

# 「災害などのリスクと経済政策」勉強会 2006年度 第1回

開催日：2006年10月31日（火）

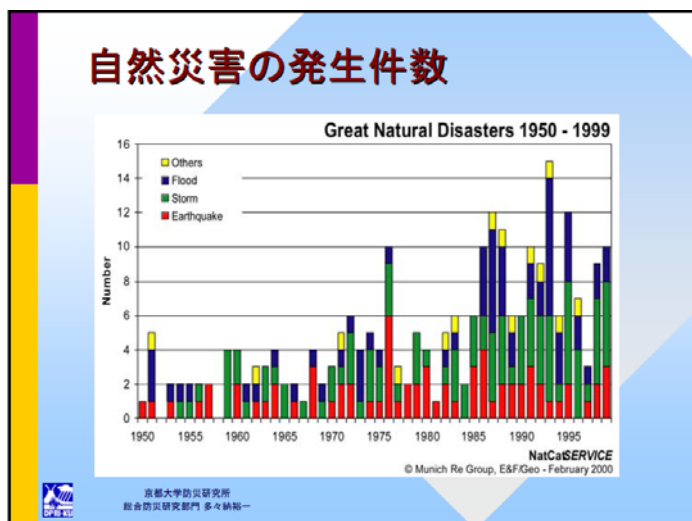
プログラム：「巨大災害リスク特有の諸問題とリスクマネジメント」

講師：京都大学防災研究所 社会防災部門 多々納 裕一 教授

## 1. 資産集積と自然災害

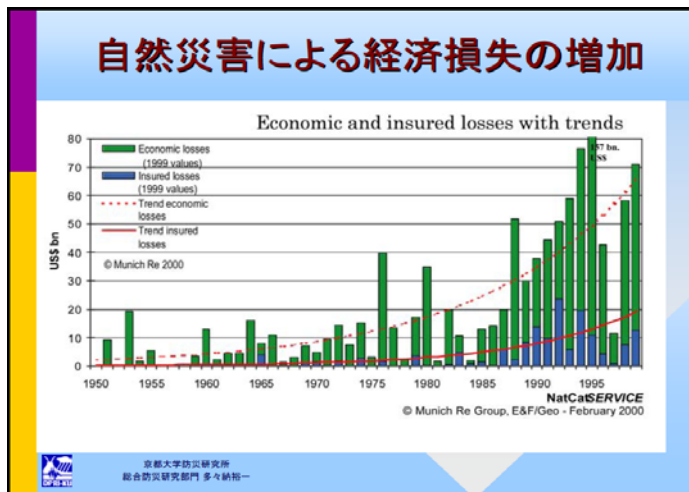
図表1はミュンヘン再保険会社が毎年発行しているサマリーに掲載されている図表であるが、災害の発生件数が50年代～60年代に比較して、80年代～90年代、90年代後半と増加してきていることがわかる。

図表1：自然災害の発生件数



また、図表2は災害の被害額と保険によってカバーされた損失額の推移を示したものであるが、これも発生件数と同様に増加している。

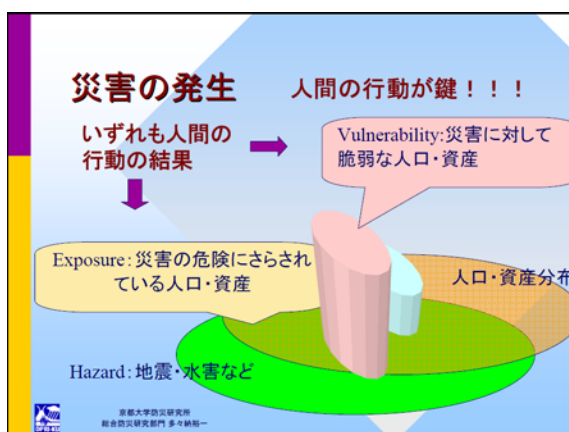
図表2：自然災害による経済損失の増加



ここで、それぞれの伸び方を比較してみよう。60年代と90年代を比較すると発生件数では、およそ3倍の増加となっている。この間の経済損失額は、2000年価格ベースでおよそ9倍の増加となっている。もちろん、その間の経済成長を考慮しても、この差異から世界的には災害による被害大幅な増加傾向を示していることがわかる。この原因としては、資産が被害を受けやすい地域に集中してきているということと、ミティゲーションなどによる努力が図られているものの、人口や資産の脆弱性も増加していることを挙げるができる。

## 2. 災害とは何か

図表3: 災害の特色



図表3では災害の特色を示した。災害の発生には、まず地震や水害といった「Hazard」の存在がある。それに対して、空間上に分布している人口や資産において「Hazard」に晒

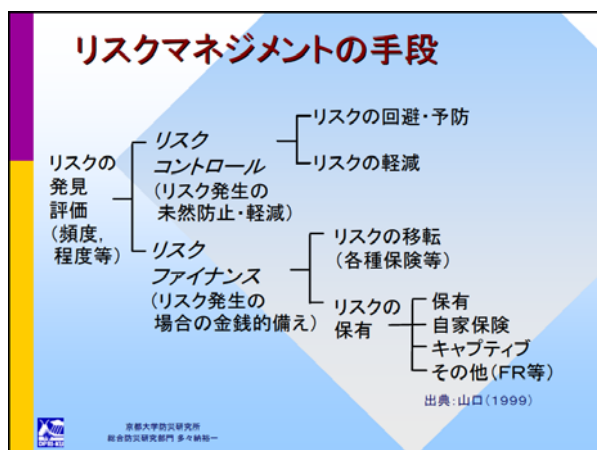
されている部分を「Exposure」という。さらにこの「Exposure」の内、災害に強いものもあれば、弱いものもあるが、例えば弱いものを「Vulnerability」が高いという。

自然界の中でいくら地震などの「Hazard」が発生しても、被害の対象物が存在していなければ災害にはなり得ない。つまり、「Exposure」や「Vulnerability」の存在が災害の発生に起因している。しかし、これらも元をただしてみると、人間がどういう決定をしてきたのかということの結果であり、またその積み重ねでしかない。そのため、技術の研究も重要であることに間違いはないが、人間の行動そのものを考えていくことも、極めて重要である。この意味で、災害研究における経済学的なアプローチが必要となるのである。

### 3. リスクマネジメントの手段

図表4ではリスクマネジメントの手段の分類を示した。分類方法には色々な提案がなされているが、代表的なものに以下の4つがある。それが「リスクの回避・予防」「リスクの軽減」「リスクの移転」「リスクの保有」である。これらの方策の内、前者2つは直接的な物的被害を減らしていくことに貢献する、いわばリスク発生の未然防止や軽減という「リスクコントロール」である。一方の「リスクファイナンス」は、リスク発生に対する金銭的な備えであり、リスク移転を通じた被害の再配分や、復興資金が確保されることにより災害が発生した後に速やかな復興が実現可能となり、間接的な被害を軽減するという効果を持っている。

図表4:リスクマネジメントの手段



「リスクの移転」の代表的なものが保険である。また「リスクの保有」では、自家保険やキャプティブなど金銭的な対策が多く挙げられているが、これら金銭的な手法以外にも、保有の手段としてライフラインなどの災害耐性を強化するリスクコントロールのような方法や、例えば最近のリアルタイム地震防災などを活用する方法もある。また、災害が発生したら、早急に破損部位を発見し修復することで、如何に早く復旧するかという考え方も

有効であるし、そのような早急な復興が実現すればその分被害は減少するため、「リスクの保有」を決断後にどういった対策をとるのかの手段を検討することとなる。

#### 4. 巨大災害の特徴

第一に災害は稀有な事象である。そのため、人々は災害によってどういう被害をもたらされるのかをイメージすることが難しく、また、発生確率などに関してもバイアスを持ってしまう傾向がある。さらにはミティゲーションをしてもその結果がどれだけ安全性につながっているかという実感がなく曖昧性を強く感じてしまう。つまり、ある行為の結果がいくつかの状態をもたらす可能性があるという「不確実性」の状況におかれるのであり、こういった状況下では、情報の質・コミュニケーションの整合性が求められる。

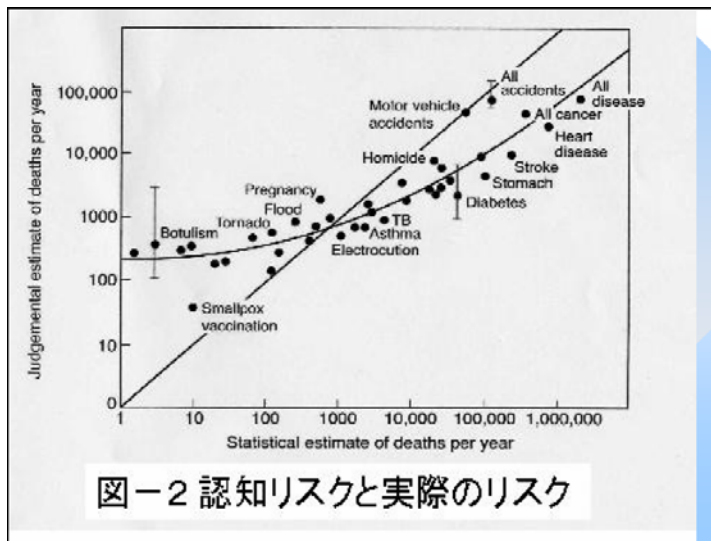
第二に災害は、空間的な相関性が非常に高いという特徴を持っている。この特徴が大規模で局所的な被害をもたらす。

実際の被害としては、例えば阪神淡路大震災では 6,000 人強が亡くなっているが、実は交通事故などでも年間に 6,000 人が亡くなっている。防災投資ではこれらの事実を比較し、毎年 6,000 人が亡くなるのと、1 万年に一度 6,000 人が亡くなるという程度の違いを問題視して、どちらに投資をするべきかという議論になりやすい。ここでどちらに投資すべきであるか、という結論は簡単には出せないが、まとめて 6,000 人と、一人ずつ発生したものが積み重なって 6,000 人という結果には大きな違いがあるということは言えるであろう。ただ、災害がこれら 2 つのいずれの性質をもっているとしても、リスク態度や認知リスクを計量化し、それを用いて防災のリスクマネジメント施策の評価をしていくことは重要となってくる。

#### 5. 災害の稀有性と認知リスク

図表 5 は災害が稀有であるという特徴を反映して示した認知リスクに関する図表である。横軸は年間の統計上の死者数が示され、縦軸には各災害によってどの程度の死者が出ると予想できるかというアンケート結果を示しており、認知リスクに関して図表のような傾倒的な曲線が描かれた。もし、正しい認知がなされているとしたら、認知リスク（横軸）と実際のリスク（縦軸）は一致するはずであるから、アンケートの結果は 45 度線上にプロットされるはずである。

図表 5: 認知リスクと実際のリスク



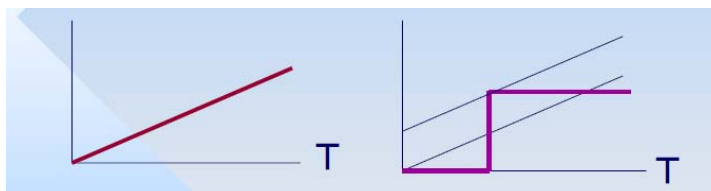
しかしながら、実際には、図表のような曲線が描かれる。この結果は、実際のリスクに対して傾倒的にリスク認知のバイアスが生じているということを示している。つまり、実際には頻度の低いもの、あるいは死者数の低い災害ほど、逆に大きめに捉えられている傾向があり、一方では実際に年間死者数が多いものが低く捉えられているのである。この傾向は、各国で行われた同様の調査でも確かめられている。

また、実際の統計値が 10,000 から 100 まで激減したとしても、認知としては 5,000 から 300 程度への減少と、その幅が割り引かれてくる。つまりリスクの改善も、実際よりも割り引いて見積もられやすいということもこの図は示しているのである。

## 6. 災害の巨大性・集合性

大規模災害のリスクの特殊性として、巨大性、集合性が挙げられる。これがカタストロフ・リスクと呼ばれる所以である。図表 6 は自動車などの交通災害と、地震などの自然災害の時間の推移と累積被害の違いを示している。

図表 6: 大規模災害リスクの特殊性



全国で毎年ほぼ安定的に発生している自動車事故の統計であれば、図表 6 の左側のグラフのようにほぼ直線的となり、発生率そのものも余り大きく変化はしない。これに対して、

地震のような災害の場合は、平常時は何もないが、一度発生すると大きな被害が発生するため、右のグラフのような形を示す。

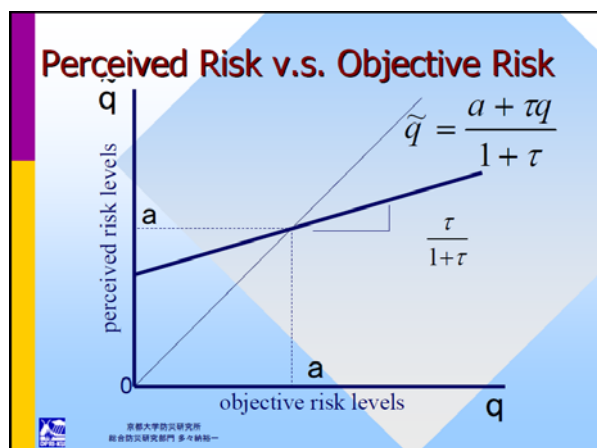
また、交通災害では大数の法則が成り立つが、自然災害では大数の法則は成り立たない。そのため、交通災害などは一義的には保険会社が、多くのリスクを集めてしまうことによって分散を限りなく0に近づけることが可能になり、保険料も期待値あるいはそれ以上の水準で設定していれば大きなリスクはない。一方、地震リスクのような場合は一度発生すれば期待値を大きく上回り、保険会社が破綻してしまう可能性も含んでいる。したがって、保険会社も最初から何らかの蓄えを持つか、保険料の割り増しを行うなどの対策が必要となってくる。こういった観点から最近では、伝統的な再保険のみならず、保険の証券化などによって空間的な分散化や時間的な分散化を実現しているものの、リスクの制御という面では未だ難しい部分が多いといわれているのである。

そのためリスクの軽減（リスク・コントロール）や分散（リスク・ファイナンス）といった手段を如何にデザインするかということが重要となってくる。リスクコントロールによって損失全体のパイを物的に縮小し、リスクファイナンスによってリスクを第三者に分散するといった二つの手段を組み合わせることで、配分と全体の量を制御し、より管理しやすいリスクとするようなリスクマネジメントが求められてくる。

## 7. リスク認知について

大災害は発生が低頻度であるので、経験や学習によってリスク認知を高めるとことが容易ではない。そのため、誤差との関係もあるが、好ましくない事象の生起は偶然であると認知をし、無視をしてしまう傾向がみられる。そこで、この傾向を図示するために図表 5 における縦軸を主観リスク、横軸を客観的リスクと読み替えると、直線近似するとすれば、45度線に対して図表 7 のような斜線が描かれる。

図表7: 客観的リスクと主観的リスク



ここで  $\tilde{q}$  は、 $\tilde{q} = \frac{\alpha + \tau q}{1 + \tau}$  となっており、線形和である。そして、 $\tau$  を直線の勾配とおき、斜線と 45 度線の交点を初期に持っていたリスクであると仮定すると、「合理的な学習」と言われているベイズ学習のモデルと整合的となる。いま、イベントは、パラメータの分布がベータ分布  $f(\theta)$  であるような二項分布に従って発生する。つまり  $n$  期間内に何回かの事象が生起する確率が二項分布に従うとすると、初期の信念と更新された信念、そして  $n$  期間の内に観測された事象の生起回数  $s_n$  をウェイト付けする形で、新しい信念が決まるという関係は次式のように示される。

$$q_n = \int_0^1 \theta^n f(\theta | s_n) d\theta = \frac{\alpha + s_n}{\alpha + \beta + n} = \frac{q_0 + \tau(s_n/n)}{1 + \tau}, \quad q_0 = \int_0^1 \theta^n f_0(\theta) d\theta = \frac{\alpha}{\alpha + \beta}$$

ここで、 $\tau = \frac{n}{\alpha + \beta}$  である。

いま、 $\tilde{q} = q_n$ 、 $a = q_0$ 、 $q = s_n/n$  とおくと、

$$\tilde{q} = \frac{\alpha + \tau q}{1 + \tau} \text{ を得る。}$$

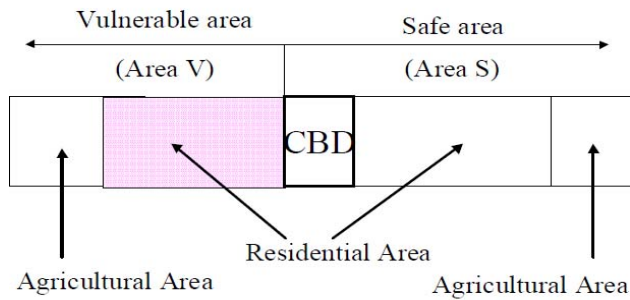
この式は、事前の信念  $a$ （事前の主観的な生起確率）と、情報提供された情報  $q$ （客観的な生起確率）との線形結合で、学習を通じて形成された事後の信念  $\tilde{q}$ （事後の主観確率）が定まることを示している。ここで、 $\tau$  は、事後の信念  $\tilde{q}$  における初期の信念  $a$  と提供されたリスク情報  $q$  の相対的なウェイトを与えている。 $\tau$  が無限大の時には、提供された情報に対する信頼度が 100%、また  $\tau$  が 0 の時には、提供された情報を全く信じないという状況を示している。

## 8. 居住地選択におけるリスク認知

図表 8 は私たちが過去に行った研究である。中心に都心（CDB）があり、左側が災害に対して脆弱な地域、右側が災害に対して安全な地域であり、ここで居住地選択の問題を扱う。この時、事前にはどちらの地域に住むべきかという情報がないため、どちらに住んだとしても同じであるという初期の信念を持っているとする。また、災害に対しては、発生確率ではなく、災害が発生したときの脆弱性に対して初期の信念を持っていると仮定している。

図表 8: 居住地選択におけるリスク認知





まず、図表 9 の左図のように脆弱な地域では確率  $p$   $q$  で被災する可能性があり、安全な地域では被災する確率が  $0$  とする。そして、その脆弱性に関する情報を提供した後の状況を描いたものが右図である。

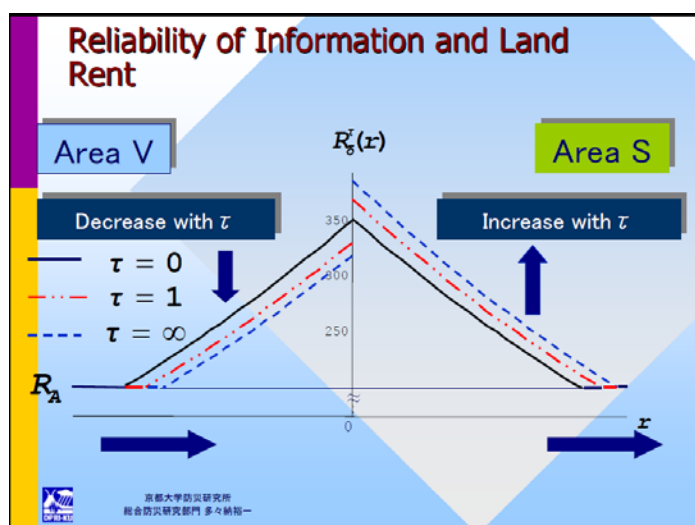
図表9: 情報提供とリスク認知



情報提供によって、初期の信念が更新される。しかし、その情報を完全に信じる人ばかりではないため、図表 9 の右図の様な式を用いた。この状況下で、こういった立地の均衡が生まれるかというのを都市経済学的手法で計算する。この時、一番高い地代をつけた人が立地をする、また、全員が都市内に住み自由に立地を選ぶことが出来るという条件を設定し、均衡する土地の配分を決定する。その配分結果が図表 10 である。

図表10: 情報の信頼性と地代





黒色のライン ( $\tau=0$ ) が初期であり、情報が全く提供されていない状況を示している。なお、これは提供された情報を全く信じない、すなわち、 $\tau=0$  の場合の地代曲線でもある。この曲線から、地代はこれらの場合には CBD の両側に対称な形で実現することがわかる。一方で情報が完全に信じられる場合（完全情報の場合）が、青色のライン ( $\tau=\infty$ ) であるが、図表を見てもわかるように均衡では危険なエリアであっても居住を選択する人々が存在している。しかし、居住者数は少なく、地代も安い。対して、安全な地域では居住者数も多く、地代も高くなる。そして、境界が CBD であるので真ん中で地代にはギャップが生まれる。赤色のラインは情報への信頼度が十分でなく、認知リスクにバイアスが生じている状況での地代曲線を与えている。情報への信頼度が高ければ高いほどギャップが大きくなり、安全な地域と災害に対して脆弱な地域とで地代の差が際立つてくるといった状況が生み出されることがわかる。

このような状況、つまり  $\tau$  が無限大ではないというケースでは、認知リスクにバイアスが存在している。このモデルはどこを居住地として選択しても個人の自由であるという設定であるので、個人はどちらに居住しても同じ効用を得ることが出来る。したがって、値だけで見れば、脆弱な地域に居住していようが、安全な地域に居住していようが、住民は等しい効用を享受しているし、自ら居住地を変更しようという誘引は存在しないことになる。しかし、現実には立地位置によって享受できる効用は異なる。これは、人々が状況をきちんと認知していないために生じるのである。

いま、認知リスクにバイアスがある場合に、均衡において家計が客観的にどの程の効用を得ることができるのかを検討しよう。このモデルでは、災害が発生し被害を被っている状態（被災状態）とそれ以外の状態（平常状態）の2つの状態が発生しうる。まず、第一に指摘すべきことは、実際の状態の生起確率は、バイアスを有した主観的なリスクに従うのではなく、客観的なリスクに従うということである。もちろんこれらの状態は立地場所に依存する。安全な地域は、設定上、常に安全であり、確率1で平常状態にある。一方、

脆弱地域では、確率  $pq$  で被災状態、確率  $1-pq$  で平常状態にある。しかしながら、認知リスクのバイアスが存在する場合には、安全な地域における被災確率が高めに認知され、脆弱地域の被災確率が低めに認知される。

第二に指摘すべきことは、家計が実際に享受する状況依存的な効用は認知リスクに依存した均衡に依存するということである。この場合、安全な地域に居住する家計は、実際の安全性を割り引き、多少の災害リスクの顕在化を懸念しているために、完全情報の場合（この例では、安全な地域での被害の発生確率=0となる）に比べ相対的に低い地代を負担することになる。また、災害脆弱地域に居住する家計は、災害リスクを相対的に低く見積もるために、完全情報の場合に比べて、相対的に高い地代を負担している。

最後に、両地域に居住する家計の厚生は家計が実際に享受する状況依存的な効用と実際の状態の生起確率とをもとに構成されるということである。以上の考察に基づけば、現象の再現に関しては主観的なリスクに基づく評価を行い、その結果もたらされた配分結果の厚生分析を実施する際にはリスクのみを客観的なリスクに置き換えて厚生指標（期待効用）を再構成するという方法が構成される。実際の現象には主観的なリスクに基づいた各人の選択が存在しているため、現象の再現という意味では主観的なリスクをモデルに反映する必要はあるが、実際の施策の評価ではそのモデルでは誤った結果が生じる可能性があるため、認知リスクを客観リスクに補正する必要がある。このような方法を採用すれば、認知リスクにバイアスが存在する場合には、均衡において安全な地域の住民の方が高い厚生を得ていることや、脆弱性の差が縮まれば客観的な厚生水準は両地域ともに高まるといったことが示される。

また、認知リスクが存在している状況では、補助金や税金、さらには情報提供をしなから効率的な土地利用を実現しようとしても、個人の思考の中まではコントロール出来ない。このため、人々をせつかく良い土地利用、つまりは客観的に良いとされる土地利用の状況に置いたとしても、個々人の主観的なリスク認知には差異があるため、そこから移動しようとするインセンティブが残ってしまう。そのため、結果的には最適な状態に安定的な均衡を実現することができない。このため、間接的な手段では効率的な土地利用が実現できないことを示すことができる。

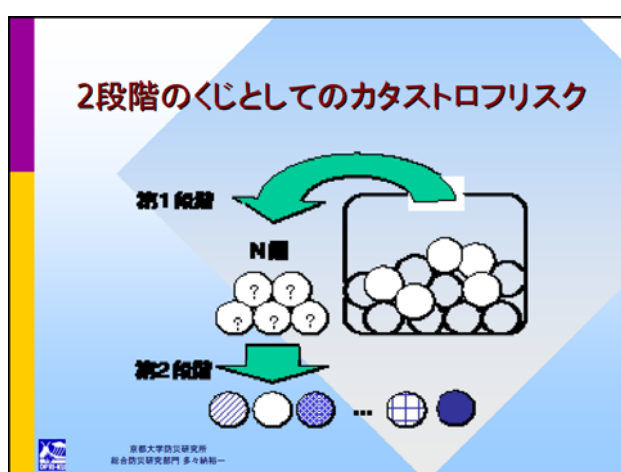
都市経済学などでは市場に任せておけば市場の競争原理によって効率的な土地利用が実現されるようになるといわれている。ところがこれも実際には、認知リスクのバイアスが存在すると都市内の土地利用に関する直接的な規制などの方が意味を持つようになるのである。また、このことは同時に、リスクコミュニケーションやステークホルダーの参画などの重要性を示唆する結果となっている。これらの施策は、リスク認知のバイアス自体を軽減させる施策である。それは、これらの施策の実施を通じてバイアス自体を軽減することが出来れば、市場の原理によって効率的な状況が生まれてくる可能性が高いからである。

## 9. 2段階リスクとカタストロフリスク

災害リスクのもう一つの特徴である空間的な相関性が、災害の被害を同時に発生させ、また、大きくする。これはつまり「Exposure」の増大に伴って被害も拡大するということでもある。

小林・横松（2000）では、図表 11 のような 2 段階のくじを用いて、この特徴を表現している。これは、被害規模が人口と独立ではないということを示し、リスクを国全体でまとめても無くなるわけではない、つまりプーリングによる分散を期待することは出来ないということと同意でもある。

図表 11: 2 段階のくじとしてのカタストロフリスク



2 段階のくじでは、まず壺の中から N 個のボールを選び出す。この N 個というのは災害で被災する人数を示しているのだが、つまりは、まず被災するエリアを選択することになる。そして第二段階でどの人がどの程度被災するのかということが決定する。つまり、まずはハザードを選び、その後に **Vulnerability** が違うことによって被災の状況が変わってくるというイメージのモデルである。

## 10. ミティゲーションの測定

### (1) 効果の測定方法

ミティゲーションの効果はどのようにして測るのか。例えば家計の支払い内訳をミティゲーションなどを考えずに単純にみると、次式のようなになる。

$$E[u(y - L(\omega))] = u(y - E[L(\omega)]) - \rho$$

これはリスクの存在する状態を、期待効用で表している。L は Loss、 $\omega$  はあるイベント、

$y$ は所得、 $u$ は効用を示している。これをリスクが存在しない状況での効用値と比較し、確実性がある場合は、所得は若干低くても良いということで $\rho$ を引くと、等しくなる場合がある。この時の期待被害額と $\rho$ の和を「確実性等価」といい、 $\rho$ をリスクプレミアムという。家計が危険回避的であれば、リスクプレミアムは $\rho > 0$ となる。

ミティゲーションをすれば被災リスクは減少する。つまり、期待被害額が減少する。では期待被害額の減少分だけを測定すれば良いのか、それともそうではないのか。

期待被害額のみを測ればよいのであれば、危険回避度やリスクに対する態度などというものは関係がないということになる。これに対して期待被害額だけを測るのでは問題があるというのであれば、リスクプレミアムを加味してくる必要が生じる。リスクプレミアムは家計の危険回避性向やリスクに対する態度を反映しており、結論として測定にはリスクプレミアムを活用していかななくてはならないと考えている。

リスクプレミアムを使う必要がないという理論の代表格が、Allow-Lind 定理である。この定理では公共プロジェクトの評価は確実性等価を利用する。また大規模なプロジェクト、つまりプロジェクトの実施によって便益を享受する世帯が非常に多いようなプロジェクトの場合は、政府はすべてのリスクをプール出来るため、危険分散を図ることが可能となるのでリスクプレミアムなど考慮する必要はなく、期待値の変化分だけを考慮すればよいとしている。

しかし、この定理はプロジェクトがもたらす不確実な利益（被害）は家計数に依存しないという前提で導かれたものである。そのため、プーリングすることによってリスクが消滅するような場合にはこの定理は正しいといえるかもしれないが、災害の場合は Exposure が最初にあって、それがどの Hazard によって影響されるかによって大きさが決まってくるので、災害の影響の大きさが家計数に依存せずに決まることはない。それは、そこに何人いるかとか、そこに何があるかなどによって決まってくるので、Allow-Lind 定理の前提そのものが成り立たないはずなのである。災害リスクはカテゴリーなリスクであるので、家計数に依存しているし、政府といえどもプーリングによって、完全に分散をゼロにすることができない。そのため、プーリング後も確実性等価にはリスクプレミアムの効果が残る。よって家計の危険回避の程度を便益の計量化に反映することが必要という結論になる。

## （２）実際の測定事例

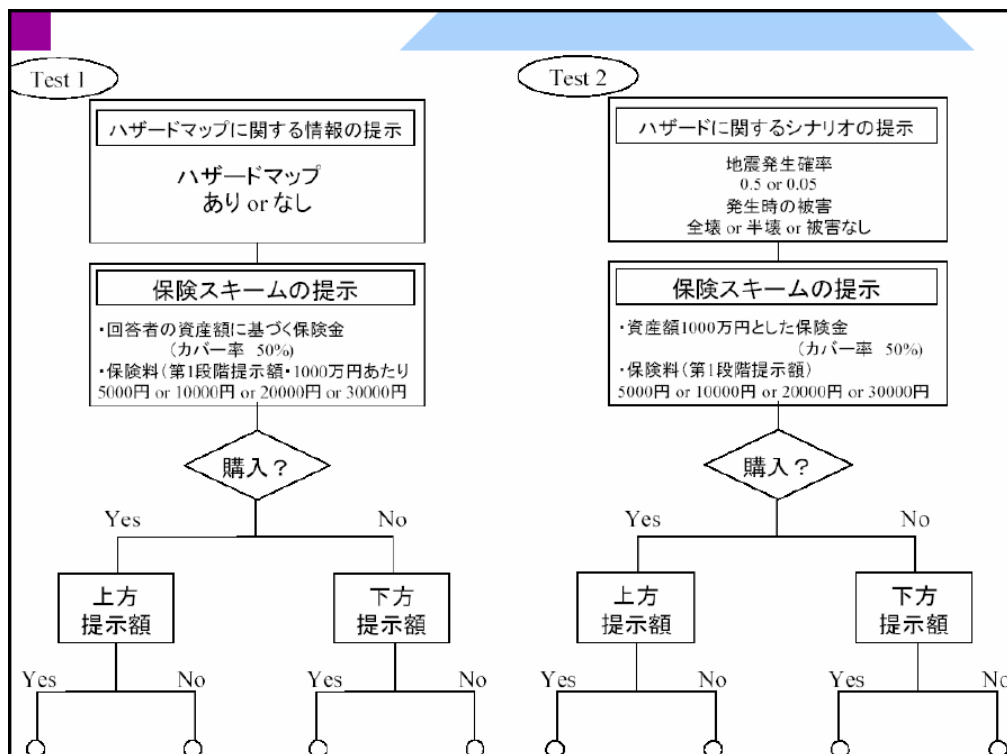
では実際に測定したリスクプレミアムを計量化した二つ事例を紹介する。一つは大阪府を対象とし、認知リスクとリスク態度（危険回避度）を同時に推定したもので、もう一つは城陽市を対象に、リスクの態度と曖昧性回避度を同時に推定した事例である。

### 1. 認知リスクと危険回避度の測定事例

まず前者の事例では、大阪府下の 3,000 名程度を対象とし、CVM を用いた自然災害リスクに対する家計のリスクプレミアムの計量化を測定した。まずハザードマップを提示した

家計としない家計をつくり、これに対して、保険のスキームを提示し、保険を購入するかしないかということを確認した。図表 12 がその Test の流れである。

図表 12: リスク態度と危険回避度 測定事例



図表 12 からわかる通り、Test 1 では確率に関する情報は何も与えていない。対して Test 2 では、地震の発生確率を 0.5 もしくは 0.05 として与え、また発生する災害の情報に関しても震度 7 の地震が発生するとして与えている。これらの Test を同じ被験者に行うことで、リスクに対してどういった認知を行うのかということを見ると同時に、危険回避度を測定した。

図表 13: 属性変数の説明

## 属性変数の説明

	変数名	説明	変数内容
用紙属性	HM	ハザードマップ付与	1:付与 0:非付与
住居属性	TYP	住居形態	1:一戸建て 0:共同住宅(マンション等)
	STR	住居構造	1:木造 0:非木造
	OWN	住居所有形態	1:持ち家 0:賃貸住宅
	AREA	住居建坪(延べ床面積)	1:81m <sup>2</sup> 以上 0:80m <sup>2</sup> 以下
	YEAR	住居建築時期	1:1981年以前 0:1982以降
地震態度属性	PRISK	地震発生可能性の認知 ※1	1:おきると思う 0:思わない
	PFLT	地震発生可能性の原因断層(PRISK=1のみ)	1:上町断層系 2:中央構造線 3:有馬高槻構造線 4:中央構造線 5:南海トラフ 6:上記以外 7:わからない
	PVAL	地震発生時被害可能性の認知 ※2	1:全壊または半壊すると思う 0:思わない
	KNOW	地震保険知識	1:知っている 0:知らない
	TAKE	地震保険保有	1:はい 0:いいえ
世帯属性	AGE	世帯主年齢	1:65歳以上
	Y	世帯収入	250 750 1250 1750 2250 (万円)
資産属性	HOUS	建物価格	(万円)
	GOOD	家財額	(万円)
	PROP	契約資産額(HOUS+GOOD)	(万円)

※1 「今後25年以内に、あなたが住んでいる地域で震度7程度の揺れを生じる地震が起こると思うか」という問い。  
 ※2 「仮にあなたの住んでいる地域で震度7の地震が起こったとき、あなたの住居には被害が出ると思うか」という問い。



京都大学防災研究所  
総合防災研究部門 多々納裕一

Testにおいては、図表 13 にあるように、多くの属性変数を測れるようにアンケートを設計したが結果としてはあまり効かなかった。その結果が図表 14 であるが、ほぼ効いているのは定数項だけである。

図表 14: 測定結果

モデル 被害確率	絶対的リスク回避度一定型(CARA)					
	所与リスク(Test 2)		主観的リスク(Test 1)			
	定数項のみ	最終モデル	定数項のみ 段階推定	定数項のみ 同時推定	最終モデル 段階推定	最終モデル 同時推定
定数項	1762.706	4240.506	1762.706	1175.737	4240.506	924.785
t-value	138.012	235.627		188.666		71.599
主観的リスク $\bar{r}_i$			0.0594 20.31	0.0657 8.641	0.0651 24.57	0.0525 9.427
定数項	0.0307	0.0137	0.0307	0.0170	0.0137	0.0424
t-value	11.940	10.945		8.617		6.591
HM						0.0129
t-value						2.774
AREA		0.421			0.421	
t-value		2.383				
PRISK						-0.0210
t-value						-3.423
PVAL						
t-value						
TAKE		-0.00462			-0.00462	
t-value		-2.888				
AGE		-0.00280			-0.00280	-0.0147
t-value		-1.792				-3.475
標本数 N	315	315	274	274	274	274
対数尤度 $L$	-432.658	-424.523	-527.651	-452.193	-553.051	-428.391
初期対数尤度 $L_c$	-1894.97	-1894.97	-1661.65	-1661.65	-1661.65	-1661.65
対数尤度比 $\rho^2$	0.771	0.776	0.682	0.727	0.667	0.742

最終モデル同時推定とは、人々の災害に対する主観的リスク、つまりどのくらいの確率で地震が起きるかということを経住地域においてどの程度として捉えているかということと、リスクに対してどの程度のプレミアムを持っているかという危険回避度を同時に説明している。

この時の回避度は、絶対的リスク回避度が 0.0424 となっており、ほとんどない状態に近い。また、客観的リスクの水準について私は、上町断層の存在などを鑑みたとしても 1/1,000 オーダー程度であると考えていたが、実際にプレミアムの計算をすると、推計値は 0.06 となっていた。

ではリスクプレミアムはどの程度か。それは、リスクプレミアムと期待被害額の比率を見るとおよそ 1 程度というのが、どのケースでも算出されている (図表 15)。そして、このケースの場合では安定的に、丁度 2 倍程度のリスクプレミアムがあるという推計結果が出ている。したがって、この結果が常に成り立つのであれば、防災投資を行った際に、期待被害額の軽減額で便益を測定すると、その概ね 2 倍程度までは便益として判断してもよいと考えることもできる。

図表 15: 代表的家計のリスクプレミアム

		リスク回避度 0.0307	→	0.017
		効用水準		効用水準
		所与リスク下の効用水準 (リスク情報あり)		主観的リスク下の効用水準 (リスク情報なし)
リスク基準	効用水準			
客観的リスク 0.001		1,040 / 1,000 (1.040)		1,009 / 1,000 (1.009)
主観的リスク推 定値 0.0657		66,650 / 65,700 (1.014)		66,220 / 65,700 (1.008)

リスクプレミアム / 期待被害額 (単位: 円) ()内は両者の比

測定結果では認知リスクは客観的リスクと比較して大きいという数値が出てきている為、人々の行動がどのようにして決まるのかということはこのモデルによって検討しても良いであろう。しかし費用便益分析など、施策を行ったなら人々が居住地を変更するかとか、保険により加入するようになるかなどの検討は、主観的リスクに基づいたモデルで検討する方が実態に沿った結果が得られやすい。そして、逆にその結果を評価するときは客観的リスクに基づいたモデルの方が良いと考えられる。なおこのケースでは、危険回避的でリスクプレミアムは期待被害額とほぼ同程度となる。

## 2. リスクプレミアムと曖昧性回避度の測定事例



では次に同時に曖昧性を推定した事例を紹介する。これに先立ってまずは地震保険の加入率が低い理由を考える。この理由の一つとして、まず認知リスクが小さいという説がある。これは、地震保険加入率の低さを主観リスク<客観リスクに求め、仮にこの論理が正しければ、人々が保険に加入しにくくなるという考えである。しかしながら、この説は、先ほどまでの事実と整合しない。先ほどの事例では、家計は被災確率をかなりの程度高く認知していると見るべきで、被災確率を割り引いて認知しているとはいえないからである。

私たちは認知リスクが客観的リスクよりも高いにもかかわらず、保険の購入が躊躇される理由として、家計が認知する「あいまい性」をあげることが出来ると考えている。保険に加入したとしても、被災の程度がどのように判定されるのか？自分の家の脆弱性はどの程度か？どのような強さの地震動が実現するのか？このように、地震保険加入に際して家計は不確定な知識の下で意思決定を迫られる。知識が不確定な状況下では、その結果生じるあいまい性を回避するため、家計は悲観的な予想に基づいて行動をすることが行動経済学などの分野で確認されている。ここでは、この「あいまい性」回避行動を明示的に考慮して、保険購入の行動を分析し、あいまい性（回避）プレミアムやリスクプレミアムを実際に計量化した事例を紹介したい。

また、保険に加入しない他の理由としては、「逆選抜」や「流動性制約」などをあげることができる。「逆選抜」は、高リスクの地域の人ほど保険加入率が高いために、同じ保険料では低リスクの地域の人加入しないというものである。さらに、「流動性の確保」を選好するという観点もある。保険は地震保険であれば、地震にしか使えないというように用途を限定してしまうが、現金で保有すればより高い流動性が確保できる。これはミティゲーションについても同様であり、耐震化を行ったとしても、地震が起きるまではその機能は役に立たないということになる。そういった意味の流動性や柔軟性が失われるということが、保険加入に影響を及ぼしているはずである。これらの点については、今後より詳細な研究が必要であろう。

以下のケースでは、保険金の支払いがどのように行われるのかということが明確でない、保険に加入しても必ず保険金が支払われるのかという不安があったとした場合に、それがどの程度の影響を与えているのかということを検証することで、曖昧性プレミアムを推定した。

支払いの判断基準が不明確であるという設定を奇異に感じられる方もおられるかもしれない。しかしながら、われわれは、以下のような理由でこの設定は現実味を持った設定であると考えている。情報の非対称性のために査定基準は保険会社しか知らないなどの状況の中で、人々は全壊とはこの程度であろう等の個人の想像を持った上で保険に加入しているはずである。しかし、いざ災害が発生し、自分では全壊だと思っていたが保険会社には半壊や一部損壊と判断されてしまったとする。さらに、そういった話をテレビなどで見たらすれば、保険なんて入っても役に立たないという考えを抱いてしまうであろう。このように、人々は期待した保険金が支払われない可能性をも考慮して意思決定をするものと考

えるのである。

よって実際に保険金不払いのリスクの確率が非常に小さくても、曖昧性があることによって、不払いのリスクが存在することを（過大に）評価してしまい保険に加入しなくなる。これは言い方を変えれば、人々は曖昧性を嫌うということであり、曖昧性プレミアムがどれくらいあるのかを測ることとなる。

## 1.1. 曖昧性プレミアムの測定

図表 16: 測定アンケート概要

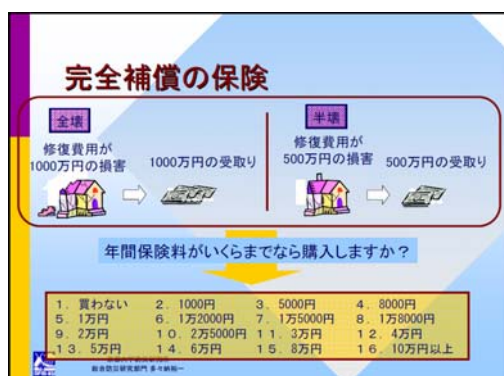


図表 16 のようなアンケートを行った。このアンケートでは仮想状況として、1,000 万円の住宅に居住し、その他に、2,000 万円の建物以外の資産を保有しているとする。また、25 年間に 5%の確率で震度 7 の地震が発生するリスクが存在し、さらに地震発生時には住宅が全壊する確率が 50%、半壊する確率が 50%という条件を与える。

これに対して、図表 17 にある完全補償の保険が存在すると仮定する。この保険では全壊の時に修復費用が 1,000 万円の損害に対しては 1,000 万円まで受け取れ、半壊で修復費用が 500 万円の損害に対しては 500 万円まで受け取れる。この時に年間保険料がいくらまでであれば、保険を購入するかということを調査した。

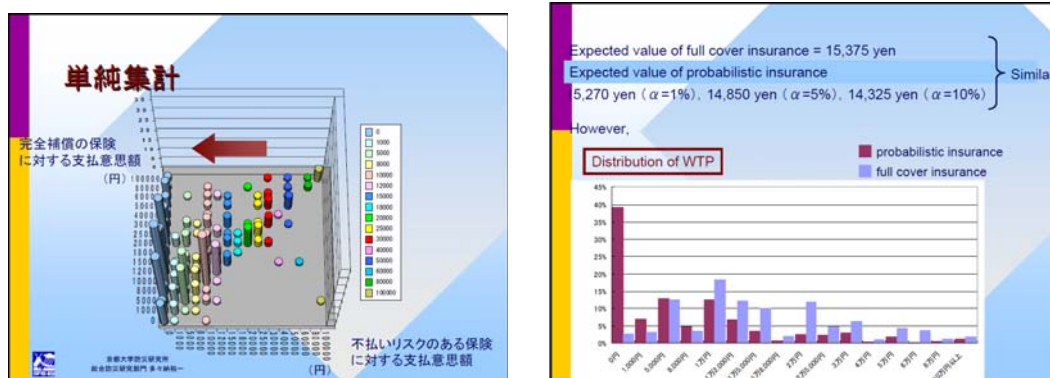
一方で、保険金不払いリスクがある保険も想定し、ここでは不払いになる確率を 1、5、10%として完全保証の保険の場合と同様の質問をしている。不払いのリスクとは $\alpha$ %で保険金を受け取れないとか、全壊の場合でも保険金が 500 万円になってしまうようなケースもあるという想定のことである。

図表 17: 完全補償の保険と不払いリスクのある保険



アンケートの単純推計としては、抵抗回答を別に除いているが、0という回答が多く見られた。また、完全補償の保険と、不払いリスクのある保険では大分分布の様子が異なり、完全補償の保険の方が、支払い意思額が高くなっていた。

図表 18: 単純推計と分布



また、推計結果としては、色々な説明変数が有意になっている。これによると、切片や年齢、さらには教育水準や雇用の有無などが、危険回避度を説明する変数として存在していることが分かる。危険回避度は、完全補償の場合で、およそ 1.62 と危険回避的な結果となった。これに対して、0~1,000 までの支払い意思額を含んで推計した場合には -17.176 という結果が出ており、危険愛好的な結果が示されている。

図表 19: 推計結果

## 推計結果

	Full covered insurance		Probabilistic insurance	
	Coeff	p-value	Coeff	p-value
Intercept	1.2561	0.000	-17.635	0.000
Age	0.0047	0.000	0.0091	0.000
Gender	0.1267	0.001	0.0616	0.259
Married	0.0123	0.056	-0.1044	0.126
Child	0.0792	0.038	0.1083	0.024
Education	-0.0775	0.000	-0.0897	0.002
Unemployed	-0.1246	0.000	-0.0941	0.005
Self-employed	0.0118	0.483	0.0299	0.476
Civil servant	0.0746	0.077	-0.1090	0.043
Experience	0.0118	0.493	-0.0836	0.110
sigma	76.284 E-6	0.212	4.7355 E+23	0.946
mean gamma	1.6276		-17.176	
N	506		506	
Log likelihood ratio	0.0456		0.0676	

$$\tilde{q} = \frac{\alpha + \tau q}{1 + \tau} \quad \tilde{q} = \frac{\alpha + \tau q}{1 + \tau}$$

京都大学防災研究所  
総合防災研究部門 多々納裕一

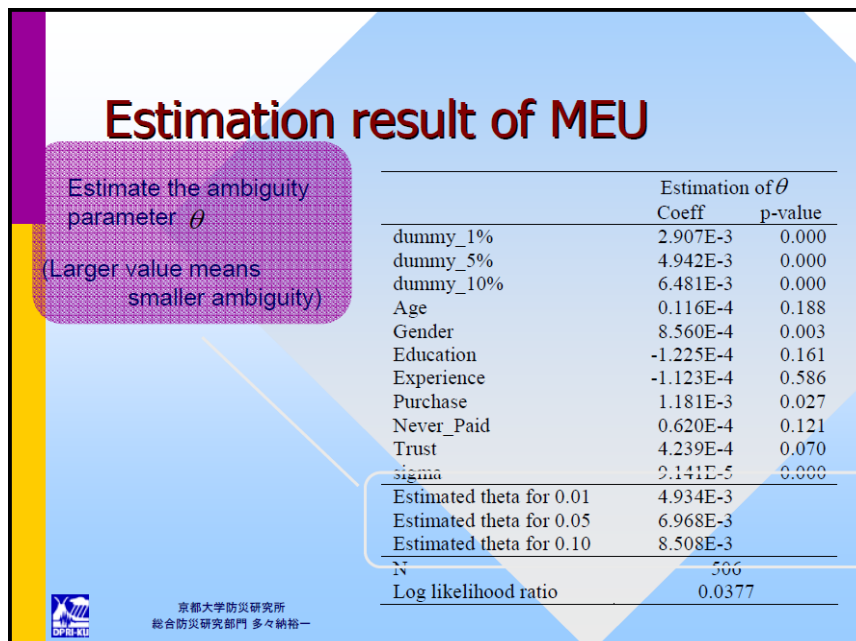
しかし、この結果は正当性が低いように思われる。なぜなら、保険を購入するか否かを質問しているのに、賭けことをするかしないかという質問に類似した結果だからである。また推計結果は、危険を回避するような選択をしていないことも示している。つまり、危険があるような土地にいるのだから保険を購入した方が得であるにもかかわらず、保険を購入しないということだ。それは、保険を信用することが出来ていないからであろう。また、分布における 0 円の結果を外してみたとしても、不払いの確率がある場合は -2.483 とマイナスの結果となり、購入しないことを選択することとなる。これが「曖昧性」である。

まず人々に対してどの程度不払いがあるかということを示す。そして提示された内容から、各人は自分にとっての割引を独自の判断で変化させて認識する。そこで、その結果を次式を用いて推計する。またこの時  $\theta$ （本来の主観的なものからどの程度ずれが生じているのかを示す）も同時に推計する。これは曖昧性の回避の度合いを示す。なお、その結果が図表 20 である。

$$V(f) = \min_{p \in C} \int_S u(f(s)) dp(s)$$

C: 確率分布の閉凸集合

図表 20: MEU の推定結果



これを見ると 1%、5%、10%と変化するたびに、Estimation of  $\theta$  係数の値が大きくなっている。これが大きくなるということとは、曖昧性の回避の程度がより大きくなるということを表しており、曖昧性が高くなるほど、人々からは避けられる傾向が強まるということがわかってくる。この結果をもう少し分かりやすく整理したのが図表 21 である。

図表 21 : Subjective probability

Subjective probability of 25 million yen in wealth level			
Mean appraisal risk	$\alpha = 1\%$	$\alpha = 5\%$	$\alpha = 10\%$
①Probability using $\alpha$	0.00205%	0.01025%	0.02050%
②Subjective probability	0.2104%	0.2717%	0.3000%
②/①	102.7	26.5	14.6

$\alpha$ を 1%とした時に、 $\alpha$ をそのまま利用して客観リスク変更すると 0.00205%となる。対して主観的に評価する、つまり曖昧性を考慮して確率を動かすことを認めると、0.2104%となり、オーダーはこの場合であれば 100 倍程度と 2 つも上がっている。また  $\alpha$ が 5%であれば 25 倍、 $\alpha$ が 10%の場合は 14 倍と、悲観的な方向へ振れやすいということもわかる。

そこで、これと先程の曖昧性の回避の度合いである  $\theta$  も活用して、保険に対する支払い意思額を計算した。その結果が図表 22 である。この結果によると、 $\alpha = 1\% \rightarrow 5\% \rightarrow 10\%$  と曖昧性が増加していく場合では、曖昧性のプレミアムはマイナスの絶対値が増加し、期待被害額への判断は  $\alpha$ が増加するに従って減少している。つまり、保険に加入しても期待被害



害額がどんどんと減少していくのである。これに対してリスクプレミアムは若干の減少をするものの同じ水準を保つという傾向を示している。

図表22: Ambiguity premium

Willingness to pay	=	Expected loss	+	Risk premium	+	Ambiguity premium
				additional payment due to risk aversion		
				additional payment due to ambiguity aversion		
						(yen)
Mean appraisal risk		$\alpha = 1\%$		$\alpha = 5\%$		$\alpha = 10\%$
Expected loss		15,273		14,863		14,350
Risk premium		5,725		5,661		5,551
Ambiguity premium		-13,060		-16,132		-17,151
Willingness to pay		7,937		4,391		2,750

また全体としては、期待被害額にリスクプレミアムを足して便益を見れば良いという考えに対して、曖昧性がある場合には曖昧性がマイナスのイメージを与えることにつながるため、その分価値が減少する。そのため保険において曖昧性が存在することの影響は大きいということがわかってくる。

このように曖昧性は意思決定において、重要なファクターになっている。主観的に計算されるリスクは曖昧性を定式化したモデルで表現することも出来るかもしれない。また、たとえ極めて小さい査定リスクでも保険の価値を大きく減ずることもある。よって、曖昧性の軽減の効果は大きく、曖昧性を減らす施策が重要になってくるのである。

これはつまり、「こうしたら、こうなる」ということを保証してあげることであろう。それは、例えば耐震改修を行えば必ず助かりますとか、このレベルまで耐震化すれば家は潰れません、などというアドバイスを行うことである。要するに、不確実性の部分を減少させ、またはそのプロセスを明確化することが効果を発揮するのである。

## 12. 最後に

今回の講演では、災害リスク管理施策の経済評価を中心として話をした。

まず1点目としては、災害リスク管理施策の経済評価には通常確実性等価というものが使われるが、その際にはAllow-Lind定理が成り立たないので、リスク態度に基づいてリスクプレミアムを反映させた方が良い。

2点目は認知リスクにはバイアスが存在しているので、行動の結果から現象を再現しようとすることは可能かもしれないが、そのまま便益を評価しようとすることには問題がある。結果の評価には可能な限り客観リスクで補正することが大切となる。

そして最後に曖昧性や不確実性が非常に大きな影響を及ぼすということである。よってこれらの軽減を考えることが重要であり、制度を如何に透明なものにするのか、あるいは第三者機関などを活用して市場の力でも対応できる仕組みを如何にして作り上げるかが求められる。そしてそのための手段としてリスクコミュニケーションを活用することも有効となってくるであろう。