

リスク管理から考える「想定外」 杞国有人憂天地崩墜、身亡所寄、廢寢食者

椿 広計

統計数理研究所

リスク解析戦略研究センター

話題

- 枕としての総括
- リスクを取る科学
 - 日常と非日常との切り分け
- 日常と非日常のリスク対応科学
- おわりに

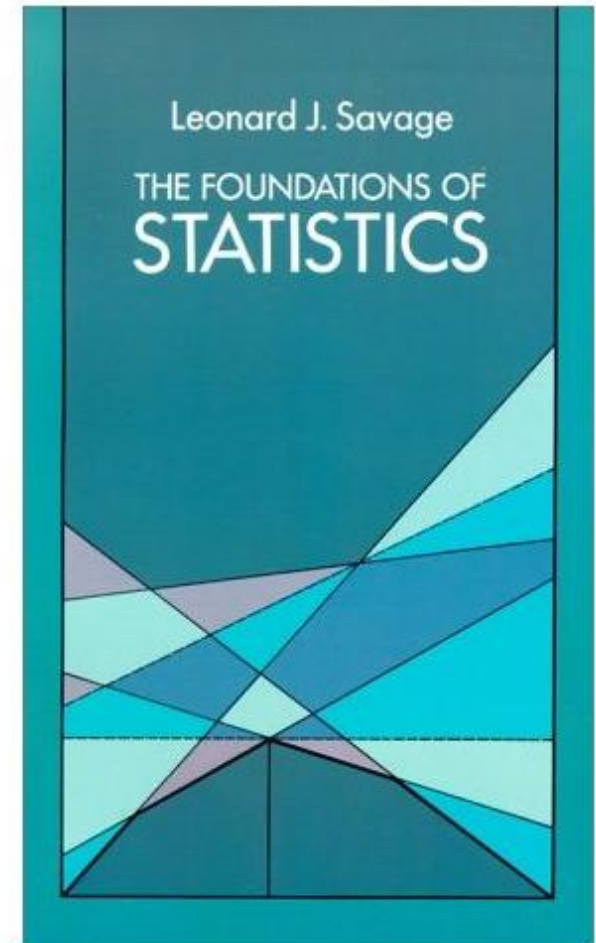
想定外の書評の前後で考えたこと

枕としての総括

「偶然の専制と不幸の再分配」

想定外の書評：椿(雑誌「統計」2011年2月号)

- 第1章「偶然と必然」
 - モデルに基づく現象の近似認識
 - 「無知」の部分としての偶然
 - 人間・社会科学＝行動科学におけるモデルは、因果論的記述か？
 - その場合「無知」とは「無視」ではないか？
- 第2章「確率の意味」
- 第3章「確率を応用する論理」
 - **現象の不確実性記述：**
(客観)確率
 - **意思・行動の不確実性記述：**
「主観確率」＝確率 × 効用



—杞憂のシステム科学—

「隕石の衝突」は何時から想定の中に？

- 先生：

- 金融工学的な方法論についての、
現象把握はあまりにも素朴確率論的であり
改善の余地

- 生徒：金融工学が現象のシステムモデルではなく、オプションと呼ばれる**シナリオの不確実性**を記述し、対処しようとした試み自体は評価されるべきもの
- 古代の人間にとって大洪水や大噴火は、隕石の衝突のようなものであったと想像する。
 - この被害を回避するシナリオは、人類がどのように進歩した段階で実効化したのか、無視せざるを得ない事象ではなかったのか？
 - **その種のシナリオの改変に資する知**を我々は求めている。

竹内 啓(2010/09/18) 予言の書？

偶然の専制：「確率・統計によって『偶然性は飼いなされた』わけではない」

- Amazon.com

- 内容紹介

- 偶然は避けることができない。注意したのに交通事故に合う。成功率95%の手術に失敗する。幸運は分配できるが、不運はすべて自己責任で引き受けるべきなのか。物理学、生物進化、確率論、金融工学などにおける「偶然と必然」を検討すると、偶然の積極的な役割が見えてくる。不運の分配とは、偶然の専制を逃れる方法である。
 - 偶然は避けることができない。**確率論によってリスクを管理したり、合理的意思決定理論によって不運を消滅させることはできない**。一方、生物の進化や人間の歴史を考えると、偶然の積極的な意味が見えてくる。偶然は、単に必然の否定といった消極的なものではない。偶然は想像力を刺激することによって、人生をより豊かなものとしている。



リセット 閉じる

起きてしまっことへの責任

「偶然の専制」に対する処世術

- 第5章「偶然性はどう対処すべきか」
- 第6章「歴史の中の偶然性」
 - 社会が**偶然の所産**である「不幸」を適切に**再分配**すべき
 - 起きた不幸が本書で取り上げられた死亡リスクのような取り返しのつかない場合には、**事後の再分配**ではなく、**事前の制度的制約が必要**
 - **極めて稀な確率は無視**すること
 - その中で重篤なリスク性現象については、それが生じる**可能性が確率的に評価**されても、「それは決して起こらない」と**コミット**せよ
- 評者には、「それが確率XXで起きる事象である」と宣言してはならず、不幸にしてその種のことが起きた場合には宣言した人間はその責任を負う必要があるという叙述は、文化依存記述に感じられた。
 - 根拠にはならないが、冷媒としてのフロン¹の代替物質は、当初爆発事故確率が1/300万程度は有ったと聴いている。
 - 欧州の担当者は、それは起きるので保険で対処すると主張し、日本では絶対そのような論理は許容されないであろうと感じたことがある。
 - **反省: 評者は愚かでした: 自分が加害者であることを「無視」**

統計的保証の光と影

リスクを取るということ

想定外を科学するとは？

統計数理家の立場から

- 認知科学・発見科学的側面
 - 「無知」や意図せざる「無視」を表出化
 - 潜在リスクの表出化と発見
 - リスク現象に気づくための方法
 - » リスク対応行動の起点形成
- 情報・システム科学的側面
 - 想定の数理
 - リスクを如何にとるかの数理 = **意図的無視の数理**
 - 想定外行動設計の数理
 - 想定内: 日常的行動の設計
 - 想定外: 非日常時行動の設計

統計による想定(推定)とリスクの許容

統計的保証の論理がもたらす想定外

- 統計的推論と確率的リスク許容

- 統計的推論の結果として意図される「想定外」:

- 薬品許認可

- 「新薬は、プラセボに比して有効である」

- 統計的検定(有意水準5%)

- » 2.5%の第1種の誤り「消費者」を許容: Why?

- 金融VAR(Value At Risk)

- 「最悪でも収益率は、・・・である」

- 統計的信頼区間(信頼率99.5%)

- » CVaR: 非常時の期待収益

- 統計的許容区間: 環境基準の設定?

- 製品の99%以上が良品である確率が99%

- 統計的信頼区間よりも厳しい

宝くじを当たると思うのか？ どちらを選ぶ：期待値で選ぶのか？

- A: 今年確実に5000円儲かる
- B: 今年確率 $1-\varepsilon$ で10000円儲かるが、確率 ε で100,000,000円損する。
 - 期待利得 $=10000-\varepsilon(100,000,000+10000) < 5000$
 - $\varepsilon > 5000/(100,010,000) \doteq 1/20,000$
- Question $\varepsilon=1/10000$ の時どちらを選ぶ
 - 1年だけの試行の場合は？
 - $\Pr(\text{Aの利得} > \text{Bの利得}) = 1/10000$
 - 10年の試行の場合は？100年は？
 - $\Pr(\text{Aの利得} > \text{Bの利得}) \doteq 1-(1-1/10000)^N \doteq N/10000$
 - **リスクを取ることは「小確率減少無視の世界」への期待と誘惑**

リスク許容水準の不確実性： 希少確率現象無視

- Payoff 分布

- $X \sim \frac{1}{\sigma} f\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)$

- $m(p) := E[X_s | F^{-1}(x) < p]$

- X_s

- $\mu=0, \sigma=1$ の標準化変量

- 確率 p 以下のpayoffを無視した
場合の標準分布の条件付き
期待値: **CVaBenefit**

$$M(\mu, \sigma, p) = \mu + \sigma m(p)$$

- 同一分布系の場合

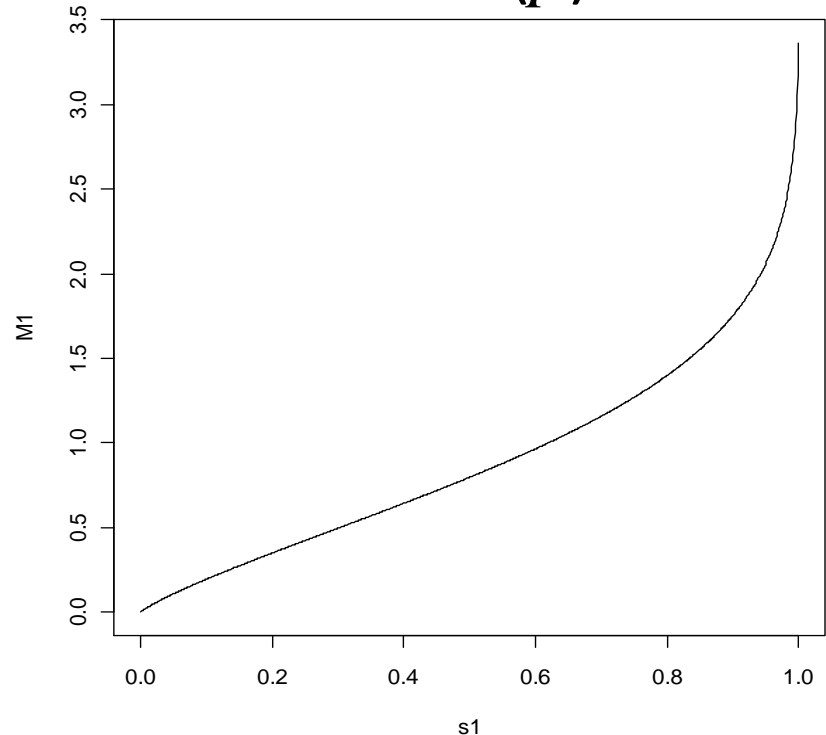
- $\mu_1 > \mu_2, \sigma_1 < \sigma_2$

- $0 < \frac{\mu_1 - \mu_2}{\sigma_2 - \sigma_1} < m(p)$

- $\rightarrow M(\mu_1, \sigma_1, p) < M(\mu_2, \sigma_2, p)$

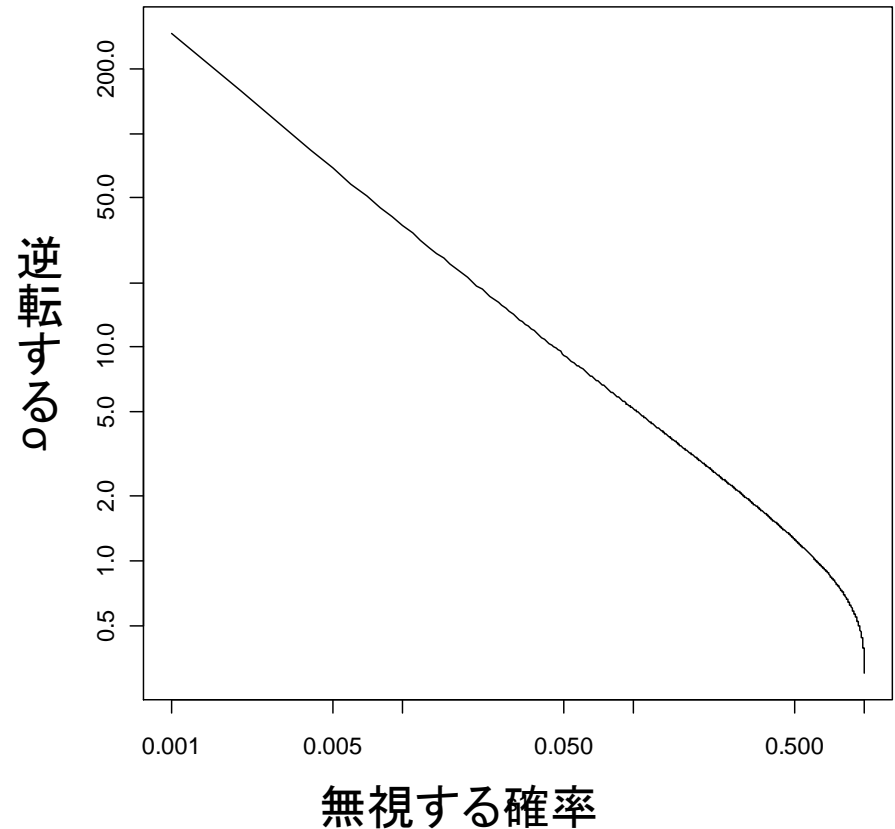
- ある値の以下の事象が起きる確率を無視することで期待Payoffの順序関係も変わる

- 正規分布の $m(p)$



条件付き空間と非条件付き空間での期待利得 最適化行動の逆転: $\mu_1=0, \sigma_1=0, \mu_2<0, \sigma_2>0$

- 裾の現象を無視することで、決定の逆転が生じる:
- $0 < -\frac{\mu_2}{\sigma_2} < m(p)$
 - 変動係数の絶対値が $m(p)$ 未満
- $\mu_2=-1 \rightarrow \sigma_2 > 1/m(p)$
 - 正規分布の場合: 右図参照
 - 1/1000の確率を無視
 - $\sigma_2 > 297$
 - 1/100の確率を無視
 - $\sigma_2 > 37$
 - 1/20の確率を無視
 - $\sigma_2 > 9.2$
- 幾つかのPayOff分布(意思決定)比較
 - どの程度リスク許容すると日常的最適行動が変化するかを可視化



日常的総括

How to gamble if you must.

- リスクをとるということは、次のような手続き？
 - 行動に一定の巨大リスク回避の確率的制約
 - 冷徹に言えば巨大リスクの確率的許容
- 一定以上の収益獲得を何らかの意味で最大化
 - Risk takingを条件として行動の設計
 - ある確率以下の事象を無視した
条件付き確率空間で日常の行動を設計(CVaRとは逆)
- 無視した事象の生起(非日常時)は、
可能ならば、その対応は事前設計
 - 可能でないものは、諦めるか(諦念)、保険

設計のための分析から行動のための対応へ

日常と非日常のリスク対応科学

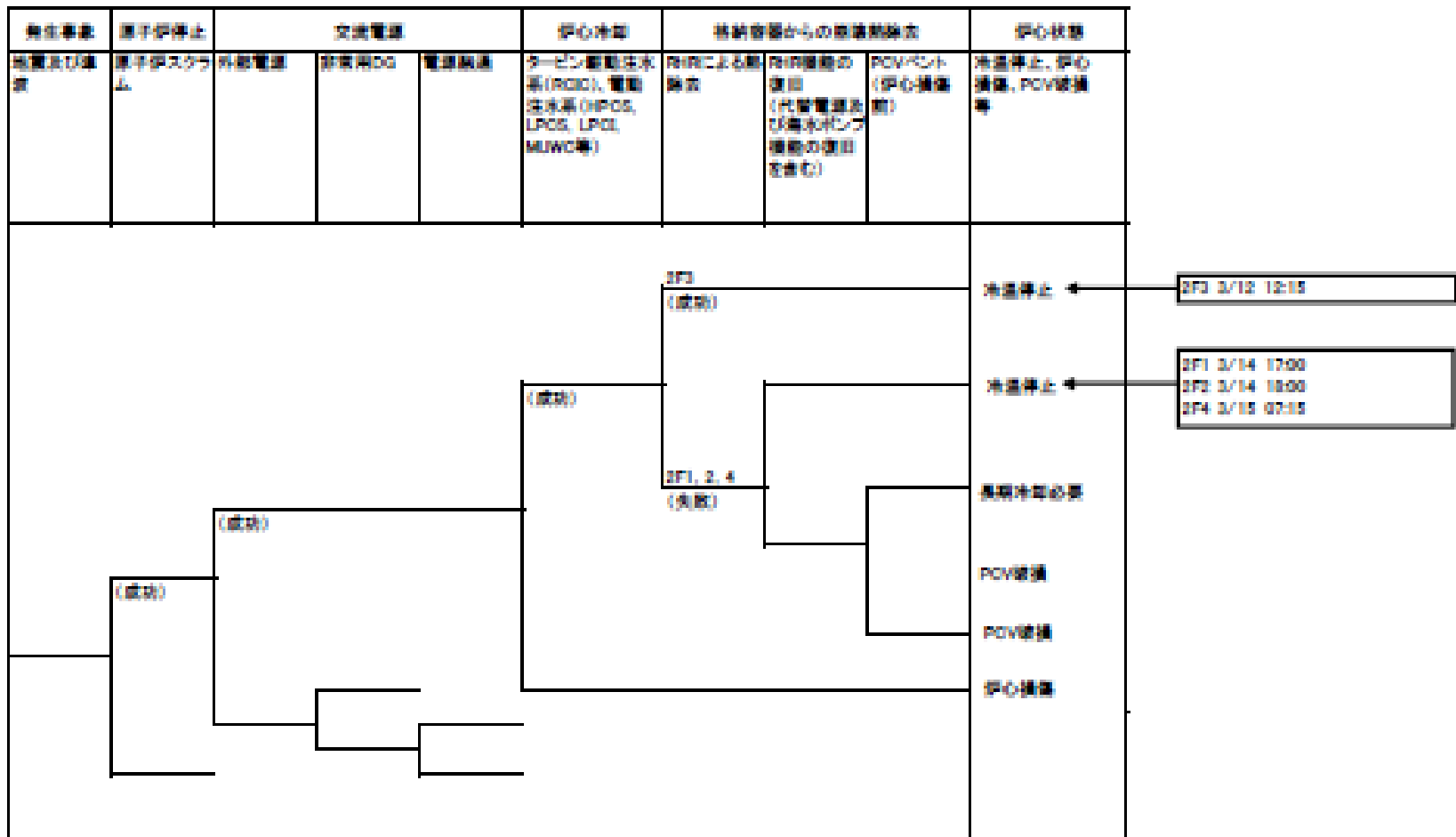
非日常時対応：想定外の講義

2011/04-07「リスクマネジメント」：首都大東京

- 阪大に転出したFさんが
2011年2月に指定したテキスト
 - 原子炉の洪水による電源喪失の
確率評価
 - Fault Tree Analysis
 - Top事象が起きる確率を小さくする
ようなシステム設計
 - **起きた時、突破されたときの対応**
 - » Event Tree Analysis
 - » Decision Tree Analysis



原子力安全に関するIAEA閣僚会議に対する日本国政府の報告書
 ー東京電力福島原子力発電所の事故についてー
 IV 福島原子力発電所等の事故の発生と進展 : Event Tree Analysis



図IV-7-3 福島第二原子力発電所 1号機から4号機の機能イベントツリー

リスクとクライシスとへの対応科学

- 「想定外事象」を想定する仕組み
 - Fault Tree Analysis(後ろ向き解析)は、
有力な設計技法ではあるが管理技法ではない
 - Decision Tree Analysis ないしは Event Tree Analysisは、管理技法
 - 弱点としての、「リスクに関わる状態」の離散化(連続尺度化、確率化)
- 日常時行動設計のためのDTAの基準はなにか？
 - 「想定」を想定するコンサルテーション技術
 - ActionのOptionに依存した条件付確率空間の選択
- 非日常対応設計のためのETAの必要性
 - 起きている事象を所与とした条件付き確率空間
 - 非常時高速にDTAを更新できる仕組み
- 共通する問題
 - リスクとベネフィットの多様なステークホルダーへの分配
 - リスクを取れる組織と取れない組織
- 最適化問題からパレート最適化問題へ：
 - 多目的問題としての定式化
 - 人間・文化の果たす役割

リスク管理のこれから

- 多次元目的関数の選択
 - リスクを取れる組織、取れない組織
 - リスク管理における様々なステークホルダーの存在
 - 主観確率(効用)構造のステークホルダー間・時空間変動
 - Weight付けかパレート最適化か？
 - コンセンサス形成支援
 - 価値関数選択を先に行う
 - 価値関数と対応する最適行動の高速提示による支援は、可能か？

共通問題

不幸と幸福の再分配？

- 意思決定をパレート最適なものとして可視化？
 - 様々な価値選択を前提としたパレート最適な行動フロンティアの可視化
 - ステークホルダー間の価値分配(投資家、従業員、社会)
 - 経済的価値と人間的価値との選択
 - 短期的価値と長期的価値との選択(時空間的価値分配)
 - **リスク許容水準の選択: 長期的生存についての価値選択**
 - **パレート最適解の中で何を最終的に選択するかが、政治・社会ないしはトップマネジメントの役割**
 - システムやリソースの強みが、どのような意味でオペレーションの強みとなるかのモデル化

おわりに

- この話を聞いた長廬子が笑って云った。
虹だの、雲霧だの、風雨だの、春夏秋冬だのといったものは、積気が天に集まりて成るものである。山岳だの、河海だの、金石だの、水火だのといったものは、積塊が地に集まりて成るものである。天が積気であり、地が積塊であることを知りながら、なぜ壊れぬと云うことができようか。
天地というものは、この宇宙においてはほんの小さな存在ではあるが、有形万物の中では最も巨大なものである。故にこれを窮め尽し、測り識ることが出来ぬことなどは、本より当然のことである。
- そう考えれば、天地が壊れることを心配している者など話にならぬし、また、天地は壊れぬとする者も是とすることはできない。
天地も有形のものである以上、その他の有形万物と同様に、いつかは壊れざるを得ないであろう。
その壊れる時に遇えば、どうして憂えずに居られようか、と。
- これを聞いた列子が笑って云う。
天地が崩壊するというのも誤りであれば、天地は崩壊しないというのも誤りである。崩壊するか否かは、どちらも一つの見解ではあるけれども、我々の知るところではない。
故に生死も去来も我々の知るところではない。
崩壊しようがしまいが、**どうせ人は天地と共に有らざるを得ない**のだから、そんなことに心を使ってもどうしようもないのである、と。
- http://www.kokin.rr-livlife.net/classic/classic_oriental/classic_oriental_41.html