

科学情報の リスクコミュニケーション における課題

東京都市大学メディア情報学部
広田すみれ

リスク・コミュニケーションとは

広義：関与者集団間の、健康や環境リスクに関する何らかの目的的な情報の**交換**（National Research Council, 1997）

＊ 送り手-受け手間の**双方向性**が強調される。

しかし、科学情報に関する理解は必要。

→科学情報のうち、**確率**をとりあげる

（時間があれば、共変関係の理解にも触れる）

不確実性(uncertainty)の分類

(Knight, 1921など)

(※経済学、意思決定での分類)

● 確実性

● 不確実性(uncertainty)の分類 (Knight, 1921など)

- Risk 確率で記述可能
 - Ambiguity 曖昧性 (Ellsbergなど)
 - Vagueness 多義性
- ：

● 無知性

確率とリスクの例： 地震の発生率の予測



*2012.2.11 朝日
2012.2.16 読売



1. 「確率とは何か」についての複数の 解釈の存在

「確率」とは

Kolmogorovによる公理化（1933）

要素 ω の集合を Ω とし、 Ω の部分集合を要素とする集合族を F とする。 Ω を根源事象といい、 Ω を標本空間、 F の要素を確率事象という。

I. F は集合体である。

II. F の各集合 A に、非負の実数 $P(A)$ が定められている。この $P(A)$ を事象 A の確率という。

III. $P(\Omega) = 1$

IV. A と B とが共通の要素を持たないとき

$$P(A+B) = P(A) + P(B)$$

公理 I ~ IVを満たす3つの組 (Ω, F, P) を確率空間という

哲学における複数の確率解釈

表1 確率解釈の主要な説(ギリース,2004)

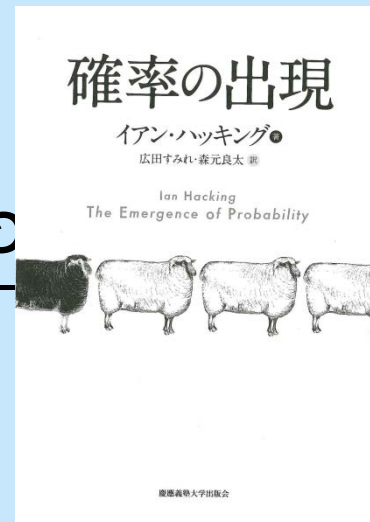
確率解釈の立場	名称	代表的提唱者	特徴
認識論的 確率 (epistemic probability)	論理説	Keynes, J.M. (1921) Carnap, R.(1950)	証拠eが与えられたときの合理的信念の度合い。「確率論は論理的である。それは与えられた条件の下での合理的な信念の度合いに関わり、合理的かどうかわからない、特定の個人が抱く、単なる現実的信念の度合いに関わるのではない(Keynes,1921,p.4)」
	主観説 (ベイズ主義的解釈)	Ramsey, F. P. (1931) De Finetti, B.(1930)	ある特定の個人がもつ信念の度合い。ここではたとえまったく完全に理性的で、同じ確証を与えられても、すべての合理的人間が同じ度合いで信念をもつとは前提されない。
客観的(または偶然的) 確率 (aleatory probability)	頻度説	von Mises, R.(1928) Venn, J.(1866) Reichenbach, H.(1949)	同じ事項の長い系列において、それが起こる一定の有限な頻度。
	傾向説	Popper, K. R.(1957)	繰り返される一連の条件に内在する傾向。例えばある結果の生じる確率がpであるとは、ある条件が何度も繰り返される場合にその結果生じる頻度がpに近づくという性質を、その条件自体が持つと考える。(*傾向説の一例)

科学哲学者 イアン・ハッキングによる説

□ 確率は出現初期から「**偶然的側面**」と「**認識論的側面**」の**二面性**を持っていた（もともと異なる起源をもつ）（Hacking, 2006; ハッキング, 2013）

偶然的側面：世界がどのようなものであるか

認識論的側面：証拠に照らして推測や前提の信憑性がどのようなものであるか



科学哲学者 イアン・ハッキングによる説

Probability: 1660年前後の10年間に出現し、以降、ほとんどの人が知るようになった

起源

偶然的確率：よく知られたサイコロ投げ・サイコロ遊びなどの事象から生まれたアイディア(トドハンターの確率論史が紹介するホイヘンスの計算や、パスカルの「分配問題」などもこちらの系統)

認識論的確率の起源

- ・中世における証拠の概念と関わる

中世には、現代的な証拠（客観的に存在する物理的証拠）という考え方はなく、代わりに権威ある人（当時は主に聖職者）の証言によってprobableになるというもの

＊この時点でのprobability(蓋然性)は臆見(opinion)に属する(もともと認識的なもの)

科学革命後

×人（証人、証言）によって証明

○物によって証明する「科学」の誕生

→ “probable”：証人によるものではなく、
証拠に照らして推測や前提の信憑性がどのようなものであるかに変化

➤ この系統（認識論的起源）での使い方を、LeibnizやPascalが行っている

- **Leibniz** : 裁判で証人や証拠があるとき、どのくらいそれはprobableであるか等
- **Pascal** : 分配計算ではなく、意思決定問題として、神の存在がprobableかを考える

Pascalなど1660年頃の人々は、**probability**について、むしろ認識論的ニュアンスを主に感じながら、偶然的確率、すなわちサイコロ投げなどによる数学的な発展を利用しつつ、現代の二元性のあるprobabilityを完成（ハッキングはJ. Bernoulliの「推測法」で完成されたとする）

ハッキングの現代のリスク論に関わる言説

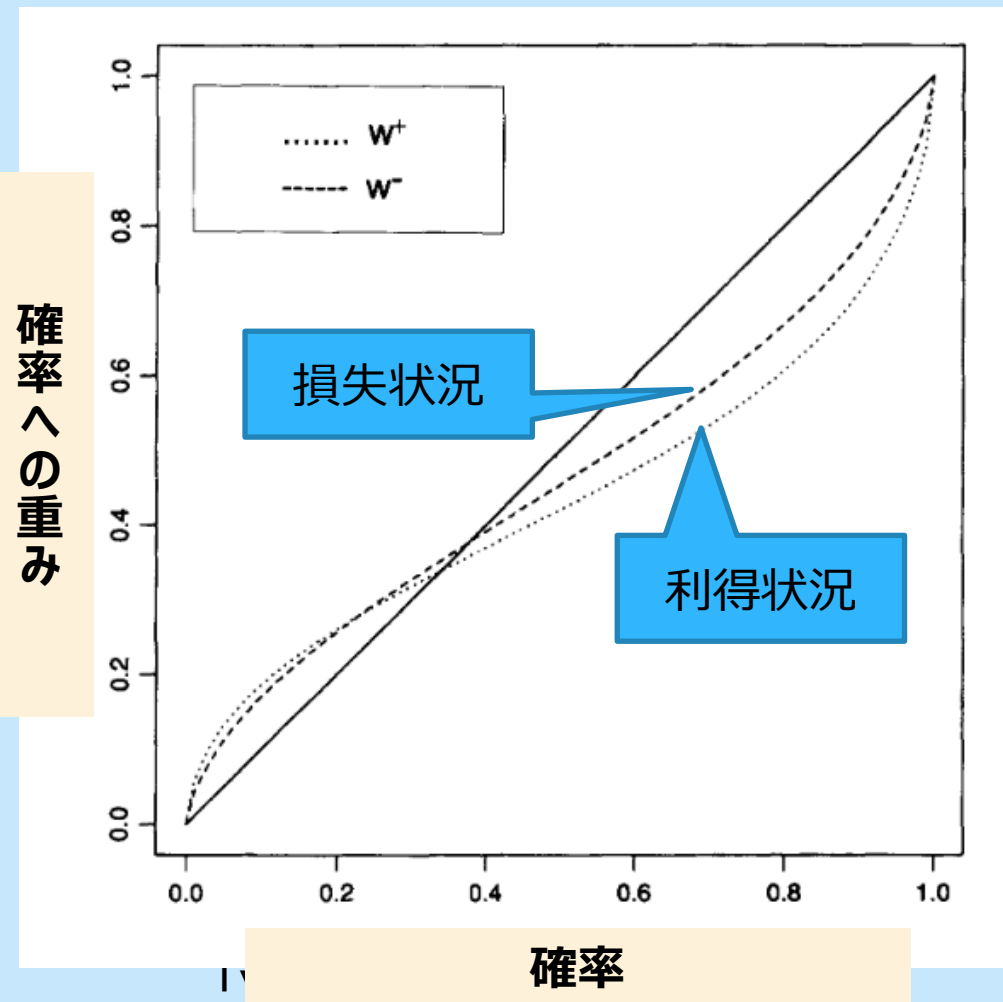
「〔一方で〕ただ1つの確率の考えだけが正しく、有益で、科学的であると主張する頻度説教条主義者がいる。〔他方で〕同じことを自身のアプローチに対して主張する、信念の度合い説教条主義者がいる。幸運にも、多くの科学者はより折衷主義的である。そしてほとんどの人々は、専門家がとても熱く論争しているこうした違いに気づいてもない（中略）予想では、2035年もそうだろう」（確率（＝リスク）だからといって、全く異なる確率を同一の俎上で議論することのナンセンスさを別書でも述べている）

2. 確率伝達でのバイアスに関する 心理学での知見から

ヒューリスティック&バイアス研究からの 確率での「**バイアス**」の指摘 (Tversky & Kahneman, 1992)

- 小さい確率には
大きい重みがつく
反面、大きい
確率は過小視
される

※25人のデータに基づ
いて推定された曲線



言語確率への置き換え

- **言語確率**（「非常に確実」very certain, 「やや起こりそう」likelyなど）への置き換え
認知心理学者 Hseeら（1996）
言語確率には方向性（directionality）がある、という主張（本田・山岸など）
- しかし言語確率の認知は個人差大
例：Budescuら（2009）

バイアス研究の再解釈： **自然頻度**による説明の有効性

(Gigerenzer, 1996; Hoffrage & Gigerenzer, 1998)

48人の医者に、条件付け確率と自然頻度で乳がん発生の可能性を伝達して理解を比較

ある特定の年齢に始まる乳がんの早期発見を促進するには、女性が、たとえ明らかな症状がなくても、定期的な間隔でスクリーニングを受けることが求められる。あなたがこういった乳がん検診をある国の特定の地域でマンモグラフィーを使って行っていると考えてほしい。マンモグラフィー検査にこの地域で参加した40～50の症状のない女性に関して次のような情報がわかっている。

[条件付き確率条件]これらの女性の一人が乳がんである確率は0.8%である。もしある女性が乳がんの時、彼女がマンモグラフィーで陽性の結果となる確率は90%である。もし彼女が乳がんでない時でも、彼女が陽性の結果となる確率は7%である。ある女性が陽性の結果だったと考えてほしい。彼女が実際に乳がんである確率はいくらか。

[自然頻度条件]1000人に8人は乳がんがある。これら8人の女性のうち、7人はマンモグラフィー検査で陽性の結果が出る。残りの992人の乳がんのない女性でも、70人程度は陽性の結果が出る。スクリーニング検査の結果、マンモグラフィーである一人の女性が陽性の結果になったと考えてほしい。これらのうち何人が実際乳がんがあるだろうか。

誤りは圧倒的に
条件付き確率で
多い



Gigerenzer, Cosmides & Toobyら進化 心理学者の主張

- **Heuristics & Biases** 研究による不確実性下での意思決定での「**バイアス**」の存在の指摘（Tversky & Kahnemanら）



- **生態学的妥当性**のある表現（自然頻度）を用いれば不確実性下で適応的行動が可能（Gigerenzer, Cosmides & Toobyら進化心理学者）

人々が過去から生活の中で確率の性質の違いを区別して判断・意思決定を行ってきたならば
（Gigerenzer, 1991）、現在においても、確率の性質を区別して判断しているのでは

Heuristics & Biases研究の 再解釈.

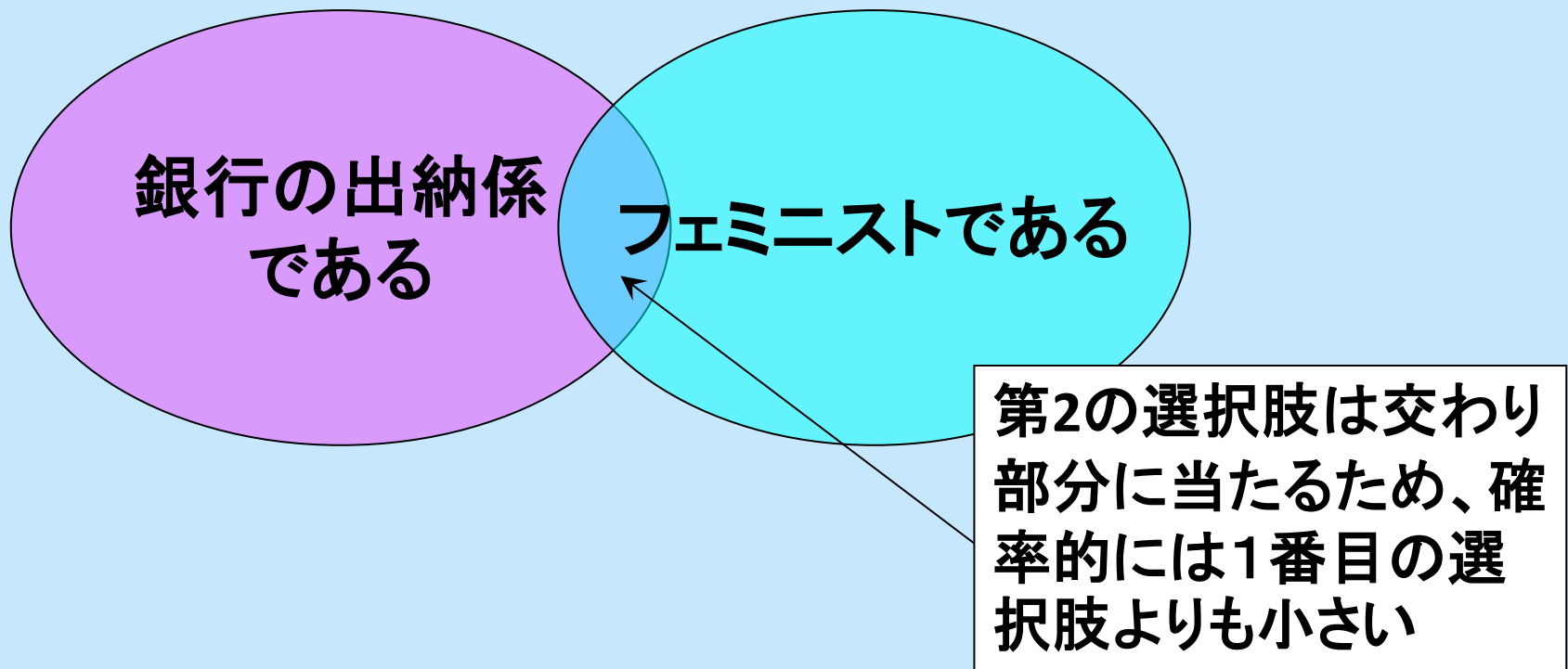
(連言錯誤conjunction fallacyの例)

Q リンダは31歳、独身で、ものをはっきりいうタイプで、非常に聡明です。彼女は哲学を専攻していました。学生時代、彼女は差別と社会正義の問題に深く関心を持ち、反核デモにも参加していました。下の2つのうち、よりありそうな選択肢を選んでください。(いわゆる「リンダ問題」)

() リンダは銀行の出納係である。

() リンダは銀行の出納係であり、かつフェミニスト運動の活動家である。

- (○) リンダは銀行の出納係である。
() リンダは銀行の出納係であり、かつフェミニスト運動の活動家である。



代表性のヒューリスティックが働くため起こる、と説明
(Kahneman & Tversky, 1982)

Gigerenzer (1991, 1994) の批判

Tverskyらのいう規範解は確率解釈上正しくない：**1回事象についての認識論的確率であり、頻度説に基づく解を正解とするのは不適當。したがってそれらは「バイアス」ではない**

Fiedler (1988) 参加者に頻度的解答、すなわち100名の中での各人数を求めると錯誤が減少する

理解しやすい伝え方： 1回事象と多数回事象の区別

人々は確率の性質の種類を区別して意思決定している

実験的に2つのギャンブルから1つを選ぶ選択を行うとき、**1回選択だと起こる**確実性効果といわれるバイアスが、**多数回選択だと消える**（Keren & Wagenaar, 1987）

→人々は確率の種類を区別し、頻度的確率ではバイアスが起これない、というもう1つの証拠

理解しやすい伝え方 2

時間単位と集団単位

身近で生起頻度が比較的よく知られている現実の事故・災害を取り上げ、対象名を伏せ、現実の生起頻度を時間単位 (T)あるいは集団単位 (P)で呈示した際の回答者の評価の違いを検討(広田, 2014)

手続き

質問紙法での集団間比較

- 刺激 ①自動車事故②火災③飛行機事故④地震⑤台風の5つの各事故・災害

具体名を伏せ、それぞれの生起頻度の情報を条件別に呈示

質問紙 T（時間単位）：調査時点での日本全体での時間当たり死亡者数（年・月・日あたりの死亡者数）（ただし、分子の整数部が1桁程度になるよう分母を調整）

質問紙 P（集団単位）：日本全体での人口10万人当たりの死亡者数を呈示

表 1 呈示したリスク情報の表現（研究 1）

	調査票	表現
自動車事故	P	人口10万人当たり約11.4人
	T	1時間当たり約1.6人
火災	P	人口10万人当たり約1.1人
	T	1日当たり約5.2人
航空機事故	P	人口10万人当たり約0.08人
	T	10年間を平均すると1ヶ月に約8.1人
地震	P	人口10万人当たり約0.02人
	T	10年間を平均すると1ヶ月に約2.4人
台風	P	人口10万人当たり約0.03人
	T	10年間を平均すると1ヶ月に約2.8人

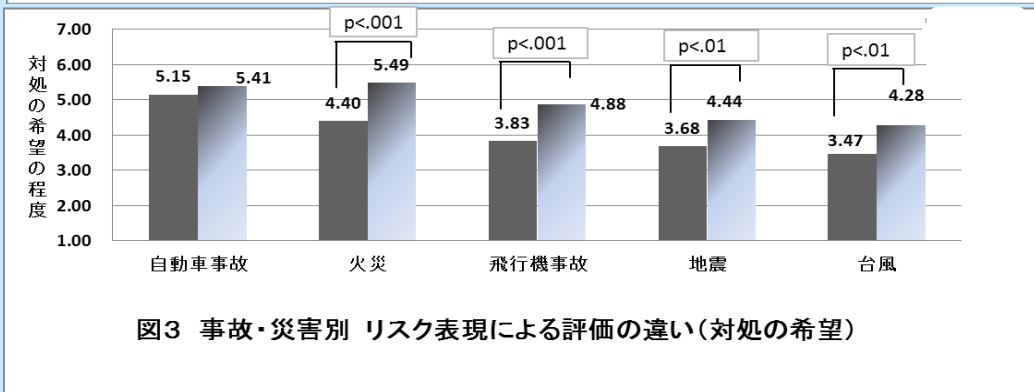
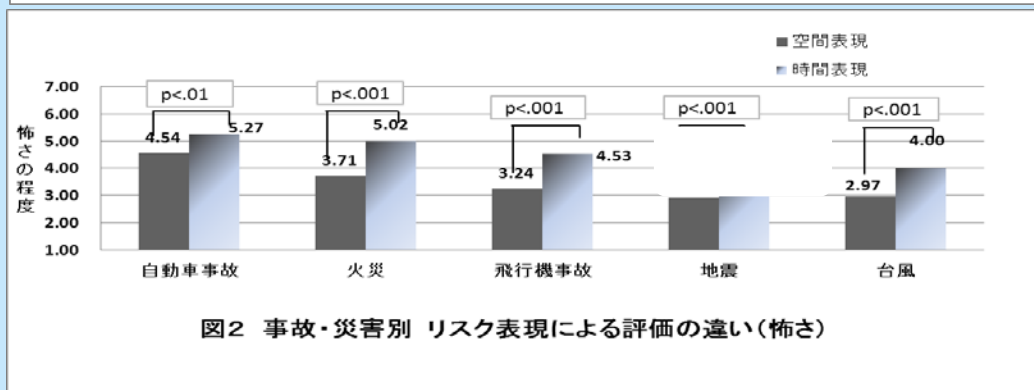
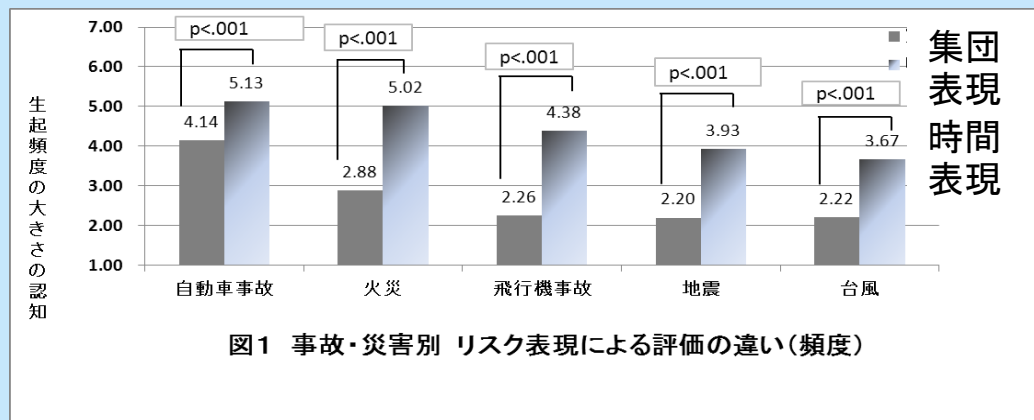
[結果]

・ いずれも
時間 > 集団

→より頻度は大きく、
より怖く、より対処を
希望する傾向

・ 分子効果を消すため、
数値を調整しても残る

理由：時間単位の方が人間が不確実性に日常生活の中で経験的に接する際の形式に近い



3. 受け手側の問題：ニューメラシー (numeracy) と意思決定バイアス

ニューメラシー (numeracy)とは

単に数量的情報を処理するスキルではなく、情報社会において日常生活を送るうえで必要な能力

(PIAAC (国際成人力調査 Programme for the International Assessment of Adult Competencies) での考え方)

Numeracyが注目される背景

- **統計学**における注目（欧米）
 - 医薬品、投資取引など、一般市民が数量的情報に必然的にさらされる場面が増えている
 - 「**騙されない消費者**」を育成する必要

意思決定領域でもこの数年研究が増えている
(特にHealth decision making)

参考. ニューメラシー質問項目(Lipkus et al.を邦訳, 広田, 2013)

1. 歪みのない六面体のサイコロを1000回投げたと考えて下さい。1000回のうち、偶数の目（2、4、6のいずれか）は何回出ると思いますか。
2. ビッグ・ジャンボ宝くじでは、¥ 1000 賞金 が得られる可能性は 1 % です。もし 1000 人の人がビッグ・ジャンボ宝くじでそれぞれ 1 枚ずつくじを買ったら、¥ 1000 の賞金 を得られる人は何人いるか推測してください。1000 人中 _____ 人
3. テレビ番組「当たりまショー」の懸賞では、車が当たる可能性は 1000 のうち 1 です。「当たりまショー」の懸賞ではくじの何%で車が当たるでしょうか。 _____ %
4. 次の数値のうち、どれが最も疾病にかかる大きなリスク（危険の程度）を表しているでしょうか。
() 100 のうち 1 () 1000 のうち 1 () 10 のうち 1
5. 次の数値のうち、どれが最も疾病にかかる大きなリスクを表しているでしょうか。 () 1% () 10%
() 5%
6. もし A さんがある病気にかかるリスクが 10 年間に 1 % で、B さんのリスクは A さんの 2 倍であるなら、B さんのリスクはいくらでしょうか。 _____ %
7. もし A さんがある病気にかかる可能性が 10 年で 100 のうち 1 で、B さんのリスクが A さんのリスクの 2 倍だとすると、B さんのリスクはいくらでしょうか。 100 のうち
8. ある疾病にかかる可能性が 10% なら、何人の人がその病気にかかると予測されるでしょうか。
100 人のうちでは？ _____ 人 1000 人のうちでは？ _____ 人
9. ある疾病にかかる可能性が 100 のうち 20 だとすると、これはその病気にかかる _____ % の可能性があるのと同じ事になる。
10. あるウイルスに感染する可能性は .0005 です。10,000 人のうちでは、約何人が感染すると予想されるでしょうか。 約
人

ニューメラシーとバイアス（広田, 2013）

くじの選び方（期待値 vs. 分子の大きさ）

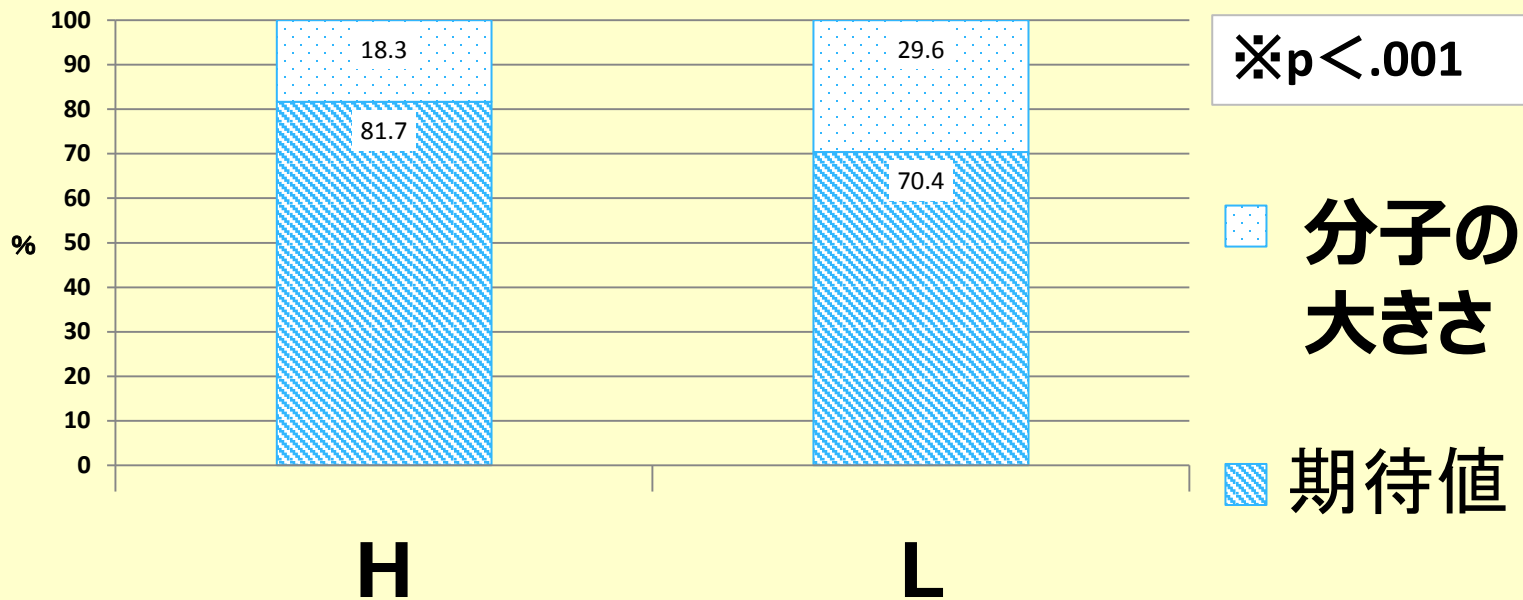


図2 くじの選び方（期待値vs.分子（枚数）の大きさ）

ニューメラシーでの有意差あり

受け手のニューメラシーと確率予測修正に対する不安感 (Hirota, 2013, *

日心大会2013年優秀発表賞)

東大地震研究所による試算「マグニチュード7クラスの直下型地震が起こる確率は4年以内に70%」の公開と、その後の修正に伴い

- ・どのくらい不安に感じたか
- ・修正について、どう感じたか

(2012年2月、2013年2月のウェブ調査の結果)

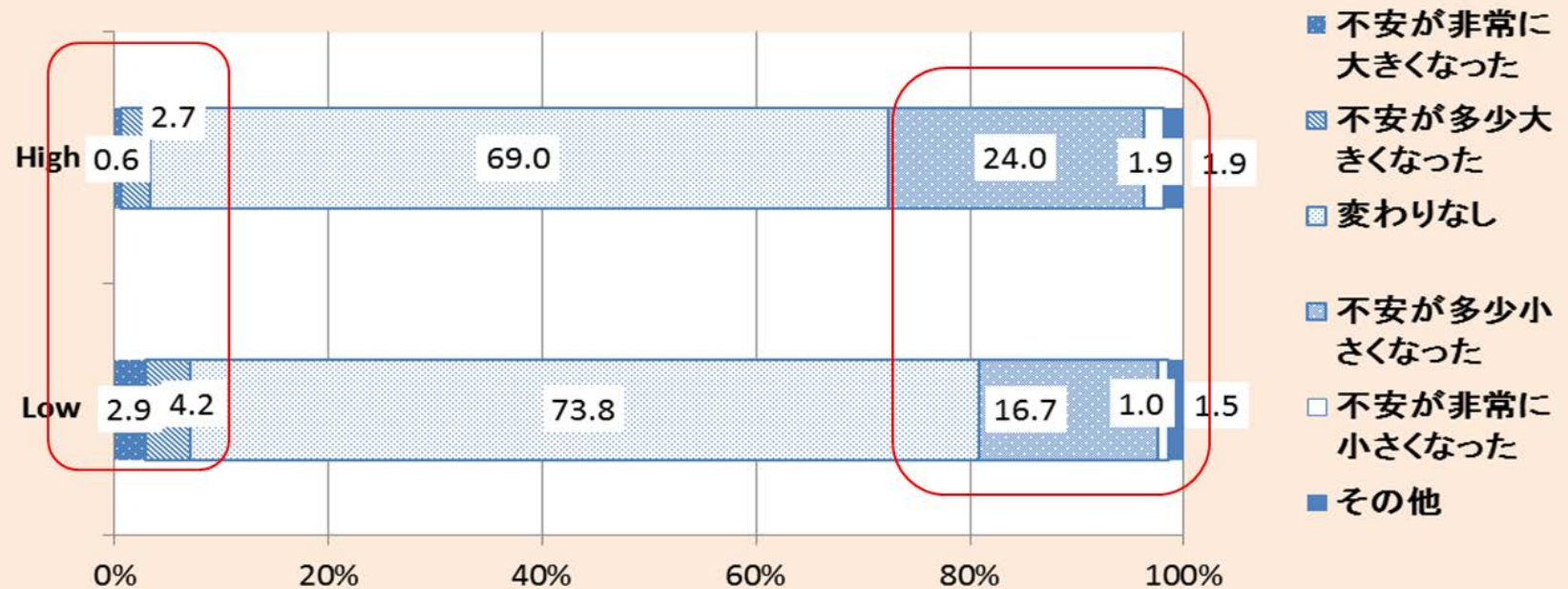


図2 地震予測が「4年以内に50%以下」に引き下げになった発表を聞いてどう思ったか(2012年2月 第1回調査)

*p=.004

ニューメラシー高群：不安が多少／非常に小さくなったが約26%
低群：不安が非常に／多少大きくなったが7.2%（高3.3%）

→**確率予報は高グループには有益に利用されているが、低グループではかえって不安を増している**

まとめ

- さまざまな確率解釈の存在
→伝達に際しても、確率のさまざまな種類についての配慮の必要（特に1回確率と多数回確率）。確率だからサイコロ、で説明するのはNG.
- 心理的バイアス研究の結果は、確率の種類に関する誤認の問題も含まれる
- 頻度表現、フォーマット等、**生態学的妥当性のある伝達方法**を用いることが必要
- 市民側でのニューメラシー育成の必要性

関連文献 (*広田のもののみ)

- 広田すみれ・増田真也・坂上貴之（編著）（2006.4）心理学が描くリスクの世界 行動的意思決定入門（改訂版）,慶應義塾大学出版会
- イアン・ハッキング(広田・森元（訳）2013)「確率の出現」慶應義塾大学出版会.
- 広田すみれ（2014）事故・災害生起確率の集団・時間表現によるリスク認知の違い.社会心理学研究, 2014年11月号, pp.1.-11
- 広田すみれ（2011）リスクコミュニケーションにおける確率を用いた不確実性伝達の心理学的課題. 心理学評論, 54(2), 153-167.
- 広田すみれ（2013）地震の確率予測を人はどう判断しているか？～ニューメラシーによる違い～. 日本心理学会第77回大会発表論文集, 258.
- Hirota, S. (2013) Is the probabilistic earthquake forecast helpful for all Japanese? Relationship between citizens' numeracy and judgments of uncertainty. *Proceedings of 24thSPUDM*.
- 広田すみれ（2012）ニューメラシーレベル、情動と意思決定バイアス. 日本行動計量学会第40回大会発表論文集, 333-336 .