

地震火災における出火率の予測手法に関する文献研究

栗田研究室

4107028 川崎 晴香

1. 研究背景・目的

地震リスクマネジメントの研究に比べ、地震火災リスクマネジメントに関する知見は少ない。地震火災に関する研究は、古くから行われ、延焼・消火・避難など着目した研究が多く報告される一方、出火や出火要因に対する研究が少ない。今後発生する地震火災に対するリスクマネジメントを考える上で、生活環境や社会的背景の変化に影響される出火要因の変化や、火災発生メカニズムを明らかにしておくことが重要である。

そこで本研究では、地震火災における出火率予測手法について文献調査を行い、既往研究における知見を整理する。また代表的な出火率予測手法を抜粋し、過去の地震における出火率予測結果の妥当性について検証することを目的として研究を行う。

2. 研究概要

2.1 過去の地震における出火要因と地震火災の割合の変遷

図1は、過去の火災を伴う地震の全壊世帯数と焼失世帯数の割合を比較したものである¹⁾。1923年の関東大震災の地震火災の被害規模は圧倒的である。また、1995年の阪神淡路大震災は、近年の地震の中でも比較的被害が大きいことがわかる。そこで、この2つの地震火災を代表例として、両者における出火要因の比較を行う。

表1は、1923年の関東大震災における東京市と1995年の阪神淡路大震災における神戸市を対象に、出火要因について比較したものである²⁾。主な出火要因を比較するため、不明とその他を除き、出火件数の割合が最も多いものから順に3種類を載せた。

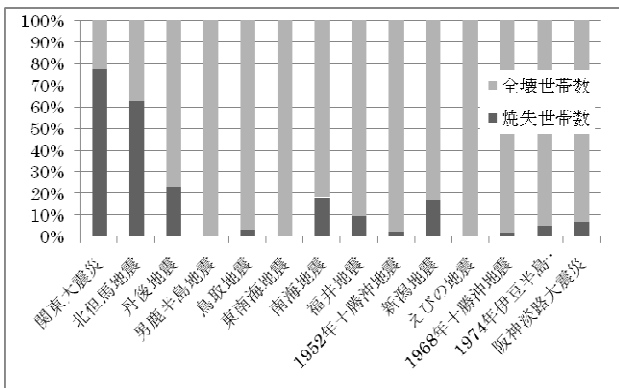


図-1 地震火災の出火割合の変遷

表-1 出火要因の比較

	主な出火要因		
	関東大震災 (東京市)	かまど (37.8%)	薬品 (17.3%)
阪神淡路大震災 (神戸市)	電気関係 (22.3%)	ガス・油 (5.7%)	放火 (3.8%)

2.2 出火率予測手法に関する既往の研究

出火件数予測に関する既往の研究に関して、ここでは代表的なものを4つ抜粋し、比較する。

出火件数予測に関する研究では、1961年に河角氏が、関東大震災の被害データを用いて建物倒壊率と出火率の関係式を求めたものが最初である³⁾。

1978年、水野氏は、火災を伴う地震13件をデータにとり、河角氏の関係式を一般化した¹⁾。さらに、地震発生の季節や時刻も考慮した予測手法を考案している。

1983年の(財)国土開発技術センターの研究⁴⁾では、出火件数が0件の場合のデータも使用できるよう、安全側推定と平均出火率を用いる2つの手法に改善している。

さらに、1997年の東京消防庁の研究⁵⁾では、地震動の強さとして代表加速度レベルを使用している。また、建物用途や出火要因に応じて出火率を予測できるようにしている。

表2は、各研究で使用・定義しているパラメータの変遷についてまとめたものである。

表-2 使用パラメータの変遷について

研究年次	1961年	1978年	1983年	1997年
研究者	河角広	水野弘之	(財)国土開発技術センター	東京消防庁
研究タイトル	「東京都の大地震火災被害の検討」出火率と倒壊率の関係式 ³⁾	「地震時出火に関する基礎的研究」 ¹⁾	「都市防火対策手法」建設省総合技術開発プロジェクト成果集成版 ⁴⁾	「直下の地震を踏まえた新たな出火要因及び延焼性状の解明と対策」 ⁵⁾
出火の指標	出火率	出火率	出火率	出火率
地震動の指標	倒壊率	住家全壊率	住家全壊率	代表加速度レベル
新たに追加されたパラメータ		火気使用率	火気使用率	火気始末率
		季節変数	季節変数	初期消火率
				季節(夏・冬)
				時刻(昼・夕)
				通電率
				避難率 建物用途 出火要因

2.3 研究方法

1923年関東大震災と1995年阪神淡路大震災を対象に、2つの既往研究を取り上げ、両者を比較することで、出火率の予測手法の妥当性について検討する。比較するのは、1978年の水野氏による手法¹⁾と、1997年の東京消防庁による手法²⁾である。ここでは、水野の方法により阪神淡路大震災の出火率を予測し、東京消防庁の手法により関東大震災の出火率を予測する。予測値と実際の出火率との誤差を比較することで、手法の妥当性を検証する。

3. 出火件数の予測手法

3.1 水野氏による予測手法

河角氏が、関東大震災の被害データを用いて求めた、建物倒壊率と出火率の関係式³⁾は以下のとおりである。

- ・倒壊率 X：木造建物倒壊家屋数/木造建物棟数
- ・出火率 Y：木造出火件数/木造建物棟数 と定義して、

$$\log Y = a \cdot \log X + b \dots \text{式 (1)}$$

水野氏はこれをもとに、関東大震災以外の地震データも使用して一般化した¹⁾。また、出火率と住家全壊率を以下のように定義している。

- ・出火率：全出火件数(or 炎上火災件数)/全世界帯数
- ・住家全壊率：住家全壊世帯数/全世界帯数- (焼失世帯数+流失世帯数)

さらに、地震の発生時刻や季節の条件を加味し、変形して以下の出火率の予測式を提案している。

$$y = \alpha \cdot \beta \cdot b \cdot \left(\frac{x}{N}\right)^a \dots \text{式 (2)}$$

ただし、y:出火率、α:火気使用率、β:季節係数、N:世帯数、x:住宅全壊世帯数、a、b:定数 とする。

3.2 東京消防庁による予測手法

東京消防庁では、出火要因ごとに出力機構図を作成し、振動実験を行なって、物体の移動、転倒、落下等の事象と加速度の関係性を求めた⁵⁾。このデータにより、図2に示すフローに従って出火率を算定している。阪神大震災時の通電火災の増加を受け、新たに火気始末率、初期消火率などのパラメータを設定して算定に使用している。

出火率は、建物用途、季節(夏・冬)、時刻(昼・夕)、代表加速度レベル(表3)の4つのパラメータにより予測することができる。たとえば表4において、「木造共同住宅、夏、昼、代表加速度レベル 500(gal)」の場合、出火率は0.007%と予測できる。

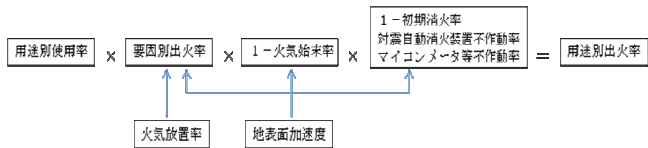


図-2 出火率の算定フロー(停電なしの地域)

表-3 代表加速度レベル

代表加速度レベル (gal)	150	250	350	500	700	1000
加速度 (gal)	100-200	200-300	300-400	400-600	600-800	800以上

表-4 建物用途別出火率の例(木造の共同住宅)

用途	季節時刻	代表加速度 (gal)					
		150	250	350	500	700	1000
共同住宅(木)	夏・昼(%)	0.001	0.001	0.004	0.007	0.010	0.014
	夏・夕(%)	0.001	0.002	0.006	0.011	0.015	0.020
	冬・昼(%)	0.001	0.003	0.011	0.020	0.027	0.037
	冬・夕(%)	0.002	0.005	0.023	0.042	0.056	0.077

4. 予測手法の比較

4.1 水野氏の手法による出火率予測

水野氏の予測式(2に、表5の設定条件を入力して計算すると、予測出火率は0.062%となった。阪神淡路大震災における神戸市の出火率を計算すると0.030%と求まる。

表-5 設定条件

地震名	阪神大震災
対象地域	神戸市
α:火気使用率	0.15 (4~5時)
β:季節係数	2.6459 (冬)
N:世帯数	581,700
x:住宅全壊世帯数	104,906
定数 a	0.5696
定数 b	0.004125

4.2 東京消防庁の手法による出火率予測

表6の設定条件に従って出火率の予測を行なった。関東大震災の発生日時である9月1日午前11時58分を考慮し、発生季節と時刻は「夏・昼」とした。また、文献⁶⁾より、関東大震災の最大応答加速度は300(gal)と推定されることから、表3により代表加速度レベルを350(gal)と設定した。さらに、東京市の建物用途割合を表7のように設定⁷⁾した。これにより出火率を予測すると、0.023%となった。一方、関東大震災における東京市の出火率を計算すると0.028%と求まる。

表-6 設定条件

地震名	関東大震災
対象地域	東京市
季節・時刻	夏・昼
代表加速度レベル	350(gal)

表-7 設定条件

建物用途	割合 (%)
料理店	20
飲食店(油)	15
飲食店(非油)	10
小学校	10
大学	5
病院	3
共同住宅(木造)	35
旅館	1
物品販売店舗	1

4.3 予測結果の比較

誤差を比較するため、予測出火率を実際の出火率で割った値を計算すると、水野氏の手法では2.07、東京消防庁の手法では0.82となった。東京消防庁では誤差が小さく、より正確な予測が可能であると示唆される。

5. まとめ

本研究では、地震火災における出火率予測手法に関する文献調査から、出火率予測に関わるパラメータの変遷について整理した。また、既往研究における代表的な予測手法を用いて、過去の地震における出火率の予測を試みたところ、近年使用されている東京消防庁の手法は、より多くの条件を考慮して出火率の算定を行っているため、正確な出火率予測が可能であることが認められた。

参考文献

- 1) 「地震時出火に関する基礎的研究」水野弘之、1978年
- 2) 「関東大震災と阪神・淡路大震災の火災」西田幸夫、「再考：大都市域の地震火災に対する脆弱性と対策課題」日本建築学会 防火委員会、2009年8月
- 3) 「東京都の大地震火災被害の検討」東京消防庁、河角広、1961年7月
- 4) 「都市防火対策手法」(財)国土開発技術センター、建設省総合技術開発プロジェクト集成版、1983年3月
- 5) 「直下の地震を踏まえた新たな出火要因及び延焼性状の解明と対策」東京消防庁 火災予防審議会答申、1997年
- 6) 「地震と建築」大崎順彦、岩波新書 1983年
- 7) 「1923年関東地震における出火状況の分析」都市地震火災の出火状況の予測に関する研究、小林正美、1984年3月