

自然災害に対する防災力の見える化指標「自然災害に対する安全性指標（GNS）」の利活用

東京都市大学 教授 伊藤和也
(兼 インフラ維持管理と災害制御に関する研究センター長)

関西大学 教授 小山 倫史
横浜国立大学 准教授 菊本 統

1. はじめに

我が国では地震、豪雨による土砂災害、高潮、火山など様々な自然災害に晒されています。特に近年は地球温暖化の影響と言われる気候変動等により極端な気象事象が増えており、短時間・局所的な集中豪雨や内水氾濫等の都市型水害など被害の形態も多様化しています。一方で、行政機関の防災・減災対策に充てられる予算と人員は限られているため、インフラ整備や構造物の補強といったハード対策とハザードマップの整備・公開や防災教育といったソフト対策を効果的に組み合わせた包括的な防災・減災対策が重要となります。このような防災・減災対策を実現するためには、どのように自然災害に対して安全な国土を形成するのか、そして、そのための予算・人員をどのように配分するかといった社会の意思決定が必要となります。この意思決定には、立法・行政・防災の専門家だけでなく、納税者でもある国民がその過程で活用できる指標が必要ですが、未だ確立されていません。そのため、防災予算による安全な国土形成の進展を直に感じられない状況となっています。このような社会背景の下、日下部らは自然災害に対する災害リスクにも国内総生産（GDP）や国民総生産（GNP）のような統一的な指標を適用することが必要であると指摘し、自然災害に対する安全性指標（Gross National Safety for natural disaster；GNS）とそれに基づく合理的な防災減災対策の概念を提唱しました¹⁾。現在、我々のグループはGNSの評価体系について更新と高度化を進めています。具体的には、都道府県版の自然災害リスク指標GNSを作成して2015年版^{2)~3)}、2017年版⁴⁾を公開しました。その後、都道府県版から市町村版と詳細な指標とするように検討を進めており、その一部については既に公開されています^{5)~6)}。ここでは、全国の市区町村別のGNSの傾向を示して、自治体での活用事例について紹介します。

2. 自然災害安全性指標（Gross National Safety for natural disaster）GNSの算出

自然災害に対するリスク指標GNSは、日本が有する整備された緻密な各種統計情報を用いて複数の自然災害への遭遇度合（災害曝露量）と社会が持つハードやソフト対策の進捗状況（社会の脆弱性）を掛け合わせて自然災害リスクを指標化しています^{2)~4)}。GNSは以下の式を用いて算出します。

$$GNS = \sum \{ Hazard (危険事象) \times Exposure (曝露) \} \times \sum Vulnerability (脆弱性) \quad (1)$$

Hazard（危険事象）は自然事象が起こる確率を意味する災害発生頻度、Exposure（曝露）は災害の影響下にある人口割合、Vulnerability（脆弱性）は社会が持つ脆弱性を表しています。Hazard（危険事象）とExposure（曝露）を乗算したものを「災害曝露量」と呼称しています。これらの算出方法の詳細は既報に譲りますが、公開データを中心として構築しており、表1～2の項目から算出しています。

3. 日本全国のGNS算出結果

図1は6種類の自然災害（地震、津波、高潮、土砂災害、火山、洪水）の曝露量から算出した災

	災害の影響下にある人口割合	頻度係数(都道府県データ)
地震	J-SHIS 確率論的地震動予測地図とe-Statの小地域データを重ね合わせ30年以内に震度6弱以上の地震に曝される確率	
津波	国土数値情報の標高データから標高3m未満の人口割合	1498年～2006年までの津波発生回数
高潮		1961年までの高潮発生件数(江戸期、1925年～1955年)
土砂災害	国土数値情報の土砂災害警戒区域データ(地すべり、土石流、急傾斜)と行政区域データ、e-Statの人口データと人口メッシュデータを重ね合わせ	年発生件数
火山	(都道府県データ) 火山地に住む人口	1600年以降の活火山災害発生件数
洪水	国土数値情報の浸水想定区域データと行政区域データ、e-Statの人口データと人口メッシュデータを重ね合わせ	2006年～2016年の洪水発生件数(水害統計調査)

表1 各自然災害の曝露量算出方法一覧^{7)~9)}

	分類指標	副指標(データ)
ハード対策	住宅・公共施設	耐震化率(戸建て・公共)/木造割合/腐朽・破損
	ライフライン	上水道耐震化率(管路・浄水施設・配水池)/40年超過管率
	インフラ	道路指数/橋梁修繕率
	情報・通信	防災無線施設整備率/Jアラート整備率
ソフト対策	物資・備蓄	食料備蓄(5項目)/飲料水備蓄/毛布備蓄/スーパー指数/コンビニ指数
	医療サービス	10万人当たり医師数/10万人当たり病床数
	経済と人口構成	財政力指数/ジニ係数/高齢者人口指数/被保護実人員割合
	保険	地震保険加入率
	条例・自治	土砂災害警戒区域指定率/ハザードマップ公開率/自主防災組織カバー率

表2 脆弱性の分類指標と副指標一覧⁸⁾

害曝露量です。凡例は20%以上を赤、5%以下を青として、寒色ほど災害曝露量が低いことを表しています。災害曝露量は総じて地震による影響を大きく受けている傾向がありますが、洪水や土砂災害にて曝露量が高い市町村でも災害曝露量が高くなっています。次に、図2にハード対策とソフト対策から算出される脆弱性の分布を示します。凡例は48%以上を赤、30%以下を青として、寒色系ほど脆弱であることを表しています。北海道は赤が目立ちますが、“まだら模様”となっており、災害曝露量と比べて地域の偏りは見られません。

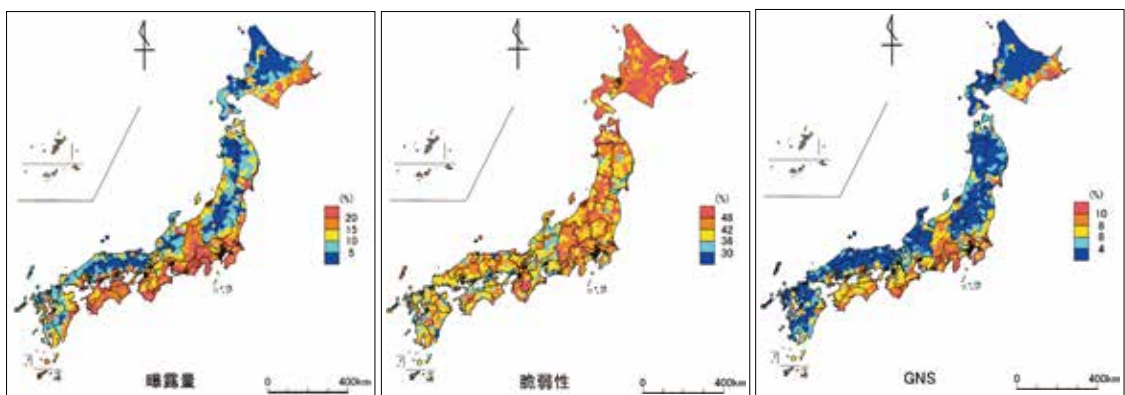


図1 災害曝露量

図2 脆弱性(V)算出結果

図3 GNS算出結果

図3に災害曝露量(図1)と脆弱性(図2)を掛け合わせて算出したGNSの算出結果を示します。凡例は10%以上を赤、4%以下を青として、寒色系ほど自然災害リスクが低いことを表しています。関東地方沿岸域及び甲信越地方と太平洋側でリスクが高い結果となりました。これは、脆弱性が地域に特徴が少ないのに対して災害曝露量は地域によるリスクの高低に偏りがあるため、相対的に災害曝露量の算出結果がGNSに影響を与えたものと考えられます。

4. GNSの利活用(自治体での利用について)

菊本らはGNSを用いたリスクの管理の方法について図4のような概念図をまとめています³⁾。ここで、図4の右側は脆弱性の副指標であるハード対策とソフト対策の関係を、左側は災害曝露量と脆弱性の関係を示しています。図中の曲線はGNSが同じ値のものを示しています。ここで、iiのGNSを低減させる方法としては、脆弱性・災害曝露量をどのように下げれば最も効果的なのかを各指標の低減に要する費用や労力、時間を鑑みて合理的に検討する必要があると述べています。

また、別の方法として副指標に着目した方法もあります。図5は脆弱性のソフト対策とハード対策の副指標を全国平均と相対比較した埼玉県北本市の円グラフです。この円グラフは扇形の破線箇所が全国平均を示しています。この破線よりも大きい場合には全国平均よりも悪い数値(対策不足)であることを意味しています。この円グラフを見ると、各市町村の対策不足の項目が視覚化でき、対策項目の重点化を図ることができます。具体的に、埼玉県北本市ではGNSの副指標を確認して重点的に検討すべき項目の洗い出しを行いました。埼玉県北本市は、GNSを利用して企画された「首都圏184市区災害に強い街ランキング」(リクルート社SUMO新築マンション)で一都三県(東京、埼玉、千葉、神奈川)の町村を除く184自治体中、第3位であったご縁から、GNSの防災対策への利活用について検討していただきました。結果として、副指標で相対的に悪かった項目(ハード対策 ライフライン)は、市独自の取り組みでは対処できない箇所(広域水道企業団の耐震化率)であったり、市町村別ではなく県統一のものだったり、市が主体的に取り組む改善策は見出せませんでした。昨今の状況を鑑みて、備蓄をよりよくすることに利用していただきました。

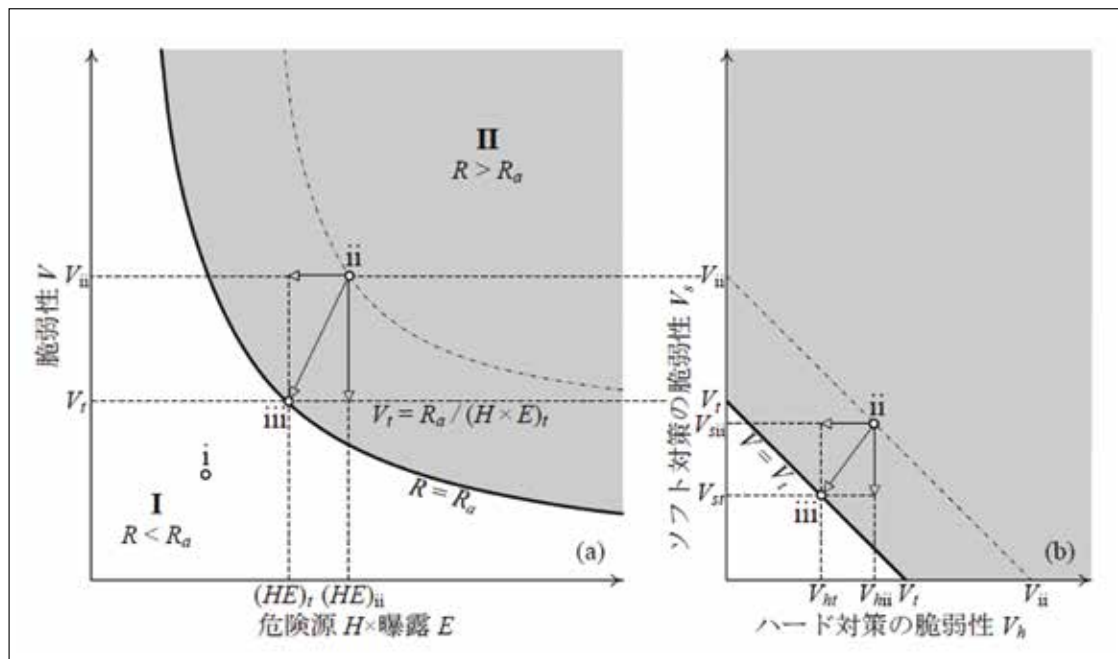


図4 GNSを用いたリスク管理の概念図³⁾

自治体の自然災害の防災・減災の取り組みは、主に脆弱性であるハード対策やソフト対策に重点が置かれていました。GNSではそれらの取り組みに加えて災害曝露量を低減することで全体のリスク低減を図ることができます。この考え方は、災害の影響下にある人口割合を低減すること、すなわち、危険な場所には住まない・住ませないという「居住地域の再考」となります。このような観点は、昨今「免災」として取り上げられています¹⁰⁾が、国や自治体が税制や立地適正化計画などの社会システムの側面から検討することで実現の可能性が期待できます。

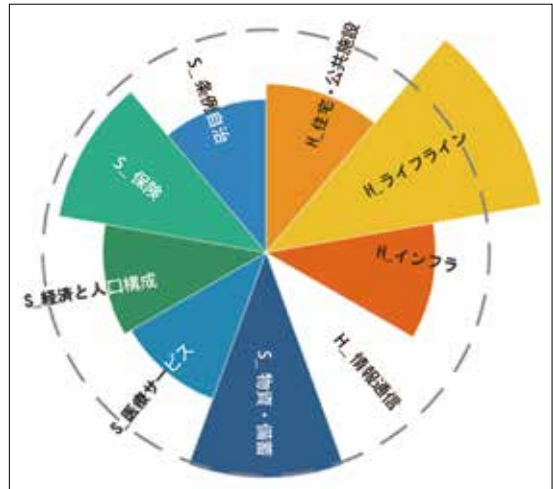


図5 脆弱性の副指標を用いた自治体の強み・弱みの把握 (埼玉県北本市)

5. まとめ

2020年に実施した国勢調査によって統計データが更新されます。GNSについても居住人口などが大きく変化するため、脆弱性に加えて災害曝露量も変化するものと思います。今後、GNSのデータ更新を行い、各自治体の取り組みによる自然災害リスクの低減度合いの経年変化を「見える化」していければと考えています。なお、最新のGNSについては、地盤工学会関東支部「自然災害に対する安全性指標（GNS）の開発とその活用に関する研究委員会」のホームページ (<http://jibankantou.jp/group/gns.html>) に公開する予定です。

最後に、本執筆にあたり、梶谷娑和氏（現 いであ、元 関西大学大学院）、安國恭平氏（東京都市大学4年）に多大なる協力を頂きました。ここに感謝の意を表します。

【引用文献】

- 1) 日下部治、伊藤和也、小梅川博之、稲垣秀輝、大里重人：地盤リスクに関する保険制度と統一的評価手法の必要性、地盤工学会誌、Vol. 61, No. 7, pp. 12-15, 2013.
- 2) 自然災害に対するリスク指標 GNS 2015年版：<http://www.jgskantou.sakura.ne.jp/group/pdf/GNS2015.pdf>
- 3) 菊本統、下野勘智、伊藤和也、大里重人、稲垣秀輝、日下部治：我が国の自然災害に対する統合的リスク指標、土木学会論文集 F6 (安全問題)、Vol. 73, No. 1, 43-57, 2017/10.
- 4) 自然災害に対するリスク指標 GNS 2017年版：<http://www.jgskantou.sakura.ne.jp/group/pdf/GNS2017.pdf>
- 5) Yusuke Mukai, Tomofumi Koyama, Mamoru Kikumoto, Kazuya Itoh: The application of GNS to evaluate natural disaster risk in Kinki area, The Society for Risk Analysis, Asia Conference 2018, 2018/03.
- 6) 梶谷娑和、小山倫史、伊藤和也、菊本統：GNSを用いた広島県の市区町村における土砂災害リスクの経年評価、Kansai Geo-Symposium 2019—地下水盤環境・防災計測技術に関するシンポジウム—、No. 4-5, 2019/11.
- 7) 国土交通省：国土数値情報ダウンロードサービス国土交通省：国土数値情報ダウンロードサービス、<https://nlftp.mlit.go.jp/ksj/index.html>
- 8) 総務省統計局：政府統計の総合窓口 (e-stat)、<https://www.e-stat.go.jp>
- 9) 国立研究開発法人防災科学技術研究所：地震ハザードステーション (J-SHIS)、<http://www.j-shis.bosai.go.jp/>
- 10) 日経コンストラクション：さらば災害リスク、自然災害と関わらない「免災」という選択肢、2018年12月10日号, pp.30-31, 2018