

2022年度 統計データ分析コンペティション  
審査員奨励賞 [大学生・一般の部]

建物火災発生率予測モデルの構築および  
発生率の決定要因分析

猪田 尚希 (横浜国立大学経済学部)

# 建物火災発生率予測モデルの構築および発生率の決定要因分析

猪田尚希

横浜国立大学経済学部経済学科

## 1. 研究のテーマと目的

### 1.1. はじめに

我が国では年間3万件以上の火災が発生しており、消防白書によると2020年(令和2年)には全国で34,691件の火災が発生した。これは1日当たり約95件、15分ごとに1件の火災が発生したことを意味する。このうち半分以上の19,365件が建物火災、1,239件が林野火災、3,466件が車両火災、78件が船舶火災、10,543件がその他火災(枯れ草など)にあたる<sup>1</sup>。

一方、火災の発生数には明確な地域差が見られ、2019年(平成31年・令和元年)において、人口10万人当たりの火災発生数(以下、出火率)は、最も高かった山梨県が44.3件だったのに対し、最も低かった富山県では18.2件と、人口当たりで2倍以上の差が存在する。人口10万人当たりの建物火災発生数(以下、建物出火率)に限定しても、最も高かった青森県が23.0件だったのに対し、最も低かった石川県が11.6件と大きな開きがある<sup>2</sup>。東京都が高い一方、京都府や神奈川県が低いなど、必ずしも都市部と地方で分けられるものでもない。

今回、統計データを基に都道府県の建物出火率を予測するモデルを作成し、建物出火率の地域差が生じる原因を検討した。建物火災に限定したのは、火災の種類ごとに発生メカニズムが大きく異なるためである。

地域特性と建物出火率の関係性を分析した先行研究として、早坂・中林(2005)による東京都板橋区を対象にした研究<sup>3</sup>や難波・保野・大森(1993)による神戸市を対象にした研究<sup>4</sup>が存在する。しかし、これらの研究は都市部における特定の自治体に限定したミクロな視点での研究である上、研究が行われてから15年以上が経過している。今回、マクロな視点で全国的な分析を行うという点で新規性が高いとともに、近年発達しつつある機械学習手法を導入することで、従来の防火政策に対してデータという新たな視点を加えることができ、社会的意義も高いものになると考えている。

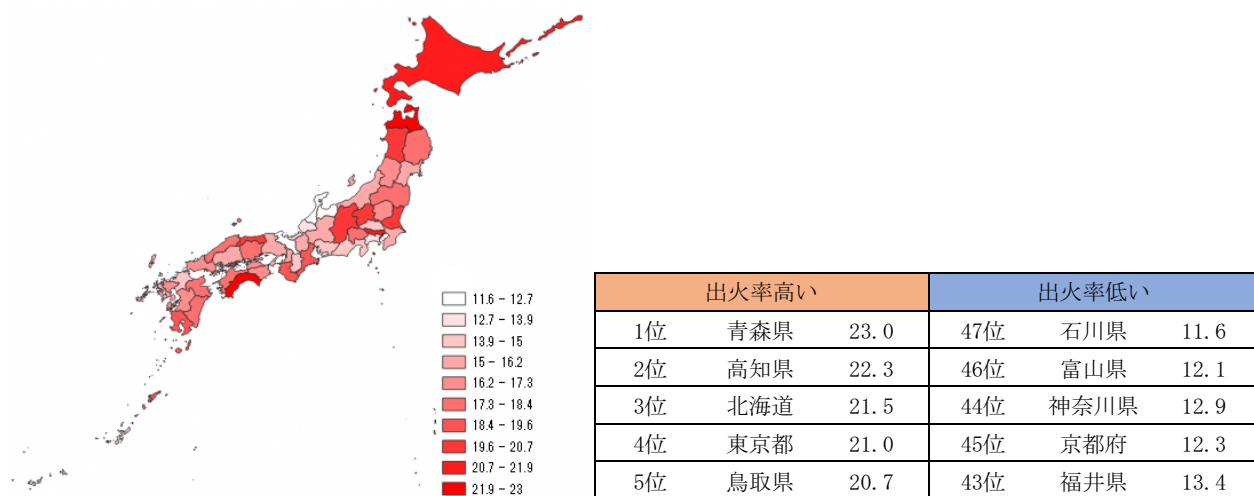


図1 建物火災出火件数(人口10万人当たり) / 表1 同上位・下位5位(ともに【件】、2019年)

## 1.2. 建物火災の発生要因や発生状況

総務省消防庁によると、2020年(令和2年)中に全国で起きた建物火災の出火原因は多い順に、こんろ(2,735件・14.1%)、たばこ(1,858件・9.6%)、電気機器(1,228件・6.3%)、放火(1,149件・5.9%)、配線器具(1,062件・5.5%)、ストーブ(1,047件・5.4%)、電灯電話等の配線(1,027件・5.3%)だった<sup>1</sup>。

建物火災の51.3%が住宅で、38.7%が木造建物で発生しており、延焼する割合や1件当たりの焼損傷面積も木造建物が最も高くなっている<sup>1</sup>。

火災は晩秋から春にかけて件数が多くなっている。これは、冬季は暖房器具の使用が増えるとともに、冬から春にかけては乾燥や強風により火災が発生しやすい気候条件になることが原因とされている。この時期に合わせ、全国の消防では11月に秋季の、3月に春季の全国火災予防運動を行っている<sup>5</sup>。

近年の傾向として住宅火災の発生件数は概ね減少傾向にある。2007年(平成19年)には全国で31,248件発生していたが<sup>6</sup>、2020年(令和2年)には19,365件まで減少している。このことについて、京都市消防局の谷村、前田(2011)は住宅用火災警報器の設置率向上が寄与した可能性を指摘しており、実際、設置の有無によって市内の住宅火災発生率に差が生じていることを指摘している<sup>7</sup>。

また、火災の人的被害を見ると、死者では高齢者層が圧倒的に多くなっている。2020年(令和2年)における火災死者(放火自殺者等を除く)の69.8%を65歳以上が占めている<sup>1</sup>。

また、住宅以外を考えた際、火や高温のものを扱う頻度が高い場所として、工場と飲食店が挙げられる。実際、2020年(令和2年)において、工場・作業場は火元建物として住宅、複合用途の次に多くなっている<sup>1</sup>。

## 1.3. 仮説

前述した火災の発生要因や発生状況を踏まえ、喫煙率が高い地域、木造住宅率が高い地域、暖房の使用頻度が高い寒冷地、治安が悪く犯罪発生率が高い地域、住宅用火災警報器設置率が低い地域、高齢化率の高い地域、第2次産業の事業所の割合が高い地域、飲食店が多い地域の建物出火率が高いという仮説を立てた。

## 2. 研究の方法と手順

### 2.1. 研究手法

47都道府県の過去10年間のデータを対象に、「建物火災出火件数(人口10万人当たり)【件】」を目的変数とし、説明変数として人口や世帯といった地域の基礎データ、建物や住宅に関わる統計に加え、仮説をもとに警察や消防に関する統計、気象データ、喫煙率や火災警報器設置率などを加えて回帰分析を行った。

今回の研究では、教師あり機械学習手法であるランダムフォレストおよびLightGBMを用いて建物出火率を予測するモデルを作成し、予測値と正解値の差を図示した。また、モデル解釈や現状分析の手法としてSHAP(SHapley Additive exPlanations)を用いた。SHAPはLundberg and Lee(2017)によって提案された手法<sup>8</sup>で、ブラックボックスになりがちな機械学習手法に対し説明可能性を与えるものであり、協力ゲーム理論で用いられるシャープレイ値の理論を基に、各説明変数がモデルにどの程度貢献したかを数値化した指標である。

### 2.2. 分析実施環境

Google社が提供するクラウド上でのPython実行環境である「Google Colaboratory」を使用した。ランダムフォレストはscikit-learnライブラリからインストールし、LightGBMはTraining APIを利用して分析を行った。学習用データとテスト用データは、慣例にならって8:2に分割した。また、Preferred Networks社が提供するフレームワークであるOptunaを活用し、二乗平均平方根誤差(RMSE)が小さくなるようにハイパーパラメータの自動最適化を行った。データ加工にはpandasとNumPyを用い、データの図示にはMatplotlibとjapanize-matplotlibを用いた。加えて、SHAP値算出のためSHAPライブラリを使用した。

### 3. データセットの加工

#### 3.1. 使用したデータ

対象年次は2010年から2019年までの10年間とし、SSDSEに掲載されている都道府県別のデータをはじめ、SSDSEのもととなった「統計でみる都道府県・市区町村のすがた（社会・人口統計体系）」に掲載されているデータのうち人口や世帯、住宅、安全、気候などにかかわるデータを抽出した。さらに建物や住宅にかかわる統計として、基幹統計である「住宅・土地統計調査」の都道府県別データを加え、一部独自に指標を出した。さらに住宅用火災警報器の設置率や喫煙率の都道府県別推移データを加えた。これらの中で、47都道府県に対してのデータの網羅性や、年による変動が少なく統計が行われていない年を補間しても問題ないか、相関係数を算出して0.9を超えるような多重共線性があるものがないかなどを考慮し、不適切なものは除外して説明変数を絞り込んだ。

また、出火率に対して「逆の因果関係」が存在する可能性があるものは説明変数から除いた。例えば、社会・人口統計体系には消防に関するデータとして「消防ポンプ自動車等現有数（人口10万人当たり）【台】」や「消防関係人員数（人口10万人当たり）【人】」などが存在するが、これらは「数値が大きいから出火率が高い」のではなく、「出火率が高いから数値が大きい」可能性があるためである。

具体的に説明変数として使用した統計は表2のとおりである。なお、調査がなかった年に関しては前後の調査を基に線形補間を行った。なお、人口規模や面積が影響する指標については、人口当たりや（可住地）面積当たりの指標を用いることにした。データ数は47都道府県×10年分でn=470のパネルデータとなった。

表2 分析に使用した目的変数・説明変数の一覧<sup>2 9 10</sup>

統計分野	目的変数名	出典	年次	備考
建物出火率	建物火災出火件数（人口10万人当たり）【件】	統計でみる都道府県・市区町村のすがた（社会・人口統計体系）	2010~2019	
統計分野	説明変数名	出典	年次	備考
人口・世帯	可住地面積1km2当たり人口密度【人】	統計でみる都道府県・市区町村のすがた（社会・人口統計体系）	2010~2019	国勢調査実施年（2010,2015）以外は推計値
	15歳未満人口割合【%】	SSDSE-県別推移（SSDSE-B）より算出	2010~2019	国勢調査実施年（2010,2015）以外は推計値
	65歳以上人口割合【%】	SSDSE-県別推移（SSDSE-B）より算出	2010~2019	国勢調査実施年（2010,2015）以外は推計値
	昼夜間人口比率【%】	統計でみる都道府県・市区町村のすがた（社会・人口統計体系）	2010,2015	
	一般世帯数【万世帯】	SSDSE-県別推移（SSDSE-B）	2010,2015	
	核家族世帯割合【%】	統計でみる都道府県・市区町村のすがた（社会・人口統計体系）	2010,2015	
	単身世帯割合【%】	統計でみる都道府県・市区町村のすがた（社会・人口統計体系）	2010,2015	
	65歳以上の世帯員がいる世帯割合【%】	統計でみる都道府県・市区町村のすがた（社会・人口統計体系）	2010,2015	
	高齢夫婦のみの世帯の割合【%】	統計でみる都道府県・市区町村のすがた（社会・人口統計体系）	2010,2015	
	高齢単身世帯の割合【%】	統計でみる都道府県・市区町村のすがた（社会・人口統計体系）	2010,2015	
住宅	持ち家比率【%】	統計でみる都道府県・市区町村のすがた（社会・人口統計体系）	2008,2013,2018	2008年の数値は2010年~2012年の線形補間に使用
	空き家比率【%】	統計でみる都道府県・市区町村のすがた（社会・人口統計体系）	2008,2013,2018	2008年の数値は2010年~2012年の線形補間に使用
	住宅の敷地面積（1住宅当たり）【m2】	統計でみる都道府県・市区町村のすがた（社会・人口統計体系）	2008,2013,2018	2008年の数値は2010年~2012年の線形補間に使用
	持ち家住宅の量数（1人当たり）【量】	統計でみる都道府県・市区町村のすがた（社会・人口統計体系）	2008,2013,2018	2008年の数値は2010年~2012年の線形補間に使用
	借家住宅の量数（1人当たり）【量】	統計でみる都道府県・市区町村のすがた（社会・人口統計体系）	2008,2013,2018	2008年の数値は2010年~2012年の線形補間に使用
	木造住宅率【%】	住宅・土地統計調査	2008,2013,2018	2008年の数値は2010年~2012年の線形補間に使用
	防火木造住宅率【%】	住宅・土地統計調査	2008,2013,2018	2008年の数値は2010年~2012年の線形補間に使用
	1990年以前に建てられた住宅の比率【%】	住宅・土地統計調査より独自に算出	2008,2013,2018	2008年の数値は2010年~2012年の線形補間に使用
消防・警察・治安	消防団・分団数（可住地面積100km2当たり）【団】	統計でみる都道府県・市区町村のすがた（社会・人口統計体系）	2010~2019	
	消防水利数（人口10万人当たり）【所】	統計でみる都道府県・市区町村のすがた（社会・人口統計体系）	2010~2019	
	消防団員数（人口当たり）【人】	統計でみる都道府県・市区町村のすがた（社会・人口統計体系）	2010~2019	
	警察官数（人口千人当たり）【人】	統計でみる都道府県・市区町村のすがた（社会・人口統計体系）	2010~2019	
	刑法犯認知件数（人口千人当たり）【件】	統計でみる都道府県・市区町村のすがた（社会・人口統計体系）	2010~2019	
	住宅用火災警報器設置率【%】	総務省消防庁 報道資料「住宅用火災警報器の設置率等の調査結果」	2010~2019	
	気候	年平均気温【℃】	SSDSE-県別推移（SSDSE-B）	2010~2019
最高気温（日最高気温の月平均の最高値）【℃】		SSDSE-県別推移（SSDSE-B）	2010~2019	
最低気温（日最低気温の月平均の最低値）【℃】		SSDSE-県別推移（SSDSE-B）	2010~2019	
年平均相対湿度【%】		SSDSE-県別推移（SSDSE-B）	2010~2019	
降水日数（年間）【日】		SSDSE-県別推移（SSDSE-B）	2010~2019	
日照時間（年間）【時間】		SSDSE-県別推移（SSDSE-B）	2010~2019	
降水量（年間）【mm】		SSDSE-県別推移（SSDSE-B）	2010~2019	
経済	第2次産業事業所数構成比【%】	統計でみる都道府県・市区町村のすがた（社会・人口統計体系）	2009,2014	2009年の数値は2010年~2013年の線形補間に使用
	飲食店数（人口千人当たり）【店】	統計でみる都道府県・市区町村のすがた（社会・人口統計体系）	2009,2011,2014,2016	2009年の数値は2010年の線形補間に使用 2008年の数値は2010年の線形補間に使用 「毎日吸っている」または「時々吸う日がある」と回答した者の割合
喫煙	喫煙率【%】	国民生活基礎調査	2008,2011,2014,2016,2019	2016年の熊本県は熊本地震の影響で欠損

#### 3.2. パネルデータ分析を活用した時間影響の除去

パネルデータには、各都道府県や時点が持つ個別的で観察不可能な異質性（例えば、各都道府県の文化や慣習、全国的な法規制の変化など）が存在する。

このことを踏まえ、三輪（2021）<sup>11</sup>を参考に、各都道府県に固有のダミー変数を説明変数に加えた上で、各時点における各変数の全都道府県の平均値を引くことで、時点による異質性（時間効果） $F_t$ を除去した。この操

作は以下の式で表すことができる。ただし、 $Y_{it}$ を目的変数、 $X_{it}$ を説明変数、 $\varepsilon_{it}$ を誤差項 ( $i$ は都道府県番号 ( $i = 1, 2, \dots, 47$ )、 $t$ は年 ( $t = 2010, 2011, \dots, 2019$ )) とする。

$$Y_{it} - \bar{Y}_t = \beta(X_{it} - \bar{X}_t) + \varepsilon_{it} - \bar{\varepsilon}_t$$

この操作によって時間による影響を見られなくなる。しかし、ここでの目標は過去の時間変化をとらえることではなく、地域による条件差を基に予測モデルを作成した上で、地域の条件差が建物出火率に与える影響を評価することであり、火災報知機の普及や喫煙率の低下といった全国で同時に起きたトレンドを除去する必要があるためこの方法をとった。

## 4. データ分析の結果

### 4.1. ランダムフォレストによるモデル構築

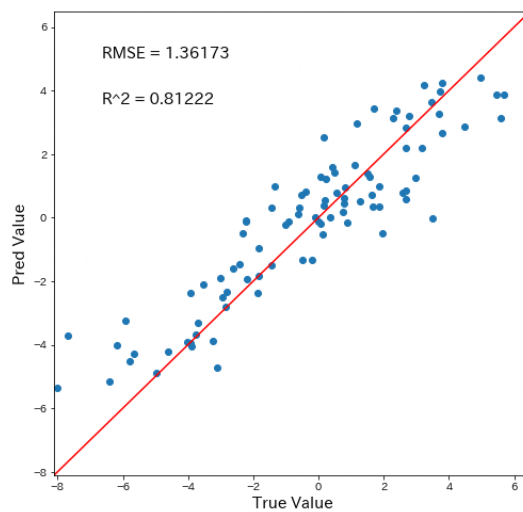


図 2 予測値と正解値の関係

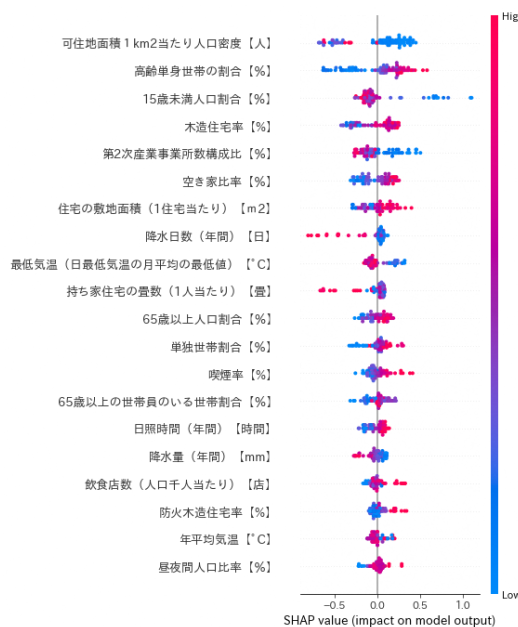


図 3

SHAP 値を用いた各説明変数と目的変数の関係

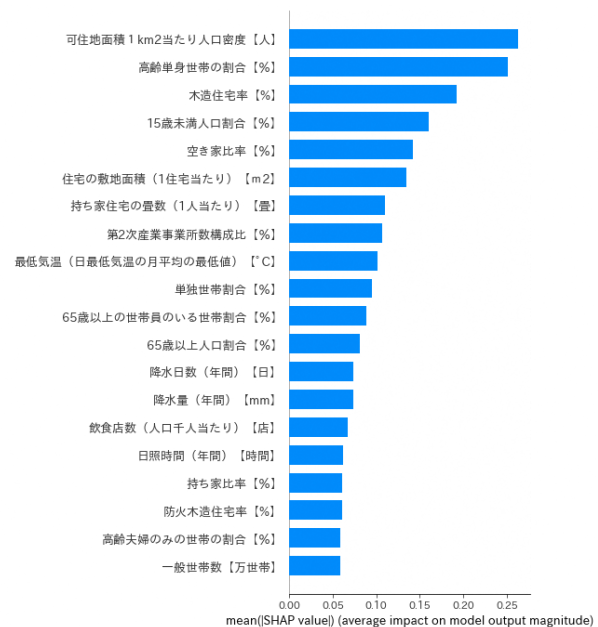


図 4

SHAP 値の説明変数ごとの平均値

図2は今回のモデルをテスト用データに当てはめた際、予測値と正解値の関係をプロットしたものである。今回導き出されたモデルは、学習用データに対して過学習の傾向がみられたが ( $R^2=0.9633$ )、テストデータに対しても高い当てはまりが見られた ( $R^2=0.81222$ ) ため、当初得られたモデルを使用して分析を行った。

図3は、各説明変数が予測値にどのような影響を与えたのか、正負の相関をプロットしたものである。グラフの横軸が右に近いほど予測値に対して正の方向に、左に近いほど予測値に対して負の方向に影響を与えたことを示す。また、赤色に近いほど変数が大きいことを、青色に近いほど小さいことを示す。

図4は SHAP 値の特徴量ごとの平均値であり、予測モデルに対する各説明変数の貢献度を示したものである。SHAP 値の平均値上位6位は「可住地面積 1 km2 当たり人口密度【人】」、「高齢単身世帯の割合【%】」、「15歳未満人口割合【%】」、「木造住宅率【%】」、「第2次産業事業所数構成比【%】」、「空き家比率【%】」となった。テストデータを入れ替えて学習を行った場合も、上位はおおむねこれらで占められていた。

#### 4.2. LightGBM によるモデル構築

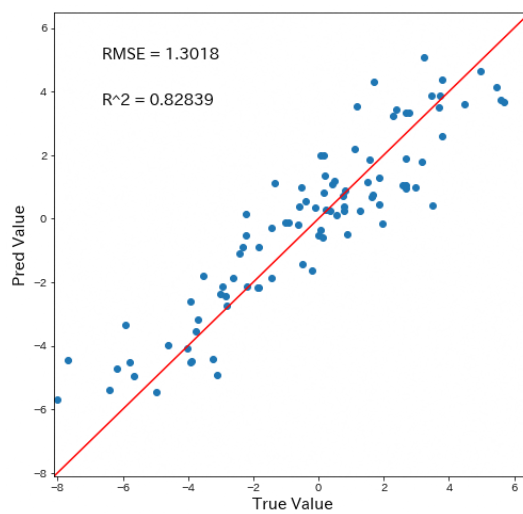


図5 予測値と正解値の関係

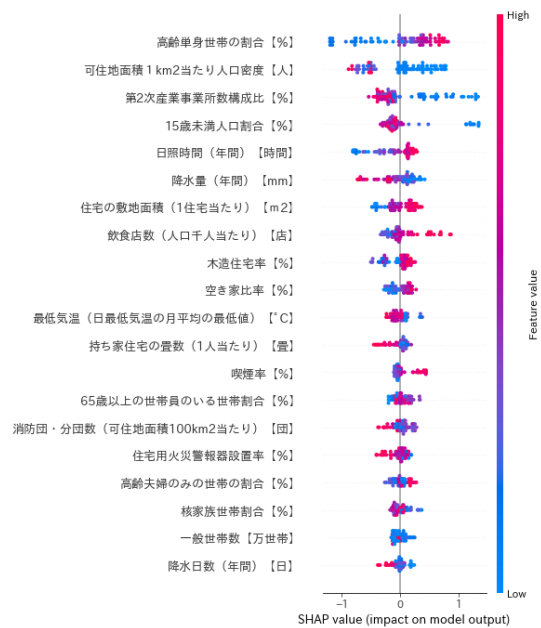


図6

SHAP 値を用いた各説明変数と目的変数の関係

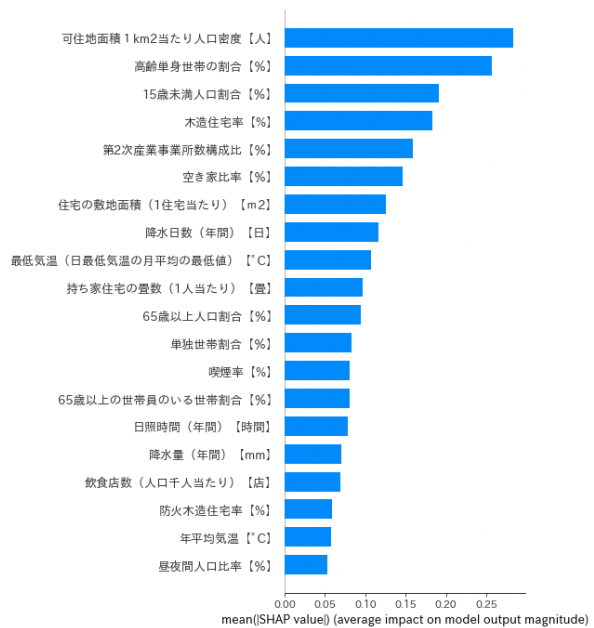


図7

SHAP 値の説明変数ごとの平均値

図5はランダムフォレストの場合と同じく予測値と正解値の関係をプロットしたものである。図6、図7は先ほどと同じく SHAP 値を基にした図である。

SHAP 値の平均値上位 6 位は「高齢単身世帯の割合【%】」、「可住地面積 1 km<sup>2</sup> 当たり人口密度【人】」、「第 2 次産業事業所数構成比【%】」、「15 歳未満人口割合【%】」、「日照時間（年間）【時間】」、「降水量【mm】」となった。テストデータを入れ替えて学習を行った場合も、上位はおおむねこれらで占められていた。

ランダムフォレスト、LightGBM とともに今回使用した説明変数で十分精度の高いモデルが作成できたといえるだろう。

## 5. 結果の解釈

### 5.1. SHAP 値から考察する建物出火率を決定する要因

1 点目のポイントとして、「可住地面積 1 km<sup>2</sup> 当たりの人口密度【人】」や「第 2 次産業事業所構成比【%】」、「15 歳未満人口割合【%】」と負の相関を、「高齢単身世帯の割合【%】」や「住宅の敷地面積（1 住宅当たり）【m<sup>2</sup>】」と正の相関を示すなど、全体的に都市部よりも農村地域、いわゆる「地方」で建物出火率が高いことを示唆する結果になっている。

2 点目のポイントとして、仮説とは大きく異なる点も一部見られ、喫煙率や犯罪発生率といった、直感的に建物出火率に影響を与えそうな説明変数が実際に与える影響は、（地域の人口構成や産業構成などに比べて）相対的には小さくなっている。

### 5.2. 建物火災が起きやすい地域を視覚的に確認する

図 8～11 は、オープンソース GIS ソフトウェアである QGIS を使用し、建物出火率および今回の LightGBM における SHAP 値上位 3 位であった「高齢単身世帯の割合【%】」、「可住地面積 1 km<sup>2</sup> 当たりの人口密度【人】」、「第 2 次産業事業所構成比【%】」の数値を日本地図上に図示したものである。色が濃い地域ほど数値が高く、薄い地域ほど数値が低いことを示している（「可住地面積 1 km<sup>2</sup> 当たりの人口密度」のみ自然分類、その他は等間隔分類）。なお、この図からもわかる通り、「高齢単身世帯の割合【%】」と「第 2 次産業事業所数構成比【%】」の間には一定の相関がみられた（ $R=-0.52868$ ）。一方、ほかの組み合わせでは相関係数が  $-0.05829$  と  $-0.17324$  にとどまりあまり線形相関がみられなかった。

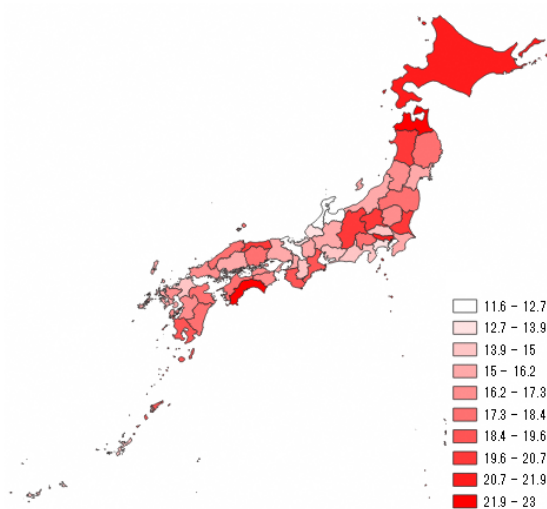


図 8

(再掲) 建物火災出火件数（人口 10 万人当たり）【件】  
(2019 年)

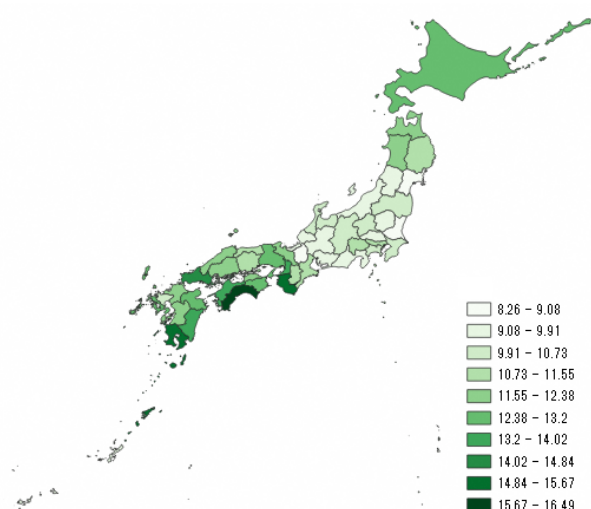


図 9

高齢単身世帯の割合【%】（2015 年）

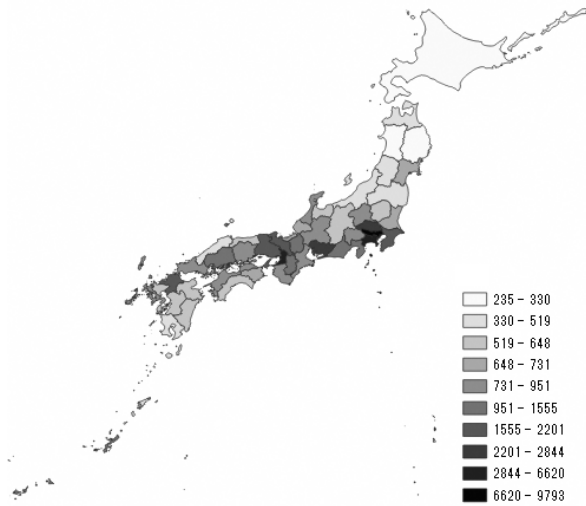


図 10

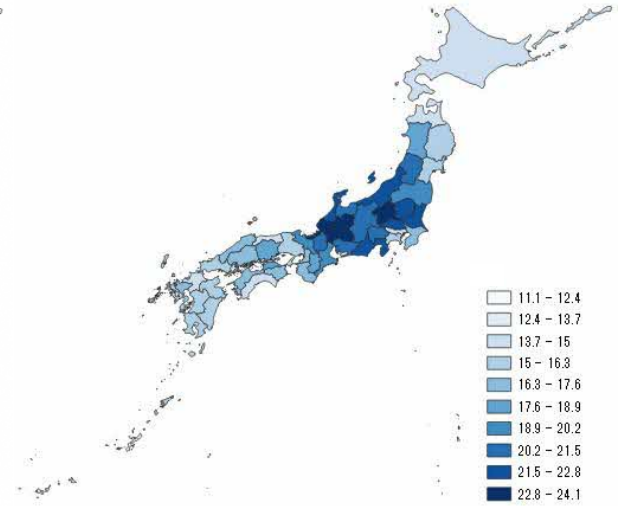


図 11

可住地面積 1 km<sup>2</sup>当たりの人口密度【人】(2019 年) 第 2 次産業事業所数構成比【%】(2014 年)

これらの特徴量の分布を踏まえれば、地方部・農村部で建物出火率が高いということが視覚的にも改めて確認できるだろう。一方で、1990 年以前に建てられた建物の割合の SHAP 値は前述の表で圏外になるほど低く、築年数が建物出火率に与えた影響は大きくない。つまり、東京や大阪に比べ新しい建物が少ないから建物出火率が高いとは言い難いという点も興味深い。

ではなぜ、都市部で唯一東京都の建物出火率が高くなっているのだろうか。あくまで仮説レベルであるが、2020 年国勢調査において、東京都は昼夜間人口比率が 119.2%と 2 位大阪府の 104.4%に比べ圧倒的に高く<sup>12</sup>、建物出火率を計算する際の分母が実際経済活動を行っている人口より相当小さくなっているため、都市部の建物火災の起きづらさを上回る影響が出ている可能性がある。

### 5.3. まとめと今後の展望

今回の研究を通じ、建物出火率に対してある程度の精度で予測モデルを作成することができた。また、従来現場の直感的に、あるいは理論的に「火事が起きやすそう」とされている様々な条件が、実際にどの程度建物出火率に重要性を持っているのか定量的な評価を行うことができた。特に、気候や犯罪発生率といった火災につながりやすいと世間一般的に考えられている要素よりも、地域の人口や経済といった要素の方が建物出火率に結びつきやすいという点は特筆すべき点だろう。

今回の研究を活用することで、全国各地の条件に基づいた建物火災件数を予測する可能性が見えてきた。この活用方法について、例えば、自治体レベルでは限られた財政の中で消防士や消防車といったリソースの最適配置を計算する際の参考にできる可能性がある。もっとも、一定時間で出動できる必要性が求められるなど地理的要因による制約があること、延焼のしやすさを考慮する必要があること、PA 連携など火災以外での出動もあることなどから、必ずしも火災の発生率だけで消防の配置を考えることはできないが、一つの参考にできる可能性はある。

例えば、近年、地方自治体にも効率性を求める声が増えつつあり、行政改革や支所の職員削減など、人口希薄地域に対する住民サービス削減の動きが一部で見られる<sup>13</sup>。一方で、防火政策の観点から言えば、こういった地域に対してむしろ多くの消防リソースを割くことが求められるだろう。

また、地域の建物火災のリスクを知ることで、地域の防火意識向上につながったり、具体的な防災対策策定につながる資料になったりしうと考えている。

ほかにも、保険の分野では、地域や住宅の特性に応じた火災保険料算出の可能性もある。



最後に、今後の研究における課題点をいくつか挙げる。

1点目は、建物火災の中でも半分強を占める住宅火災に説明変数選択の重心を置いた研究となったことである。事業所に関する説明変数を充実させることでより精度が高い予測モデルを作成できる可能性がある。

2点目は、あくまで相関を読み取るレベルにとどまり、その奥に存在する因果の推論まで必ずしも到達できていない点である。地方や農村部で建物出火率が高くなりやすいことは示された。しかし、それがなぜなのか、という点は今後追加で研究が必要だろう。現状先行研究が少ない中で、今回の研究がきっかけとなって防火政策におけるデータ活用の動きが進むことを願っている。

今回は建物火災に限定した研究だったが、今後、火災を構成するほかの要素である山林火災、車両火災、その他火災についても説明変数を選定して機械学習手法によりモデル化し、火災の全体像をとらえることで、活用の可能性がさらに高まるであろう。

## 参考文献

- <sup>1</sup> 総務省消防庁：火災の現況と最近の動向，令和3年版 消防白書，第1章 災害の現況と課題，第1節 火災予防，pp. 55-66 (2021)
- <sup>2</sup> 政府統計の総合窓口(e-Stat)：都道府県・市区町村のすがた (社会・人口統計体系)  
<https://www.e-stat.go.jp/regional-statistics/ssdsview> (最終閲覧日：2022. 8. 25)
- <sup>3</sup> 早坂誠，中林一樹：火災発生に係わる地域特性の解明に関する研究 ―東京・板橋区を対象として―，地域安全学会論文集，7巻，pp. 43-52 (2005)  
[https://www.jstage.jst.go.jp/article/jiiss/7/0/7\\_43/\\_pdf/-char/ja](https://www.jstage.jst.go.jp/article/jiiss/7/0/7_43/_pdf/-char/ja) (最終閲覧日：2022. 8. 25)
- <sup>4</sup> 難波義郎，保野健治郎，大森豊裕：平常時における建物火災の出火予測に関する基礎的研究，日本火災学会論文集，1994年42巻1号，pp. 1-12 (1994)  
[https://www.jstage.jst.go.jp/article/kasai/42/1/42\\_1\\_1/\\_pdf/-char/ja](https://www.jstage.jst.go.jp/article/kasai/42/1/42_1_1/_pdf/-char/ja) (最終閲覧日：2022. 8. 25)
- <sup>5</sup> 東京消防庁：火災予防運動のあゆみ  
[https://www.tfd.metro.tokyo.lg.jp/libr/qa/qa\\_49.htm](https://www.tfd.metro.tokyo.lg.jp/libr/qa/qa_49.htm) (最終閲覧日：2022. 8. 25)
- <sup>6</sup> 総務省消防庁：平成19年(1月～12月)における火災の状況(確定値) (2008)  
<https://www.fdma.go.jp/pressrelease/statistics/assets/200903-1houdou.pdf> (最終閲覧日：2022. 8. 25)
- <sup>7</sup> 谷村良明，前田晃：義務化後における住宅用火災警報器の設置指導に関する考察 ―壁設置の強調による未設置世帯の解消―，一般財団法人全国消防協会 平成23年度 消防に関する論文・機器の研究作品集，論文の部 (2012)  
[https://www.ffaj-shobo.or.jp/ronbun/data/h23/h23\\_ronbun04.pdf](https://www.ffaj-shobo.or.jp/ronbun/data/h23/h23_ronbun04.pdf) (最終閲覧日：2022. 8. 25)
- <sup>8</sup> Scott M. Lundberg, and Su-In Lee : A Unified Approach to Interpreting Model Predictions, NIPS' 17: Proceedings of the 31st International Conference on Neural Information Processing Systems, pp. 4768-4777 (2017)  
<https://papers.nips.cc/paper/2017/file/8a20a8621978632d76c43dfd28b67767-Paper.pdf>  
(最終閲覧日：2022. 8. 25)
- <sup>9</sup> 総務省消防庁予防課：住宅用火災警報器の設置率 アーカイブ，住宅用火災警報器設置推進会議 一会議資料―  
[https://www.fdma.go.jp/relocation/html/life/yobou\\_contents/info/install\\_rate.html](https://www.fdma.go.jp/relocation/html/life/yobou_contents/info/install_rate.html) (最終閲覧日：2022. 8. 25)
- <sup>10</sup> 国立研究開発法人国立がん研究センター：国民生活基礎調査による都道府県別喫煙率データ (2001～2019年)，国立がん研究センターがん情報サービス「がん登録・統計」  
[https://ganjoho.jp/reg\\_stat/statistics/data/dl/index.html#smoking](https://ganjoho.jp/reg_stat/statistics/data/dl/index.html#smoking) (最終閲覧日：2022. 8. 25)
- <sup>11</sup> 三輪俊太郎：若年女性の社会増減についての要因分析，2021年度 統計データ分析コンペティション (2021)  
<https://www.nstac.go.jp/statcompe/doc/2021/2021U3-suri.pdf> (最終閲覧日：2022. 8. 25)
- <sup>12</sup> 総務省統計局：令和2年国勢調査 従業地・通学地による人口・就業状態等集計結果 (2022)  
[https://www.stat.go.jp/data/kokusei/2020/kekka/pdf/outline\\_04.pdf](https://www.stat.go.jp/data/kokusei/2020/kekka/pdf/outline_04.pdf) (最終閲覧日：2022. 8. 25)
- <sup>13</sup> 全国町村会 道州制と町村に関する研究会：「平成の合併」をめぐる実態と評価 (2008)  
<http://www.zck.or.jp/teigen/gappei-ma.pdf> (最終閲覧日：2022. 8. 25)