

被災国の所得水準を考慮した震害態様の分析

1. はじめに
2. 資料
3. 解析
4. 簡単な応用—途上国の地震災害における被害額の意味を考える—
5. おわりに

塩野 計 司*
 小坂 俊 吉**
 中林 一 樹***
 望月 利 男***

要 約

はじめに、被災国の所得水準と死者数を説明変数として、被害額を評価する経験式を構成した。つぎに、構成した経験式を利用して、被災国の経済に与える地震被害の影響が経済成長の初期段階にある国々で大きくなる傾向を明らかにし、途上国の経済発展に内包される災害脆弱性の高まりについて述べた。

1. はじめに

地球規模の災害管理というアイデアがある。震災対策の分野でも、今後の発展が期待される課題の一つである。

ただし、この課題には「途上国の災害をどうするか」という問題と重複する部分が多い。途上国の数は多く、したがって、そこに発生する災害の数も多い。途上国における防災環境の脆さは、大災害の温床として、深刻で根のふかい問題になっている。途上国の現状を改善しないかぎり、地震

災害の軽減を、地球の問題として解決することは望めない。

これまでにも、途上国の地震災害の問題が、まったく取り上げられなかったわけではない。とりわけ、人的被害の研究には、それなりの蓄積がみられるようになってきた。途上国の地震災害のなかに、死傷者の大量発生を記録したものが多く、これに注目する研究者がしだいに増えてきたためであろう。

一方、地震災害の物的被害（経済損失）については、これを先進国の問題であると決めつけ、途上国の問題としては顧みない傾向があった。途上

*長岡工業高等専門学校

**東京都立大学工学部（都市研究所）

***東京都立大学都市研究所

この報告は、第9回日本地震工学シンポジウムで発表した論文に若干の加筆を行って取りまとめたものである。

国の地震では死傷者が問題であり、先進国の地震では経済損失が問題である——災害研究にたずさわる人々の意識にも、このような「仕分け」があったように思われる。このような状況を反映し、途上国での経済被害に関しては、定量的な情報の蓄積がすすまず、具体的な対策の立案に利用することができる、実際的な知識の不足は、いまなお解消していない。

この研究では、上述のような知識の不足をおぎなうことを目的として、一つの地震による被害額を、被災国の開発レベルとの関係を考慮しつつ、定量的に評価する方法を開発した。既存の地震カタログを利用してデータを収集し、「死者数で標準化した被害額」を、被災国の所得水準（一人あたり国民総生産額）の関数として算定する経験式をみちびいた。また、その経験式を利用して簡単な試算をおこない、途上国の経済発展における潜在的な阻害要因として、地震災害の位置づけを試みた。

2. 資料

既存の地震カタログ (National Geophysical and Solar-Terrestrial Data Center and World Data Center A for Solid Earth Geophysics, 1980) を用い、1960~1979年の20年間を対象期間として、地震災害のデータ（死者数と被害額のほか、発震時、マグニチュードなどの地震要素をふくむ）を収集した。このカタログには、つぎの3つの条件のなかの、少なくとも1つを満たす地震がとりあげられていた：1)死者が10人以上、2)被害額が100万ドル以上、3)マグニチュードが7.5以上。収録された地震のなかには、これら3つの情報が揃っていないものも少なからず含まれていた。

着目した20年間には、209個の地震が掲載されていた。ただし、1つの地震による被災域が2つ以上の国にまたがったものや、死者数が示されていないものを除くと、地震の数は179個になった。

これら179個の地震のなかで、被害額が具体的な数字で示されていたものは30個だった。それ以外

の地震については、被害額が4段階の分類 (*Extreme*: more than \$25 million, *Severe*: \$5 million to \$25 million, *Moderate*: \$1 million to \$5 million, *Limited*: less than \$1 million) で示されていた。被害額は1980年のドル (US\$) に換算した値に統一されていた。ここで言う被害額とは、施設の破壊 (瞬時被害) を、資産損失額または復旧費として評価した結果であり、生産機能の滅失や低下の影響 (減産などの継続被害) を含まないものと解釈できる。

被災国の所得水準は、一人あたり国民総生産額 (以下、pcGNP) であらわした。pcGNP には、地震が発生した年の値を用いるのが望ましいが、それに代わる簡便な方法として、データを収集した20年間 (1960~1979) の中央にあたる1970年の値 (単位:ドル) で与えた。データは矢野恒太記念会 (1991) から収集した。

3. 解析

以下の(1)~(4)では、被害額が定量的に示されていた30個の地震を対象として作業をすすめた。

(1)被災国の所得水準による地震災害のグルーピング

被災国の pcGNP によって、災害を3つのグループに分けた。グループの構成を表1に示した。グループごとの pcGNP の区切り (上限と下限) には、1)「きり」がよいことと、2)グループごとのデータ数のバランスがよいことを理由として、500と1,000 (単位:ドル) を用いた。この結果、発展途上国の災害はおもに、所得水準の低い2つのグループ (pcGNP<500と500≤pcGNP<1,000) に含まれた。

(2)マグニチュードと被害

分析の手はじめに、マグニチュードに対する死者数と被害額の変化を、それぞれに調べてみた。いずれの場合も、マグニチュードという、ただ一つの指標に対する変化としては説明がつかないことが分かった。また、所得水準で分類したグルー

表1 データの分布

一人当たり GNP* (US\$)	データ数 (地震数)	一人当たり GNP の平均値 (US\$)
500未満	13	312
500~1,000	8	808
1,000以上	9	2,711

*：1970年の値（同年の通貨価値による）

プごとに見ても、マグニチュードに対する系統的な変化は見られなかった。

これは、震央距離による補正を加えていないために生じたものであり、いわば当然の結果である。地震被害の大きさは、人的なものとのちがいを問わず、被災地をおそった「ゆれ」の強さに支配される。震央距離が、マグニチュードとともに、「ゆれ」の強さを支配する主要因であることを考えれば、その影響をとりぞくために、何らかの処理をほどこす必要がある。

(3)死者数と被害額の関係

地震ごとの「死者数と被害額の関係」を図1に示した（図中の3本の直線については、あとで述べる）。このような取り扱いは、マグニチュードと震央距離をそろえて、いいかえれば「ゆれ」の強さをそろえて、被害の態様を整理したことになる。

このような整理によって、死者数と被害額の関係は、所得水準がことなるグループごとに、それぞれの傾向をもつ様子が見えてきた。わずか30個のデータを整理した結果ではあるが、グループごとのデータの分布はきわめて系統的であり、それなりの確かさが期待できるものと考えた。

図1では、所得水準がたかい国の災害に対するプロットが図の左上に集まり、ひくい国の災害に対するプロットが図の右下に集まっている。このような分布は、人的被害と物的被害の関係について、従来から言われてきた傾向（先進国の災害では被害額が目につき、途上国の災害では死者数が目につくこと）と符合する。

この傾向を定量的に表現するために、以下のよう処理をおこなった。

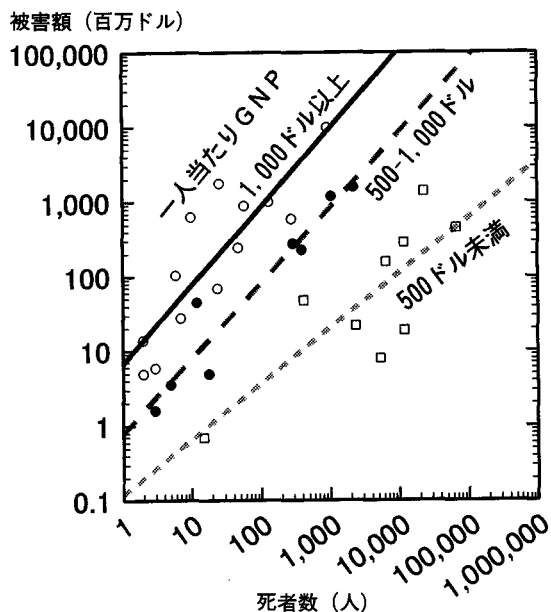


図1 死者数と被害額の関係（被災国の所得水準で分類）

(4)被災国の所得水準を考慮した経験式の誘導

はじめに、pcGNPで分類したグループごとに、死者数（X）と被害額（Y）の関係を、べき関数（ $Y = aX^b$ ）の形に回帰した。グループごとの係数（a,b）の値を表2に示した。図1の3本の直線は、このようにして求めた回帰直線を示したものである。

つぎに、pcGNP（Z）に対する、係数aとbの変化を、べき関数（ $a = pZ^q$ ； $b = rZ^s$ ）として回帰した（図2）。pcGNPの値には、グループごとの平均値を用いた。

以上の処理によって、つぎのような経験式がみちびかれた：

$$Y = aX^b \quad \dots (1)$$

$$a = (1.9 \times 10^{-6})Z^{1.93}$$

表2 回帰係数

一人当たり GNP (US\$)	a	b
500未満	0.12	0.74
500~1,000	0.77	1.01
1,000以上	6.72	1.05

$$b = 0.31Z^{0.16}$$

ここに、

X : 死者数 (人)

Y = 被害額(百万ドル、1980年の通貨に換算)

Z = pcGNP(被災国の一人あたり国民総生産額、単位:ドル(1970年))

(5)定性的なデータとの比較——推定精度の検討

はじめに、式(1)を利用し、地震カタログに掲載された179個の地震(被災域が1つの国に特定でき、かつ、死者数が明らかなもの)について、死者数から被害額を推定した。つぎに、カタログで用いられた被害額の種類(4段階)にしたがって、被害額の推定値を分類し、データ(カタログでの分類)との対応をしらべた。

推定値とデータが一致した地震は多く、153個(89.4%)に達した。「extremeとsevere」や「moderateとsevere」などのように、推定値とデータのあいだの「ずれ」が1段階だった地震は16個(8.9%)あった。「ずれ」が2段階だった地震は3個(1.7%)に止まった。

被害額の種類は、「\$1 million to \$5 million (moderate)」などのように、5倍ごとの区切りになっていた(「資料」の項を参照)。したがって、式(1)によって推定した被害額は、1/5~5倍の「はば」を許すとすれば、およそ90%の確率で「正しい」ことが期待できる。

なお、推定値とデータの「ずれ」が2段階(被害額で1/125~1/25または25倍~125倍)になった3個の地震は:1)タシケント地震(1966年4月25日、ウズベキスタン;推定値が過小)、2)アンコナ地震(1972年6月21日、イタリア;推定値が過小)、3)チンボテ(ユンガイ)地震(1970年5月31日、

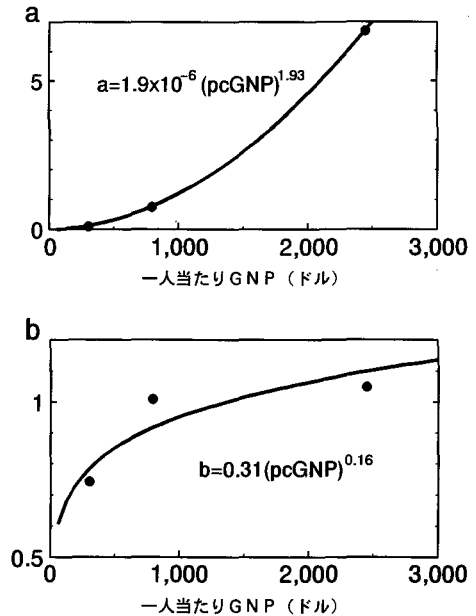


図2 被災国の所得水準の関数として求めた回帰係数 a と b

ペルー;推定値が過大)だった。地震カタログ(National Geophysical and Solar-Terrestrial Data Center and World Data Center A for Solid Earth Geophysics、前出)では、タシケント地震の死者数は10人になっているが、死者数を1,800人とする資料(Berlin、1980)もあった。小さめに与えられた死者数が、被害額を小さくした原因になっているものと思われる。チンボテ地震での被害は、その大半が、氷河の崩落に端を発した土石流によって引き起こされており、地震災害としては特異なものだった。これが原因となって、適当な被害額がえられなかったものと思われる。

4. 簡単な応用—途上国の地震災害における被害額の意味を考える—

地震による被害額が、被災国の経済に与える影響をしらべるために、データを収集した179個の地震について、「GNPで基準化した被害額」とpcGNPの関係をプロットした(図3)。プロットの上限と下限をしめす曲線は、目の子で引いた。被災国のGNPは、地震がおきた年とは関係なく、

すべて1970年の値で与えることにし、矢野恒太記念会（前出）からデータを収集した。

図3のプロットが大きくばらつくのは、明らかに被災地の人口や経済活動の水準（都市化の程度）、あるいは「ゆれ」の強さの影響を考慮していないためである。しかし、被災地や地震の特性に対する補正は、手持ちのデータだけでは処理しきれないことを考慮し、これに関する詳しい検討は、今後の課題として残すことにした。

大きなばらつきはあるものの、「GNPで基準化した被害額」は、pcGNPが500~1,000ドルの付近で最大になるような変化をしめしている。pcGNPがこの範囲にあったのは、ベネズエラ、メキシコ、チリ、南アフリカ、ユーゴスラビアだった。いわゆる最貧国ではなく、工業化による収入の増加が見られる国々だった。

このような傾向は、上記の国々のなかで、メキシコとユーゴスラビアの2カ国がNICsに含まれることから読みとれる。NICsという呼称は Newly Industrializing Countries の略であり、1978年のOECDレポートのなかにはじめて登場した。1960年代から1970年代にかけて急速な工業化をとげた開発途上国を指すものである。ちなみに、NICsには、つぎの国と地域が含まれる：韓国、台湾、香港、シンガポール、ブラジル、メキシコ、スペイン、ポルトガル、ギリシア、ユーゴスラビア。

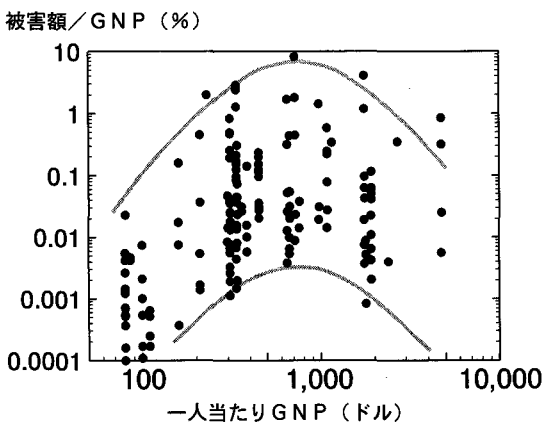


図3 被災国の所得水準と「被災国のGNPに対する被害額の割合」の関係

以上のような結果に対し、つぎのような解釈を加えることができる。災害の影響は、発展のきっかけさえ捉えられない、もっとも貧しい国々よりも、発展の初期段階 (threshold economy) にある国々において問題になる可能性がたかい。また、経済的な発展をなしたとげた豊かな国々では、地震に対する備えをかためる余裕もうまれ、災害の影響はそれなりに抑え込まれている。

いいかえれば、図3に示された傾向は、これから発展しようとする国々には（それが地震国であれば）、発展の途上において、地震災害の潜在的な脅威がたかまる時期があることを示唆している。

経済発展の初期段階における、自然災害に対する社会の脆弱性については、定性的な議論としては、しばしば取りあげられるようになってきた（たとえば、Lohman, 1993）。この研究での成果は、そのような傾向を定量的に把握しようとする試みの第一歩として位置づけることができる。

5. おわりに

この研究では、1)地震による人的被害と物的被害の相対的なウェイト（死者数で基準化した被害額）を、被災国の一人あたりGNPの関数として評価する経験式を構成し、2)その経験式を利用して、「GNPで基準化した被害額」が、経済発展の初期段階にある国々で、もっとも大きくなる傾向があることを明らかにした。この傾向は、経済発展の初期段階にある国々における地震災害の潜在的な脅威の高まりを示唆する事実として注目する必要がある。

このことを途上国支援の問題にからめて考えれば、開発への支援のなかに、地震への「そなえ」の要素を織り込むことの重要性が見えてくる。

北海道大学の村上ひとみさんには、タシケント地震の被害について教えていただいた。記して、感謝する。

文 献 一 覧

- 1) Berlin, G. L. (1980) *Earthquake and Urban Environment*, Vol. 1, CRC Press, Florida, U. S. A.
- 2) Lohman, E. (1993) Strategy design and policy making for extreme weather events as a result of climate changes", *Stop Disasters*, Osservatorio Vesuviano, Naples, Italy, No. 15, 6-7.
- 3) National Geophysical and Solar-Terrestrial Data Center and World Data Center A for Solid Earth Geophysics (1980) *Significant Earthquakes 1900-1979*.
- 4) 矢野恒太記念会・編 (1991) 世界国勢図会 1992-1993, 510pp. (原資料: The World Bank Atlas)

Key Words (キー・ワード)

Earthquake Disaster (地震災害), Damage Amount (被害額), Economic Development (経済開発)

Inclusion of Income Levels of Affected Countries in the Assessment of Disaster Characteristics

Keishi Shiono*, Shunkichi Kosaka**, Itsuki Nakabayashi***,
and Toshio Mochizuki***

*Department of Civil Engineering, Nagaoka College of Technology

**Department of Civil Engineering, Tokyo Metropolitan University

***Center for Urban Studies, Tokyo Metropolitan University

Comprehensive Urban Studies, No. 54, 1994, pp. 137–143

On the basis of disaster data collected from an existing earthquake catalog, we derived an empirical equation to correlate the per capita GNP of an affected country with the damage amount in an earthquake normalized by the number of deaths. The equation was applied to examine the relationship between per capita GNP and the rate of damage to an affected country's GNP. The result suggested relative economic vulnerability to earthquakes in developing countries having threshold economy.