

【書名】

Measuring Vulnerability to Natural Hazards: Towards Disaster Resilient Societies

【論文 20】

Public sector financial vulnerability to disasters: The IIASA CATSIM model

災害に対する公的分野の財政脆弱性 (IIASA CATSIM モデル)

【筆者】

Reinhard Mechler<sup>1</sup>, Stefan Hochrainer<sup>2</sup>, Joanne Linnerooth-Bayer<sup>3</sup> and George Pflug<sup>4</sup>

1. International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA) in September 1999. Currently a Research Scholar in the “Risk and Vulnerability” Programme
2. Associated with the International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA, www.iiasa.ac.at)
3. Leader of the Programme on Risk and Vulnerability at the International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA) in Laxenburg, Austria
4. Associated with the International Institute for Applied System Analysis (IIASA). Currently working in the “Risk and Vulnerability” Programme

【要約】

論文 20 災害に対する公的分野の財政脆弱性 (IIASA CATSIM モデル)

本稿は開発途上国の自然災害に対する財政脆弱性について触れ、公的分野の財政脆弱性概念と経済的危機の要因、財政弾性力について議論する。The International Institute for Applied Systems Analysis Catastrophe Simulation (IIASA CATSIM) モデルは、対話型シミュレーション・ツールであり、政策決定者が災害以前の財政的手段を駆使して、公的分野の財政的脆弱性を評価・低減することが出来るようにする。研究事例としてホンジュラスを取り上げたが、CATSIM で取り上げた様に脆弱性指標の観察機会を得、その限界にも至った。

公的分野は破損したインフラを修復したり、家庭や企業に財政的支援をしたり、災害に際して長期に亘る影響低減のために主要な役割を果たす。重要インフラが適宜に修復されなければ、人々の生活や経済に重大な影響を及ぼす一方インフラ修復は、特に開発途上国において予算上大きな支出を伴う。例えばポーランドでは 1997 年の洪水で、その年以降インフラ損害は直接被害の 41% になり (Kunreuter and Linnerooth-Bayer, 2003)、ポーランド政府は此の損失額の半分を負担し実質的に赤字予算増加になった。ホンジュラス、フィリピン、メキシコ、中国の様な災害に会い易い国の政府は、重要インフラ修復や災害犠牲者の生計支援などの為、国際的支援が無ければ数年前に時計の針を戻さなければならなくなる。1998 年ミッチ・ハリケーンがホンジュラスを襲った後、翌年の GDP 成長は復興の成長傾向が在ったにも拘らず、3.3% 予想から -1.9% に低下した (Mechker, 2004)。災害は税収入の低下・財政赤字の増加・貿易均衡の悪化、等の

悪影響を政府予算にもたらす (Otero and Marti, 1995)。 救済や再建に対する政府支援は、経済復興・災害起因の長期的死亡可能性と苦痛防止のために重要である。 国家は物理的にも財政的にも自然災害に対しては脆弱で、「公的財政脆弱性」と定義するが、特に開発途上国で著しい。 開発途上国では、国際援助や借款面でも、破損したインフラの修復・復興の為の世帯や企業支援の提供の面でも流動性が乏しい。 2001年インドの Gujarat 州で地震が発生した後、中央政府や他からの復興資金は約束金額を遥かに下回り、実際の金額は州政府が必要とした額の 30% だった (World Bank, 2003)。 Gujarat 州やその他の政府の直後の災害後流動性危機は、世界銀行その他の迅速な財政展開機関が、財政脆弱性低減し公的分野の復元力向上を呼び起こさなければならなかった (Pollner et al., 2001; Gurenko, 2004)。 此の場合 Resilience (復元力) とは、社会体系が経済障害を吸収し再組織化すること、又は以前の機能・構造・自己認識を取り戻すべく跳ね返ること、のための対処力である (Walker et al., 2002)。

IIASA CATSIM モデルは対話型シミュレーション・ツールであり、政策決定者が災害以前の財政的手段を駆使して、公的分野の財政的脆弱性を評価・低減することが出来るようにすることであり、次章で述べる。

### 公的分野の財政脆弱性

Turner 等 (2003) は脆弱性を「系が危険源に晒され、攪乱或いはストレス要因として危害を受ける程度」と定義している。 共同体によってはハリケーン、火事、洪水、等の事象により大きく被災するところもあればそうでない所もあり、損害を低減する所もあれば復興が速い所もある。 例えばバングラディッシュはサイクロンに対する物理的脆弱性が低く、警報に対する対応を学び避難所を利用し、過去の 40 年間で二桁も死者を減らした。 バングラディッシュの人々は又、保険等の経済支援機能を有し、サイクロンや他の災害による長期間の経済損失に対する経済脆弱性が小さい (Linnerooth-Bayer and Mechler, 2005)。

外的衝撃に対する経済的脆弱性への対応は (しばしば島国開発途上国において)、経済構造 (日用品対先端技術等)、インフレ率や景気後退の様な一般的経済状態や、技術的・科学的・経済的発展等の包括一般に注目することである (Benson and Clay, 2000)。 輸出依存度・多様性過不足・輸出集中度・輸出不安程度・GDP 中の近代的サービス及び製品・貿易開放度・単純 GDP 等の様な、指標の組み合わせによって経済的脆弱性は査定される (Briguglio, 1995; Commonwealth Secretariat, 2000)。

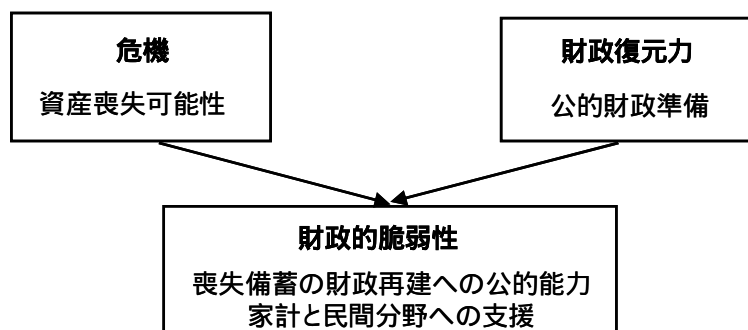


図 1 自然危険源に対する公的分野の財政脆弱性

本稿では経済的脆弱性の一部としての、公的分野の財政的脆弱性、即ち公的責任者又は政府が直面する災害復興の投資や救済に必要な資金不足に注目する。図 1 に示したように、経済的脆弱性は自然危険源に直面した国家の赤字危機に依存し、危険源の頻度と強度・公的民間資金曝露・公的民間の危険源に対する資産感度などによって測定される。

公的分野の財政脆弱性の第二の重要な要素は、損失に対する公的専門家の財政力あるいは復元力であり、公的分野の予期せぬ負債に対する財政資源を計算することによって求められる。もし政府が災害後の債務を補う十分な蓄えや保険があれば、あるいは資産や借財によって資本増強が出来れば、災害攻撃に対して財政的に復元力があることになる。もし資産機器が高くて政府が損失を補えなければ、財政欠陥が生じ、財政脆弱性の指標となる。財政欠陥という言葉は経済発展文献の中で経済に於ける必要投資と現実の資産との差として作られた。この差を埋める主な政策は外国からの支援である (Easterly, 1999)。本稿では伝統的に財政欠陥は自然災害による損失資産を補う資金の欠如であり、計画の儘保持されると理解される。

公的分野の財政脆弱性の査定或いは財政欠損に関し、二つの問題がある。

- 国家が危険源と将来の変化に曝露し、計画段階における政府予算の評価リスクは何か？
- 政府財政と外部援助の歴史で、災害後の投資が損失と負債に対し、財政的に災害後の復元力が在るか？

直接的経済損失の危機と財政的復元力は、自然災害に対する公的分野の財政脆弱性を述べる際の基本概念である。構造的対策や土地利用計画と共に資産曝露を低減し、インフラを耐地震化して物理的に鈍感化することによって、危機を低減する政治的対策を行う。公的・民間の住居を危機耐性・危機転換して適切なものに変えようとする。財政脆弱性を低減する為に公的専門家は、財政的復元力強化のために危機低減そのものと財政構造両面を検討する。

危機は一般的に有害結果の可能性と大きさで定義されるが、発生そのもの・時期・結果の不確定性を含む (Covello and Merkhofer, 1993)。極度の危機は、物理的資産の曝露や感度の様に強度と頻度で定義される。一般的方法是、確率的喪失超過曲線 (Probabilistic loss exceedance curve) 即ち、一定量を超える損失確率を示し、例えば 1% の確率即ち 100 年に一度と仮定すると、損失は約 1,000 億円 (1 billion \$) となる。

環境保全から発生した脆弱性の基本概念に復元力が在り、系が障害を吸収し再組織化して本質的に以前の機能や構造を備えて元に戻る能力である (Walker et al., 2002)。レジリエントな環境が衝撃を受け止め再建されるように、公的分野も衝撃を吸収して経済を再建し、国家・地域が同様の経済活動が行なえる様でなければならない。高復元力な系は主要な生産や経済活動に大きな落ち込みも無く自力で立ち直る。社会的復元力はその上、人々に対し将来の予感と計画をもたらさなければならない。財政再建における公的分野の役割は、大災害から復元する為に国や地域の財政をどうするかが重要で、政府の税金ルール、赤字処理、海外・国内借款、等が挙げられる。開発途上国の地方政府は国や海外の援助と借款に多大に依存する。大きな国際支援にも拘らず不足を来し、例えば 2001 年インド Gujarat 州の地震では、政府の復興基金からの計画投資額は支出計画を上回っていたにも拘らず、実際支払われた投資金額は計画の 32% にしかなかった (World Bank, 2003)。Gujarat 政府は被災者の救援同様、住居やインフラ再建の

為の支出計画に厳しい乖離を経験した。 予備財政は災害準備に大きく左右され、このような資金はインドでもあるが、公的責任者は、大災害用予備費を取っておくことができるし、危機を他に転化する為の仕組みを購入したりすることも出来る。 保険は最も一般的な災害予備の仕組みであるが、最近ではより斬新な危機対応法があり、次章で述べる。 又どの様な国がどの様な財政支援を必要とするかについて、CATSIM モデルを次章で述べる。

### CATSIM による財政脆弱性査定

インドでの経験等が、災害が起こり易い発展途上国において政策決定者は如何にして財政脆弱性を低減できるかという問題に直面して、IIASA CATSIM を開発したが、CATSIM の詳細は、Hochrainer, Mechler and Pflug, 2004; Freeman et al., 2002a を参照されたい。 CATSIM はモンテカルロシミュレーションを特定地域の災害危機に適用し、政府の財政復興能力を検証する。 利用者是对話型で条件を変更して危険源、曝露、感度、一般的経済条件、政府の対能力に関して試行する。 CATSIM は国や地域の財政脆弱性を評価できると同時に、大災害危機に対する復元力増加に際して、責任者が直面する選択・交換を表示することが出来る。

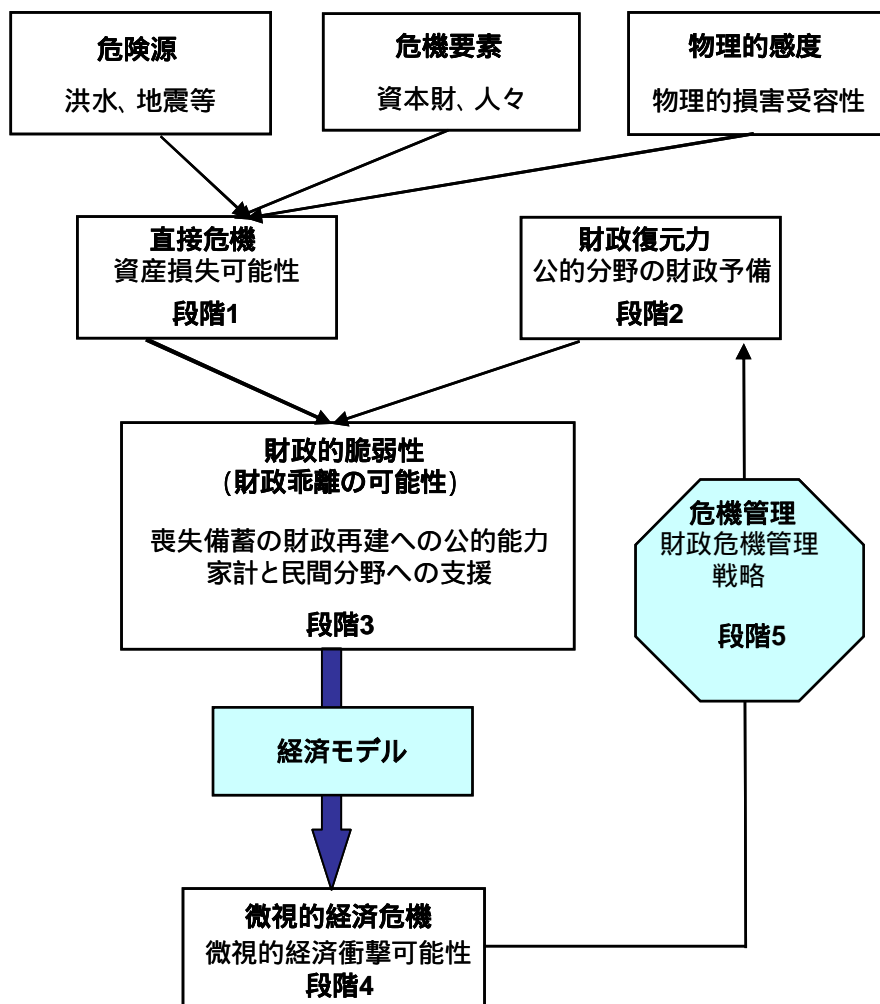


図 2 財政脆弱性と CATSIM の概念

CATSIM は図 2 に示す様に 5 段階からなる。

- 段階 1: 金銭的に発生と破壊の可能性が在る資産損失危機が、危険源(頻度・強度)・危険源要素・それら要素の感度、の関数としてモデル化される。
- 段階 2: 直接損失に対する公的分野の財政的対処力を査定する。財政的対処力は財政的と復元力の尺度であり、国家が公的インフラの再建や生活・民間支援に投資する為の資金と定義される。財政予備は言い換えれば国家の包括的経済状態に依存する。
- 段階 3: 財政的脆弱性は財政乖離可能性で計測され、公的インフラの危機と・災害発生後に発生する負債をカバーする為の財政復元力をシミュレーションして査定される。
- 段階 4: 国家の微視的経済発展で財政乖離が発生する結果は経済成長度或いは国家の外部借方で特定される。これらの指標は、段階 1 で評価される資産危機によってもたらされる試算結果に比較して経済流動の結果として表される。
- 段階 5: 公的財政復元力構築の戦略が開発・表示される。危機対応財政戦略は、財政脆弱性に対する衝撃後、対策が継続的に改善され、危機が概念モデルによって査定される。

### 段階 1 公的分野危機評価

CATSIM は当該国家或いは地域の資産損失可能性の危機を査定する。危機は危険源(頻度と強度)、危険源に晒される要素とそれら要素の感度、の関数としてモデル化された(Burby, 1991;Swiaa Re, 2002)。

- 地震・ハリケーン・洪水、等の自然危険源は、最高流速の様な強度と頻度(100年に一度であれば1%の可能性等と表す)
- 要素の危機曝露は、公的・民間の資本合計
- 物理的感度は、資本が自然危険源発生で生じる損害程度で、危険源の強度に関連して生じる損害程度の「破損曲線」が一般的である。

頻度と資産損害比率を用いて CATSIM は、損失発生頻度分布を、100年に一回の頻度で200M\$の損害と考えると、50年頻度では40M\$の様に計算する。見積もりは粗いと言う事を念頭に入れて欲しい。災害頻度は稀なので、過去データが余り無く、又系の動的変化対応、即ち人口・資本移動や気候変動等を考慮することは難しい。

### 段階 2 公的財政復元力査定

政府の有価証券に対する直接危機に関する情報を用いて、特定災害の為の財政的負担に対する政府の財政的復元力が査定される。財政的復元力は、経済の中に在る一般的条件によって影響を受け、例えば税収変動は国家の災害損失対処力と重要な関係が在る。CATSIM に内在する問題は、10、50、100、1000年に一度の事象で想定される損害に対して、政府が破損インフラの修復や民間に対する適切な支援・救済を提供できるのか、と言うことである。災害後に特定問題に依存する政府資源と、災害以前に投入する政府資源を調べることが必要である。

### 災害後財政資源

他の予算項目からの転換資金、税金、中央銀行からの証券、国債、国際機関からの借款、国際

市場での債権発行等 (Benson, 1997; Fischer and Easterly, 1990)、災害発生後に国際支援と査定の後政府が資金を得る方法には幾つか在る。これらは夫々可能性を束縛し、資金源が政府の出費に特徴的である。

表 1 に示した様に、災害後の財源には制限がある。災害税は高価で公的資産運用には適さない。第二の借款は存在する国家負債によって制限がある。CATSIM は借款の合計がその国の Credit Buffer を超えることはできない。Highly Indebted Poor countries Initiative (HIPC) では、Credit Buffer を「総輸出額の 150% - 現存借金額」(world Bank, 2002)としている。これらの災害後手段時として高コストになり、予算転換が高速道路や学校建設など他の政府投資に結び付くことが在る。

表 1 災害後に救済・復興する為の財源

方式	財源	モデルでの対応
政府支出の低減	予算の分割	可
政府収入の増加	課税	不可
赤字財政	中央銀行債権	不可
国内	国外備蓄	不可
	国内証券・債権	可
赤字財政	多国間借款	可
国外	国際借款	可
	援助	可

### 災害前財源

予備費は保険、積立金、偶発信用保険等で、政府が基金を予約でき、災害が無い期間に貯蓄しておき、災害発生時には財源を救済・復興に使用する。積立金では、投資家は特定な災害が発生しない場合には市場から利益を得るが、発生すると保険会社や政府と共同で利子や元金を負担しあう。大災害債券では、災害発生後に予め設定した条件で借款費用を支払う。危機は個人から大きなプールによって分散され、これらの災害前財源は、両掛けによって直接損失以上に政府が経費を負担する。

Arrow and Lind (1970) の論文の様に、一般的に政府は保険を購入すべきではない。多くの公的資産と多様化故、災害後の費用は納税者の負担とすべきである。即ち公的責任者は危機嫌いではなく、財政的危機回避案件を購入する必要は無い。IIASA で行なわれた最近の研究によれば、危険源頻発開発途上国で、高危機に直面する場合、公共資産集積が多様化していない場合、災害後に復興財源を準備できない場合、等には Arrow-Lind 理論は成り立たないことが判った (Freeman et al., 2002; Mechler, 2004)。保険が開発途上国の政府にとって望ましいかどうかは、政府の財政脆弱性や他の財政物件に較べて保険費用が安いかどうかにかかわる。

政府の災害前資産運用と災害後の財政対策は経済復興のためには極めて重要であり、政府の資産危機と財政復元力は災害危機管理の本質である。IIASA が、ボリビア、コロンビア、ドミニカ、エルサルバドルで適用された (Freeman et al., 2002b)。

### 段階 3: 財政乖離による財政的脆弱性計測

政府の可能財政と災害後の財政負担を比較すると財政乖離の可能性に至る。ボリビア、コロンビア、ドミニカ、エルサルバドルの財政乖離可能性に関し、IIASA の研究では災害損失の程度を評価した。100年に一度の災害に関する研究例で、四ヶ国政府の可能な財源と災害で必要とされる財政負担を比較した(図3)。

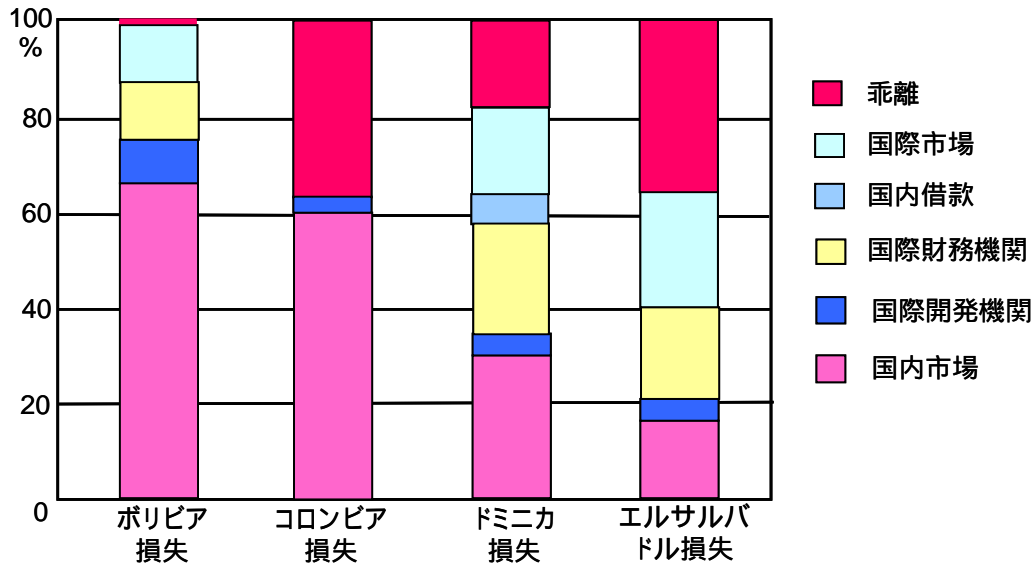


図 3 100年災害に対するラテンアメリカの財政脆弱性

ボリビアの100年災害の損失はインフラ破損や救済費用が500MSで、これを2002年度に発生すると仮定すると、ボリビア政府はほぼ対応可能で、1%の負担を、国内外市場・国際援助団体・国内予算から調達する必要があるだけである。コロンビア、ドミニカ、エルサルバドルは国内予算が弱く、財政乖離が大きく、脆弱性である。

### 段階 4: 財政乖離の影響

財政脆弱性は国家・地域経済・人々に深刻な影響を及ぼす。政府が道路や病院等の破損インフラの修復や、災害発生後に必要としている人々の支援が出来なければ、長期間の影響があり、CATSIMモデルは長期の経済に対する影響を解説している。

エルサルバドルが成長し続けるには資本投資が必要であるが、国家が災害を経験すると成長曲線に衝撃が加えられる。エルサルバドルの経済成長は、政府が資源を大災害保険に回さなければ平均以上になり、公共保険が実施されれば安定的になり、危機分野への投資が経済成長と安定の分岐点になる。災害準備資金は財政乖離の可能性を低減するので安定開発行程になる。一方事前投資と対策は経済発展過程に有害、このトレードオフをIIASAは査定する。

### 段階 5: 財政脆弱性と復元力構築

脆弱性と復元力は動的なものと理解される。社会体系は、環境体系に比較して脆弱性と復元力を学び・管理し・活動的に影響しあう。公的財政脆弱性を低減する為に介入する政策には2種類在り、曝露・感度を低減することにより危機を減らすことと、責任組織の財政復元力を構築することである。財政乖離と経済予測査定に基づき、CATSIMは事前対策手段を用いて財政復元力を構築する為の戦略の利害得失を説明する。四種の事前財政政策が検討され、保険、偶発信用保険、積立金、大災害債券である。損失低減の為の選択肢の一つは、危機財政の関連を分析する為のモデルによって包括的に対策される。モデルの詳細は、Hochrainer, Mechker and Pflug, 2004を参照されたい。

### ホンジュラスのケース

ホンジュラスは過去10年間にハリケーン初め様々な災害に見舞われ、財政乖離の可能性が高い国である。650万人の半数以上が貧困で、天候に対して社会的にも経済的にも脆弱である。政府が災害救助と復興の為の資金不足に対応する条件と、財政復興力を構築する為の事後財政対策の効率、をIIASAは研究した(Mechler and Pflug, 2002; Mechler, 2004)。過去のデータを用いたCATSIMシミュレーションは、此の国における洪水・嵐の包括的危機と政府の責任を提供した。政府が借金・増税・予算の多様化により資金を増やすこと、外部援助の可能性を調査したが、ホンジュラスの主要災害はハリケーンなどによる北部海岸の洪水である。

危険源の強度・周期・感度は、Swiss Re. から求めた。2004年度の国家資産は13.9 billion \$(1兆3900億円)で、その30%は公的、20%が災害後に被災者救助に支出された(Freeman et al., 2002b)。

1000年に一度の様な稀な災害では、ホンジュラスの国家資産の30%程度、100年に一回の災害では12%の損失をもたらすと看做される。実際の洪水災害による経済損失は0.42%と期待される。2002年政府は、比較的穏やかな洪水災害による損失に投資する為、従来型の資金に依存したが、此の事象に対する危機移転の方策は検討しなかった。しかし非常に稀なことに大変大きな財政乖離が発生し、このことはホンジュラスが民間の損失やインフラ復興のために適宜な援助が出来ないことを意味し、国家を開発途上国に逆戻りさせる。

財政脆弱性とその経済結果の査定に基づき、事前手段を利用した経済復元力向上の例が確認された。IIASA CATSIMモデルは、公的分野の借金や経済成長も含めて、事前手段の選択に伴う費用効果や経済結果を説明する。詳細はHochrainer, Mechler and Pflug(2004)を参照されたい。

### 脆弱性低減の為の対処力構築、指標以外

公的分野の財政脆弱性は自然危険源に対する脆弱性と言う一つの重要な面を有す。Cardona他はIADB、ECLAC、IDEA、等で他の指標を追加した(Cardona et al., 2005)。他の脆弱性指標は、概して定量的で客観性を議論し、注意して扱わないと誤解を生じる。数値はしばしば不正確で仮定に基づき、二次的に扱われる。此の不正確さゆえ、指標は主要な関係者を含め参加型取り組みが相応しい(Morse, 2004)。

CATSIMは参加型として作られ、政策責任者が災害の為の計画固有の選択のために、対話型で対処力を構築するツールである。CATSIMの中に在るモデルはIADBの地域政策対話の為



に設計された(Freeman et al., 2002b)。その後、公的財政理論における災害危機や災害危機  
財政管理の責任者、等の関係者の為の講習会で経済学者、財政専門家、政策決定者等に使わ  
れた。最初の国際講習会は世界銀行と ProVention Consortium の支援で、2004 年 IISA で  
開催され、メキシコ、コロンビア、トルコ、インド、フィリピンが参加した。

IIASA は CATSIM 骨格を今後も開発・拡張して行く。事前・事後の対策手段を併せて評価や、  
気候変動の危機や財政対処力の将来変化を考慮した動的モデルの開発など、今も進行している。  
又民間分野の代表とその自然危険源に対する脆弱性をモデル化し明確化する必要がある。長  
期間亘る自然災害に対し、国家や地域の脆弱性を低減したいと考える政策決定者をも含め、関係  
者の参加型講習会を通じて本ツールの評価を深めて行きたい。

【要約は、レジリエンス協会海外文献翻訳チームが担当した】