

# 人間は災害を克服できるのか？

尾沼 広基<sup>1</sup>・馬奈木 俊介<sup>2</sup>

<sup>1</sup>学生非会員 東北大学大学院 環境科学研究科 (〒980-8579 仙台市青葉区荒巻字青葉6-6-20)

E-mail: hirokionuma122@gmail.com

<sup>2</sup>非会員 東北大学大学院准教授 環境科学研究科 (同上)

本研究では、世界120ヶ国の1985年から2008年のパネルデータを用いて固定効果モデルによる推計を行い、気候変動に係る自然災害による人的被害を軽減していくための指標を明らかにすることを目的とする。分析結果より、気候変動に係る自然災害による人的被害を説明する指標として、HDIが望ましいことが示された。今後の気候変動に係る自然災害への適応策として、経済的な豊かさの向上だけでなく、教育水準や健康水準を高めていくことも効果的であることが明らかになった。

**Key Words** :natural disaster, HDI, GDP, adaptation, sustainability

## 1. はじめに

近年気候変動問題が深刻化する中、それを一因とする自然災害の発生頻度と被害の増大が観察されている。被害は低所得国においてより顕著であり、IPCC(2001)<sup>1)</sup>では、1985年から1999年の間に発生した自然災害の死者のうち、一人当たりGDPが760ドル以下の国が約65%の被害を占めているとの報告がある。たとえば、2005年に米国で発生したハリケーン・カトリナ(最大風速280km)と2008年にミャンマーで発生したサイクロン・ナルギス(最大風速215km)の死者数を比較すると、米国が1833人に対しミャンマーは13万8366人となっている(EM-DAT)<sup>2)</sup>。こうした自然災害による被害はアジア地域に多くみられてきたが、今後はアフリカ地域においてもその被害の拡大が懸念されている。気候変動がもたらす自然災害は国家の持続可能な開発を妨げる要因となるとされ、実際にIPCC(2007)<sup>3)</sup>では、持続可能な開発が気候変動に対する脆弱性を低減することができるかと述べている。

気候変動問題への対策に関する議論は、排出権取引など緩和策を中心として広く行われてきている。しかし、現在実施されている持続可能性の促進計画のうち、気候変動への影響に対する適応または適応能力の向上のいずれかについて明示的に組み入れて議論されているものはほとんどない。長期的にみれば影響の多くは緩和によって回避、減少または遅延させることができるが、短期的にはその影響を回避することは困難であり、少なくとも今後数十年間は適応策を講じて対処することが不可欠で

あるといえる。

これまで、自然災害による人的被害(死者数・死亡率)と経済・社会制度などの関係に関する実証研究はいくつも行われてきている。Kahn(2005)<sup>4)</sup>では、一人当たりGDPや社会制度の充実が被害を軽減させていくことを明らかにしており、Kellenberg and Mobarak(2008)<sup>5)</sup>では、災害による死者数と一人当たりGDPの間に非線形の関係があることなどを明らかにしている。しかし近年の議論としてUNDP(国連開発計画)<sup>6)</sup>では、持続可能な発展をする上で必ずしも経済の成長が不可欠ではないとの報告がある。そういった背景を踏まえて国の豊かさを測る指標としてHDI(人間開発指標)が開発され、Patt et al.(2010)<sup>7)</sup>などのHDIを用いた最貧国における将来の被害予測を行った研究もみられるようになった。このようにGDPやHDIの有効性について論じた研究は存在するが、一方で、データが限定的であることや分析手法の頑健性が保証されていないなどの問題がある。また、HDIを用いた国際データによる包括的な分析はなされていない。

そこで本研究では、1985年から2008年の世界120ヶ国のパネルデータを用いて推定の頑健性を考慮しながら、気候変動に係る自然災害(洪水、暴風雨、干ばつ)による人的被害を軽減していくための指標を明らかにすることを目的とする。

本研究の構成は以下の通りである。第2章では、本研究の分析に用いる推定モデルやデータについて説明する。第3章では、推定結果を示して考察を行い、第4章で本研究の結論を述べる。

表-1 記述統計量

変数(単位)	観測数	平均	標準偏差	最小値	最大値
死者数(人)	1495	264.72	3680.35	0	139252
HDI(0-1)	2880	0.63	0.19	0.12	0.93
一人当たりGDP(ドル)	2880	10724	12133	173	81101
平均寿命(年)	2880	66.21	10.48	26.39	82.81
就学率(%)	2880	66.21	19.84	11.57	115.82
人口(10万人)	2880	437.03	1433.90	0.92	13246.55
出生率(人)	2880	3.43	1.87	0.90	8.06
災害発生数(回)	2880	1.48	2.96	0	33

## 2. 分析方法

### (1) 分析モデル

本研究では、以下の推定式(1)を用いてパネルデータ分析を行う。

$$\ln(Risk_{it}) = \alpha + \beta \ln(index_{it}) + \ln(V_{it})\gamma + c_i + t_t + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

$Risk_{it}$ は死亡率を用いており、 $i$ 国の $t$ 期における災害による死者数を同総人口で除した値である。 $index_{it}$ は、 $i$ 国の $t$ 期における豊かさを表す指標として、HDIとそれを構成する指標である一人当たりGDP、平均寿命、識字率、就学率をそれぞれ用いる。 $V_{it}$ は属性変数ベクトルであり、災害の被害規模に影響すると考えられる変数(人口、出生率、災害発生数)である。 $c_i$ は $i$ 国の固定効果であり、地理的要因や気象要因などの観測不可能な要因を取り除いている。 $t_t$ は $t$ 期におけるトレンドを表しており、国の制度の質の変化などを考慮している。 $\varepsilon_{it}$ は誤差項である。 $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ はそれぞれ定数項、係数、係数ベクトルを表す。

死者数と災害発生数に関しては観測データに0を含むため、対数をとる際に観測数が減ってしまう問題が生じる。そこで、これまでの先行研究に則り、死者数と災害発生数のそれぞれに1を加算して対数を取って推定を行う。

### (2) データ

次に、本研究で用いるデータについて説明する。各国の自然災害発生数(洪水、暴風雨、干ばつ)と死者数については、CREDのデータベースEM-DAT<sup>9</sup>より取得した(補注1)。同データベースでは、1970年から現在までのデータが取得可能である。しかしPatt et al. (2010)<sup>7</sup>によれば、同データベースの1980年代後半以前のデータについては、それ以降と比べて信頼性が低ことが指摘されている。そのため本研究では、信頼性がある程度確保されていると考えられる1985年以降のデータを用いている。

各国HDI(Human Development Index)及びそれを構成する指標(一人当たりGDP、寿命、識字率、就学率)のデータに関しては、UNDP<sup>8</sup>より取得した。ここで、本研究で用いるHDIについて注意しておく。UNDPの人間開発報告書などで公式に用いられているHDIは、2010年時点で網羅している国数は169ヶ国と多いが長期間にわたる分析を行うにはデータの欠損が多いため適していない。そこで2010年にUNDPにより広範囲での分析を可能にしたhybrid HDIが構築され、135ヶ国における1970年から2010年のHDIデータが利用可能となった。Gidwitz et al. (2010)<sup>9</sup>では、公式なHDIとhybrid HDIの値を比べると全体的にhybrid HDIの方が値は高いが、相関係数は0.99であることを示している。そのため、本研究では長期間利用可能なhybrid HDIを公式なHDIの代替として用いる。

また、 $V_{it}$ に用いるデータ(人口、出生率)については、World DatabankのWDI(World Development Indicators)<sup>10</sup>より取得した。

本研究で用いる変数の記述統計量を表-1に示した。死者数の観測数が1495となっているのは、災害が発生した国における平均をとっているためである。災害発生数は、各国の各年における洪水、暴風雨、干ばつの発生数を合計した値の平均をとっている。また、本研究で用いるサンプルでは、HDIは0.12から0.93の範囲であるため、対数を取る際にマイナスになる。そのため、推定結果を解釈する際には符号が逆転するため、注意して見なければならぬ。

図-1に、HDI及び一人当たりGDPと災害による死亡率の関係を示した。図-1で用いているデータは120ヶ国それぞれの1985年から2008年の平均値を用いている。まず、HDIと死亡率には逆U字の関係性が見られ、HDIの水準が0.5を超えたあたりから減少傾向に転じていることが伺える。一方で、一人当たりGDPと死亡率の関係性は単調減少もしくは非線形であるかどうかの判断が難しい。そのため本研究でもKellenberg and Mobarak(2008)<sup>9</sup>やPatt et al.(2010)<sup>7</sup>などと同様に、式(1)の変数 $index_{it}$ に用いる変数については非線形を考慮して分析を行う。

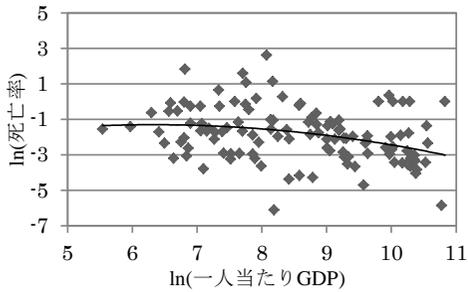
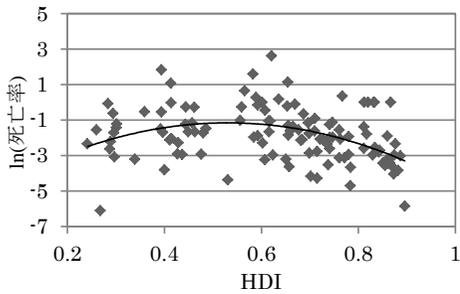


図-1 災害リスクとHDI及びGDPの関係

### 3. 推定結果

式(1)を用いた推定結果を表-1 に示した。表-1 に示してある 5 つの推定結果は、式(1)の変数 $index_{it}$ にそれぞれ HDI, 一人当たり GDP, 平均寿命, 就学率を用いており、以下では説明の便宜上推定結果(1)から(5)として説明する。なお、識字率を用いた推定結果は示していないが、識字率と災害による被害との関係に統計的に有意性は見られなかった。

ハウスマン検定より、(1)から(5)のいずれの推定式も変量効果推定ではなく固定効果推定が支持された。

まず、推定結果(1)と Patt et al. (2010)<sup>7)</sup>を比較すると、Patt et al. (2010)<sup>7)</sup>では考慮されていない固定効果を考慮した上でも HDI と災害による被害の逆 U 字の関係は統計的に有意となり、総合的な結果となった。

一方で、推定結果(2)と(3)の一人当たり GDP と災害による被害では、図-1 の傾向も考慮するため 1 乗項のみの推定と 2 乗項を入れた推定を行い検証した。その結果、非線形ではなく単調減少の傾向が強いという結果が得られた。これは、Kellenberg and Mobarak(2008)<sup>5)</sup>と同様の傾向

表-2 推定結果

変数	HDI	一人当たり GDP		平均寿命	就学率
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
ln(HDI)	-2.205*** (0.770)				
ln(HDI) <sup>2</sup>	-0.766** (0.312)				
ln(一人当たり GDP)		0.396 (0.712)	-0.316*** (0.105)		
ln(一人当たり GDP) <sup>2</sup>		-0.043 (0.042)			
ln(平均寿命)				13.975* (8.258)	
ln(平均寿命) <sup>2</sup>				-1.834* (1.046)	
ln(就学率)					2.100* (1.156)
ln(就学率) <sup>2</sup>					-0.320** (0.153)
ln(人口)	-0.404* (0.230)	-0.510*** (0.204)	-0.506** (0.204)	-0.568*** (0.206)	-0.527** (0.233)
ln(出生率)	0.295* (0.171)	0.379** (0.162)	0.382** (0.162)	0.338** (0.171)	0.359** (0.166)
ln(1+災害発生数)	1.825*** (0.046)	1.823*** (0.046)	1.823*** (0.046)	1.824*** (0.046)	1.829*** (0.046)
定数項	-3.658*** (1.268)	-2.611 (3.118)	0.270 (1.271)	-28.414* (16.247)	-5.486** (2.153)
自由度調整済み R <sup>2</sup>	0.385	0.437	0.433	0.493	0.495
観測数	2880				
国数	120				

※, \*\*, \*\*\*はそれぞれ有意水準 10%, 5%, 1%を示している。

下段括弧内は標準誤差である。

が示された。

また、HDI を構成している指標ごとに分解して推定を行ったが、構成指標間の相関が強いため、多重共線性の問題が発生してしまい信頼性のある推定結果が得られなかった。そこで、HDI が構成する指標を単独で用いてそれぞれ推定を行った。推定結果(4)と(5)より、平均寿命と就学率が災害による被害に対して非線形の関係性があることが明らかになった。このことから、HDI と災害による被害の逆 U 字の関係性が示された要因として、平均寿命と就学率が影響していると考えられる。

これらの分析結果より、災害による被害を軽減していくためには、経済的に豊かになることの重要性に加え、教育水準や健康水準を高めていくことが重要であるといえる。防災インフラを整えることなどの物的資本の蓄積は不可欠ではあるが、同時に人的資本の蓄積も防災対策を考える上で有効であることが強く示された。

冒頭でも述べたように、UNDP により持続可能な発展をする上で必ずしも経済の成長が不可欠ではないとの報告があるように、経済の成長が難しい状況であったとしても HDI の水準を目標値として HDI を構成する指標を高めることで、災害への適応が可能であると考えられる。

#### 4. おわりに

本研究では、災害の被害を軽減していくための指標として HDI を目標値としていくことが良いことが分析結果より示された。本研究の分析により、経済的な豊かさだけでなく、教育水準や健康水準を高めていくことも災害の被害を減少させていくために有効であることが明らかになった。

本研究では、気候変動に関連すると考えられる自然災害に焦点を当てて分析を行ったが、今後は、地震などより多くの自然災害も含めて分析を行うことも必要である。さらに、将来予測を行うことにより、今後の自然災害へ

の適応策を考える上で重要な知見が得られるであろう。

#### 補注

- 1) EM-DATは、次の4つの条件のいずれかに当てはまる災害についてのデータベースである。1) 死者10人以上、2) 被災・負傷者100人以上、3) 国際援助の要請、4) 非常事態宣言の発令。

#### 参考文献

- 1) IPCC: Climate Change 2001: Impacts, Adaptation, and Vulnerability, James, J. M., Osvaldo, F. C., Neil, A. L., David, J. D., and Kasey, S. W. (eds), *Cambridge University Press*, Chapter 8, 2001.
- 2) CRED (Centre for Research on the Epidemiology of Disasters): EM-DAT, <http://www.emdat.be/>
- 3) IPCC: Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability, Parry, M. L., Canziani, F., Palutikof, J. P., van der Linden, P. J., and Hanson, C. E. (eds), *Cambridge University Press*, Chapter 20, 2007
- 4) Kahn, M. E.: The death toll from natural disasters: The role of income, geography, and institutions, *The Review of Economics and Statistics*, Vol. 87 (2), 271-284, 2005.
- 5) Kellenberg, K. D. and Mobarak, M. A.: Does rising income increase or decrease damage risk from natural disasters?, *Journal of Urban Economics*, Vol. 63, 788-802, 2008.
- 6) UNDP(United Nations Development Programme): Human Development Report 2010: The Real Wealth of Nations: Pathways to Human Development, *United Nations Development Programme*, 2010.
- 7) Patt, G.A., Tadross, M., Nussbaumer, P., Asante, K., Metzger, M., Rafael, J., Goujon, A., and Brundrit, G.: Estimating least-developed countries' vulnerability to climate-related extreme events over the next 50 years, *Sustainability Science, PNAS Early Edition*, 2010.
- 8) UNDP(United Nations Development Programme): <http://hdr.undp.org/en/data/trends/hybrid/>
- 9) Gidwitz, Z., Heger, M. P., Pineda, J., and Rodriguez, F.: Understanding Performance in Human Development: A Cross-National Study, *UNDP Human Development Reports*, Research Paper 42, 2010.
- 10) World Databank: World Development Indicators, <http://databank.worldbank.org/ddp/home.do?Step=12&cid=4&CNO=2>

(2012. 7. 18 受付)

## HDI VS. GDP: DECREASING DEATH FROM NATURAL DISASTERS

Hiroki ONUMA and Shunsuke MANAGI

For decreasing human losses caused by natural disasters, both human capital accumulation and/or infrastructure reinforcements can be effective, but it is not very clear which one has greater impact. In this paper, we compared several indices of HDI (Human Development Index), income (GDP per capita), gross enrollment rate, and life expectancy in order to explore the matter. By taking advantage of a panel data set that consist of 120 countries from 1985 to 2008, we showed that HDI has the greatest impact on the human loss. The result tells us that improving the comprehensive human living standard by increasing the levels of education level and public health can be more effective than merely mitigating the damage levels by reinforcing infrastructures.