

## 寒冷時における自動水落とし報知システムの構築

早坂 洋平<sup>†</sup>皆月 昭則<sup>‡</sup>釧路公立大学 経済学部<sup>†‡</sup>

### 1. はじめに

水落としとは、配管内の水が低温環境によって凍結し、水道の使用が不可能になる事態を防ぐことを目的として、積雪寒冷地域で行われている。その手順は、①全ての水道の蛇口を開ける、②水道の元栓を締める、③屋内配管の残留水を抜く、というように、単に水道の栓を閉めておくということではない。北日本など積雪寒冷地では、夜間はもとより、昼間でも気温が氷点下を示すことがあり、水道管の破裂など生活インフラ機能に支障をきたすことが問題となっている。住宅における水道管の送水経路での凍結や破裂の被害は多く、修繕費用は送水管の交換にとどまらず、漏水などで家財にも深刻な被害がおよぶ場合がある。例えば、建築基準種別でコーポなどの木造の集合住宅では、水道管破裂によって上層階から下層階に水害被害が拡大するなど、下層階の住人から数百万円の賠償を請求されている。住宅内の温度分布や変化の過程は、水道管凍結に影響するが、住宅種別や建築状態で異なり、同時期に一齐に凍結することはないと考えられる。よって、凍結時期の予見は各住宅において異なると考えべきである。水道管凍結の目安となる気温は、およそマイナス4℃とされているが、本研究では、外気温、室内温度、水道管内の水温、最終水道利用時刻からの経過時間等の多変量情報をファジィ理論とニューラルネットワークによる凍結環境の学習によって総合的に評価し、凍結可能性の時刻を予見導出してユーザの携帯電話に自動送信するための凍結可能性予見支援システムを構築した。

### 2. 水道凍結の要因と凍結問題への対処法

水道管凍結に最も影響を与える要因としては、外気温が挙げられる。水道管凍結の目安となる外気温は前述のとおりであるが、外気温がマイナス4℃を下回らなくても、また、一日の平均気温がマイナスになる場合にも、水道凍結に対する注意が必要と言われており、外気温のみによる水道凍結の可能性を予見することは困難であ

る。また、連続的に水道を利用している場合、水道凍結が起こりうる低温環境下になっても、凍結所要時間が満たされないため、凍結が起こらないという事態も想定される。その他、外気温が急激に低下した場合、凍結防止ヒーターが装備されていても加熱装置が追従できない事態も発生しており、外気温と配管内水温を感知した配管内の水の加熱では、水道管が凍結してしまう事例も報告されている。すなわち、断続的な使用状況下における凍結予見に用いられている伝熱計算式では、さまざまな外的・内的要素が互いに影響しあって起こる複合的状況に対応することは困難であると考えられる。したがって、水道凍結の可能性の予見には、複数の凍結要因を総合的に評価するアルゴリズム的な予見導出方法の開発とシステム構築が必要である。本研究では、複数の凍結要因を列挙し関係が深い①として「現在外気温」、②として「予想最低気温」、③として一日の気温変化に関する予想最高気温との「気温差異」、④として水道管内の水温変化に影響する「室温」、⑤として凍結所要時間に関する最終水道利用時刻からの「経過時間」、⑥として「水道管内の水温」の6要因についてファジィ推論を用いて評価する。また、凍結時間の目安を導出するための環境は、一般住宅向けの13A、20Aの2種類の太さの塩化ビニル管において、予想凍結開始時間を水道管内の水温が0℃に達する時間を想定している。

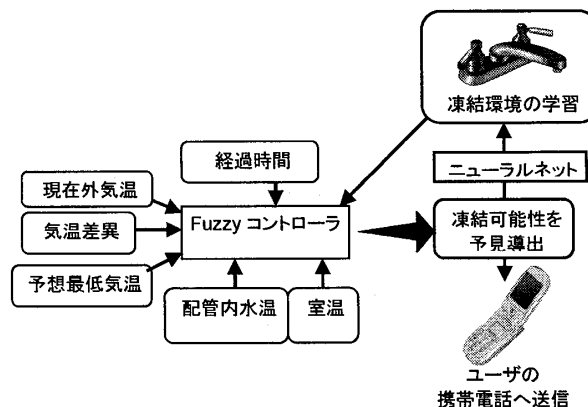


図1. 評価要素とシステム概要

### 3. ソフトウェア開発

本研究では、凍結6要因の各要素の実計測値

A Study of Information System of Automatic Water Draining Off at the Chilliness

<sup>†</sup>Youhei HAYASAKA <sup>‡</sup>Akinori MINADUKI

<sup>†‡</sup>Kushiro Public University of Economics

に基づきファジィ測度に変換して重み付け演算を行う。本研究でファジィ測度として導出する各要素には、要素間の加法性が成立しないため、総合評価方法にはショック積分演算を行う。図 2.1 は、本研究で構築したシステムの Fuzzy コントローラ内部の概略を示す。

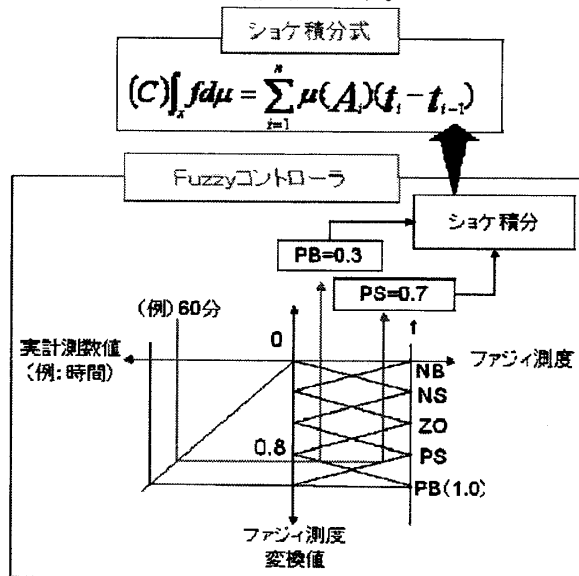


図 2.1 Fuzzy コントローラ内部の概略図

図 2.2 は、本研究で開発したユーザの報知ソフトウェアであり、マイクロソフト社製の VisualStudio.net フレームワークによるプログラミング言語 C# で、Windows 環境に実装した。

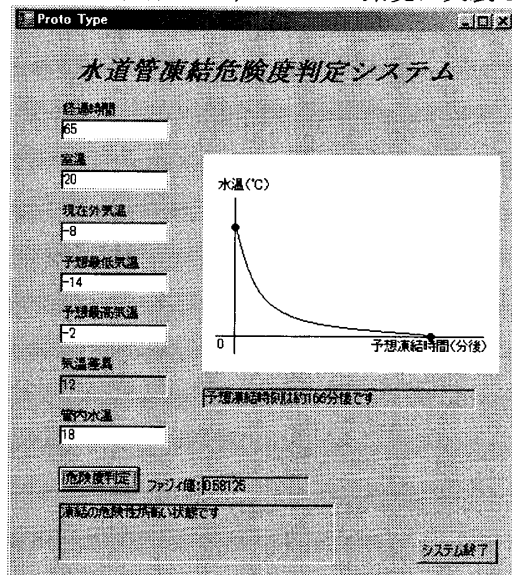


図 2.2 開発した報知ソフトウェアシステム画面

システムではシミュレーションモードとして、凍結 6 要因の各評価要素の測定値が入力閲覧可能であり、「危険度判定ボタン」をクリックすると、ファジィ値が演算導出されて、凍結時間

を予見される。凍結状況の視覚効果として、計測開始時の管内水温と、水温が 0°C を示すまでの時間の関係をグラフ表示する。また、システムでは、予想凍結時間までのカウントダウン機能に加えて、現在の凍結危険度判定をガイド表示する。そして、図 2.3 に示すメッセージボックスの表示では、図 2.2 のシステムで導出した凍結危険性と予想凍結時刻をユーザの外出先の PC や携帯電話にメールで送信する機能を実装した。

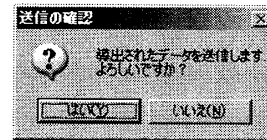


図 2.3 データ送信確認メッセージウィンドウ

### 3.1 ニューラルネットによる凍結状況の学習

本研究の開発したシステムが導出した凍結予想時刻と、実際に凍結が起きた時刻の時間的なずれをコントローラが学習することで、将来の気温の急激な低下など、予見凍結時刻の導出演算の短縮にも柔軟な処理が可能となる。

### 4. おわりに

国土の 7 割が積雪地帯にある我が国では、水道凍結による経済的被害が軽視できないことは前述したが、生活インフラの中でも水は優先度が最も高いため、寒冷時における水道凍結の問題は日々の生活の安全保障でもある。本研究のシステムの安定的運用形態は、各住宅に設置した後の凍結環境の十分な学習時間が必要である。学習によって得られた予見アルゴリズムの補正演算では、正確な水道凍結時刻を予見することが可能である。既存の環境に併用したシステム活用方法としては、一般家庭向けの水抜き一本で配管内の水落としが可能で「PEX 管専用水抜きシステム「サイファ」(Copyright 株式会社竹村製作所)」完全自動化システムとして開発していきたいと考える。自動化では、導出された凍結予想時刻に水道管内の水を排出することが可能になれば、外出時における想定外の寒波の到来などによる水道凍結の被害を防止することが可能になると考えられる。

参考文献・URL

- [1]高萩栄一郎, 「ショック積分型ファジィルールによる総合評価法」, 経営情報学会, 2008.
- [2]高萩栄一郎, 「ファジィ測度ショック積分モデルとラフ集合」, 日本知能情報ファジィ学会シンポジウム, 2008.
- [3]多屋優人, 室伏俊明, 「主観的評価モデルにおけるファジィ測度の調整」, 日本知能情報ファジィ学会ファジィシステムシンポジウム, 2006.
- [4][http://scl.m-kb.net/SoftComputing lab](http://scl.m-kb.net/SoftComputinglab).
- [5]<http://www.takemura-ss.com/>竹村製作所.