

Dynamics Learning Tree を用いた火災・非火災検出に関する研究*

西岡拓馬[†] 岡安克也[‡] 江幡弘道[‡] 野田裕介[‡] 内海熙大[†] 金天海[†]
岩手大学[†] ホーチキ株式会社[‡]

1 序論

消防法により住宅用防災機器の設置が義務付けられおり、その設置率は82.3%(令和元年6月1日時点)[1]となっている。住宅用防災機器の設置が建物火災での死亡事故や損傷被害の低減に繋がるため、火災の早期検出が重要となる。また、湯気やたばこの煙等に火災感知器が反応しておこる非火災報は、ユーザの不快感を招き、製品の信頼性を損ねる可能性があるため火災検出精度の向上も重要である。一般的な火災検出のアルゴリズムは、センサ出力値がある閾値を超えると火災と判断し発報するという機械的なアルゴリズムであるため、環境への適応力が低く、様々な条件で発報のタイミングが遅れたり、非火災報を起こしたりすることがある。つまり、従来の火災検出アルゴリズムと比較して、火災検出時間の短縮、および非火災報要因に対する耐力向上が必要となる。そこで、先行研究では、煙・温度・一酸化炭素(以下CO)の3つのセンサデータをもとに教師あり機械学習モデルであるDynamics Learning Tree(以下DLT)[2]を用いた、火災検出アルゴリズムを提案[3]し、火災検出にDLTの適用可能性について検証した。本研究では、一般的な火災感知器に使用される煙・温度の二つのセンサデータをもとにDLTを用いた火災検出システムを提案し、「先行研究と比較したときの有効性(検出時間の短縮,非火災報要因に対する耐力向上)」、「効果的なセンサデータの扱い」について検証を行う。

2 提案手法

火災検出を行う際、出火原因や燃え方によってセンサ出力値は異なる変化をする。また、煙を検出する火災感知器は、光学的な手法により粒子を検知しているため、湯気やたばこの煙の粒子にも反応し、センサ出力値が上昇することがあり、非火災報の要因となる場合がある。従来の機械的な検出アルゴリズムではこのような細かい変化をとらえることが困難であった。そこで、火災検出をDLTを用いて行うことで火災・非火災報要因の特徴的なセンサ出力値の変化を捉えることが可能となり、火災の早期検出・非火災報の耐力向上が期待される。

*Research on the fire and non-fire detection method using Dynamics Learning Tree

[†]Takuma Nishioka, Hiroharu Utsumi and Chyon Hae Kim (tenkai@iwate-u.ac.jp) are with Iwate University

[‡]Katsuya Okayasu, Hiromichi Ebata, and Yusuke Noda are with HOCHIKI Corporation

2.1 Dynamics Learning Tree

本研究で用いるDLTは木構造を用いた階層型学習器であり、逐次学習において忘却を抑制できる、汎化能力が高い、学習・予測が高速に行えるといった特徴を持つ[2]。

2.2 学習・予測に使用する要素

DLTに入力する要素として煙・温度のセンサ出力値の初期状態から現在値までの相対的な変化量を用いる。これは、感知器を設置する環境や季節によるセンサ出力値の影響を受けにくくするためである。また、火災・非火災報要因での特徴的なセンサの時系列的な出力変化を学習するために以下の入力要素を使用した。

- 過去値 (Past Value)
式(1)に従った過去の入力データにおける煙・温度の相対的な変化量
- 微分値 (Differential Value)
式(2)に従った過去値から現在値までの傾き
- 分散値 (Variance Value)
式(3)に従った過去値から現在値までの区間の入力におけるデータの散らばり

任意の時間間隔 t 及び要素個数 n を設定したとき基点となる過去データは $t \times 1$ 秒前のデータから $t \times n$ 秒前までの合計 n 地点のデータとなる。具体的に $t=3, n=2$ としたとき、基点となるデータは現在値から3秒前、及び6秒前のデータとなる。

$$y_n = x_{l-nt} \quad (1)$$

$$y_n = \frac{x_l - x_{l-nt}}{nt} \quad (2)$$

$$s_n^2 = \frac{1}{nt+1} \sum_{i=l-nt}^l (x_i - \bar{x})^2 \quad (3)$$

x_l : 現在値, n : 要素個数, t : 時間間隔

各入力データに対して火災度と呼ばれる教師 $laebl$ を設定した。火災度は $label0.5$ に対応した監視状態(平常時)から、センサ出力値の変化に応じて $label1$ に対応する火災または $label0$ に対応する非火災と $label$ 付けを行った。

3 実験

3.1 実験概要

提案法の有効性を確認するために、未知の試験火災のデータに対して DLT による火災・非火災の判別を行った。火災データは火災感知器の火災検出性能を確認するための国際規格 (ISO/TS 7240-9) で定められた方法に従い、図 1 に示されるような試験環境において測定した。非火災データについては火源の代わりにポットやシャワーから湯気を出してデータの測定を行った。本研究では試験火災 42 試行分のデータ、非火災実験 6 試行分、合計 48 試行分のデータを取得した。検証では 1 試行分のデータを検証用の未知データとして残りの 47 試行分を学習して交差検証を行った。評価基準として教師 label と一致している割合を表す適合率を用いた。データを時系列的に扱うための学習・予測に使用する要素の有効性を確認するために煙・温度についての過去値、微分値、分散値の組み合わせを DLT に入力し結果を比較した。表 1 に示されている結果は 47 試行分の平均適合率が高かった上位 3 つの時間間隔 t 、要素個数 n と入力要素の組み合わせ (No1~3) 及び先行研究で行われた煙・温度・CO の 3 つのセンサの現在値を用いた場合における平均適合率 (No4) である。ただし、平均適合率を算出する際に先行研究では非火災データが 1 試行分少なかったため、表 1 では該当データを除いた場合の平均適合率を表示している。

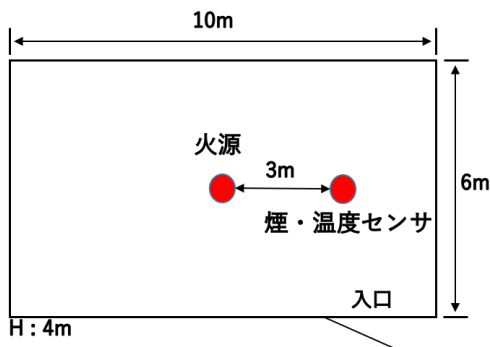


図 1: 試験火災のデータ取得環境

3.2 実験結果

火災データにおいては煙・温度のみのセンサ出力値に基づいた予測 (No1~3) であっても 96.7~97.0%と 97.0%である先行研究と同様に高い適合率の予測が可能であり、非火災データにおいては特に No1 で 92.4%と 67.7%である先行研究より大きく検出性能が向上した (表 1)。非火災データの検出性能が向上した理由として時系列的にセンサ出力値を扱う特徴量を用いることにより非火災データの特徴的なセンサ出力値の変化の仕方を学習させることができたためであると考えられる。また、平均適合率が高い上位 3 つのすべてに分散値が入っているが、この理由として過去値・微分値では t 秒前から現在までの 2 点間の変化の仕方に関して学習することになるが分散値では t 秒前から現在までの区間のすべてのデータを用いた特徴量となるため、よ

り詳細な変化の仕方を捉えることが可能となったためであると考えられる。また、No1 と No4 の非火災データにおける予測結果に注目すると No4 では非火災データを火災と誤判別している箇所が存在する (図 3) が No1 では存在しない (図 2)。これは時系列的な特徴量を入力したことによる効果である。火災データについてはおおむね先行研究と同等の教師 label に近い予測結果となった。以上より非火災報要因に対する耐力が向上したうえで同等の火災検出性能が得られたため、センサデータの分散値を特徴量として DLT に学習させることは有効であると考えられる。

表 1: 入力要素と適合率の関係

No	入力要素	時系列データの条件		適合率		
		時間間隔 t	要素個数 n	非火災	火災	平均
1	現在値+分散値	3 秒	3 個	92.4%	96.8%	96.3%
2	現在値+分散値	3 秒	1 個	88.8%	97.0%	96.1%
3	現在値+過去値・微分値・分散値	3 秒	2 個	88.7%	96.7%	95.8%
4	煙・温度・CO の現在値 (先行研究)	-	-	67.7%	97.0%	93.9%

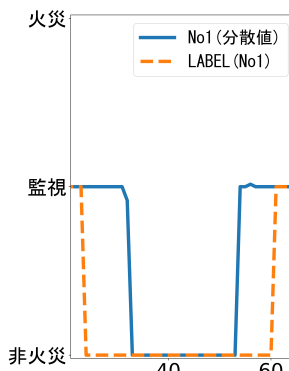


図 2: 非火災 (No1)

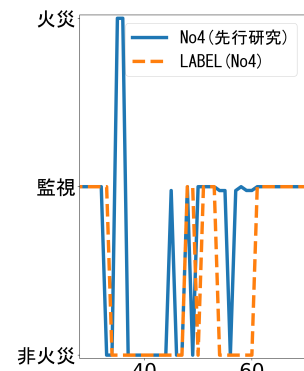


図 3: 非火災 (No4)

4 結論及び今後の展望

DLT を用いた火災検出法において、CO センサの出力値を入力要素として使用しなくても 2 つのセンサ出力値 (煙・温度) に基づいた分散値を時間間隔を 3 秒、要素個数を 3 個とすることで高い精度の火災・非火災判別が行えることが分かった。今後の展望としてはさらなる非火災データの検出精度の向上及びその他のテストデータにおける検証を行いたい。

参考文献

- [1] 総務省消防庁: "住宅用火災警報器の設置率等の調査結果", (2019)
- [2] 沼倉彬雄, 加藤成将, 佐藤和幸, 富澤武弥, 三好扶, 明石卓也, 金天海: "力学系学習木- 連続力学系の階層型学習-", "情報処理学会全国大会", (2015)
- [3] 内海熙大, 岡安克也, 江幡弘道, 野田裕介, 伊藤孝徳, 金天海: "力学系学習木を用いた火災・非火災検出手法に関する研究", "情報処理学会全国大会", (2019)