

損失の「大きさ」は協力行動を促進するか？：  
「カタストロフゲーム」による実験的アプローチ

後藤 晶<sup>a</sup>

要旨

東日本大震災に見られるように、ヒトは常にいつ生じるかわからない「変動」に直面しながら生きている。本稿においては突然起こる「変動」を「カタストロフ」と定義する。その上で、特に時期についてあいまい性を有する「カタストロフ」の「予告」及び「発生」が公共財ゲームにおける自発的貢献に与える影響について解明を試みる。そのために繰り返し公共財ゲームをベースとした、プレイヤーの保有額に変動が生じる「カタストロフゲーム」を用いて実験的な検証を行った。その結果、損失の「予告」は十分な効果を認められなかった一方で損失の「発生」により協力行動が促進されることが明らかとなった。また、発生する損失の「規模」と貢献度の上に相関関係が認められることとなった。

キーワード：繰り返し公共財ゲーム，カタストロフ，災害，実験

JEL Classification Numbers：C73 C92 H41

□経

<sup>a</sup> 山梨英和大学人間文化学部

400-8555 山梨県甲府市横根町 888 a.goto@yamanashi-eiwa.ac.jp

## 1. 序

2011年3月11日、我が国は東日本大震災という未曾有の大災害に襲われた。東日本大震災により多くの人命が失われ、生き残った人々は避難所暮らしを強いられるなど困窮を極めることとなった。また、直接的な被害に合わなかった人々も計画停電など、様々な側面において間接的な形で生活が変動する状況に陥ることとなった。この災害の発生以前と発生以降では日常生活の様相が大きく変動してしまったことは間違いない。

災害のような事象は一種の「カタストロフ」として捉えることができる。カタストロフ理論の観点からは、カタストロフは「外部環境をスムーズに変動させるシステムに対する突然の（非連続的な）変動」と定義される（Thom, 1975）。したがって、カタストロフとはある外生的な変動にすぎない。定常状態であったはずのシステムに対して、その変動によりシステムに何らかの変動が生じることを表す。従来行われてきたカタストロフリスクに関する研究は規模と確率に着目した研究が中心となっていた。しかし、このカタストロフリスクのもう一つの重要な側面は変動の発生時期、すなわち時間的あいまい性にある。「発生時期のあいまい性」を有する「変動」の発生は、ヒトの協力行動に対してどのような影響を与えるのであろうか。特に、その変動の「規模」はどのような影響を与えるのであろうか。

本論文では「時間的あいまい性」を持つカタストロフの「規模」が協力行動に与える影響を解明を目的とする。そのために、公共財ゲーム(Normal Public Goods game, 以下 NPG)及び同ゲームを改変した全体カタストロフゲーム(Toral Catastrophe Game, 以下 TCG)によって検討を行う。

### 1.1. 公共財ゲームとカタストロフゲーム

今回、コントロール群として設定したNPGの利得関数は $\pi_{ijk} = e_{ijk} - c_{ijk} + \frac{a}{n} \sum_{k=1}^n c_{ijk}$ である<sup>2</sup>。プレイヤーを4人、 $e_1$ である初期保有額を1000円としたうえで、係数 $a$ を2倍に設定した。したがって、 $a/n$ で定義されるMPCRは0.5である。また、グループメンバーの匿名性を保った上で、毎回組み合わせの相手が異なるランダムマッチングの枠組みであり、前期に獲得した金額を次期に繰り越す10期繰り返し公共財ゲームとして実施した。

また、TCGはプレイヤー全員の保有額が一定の規模に応じて変動するゲームである。基本的な枠組みはNPGと変わらないが、10期繰り返すうちの6期目に全員の保有額が0.01倍、0.3倍、0.7倍に変動する「カタストロフ」が生じるように設定し、計4セッションを実施

□経

<sup>2</sup> $\pi_{ijk}$ はグループ $k$ に所属するプレイヤー $i$ の $j$ 期目における獲得額を表し、 $e_{ij}$ はプレイヤー $i$ の $j$ 期目における保有額を、 $c_{ij}$ はプレイヤー $i$ の $j$ 期目における貢献額を表している。 $n$ はプレイヤー数を、 $a$ は係数を表し、 $c_{ijk}$ は $j$ 期目におけるプレイヤー $i$ が所属するグループ $k$ のメンバーの貢献額を表している。

した（以下，0.01 倍条件，0.3 倍条件，0.7 倍）．この変動の大きさを Catastrophe Magnitude(以下，CM)と定義する．CMの値が小さくなれば損失の規模は大きいものとなり，大きくなれば損失の規模は小さいものとなる．したがって，カタストロフ発生期である 6 期目については  $\pi_{6ij} = CM * e_{6ij} - c_{6ij} + \frac{a}{n} \sum_{k=1}^n c_{6ij}$  として表すことができる．

なお，実験参加者には TCG 開始時に 10 期繰り返しゲームであること，そして 10 期のうちのどこかで全員の保有額が 0.01 倍，0.3 倍，0.7 倍に減少する「大きな損失」が必ず発生する旨を画面上において「予告」した上でゲームを実施した．セッション開始時にカタストロフの発生を予告しても，発生期を明確にしていなかったために抜き打ちテストのパラドックス構造を有していることにより発生期の予測は困難である．発生が確実であることは災害と異なる点であるが，発生時期のあいまい性については災害と同様の構造を有していると言える．また，NPG は TCG の枠組みで定義すると CM=1.0 条件である．したがって，NPG は以下，TCG1.0 条件として分析する．

## 1.2. 仮説

カタストロフは 2 つの論点を有する．一点は「予告」が協力行動に与える影響であり，もう一点は「発生」が与える影響である．したがって，仮説は以下の通りである．

**仮説 1：カタストロフの発生以前において CM と貢献度に相関は認められない．**

カタストロフの発生以前とは各ゲームの 1-5 期目を指す．確実な災害の発生が予告されていたとしても，協力行動は十分に促進されないと考えられる．また，積極的に差がないことを検証することは困難であるため，ここでは仮説 1' としてカタストロフの発生以前において行動に差異が認められるという仮説を設定して検討することとする．

**仮説 2：カタストロフの発生以降において CM と貢献度に負の相関関係が認められる．**

カタストロフの発生以降とは，各ゲームの 6-10 期目を指す．カタストロフの発生以降はカタストロフの規模に比例して行動が促進されると考えられる．ただし，本研究では CM の値が小さいほど損失の規模が大きいことを示している．したがって，ここでは CM と負の相関関係が認められることを仮説とする．

## 2. 実験

### 2.1. 実験対象者

都内 B 大学の学生 176 人を対象として実験を実施した．全体の平均年齢は 18.08 歳 (SD=0.30) であった．実験は 2013 年 4 月下旬及び 5 月上旬に実施し，1 回の実験には 44 人が参加した．また，実験参加者には参加報酬としてコースクレジットを与えた．

## 2.2. 手続き

実験は TCG0.01 条件, 0.3 条件, 0.7 条件及び 1.0 条件 (NPG) の計 4 種類を実験参加者内-実験参加者間混合実験として実施した。実験はチューリッヒ大学で開発された経済実験プログラム, z-Tree によって行われた (Fischbacher, 2007)。また, 実験の流れは以下の通りである。印刷されたインストラクションを配布した上で, PC モニター上に同じものを提示しながら実験参加者に説明を行った。その後, 1.0 条件を実施し, 0.01 条件, 0.3 条件, 0.7 条件を実施した。実施する順番は順序効果が現れないように全体としてカウンターバランスを取っており, セッションが 1 つ終わるごとに保有額はリセットした。

## 2.3. 分析手法

分析は応答変数として貢献額/保有額で算出される貢献度を, 説明変数として CM を設定した線形混合モデルの回帰分析モデルによる分析を行った。本論文においては仮説 1 および仮説 2 について個人内相関, グループ内相関, そして期の相関を組み込んだ 4 つモデルを構築した上で, AIC 規準により採択されたモデルについて評価を行う。

## 3. 結果

本節においては結果について報告する。図 3-1 では全体の貢献度について時系列標記したものを示している。特にコントロール群ともなる 1.0 条件について見てみると通常のランダムマッチングマッチングで実施されている NPG と同様の推移をしている。

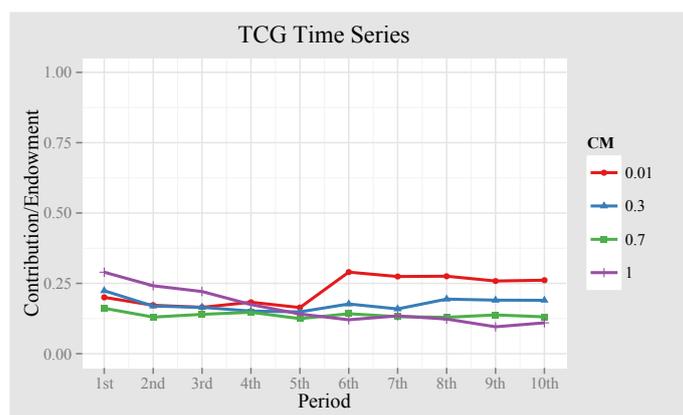


図 3-1 貢献度の時系列

### 3.1. 仮説 1

はじめに仮説 1 であるカタストロフの「予告」の影響について検証するために, カタストロフの発生以前である 1-5 期について分析を行った<sup>3</sup>。

□経

<sup>3</sup>対象となるデータは 0.01 条件 (貢献度  $Mean=0.177$ ,  $SD=0.294$ ), 0.3 条件 (貢献度  $Mean=0.172$ ,  $SD=0.254$ ), 0.7 条件 (貢献度  $Mean=0.140$ ,  $SD=0.246$ ), 1.0 条件 (貢献度  $Mean=0.214$ ,  $SD=0.197$ ) についてそれぞれ  $n=176$ ,

表 3-1 発生前以前におけるモデル

	Before Mixed Effects Model1			Before Mixed Effects Model2			Before Mixed Effects Model3			Before Mixed Effects Model4		
Fixed effect	Estimate	df	t-value									
Intercept( $b_{000}$ )	0.165	3341	12.48 ***	0.175	2534	22.33 ***	0.168	3341	12.71 ***	0.164	2534	22.33 ***
(Std.Err)	(0.013)			(0.007)			(0.013)			(0.007)		
CM( $b_{100}$ )	0.021	3341	2.428 *	0.020	34	1.727	0.021	3341	2.45 *	0.019	34	1.64
(Std.Err)	(0.008)			(0.011)			(0.009)			(0.011)		
Random effect	Variance	% of total										
Group( $c_i$ )	-	-		0.002	3%		-	-		0.002	2%	
Group:Period( $c_j * P_{ijk}$ )	-	-		-	-		-	-		0.000	0%	
id( $d_{ij}$ )	0.0259	41%		0.018	28%		0.027	43%		0.049	56%	
id:Period( $e_{ij} * P_{ijk}$ )	-	-		-	-		0.000	0%		0.002	2%	
Residuals( $e_{ijk}$ )	0.0372	59%		0.044	69%		0.037	57%		0.035	40%	
AIC/logLik	-1111.003 / 559.5014			267.3568 / -128.6784			-1110.926 / 560.463			262.4782 / -122.2391		

\*p<.05; \*\*p<.01; \*\*\*p<.001

AIC 規準に従い、4つのモデルを評価した結果、モデル3が選ばれた。このモデルは個人内における相関および期の影響による共分散を考慮したモデルであり、グループによる影響は認められなかった。CMの係数について評価すると5%水準で有意差が認められ、CMと貢献度には正の相関が認められたものの、効果量は非常に小さくCMは十分な効果を有していると結論付けることは困難である [t(3341)=.014 ES:r=.04 1-β=.60]。

### 3.2. 仮説2

続いて、仮説2であるカタストロフの「発生」の影響について検証するために、カタストロフの発生以降である6-10期について分析を行った<sup>4</sup>。

表 3-2 発生前以降におけるモデル

	After Mixed Effects Model1			After Mixed Effects Model2			After Mixed Effects Model3			After Mixed Effects Model4		
Fixed effect	Estimate	df	t-value									
Intercept( $b_{000}$ )	0.253	3341	17.29 ***	0.252	2560	32.96 ***	0.256	3341	18.20 ***	0.251	2560	32.97 ***
(Std.Err)	(0.014)			(0.008)			(0.014)			(0.008)		
CM( $b_{100}$ )	0.157	3341	16.61 ***	-1.512	21	12.44 ***	-0.151	3341	16.70 ***	-0.149	21	12.34 ***
(Std.Err)	(0.009)			(0.012)			(0.009)			(0.012)		
Random effect	Variance	% of total										
Group( $c_i$ )	-	-		0.000	0%		-	-		0.0000	0%	
Group:Period( $c_j * P_{ijk}$ )	-	-		-	-		-	-		0.0000	0%	
id( $d_{ij}$ )	0.0321	44%		0.045	62%		0.017	29%		0.1728	90%	
id:Period( $e_{ij} * P_{ijk}$ )	-	-		-	-		0.000	0%		0.0024	1%	
Residuals( $e_{ijk}$ )	0.0416	56%		0.028	38%		0.041	71%		0.0167	9%	
AIC/logLik	-440.5586 / 223.2793			815.4431 / -402.7215			-717.9359 / 364.9679			808.1671 / -395.0835		

\*p<.05; \*\*p<.01; \*\*\*p<.001

AIC 規準に従い、4つのモデルを評価した結果、モデル3が選ばれた。このモデルは個人内における相関および期の影響による共分散を考慮したモデルであり、グループによる相関は認められなかった。また、CMの係数について評価すると中程度の効果量であり、0.01%水準で有意差が認められた [t(3341)<.001, ES:r=.28 1-β=1.00]。したがって、CMと貢献

度

総グループ数=220, 5期繰り返しであり総データ数は3520である。

<sup>4</sup>対象となるデータは0.01条件(貢献度 Mean=0.271, SD=0.323), 0.3条件(貢献度 Mean=0.182, SD=0.298), 0.7条件(貢献度 Mean=0.134, SD=0.263), 1.0条件(貢献度 Mean=0.116, SD=0.179)についてそれぞれ n=176, 総グループ数=220, 5期繰り返しであり総データ数は3520である。

度には負の相関が認められた。

#### 4. 総括

本稿の結果は災害時におけるヒトの行動と対応をもった結果である。人々は常に何らかのカタストロフに直面する可能性を有している。例えば、関東地方での地震災害は30年以内に70%の確率で発生することが様々な研究機関から「予告」されている一方で、あたかも確実に発生しないかのように人々は振る舞っているのが現実である。本研究は発生確率が100%であったとしても、予告は十分な効果を持っていないことを示唆している。一方で、ひとたびカタストロフが発生すると人々は協力傾向を示す。特に協力行動は発生する損失と比例して協力行動が促進されることが明らかとなった。本研究結果は Raphael (1986)などで指摘されている災害時のハネムーン期を実験環境においても再現した結果となった。また、本研究結果はランダムマッチング状況でも再現されたことにより、条件付き協力概念を拡張する可能性がある。すなわち、他者の協力だけではなく、外部的な「損失の発生」が協力行動を促進する可能性があることを実証した結果となった。

#### 参考文献

- Fehr, E., and Gächter, S., 2000, Cooperation and punishment in public goods experiments, *The American Economic Review*, 90, 4, 980-984.
- Fischbacher, U., 2007, “z-Tree: Zurich Toolbox for Ready-made Economic Experiments”, *Experimental Economics*, 10, 2, pp.171-178.
- Raphael, B., 1986, *When Disaster Strikes: How individuals and Communities Cope With Catastrophe*, Basic Books.
- Thom, R., 1975, *Structural Stability and Morphogenesis*, Benjamin.