

## 科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

平成25年8月28日現在

|   |
|---|
| 機関番号：13701  |
| 研究種目：挑戦的萌芽研究  |
| 研究期間：2011～2012  |
| 課題番号：23656313   |
| 研究課題名（和文） 低炭素社会の実現に向けたクチコミによるCO <sub>2</sub> 排出抑制行動促進の可能性   |
| 研究課題名（英文） PROBABILITY OF PROMOTION OF BEHAVIOR MODIFICATION FOR REDUCING CO <sub>2</sub> EMISSION |
| 研究代表者<br>高木 朗義 (TAKAGI AKIYOSHI)<br>岐阜大学・工学部・教授<br>研究者番号：30322134                                 |

## 研究成果の概要（和文）：

本研究では、低炭素社会の実現に向け、クチコミによりCO<sub>2</sub>排出抑制行動が促進される可能性に着目す。クチコミによってCO<sub>2</sub>排出抑制行動が普及していく様子を表現するに当たり、進化ゲーム理論を適用する。様々な条件下で個人の行動変容に関するシミュレーション分析を繰り返し行って、個人のCO<sub>2</sub>排出抑制行動がどのように変化していくかを分析した。

## 研究成果の概要（英文）：

This study focuses on the probability of promotion of CO<sub>2</sub> emission reduction behavior by a communication towards realization of a low carbon society. We apply an evolutionary game theory, in order to express the promotion of CO<sub>2</sub> emission reduction behavior by a communication. We analyzed how the CO<sub>2</sub> emission reduction behavior would change through repeating the simulation analysis about individual behavior modification under various conditions.

## 交付決定額

(金額単位：円)

|       | 直接経費      | 間接経費    | 合計        |
|-------|-----------|---------|-----------|
| 交付決定額 | 2,200,000 | 660,000 | 2,860,000 |

## 研究分野：工学

科研費の分科・細目：土木工学・土木計画学・交通工学

 キーワード：防災計画，環境計画，低炭素社会，face to face，CO<sub>2</sub>排出抑制，行動変容，進化ゲーム，クチコミ

## 1. 研究開始当初の背景

CO<sub>2</sub>排出抑制行動の促進のために、従来キャンペーン活動やマスメディアを通じて広報活動などが行われていたが、個人はその重要性は理解しているものの、実際に行動につながることは多くない。一方で、ホテル予約などの際に、ウェブサイトのクチコミ情報を活用することは今や一般的であり、このような個人間の情報交換により効率的に情報共有が可能ではないだろうか。環境抑制行動を分析した Attari ら(2009)の研究によれば、他者の環境への態度が個人の行動変容に大きな影響を与えることが示されている。環境配慮行動を行う個人の意識、考え方がクチコミ

で広がることで、CO<sub>2</sub>排出抑制行動を促進させることが可能と期待される。

クチコミによって、CO<sub>2</sub>排出抑制行動が普及していく可能性を探るためには、クチコミが広がっていく様子を再現するようなモデルが必要である。また、コンタクトしている個人の態度によって、各個人の利得が変化するため、情報交換は、ゲーム理論を活用することが適当であるといえる。そのため、本研究では、時間を通じた行動変化を表現可能な動学モデルである進化ゲーム理論的アプローチを採用することで、クチコミによってCO<sub>2</sub>排出抑制行動が普及していく様子を表現することで、様々な政策評価をめざす。なお、

関連研究として、地球温暖化行動をゲームとして表現しているものは存在するが、そのプロセスの記述を試みた研究は例を見ない。

## 2. 研究の目的

本研究の主な目標は、クチコミによる個人のCO<sub>2</sub>排出抑制行動に関する意思決定変化のプロセスについて、進化ゲーム理論を用いることで分析可能かつ実地的なモデルを構築することである。アンケート調査に基づき行動変容モデルに関するパラメータ推定を行うことで、現実的なモデル化をめざす。最終的には、様々な条件下で個人の行動変容に関するシミュレーション分析を繰り返し行い、CO<sub>2</sub>排出抑制行動促進に関する政策的示唆を見いだすことを目的とする。

## 3. 研究の方法

### (1)進化ゲーム理論に基づく行動変容モデルの構築

進化ゲーム理論における模倣を仮定した非対称ゲームのひとつの模倣ダイナミクスを拡張し、行動変容モデルを構築する。非対称ゲームの模倣ダイナミクスとは、個人の意思決定時において「他者の利得」と「自身の利得」を比較して、他者の行動を模倣するか、現在の行動を続けるか、についての行動選択を表現できるモデルである。

### (2)アンケート調査による行動変容モデルの特定化

個人のCO<sub>2</sub>排出抑制行動において影響を及ぼす要因に関するパラメータを、アンケート調査で得られたデータに基づいて推定する。アンケートでは、様々なCO<sub>2</sub>排出抑制行動(省エネ行動)における実施状況と取り組みやすさを調査する。これにより、個人の嗜好を考慮したより現実に近い行動変容モデルを特定化することができる。

### (3)行動シミュレーションに基づくCO<sub>2</sub>排出抑制行動変容に関する基礎的分析

進化ゲーム理論に基づく行動変容モデルを用いて、CO<sub>2</sub>排出抑制行動変容に関するシミュレーションを行う。とくに、多数の個人の何人かがそれぞれ他者とコミュニケーションをとると、CO<sub>2</sub>排出抑制行動に関する情報を交換し、自身の行動を変容するかどうかを決定する。このような行動シミュレーションを様々な条件で繰り返すことによって、CO<sub>2</sub>排出抑制行動に関する行動変容のプロセスや、その行動に影響を及ぼす要因・条件を整理する。

### (4)ケーススタディに基づくCO<sub>2</sub>排出抑制行動促進策に関する分析

CO<sub>2</sub>排出抑制行動変容に影響を及ぼす要因や条件に基づいて、具体的なCO<sub>2</sub>排出抑制行動促進策を検討するために、長野県長野市鬼無里地区を対象とし、様々な政策オプション

を想定したケーススタディを行う。これにより、促進策に関する政策的な示唆を獲得するとともに、効率的かつ効果的で実現性の高い施策を見いだす。

## 4. 研究成果

### (1)進化ゲーム理論に基づく行動変容モデル

進化ゲーム理論における模倣を仮定した非対称ゲームの模倣ダイナミクスを拡張し、行動変容モデルを構築した。

個人がCO<sub>2</sub>排出抑制行動をするかしないかの意思決定過程をモデル化するにあたり、意思決定主体である個人の利得要素を定義する。ここでは、個人は日々地域社会の中で何度も他者と出会い他者の行動を参考にするため、他者や社会との自身の関係性や道徳意識、他者から見られているという意識を、自身の行動に関する意思決定に影響を与える要素と考え、以下の3つを利得要素とした。

①行動コスト( $\Delta P_{act}$ ):行動に伴うコストや困難さ

②環境改善便益( $\Delta P_{env}$ ):行動による遺産価値(CO<sub>2</sub>排出抑制量)とその認識

③社会的非難( $\Delta P_{sanc}$ ):自分だけが行動しないときの罪悪感

周囲の他者が誰も協力していないときは協力行動をとりにくい。本研究では、地域社会全体での協力率を式に用いることによって、周囲の他者や社会との関係性も考慮した、個人のCO<sub>2</sub>排出抑制行動をした場合としない場合の利得を算出することができるCO<sub>2</sub>排出抑制行動モデルを定式化する。

$$P_c(y) = \Delta P_{env} \cdot (y + 1/N) - \Delta P_{act}$$

$$P_d(y) = (\Delta P_{env} - \Delta P_{sanc}) \cdot y$$

ここで、 $P_c(y)$ :自身がCO<sub>2</sub>排出抑制行動をしたときの利得、 $P_d(y)$ :自身がCO<sub>2</sub>排出抑制行動をしないときの利得、 $y$ :各個人の協力率が1(行動する)または0(行動しない)ときの地域社会全体での協力率、 $N$ :総住民数。

非対称模倣ダイナミクスは、地域社会のなかで時間経過とともに個人が他者とコミュニケーションをとり影響を受けるなかで、行動を変化させていく過程をシミュレーションできる。コミュニケーションをとることにより、社会的動機を持ち主や協力行動をしている人と仲間意識を共有することで、周りも協力行動をするようになって考えられる。非対称模倣ダイナミクスでは、同じ立場のプレイヤーが複数存在する集団での模倣による変化をみるものであるため、行動変容ダイナミクスでは、地域社会のなかにある集団で、CO<sub>2</sub>排出抑制行動を行っている人のシェアの変化をシミュレーションする。以下に行動変容ダイナミクスの導出過程を示す。

まず、2つの集団間でコミュニケーションをとると仮定する。各利得の値の大小は、 $a_{11}, b_{11} \geq a_{22}, b_{22} \geq a_{12}, b_{12}, a_{21}, b_{21}$ である。ある立場*i*のプレイヤーの集団を集団*i*とする。集団*i* (集団1と集団2) はそれぞれ「行動する」と「行動しない」の2つの戦略がある。集団1で「行動する」の戦略をとる人のシェアを  $x$ 、集団2で「行動する」の戦略をとる人のシェアを  $y$  とする。この各集団からランダムに選ばれたプレイヤーが随時コミュニケーションをとっているとする。このとき、個人が「他者の行動を模倣する」または、「現状の行動を続ける」とき、集団*i*における「CO<sub>2</sub>排出抑制行動をする」人のシェアのダイナミクスは次式のように定式化できる。

$$\begin{aligned} dx/dt &= r_1 x(1-x)(-y^2 + 3y - 1) \\ dy/dt &= r_2 y(1-y)(-x^2 + 3x - 1) \end{aligned}$$

ここで、 $x$ : 集団1における「CO<sub>2</sub>排出抑制行動をする」人のシェア、 $y$ : 集団2における「CO<sub>2</sub>排出抑制行動をする」人のシェア、 $r_i$ : 戦略の見直しをする確率。

ダイナミクスのベクトル図が得られる。地域社会において2つの均衡が起り得る状況のとき、地域社会全体の協力率が高まり自身も行動するようになるという良好な状況により収束するが、地域社会全体の協力率が低下し自身も行動しないというような好ましくない状況にも収束していく可能性がある。したがって、個人が他者とコミュニケーションをとり、影響を受けて行動を変容させていくなかで、より良好な状況に変容していくような促進策が必要である。

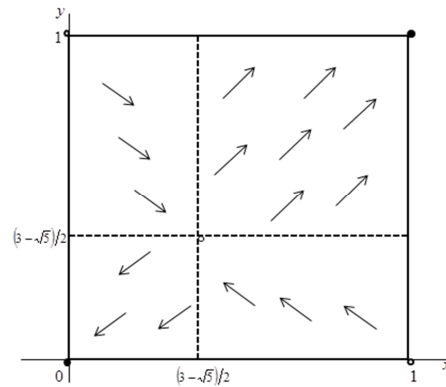
CO<sub>2</sub>排出抑制行動実施状況の利得

|     |       | 集団2                |                    |
|-----|-------|--------------------|--------------------|
|     |       | 行動する               | 行動しない              |
| 集団1 | 行動する  | $(a_{11}, b_{11})$ | $(a_{12}, b_{12})$ |
|     | 行動しない | $(a_{21}, b_{21})$ | $(a_{22}, b_{22})$ |

## (2) 行動シミュレーションに基づく CO<sub>2</sub> 排出抑制行動変容に関する基礎的分析

進化ゲーム理論に基づく行動変容モデルを用いて、CO<sub>2</sub>排出抑制行動変容に関するシミュレーションを行った。とくに、多数の個人の何人かがそれぞれ他者とコミュニケーションをとると、CO<sub>2</sub>排出抑制行動に関する情報を交換し、自身の行動を変容するかどうかを決定した。このような行動シミュレーションを様々な条件で繰り返すことによって、CO<sub>2</sub>排出抑制行動に関する行動変容のプロセスや、その行動に影響を及ぼす要因・条件を整理した。行動変容シミュレーションにおける仮定を以下に示す。

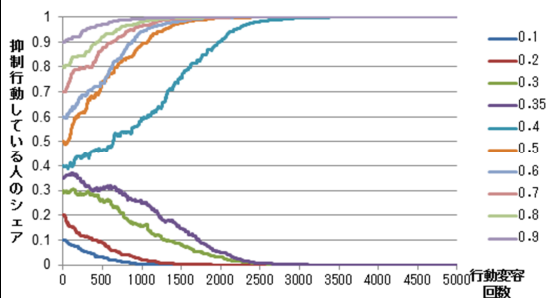
仮定1: 行動変容シミュレーションにおけるプレイヤー集団は、鬼無里内のとある集団1, 2とし、それぞれプレイヤ



$(x, y) = (0, 0), (1, 1)$  のとき、漸近安定点

$(x, y) = (0, 1), (1, 0)$  のとき、不安定点

$(x, y) = ((3 - \sqrt{5})/2, (3 - \sqrt{5})/2)$  のとき、鞍点



シミュレーションによる基礎分析結果

一人数は50人とする。

仮定2: この各集団からランダムに選ばれたプレイヤー2人が随時コミュニケーションをとっているとする。また、相手が同じ行動をとっていた場合は行動変容しない。

仮定3: 各集団内のプレイヤーは同一の意識、利得をもつものとする。

一定以上にCO<sub>2</sub>排出抑制行動する人のシェアがある場合にはコミュニケーションを繰り返すにつれ、より良好な状況へ収束する。しかし、シェアが低い場合にはコミュニケーションを繰り返すにつれ、CO<sub>2</sub>排出抑制行動をしないという好ましくない状況に収束してしまう。そのため現況のシェアが低い場合でも、コミュニケーションを繰り返すことにより、個人にとっても地域社会全体にとっても利得が高い良好な状況にのみ変容していくような促進策の検討が必要といえる。

## (3) アンケート調査に基づくモデルの特定化

個人のCO<sub>2</sub>排出抑制行動において影響を及ぼす要因に関するパラメータを、アンケート調査で得られたデータに基づいて推定した。都市部と中山間地におけるCO<sub>2</sub>排出抑制行動の相違を比較するために、旧長野市内と長野市鬼無里地区を対象とし、前者はWebにて、後者は各戸への訪問ヒアリングにて、様々な





り、鬼無里地区での家庭での取り組みの実施率の変化は、コミュニケーションを繰り返すにつれ、増加していくことが分かった。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 11 件)

- (1) Makoto Hirazawa, Koji Kitaura, Akira Yakita, Fertility, intra-generational redistribution and social security sustainability, Canadian Journal of Economics, 査読有, forthcoming.
- (2) Schmöcker, J.-D., Shimamoto, H. and Kurauchi, F., “Generation and Calibration of Transit Hyperpaths”, Procedia- Social and Behavioral Sciences, accepted for publication, 2013.
- (3) Sachiko OHNO, Akiyoshi TAKAGI, Fumitaka KURAUCHI, Yoshifumi DEMURA, A Study on Governance for Cooperative Road Facilities Management, Journal of Society for Social Management Systems, 査読有, 2012, SMS12-3255.
- (4) Koji Kitaura, Education, borrowing constraints and growth, Economics Letters, 査読有, 116(3), 2012, 575-578.
- (5) 丸林紗代, 高木朗義, 進化ゲーム理論を用いた中山間地域における自主的な CO2 排出抑制行動分析, 土木計画学研究・講演集, 査読無, Vol.46, 2012, 93.
- (6) Shimamoto, H., Schmöcker, J.-D. and Kurauchi, F., “Optimisation of a Bus Network Configuration and Frequency Considering the Common Lines Problem”, Journal of Transportation Technologies, 査読有, Vol. 2, No. 3, 2012, 220-229. DOI: 10.4236/jtts.2012.23024
- (7) Kurauchi, F., Schmöcker, J.-D. and Shimamoto, H., “Understanding Demand/Supply Variations on Transit Network Using Smartcard Data”, Proceedings of the 5th International Symposium on Transportation Network Reliability, 査読有, 2012, 1011-1024.
- (8) Atsumasa KONDO, Koji KITAURA, International Linkage of Inflation Rates in a Dynamic General Equilibrium, Journal of Economics, 査読有, 2012. DOI: 10.1007/s00712-011-0256-2
- (9) F. Kurauchi, J.-D. Schmöcker, A. Fonzone, S. M. H. Hemdan, H. Shimamoto and M. G. H. Bell, Estimation of Weights of Times and Transfers for Hyperpath Travellers, Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, accepted for publication, 査読有, 2012.
- (10) Koji KITAURA, Hikaru OGAWA and Sayaka YAKITA, Multiple Equilibria Arising from the Donor's Aid Policy in Economic Development, Journal of Macroeconomics, 査読有, 33, 2011, 819-827. DOI: 10.1016/j.jmacro.2011.09.003
- (11) Schmöcker, J.-D., Fonzone, A., Bell, M. G. H., Kurauchi, F. and Shimamoto, H. “Frequency-based Transit Assignment Considering Seat

Capacities”, Transportation Research, Part B, 査読有, Vol. 45, Issue 2, 2011, 392-408.

[学会発表] (計 8 件)

- ① 北浦康嗣, Public infrastructure, regional spillovers and economic growth, 応用地域学会第 26 回研究発表大会, 2012, 青森公立大学.
- ② Ishida, H., Demura, Y., Takagi, A., Kurauchi, F., Personal Network as the Foundation for the Sustainable Neighborhood Regeneration: Two Types of Communities in Iwamura, paper presented at the Ninth Workshop on Social Capital and Development Trends in the Swedish and Japanese Countryside, 2012, Österlen, Sweden.
- ③ 下岡雄一, 高木朗義, 北浦康嗣, コミュニケーションを介した自助・共助意識向上のための埋没便益への気付き, 第 43 回土木計画学研究発表会, 2011, 筑波大学.
- ④ 石田大貴, 出村嘉史, 高木朗義, 倉内文孝, 持続的なまちづくりを支える人々のネットワーク—岐阜岩村を事例として—, 第 43 回土木計画学研究発表会, 2011, 筑波大学.
- ⑤ 北浦康嗣, 佐藤祐樹, 高木朗義, 世代重複モデルを用いた環境教育における CO2 排出抑制効果の分析, 日本応用経済学会 2011 年度春季大会, 2011, 中京大学.
- ⑥ Guo, M and Kurauchi, F. Study on Changes in Land Use and Socioeconomic Indices and Transport System and Their Relevance during the Late 20th Century in Gifu City Based on GIS, Proceedings of International Conference on Computers in Urban Planning and Urban Management, 2011, Calgary, Canada.
- ⑦ Shimamoto, H., Schmöcker, J.-D. and Kurauchi, F., Optimisation of a Bus Network Configuration Considering the 91st Common Lines Problem, the Annual Meeting Compendium of Papers, Transportation Research Board, 2012, Washington, D.C., U.S.A.
- ⑧ 丸林紗代, 高木朗義, 中山間地域における個人の自主的な CO2 排出抑制行動, 平成 23 年度土木学会中部支部研究発表会, 2011, 信州大学.

[その他]

ホームページ等

[http://www1.gifu-u.ac.jp/~a\\_takagi/index.htm](http://www1.gifu-u.ac.jp/~a_takagi/index.htm)

<http://www.gu-rsp.org/main/>

#### 6. 研究組織

##### (1) 研究代表者

高木 朗義 (TAKAGI AKIYOSHI)

岐阜大学・工学部・教授

研究者番号：30322134

##### (2) 研究分担者

倉内 文孝 (KURAUCHI FUMITAKA)

岐阜大学・工学部・教授

研究者番号：10263104

北浦 康嗣 (KITAURA KOJI)

法政大学・社会学部・准教授

研究者番号：90565300