

夜間都市光分布を用いた 広域の人口・建物棟数分布のモニタリング -東海地震の被害想定への適用-

高島正典¹・林春男²

¹東京大学生産技術研究所 博士研究員
(〒153-8904東京都目黒区駒場4-6-1)

E-mail:takashim@iis.u-tokyo.ac.jp

²京都大学防災研究所教授 (〒611-0011京都府宇治市五ヶ庄)

E-mail:hayashi@drs.dpri.kyoto-u.ac.jp

近年、国内外において、広域を対象とした被害想定、リスク評価の必要性が高まっている。しかし、特に、発展途上国においては、被害想定・リスク評価に必要な、空間解像度の高い社会・経済統計が未整備であり、災害対策の必要性が高いにも関わらず、発生しうる被害の評価すらままならないことが多い。筆者らは、米国の軍事気象衛星 DMSP が捉える夜間都市光分布を用いた被害ポテンシャルと都市圏のモニタリング手法を開発してきた。本研究では、その手法を、想定東海地震の被害想定に適用し、筆者らが提案する一連の手法を用いて、想定対象地域内の被害の全体像をどの程度把握可能かを示す。

Key Words : DMSP/OLS, Night-time City Light, Disaster Damage Assessment, Inventory estimation

1. はじめに

近年、広域を対象とした被害想定、リスク評価の必要性が高まっている。国内では、南海・東南海地震および東海地震の発生が近づいているといわれ、これらの地震が発生すれば、南関東から四国・九州の太平洋岸にいたる地域が被災地となる恐れがある。能島(1999)¹⁾が指摘したように、このような災害に対しては、自治体をこえ、統一的なシナリオに従った広域被害想定が必要であり、これら南海トラフ沿いの地震がもたらす被害の全体像の評価が中央防災会議を中心に行われている。一方国外に目を転ずると、開発途上国の防災力向上の努力は当該国の努力よりも、国連などの国際機関が中心となった支援を通して行われている実態がある。国際的な災害低減にあたっては、これらの支援を効果的に行う必要がある。そのためには、世界全体の災害リスクを見渡し、どの都市、地域から支援を進めていくべきかの優先順位付けを合理的に行う必要がある。グローバルな視点からのリスク評価が要求される。とくに防災先進国を自負し、国際協調主義を標榜するわが国にとっては、複雑な国際情勢の中、支援の公平性を保つための判断基準として重要である。

開発途上国でのデータ入手には多くの困難が伴う

が、被災地が広域になればなるほど、対象地域に関して均質に、また高い空間解像度、更新頻度で収集できる情報はきわめて限られてくる。その結果、被害想定手法も簡便なものを利用せざるを得なくなる。その一方、被災地が広域になるということは、建物の耐震性、土地利用、人々の防災意識など、被害評価の際に考慮すべき種々の特性が大きく異なる地域の集合に対して想定を行わなければならないことも

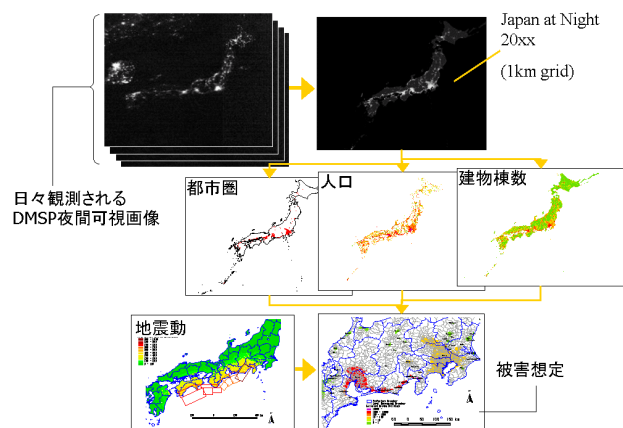


図-1 DMSP 夜間可視画像が捉える都市光分布を用いた被害ポテンシャル推定手法の枠組み

意味している。そのような特性を持つ想定対象地域について、簡便な手法で、精度の高い想定を行うことは現時点では不可能である。

むしろ、そのための第 1 段階として、できるだけ広域に対して、簡便な手法で、想定対象地域内の被害の全体像と、どの地域に大きな被害が集中しているかを明らかにし、第 2 段階以降で、特に大きな被害の発生が予測される地域ごとに、地域の特性をより考慮した詳細な想定を行う段階的な手法を採用することが戦略として合理的であると考えられる。

このように考えた場合、広域被害想定・リスク評価を行う第 1 段階として、被害の全体像が把握できる程度の精度で、できるだけ広い地域について、被害想定に不可欠な最低限の自然外力と、人口、建物棟数といった被害の発生源（被害ポテンシャル）の空間分布を把握する手法が必要となる。グローバルに地震外力危険度を評価しようとする試みとしては 50 年間で 10% 以上の確率で発生する PGA の世界分布を求めた GSHAP (The Global Seismic Hazard Assessment Program)²⁾ が有名である。

一方、被害の発生源のグローバルな推定・モニタリングに関しては、これまで、実用的な手法が確立されてこなかった。社会・経済統計の整備が進んでいる地域に関しては、例えば、長谷川・翠川 (1997,1999)^{3),4)} は、国勢調査と事業所統計の 3 次メッシュ統計を用いた構造別・年代別建物棟数推定手法を提案している。しかし、特に、発展途上国においては、空間解像度の高い社会・経済統計自体が未整備であり、災害対策の必要性が高いにも関わらず、発生しうる被害の評価すらままならないことが多い。

この問題に対し、高島・林 (2001, 2002)^{5),6)} では、米国の軍事気象衛星 DMSP (Defense Meteorological Satellite Program) が捉える夜間都市光分布を用いて、グローバルに被害ポテンシャルを推定する手法を提案した。この手法の枠組みを図-1 に示す。DMSP 衛星が捉える夜間可視画像の特性に関しては Elvidge et al (1997)⁷⁾ に譲る。高島・林 (2001) では、DMSP 衛星が日々捉える夜間可視画像を大量に重ね合わせることで、都市光をバイアスの入らない形で、かつ短時間で抽出する手法を提案した。高島・林 (2002) では高島・林 (2001) の手法によって抽出された都市光分布と、国勢調査にもとづく人口分布、および国勢調査と事業所統計から長谷川・翠川 (1997,1999) の手法によって推計される構造別建物棟数の関係をモデル化することにより、都市光分布から、人口・建物棟数を推定する手法の提案とその検証を行った。また、被災地が複数の行政界にわたるような広域災害に対する被害想定および防災計画立案の単位として都市圏を同定する手法を提案した。さらに、都市光分布のモニタリングの継続性確保のため、異なるプラットフォーム間の画像補正手法を提案した。

これらの一連の研究により、DMSP 夜間可視画像が日々捉える夜間都市光を用いて継続的に被害ポテ

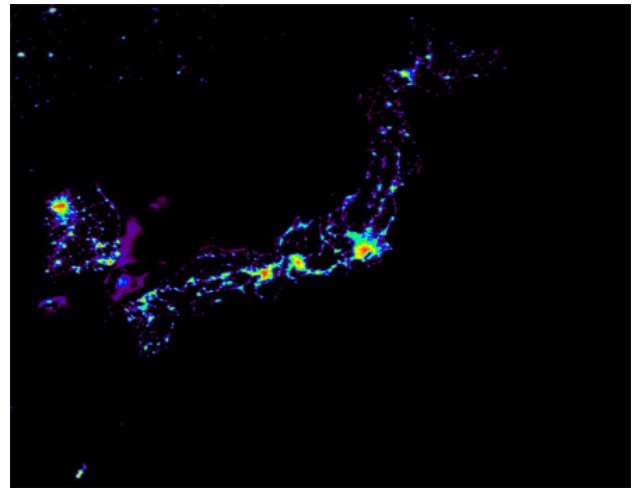


図-2 Japan at Night 2000

表-1 各都市圏のメッシュ単位の人口密度と各都市圏に対応する都市光強さの閾値

都市圏レベル	人口密度 (人/1kmメッシュ)	都市光強さの閾値
1	-	223
2	10000以上	217
3	5000以上	211
4	1000以上	172
5	500以上	146
6	100以上	89
7	50以上	77
8	10以上	66
9	1以上	64

ンシャルを推定することが可能となった。本論文では、この一連の手法の適用の妥当性を検証する事例として、近い将来の発生が危惧されている東海地震（想定東海地震）が 2000 年に発生していた場合に関して被害想定を行い、高島・林が提案する一連の手法を用いて、どの程度の被害把握が可能かを示す。東海地震を適用事例としたのは、次の二点からである。1 つは、被災地が極めて広範囲に及ぶことが予想され、高島・林が提案する手法が対象とする規模である点である。もう 1 点は、中央防災会議「東海地震に関する専門調査会」及び「東海地震対策専門調査会」において、想定東海地震がもたらしうる地震動や、その被害が検討されており、その想定結果と高島・林が提案する手法を用いた場合との比較ができる点である。この中央防災会議の想定結果との比較により、高島・林が提案する一連の手法を用いても、想定対象地域内の被害の全体像と、都市圏を単位として、どの地域に大きな被害が集中しているかを把握できることが示されれば、将来社会動態についてデータが完備していない開発途上国において本手法を適用することの可能性が示されると考える^{補注} (1)。検証すべき想定項目としては、今後開発途上国においても広域リスク評価の中心となる、構造別の建物被害と建物被害による人的被害とした。

2. 想定に用いる被害ポテンシャルの推定

想定年となる 2000 年の人口分布および木造・非木造別建物棟数を推定するため、高島・林（2001）の提案する手法にもとづき、2000 年における日本の平均的な都市光分布 “Japan at Night 2000” を作成した。図-2 に “Japan at Night 2000” を示す。“Japan at Night 2000” に基づき、高島・林（2002）の提案する手法を用いて、1km メッシュ単位での人口分布、木造・非木造別建物棟数を推定した。中央防災会議の被害想定では、木造家屋を築年別に 1960 年以前築、1961 年～1980 年築、1981 年以降築の 3 グループに分類し、グループ毎に被害を評価している。都市光分布からは、逐年別の木造家屋棟数は求められない。そこで、木造家屋のほとんどは住宅と仮定し、高島・林（2002）の提案する手法によって推定された木造建物棟数を、平成 10 年住宅土地統計調査における都道府県別・住宅戸数の建築の時期別割合を用いて按分し、各築年グループ別の木造家屋棟数を求めた。建物倒壊に伴う死者数の推定には、木造・非木造建物別の屋内人口を推定する必要がある。この建物構造別の屋内人口は、“Japan at Night 2000” により推計された人口をもとに、地震被害想定支援マニュアル（2001）⁸⁾ で提案されている手法を用いて推定した。屋内人口は、平日か休日か、また時間帯によっても大きく変化する。このような特性を反映させるため、地震被害想定支援マニュアル（2001）では、国民生活時間調査（NHK 放送文化研究所（1995））にもとづいた、平日/休日別・時間帯別の屋内滞留人口の推定手法を提案している。この手法において求められる各時間帯における屋内人口は、9時から19時までは昼間人口、19時から翌日9時までは夜間人口にもとづいている。高島・林（2002）において提案した人口推定手法は、居住地ベースの人口すなわち夜間人口を推定するものである。そこで、本想定では、地震が平日夜 2 時に発生した場合を想定することとし、この時点における 1km メッシュ毎の屋内滞留人口を算出した。

3. 想定結果の統合に用いる都市圏レベル

第 1 章でも述べたように、本論文では、どの地域に大きな被害が集中しうるかを、都市圏を単位として把握する。高島・林（2002）では、表-1 に示すような人口規模別の 9 つの都市圏レベルを規定する都市光の閾値を提案している。本研究では、想定結果の統合に、高島・林（2002）の手法によって同定される都市圏を用いることとする。図-3 は、1995 年から 2000 年までの 5 年間における各レベル毎の都市圏クラスタ数の変化と 1995 年時点において各レベルの都市圏クラスタ内に包含される自治体^{補注(2)}での同期間における人口増減を比較したものである。レベル 1 都市圏においてクラスタ数が減少しているが、これは大阪市内で近接していた 2 つのクラスタ

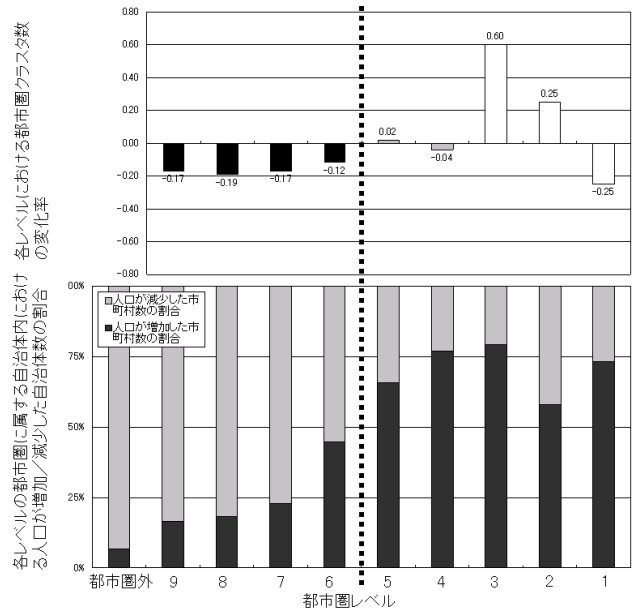


図-3 1995 年～2000 年における各レベルの都市圏のクラスタ数の変化率と各レベルの都市圏に含まれる自治体における人口増減

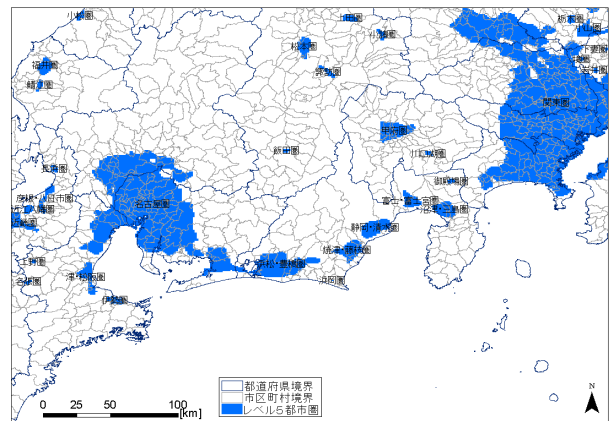


図-4 “Japan at Night 2000” から同定された 2000 年におけるレベル 5 都市圏

が拡大・統合されたためである。その意味で、レベル 4, 5 都市圏を、クラスタ数の増加・減少の境界とみることができる。一方、この 5 年間における、各自治体の人口の増減をみると、レベル 5 以上の都市圏においては人口が増加した自治体数が人口が減少した自治体数を上回る一方、レベル 6 以下では人口が減少した自治体数が、人口が増加した自治体数を上回った。このことから、各都市圏レベルのクラスタ数の増減が、各都市圏レベル内の人口の増減を反映していることがわかった。また、この 5 年間において安定的に存在していたのは、レベル 5 都市圏であったことがわかった。そこで、本論文における被害想定においては、レベル 5 都市圏（1km メッシュあたり 500 人以上の都市圏）を想定結果の統合に用いることとした。関東から近畿までのレベル 5 都市圏の分布を、図-4 に示す。

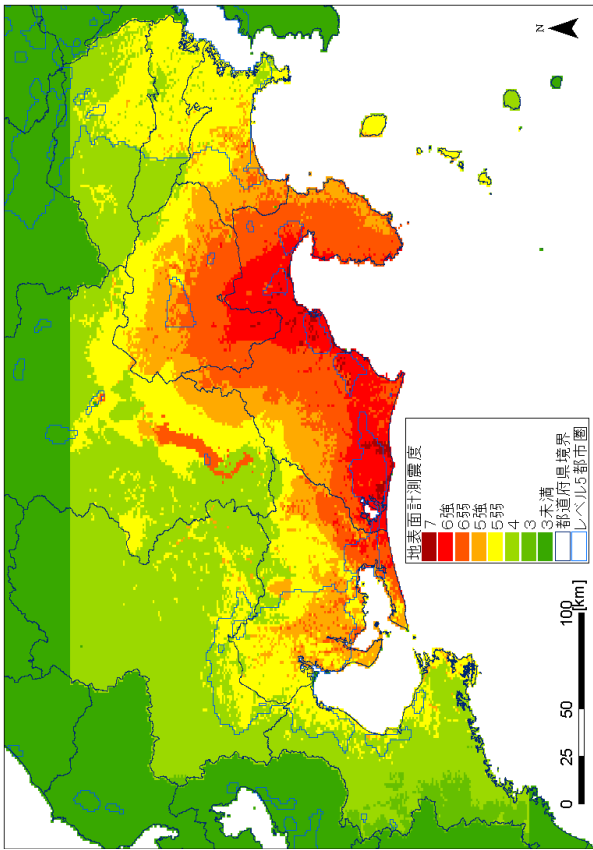


図-5 想定東海地震がもたらす地表面計測震度分布（中央防災会議による）

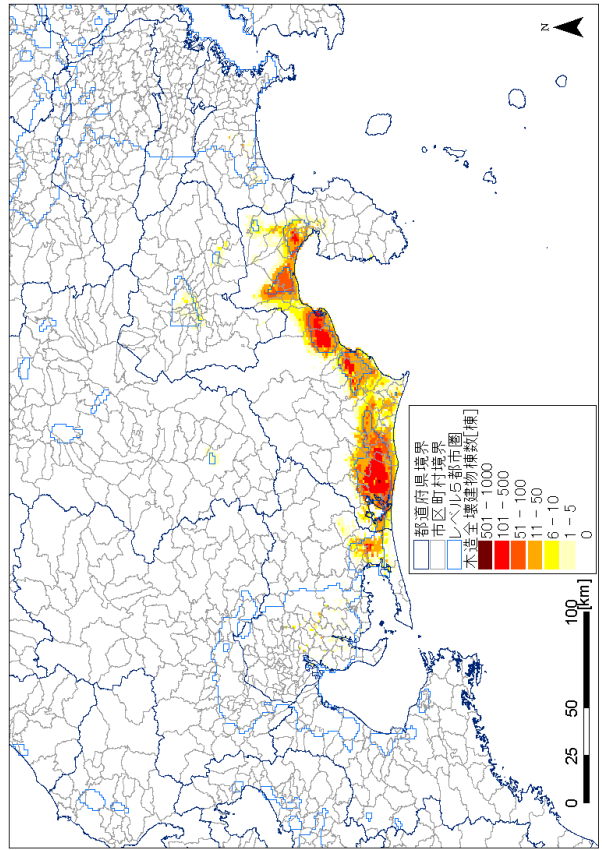


図-6 木造全壊建物棟数分布

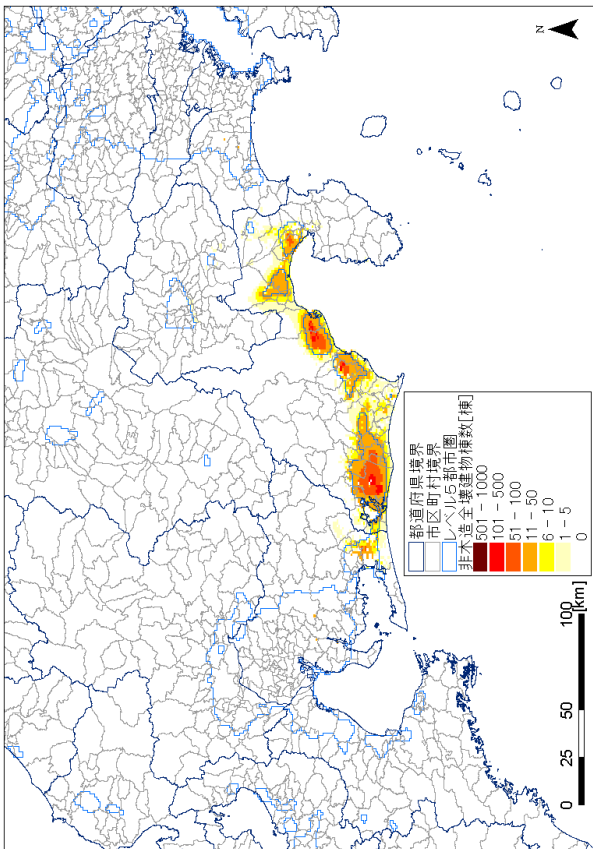


図-7 非木造全壊建物棟数分布

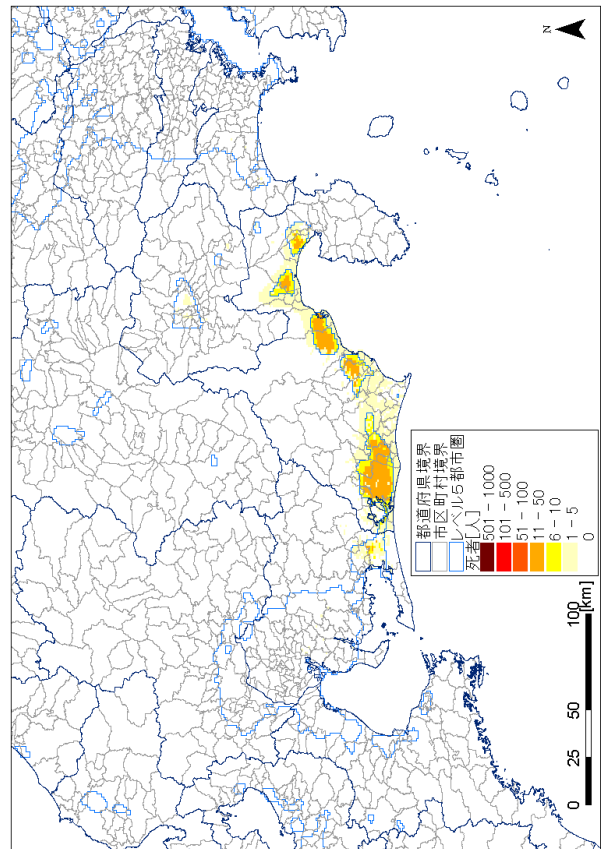


図-8 建物倒壊による死者の分布

4. 東海地震がもたらしうる外力

想定東海地震がもたらす地震動としては、中央防災会議「東海地震に関する専門調査会」及び「東海

地震対策専門調査会」において検討された想定東海地震に関する 500m メッシュの地表面震度分布を用いた。中央防災会議から公開されている震度分布データには、2 通りの震源域の破壊開始点と 2 通りの

表-2 想定東海地震に対する本研究における想定結果と中央防災会議における想定結果（都道府県別）

想定に用いた震度分布	本研究における想定結果						中央防災会議における想定結果 ^{*2}	
	最大値 ^{*1}				S1 ^{*1}		S1 ^{*1}	
	木造全壊 建物棟数	非木造全壊 建物棟数	全壊建物 棟数	死者数	全壊建物棟数	死者数	全壊建物棟数	死者数
東京都	0	0	0	0	0	0	0	0
神奈川県	90	37	127	8	8	1	100	0
山梨県	435	66	501	33	41	0	2,900	100
長野県	57	0	57	0	57	0	1,300	70
岐阜県	0	0	0	0	0	0	0	0
静岡県	113,567	43,437	157,004	14,938	129,264	12,208	160,000	6,100
愛知県	4,287	1,768	6,055	409	5,827	398	11,000	300
三重県	0	0	0	0	0	0	0	0
総計	118,436	45,308	163,744	15,388	135,197	12,607	175,300	6,570

^{*1}最大値：計4通りの地震発生過程に基づく震度分布の最大値。S1：応力降下量一定モデル、震源域の破壊開始点は西側

^{*2}表中、中央防災会議の想定結果は、朝5時に発生し、予知情報が無かった場合のものである。

表-3 想定東海地震に対する本研究における想定結果をレベル5都市圏毎に統合した結果

都市圏	木造棟数	非木造棟数	人口	発生数			発生率			構成比		
				木造 全壊	非木造 全壊	死者	木造 全壊	非木造 全壊	死者	木造 全壊	非木造 全壊	死者
関東圏	3,524,087	3,911,190	23,702,750	88	35	8	0.00%	0.00%	0.00%	0.10%	0.10%	0.06%
名古屋圏	2,121,776	1,868,031	11,219,441	502	39	21	0.02%	0.00%	0.00%	0.56%	0.11%	0.16%
浜松・豊橋圏	261,369	185,736	1,337,198	51,393	20,936	7,176	19.66%	11.27%	0.54%	56.96%	59.49%	54.03%
甲府圏	64,538	43,614	366,182	199	9	27	0.31%	0.02%	0.01%	0.22%	0.03%	0.20%
静岡・清水圏	61,259	42,276	329,243	19,841	7,279	2,890	32.39%	17.22%	0.88%	21.99%	20.68%	21.76%
焼津・藤枝圏	39,033	25,761	228,507	9,197	3,472	1,501	23.56%	13.48%	0.66%	10.19%	9.87%	11.30%
沼津・三島圏	32,075	21,303	199,547	3,869	1,759	642	12.06%	8.26%	0.32%	4.29%	5.00%	4.83%
津・松阪圏	21,996	13,689	105,885	-	-	-	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
松本圏	2,068	1,287	9,955	-	-	-	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
富士・富士宮圏	15,980	9,945	112,892	5,068	1,650	1,012	31.71%	16.59%	0.90%	5.62%	4.69%	7.62%
伊勢圏	7,332	4,563	35,295	-	-	-	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
諏訪圏	5,828	3,627	28,055	-	-	-	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
川口湖圏	2,444	1,521	11,765	13	-	-	0.53%	0.00%	0.00%	0.01%	0.00%	0.00%
御殿場圏	2,256	1,404	10,860	29	6	2	1.29%	0.43%	0.02%	0.03%	0.02%	0.02%
飯田圏	2,068	1,287	9,955	14	-	-	0.68%	0.00%	0.00%	0.02%	0.00%	0.00%
名張圏	1,692	1,053	8,145	-	-	-	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
上野圏	1,316	819	6,335	-	-	-	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
浜岡圏	188	117	905	20	9	3	10.64%	7.69%	0.33%	0.02%	0.03%	0.02%
被災レベル5都市圏計	6,167,305	6,137,223	37,722,915	90,233	35,194	13,282	1.46%	0.57%	0.04%	100.00%	100.00%	100.00%

破壊様式を組み合わせた計 4 通りの地震発生過程に基づく震度分布と、それら 4 つの震度分布の最大値の分布が含まれている。本研究ではこれらのうち、最大値の分布を用いた。図-5 に本研究で用いた震度分布を示す。本研究では、1km メッシュ単位で被害の想定を行うため、各 1km メッシュの震度を、そのメッシュが含む 4 つの 500m メッシュにおける震度の平均値で代表させた。

5. 被害の推定

建物被害の推定には、中央防災会議・東海地震対策専門調査会（2003）⁹⁾が想定東海地震の建物被害想定に利用している被害率テーブルを用いた^{補注(3)}。中央防災会議の手法では、木造家屋を築年別に 1960 年以前築、1961 年～1980 年築、1981 年以降築の 3 グループに分類し、グループ毎に異なる被害率テーブルを用いている。死者数については、地震被害想定支援マニュアル（2001）で提案されている手法に従い、屋内滞留人口と建物全壊率から推定した。

6. 想定結果

木造・非木造別の全壊建物棟数と死者数の想定結果を図-6～8 に示す。どの被害に関しても、駿河湾

湾奥部から三河湾東岸までの、太平洋沿岸から約 30km 以内の領域で被害が集中的に発生するという結果が得られた。想定結果を都道府県別に統合した結果を表-2 に示す。本論文の想定では、建物全壊被害の総計は、およそ 16 万棟、建物倒壊による死者の総数は、1 万 5 千人に及ぶという結果となった^{補注(4)}。被害の発生は静岡県をはじめ、5 県、137 市区町村に及び、そのうちの多くが静岡県内の市町村に集中して発生することが明らかになった。表-2 には地震外力として地震発生過程 S1（応力降下量一定モデル、震源域の破壊開始点は西側）による震度分布を仮定した場合について、高島・林（2001, 2002）の提案する被害ポテンシャル推定手法を用いた結果と想定東海地震に関する専門調査会の想定結果¹⁰⁾も合わせて示した。本研究における想定結果では、静岡県以外の県でやや被害が小さく評価される傾向があるが、両者はおおよそ一致している。図-6～8 には、レベル 5 都市圏の圏域も合わせて示したが、特に被害の大きかった領域はレベル 5 都市圏とほぼ一致している。このように、想定東海地震では、広大な強震動領域に内包される都市圏で大きな被害が生じるという被害の発生形態が想定される。

1km メッシュ単位の被害を、レベル 5 都市圏をもちいて再統合した。各都市圏における構造別建物総棟数および総人口に占める、構造別全壊建物棟数、建物倒壊による死者数の割合を図-9～11 に示す。また、各都市圏別の各被害の集計結果を表-3 に示す。

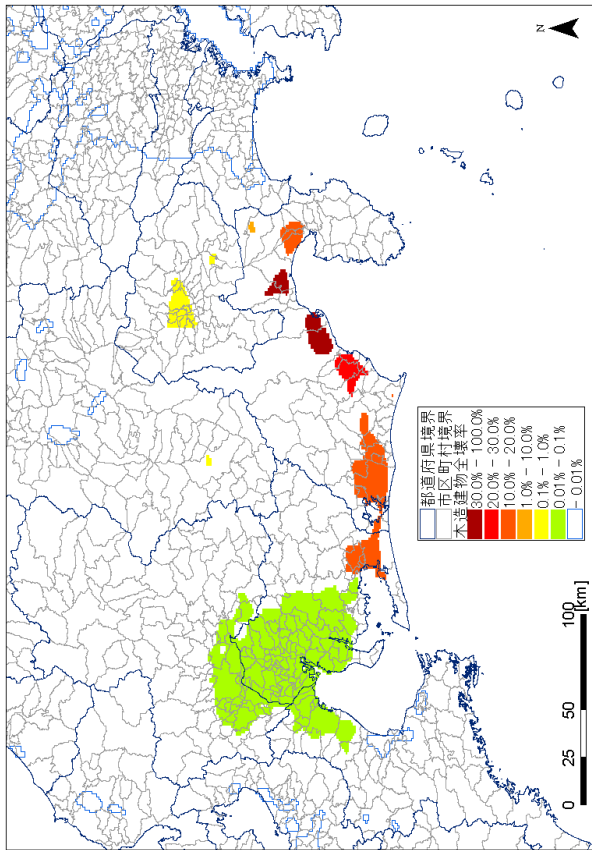


図-9 レベル5都市圏毎の木造建物全壊率

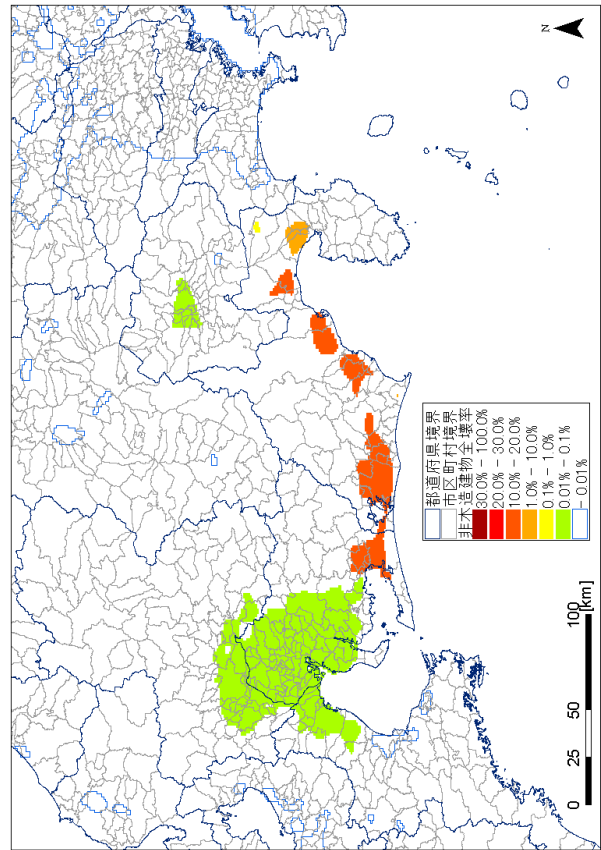


図-10 レベル5都市圏毎の非木造建物全壊率

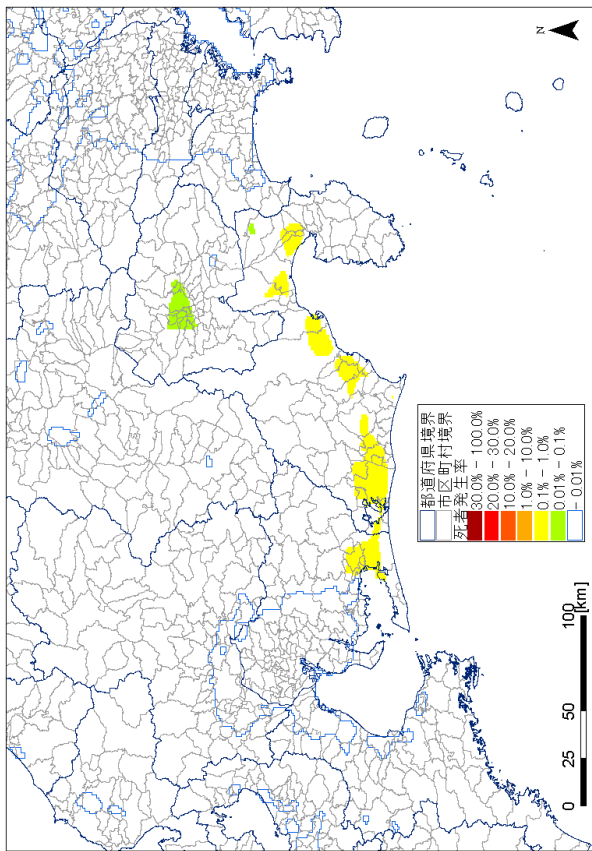


図-11 レベル5都市圏毎の建物倒壊による死者発生率

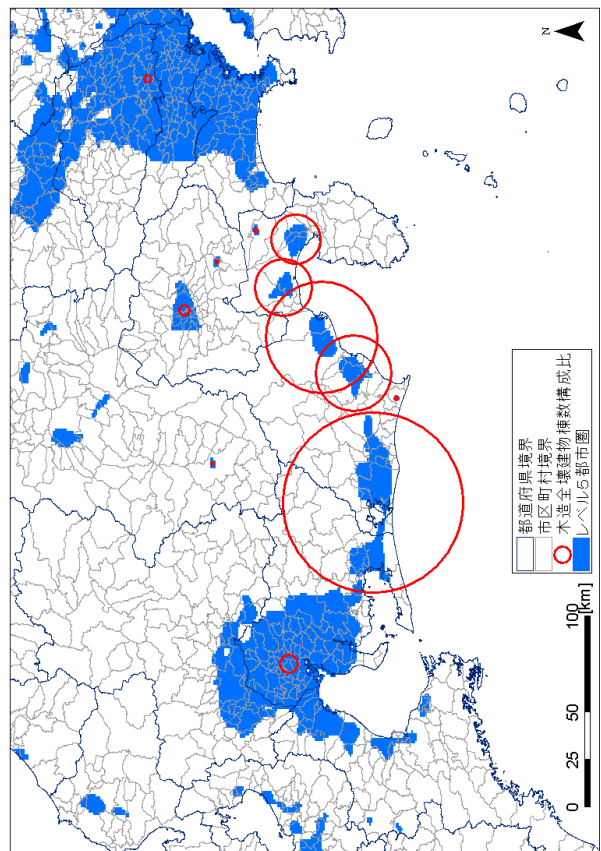


図-12 全レベル5都市圏で発生した木造全壊建物被害に占める各都市圏の割合

全国で138あるレベル5都市圏のうち、12の都市圏で建物の全壊あるいは建物倒壊による死者が推定された。また、レベル5都市圏内で発生した被害は、想定された全建物全壊棟数の75%以上、全死者数の

85%以上を占めることが明らかになった。木造建物の全壊被害発生率についてみると、静岡・清水圏、富士・富士宮圏の30%以上を筆頭に、焼津・藤枝圏で24%、沼津・三島圏で10%の高い被害発生率が推

定された。非木造建物に関しても同様に、静岡・清水圏、富士・富士宮圏で 10% 以上、焼津・藤枝圏で 9%、沼津・三島圏で 5% の高い被害発生率が推定された。建物倒壊による死者に関しては、富士・富士宮圏、静岡・清水圏で 0.9%、焼津・藤枝圏、浜松・豊橋圏で 0.5% 以上、浜岡圏、沼津・三島圏で 0.3% 以上の死者発生率が推定された。

被害想定の結果に対して、その絶対数に見あう水準まで資源を増強させることは、現実には、予算制約上困難であることが多い。その場合、現有資源の最適な配置が重要になってくる。被害の種類別に、レベル 5 都市圏内で推定された被害全体に対する各レベル 5 都市圏の被害の比率を表-3 にあわせて示す。表-3 のうち、木造建物の全壊に関する各都市圏の構成比を円の面積で示したものを図-12 に示す。おおむね、どの被害に関しても、浜松・豊橋圏、静岡・清水圏、焼津・藤枝圏、富士・富士宮圏、沼津・三島圏においてレベル 5 都市圏で発生する被害の約 90% を占め、この 5 つの都市圏の相対的な被害の比率は、およそ 10:4:2:1:1 となった。このように、被害全体に対する、都市圏間の比率を明らかにすることで、国全体として、東海地震に対する対策を考える際に、各都市圏への資源配分のあり方について一つの指針を示すことができる。

以上の結果から、想定東海地震が発生した場合には、浜松・豊橋圏が他の都市圏に比べ特に大きなインパクトを受けることが明らかになった。

7. 結論

本論文では、高島・林 (2001, 2002) において提案した都市光分布に基づく被害ポテンシャル推定手法を想定東海地震の被害想定に適用し、この手法によっても、これらの地震の発生による建物被害や人的被害の全体規模や、都市圏を単位として、どの地域に大きな被害が集中しうるかを把握できることが示された。この結果から、今後社会動態についてデータが完備していない開発途上国においても本手法を適用することの可能性が示されたと考えられる。

しかしながら、本研究で検証した手法は、現状では日本における都市光強度と、人口あるいは建物棟数分布との関係に基づいている。したがって、国外に適用する際には、都市光強度と人口・建物棟数の関係が地域によってどの程度変化するかを検証する必要がある。Sutton et al. (2001)¹¹⁾ は、世界の人口が既知の 1383 の都市について、その都市光の面積と、人口の関係をモデル化している。その際、同じ都市光面積に対する都市人口の散らばりが、その都市が所属する国の一人あたり国内総生産によってある程度説明できる、具体的には、1km² の都市光の存在が意味する人口の値が、一人あたり国内総生産が小さくなるほど大きくなることを示した。

本研究の手法は、都市光面積ではなく都市光の強さに着目したものであり、また 1km メッシュを推定

単位としたものであるが、Sutton et al. (2001) の知見は、一人あたり国内総生産というマクロな指標を使って、地域特性を考慮可能であることを示している。今後は、このような、海外への適用可能性の検討を、マクロな社会・経済指標を交えた分析や、現地調査を通して行う必要がある。

開発途上国においては、人口・建物棟数分布だけでなく、過去の地震観測記録や、地盤条件情報、被害記録も乏しいことが予測される。そのような地域において広域な地震被害想定を行う場合、震源特性、地震動の伝播特性にはじまり、表層地盤の増幅特性、建物耐震性能、地震外力 - 建物被害関係、人的被害発生特性等、被害ポテンシャルの分布以外にも様々な要素について、広大な想定対象地域に適用可能な方法で、評価しなければならない。そのような不確定要素が多い条件下では、各要素を、提案されている複数の手法を用いて幅を持たせて評価し、その結果、発生しうる被害についても幅を持たせて提示するのが現実的であろう。

今後は、都市光分布を用いた被害ポテンシャル推定手法を実際に海外の地震危険度が高い都市へ適用しその妥当性を検討するとともに、不確定要素が多い中でも広域の被害の概要評価が可能な広域被害想定パッケージの開発へとつなげる必要がある。

謝辞：本研究遂行にあたり利用した DMSP/OLS Level 1 データは、NOAA-NGDC より提供され、MAFFIN-SIDaB から配布されたものを利用した。また、DMSP/OLS Level 1 データのジオロケーションには、米国商務省海洋大気局地球物理データセンターから提供していただいたプログラムを利用させていただいた。ここに謝意を表す。また、東海地震がもたらしうる地震動に関しては、中央防災会議「東海地震に関する専門調査会」及び「東海地震対策専門調査会」において検討された想定東海地震に係る地震動等の公開データを利用させていただいた。また、株式会社イー・アール・エスの永田茂博士には多岐にわたりご助力いただいた。ここに謝意を表す。

補注

(1) 中央防災会議の東海地震の被害想定結果は、あくまで想定結果であり、実際の被害記録ではないが、現在もっとも信頼できる想定結果のひとつであると考えられる。

(2) ここで、「各レベルの都市圏クラスターに包含される自治体」とは、「各レベルの都市圏クラスターにその市町村庁舎所在地が包含される自治体」を意味する。

(3) 被害率テーブルの詳細な関数形は公開されていないため、中央防災会議 (2003)⁹⁾ に掲載されている被害率テーブルのグラフから読みとった。

(4)注意しなければならないのは、これらの想定結果は、地震にともなう斜面崩壊、液状化、津波による被害を考慮していない点である。特に南海トラフを震源とする地震はほぼ確実に津波を伴うものと考えられている。その場合には、太平洋沿岸については、揺れによる被害に、津波による被害が加わり、より大きな被害となりうる。

参考文献

- 1) 能島暢呂：想定南海地震による被害想定について，月間地球，号外 No.24 「南海地震 - 次の巨大地震に備えて - 」，pp.198-203, 1999.
- 2) Giardini, D. et al. : The GSHAP Global Seismic Hazard Map, (<http://seismo.ethz.ch/GSHAP/global/global.html>)
- 3) 長谷川浩一，翠川三郎：地域メッシュ統計を利用した広域での木造建築物群の震害予測 その1 建築年代別の木造建築物棟数の推定 ，日本建築学会構造系論文集，第 497 号，pp.75-80, 1997.
- 4) 長谷川浩一，翠川三郎：地域メッシュ統計を利用した広域での非木造建築物群の震害予測，日本建築学会構造系論文集，第 521 号，pp.41-47, 1999.
- 5) 高島正典，林春男：地震被害ポテンシャル推定のための

DMSP 夜間可視画像を用いた都市光分布の測定論モデル作成手法の提案 - 人口推定への適用 - ，地域安全学会論文集，No.3, pp.101-108, 2001.

- 6) 高島正典，林春男：DMSP 夜間可視画像を用いた広域都市圏の同定と地震被害ポテンシャルの推定，地域安全学会論文集，No.4, pp.151-158, 2002.
- 7) Elvidge, C.D. et al. : Mapping City Lights With Nighttime Data from the DMSP Operational Linescan System, Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, Vol.63, No.6, pp.727-734, 1997.
- 8) 内閣府防災局：地震被害想定支援マニュアル，2001 (<http://www.bousai.go.jp/manual/index.htm>).
- 9) 中央防災会議・東海地震対策専門調査会，東海地震に係る被害想定手法について（参考資料），pp.3，2003.
- 10) 中央防災会議・東海地震対策専門調査会，東海地震に係る被害想定結果について（記者発表資料），2003.
- 11) Sutton, P. et al. : Census from Heaven: an estimate of the global human population using night-time satellite imagery, International Journal of Remote Sensing, Vol.22, No.16, pp.3061-3076, 2001.

(2003. 6. 30 受付)

MONITORING OF POPULATION AND BUILDING DISTRIBUTION USING NIGHT TIME CITY LIGHT -APPLICATION FOR TOKAI EARTHQUAKE DISASTER DAMAGE ASSESSMENT-

Masasuke TAKASHIMA, Haruo HAYASHI

Needs of earthquake damage assessment from a global or regional point of view is growing. Many developing countries, however, do not have systematic way to know how many people and buildings are exposed to natural hazard risk. In this research, we examined the applicability of the damage potential and metropolitan area monitoring method which we have developed using night-time city light distribution captured by DMSP satellite in the damage assessment of coming Tokai earthquake which is expected to occur in near future.