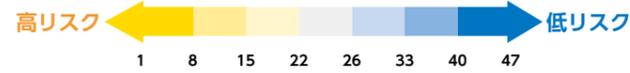


都道府県別相対順位

相対的なリスクの度合いを右の7段階で示しています。



順位	都道府県	GNS	曝露量	脆弱性	ハード	ソフト
1	徳島県	9.2	23.7	38.9	34.9	43.0
2	愛知県	8.6	21.6	39.7	37.4	42.0
3	大阪府	8.5	21.8	39.2	40.6	37.8
4	新潟県	8.4	20.4	41.4	38.2	44.6
5	東京都	8.1	21.9	37.2	34.9	39.4
6	三重県	7.9	20.0	39.6	33.6	45.7
7	千葉県	7.8	18.2	42.7	35.9	49.6
8	埼玉県	7.4	17.6	42.1	36.7	47.5
9	神奈川県	7.4	20.2	36.4	34.6	38.2
10	和歌山県	7.2	18.1	39.7	34.5	44.9
11	静岡県	7.1	17.9	39.6	35.5	43.7
12	愛媛県	6.9	17.2	39.8	35.7	43.9
13	香川県	6.7	16.6	40.2	39.5	41.0
14	高知県	6.2	15.0	41.1	37.5	44.7
15	山梨県	5.6	16.8	33.4	27.7	39.2
16	山形県	5.5	13.2	41.4	39.5	43.3
17	大分県	5.1	13.1	39.3	37.5	41.0
18	長崎県	5.0	12.0	42.0	35.0	49.0
19	岐阜県	4.8	13.0	36.6	31.0	42.3
20	宮城県	4.7	11.4	41.2	39.5	43.0
21	秋田県	4.3	10.4	41.5	36.0	47.0
22	茨城県	4.3	10.2	42.1	38.6	45.5
23	長野県	4.3	11.2	38.1	36.5	39.7
24	京都府	4.2	10.1	41.3	43.6	39.1
25	滋賀県	4.0	10.0	39.6	38.3	40.9
26	兵庫県	4.0	10.2	39.1	40.8	37.5
27	熊本県	3.9	9.7	40.5	37.8	43.1
28	富山県	3.9	10.9	35.9	33.5	38.4
29	福井県	3.8	10.7	35.9	33.7	38.0
30	福島県	3.8	8.7	44.0	40.0	48.0
31	奈良県	3.7	9.2	40.3	37.2	43.5
32	沖縄県	3.7	7.9	46.8	42.5	51.1
33	山口県	3.6	9.0	39.7	42.4	37.1
34	岡山県	3.6	8.6	41.5	40.8	42.3
35	岩手県	3.4	8.0	42.3	35.1	49.5
36	青森県	3.3	8.4	39.3	32.8	45.8
37	福岡県	3.0	7.3	41.2	41.6	40.9
38	石川県	2.9	7.6	38.1	36.9	39.3
39	鹿児島県	2.5	6.3	39.5	39.4	39.7
40	北海道	2.4	5.3	45.2	43.5	47.0
41	島根県	2.3	6.2	38.1	34.9	41.4
42	群馬県	2.1	5.3	40.1	38.1	42.2
43	広島県	2.1	5.1	41.3	40.8	41.8
44	佐賀県	1.4	3.4	41.3	38.0	44.7
45	宮崎県	1.2	3.2	39.3	34.3	44.2
46	栃木県	0.9	2.2	41.6	43.0	40.2
47	鳥取県	0.8	2.2	35.0	29.5	40.6

自然災害に対するリスク指標

GNS Gross National Safety for natural disasters

[2015年版]



(公社)地盤工学会関東支部
地盤リスクと法訴訟等の社会システムに関する研究委員会

自然災害に対するリスク指標GNSとは？

「GNS」は自然災害リスクを定量的に示した防災減災投資の意思決定者へ向けた指標です。

自然災害の減災は、国連のミレニアム開発目標の①極度の貧困と飢餓の撲滅と⑦環境の持続可能性を確保に関連した課題として重要視されています。2005年のHyogo framework for Action 2005-2015（兵庫行動枠組み2005-2015）に基づいて“自然科学”と“社会科学”の両面から国土の脆弱性を定量的に評価する指標の開発に向けて動き出しています。自然災害が多発する我が国においても、真に自然災害に対し安全な国土を形成するには、潜在的な自然災害に対して、ハードウェア対策とソフトウェア対策のそれぞれがどの程度の抵抗を示すのか、またどの要因が不足しているのかを定量的に示すことのできる安全性指標が望まれていましたが、今まで作成されていませんでした。

このような背景の中、日下部治（GNS開発者の一人）は、国家の経済指標であるGDP、GNPや、国民の幸福量指標であるGNHなどと同じように、自然科学や社会学に基づく国家レベルでの自然災害に対する安全性指標が必要であると考え、自然災害に対する国家の安全度を計る統一的な数量的指標として自然災害に対するリスク指標（Gross National Safety for natural disasters：GNS）の構想を提唱しました。このGNSは、2012年3月にThe Japan Timesに取り上げられ、世界に発信されています。

本冊子「自然災害に対するリスク指標GNS [2015年版]」は、統一的な数量的指標として都道府県別のGNSについて、(1)算定方法と(2)算定結果を提示しています。今後、継続的な更新を行うことで、各都道府県レベルのハード対策やソフト対策の充実度が分かるようになり、効率的な防災・減災投資への定量的な指標の一つとなることを開発者一同願っています。

新潟県中越沖地震で被災した青海川駅周辺／2007年7月23日 伊藤和也撮影





自然災害に対するリスク指標

GNS Index 2015

都道府県別の自然災害に対するリスクの統一した数量的指標としてのGNS指標の算定方法と算定結果を示します。

GNSのコンセプト

GNS [2015年版]算出方法

一般的な自然災害リスクの算出式では、自然災害を R 、災害に曝されている人口の割合を E 、社会が持つ脆弱性を V 、ナチュラルハザードという自然現象が起こる危険（確率）を意味するハザード H 、災害に対する強靭度（レジリエンス） Re から、次に示すような関数を用いて算出することが多い。

$$R = f(H, E, V, Re) \quad (1)$$

ここで、 $H \times E$ が広義での「曝露量」となり、人口分布や地形・地質によって定まる値、 $V \times Re$ が社会と自然災害の関係を表す値として表現されます。

GNS [2015年版]においても自然災害への遭遇度合と社会の脆弱性から自然災害リスクの算出を試みっていますが、レジリエンスは脆弱性に組み込まれた形 $V = V(V, Re)$ として使用しています。したがって式(1)は下記の通りとなります。

$$R = f(H, E, V) \quad (2)$$

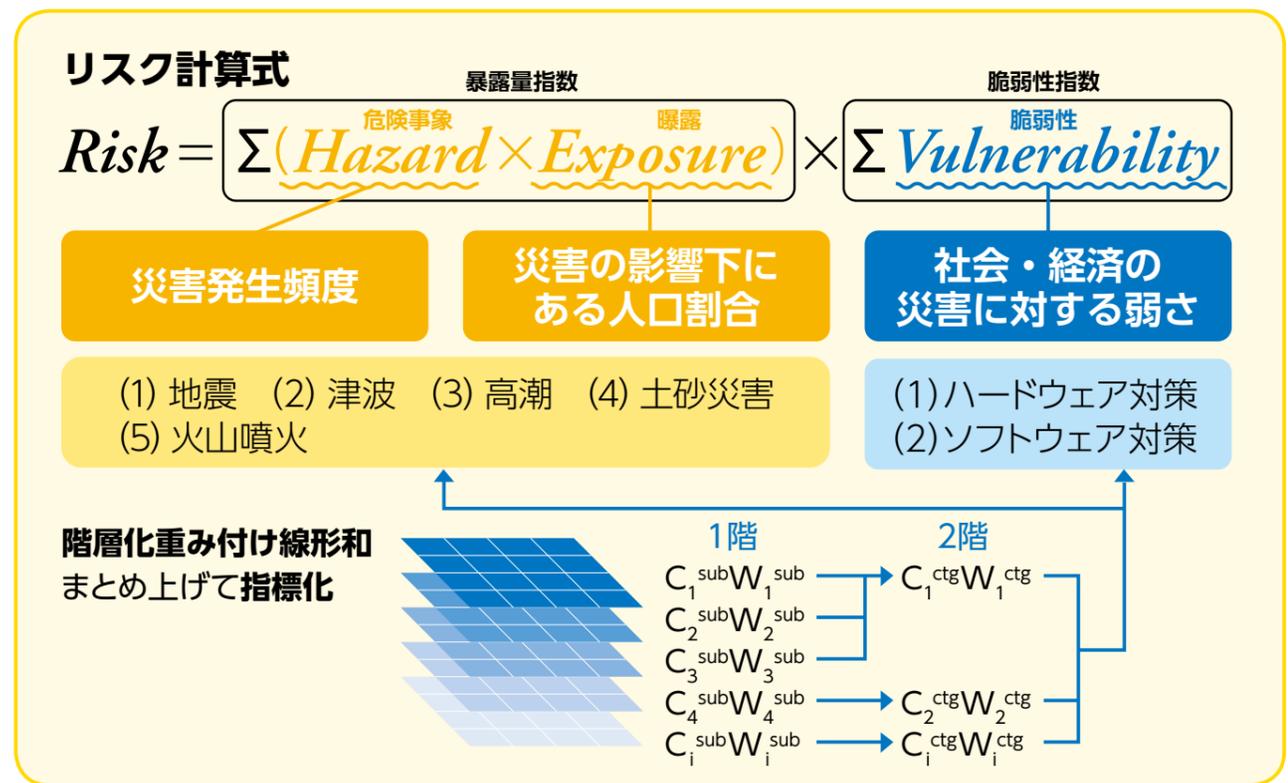
式(2)をGNS [2015年版]における自然災害リスクの算出式として用います。

$$R = H \times E \times V \quad (3)$$

式(3)の特徴としてどれか1つの項が「0」となればリスクが0となります。つまり災害を引き起こす物理現象が発生しない ($H=0$) 場合、無人島のように物理現象が発生した場所に人が住んでいない場合 ($E=0$)、自然災害に対し強い社会を実現している場合 ($\lim_{V \rightarrow 0} V$) のどれか1つに該当すれば、リスクが0となるということを表現しています。

GNS [2015年版]の開発にあたり、防災・減災投資への政策決定者が参照しやすい形を第一に心掛けて、以下の点に留意してGNS [2015年版]を開発しました。

1. 継続的に更新できるよう定期的に更新されるフリーアクセスのデータを使用する。
2. 比較範囲が都道府県間であり、都道府県のスケールに合わせたデータを使用する。
3. 自然災害対策として改善すべきである項目を中心に導入する。
4. ハザード、曝露、脆弱性はそれぞれ階層化され重み付けされた指標の線形和として計算する。



脆弱性指数に関するソースデータ

	分類指標	副指標(データ)
ハード	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	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

曝露量指数に関するソースデータ

指数	指標
曝露量	地震(海溝型地震・直下型地震), 津波, 高潮, 土砂災害, 火山

分類指標の下の階層にはさらに副指標と呼ばれる指標群が存在しており、それらの副指標はGNS指標の中でもっとも小さな指標となります。副指標自身もまたフリーアクセスで入手可能なデータ群から構成されており、データ群は階層化された構造の最深部に位置します。

ハード対策

ハード対策とは、建造物の耐震化や老朽化した社会基盤の更新により物理的な要因をもって自然災害対策を行う方法です。ハード対策指標は、ひとつ下の階層に位置する分類指標と呼ばれる指標群により分類されています。ハード対策の分類指標群は(1)住宅・公共施設、(2)ライフライン、(3)インフラストラクチャー、(4)情報・通信の4つとしました。

GNS [2015年版]の枠組み

GNSは、防災・減災投資の政策決定者に向け、簡便で明確な指標開発を進めるため、その枠組みを「脆弱性」と「曝露量」の掛け合わせで表現することとしました。「脆弱性」の枠組みでは、ハード対策とソフト対策という聞き覚えのある分類方法として、都道府県間比較に合ったデータをハード対策とソフト対策に分類して導入しました。以下に、それぞれの指標の算出方法を説明します。

脆弱性

脆弱性指標はハード対策指標とソフト対策指標に均等な重み係数 $w_i = 0.5$ を乗じて加算したものです。脆弱性指標に関する指標群を表に示します。以下に、ハード対策とソフト対策の算出概念について示します。

ハード対策指標の算出過程では、まず14つのデータから1つ上の階層に位置する副指標を算出します。さらに分類指標内での副指標に全て均等な重み係数を乗じて、住宅・公共施設、ライフライン、インフラストラクチャー、情報・通信の分類指標を算出します。最後に得られた4つの分類指標に均等な重み係数 $w_i = 0.25$ を乗じることでハード対策指標を算出しました。

ソフト対策

ソフト対策とは、災害に迅速に対応するマニュアルや、日頃から災害に備えての教育や備蓄をしておく仕組みを持って自然災害に抵抗する対策です。ソフト対策の分類指標群は(1)物資・備蓄(2)医療サー

ビス (3) 経済と人口構成 (4) 保険 (5) 条例・自治の5つとしました。

ソフト対策の算出過程はハード指標と同様に22つのデータ群により1つ上の階層の副指標を算出します。また各分類指標内で副指標が均等に影響するよう等しい重み係数を乗じて分類指標を算出します。なお、分類指標にかかる重み係数は「保険」のみ0.1としました。その他の分類指標は全て等しい重み係数 $w_i = 0.225$ を乗じてソフト対策指標を算出しています。

曝露量

曝露量の詳しい算出方法を以下に記述します。

(1) 地震

海溝型地震と直下型地震の2種類があり、GNS [2015年版] ではそれぞれ別の方法により標準化を行いました。以下にそれぞれについて示します。

海溝型地震

海溝型地震については、(独) 防災科学技術研究所のJ-SHIS Mapにある被災人口地図を使用しました。これは、震源を選択すると想定した地震が発生した場合に、ある強さ以上の揺れに曝される人口の分布(震度曝露人口)が表示されるものです。今回選択した震源はJ-SHISで想定されている、色丹島沖地震、十勝―根室沖連動地震、三陸沖北部のプレート間大地震、北海道西方沖地震、北海道西南沖地震、青森県西方沖地震、山形県沖地震、新潟県北部沖地震、東北地方太平洋沖方地震、大正型関東地震、東海地震、東南海地震、南海地震を使用しました。これらの地震による震度6弱以上の震度曝露人口割合を海溝型地震の曝露量としました。

直下型地震

直下型地震については、活断層の延長距離を使用しました。これは活断層の延長を影響範囲であると考え、面積で除すことにより都道府県内全体への影響のしやすさを考慮しました。これは、活断層密度を算出していることとなります。

地震の曝露量は海溝型と直下型地震の2つの値か

ら算出されますが、ダブルカウントを考慮できないため2つの平均値を用いています。

(2) 津波

津波は1498年～2006年までの津波発生回数から頻度係数を求めたものに、標高3m未満の人口を乗じて津波曝露量としています。

(3) 高潮

高潮は1961年までの高潮発生回数から頻度係数を求めたものに、標高3m未満の人口を乗じて高潮曝露量としています。津波との違いは発生場所とその頻度です。

(4) 土砂災害

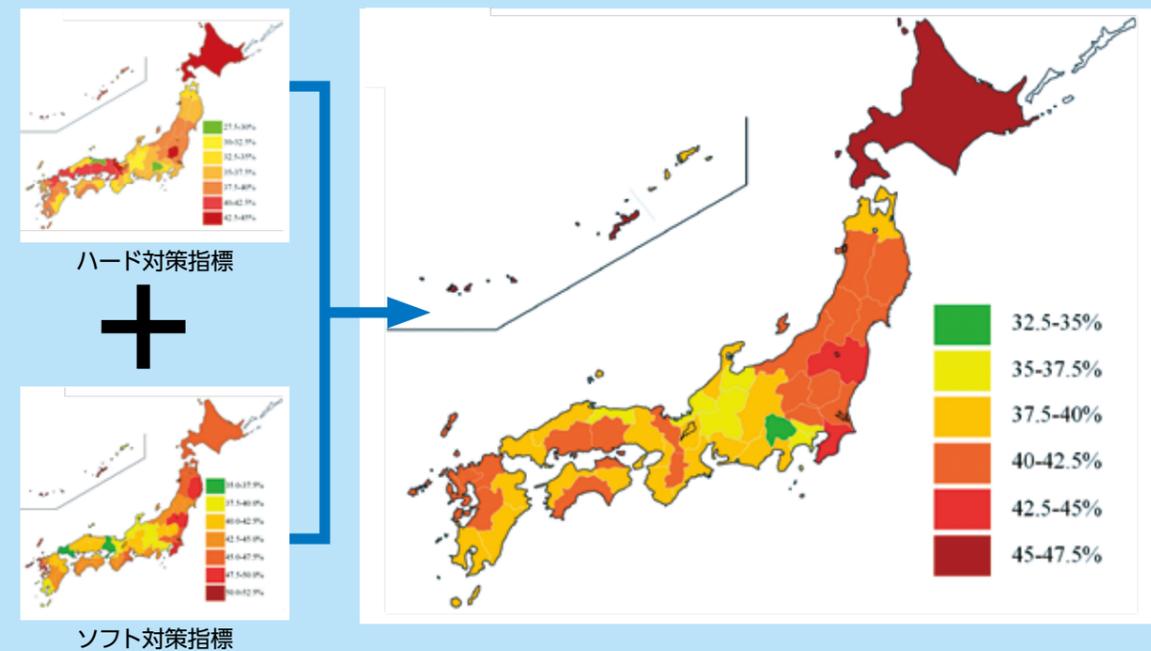
土砂災害は土砂災害危険箇所に住んでいる人口の割合から算出しました。土砂災害危険箇所は、土石流危険渓流戸等と急傾斜地崩壊危険箇所等については5戸以上が住んでいるI種と1～4戸が住んでいるII種が存在します。そこで、I種には平均10戸、II種には平均2.5戸の人家があると仮定し、地すべり危険箇所についても範囲が広いので平均10戸住んでいると仮定し、危険箇所数分足し合わせた人口を総人口で割ったものを曝露としました。1年あたりの土砂災害発生件数を土砂災害危険箇所数で除したのから頻度係数を求めてそれら曝露を掛け合わせることで土砂災害の曝露量を算出しました。

(5) 火山災害

火山災害は気象庁の主な火山災害年表により1600年以降に発生した主な活火山災害発生件数を都道府県ごとにカウントしたのから頻度係数を求め、火山地に住む人口を乗じて火山曝露量を算出しました。

曝露量の算出過程は5種類の指標が全て均等となる重み係数 をかけて算出しました。

脆弱性

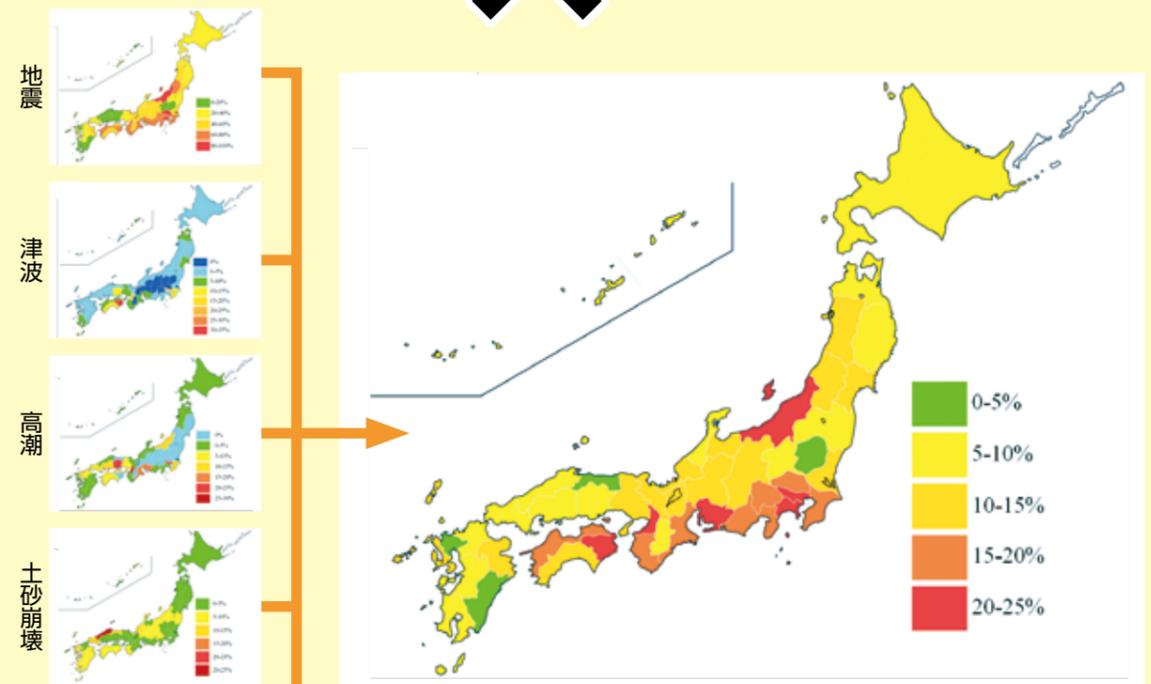


脆弱性指数

脆弱性指標はハード対策指標とソフト対策指標に均等な重みをかけて算出する。ハード対策指標では、山梨県、鳥取県、岐阜県が良い評価となり、京都府、北海道、栃木県が悪い評価となった。一方、ソフト対策指標では、山口県、兵庫県、大阪府が良い評価となり、沖縄県、千葉県、岩手県が悪い評価となった。脆弱性指数は、山梨県、鳥取県、富山県、福井県が良い評価となっており、沖縄県、北海道、福島県が悪い評価となっている。

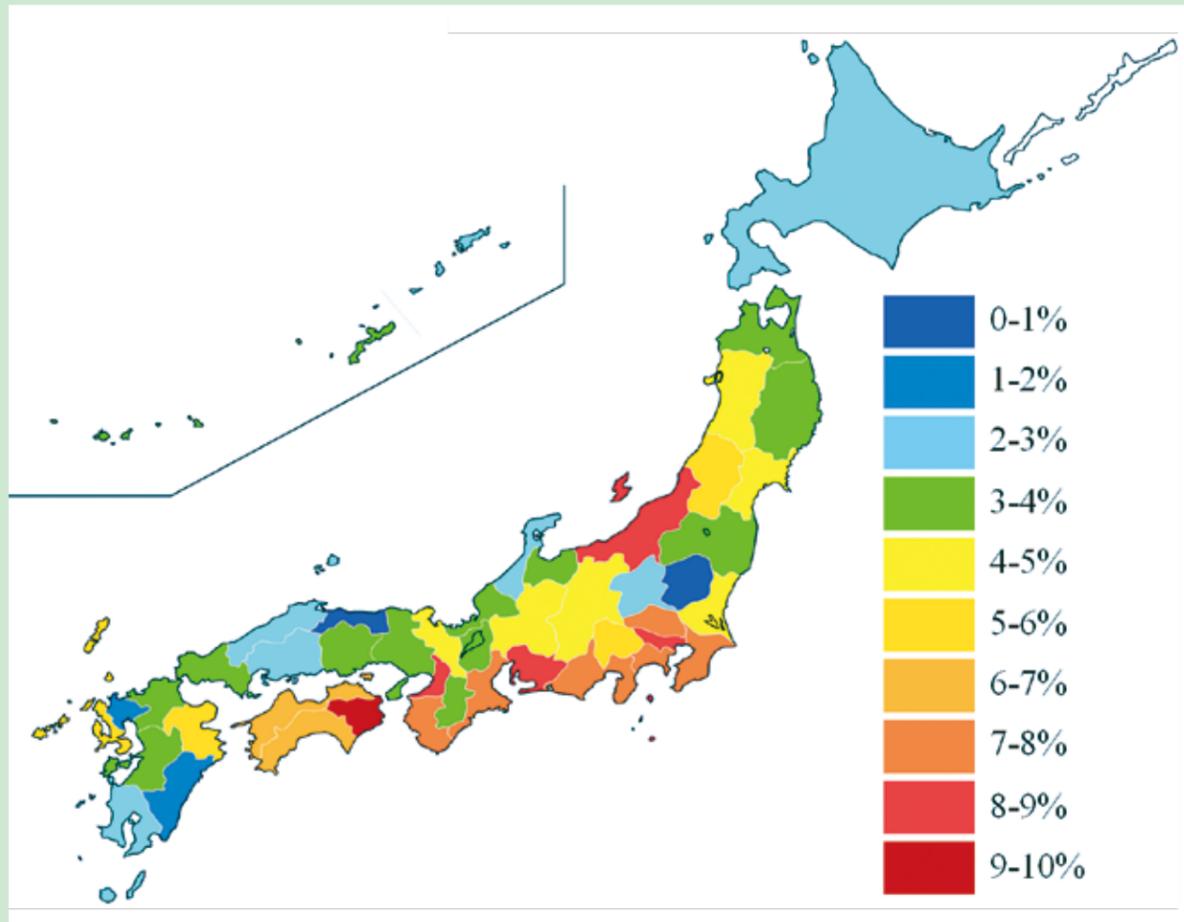
脆弱性(上)と曝露量(下)の数値を掛け合わせる → GNSを算出

曝露量



曝露量指数

曝露量指数では、徳島県、東京都、大阪府が悪い評価(曝露量が高い)となり、宮崎県、栃木県、鳥取県が良い評価(曝露量が低い)となりました。



GNS [2015年版]

脆弱性指標と曝露量指標を掛け合わせたものがGNS [2015年版] となります(上図)。下表には上位4県、下位4県の数値を示しています。GNSの上位、下位ともに曝露量の都道府県順位が上位5位もしくは下位5位以内にあり、GNSが曝露量指数に影響を受けている傾向が見られます。

仮に自然災害に対するリスクが自然災害への曝露量に大きく左右されてしまうのであれば、曝露量自体を変えて災害対策を行うという考え方があります。GNSのリスク算出式である式(3)において災害を発生させないことは不可能であり、脆弱性は対策を行っても0となる保証はなく予算も膨大となります。したがって人口分布を変化させて自然災害が発生する場所には人が住んでいない状態を作り上げていくということも、自然災害を軽減するための選択肢の一つとなります。段階的に人口分布を変化させていくような政策を脆弱性指標にあるハード対策とソフト対策とともに取り組んでいくことによって、自然災害に対するリスクを低減することが可能となります。

良かった都道府県

順位	都道府県	GNS
1	鳥取県	0.8
2	栃木県	0.9
3	宮崎県	1.2
4	佐賀県	1.4

悪かった都道府県

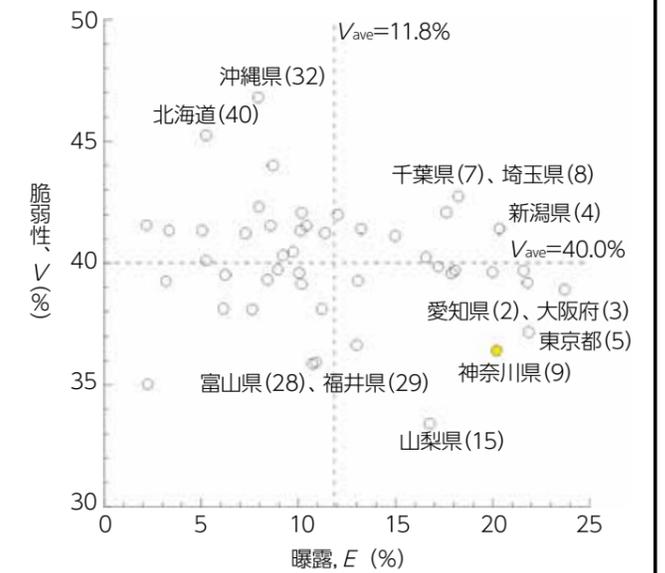
順位	都道府県	GNS
1	徳島県	9.2
2	愛知県	8.6
3	大阪府	8.5
4	新潟県	8.4

GNSの活用方法

GNS2015の活用方法について以下に示す。

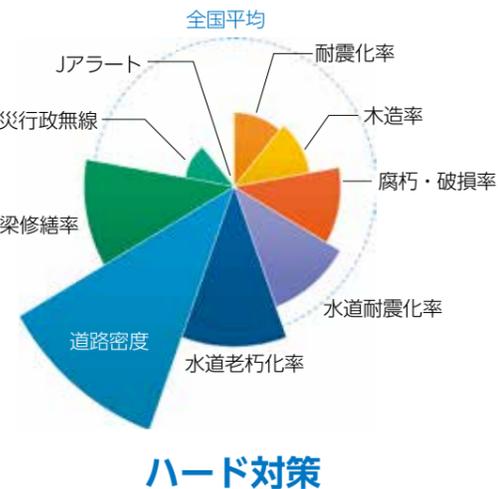
右図は曝露量と脆弱性の各都道府県のバランスを示したもので、破線は各都道府県の平均を示しています。ここでは、神奈川県を例としてみます。神奈川県は曝露量が大きく脆弱性の値は低い傾向です。脆弱性に優れる神奈川県でもソフト対策・ハード対策のそれぞれのバランスを見ると、いくつかの課題が見られます。

下図は神奈川県のソフト対策・ハード対策の全国平均値との比較を示したものです。この図では扇形の形が破線点線よりも大きい場合には対策不足であることを意味しています。これらの図を見ると、神奈川県ではハード対策では道路密度が、ソフト対策では医師数と病床数と事故防災組織力パー率の対策が不十分であることがわかります。このように、都道府県レベルでの対策不足の項目が視覚化できることによって、対策項目の重点化が計れる点がGNS活用方法のメリットとなります。



各都道府県の曝露量と脆弱性のバランス

例) 神奈川県の脆弱性の項目





自然災害に対するリスク指標

GNS Index 2015

一覧表

1 曝露量関連 Exposure

*但し、人口に関しては脆弱性に関する指標統計と合わせて公表されている場合も多いため、このリストでは脆弱性等の項目に含め記載する。

1 WEBサイト

1	防災科学技術研究所：地震ハザードステーションJ-SHIS Map http://www.j-shis.bosai.go.jp/map/
2	気象庁：震度階級関連解説表 http://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/shindo/kaisetsu.html
3	都市圏活断層図 http://www.gsi.go.jp/bousaichiri/active_fault.html
4	地震調査研究推進本部 http://www.jishin.go.jp/main/index.html
5	地盤安心マップ http://www.jibanmap.jp/map/main.php
6	阿部勝正、日本付近に発生した津波の規模(1498-2006年) https://www.eri.u-tokyo.ac.jp/tsunamiMt.html
7	気象庁：主な火山災害年表 http://www.data.jma.go.jp/svd/vois/data/tokyo/STOCK/souran/main/disaster_table.pdf
8	国土数値情報 土砂災害危険箇所データ http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/gml/datalist/KsjTmplt-A26.html

2 書籍

1	活断層研究会編(1991)：「新編日本の活断層—分布と資料」。東京大学出版会，437p.
2	中田・今泉編(2002)：「活断層詳細デジタルマップ」。東京大学出版会，59p+DVD.
3	荒川俊秀，石田祐一，伊藤忠士(1961)：日本高潮史料，気象研究所
4	中田・今泉編(2002)：「活断層詳細デジタルマップ」。東京大学出版会，59p+DVD.
5	宮崎正衛：近年日本沿岸に襲来した高潮について，海岸工学講演会講演集Vol.3 (1956)，P1-8

2 脆弱性・感受性・対処力・順応力等関連

Vulnerability, Susceptibility, Coping capacities, Adaptive capacities

1 WEBサイト

1	警察庁：広報資料 平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震の被害状況と警察措置 http://www.npa.go.jp/archive/keibi/biki/higaijokyo.pdf
2	復興庁：平成26年東日本大震災における震災関連死の死者数 http://www.reconstruction.go.jp/topics/main-cat2/sub-cat2-1/20141226_kanrenshi.pdf
3	復興庁：平成27年全国の避難者等の数 http://www.reconstruction.go.jp/topics/main-cat2/sub-cat2-1/20150130_hinansha.pdf
4	内閣府：平成24年版防災白書附属資料14東日本大震災における被害額の推計 http://www.bousai.go.jp/kaigirep/hakusho/h24/bousai2012/html/honbun/4b_8s_14_00.htm
5	環境省：平成24年度末の汚水処理人口普及状況について http://www.env.go.jp/recycle/jokaso/data/population/pdf/osui-h24.pdf
6	厚生労働省：平成24年度給水人口と水道普及率について http://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/topics/bukyoku/kenkou/suido/database/kihon/fukyuritsu.html
7	国土交通省：耐震化の進捗について http://www.mlit.go.jp/common/000133730.pdf
8	総務省統計局：2013年人口推計 http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/List.do?lid=000001118081
9	総務省統計局：平成24年度被保護者調査 http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/GL08020103.do?_toGL08020103_&listID=000001119498&requestSender=search
10	内閣府：平成23年度県民経済計算 http://www.esri.cao.go.jp/jp/sna/data/data_list/kenmin/files/contents/main_h23.html
11	総務省統計局：平成21年全国消費実態調査 http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/List.do?bid=000001034909&cycode=0
12	水道技術研究センター：平成22年度における「地震対策3指標」の状況—水道統計に基づく試算結果(その1)— http://www.jwrc-net.or.jp/hotnews/pdf/HotNews342.pdf
13	水道技術研究センター：「40年超過管率」の推移について—平成22年度水道統計に基づく試算結果—(その1) http://www.jwrc-net.or.jp/hotnews/pdf/HotNews330-2.pdf
14	総務省統計局：道路統計調査 国土交通省：都道府県別点検実施状況・計画策定状況・修繕進捗状況 http://www.mlit.go.jp/road/sisaku/yobohozen/yobo5_3.pdf
15	消防庁：平成25年度版 消防白書附属資料 http://www.fdma.go.jp/html/hakusho/h25/h25/index.html

16	消防庁：地方防災行政の現状(付 平成24年災害年報) http://www.fdma.go.jp/disaster/chihoubousai/
17	スーパーマーケット統計調査事務局 http://www.j-sosm.jp/tenpo/
18	iタウンページ http://itp.ne.jp/?rf=1
19	総務省統計局：平成24年医師・歯科医師・薬剤師調査 http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/List.do?lid=000001116230
20	総務省：平成24年度都道府県財政指数表 http://www.soumu.go.jp/iken/ruiji/todohuken24.html
21	損害保険算出機構：損害保険料率算出機構統計集(平成24年度)第2部地震保険 http://www.giroj.or.jp/disclosure/toukei/
22	総務省：土砂災害防止対策に関する実態把握活動<災害時要援護者関連施設等に係る対策を中心として>別途 表 http://www.soumu.go.jp/menu_news/s-news/000066869.html
23	国土交通省：ハザードマップポータルサイト http://disaportal.gsi.go.jp/index.html
24	平成26年度概算要求において新規に要求する事業に係る行政事業レビューシート > 施策名：今後の医療需要に見合った医療従事者の確保を図ること 政策評価書 http://www.mhlw.go.jp/jigyo_shiwake/gyousei_review_sheet/2013/h26_1-2-1.html
25	総務省：地方交付税 http://www.soumu.go.jp/main_sosiki/c-zaisei/kouhu.html

2 書籍

1	総務省統計局：平成20年住宅・土地統計調査
2	統計情報研究開発センター(2001)：土地形状別人口統計とその分析

自然災害に対するリスク指標 GNS [2015年版]

自然災害に対するリスク指標GNS [2015年版]は、科学研究費補助金(挑戦的萌芽研究)「自然災害安全性指標(GNS)の開発」(研究代表者：日下部治、課題番号25560184)の成果をとりまとめたものです。

自然災害に対するリスク指標GNS [2015年版]は以下のメンバーで作成されました。

茨城工業高等専門学校 校長 日下部治

横浜国立大学 准教授 菊本統

横浜国立大学 学部4年 下野勤智

独立行政法人労働安全衛生総合研究所 主任研究員 伊藤和也

株式会社環境地質 代表取締役 稲垣秀輝

株式会社土質リサーチ 代表取締役 大里重人

株式会社大林組 技術研究所 主任 渡邊康司

[協力者]

公益社団法人地盤工学会関東支部

地盤リスクと法・訴訟等の社会システムに関する研究委員会 地盤脆弱性評価ワーキンググループ
ワーキンググループメンバー (敬称略)

福田徹也 金田朋之 岩崎公俊 大日方尚巳 笹倉剛 渡部要一 喜内敏夫 小林浩 武田耕造

[表紙写真]

東日本大震災によって発注した津波被害(茨城県いわき市) / 2011年5月7日 伊藤和也撮影

[発行人] 日下部治 伊藤和也

[発行日] 2015年3月21日

[印刷製本] 株式会社アトミ

[デザイン] 平野綾乃(株式会社アトミ)