

3.1.1.3 中京圏における災害関連データの分析

(1) 業務の内容

(a) 業務の目的

本節では特に中京圏に焦点を絞り、過去の災害経験の実証的な調査・研究を通して、どのような災害情報が必要とされるかについて明らかにする。この調査範囲は、地域特性および地震特性等の基礎情報に加え、発災直後の災害対応から、復旧・復興までを対象として、地震情報、被害状況、火災発生状況、ライフライン被害・復旧状況、交通被害・復旧状況、避難施設の位置・運営状況、物資配給状況などを検討するが、検討成果は最終的にG空間情報データベースとして整理し、クラウド技術と動的空間情報マッシュアップ技術を利用した自律分散協調型の状況認識統一基盤情報システムを構築し、マイクロメディアサービスを通して全国を対象として配信すべき情報内容として体系化する。中京圏は過去の災害データについて集める点は近畿圏と同じであるが、阪神・淡路大震災等で被災・復興事例が豊富な近畿圏とは異なり、過去の災害データが限定的である。それゆえ、はじめに地価など代表的な市街地データと災害リスクの関連について調べることにした。この点が近畿圏との違いである。

(b) 平成25年度業務目的

中京圏を対象として市街地データ(特に災害リスク・被災経験関係)の収集を行う。これは復興に関する事例収集も含めるが、近年中京圏では伊勢湾台風以降大災害の経験がないため、関西や仙台、東京の事例も参考にする。特に、過去の復興事例と将来の災害リスクを組み合わせ、土地の価格を指標の一つとして、被災前・被災後の人口移動などを論じる。この議論を通して、よりよい土地利用計画を実現するための具体策についてまとめる。

(c) 担当者

所属機関	役職	氏名	メールアドレス
名古屋大学減災連携研究センター	准教授	廣井悠	

(2) 平成25年度の成果

(a) 業務の要約

- ・災害データや市街地データの収集・分析を行う
- ・中京圏の土地価格データを分析する
- ・よりよい土地利用計画を実現するための具体策についてまとめる

(b) 業務の成果

今年度の本業務は、1.災害データや市街地データの収集・分析と 2.土地価格データの分析を行い、3.よりよい土地利用計画を実現するための具体策についてまとめるものであった。第一の点については、今年度は東日本大震災における地震火災に関する被害データの収集を中心に行った。東日本大震災時に発生した地震火災は、著者が行ったこれまでの研究もあわせ図1のように示されるが、そのデータを用いて南海トラフ巨大地震が発生した

際の出火予測分析を試みている。

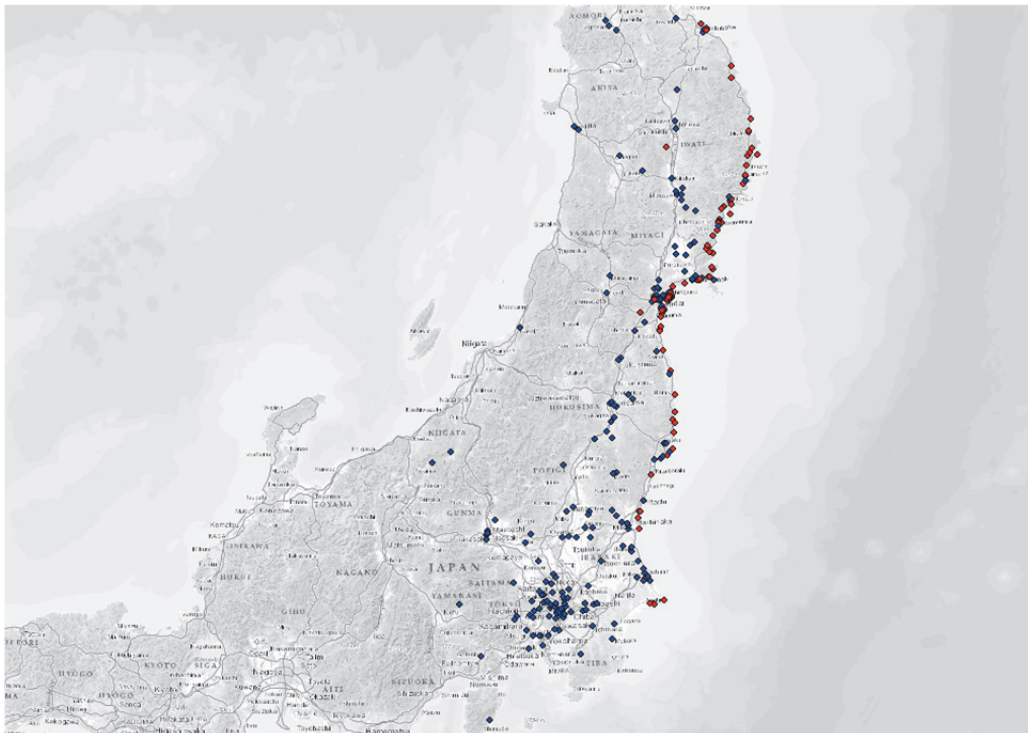


図 1 地震火災（青）、津波火災（赤）の地域的分布

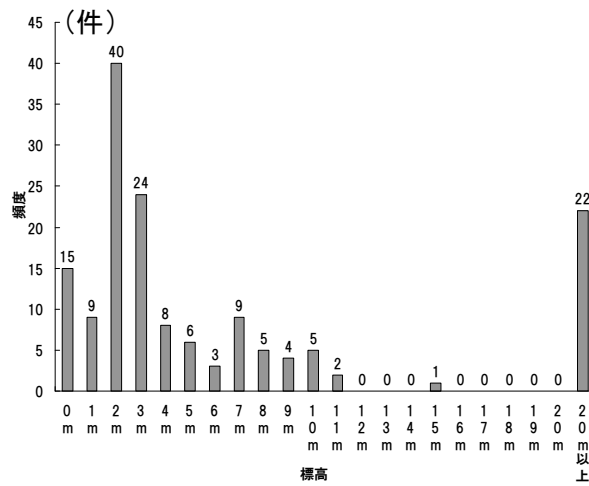


図 2 津波火災出火点の標高 (N=153)

図 2 は津波火災の出火点における標高の頻度分布である(ただし各町丁目など出火点地域の最も低い標高値としている、正確な出火点情報が得られない場合は除く)。これより、津波火災は標高 0m, 1m の場所でも起きているが、2m から 4m に比較的多いことがわかった。以上の調査及び既存研究¹⁾などで得られた知見などから、津波火災はその発生箇所地域の地域特性、出火原因などにより、以下の 4 パターンに類型化することができる。このような地域特性に応じて、どのパターンの津波火災が起こりうるかを事前に把握し、消防計画及び避難計画に生かすことが必要と考えられる。

1.斜面瓦礫集積型（主として三陸沿岸などの特徴）

津波によって倒壊家屋・プロパンガスボンベ・自動車等、多くの可燃物や危険物が山・高台のふもと等に沿って打ち寄せられる。その後、一緒に漂流してきた火源（家屋・各種燃料）から着火炎上し、大規模延焼に至る。市街地火災から山林火災に拡大する可能性もある。

2.都市近郊平野部型（主として仙台平野などの特徴）

津波によって多くの可燃物や危険物、火源が漂流する点は高台瓦礫集積型と同じであるが、都市部における津波火災であるため、プロパンガスボンベや車など危険物、火源の量が膨大となる。その結果、これらが出火に大きく寄与し、出火点の数が多いのが特徴である。比較的緩やかな津波であっても出火し、比較的堅牢な建物周辺に集積した漂流物に延焼拡大するため、津波避難ビルなどの生存空間を脅かすものの、避難者は二次避難が不可能となる。

3.危険物海上流出型（主として気仙沼の特徴）

危険物が流出するなどして海上での大規模火災が継続する。船や瓦礫が回遊することで湾の周囲に延焼を繰り返す。

4.電気系統単発出火型（主として2日目以降の特徴）

車や家屋の電気系統が津波の浸水の影響により、時間経過後に出火する。延焼面積はそれほど大きくない傾向にある。

以下では上記のデータから得られた結果を用いて、津波被害のあった市町村の出火傾向を把握する。津波火災は37市町村で159件の津波火災が発生しているが、ここでは津波被害はあったが津波火災が発生しなかった市町村も含めて予測式を考えたい。ところで、これまで地震火災の出火率を知る際には概ね倒壊建物あたりの出火件数を主な指標としていた。それゆえ本節においても同様に、浸水建物数1件当たりの津波火災発生件数を指標として津波火災の出火率を考えていく。ただし、津波火災の中でも車両からの出火による単発の津波火災はその発生メカニズムも、大規模延焼に至る可能性も他の火災種別とは大きく異なるものと考えられる。そこで以下の作業においては、津波火災を車両火災と車両火災以外に分け、それぞれの津波火災出火予測式を求めることとする。

ここで、ある領域 i における津波火災件数を μ_i とし、また津波火災を火災種別によって車両火災とそれ以外に分類し、それぞれ $\mu_{1,i}$ 、 $\mu_{2,i}$ とすると $\mu_i = \mu_{1,i} + \mu_{2,i}$ が成り立つ。ここで車両火災は被災車両数に比べて極めて少数なため、その発生はポアソン分布に従うものとし、 x 件の出火が発生する確率を以下のように考える(車両火災以外は標本平均 \ll 標本分散のためポアソン分布とはみなさない)。

$$P_i(x|\mu_{1,i}) \approx \frac{(\mu_{1,i})^x e^{-\mu_{1,i}}}{x!}$$

このもとで浸水建築物数を n_i とし、プロパン使用率を l_i 、世帯当たり所有車台数を e_i とし、津波火災は浸水建物数が多ければ多いほど増加するものとする。また車両火災以外の

火災は重油の拡散の有無の影響を受けるものとし、重油が拡散した場合は $m_i=1$ そうでない場合は $m_i=0$ と考え $\mu_{1,i}$ および $\mu_{2,i}$ を以下のように仮定する。

$$\ln \mu_{1,i} = a_1 e_i n_i + d$$

$$\mu_{2,i} = n_i(a_2 + b m_i) + c l_i$$

ここで領域 i を市区町村とし、津波被害のあった 63 市町村において消防本部に対するアンケート調査データをもとに係数を推定する(ただし、内陸部における津波火災のデータは除く)。すると a_1 は 0.000024、 a_2 は 0.000264**、 b は 1.080**、 c は 0.00069、 d は -0.798* となる(車両火災以外は $R^2=0.743$ と当てはまりは良く、また車両火災の適合度は有意確率 0.163 となった)。ここで本予測式の当てはまりを示すと、上記の予測式における予測値と実測値の関係は図 3 の如く示され、 R^2 は 0.627 となる。

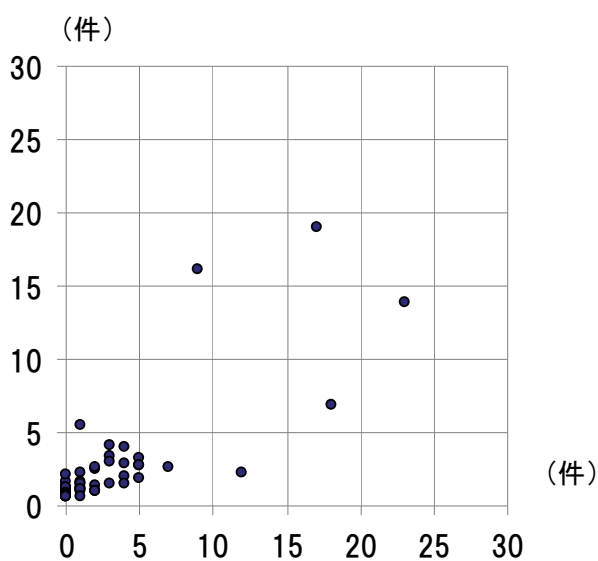


図 3 予測値(横軸)と実測値(縦軸)の関係

実例として、南海トラフ巨大地震陸側①ケースの津波火災件数を推定する¹⁾。データの制約上、東日本大震災時の浸水棟数と全壊棟数の比を乗じて、2012年8月に内閣府の発表した津波被害を考慮すると、図4のような出火件数予測が可能となる(ただし都道府県別)。全ての地域で重油が流出しない場合に津波火災の件数は合計 93 件となるが、重油が至る所で流出した場合、津波火災の件数は合計 270 件となる。

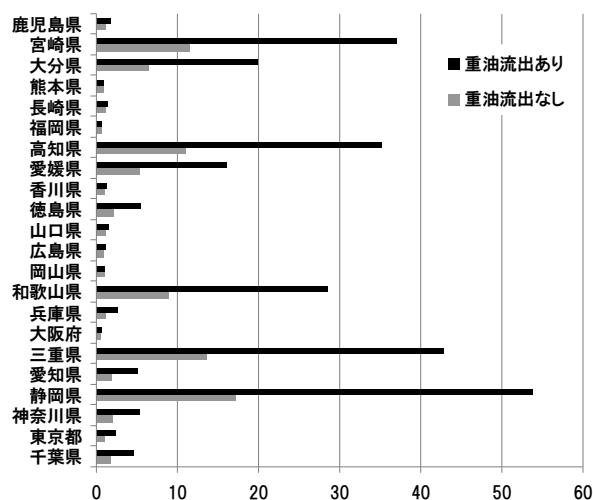


図 4 南海トラフ巨大地震陸側①ケースの津波火災出火件数

第二の点については、中京圏の土地価格データを分析した。平成24年度に入手した地価データ、市街地データ、災害リスクに関するデータを用いて、ヘドニック分析を行った。ヘドニック分析は、財の価格は複数の属性の集合とみなして需要と供給によって価格が決定されるとし、価格関数を定式化するアプローチであり、土地価格の分析を行う際頻繁に用いられる。ここでは価格関数を各属性の線形和とみなし、市街地データを、名古屋駅からの距離、用途地域、容積率で、また災害リスクをその地点の標高と読み替えて分析を行った。その結果が表1である。以上より、災害リスクの要素も考慮した土地価格の推定をすることが可能になった。係数の正負を見ると、容積率や商業地域の指定（ダミー変数、商業地域であれば1、そうでなければ0）が正の値になっているほか、標高が高ければ高いほど土地価格は高いという傾向が明らかになった（1mあたり1878.88円）。他方で名古屋駅までの距離は負の値であり、名古屋駅から遠ければ遠いほど地価が減少する傾向にあることが分かる。なお、図5は容積率と標高の関係を示したものであり、おおむね標高が低い場所に容積率の高い地域が多いことが分かっている。

表 1 ヘドニック分析の結果

変数	係数	t値
容積率(%)	902.632459	7.770863516
標高(m)	1878.87125	1.997577629
名古屋駅までの距離(m)	-7.081075416	-1.946996292
商業地域	172107.0397	2.827181982
重決定係数	0.35	
サンプル数	774	
平均地価(円/㎡)	225876	

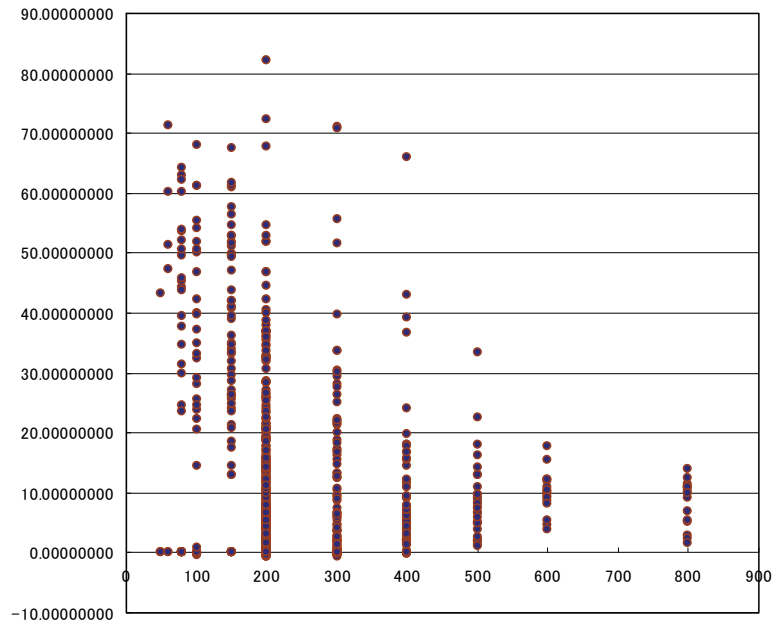


図 5 容積率（横軸），標高（縦軸）の関係

第三の点については、上記の分析をもとにした土地利用に関する一考察である。火災リスクについては、特に津波火災を防ぐための土地利用が重要である。これについては、はじめに屋外タンクなど危険物施設の津波対策が挙げられる。気仙沼における実例のように、出火源が何であれ、屋外タンクが流出して海上油面火災が形成されると広域的な被害を及ぼし、津波被災エリア以外や津波避難ビル等の危険性も増大する。それゆえ、タンクのかさ上げや地中化、再配置など屋外タンクの内容物を津波で流出させない対策が求められる。今回の震災では最終的に津波被災エリア外や山林に延焼し、大規模な火災被害が各地でみられたことを考えると、津波火災に対する消防力の確保も重要である。山田町の事例でみられたように、どんなに初期火災が小さなものであっても、それに対する消防力が伴わなければ火災は広域に延焼する。このような状況下で優先度の高い選択肢は、やはり残された市街地、つまり高台への延焼を最低限防ぐための戦術であろう。津波襲来後や地震時などにおいては、消火栓も使えず資器材も十分に揃わない中での消防戦術が求められる。それゆえ、高台地区を中心とした自然水利やポンプ車、防火水槽の確保など、津波火災を想定した消防力の再配置を検討する必要がある。

人的被害の軽減に焦点を当てた場合、津波火災を考慮した安全な避難場所の確保が最も重要である。図 2 のように、一般的に津波火災は必ずしも低地の部分で発生するのみならず、標高の多少高い場所でも発生することが多い。よって、このような高台の際(きわ)にある避難場所や避難所は 2 次避難を可能にする仕組みが確保されねばならない。石巻市門脇小学校で結果的に成功した事例がまさに参考となろう。そして、これは燃えた瓦礫がせき止められて延焼する可能性もある津波避難ビルにおいても同様である。津波避難ビルは付近に高台がないことが前提と考えられ、2 次避難が難しいことは想像に難くない。したがって、火災の危険性の大きい地域では津波避難ビルに過度に依存した避難計画は現実的なものとはならないだろう。逆に言うと、周囲に高台が少なく、津波避難ビルに頼らざる

を得ない地域については、上述の危険物施設の対策や消防力の確保、避難計画との整合性をはからねばならない。この他、出火の大きな要因とみられるガスボンベ対策の拡充や建物の開口部の強化、ブロック塀などを利用した防火壁の形成、消防活動を行う場所を確保するための重機の準備、住民やポンプ車の適切な避難計画など数多くの個別対策も同様に効果的である。そして、その選択は地域特性を踏まえつつ適切に決定されなければならない。つまり、「出火→延焼→消火の失敗→人的被害」という連続的な事象のなかで、どのように被害を最小化させればよいか、総合的リスクマネジメントの立場からアプローチをはかる必要があるとされている。ところで、今回の地震外力は1000年に1度ともいわれるほど稀な出来事とみられたおり、また津波火災は典型的な複合災害といえる。一般に、このような発生確率の低い事象や複合災害は事前の想定がことのほか難しく、上述の総合的リスクマネジメントのみでの対応は困難なものとなる。確かに、今回の被災概要を適切に咀嚼し、後世に経験として伝えることは重要である。しかし、リスクとベネフィットを比較してその期待値を判断するのみならず、避難場所や道路ネットワークの冗長化に代表されるリダンダンシーとフェイルセーフの指標も積極的に目的関数として取り入れ、多目的最適化をはかるための解決策として土地利用計画・規制を再定義する必要がとりわけ重要と考えられる。

他方で地価データの分析からは、標高で代替される災害リスク、おそらく津波や水害については、少なくとも名古屋市においては、標高が高くなればなるほど土地価格は高くなることが分かった。現状では、図5に示されるように標高の低い場所ほど高い容積率が指定されているが、このような土地利用のされ方も改善点が多いものと考えられる。本稿で得られた関係式を用いて、災害リスクを考慮した土地利用計画（容積率、用途地域）を進めた場合の土地価格に対する影響、およびその場合における曝露人口分布の変化なども今後検討することができる。

(c) 結論ならびに今後の課題

平成25年度は、平成24年度の成果に加えて中京圏のこれまでの災害を整理し、特に地震火災に関するデータを集め、プロパンガス普及率や自動車保有数など様々な市街地データ重ね合わせることによってこれらの関係性を導き出した。一方で、平成24年度に収集した市街地データの中でも特に地価データを従属変数として災害リスクや市街地データからその影響を分析するため、ヘドニック法を用いた地価分析を行った。上記の成果によって、今後の土地利用等に有用な知見を得ることができた。結果として、上記の課題は概ね達成できたものと考えられる。しかしながら、実際の計画に生かすためにはより詳細な分析結果を得る必要がある、この点は今後の課題と考えられる。

(d) 引用文献

- 1) 廣井悠, 山田常圭, 坂本憲昭: 東日本大震災における津波火災の調査概要, 地域安全学会論文集, NO.18, pp.161-168, 2012.
- 2) 内閣府, 南海トラフ巨大地震の被害想定について, 2012.08.

(e) 学会等発表実績

学会等における口頭・ポスター発表
なし

学会誌・雑誌等における論文掲載
なし

マスコミ等における報道・掲載
なし

(f) 特許出願，ソフトウェア開発，仕様・標準等の策定

1) 特許出願

なし

2) ソフトウェア開発

なし

3) 仕様・標準等の策定

なし

(3) 平成26年度業務計画案

平成25年度は中京圏の大都市域における市街地データや各種空間データ、東日本大震災時の災害データを収集した。この結果、中京圏の大都市大震災の被災状況を考慮する環境が整ったものと考えられる。平成26年度はこれらを用いて、中京圏を襲う災害の被害状況を具体的に整理する。ここでは特に、収集した空間データ（例えば人口データや高齢化率、自動車保有率などのデータ、公開されている被害データ（津波被害、火災被害など））を用いて、防災対策の参考になると考えられる空間データ（火災や避難行動に関連するデータを想定）をあらたに作成し、それらをすべてジオポータルコンテンツに挙げる。これにより、次年度以降のテーマである「対策課題の抽出」や「土地利用計画への応用」へ繋げる。