う。
- (4) (2)と(3)の手順で取得したデータの相加平均と標準偏差を求める。
- (5) (現在値-相加平均)/標準偏差を求める。
(以下、この値をシグマ比と呼ぶ)
- (6) $-18 < \text{シグマ比} < 13$ である場合に現在値は正常であるとし、そうでない場合は異

常と判断する。

- (7) 異常状態が5分以上継続した場合に発報する。

正常値の範囲を(-18, 13)とすることで、総合情報基盤センターで異常として報告されている事象(4件)を全て網羅しており、さらに、異常として報告されていないが、温度変化のグラフからは明らかに異常と思われる事象を112件検出することができる。異常と認知されなかった原因として、夜間に発生し、業務時間までに復旧した例や、人の出入りがある部屋で、総合情報基盤センターのスタッフ以外の者が空調機等を操作したと思われる例、さらに、外気の影響を受けやすいネットワーク拠点で、外気の温度変化により一時的に温度が異常値に到達した例などが挙げられる。

また、手順(2)~(4)について、取得する過去データを同時刻だけでなく、その前15分間の値とその後15分間の値とを取得した理由は、図2に示したように、日周変動は正確に24時間を周期としているわけではないためである。

7日分取得することにした理由は、1週間分取得することで、先述した週内変動をするネットワーク拠点に対して、1周期分のデータをもとに判断することができるためである。

手順(5)について、週内変動や日周変動では説明できない異常な変動を検知するために、このような計算式を設定した。また、この計算式から推察されるように、本システムでは、継続的に受けるストレスによる故障ではなく、稼働可能な温度範囲を逸脱することによる動作不良を予防することを目的としている。

また、手順(6)で、正常値の範囲を(-18, 13)とした理由について述べる。2020年2月から2021年2月の約1年間分の温度データを利用し、温度を監視している全てのネットワーク拠点について、過去1年間のそれぞれの時刻におけるシグマ比を求めた。その結果を正常な場合と異常な場合で色分けした図を図5に示す。図5は、横軸を時刻、縦軸をシグマ比とし、約1

年間分、それぞれのネットワーク拠点の各時刻におけるシグマ比を示している。

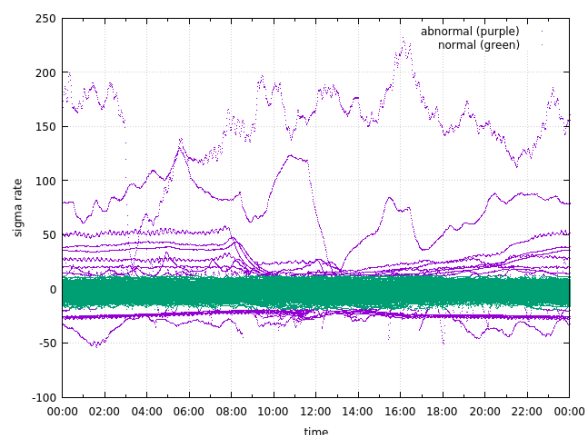


図5 1年間の各時刻におけるシグマ比

そして、図5に示したデータの中から、異常が発生した日のデータを除き、正常なデータのシグマ比の全てを満たす整数値を閾値に設定することにした。

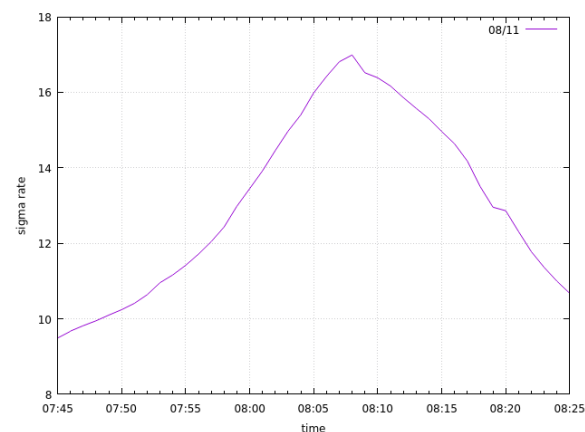


図6 シグマ比が16を超えたデータ

正常値の範囲の上界の閾値を決める過程で、図6に示すデータが異常かどうかを判断しようとした際に、このデータは、2020年8月11日8時6分から8時11分の間でシグマ比が16を超えているが、その日の温度データを確認してみると、その時刻は温度が変化していなかった。温度データを図7に示す。

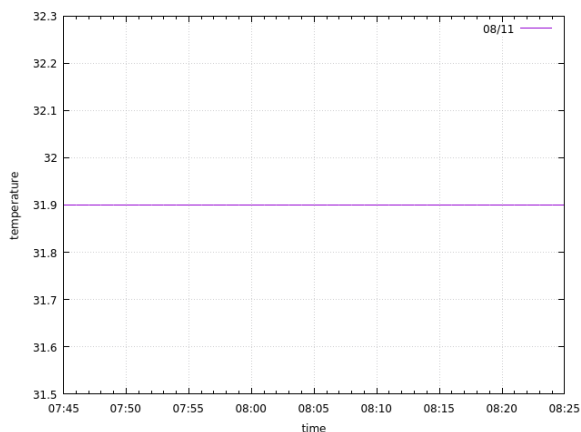


図7 A病棟北1階の拠点の温度変化

シグマ比が16を超えた理由について、標準偏差の算出に利用している過去7日分の温度データを、日付を無視した時刻を横軸に設定し、グラフを表示させたところ、図8のような結果が得られた。図8から、7時53分から8時17分の間、過去7日間の全ての温度データが0.1℃以下の狭い範囲に集まっていたことが分かった。

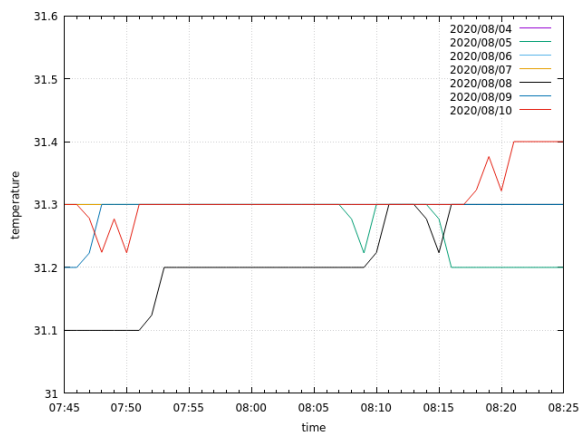


図8 7日間の温度の変動

そのため、この時間帯の温度データを含んで標準偏差を算出した時刻では、標準偏差が他の時間帯よりも小さくなっていた。よって、実際の温度が上昇していないにもかかわらず、過去7日間のその時点での温度が偶然一致したことにより、シグマ比が大きくなったことが確認できた。

また、実際の温度上昇を伴わず、標準偏差が一時的に小さくなったことによりシグマ比が16を超えたのは、延べ25,672日(ネットワー

ク拠点数*日数)のうち、この日の1件のみであったため、この日の事象は発生する確率が極めて低いと判断し、16よりさらに低い値を閾値に設定することにした。シグマ比の最大値が14以上16未満となっていたデータはなかったため、仮に閾値を14に設定した場合に、本来は温度異常として検出されるべき事象にもかかわらず検出されないものが何件あるのかを調べたところ、一日の中でシグマ比の最高値が13以上14未満になるデータが4件あった。

しかし、それらはいずれもシグマ比が13を超えてから5分以内に13を下回っており、異常とは考えないことにした。そこで、閾値を13に設定し、さらに13を5分間以上継続して超えた場合に発報することとした。

4. 検証

前節で決定したパラメータの正当性を評価するために、温度異常検知のパラメータを決定する際には使用していない過去の温度データセットを用いて、正常値の範囲を(-18, 13)とした場合に、どれほどの異常が検出できるかを検証した。検証に使用したデータセットは、2019年5月21日から2020年1月31日までの254日分の各ネットワーク拠点の温度データである。

検証の結果、高温異常を59件、低温異常を38件検出した。各ネットワーク拠点の全ての時刻におけるシグマ比を図9に示す。図9で、22時25分から終わりの0時0分にかけてシグマ比が40を超えているデータについて、22時25分以前のデータが表示されていない原因は、当該時刻の温度データが温度センサから取得できておらず、シグマ比を算出することができなかったためである。

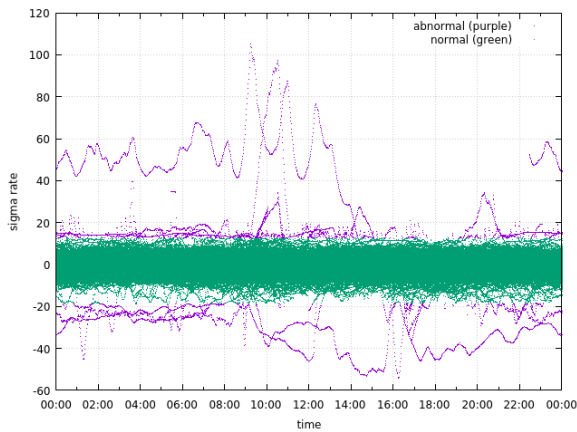


図 9 検証で得られた各時刻のシグマ比

また、高温異常として検出された 59 件のうち、シグマ比が 13 を超えてから 5 分間以内に正常値の範囲に復帰したデータが 4 件あった。すなわち、59 件中 4 件は 5 分間未満の短時間における異常であると判断され、発報されないが、残りの 55 件は異常として発報されることとなった。

5. 考察

本システムの構築により、条件の異なるネットワーク拠点に対して、それぞれの温度変動の特徴を加味した基準で温度異常を検知することが可能となった。ただし、閾値として設定するシグマ比の値は、どの値が適切であるかということや、閾値を決定する方法について議論の余地があると考えられる。

次に、検証によって得られた結果をふまえ、発報を待つ時間として設定した 5 分間という時間は、適切であるかどうかということについて検討する。

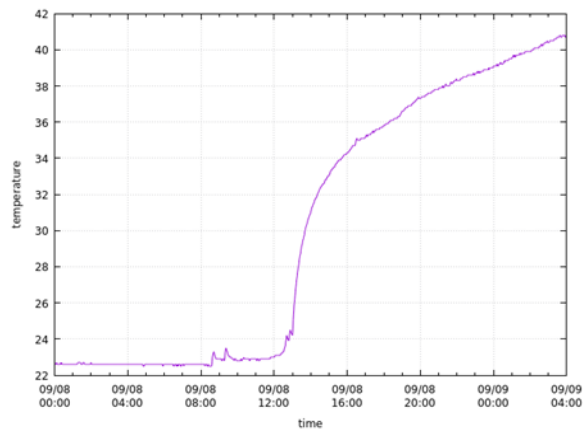


図 10 2020 年 9 月 8 日に発生した温度異常

図 10 は、2020 年の夏に発生した温度異常を示している。このネットワーク拠点がある部屋と同じ空間には、ファイルサーバが取り付けられたラックが設置されている。ファイルサーバは発熱量が大きいので、このネットワーク拠点は、本学にあるネットワーク拠点の中で、最も温度が上がりやすく、最も発熱量の大きいネットワーク拠点となっている。この日の各時刻におけるシグマ比を確認すると、13 時 4 分にシグマ比が 13 を超え、その後も増加し続けている。図 10 から、温度が上昇し始めた時点から、ネットワーク機器やサーバが機器異常を起こす可能性のある 35°C 以上に至るまでに、少なくとも 5 時間の猶予があることが確認できる。このことから、異常を検知してから発報するまでの時間を、30 分から 1 時間に設定しても十分に対応することが可能であることが分かる。30 分間から 1 時間発報を待つことにより、その時間内にシグマ比が正常値の範囲に復帰するような比較的短時間で収束する異常を発報しなくなるという利点もある。通知が来る頻度が高くなるほど、人は一つひとつの通知に対して真剣に対応しなくなるため、重大な温度異常以外の発報数を抑えることも必要であるかもしれない。

さらに、シグマ比はその算出方法上、正規分布のように平均値である 0 を中心に対称になることが予測されるため、絶対値が等しくなるような値を上下それぞれの閾値に設定することが妥当であると考えられるが、ネットワーク

拠点は低温異常より高温異常を検知することの方が重要であるため、低温異常は高温異常ほど厳密な基準で監視する必要がないと判断し、今回は正の閾値よりも絶対値が大きな値を負の閾値として、正常値の範囲を設定した。

6. おわりに

本稿では、ネットワーク拠点の温度異常を検知するためのシステム構築について、初めに温度異常検知に対する本センターのこれまでの取り組みについて報告した。次に、各ネットワーク拠点の温度変動の特性に応じた異常検知を行うために、温度の季節変動、日周変動、週内変動の3つの観点で分析した。それらをふまえ、異常検知のためのシステムを構築し、異常を判定する方法や、判定に使用する閾値を決定するまでの経緯、そして異常を検知してから発報するまでの時間の長さについて述べた。さらに、過去のデータセットを利用して、構築したシステムの検証を行なった。

今後は、温度異常を判定するための評価基準を決定する方法、より適切な正常値の範囲、そして異常検知から発報までの時間について検討を進めていきたい。

著者略歴

吉川雄也 2017年3月福井大学教育地域科学部生活科学教育コース卒業、2019年3月同大学大学院教育学研究科理数・生活教育コース修士課程修了、同年4月福井大学総合情報基盤センター技術職員。

大垣内多徳 1990年大阪大学理学部物理学科卒業、1992年同大学大学院理学研究科物理学専攻博士前期課程修了、1996年同博士後期課程退学、1996年4月福井医科大学医学部物理学教室教務職員、2001年3月福井医科大学附属病院医療情報部助手、2007年4月福井大学医学部附属病院医療情報部助教、2011年6月同講師、2018年7月から福井大学総合情報基

盤センター准教授。博士(理学)。日本物理学会、日本医療情報学会、情報処理学会の会員。

浪花智英 1990年3月大阪大学大学院基礎工学研究科前期課程修了。同年東京大学大学院工学系研究科博士課程入学。同年10月中退と同時に東京大学工学部計数工学科助手。1995年4月山口大学工学部機械工学科講師、1998年2月助教授、同年4月同大学院理工学研究科環境共生工学専攻助教授。2000年10月福井大学工学部知能システム工学科助教授。2007年6月同大学院工学研究科知能システム工学専攻教授となり現在に至る。ロボットマニピュレータに対する学習・適応制御の研究に従事。博士(工学)。IEEE、日本ロボット学会、計測自動制御学会、日本機械学会の会員。