

大規模焼失地域における延焼状況

The Analysis on Spread and Stop of Large Fires following
the 1995 Southern Hyogo Prefecture Earthquake

志田 弘二*

Kouji Shida

1. はじめに

阪神・淡路大震災時の市街地延焼動態に関しては、映像記録や住民証言等をデータとした分析によって、その全体的な傾向が明らかになりつつある（文献1～4など）。また、再現シミュレーションや理論的モデルの計算結果と実態との適合性の検証なども行われている（文献2, 4など）。しかし、延焼動態の理論構築に活用するための実態データの整理は十分とは言えない。そこで、本稿では、「阪神・淡路大震災時の火災と市民行動（その1）～（その3）」（火災誌227, 228, 230号に連載）と同じく、日本火災学会兵庫県南部地震災害調査委員会が実施したアンケート調査を基に、個別の焼失家屋の住民から得た延焼動態に関する情報を整理し、特に延焼速度の試算と分析の結果を報告する。

2. 分析データ

日本火災学会兵庫県南部地震災害調査委員会市民行動調査WGが実施した「阪神・淡路大震災時の火災と市民行動に関するアンケート」で得られたデータのうち、延焼動態に関する以下のものを使用した（調査名称、調査方法、回答数などの詳細は文献5を参照）。

(1) 分析項目

アンケート調査では、延焼を受けた個別の家屋に関し、以下の内容の回答が得られている。

・自宅に火が燃え移った時の状況

隣りの建物から自宅に燃え移った／自宅に飛び火がきて燃え移った／燃え移らなかった／わからない／その他

燃え移った日時

燃え移り始めたおおよその日・時刻（時・分）

最初に燃え始めた建物の部分

屋根から／軒から／壁から／窓から火が入った
／わからない／その他

燃え移ってきた方向

方向の具体的な自由記述を基に、分析者が以下のように判定し分類した。

東から／南から／西から／北から／その他

二つの方向を組み合わせた記述は、最初の方向を優先（例；東と南→東）。四方から→その他。

自宅に関する関連項目

構造・種類・築年・地震直後の損壊程度

(2) 集計対象

三種類のアンケート調査（文献5の5.1参照）のうち、市街地低層アンケートでの回答を主な対象とする。市街地延焼範囲の内・外（内・外の判定方法は文献5の5.1参照）ごとの“自宅に火が燃え移った時の状況”は表1となる。範囲外とアンケート作成者が判定した家屋でも、燃え移った（隣建物・飛び火）の回答が56サンプル得られているが、ここでの集計からは除くこととした。また範囲内で“移らず”の回答のあった18サンプルも除くこととした。従って、集計対象は、延焼範囲内の合計2119サンプルのうち“移らず”18サンプルを除いた2101サンプルとした。

表1 市街地火災の範囲内・外ごとの自宅に火が燃え移った時の状況

状況/ 範囲内外	隣建物	飛び火	移らず	わから ない	その他	無回答	合計
延焼範囲内	1234	199	18	364	101	203	2119
延焼範囲外	40	16	426	9	8	100	599
不明	3	0	1	1	0	0	5
合計	1277	215	445	374	109	303	2723

*名古屋市立大学芸術工学部

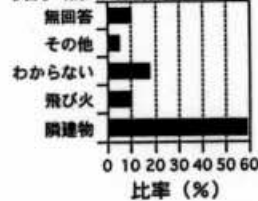
3. 対象地区全体での傾向

表2に示した対象46地区全体での集計結果は以下となる(図1)。

表2 地区ごとの焼損状況・出火状況の概要
:文献1, 2, 3, 4を基に作成

地区番号	地区名称	市区名	全回答数	出火点ごとの出火時刻 :日付なしの場合は17日 ()内は、主な地区の 出火点の概略位置	地区内から生じた 飛火での出火点数 東研(文献2)での結果 東研(文献1)での結果	焼損面積 (約㎡)
1	須藤浦3	須磨区	8	9:00	-	-
2	木田中北	須磨区	24	5:50	-	4,557
3	木田中南	須磨区	55	6:30(北の端)	-	7,929
4	西代市場	須磨区	165	5:47(南東端)/5:47(西端)	-	34,407
5	水宮西	須磨区	400	9:00(中央や東寄り)	東研(2), 東研(6)	121,783
6	千歳小公園	須磨区	85	19:00(南端)	-	5に含む
7	高橋病院	長田区	364	5:47(中央東寄り) /5:47(南東端)	東研(3), 東研(4)	68,850
8	神戸デパート	長田区	167	7:00(中央や東寄り)	東研(1), 東研(4)	35,100
9	新長田駅	長田区	144	5:47(中央東寄り)	東研(4), 東研(1)	39,570
10	菅原・御蔵	長田区	318	菅原: 5:47(南東端) 御蔵: 5:47(北東端) 9:30(南東端)	東研(2), 東研(4) 東研(4), 東研(1)	54,900 22,397
11	日吉町2	長田区	20	6:48	-	3,072
12	東原池7	長田区	16	5:47	-	3,344
13	御船通	長田区	131	5:47(ほぼ中央) 7:10(南端) 13:30(ほぼ中央)	-	16,020
14	川西通1	長田区	4	5:47	-	3,630
15	五葉町2	長田区	6	19日 5:50	-	-
16	一葉町1	長田区	5	19日 19:10	-	-
17	櫛ヶ巻2	長田区	1	5:47	-	1,891
18	会下山南	兵庫区	365	5:52(東端)/18:30(西端)	東研(6), 東研(3)	61,337
20	下沢通2	兵庫区	10	5:55	-	3,096
21	中瀬通6	兵庫区	11	5:48	-	4,034
22	上沢通8	兵庫区	11	9:00	-	1,154
23	榎本通5	兵庫区	2	5:50	-	-
24	渡川町2	兵庫区	79	5:50:00(南端)	-	12,077
25	渡町1丁	兵庫区	10	18日 9:30	-	1,645
26	笠松通5	兵庫区	9	5:56	-	1,984
27	栗田町3	兵庫区	3	5:50	-	-
28	日通通1	中央区	13	5:46	-	1,252
29	粟本通5	中央区	7	6:30	-	1,190
30	産の下3	港区	16	8:30	-	2,398
31	狸野町1	港区	37	5:50(中央南寄り)	-	6,932
32	神前住宅	港区	45	8:00(中央南寄り)	-	8,367
33	六甲町	港区	102	5:50(南東端)	東研(4), 東研(2)	19,940
34	大石南3	港区	8	5:50	-	1,672
35	新在家北2	港区	15	5:50	-	1,904
36	中崎町4	港区	16	5:50	-	2,700
37	柳影石3	東港区	22	5:50	東研(1)	5,027
38	住吉本2	東港区	10	7:00	-	1,200
39	柳影家東	東港区	2	6:48	-	-
40	魚崎北56	東港区	53	14:30(中央や北寄り)	-	10,388
41	青木坂南	東港区	47	5:47(中央西寄り)	-	6,991
42	本山中2	東港区	11	18日 19:05	-	1,765
43	本庄町1	東港区	21	5:49	-	1,679
44	魚崎南8	東港区	23	5:50	-	3,177
45	広田町1	西宮市	14	5:47	-	1,588
46	立花町3	尼崎市	2	6:15	-	1,175
47	大日通6	中央区	2	18日 0:45	-	1,012
99	不明		3	-	-	-
		計	2882			

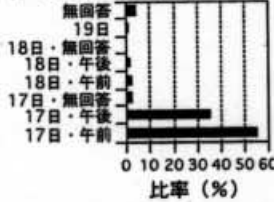
状況 (計2101回答)



建物部分 (計1758回答)



日・時 (計1765回答)



方向 (計1740回答)



: 延焼範囲内の合計 2101 回答
: 各々の合計回答数が一致しないのは、回答の必要のない場合を除いて集計しているため

図1 自宅に火が燃え移った時の単純集計結果

(1) 自宅に火が燃え移った時の状況

隣の建物から(約58%)が最も多く、飛び火は約9.5%である。

(2) 燃え移った日時(図2も参照)

17日全体で約92%であり、そのうち午前中が約55%、午後が約35%となる。17日では、6時台が約13%と最高で以降徐々に減少する。18日では、未明の1~4時台に集中し、次いで11~15時台に多い。

その日の合計に対する比率 (%)



その日の合計に対する比率 (%)



: 縦軸は、その日の回答合計に対する各々の1時間刻みでの家屋数の比率

図2 火が燃え移った日・時(全ての地区一括)

(3) 最初に燃え始めた建物の部分

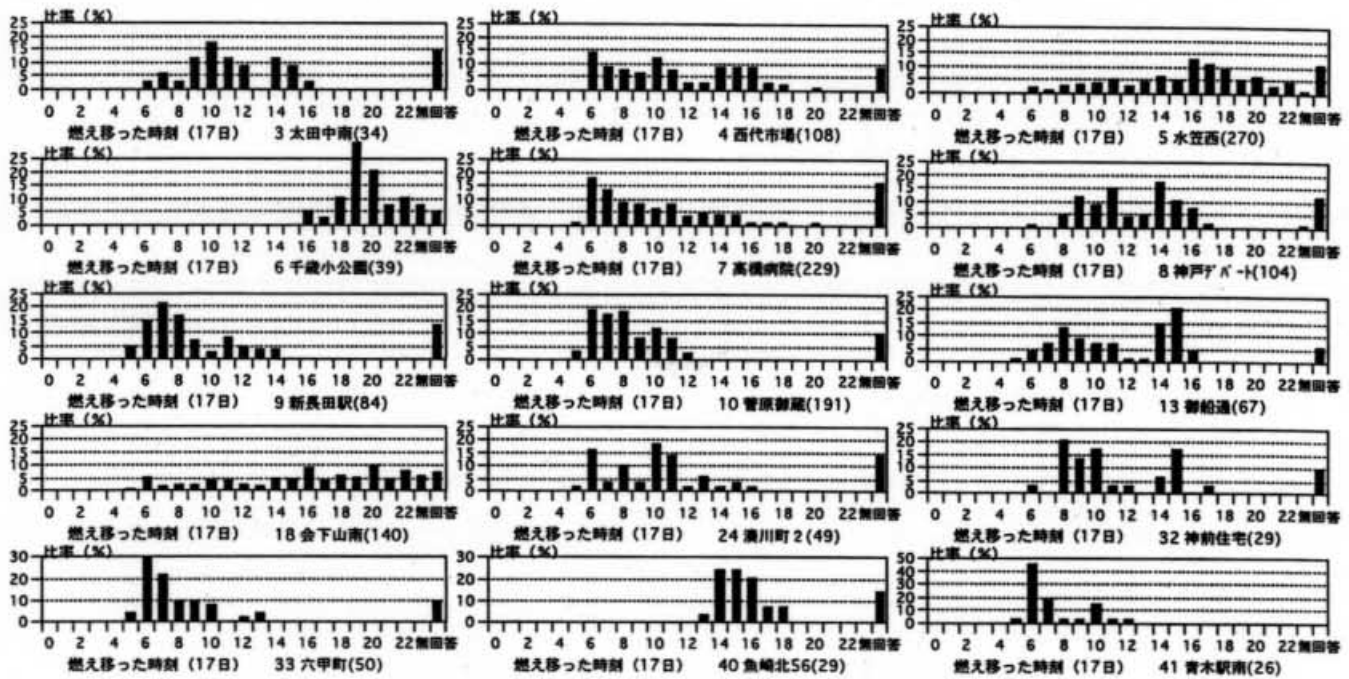
わからない(約44%)が多い。回答できる範囲内では、屋根(約13%)、軒(約10%)、窓(約10%)、壁(約7%)の順に多い。

(4) 燃え移ってきた方向

東(約25%)、南(約18%)、西(約16%)、北(約11%)の順に多い。

4. 燃え移った時刻の分布

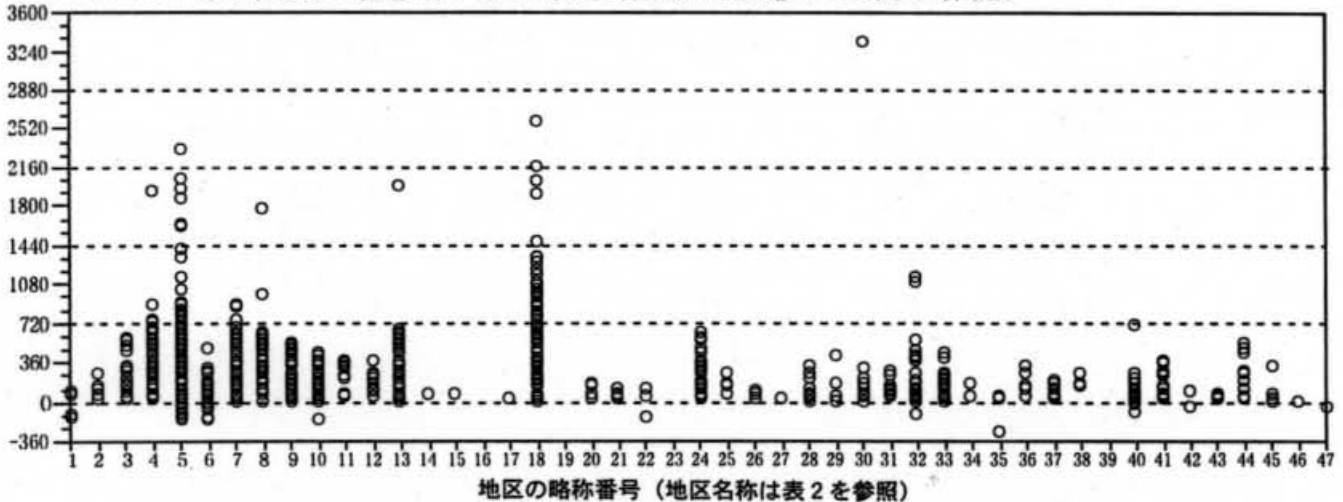
燃え移った時刻の家屋の頻度分布は、図2(地区全体:発災当日と次の日)、図3(地区ごと:発災当日)となる。また、延焼速度を計算するためのデータ処理として、出火点の出火時刻(表2参照:出火点、時刻が不確定な場合があり)から各家屋に燃え移った時刻までの経過時間(下記ts)を作成した(図4)。



：縦軸は、17日の回答合計に対する各々の1時間刻みでの家屋数の比率

図3 火が燃え移った日・時（主な地区ごと）：地区名の右（ ）内は回答合計数

経過時間（分） ○が各家屋の経過時間（出火時刻と各家屋に燃え移った時刻の時間差）



- ：延焼範囲内のみ対象。時刻不明はサンプルから除外。
- ：地区5や18などでは、1440分（24時間）経過した後の延焼も数例みられるが、燃え移った時刻の誤答の可能性もある。
- ：地区10のうち御蔵地区については、出火時刻の異なる二つの出火点（一つは他の地区からの飛び火）が推測されているが、ここでは早い方の出火時刻で暫定的に計算している。地区13は、独立した3つの延焼範囲を一括集計しており、各々の出火点（各1）の出火時刻が異なるが、暫定的に一番早い出火時刻で計算している。

図4 出火点の出火時刻と各家屋に燃え移った時刻の時間差（経過時間）（地区ごと）

5. 延焼速度の試算

図4に示した経過時間（出火点の出火時刻から各家屋に燃え移った時刻までの経過時間 t_s ）と出火点から各家屋への直線距離（ L ；地図から読み

とり）との相関関係を用いて、5水笠西公園周辺、7高橋病院周辺、8神戸デパート南、10菅原・御蔵を例にして延焼速度を試算した。延焼速度は平均値として、回帰直線の傾き（ a ）として求めた。

なお、図5は、時刻区分(60分刻み)ごとに燃え移った家屋を地図上にプロットしたもので、既存調査(文献4)の延焼等時線との比較を示した。

(1) 高橋病院周辺での試算(図6, 表3)

全回答では平均延焼速度 a は約15m/時(相関係数 r は約0.73)となり、燃え移りの状況ごと(隣り建物から/飛び火)の差はない。方向別(方向区分は図6参照)には、方向1・2と5~8で

やや遅く(約11m/時)、方向3では30~120分以内の短時間で約200mの距離まで燃え移っていった状況が読みとれる。

(2) 水笠西公園周辺での試算(図7, 表3)

全回答では平均延焼速度 a は約16.3m/時(相関係数 r は約0.66)となり、燃え移りの状況ごと(隣り建物から/飛び火)の差はない。方向別(方向区分は図7参照)には、方向4, 5, 6で速く(各

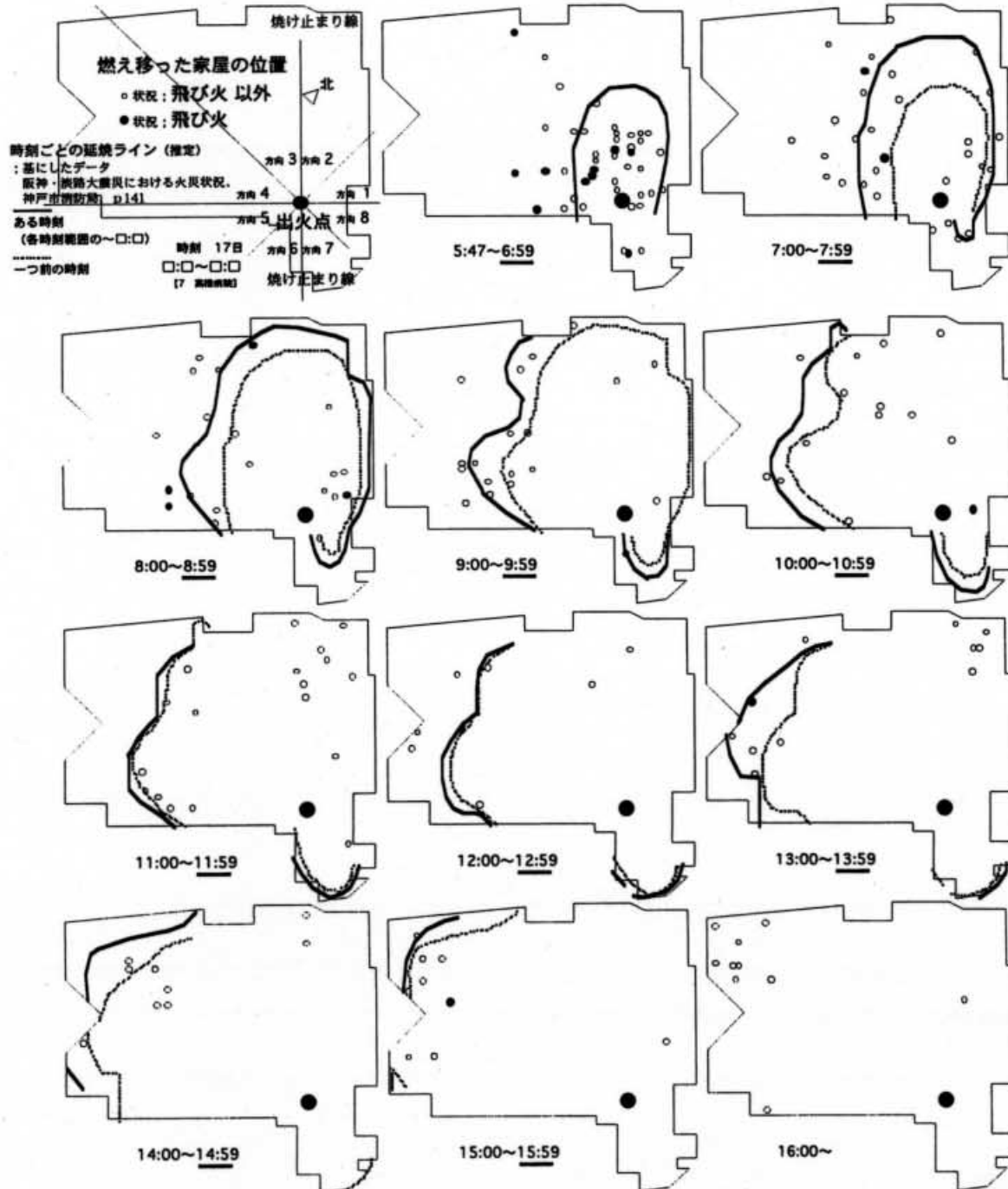


図5 時刻区分ごとの燃え移った家屋のプロット
(アンケートの回答と既存調査(文献4)の延焼等時線との比較: 7高橋病院)

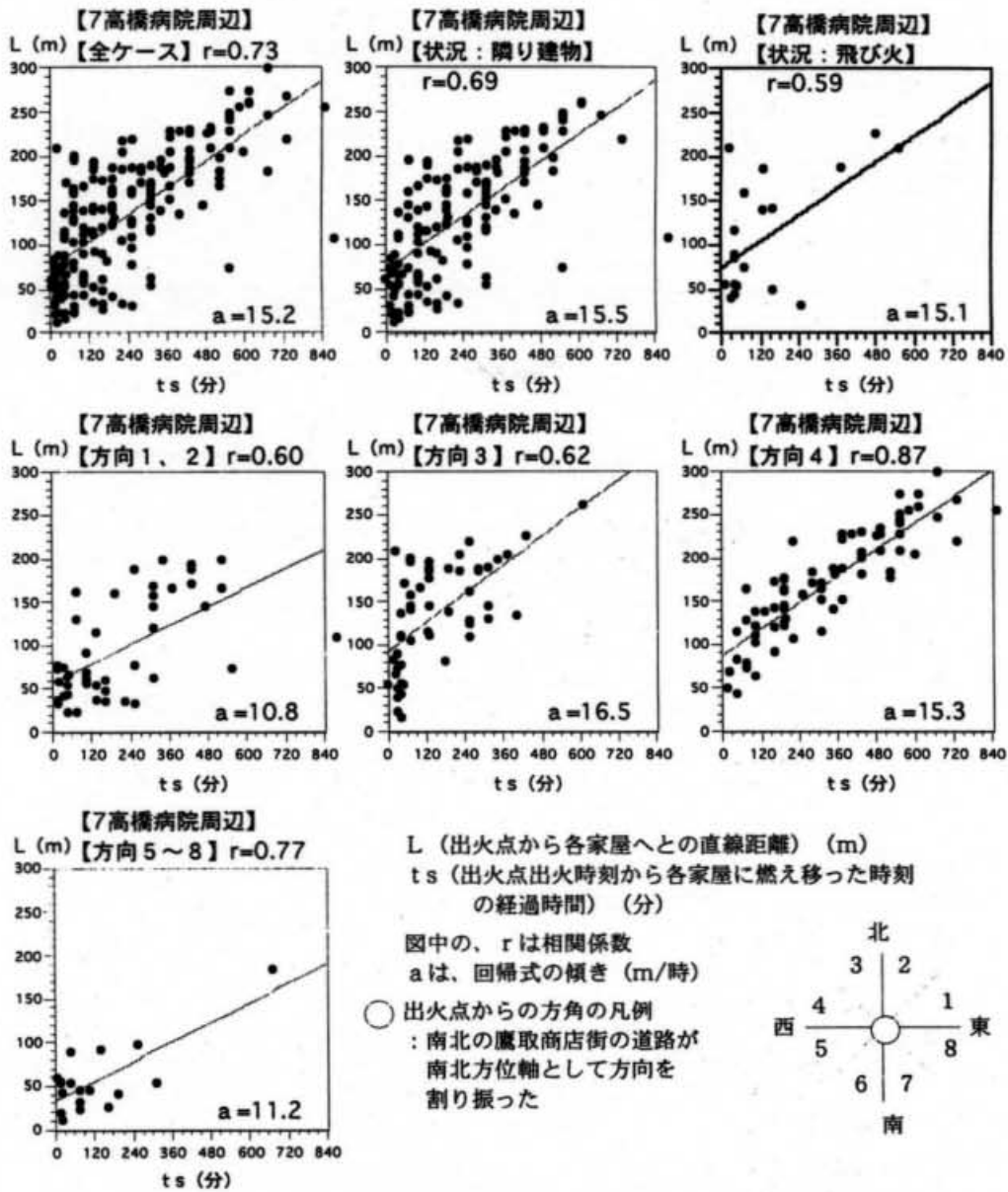


図6 延焼速度の試算 (7高橋病院)

表3 延焼速度の試算一覧

a ; 回帰式の傾き (平均延焼速度 m/時) r ; tsとLの相関係数
 - ; サンプルが少なく回帰できず

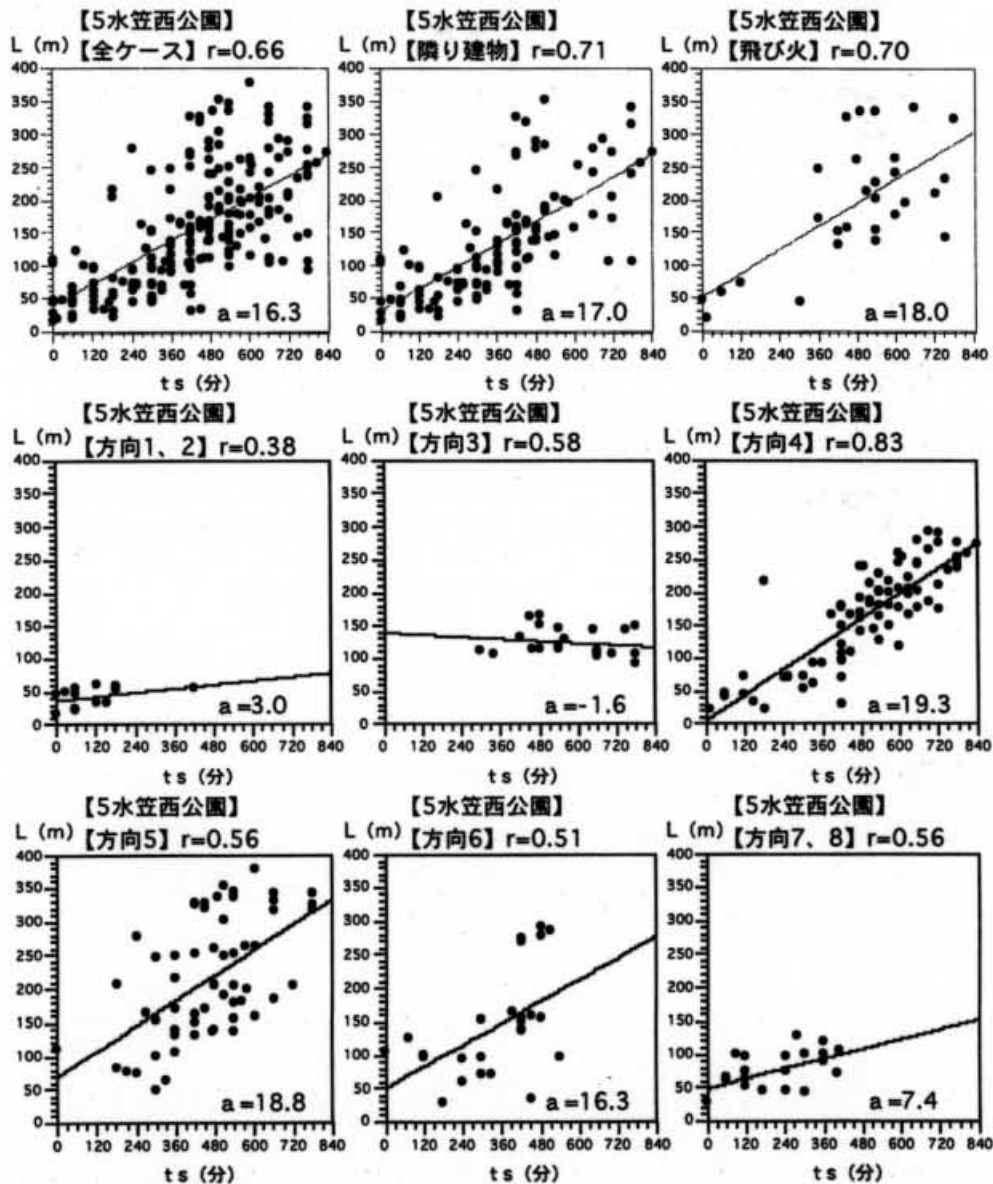
	7高橋病院周辺 a(r)	5水笠西 a(r)	8神戸テント南 a(r)	10菅原 a(r)	10御蔵 a(r)	
全ケース	15.2(0.73)	16.3(0.66)	5.6(0.49)	29.1(0.67)	14.5(0.74)	
状況 隣り建物	15.5(0.69)	17.0(0.71)	5.2(0.44)	29.0(0.65)	12.7(0.70)	
状況 飛び火	15.1(0.59)	18.0(0.70)	—	36.6(0.66)	—	
方向	1	一括	一括	一括	—	
	2	10.8(0.60)	3.0(0.38)	5.1(0.40)	23.2(0.56)	一括
	3	16.5(0.62)	-1.6(0.58)	5.6(0.47)	23.4(0.75)	29.9(0.78)
	4	15.3(0.87)	19.3(0.83)	5.2(0.50)	28.6(0.69)	
	5		18.8(0.56)	6.5(0.84)		2.1(0.11)
	6	一括	16.3(0.51)	10.6(0.82)	一括	15.7(0.90)
	7	11.2(0.77)	一括	8.3(0.90)	29.6(0.72)	—
	8		7.4(0.56)	—		—

々19.3, 18.8, 16.3m/時), 方向1, 2, 3では遅い。

(3) 8神戸デパート南での試算(図8, 表3)

全回答では平均延焼速度 a は約5.6m/時(r は約0.49)となる。方向5, 6, 7の場合は相関が高く(r は約0.82~0.90), 出火点から遠くなるに従って燃え移った時刻が遅くなる傾向が明確であ

る。平均延焼速度もそれぞれ6.5, 10.6, 8.3m/時, でありこの地区のなかでは速い。方向2, 3, 4は相関が低く(r は0.40~0.50), 速度も, 5.1, 5.6, 5.2m/時と遅い。このことは, 風向・風速もさることながら, 出火点からみて方向1~4に大規模な耐火・準耐火建物が位置し, 方向5~7が小規模な耐火・準耐火建築物が位置していたこ



L (出火点から各家屋へとの直線距離) (m)

ts (出火点出火時刻から各家屋に燃え移った時刻の経過時間) (分)

図中の、 r は相関係数

a は、回帰式の傾き (m/時)

補足) tsがマイナスの17例、840分を超える17例は、ここでの図の作成・分析上は除外した

○ 出火点からの方向の凡例
: 水笠通り5丁目と6丁目の間の南北の通りを、南北方位軸として方向を割り振った



図7 延焼速度の試算(5水笠西公園)

とが反映した結果とも推測できる。

点による延焼であるので別々に計算した。

(4) 10 菅原・御蔵での試算 (図 9, 10, 表 3)

10 菅原 (図 9) では、全回答での平均延焼速度

両地区は隣接地区であるが、各々独立した出火

a は約 29 m/時 (r は約 0.67) で、今回の分析対

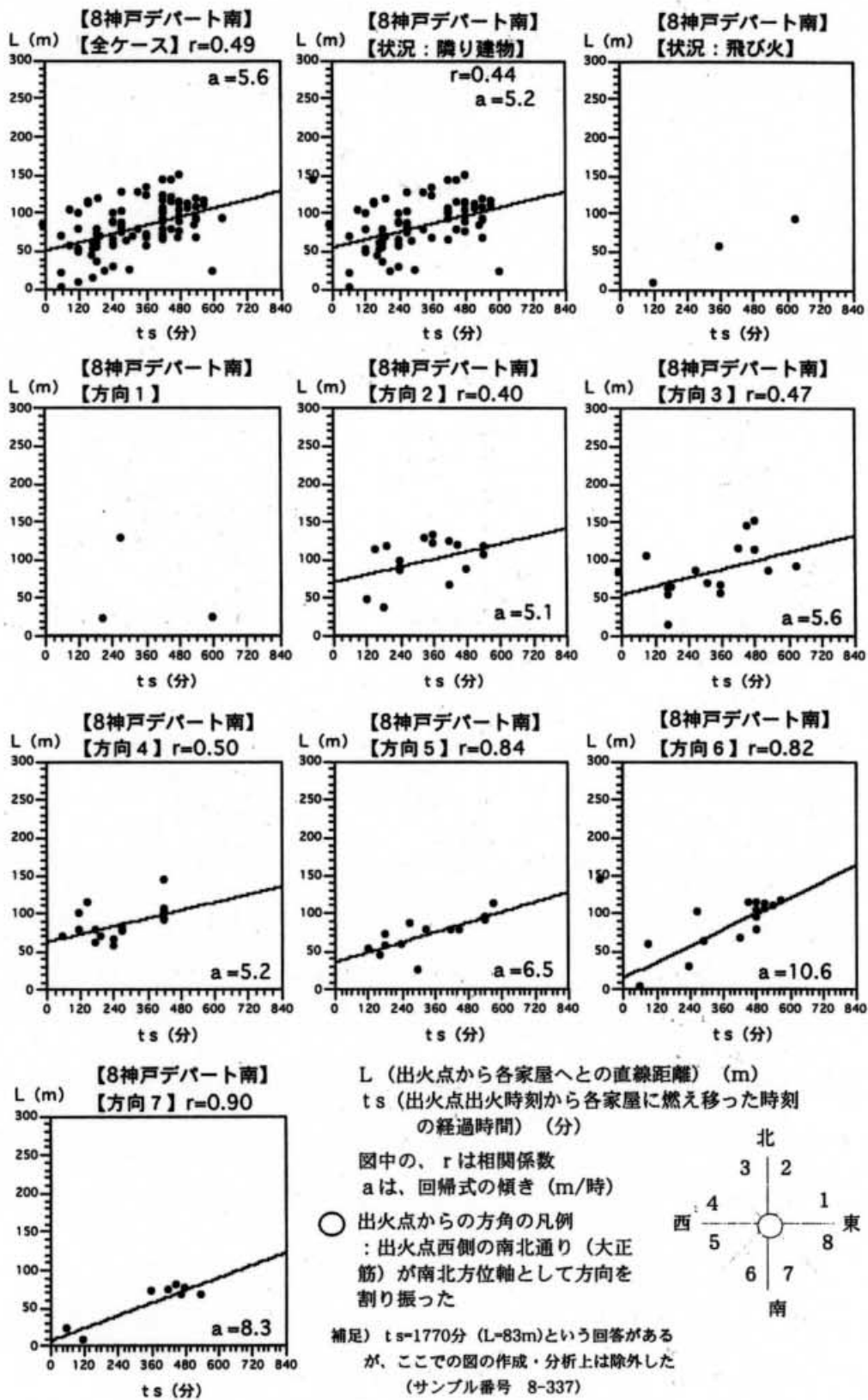


図 8 延焼速度の試算 (8 神戸デパート南)

象地区のなかでは最も速い。特に飛び火の場合は約36.6m/時とかなり速い。方向別には、方向1, 2, 3でやや速度が遅く(約23m/時), 方向4~8で速度が速い(約28~30m/時)。

10御蔵(図10)では、全回答での平均延焼速度aは約15m/時(rは約0.74)で、隣接する菅原地区の半分程度である。方向別には、方向5, 7, 8についてはtsとLの間に相関がみられないが、方向2~4, 方向6については相関が高い。方向2~4では延焼速度が約30m/時と菅原地区と同程度, 方向6では約16m/時と半分程度である。

6. おわりに

各家屋の時刻分布の傾向は、出火点の初期の火災状況、地区の建物や街区の状況、風速風向、消火活動状況などが反映した結果であり、アンケート以外から得られるこれらの情報をふまえた分析が今後の課題である。また、データは、アンケート(郵送留置)によって地震後約1年近く経過後に記入されたものであるが、誤答の可能性のあるデータの吟味が不十分であり今後とも確認が必要である。

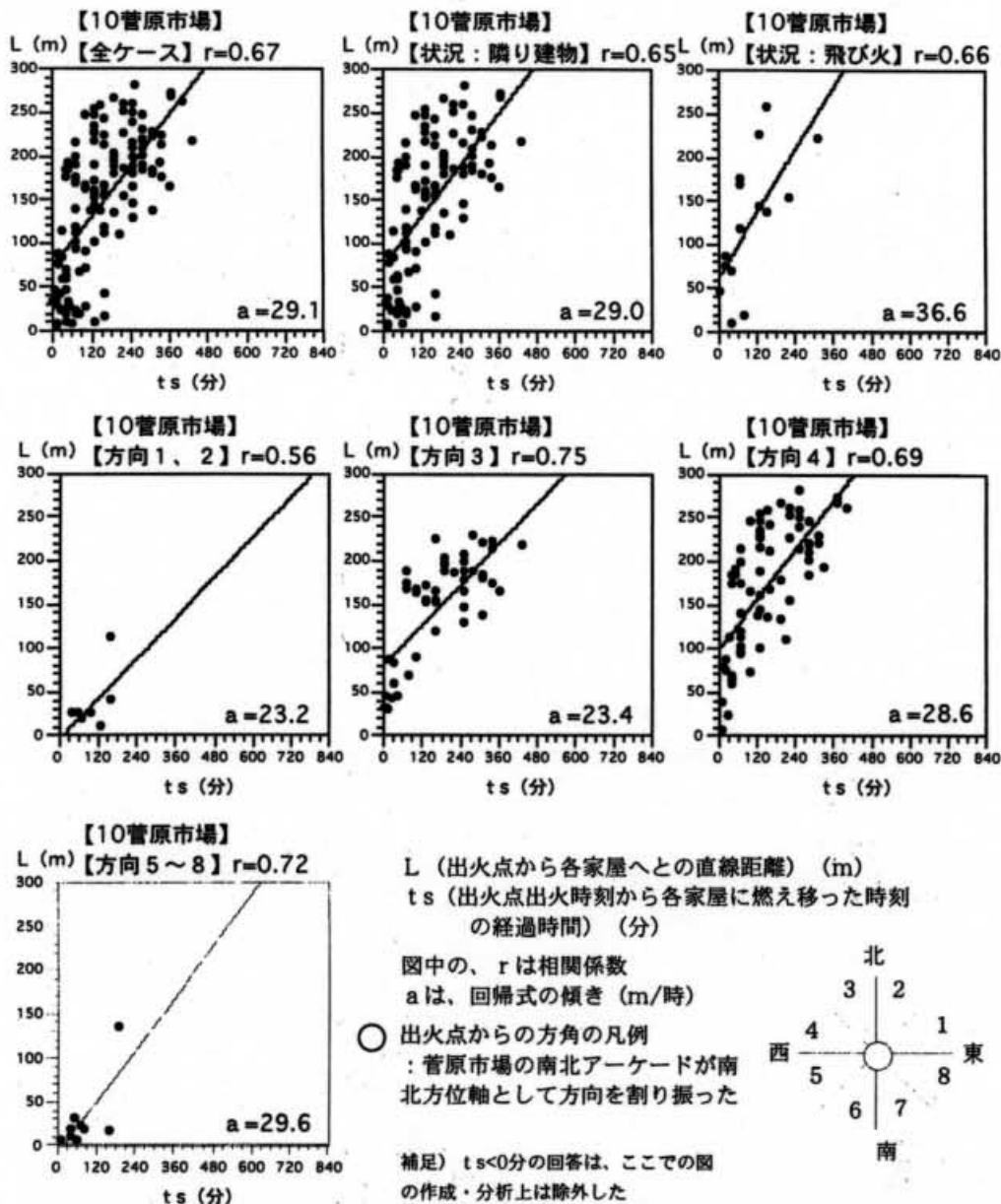


図9 延焼速度の試算(10菅原)

〔参考文献〕

- 1) 建設省建築研究所, 平成7年兵庫県南部地震被害調査中間報告書, 平成7年8月
- 2) 東京消防庁, 兵庫県南部地震に伴う市街地大火の延焼動態調査報告書, 平成7年12月
- 3) 自治省消防庁消防研究所, 兵庫県南部地震に

- おける神戸市内の市街地火災調査報告(速報), 平成7年3月
- 4) 神戸市消防局, 阪神・淡路大震災における火災状況, 平成8年8月
 - 5) 日本火災学会, 1995年兵庫県南部地震における火災に関する調査報告書, 平成8年11月

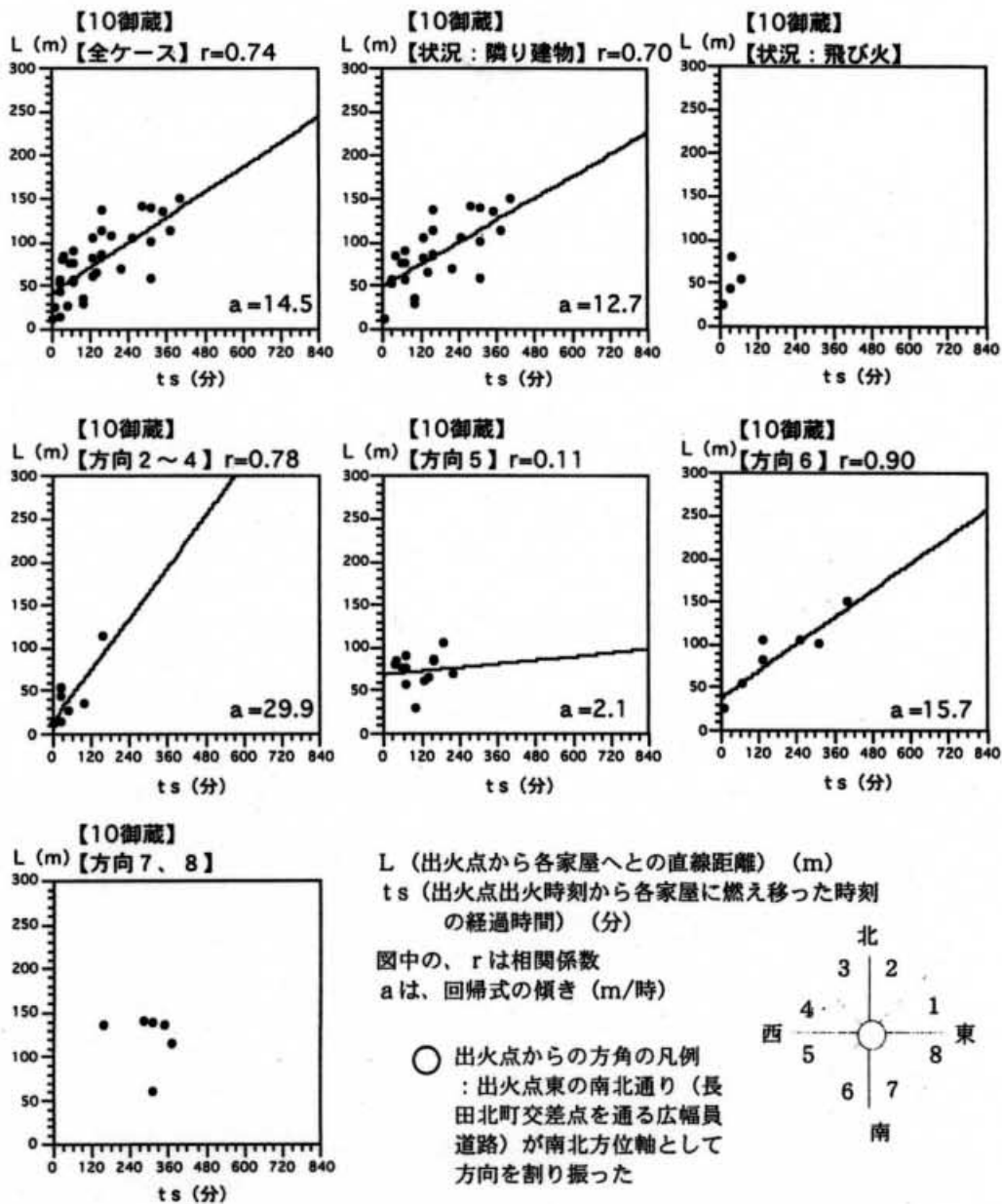


図10 延焼速度の試算(10御蔵)