



New ESRI Working Paper No.34

---

# 災害に強い国土利用への中長期誘導方策の研究

永松 伸吾、佐藤 慶一、田中 陽三、山本 圭一

June 2015



内閣府経済社会総合研究所  
Economic and Social Research Institute  
Cabinet Office  
Tokyo, Japan

New ESRI Working Paper は、すべて研究者個人の責任で執筆されており、内閣府経済社会総合研究所の見解を示すものではありません（問い合わせ先：<https://form.cao.go.jp/esri/opinion-0002.html>）。

新ESRIワーキング・ペーパー・シリーズは、内閣府経済社会総合研究所の研究者および外部研究者によってとりまとめられた研究試論です。学界、研究機関等の関係する方々から幅広くコメントを頂き、今後の研究に役立てることを意図して発表しております。

論文は、すべて研究者個人の責任で執筆されており、内閣府経済社会総合研究所の見解を示すものではありません。

**The views expressed in “New ESRI Working Paper” are those of the authors and not those of the Economic and Social Research Institute, the Cabinet Office, or the Government of Japan.**

# 災害に強い国土利用への中長期誘導方策の研究

永松 伸吾<sup>1</sup>、佐藤 慶一<sup>2</sup>、田中 陽三<sup>3</sup>、山本 圭一<sup>4</sup>

平成 27 年 6 月

## 【要旨】

本研究は、中長期的視点から災害リスクが軽減されるような国土利用を促す政策のあり方として、市場メカニズムにおいて災害リスクが評価される仕組みについて検討を行う。そこで、災害としては地震を対象として、首都直下地震や南海トラフ巨大地震等に対する社会経済活動の暴露状況を把握することに加え、市場メカニズムと災害リスクの関係を分析するための道具の一つとして、地震ハザードと複数の社会経済関係データを統合した暫定的な地震災害リスク指数 (REDRI) を試作した。

---

1 関西大学社会安全学部・大学院社会安全研究科教授

2 専修大学ネットワーク情報学部准教授

3 内閣府経済社会総合研究所研究官

4 小田原市企画部企画政策課主査 (元内閣府経済社会総合研究所行政実務研修員)

## 目次

1 はじめに：研究の目的と政策的背景.....	1
2 災害リスク評価に関する既存研究.....	2
2.1 わが国における災害リスク評価の趨勢.....	2
2.2 都市の災害リスクに関する評価研究.....	2
2.3 国家レベルにおける災害リスク評価研究.....	4
3 地震災害の社会経済リスク評価に関する基礎的検討.....	6
3.1 地震防災のためのリスク情報.....	6
3.2 地震ハザードに関するデータ.....	7
3.3 収集した社会経済関係データ.....	9
3.4 地震ハザードデータと社会経済関係データの重ね合わせ.....	10
3.5 指標の統合可能性の検討.....	22
4 今後の課題.....	28
5 参考文献.....	29
6 参考資料（データ集）.....	30
公的施設や人口データ等の重ね合わせ.....	30
7 謝辞.....	53

## 1 はじめに：研究の目的と政策的背景

2011年3月の東日本大震災は、我々の想定を遙かに超える大災害であったと言われる。こうした、低頻度でかつ激甚な被害をもたらす災害にどう備えるかというのは、我が国に限らず、人類が直面している大きな課題である。

災害リスクが巨大化した理由の一つは、都市の集積とその巨大化である。都市に様々な経済活動が集積することは、インフラ等の投資における規模の経済性や、多様なサービスを同時に提供することで個々のコストが下がる範囲の経済性などが都市経済学の理論で示されている。だが、そのような集積や人口集中は、他方で災害リスクの増大をもたらしていることは間違いない。スイス再保険会社が2013年に発表した世界の都市災害危険ランキングにおいて、東京-横浜都市圏は世界で突出してリスクの高い地域と評価されたが、元々が地震や洪水などの発生確率が高いと言われている地域に、膨大な人口が集積していることがその主たる理由である。

このように、これまでの我が国の国土利用においては、こうした災害リスクについてはほとんど考慮されてこなかったと言えよう。人々が災害リスクの存在をほとんど考慮することなく、経済性や利便性を優先させ、居住地や企業立地を選択した結果として、一部の巨大都市に人口集積が起こった。それらを受け入れるために新たなインフラへの投資が行われ、利便性が改善されることによって、新たな人口を呼び寄せてきた。

しかしながら、このような動きは大きく見直されなければならない時期に来ている。すなわち、我が国の人口減少が本格化した今日においては、かつてのような国土開発の圧力は存在しない。巨額の財政赤字においては、インフラの新設よりも、むしろ既存のインフラを有効活用する視点も問われよう。また、増田レポートなどに代表されるように、地方都市そのものの消滅可能性も指摘されるほど、地方の衰退は深刻である。こうしたトレンドを踏まえると、低頻度巨大災害リスクを軽減するための戦略の一つは、既存の国土利用そのものを所与とするのではなく、災害リスクを軽減するような国土の利用を促すことではないだろうか。

本研究は、こうした問題意識に基づき、中長期的視点から災害リスクが軽減されるような国土利用を促す政策のあり方を検討するものである。災害リスクの程度によっては、政府による命令的な土地利用規制が正当化されるケースもあるだろう。しかし、本研究では基本的に市場メカニズムの活用を念頭に置いている。すなわち、人々の自発的な居住選択や投資行動に災害リスクが考慮されることによって、災害リスクの適正な配分が実現されることが、最も望ましい。問題は、そうした市場メカニズムにどのように災害リスクを反映させるかである。

そこで本研究では、分析道具の一つとして、災害リスクの指標化を試みる。これまで、我が国でも災害リスクの指標化を試みた研究は少なくなかった。だが、そのほとんどは、リスクと言うよりはハザードの評価に留まっていたり、社会的な側面に注目した研究であっても、短期的な防災対策を促すためのものであった。すなわち、国土利用のあり方そのものの

参考になるような指標は十分に開発されてこなかった。

もしも適正なリスク評価が可能になれば、これまで以上に災害リスクの可視化が進み、災害に備えるための保険価格や地価と連動することが期待される。そのことは、人々の行動原理に災害リスクを埋め込むことを可能にし、国土利用のあり方に中長期的なインパクトを与えることが十分期待される。

## 2 災害リスク評価に関する既存研究

### 2.1 わが国における災害リスク評価の趨勢

我が国において、こうした目的でしばしば引用されるのは、首都直下地震や東海・東南海・南海地震、あるいは南海トラフ巨大地震など、特定のシナリオを前提として、内閣府防災担当や地方公共団体が実施する被害想定であろう。例えば、内閣府防災担当が行った南海トラフ巨大地震の被害想定では、最悪の場合 32 万人を超える死者が発生すると想定されている<sup>1</sup>。

だが、内閣府も述べているように、この被害想定は発生しうる最大規模のものであり、発生確率は極めて低い。被害想定とは、このようにある特定のシナリオにコミットして初めて計算できるものであり、決定論的(decisive)なものである。もちろん、このような被害想定が災害に強い国土を構築する上で無意味とは言えないが、シナリオから外れた災害が生じる可能性もあるのだから、被害が大きいと想定されている地域以外は、皆リスクが低いわけでは決してない。こうした決定論的な被害想定は、災害対応の戦略を具体的に構築したり、巨大災害発生時の政策課題を具体的に抽出したりといった方策を検討する場合には大きな意味があるといえるが、一国全体の災害リスクをどうやって軽減していくかという観点から検討を進めるには不適である。

世界的に見れば、このような決定論的なリスク評価は稀である。むしろ、科学的なハザードリスク（地震発生確率、ハリケーンの発生確率等）を考慮したり、あるいはどこでも同じようにハザードが生じうるということを前提としたリスク評価が中心である。災害リスク評価研究とは、ここではこのような確率論的(probabilistic)なリスク評価研究に限定して紹介する。

### 2.2 都市の災害リスクに関する評価研究

地震災害リスクの評価として草分け的な研究として、Davidson and Shah (1997)によるEDRI(urban Earthquake Disaster Risk Index)が挙げられる。この研究は、主要都市におけるある時点における相対的な地震災害リスクはどれだけか、それぞれの構成要素が地震リスクにどれだけ貢献しているのか、時間とともにその年のリスクはどう変化しているの

---

<sup>1</sup> 「南海トラフ巨大地震の被害想定について（第一次報告）」（平成 24 年 8 月 29 日、中央防災会議 防災対策推進検討会議 南海トラフ巨大地震対策検討ワーキンググループ）

かを一般に伝えることを目的として開発された。災害リスクの構成要素としてハザード (hazard) 暴露 (exposure) 脆弱性 (vulnerability) 外的状況 (external context) 危機対応力 (emergency response) そして復興力 (recovery) が採用されている。これらは都市ごとに指標が作成されることとなっており、それぞれの要素には対応する細かな項目が掲げられているなど、それぞれの都市における地震災害リスクを軽減するためのチェックリストとしての機能が期待されている。またハザードについては、確率論的地震ハザード評価 (Probabilistic Seismic Hazard Analysis: PSHA) が用いられ、長期的な地震発生確率を考慮した評価となっている。次章で紹介するモデルも、この研究を参考にしている。

ミュンヘン再保険会社 (Munich Re, 2003) による MRI (megacity risk index) は、人口 200 万人以上で経済的な影響の大きな世界の 50 大都市について作成され、地震や風水害、暴風、火山噴火、暴風雪などあらゆるハザードを考慮したものとなっている。また、この研究におけるリスクとは、ハザード・建築物の脆弱性・暴露資産価値の三つの要素から構成される。保険会社による指標であるから、暴露資産価値が最も指標に影響力を持つように計算されており、それゆえ東京が最もリスクの高い都市と評価されている。2003 年に発表されて以降、わが国の首都圏の災害リスクの大きさを示すために国内外でしばしば引用されている。

比較的最近発表された同種のリスク評価としてスイス再保険会社が発表した世界都市の災害危険度ランキング (Swiss Re, 2013) がある。この評価は、ミュンヘン再保険会社と同様に、リスクの内容をハザードや暴露・脆弱性としているが、リスクの具体的な内容が物的資産価値ではなく、暴露人口とそれらの人口が生み出す日々の生産額の損失を評価しているところに特徴がある。

世界銀行都市開発・地方政府局が提案している Urban Risk Assessment (URA) は、地方政府の都市政策に活用することを目的としたリスク評価指標の作成を目標としている (Dickinson et al., 2010)。構成要素として制度評価 (institutional assessment)、ハザード評価 (hazard assessment)、社会経済的評価 (socioeconomic assessment) の三つが示されており、評価のレイヤーとして 3 つの段階を設定している。すなわち、低レイヤーの評価で用いるデータよりも、高レイヤーの評価は利用するデータも複雑になり、それだけ作成コストがかかるようになっており、目的や予算によって評価の精度を変えることが可能な仕組みとなっている。なお、ハザード評価の部分は、世界銀行が開発した確率的リスク評価ソフトウェアである CAPRA (The Central American Probabilistic Risk Assessment) を活用している。

世界銀行地球災害リスク軽減ファシリティ (Global Facility for Disaster Reduction and Recovery) による世界主要都市のリスク評価では、これまでの指標と異なるのは一キロメッシュに分解して指数を計算し、それを元に都市のリスクを計算しているという点である。また長期的なリスクの予測を行っている点も特徴的である。1975-2007 年までの期間のハザードパターンを所与として、2050 年の都市人口の予測を用いると、台風と震災のそれぞれの暴露人口は、2050 年には倍以上となることなどが明らかになっている (Brecht,

Deichmann and Wang 2013)。

### 2.3 国家レベルにおける災害リスク評価研究

国連環境計画 (UNEP) による **Disaster Risk Index** は、国ごとのリスク評価を行っている (Peduzzi et al., 2009)。この研究が他の研究と比較してユニークな点は、過去に発生した災害のデータベース (**EM-DAT: Emergency Disasters Database**) を用いて、それぞれの国の脆弱性の水準や、様々な社会経済指標から脆弱性を計算する際のパラメータを帰納的に計算している点にある。モデルは対象ハザードによってそれぞれ異なるが、いずれも最終的なリスクは予想される死者数で基準化されているため、最終的に合計することができ、すなわち異なるハザードのリスクを統合することによりかなりの程度成功している。最終的なリスク指数は、予想される人的被害の絶対的規模とそれがその国の人口規模に対する相対的な規模によって、各国を 7 段階に区分している。

国連大学環境・人間の安全保障研究所 (UNU-EHS) による **World Risk Index (WRI)** は、171 の国の災害リスクを評価するために作成された。その構成要素は大きく暴露 (**Exposure**) と脆弱性 (**vulnerability**) によって構成され、後者はさらに感受性 (**susceptibility**)、対応力 (**coping capacity**)、適応力 (**adaptive capacity**) の三つによって構成されている。暴露と脆弱性の単純積がリスク指数であり、感受性、対応力、適応力が脆弱性を構成するウエイトは等しくなっている。なお、この指標を参考にした都道府県毎の災害感受性の指数化が菊本ほか (2014) によって現在取り組まれているところである。

以上述べてきた先行研究の概要を表 1 にまとめた。最近の災害リスク研究の傾向としては、マルチハザードで評価を行っているという点が挙げられよう。一つには、**EM-DAT** の整備などにより、災害に関するデータが充実してきたこともあるが、観測技術や IT 技術の発達によりハザード情報が以前よりも利用しやすくなったこともあるだろう。とりわけ、最近の注目される動向としては、長期的な気候変動の影響や人口変動の影響を指数に盛り込んだ研究や、リスクの構成要素に適応力 (**adaptation**) を含める研究なども現れてきており、地球環境リスクと災害リスクの研究が融合しつつある点は特徴的である。

表 1 主要なリスク評価研究

指標名	出典	提供団体	対象	ハザード			ハザードの確率評価	災害リスクの構成要素	将来のトレンド	
				地震	洪水	その他			人口変動	気候変動
Urban earthquake Disaster Risk index(EDRI)	Davidson and Shah (1997)	スタンフォード大	都市	○			○	ハザード・暴露・脆弱性・外的状況・緊急対応・復興		
Megacity Risk Index (MRI)	Munich Re (2003)	ミュンヘン再保険会社	世界の巨大都市	○	○	暴風・火山噴火	○	ハザード・脆弱性・暴露資産価値		
A global ranking of cities under threat from natural disasters	Swiss Re(2014)	スイス再保険会社	616の世界の大都市圏	○	○	暴風・高潮・津波		ハザード・暴露・脆弱性		
Urban Risk Accesment (URA)	Dickinson et al. (2010)	世界銀行都市開発・地方政府局	都市	○	○	気候変動		制度・ハザード・社会経済評価		○
Global Urban Risk Index	Brecht, Deichmann and Wang (2013)	世界銀行地球災害リスク軽減ファシリテイ(GFDRR, the World Bank)	世界の主要都市	○	○	サイクロン・地すべり		ハザード・暴露・脆弱性	○	
Disaster Risk Index	Peduzzi et al. (2009)	国連環境計画 (UNEP)	国	○	○	旱魃・サイクロン		ハザード・暴露・脆弱性		
World Risk Index	UNU-EHS(2011)	国連大学環境・人間の安全保障研究所 (UNU-EHS)	国	○	○			暴露・感受性・対応力・適応力		

(出所：筆者（永松）作成)

### 3 地震災害の社会経済リスク評価に関する基礎的検討

#### 3.1 地震防災のためのリスク情報

我が国の地震防災のためのリスク指標として、地震被害想定、ハザードマップ、地域危険度評価の3つが挙げられる。

地震被害想定は、ある特定の地震が発生した場合、どの程度の被害量が発生するかを予測するもので、従来は物資や避難所・仮設住宅など行政の応急対応のための防備量を明らかにすることを目的として、市町村や都道府県自治体により行われてきた。近年は、内閣府による首都直下地震や南海トラフ巨大地震の被害想定などのように、リスク情報を提供し、広域災害への対応や、民間企業や市民への啓蒙や対策を促すことを目的とするようなタイプの想定も行われている。

ハザードマップは、地表面の揺れや液状化などを地盤の特性から図化したもので、都市開発用地の選択や安全投資に利用することを目的としたものである。文部科学省の地震調査研究推進本部による確率論的地震動予測地図も、ハザードマップの1つとして位置付けられる。

さらに、東京都では、1975年から地震に関する地域危険度測定調査を5年おきに継続的に実施している<sup>2</sup>。地域危険度は、全ての地域で同じ強さの揺れが生じた場合の地域の脆弱性を評価している。防災事業のプライオリティづけを目的としたもので、実際に東京都の防災都市づくりの指標として利用されている。

以上の代表的なリスク指標は、理工学的なハザードと建物や火災の危険性の評価が中心で、人口構造や経済規模、地域特性など、多様な社会経済的な指標の扱いが少ない。本研究では、一般的に公開されていて入手可能な社会経済関係データを広く収集し、被害想定やハザードマップと重ねあわせてみることで、その2次利用可能性の検討を行った。具体的には、収集可能なデータとして医療機関や就業構造などを取り上げ、それら個別事項の地震災害リスクを可視化した。

表 2 地震防災のためのリスク指標

計測方法	内容	目的
地震被害想定	ある特定の震源・規模・時季の地震が発生した場合、どんな被害が発生するかを予測	応急対応のための防備、民間の啓蒙
ハザードマップ	地表面の揺れ、液状化などを、地盤の特性から図化	都市開発における用地の選択や安全投資
地域危険度	地震に対してどの地区がどれだけ危険かを相対評価したもの	防災事業のプライオリティづけ
個別インデックスのリスクの可視化（本検討）	地震に対する医療機関や避難施設や就業構造など個別インデックスのリスクを可視化する	ハザードマップや被害想定情報の2次利用可能性の検討

<sup>2</sup> 地震に関する地域危険度測定調査（第7回）（平成25年9月公表）

[http://www.toshiseibi.metro.tokyo.jp/bosai/chousa\\_6/home.htm](http://www.toshiseibi.metro.tokyo.jp/bosai/chousa_6/home.htm)

### 3.2 地震ハザードに関するデータ

#### 内閣府の被害想定（首都直下地震、南海トラフ巨大地震）

地震ハザードのうち被害が甚大かつ広範囲に及ぶものとして、首都直下地震及び南海トラフ巨大地震が、近年特に注目されている。これらの地震の震度分布や津波高等の被害想定は、中央防災会議に設置されたワーキンググループの報告書<sup>3</sup>の中で公表されている。

本研究では、内閣府政策統括官（防災担当）よりデータ提供を受け、2004年に公開された首都直下地震の震度分布データ（東京湾北部地震を震源とするケース）、2013年に公開された首都直下地震の震度分布データ（関東南部地震を震源とするケース）、2012年に公開された南海トラフ巨大地震の震度分布データ（陸側ケース）のデータを使用した。いずれのデータもメッシュデータではあるが、2004年のデータは日本測地系の1kmメッシュ、それ以外のデータは世界測地系の250mメッシュであった。

図1と図2はそれぞれ2004年と2013年に公表された首都直下地震の被害想定を図示したものである。両者に共通して、震度6弱以上の地域が複数県に跨り、東京湾沿岸部では震度が高くなる傾向がみられる。一方で、図2では震度6強以上の地域が図1よりも東京湾沿い南西側へ広がる傾向がみられる。

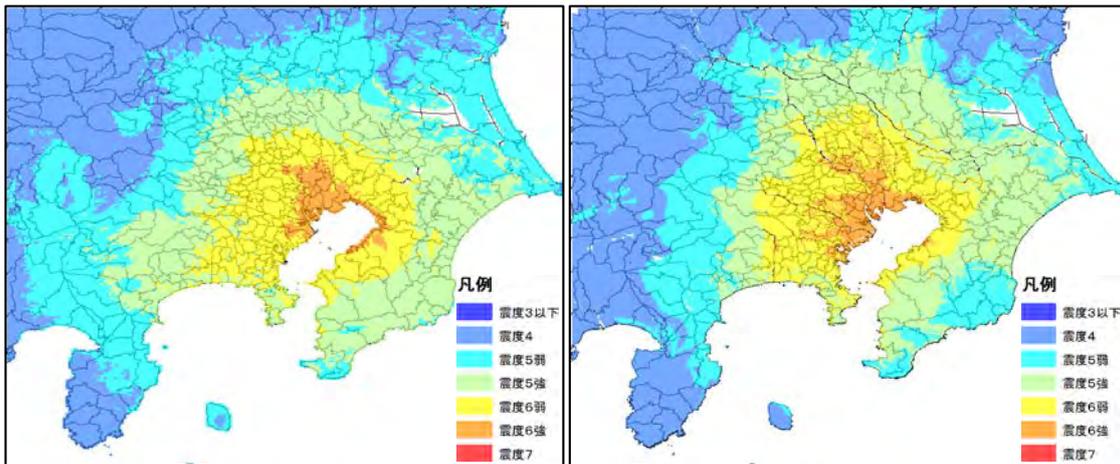


図1 東京湾北部地震の震度分布  
(2004年公表)

図2 関東南部地震の震度分布  
(2013年公表)

次に、図3は2012年に公表された南海トラフ巨大地震の震度分布（陸側ケース）を図示したものである。これによると南海トラフ巨大地震では、関東地方から九州地方まで広範囲にわたり震度6弱以上の地域が発生し、特に太平洋側で震度が高くなる傾向がみられる。

<sup>3</sup> 防災対策推進検討会議 首都直下地震対策検討ワーキンググループ 最終報告

[http://www.bousai.go.jp/jishin/syuto/taisaku\\_wg/index.html](http://www.bousai.go.jp/jishin/syuto/taisaku_wg/index.html)

防災対策推進検討会議 南海トラフ巨大地震対策検討ワーキンググループ 最終報告

[http://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/taisaku\\_wg/index.html](http://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/taisaku_wg/index.html)

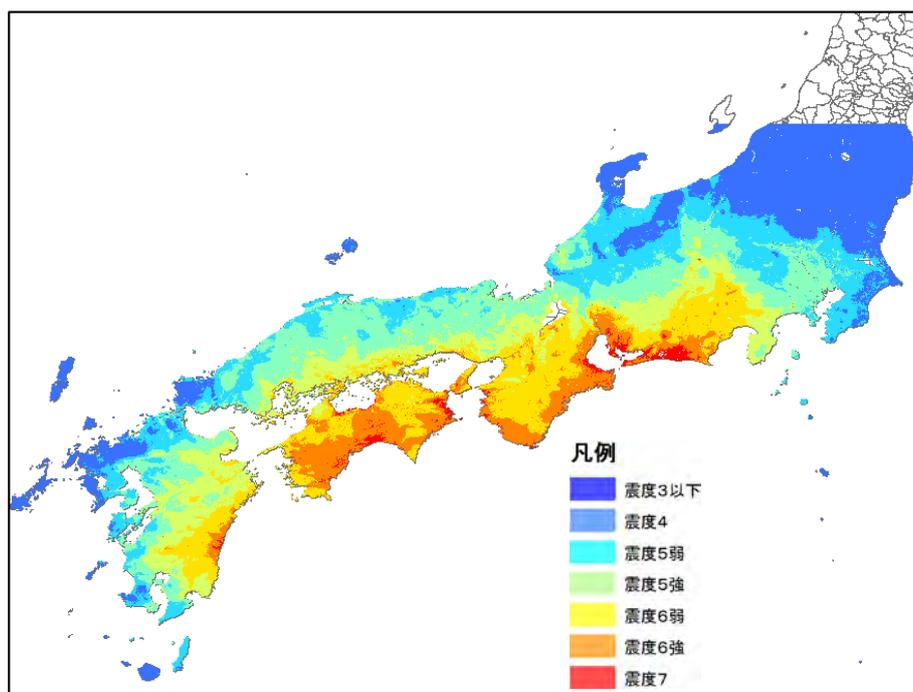


図 3 南海トラフ巨大地震（陸側ケース）の震度分布（2012年公表）

#### 国立研究開発法人防災科学技術研究所の確率論的地震動予測地図データ

前述の被害想定以外の地震ハザードとして、震源を一つに特定せず全国の地震ハザードについて確率論的評価を行った全国地震動予測地図が、地震調査研究推進本部地震調査委員会の関係報告書<sup>4</sup>の中で公表されている。

本研究では、国立研究開発法人防災科学技術研究所の地震ハザードステーション(J-SHIS)で公開されている確率論的地震動予測地図<sup>5</sup>のデータのうち、基準年としては2013年版(モデル2)及び2014年版、地震種別としてはすべての地震、確率ケースとしては最大ケースのデータを使用した。

図4は確率論的地震動予測地図(2014年版)のデータのうち、今後30年に3%の確率で一定の揺れに見舞われる計測震度の領域を図示したものである。これによると、日本全国の太平洋側沿岸部の広範囲にわたり震度6弱以上の地域が発生する傾向がみられる。今回入手したデータには、今後30年間に震度5弱、5強、6弱、6強以上の揺れに見舞われる確率、今後30年間に6%の確率で一定の揺れに見舞われる計測震度の領域図、今後50年間に2%、5%、10%、39%の確率で一定の揺れに見舞われる計測震度の領域図などのデータも含まれている。いずれのデータもメッシュデータではあるが、2013年版のデータは日本測地系の250mメッシュ、2014年版は世界測地系の250mメッシュであった。

<sup>4</sup> 「全国地震動予測地図2014年版～全国の地震動ハザードを概観して～」

[http://www.jishin.go.jp/main/p\\_hokokukaigi01B.htm](http://www.jishin.go.jp/main/p_hokokukaigi01B.htm)

<sup>5</sup> J-SHIS Map <http://www.j-shis.bosai.go.jp/>

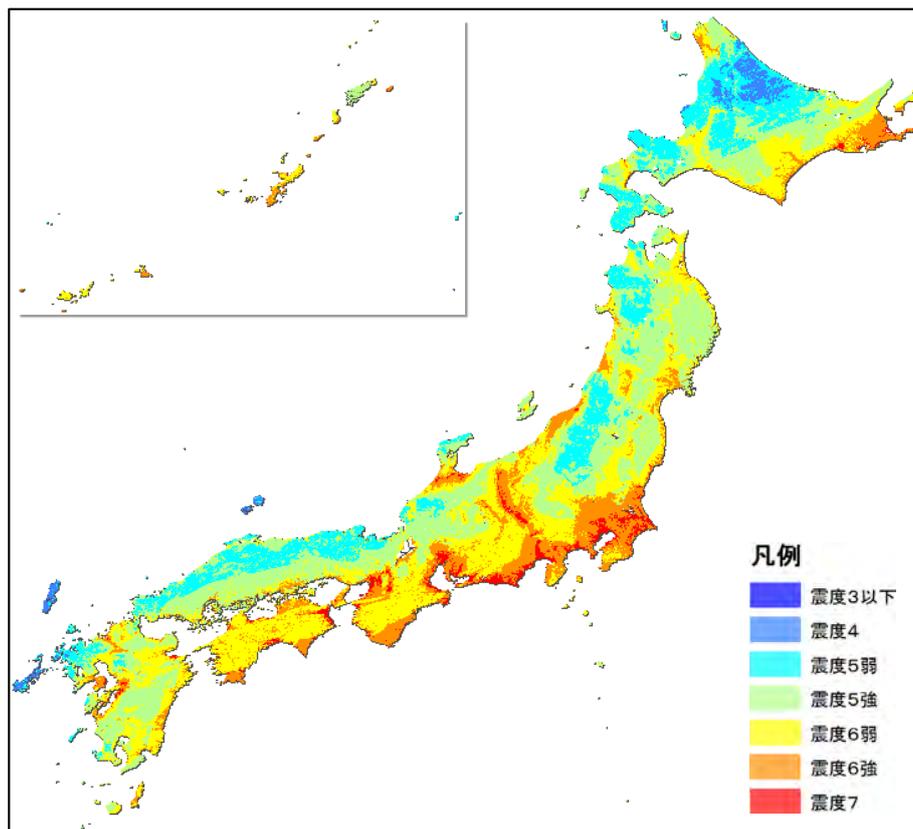


図 4 確率論的地震動予測地図（2014年版・今後30年で3%の確率で一定の揺れに見舞われる計測震度の領域）

### 3.3 収集した社会経済関係データ

#### 収集したデータ一覧

収集した地震ハザードと重ね合わせるための社会経済関係データは、国土交通省国土政策局国土情報課が公表<sup>6</sup>している国土数値情報のデータや総務省統計局が公表している政府統計の総合窓口 e-Stat<sup>7</sup>のデータ等が存在する。

本研究では、巨大地震が発生した際の公的施設や住民の潜在的な被災可能性を把握するため、医療機関、消防施設、警察施設、小学校、市役所等、避難施設の施設に関するデータや国勢調査の人口、就業者数（居住地ベース）や経済センサスの産業別の事業所、従業者数（従業地ベース）等の人口に関するデータを使用した。使用したデータを表3に整理する。なお、収集したデータのうち、国勢調査及び経済センサスのデータについては、統計データと別に境界データが公表されていたため、GISソフト（ESRI ジャパン(株)の ArcGIS10.2）で統計データと境界データと結合して使用した。以降、特に断りのない限り本文及び図表中でデータの重ね合わせについては「×」を用いて表すこととする。

<sup>6</sup> 国土数値情報 ダウンロードサービス <http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/>

<sup>7</sup> e-Stat ホームページ <http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/eStatTopPortal.do>

表 3 社会経済関係データ一覧

出典	データ名称	データ拡張子	年	内容
国土数値情報 (国土交通省)	医療機関	.shp	2010	全国の医療機関
	消防署		2012	全国の消防施設の位置、管轄範囲
	警察署		2012	全国の警察施設の位置、管轄範囲
	市町村役場等及び公的集会施設		2013	全国の市役所、区役所、町役場、村役場ほか
	小学校区		2010	全国の公立小学校の位置、通学区域の範囲
	避難施設		2012	地域防災計画に示される避難施設
	行政区域		2013	全国の行政界(市区町村レベル)
e-stat (総務省)	国勢調査(小地域)		2010	男女別人口総数及び世帯総数ほか
	経済センサス 基礎調査(小地域)		2009	産業・従業者規模別全事業所数ほか

### 医療機関のデータの属性

使用したデータの一例として、医療機関のデータ属性を記載する。国土交通省国土政策局国土情報課によると、「医療機関とは、医師、歯科医師等が医療行為を行う施設である病院、診療所、歯科診療所をさすものであり、病床が 20 床以上の施設を病院、病床がないまたは 20 床未満の施設は診療所」と区分されている。

例えば首都直下地震の被害想定エリア内で医療機関分類の内訳をみると、「病院」は 2,307 箇所、「診療所」は 30,105 箇所、「歯科診療所」は 27,430 箇所であり、約半数は病床 20 床未満の診療所が占めている。

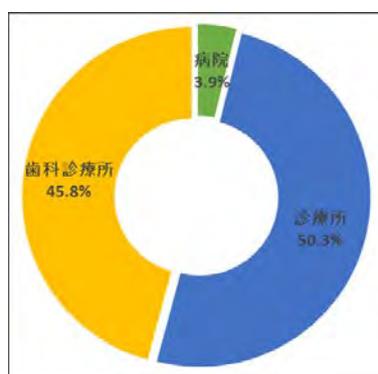


図 5 医療機関分類内訳

### 3.4 地震ハザードデータと社会経済関係データの重ね合わせ

#### 内閣府の被害想定×公的施設（医療機関）

GIS ソフトを使い、収集した地震ハザードのデータと社会経済関係のデータを重ね合わせた。一例として、首都直下地震の計測震度データと医療機関のデータを重ね合わせた結果

を図 6 及び図 7 に示す（以降、首都直下地震は 2013 年の都心南部地震を震源とするケースのデータを使用した）。その結果、首都直下地震の被害想定エリア（東京都、埼玉県、千葉県、神奈川県及び隣接する県の一部を含む範囲）においては医療機関の約 75%で震度 6 弱以上となる。これを特別区内でみると、医療機関約 1.7 万箇所のうち約 100%で震度 6 弱以上となり、特に中央区、江東区の全ての医療機関では震度 6 強以上となる。

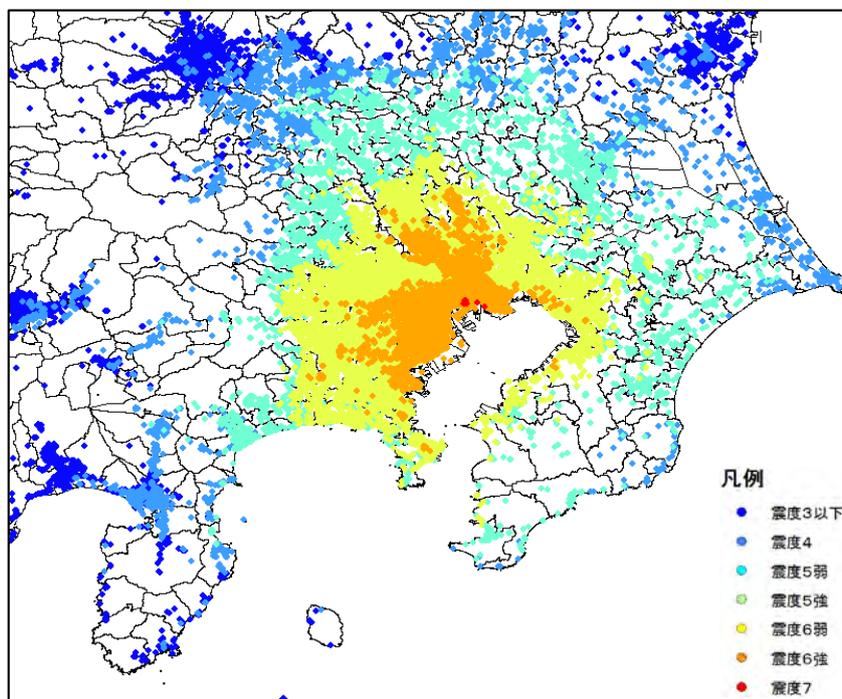


図 6 首都直下地震の計測震度×医療機関

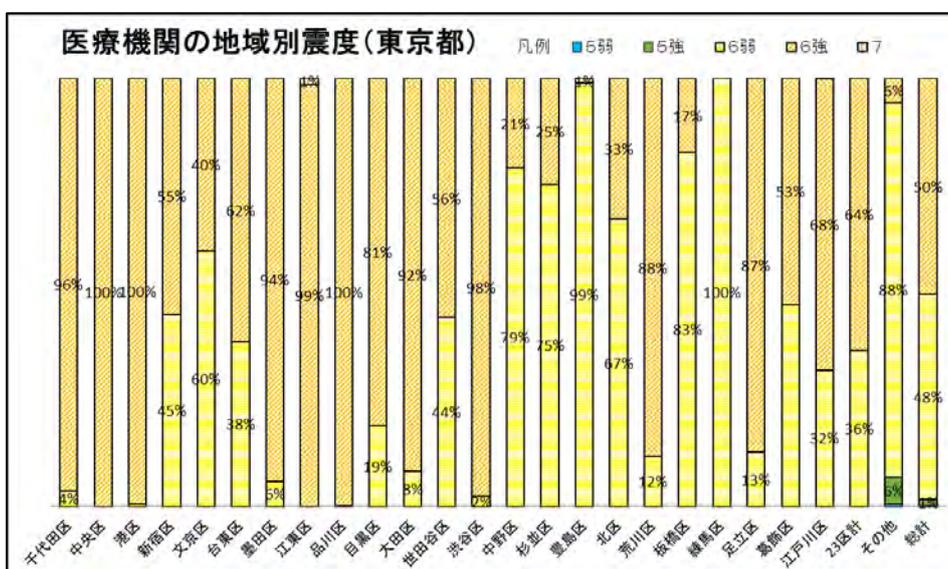


図 7 医療機関の地域別震度（東京都の場合）

続いて一例として、南海トラフ巨大地震の計測震度データと医療機関のデータを重ね合わせた結果を図 8 に示す（以降、南海トラフ巨大地震は陸側ケースのデータを使用した）。その結果、南海トラフ巨大地震の被害想定エリア（北緯 38 度と北緯 29.791667 度に挟まれた範囲で、秋田県・岩手県以北、宮城県・福島県・山形県・新潟県・鹿児島県の一部地域、沖縄県、及び一部の離島以外の地域）において震度 6 弱以上となる医療機関の数は、約 5 万 4 千（約 36%）であり、都道府県毎に震度 6 弱以上の占める割合を見ると、三重県などで最も高く約 100%である。

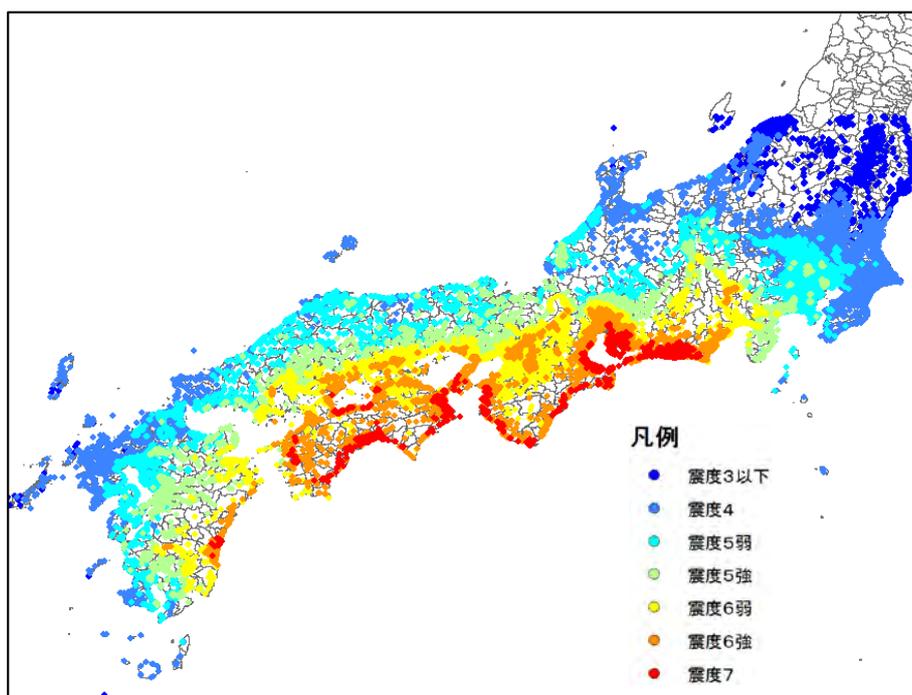


図 8 南海トラフ巨大地震の計測震度×医療機関

#### 内閣府の被害想定×人口・世帯

次に、首都直下地震の計測震度データと国勢調査の人口・世帯データを重ね合わせるため、国勢調査の基本単位区毎に集計されている人口・世帯のデータを 250m メッシュで面積按分し、メッシュ毎の人口・世帯データを作成した。作成したデータと計測震度のデータを重ね合わせた結果のうち震度 6 弱以上の人口データを図 9 に示す。その結果、首都直下地震の被害想定エリアにおいては、人口約 4,300 万人、約 1,800 万世帯のうち、約 3,000 万人（約 69%）、約 1,300 万世帯（約 73%）で震度 6 弱以上となる。

続いて、同様の手法で南海トラフ巨大地震の計測震度データと国勢調査の人口・世帯データを重ね合わせた結果のうち震度 6 弱以上の人口データを図 10 に示す。その結果、南海トラフ巨大地震の被害想定エリアにおいては、人口約 11,500 万人、約 4,700 万世帯のうち、約 3,800 万人（約 33%）、約 1,600 万世帯（約 33%）で震度 6 弱以上となる。

ただし、国勢調査から得られた人口・世帯のデータをメッシュ単位に変換したことによる誤差やメッシュ外の人口データは除かれるため、結果の扱いには注意が必要である。加えて、昼間人口で計算した場合には異なる結果となることにも注意が必要であろう。

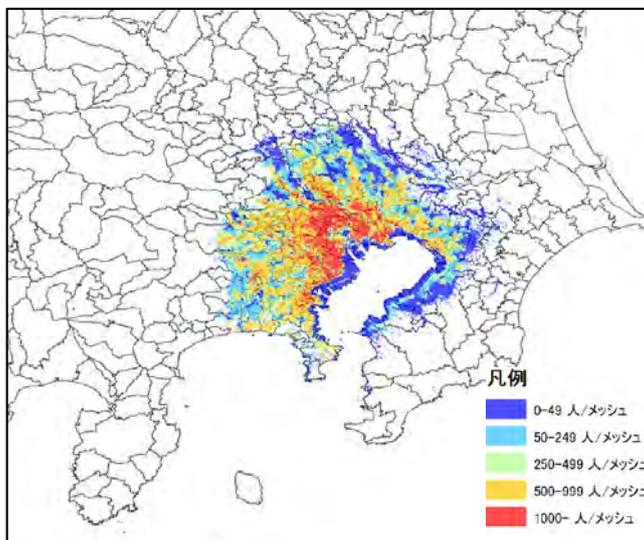


図 9 首都直下地震（震度 6 弱以上）×国勢調査（人口）

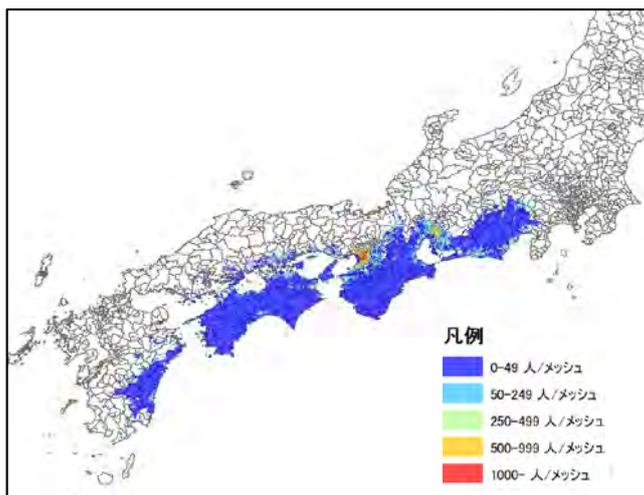


図 10 南海トラフ巨大地震（震度 6 弱以上）×国勢調査（人口）

#### 内閣府の被害想定×就業者数

次に、同様の手法で首都直下地震と南海トラフ巨大地震の計測震度データと国勢調査の就業者数データ（居住地ベース）を重ね合わせた結果を図 11、図 12 及び表 4 に示す。

その結果、首都直下地震の被害想定エリアにおいては、産業別就業者総数約 2,000 万人のうち、約 1,400 万人（約 68%）で震度 6 弱以上であり、産業別にみると例えば、建設業就

業者約 130 万人のうち、約 90 万人（約 65%）、製造業就業者約 290 万人のうち、約 160 万人（約 56%）、金融・保険業就業者約 60 万人のうち、約 50 万人（約 78%）、医療福祉業就業者約 170 万人のうち、約 110 万人（約 65%）で震度 6 弱以上である。

また、南海トラフ巨大地震の被害想定エリアにおいては、産業別就業者総数約 5,300 万人のうち、約 1,800 万人（約 33%）で震度 6 弱以上である。

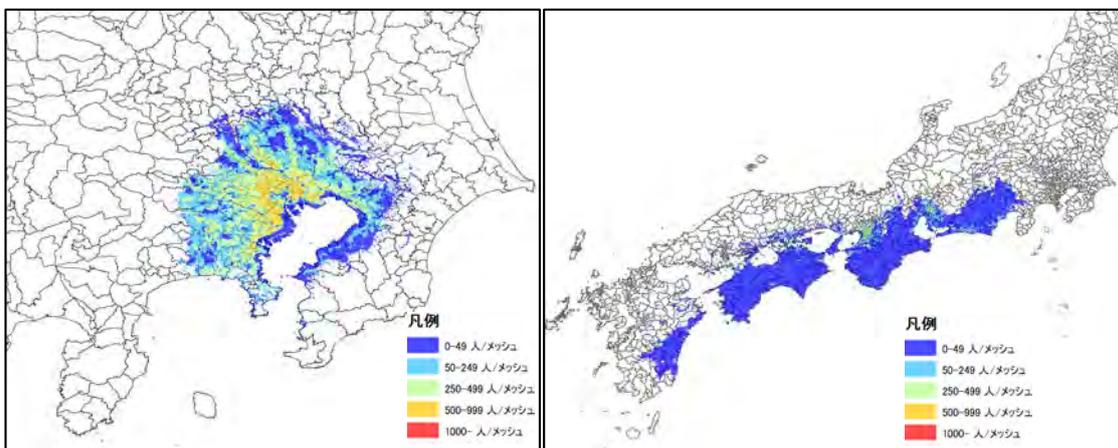


図 11 首都直下地震（震度 6 弱以上） × 国勢調査（就業者数）  
 図 12 南海トラフ巨大地震（震度 6 弱以上） × 国勢調査（就業者数）

表 4 産業別就業者数の内訳

産業別就業者数	首都直下地震			南海トラフ巨大地震		
	就業者数	うち6弱以上	割合	就業者数	うち6弱以上	割合
総数(A～T全産業)	19,964,088	13,651,459	68%	53,350,052	17,817,107	33%
A 農業、林業	362,849	81,349	22%	1,743,929	504,132	29%
B 漁業	9,908	2,481	25%	115,287	43,564	38%
C 鉱業、採石業、砂利採取業	4,709	2,029	43%	17,470	3,975	23%
D 建設業	1,342,696	876,592	65%	3,909,710	1,271,074	33%
E 製造業	2,854,755	1,584,896	56%	8,867,374	3,465,924	39%
F 電気・ガス・熱供給・水道業	78,851	50,029	63%	250,832	87,035	35%
G 情報通信業	981,749	863,050	88%	1,536,013	332,148	22%
H 運輸業、郵便業	1,145,544	769,894	67%	2,877,313	964,677	34%
I 卸売業、小売業	3,205,327	2,220,684	69%	8,752,333	3,007,951	34%
J 金融業、保険業	618,499	482,229	78%	1,379,542	423,662	31%
K 不動産業、物品賃貸業	505,562	413,871	82%	1,024,888	315,938	31%
L 学術研究、専門・技術サービス業	848,872	650,335	77%	1,754,332	510,403	29%
M 宿泊業、飲食サービス業	1,147,820	786,150	68%	3,062,212	1,008,652	33%
N 生活関連サービス業、娯楽業	747,833	493,613	66%	1,959,299	630,908	32%
O 教育、学習支援業	866,230	593,465	69%	2,361,597	780,151	33%
P 医療、福祉	1,726,684	1,128,068	65%	5,423,677	1,849,978	34%
Q 複合サービス事業	75,139	37,897	50%	313,733	102,639	33%
R サービス業(他に分類されないもの)	1,238,925	897,893	72%	3,035,356	960,428	32%
S 公務(他に分類されるものを除く)	609,601	393,803	65%	1,724,204	533,391	31%
T 分類不能の産業	1,592,535	1,323,128	83%	3,240,949	1,020,476	31%

#### 内閣府の被害想定×事業所数

さらに、同様の手法で首都直下地震と南海トラフ巨大地震の計測震度データと経済セ

ンサスの事業所数データを重ね合わせた結果を図 13、図 14 及び表 5 に示す。

その結果、首都直下地震の被害想定エリアにおいては、産業別事業所総数約 180 万事業所のうち、約 120 万事業所（約 68%）で震度 6 弱以上であり、産業別にみると例えば、建設業事業所約 18 万事業所のうち、約 10 万事業所（約 60%）、製造業事業所約 16 万事業所のうち、約 11 万事業所（約 64%）、金融・保険業事業所約 3 万事業所のうち、約 2 万事業所（約 71%）、医療福祉業事業所約 11 万事業所のうち、約 8 万事業所（約 70%）で震度 6 弱以上である。また、南海トラフ巨大地震の被害想定エリアにおいては、産業別事業所総数約 530 万事業所のうち、約 190 万事業所（約 36%）で震度 6 弱以上である。

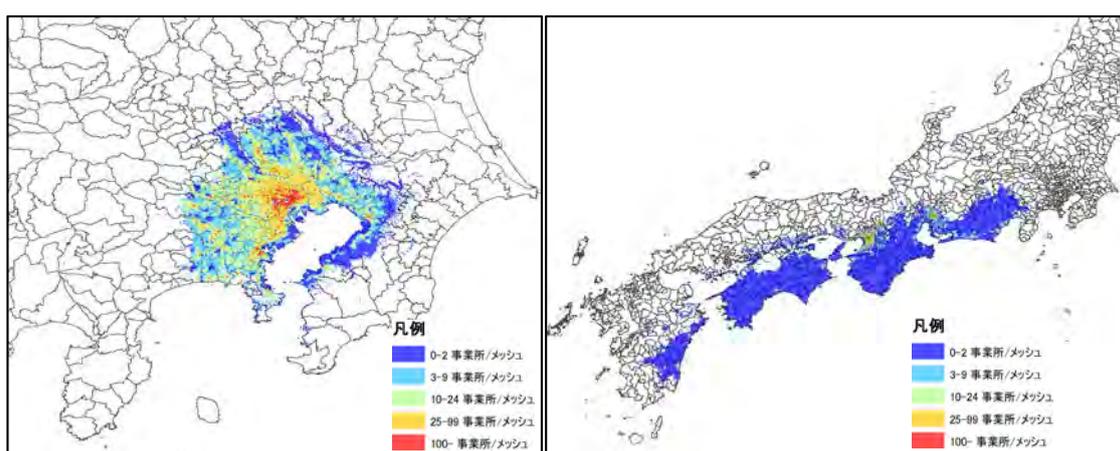


図 13 首都直下地震（震度 6 弱以上） × 経済センサス（事業所数）  
 図 14 南海トラフ巨大地震（震度 6 弱以上） × 経済センサス（事業所数）

表 5 産業別事業所数の内訳

産業別事業所数	首都直下地震			南海トラフ巨大地震		
	事業所数	うち6弱以上	割合	事業所数	うち6弱以上	割合
総数(A～S全産業)	1,836,281	1,249,533	68%	5,304,953	1,899,879	36%
A～B 農林漁業	4,664	1,339	29%	24,669	6,827	28%
C 鉱業、採石業、砂利採取業	425	86	20%	2,274	585	26%
D 建設業	175,461	104,881	60%	509,805	163,712	32%
E 製造業	164,791	106,150	64%	494,035	194,485	39%
F 電気・ガス・熱供給・水道業	2,012	1,102	55%	7,361	2,551	35%
G 情報通信業	37,000	32,901	89%	71,276	21,402	30%
H 運輸業、郵便業	48,920	34,648	71%	129,536	45,335	35%
I 卸売業、小売業	446,152	299,917	67%	1,362,884	498,844	37%
J 金融業、保険業	26,756	19,031	71%	79,582	29,133	37%
K 不動産業、物品賃貸業	148,012	111,160	75%	359,638	130,095	36%
L 学術研究、専門・技術サービス業	89,535	69,808	78%	219,245	75,712	35%
M 宿泊業、飲食サービス業	241,987	168,714	70%	681,894	248,572	36%
N 生活関連サービス業、娯楽業	152,086	99,557	65%	443,599	155,529	35%
O 教育、学習支援業	66,245	43,417	66%	197,320	70,034	35%
P 医療、福祉	113,414	79,689	70%	329,380	117,880	36%
Q 複合サービス事業	7,255	3,882	54%	32,581	11,027	34%
R サービス業(他に分類されないもの)	103,329	69,317	67%	327,084	117,660	36%
S 公務(他に分類されるものを除く)	8,237	3,933	48%	32,790	10,498	32%

### 確率論的地震動予測地図×公的施設（医療機関）

前述の被害想定は特定の震源地、地震規模を想定しているため、日本全国の地震による災害リスクを明らかにすることはできない。そこで、日本全国の地震による長期的な災害リスクを把握するため、確率論的地震動予測地図（2014年版）のデータを使用する。一例として、確率論的地震動予測地図（今後30年間に3%の確率で一定の揺れに見舞われる計測震度の領域）のデータと医療機関のデータを重ね合わせた結果を図15から図17に示す。

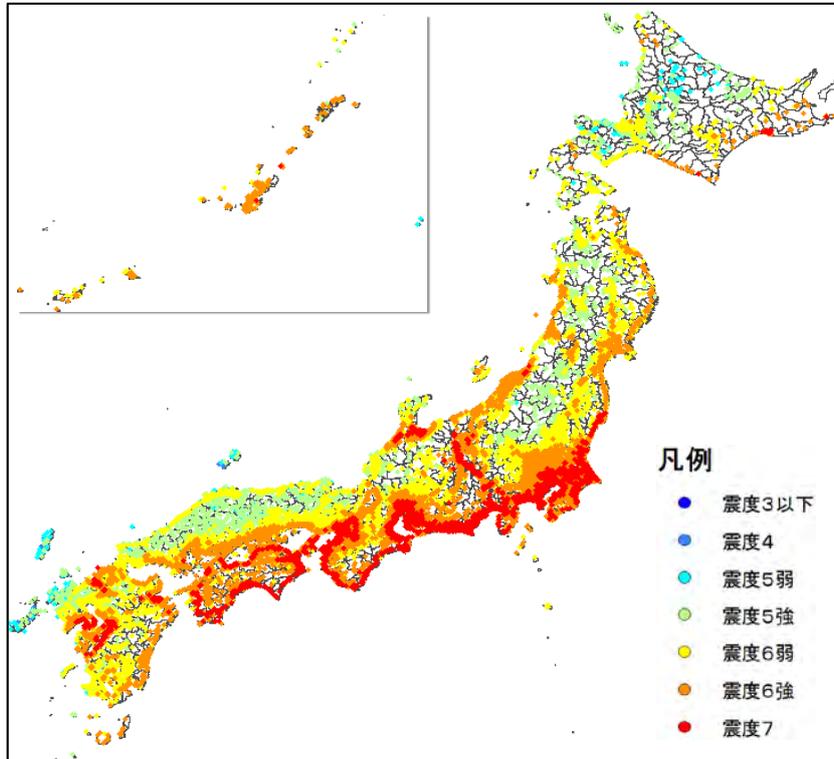


図15 確率論的地震動予測地図（2014年版・今後30年間に3%の確率で一定の揺れに見舞われる計測震度の領域）×医療機関

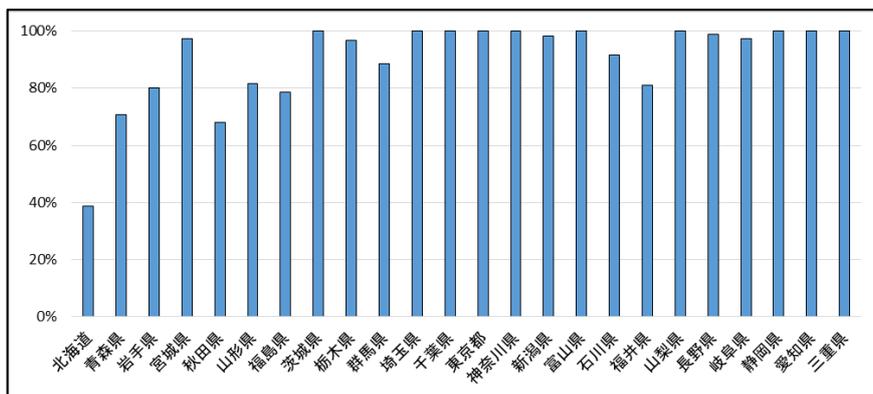


図16 今後30年間に3%の確率で震度6弱以上となる医療機関の比率（北海道～三重県）

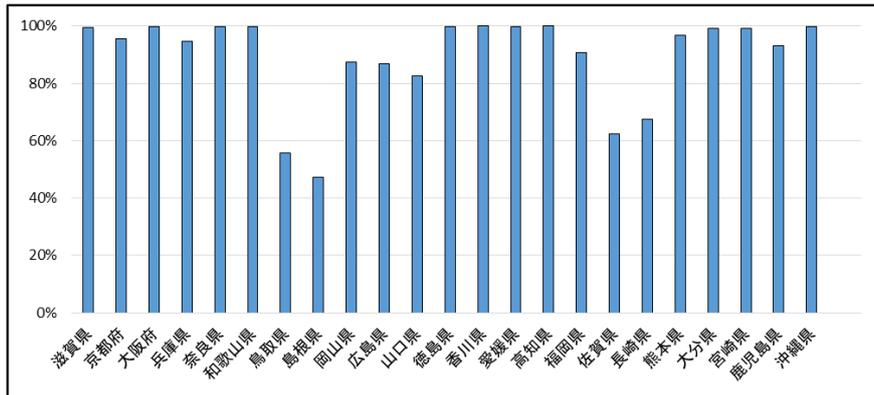


図 17 今後 30 年間に 3%の確率で震度 6 弱以上となる医療機関の比率（滋賀県～沖縄県）

その結果、今後 30 年間に 3%の確率で震度 6 弱以上の揺れにあう全国の医療機関の数は約 15 万（約 93%）であり、都道府県毎に震度 6 弱以上の割合を見ると、東京都などで最も高く約 100%、北海道で最も低く約 39%である。

ここで、その他の公的施設（消防施設、警察施設、小学校、市役所等、避難施設）も含め、内閣府が公表している首都直下地震緊急対策区域、南海トラフ地震防災対策推進地域、東海地震に係る地震防災対策強化地域、東南海・南海地震防災対策推進地域及び日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震防災対策推進地域並びに総務省が公表している過疎地域（以降、これらをまとめて「対策区域等」という）毎に、今後 30 年間に 3%の確率で震度 6 弱以上及び 6 強以上の揺れにあう施設の割合を整理したものが表 6 である。この結果をみると、首都直下地震や南海トラフ巨大地震等の対策区域では震度 6 強以上の施設の割合が平均値よりも高く、特に首都直下地震や東海地震では 8 割以上と高い値となっている。

表 6 対策区域等毎に集計した施設数

諸施設\地域	全国		首都直下		南海トラフ		東海		東南海・南海		日本海溝・千島列島		過疎地域		
	施設数	割合	施設数	割合	施設数	割合	施設数	割合	施設数	割合	施設数	割合	施設数	割合	
医療機関	全体	165,582	100%	45,526	100%	53,102	100%	9,873	100%	35,426	100%	4,140	100%	34,167	100%
	6弱以上	154,029	93%	45,485	100%	52,119	98%	9,848	100%	35,174	99%	3,792	92%	27,911	82%
	6強以上	115,190	70%	41,410	91%	40,829	77%	9,540	97%	29,491	83%	1,953	47%	14,992	44%
避難施設	全体	125,688	100%	16,380	100%	49,659	100%	9,039	100%	33,290	100%	6,820	100%	58,761	100%
	6弱以上	99,077	79%	16,177	99%	46,559	94%	8,945	99%	32,237	97%	5,920	87%	38,665	66%
	6強以上	58,117	46%	13,957	85%	30,503	61%	7,684	85%	22,237	67%	2,183	32%	16,274	28%
市役所等	全体	57,973	100%	9,340	100%	21,973	100%	4,336	100%	14,105	100%	4,218	100%	27,370	100%
	6弱以上	46,719	81%	9,243	99%	20,652	94%	4,293	99%	13,579	96%	3,812	90%	18,588	68%
	6強以上	27,161	47%	7,649	82%	13,886	63%	3,852	89%	9,707	69%	1,471	35%	8,059	29%
小学校	全体	21,478	100%	4,220	100%	7,788	100%	1,473	100%	4,940	100%	1,067	100%	7,863	100%
	6弱以上	17,927	83%	4,201	100%	7,284	94%	1,462	99%	4,789	97%	931	87%	5,379	68%
	6強以上	11,485	53%	3,723	88%	4,937	63%	1,303	88%	3,496	71%	328	31%	2,273	29%
警察施設	全体	14,644	100%	3,126	100%	5,333	100%	1,050	100%	3,355	100%	614	100%	5,382	100%
	6弱以上	12,571	86%	3,110	99%	5,132	96%	1,046	100%	3,295	98%	558	91%	3,868	72%
	6強以上	8,272	56%	2,686	86%	3,729	70%	946	90%	2,568	77%	244	40%	1,845	34%
消防施設	全体	5,711	100%	1,194	100%	2,046	100%	437	100%	1,274	100%	322	100%	2,108	100%
	6弱以上	4,879	85%	1,189	100%	1,975	97%	434	99%	1,239	97%	299	93%	1,498	71%
	6強以上	3,259	57%	1,056	88%	1,447	71%	394	90%	960	75%	122	38%	675	32%

### 確率論的地震動予測地図×人口

次に、確率論的地震動予測地図のデータと国勢調査の人口・世帯データを重ね合わせるため、国勢調査の基本単位区毎に集計されている人口・世帯のデータを 250m メッシュで面積按分し、メッシュ毎の人口・世帯データを作成した。作成したデータと震度 6 弱以上のデータを重ね合わせた結果を図 18 から図 20 に示す。

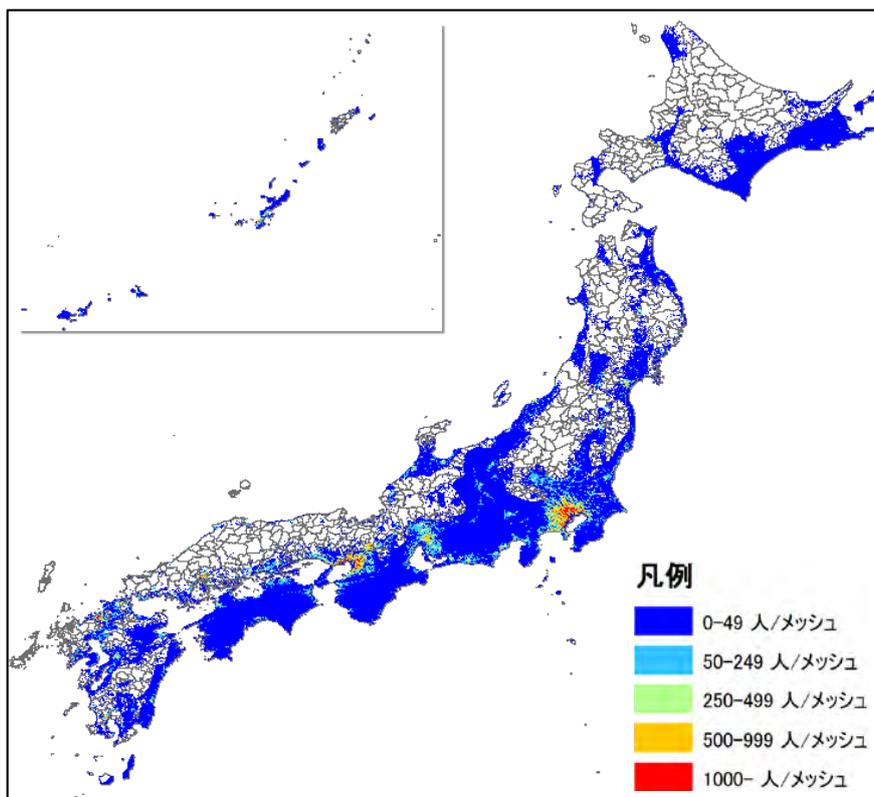


図 18 確率論的地震動予測地図（2014年版・今後30年間に3%の確率で震度6弱以上となる地域）×国勢調査（人口）

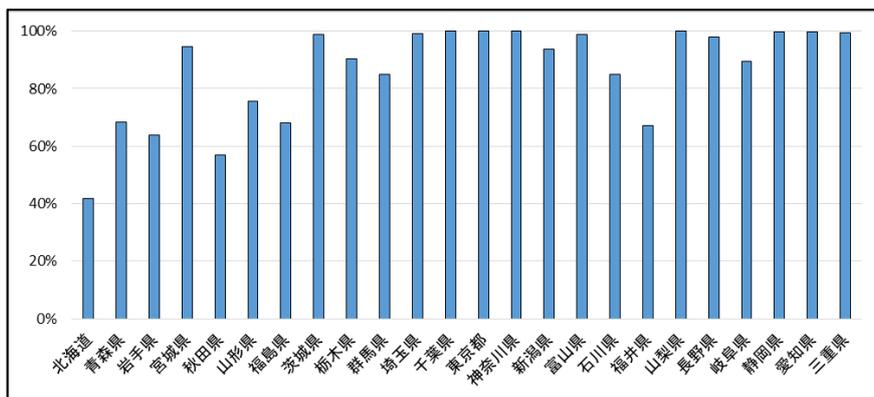


図 19 今後30年間に3%の確率で震度6弱以上となる人口の比率（北海道～三重県）

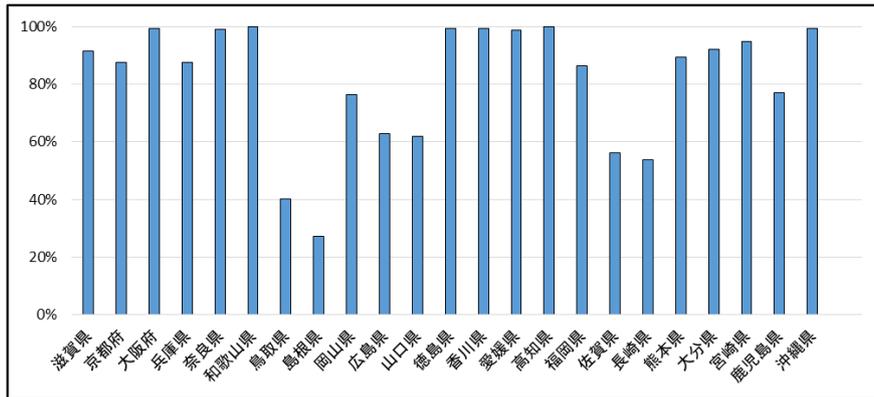


図 20 今後 30 年間に 3%の確率で震度 6 弱以上となる人口の比率（滋賀県～沖縄県）

その結果、今後 30 年間に 3%の確率で震度 6 弱以上の揺れにあう人口は、日本全国で約 1 億 1400 万人（約 89%）であり、震度 6 弱以上の割合で見ると、神奈川県が最も高く約 100%（約 76 万人）、島根県が最も低く約 27%（約 19 万人）である。

ここで、250mメッシュ内の人口規模毎に震度 6 弱以上及び震度 6 強以上のメッシュ数と割合を整理したものが表 7 である。この結果をみると、人口が集中しているメッシュでは震度 6 弱以上や震度 6 強以上となるメッシュの割合が高くなる傾向がみられる。

表 7 震度 6 弱以上及び 6 強以上となる 250m メッシュの数（日本全国）

250mメッシュ 人口	全体		6弱以上		6強以上		6弱以上/ 全メッシュ	6強以上/ 全メッシュ
	メッシュ数	%	メッシュ数	%	メッシュ数	%		
0-100人	5,722,872	95.6%	2,646,276	91.6%	830,440	82.9%	46.2%	14.5%
100-250人	130,530	2.2%	116,139	4.0%	74,362	7.4%	89.0%	57.0%
250-500人	79,996	1.3%	73,394	2.5%	50,678	5.1%	91.7%	63.4%
500-1,000人	43,435	0.7%	42,003	1.5%	35,545	3.5%	96.7%	81.8%
1,000人以上	11,690	0.2%	11,586	0.4%	10,965	1.1%	99.1%	93.8%

### 確率論的地震動予測地図×就業者数

次に、同様の手法で確率論的地震動予測地図のデータと国勢調査の就業者数データを重ね合わせた結果を図 21 及び表 8 に示す。その結果、今後 30 年間に 3% の確率で震度 6 弱以上の揺れにあう産業別の就業者数を見ると、I 卸売業、小売業で最も多く約 880 万人（卸売業、小売業の約 90%）であり、割合では情報通信業の約 96% が最も高い。

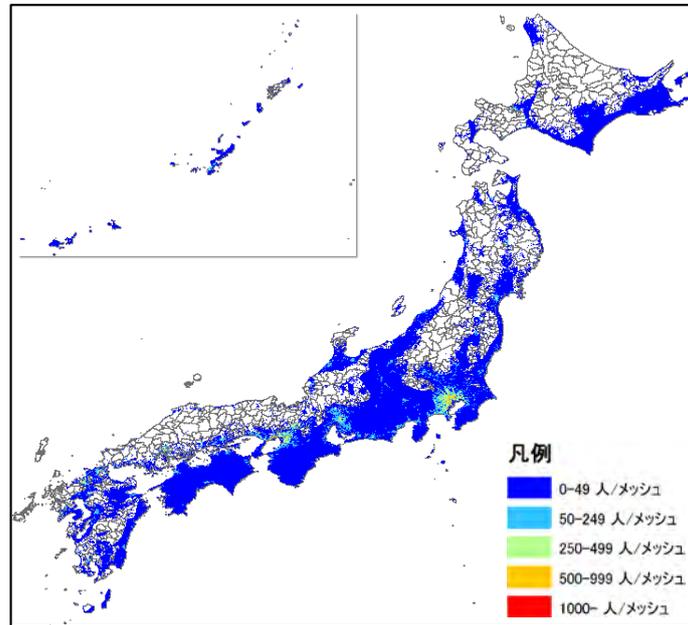


図 21 確率論的地震動予測地図（2014 年版・今後 30 年間に 3% の確率で震度 6 弱以上となる地域）×国勢調査（就業者数）

表 8 産業別就業者数の内訳

産業別就業者数	確率論的地震動予測地図		
	就業者数	うち6弱以上	割合
総数(A~T全産業)	59,529,842	53,151,054	89%
A 農業、林業	2,199,674	1,663,671	76%
B 漁業	175,466	118,458	68%
C 鉱業、採石業、砂利採取業	22,116	17,130	77%
D 建設業	4,468,494	3,905,899	87%
E 製造業	9,611,335	8,639,465	90%
F 電気・ガス・熱供給・水道業	284,060	253,018	89%
G 情報通信業	1,625,244	1,557,581	96%
H 運輸業、郵便業	3,214,190	2,898,254	90%
I 卸売業、小売業	9,791,800	8,822,900	90%
J 金融業、保険業	1,511,216	1,393,983	92%
H 不動産業、物品賃貸業	1,112,690	1,042,911	94%
L 学術研究、専門・技術サービス業	1,900,331	1,765,596	93%
M 宿泊業、飲食サービス業	3,418,138	3,054,409	89%
N 生活関連サービス業、娯楽業	2,195,839	1,965,572	90%
O 教育、学習支援業	2,632,433	2,359,982	90%
P 医療、福祉	6,120,273	5,353,380	87%
Q 複合サービス事業	376,132	304,217	81%
R サービス業(他に分類されないもの)	3,400,599	3,056,695	90%
S 公務(他に分類されるものを除く)	2,013,288	1,742,360	87%
T 分類不能の産業	3,456,524	3,235,572	94%

## 確率論的地震動予測地図×事業所数

次に、同様の手法で確率論的地震動予測地図のデータと経済センサスの事業所数データを重ね合わせた結果を図 22 及び表 9 に示す。その結果、今後 30 年間に 3%の確率で震度 6 弱以上の揺れにあう産業別の事業所数を見ると、I 卸売業、小売業で最も多く約 140 万事業所（卸売業、小売業の 89%）であり、割合では情報通信業の約 95%が最も高い。

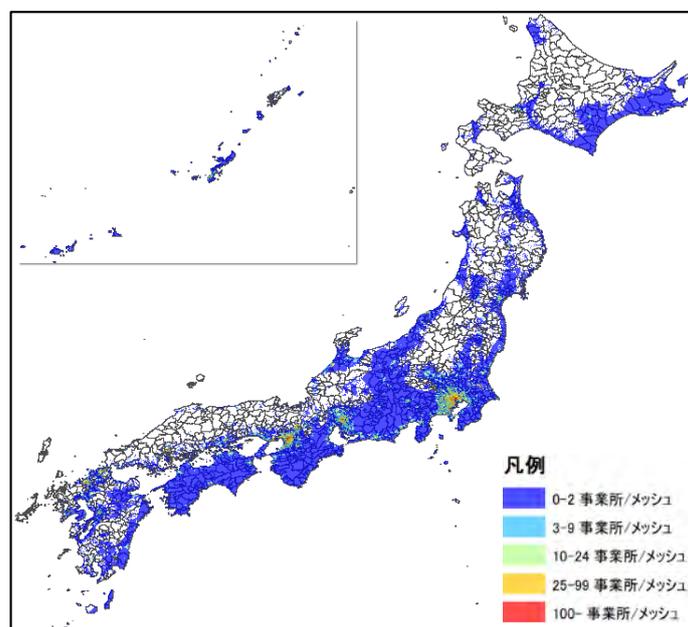


図 22 確率論的地震動予測地図（2014年版・今後 30年間に 3%の確率で震度 6弱以上となる地域）×経済センサス（事業所数）

表 9 産業別事業所数の内訳

産業別事業所数	確率論的地震動予測地図		
	事業所数	うち6弱以上	割合
総数(A~S全産業)	6,039,040	5,373,226	89%
A~B 農林漁業	33,863	24,477	72%
C 鉱業、採石業、砂利採取業	2,916	2,091	72%
D 建設業	583,119	503,966	86%
E 製造業	536,256	477,694	89%
F 電気・ガス・熱供給・水道業	8,881	7,396	83%
G 情報通信業	77,968	73,758	95%
H 運輸業、郵便業	148,333	131,770	89%
I 卸売業、小売業	1,554,457	1,386,881	89%
J 金融業、保険業	91,937	83,327	91%
K 不動産業、物品賃貸業	408,471	376,747	92%
L 学術研究、専門・技術サービス業	244,067	225,316	92%
M 宿泊業、飲食サービス業	780,771	702,253	90%
N 生活関連サービス業、娯楽業	514,264	456,525	89%
O 教育、学習支援業	225,293	198,671	88%
P 医療、福祉	374,547	333,422	89%
Q 複合サービス事業	38,576	30,329	79%
R サービス業(他に分類されないもの)	374,804	326,516	87%
S 公務(他に分類されるものを除く)	40,515	32,086	79%

### 3.5 指標の統合可能性の検討

前節までに被害想定やハザードマップのデータと社会経済関係データを重ねあわせることで、個別具体的な地震リスクの傾向が見えてくる可能性を確認した。そのような個別化の方向性と同時に、複数の社会経済関係データを統合して、それらの総合的な関係性を分析していく方向性が考えられ、本節でその基礎的な検討を行いたい。

個別化した指標は当該個別の要件に関心がある個別対策主体（基礎自治体個別部局や民間の企業、一般住民など）向けの性格を持つのに対し、統合化した指標は災害リスクを総合的に把握して対応戦略を導出する事に関心がある上位計画主体（県や国、保険料率算定機関、国際機関など）向けの性格を持つものと考えられる。

近年、政府の国土強靱化の取り組みでは、「リスクの特性、分析」→「脆弱性評価や対応方策の検討」→「重点化・優先順位を付け実施」→「結果の評価」というプロセスが示されている<sup>8</sup>。国土強靱化の脆弱性評価について、地震防災の視点から見ると、ハザードそのものの情報の扱いや、地域が持つ多様な情報の扱いの検討余地がある。

本稿での指標の統合可能性の検討は、ハザードの情報として精緻な確率論的地震動予測地図をベースに利用することを前提とした。その上で、さらに、被災対象物量や脆弱性、地域社会の持続可能性も含めた総合的な評価を目指した。計算は、都道府県単位では単位が大きすぎて集計単位の問題が発生する可能性を考慮し、また、利用可能な社会経済関係データが豊富にあることから市区町村単位で行うこととした。

2章で述べた EDRI(urban Earthquake Disaster Risk Index)は線型和となっており、「単純化のためには有効」だが、「H と E と V の関係および R の役割」を考えると積の方が理論的であるという指摘や、外部への影響の要素については、対策の主体を曖昧にするために除外するべきとの指摘がある<sup>9</sup>。

$$\bullet \text{ EDRI} = W_h \cdot H + W_e \cdot E + W_v \cdot V + W_c \cdot C + W_r \cdot (1-R)$$

H : Hazard (地震の発生可能性と振動の強さ)

E : Exposure (被災対象物量)

V : Vulnerability (被災対象物の脆弱性)

C : External Context (外部への影響度)

R : Emergency Response and Recovery Capability Index (応急・復旧対応力)

W : 各項目のウエイト

ミュンヘン再保険会社による MRI(megacity risk index)は、H と V と E の積で、H が台風や水害等も含めたマルチハザードになっている点が特徴的である (Munich Re,2013)。V

<sup>8</sup> 内閣府大臣官房国土強靱化推進室「国土強靱化とは」

[http://www.cas.go.jp/jp/seisaku/kokudo\\_kyoujinka/pdf/kokudo\\_pamphlet.pdf](http://www.cas.go.jp/jp/seisaku/kokudo_kyoujinka/pdf/kokudo_pamphlet.pdf) の 4p

<sup>9</sup> 梶・塚越 (2012) pp.68-69 参照

は、住宅構造や建築基準など被災対象物の脆弱性で、Eは危険にさらされる経済価値と、地震損害保険料率の策定が念頭にあるため、利用する指標が限定的である。

・  $MRI = H \times V \times E$

H : Index for Hazard (地震、台風、水害、他の災害)

V : Index for Vulnerability (住宅構造、建築基準、災害への準備、建築密度等)

E : Index for Exposed values (GDPやグローバル経済指標の1世帯あたり平均値)

以上の2指標を参照に、日本版 Regional EDRI (以下、REDRI) を暫定的に下記のように定義した。EDRIの式の形状を積として、Cは除外した。Rは、応急・復旧対応力指標から地域社会の持続可能性指標と定義を調整した。

・ 日本版 Regional EDRI (暫定値) =  $H \times E \times V \times (10 - R)$

H : Hazard (地震の発生可能性と振動の強さ)

E : Exposure (被災対象物量)

V : Vulnerability (被災対象物の脆弱性)

R : Regional Sustainability (地域社会の持続可能性)

どのリスク指標が適切であるかは、利用目的により異なるが、複雑な指標構成となると内容がブラックボックス化してしまうという側面もあり、HとEに単純化した方が利用しやすいということも考えられる。そこで、長期的な国土利用のあり方を検討するために、人口推計結果と地震発生確率の対応関係を見るといった単純な指標も検討した。

・ 日本版 Future EDRI (暫定値) =  $H \times FE$

H : Hazard (地震の発生可能性と振動の強さ)

FE : Future Exposure (2040年の将来推計人口)

### 統合可能性の検討に用いた社会経済関係データ

統合可能性の検討のために、下記のデータを収集して、市区町村ごとに整備した。なお、J-SHISの地震発生確率データは250mメッシュ単位であったため、以下の①～④の作業を行い市区町村単位の地震発生確率を作成した。①地震発生確率のメッシュと2010年の国勢調査(小地域)の基本単位区の境界データをGIS上で交差する。②基本単位区内の人口を面積按分して新たにできるポリゴン内の人口を計算する。③メッシュの地震発生確率を人口按分してポリゴン毎の地震発生確率を計算する。④③の結果を市区町村単位で再集計する。

表 10 統合可能性の検討に用いた社会経済関係データ

対応概念	対応概念の説明	具体的な指標	出典
Hazard	地震発生可能性と振動の強さ	今後30年で震度6弱以上の揺れに見舞われる確率	J-SHIS 全国地震動予測地図(2014)
Exposure	被災対象物量	人口	総務省 国勢調査(2010)
		従業者数	総務省 経済センサス(2009)
Vulnerability	被災対象物の脆弱性	住宅の未耐震化率	総務省 住宅・土地統計調査(2008)を基に推計※1
		10人未満の事業所割合	総務省 経済センサス(2009)
Regional Sustainability	地域社会の持続可能性	推計人口増減率(2040年の将来推計人口÷2010年の人口)	国立社会保障・人口問題研究所「日本の地域別将来推計人口」(2013)
		財政力指数	「平成23年度地方公共団体の主要財政指標一覧」(2011)※2
Future Exposure	将来の被災対象物量	2040年の将来推計人口	国立社会保障・人口問題研究所「日本の地域別将来推計人口」(2013)

※1 佐藤(2011)において集計加工された市区町村データを利用

※2 総務省 HP ([http://www.soumu.go.jp/iken/zaisei/H23\\_chiho.html](http://www.soumu.go.jp/iken/zaisei/H23_chiho.html)) よりダウンロード

### 試算プロセスと結果(暫定値)の概要

試算においては、各指標のスケールの違いなどによる影響を除くため、下記のような平均5点、標準偏差1点となるような基準化を行った。

$$\text{基準化後の指標} = (\text{指標} - \text{平均値}) / \text{標準偏差} + 5$$

E、V、Rともに、表10に示した2指標を基準化し平均した値を、再度基準化した値を取ることにした。計算した各指標の記述統計量は表11の通りである。Eの最大値14.24や、Vの最小値0.76などの極端に大きい値や小さい値についても、特別な調整は加えていない。

表 11 試算したリスクインデックスの記述統計量

	度数	最小値	最大値	平均値	標準偏差
H	1893	3.91	7.76	5.00	1.00
E	1893	4.34	14.24	5.00	1.00
V	1893	0.76	8.04	5.00	1.00
R	1834	2.81	8.08	5.00	1.00
REDRI	1834	123.92	1678.8	609.74	186.11

試算結果（暫定値）について、階層的クラスター分析の Ward 法<sup>10</sup>を用いて、REDRI（暫定値）の構成についてチェック作業をした。投入した変数は、H、E1、E2、V1、V2、R1、R2、REDRI（暫定値）で、クラスター数は 5 を指定した。福島県については人口推計値がないため、計算に含めず、計算後にクラスター 6 として加えた。クラスターごとに各指標の平均値を計算した結果を表 12 及び図 23 に示す。H×E のみを見ると、クラスター 5 が高く、クラスター 1 から 4 は同程度であった。ここに、V（被災対象物の脆弱性）や、10-R（地域社会の持続可能性の低さ）を乗じて、REDRI（暫定値）とすると、クラスター 2、1、4、3、5 の順に高くなる。立地をプロットしてイメージを抽出すると、クラスター 1、2、3 が都市部・郊外部に点在し、4 が中山間部、5 が太平洋沿岸に多い傾向であった。

クラスターを増やすことで、地震発生確率と被災対象物量の 2 つだけでは見えない、地域特性との複雑な対応関係を抽出することが可能であり、過去の防災事業の対応関係の分析や、地域特性に応じた防災戦略の立案などが考えられ、詳細は今後の課題としたい。

<sup>10</sup> 村瀬・高田・広瀬（2007）pp.273-289 参照。本稿では、同書で紹介されている方法（クラスター化の方法：「Ward 法」、測定方法：間隔尺度で「平方ユークリッド距離」、値の変換はあらかじめ標準化されているため「なし」）を利用した。同書では、Ward 法について、「2つのクラスター内の平方和を最小にするという基準でクラスターを形成していく」「一般にこの方法は非常に有効だが、小さなクラスターを作りやすい傾向がある」「通常、個体間の距離の測定には平方ユークリッド距離を用いる」「計算時間は長い」といった特徴が紹介されている。

表 12 REDRI（暫定値）のクラスタ分析結果（平均値）

クラスタ	度数	%	H	E	V	R	H×E	H×E×V	REDRI(暫定値)
1	704	37.2%	4.88	5.04	4.51	5.42	24.9	108.3	485.2
2	121	6.4%	5.00	5.01	3.41	6.46	25.2	83.3	287.4
3	327	17.3%	5.33	4.99	5.70	4.43	27.0	146.3	795.3
4	582	30.7%	4.84	4.94	5.29	4.66	24.3	123.0	640.4
5	100	5.3%	6.11	5.28	6.09	4.12	32.8	186.3	1073.2
6	59	3.1%	4.27	4.67	5.53	-	20.0	108.9	-

クラスタ	震度6弱発生確率 2014	人口2010	従業員数	未耐震化率	十人未満の事業所比率	想定人口増減率	財政力指数	立地イメージ
1	0.217	71196	35328	0.236	0.806	-19.6	0.646	都市部・郊外部に点在
2	0.245	66792	34318	0.185	0.742	-1.3	0.883	都市部・郊外部に点在
3	0.317	67670	32293	0.331	0.854	-35.9	0.407	都市部・郊外部に点在
4	0.209	61194	29837	0.302	0.835	-31.6	0.451	中山間地に多い
5	0.494	100813	44202	0.351	0.875	-41.0	0.330	太平洋沿岸に多い
6	0.081	34391	15914	0.337	0.836	-	0.445	福島県

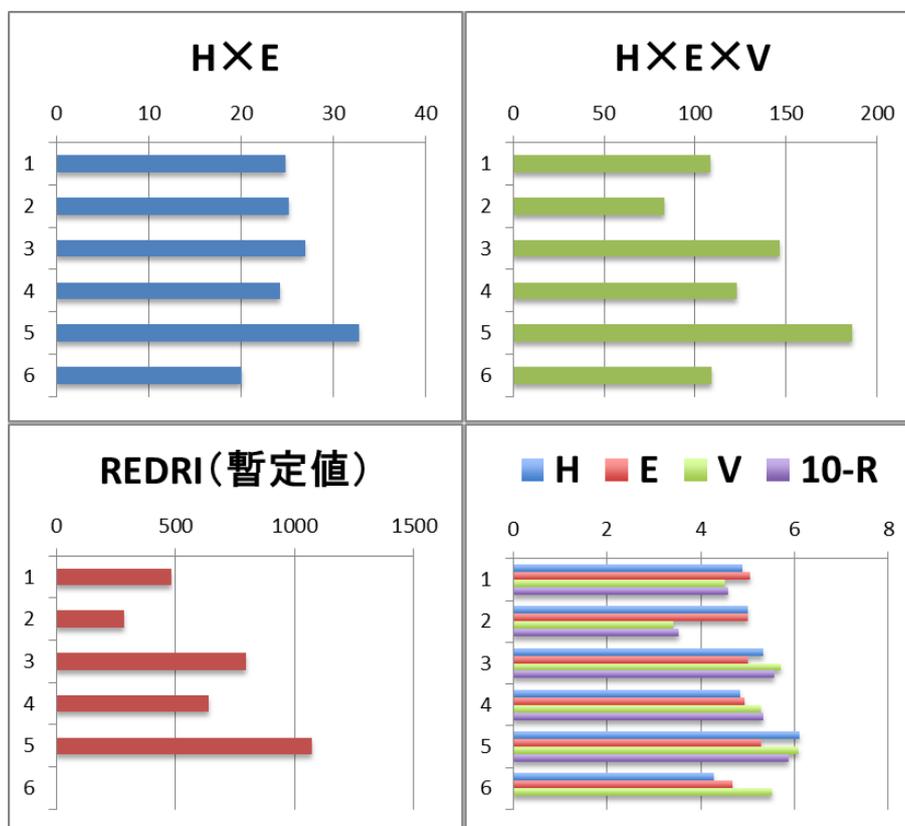


図 23 クラスタ分析によるクラスタごとの各指標値（暫定値）

それから地震発生確率と 2040 年までの将来推計人口増減率をグラフ化すると、図 24 のようになり、人口増加が見込まれる地域で地震発生確率が高く、人口減少が見込まれる地域

で地震発生確率が低い傾向が見られた。

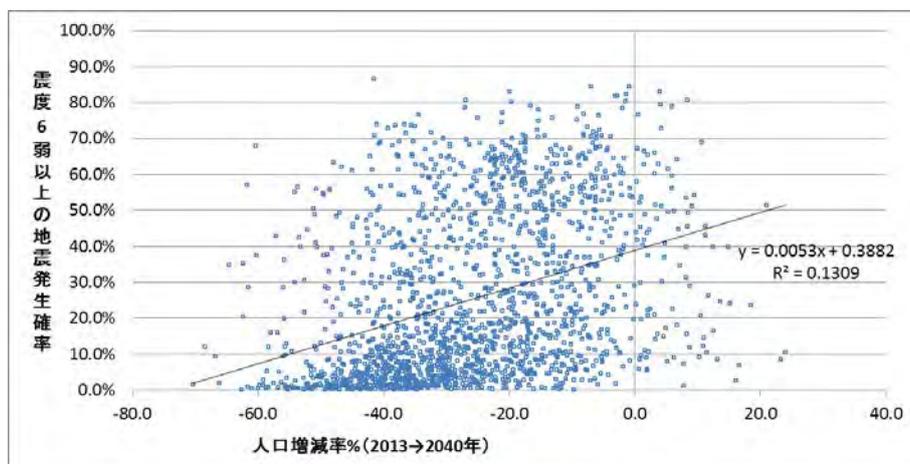


図 24 地震発生確率と 2040 年までの将来推計人口増減率の関係

地震発生確率が高い市区町村を 10 リストアップして見ると、人口増加が見込まれているのは、都心湾岸地域の東京都江東区や中央区で、都心周辺湾岸地域の千葉県千葉市美浜区や千葉県浦安市、神奈川県川崎市川崎区、中原区や東京都江戸川区において人口減少率が比較的小さい。これらの地域では耐震性能が高い集合住宅の建設が進むものと予測されるが、埋立地特有の液状化被害などの地盤被害やインフラの被害、周辺地域も含めた被害に伴う生活支障や経済損失、健康面の被害も見込まれるため、必ずしも適切な国土利用とは言い難い。

東京でも内陸や郊外に行けば震度の高い地震発生の確率は低くなる。そのような地域は旧来から利用されて住宅街を形成している場所も多いと考えられるが、今後、高齢化や空き家化が進む中で、あらためてそのような地域の土地利用のあり方に検討余地があろう。密集市街地の都市火災対策の必要性もあり、長期的な国土利用の観点からも積極的な取り組みが期待される場所である。

表 13 FutureEDRI（暫定値）に関するデータのサンプル

都道府県名	市区町村名	人口	2040年の推計人口	人口増減数	人口変化率	今後30年での震度6弱の地震の発生確率
茨城県	稲敷郡河内町	10,063	5,882	-4,181	-41.5	86.5%
千葉県	千葉市美浜区	149,045	138,694	-10,351	-6.9	84.6%
千葉県	浦安市	162,155	160,758	-1,397	-0.9	84.5%
東京都	江東区	481,031	500,175	19,144	4.0	83.1%
東京都	葛飾区	446,612	357,542	-89,070	-19.9	83.0%
神奈川県	川崎市川崎区	220,366	217,232	-3,134	-1.4	82.4%
神奈川県	川崎市中原区	233,009	226,328	-6,681	-2.9	82.1%
東京都	江戸川区	674,944	653,409	-21,535	-3.2	81.9%
埼玉県	三郷市	134,515	98,271	-36,244	-26.9	80.9%
東京都	中央区	129,640	140,485	10,845	8.4	80.8%

ここでは、長期地震発生確率のデータに、社会経済的なデータを統合して掛け合わせ、それらを類型化することで、地震発生確率と、被災対象物量、被災対象物の脆弱性、地域社会の持続可能性といった社会経済指標との対応関係を見た。防災対策を進めていく際、地域によってリスク特性やおかれた状況も異なり、重点的・効果的な対策や支援のあり方が異なってくるのが想定される。本稿で暫定的に試算したような統合的な災害リスクインデックスは、地域特性に応じた防災モデル事業など、細かな防災戦略の立案に資する可能性があるものと考えられる。

#### 4 今後の課題

以下では、今後の課題について整理する。

第一は、マルチハザードへの展開である。本研究は、現時点では地震災害リスクを対象とした評価を行っているが、他のハザードでも同様に評価可能となるようなモデルを模索している。

しかしながら、地震ハザードほどには水害や地盤災害などは確率論的評価が進んでいない。そうしたことから、どのようにマルチハザードに展開するかは、それぞれの分野の専門的知見を得ながら検討する必要がある。

第二に、リスク構成要素間のウエイト付けである。これについては、Peduzzi et al. (2009)にみられたような、災害被害のデータから帰納的に推計する方法を実施する予定で、現在作業を進めているところである。

第三に、脆弱性や対応力の指標化をどう進めるかである。現時点では、代表的な指標のいくつかを取り上げて代理変数としてきたが、説得力のある指標にするためには、様々な社会経済的指標からこれらに相当する因子を抽出するなどの作業が必要である。

第四に、最も大事なことであるが、こうした指標が既存のリスク市場とどのような関係があるのかを分析することである。例えば保険料や地価に対して、作成された指標がどのように連動しているのか、あるいはしていないかを明らかにすることは、指標の市場での受容可能性を検討する上で極めて大事な作業である。現時点でも、不動産市場などでは災害リスクが価格に含まれているという実証的な根拠は多数発表されており、ここで作成された指標が市場の評価と全く乖離しているとすれば、本研究の目的であるところの長期的な国土利用の誘導には到達し得ない。こうした作業を継続しつつ、災害リスクと税制などの連動可能性についても検討していきたい。

## 5 参考文献

- Brecht, Henrike, Uwe Deichmann and Hyoung Gun Wang (2013) *A Global Urban Risk Index*, The World Bank Policy Research Working Paper, 6506.
- Davidson, Rachel A. and Haresh Shah(1997) *An Earthquake disaster risk index*, Report No. 121, Department of civil and environmental engineering, Stanford University.
- Dickinson, Eric, Asmita Tiwari, Judy Baker and Daniel Hoornweg (2010) *Understanding Urban Risk: An approaching disaster & climate change risk in cities*, Urban Development and Local Government Unit, The World Bank.
- Munich Re (2003) *Annual review: natural catastrophes 2002*.  
[http://www.munichre.co.jp/public/PDF/Topics\\_2002\\_NaturalHazardIndex.pdf](http://www.munichre.co.jp/public/PDF/Topics_2002_NaturalHazardIndex.pdf)
- Peduzzi, P., H. Dao, C. Herold, and F. Mouton (2009) Assessing global exposure and vulnerability towards natural hazards: the Disaster Risk Index, *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 9, 1149-1159.
- Swiss Re (2014) *Mind the risk: A global ranking of cities under threat from natural disasters*.  
[http://www.swissre.com/rethinking/climate\\_and\\_natural\\_disaster\\_risk/mind\\_the\\_risk.html](http://www.swissre.com/rethinking/climate_and_natural_disaster_risk/mind_the_risk.html)
- UNU-EHS(2014) *World Risk Report 2014*.  
<http://www.ehs.unu.edu/article/read/world-risk-report-2014>
- 梶秀樹・塚越功編 (2012) 『改訂版 都市防災学』学芸出版社.
- 菊本統・下野勘智・伊藤和也・大里重人・稲垣秀輝・日下部治 (2014) 「自然災害に対するリスク指標 GNS の開発～World Risk Index を参考にした都道府県の災害感受性 Suseptibility の算出～」『第 11 回地盤工学会関東支部研究発表会 (Geokanto2014) 講演概要集(CD-ROM)』.
- 佐藤慶一 (2011) 「住宅・土地統計調査から見る住宅耐震化の趨勢」『総務省統計研修所リサーチペーパー第 28 号』.
- 村瀬洋一・高田洋・廣瀬毅士 (2007) 『SPSS による多変量解析』オーム社.