

バングラデシュにおける気候変動による災害への世帯適応行動の分析

広島大学 学生会員 ○梅田翔平
広島大学 正会員 張峻屹
広島大学 正会員 藤原章正

1. 研究の背景・目的

1 日 2 ドル未満の貧困層が国民の 75%を超えるバングラデシュは国土の約 3 分の 2 が海拔 5m 以下のデルタ地帯で、世界で気候変動による災害の最も受けやすい国の一つ¹⁾である。年々確実に進行している海面上昇によって沿岸地域からダッカ近郊にかけての広い範囲が高潮による氾濫地域になると予想されている。当該地域に Dhaka、Chittagong、Khulna、Cox Bazar と Barisal などの主要都市が立地している。それに加え、サイクロンや洪水も頻発し、毎年多くの人が命の危険にさらされている。また今後、気候変動の影響によって発生する各種災害はより頻繁で深刻になっていくと予想されている。防災設備を含めた社会インフラが脆弱であるため、災害の発生による被害を軽減させるため、長期的な視点に立って必要なインフラを整備することは欠かせない。経済発展水準が著しく低いバングラデシュの現状からすると、自国のみの努力だけでは必要なインフラの整備には限界がある。このため、国際協力の枠組みのなかで様々な国際援助が果たす役割が非常に大きいと考えられる。一方、短期的には、被災経験を活かし、災害の発生に備えるための適応策を講じるも必要である。

そこで本研究では、世界最貧国の 1 つで気候変動による災害に最も脆弱なバングラデシュにおける効果的な適応策の立案を念頭に、災害の影響を最も受けやすい世帯に着目し、その適応行動に影響する要因を明らかにすることを目的とする。

2. アンケート調査について

本研究では、2013 年 1 月上旬から 2013 年 2 月下旬にかけてバングラデシュの沿岸部及び内陸部河川地域周辺の計 14 カ所に住む世帯（999 人）を対象に行われたアンケート調査²⁾を用いる。調査票には気候変動による災害への適応行動の実態に関する顕示選好(RP)調査と将来の世帯適応行動を調べる表

明選好(SP)調査の情報が含まれる。RP 調査では、過去の災害による被災状況、災害前の行動、災害中の行動、災害後の行動(政府・コミュニティ・隣人からの援助の種類、消費金額)を設問した。SP 調査では、様々な災害シナリオにおける世帯生活適応行動と都市間交通適応行動を取り上げた。そのほか、個人属性(住所、年齢、最終学歴、世帯人数など)や世帯適応能力も被験者に尋ねた。

3. 世帯適応行動の要因分析

本研究では、過去・現在・将来という時間軸に沿って、世帯生活を着眼点に、世帯の適応能力、適応行動の実態及びそれに与える自助・共助・公助の影響、将来の気候災害シナリオに応じる世帯の適応意向などを包括的に調べる分析を行う。そこで、前述の SP 調査データをもとに、確率効用最大化原則をもとに構築した多項ロジットモデルを使い、地域別・災害別に世帯適応行動に影響する要因を分析した。ここで、世帯適応行動として、世帯生活適応行動と都市間交通適応行動の両方を取り上げる。SP 調査手法を活用した分析はバングラデシュの気候災害を対象とする研究において、本研究は最初取り組みである。

世帯生活適応行動として、「a.同じ仕事、同じ立地、家の補強無し」、「b.同じ仕事、同じ立地、家の補強あり」、「c.違う仕事、同じ立地、家の補強無し」、「d.違う仕事、同じ立地、家の補強あり」、「e.同じ仕事、違う立地」と「f.違う仕事、違う立地」が選択肢になっている。一方、都市間交通適応行動の選択肢には、「a.通常通り、移動を続ける」、「b.移動をやめる」、「c.ルートを変更する」、「d.目的地を変更する」と「e.時間を変更する」が含まれる。これらの適応行動を説明する変数として、SP 調査で提示した将来の災害シナリオ以外に、実際の適応行動における自助・共助・公助に関する変数、世帯適応能力などの変数を用いた。分析にあたり、地域別・災害別の世

表1 沿岸部における世帯生活適応行動モデル（サイクロンの場合）

	a. 同じ仕事, 同じ立地, 家の補強無し			b. 同じ仕事, 同じ立地, 家の補強あり			c. 違う仕事, 同じ立地, 家の補強無し			d. 違う仕事, 同じ立地, 家の補強あり			e. 同じ仕事, 違う立地		
	推定値	t値	分散比	推定値	t値	分散比	推定値	t値	分散比	推定値	t値	分散比	推定値	t値	分散比
定数項	3.762	**		2.453	**		3.543	**		1.068			2.242	**	
頻度	-1.414	**	67%	-0.464	**	14%	-1.085	**	42%	-0.413	**	20%	-0.450	**	23%
レベル	-0.333	**	8%	-0.539	**	32%	-0.779	**	26%	-0.417	**	37%	-0.057		1%
浸水ダミー	-0.033		0%	0.548	**	12%	0.210		1%	0.050		0%	0.419	**	12%
塩分ダミー	-0.460	*	5%	-0.511	**	11%	-0.691	**	10%	-0.145		1%	-0.242	+	4%
水孤立ダミー	-0.594	**	8%	-0.223		2%	-0.520	**	5%	-0.129		1%	0.281	*	5%
道路破壊ダミー	0.391	*	4%	0.301	*	4%	0.274		2%	0.122		1%	-0.138		1%
財力	0.001		0%	-0.134		1%	-0.079		0%	0.043		0%	-0.256	*	10%
体力	-0.218	+	3%	-0.348	**	13%	-0.209		3%	-0.103		2%	-0.312	**	17%
家族構成	-0.033		0%	0.167		2%	0.181		1%	0.193		5%	0.174		4%
隣人助け	0.129		1%	0.186	+	2%	0.032		0%	0.010		0%	0.138		2%
知識	0.013		0%	0.116		1%	-0.272	+	3%	-0.080		1%	0.134		2%
時間	-0.178		2%	0.088		1%	-0.174		1%	-0.338	**	19%	-0.029		0%
復興時政府助けダミー	-0.313		2%	-0.115		0%	-0.339		2%	-0.091		0%	-0.397		8%
復興時コミュニティ助けダミー	-0.152		0%	-0.179		1%	0.221		1%	-0.273		5%	0.127		1%
復興時隣人助けダミー	-0.367		2%	-0.304		2%	0.063		0%	0.148		1%	-0.498	**	8%
復興日数	-0.001		0%	0.000		0%	-0.003		1%	0.002		1%	0.000		0%
復興コスト	-0.034		0%	-0.074		2%	0.122		2%	0.116		6%	-0.049		1%

初期尤度 -4271.5,最終尤度 -3778.8,p²値 0.11,修正済p²値 0.10,サンプル数 2384

+:10%有意 *:5%有意 **:1%有意

表 2 内陸部における世帯生活適応行動モデル（洪水の場合）

	a. 同じ仕事, 同じ立地, 家の補強無し			b. 同じ仕事, 同じ立地, 家の補強あり			c. 違う仕事, 同じ立地, 家の補強無し			d. 違う仕事, 同じ立地, 家の補強あり			e. 同じ仕事, 違う立地		
	推定値	t値	分散比	推定値	t値	分散比	推定値	t値	分散比	推定値	t値	分散比	推定値	t値	分散比
定数項	4.065	**		2.949	**		1.356			0.205			1.445		
頻度	-2.139	**	23%	-1.106	**	13%	-0.099		0%	-0.959	*	8%	0.245		2%
レベル	-0.354	**	6%	-0.570	**	26%	-0.317	**	21%	-0.003		0%	-0.088		2%
浸水ダミー	0.214		1%	0.140		1%	-0.042		0%	0.995	**	26%	-0.178		3%
水孤立ダミー	0.113		0%	0.310	+	3%	0.498	*	14%	0.457	+	5%	0.198		4%
道路破壊ダミー	0.203		1%	0.295	+	3%	-0.306		6%	0.252		2%	0.337	+	11%
財力	0.170		2%	0.215		4%	0.256	+	8%	0.056		0%	0.229		11%
体力	0.046		0%	0.067		0%	0.112		2%	0.093		1%	-0.116		3%
家族構成	-0.224		2%	-0.233	+	4%	-0.186		6%	-0.563	**	21%	-0.199		9%
隣人助け	-0.414	**	6%	-0.190		3%	-0.174		3%	0.144		1%	-0.455	**	42%
知識	0.116		1%	-0.282	*	6%	-0.250		10%	-0.250		4%	0.045		0%
時間	0.162		1%	0.238	*	7%	0.185		8%	0.312	*	11%	0.028		0%
復興時政府助けダミー	-1.436	**	29%	-0.511	+	6%	-0.124		1%	0.035		0%	-0.259		4%
復興時コミュニティ助けダミー	-0.078		0%	-0.315		3%	-0.333		7%	0.169		1%	-0.017		0%
復興時隣人助けダミー	-0.456		1%	-0.043		0%	-0.369		4%	-0.635	+	5%	-0.154		1%
復興日数	0.025	**	26%	0.019	**	21%	0.004		0%	0.011		2%	0.009		6%
復興コスト	-0.112	+	2%	-0.008		0%	-0.104		9%	-0.178	*	14%	-0.046		2%

初期尤度 -2486.9,最終尤度 -2224.9, ρ^2 値 0.10,修正済 ρ^2 値 0.10,サンプル数 1388

*:10%有意 **:5%有意 ***:1%有意

表3 沿岸部における都市間交通適応行動モデル（洪水の場合）

	a.通常通り、移動を続ける			b.移動をやめる			c.ルートを変更する			d.目的地を変更する		
	推定値	t値	分散比	推定値	t値	分散比	推定値	t値	分散比	推定値	t値	分散比
定数項	1.945	**		-1.301	+		-0.924			-1.189		
頻度	-0.684	**	7%	0.566	*	10%	-0.041		0%	0.977	**	14%
レベル	-0.109		2%	-0.107		3%	-0.123		1%	0.014		0%
浸水ダミー	-0.011		0%	0.232	+	5%	0.085		0%	0.782	**	25%
水孤立ダミー	-0.682	**	23%	-0.258	+	6%	0.067		0%	-0.011		0%
道路破壊ダミー	-0.572	**	16%	0.427	**	13%	1.288	**	74%	0.594	**	14%
財力	0.189	+	3%	0.251	*	11%	0.219	+	4%	0.017		0%
体力	0.098		1%	0.139		4%	-0.192	+	5%	-0.282	*	9%
家族構成	-0.176		3%	-0.095		2%	0.000		0%	-0.009		0%
隣人助け	-0.159		2%	-0.149		4%	0.079		0%	0.327	**	6%
知識	0.372	**	12%	0.203	+	8%	0.133		2%	0.309	*	7%
時間	0.061		0%	0.240	*	11%	0.085		1%	-0.079		1%
復興時政府助けダミー	-0.454	*	8%	-0.208		3%	-0.021		0%	-0.055		0%
復興時コミュニティ助けダミー	-0.493	**	11%	-0.432	*	15%	-0.207		2%	-0.457	*	8%
復興時隣人助けダミー	-0.671	**	10%	-0.333	+	5%	0.126		1%	-0.295		2%
復興日数	0.003		2%	0.003		3%	0.005	+	4%	-0.001		0%
復興コスト	-0.066		1%	0.025		0%	-0.120	+	6%	-0.187	**	14%

+:10%有意 *:5%有意 **:1%有意

初期尤度 -3836.9,最終尤度 -3435.3,ρ^2値 0.10,修正済ρ^2値 0.09,サンプル数 2384

帯生活適応行動と都市間交通適応行動のモデルを 6 つ構築した（表 1～表 3）。モデルの推定にあたり、基準となる選択肢は、世帯生活適応行動の場合に「f. 違う仕事、違う立地」、都市間交通適応行動の場合に「e. 時間を変更する」である。

表 1 にサイクロンが発生する場合における沿岸部での世帯生活適応行動モデルの推定結果の一例を示す。災害関係要因に着目すると、全ての選択肢で頻度、レベルの選択肢のパラメータがマイナスに出ている他、浸水ダミーは「b. 同じ仕事、同じ立地、家の補強あり」「e. 同じ仕事、違う立地」でパラメータがプラスに塩分ダミーは「b. 同じ仕事、同じ立地、家の補強あり」「c. 違う仕事、同じ立地、家の補強無し」でパラメータがマイナスに出ている。これらの災害関係要因の分散比はどの選択肢においても高く出ており、影響度は高いことが分かる。世帯適応能力に着目すると、「b. 同じ仕事、同じ立地、家の補強あり」の体力、「d. 違う仕事、同じ立地、家の補強あり」の時間、「e. 同じ仕事、違う立地」の財力と体力のパラメータがマイナスに出ており、選択肢ごとに影響を受ける変数はそれぞれ違うことが判明した。自助・共助・公助などの変数に着目すると、「e. 同じ仕事、違う立地」の復興時隣人助けダミーでパラメータがマイナスに出ているが分散比は低く、影響は低いものとなっている。また他の変数は、有意には出ているものが無く、ほとんど影響を受けていないことが読み取れる。

表 2 に洪水が発生する場合における内陸部での世帯生活適応行動モデルの推定結果の一例を示す。災害関係要因に着目すると、頻度が「a. 同じ仕事、同じ立地、家の補強無し」「b. 同じ仕事、同じ立地、家の補強あり」「d. 違う仕事、同じ立地、家の補強あり」で、レベルが「a. 同じ仕事、同じ立地、家の補強無し」「b. 同じ仕事、同じ立地、家の補強あり」「c. 違う仕事、同じ立地、家の補強無し」でパラメータがマイナスになった。「d. 違う仕事、同じ立地、家の補強あり」の選択肢では浸水ダミーのパラメータが正に、分散比も 26% と高くなり、強い影響を受けていることが分かった。また「c. 違う仕事、同じ立地、家の補強無し」の選択肢で水孤立ダミーのパラメータが正に、「e. 同じ仕事、違う立地」の選択肢で道路破壊ダミーのパラメータが正になった。

災害関係要因の中でも、ここでは浸水の影響が大きく出ている。能力に関する項目に着目すると、中でも「e. 同じ仕事、違う立地」の隣人助けの分散比が 42% と高く出ており、災害関係要因の分散比も低いことから、隣人の助けに満足を感じている人ほど、同じ仕事を続け、違う立地に移動することが分かる。復興時の行動に関する項目に着目すると、「a. 同じ仕事、同じ立地、家の補強無し」の復興時政府助けダミーのパラメータがマイナスに復興日数のパラメータがプラスに出ており、分散比の割合も大きくなっており、影響の強さが伺える。

表 3 に洪水が発生する場合における沿岸部での都市間交通適応行動モデルの推定結果の一例を示す。

「a. 通常通り、移動を続ける」の選択肢では頻度、水孤立ダミー、道路破壊ダミー、復興時コミュニティ助けダミー、復興時隣人ダミーのパラメータがマイナスに出ている。中でも水孤立ダミー、道路破壊ダミーの分散比は 2 割程度で高く出ており、他の説明変数に比べて影響度は高い。また災害知識の不足は、「a. 通常通り、移動を続ける」の選択肢において他の世帯適応能力に比べ大きく影響していることが分かった。「b. 移動をやめる」の選択肢では頻度、道路破壊ダミー、財力、知識、時間のパラメータがプラスに、復興時コミュニティ助けダミーのパラメータがマイナスに出ている。「c. ルートを変更する」の選択肢では道路破壊ダミーのパラメータがプラスに出ており、分散比も 7 割を超える結果となっており、道路破壊が起こる時の影響は非常に高いことが読み取れた。「d. 目的地を変更する」の選択肢では、頻度、浸水ダミー、道路破壊ダミーのパラメータがプラスに出ており、災害が大きくなると目的地自体を変更するという傾向が見られる。また世帯適応能力に関する項目では体力のパラメータがマイナス、隣人助け、知識のパラメータがプラスに出ているがいずれも分散比は低く、影響度は小さいことが読み取れる。

4. まとめ

バングラデシュにおける地域別・災害別の全てのモデルの分析の結果、今後の世帯適応行動に対して災害関係要因は大きな影響を与えることが分かった。また内陸部では共助と公助が強く影響を与えること、

沿岸部では災害関係要因が強く影響を与えることが分かった。一方、すべての地域における都市間移動の適応行動に強く影響するのは災害関係要因に加え、災害知識の不足であることが判明した。しかしどのモデルにおいても、自助の影響が無視できるほど小さかった。

今後の研究課題として、モデルの尤度比が 0.1 前後であり高いとは言えず、モデルの改良の必要性が挙げられる。改良の方向性として、本研究で取り扱う選択肢は似通う特性を有している部分があり、通常のロジットモデルで表現しきれていない可能性が高い。今後、選択肢間の類似性を許容できるモデルの構築、また、サンプルの細分化を図りモデルの再推定を試みる必要がある。

5. 参考文献

- 1) Germanwatch, Global climate Risk Index 2010
<http://germanwatch.org/presse/2009-12-08e.htm>
- 2) Zhang J., Lu Q., Rahman ABMS, and Wu L. (2013)
Climate disasters in Bangladesh: Impacts assessment and adaptation measures, 土木計画学研究講演集, 47 (CD-ROM).