



日本学術会議公開シンポジウム
東日本大震災を教訓とした安全安心
で持続可能な社会の形成に向けて



低確率かつ甚大被害の地震発生予測 と意思決定

平田直

日本学術会議連携会員

東京大学地震研究所教授

主催 日本学術会議地球惑星科学委員会地球・人間圏分科会
協賛 (公社)日本地球惑星科学連合、地理学連携機構
場所 日本学術会議講堂(東京都港区六本木7-22-34)
日時 平成26年9月14日(日) 13:10-13:30

【謝辞】不確かな情報下の参加型意思決定

Participatory Decision Making under uncertainty (Gordon Woo, 2014)

Workshop on Operational Earthquake Forecasting and Decision Making, Varenna, Italy, June 11, 2014

- Operational Earthquake Forecast (OEF)
(実務的地震発生予測：毎日発生確率を発表)
Jordan, T. H. (2013). Lessons of L'Aquila for operational earthquake forecasting, *Seismol. Res. Lett.* 84, no. 1, doi: 10.1785/0220120167.
- Wang K., Rogers G.C. (2004) Earthquake Preparedness Should Not Fluctuate on a Daily or Weekly Basis, SRL, May/June 2014

全世界的な脅威

1. 地球規模感染症 パンデミック
ク(pandemic)
2. テロ (政治的暴力)
3. 地震(火山・風水害)等の自然
災害

地球規模感染症 パンデミック (pandemic)

<http://www.asi-inc.co.jp/pandemic.htm>

- 世界的な流行病に対する医学用語で、ある感染症が世界的に流行することを指す言葉。「感染爆発」ともいう。
 - 14世紀に欧州で流行したペスト
 - 19世紀以降7回の大流行を起こしたコレラ
 - スペインインフルエンザ(1918-1919)
 - H5N1 型鳥インフルエンザウイルスから出現する新型インフルエンザ、全世界で1億5000万人が死亡する予測(国連)専門家の間では、その倍以上の死者が出ると推定している。
 - エボラ出血熱

[ワシントン/コナクリ/ダカール 3日 ロイター] - 世界保健機関(WHO)のマーガレット・チャン事務局長は3日、エボラ出血熱の死者が1900人を超えたと発表した。先週の1500人強から急増したことになる。

http://www.huffingtonpost.jp/2014/09/03/ebora-1900_n_5763106.html

WHOの発表では、8月31日現在、西アフリカ5か国におけるエボラ出血熱感染者数の合計は3,707人(確定例、可能性例、疑い例含む)、うち1,848人が死亡したとのことです。



エボラ出血熱に関するQ&A

- エボラ出血熱は、エボラウイルスによる感染症。現在、エボラ出血熱に対するワクチンや特異的な治療法はないため、患者の症状に応じた治療(対症療法)を行う。感染したときの致死率は50 - 90%と非常に高い。
- 現在(平成26年8月11日時点)、日本の外務省は、ギニア・シエラレオネ・リベリアについて

《渡航者向け》

「不要不急の渡航は延期してください。一旦入国しても、商業便の運航停止などにより、出国できなくなる可能性があることに留意してください。」

《在留邦人向け》

「商業便の運航停止などにより、出国できなくなる可能性及び現地で十分な医療が受けられなくなる可能性があります。これらを踏まえ、早めの退避を検討してください。」

感染症危険情報:ギニア全土

《渡航者》「不要不急の渡航は延期してください。一旦入国しても、商業便の運航停止などにより、出国できなくなる可能性があることに留意してください。」
《在留邦人向け》
「商業便の運航停止などにより、出国できなくなる可能性及び現地で十分な医療が受けられなくなる可能性があります。これらを踏まえ、早めの退避を検討してください。」
「帰国に際しては、経由地及び日本国内の空港等で停留される可能性がありますので留意してください。」



凡例: [Shaded Area] : 感染症危険情報対象地域

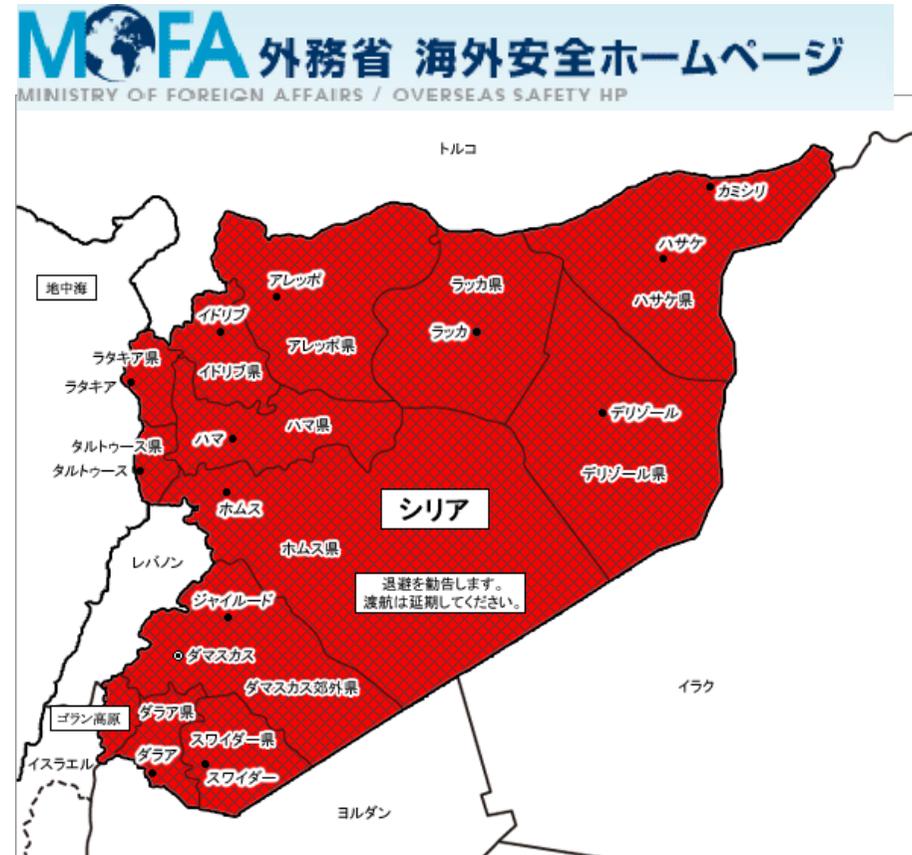
凡例: [Shaded Area] : 感染症危険情報対象地域

シリアについての渡航情報 (危険情報)の発出

- シリアについての渡航情報(危険情報)の発出
- 全土:「退避を勧告します。渡航は延期してください。」(継続)

Intelligence officers are no better at predicting terrorist attacks than seismologists are at predicting earthquakes. (Gordon Woo, 2014)

2014/9/7



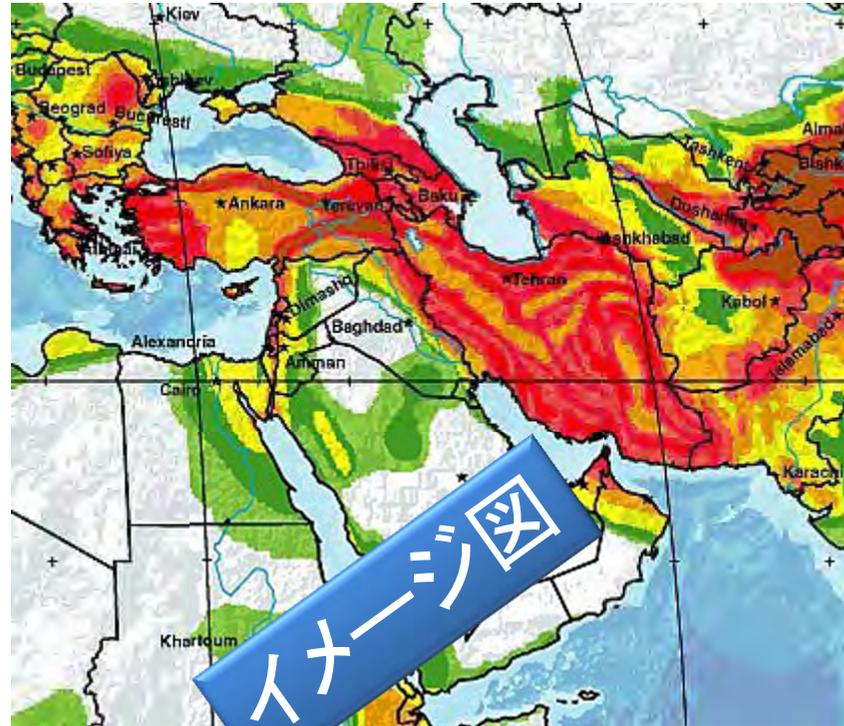
- 凡例:
- 「退避を勧告します。渡航は延期してください。」
 - 「渡航の延期をお勧めします。」
 - 「渡航の是非を検討してください。」
 - 「十分注意してください。」

(仮想)中東地震勧告

もし、耐震化されていない建物の多い地域で大地震の発生確率が高くなったら、住民はその情報を知らされるべきか？

確率上昇は、0.001% から 5%
へ5000倍になった

'We cannot encourage communities to evacuate while telling them that such a decision will almost certainly (95%) be wrong.'
Wang K., Rogers G.C. SRL, May/June 2014



1978年1月14日12時24分 伊豆大島近海地震(M7.0)

予測地震をM6½以上としての前兆確率

$$P = \frac{1}{1 + \left(\frac{1}{P_A} - 1\right) \left(\frac{1}{P_B} - 1\right) \left(\frac{1}{P_C} - 1\right) / \left(\frac{1}{P_0} - 1\right)^{N-1}}$$

項目A: 1976年初からの隆起域の広がり等から考えて, 隆起が始ってから5年以内に起る確率1/3 (0.02% per day)

項目B: 1月14日午前大島西方の地震活動を前震である確率1/10。始ってから3日以内に起る確率1/35 (1% per day)

項目C: 石廊崎と網代の埋込式体積ひずみ計に現れた異常や伊豆半島のラドン, 井戸水位等の異常前年の12月中旬から1か月以内に起る確率1/10 (0.3% per day)

項目0: 大地震の基礎確率 P_0 : 対象地域内で

- 30年に1回の割で起っている場合 (Case I) (0.009% per day)
- 100年に1回の割で起っている場合 (Case II) (0.003% per day)

宇津徳治(1979): 地震予知の適中率の計算(伊豆大島近海地震を例として), 連絡会報, 21, 164-166.

伊豆大島近海の地震 (M7.0) の前兆

確率 宇津徳治 (1979)

τ		3 hours	1 day	3 days
P_A	隆起	0.0000228	0.02%	2倍 0.0548
P_B	前震	0.00119	1%	104倍 0.086
歪、水位、 P_C	ラドン	0.000417	0.3%	36倍
P_0	Case I	0.0000114	0.01%	0.000274
	Case II	0.00000342	0.003%	0.0000821
$P(A \cap B \cap C)$	Case I	0.080 (0.011)	0.41 (0.081)	4,491倍)
	Case II	0.49 (0.11)	0.89 (0.49)	9,748倍)
$P(A \cap B)$	Case I	0.0024	0.019	208倍
	Case II	0.0079	0.060	657倍
$P(B \cap C)$	Case I	0.042	0.26	2,848倍
	Case II	0.13	0.54	5,915倍

実務的地震発生予測(OEF)では利害 関係者の参加が必要

(例)

- 課外授業や社会人教育の提供
- 地震防災訓練の組織
- 重要インフラの完全検査
- 脆弱な橋の交通量規制
- 危険物の在庫制限
- 耐震改修の促進

利害関係者を意思決定に参加させる

必要性の主な理由

- [1] 利害関係者の要求を理解することは効果的な意志決定には不可欠で。複雑な状況では、意思決定者は色々な見方のうち、よく理解できる利害関係者の言っていることしか頭に入らない。
- [2] 利害関係者との親身な相談と徹底的な議論をすれば、対応策を実行することが容易になる。もし利害関係者の考えが十分考慮されれば、実施される対応策がたとえ利害関係者の望み通りでなくても、より喜んで同調する傾向がある。

自己管理と認識行動モデル

Self-management and the cognitive behavioural model

- 人間の行動は、思考、感情の複雑な相互作用によって生じる
- これらは、外部環境の擾乱に依存している。



意思決定とは？

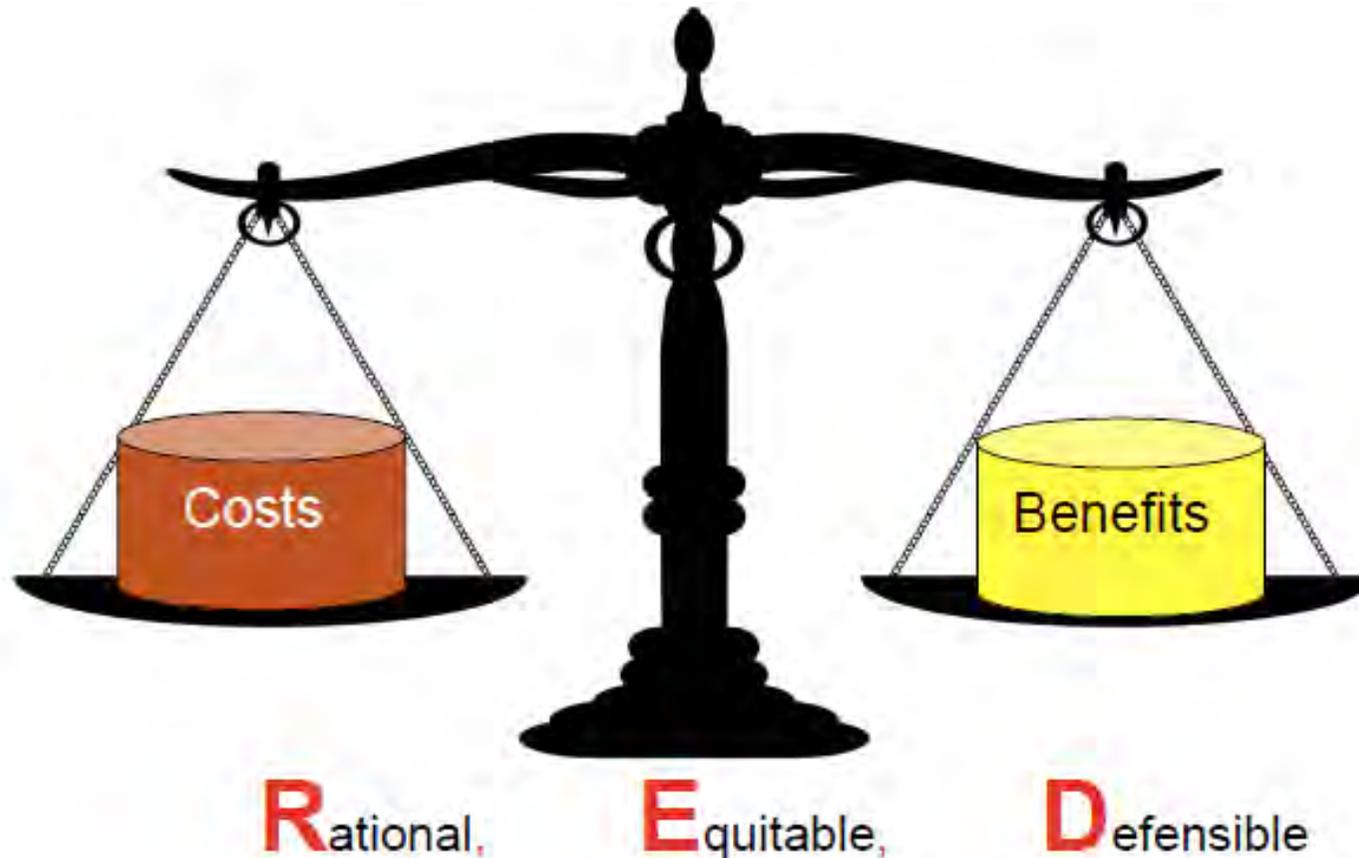
UK rail safety guidance

意思決定の最終段階ですべきことは、「この決定には意味があるか？」と振り返ること。

つまり、この「決定」は以下の3条件を満たしているか

- ◆ 合理的である Rational: 健全な理由があり、気まぐれな決定でない。
- ◆ 公正である Equitable : 全員の利益に合致している
- ◆ 説明性がある Defensible: もし説明を求められたら、説明できる

被害危険度を低減する行動の費用対効果 を計る



対照的な専門家の意見

- **ハザード (Hazard)** : 今週中に人的被害がもたらされるような大規模ハザード(自然現象)が発生することは、 $X\%$ の有意水準で確かだと考える。
- **危険 (Risk)** : ある危険回避行動をとることで安全になる効果は、そのために必要な経費を上回ることは、 $Y\%$ の有意水準で確かだと考える。



警報を出すとき考慮すべき住民の種類

Population segmentation of warnings

住民の社会的・心理学的な異質性を考慮する必要がある

1. 被災から逃れるための個人負担

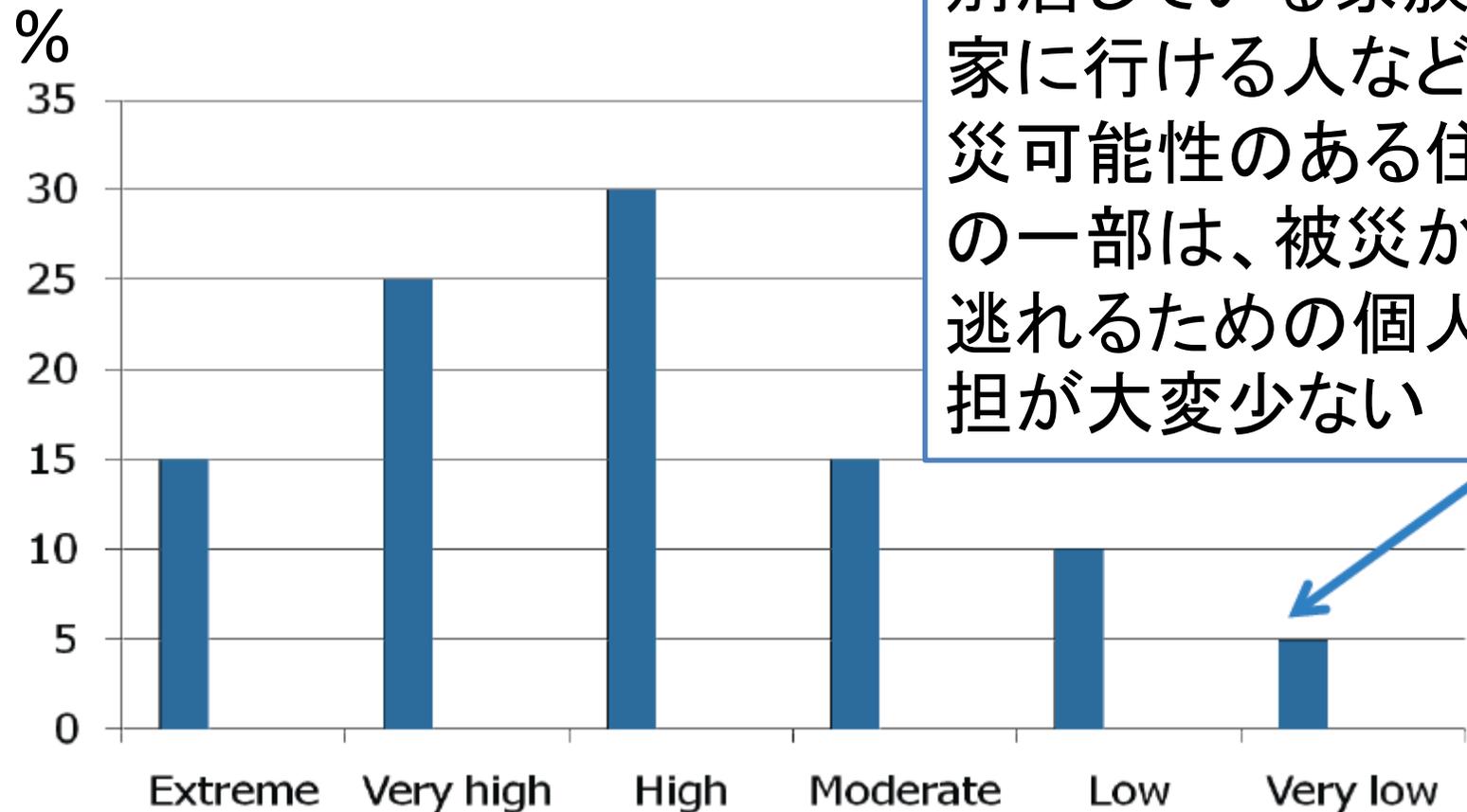
Personal cost of avoiding risk exposure

1. 低リスク選好 Risk aversion

2. 統制の所在 Locus of control

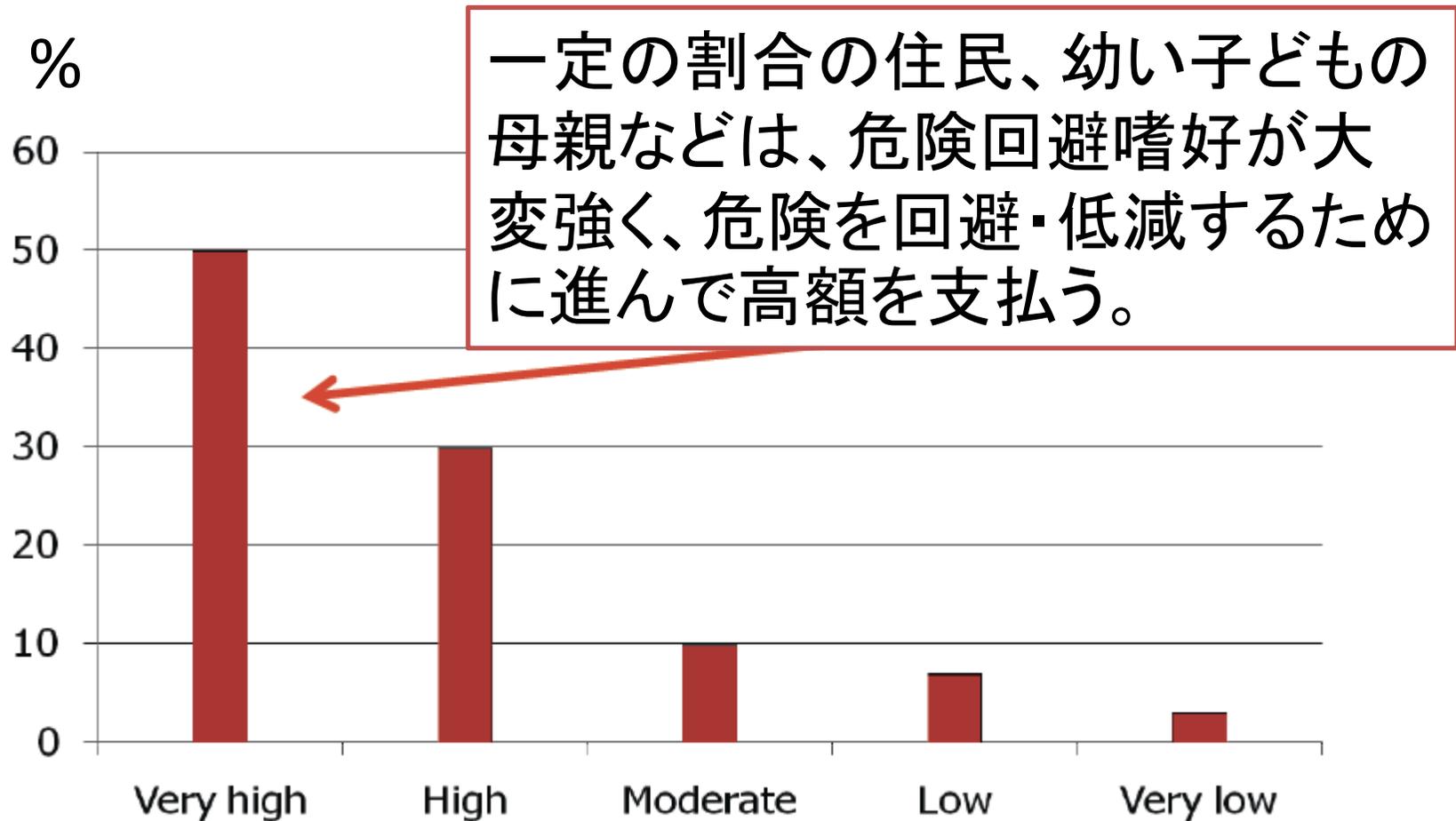
(行動や評価の原因を自己や他人のどこに求めるかという教育心理学の概念)

1. 被災から逃れるための個人負担



別居している家族の家に行ける人など、被災可能性のある住民の一部は、被災から逃れるための個人負担が大変少ない

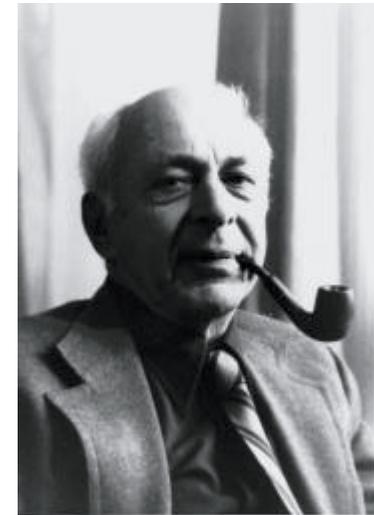
2. 個人の低リスク選好



3. 統制の所在: locus of control

個人の特徴

- 「外的統制」: 自分の行動をコントロールする所在が、能力や努力など個人の内部にあるとする考え。宿命論的世界観を持つ。被害者意識が強い。
- 「内的統制」: 運・課題の困難さ・強力な他者の行為と外部にあるとする考え。運命は自分で決めることができると思う。外的統制の人より、公の警報を信じ、自分のこととして考え、行動しやすい。
- 「内的統制」の人は、自分自身や家族の危険回避のために積極的な意思決定をし易い。



Julian Rotter
(1916 – 2014)

**Rational,
Equitable,
Defensible?**

民主社会における情報と選択

Information and choice in a democracy

- *'Nobody here wants to put science in the dock. (be in the dock 被告席に着いている; 非難[審判]を受けている.)*
- *All we wanted was clearer information on risks ↑ in order to make our choices'*

明らかに、この人は、内的統制、高い「低リスク選好」、危険回避の現実的な選択肢を持っている人。

Vincenzo Vittorini,
President of the l'Aquila
local victims association
被害者同盟代表
Nature, 2 June 2011,
vol.474, p.15

住民の種類によって異なる警報

Population segmentation of warnings

◆地震学的・地震工学的な条件による区別:

- その地域の揺れ(ハザード)の強さ
- 耐震性

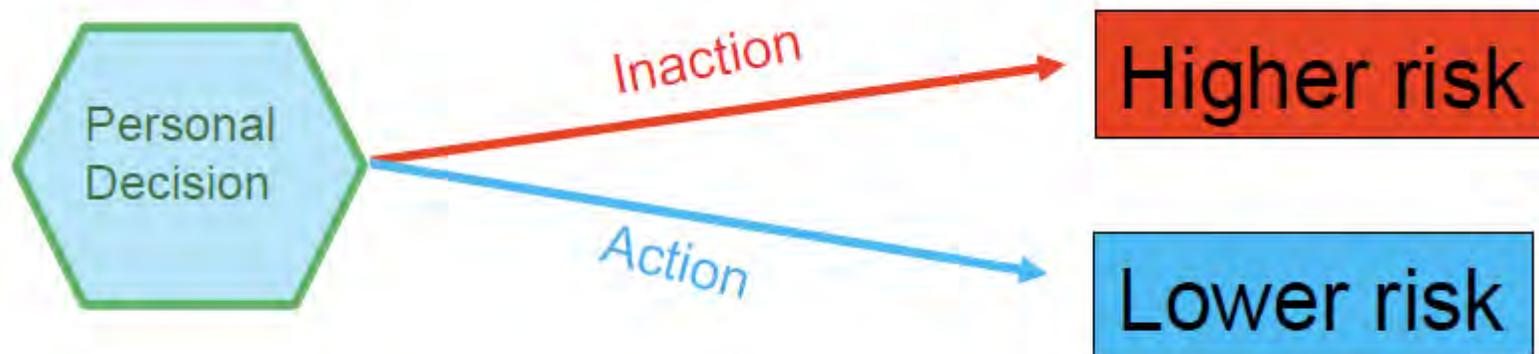
◆社会・心理学的な住民の性質

- 被災から逃れるための個人負担 Personal cost
- 低リスク選好 Risk aversion
- 統制の所在 Locus of control

自由裁量による危険軽減意思決定

追加の経費があまり掛かからないなら、

- ◆倒壊しやすい建物にいる時間を減らす方法を探す
 - ◆地震が来ても安全な建物に住んでいる親類や友人宅に行く
 - ◆より安全な場所に住居を取り替える
- ことを考えることは、価値がある。



ナッジ (Nudge) 理論

行政は、一般住民に安全のための行動をとることを強制する必要はない。正しい方向に、「そっと押し出す」だけでよい。



各個人が、それぞれ意思決定者でありうる

ナッジとは英語で「人をひじで軽く押したりつついたりすること」を意味する。行動経済学の用語で、選択肢をうまく設計したり、初期設定(デフォルト・ポイント)を変えたりすることで、人々に特定の(望ましい)選択を促すという意味合いがある。例えば、スーパーやコンビニで「今週のおすすめ」「人気・売れ筋NO.1」と書く事で、消費者の選択を自然と誘導することも「ナッジ」に含まれるし、年金や医療・教育といった社会制度の設計にも応用可能。
<http://mba.kobe-u.ac.jp/square/bookreview/fujiwara2013.htm>

まとめ

- 地震発生率が変化した時には、同一基準の「実務的地震発生予測(OEF)」を国は発表すべきである。
- OEFの発表には、関係者の参加型的意思決定(Participatory Decision Making)が不可欠である。
- 不確実な情報の下での「参加型的意思決定」には、住民は科学的な情報に接し、かつ、安全側に促される(nudged)必要がある。

【提言案】

(1) 津波被害軽減に向けた学際的取組の推進と成果の社会還元

- 第二に、住民とのコミュニケーションに留意しつつ、自治体と共にハザードマップや津波警報システム等の早期警戒システムの高度化を図るべきである。

(5) 災害に対する理解と対応力を向上させるための教育・研究体制の改善

- 住民対象の教育啓発活動により、災害情報や災害予測等を理解し意思疎通する力や合意形成能力などを高める