

---

## 原著論文

---

損失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

Do Losses Promote Cooperation? :

Experimental Approach with the “Catastrophe Game”

キーワード：

カタストロフ, 繰り返し公共財ゲーム, 実験, 協力行動

keyword :

Catastrophe, Repeated Public Goods Game, Experiment, Cooperation

山梨英和大学 後藤 晶

Yamanashi Eiwa College

Akira GOTO

---

### 要約

東日本大震災に見られるように、人間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。本研究においては突然起こる外生的な変動を「カタストロフ」と定義する。その上で、発生時期においてあいまい性を有するカタストロフの「予告」及び「発生」が協力行動に与える影響を検討する。そのために、繰り返し公共財ゲームをベースとした新たなゲームである「カタストロフゲーム」を提案し、実験的な検証を行った。実験時には損失の「発生の確実性」「発生する期間」、そして「発生する損失の規模」を伝えて実施した。その結果、①カタストロフの予告による貢献額の変化は認められなかった。一方、予告されたカタストロフの発生によって、②全てのプレイヤーにカタストロフが発生する条件における貢献額の増加、一部のプレイヤーにカタストロフが発生する条件において③カタストロフ発生群における貢献額の増加、④カタストロフ非発生群における貢献額の増加が認められた。本研究では実験ゲームの枠組みによって災害時に観察されてきた人間行動と類似した結果が観察された。損失発生の単純な予告や予測は人間行動に影響を与えないことが示唆され、どのような情報が予告や予測として効果的なものになるのか、そしてなぜ損失発生時に協力行動が促進されるのか、その動機に対する検討が今後の課題としてあげられる。

## Abstract

A disaster, such as a large earthquake, is a type of “catastrophe.” This study defines catastrophes as abrupt changes that occur from the sudden response of a system to a smooth change in the external condition. The purpose of this article is to identify the cooperative behavior when the catastrophe, the timing of which is ambiguous, occurs using the “Catastrophe Game” modified from the public goods game.

Our results show that (1) we could not observe the effect of advance notice of a catastrophe. On the other hand, (2) we found all victims’ cooperative behavior after the catastrophe in the “Total Catastrophe Game”, in which the catastrophe occurred for all players. Similarly, we found (3) victims’ cooperative behavior and (4) non-victims’ cooperative behavior after the catastrophe in the “Partial Catastrophe Game”, in which the catastrophe occurred for a portion of the players.

We observed the same human behavior with respect to the occurrence of disasters as that of disasters in the frame of the experimental game. This study implies that advance notices and forecasts do not provide a sufficient effect to prevent a decrease in human behavior. Therefore, the problem exists for future research as to why people tend to cooperate when catastrophes occur and the identification of the type of information that is crucial for advance notices and forecasts to change human behavior.

(受付：2014年5月15日，採択：2015年7月6日)

## 1 はじめに

2011年3月11日、日本は東日本大震災に直面した。この未曾有の大災害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化する状況に陥ることとなった。発生以前と発生以降では日常生活の様相が大きく変化してしまった。

このような大災害は一種のカタストロフと捉えることができる。カタストロフとは「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; Vladmir, 1992)。換言すれば、安定して秩序だっで形成されていたあるシステムに対して、突然の変動が生じることを表す。社会科学における研究においては、カタストロフは発生確率が非常に低い、損失が非常に大きい事象に対してカタストロフリスクとして言及されることが多い(e.g. Lichtenstein et al., 1978)。しかしながら、カタストロフの持つもう一つの重要な側面は「予測されていたもののいつ発生するかわからない変動」としての側面、すなわち時間的あいまい性にある。災害をはじめとした自然発生的な事象は予測されていたとしても、発生時期に不確実性を有しており、正確な発生時期がわからないまま突然発生するものである。

本論文はカタストロフの、予測されているもののいつ発生するかわからない変動という側面に着目し、そのような変動による協力行動の変化の検討をする。そのために本研究では社会的ジレンマの一種である公共財ゲームおよび同ゲームを変形した新たなゲームとして「カタストロフゲーム」を考案し、実験的なアプローチによって解明を試みた。昨今では、このような実験ゲーム研究は経済学や政治学といった、従来は実験研究が十分に行われてこなかった領域においても実験研究

が行われつつある。ゲーム理論は社会科学全体に対して影響をおよぼす可能性を有した枠組みであることが指摘されており(Gintis, 2009)、重要な示唆を得られると考えられる。本研究で扱う公共財ゲームとは、プレイヤー各自が自分の保有額の中からいくらかを貢献することにより、その便益を全員が均等に享受するゲームである。公共財ゲームにおいては全く貢献しないことが自己利益の最大化となるが、保有額の全額を貢献することが社会的利益の最大化へとつながる構造を有している。したがって、貢献の程度を一つの協力行動の指標とした評価が可能である。協力行動の分析や制度設計に関する実験として有用な枠組みであり、過去に数多くの研究が積み重ねられてきた(Ledyard, 1995; Chaundhri, 2008)。協力行動を促進する仕組みとして第三者処罰(e.g. Fehr & Gächter, 2000)、第三者処罰(e.g. Fehr & Fischbacher, 2004)、報酬(e.g. Sefton et al., 2007)などの有用性が指摘されている。本論文ではこれらの処罰・報酬と異なる新たな協力行動の促進要因としてプレイヤーの行動に基づかない損失であるカタストロフによる協力行動の促進の可能性を指摘する。

そして、本研究の枠組みが不確実性下における人間行動に対する新たなアプローチ方法となり得ることを指摘する。従来の研究では時間的な不確実性や空間的な不確実性に対して十分なアプローチが困難であった。先行研究としても質問紙データ等による静的な状況における研究を中心として行われていた(例えば竹村(2009)など)。しかしながら、本研究で用いるカタストロフゲームの枠組みを用いることで、動的に変化し続ける状況において、不確実性がある状況での人間行動や意思決定に対してアプローチが可能になると考えられる。

本論文の構成は以下の通りである。第2章ではカタストロフの有する論点を整理した後に、本研究において実施した公共財ゲーム、全体カタストロフゲームおよび部分カタストロフゲームについて

て説明する。続いて、第3章では実験の概要について述べ、第4章では本実験の結果を報告する。第5章では結果を踏まえた考察を加えた後に第6章で今後の課題について述べる。

## 2 問題

カタストロフは予測されていてもいつ発生するかわからないために、2つの論点がある。1つはカタストロフの発生以前、すなわち「予測」や「予告」が人間行動に対して与える影響である。人間は日常生活の中で、常にカタストロフのような突然の変動が生じ得ることは既知のはずである。しかし、いくら予測されていたとしても、人間はカタストロフの発生確率を低く見積り、カタストロフの発生はありえないかのように振る舞っている。もう1つの論点はカタストロフの発生以降、すなわちカタストロフの「発生」が与える影響である。予測段階とは異なり行動が発生以前とは異なる可能性がある。例えば、災害発生時に相互的な協力行動が発生するユートピア期ないしはハネムーン期はその代表例である (Raphael, 1986; Rebecca, 2010)。

本研究ではカタストロフを保有・獲得してきた金額が一定の規模にしたがって突然変動することとして操作的に定義し、カタストロフの「予告」および「発生」が協力行動に与える影響について、ゲーム実験を用いて検討する。はじめに、2.1節においては本研究において実施した公共財ゲームおよびカタストロフゲームについて概説する。つづいて、2.2節では公共財ゲームをはじめとした実験ゲームの枠組みで様々な研究が積み重ねられている処罰とカタストロフの概念上の比較を行う。最後に2.3節において仮説について述べる。

### 2.1 ゲームの概要

本研究では損失が生じるカタストロフによる協力行動の変化を検討するために、公共財ゲー

ム (Normal Public Goods game, 以下NPG) を変形した、過去に保有・獲得してきた金額が一定の規模にしたがって突然変動する「カタストロフゲーム」を考案した。本研究では、グループに所属するプレイヤー全員の保有額が変動する全体カタストロフゲーム (Total Catastrophe Game, 以下TCG) 及び、グループに所属するプレイヤーの一部の保有額が変動する部分カタストロフゲーム (Partial Catastrophe Game, 以下PCG) の2種類を実施した。

以下では今回実施した公共財ゲームについて簡単に説明した上で、2種類のカタストロフゲームについて述べる。

#### 2.1.1 公共財ゲーム

コントロール群として実施したNPGは以下の通りである。1グループのプレイヤーを4人として、初期保有額を500ポイント、一人あたりの限界収益率を0.5とした。したがって、各プレイヤーには、同一グループにおける全プレイヤーの貢献額の合計の0.5倍が各プレイヤーに配分され、手元に残したポイントと配分されたポイントの合計が、その期の獲得額となる。なお、小数点以下は第一位で四捨五入して扱っている。10期繰り返して行い、実験参加者には総実施期数が事前に告知されており、第2期目以降は前の期の獲得額を繰り越して、保有額として用いることができる繰り越しのある公共財ゲームとして実施した<sup>(1)</sup>。従来の研究で多く行われてきた公共財ゲームでは、毎期に一定額が与えられた上で、その範囲内で意思決定を行う形式で行われている。しかし、本研究では、カタストロフが持つ意味が今まで築き上げてきたもの・蓄積してきた事柄に対して何らかの変動が生じる点にあると考えられ、その側面に着目するために繰り越し型の公共財ゲームを採用した。

#### 2.1.2 全体カタストロフゲーム

TCGとは、プレイヤー全員にカタストロフが

発生するゲームである。TCGの基本条件はNPGと変わらない。ただし、10期繰り返すうちの6期目にプレイヤー全員の保有額が0.3倍になるカタストロフが確実に生じるように設定した<sup>(2)</sup>。この構造をわかりやすく図示したものが図-1である。

実験参加者には「10期のうちのいずれか」で「プレイヤー全員」の保有額が0.3倍になる損失が「確実に」発生すること、発生する期は予め設定されていることを画面上でどの情報も強調せずに予告した上でゲームを実施した。損失発生時には画面上で損失が発生したこと、および発生以前の保有額、そして変動した保有額を画面に提示した。

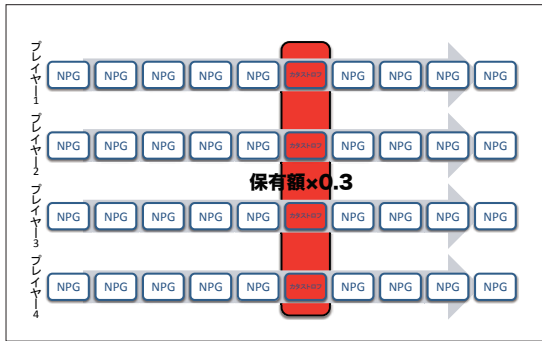


図-1 TCGの構造

### 2.1.2 部分カタストロフゲーム

PCGとは、プレイヤーの一部にカタストロフが発生するゲームである。基本条件はTCGと同様に、NPGと変わらない。ただし、PCGについては10期繰り返すうちの6期目にプレイヤー2

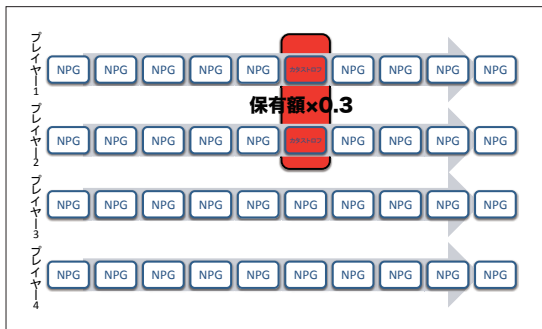


図-2 PCGの構造

人の保有額が0.3倍になる「カタストロフ」が確実に生じるように設定した<sup>(3)</sup>。この構造をわかりやすく図示したものが図-2である。

実験参加者には「10期のうちのいずれか」で「4人のうち、2人のプレイヤー」の保有額が0.3倍になる損失が「確実に」発生すること、発生する期は予め設定されていることを画面上でどの情報も強調せずに予告した上でゲームを実施した。損失発生時には画面上で損失が発生したこと、および発生以前の保有額、そして変動した保有額を画面に提示した。発生していないプレイヤーには他のプレイヤーに損失が発生したことを画面上で報告した。

TCGおよびPCGはゲーム開始時にカタストロフの発生を予告しても、発生する期を明確にしていなかったために発生期の予測は困難である。

### 2.2 処罰との比較

このようなカタストロフに着目した実験研究はほとんど行われていないのが現状である。ここでは本研究と同様の実験ゲームの枠組みで実施されており、プレイヤーに損失が発生する第三者処罰 (e.g. Fehr & Gächter, 2000), および第三者処罰 (e.g. Fehr & Fischbacher, 2004) との類似点と相違点を指摘する。処罰とはゲーム実験においては、あるプレイヤーが任意のプレイヤーに対して行動を評価して、自らコストを費やしても獲得額を減じることである。処罰が機能している状況においては協力行動が促進すること、そしてプレイヤー自身がコストを費やしても他のプレイヤーを罰することが指摘されている (Fehr & Gächter, 2000)。第三者処罰はプレイヤー同士で直接的な処罰が可能な状況である一方で、第三者処罰の場合はゲームに参加していない観察者による一方的な処罰のみが可能な状況である。ここでは「人為性」、「帰責的な要因」、「予見可能性」、「応酬可能性」という4点から処罰とカタストロフと第三者処罰・第三者処罰の差異を整理する。



処罰とは他のプレイヤーの意図によって行われるものであるために、「人為的」である。人為的であることから、処罰されたプレイヤー自身が何らかの処罰されるに値する原因、すなわち「帰責的要因」がある可能性が高い。自身の行動が原因となり処罰が行われる可能性があるため、自身の行動から処罰される可能性を推測できる可能性、すなわち発生に関する「予見可能性」を有しているといえる。なお、第三者処罰と第三者処罰の差異は、処罰を行ったプレイヤーに対して処罰の応酬が可能であるか否かにある。

一方、カタストロフは「非人為的」な事象である。他プレイヤーの意図が関わるものではない。現実的な場面では人為的な側面がある場合もあるが、今回の実験条件においてはプレイヤーの人為性は存在していない<sup>(4)</sup>。したがって、「帰責的要因」も存在していない。カタストロフは「予見可能性」の存在が問題となる。本研究では予告の効果についても検討するために、発生期は事前情報として実験参加者に与えなかった。しかし、発生が確実である旨を伝えていたために、時期についてはあいまいであるものの、発生に関する予見可能性は有していた。カタストロフは人為的ではないために、応酬する対象は存在していない。なお、今回は事前に損失の大きさを伝えていたために規模に対する知識も実験参加者は有していた。表1には以上の関係を簡単にまとめている。

表-1 処罰とカタストロフの比較

	第三者処罰	第三者処罰	カタストロフ
人為性	◎	◎	×
帰責的要因	○	○	×
予見可能性	△	△	○
応酬可能性	○	×	×

カタストロフゲームに関する実験は、本研究と同一の枠組みによって、成果報酬条件下においても発生以前の期については協力行動に変化がないこと、発生以降の期については協力行動が促進されることが指摘されている（後藤, 2014a）。そして、無報酬条件下においても同様の結果が指摘されている（後藤, 2014b）。一般に、経済学におけるゲーム理論に関する実験研究においては、価値誘発理論（Smith, 1976）の観点から成果報酬条件下で実施することを求められることが多い。しかしながら、本研究では成果報酬や無報酬、参加報酬といった報酬構造に関わらず、カタストロフによる協力行動の促進を指摘することを目的として参加報酬条件下で実験を行った。

### 2.3 仮説

カタストロフは協力行動を変容させる可能性がある一方で、その影響は発生以前と発生以降で大きく異なると考えられる。本論文ではカタストロフの予告の影響およびカタストロフの発生の影響について検証を試みる。先述の通り、予告は影響を与えない可能性がある一方で、カタストロフの発生により協力行動が促進されると考えられる。

したがって、本論文では次の2つの仮説について検討する。

H<sub>1</sub>: カタストロフの「予告」によって協力行動は促進されない。

H<sub>2</sub>: カタストロフの「発生」によって協力行動が促進される。

ただし、H<sub>1</sub>については差が認められないことを検証することは困難であるため、ゲーム間の差異を認めたモデルが採択されるか否かという観点から検討する。

## 3 実験の概要

### 3.1 実験参加者

実験はNPG（コントロール）×TCG×PCGの混合

実験として行われた。実験参加者の概要は以下の通りである。都内A大学の学生63人を対象に計4回の実験を実施し、ゲームの性質上4人組になれなかった3人を除いた60名を分析対象とした。分析対象となった男性は38名、平均年齢19.7歳 (SD=1.35)、女性は22名、平均年齢19.5歳 (SD=1.73)、全体の平均年齢は19.7歳 (SD=1.50)であった。2012年1月下旬および6月中旬に実施し、1回の実験には16人から30人が参加した。プログラムはFischbacher (2007) によるz-Treeにより構築され、都内A大学の情報教室に設置されているWindows 7のインストールされたパソコンを利用した。実験参加者は参加報酬があることを案内して募集し、実験終了後に参加報酬として1000円分の図書カードが渡した。

### 3.2 手続き

はじめに実験の内容について印刷されたマニュアルを配布すると同時にパソコンの画面に提示しながら実験参加者に説明を行った。そしてセッション1としてNPGを実施した。そしてセッション2およびセッション3として実験群となるTCGおよびPCGの2種類の実験を行った。1つのセッションの間は匿名性を保った上で、グループのメンバーが変わらないパートナー条件で実施しているが、セッションが終了する毎にプレイヤーの組み合わせは変えられており、保有額もリセットされた。全体としてカウンターバランスを取ることを目的として、実験毎にTCGとPCGを実施する順番を入れかえていた。これら3つのセッションが終わった後に簡単なデブリーフィングと記述式アンケートを実施し、報酬を渡した。各セッションにおいてプレイヤーには、各期における自身の保有額・貢献額、および貢献額÷保有額によって算出される貢献度の履歴を提供していた。

### 3.3 分析方法

分析は一般線形混合モデルを用いて、重回帰分析

モデルとして分析を行う。本論文で用いた、パートナー条件で行った公共財ゲームは反復測定データであり、3つのセッションに参加しているために個人内の相関が存在する。同時に、同一グループで計測しているためにグループ内の相関があると考えられる。しかしながら、一般線形混合モデルによって分析することによって、これらの相関をランダム効果として扱うことが可能である。また、各群のサイズが等しくない状況においても適用可能であるために本研究には最適であると考えられる。

応答変数には協力的行動の指標として貢献額を設定する。公共財ゲームを用いた場合、協力的行動の指標として絶対量 (e.g. 貢献額) を用いるか、保有額に対してどの程度貢献したかという相対量 (e.g. 貢献度) を用いるかが問題となる (Neitzel, & Sääksvuori, 2013)。本研究では獲得額を次の期に繰り越す条件で実施されているために、プレイヤーによって保有額が異なっていること、カストロフの発生によって保有額が減少することを考慮して、保有額を統制した上でプレイヤーの貢献額に基づいた分析を行うこととする。

はじめに $H_1$ について検討するために、カストロフ発生期以前である1-5期について、以下3つのモデルについて検討した。Model 1は説明変数の固定効果として期および保有額の1/100を設定したモデルである。これは期による貢献額への影響、および保有額の影響があると考えられ、それらを統制するために設定した<sup>(5)</sup>。Model 2にはModel 1に加えて、固定効果として保有額の1/100の2乗を加えた。保有額の増加に伴って、貢献度が減少する曲線関係が存在する可能性があるためである。保有額に非対称性が存在する公共財ゲーム実験において、保有額が多い条件の参加者は少ない条件の参加者に比べて、絶対的な貢献額は多いものの保有額に対する相対的な貢献度が少ないことが指摘されている (Cherry et al 2005; Keser, et al, 2011)。Model 3はModel 2

に加えて、固定効果としてTCG・PCGのゲームダミー変数を加えたモデルである。いずれのモデルにおいてもランダム効果としてグループの差異及び個人の差異を設定している。

また、 $H_2$ について検討するためにカタストロフ発生期以降である6-10期についても $H_1$ 同様に3つのモデルを検討した。ただし、Model 3についてはPCGについてはカタストロフの発生したPCGC群、およびカタストロフの発生しなかったPCGnonC群に分類した上で分析を行った。モデル選択には赤池情報量規準 (Akaike's Information Criterion, 以下AIC) を用いて、AIC最小のモデルを採択した (Akaike, 1973)。

分析はRによる (R Core Team, 2014)。一般線形混合モデル、およびダミー変数以外の変数の影響が各ゲーム・群間を通じて同様になるように平均値を代入して算出した推定貢献額のプロットにはパッケージlme4 (Bates et al, 2014) およびパッケージlmerTest (Kuznetsova et al, 2014) を用いた。そして時系列グラフの作成にはパッケージggplot2 (Wickham, 2014) を用いた。

## 4 結果

図-3にはコントロール群であるNPGと実験群であるTCGの各期における単純平均貢献額の時系列グラフを、図-4にはNPGと実験群であるPCGの各期における単純平均貢献額の時系列グラフを示している。

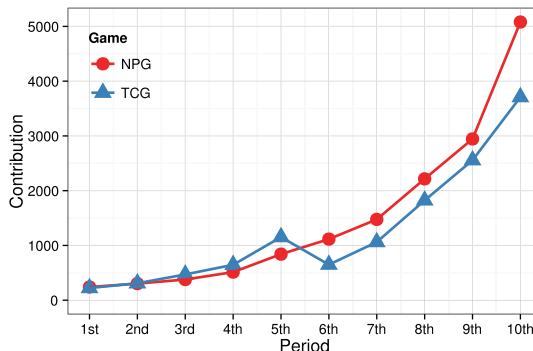


図-3 NPG・TCGの単純平均貢献額の時系列

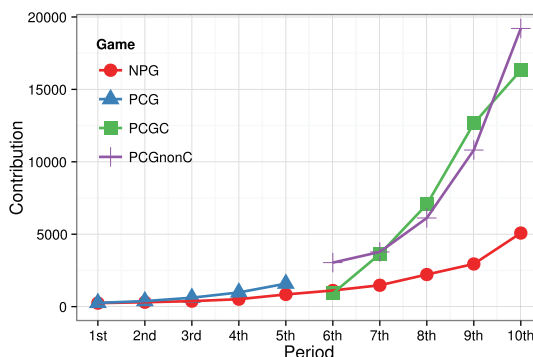


図-4 NPG・PCGの単純平均貢献額の時系列

### 4.1 発生以前の期について

$H_1$ 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の期である1-5期について分析を行った。分析対象となるデータの記述統計量は表-2のとおりである。

表-2 発生以前の期における記述統計量

Statistic	N	Mean	St. Dev.	Min	Max	
Contribution	900	593	1,014.00	0	8,000	プレイヤーの貢献額
NPG Dummy	900	0.333	0.472	0	1	NPGダミー変数
TCG Dummy	900	0.333	0.472	0	1	TCGダミー変数
PCG Dummy	900	0.333	0.472	0	1	PCGダミー変数
Period	900	3	1.42	1	5	1-5期
Endowment/100	900	12.3	10.8	2.1	80	各プレイヤーの保有額(百円)



表-3 発生以前の期に関する分析結果

<i>Dependent variable:</i>			
Contribution			
	Model 1	Model 2	Model 3
<b>Fixed Effects</b>	<b>Estimate</b>	<b>Estimate</b>	<b>Estimate</b>
Constant	-22.269 [-142.988; 87.690]	118.043 [-2.104; 237.426]	63.802 [-76.946; 202.551]
TCG			56.717 [-71.211; 196.075]
PCG			103.262 [-23.149; 251.030]
Period	<b>-134.386*</b> [-162.364; -105.259]	<b>-49.484*</b> [-80.306; -13.815]	<b>-49.287*</b> [-85.519; -14.284]
Endowment/100	<b>83.234*</b> [78.798; 87.546]	<b>37.355*</b> [26.015; 49.370]	<b>37.434*</b> [25.574; 49.423]
(Endowment/100)^2		<b>-0.627*</b> [-0.466; -0.780]	<b>-0.624*</b> [-0.466; -0.780]
<b>Random Effects</b>	<b>Variance</b>	<b>Variance</b>	<b>Variance</b>
Group	25336.81	28408.07	26058.57
id	95069.17	91181.03	91163.58
Residual	222032.04	205990.26	206061.69
AIC	13808.26	13749.61	13751.48
Log Likelihood	-6898.13	-6867.80	-6866.74
Deviance	13796.26	13735.61	13733.48

\* 0 outside the confidence interval

分析結果は表-3にまとめた。表中には[下限; 上限]として95%ブートストラップ信頼区間を示している。表-3における各モデルについて、AICを評価したところ、Model 1は12808.26、Model 2は13749.61、Model 3は13751.48であり(表-3)、AIC最小のモデルとしてModel 2が選ばれ、カストロフ発生以前の期においてはゲーム間の差異を認めるModel 3は選ばれなかった。Model 2について検討すると、保有額の増加につれて貢献額が増加すること一方で、貢献度が減少する傾向にあることが示されている。図-5にはModel 3に基づき、発生以前の各期における期と保有額の影響を調整した各ゲームにおける推定貢献額を示している。

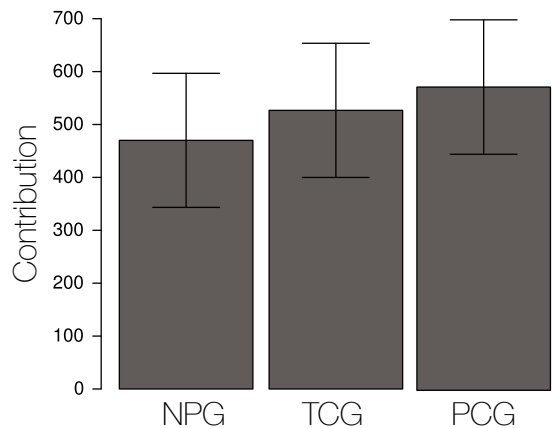


図-5 発生以前の期における推定貢献額

4.2 発生以降の期について

続いて、 $H_2$ 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6-10期について分析

を行った。分析対象となるデータの記述統計量は表-4のとおりである。

表-4 発生以降の期における記述統計量

Statistic	N	Mean	St. Dev.	Min	Max	
Contribution	900	4,293.00	13,533.00	0	124,433	プレイヤーの貢献額
NPG Dummy	900	0.333	0.472	0	1	NPGダミー変数
TCG Dummy	900	0.333	0.472	0	1	TCGダミー変数
PCG Dummy	900	0.333	0.472	0	1	PCGダミー変数
PCGC Dummy	900	0.167	0.373	0	1	PCGC群ダミー変数
PCGnonC Dummy	900	0.167	0.373	0	1	PCGnonC群ダミー変数
Period	900	8	1.42	6	10	6-10期
Endowment/100	900	70.2	163.7	0.21	1,976	各プレイヤーの保有額(百円)

表-5 発生以降の期に関する分析結果

<i>Dependent variable:</i>			
Contribution			
	Model 1	Model 2	Model 3
Fixed Effects	Estimate	Estimate	Estimate
Constant	872.718 [-2025.472; 3887.993]	2594.050 [-73.683; 5579.913]	891.128 [-1939.669; 3783.877]
TCG			<b>2188.077*</b> [735.971; 3609.149]
PCGC			<b>2849.297*</b> [1350.917; 4183.852]
PCGnonC			<b>1819.855*</b> [349.172; 3380.508]
Period	-148.807 [-530.323; 212.285]	<b>-600.693*</b> [-965.996; -273.035]	<b>-586.448*</b> [-952.766; -256.568]
Endowment/100	<b>66.003*</b> [62.543; 69.589]	<b>111.598*</b> [103.799; 118.950]	<b>111.740*</b> [104.249; 119.809]
(Endowment/100)^2		<b>-0.038*</b> [-0.044; -0.033]	<b>-0.039*</b> [-0.045; -0.033]
Random Effects	Variance	Variance	Variance
Group	2348140.26	1990270.09	1821934.90
id	5500244.50	5616279.21	5538333.31
Residual	55004113.92	45652110.93	44630489.79
AIC	18682.29	18524.33	18509.35
Log Likelihood	-9335.14	-9255.17	-9244.68
Deviance	18670.29	18510.33	18489.35

\* 0 outside the confidence interval

分析結果は表-5にまとめた。表中には[下限; 上限]として95%ブートストラップ信頼区間を示している。3つのModelについて、AICを評価し

たところ、Model 1は18682.29であり、Model 2は18524.33、Model 3は18509.35であり(表-5)、AIC最小のモデルとしてModel 3が選ばれ

た。図-6にはModel 3に基づき、発生以降の各期における期と保有額の影響を調整した各ゲームにおける推定貢献額の比較を示している。

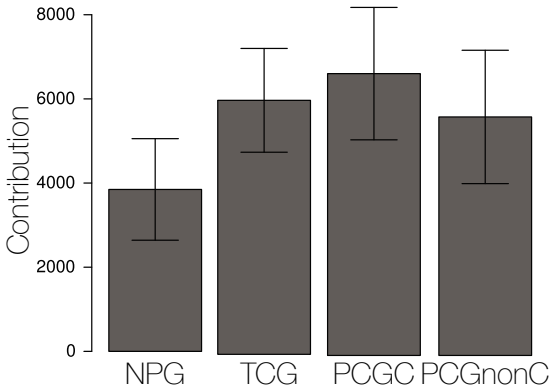


図-6 発生以降の期における推定貢献額

選ばれたModel 3における固定効果の各係数について検討すると、①TCGの貢献額が5%水準で有意に高いこと、②PCGC群の貢献額が5%水準で有意に高いこと、そして③PCGnonC群の貢献度が5%水準で有意に高いことが明らかとなった。また、保有額の増加につれて貢献額が増加すること一方で、貢献度が減少することも明らかとなった。したがって、 $H_2$ についてはカストロフ発生以降の期においてコントロール群であるNPGに比べて、TCG群、PCGC群、PCGnonC群の貢献額が高いことが明らかとなった。

## 5 考察

本研究の意義は以下の3点にある。第1に、本研究では災害発生的な状況を公共財ゲームの枠組みの中で再現することにより、ユートピア期ないしはハネムーン期と対応した結果が観察されたことにある。第2に、カストロフの発生による協力行動の促進が参加報酬条件でも認められることを明らかにしたことにある。成果報酬(後藤, 2014a)、無報酬(後藤, 2014b)と同様に、カタ

ストロフの予告による協力行動の変化が認められないこと、およびカストロフの発生により協力行動の促進が認められたという結果は、カストロフの影響が報酬条件に依拠しない結果であることを示唆している。第3として本研究の枠組みが不確実性下における人間行動に対する新たなアプローチ方法となる可能性が示唆された点にある。本章においては、はじめに本研究における仮説について整理する。そして、本研究の限界について述べた後に、本研究から示唆される2つのインプリケーションについて論じる。

$H_1$ であるカストロフが「予告」されている時点ではゲーム間に差異を認めるモデルは選ばれなかった。したがって、①カストロフの発生が予告されていたとしても、行動に変化は認められないと考えられる。一方、 $H_2$ であるカストロフが「発生」した後については、各ゲーム間の差異を認めたモデルが選ばれた。この結果はコントロール群であるNPG群と比べて、②TCGの結果よりプレイヤー全員に生じたカストロフは協力行動を促進することが明らかとなった。一部のプレイヤーに生じたカストロフは③PCGC群の結果より「被害にあった」プレイヤーの協力行動を促進すること、そして④PCGnonC群の結果より「被害にあわなかった」プレイヤーの協力行動も促進することが明らかとなった。

①の結果は人間の日常生活と対応した結果である。人間は様々な形で地震をはじめとしたカストロフのような事象に直面していることを予告されながら生きている。しかしながら、予告されているのが日常であり、大きく行動が変化しない状況と対応した結果である。

しかし、実際にカストロフのような事象が生じると協力行動は促進する。②は東日本大震災を例にすれば、地震および津波の被害に実際に遭遇した被災者同士が地域コミュニティにおいて協力行動を行っていた状況と対応した結果であると解釈できる。そして、③および④の結果は地震お

よび津波等の被害に実際に遭遇した被災者および非被災者の関係と対応した結果である。実際に、災害が発生した際には被災者は生存するために率先して協力行動を行う必要がある。一方で、非被災者もまたボランティアや寄付等の様々な形で被災者に対して協力行動をしている状況と対応した結果である。

また、本研究の枠組みであるカストロフは不確実性下における人間行動に対する新たなアプローチとなり得ると考えられる。従来の研究では不確実性下における静的な意思決定の観察が中心であり、それ以上の研究は困難であった。しかしながら、繰り返しゲームとカストロフを併せたカストロフゲームの枠組みを用いることにより、動的に変動し続ける状況における不確実な事象に対する人間行動や意思決定に対する新たな実験的手法の可能性が示されたと考えられる。

しかし、問題は協力行動の動機にある。処罰はプレイヤーの行動に対する他者からの評価として行われるものであった。したがって、プレイヤーは行動を変化させることによって、処罰を回避できるために、処罰は外発的動機付けの機能を果たしていると考えられる。しかしながら、カストロフはプレイヤーの行動とは関連したものではない。したがって、カストロフは処罰とは異なり、内発的動機付けによって協力行動を促進していると考えられる。本研究では実験実施時に定量的なアンケート調査は実施していないが、記述式アンケートによって、発生した時の感想を実験参加者に尋ねている。以下では、この記述式アンケートに基づいてカストロフによる協力行動の促進された動機について検討する。

アンケートは大きく分けて2つの回答の傾向が見られた。1つの傾向は「損失が発生して困っているから助け合う必要がある」という回答である。この場合は「困ったときはお互いに助けあうべきである」という協力行動を一般的な社会的規範として内在化しており、それに基づいて貢献額を増

やすという協力行動が観察されたと考えられる。

そしてもう1つの傾向は、「自分自身、もしくは他プレイヤーの貢献額が低いから罰（天罰）として損失が発生した」という回答である。発生は予め設定されていることを実験参加者には伝えていたにも関わらず、自分自身および他プレイヤーの行動に原因があるとする原因帰属のエラーを起こしてしまったと考えられる。この場合は実験参加者によって「天罰」として捉えられた可能性と、「第三者処罰」として捉えられた可能性がある。

天罰による協力行動の促進は、天罰仮説によって指摘されている (Johnson et al, 2003; Johnson, 2005)。実際に「天罰」かどうかは分からないが何らかの自然発生的な事象に恐怖を抱いて協力行動をすることが適応的な行動であるために、協力行動が行われる可能性が示唆されている。本研究においてもカストロフを天罰として捉えて協力行動を促進している可能性がある。

一方、「第三者処罰」として認識されているのであれば、本研究の限界が示唆される。本研究が人工的な環境である実験室環境で行われたために、実験に参加しているプレイヤー以外の第三者による処罰として認識されていた可能性がある。実験参加者にはカストロフの発生はコンピュータプログラム上で決まっていることを伝えていたものの、アンケートの一部には「誰かが行動を評価していると思った」との回答があり、この点は本研究では区別が困難な点である。

本研究から得られるインプリケーションは以下の2つである。第1に、本研究はFehr and Gächter (2000)などで指摘されている処罰による協力行動の促進をより限定された条件で再現することができたと解釈できる。処罰は人為的であると同時に帰責的な要因をプレイヤー自身が有している。一方、カストロフはどちらも有さず予見可能性のみを有している。しかし、予見可能性を有するにも関わらず、カストロフが「予告」されている段階では協力行動に変化は認めら

れず、実際のカタストロフの「発生」により協力行動の促進が認められた。したがって、協力行動の促進要因としての損失には「人為性」や「帰責性」、そして「予見可能性」だけでは協力行動が促進されず、自然的ないしは非人為的な損失が発生することによって、もしくは発生したという情報によって協力行動が促進されるということが示唆される。

第2にこの結果はFischbacher, et al. (2001) やChaundhri and Paichayontvijit (2006) の指摘する「条件付き協力」概念の拡張に繋がる可能性がある。条件付き協力とは端的に言えば、「他者が協力しているから自分も協力する」、すなわち「他者が協力している」から自身も協力することである。しかし、本研究のTCGに関する結果からは、自分および他者に「損失」が発生しているからこそ自分も協力することが示唆され、PCGの結果からは「自身に損失が発生していなくても、他者に「損失が発生しているから自分も協力することが示唆される。この点については今後の研究により精緻化していく必要がある点である。

## 6 おわりに

最後に、本研究から導かれる今後の課題として、以下5点をあげる。

第1に、カタストロフの規模が与える影響の問題である。発生する保有額の変動の規模によって協力行動が変化する可能性がある。すなわち、発生する損失の大きさに応じて協力行動の様相が変化する可能性がある。本研究では保有額が0.3倍に変動するように設定したが、この値を調整した実験についても検討する必要があるだろう。

第2に、カタストロフによる協力行動の促進が生じる動機に関する検討である。本研究では協力行動の促進は観察されたものの、その動機については定量的な検討がなされておらず、ユートピア期ないしはハネムーン期における協力行動の促進

の動機と同様であるのか否かについては、今後の検討が必要な課題である。また、キャラクターによるカタストロフの影響の差異についても検討がなされていない。したがって、調査紙的な手法も組み合わせることによって外的妥当性を含めて精査する必要がある。

第3に、カタストロフが社会的選好に影響を与える可能性に関する検討である。石野ら (2011) は東日本大震災直後に人々の利他性が強まったと主張する人が多かったこと、そして特に被災の中心となった岩手・宮城・福島の三県でそのように主張する人が増えたことを指摘している。この結果は、カタストロフの発生によって社会的選好が変化する可能性を示唆している。一方で、その変化が状況に依存する短期的で可逆的なものであるのか、もしくは状況に依存しない長期的で不可逆的なものであるのか、すなわち「選好の変化」と言い得るほどの変化であるのかは十分な説明がなされていない。この点については、カタストロフによる協力行動がどの程度長期的に影響を与えるか、異なる実験と組み合わせた検討が必要である。

第4に、本研究の枠組みの拡張である。本研究は協力行動の促進要因としてのカタストロフの可能性を検討したために、繰り返し公共財ゲームの中にカタストロフを内包したカタストロフゲームとして実施した。本研究の結果はリーマンショックをはじめとしたいくつかの経済的事象・社会的事象とは異なった様相を呈した結果である。これはそれらの経済的事象・社会的事象が公共財ゲームとは異なったゲーム構造を有しているために生じた差異である。この点については、異なった構造を有する繰り返しゲームの中にカタストロフを組み込むことによって、説明が可能であると考えられ、カタストロフゲームは様々な応用可能性を有した枠組みであると言える。例えば、プレイヤーがカタストロフ発生以前の期において、一定程度以上の協力行動が行われた場合には、カタストロフによる損失の規模が小さくなるといった構造を



有することによって、カタストロフの予告が効果を持つなど新たな知見を得られる可能性がある。

そして最後に、制度設計に向けて有用な情報および構造の検討である。本研究の実験状況においては起こる事象に対してカタストロフの「発生の確実性」「発生する期間」、そして「発生する損失の規模」のいずれも強調せずに伝えていた。しかしながら、本研究の結果はこの3つのどの情報もカタストロフ発生以前の協力行動の促進には有用な影響を与えるとは言えないという結果を示している。そたがって、災害の効果的な予測や予告の公表において、より効果的な方法を検討する必要があることが示唆される。特に、「強調すべき・与えるべき情報」、「経験の有無」と言った観点から検討する必要がある。

「強調すべき・与えるべき情報」の問題とは、どのような情報によってカタストロフ発生期以前の行動が変化するのかという問題である。本研究では確実性、期間、そして損失の規模に関する情報を提示したが、いずれの情報も十分な効果を有すると言える結果ではなかった。したがって、今後はいずれの情報を強調して伝えるべきか、もしくはその他どのような情報によって協力行動が促進されるか検討する必要がある。

また、本研究においてはそれぞれのゲーム構造が協力行動に与える影響について検討を目的としており、TCGとPCGについては順序効果をキャンセルすることを目的として、全体としてカウンターバランスをとって実験を行った。しかしながら、これらの順序効果、すなわちカタストロフにあったという経験や体験の有無によって協力行動が促進する可能性がある。この点については新たな実験によって検討する必要がある。

これらの点が明らかになれば、普段の防災意識の改善や、災害の注意喚起を行う際に住民に対する情報伝達の内容、および手法の改善といった防災政策に応用できる可能性があり、新たな実験によって検討する必要があるであろう。

人間は常にカタストロフに直面するおそれを有している。今後は現実的な状況における政策・制度設計に組み込むために人間がなぜ災害発生時に協力するのか、実験的な手法も含めて多角的な解明を試みる必要があるだろう。

### 注

- (1) NPGの利得関数は以下のとおりである。プレイヤー  $i$  の  $t$  期目における利得関数  $\pi_i^t$  は第一期目の保有額を  $\pi_i^0=500$ 、プレイヤー  $i$  の貢献額を  $C_i^t$ 、プレイヤー  $i$  を含んだ同じグループのプレイヤー全員の貢献額の合計を  $\sum_j C_j^t$  とすると、以下のように表すことができる。

$$\pi_i^t = \pi_i^{t-1} - C_i^t + 0.5 \sum_j C_j^t$$

ただし、 $i \in \{1, 2, 3, 4\}, t \in \{1, 2, \dots, 10\}$  である。

- (2) TCGの利得関数は以下のとおりである。プレイヤー  $i$  の  $t$  期目における利得関数  $\pi_i^t$  は脚注1と同様の記号を用いた上で、以下のように表すことができる。

$$\pi_i^t = \begin{cases} 0.3\pi_i^{t-1} - C_i^t + 0.5 \sum_j C_j^t; & t = 6 \\ \pi_i^{t-1} - C_i^t + 0.5 \sum_j C_j^t; & t \neq 6 \end{cases}$$

ただし、 $i \in \{1, 2, 3, 4\}, t \in \{1, 2, \dots, 10\}$  である。

- (3) PCGの利得関数は以下の通りである。プレイヤー  $i$  の  $t$  期目における利得関数  $\pi_i^t$  は脚注1と同様の記号を用いた上で、以下のように表すことができる。

$$\pi_i^t = \begin{cases} 0.3\pi_i^{t-1} - C_i^t + 0.5 \sum_j C_j^t; & i = 1, 2 \text{ かつ } t = 6 \\ \pi_i^{t-1} - C_i^t + 0.5 \sum_j C_j^t; & \text{上記以外} \end{cases}$$

ただし、 $i \in \{1, 2, 3, 4\}, t \in \{1, 2, \dots, 10\}$  である。

- (4) Posnerは社会における事象としてのカタストロフに着目して (Posner, 2004), 発生原因にしたがって、①自然的なカタストロフと②人為的なカタストロフに分類し、そして人為的なカタストロフは、(a) 科学的なアクシデント、(b) 人間による非意図的なカタストロフと (c) 人間による意図的なカタストロフに分けられることを

指摘している。今回は①に分類されるカタストロフに着目していることになるが、②に着目した応用的な研究は今後の課題である。

- (5) 本研究においては分析にあたって保有額を1/100にしたものを用いている。これは、保有額の影響があるものの、保有額の平均値が大きいために1ポイントあたりの効果が非常に小さく、解釈が難しくなると想定されたためである。

### 謝辞

本研究にあたり、明治大学情報コミュニケーション学部友野典男教授のご指導をいただきました。基本的なアイデアは同学部山崎浩二准教授よりいただき同学部石川幹人教授のコメントを賜りました。先生方に心より感謝申し上げます。また、3人の査読者の先生から大変有益なアドバイスをいただき、本論文に反映させていただきました。ここに記して感謝いたします。なお、本研究は「明治大学大学院研究調査プログラム」による助成を受けました。本研究の一部は「損失の「予告」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」として、第8回日本計画行政学会関東支部／社会情報学会共催若手研究交流会で発表し、2014年度明治大学大学院情報コミュニケーション研究科博士学位論文、「ゲーム状況における協力行動に関する研究：カタストロフゲーム・アプローチ」にも一部組み込まれております。

### 参考文献

Akaike, H. (1973) Information Theory and An Extension of the Maximum Likelihood Principle, *Proceedings of the 2nd International Symposium on Information Theory*, Petrov, B. N., and Caski, F. (eds.), Akadimiai Kiado, Budapest, pp.267-281.

Bates, D., Maechler, M., Bolker, B. and Walker, S. (2014) lme4: Linear mixed-effects models using Eigen and S4, <<http://lme4.r-forge.r-project.org>> Accessed 2014, September 1.

Chaundhri, A. (2008) *Experiments in Economics: Playing Fair with money*, Routledge, London, 272p.

Chaundhri, A. and Paichayontvijit, T. (2006) Conditional Cooperation and Voluntary Contributions to a Public Good, *Economics Bulletin*, 3(8), pp.1-14.

Cherry, T. L, Kroll, S. and Shogren, J. F. (2005) The Impact of Endowment Heterogeneity and Origin on Public Good Contributions: Evidence from the Lab, *Journal of Behavior and Organization*, 57, pp.357-365.

Fehr, E. and Gächter, S. (2000) Cooperation and Punishment in Public Goods Experiments, *The American Economic Review*, 90(4), pp.980-984.

Fischbacher, U., Gächter, S. and Fehr, E. (2001) Are People Conditionally Cooperative?: Evidence from a Public Goods Experiment, *Economics Letters*, 71, pp.397-404.

Fischbacher, U. (2007) z-Tree: Zurich Toolbox for Ready-made Economic Experiments, *Experimental Economics*, 10(2), pp.171-178.

Gintis, H. (2009) *The Bounds of Reason: Game Theory and the Unification of Behavioral Sciences*, Princeton University Press, Princeton, 304p.

後藤 晶(2014a)「損失と協力行動に関する一考察：成果報酬条件におけるカタストロフゲームによる実験的アプローチ」、『情報知識学会誌』, 24(2), pp.164-171.

後藤 晶 (2014b) 「損失が発生する「範囲」は協

- 力行動に影響を与えるか? : カタストロフゲームによる実験的アプローチ」, 『情報コミュニケーション学会誌』, 10(1), pp.17-26.
- 石野 卓也・大垣 昌夫・亀坂 安紀子・村井 俊哉 (2011) 「東日本大震災の幸福感への影響」, Keio/Kyoto Global COE Discussion Paper Series, DP2011-038, pp.1-13.
- Johnson, D. D. P., Stopkat, P., & Knights, S. (2003) The puzzle of human cooperation. *Nature*, 421, pp.911-912.
- Johnson, D. D. P. (2005) God's Punishment and in 186 World Cultures, *Human Nature*, 16(4), pp.410-446.
- Keser, C., Markstädter, A., Schmidt, M., & Schnitzler, C. (2011) Rich Man and Lazarus – Asymmetric Endowments in Public-Goods Experiments, < <http://www.indiana.edu/~econdept/conference/GameTheory/Keser.pdf>>, Accessed 2014, September 1, pp.1-27.
- Kuznetsova, A., Brockhoff, P.B. and Christensen R.H.B. (2014) lmerTest: Tests for Random and Fixed Effects for Linear Mixed Effect Models (lmer Objects of lme4 package). R package version 2.0-6. <<http://CRAN.R-project.org/package=lmerTest>> Accessed 2014, September 1.
- Ledyard, J. O. (1995) Public Goods: A Survey of Experimental Research, in Kagel J. H. and Roth, A. E., *The Handbook of Experimental Economics*, pp.111-194, Princeton University Press, Princeton, 744p.
- Lichtenstein, S., Slovic, P., Fischhoff, B., Layman, M. and Combs, B. (1978) Judged Frequency of Lethal Events, *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory*, 4, pp.551-578.
- Neitzel, J. & Sääksvuori, L. (2013) Normative Conflict and Cooperation in Sequential Social Dilemmas, *Annual Conference 2013 Competition Policy and Regulation in a Global Economic Order*, 79904, <[http://econstor.eu/bitstream/10419/79904/1/VfS\\_2013\\_pid\\_725.pdf](http://econstor.eu/bitstream/10419/79904/1/VfS_2013_pid_725.pdf)>, Accessed 2014, September 1.
- Posner, R. (2004) *Catastrophe: risk and responses*, Oxford University Press, Oxford, 336p.
- R Core Team (2014) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, <<http://www.R-project.org/>>, Austria, Accessed 2014, September 1.
- Raphael, B. (1986) *When Disaster Strikes: How individuals and Communities Cope With Catastrophe*, Basic Books, New York, 342p.
- Rebecca, S. (2010) *A Paradise Built in Hell: The Extraordinary Communities That Arise in Disaster*, Penguin Books, London, 368p.
- Sefton, M., Shupp, R., & Walker, J. M. (2007). The effect of rewards and sanctions in provision of public goods. *Economic Inquiry*, 45, pp.671-690.
- Smith, V., (1976) Experimental Economics: Induced Value Theory, *The American Economic Review*, 66, pp.274-279.
- 竹村和久 (2009) 『行動意思決定論-経済行動の心理学-』, 日本評論社, 213p.
- Thom, R., (1975) *Structural Stability and Morphogenesis*, Reprint in 1994, Westview Press, New York, 400p.
- Vladimir, I. A. (1991) *Catastrophe Theory*, Third, Revised and Expanded Edition, Reprint in 2003, Springer, Berlin, 168p.
- Wickham, H. (2009) *ggplot2: elegant graphics for data analysis*, Springer, Springer, Berlin, 213p.