

# 第 1 章 米国における災害リスクマネジメント研究の最近の動向

## 1.1. 研究の背景

近年、自然災害による被害総額は急激な増加を見せている。ミュンヘン再保険会社の資料によれば、90年代と60年代の平均値を比較すると、災害の発生件数は3.2倍に増加し、総経済損失は8.6倍に、保険金支払額にいたっては16.1倍に達している。このことは、災害が全世界的に増加傾向にあることと、被災危険地域に人口や資産の集中が進む傾向があることを示している。また、各国の保険制度や普及状況等に違いはあるものの、1992年のハリケーン・アンドリュー、1994年のノースリッジ地震等、保険金支払額が1兆円を超える規模の災害も少なからず発生している。我が国における保険金支払金額では、1991年の台風19号による被害が最大で、5,675億円もの保険金が支払われている。

米国においては、予想最大損失額が1,000億ドルに上るという試算もあるが、何といても、世界最大と目されている巨大自然災害は、わが国の首都圏の巨大地震のリスクである。ある試算によれば、実に330兆円もの被害が想定されている。

この種のリスクに対して我々はいかにして立ち向かっていくことができるのであろうか。リスクに対する対処方法をまとめ、災害リスクマネジメントの手段をまとめると、図1のようである。

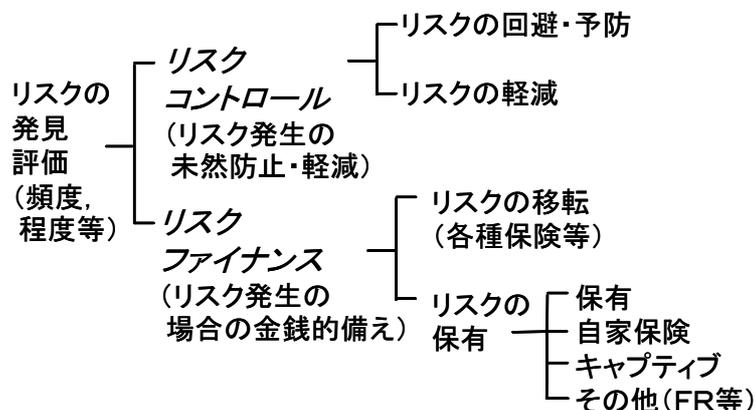


図 1 リスクマネジメントの手段 (山口、1998)

自然災害によるリスクに対応する方法としては、リスクコントロールとリスクファイナンスを挙げることができる。リスクファイナンスは、保険等を用いて災害によって生じた損失を移転したり、分担したりする行為である。これは、リスクを移転・分担することで、災害発生の事前と事後における各経済主体の資産や環境の平滑化を可能とする。

この意味で、自然災害のリスクを適切にファイナンスする手段が存在することの意義は大きい。しかしながら、リスクファイナンスだけではリスクは決してなくなる。災害には、物的資本や人命等の損傷が伴う。これらはリスクファイナンスの仕組みがいかであれ、その損傷の大きさ自体は変わらない。社会（地球）全体を考えれば、災害によってこれらの希少な資源が失われたことには変わりがないからである。

一方、リスクコントロールは災害の防止や被害の軽減のための行為である。政府による防災投資や個々人の被害軽減行動によって、災害により社会から失われる希少資源の量は確実に減少する。しかしながら、リスクコントロールだけでは、リスクの分配や移転は困難であり、各経済主体の資産や環境の平滑化も不十分なものとなる。ありきたりではあるが、リスクコントロールとリスクファイナンスをうまく組み合わせ、災害のリスクに対処する方法を見出すことが重要である。

災害リスク、特に、巨大災害のリスクは、個々の危険単位間の損失生起の相関性が高く、一つの保険会社がその損失を補償することは困難である。このため、災害リスクはそのファイナンスが困難な領域であるとみなされてきた。しかしながら、実際には、伝統的な保険市場においても、災害リスクを保険でカバーするための仕組みが機能してきた。元受保険会社が引き受けたリスクを、再保険会社が空間的に分散化することによって、低頻度で大規模な被害が補償されてきたのである。

人類のすべてが同時に被害を受けるようなカストロフを想定するならそれでも困難であるが、多くの災害は少なくとも空間的には限定された広がりの中で発生する。多くの災害は、一つの国や地域内に被害がとどまるのである。このため、再保険市場を通じて特定の国や地域のリスクを世界中の国々に分散化すれば、理論上は災害リスクに関しても十分な補償を提供しうる効率的な保険システムが成立しうる。

1980年代までは、概ねこのようなシステムによって災害のリスクのファイナンスが行われてきた。しかしながら、1990年代に入って、高額な補償を必要とする災害の頻発によって、いくつもの保険会社や再保険会社が破綻し、再保険料も大幅な上昇を見せた（図2参照）。このことが契機となって、伝統的な再保険のみに依存することなく、災害リスクを分散化するための仕組みとして、災害保険の証券化等の代替的手段（ART）が検討され、実際に市場で取り引きされるようになってきた。

このような代替的なリスク移転手段が利用可能となった背景は、もちろん、そのニーズが高かったことをあげる必要があるが、これに加えて2つの技術的な革新を取り上げなければならない。それは、金融工学と災害のシミュレーション技術の発達である。当時、オプションの価格付け理論に代表されるような金融工学手法は目覚ましい進歩を遂げていた。さらに、再保険産業のキャパシティが高々2,000億ドル程度であるのに対し、ARTでリスクを移転しようとする証券市場は、米国だけを取り上げても20兆ドル以上と桁違いに大き

Price Level of Reinsurance Contracts (1989 – 1998)

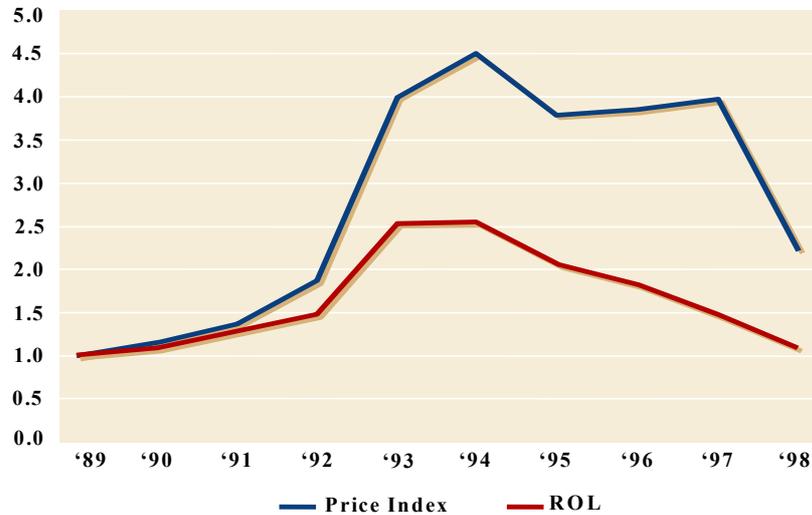


図 2 再保険料率の推移

な市場規模を有していること、災害証券に関わるリスクが通常の金融商品が有するリスクと無相関であることから金融市場におけるリスクをヘッジするための手段として有効であるとみなされたことなどが影響した。

さらに、重要なことは、自然災害のシミュレーション技術の進歩と、その技術を市場でサービスとして提供する Modeling Firm の出現である。Modeling Firm の出現によって、発生頻度の少なさゆえに算定することが困難であった個々の企業が自らの自然災害に起因する損害の超過確率カーブを比較的容易に知ることができるようになったのである。

このような 2 つの技術革新が、ART の出現を可能とし、災害リスクマネジメント研究への社会的ニーズが高まったのである。

## 1.2. Wharton 校における巨大リスク管理プロジェクト

Wharton Financial Institutions Center と Wharton's Risk Management and Decision Process Center との共同で Managing Catastrophic Risks Project が 1997 年に開始された。このプロジェクトは当初地震やハリケーンのような自然災害に関連したカタストロフィックリスクのマネジメント、中でもとりわけ災害のリスクファイナンスに焦点を当てた研究を推進することを目的として開始された。Howard Kunreuther、Paul Kleindorfer、Neil Doherty、David Cummins の 4 名の研究者が中心となって展開されてきている。このプロジェクトは、元受保険会社、再保険会社、Modeling Firm、保険料率算出団体などがスポンサーとなり、年 2 回のアドバイザリーボード会議で、研究で得られた知見に関する報

告を受けるとともに、今後のプロジェクトの方向性に関して討議が行われている。スポンサーは、米国はもとより、スイス、ミュンヘン再保険会社などの欧州企業も参加しているし、日本からも損害保険料率算出機構、ならびに、東京海上火災が参加している。

このプロジェクトのユニークな点は、**Modeling Firm** をスポンサーとするだけでなく、これらの会社から、データおよびモデルの提供を受け、これらのモデルを用いた検討に基づく実証的な知見を発表していく形態をとっていることである。研究者は、この種のモデルの提供がなければ実施することが困難な総合的なリスクマネジメント施策構築に関して研究を実施できるし、**Modeling Firm** の側も、彼らのモデルを利用した結果が広く研究者、政策決定者に広められることになる。この意味で、両者にとってメリットのある連携体制が構築されている。

さらに、スポンサーとして保険業界の企業が参加していることもあり、効率的な自然災害のリスク移転技法や、自然災害が保険業界に及ぼす影響についても研究が推進されている。

表 1 に、同プロジェクトにおける主要な研究内容を示す。以下ではこのうち the Model Cities/ Mitigation Study に焦点を絞りその成果を概説する。

**表 1 Managing Catastrophic Risks Project の主な研究内容**

the Model Cities/ Mitigation Study
the Supply and Demand Study of the Insurance Markets
the Insurance Capacity / Basis Risk Study
the Financing and Management of Extreme Risks

## The Model Cities/ Mitigation Study

この研究は、Paul Kleindorfer とともにこのプロジェクトのリーダーである Howard Kunreuther がリードしているプロジェクトであり、先述したように Modeling Firm からモデルの供給を受けて研究を行っている。その際のモデル構成は図 3 に示すようである。

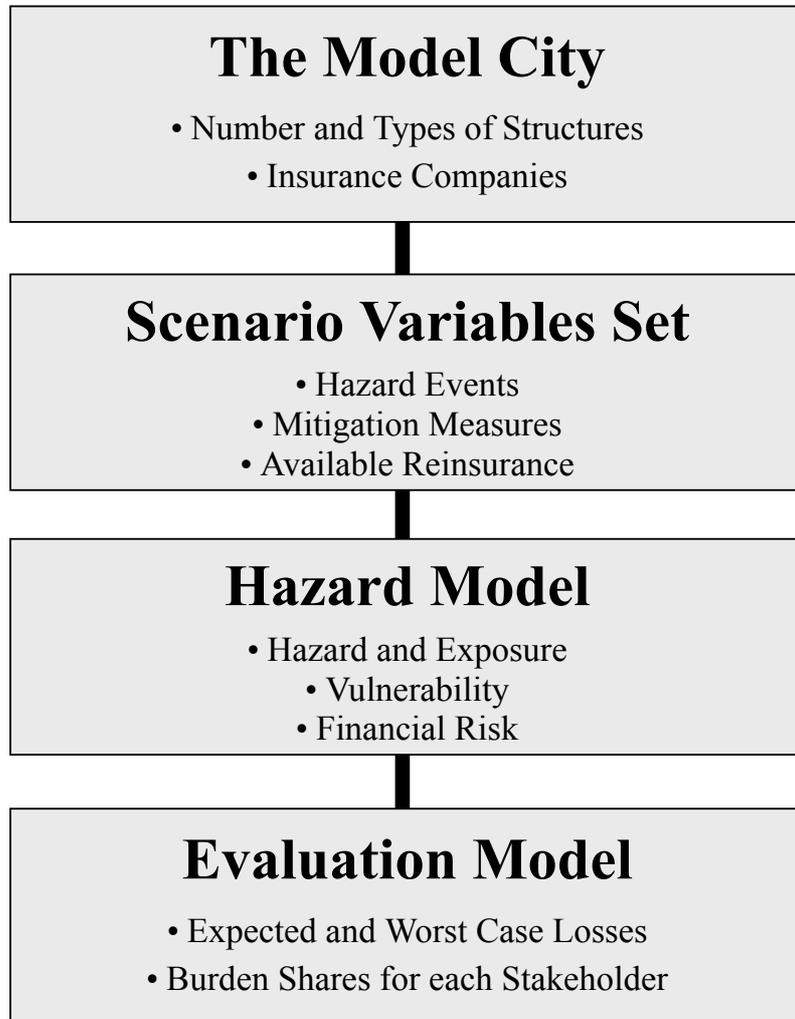


図 3 モデルの構造

モデルシティとしては、Oakland (RMS 地震)、Long Beach (EQE 地震)、Miami の Duke County (AIR ハリケーン) が取り上げられ、それぞれ、各 Modeling Firm が Hazard Model を提供している。初期の研究では、木造住宅の基礎への固定を想定したミチゲーションの効果、特に、保険業界への影響が検討された。Kunreuther (1997) は、個々の減災行動 (ミチゲーション) が損失規模を効果的に減少させ、保険料の軽減が生じうることに言及している。例えば、適切な建築規準が導入されていれば、ハリケーン・アンドリューの災害で発生した 150 億ドルの保険金支払額の約 25% が節約できたと主張してい

る。また、適切な建築規準に適合するように家屋の建設や改修等の減災行動が行われれば、自然災害による被害額の期待値が減少するのにとどまらず、その変動も緩和され、保険料の節約にもつながる。Kunreuther and Kleindorfer (1998) は、シミュレーション結果に基づきながら自然災害の不確実性が高いほど、ミチゲーションによる保険料の節約効果が高いことを示している。

しかしながら、家計や企業等個々の主体は、ミチゲーションへの関心は極めて低い。保険が提供されている場合には、モラルハザードが生じ易いことは既に述べた。それ以外にも、1) リスク認知のバイアスが存在し、ミチゲーションによる限界的なリスクの変化が過小に評価される、2) 近視眼的な行動をとりやすい、3) 借入れ制約に直面してミチゲーションの費用を調達できない、4) 外部性の存在といった理由を指摘できる。これらの問題を緩和し、個々の主体にインセンティブを与えるために、1) 適切な建築規準の導入、2) 借入れ制約を緩和するための公的なローンの提供の必要性があろう。また、認知バイアスを軽減するためには、情報の積極的な開示が何より必要であり、信頼されうる情報が提供される仕組みを構成することが重要であろう。

また、本プロジェクトの成果の一つとして、リスクカーブの不確実性に関する分析が行われるようになったことが上げられる。(図4参照)

図4では通常のリスクカーブの左下と右上に信頼限界が描かれている。上下方向の偏差は、確率の推計に関する不確実性を、左右の偏差は損害額の推計における不確実性を表している。これは、modeling firm からのレポートをもとに作成している。Kunreuther (1995)

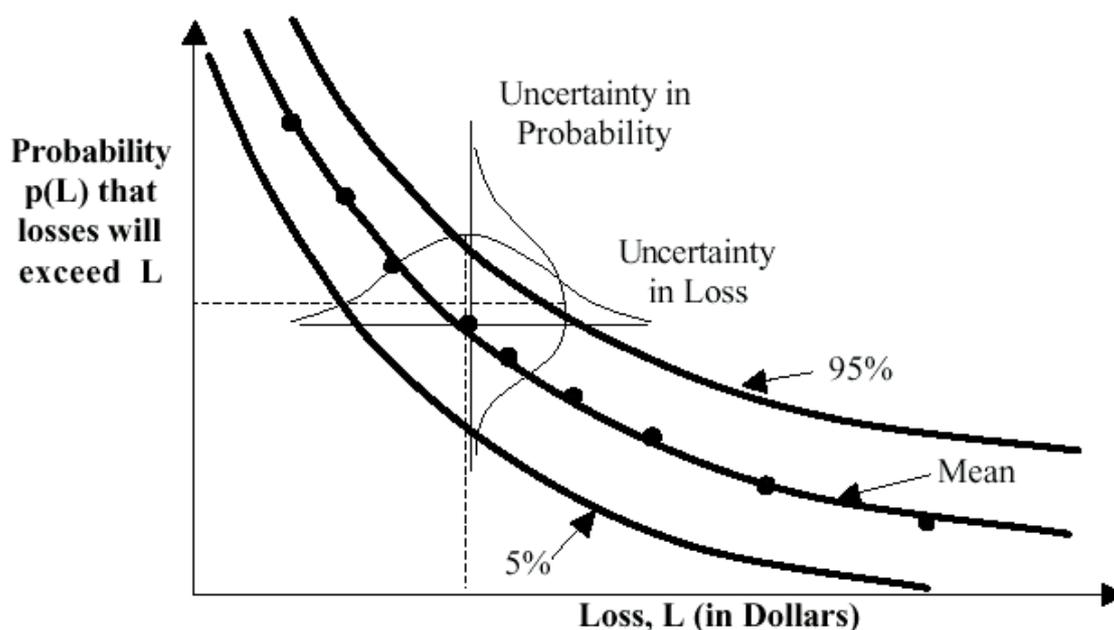


図4 リスクカーブの不確実性

は、この種の不確定性がある場合に保険料率に上乘せが生じるかどうかをアンダーライターへのアンケート調査をもとに推計している。表 2 にその結果を示す。この結果から、不確定性が高いほど保険料率が割高となることが推察される。

表 2 確率、損害額の不確定性と保険料率

SCENARIO	CASES			
	1 p,L	2 Ap,L	3 p,UL	4 Ap,UL
p = .005 L = \$1 million pL=\$5,000	1	1.28	1.19	1.77
p = .005 L = \$10 million pL=\$50,000	1	1.31	1.29	1.59
p = .01 L = \$1 million pL=\$10,000	1	1.19	1.21	1.50
p = .01 L = \$10 million pL=\$100,000	1	1.38	1.15	1.43

※ 地震の発生確率が 0.01 または 0.005、発生したときの損失が 100 万ドルまたは 1,000 万ドルである 4 つのシナリオを想定している。それぞれのシナリオについて不確定性がまったく無いケース (p,L) の保険料を 1 とし、これに対して発生確率のあいまいさ (Ap : Ambiguous probability) および損失の不確実性 (UL : Uncertainty in Loss) がある、他の 3 つのケースの保険料がいくらになるかを表している。最も不確定性が大きいケース (Ap,UL) では、不確定性がまったく無い場合に比べて保険料が 1.43 から 1.77 倍となった。

### 他の主要な成果

以上、モデルシティーを中心にレビューしてきたが、他の主要な成果としては、まず、保険産業および再保険産業の自然災害に対するキャパシティに関する検討をあげなければならない。これは、Cummins と Doherty を中心になされた分析で、保険業界が自己資金を増強した結果、1997 年時点でおおむね 100B\$ の自然災害までならおおむね対応しうるキャパシティが形成されていたことが示された。しかしながら、これを上回る規模の災害に関しては保険システムそのものがいまだ脆弱な状況にあることが示されている。

次いで、ART などの新しい災害リスクのファイナンスに関する研究であるが Cat-option が CBOT に 1992 年に上場されてから 8 年が経過した 99 年時点においても、ART の市場規模はそれほど大きくない。Swiss Re. の推計によれば、概ね 99 年における災害証券の残高は 25 億ドルと再保険市場に代替するほどの規模には成長していない。

伝統的な再保険では、再保険会社の経営が悪化し、支払不能に陥るリスク (信用リスク)

が存在する。これに対し、災害証券などの ART では、インデックスを用いるために保険会社が被る損失と ART によって提供されるカバーが必ずしも一致しない。このことによって生じるリスクは、ベシスリスク (Basis Risk) と呼ばれ、ART の問題点となっている。それでは、なぜ ART では、ベシスリスクを引き起こすようなインデックスを用いた取引が行われるのであろうか。これは、モラルハザードが発生する可能性を低めるためである。

モラルハザードは、保険が提供している場合には、保険を購入した主体が適切な被害軽減のための努力を怠ったり、発生した損害を過大に申告したりするインセンティブを引き起こす現象である。伝統的な保険や再保険では、共同保険や免責条項の導入等がなされてきた。Doherty (1997) は、インデックスの導入は、モラルハザードが生じる可能性をより低くする効果を持つが、その一方でベシスリスクを発生させることを指摘した。言い換えれば、インデックスの利用はモラルハザードによる損失の可能性を軽減する代わりにベシスリスクを発生させているのである。これに加えて、Cummins (1999) は、ベシスリスクの問題に関してフロリダで発行されている家計向け災害保険の 93% を占める 225 の保険会社の保険商品の効率性を AIR のシミュレーションモデルを用いて分析し、ZIP コードレベルで発行されるインデックスボンドをヘッジの手段として用いた場合のベシスリスクの大きさを実際に計量化している。その結果、おおむねこの種のヘッジは機能するが、これが有効に機能するのは規模の大きな保険会社に限られること、規模の小さな保険会社はその営業圏域の狭さなどの理由によって、十分なヘッジがえら得にくいことが明らかにされた。

最後に、規制や政府の役割に関しては、保険の供給および需要の市場取引データをもとに Kleindorfer を中心として解析が行われている。規制等の理由により、保険料率はリスクの高い地域で相対的に割安であり、逆にリスクの低い地域で割高である。このことは、監督官庁への申請した際の保険料率と実際に採用された保険料率の傾向においても同様であり、官庁による指導はむしろこの傾向を強化する方向に働いていることなどが指摘された。また、年齢とともに災害保険の需要は低下するが、より高いカバーが好まれること、一般の損害保険の需要に比べて、災害保険の需要はより価格非弾力的であることなど興味深い結果がえられている。

### 1.3. 災害リスクマネジメント研究の動向

総合的な災害リスクマネジメント研究への関心は、近年、米国のみならず、欧州・アジアでも高まりを見せている。欧州では、国際応用システム分析研究所(オーストリア、IIASA)が、政策科学やシステム科学という学際的・国際的研究者コミュニティの世界的なネットワークの中核として大きな影響力をもっている。IIASA では、住民参加型の意思決定に基づく災害リスクマネジメント方策の決定方法や、シミュレーションを組み込んだ確率最適化法を用いた災害リスク移転方策の設計方法、開発途上国における自然災害のマネジメント

施策等に関する研究を行っている。

日本では、京都大学防災研究所（DPRI）の総合防災研究部門が中心となり、災害の長期的効果や、人間活動、土地利用、社会基盤等の相互作用を考慮した総合的マネジメント施策の展開が図られている。これらの研究機関は、2000年より IIASA-DPRI Joint Meeting on Integrated Disaster Risk Management という国際会議を毎年 IIASA で開催している。この会議は、世界各地から自然科学と社会科学の両分野の研究者、保険実務者、行政担当者など集め、新たな総合的研究分野の研究者・専門家コミュニティを育てるとともに、広い視野から世界の都市や地域のマネジメントのあり方を見つめ、そこから政策論的知見を紡ぎ出そうとするものである。

2001年9月11日の貿易センターへのテロを受けて、Wharton のプロジェクトも名称を変え、Financing and Managing Extreme Risks Program となった。今後、Wharton のみならず、世界的な規模で間違いなく自然災害に関わらず大規模な損害が発生するリスクに対してのマネジメント施策に関する研究が進展していくことになる。また、自然災害の範疇でも、東京やイスタンブール等の大都市（メガシティ）を襲う災害の影響とその時空間的波及、その総合的なマネジメント施策に関心が向かいつつあるように観察される。もちろん、そこにはより困難な課題が待っているのではあるが。

## 参考文献

- Cummins J.D. and Weiss, M.A.(1999) The global market for reinsurance: Consolidation, capacity and efficiency, mimeo, Wharton School, University of Pennsylvania, 1999.
- 山口光恒(1998) 現代のリスクと保険, 岩波書店.
- 高尾厚(1996) 「CAT の構造について—集積リスクの新機軸」, 保険学雑誌, 555号.
- Kist, F.O. and Meyers, G.(1999) Evaluating the Effectiveness of Index-Based Insurance Derivatives in Hedging Property/Casualty Insurance Transactions, American Academy of Actuaries Index Securitization Task Force Report.
- Doherty, N.(1997) Financial innovation in the management of catastrophe risk, mimeo, Wharton School, University of Pennsylvania.
- Kunreuther, H.(1997) Managing catastrophic risks through insurance and mitigation, mimeo, Wharton School, University of Pennsylvania.
- Kunreuther, H. and Keindorfer, P.(1998) The complementary roles of mitigation and insurance in managing catastrophic risk, mimeo, Wharton School, University of Pennsylvania.
- Viscusi, K.W.(1992) Fatal Tradeoffs: Public and Private Responsibilities for Risk, New York: Oxford University Press.
- Tatano, H.(1999) Risk Perceptions and Investment for Disaster Mitigation by Individual Households, Proceedings of the IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics, pp.1003-1006.
- Lewis, C. and Murdock, K.C.(1999) Alternative means of redistributing catastrophic risk in a national risk management system, in Froot, K.A.(ed.) "The Financing of catastrophic Risk", Chicago: The University of Chicago Press.



## 研究論文抄訳

### 論文 1 巨大リスクの管理において保険業界が直面する試練

米国の民間保険業界は、支払不能や重大な超過損失が発生する危険性をこれまで打開できずにきたために、今後ハリケーンや地震に対する補償を継続できないと感じている。このような懸念は、1989年以來米国において前例のないような保険損失を招いてきた一連の自然災害に由来している。

図1は1961年から1995年までに米国の保険業界が経験した巨大災害による損失の大きさを示している。この図を見れば1989年以降の変化は明らかである。年間の保険損失が40億ドルを超えた1989年のハリケーン・ヒューゴの発生の前には、保険業界は単一の災害により10億ドルを超える損失を被ったことはなかった。しかしこの時以來、この金額を超える災害が10件もあった（“Catastrophes”1996）。

ハリケーン・アンドリューは今日までに保険業界が経験した最も過酷な災害であった。それは1992年にフロリダ沿岸の地域を襲い、風害により150億ドルを超す保険損失を引き起こした。その嵐がもっと北よりのコースを取っていたら、マイアミのダウンタウンやマイアミ・ビーチを襲い、保険損害の合計は500億ドルに達していた可能性もある。この嵐は保険業界に、過去のどのような想定をも超えるような損失が、将来発生するかもしれな

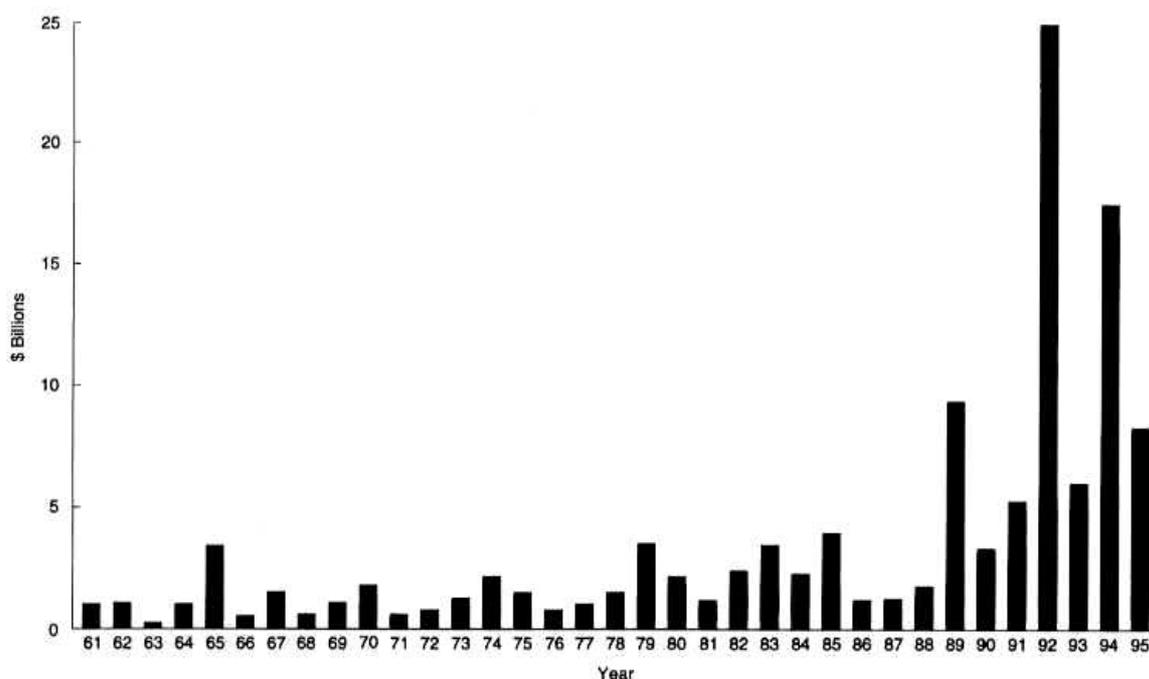


図1 1995年のドル値による大災害による付保損失 (Insurance Services Office 1996)

いことを認識させることになった。

アメリカ合衆国の西海岸については、1994年1月のノースリッジ地震での保険損害が120億ドルをこえた。そのような地震がロスアンジェルスの中を襲っていたら、保険請求は500億ドルを超えたであろう。ノースリッジ地震よりきっかり1年後に発生した、日本の神戸地震はより甚大な損害をもたらした、それによる修復費用は1,000億ドルをはるかに超すと見積もられている。保険がかけられていた構造物は非常に少なかったために、保険業界の費用負担は比較的少なかった(10億ドル)(Scawthorn, Lashkari, and Naseer 1997)。1923年の関東大地震が再来すると、その損害は現在では9,000億ドルから1.4兆ドルにも及ぶであろう(Valery 1995)。

このように近年災害の特徴が変わったこと、および将来の超巨大災害への不安から、次の二つの疑問が提起される。(1)将来の災害による損失を軽減するためにどのような手段が取れるのか。(2)これらの災害が発生したらその費用は誰が払うことができ、誰が払うべきか。

この論文は、巨大リスクの問題に対処するために保険とそれ以外の政策の役割を評価するための一つのアプローチを提案する。1章では、なぜ従来の再保険構造が近年の損失を補填する能力に限界があるのかを概観する。またプール機構が、州と連邦レベルでいかにしてこの欠陥を埋めようとし、またいかに資本市場からの新たな資金源を必要としているかを述べる。

2章は、巨大損失に関係する主要な当事者達の意味決定プロセスと彼らの間における相互作用を理解することの重要性を強調する。2章で説明された問題の特徴を基にして3章は、情報テクノロジー、充実したデータベース、そして大災害のリスクを分析するために現在使われているモデルを利用して一連の代替的戦略を検証するための概念的なフレームワークを提案する。4章は、このフレームワークを利用し、二つの政策である再保険とミチゲーションがカリフォルニアの「モデル都市」の巨大損失に対して果たし得る役割を検討する。結論の章は、これら分析を発展させて、巨大災害のリスクを管理するための新たなアプローチを構築・評価するための、代替的意思決定ルールと政策について提案する。

## 1. 新たな資金提供源の必要性

保険者は伝統的に、ある種の協定すなわちエクセス・ロス契約によって巨大災害から彼らの損失の大部分を守る、民間の再保険契約を通して自らを防御してきた。例えば、民間保険者と再保険者の間の超過損害額再保険が300/100 excess-loss layerと呼ばれるレイヤーを設けているとしよう。この制度では、特定の地震からの損失が3億ドルを超過すると、

再保険者は損失の次の 1 億ドルを負担することになる。保険者はそうすると 4 億ドルを超える損失を支払うことができる。3 億ドルはアタッチメント・ポイントと呼ばれ、他端である 4 億ドルはリミットとして指定される。これら二つの点の間の差が有効な再保険額を定義している。このような保険保護の見返りに、保険者は再保険者に対してあらかじめ設定された保険料を支払う。

### 1.1. 再保険の役割

最近の巨大災害を受けて、保険者は更なる再保険カバーを要求するようになってきているが、保険者が支払える価格で求めるレイヤーを手に入れることは困難になってきている。もし保険者が元受保険証券に更に高い保険料を課することができるなら、多くの場合、再保険は少なくなり、高いアタッチメント・ポイントを認め得るようになるだろう。しかしながら、規制上の制約、例えば保険料率の変更について州の保険局長の事前承認が必要であるといった点があり、そのために彼らがリスクに見合うと考えるレベルまでの保険料引き上げは制限される。例えば、フロリダでは、ハリケーンの被害を受けた州内の区域ではホームオーナーズ保険（これは風による損害をカバーしている）に課することができる料率に制限が設けられた（Lecomte and Gahagan 1998）。

調達できる再保険額に限度があるので、保険者は、彼らが抱えている事業全体を襲う巨大なハリケーンや地震により経験するかもしれない最大予想損失（PML）に大きな懸念を抱くようになってきた。この懸念は根拠がないものではない。ハリケーン・アンドリューに襲われた後に、保険会社 9 社が支払不能となり、他の保険者もフロリダ保険保証基金（Florida Insurance Guarantee Fund）により支払不能会社の保険金請求に関して拠出金を課されるといった点での資金負担もあった。実際のところ、このようなアンドリュー発生以後の負担金により 10 社目の会社が支払い不能に追い込まれた（Conning & Co. 1994）。

カリフォルニアにおいて地震保険を引受ける多くの保険者が、ノースリッジ地震の後、続く巨大地震による支払不能の可能性あるいは重大な超過損失を懸念するようになった。この州の保険局には公式の保険料率制限は存在しないが、保険会社は、公衆の信頼性を維持しながら、どの程度に高い保険料率を課し得るかについて懸念を抱いている。更に、世界中の再保険市場のキャパシティにも限界があるために彼らがこれまで調達することができた再保険額にも制限がある（Insurance Services Office 1996）。実際のところ、ノースリッジ地震の後間もなく、Standard and Poor's Insurance Rating Service は、万一カリフォルニアで別の大きな自然災害が発生した場合に、破綻する危機に瀕している保険会社を 10 社指摘した（Insurance Services Office 1994）。

アメリカ合衆国議会は、連邦の超過損害額再保険制度を提供する提案を検討中である。全米経済会議（National Economic Council）は、連邦政府が毎年オークションにかけられ

るような**巨大災害再保険契約**を提供するように推奨した。この提案では、財務省が単一の自然災害より発生する業界の損失 250 億ドルから 500 億ドルをカバーするような、一定数の超過損害額契約をオークションにかけられるようなプログラムを設定することになっている。保険者、再保険者として州と国の再保険プールがそれを買えることになろう (Lewis and Murdock 1996)。

## 1.2. 州の保険プールの出現

過去 5 年の間に、いくつかの州で災害に対する填補あるいは追加支払能力を提供するための保険プールが設立されてきた。最初に設立されたのはハワイであり、1992 年のハリケーン・イニキの襲来後に居住用と商業用の財物に風災填補を提供するためのハリケーン救済基金が設立された。フロリダでは、ハリケーン・アンドリューの後に民間保険会社から付保を拒絶された住宅所有者に対して保険証券を発行するための共同保険引受団体が 1992 年に設立された。現在、この補完的なマーケット機構はこの州の第三番目に大きな財物保険者であり、おおよそ 900,000 件の契約を引受け、1,000 億ドルの潜在損失を抱えている。これは南部フロリダ全体が抱える潜在損失よりも大きな数字である (Scism 1996)。

1992 年には信託基金をもって運営されるフロリダハリケーン巨大災害基金が設立され、保険者に将来巨大なハリケーンで発生する損失の一部を払い戻すことにしている。次に来る巨大災害では、予め設定された留保金レベルを超える部分について、保険者は基金より再保険給付を受ける。しかし現時点での基金のキャッシュ・バランスでは、ハリケーン・アンドリューと同じような大きな被害がもたらされた場合、保険者に十分な保護を与えることはできない (Insurance Services Office 1996)。

1985 年以降、カリフォルニアの保険者はホームオーナーズ保険の全ての契約者に対して地震危険のカバーを提供するように要求されてきた。これは、ノースリッジ地震が発生して、多くの保険者が同州においてこれ以上地震保険を販売するリスクは負えないと感じるようになるまではあまり問題とされていなかった。1995 年に、カリフォルニア保険局は、保険者の調査を行い、彼らの 90% までもが新たなホームオーナーズ保険の販売に制限を設け、あるいはこのような証券を販売するのを完全に中止したことを知った (Roth 1998)。

ノースリッジ地震の後、ホームオーナーズ保険の填補が間に合わなくなった結果として、州が運営する地震保険会社が提案された。1996 年 9 月、州の議会は、15% を自己負担として住宅所有者に補償を提供するカリフォルニア地震公社 (CEA : California Earthquake Authority) の設立を承認した。CEA は、民間と公共の両方が共同で基金を出して巨大災害による被保険者の損失をカバーする革新的な制度である。

表1は、州内の免許を保有している保険会社の家計地震保険市場が全てCEAプログラムに参加すると仮定した場合の、105億ドルの資金要求を負担する層を説明するものである。保険者の支払責任は60億ドルに制限されている（10億ドルは参入時の資本拠出金、30億ドルは地震発生後に支払請求をカバーするために徴収される第一次事後拠出金、残りの20億ドルは保険損害が85億ドルを超過した場合の第二次事後拠出金である）。その他の層は、再保険（20億ドル）、証券市場から公債でカバーする証券保有者賦課（10億ドル）あるいはBerkshire Hathawayグループの再保険（15億ドル）のいずれかによって負担される（Roth 1998）。

表1 カリフォルニア地震公社の構造：資本参加（Roth 1998）

負担する層		合計
20億ドル	保険会社の不確定賦課（地震後）	105億ドル
15億ドル	Berkshire Hathaway	85億ドル
10億ドル	証券保有者の不確定賦課	70億ドル
20億ドル	再保険（保険金額の復元なし）	60億ドル
30億ドル	保険会社の不確定賦課（地震後）	40億ドル
10億ドル	保険会社資本拠出金（プログラム参入のためのもの）	10億ドル

### 1.3. 資本市場の潜在的な役割

過去数年間は、巨大リスクに対する保険保護を提供するために新たな融資制度を開発する面で、投資銀行やブローカー会社が相当な関心を示していた（Jaffee and Russel 1996）。彼らの目的は、投資家が巨大なエクスポージャーをカバーしている新たな金融証券化制度を、他の資産クラスの証券と同じように快適に取り引きできる方法を探すことである。換言すれば、巨大なエクスポージャーのカバーは新たな資産クラスとして扱われるようになったようだ。

Litzenberger、Beaglehole、Reynolds（1966）は、債券の有効期間中にわたり14.57%の（財務省長期債券よりもベース・ポイントで900ポイント上回る）クーポンを投資家が受け取る10年ものカタストロフィ・ボンドを仮定し、10,000件のシナリオをシミュレートした。もし損害率がいずれかの暦年に20%を超える場合には、同ボンドは満了し、投資家は元金の半分を受け取ることになる。このシミュレーションにおいてこのボンドの平均利回り率は、対数正規型分布より無作為にサンプルを抽出した場合に、7.47%であった。この利回りは期間10年の高利回りボンドの平均利回り5.61%に匹敵する。Frootら（1995）は、1970-94の間に投資家はその資本を超過損害額再保険契約に繰り入れた場合に得られたであろう利回りを計算した。それにより彼らは、投資家はその全期間において財務省短

期債券を上回る 224 ベーシス・ポイントの利回りを得ることになったことを発見した。この期間において、最良と最悪の年での**超過利回り**はそれぞれ 7.5%と-22.1%であった。

1997 年まで、これらの新しい証券には投資家社会の関心は比較的薄かった。しかし、その構図も変わりつつあるように見える。最近になって、USAA は二つの負債層を持つカタストロフィ・ボンドを証券化することに成功した。一つめの層は、USAA がクラス 3、4 あるいは 5 のハリケーンにより 10 億ドルの損失を被る場合には利息免除となり、もう一つは元金と利息の両方にリスクを伴うものである。4 億ドルの目標値は購入超過となったが、これは一つには現在ではこのタイプの証券が投資家によく知られるようになったからであり、さらに投資家にとって非常に高利回りであるからである。さらにもう一つカリフォルニアの保険業界の損失をベースとしたカタストロフィ・ボンドが、巨大な地震損害を処理するために Swiss Re、Credit Suisse および First Boston によって共同で発行された (Doherty 1997)。

投資家社会がこれら新たな資本市場証券へ反応するのが遅いことにはいくつかの理由があると考える。一つには、自然災害による巨大損失のリスクが非常に不確実であるために、損失の変動が大きい点に投資家の焦点が当たってしまっていることである。ハリケーンや地震による今後の損失がこれまでに発生したいかなる災害をも超えるという最近の見通しが、この懸念を更に高めてきている。加えて、これらは投資家社会がこれまでに歴史や経験をもっていないようなリスクである。従って、特定の証券の品質を評価するための基準も等級も現在のところ存在しない。最後に、そしておそらく最も重要なことは、どんな革新的手法も受け入れられるには時間がかかるということであろう。一般的に新しい製品が導入される時点とその市場が形成される時点との間には長いプロセスを経ることになる。特に、二つの鍵となる当事者—保険者と再保険者—との間に積年の関係がある場合がそうである (Wind 1982)。

## 2. 主要な利害関係者の意思決定プロセスの理解

巨大リスクを管理するための戦略を開発するためには、災害発生の結果に関係する利害関係者の行動だけでなく災害そのものの特性も理解する必要がある。地震やハリケーンに伴うリスクは、可能性は低い結果は甚大 (LP-HC : low-probability, high-consequence) というクラスのイベントに該当する。特定の時と場所における**イベントの発生確率**ならびに罹災社会の**結果的な損失**の両方とも、その予測については相当の曖昧さと不確実性がある (Hanks and Cornell 1994)。専門家の間でもこれらのリスクの予測に関しては意見が食い違うことが少なくない。過去のイベントあるいは科学的モデルからそのように食い違う意見を一致させるに足る十分な証拠はない。

地震とハリケーンの両方についてハザードリスクマップが作成されたことはあるが、それも特定のイベントの可能性と潜在的な損害についての大雑把なガイドラインを与えてくれるに過ぎない。適切な例として強度が中程度のノースリッジ地震がある。この場合には、実際の損失は専門家が予測したものよりもはるかに大きくなった。ノースリッジ地震の発生以前には耐震強度は十分と考えられていた構造物、特に曲げモーメント抵抗軸を有する鋼構造ビルが損壊したのである (Valery 1995)。

## 2.1. 簡略化された意思決定ルール

これらイベントにまつわる曖昧さは、個人の情報処理能力が限られていること相俟って、潜在的な罹災者や保険者を、期待効用理論や費用便益分析のような規範的選択モデルとは違った簡略化された意思決定ルールに従わせてきた (Camerer and Kunreuther 1989)。巨大災害イベントを管理するための戦略を設計するにはこのような選択プロセスも考慮に入れる必要がある。

**ハザードが高い地域の住民は、LP-HC イベントに関して二つの反応のいずれかを見せることが多い。**もし特定の災害を経験したことがなく、このようなイベントに遭遇した友人や近隣住民を知らなければ、たいていの人は「それは自分には起こらないだろう」と信じる。このようなリスク認識はハリケーンや地震の発生確率をあたかもゼロと考えるに等しい。このような住民は進んで保険を購入したりあるいはミチゲーションに投資することに関心を持ったりはしないであろう (Kunreuther 1996)。

メディアや個人的知識を介して遠くない将来に甚大な損失をもたらす可能性について心配をし、あるいは災害を経験したことがある人は、進んで保険を買いあるいはミチゲーションに投資しそうである。住宅所有者がミチゲーションに先行投資するのを抑制する一つの因子は、通常ではないような短期的視野にある。このことは、即座に見返りがないと大きな投資をためらわせるような長期のおよび／または予算的な制約を超えて、人々は利益を見出すことができないことによるようである。例えば、構造物を基礎にボルトで固定するのに 1,000 ドルかかるとして、年間予想損失額の軽減が 300 ドルであれば、そのときには年間の割引率が 15%と高かったとしても、その投資は 5 年たてば見合うことになる。しかしながら、住宅所有者が 1,000 ドルの投資を 1 年間の貯蓄 300 ドルと比較すると、このような手段への投資をしようとはしないであろう。(年間予想損失額は、様々な大きさの災害の発生可能性にその結果として起きる損害を乗じることにより算定できる。例えば、自分の家が地震に罹災する年間の可能性が 1/50 であり、その家を基礎にボルトで固定することにより損害を防止できる額は 15,000 ドルとするなら、年間予想損失額の軽減は  $1/50 \times 15,000 = 300$  ドルである。但し、これはその家を毀損させるのは地震だけであるとの前提においてである。)

保険者はまた保険カバーを提供するかどうか、するとしても特定のリスクに対してどれほどの保険料をもらうかを判断する場合に、曖昧さと不確実性に悩まされる。地震やハリケーンに対して、その保険者が一つの区域に限定した契約のポートフォリオを持っているようであれば、彼は祝宴（ハリケーンなし）かあるいは飢餓（多くの証券を売ったその区域をハリケーンが襲う）のいずれかを経験するであろう。そのような相関的リスクについては、保険者は損失発生の可能性の不確実さに悩まされるのみならず、単一の災害が発生したときの請求金額の大きさにもまた悩まされる。

実際のところ、ハリケーン・アンドリューとノースリッジ地震に続いて保険者に一連のインタビューを行ったところ、そこで分かったことは、どれほど沢山の証券を売るかについての意思決定に影響を及ぼす最重要因子は、巨大な災害が発生した場合の予想最大損失（PML : probable maximum loss）であった。多くのハザードが高い地域において、保険者の多くは自分の現在の PML を減少させたいであろう。その理由の一部は、A. M. Best Company が保険者の能力格付けの一部として PML エクスポーチャーを対象にし始めたことにある（Catastrophes 1996）。

全ての保険者が尋ねる質問の一つは、地震のリスクは付保可能かどうかということである。この質問に光をあてる Stone（1973）の定量的研究によると、会社は期待利益を最大化することに興味を持っているが、それには会社の生き残りと経営の安定性という二つの制約がある。保険引受者は、ポートフォリオのリスクを選択することで生き残りの制約を満たすよう操業し、支払不能になる確率の予測値を  $p_1$  より小さくする。安定性の制約は各年のコンバインド・ロス・エクスペンス・レシオ（ $LR$ ）に焦点をあてる。保険者は、この比率の上限を表す目標レベル（ $LR^*$ ）を定義し、そして、 $LR$  が  $LR^*$  を超過する確率を  $p_2$  より少なくすることを要求する。

単純な例をとって、地震リスクが付保可能かどうかを判定する際に保険者がこの二つの制約をいかに利用するかを説明する。評価地域の全ての住宅は同一と仮定し、それぞれの住宅構造物の保険料はそれ故に  $P$  と設定する。シェーカー保険会社は現在の剰余金として  $A$  ドルを有しており、上記の二つの制約を満足しつつ販売することができる保険契約の数を決めたいと思っていると仮定する。生き残りの制約を満足する証券の最大数（ $n_1$ ）は次式によって決定される。

$$\Pr [\text{総損失} > n_1 P + A] < p_1$$

安定性の制約を満足する証券の最大数（ $n_2$ ）は次式によって決定される。

$$\Pr [(\text{総損失} + \text{経費}) / n_2 P > LR^*] < p_2$$

シェーカー保険会社が地震リスクを付保可能と見るかどうかはそれを商品化するための固定コストが積極的期待利益を生み出すほどに十分に低いかどうかにかかっている。そし

て、それはまた、所与の保険料  $P$  に対して  $n_1$  と  $n_2$  の値がいかにかに大きいかにかに依存する。シェーカーはその保険料を変更する自由も持っていることにも注意する。予め定められている損失構造に対する  $P$  が大きくなると、 $n_1$  と  $n_2$  の値を大きくしようが、保険付保に対する需要を下げるであろう。シェーカーが、どれほどの保険証券を売ろうとするかの制約として生き残りおよび／または安定性の制約を使って積極的期待利益を生み出すのに何らかの保険料構成が十分な需要を引き付けないと考えるなら、シェーカーは地震担保を提供しないと決めよう。

保険者が保険料を設定する際に利用してきた意思決定ルールは、そのリスクがどれほど曖昧でかつ相関的であるかということである。元受保険者と再保険者のアクチュアリーとアンダーライターに関する研究より、これらのファクターが保険料決定において必須の役割を果たしていることが分かっている。損失の確率は異なるが完全に相関しているリスクが存在する不完全な商品モデルに関して、463 人のアクチュアリーに調査したところ、確率が曖昧な場合には彼らが課す保険料のメジアン（中央値）は確率が十分に特定された場合の 2 から 10 倍となっていた（Hogarth and Kunreuther 1992）。別の調査では、元受保険者と再保険者のアンダーライターに、十分に特定された確率と損失の地震リスクのシナリオとリスクが曖昧で不確実であるシナリオとを共に与えたが、その場合の回答も上記のアクチュアリーの回答に近いものであった。損失の確率が曖昧で損失の大きさが不確実な場合にはリスクが十分に特定された場合よりも、平均の保険料が元受アンダーライターで 50%、再保険者のアンダーライターで 40% 高かった（Kunreuther et. al. 1993）。

## 2.2. 相互連関的な意思決定の仕組み

戦略を立てる際に考慮する必要がある選択プロセスのもう一つの特徴は、異なる政策と巨大リスクの管理に関係する利害関係者との間の相互連関性である。政策手段がどれだけ相互に関連しているかを示すために、ミチゲーションと保険との関係を考察しよう。ハザードが高い地域にある全ての構造物に対して建築法規を強制適用すると、将来の災害損失は相当に少なくなるだろう。このことにはいくつかの望ましい効果がある。まず、将来の災害による損失の量を小さくするであろうし、それ故に、保険者が財産所有者に対する追加補償を提供できるようにしてくれるであろう。そうすると、再保険や、例えば資本市場や州のプール機構といった、他の財源からの資金供給の必要性も少なくなろう。もし、料率がリスクを基にしている場合には、保険者が財産所有者に同じ保険金額の填補に対してより安い保険料で填補を提供できるようになるだろう。

災害支援をとおして増大する洪水損失とコストの負担を一般納税者に求めるため、連邦議会が 1968 年に創設した全米洪水保険プログラム（NFIP）は、この種の災害危険を処理する一連の政策ツールの相互関係を示している。このプログラムへの住民の参加を奨励するため、また構造物の財産価値を維持するために、洪水保険料率マップの発行以前にその

地域に居住していた人々はその保険料を安くしてもらってきた。新たな建築物には洪水の危険を反映した実際の保険料が課されている（Interagency Flood Plain Management Review Committee 1994）。

非常にハザードが高い地域での建造物の開発を防止するために、地域社会が NFIP に継続的に参加するためには、危険が高い地域での住宅建設を制限する一定の条例を制定するか、あるいは年間発生確率が 1/100 またはそれより大きな洪水を担保する基準に居住者が適合するよう求められていなければならない。年超過確率 1/100 の洪水氾濫原に位置する建造物の取得、建設あるいは改良工事のための助成金あるいは融資を受けるための条件として、財産所有者は洪水保険を買わなければならない。しかし、連邦会計検査院の調査報告によれば、このような要求は必ずしも規定どおりに実行されてはこなかった。1989 年に大きな洪水があった後、テキサスで行われた調査によると、洪水保険を購入する必要があった罹災財産の 79%はその災害の年に保険が掛かっていなかったことが分かった（U.S. General Accounting Office 1990）。

利害関係者についてみると、一方の関係者グループの意思決定プロセスは別のグループの行動に影響し、それがまた第三者の選択に影響を及ぼすであろう。所与の政策や計画の変更はこのような相互連関的な意思決定の仕組みを反映するように注意深くなされなければならない（Kleindorfer, Kunreuther, and Schoemaker 1993）。ミチゲーションを通して災害損失を軽減させることについての問題点はこの点を説明する例である。比較的費用がかからず費用に見合う十分な利益をもたらすことが確実である損失軽減手段であっても、それを実施する住居所有者はごく一部しかいないという点については、かなり確実な経験的証拠がある（Palm 1995）。この問題に対する解決策の一つは、各人に特定地域に居住していることの危険を知らしめ、かつ、十分に実行されるような建築法規を設けることである。

他の利害関係者はそのような手段を実施しないもっともな金銭的理由を持っている。**不動産ブローカー**は、将来買主となる人に対して、建築法規に適合しない建造物に住むことにまつわる危険について情報を提供する理由を持たない。彼らは、できるだけ高い価格で財産を売りたいがっている現在の所有者から暗黙のうちに支持されている。更に、潜在的買主は、今後の災害にまつわるリスクについて考えない限り、建造物の設計について知ることにはほとんど関心がないかもしれない。

この問題は**開発業者や施工業者**によって複雑にされている。彼らは建造物をできるだけ安く建ててそれを売りやすく、そして、競争力があるようにしておきたいからである。最近まで、**保険者や再保険者**は、一般的に言って風や地震の損害填補では建造物の設計には敏感ではなかった。従って、保険の条件として検査は必要ではないとしていた。ハザードが高い地域に建つ建造物の保険料を設定する場合、保険者は特定のミチゲーションが実施

されたかどうかを知らない。地方や州の政府が個々の構造物を検査して法規を実行させない限り、これは一種の事前モラルハザードとなる。

**銀行や金融機関**は、抵当を付ける際にその財産の構造設計に敏感であると思われがちだが、彼らはその財産が現行の建築法規に適合していることの証明を求めたりしないのが普通である。内輪の議論としては、ある銀行だけが財産を検査するようなことを要求すると、その銀行は競争力を無くしてしまうという意見もある。金融機関に雇われたマネージャーは、将来の災害の可能性を心配していないか、あるいは被災者は抵当支払を続けるのに十分な災害支援を受けられると信じているのだ、と推測することもできる。加えて、殆どの銀行は抵当を流通市場に出しているが、その新たな市場での貸付機関は問題の災害危険について多少しか知らないかもしれない。

これらのダイナミクスの結論は、多くの住宅は法規に適合しないような方法で建設されがちであるということである。保険の専門家は、ハリケーン・アンドリューによる保険損失の 25% 部分は建築法規のコンプライアンスと施行がよりきちんとして行われていれば防ぐことができたはずだと説明した (Insurance Information Institute 1995)。自然について出てくる一つの質問は、金融機関や公的機関と緊密に連携している保険者が、より安全な住宅に対して保険料の割引を提供し、そして、保険証券の発行前に住宅を検査することを要求して、財産所有者が費用節約効果のあるミチゲーションを実施するように奨励することができるかどうかという点である。このような戦略の効果で、自然災害からの将来の損失を顕著に軽減することができるであろう。

### 2.3. まとめ

意思決定プロセスの性質ならびに異なる利害関係者の間の相互連関性の程度を考慮すると、巨大リスクの問題の処理を促進するために民間市場と公共部門とが果たしうる新たな役割があるであろう。例えば、個人が長期的には費用節約効果を約束してくれるミチゲーションに対して先行投資をためらう場合でも、保険者や銀行が力を合わせてその点での懸念を払拭するようにするチャンスはある。そのための一つの方法は、保険者が将来の損失が軽減される程度に応じて保険料を下げ、そして、銀行は財産所有者に対して、そのような軽減費用の融資に対して抵当期間中にわたり低金利での融資を行うことである。年間のローン支払は保険料の減額より少なくなり、それによって全ての良識ある住居所有者は費用節約効果があるミチゲーションを実施しようとするようになることが保証されよう。

別の利害関係者もまた保険者を巨大損失より防護するために、再保険を補完するような新たな金融証券の販売を促進することで力を合わせるができる。ここでの課題は、投資家に対して、彼らが大きな損失を被る可能性はその投資の期待利回りに比べると比較的小さいことを納得させることである。このことは簡単ではない。特に、投資家社会が保護

を与えようとしているリスクのタイプに不慣れな場合がそうである。将来の損失を見積もることに伴う曖昧さや巨大イベントのモデルを作るための仮定に関する専門家の間での意見の食い違いは、この新たな金融証券について投資を約束すると決めたとしてもいったいどうなるのかという点で投資家を幾分混乱させることとなる。次の章において説明するように、専門家間の意見の相違をシステムティックな方法で検討するチャンスもある。そのような分析は潜在的な投資家の懸念を幾分解消してくれよう。

### 3. 代替的プログラムを分析するための概念的なフレームワーク

#### 3.1. リスク評価、情報技術と巨大災害モデルにおける新たな改善

現在は、リスク評価 (RA)、情報技術 (IT) および巨大災害モデル (CM) といった分野における新しい手法を利用して、自然災害から発生するリスクを管理するための代替的戦略を評価する良い機会である。まず RA について見ると、地震やハリケーンの過去の記録から情報が得られ、またこれらのハザードの特性に関する理解が進んだため、科学者は将来のイベントの発生予測についての不確実性を小さくできるようになってきた。損害の予測に関しては、技術者達は、様々な風速のハリケーンや様々な強度・マグニチュードの地震による建造物の性能をよりよく見極められるようになっている。

IT の面では、より早く、強力なコンピューターの開発により 5 年前にさえ不可能であった方法によって極端に複雑な現象も検討できるようになっている。大型のデータベースを簡単に記憶させ、操作できるようになって、現在では代替的アプローチのもとで様々な災害シナリオの大規模なシミュレーションを行うことができるようになっている。

最後に、CM の分野の新たな進歩により、科学的なリスク評価を歴史的記録と組み合わせ、様々な強度の災害発生の可能性と罹災地域の被害結果を予測することができるようになっている。巨大災害モデルはデータベースとハザードが高い地域に様々な現象が及ぼす影響を分析するように設計されたコンピュータープログラムとの組み合わせである。長い期間 (例えば 10,000 年) にわたるシミュレーションあるいは**特定のイベント** (例えば最悪のシナリオ) の影響をベースにして**年間期待損失**の形で情報を提供することができる。いくつかの会社が巨大災害モデルを開発しており、これらのリスクに関係した様々な当事者 (例えば、保険者、再保険者、政府機関、ハザードが高い地域社会) に対してデータベースの詳細な分析結果を提供している。

#### 3.2. モジュールの性質

RA、IT および CM 面での新たな進歩は、巨大リスクを管理するための代替的なアプロー

チを検討するためのフレームワークの構築に勢いをつけてくれる。図 2 に図示した種々のモジュールを説明する。

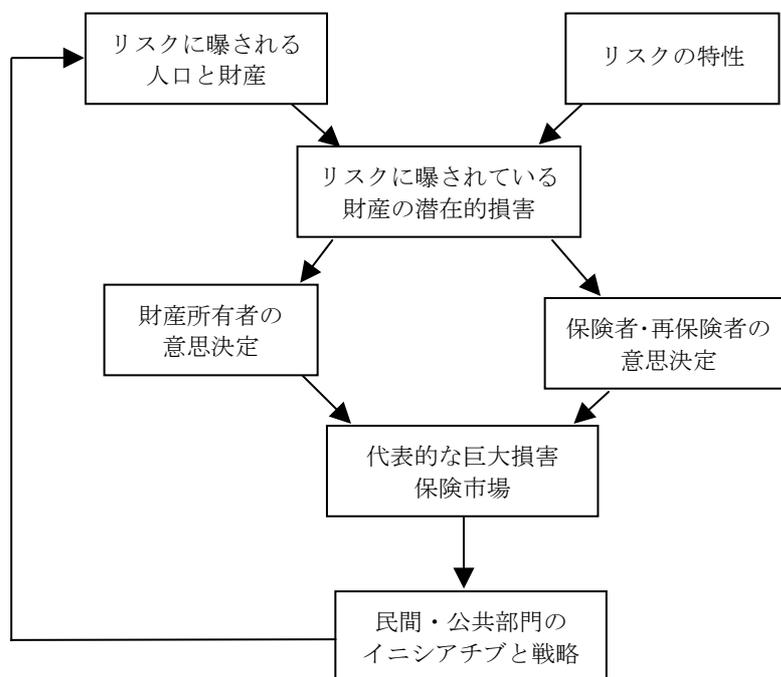


図 2 巨大リスクを分析するための枠組み

まず、**リスクに曝される人口と財産**を定義する必要がある。自然災害ハザードの問題では、将来罹災する世帯、事業、その他の財産から成る社会あるいは地域を構築することを意味する。更に特定して言うと、各構造物の設計、つまり特定のミチゲーションが実施されているかあるいは実施されるかという点、そのハザードとの関連においてその構造物の正確な位置（例えば、地震断層線からの距離あるいはハリケーン多発区域である海岸への接近性）、その他のリスク関連要素をわれわれとしては知りたい。

二番目のモジュールは、**リスクの特性**、すなわち特定の大きさの災害が発生する確率と危険に曝される構造物への結果的な損失を表す要素から成っている。これら二つのモジュールは**リスクに曝されている財産の潜在的損害**と題するモジュールの構成要素となっている。後者のモジュールは、特定のタイプの危険から発生する個々の構造物への潜在的損害とモデル都市を表している。

**財産所有者の意思決定**モジュールは、保険の購入と損失予防手段の採用に関する選択における財産所有者の意思決定ルールで構成されている。このモジュールは **LP・HC** イベントに関する個人の意思決定プロセスを理解することから始まる。例えば、住宅所有者が、イベントが発生する可能性はある限界値 ( $p^*$ ) よりも大きいと認識した場合にのみ保険の購

入を考えるとするなら、リスク認識を意思決定モジュールの一部に組み入れ、そして、そのような認識がいかにして形成されるかを判断しなければならない。加えて、居住者と事業の所得と資産、彼らのリスクに対する態度、災害の後の公的な支援金や援助に対する彼らの期待についての情報も必要である。

**保険者・再保険者の意思決定**モジュールは、アンダーライター、アクチュアリーやその他の保険経営幹部の意思決定プロセスに関する最近の経験的調査に基づいて、保険者や再保険者が住居や商業財産を引き受ける際に適用される意思決定プロセスを表す。特に、保険業界がハリケーン、地震やその他の自然災害による損失に対する填補の提供を奨励するかあるいは抑制するかの要素を理解する必要がある。

**代表的な巨大損害保険市場**を表すモジュールは、財産所有者、典型的な保険会社（例えば、小規模、中規模、大規模）と再保険者で構成されている。各会社の取引契約は、保険者と再保険者の保険供給、保険需要、代替的リスク移転の方針およびリスク管理戦略に関する様々な仮定に基づいて形成される。

大規模、中規模および小規模の**代表的な**保険者についてそれぞれの特定のバランスシート、販売保険商品のタイプ、保険料率構造、潜在的な財務体制の幅を加味して、様々な災害が保険者の利益形成、支払能力や業務遂行に及ぼす影響を検討することができよう。このような分析は、一定期間における損失経験のシミュレーションに基づいた様々なタイプの金融証券のコストを算出することを可能にしてくれよう。この情報から、予想損失とその見積りにおけるバラツキの両方を反映させた金融証券の価格を計算することができよう。巨大な損失に対する公的保護や料率の規制面での公的機関の役割もまた検討できよう。

最後に、**民間・公共部門のイニシアチブと戦略**モジュールは、代替的リスク移転手法と民間と公共部門との間の組織的協働体制とを評価してくれる。情報、インセンティブ、保険から建築法規や土地利用の規制にまでわたるこれらの戦略は、財産所有者および保険者・再保険者の意思決定を表すモジュールに対する重要なインプットとなろう。例えば、銀行や金融機関が抵当の条件として何らかのミチゲーションの実施を要求する場合には、財産所有者が意思決定をなす方法にも関係を有するし、また、保険者・再保険者の意思決定プロセスにも影響を及ぼすことになる。

これらの手段を検討するに際しては、民間と公共部門における利害関係者の意思決定プロセスや計画も考慮しなければならない。これら利害関係者はどのような価値や計画をテーブルに出すのか。彼らはお互いにどのように反応するのか。彼らは将来の損失の軽減のためにどのようなプログラムや方針を好むのか、そして、それは何故か。

これらの問題の分析には往々にして公平や効率の要素も関係してくる。自然災害のコストを誰が支払うべきなのか。巨大災害保険市場の監督規制について適切なレベルと特性は

何か。ミチゲーションと事前資金調達を奨励するために必要なその他の規制手段があるのか。ハザードが高い地域での居住を制限すべきか、あるいは居住者がミチゲーションを実施するように要求すべきか。保険や予防手段の費用を賄えない低所得世帯をどうすべきか。巨大リスクの管理のための戦略を立てるためには、これらをはじめとしてその他の関連した疑問を検討する必要がある。

#### 4. 概念的なフレームワークを使ったプロトタイプの分析

政策とその成果との相互作用を更に良く調べるべく、われわれは地震による損害を受ける可能性のあるカリフォルニアに「モデル都市」を建設した。4つの典型的な保険会社（プロトタイプ保険会社）がこの都市の財産所有者に保険カバーを提供する。この地域社会では、全ての居住者と事業者が地震保険を購入したいが、その全てが填補を得られるわけではない。もし保険者が支払不能の可能性を懸念すると、提供する填補額を制限し、一部の財産所有者は保険保護を得られないであろう。この分析のために、上記の2章に述べた保険者の行動を特徴付けるものと同様の生き残り制約に焦点を当てて、保険者がどれ位のカバーを提供するかを推定する。

この分析では、二つの契約オプションを検討する。すなわち、アンダーライターについて再保険の入手可能性と再保険の効果並びに財産所有者についてミチゲーションの実施である。利用できる再保険の額と価格は、もちろん、複雑な市場ならびに規制との相互作用の結果となるであろうが、ここでは十分に探求しない。われわれの関心は、モデル都市における様々な階級の財産所有者並びにそこで営業する保険会社にとっての期待損失と最大損失に再保険が総合的に及ぼす影響を理解することである。ミチゲーションについても同様にコメントするが、価格設定、詳細な意思決定プロセスあるいはミチゲーションに関する規制要求条件については検討せず、専ら、ミチゲーションを行うために外因的に課されるいくつかのシナリオの総体的効果のみを扱う。再保険とミチゲーションの両方についてのより詳細なモデルは、本論文において紹介するモデル都市フレームワークを使った現在進行中の研究のテーマでもある。

#### 4.1. 一般的モデル構造

プロトタイプ分析の構造を図3に示す。まず、モデル都市の構造を特定する。次にシナリオ変数を設定する。これら変数と地震ハザードを特徴付けるモデルとを合わせると、損失分布  $F(L) = \Pr\{\text{損失} \leq L\}$ 、および関連する超過確率 (EP) 関数  $EP(L) = \Pr\{\text{損失} > L\} = 1 - F(L)$  が得られる。所与の保険会社の EP 関数は、もちろん、付保された財産の数とタイプ、ミチゲーションレベル、カバーの制限、再保険の総額、損失を引き起こすのに使われるイベント (地震の位置、数および強度) の関数である。全ての保険会社ならびに付保されていない財産についての EP 関数は、モデルの仮定の下で期待損失と最大損失を評価するための基礎を与えてくれる。このモデルの構造は図3に図説している。その構成要素それぞれをより詳しく検討しよう。

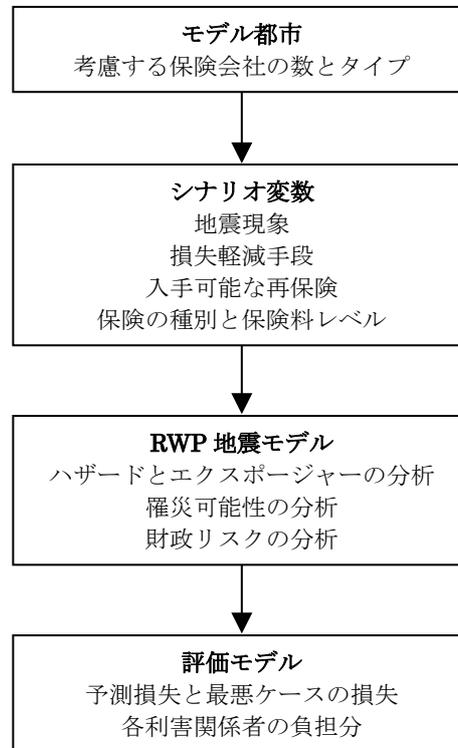


図3 モデルの一般的構造

#### 4.2. モデル都市の建設

モデル都市は、構造物の数、タイプおよび全体配置においてオークランドおよびカリフォルニアを事実上反映したものである。すでに述べたように、保険市場は4つの仮想の会社、会社LG (大規模)、会社M (中規模)、会社S (小規模) それに会社O (その他の規模あるいは上記に該当しないもの) に分類される。全ての財産は、まずランダムにこれらの会社のどれか一つに、しかし、当該社の保険契約について予め指定した基準に合わせて振り分けられる。従って、会社LG、M、SおよびOの取引契約はこの都市のあらゆる財産をカバーする。

これらの当初に振り分けた取引契約は、4タイプの会社それぞれがこの都市で引受けることができる最大の (即ちフル・カバーの) 取引契約と考えられるかもしれない。しかしながら、後述するように、これらの会社は、この都市において彼らが提供しようとしている填補額によっては、事業の「フル・カバー」の取引契約の一部だけしかカバーしないかもしれない。P(x)を構造物が会社xに振り分けられる確率と定義しよう。当初のあるいはフル・カ

バーの取引契約を達成するためには、モデル都市の各構造物は以下のルールに従って特定の取引契約にランダムに振分けられる：(a) 構造物が「商業」と分類されると、 $P(LG) = .50$ 、 $P(M) = .10$ 、 $P(S) = .02$ 、 $P(O) = .38$ 。(b) 構造物が「工業」と分類されると、 $P(LG) = .20$ 、 $P(M) = .10$ 、 $P(S) = .00$ 、 $P(O) = .70$ 。(c) 構造物が「住宅」と分類されると、 $P(LG) = .00$ 、 $P(M) = .10$ 、 $P(S) = .05$ 、 $P(O) = .85$ 。表 2 と 3 はモデル都市の仕様に関する情報、保険会社の当初の取引契約を表している (ATC [Applied Technology council] 分類と占有種別による)。

**ミチゲーションのレベル** ミチゲーションの代替的な種別とレベルをモデル設定の一部として仮定する。ミチゲーションのレベルは、ミチゲーションの種類により当該構造物の 0 から 100% までに変化する。本分析においては 0%、50% と 100% の 3 段階を検討する。完全 (100%) なミチゲーションの場合には、以下のように想定している—すなわち、モデル都市内のすべての構造物は現行の法規が要求するレベルまで修復されており、低いレベルのミチゲーションの場合 (例えば 50%) には完全なミチゲーションのコストに比例したコストを要している (例えば完全な場合の 50%) もとする。古い構造物の場合には、修復は極めて高価なものにつく可能性もある。現行の法規に適合しているもの場合にはそれ以上の費用は要らないことになる。ミチゲーションのコストはロスアンジェルスにおいて修復された構造物 (表 2 と 3 に概観した種々のタイプ) の例をもとにするが、当地における建設方法、材料、労務や建築確認手数料を考慮して修正する。

表 2 ATC 分類による取引契約の構成

	小規模	中規模	大規模	その他	モデル都市
木構造軸組	3,077	6,214	0	53,154	62,445
軽金属	1,384	2,778	0	23,144	27,306
鉄筋なしの組積壁構造	10	25	0	147	182
軸組み付きの鉄筋コンクリート (RC) 造剪弾力壁	50	230	1,192	882	2,354
軸組みなしの RC 剪弾力壁	22	93	456	380	951
鉄筋補強組積造剪弾壁	3	9	82	59	153
軸組み付きの鉄筋補強組積造剪弾壁	38	211	1,031	775	2,055
ブレース付きの鋼軸組み	6	35	114	115	270
モーメント抵抗鋼軸組み (周辺部)	9	38	180	149	376
モーメント抵抗鋼軸組み (分散)	6	38	137	110	291
延性 RC 軸組み (分散)	0	15	28	77	120
非延性 RC 軸組み (分散)	0	136	282	919	1,337
プレキャスト・コンクリート (非ティルトアップ工法)	0	0	0	2	2
プレキャスト・コンクリート (ティルトアップ工法)	0	0	2	2	4
構造物の総数	4,605	9,822	3,504	79,915	97,846

表 3 占有種別による取引契約の構成

	小規模	中規模	大規模	その他	モデル 都市
永住住居：世帯用の住居	3,149	6,383	376	54,259	64,167
小売業	33	78	187	539	837
専門的、技術的または商業的事業	5	20	80	76	181
娯楽およびリクリレーション	1	6	34	43	84
用途指定なし	1,417	3,335	2,827	24,998	32,577
建造物の総数	4,605	9,822	3,504	79,915	97,846

**再保険の入手可能性とタイプ** 元受保険者が指定のレベルまでのリスクを保有すれば、再保険証券のアタッチメント・ポイント間にある全ての損失をカバーするような、超過損害額再保険が入手できるものと仮定する。従って、再保険証券は以下の形をとる。再保険社は  $L_0$  から  $L_1$  間の全ての損失を支払う。この式において、 $L_1 - L_0$  はある最大の再保険カバーより大きくならないように制限される。それぞれの保険会社はある一定パーセントのリスクを引受けることを要し、その引受レベルは最大損失のあるパーセントとして定義されるものと仮定する。

**保険料と再保険料レベル** 所定の免責額 (deductible) がある上で、地震についてはフルカバーの填補が入手可能であり、保険料は填補された財産の予想損失に比例したレートとすると仮定する。再保険料についても同様の保険料率構成になる、つまり、問題の再保険契約に関する予想損失に比例するものと仮定する。もちろん、元受保険と再保険についての割合あるいは付加保険料の要素は異なるであろう。

#### 4.3. RWP モデルと EP 関数

モデル都市にある建造物についての様々なマグニチュードと強度の地震による確率的な損害予測値を得る RMS-Wharton (RWP) ソフトウェアでは、基本的に、所与の保険契約についての損失確率分布 (およびそれに付随する EP 関数) を、指定の期間 (本分析では 1 年) にわたりモデル都市に影響を及ぼし得る一連の地震イベントの影響をシミュレートすることにより決定する。かかるイベントは、地震の位置、マグニチュードおよびタイプによって区別される。仮定した一連の地震イベントによる損失を確率論的に合計して、それらイベントより発生する損失のヒストグラム (度数分布図) および累積分布と、それに付随する EP 関数と共に求める。特定の財産群および、特にモデル都市においてわれわれが関心のあるプロトタイプ保険会社の取引契約について、それらのロス分布を求めることができる。EP 関数のもとになっている財産の特徴 (例えば、ミチゲーシオンレベルあるいは建物のタイプ) が変わった場合には計算をしない必要があることに注意する。

#### 4.4. 評価

評価段階では、それぞれの利害関係者グループにとっての予想損失と最大損失を検討する。ここで最大損失は EP 値 0.1 について計算するため、ここでの**最大**とは損失がその額を超過する確率が.01 であるということとなる。もちろん、保険者や再保険者は、必要な自己負担と填補限界を算定するのに.01 より相当に小さな「目標破産確率」を使うこともできよう。付保された財産所有者にとって、損失には災害の発生前の支出費用（保険料やミチゲーションコスト）のほか、その所有者が個人的に支出せざるをえなかった修理費用（すなわち、保険証券での免責額）をも含む。付保されていない財産所有者の損失はミチゲーションコスト+修理費用となる。社会全体としては、総損失はミチゲーションコスト+災害による財産の総損失のほかに、支払不能やその結果から発生する取引費用が含まれる。

以下の分析のための基本ケースのパラメーターを表 4 に掲げる。小規模、中規模および大規模のそれぞれの会社の資産のレベルをここで変更したことに注意されたい。保険料は、地震群から年間の期待損失を算定し、これに付加保険料要素として 100%を加算して求める。保険会社が再保険を利用できる場合、その最大の金額は保険会社の規模次第で変わってくる。下側のアタッチメント・ポイントは、それぞれの会社について、その会社の保有取引契約について最大の地震イベントから起きる損失の 10%を負担すべきことを要求するよう決定する。

表 4 基本ケースのパラメーター

パラメーター	基本ケース値 (百万\$)
小規模会社の資産	100
中規模会社の資産	200
大規模会社の資産	400
免責額 (%)	10
最大の地震イベントの確率	.01
目標破産確率	.01
保険の付加保険料要素 (%)	100
再保険の付加保険料要素 (%)	150
小規模会社が入手できる最大の再保険	50
中規模会社が入手できる最大の再保険	100
大規模会社が入手できる最大の再保険	200
所要の負担 ( <i>b</i> ) (%)	10

表 5 ミチゲーシヨンのレベルが予想損失と最大損失に及ぼす効果 (百万 \$)

	ミチゲーシヨンのレベル		
	0%	50%	100%
小規模会社の付保プール財産の損失			
予想損失	25.9	22.4	18.9
最大総損失	369.9	323.5	277.1
保険者の最大損失	264.2	225.0	187.0
ミチゲーシヨンコスト	.0	6.9	13.8
中規模会社の付保プール財産の損失			
予想損失	67.0	58.0	49.0
最大総損失	912.3	800.4	688.4
保険者の最大損失	654.8	559.9	467.2
ミチゲーシヨンコスト	.0	16.3	32.5
大規模会社の付保プール財産の損失			
予想損失	133.6	115.4	97.2
最大総損失	1,549.9	1,362.2	1,174.6
保険者の最大損失	1,139.7	977.0	816.2
ミチゲーシヨンコスト	.0	30.2	60.5
その他の会社の付保プール財産の損失			
予想損失	280.4	242.6	204.9
最大総損失	4,576.8	3,996.9	3,416.9
保険者の最大損失	3,195.1	2,714.9	2,246.3
ミチゲーシヨンコスト	.0	81.6	163.3
モデル都市での付保プール財産の損失			
予想損失	506.9	438.4	369.9
最大総損失	7,408.9	6,438.0	5,557.1
保険者の最大損失	5,253.8	4,476.8	3,716.7
ミチゲーシヨンコスト	.0	135.0	270.1

まず、ミチゲーシヨンのレベルが総損失に与える影響を検討する。その結果は表 5 に示しているが、そこで扱っているのは、本分析において想定した 4 つの保険会社それぞれについての全ての取引契約と 0、50、100%のミチゲーシヨンレベルである。ここで 100%とは、モデル都市の全ての財産が、それぞれの構造種別について現行法規に合せて改修されているということである。ミチゲーシヨンのコストを年間の保険コストや損失に見合うようにするために、ミチゲーシヨンコストの総額を 10%の金利を使って年間費用に換算する。(例えば、各種タイプの 4,605 構造物から成る小規模会社の付保プール財産を全て現行法規に適合させるための総ミチゲーシヨンコストは 13,750 万ドルとなるが、10%の割引率を取り入れると、表 5 に示すように年間 1,380 万ドルとなる。このような年費用への分割は、

構造物やミチゲーションの寿命が長い場合に年間コストを近似化させるのに適している。財物またはミチゲーションの寿命短縮、あるいは割引率の増大は年間のミチゲーションコストをより効果的にすることを意味しよう。)ここでは、各々の構造物について、特定のミチゲーションがコストに見合う効果があるかどうかの判定をするか否かはチェックしないことに特に注意されたい。本分析はそれよりむしろ、あるクラスの構造物はランダムに当該クラスにふさわしいミチゲーションを採用するものとし、その採用率を上記モデルのように(0-100%)としている。構造物毎に費用効果分析を行えば、もちろん、ここでの単一的なアプローチよりも総コストは著しく下がる。

表5では、4つの各保険付保プールとモデル都市全体について予想損失と最大総損失を表にした。保険者の最大損失も掲げた。これは最大総損失とは違っている。というのは、基本ケース(表4参照)として各証券には10%を免責額としているからである。その結果、最大総損失は、保険者の最大損失のほかに財産所有者が引受けた免責額である第一のリスクレイヤの両方が含まれていることになる。このように、各見出しの2番目と3番目の項目の差(最大総損失-保険者の最大損失)は、それぞれの保険者プール総額に対する最大の免責額を表わすことになる(もし保険者がプール全体にカバーを提供しないのであれば、実際の最大の免責額は減少することになる)。

表5より、ミチゲーションのレベルが増大すると、予想損失と最大損失の両方が減少することが分かる。ここで表にした予想損失と最大損失は付保プール財産(小規模、中規模、大規模あるいはその他)の総損失そのものであり、表5において別項目で表に取入れたミチゲーションコストを含まないことに注目されたい。

支払不能の場合のコストを無視すると、このモデルでは、ミチゲーションが増大するにつれ、総社会コスト(総損失+ミチゲーションコストの合計)が期待値としては増大するが、最大損失は顕著に減少することが分かる。このことから、ミチゲーションつまり総合的な耐震改修を単純・無作為に優先すると、期待値としては効果的ではないことが示されている。しかしながら、無作為に優先したとしても支払不能の回避と最大損失を減少させる点では重要な効果があると言えるかもしれない。言い方を変えると、これらの最初の結果により、ミチゲーションの費用効果が凸型形状をしていると仮定すると、費用効果を確保するための社会的最適解としては、100%より少ないミチゲーションと、ミチゲーションの目標に対する何らかの優先順位が要求されることがわかる。ミチゲーションを通じた巨大損失の減少については以下で議論する。

表 6 小規模会社の場合（百万 \$）

	ミチゲーションレベル					
	0%		50%		100%	
	再保険 無し	再保険 有り	再保険 無し	再保険 有り	再保険 無し	再保険 有り
保険の結果：						
付保%	40.4	59.8	47.3	70.0	56.7	84.1
保険料	6.8	10.0	6.4	9.5	5.9	8.8
E-クレームコスト	3.4	3.8	3.2	3.6	3.0	3.5
小規模の場合の最大損失	106.8	158.0	106.4	157.5	106.0	157.3
再保険証券の限度（L <sub>0</sub> 及びL <sub>1</sub> ）	N.A.	15.8	N.A.	15.8	N.A.	15.7
		65.8		65.8		65.7
再保険料	N.A.	2.1	N.A.	1.8	N.A.	1.5
予測結果：						
ミチゲーションのコスト	.0	.0	6.9	6.9	13.8	13.8
E-付保された財産所有者の自己負担損失	7.1	10.5	7.4	10.9	7.7	11.5
E-付保された財産所有者のコスト	13.9	20.5	17.1	25.2	21.4	31.9
E-付保されていない財産所有者のコスト	15.4	10.4	15.4	8.8	14.2	5.2
E-全財産所有者のコスト	29.3	30.9	32.5	34.0	35.6	37.1
最悪のケースの結果：						
WC-付保された財産所有者の自己負担損失	42.7	63.2	46.6	69.0	51.1	75.8
WC-付保された財産所有者のコスト	49.5	73.2	56.3	83.3	64.8	96.2
WC-付保されていない財産所有者のコスト	220.4	146.8	174.1	99.1	126.0	46.3
WC-全財産所有者のコスト	269.9	222.0	230.4	182.5	190.8	142.5

註記：N.A.=該当せず

大規模、中規模そして小規模会社についてミチゲーションの結果を、再保険利用の有無と合わせて、もう少し詳細に検討してみる。これらのケースの結果は表 6-8 に掲げる。これらの表はそれぞれ大規模、中規模そして小規模の会社の一つずつを 3 つの想定ミチゲーションレベル（0、50そして100%）と 2 つの再保険モデル（再保険なしと上記の表 4 に定める再保険レベル）で分析する。（接頭記号 E は「期待値（expected）」を意味する—例えば、E-クレームコストは付保されたものに対するクレームコストの期待値—。そして、接頭記号 WC は「最悪のケース（worst case）」を意味する。）各会社について結果は似ているので、表 7 の中規模会社を取り上げる（中規模の対象会社の取引契約については表 2 と 3 を参照）。表 9 では、中規模会社に対応する一人当りの数字も掲げる。表 2 により中規模会社の付保プール財産が合計 9,822 件ある点に着目してその数字を求める。全てのカバーのレベルにおいて、これら財産は無作為に選ばれと仮定しているので、それぞれの数量（例えば、予想損失）を、当該数量を発生させるのに関与した財産 9,822 で割ることにより一

表 7 中規模会社の場合（百万 \$）

	ミチゲーシヨンレベル					
	0%		50%		100%	
	再保険 無し	再保険 有り	再保険 無し	再保険 有り	再保険 無し	再保険 有り
保険の結果：						
付保%	32.7	47.6	38.1	55.6	45.5	66.4
保険料	14.1	20.6	13.3	19.4	12.4	18.1
E-クレームコスト	7.1	5.0	6.7	4.7	6.2	4.3
中規模の場合の最大損失	214.1	311.7	213.3	311.3	212.6	310.2
再保険証券の限度（L <sub>0</sub> 及び L <sub>1</sub> ）	N.A.	31.2	N.A.	31.1	N.A.	31.0
		131.2		131.1		131.0
再保険料	N.A.	8.9	N.A.	8.3	N.A.	7.8
予測結果：						
ミチゲーシヨンのコスト	.0	.0	16.3	16.3	32.5	32.5
E-付保された財産所有者の自己負担損失	14.8	21.6	15.4	22.5	16.1	23.5
E-付保された財産所有者のコスト	28.9	42.2	34.9	51.0	43.3	63.2
E-付保されていない財産所有者のコスト	45.1	35.1	46.0	33.0	44.4	27.4
E-全財産所有者のコスト	74.0	77.3	80.9	84.0	87.7	90.6
最悪のケースの結果：						
WC-付保された財産所有者の自己負担損失	84.2	122.6	91.6	133.6	100.6	146.9
WC-付保された財産所有者のコスト	98.4	143.2	111.1	162.1	127.8	186.6
WC-付保されていない財産所有者のコスト	613.9	478.0	505.5	362.6	392.9	242.2
WC-全財産所有者のコスト	712.3	621.2	616.6	524.7	520.7	428.8

註記：N.A.=該当せず

人あたりの結果を得ることができる（すなわち、予想損失など集計された値を財産の件数で割る）。例えば、再保険がなくミチゲーシヨンが 50% の場合の E-クレームコストを見てみる。この場合の総予想損失は、表 7（3 行目）において 670 万ドルとなっている。再保険がなくミチゲーシヨンが 50% の場合でフルカバーが提供されているシナリオでは、（表 7 の 1 行目を見ると）38.1%、つまり 9,822 の財産の中の 3,742 がアット・リスクである。従って、E-クレームコストについての一人当りの数字は 670 万ドル / 3,742 = 1,790 ドルとなり、それは表 9（3 行目）に示されている。

ここで、下の見出しについて表 7 と表 9 の結果を検討する。

**付保割合** ミチゲーシヨンのレベルが増大すると、EP 関数は下方へシフトする。そこで、PML ルールで運営されていると仮定する中規模会社は、そのカバーを目標破産確率の範囲内で拡大することができる。同様に、再保険の利用度が拡大すると、中規模会社はそ

表 8 大規模会社の場合（百万 \$）

	ミチゲーションレベル					
	0%		50%		100%	
	再保険 無し	再保険 有り	再保険 無し	再保険 有り	再保険 無し	再保険 有り
保険の結果：						
付保%	38.1	56.3	44.3	65.5	52.6	78.1
保険料	34.5	51.0	32.1	47.5	29.4	43.7
E-クレームコスト	17.3	19.8	16.0	19.0	14.7	18.1
大規模の場合の最大損失	434.2	641.7	432.8	639.9	429.3	637.5
再保険証券の限度（L <sub>0</sub> 及び L <sub>1</sub> ）	N.A.	64.2	N.A.	64.0	N.A.	63.7
		264.2		264.0		263.7
再保険料	N.A.	9.4	N.A.	7.9	N.A.	6.2
予測結果：						
ミチゲーションのコスト	.0	.0	30.2	30.2	60.5	60.5
E-付保された財産所有者の自己負担損失	33.7	49.7	35.0	51.8	36.4	54.1
E-付保された財産所有者のコスト	68.2	100.7	80.5	119.1	97.6	145.1
E-付保されていない財産所有者のコスト	82.7	58.4	81.1	50.2	74.7	34.5
E-全財産所有者のコスト	150.9	159.1	161.6	169.3	172.4	179.6
最悪のケースの結果：						
WC-付保された財産所有者の自己負担損失	156.4	230.9	170.4	252.2	188.5	279.9
WC-付保された財産所有者のコスト	191.0	281.9	215.9	319.5	249.7	370.9
WC-付保されていない財産所有者のコスト	958.9	677.4	774.2	480.4	585.4	270.5
WC-全財産所有者のコスト	1,149.9	959.3	990.1	799.9	835.2	641.3

註記：N.A.=該当せず

のカバーを拡大することができる（中規模会社が再保険によってカバーされる予想損失の150%の再保険料を支払うことになるが）。

**保険料と予想クレームコスト** ミチゲーションのレベルが増大するにつれ、保険料収入と予想クレームコストは減少する。中規模会社がモデル都市においてより大きなカバーを提供する場合でも減少する。明らかに、ミチゲーションによる損失の減少はカバーの拡大によるリスクの増大を補って余りある。

**中規模会社の最大損失** 中規模会社の全取引契約に、中規模会社の付保割合（表 7 の 1 行目参照）をかけたものが中規模会社にとっての最大損失である。この損失を付保財産の数で除したものが一人当りの数字である。表 5 と 7 に示す色々な数量の間の関連を見てみる。そのためにミチゲーションゼロ、再保険なしのケースを取り上げるが、そこでは中規模会社の付保プール財産全体（表 5 参照）は、912.3 である。この数は 257.5 の免責額を含

表 9 中規模会社の場合の一人当りの結果（\$）

	ミチゲーシヨンレベル					
	0%		50%		100%	
	再保険 無し	再保険 有り	再保険 無し	再保険 有り	再保険 無し	再保険 有り
保険の結果：	3,212	4,675	3,742	5,461	4,469	6,522
付保%						
保険料	4,390	4,406	3,554	3,552	2,775	2,775
E-クレームコスト	2,211	1,069	1,790	861	1,387	1,549
中規模の場合の最大損失	66,661	66,670	56,999	57,004	47,572	47,563
再保険証券の限度（L <sub>0</sub> 及びL <sub>1</sub> ）	N.A.	1,904	N.A.	1,520	N.A.	1,196
予測結果：						
ミチゲーシヨンのコスト	0	0	1,660	1,660	3,309	3,309
E-付保された財産所有者の自己負担損失	4,608	4,620	4,115	4,120	3,603	3,603
E-付保された財産所有者のコスト	8,998	9,026	9,326	9,339	9,689	9,691
E-付保されていない財産所有者のコスト	6,820	6,820	7,567	7,567	8,300	8,300
E-全財産所有者のコスト	7,534	7,870	8,237	8,552	8,929	9,224
最悪のケースの結果：						
WC-付保された財産所有者の自己負担損失	26,216	26,223	24,478	24,464	22,511	22,524
WC-付保された財産所有者のコスト	30,637	30,629	29,689	29,683	28,597	28,612
WC-付保されていない財産所有者のコスト	92,875	92,875	85,147	85,147	77,394	77,394
WC-全財産所有者のコスト	72,521	63,246	62,777	53,421	53,014	43,657

註記：N.A.=該当せず

んでおり、中規模会社に付保最大損失  $912.3 - 257.5 = 654.8$ （再度、表 5 を参照）を残すことになる。ただし、ここでは中規模会社は中規模会社のプール財産全部に付保していると仮定している。しかし、表 7 の 1 行目より読めるように、中規模会社は全取引契約の 32.7% しか付保していないから、同社の実際の全取引契約での最大損失は、表 7 に示されているように、 $.327 \times 654.8 = 214.1$  となり、そのときの免責額は  $.327 \times 257.5 = 84.2$  となる。

**再保険の保険料と限界** ミチゲーシヨンのレベルが増大するにつれ、EP 関数は下方へシフトするので、再保険料もまた減少する。ここでミチゲーシヨンが増大（そして予想損失が減少）しても、最大の再保険カバーは減少しないと仮定していることに留意されたい。更に、再保険の限界である 1 億ドルは常に維持されており、その結果として、中規模会社はその全取引契約より少なく付保している（そして、PML 制約を守った上で、もっと付保したくなる）という点に留意されたい。

**ミチゲーシヨンのコスト** ミチゲーシヨンのレベルが増大するにつれ、ミチゲーシヨンのコストは当然に増大する。ここでいうコストは中規模会社の事業の当初の契約であり、

僅かにその一部（表 7 の最初の行を参照）だけが実際に付保されていることに留意されたい。

**中規模会社の被保険者の自己負担分損失（期待値および最大値）** ミチゲーションのレベルが増大し、提供される保険のカバーのレベルが増大するにつれ、このカバーの拡大により生じる免責金額（第一リスクレイヤー）も増大しよう（表 7 参照）。再保険も更にカバーを拡大し、従って、被保険者の自己負担分の損失も増大しよう。

**付保された財産所有者のコスト（期待値および最大値）** 支払不能の場合のコストを無視すると、付保されている財産所有者のコストは、彼らの自己負担分の損失+保険料+ミチゲーションコストとなる。ミチゲーションレベルが増大するにつれて、このようなコストの期待値は増大し、最悪のケースのコストは減少する。これはミチゲーションを無作為に行う結果である。従って、この取引契約では、ミチゲーションは構造物の費用効果をもたらすような方法では使われていないことになる。再保険の利用度の拡大は劇的にカバーを拡大し、付保された財産所有者の予測コストの総額を増大させていく。表 9 より、一人当たりベースでは総予測コストは再保険の利用度の拡大につれ増大することに注目されたい。

**付保されていない財産所有者のコスト（期待値および最大値）** 付保されていない財産所有者のコストは、彼らのミチゲーションコスト+彼らの損失の和そのものである。例えば、50%のミチゲーション、再保険なしのケースでは、表 5 より、中規模会社の付保プール財産損失の E-コストは 58.0、ミチゲーションコストは 16.3 であることが分かる。表 7 の 1 行目より、中規模会社の付保プール財産における付保なし財産所有者の割合は  $100 - 38.1\% = 61.9\%$  と判定できる。このように付保なし財産所有者の E-コストは、表 7 に示すごとく、 $.619 \times 16.3 + .619 \times 58.0 = 46.0$  である。

**全ての財産所有者のコスト（期待値および最大値）** これは中規模会社のプールにおける、付保された財産所有者と付保されていない財産所有者のコストの和である。このプールの場合、予測コストはミチゲーションなし、再保険なしで最小化されるが、その反対のことが最悪のケースのコストに言える。ここでのキーポイントは、期待損失に係る大きな付加保険料要素があるために、保険カバーが増大するにつれて予測コストが増大することである。社会福祉のための最適なミチゲーションと再保険レベルは、もちろん財産所有者のリスク回避の程度に依存しよう。

中規模会社だけについて詳細に検討したが、他の規模の会社やモデル都市に提供される保険のポートフォリオ全体の総損失の結果も極めて類似している。これまでの分析は、ミチゲーションの効果と再保険の利用度だけを考慮している。結果についての意思決定パラメーターあるいはモデルの変要素、例えば表 4 に掲げる基本ケースの仮定やパラメーター値といった値を変更することによる効果を説明すれば、他の影響も簡単に検討することができる。これまでに説明した結果の多くは極めて直感的である。例えば、もし目標破産

確率が減少し、保険会社がより保守的な動向をとるようになると、保険カバーはモデル都市において減少しよう。再述すると、もし再保険レートが増大したりあるいは再保険の契約条件が厳しくなったりする（例えば、より大きな保有割合が要求される）と、直接的な保険カバーは減少しよう。最後に、例えば新たに政府が保証したプログラムなどの追加の再保険が利用できるようになると、追加して保険カバーが提供されることになる。

上で得られた特定の結果を引き出す鍵は、結果的な超過確率関数に見られる年間損失の確率構造の背後にある地震イベント群である。より一般的に言えば、価格決定、ミチゲーションの実施、経済的要素の決定プロセスのその他の面に関するわれわれの仮定が、われわれの分析の結果を決定する基幹要素である。その多くは、ここに展開したモデル都市のフレームワークをもとにした現在も進行中の研究で焦点となっている。

このプロトタイプ分析の結果は、本論文の始めに掲げた基本ポイントに焦点を当ててくれる。各種の保険証券とモデル可変要素そして関連する経済要素の意思決定プロセスの間に存在する相互関連性を理解することは必須事項である。例えばもし費用節約効果が大きいミチゲーションが解明されると二重の効果があることになる。先ずそれは財産所有者が実施する誘引となろう。次いで予想損失と超過確率関数の裾 (tail) に影響を及ぼすのでミチゲーションの利用度を増大し、そして保険と再保険の供給度を増大しよう。その結果として最悪のケース（事後）のみならず期待値（事前）においても著しい効率上昇を生み出すであろう。この相互関連性の複雑さは分散化された意思決定と市場力への信頼を支えている。しかしながら、科学に基づいた信頼できるリスク評価手続きがこのプロセスの結果において決定的であることもまた明確にさるべきである。さもなければ、この経済の一つあるいはそれ以上の関係者が著しく偏見がある意思決定をなす可能性もある。その結果が市場あるいは関係機関の生存能力を切り崩しかねないであろう。

## 5. 巨大リスクを処理するべく提案するプログラム

この最終章において、前章での分析に基づき巨大リスクを管理する戦略を説明し、そして、上に概説した概念的なフレームワークを使って対処できる分析の種類を提案する。いったん災害が発生すると、救済を与えながら、損失を軽減する際に保険の活用を補完するために他の利害関係者や政策を関与させなければならない。このプログラムは、リスクの予測を改善、代替的なミチゲーションの評価、ミチゲーション実施の奨励、および巨大な損失に対する防護体制の拡大の4要素をもって構成する。

### 5.1. リスク予測の改善

巨大災害にまつわるリスクの予測を改善することによりなぜ保険者が利益を得るかとい

う点については二つの大きな理由がある。これら災害イベントの発生確率とその結果についてよりよいデータを入手することにより、保険者はその保険料をもっと正確に設定でき、その保険計画を支払不能の事態を減少させるように整備することができよう。リスクに関して更に正確な情報を与えることにより、保険者と他の資金供給者、例えば、再保険社や金融投資社会との間の情報の不均衡が是正される。投資者は、保険者から彼らに与えられるリスク予測によって自信を持つようになると、もっと資金を供給するようになりそうである。

現在のところ、様々な規模や強度の災害の発生並びにそれが種々の社会あるいは地区へ与える損害の予測に関するデータを発生させるのに利用されてきたカタストロフィ・モデルはますます増えつつある。それぞれのモデルは、様々な仮定、様々な方法論、様々なデータ、そして、様々なパラメーターを使ってそれぞれの結果を出している。その結果が矛盾することが、投資者が巨大リスクに伴う金融証券に彼らの金を安心して投資するのを難しくしている。これらのモデルがなぜ違うのかをより良く理解するために、これまで以上に科学的な方法でその違いを克服するように努めなければならない。例えば、優秀なモデル設計者を融資機関と協働させてそのデータをいかにして発生させるかを討議させれば、これらの成果を現在取り巻いている謎を小さくすることができる。

投資社会をより安心させるもう一つの方法は、超過確率（EP）曲線を展開させる際に将来の損失の見積りが出来る限り安全側に立つようにすることである。そうすると、実際の損害が予測値より少なくなる可能性は高くなるであろう。EP曲線を利用する、様々な損失モデルをたくさんシミュレートさせることにより、投資者へ魅力的な分配率を生ぜしめるために、特定の金融証券を購入する再保険者や保険者に合わせて変えなければならないような価格を決定することができる。このタイプの分析により、天災地変ボンドの相対利益とコストを伝統的な再保険や他の巨大損失への資金提供方法、例えば、シカゴ商品取引所でのオプションの購入、連邦再保険の購入あるいは差分リスク配合法の交渉などに、対比させることができるはずである。

## 5.2. 代替的なミチゲーションの評価

ミチゲーションは、巨大リスクの問題をその発生源で軽減するため、そのリスクを管理する方法としては望ましいものである。もし専門家がハリケーンに完全に耐えられるような構造物を設計できるとしたら、そのリスクに対処する保険も必要なくなってしまうであろう。これは望ましい目的ではあるが、実務上それを達成することはとてもできそうにない。

最初のステップとしては、どのミチゲーションが費用効果のあるものとなりそうかを定めることである。シャッターの場合に見られるように、これを実際に為すことは簡単では

ない。雨嵐シャッターは、ハリケーンの中に建物を保護する手段としては効果的であり得るが、誰かがハリケーンの前にそれを閉じて、固定しなければならない。更に、シャッターはその時の風圧基準を満足し、適切に取付けなければならない。最後に言えることは、シャッターはそれ自身のみでも、損失を少しは軽減することができようが、それが、壁の保護部、空気抵抗の少ない屋根構造部、更に屋根と壁の接合部や壁と基礎の接合部に組み込まれると、その効果は相当なものとなり得よう。

第二のステップは、上に述べた方法に似たシミュレーションを通して損失軽減に関する特定のミチゲーションの効果を検討することである。財産の設計特徴や異なる EP 曲線に関する特定のミチゲーションの効果を検討することにより、反応分析を行うことができる。その分析により予想損失における軽減を見積もれるようになるだろう。そうすると、保険者は、節約分を保険料の軽減、自己負担分の小額化および／または填補額の増大といった形で財産所有者へ還元することができるようになるはずである。

### 5.3. ミチゲーション実施の奨励

モラルハザードと逆選択の問題を避けるために監査や検査を行う必要性も往々にしてある。リスクのある財産に関して、費用効果があるミチゲーションを実施するように奨励する方法は、その手段を建築法規に組み込み、それに適合あるいはその基準を超える構造物それぞれに承認のシールを貼るようにすることがある。そのような手順を制度化するために、融資機関は自然災害危険に対して構造物施設の検査や証明を抵当の条件として要求することも出来よう。この点は、財産に融資を受ける時に通常要求される白アリやラドンガス検査に概念的に類似する。

このようなプログラムが成功するためには、建築業界の支援が必要であり、既存法規や基準に適合しているかどうかについて十分に資格がある検査者の組織が正確な情報を提供する必要がある。災害からの損失を軽減するために、保険者はそのカバーを承認シールが与えられた構造物だけに限定しようと欲するかもしれない。予算上の制約により財産所有者がこれら軽減手段に投資するのが妨げられているのであれば、銀行は、自宅改良ローンにより資金を提供し、その返済期間を抵当の期間と同じにすることができる。

### 5.4. 巨大損失に対する保護の拡大

民間部門と公的部門からの新たな資金源は、次に来る重大な災害により支払不能になるかもしれないという保険者の懸念を軽減し、巨大イベントによる損失に対して保証された資金を保険者に与える可能性を持っている。保険者が巨大な損失を被った場合には、保険者に資金を提供する、J. P. Morgan と Nationwide 保険はそのような取引の交渉に成功し、Nationwide は J. P. Morgan より 4 億ドルの融資を受けることになった。この資金は連邦財

務省の債券により構成された信託基金に預けられた。Nationwide は、巨大災害の発生による損失への支払を支援するためにサープラス・ノート（劣後債）の形で4億ドルまで発行できるようにした見返りとして、その基金については通常より高い利率で利息を支払う（Kunreuther 1998）。上に指摘したごとく、USAA 天災事変ボンドのような証券が最近発行されるようになり、その他のカタストロフィ・ボンドも発行されようとしている（Doherty 1997）。

最近になって提案されるようになった長期カタストロフィ・ボンドは、高利回りボンドに比較して相対的に高い利回りを約束してくれる。シカゴ商品取引所が1992年に導入した**異常保険災害先物契約**や**コール・スプレッド・オプション**のようなその他の金融証券は、保険と経済界の保険以外の分野からの資本を引き付けて、保険者が保険引受リスクをヘッジできるようにしている（Cummins and Geman 1995; Harrington, Mann, and Niehaus 1995）。カタストロフィ・リスク・エクスチェンジ（CATEX）は、保険者、ブローカーや自己保険者が地域と危険による巨大リスクのユニットをスワップ取引できる市場を創設した。例えば、保険者はフロリダ風嵐に対してカリフォルニア地震のユニットをスワップ取引できる（Insurance Services Office 1996）。

上記のシミュレーションによりこれらの証券を評定すると、費用効果のあるミチゲーションを奨励し、新たな資本をこのシステムに取り入れるために、保険者、再保険者、金融機関と政府関連プログラムの組合せを活用する機会があることが理解できよう。保険者は、彼らの損失が一定のレベルをこえるときにこれら保証された資金源を利用して伝統的な再保険を補完することができよう。そうすると、支払能力の制約を（暗黙的にあるいは明言的に）緩和させてくれ、高リスク分野での追加補償を鼓舞してくれるであろう。

最後に、注目したいことは、ここに提案した類のシミュレーションモデルは、市場経済において関心をもたれておりかつ実行できることの境界を設定するために、確固たる理論的基礎に依拠しなければならないということである。そのような基礎は、資本市場や保険分野の伝統的な問題だけに適用するのではなく、保険および再保険会社、公的機関の役人や財産所有者がミチゲーションのレベル、保険保護そしてその他の防護活動を定める上で意思決定に適用するものである。その意思決定プロセスと根底に横たわるハザードとの総合的影響をより良く理解することがわれわれの中心的焦点であった。本論文に説明したハザードやミチゲーションの細かいモデルの進歩を含めたより良いリスク評価ツールは、これらの問題の理解の促進並びに巨大リスクの管理のためにより良いプログラムの設計を促進するための潜在的可能性を秘めている。

## 6. 参考文献

- All-Industry Research Advisory Council (AIRAC). 1986. *Catastrophic losses: How the insurance industry would handle two \$7-billion hurricanes*. Oak Brook, Ill.
- Camerer, Colin, and Howard Kunreuther. 1989. Decision processes for low probability events: Policy implications. *Journal of Policy Analysis and Management* 8:565-92.
- Catastrophes: A major paradigm shift for P/C insurers. 1996. *BestWeek: Property-Casualty Supplement*, 25 March, 1-18.
- Conning & Co. 1994. *Candles in the wind*. Hartford, Conn.: Conning & Co.
- Culp, Christopher. 1996. Relations between insurance and derivatives: Applications from catastrophic loss insurance. Paper presented at the conference "Rethinking Insurance Regulation" sponsored by the Competitive Enterprise Institute, Washington, D.C., 8 March.
- Cummins, David, and Hélyette Geman. 1995. Pricing catastrophe insurance futures and call spreads: An arbitrage approach. *Journal of Fixed Income* 4:46-57.
- Dionne, Georges, and Scott Harrington, eds. 1992. *Foundations of insurance economics*. Boston: Kluwer.
- Doherty, Neil. 1997. Financial innovation for financing and hedging catastrophe risk. Paper presented at the Fifth Alexander Howden Conference on Disaster Insurance, Gold Coast, Australia, August.
- Dong, Weimin, Haresh Shah, and Felix Wong. 1996. A rational approach to pricing of catastrophe insurance. *Journal of Risk and Uncertainty* 12:201-18.
- Federal Emergency Management Agency (FEMA). 1994. Assessment of the state-of-the-art earthquake loss estimation. Washington, D.C.: National Institution of Building Sciences.
- Froot, Kenneth, Brian Murphy, Aaron Stern, and Stephen Usher. 1995. *The emerging asset class: Insurance risk*. New York: Guy Carpenter & Co., July.
- Hanks, Thomas, and C. Allin Cornell. 1994. Probabilistic seismic hazard analysis: A beginner's guide. Paper presented at the Fifth Symposium on Current Issues Related to Nuclear Power Plant Structures, Equipment and Piping, North Carolina State University.
- Harrington, Scott, Steven Mann, and Greg Niehaus. 1995. Insurer capital structure decisions and the viability of insurance derivatives. *Journal of Risk and Insurance* 3: 483-508.
- Hogarth, Robin, and Howard Kunreuther. 1992. Pricing insurance and warranties: Ambiguity and correlated risks. *Geneva Papers on Risk and Insurance Theory* 17:35-60.
- Insurance Information Institute. 1995. *Insurance issues update*. New York, November.
- Insurance Services Office. 1994. The impact of catastrophes on property insurance. New York.
- \_\_\_\_\_. 1996. Managing catastrophic risk. New York.
- Interagency Flood Plain Management Review Committee. 1994. *Sharing the challenge: Floodplain management into the 21st century*. Washington, D.C.: U.S. Government Printing Office.
- Jaffee, Dwight, and Thomas Russell. 1996. Catastrophe insurance, capital markets, and uninsurable risks. Paper presented at the Wharton Financial Institutions Center Conference "Risk Management in Insurance Firms," May.
- Kleindorfer, Paul, Howard Kunreuther, and Paul Schoemaker. 1993. *Decision sciences: An integrative perspective*. New York: Cambridge University Press.
- Kunreuther, Howard. 1996. Mitigating disaster losses through insurance. *Journal of Risk and Uncertainty* 12:171-87.
- \_\_\_\_\_. 1998. A program for reducing disaster losses through insurance. In *Paying the price: The status and role of insurance against natural disasters in the United States*, ed. Howard Kunreuther and Richard J. Roth Sr. Washington, D.C.: Joseph Henry.
- Kunreuther, Howard, Jacqueline Meszaros, Robin Hogarth, and Mark Spranca. 1993. Ambiguity and underwriter decision processes. *Journal of Economic Behavior and Organization* 26:337-52.
- Lecomte, Eugene, and Karen Gahagan. 1998. Hurricane insurance protection in Florida." In *Paying the price: The status and role of insurance against natural disasters in the United States*, ed. Howard Kunreuther and Richard J. Roth Sr. Washington, D.C.: Joseph Henry.
- Lewis, Christopher M., and Kevin C. Murdock. 1996. The role of government contracts in discretionary reinsurance markets for natural disasters. *Journal of Risk and Insurance* 63:567-97.
- Litzenberger, Robert, David Beaglehole, and Craig Reynolds. 1996. *Assessing catastrophe-reinsurance-linked securities as a new asset class*. New York: Goldman Sachs, July.
- Marshall, John, 1976. Moral hazard. *American Economic Review* 66:880-90.
- Meszaros, Jacqueline R. 1997. The cognition of catastrophe: Preliminary examination of an industry in transition. Working Paper no. 97-02-01. Wharton Center for Risk Management and Decision Processes, University of Pennsylvania.
- Office of Technology Assessment. 1995. *Reducing earthquake losses*. Washington, D.C.: U.S.

- Government Printing Office.
- Palm, Risa. 1995. *Earthquake insurance: A longitudinal study of California homeowners*. Boulder, Colo.: Westview.
- Pauly, Mark. 1974. Overinsurance and public provision of insurance: The role of moral hazard and adverse selection. *Quarterly Journal of Economics* 88:44-62.
- Roth, Richard, Jr. 1998. Earthquake insurance protection in California. In *Paying the price: The status and role of insurance against natural disasters in the United States*, ed. Howard Kunreuther and Richard Roth Sr. Washington, D.C.: Joseph Henry.
- Scawthorn, Charles, Ben Lashkari, and Amjad Naseer. 1997. What happened in Kobe and what if it happened here? In *Economic consequences of earthquakes: Preparing for the unexpected*, ed. Barclay Jones. Buffalo, N.Y.: National Center for Earthquake Engineering Research.
- Scism, Leslie. 1996. Florida homeowners find insurance pricey if they find it at all. *Wall Street Journal*, 12 July, 1.
- Shavell, Steven. 1979. On moral hazard and insurance. *Quarterly Journal of Economics* 93:541-62.
- Steinbrugge, Karl V. 1982. *Earthquakes, volcanoes, and tsunamis: An anatomy of hazards*. New York: Skandia American.
- Stone, James. 1973. A theory of capacity and the insurance of catastrophe risks. *Journal of Risk and Insurance* 40:231-43, 337-55.
- U.S. General Accounting Office. 1990. *Flood insurance: Information on the mandatory purchase requirement*. Washington, D.C., August.
- Valery, Nicholas. 1995. Fear of trembling. *Economist*, 22 April, 11.
- Wind, Yoram. 1982. *Product policy: Concepts, methods and strategy*. Reading, Mass.: Addison-Wesley.

※ 論文1は The Financing of Catastrophe Risk (1999, National Bureau of Economic Research)

掲載の以下の論文の抄訳である。

Paul R. Kleindorfer and Howard C. Kunreuther

“Challenges Facing the Insurance Industry in Managing Catastrophic Risks”

## 論文2 自然災害リスク向けの再保険とカタストロフィ・ボンドの改造

本論文は次の2つの目的を持つものである。新しい金融商品を結合した再保険が自然災害による壊滅的な損失を免れられない地域の居住者に対する填補をどのように拡大しているかを検証することと、再保険とカタストロフィ連動型金融商品をどのように結びつければ、保険のコストを現行のレベルから下げることが可能かを示すことである。

この2つの問題に取り組むために、我々は主要な利害関係者を定義するとともに巨大災害リスクに対する彼らの利害関係を定義する。そして特定の事象（例えば、ポーランドの大洪水とかフロリダの大型ハリケーンなど）の発生による支払いの仕組みをサポートするカタストロフィ・ボンドと再保険の相対的な長所と短所を説明する。こうした比較をベースにして、アット・リスクの担保範囲を拡大し保険のコストを低減するために、これら2つの手段を組み合わせる方法を提案する。また、巨大災害リスク移転システムを設計するための6項目の原則を提案し、それらを実践に移す方法を説明する。最後に将来の研究課題となる一連の問題提起を行って本論文を締めくくる。

### 1. 主要な利害関係者とその利害関係

どの国も直面する災害は様々に異なり、それに応じて様々な制度を設けてはいるものの、犠牲となりうるものに対する補償をいかに拡大するかという共通した問題を抱えている。巨大災害発生後に主要な利害関係者に填補を与える金融上の仕組みを設計するときには、まず各利害関係者の目的とその利害関係を考える必要がある。

リスクに曝されている**住宅所有者と事業者**は、リスクを回避するために各自の損失を填補する保険に加入することに関心をもっている。とりわけ、自然災害によって将来起きる、財産の大幅な減少から身を守るためであれば、彼らは比較的少額の代価を支払うことは今日いとわなないであろう。彼らが直面する究極のリスクは支払不能や破産（もしくは急激かつ強制的な消費抑制）であり、彼らは極力こういった事態を回避することを切望している。

**保険会社**は、大数の法則を利用してこうしたリスクに対する防衛手段を提供する。保険会社が十分な大きさの、十分に分散したポートフォリオを保有していれば、たとえ期間平均より過大な損失が発生した場合でも、それを填補するのに十分な保険料を集めることが可能になるであろう。しかし平均的には収益性が良い保険会社であっても、並はずれて過酷な巨大災害に遭えば支払不能に追い込まれることがあり得る。地震などの自然災害が保険会社にとって問題となるのは、彼らのポートフォリオにおける各々の損失の間に高い相

関関係があるためである。このリスク間の相関関係があるために、保険会社は、保険料を引き上げたりハザードが高い地域の担保範囲を縮小したりすることで、支払不能になる危険性を許容できるレベルに抑えることを余儀なくされている。

**再保険業者**は、保険会社が保険契約者や資産所有者をカバーするのと同じ方法で、民間の保険会社に、予測不能な異常損失に対するカバーを提供している。再保険契約においては、ある保険会社（再保険者もしくは受再保険者）が保険料を徴収し、別の保険会社（出再保険者）が保有する保険契約により被る可能性がある損失の全部もしくは一部に対する填補を行う。再保険は保険会社が壊滅的な損害を招く可能性があるハザードに対する保険を提供するためにほぼ不可欠なものである。再保険業者は保険会社と同じ様な関心事を持っているため、巨大災害の危険度が高い地域に対する再保険業者のエクスポージャーを制限している。再保険業者も、支払不能の危険性を許容できるレベルに抑えるために保険会社が行うのと同様の選択を行うのである。

**カタストロフィ・ボンドの投資家**は、自らの投資に十分見合った大きな収益を得たいと思っている。その収益は災害が発生しないときの通常の金利よりも高い形になっていて、災害発生時に投資元金を喪失したり受取配当が金利よりも低くなったりするリスクを甘受するに足るだけのものでなければならない。

**政府当局**は、最後の拠所となる再保険業者ともいべきものであり、巨大災害による損失が生じたときに財政支出により拠出する資金を調達するために様々な利害関係者に課税する能力を持っている。しかし、債務の重圧に直面している政府においては、実際に巨大災害が起こったときに追加資金の借入れが困難もしくは不可能であることが判明することもある。

## 2. 利害関係の例

これらの様々な利害関係者がどのように相互に影響しあうかをさらに良く理解するために、洪水等の自然災害による損失（L）の確率（ $p$ ）が各々に適用される2人の住宅所有者から成る簡単な例を組立てることにする。現実のケースではリスクに曝されている資産が多数存在するが、ここではより一般的に適用できる定性的な結論を導くことにする。

それぞれの住宅所有者について、1の損失（L）を被る確率  $p=0.5$

0の損失（L）を被る確率  $p=0.5$  とする。

各人が損失を受けるか受けないかによって世界の状態は、(0,0) ; (0,L) ; (L,0) 及び (L,L) の4通りとなる。

各住宅所有者の予想損失は 0.5 となり、これは保険会社が徴収する保険数理的に公正な純保険料である（免責額は 0 と仮定する）。各住宅所有者がリスクを忌避する場合は、保険として 0.5 を超える支払いをする用意がある。彼が全部保険の保険料として 0.6 を支払う気になり、保険会社がこの金額を徴収すると仮定する（保険会社は、管理費、再保険の保険料、その他経費の全てを、住宅所有者の予想損失に上乗せした 0.1 の保険料で賄わなければならないが、便宜上これらの諸経費を無視する）。住宅所有者ごとの保険会社の予想利益は、 $0.6 - 0.5 = 0.1$  となるので、保険会社の予想利益の合計は、 $0.1 \times 2 = 0.2$  となる。

## 2.1. 独立リスクと相関リスク

リスクが独立している単純な例であっても、2 人共損害を被る世界の状態 (L,L) が  $p^2$  の確率で発生する。この状態では、保険数理上の比率よりも大きい保険料を徴収しない限り保険会社にとっては純損失という結果になる（表 1 参照）。2 人の住宅所有者のリスクが完全に相関すると仮定した場合、つまり両方の資産がハリケーンや地震により等しい影響を受ける場合、そのときに存在する世界の状態は (0,0) と (L,L) の 2 通りだけとなり、保険会社が純損失となる確率は  $p^2$  から  $p$  と高くなる（表 2 参照）。現実には、巨大災害の発生による資産の損害は部分的に相関しているので、損失の分布、保険会社の利益並びに負の収益の確率は、この両極端の中間のどこかに該当する。

表 1 再保険がない場合の保険会社の損益分布（非相関リスク）

世界の状態	(0,0)	(0,L)	(L,0)	(L,L)
確率	0.25	0.25	0.25	0.25
個人 1 の損失	0	0	-1	-1
個人 2 の損失	0	-1	0	-1
損失合計	0	-1	-1	-2
保険料	1.2	1.2	1.2	1.2
純利益	1.2	0.2	0.2	<b>-0.8</b>

表 2 再保険がない場合の保険会社の損益分布（相関リスク）

世界の状態	(0,0)	(L,L)
確率	0.5	0.5
個人 1	0	-1
個人 2	0	-1
損失合計	0	-2
保険料	1.2	1.2
純利益	1.2	<b>-0.8</b>

以上の分析から 2 つの通則が導き出される。独立リスクについては、大数の法則により被保険物件数が増加すると巨大な純損失が発生する確率が下がってくる。リスクの相関性が高まるにつれて、巨大な純損失が発生する確率が増大する。

保険会社が、巨大損失から身を守るために他の資金源（例えば、再保険、カタストロフィ・ボンド、または政府の救済措置）に依存できない場合、自らを防衛する方法は次の 2 つである。(1) 損失発生に備えてその支払に充当できるほどの余剰資本を抱えることができる。または、(2) たとえ最悪のケースになっても支払不能があり得ない程度まで保険料を上げることができる。

**支払不能リスク**は、限られた資本ベースしかない保険会社が、その支払能力を超える損失となる可能性がある取引契約をカバーするときに発生する。保険会社が支払不能を宣言し、保険請求額の一部しか支払わないことになるのは (L,L) の状態のときであることが予想されるが、まさにその時は資産所有者が最も資金を必要とする時でもある。さらに言うと、リスクを回避しようとする住宅所有者は、彼らのリスクを取り払い富のレベルを安定化するための有益な選択を否定されることになる。

巨大災害により保険会社の支払不能が生じて、保険契約者が全額支払いを受けられない場合、保険証券の期待価値は減少し、それゆえ保険契約者が保険を購入しようとする意欲が減退する。保険会社が需要を作り出すために徴収保険料を引き下げると、支払不能の可能性がさらに増すため、むしろ保険需要はますます減少することになる。このような保険料の下降スパイラルと支払不能リスクの上昇スパイラルは、マーケティング費用と管理費用を賄えなくなるために、ついに保険会社がこのタイプの保険に一切手を出さなくなるといった状況を生むおそれがある。それゆえ、支払不能リスクの間接的な結果として、市場は巨大災害ばかりではなく通常のレベルのリスクに対しても消費者の無保険状態を解消することに失敗する。

## 2.2. 再保険、金融商品、政府の役割

保険会社が、再保険やカタストロフィ・ボンドに転嫁することにより保険料収入を超過する損失から身を守りたいと考えており、そうするために少なくとも保険数理上の費用を少し上回るプレミアムを支払う用意があると想定しよう。巨大損失（例えば、この例での (L,L) の事象）に対する、このような形態の防衛手段に関連するメリットと問題点は何か。

### 超過損害額再保険

最近まで再保険契約は、保険会社の損失合計額がアタッチメント・ポイントと称する一定の固定金額（例えば 10 億ドル）を超過した場合に、再保険業者が保険会社に保険金を支払

う超過損害額再保険が標準的な契約であった。再保険業者は、アタッチメント・ポイントを  
 超えた損失の最大 100%まで保険会社に償還することになっていた。

このタイプの保険を購入することにより、保険会社の利益分布はそれまでよりもス  
 ーズになるが、それは巨大損失が発生した時に再保険業者から追加担保を受けるからである。  
 言い換えれば、損失を被らないか少ない損失で済んでいるときに再保険業者に保険料を支  
 払うことによって、保険会社は (L,L) 状態における多額の損失を回避しているのである。  
 このタイプの再保険は、通常タイプの (非災害型) 損失負担とは無関係にコンスタントな  
 保険料の支払いを要求するものである。

上記の独立的リスクの例について、保険会社が、事象  $j$  による支払保険金  $TL_j$  がアタ  
 ッチメント・ポイント 1 を超えた場合に填補を希望すると仮定する。これが起り得る唯一の事象  
 は、 $TL_j=2$  の場合であり、再保険業者の保険会社への保険金支払額は、 $TL_j-1=1$  となる。  
 この事象は  $p=0.25$  の確率で発生するので、このタイプの損失超過保証に対する再保険業  
 者の予想損失は  $0.25 \times 1=0.25$  となる。再保険業者が 0.35 の保険料を徴収すると仮定すれ  
 ば、その予想利益は  $0.35-0.25=0.10$  となる。

世界の状態が (L,L) のとき、再保険業者は  $-0.65$  の純損失の可能性に直面するので、そ  
 の正味資金が 0.65 より少ない場合は、保険会社と同じように、おそらく支払不能になるほ  
 ど大きくなる可能性に直面する (表 3a 参照)。上記の元受保険についての保険契約者の需  
 要減退と同じように、再保険による填補に対する信用リスクが保険会社の需要に影響を与  
 える。再保険業者が支払不能になる確率を  $q$  で表すことにする。 $q$  の数値が高くなるほど、  
 エクセス・ロス契約に対する保険会社の興味は失われていき、そのため保険会社がこの担保  
 に対して支払意欲を持つように保険料が下落する。このことが保険と再保険の関係を壊す  
 方向に誘導するのであり、これは元受保険市場の失敗と同じ問題である。それゆえ、信用  
 リスクを低減するために、より効果的に巨大災害リスクを転嫁する契約の開発が重要な課  
 題となる。

表 3a 再保険業者の損益分布 (非相関リスク)

世界の状態	(0,0)	(0,L)	(L,0)	(L,L)
確率	0.25	0.25	0.25	0.25
保険会社損失合計	0	-1	-1	-2
再保険業者損失合計	0	0	0	-1
再保険料	0.35	0.35	0.35	0.35
再保険業者純利益	0.35	0.35	0.35	<b>-0.65</b>

保険会社の予想利益は0.1であり、これは再保険が無い場合の予想利益0.2よりも低い(表3b参照)。これは、再保険料0.35が保険数理的損失0.25を0.1上回るためである。他方、保険会社の利益分布は前よりも平滑であるが、これは再保険業者から追加の担保レイヤーを受けたからである。保険会社は今、3つの世界の状態で少額の損失を被っているが、状態(L,L)での大きな損失を回避している。

表 3b 再保険がある場合の保険会社の損益分布 (非相関リスク)

世界の状態	(0,0)	(0,L)	(L,0)	(L,L)
確率	0.25	0.25	0.25	0.25
保険料	1.2	1.2	1.2	1.2
再保険料	-0.35	-0.35	-0.35	-0.35
保険会社損失合計	0	-1	-1	-2
支払再保険金	0	0	0	1
保険会社純利益	0.85	-0.15	-0.15	-0.15

保険契約者にとっては、巨大災害の後にできるだけ迅速に保険金が支払われることが望ましい。伝統的な再保険では、再保険の支払いを受ける前に支払保険金の清算と監査手続を行うことが義務づけられている。このことは、保険契約者が保険金請求からキャッシュフローを入手するまでに数週間または数ヶ月間、時期がずれることを意味している。再保険の填補を受ける前に大半の保険金が支払われると仮定した場合、保険会社はテクニカルに支払不能になるおそれがある。保険会社と保険契約者の双方にとって災害直後の短期的な資金コストはきわめて高くつくことがある\*。即時に支払われる場合の便益と比較すると、支払いが3ヶ月遅れることによる保険契約者の経済的費用は、平常環境における何年分もの支払遅延による経済的費用に匹敵するかもしれない。

他方、再保険業者は、保険会社が再保険によって今や多額の損失から守られているということを知ること自体が、それを知らなかったときよりもリスクを大きくするという不安を持っているかもしれない。このモラルハザードの問題については、Bohn と Hall (1996年)、Doherty (1997年)によりかなり詳細に分析されている。保険会社が再保険業者のリスクを増大する行動を取るには主に2つの方法がある。それは、保険料を集めるためにハ

\* 例として、2000年1月1日の前後に流動資産が不足することが広範にわたって予想される場合について考察してみよう。3ヶ月先物契約のユーロダラー金利で試算すると、全世界の短期利率は0.3%の幅で擾乱を受けると予想され、これは資本費用における10%の変化にほぼ匹敵する(Commerzbank, 1999)。この「カタストロフィ」は広く予想され、その発生時期は完璧に予見されていると仮定した場合、我々は、短期の資本費用における擾乱が、予見不能な災害による損失により生じる場合よりもむしろ大きくなると予測することができる。

ザードが高い地域の保険契約を増やす方法と、支払保険金の決定において寛大になったり、損失を分析するプロセスに余り時間をかけないようにしたりする方法である。

### 状況依存型再保険

さらに柔軟な形態の再保険は、様々な世界の状態を関数として支払いを行うものである。言い換えれば、固定的な安定した保険料のエクセス・ロス契約を提供するのではなく、再保険業者が保険会社の金銭的損失ではなく災害事象そのものの過酷度に依存した支払いをするのである。災害の過酷度の推定で保険会社と再保険業者が衝突した場合は、利害関係を持たない第三者の仲裁に委ねることが可能である。災害イベントそれ自体を用いることの長所は、保険会社の損失によらず、再保険業者が支払額を決定することによって、責任忌避その他の形態のモラルハザードが取り除かれることである。

これは、エクセス・ロス契約よりも特に自由度が大きいために、再保険業者は、保険会社のニーズにより正確に合致した支払いを提供できる一方、再保険料という形で十分大きい収益を受取ることが魅力である。このタイプの状況依存型再保険証券のパフォーマンスを標準的なエクセス・ロス契約と比較するために、我々は、以下の3つの条件を満足させる支払構造を考える。

- 条件1：保険会社の純利益が負になるような世界の状態では、保険会社の純利益をゼロにするために十分な支払を再保険が提供する。
- 条件2：保険会社の純利益が最大になるような世界の状態では、再保険契約が保険会社からの支払いを要求する。
- 条件3：再保険業者は、超過損害額再保険契約から得られる予想純利益と正確に等しい正の予想純収益を与えられる。

このタイプの再保険契約でも、エクセス・ロス契約と同様に再保険業者の支払不能に伴う信用リスク、再保険業者の支払時期の遅延、並びに保険会社の行動に伴うモラルハザードのコストという問題が依然として存在する。これらのタイプの個々のリスクの相対的な規模は、契約の性質によって変動する。

表 4a 状況依存型再保険の再保険業者の損益分布（非相関リスク）

世界の状態	(0,0)	(0,L)	(L,0)	(L,L)
確率	0.25	0.25	0.25	0.25
保険会社損失合計	0	-1	-1	-2
再保険業者損失合計	0	0	0	-1
再保険料	1.10	0.10	0.10	0.10
再保険業者純利益	1.10	0.10	0.10	<b>-0.90</b>

表 4b 状況依存型再保険がある場合の保険会社の損益分布（非相関リスク）

世界の状態	(0,0)	(0,L)	(L,0)	(L,L)
確率	0.25	0.25	0.25	0.25
保険料	1.2	1.2	1.2	1.2
再保険料	-1.10	-0.10	-0.10	-0.10
保険会社損失合計	0	-1	-1	-2
支払再保険金	0	0	0	1
保険会社純利益	0.10	0.10	0.10	0.10

### 保険会社向けのカタストロフィ・ボンド

保険会社は、破滅的な損失に対する防衛手段としてカタストロフィ・ボンド（以下本文中では「キャット・ボンド」と称する）を活用することもできる。キャット・ボンドは、何らかの引き金となる事象（トリガー・イベント）が発生した場合の支払保険金に充てられる資金を投資家が前金で払い込むことを義務づけている。トリガー・イベントは、例えば保険会社により報告される特定の損失（例えば 10 億ドル）とすることが可能であるが、その場合、キャット・ボンドは再保険契約にかなり類似したものとなり、保険会社に対する支払時期の遅延リスクと投資家に対するモラルハザードのリスクを抱えている。基金に関与する見返りに投資家は、災害が発生しない期間中は通常の金利よりも高い利率の配当を受取る。

ここで、世界の各種の状態における保険会社と投資家の収益性に影響する 2 タイプのキャット・ボンドについて検討する。これらの証券の支払構造は、以下の条件を満足させるものとする。

条件 1： 保険会社の純利益が負になるような世界の状態では、このボンドは保険会社に対して、保険会社の純利益をゼロにするために十分な支払を与える。

条件 2： 保険会社の純利益が最高である世界の状態では、このボンドは投資家にプラスの収益を与える（保険会社にその支払を要求する）。

条件 3： 投資家のプラスの予想純収益は、再保険業者の予想純利益にちょうど等しい。

これらの条件を満たすキャット・ボンド1についての損益分布を示す。

**表5 キャット・ボンド1による保険会社の損益分布（非相関リスク）**

世界の状態	(0,0)	(0,L)	(L,0)	(L,L)
確率	0.25	0.25	0.25	0.25
保険料	1.2	1.2	1.2	1.2
投資家への支払(-)または 投資家からの支払(+)	-1.2	0	0	+0.8
保険会社損失合計	0	-1	-1	-2
保険会社純利益	0	0.2	0.2	0

**表6 キャット・ボンド1による投資家の損益分布（非相関リスク）**

世界の状態	(0,0)	(0,L)	(L,0)	(L,L)
確率	0.25	0.25	0.25	0.25
投資家の純利益	1.2	0	0	-0.8

このきわめて単純なキャット・ボンドは、カタストロフィ・リスクの証券化が保険会社の支払不能リスクを完全に除去する基本的なパワーを持つと同時に、投資家にプラスの価値が予想される投資機会を作り出すことを示している。

キャット・ボンド1の基本的構造は改善の余地がある。保険会社が、どの世界の状態でも同じ（正の）レベルの利益を生むことを望む場合、キャット・ボンド1と同じ予想収益を投資家にもたすが、世界の状態を通した異なる支払分布を提供する改良ボンド（キャット・ボンド2）を設計することが可能である。具体的に言うと、状態（0,0）での投資家へのプラスの収益を小さくして、状態（0,L）と（L,0）の収益をプラスにし、状態（L,L）における保険会社への投資家の支払を増やす。このボンドのデザインを次に示す。

投資家の利益変動は0.51でわずかにキャット・ボンド1よりも少なくなっている。キャット・ボンド2は、この商品の柔軟性を利用すれば投資家と保険会社の両方のニーズを満足できることを示している。ここでは、保険会社はキャット・ボンド1と同じ予想利益を得るが、ただし全期間を通じて一定である。キャット・ボンド2による投資家の純予想収益はキャット・ボンド1と同じであるが、ただしここでは、投資家は1区分だけではなく最初の3区分にわたりプラスの収益を受取り、その上全体的な投資家収益の変動も減っている。保険会社の観点から見たキャット・ボンド2と状況依存型再保険が、どの状態でも全く同じ配当を提供して、保険会社の支払不能を回避するという点で類似していることに注意すべきである。

表7 キャット・ボンド2による保険会社の損益分布（非相関リスク）

世界の状態	(0,0)	(0,L)	(L,0)	(L,L)
確率	0.25	0.25	0.25	0.25
保険料	1.2	1.2	1.2	1.2
投資家への支払(-)または 投資家からの支払(+)	-1.1	-0.1	-0.1	+0.9
保険会社損失合計	0	-1	-1	-2
保険会社純利益	0.1	0.1	0.1	0.1

表8 キャット・ボンド2による投資家の損益分布（非相関リスク）

世界の状態	(0,0)	(0,L)	(L,0)	(L,L)
確率	0.25	0.25	0.25	0.25
投資家の純利益	1.1	0.1	0.1	-0.9

キャット・ボンドと状況依存型再保険の間には大きな違いが1つ存在する。キャット・ボンドでは、損失に対して支払われる資金が既に手元にある（通常は第三者預託され短期の流動性証券に投資されている）ために、保険会社が信用リスクに直面することは一切ない。1997年6月にUSAAにより発行された最初のキャット・ボンドは、フロリダのハリケーンによる巨大災害損失に対して自らを防衛するためのものであり、このタイプの商品の興味深い実例である。このケースでは異なるタイプの投資家に合せて2つのトランシェ（保険リスクのレイヤー）が設けられた。トランシェ1はLIBORを上回る適度な利率のプレミアムだけであったが、USAAが15ヶ月の間に10億ドル以上ハリケーンによる損失を被った場合は、投資家は受取利息を喪失することになっていた。トランシェ2はLIBORよりもかなり高いプレミアムを提供したが、USAAが過酷なハリケーンの損失を被った場合には、投資家の元本全体がリスクにさらされた。

USAAの発売以来これまでに発行されてきたキャット・ボンドの大半は、損失インデックス（例えばカリフォルニアでの地震による総保険損失）もしくは災害過酷度インデックス（例えば日本の特定の場所におけるリヒター・スケール[マグニチュード]に基づく地震被害に応じた金額の支払）に連動しており、保険会社の損失には連動していない。災害過酷度インデックスのように、インデックスが実際の損失と関係ない場合、保険会社が保険請求額を操作することは不可能である。このことは、モラルハザードの問題を取り除き、監査と調整のプロセスを不要にしている。従って、被災直後に保険会社への保険金の支払いを行うことが可能となり、再保険の場合に問題となった時間的遅延を免れることができる。

反面、このようなキャット・ボンドがベース・リスクを作り出すことがある。ベース・リスクとは、保険会社にふりかかる実際の損失とキャット・ボンドから受取る支払額との間の不完全な相関関係を指している。伝統的な超過損害額再保険はベース・リスクがゼロで

あるが、それは損失と再保険商品により渡される支払額の中に直接的な関係が存在しているからである。何らかの検証可能で操作不可能なインデックス（例えば、保険業界の総損失額、リヒター・スケール、ラングーンにおける 8 月総雨量）に基づくキャット・ボンドは、ベース・リスクを免れることができない。言い換えるならば、保険会社の取引契約をインデックスで正確に代表することは不可能なので、インデックスが引金になって開始されるキャット・ボンドの実際の支払が保険会社の損失に完全に相関することはないであろう。

キャット・ボンドと再保険のどちらが巨大災害に対してより良いヘッジ手段を提供するのか選択するには、以下の比較を行う必要がある。：

- 再保険業者の信用リスクとキャット・ボンドのベース・リスクの大きさ。
- 再保険の支払時期の遅延に対してキャット・ボンドの支払いの早さ。
- それぞれの金融的防衛手段を実行するコスト。
- 保険保護を提供し、保険会社によるモラルハザード問題の可能性に対処するために必要な各商品のコスト（すなわち、再保険の保険料とキャット・ボンドの高利率）

#### 再保険業者のためのカタストロフィ・ボンド

再保険業者もまた (L,L) の状態での損失に対処し、その信用リスクを低減する手段として、キャット・ボンドに救済を求めることができる。保険会社の場合と同様に、この追加防衛手段によって再保険業者へのリターンがスムーズになる。再保険業者は、保険会社がとは異なった構成のキャット・ボンドに投資したいと考えている。保険業者が巨大災害ではない世界の状態であっても保護を望むのに対して、再保険業者が関心を持つのは巨大災害発生時の損失だけである。ボンド投資家から再保険業者への支払がその損失に直接連動している場合、支払時期とモラルハザードの問題はあるがベース・リスクの問題は存在しない。他方、こうした支払が一般的なインデックスに連動する場合は、再保険業者はベース・リスクに直面する。

表9 キャット・ボンド3による再保険業者の損益分布（非相関リスク）

世界の状態	(0,0)	(0,L)	(L,0)	(L,L)
確率	0.25	0.25	0.25	0.25
再保険料	0.35	0.35	0.35	0.35
投資家への支払(-)または 投資家からの支払(+)	-0.3	-0.3	-0.3	+0.7
保険会社損失合計	0	0	0	-1
保険会社純利益	0.05	0.05	0.05	0.05

表10 キャット・ボンド3による投資家の損益分布（非相関リスク）

世界の状態	(0,0)	(0,L)	(L,0)	(L,L)
確率	0.25	0.25	0.25	0.25
投資家の純利益	0.3	0.3	0.3	-0.7

再保険業者が、状態（L,L）での自らの損失をカバーするためにキャット・ボンド（キャット・ボンド3）の発行を望んでいると仮定する。このキャット・ボンドは、投資家に0.05の純収益をもたらすように設計され、再保険業者と投資家は全く同一の予想利益を得、両者間で0.1の余剰を均等に分つことになる。キャット・ボンド3は、キャット・ボンド2と同じ形式で設計され、再保険業者は全ての世界の状態で同じ利益を出す（表9、表10参照）。

## 政府による再保険

政府組織体が、「最後の拠所となる保険者」としての責任を引受けることが必要な場合もある。財政が潤沢で融通のきく政府なら、他の場合であれば支払不能になる住宅所有者、保険会社、再保険業者または投資家を「救済」する力を持っている。保険金請求は直ちに償還を受けることができ、そのときに必要な資金は後日税金を経由して回収され国庫に補填される。喜んで税金を払う者はいないとはいえ、課税が自然災害の発生と同時になければ税の苦痛は軽減される。

災害が無い時に市民に支払を義務づける「キャット・タックス（災害税）」の導入が容易であれば、その収益が災害に見舞われている時期における交付金の原資となり、これは状態依存型キャット・ボンドと類似している。この税金が、保険システムで支払不能になる部分の「救済」に適用できる場合は、ヘッジシステムの重要な構成部分の役目を果たすことができる。保険市場もしくは再保険市場において能動的な価格決定を行わないので、政府は、全ての当事者が直面する支払不能リスクを取り除く重要な役割を果たすことができる。

### 3. 災害リスクを転嫁するためのシステム設計の原則

保険、再保険及びキャット・ボンドを、最後の拠所となる金融手段の政府再保険と結合すれば、多様な利害関係者の目的を満足させることが可能である。以下では、最適なシステム設計を行うために利用可能な指針となる原則について議論する。ここで我々は、自然災害による損失に対する保護を提供するためにリスク負担商品を組み合わせることを提案する。

#### 3.1. 原則 1：科学的リスク推定モデルの利用

新しい科学研究、既に確立した分野における工学的分析の進展、情報技術（IT）の進歩により、将来の災害による潜在的な損失の確率を、以前よりも大幅に高い精度で推定することが可能になっている。さらに洗練されたリスク評価では、特定の地域での様々な強さと規模の地震とハリケーンが発生する確率の推定に伴う不確実性が低減されている。

過去の災害の経験に基づいた工学的な研究により、自然の力の下での構造物の挙動について新しい情報が提供されている。高速で強力なコンピューターの開発により、つい 5 年前には不可能であった方法でこういったデータを結合することが可能になっている。これらの進歩は、リスクにさらされた資産のより完全なイメージを描き出して、想定される将来の災害により起こりうる損害を算出することを可能にし、これによって巨大災害リスク移転商品の売買当事者間における共通の理解を助けるに違いない。

各保険のレイヤーで適切な価格を算定したいとする。巨大災害リスクの移転に関する利害関係者は、所与のポートフォリオにおいて純損失が発生する可能性とその予想損失を特定するためにこれらのリスク推定モデルを利用できる。これらの推定結果に不確実性の範囲を設けることによって、「最悪のケース」のシナリオを検討するための推定値に信頼区間を設定することができる。Wharton Managing Catastrophic Risk プロジェクトでは、3つのモデル都市（フロリダ州マイアミ Dade County、カリフォルニア州ロングビーチ、カリフォルニア州オークランド）を構築するために主導的なモデリングファーム 3 社（Applied Insurance Research、EQE、Risk Management Solutions）のデータを利用した。このプロジェクトでは種々選択した再保険と損失軽減策に関するバラエティに富んだシナリオにおいて一連の仮想的保険会社にふりかかる財務リスクを検証した。

#### 3.2. 原則 2：モラルハザードを減らす誘因の開発

2 人の当事者が契約を結ぶ場合を考察する。モラルハザードが生じるのは、他者の行動についての情報の非対称性があることと、この 2 人の当事者間に誘因の相違があることによる。巨大リスクのモラルハザードの事情は典型的な本人－代理人問題の形を取る。再保険業者のような保護を与える主体（本人）は、元受保険者のような保護を受ける主体（代理

人)の行動(引受リスクの選択、正確な保険請求額決定への投資努力、リスク軽減策への投資等)を完全には監視できない。

モラルハザードの重荷を減らすことができる保護システムの設計にはいくつかの方法がある。その一例を挙げると、代理人がより慎重な行動(例えば、リスク軽減策、慎重な引受または正確な保険請求額決定にさらに投資すること)をする誘因を持つように本人が代理人にリスクの一部を担うことを要求することができる。保険を取決める状況においては、**免責条項**と **coinsurance** を保険契約に導入することが可能である。免責額が十分に大きければ、保険(または再保険)の支払が始まる前に自分の損失を部分的に負担する責任を負うので、被保険者(代理人)が保険購入後も慎重に行動し続けるための誘因として作用する。したがって免責額以下の少額損失は全て最終的には代理人の責任になるので、代理人はこうした少額損失が発生しないようにするための強い誘因を持つことになる。

**coinsurance** によって、保険者(本人)と被保険者(代理人)は事前にと決めた割合で損失を分担する。「80% **coinsurance**」は、保険者が免責額を超える損失の80%を支払い、被保険者が残り20%を支払うことを意味する。被保険者は部分的ではあるが損失の支払を求められる事態を避けようとするので、より責任ある行動を取ろうとすることになる。**coinsurance** は、代理人が防衛的処置を取るかどうかを決定するときに、巨大災害イベントによる損失を含む将来の災害の予想コストを考慮することを促進する。しかし、代理人は免責条項付のときほど少額損失を排除しようという強い動機は持たない。代理人が少額損失を排除することによって得られる利益は20%に過ぎず、そのためにかかる費用は100%自己負担となるからである。

モラルハザードを回避するもう一つの方法は、代理人の行為に制限を設けるか、代理人と契約を結ぶときに、代理人に目的の行動を取らせるためのインセンティブを与えるように契約を組立てることである。災害に見舞われやすい地域の保険会社に超過損害額再保険を販売する再保険業者は、保険会社が当該地域内でそれ以上保険を引受けることを明示的に禁止することがある。そうする代わりに、再保険業者は、その再保険契約が引受け時点において有効な保険会社の契約に基づいていると強く主張することもある。これは、保険会社にハザードが高い地域での新規契約の積極的販売を手控えさせ、十分な保険料を徴収して災害が起きた場合の損失負担を部分的なものに留めることになる。

最終的に、おそらく最も大事なことであるが、頼りにできるのは長期間繰り返される関係であり、その信頼関係により代理人は本人をだますことを思い止まるのである。たとえば、保険会社(代理人)が、自分の損失額を誇張して再保険業者(本人)からその金額を回収することが可能であったとしても、将来この行為が露見した場合には保護を得ることが難しくなるであろう。こうした保護の喪失という脅威は、以下の3つの条件が満たされた場合は不正を予防するために十分なものとなる。:

条件 1：露見する確率が十分高いこと。

条件 2：継続中の関係の維持から得られる便益が重大なものであること。

条件 3：正直な損失申告による支払額と誇張した損失による支払額の差がささやかなものであること。

条件 1 は、保険金支払前に損害の監査をすることで対処できる（監査プロセスの役割）。二当事者間の価格契約が両当事者にとって両者が関係を継続する誘因となるのに十分な利益を生むものである場合に、条件 2 が満たされるものと思われる。カスタマイズした契約または保険会社のポートフォリオと密接に一致する有価証券を用いることで条件 3 を満足することが可能であり、それによってベース・リスク、並びに、実際の保険請求額を不実申告する誘因を排除する。

### 3.3. 原則 3：災害保険金請求額決定の迅速化

洪水のリスクに脅かされる住宅所有者などの元受保険の消費者は、自然災害の被災後ただちに資産の急激な減少を経験する。よって、彼らの資産に対する損害が最大であるちょうどそのときが、彼らが保険会社からの填補の限界価値を最も高く評価するときである。住宅所有者及び彼らの元受保険会社への支払いを迅速にするような巨大リスク移転システムの改善があれば、消費者の元受保険への支払意欲は増大し、それにより保険会社が潜在的には自分自身のために支払われる再保険の価値を高めることになる。

### 3.4. 原則 4：巨大災害による保険金請求が無い時期の保険料支払とのリンク

被保険者たる消費者は、所得をスムーズにするために、損失を被っていない時期のうちに保険料を支払いたいと考えている。カタストロフィ連動型証券もしくは同様の条件を持つように改造された再保険証券であれば、保険料支払と保険金受取のキャッシュフローの時期を、保険を経由した経済的価値の提供と分離することができる。これらのキャッシュフローを適切な時点に合わせるだけで経済的便益を創造することができる。すなわち、損失の無い状態での保険料支払と災害被災直後の償還である。伝統的な再保険は、カタストロフィックな損失の発生にかかわらず一定の保険料の支払いを義務づけており、また、元受保険会社が必要なときに緊急のキャッシュフローを提供できるようにする即時流動性の提供については十分な機能を果たしていない。

### 3.5. 原則 5：資本市場の商品を利用した信用リスクの低減

大規模な損失に対して填補を提供するキャット・ボンドの出現は、信用リスクを低減する最良の機会である。これらのボンドの元本は、キャット・ボンドにより担保される期間が経過するまで第三者に預託され、その資金は必要なときにいつでも利用可能である。言い換

えるならば、これらの資金源からの信用リスクは**ゼロ**である。対照的に、再保険業者は、巨大損失の後に起こりうる保険金請求額が彼らの剰余金を超える事態に直面する場合には支払不能になる恐れがある。難点は、ボンドにより保護される保険会社や再保険業者（代理人）と同じ様に、投資家（本人）にも同時に魅力的な保護の価格を見つけることができるかどうかである。

### 3.6. 原則 6 : ベーシス・リスクに対処するためのリスク移転商品の改造

最近、様々な保険及び再保険のポートフォリオに伴うリスクを評価するために数学的手法を援用するモデリングファームが登場している。これらの会社は、リスクを定量化するためのシミュレーション・ツールを駆使して、将来の災害イベントの影響をリスクにさらされる保険会社のポートフォリオに投影し、将来の保険損失の推定確率分布を算出している。

これらのモデルが保険会社の実際のリスクをより高精度で代表するようになるにつれて、信用リスクやモラルハザードのコスト増を必要とせずに、再保険もしくはキャット・ボンドのどちらでも、所与の形式につきまとうベーシス・リスクを低減するために改造された契約を設計する機会を提供している。具体的には、これらのモデルの推定をめぐって損失インデックスが算出される場合には、本人と代理人の契約関係を設計することが可能である。これは、日本での地震に対するリヒター・スケールやポーランドのオーデル川の洪水水位などの既存のインデックスを超えた発展へとつながるだろう。

## 4. リスク移転の原則に従って設計されたシステムの要素

ここで、我々は上記で概略を述べた 6 項目の原則に基づいて保険、再保険、キャット・ボンドを統合したシステムの設計に取りかかることにする。どの国も固有の制度的協定を一式揃えて官民両部門によるリスク負担商品パッケージを開発するが、これらの原則はどのような協定のどの設計にも組込まれるべきものである。

### 4.1. 状況依存型支払構造

理論的には、将来の自然の性質によって収益が左右される金融商品は単純なものであるが、そのためには将来の状態が全て確認され、記述され、その結果も分かっているなければならない。区別される状態の**数**はこの分析では問題にならない。分析はデータを収集し理解する契約当事者の能力によってのみ制約を受ける。

## 4.2. 改造したインデックス

観察可能な入力値と確率的に起こりうる出力値をマッピングすることで、巨大災害に先立って全ての起こりうる結果のインデックスが構築可能であると仮定する。また、このインデックスをベースとして、その支払いが**事後的に**観察された世界の状態に依存するカタストロフィ連動型証券が構築できるものとする。カタストロフィ連動型証券を買手・売手双方にとって魅力的にするこのタイプのインデックスの特徴は以下の通りである。:

- (1) 適正なインデックスが、買手・売手双方により事前に合意される。
- (2) 両サイドが、そのインデックスの値はモラルハザードや操作のリスク無しに決定され報告された信頼できるものであることを確信する。
- (3) 選択されたインデックスは、カタストロフィが起きた場合に発生すると思われる損害額と高い相関関係を持つ。

カタストロフィ連動型証券を、完全にカスタマイズされた再保険証券の代替物にするためには、将来起こりうる全ての状態の結果のリストを構築し、買手と売手が合意することが要求されるが、実際にはそれは困難である。より現実的な代案は、保険請求額のベースとなるインデックスを作成するために、1社またはそれ以上のモデリングファームの様々な規模のカタストロフィの結果予測を使用することである。モデルの結果に基づく支払額と実際に保険会社が被った保険金支払額との間に残存するリスクは、保険会社が保持するかあるいはカスタマイズされた再保険証券でヘッジする。この改良の利点は、顕著なモラルハザードを解消する既存のインデックスに基づいた支払方法ではあるが、保険会社に取り契約に適合しないインデックスの使用を強要していないことである。

このような解決案は、既存のカタストロフィックなイベントのモデルが、ヘッジの決定を行わなければならない時点で両サイドにとって利用可能な最良の情報を表現しているという発想に基づいている。両者が XYZ 社のモデリング技術を利用して各自のエクスポージャーを決定するのは、XYZ 社の分析により生成されたデータが損害の最良の推定を表示しているからである。両者が、その出力を再保険契約または再保険証券の構築に使用することを計画する。出再者と受再者が、支払われるべき損害額を算定するために巨大災害の**発生後に**精緻なモデルを利用することに事前に合意することは自然の成行きであると思われる。そのようにして費用がかかる保険請求額の査定を省略し、保険金の支払いを加速する。

例えば、両者が、信頼できる方法で収集できて容易に測定可能なモデル入力値（例えば、複数のあらかじめ指定した場所における風速・温度・海岸線に対する熱帯低気圧の進入角度など）であれば何でもパラメータとして使用して、カタストロフィの後でモデルを走らせることに合意したとする。それから、予想可能で検証可能な数字として、モデルが算出した損害額に基づいて被災後に転嫁される資金額を試算する。このような作業の段取りのために、保険の買手と売手の両者が、入力値が実際のカタストロフィの特性を反映した数字

を生成したかどうかを検証し、モデルの被災後の予測が同じであったことを確認できることが重要である。それから、買手と売手は、彼らの合意の形成と価格設定についての各自の決定を支援するためにモデルを使用することができる。

#### 4.3. 異時的ベースス・リスク

カスタマイズしたインデックスを使っているにもかかわらず、保険会社には「異時的ベースス・リスク」が残されることになる。これは、モデルを証券の価格設定に使用した時点から取引契約が変動することに付随するリスクを指している。保険金は**当初**の取引契約に基づいて支払われる。しかしおそらく、保険会社は常に取引契約の変化を再保険業者に警告して、巨大災害が発生する前に保険証券を調整することができるだろう。

確かに、再保険証券の更新には若干処理費用がかかる。また、保険会社が自分に都合の良いときだけを選んで「取引契約記録」を更新し、モデルその他の更新を怠る逆選択の問題があるかもしれない。保険会社の目的が本当にそのベースス・リスクを減らすことであり、モデルがリスクを正確に値付けしているかどうかを推測することでない場合は、逆選択の影響は軽微である。さらに、保険会社に再保険業者との契約更新を促す誘因を与えることは、たとえどんなに選択的なものであっても、保険会社が契約の更新をする誘因を全く持っていない現状の改善ではある。

#### 4.4. モデル・ベースス・リスク

カスタマイズしたインデックスを使用している限り、モデルの予測と実際のカタストロフィとの系統的偏差は保証されない。これは、「モデル・ベースス・リスク」の 1 例である。伝統的な再保険でも、カスタマイズした再保険でも、カタストロフィ・ボンドでも、このリスクは現在保証されていないことに注意すべきである。買手も売手もお互いの契約の基礎算定のために承知の上で不完全なモデルを使用しているのであり、それゆえこれらのモデルのエラーにさらされているのである。したがって、このモデル・ベースス・リスクの改善は、たとえささいなものであっても、元受保険会社がこのリスクを全て負担している現状を改善することになる。

このモデル・ベースス・リスクの影響は、リスク分散によって軽減することが可能である。投資ポートフォリオが種々の資産に分散することによりその収益の変動を軽減できるように、保険会社は、個々のキャット・ボンド（またはカスタマイズした再保険）の投資ポートフォリオを作ることによってベースス・リスクを分散することができる。カスタム・ボンドもしくは再保険協定もまた、様々な会社のモデルを重み付けして結合することによって保険金の支払条件を整えるように設計することが可能である。この「メタ・モデル」は、特定のモデルが予測した保険金と実際の保険金の偏差による保険会社への影響を軽減するもので

ある。このようなクロス・モデル分散はベシス・リスクを低減するが、正確なアンダーライティングや、支払保険金の決定への投資などへの保険会社の限界的誘因は変わらないままでいるので、モラルハザードの追加費用を招くことがない。

さらに、カスタマイズした再保険をモデル・ベシス・リスクの取扱いに用いることもできる。そもそもモデルと実際の保険金支払額との正確な偏差を決定することは、カタストロフィが発生した後にならない限り不可能である。カスタム「モデル・ギャップ」再保険証券は、キャット・ボンドの支払額が実際の保険金支払額に不足した場合にそれを保険会社に払い戻すものであり、これをキャット・ボンドに結合して効果的に100%超過損害額再保険を合成することが可能である。再保険業者はこのような担保の価格設定方法については、ほんのわずかな情報しか持っていない。損失の発生確率と損失過酷度の分布に不確実性があるために、特にモデル・ベシス・リスクの範囲が十分知られるようになる前の初期の市場開発段階においては、カスタム再保険業者は、こうした保険証券のために極めて高額な「不明確な保険料」を課す必要があることになる。（このような場合の保険料は、再保険業者の予想コストに直接基づくものではなく、むしろ元受保険会社の支払意欲により決められるものと予想される。）

「モデル・ギャップ」保険証券によって付保されるリスクの大きさはどれぐらいであろうか。(a) モデルと実際の支払保険金の全体的な相関が十分に高く、(b) このカスタム保険が支払う必要があるのは支払保険金よりもモデルの支払額が少ないときに限られる（おそらく約50%の発生頻度になる）、と仮定しよう。するとこのカスタマイズした再保険証券の純粋なリスク負担部分は少なく、おそらく保証額全体の1%以下程度であろう。このカスタム再保険証券が災害リスクの特に大きな金額を負担しないとした場合、「モデル・ギャップ」保険証券の支払保険金とキャット・ボンドの支払保険金との間の相関は低くなるだろう。

しかし、このカスタム再保険証券もまた、それ自体の極めて小さな担保レイヤーの中に全ての保険のレイヤーにおけるモラルハザードの問題を蓄積している。モデル・ベシス・リスクを完全に排除しようとしてカスタマイズした再保険を再導入すれば、伝統的なモラルハザード費用を全部呼び戻すことになる。例えば保険会社は、モデルの予測金額を超過する保険金支払を申告する誘因を持つであろう。なぜなら以前は彼らの過大申告の結果、増分払戻はゼロであったのに対し、今ではカスタム再保険証券から増分払戻を受けているからである。さらに保険会社は、災害に見舞われやすい地域で過大な引受けをする誘因や支払保険金の決定と監視への投資を減らす誘因を持つ。小さなリスクを減らすことで、より厳しいモラルハザード・リスクの集団がもたらされるとは想像しがたいことである。100%の損失補償が絶対に必要であるのでなければ、このような商品をカスタム再保険と結合するべきではない。再保険業者がモラルハザードのコストを回収するために支払を要求するために、保険会社の費用効果を大きく減らすことになる。

## 5. 結論と今後の研究のための提案

本論文の主要目的は、巨大リスクを民間部門でファイナンスする様々な方法の間のトレード・オフ関係を十分に理解することであった。いくつかの領域では、巨大リスクに関心を持つ多様な利害関係者が直面する問題の特徴を現実に即して述べるためにはさらなる研究が必要である。

### リスクの性質

自然災害によるリスクに伴う確率と損失に関しては不完全な情報しか存在しない。このことが、投資家の求める収益同様、保険会社と再保険業者が要求する保険料に影響を及ぼしている。カタストロフィックなイベントのシミュレーションモデルの改善は保険会社のベース・リスクを減らしたばかりではなく、カスタマイズした再保険証券の価格設定の仕方についての再保険業者のあいまいさも軽減している。リスクの性質に関して未解決の研究課題もいくつか残されている。:

- (1) モデルの精度を上げることでベース・リスクを有意に減らすことができるか？
- (2) 契約をカスタマイズすることで、どの程度までベース・リスクの実質的な削減を達成することができるのか？
- (3) リスクにうまく対処するために保険会社、再保険業者、資本市場の参加者が必要としているのはどのような情報なのか？ どうすれば近い将来にこれらの利害関係者がこの情報を手に入れることを期待できるか？

### キャパシティの制限

再保険業者による支払不能への懸念によりキャパシティの制限が発動され、しばしば発行できる再保険の金額にドルベースの絶対額での制約が設けられる。大規模な災害の後では通常、再保険が不足するので保険会社は他の資金源を当ることになる。再保険と比較してキャット・ボンドが保険会社にとって十分魅力的な場合、あるいは再保険業者自らがキャット・ボンドを利用できる場合は、この能力の問題は相当緩和される。未解決の問題は以下の通り。:

- (1) 元受保険会社がカタストロフィ連動型ボンドを使用し始めたことにより、再保険業界に生じた有効な余裕能力がどれくらい生まれたか？
- (2) 再保険業者が自らの能力を最も効果的に増やすために、どのようにキャット・ボンドを利用したらよいか？
- (3) 残存するベース・リスクを担保するための保険証券を含め、カスタマイズした再保険を提供する再保険業者の能力を制限するものがあるとすれば、それは何か？

## 保険会社がカスタマイズ商品の採用を決定する要因

Foppert (1993) (Major による引用、1996) は、ベースス・リスクが、巨大災害のエクスポージャーをヘッジするために保険会社が採用するインデックス商品に「重大な実務的、観念的な障壁」を作り出していると指摘した。保険会社は、モデル・インデックスを用いたカスタム保険を介してベースス・リスクの大部分を排除できる場合に、残存するモデル・ベースス・リスクを自発的に保持することがある。この処置を取ることで、保険会社は再保険のリスク負担費用の支払を回避できるだけでなく、モラルハザードのための余分な費用も支払わなくて済むのである。

モラルハザード構成部分の規模を 3 章で確認したようにカスタム再保険の価格とした場合、保険会社がカスタム商品により誘導された残存モデル・ベースス・リスクを自発的に保持することは、これらの商品の普及に向けた重要なステップとなる。我々は、以下の 4 つの条件が発生するときに、保険会社がこうした採用の決定が起きるといふ仮説を立てている。

- (1) 保険会社が、現存モデルの予測が将来のカタストロフィによる支払保険金と合理的な相関を持つことをますます確信するようになる。
- (2) カスタム・インデックスド・キャット・ボンドの価格、または状況依存型再保険担保の価格が、伝統的な超過損害額再保険の価格と比べて相対的に下がる。
- (3) 残存モデル・ベースス・リスクの規模が保険会社の総資金に占める割合が下落する。
- (4) 保険会社が、単発的な巨大災害イベントに重点を置かずに、自社の長期的な予想収益を考慮する傾向が増大する。

## 政府当局の役割

「最後の拠所となる再保険業者」と、資産所有者に課税する権限の占有者という役割を結合した政府は、より良いヘッジ手段を与えるために最終セクションで提案したキャット・ボンド/再保険業者の組み合わせを補完する能力を持っている。課税の最適なタイミングとその条件、収益金の分配方法についてはさらなる研究が必要である。

## 6. 参考文献

- Bantwal, Vivek and Kunreuther, Howard (1999) "A Cat Bond Premium Puzzle?" Working Paper 99-05-10, Wharton Risk Management and Decision Processes Center; University of Pennsylvania, Philadelphia, PA.
- Bohn, James G. and Brian J. Hall (1996) "The Moral Hazard of Insuring the Insurers." Paper presented at National Bureau of Economic Conference on "The Financing of Property/Casualty Risks." November 21-23, 1996.
- Commerzbank, "Y2K – A Threat to Liquidity?" *Commerzbank Viewpoint: Economic Data and Forecast*. April 1999.
- Croson, D., A. Richter, and P. Kleindorfer. "Sovereign Cat Bonds and Infrastructure Project Financing." Working Paper 99-05-25, Wharton Risk Management and Decision Processes Center; University of Pennsylvania, Philadelphia, PA.
- Doherty, Neil (1997) "Financial innovation for financing and hedging catastrophe risk." Paper presented at Fifth Alexander Howden (Australia) Conference on Disaster Insurance, Gold Coast, August 1997.
- Foppert, D. (1993) "Uncertain Futures." *Best's Review, Property/Casualty Insurance Edition* 93:11, p.20. Quoted in Major, John A. "Index Hedge Performance: Insurer Market Penetration and Basis Risk." Paper presented at the NBER Conference on "The Financing of Property/Casualty Risks." November 21-23, 1996.
- Froot, K. and M. Seasholes (1997) "USAA: Catastrophic Risk Financing." Case 9-298-007; Harvard Graduate School of Business Administration; Boston, MA.
- Insurance Services Office (1999). *Financing Catastrophe Risk: Capital Market Solutions* (New York, N.Y.: Insurance Services Office)
- Kleindorfer, Paul and Kunreuther, Howard (1999) "Challenges Financing the Insurance Industry in Managing Catastrophic Risks" in Kenneth Froot (ed.) *The Financing of Property/Casualty Risks* (Chicago: University of Chicago Press).
- Kunreuther, Howard and Roth, Richard, Sr. ed. (1998) *Paying the Price: The Status and Role of Insurance Against Natural Disasters in the United States*. Washington D.C.: Joseph Henry Press.
- Major, John A. "Index Hedge Performance: Insurer Market Penetration and Basis Risk." Paper presented at National Bureau of Economic Research Conference on "The Financing of Property/Casualty Risks." November 21-23, 1996.
- Pauly, Mark (1974) "Overinsurance and Public Provision of Insurance: The Role of Moral Hazard and Adverse Selection" *Quarterly Journal of Economics* 88: 44-62.
- Thatcher, Matt E. (1998) "Changing the Balance of Information Endowment in the Health Insurance Industry: The Effects of Technology on Consumer Welfare, Competitive Strategy, Regulatory Policy, and Industry Structure." Unpublished Ph.D. Dissertation; Department of Operations and Information Management, The Wharton School of the University of Pennsylvania.

※ 論文2は以下の論文の抄訳である。

David C. Croson and Howard C. Kunreuther (1999)

"Customizing Reinsurance and Cat Bonds for Natural Hazard Risks"

## 論文3 不確実性の世界におけるリスク分析とリスクマネジメント

### 1. 序説

2001年9月11日の悲劇的な攻撃と最近のバイオテロリストの恐怖は、発生とその結果が非常に曖昧かつ不確実である事象をいかに処理すべきかについての一連の問題提起となった。本論文は、**Extreme Events**（極端な事象）の処理のためのリスクマネジメント・オプションを展開するために、リスク評価という道具とリスク認知という知識をいかにリンクさせ得るかを検討するものである。以下のような課題がクリアになれば、これらの**Extreme Events**のリスクに対処するために意義ある戦略を開発することができるはずである。

- リスクマネジメント・オプションを首尾よく提供するために、リスク評価の道具とリスク認知の知識をいかにリンクさせるか。
- これらリスクを処理するにおいて公的部門と民間部門の役割の変化とは何か。
- 将来の計画に備える際に過去の**Extreme Events**の対処から得た教訓をいかに利用するか。

本論文では、ここに取り上げる主題に関連した情報を提供してくれる最近の本や論文を選択し、リストアップした。

### 2. リスク評価<sup>1,2</sup>

#### 2.1. 領域の性質

リスク評価の領域は、特定された一連のイベントの発生および／あるいはその起こりうる結果の予測の検討を対象とする。リスク評価や脆弱性の研究者というよりむしろ筆者のようなその利用者たる者からすると、この領域で公表された論文の大部分は氷山の一角であることを認識する必要がある……例えば、原子力事故の蓋然性に関するリスク分析の11ページの論文も、その多くは、大量のデータの収集と分析を反映した数ヶ月あるいは数年にわたる累積的な検討であることが多い。

---

<sup>1</sup> リスク評価の分野における最近の業績の包括的な要旨については、Haimens(1)を参照

<sup>2</sup> SRA (Society for Risk Analysis, 米国リスク研究学会) の成功の基礎となった、リスク評価の分野での貢献については、文献(2)を参照

科学者やエンジニアはこれらデータの利用者に対して、リスクの性質とその予測がもつ不確実性の程度を評価しながらわれわれの知識の全体像を提供する必要があるが、さらにそれだけではなく、その予測の評価者としての役割に敏感である必要がある。リスク評価の分野の専門家は、その予測を自分自身の価値観のフィルターを通して提供しないように細心の注意を払う必要がある。

専門家 1 からは「特定のリスクについて何も心配することはない」と聞き、同時に専門家 2 から「このリスクはあなたのレーダースクリーン上にあるのです」ということを聞くことはよくあることである。このような矛盾する意見表明に対しては多くの異なった対応があり得よう。ある素人は専門家の判断に頼ることはできないと考えるかもしれない。別の一人は、自分のリスク予測を支持する専門家に注目しようとするかもしれない。他の人は、リスクの性質についてある程度のコンセンサスが得られるかどうか知るために別の専門家の見解を求めるかもしれない。

## 2.2. 超過確率 (EP) 曲線の利用

ある特定のリスクについて専門家達が知っていることと知らないことを捉える一つの方法は、超過確率 (EP) 曲線を構築することである。EP 曲線は、損失が一定のレベルを超過する確率を示してくれる。その損失は、損害額、死亡者、病気あるいはその他の分析単位によって測定することができる。

ひとつの例を使って説明すると、ある人がシアトルで地震により自宅に金銭的な損失を被る場合の EP 曲線を構築したいと思っていると仮定する。確率的リスク評価を使って所与の金銭的な損失を引き起こす一連のイベントを組合せ、そして結果的に様々な大きさの損失超過確率を決定する。これらの予測を基にして、図 1 に描く平均 EP を構築することができる。

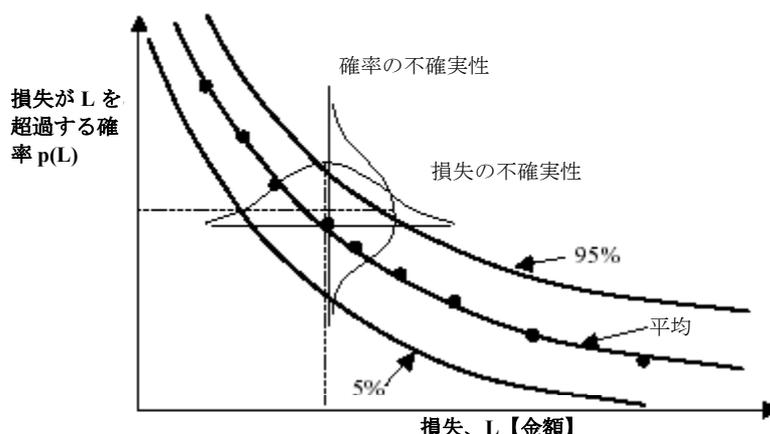


図 1 超過確率 (EP) 曲線の例

る。その性質上、EP 曲線はイベントの発生確率と金銭的損失の大きさについて本来不確実性を有している。この不確実性は、図中曲線間にある、5%と95%の信頼性の区間に反映される。

Extreme Events のための EP 曲線を構築する際に考える必要がある重要な問題点は、確率と結果の両方に関する不確実性の程度である。現在では誰もが知っているように、自然災害や化学事故のための EP 曲線の構築は、テロリスト活動のそれよりもはるかに簡単である。しかし、これらより予見し易い災害や事故についてさえ、そのリスクの発現と結果的に生じる損害の両方の蓋然性には相当の不確実性がある。確率は低い結果が甚大なリスクの場合、図 1 に描く 3 本の曲線間の開きがこれら事象の不確実性の大きさを表現する。このような図を作成すると専門家の信用度は増大すると思われる。

EP 曲線は、リスクマネジメントツールを評価するための一つの重要な要素となり得る。イベントの発生と結果的に生じる損害の蓋然性を予測するベースとなる想定を述べることは、専門家に対してプレッシャーを与える。リスクを図形的に描くことは多くの人にとっては見なれない見解となりそうである。しかしながら、もしこの人々がその分析は論理的な正当性がある仮定に基づいていると確信するならば、彼らは情報をこのような形で提示することの重要性を認識するようになるかも知れない。実際のところ、図 1 に描いたような EP 曲線は、一般の人々が、何故専門家でも意見が違うのか、そして、何故あるリスクの予測にそれ程の曖昧さがあり、他のリスクでは不確実性がさほど大きくないのかという点をよりよく理解できるようにしてくれるはずである。

ここで、Extreme Events にまつわる不確実性について思案に悩むようないくつかの質問を以下にあげる。

- シアトルが来年マグニチュード 7 以上の地震に見舞われる見込みとその結果生じる損害および間接的な損失はいかほどか。
- アメリカ合衆国のどこかでひどい原子力発電所事故が発生する可能性とその結果生じるインパクトはいかほどか。
- 来年シアーズタワー・ビルに飛行機がぶつかる確率とその結果の深刻さはいかほどか。
- 来年以降の 5 年間にアメリカ合衆国においてテロリストが仕組んだ天然痘が流行する可能性はいかほどか、そして、いかに多くの人がそれに罹るか。

専門家がこのような質問に答えるように求められるとき、彼らはそれに対してその事象を定義するのに役立つようなより正確な情報をくれるように求めようである。シアトルをマグニチュード 7 以上の地震が襲う可能性についての質問を取り上げてみよう。専門家は、一般的にはその事象を定義するためにもっと正確な情報を要求するであろう。彼らは次のような質問をしようである。シアトルを定義付ける地理的区画はどの範囲か。来年とはど

ういう意味なのか（つまり本日から開始するのがあるいは2003年1月1日からか）。間接的な損失とは何を指すのか。より正確なそして効果的なリスク評価を得るためには、専門家が何をすべきかが分かり利用者が何を得たのかが分かるように、素人は分析の条件を設定する必要がある。

### 3. リスク認知と不確実性のもとでの選択<sup>3</sup>

伝統的なリスク評価は、多くの場合、金銭で評価される損失に焦点をあてる。リスク認知は、行動にとっても大きな影響を与えることが明らかな心理的および感情的な要素に関係する。1970年代に始まった一連の経路破断スタディー（path-breaking study）において、Paul Slovic、Baruch Fischhoff とその他の心理学者が違ったタイプのリスクに関する素人の関心を測定し始めた。

これらスタディーによって、その人が殆ど知識を持っておらず（unknown）ひどく恐れている（dread）ハザードが最もリスクであることが知られていた。原子力や放射性廃棄物の保管活動の例に見られるようなあるテクノロジー面では、一般市民と専門家のリスクに対する見方の間には大きな開きがあった。素人は世界を科学的社会とは違った角度から見るという概括的な発見が、リスク処理に対する意思決定プロセスの性質に関して一連の問題を提起した。この章では、リスク認知に関する最近の研究が、リスク評価プロセスの性質をいかに拡大してきたか、そして、不確実性のもとでの選択に関するわれわれの認識をいかに増大させてきたかを検討する。

#### 3.1. 危険兆候の影響とリスクの社会的増幅

長い期間にわたり、科学の社会では、公衆のリスク認知が科学的予測から大幅に違う場合には、そのような認知は無視するのが適切であると考えていた。公衆は専門家の数字を信じてこなかった。その理由は、専門家の数字のベースとなった仮定が十分には説明されておらず、専門家同士でも何故互いに意見の食い違いがあるかは殆ど理解されていなかったため、公衆は専門家と上手く意思の疎通を図ることができなかったからである。

その状況は最近では変わってきており、リスク評価のプロセスの一部として心理的・感情的要素を含めることへ賛成の意向が増大してきた。最近の調査においても、ある行動が不当に危険であると認知される場合には、公衆もその行動をたえず避けようとする点が見えるようになり、それによってこのような見方が確認されるようになってきた。更に特定して言うと、公衆が特に危険だと認知するので、技術、地域および製品は危険の兆

---

<sup>3</sup> リスク認知に関する最近の成果の包括的要旨については Slovic (3) を参照。

候 (stigma) を伴っている<sup>4</sup>。これらの状況の多くにおいて、科学的証拠はそれらリスクを心配する理由はないと示唆する<sup>5</sup>。

危険の兆候の典型的な例は、発癌性があると考えられている製品に対する反応である。もっともそれを支持する科学的証拠は、仮にあったとしても限られたものである。あなた自身を、アラル薬剤 (植物成長剤ダミノジドの商品名。特にリンゴの木に散布して一度に収穫できるようにする。)を含んだリンゴを食べて人々がパニックに陥った年である 1989 年に戻してみたい。アラルには発癌性があるという主張は、動物実験を基にしたものであるが、その実験ではその疑いがでたものの、実際に使用された薬の量は急性中毒を起こさせる程に大量であったためであった。更に、免疫学的実験では、アラルが人体に癌を起こさせる物質であることを示す証拠は出なかった。しかし、このような科学的所見は公衆には伝達されなかったため、アラルに侵されているという思い込みが恐怖心を煽ったものであった。

公衆がアラルに対して強く反応したことは、社会的なリスクの増幅およびそれが危険の兆候に対して如何に関係するかという、もうひとつの現象を表している。これらの現象については文献類でよく説明されている<sup>6</sup>。メディアのレポートに刺激されてしまい、公衆のリスク認知は、確率に直接損失をかけるというリスク評価技術の標準的な要素にこだわっていた人には、往々にして説明するのが困難な方法で増幅される。

アラルのケースでは、メディアがリスクを増幅し、製品に効果的な烙印を押した。CBS が「60 分」のニュース・ストーリーを流し、その中でアラル薬剤は癌を起こす可能性があるとして説明した後には、何百万もの人々がリンゴとリンゴ製品を買うのをやめた。このメディアの大特集によってリンゴ生産者への損失は巨額なものになり、CBS プログラムの放送後に生産者がアラルの使用を中止したことによる損害よりもはるかに大きくなったであろうことは疑いの余地がない。

個人的な視点では、筆者の妻ゲールは、産まれたてから 3 フィートの背丈になる子供達の面倒を見ているが、筆者が彼女に対してアラルが危険であるという証拠はないと安心させたにも拘わらず、「汚染されていない」リンゴジュースに二倍もの金を払うことが重要であった。ゲールの心配は、これら小さな子供の親が、もし子供達にアラルを含んだジュースを与えたと知るなら、何と言うであろうかということであった<sup>6</sup>。

---

<sup>4</sup> 古代ギリシャでは stigma という語は、汚名あるいは不名誉を表すものとして個人に付けられたマーク (傷) を指すために使われたものであり、その個人が社会に対するリスクを呈することを暗示していた。

<sup>5</sup> リスク認知に関する危険兆候の影響に関する最近の研究については (Flynn et al 2001) (4) を参照。

<sup>6</sup> もし両親の一人がジュースはアラルを含んでいるかを疑問視していたら、ゲールが後悔を避けるために、どの程度に「汚染されていない」アップルジュースに金を潔く払おうとしたかは、私には明らかではない。

### 3.2. 低い確率を予測することの困難さ

意思決定を行うために低い確率を判断することが各人にとって困難であるために、リスク認知にまつわる問題は複雑なものになる<sup>(6)</sup>。実際のところ、人々はイベント発生の可能性に関してデータを持つとさえしないことが実証されている。いくつかの仮想のリスク管理意思決定に関する最近の調査によれば、人々が自らの情報を探し出す必要がある場合、確率に関するデータは殆ど求めないということが分かっている。一つのグループに質問を尋ねるための最低限の情報と機会を与えた。回答者の僅か 22%だけが確率の情報を求めた。その中の誰一人として厳密な確率は求めなかった。別のグループの解答者には厳密な確率情報を与えたところ、その中の 20%未満は「確率」あるいは「蓋然性」という言葉を口頭の説明語として使った<sup>(7)</sup>。

確率論的に考えないとすると、人々はどのようにして選択するのであろうか。各人のリスク認知は判断上の偏見によって影響を受けるという大量の証拠が現在ではある<sup>7</sup>。availability heuristic (発見的活用) は Extreme Events に対応するために最も適切な方法の一つである。この場合、人々はイベントの発生度を彼らが想像できあるいは過去の事例から想起できるケースから予測する。あるイベントに関する情報が突出しており、当人がその基本的割合を斟酌できないようなケースでは、そのイベントの発生確率を過大に予測する傾向がぐっと大きくなるであろう。9月11日のテロ行為の後、多くの人々は飛行機旅行を拒絶した。その理由は、そのような事象が発生するチャンスの統計学的データに比べて飛行機がハイジャックされるチャンスが相対的に異常に高く人々に認知されたためである。

より一般的に言えば、確率が低い事象の場合には、リスクに対する反応が二つの極端な方向へ別れるということはよくある：「それは私にも起こるだろう」または「それは私には起こらないだろう」という反応である。このような反応は個人的経験あるいはメディアの活動によって過度に影響を受けることがよくある。ここにいくつかの例がある。

- 私は、自分の自動車が始動せず、牽引してもらわなければならなくなった後になって初めて、最初のバッテリーケーブルを買った。牽引費用はバッテリーケーブルの倍の費用となった。
- カリフォルニアの住居所有者の大部分は揺れを経験した後になって始めて地震保険を買う。将来の地震の発生は発生前よりもっとありそうか、同じかあるいは少ないかと尋ねられて、大部分の人々は少ないだろうと答えた。
- アメリカにおいてシートベルト法が施行されるまで、ほとんどのドライバーはその装着を拒否した。何故かと質問されると、つぎのように答えた。「私は事故を起

---

<sup>7</sup> 判断を下す場合に個人が持つ偏見の種別に関する古典的論文については、Kahneman et al (8)を参照。

こさない。」この答えは、大多数の個人は平均的なドライバーより上手いと感じているというよく言われている所見に一致している<sup>(9)</sup>。

### 3.3. 意思決定における感情の役割

これらの例は、リスクと不確実性の下での選択に関する文献中でよく述べられている非常に一般的な現象を説明している。人々の選択に関する意思決定において感情や情緒が重要な役割を果たすという証拠がますます増大してきている<sup>(10)(11)</sup>。人が属性 (attributes) 相互の間において難しい妥協を強いるような決定に直面する時あるいは「正しい」答えとするに際して曖昧さがある場合には、これらの要素は特に重要な役割を演じる。これらのケースでは、最も強力な感情的シグナルを送る刺激に焦点をあてることにより課題を解決しようとする人が多いようである。

換言すると、意思決定の規範的モデルが示唆する事象の起こりやすさや結果に基づくというよりむしろ、恐怖、心配や愛情のような情緒的要素に影響されて人々は選択を行う。例証するため、ある物に対する特別な気持ちが、人が保険に払おうとする価格にいかに関与するかを調べるための次に挙げる実験的研究<sup>(12)</sup>を考えてみる。

皆さんはヨーロッパにおり、そこで \$ 200 の花瓶を買った。自宅へ持ち帰るには余りに重い。当地の船積み会社へ頼んでアメリカの自宅へ花瓶を送ってもらう。花瓶が船積みの間に損傷する可能性はある程度ある。専門の保険会社から船積み保険を買うこともできる。保険を買っても花瓶が損傷する可能性が変わるわけではない。もし保険を買い、そして花瓶が損傷するなら、花瓶に払った金額について保険会社が補償してくれるであろう。つまり、\$ 200 の小切手を得るであろう。もし、保険を買わずそして花瓶が損傷すると、何の補償も得られないであろう。

ここで、回答者の半分（思い入れが深い状態）に次のような想像をするように求めた。

皆さんは一目見てその花瓶が気に入ってしまった。\$ 200 きりでそれを買ったとしても、それは皆さんにとってはそんな高価なものとは感じられない。というのは、皆さんはそのような花瓶を長年探してきたのですから。

回答者の残りの半分（思い入れがない状態）に次のような想像をするように求めた。

皆さんはこの花瓶には特別な気持ちは何も持っていない。その金額だから買ったと思っている。\$ 200 で買って、皆さんにとっては大体その程度の値打ちのものだと思っている。

両方のグループの回答者は、それから花瓶が輸送中に壊れたとしたら、\$ 200 の小切手を彼らに補償してくれる船積み保険に彼が払おうとする最大金額を提示した。思い入れが深

い状態のグループはその保険に対して平均でほぼ \$ 45 を払おうと言ひ、思い入れがない状態のグループは平均で \$ 25 未満を払おうと言った。

単純な便益費用分析にもとづくくと、損失の発生確率と保険の補償額が両方のケースにおいて同一であるから、保険に対する支払意思はこれら二つの状態では同等と期待されるであろう。保険填補のために彼らがどの程度の保険料を払おうとするか決定するにあたり、もう一つ追加的な要素が役割を果たしているようである。保険金請求は多くの人には、花瓶が割れてしまったことへの一種の慰めであると見られる。人々が損害を受けあるいは破損する可能性がある製品により愛着を持っており、そのためにより大きな保険料を払おうとするのであれば、彼らにはもっと慰めが必要である<sup>(12)</sup>。

## 4. リスクマネジメント

損失を軽減し、**Extreme Events** に対する保護を与えてくれるようなリスクマネジメント戦略を開発するにあたっては、リスク評価の検討からのデータとリスク認知に影響を及ぼすとされる要素とを組み合わせる必要がある。数多くの検討によって、確率の低い事象に関して人々はデータ処理に困難を覚えることが示されているために、リスクに関する情報を公衆に如何に効果的に伝達するかについて現実な問題を抱えている<sup>8</sup>。

将来の研究のための課題の一つは、人々が低い確率と高い確率の意味を理解できるように情報を彼らに伝えるための方法を決定することである。図 1 に示したような超過確率曲線を利用すると特定リスクの一面としてのリスクの性質を描くことができる。しかしながら、情報の処理に人々が困難を覚えるとしても、かかるリスク評価はリスクマネジメント的アプローチにより補完する必要がある。この点では以下のオプションが役に立つであろう。

### 4.1. 確率の見方を変える

時間の枠を伸ばすことにより保護手段の採用を促進することができる。一回の運転で事故に遭う確率は.00001 というよりも 50 年の運転生活で事故に遭う確率は.33 と説明される方がと、人々もシートベルトをより進んで着用するようになろう<sup>(14)</sup>。もし会社がそのプラントの 25 年の寿命中にわたる地震からの保護を考えるなら、いずれかの年の地震発生の確率が 1/100 と言われるよりその全期間中では 1/5 と説明される方が、マネージャー達はそのリスクをより深刻に受け取る度合いが高まりそうである<sup>(15)</sup>。ほとんどの人は小さな数は簡

---

<sup>8</sup> 公衆へのリスク伝達をいかに改善するかについての包括的検討は **Morgan et al.**(13)に見出すことができる。

単に見放すが、大きな数は彼らの関心を惹くと感じる。

不利なイベントの発生可能性を非常に小さな確率で表現するよりもむしろ比率で表現する方が、イベントのリスクを軽減させることに対する人々の支払意思を非常に大きくする<sup>(16)</sup>。例えば、あるイベント発生リスクについて、防護がある時のリスクは防護がない時のリスクの半分だと説明する方が、防護がない時のリスクは0.00006、防護がある時のリスクは0.00003であるというよりも、はるかに強い反応を引き出してくれる。これまでの研究によると、確率予測の分母と分子に定数を掛けるだけでも一つまり1/100の代わりに10/1,000あるいは100/10,000と表示する方が—その事象に対して人々の関心をより惹き易くしてくれる<sup>(17)</sup>。

#### 4.2. 経済的インセンティブの活用

人々に防護手段を取ることを奨励するために正と負の経済的インセンティブを活用することができる。損失軽減手段（例えば、自然災害に対する家の補強、犯人を撃退するための固定式ボルト錠の取り付け）を採る人には保険契約において保険料を軽減することができる。人々がこれらの防護手段が来年度あるいは向こう1、2年のリスク軽減に与えるインパクトについてのみ考えるなら、その防護手段に伴う大きな先行投資費用がある場合、彼らはこのような手段が経済的に魅力的だとは見ないであろう。

現場での調査および制約のある研究所での実験によっても、人々は往々にして近視眼的であり、従ってその財産の寿命全体にわたって便益を生むような投資に対してもすぐに見返りを求めるという経験的証拠が相当にある<sup>(18)(19)</sup>。そのようなケースでは、翌年度の保険料が安くなることは、彼らにとっては、相対的に大きな先行投資支出に比べると小さな変化に過ぎない。

特定の規則あるいは基準に伴う罰金も防護手段を奨励するために利用することができるが、不注意で間違いを起こした個人や会社がそれにひっかかるという確率は十分に大きいはずである。さもなければ、その個人やマネージャーは予期されたものとは違ったゲームを演じることになりそうである一つまり、規則の無視である。もし確率が十分に小さくそして／あるいは罰金が非常に大きなものでなければ、防護手段を取らないことも長期的には見合うことになるかもしれない。それは、駐車メーターに1/4ドルコインを入れない方をとるという人々の心理と同じとなる。

#### 4.3. 民間と公的組織とが手を組む必要性

民間部門、公的利害関係グループの代表、規制機関の指導者、その他の政府組織の外に公衆側代表からなる利害関係者が一緒になって、リスクマネジメント戦略を扱う必要がある。このような民間と公的組織が手を組むことは、これらのグループがそれぞれ独立して

遂行する場合よりももっと成功しそうである。

そのように手を組むことが如何に作用するかを例証するために、危険な事象による損失を軽減するためコスト効果がある手段を個人や会社が取する場合にまつわる問題を考えてみよう。ある製造会社はそのプラントをより耐震性があるようにし、年間の発生確率が 1/100 の激しい揺れによる \$200,000 の財産損害を免れるために \$15,000 を使うことができると仮定する。その会社は、保険会社から保険料割引を得るとしても、短期的にその決定を正当化するには困難があるかもしれない。このケースにおいて、投資面からの年間損害の期待軽減分は \$2,000 (つまり  $1/100 \times \$200,000$ ) となり、保険者はその会社に対する保険料をこの額相当分だけ割引くことができよう。\$15,000 の投資は、会社のマネジメントにより往々にして要求されるような 2-5 年の投資回収期間では見合わないであろう。

ではどうすると会社のマネージャー達が投資するように奨励することができるのか。保険者や銀行はローンの形で防護手段購入のためのインセンティブを一緒になって提供しよう働きかけることができる。利率 10% で 20 年ローンを市場で売りに出すとすると、この会社は、保険料では年間 \$ 2,000 の割引を得ながら、年間 \$ 1,700 のローンの支払いで済むことになる。このことは、この会社は年間に \$ 300 の節約になり、銀行は妥当な金利を稼ぎ、保険者は保険証券保有者に対して損失軽減手段を実施するように奨励することにより災害による大きな保険金請求をうける機会を減らすことになる。

このような財務インセンティブをもってしても、なお政府の規則や基準に対する要求はあるかもしれない。建物が崩壊すると、それはパイプラインを切断し、火災を起こし、最初は地震による影響を受けていなかった他の財産に損害を与えることになる。そのような事故やその他の外部効果 (*externalities*)<sup>9</sup> による損失はその会社の保険証券ではカバーされないかもしれない。費用効果がある損失軽減手段の実施を要求するような建築法規が十分に施行されるなら、それはこれらのリスクを軽減し、保険が付保されていない部分の損失を被りかねない人達に対する資金援助の必要性を軽減するのに役立つ。

民間部門が、カタストロフィックなイベントによる損失に対する保険保護を用意できないと感じるのであれば、そのような損失を填補する政府の資金プール機構のようなものを必要とするかもしれない。フロリダ・ハリケーン災害基金は、ハリケーン・アンドリューの後にたくさんの保険者達が標準的なホームオーナーズ保険のカバーの一部として嵐雨を含めることはできないと主張した時に州が設立したものである<sup>(20)</sup>。1994 年のカリフォルニア・ノースリッジの後に、保険者達が似たような行動を起こし、カリフォルニアに地震填補の提供を求め、1996 年に州はカリフォルニア地震公社を設け、居宅所有者に対して追加

---

<sup>9</sup> 外部効果とは、ある人、会社あるいは政府の組織の行為が他の人々の福祉に影響を与える状況である。この例での行為は耐震性がない家の設計ということになる。

証券として州での地震填補を提供している<sup>(21)</sup>。

連邦レベルでの保険資金プール活用の成功例としては、合衆国における原子力発電プラント事故による壊滅的損失に対する填補を提供するものがある。プライス・アンダーソン・アクト（法）のもとで、民間保険者達のグループは合計 \$ 82 億の範囲までの損失に対してユティリティー会社に填補を提供することに同意した<sup>(22)</sup>。

## 5. テロへの適用

リスク研究学会のメンバーの専門的知識と能力を如何にしてテロにまつわるリスクに適用するか。リスクマネジメント戦略を開発するために、リスクの性質とわれわれが直面している公衆の反応に関する知識を結集させることの必要性は今日では欠くべからざることとなっている。

### 5.1. リスク評価と脆弱性分析

9月11日攻撃のことさら驚愕するような特徴は、一握りのテロリストによって世界で最も強力な国家の活動がドラマのように崩壊されたことであった。このことが提言するのは、リスク評価は「脆弱性分析」によって補完する必要があるということである。その脆弱性分析を特徴付けるのは、個人や現代社会が被り易い物理的、社会的、政治的、経済的、文化的そして心理的な危害の形態である。われわれの脆弱性を小さくするため色々な行動にすでに何百万ドルもの金が使われている。

予測のもとになるかなりの歴史的・科学的データがある事象（例えば地震）から、より広漠とした不確実性と曖昧さがある事象（例えばテロ）へ目を移動させるにつれ、リスク評価を理解する上でより大きな不快感がある。特定の事象の発生のシナリオを構築することは、われわれが直面するリスクを表現しようとする時に取る一つの有用なステップとなるかもしれない。その場合の問題点は、そのようなシナリオにどの程度の確率があるかを示すことと、その結果を表現することにある。

この点での成果についての意義ある例は、25年以上前に Warner North と彼の同僚が行った、1976年7月4日に宇宙への上陸が計画された最初のバイキング・ミッションによる火星の微生物汚染の可能性の評価に関する研究である<sup>(23)</sup>。彼らは、まず、宇宙船上の微生物の存在可能位置と火星環境条件を基にして如何にして微生物が火星の土を汚染するかを表現する一連のシナリオを構築した。彼らはそれから汚染の確率をこれらシナリオのそれぞれに割当てて、これらのシナリオへのインプットの変化がその確率にいかなる変更をもたらすかを判定するか広範な感度分析を行った。

これらの分析を基にして、汚染の可能性は予め決定した受容リスクレベルである1/10,000以下ではあるが、それより1桁小さい確率よりは大きくなることを彼らは見出した。汚染のリスクに関して当初は懸念を表明した科学者も、バイキングの上陸物に付着する微生物性の積載物を減らすために更なる手段をとる必要なくしてミッションを続行することに同意した。このミッションは1976年の夏に火星への上陸に成功した。

## 5.2. リスク認知

災害の後、その事象を経験した人々とその事実をメディアで追った人々の両方が往々にして次の災害の結果に焦点を当てて、その発生確率を無視してしまう。その典型的例が2001年秋にアメリカのみならず、世界の他の区域でも発生した炭素菌恐怖である。その病気の犠牲者は比較的少数であったが、それによる死亡が引き金となり何か恐ろしいことが「自分にも起きるかもしれない」という相当な恐怖を引起こした。

このような反応の理由の一つは、そのリスクが十分に理解されていなかったために、専門家が別の封筒が炭素菌胞子を含んでいる確率がどの程度か予測するのが難しかったことにある。他方、炭素菌に接触し死亡する可能性は、通りを横断中に車に跳ねられる度合いよりも低いことを示す一連の新聞記事や編集者への手紙があった。

炭素菌の恐怖は先に触れたアラールについての心配に似た面がある。しかし、これら二つには一つの大きな違いがある。炭素菌の場合には、この種のバイオテロの犯行者、いかにして胞子が広まったのか、そして、どうしたらそれに接触するのを避けることができるかについての途方もない不確実性があった。もしアラールを心配するのであれば、リンゴを食べあるいはリンゴジュースを飲むのを止めるだけでよかった。

## 5.3. リスクマネジメント

もっと広いレベルでは、9月11日のテロリストの攻撃と炭素菌の恐怖は、将来のカタストロフィックな災害の結果を軽減するために、そして、別の災害が発生したらその回復プロセスを支援するためにどうすべきかについての疑問を生ぜしめた。戦略を開発するためには、各人が **Extreme Events** に関する情報をいかに処理しそれからいかに選択を行うかについて、増え続けているわれわれの知識を組み合わせる必要がある。

ハリケーン・アンドリューあるいはノースリッジ地震のような自然災害の外に、インドのボパールでの化学爆発あるいはチェルノブイリ原子力発電プラントの溶解のような技術的事故に続く挙動から、われわれは、個人や会社はそれら事故の発生前にはそのような事象について大して心配していた訳ではないことを知っている。その事象の後、最早手後れになって初めて防護手段を取ろうと欲する。時間が経つに連れこの心配は薄れていく。このように、数年を経てこれらの事象による損失を経験しないようになると、人々が自分の

洪水保険証券あるいは地震保険証券をキャンセルするのはごく普通のことである。

自然災害の被害を軽減するために、人はより安全な構造物を建てあるいは危害のあるところから外へ移動することができる。化学事故の場合には、次の不運の発生リスクを下げるために、特定の毒物の在庫品レベルおよび／あるいは生産量を減らすことができる。しかし将来のテロリストの活動のリスクを減じるための戦略を開発するということになる、誰がそれを準備しているのか、彼らの動機、次の攻撃の性質、どこへ運ばれるのかをわれわれは知らない。この故に、どのような防護活動をとるのか知ることは途方もなく難しい。

さらに、テロリズムに対処するために資源を割り振ることに伴う困難がある。われわれに深く根差した恐怖のために、将来の攻撃によってわれわれが衝撃をうけるであろうという可能性を異常に小さなものとして考慮することはとてもできないであろう。従って、政府は安心を取戻す防御のために莫大な金額の金を投資する。このことはわれわれの資源を活用する方法としては最も効果的ではないかもしれない。この意味では、ニューヨーク市長ギリアニが9月11日の世界貿易センター攻撃以後絶えることなく市民に安全の再来を唱えていることは、空港や電車の駅に国家警備軍を配備するような擬似的防護手段に何百万ドルもの金を使うよりも、リスクの社会的増幅をより小さくするために役立ってきたのかもしれない。アメリカ合衆国の最近のテロに対する反応については、次のような質問を問うのが自然である。

- 現在すでに極端に低くなってきた確率の下でさらに更にそれを小さくするためにどれほど多くの金を支払おうとすべきなのか。
- 基本的には元気付けであって、実際のリスクを変えるには殆ど役に立たない行動にどれほど多くの金を支払おうとすべきなのか。
- 公衆の健康システム強化のような、テロよりも広い保護を与えてくれるある一定の手段に如何にしてそれに値するような関心を引起こすことができるか。

人々の心が想像する恐ろしい結果はかすかな可能性になっていることについて人々に見通しを与えるためにより多くの注意を傾ける必要がある。われわれがこのように再度安心を与えることができるなら、心配や恐怖を少なくして、現在われわれが行っているよりもっと賢明な方法で金を使うことができるはずである。

#### 5.4. 民間と公的組織とが手を組むことの役割

最後に、9月11日以来アメリカを覆ってきたものであり、今後数ヶ月は最優先事項となりそうな質問にふれたい：テロに対処するにあたり公的組織と民間部門が果たすべき適切な役割とは何か。世界貿易センタービルの崩壊の前に、テロの懸念は確かにあったが、「それはわが家の裏庭では起こらないだろう」という感じもあった。民間部門は政府の援助に依存するより防御手段に資金融資をすることを期待された。

例えば、航空会社を例にとってみよう。世界貿易センターやペンタゴン攻撃の前に、航空会社がより安全なコックピットあるいはフライトでの武装警備員に投資しようとする、その費用を自ら支出しなければならなかったであろう。各航空会社は自らの負担でこのような行動をとることは選択しなかった。その理由は、ある面ではリスクがそのような行動をとるほどに大きいと会社を感じなかったからであり、その外に競争面での圧力もあったからである。航空会社がそのような防御手段に投資するなら、他社よりもコストを高くしていたであろう。更に、利用者の一般大衆はそのような手段の必要性さえ殆ど理解しなかったであろう。この点で、旅行者はそれに要する追加費用を負担するために必要な高額なチケットを買うのをためらったであろう。簡単に言えば、航空会社が防御体制を増強させることは一つの会社としての地位を失うことになった。

9月11日以来世界は変わってきた。アメリカ連邦政府は、多くの航空会社が破産の危機に瀕していることを考慮して航空業界の実態を明らかにする必要を感じた。われわれは現在、飛行機は乗客やクルーだけではなく、より多くの人々を殺すためにも使うことができ、財産を壊し、大規模なビジネス妨害により大混乱を引き起こすことができることを納得している。結果として生じた多くの人々の「飛行機への恐怖」はより安全な飛行機への需要を作り、空港での安全を拡大した。今後は、これら防御手段のコストについては、全てではないにしろ、その多くを連邦政府が吸収することになりそうである。

より一般的な注釈としては、テロリストの攻撃は、防御体制に関して公共と民間の分野の役割を再評価する機会を与えてくれている。民間部門が防御措置をとるのは自分の側に経済的インセンティブがある場合にすぎないために、多くの状況において公的部門が防御手段の整備に関する指導的役割を採る必要があるであろうということを認識する必要がある。最近の論文において、Goffrey Heal と筆者はこの問題にふれ、以下の質問をした：他者は防御手段を採っておらず、そのために自分が悪影響を受ける可能性があることを知っている場合に、防御手段を採用するためには、どのような経済的インセンティブを住民や会社が持っているか<sup>(24)</sup>。

この点を説明すると、航空会社Aはフライトに乗ってくるバッグをチェックして飛行機を損傷させあるいは破壊するような爆破のおそれがあるものを発見するシステムを導入するかどうか考えているとする。この会社は、他の航空会社はそのようなシステムを導入していないことを知っている。従って、危険物が入った未チェックのバッグが航空会社B, C, DあるいはEから航空会社Aへ移送されてくる可能性がある。そのようなことが発生する可能性が比較的高いのであれば、航空会社Aが現在の賠償責任や保険のシステムの下でそのような防御手段を採る経済的インセンティブは、全ての航空会社がバゲージ・システムをチェックする場合よりもずっと低くなる、と言える。

この結果は、防御手段を採らず、他人に与えた損害に経済的責任を負わない人達が、責

任がある個人や会社に対して悪影響を及ぼすことができるどんな状況に当てはまる。このようなケースでは、政府の規則や基準が **Extreme Events** に対して、その影響を受ける個人や会社に相当な便益を与えるような方法で、十分な保護を与えてくれる必要がある。

## 5.5. 必要なのはリスク研究学会の指導的役割

**Extreme Events** に対処するにはわれわれは多くの難題に常に直面してきた。テロリストの攻撃や炭素菌の恐怖はこのような難題を非常に鮮明な方法で前面に持ち出してくれた。これは、米国リスク分析学会の会員が自ら引き受け、以下の領域—脆弱性分析、リスク法化、リスク認知とリスクマネジメントと協働してわれわれの社会に実質的な利益を生み出すような方法で指導的役割を演じる必要があるようなタイプのリスク分析の再評価を行う機会である。

筆者の見解では、リスク研究学会が、科学をテロ行為のような **Extreme Events** に対処する方針とリンクさせるために短期的と長期的な戦略について一連の推奨テーマを開発することが有益であろう。そのことは、われわれの学会にチャレンジと好機の両方を提起するものであり、筆者はその活動に皆様と共に従事することを楽しみにしている。

## 6. 参考文献

- 1) Haimes, Y. (1998) *Risk Modeling, Assessment and Management* New York: John Wiley
- 2) National Research Council; Committee on Risk Characterization (1996) *Understanding risk: Informing decisions in a democratic society* P.C. Stern and H.V. Fineberg (eds). Washington, DC: National Academy Press
- 2a) Fischhoff, B. (1994). "What forecasts (seem to) mean" *International Journal of Forecasting* 10:387-403.
- 3) Slovic, P. (2000) *The Perception of Risk* London, UK: Earthscan
- 4) Flynn, J., Slovic, P. and Kunreuther, H. (eds) *Risk Media and Stigma* London, UK: Earthscan
- 5) Kasperson, R., Jhaveri, N. and Kasperson, J. (2001) "Stigma and the Social Amplification of Risk: Toward a Framework of Analysis" Chap. 2 in Flynn, J., Slovic, P. and Kunreuther, H. (eds) *Risk Media and Stigma* London, UK: Earthscan
- 6) Kunreuther, H. Novemsky, N. and Kahneman, D (2001) "Making Low Probabilities Useful" *Journal of Risk and Uncertainty* 23: 103-120..
- 7) Huber, O., Wider, R. and Huber, O. (1997) "Active Information Search and Complete Information Presentation in Naturalistic Risky Decision Tasks" *Acta Psychologica* 95:15-29.
- 8) Kahneman, D. Slovic, P. and Tversky, A. (eds) (1982). *Judgment under uncertainty: Heuristics and*

*biases* New York: Cambridge University Press

- 9) Svenson, O. (1981). "Are we all less risky and more skillful than our fellow drivers?" *Acta Psychologica* 47:143-148.
- 10) Slovic, P., M. Finucane, E. Peters, and D. MacGregor (2002) "The Affect Heuristic", in T. Gilovich, D. Griffin, and D. Kahneman (Eds.), *Intuitive Judgment: Heuristics and Biases*, Cambridge University Press.
- 11) Loewenstein, G., Weber, E, Hsee, C. and Welch, E. (2001) "Risk as Feelings" *Psychological Bulletin* 127: 267-86.
- 12) Hsee, C and Kunreuther, H. (2000) "The Affection Effect In Insurance Decisions" *Journal of Risk and Uncertainty* 20: 141-59.
- 13) Morgan, M.G. Fischhoff, B., Bostrom, A. and Atman, C.J. (2002) *Risk communication: A mental models approach* New York: Cambridge University Press.
- 14) Slovic, P., Fischhoff, B., and Lichtenstein, S. (1978) "Accident Probabilities and Seat Belt Usage: A Psychological Perspective" *Accident Analysis and Prevention* 10: 281:285.
- 15) Weinstein, N., Kolb, K., and Goldstein, B. (1996) "Using Time intervals Between Expected Events to Communicate Risk Magnitudes" *Risk Analysis* 16:305-308.
- 16) Stone, E., Yates, F. and Parker, A. (1994) "Risk Communication: Absolute versus Relative Expressions of Low-Probability Risks" *Organizational Behavior and Human Decision Processes* 60:387-408.
- 17) Slovic, P., Monahan, J., & MacGregor, D. G. (2000) "Violence risk assessment and risk communication: The effects of using actual cases, providing instruction, and employing probability versus frequency formats" *Law and Human Behavior* 24:271-296.
- 18) Elster, J. and Loewenstein, G. (1992) *Choice over time* New York: Russell Sage Foundation.
- 19) Kunreuther, H., Onculer, A. and Slovic, P. (1998) "Time Insensitivity for Protective Measures" *Journal of Risk and Uncertainty*, 16: 279-299.
- 20) Lecomte, G. and Gahagan, K.(1998) "Hurricane Insurance Protection in Florida" Chap. 5 in Kunreuther, H. and Roth, R., Sr. ed. *Paying the Price: The Status and Role of Insurance Against Natural Disasters in the United States*. Washington, D.C: Joseph Henry Press.
- 21) Roth, R. Jr. (1998) "Earthquake Insurance Protection in California" Chap. 4 in Kunreuther, H. and Roth, R., Sr. ed. *Paying the Price: The Status and Role of Insurance Against Natural Disasters in the United States*. Washington, D.C: Joseph Henry Press.
- 22) U.S. Congress. (1995). *Federal Disaster Assistance. Report of the Senate Task Force on Funding Disaster Relief*. Washington, D.C.: U.S. Government Printing Office.
- 23) North, W. (1995) "Limitations, definitions, principles and methods of risk analysis" *Scientific and Technical Review of the Office International des Epizooties* 4:913-23.
- 24) Kunreuther, H. and Heal, G. (2002) "Interdependent Security: The Case of Identical Agents"

Paper Presented at the National Bureau of Economic Research Insurance Project Workshop  
Cambridge, Mass. Feb. 1.

※ 論文 3 は以下の論文の抄訳である。

Howard Kunreuther (2001)

“Risk Analysis and Risk Management in an Uncertain World”

