

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

丸林 紗代¹・高木 朗義²

¹学生会員 岐阜大学大学院 工学研究科博士前期課程 社会基盤工学専攻 (〒501-1193 岐阜市柳戸1-1)
E-mail:r3121021@edu.gifu-u.ac.jp

²正会員 博士(工学) 岐阜大学教授 工学部 社会基盤工学科 (〒501-1193 岐阜市柳戸1-1)
E-mail:a_takagi@gifu-u.ac.jp

本研究では長野県長野市鬼無里を対象に、中山間地域に適した抑制行動促進策の検討を目的として、個人の自主的なCO₂排出抑制行動について分析した。分析にあたり鬼無里の地域社会構造も捉えた個人のCO₂排出抑制行動モデルを構築し、個人が他者とコミュニケーションをとり行動を変化させていく過程をシミュレーションした。その結果、「自家用車利用からバス利用への転換」と「家庭における取り組み」の2つの排出抑制行動について、コミュニケーションによる行動する楽しさや仲間意識の共有が、促進に有効であることが得られた。

Key Words : *Evolutionary Game Theory, behavior modification, Communication*

1. はじめに

近年、日本のCO₂排出量は増加している。部門別にみると、運輸部門では、低公害車の普及や自家用貨物車から営業貨物車への転換により、減少傾向にあるが、排出量の半数を自家用車が占めている。また、排出量自体は少ないものの、家庭部門において排出量は増加傾向にある。そのため、自家用車も含めた家庭における個人の排出量抑制が必要といえる。

そこで、政府が「チャレンジ25」という取り組みを展開しているほか、地域の取り組みもなされている。長野県では、市民団体、地域企業、大学、行政機関等が協働して「自然エネルギー信州ネット」という組織が地球温暖化防止や化石燃料等に頼らないエネルギーの地産地消を目指した活動を行っている。より地域に根ざした活動として、長野県長野市鬼無里の事例が挙げられる。鬼無里は長野市北西部に位置する中山間地域で、住民の多くが70歳以上であるものの、自家用車利用が多くバスの利用者が少ないという現状がある。そこで、「NPO法人まめっぺ鬼無里」では、脱温暖化を柱に中山間地域の化石燃料依存社会からの脱却を図り、環境に優しい移動手段と交通弱者の生活の質確保を目指した研究開発プロジェクトを始めている。

本研究では、中山間地域に適した効果的なCO₂排出抑制行動促進策の検討を目的として、長野県長野市鬼無里を対象に、個人がいかに関自主的にCO₂排出抑制行動するかを分析する。ここで、自主的なCO₂排出抑制行動とは、家庭でできるCO₂排出量を抑制する行動と、自家用車利用からバス利用への転換とする。

個人がいかに関自主的にCO₂排出抑制行動をするかを分析するにあたり、個人は他者の行動により影響を受け行動するかしないかを意思決定すると考えられるため、鬼無里の地域社会構造も捉えた、個人のCO₂排出抑制行動モデルを構築する。そして一時点だけでなく、鬼無里の地域社会の中で個人が他者とコミュニケーションをとり、行動を変化させていく過程をシミュレーションし、より現実に近い個人の意思決定過程の分析を試みる。これらの分析を行うことで、中山間地域に適した効果的なCO₂排出抑制行動促進策を検討する。

2. 本研究の位置付け

本章では、自主的な行動変容を分析するにあたり、自発的な行動変容を促す方法と、環境配慮行動に関する既往研究を整理し、本研究の位置づけを示す。

自発的な行動変容を導く方法として、藤井¹⁾は「コミ

コミュニケーション」を挙げている。MMにおける代表的なコミュニケーション施策の「トラベル・フィードバック・プログラム(以下、TFP)」などのコミュニケーション施策による行動変容が示されている。より日常的なコミュニケーションとしては、住民同士の会話が挙げられる。そこで、住民同士の会話というコミュニケーションによる自主的な行動変容について検討が必要である。そこで、どのように行動変容されていくかの検討にあたり、進化ゲーム理論が考えらえる。大浦²⁾は秩序問題の中核に社会的ジレンマの回避問題があるとして、秩序問題へ進化ゲーム理論的なアプローチ方策について考察している。進化ゲーム理論は合理性を必ずしも必要としない動学化されたゲーム理論で、プレイヤーの行動の変化やその落ち着き先を予測することができる³⁾。そのため、より現実的な人間像を仮定した推論ができる。鈴木、高月、酒井⁴⁾は、環境問題の解決のための個人のライフスタイル変更が不可欠であるという立場から、各個人が環境配慮型の行動をいかにして採用できるかについて、個人の購買行動の中で省包装野菜の選択を対象にゲーム理論の手法を用いてモデル化している。その結果、環境配慮行動は社会で取り組んでいる人の割合が非常に大きな要素となっており、周りで取り組んでいる人がいるのをより多く認識するといった社会に対する信頼を上げることによっても、取り組みを行う人が多くなるということが示されている。佐藤、高木⁵⁾は、より効果的なCO₂削減促進策の立案に役立てることを目的とし、個人が自主的に地球温暖化抑制行動をするか否かの意思決定プロセスについて分析している。分析においては、進化ゲーム理論の概念を用いて地球温暖化抑制行動モデルを構築し、長期的な行動シミュレーションを行っている。

本研究では、中山間地域の地域社会構造を捉えたCO₂排出抑制行動モデルを構築する。構築にあたり、鈴木、高月、酒井の利得関数のように個人と地域社会の関係性を考慮した利得要素を用いる。そのような利得要素を用いることにより、個人が地域社会全体を相手としてCO₂排出抑制行動するかしないかの意思決定過程を分析できる。また、進化ゲーム理論に基づいた行動変容ダイナミクスを導出する。これにより、時間経過に伴うCO₂排出抑制行動の変容シミュレーションを行える。藤井は自発的な行動変容を促す方法として「コミュニケーション」を挙げている。そのため、鬼無里の地域社会の中で時間経過に伴い住民がコミュニケーションをとることで、自主的なCO₂排出抑制行動の変容を分析できる。そして、行動変容シミュレーションに基づき、地域にあった効果的なCO₂排出抑制行動促進策を検討する。

3. CO₂排出抑制行動モデルの構築

鬼無里の地域社会構造を捉えた、各個人がCO₂排出抑制行動をするかしないかの意思決定過程を示すCO₂排出抑制行動モデルを構築する。

(1) 鬼無里の地域社会構造

CO₂排出抑制行動モデルを構築にあたり、鬼無里の地域社会構造からなるジレンマ状況について述べる。NPO法人まめつてえ鬼無里が行った住民へのアンケート調査⁶⁾より、鬼無里ではバスの利用者はとても少なく、移動手段の多くを自家用車が占めている。CO₂排出を抑制し、中山間地域の化石燃料依存社会からの脱却を図るために、環境に優しい移動手段として自家用車利用からバス利用への転換の必要性はあるが、上記のように自家用車利用が多くを占めているという社会的ジレンマ状況となっている。またバスの利用者は少ないがバスの運行本数の増加等を要望する意見もあり、交通弱者の移動手段の確保はなされていない。

家庭のエネルギー消費によるCO₂排出も抑制が必要である。だが、長野県の家庭における一人当たりのCO₂排出量において灯油が全国値に比べ3倍以上多い⁷⁾。鬼無里においても風呂や台所給湯のほかにもストーブや床暖といった冬季の暖房器具に灯油が多く使用されている。よって、CO₂排出抑制が必要ではあるが、冬季の鬼無里において灯油は欠かせないものとなっている。鬼無里では以上のようなジレンマ状況の地域社会構造となっているといえる。このようなジレンマ状況において、自分と他人の利益の合計を増やすことを重視するような社会的動機の持ち主であるときや仲間意識が強いとき、周りが協力しているときには協力的行動がとられやすい。だが、社会的動機や仲間意識がある場合でも、周りが誰も協力していないときは協力的行動をとりにくい⁸⁾。このように周りの行動は重要となるため、地域社会全体のCO₂排出抑制行動の協力率を上げることは、社会的ジレンマ状況となっている鬼無里の地域社会構造下で個人をCO₂排出抑制行動させるために必要である。そのため、鬼無里の地域社会構造を捉え、また地域社会全体の協力率についても考慮したCO₂排出抑制行動モデルをゲーム理論の概念を用いて定式化する。

(2) 利得要素の検討

個人がCO₂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検討する。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自身という意識が、自分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られる。そこで、鈴木らが各個人が環境配慮型の行動をいかに採用できるかについてゲーム理論の手法を用いたモデルの構築にあたり、環境配慮行動に影響を与える要因として分類した以下の3要素を基にCO₂排出抑制行動モデルにおける利得要素に用いる。

①行動コスト ΔP_{act}

行動に伴うコストや困難さ

②環境改善便益 ΔP_{env}

行動による遺産価値(CO₂排出抑制量)とその認識

③社会的非難 ΔP_{sanc}

自分だけが行動しないときの罪悪感

以上の利得要素を用い、次節にてCO₂排出抑制行動モデルを定式化する。

(3) CO₂排出抑制行動モデルの定式化

本研究では、鈴木らの利得関数を基に、以下の(3.1)、(3.2)式をCO₂排出抑制行動モデルとして定式化する。

$$P_c(y) = \Delta P_{env} \cdot (y + 1/N) - \Delta P_{act} \quad (3.1)$$

$$P_d(y) = (\Delta P_{env} - \Delta P_{sanc}) \cdot y \quad (3.2)$$

ここで、 $P_c(y)$ ：自身がCO₂排出抑制行動をしたときの利得、 $P_d(y)$ ：自身がCO₂排出抑制行動をしないときの利得、 ΔP_{act} ：行動コスト、 ΔP_{env} ：環境改善便益、 ΔP_{sanc} ：社会的非難、 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 ：総住民数である。

周囲の他者が誰も協力していないときは協利行動をとりにくい。そこで、地域社会全体での協力率 y 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CO₂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CO₂排出抑制行動モデルを定式化した。次節ではCO₂排出抑制行動モデルを用い、鬼無里の地域社会全体を相手としたときに個人はCO₂排出抑制行動をするかしないかについて検討する。

(4) 鬼無里の地域社会全体を相手とした個人のCO₂排出抑制行動状況

前節で定式化したCO₂排出抑制行動モデルを用い、鬼無里の地域社会全体を相手とした個人のCO₂排出抑制行動をするかしないかについて検討した。検討にあたり、3人の個人がいる地域社会と仮定し、利得要素と協力率を表-3.1、表-3.2のように仮定した。また仮定した場合の地域社会全体を相手とした個人①(以下、個人)のCO₂排出抑制行動実施状況を表-3.3に示す。

表-3.3より、個人が地域社会全体を相手としたときのCO₂排出抑制行動をするかしないかについての状況は、以下の2つの状況において均衡が実現し得ると考えられる。

- ① 地域社会全体の協力率が高ければ個人も行動する。

表-3.1 利得要素の仮定

	利得要素		
	ΔP_{env}	ΔP_{act}	ΔP_{sanc}
個人①	5	2	3
個人②	4	3	3
個人③	3	4	4

表-3.2 協力率の設定

個人①	地域社会全体の協力率	実施状況	協力率	
			個人①	地域社会全体
行う	高い	3人とも行う	1	1
行う	低い	個人①は行うが、他2人は行わない	1	0.333
行わない	高い	個人①は行わないが、他2人は行う	0	0.666
行わない	低い	3人とも行わない	0	0

表-3.3 地域社会全体を相手とした個人のCO₂排出抑制行動実施状況

		地域社会全体	
		協力率が高い	協力率が低い
個人	行動する	(3,3)	(-0.3,-0.3)
	行動しない	(1.3,-1)	(0,0)

② 地域社会全体の協力率が低ければ個人も行動しない。この2つの状況について、①では、地域社会の多くの人がCO₂排出抑制行動をしており、個人も周りが行っているなら自分もCO₂排出抑制行動を行おうとする。そのため、個人にとっても地域社会全体にとっても、より良い状況となり得る。しかし②では、地域社会の中でCO₂排出抑制行動をしている人は少ない。個人は周りが行っていないなら自分もCO₂排出抑制行動をしないため、個人にとっても地域社会全体にとっても好ましくない状況となり得る。このような2つの状況がなり得る場合、家庭からのCO₂排出抑制が必要なものの、個人も地域社会もCO₂排出抑制行動をしない状況に均衡し得る②より、個人も地域社会もCO₂排出抑制行動をするようになる①に移行することが望まれる。

そこで、進化ゲーム理論を用いることによって、時間経過とともに個人が他者とコミュニケーションを繰り返すにつれ、上記のような2つの状況からどのようにCO₂排出抑制行動が変化していくのかをシミュレーションする。シミュレーションにあたり次項では、表-3.3のような2つの均衡にある場合の行動変容ダイナミクスを導出する。

(5) 行動変容ダイナミクスの導出

CO₂排出抑制行動をするか変化していく状況を表わす行動変容ダイナミクスでは、進化ゲーム理論の非対称模倣ダイナミクスを用いる。非対称模倣ダイナミクスを用いることによって、鬼無里の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ると考えられる。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、鬼無里の地域社会のなかにある集団で、CO₂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。

ここで、表-3.4に示すような2つの集団間でコミュニケーションをとるとする。また鬼無里の地域社会において2つの均衡が起り得るというCO₂排出抑制行動実施状況を踏まえ、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。表-3.4のようなCO₂排出抑制行動の利得をもつ、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と、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「CO₂排出抑制行動をする」人のシェアのダイナミクスは以下の(3.3), (3.4)式のように定式化できる。

$$dx/dt = r_1 x(1-x)(-y^2 + 3y - 1) \quad (3.3)$$

$$dy/dt = r_2 y(1-y)(-x^2 + 3x - 1) \quad (3.4)$$

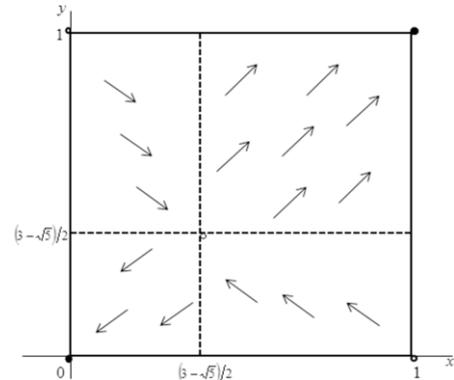
ここで、*x*:集団1における「CO₂排出抑制行動をする」人のシェア、*y*:集団2における「CO₂排出抑制行動をする」人のシェア、*r_i*:戦略の見直しをする確率。

また、(3.3)(3.4)式より、図-3.1のようなダイナミクスのベクトル図が得られる。

図-3.1のように、鬼無里の地域社会において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。しかし、CO₂排出抑制行動をするようになるほうにのみ移行することが望まれるため、各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の検討が必要といえる。そのため次章では、どのように行動変容するかシミュレーションを行い、より良好な状況に変容していくための行動変容の促進策の検討を行う。

表-3.4 CO₂排出抑制行動実施状況の利得表

		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)



(*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 - √5)/2, (3 - √5)/2) のとき、鞍点となる。

図-3.1 ダイナミクスのベクトル図

表-4.1 利得要素の仮定

	利得要素		
	Δ P _{env}	Δ P _{act}	Δ P _{sanc}
集団1	7	4	8
集団2	5	2	6

表-4.2 集団1と集団2のCO₂排出抑制行動実施状況の利得表

		集団1	
		協力率が高い	協力率が低い
集団2	行動する	(3,1)	(-1.67, -0.33)
	行動しない	(-0.67, -0.67)	(0,0)

4. 行動変容シミュレーションに基づく行動変容促進策の検討

導出した行動変容ダイナミクスに基づき、行動変容シミュレーションを行う。以下に行動変容シミュレーションにおける仮定を示す。また、表-4.1に仮定した利得要素を示す。この時の協力率は表-3.2とする。表-4.1の場合の集団1と集団2におけるCO₂排出抑制行動実施状況の利得表を表-4.2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、それぞれプレイヤー人数は 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と、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。

表 - 4.2のように，両集団ともにCO₂排出抑制行動を行う状況と，両集団ともにCO₂排出抑制行動を行わない状況の2つの均衡が起り得る実施状況の場合において，時間経過とともに他者とコミュニケーションをとり影響を受けながら行動を変容させていく過程をシミュレーションした結果，図 - 4.1が得られた。

図 - 4.1より，ランダムにプレイヤーとコミュニケーションを繰り返すにつれ，シェアが細かく変動しながら，現況でのCO₂排出抑制行動をしている人のシェアによって以下の2点に収束することが得られた。現況でCO₂排出抑制行動をしている人のシェアが $(3-\sqrt{5})/2$ 未満の場合は，コミュニケーションを繰り返すにつれ抑制行動をしない方へ収束した。一方，CO₂排出抑制行動をしている人のシェアが $(3-\sqrt{5})/2$ より多い場合は，コミュニケーションを繰り返すにつれ抑制行動をする人のシェアも増加していき，集団全体で抑制行動を行う方へ収束するという結果となった。

以上のように，一定以上CO₂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，CO₂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，個人にとっても鬼無里の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。よって次節以降，自家用車利用からバス利用への転換と，家庭における取り組みの2つのCO₂排出抑制行動について，促進策の検討を行う。

(1) バス利用への行動変容促進策

本節では，自家用車利用によるCO₂排出抑制のため，バス利用の促進策について検討する。3章の鬼無里の地域社会構造でも述べた通り，自分と他人の利益の合計を増やすことを重視するような社会的動機を持ち主であるとき，仲間意識が強いときや周りが協力しているときには協力的行動がとられやすい。しかし社会的動機や仲間意識がある場合でも，周りが誰も協力していないときは協力的行動をとりにくいように周りの行動は重要となる。そこで，周りの協力率を上げるためには，プレイヤー同士でコミュニケーションをとることにより，協力的行動をしている社会的動機を持ち主と仲間意識を共有することが考えられる。

バス利用への変容促進策として，バスに乗っている他者とおしゃべりができ，バスに乗る楽しさと仲間意識を

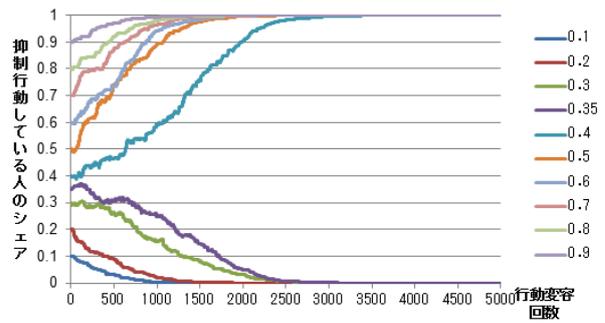


図-4.1 行動変容シミュレーション結果

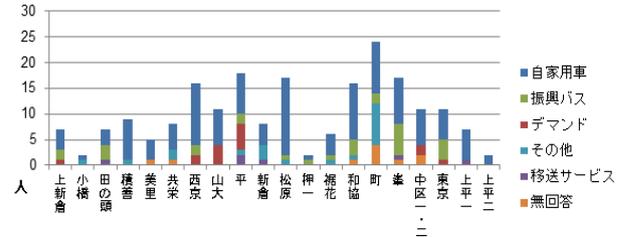


図-4.2 鬼無里診療所への地区別移動手段⁹⁾

共有できるという付加価値が考えられる。そこで，「バスを利用していない」個人*i*が「バスを利用している」他者*x*とコミュニケーションをする場合，個人の利得は以下のようになる。

$$u_i = P_{id}(y) = (\Delta P_{env} - \Delta P_{sanc}) \cdot y \quad (4.1)$$

$$u_x = (\Delta P_{env} + v_{add}) \cdot (y + 1/N) - \Delta P_{act} \quad (4.2)$$

ここで， u_i ：個人*i*の現状の行動をとったときの利得， u_x ：他者*x*の行動を模倣したときの個人*i*の利得， v_{add} ：バスを利用する付加価値。

鬼無里地域社会において，鬼無里診療所の利用者のうち，デマンドバスと振興バスを利用している人の割合は0.12とかなり低い。また，デマンドバスと振興バスを利用している人は，図 - 4.2のように地区ごとで異なる。そのため，バスの利用者の多い地区の住民と，利用者の少ない地区の住民がコミュニケーションをとることによって，両地区のバス利用が更に促進されるのではないかと考えられる。また，コミュニケーションをとる相手によっても，個人に与える影響は異なる。コミュニケーションをとった他者が，環境配慮行動をより率先して行う社会的動機の高い人物であった場合，個人に与える影響はより大きいと考えられる。そこで，バス利用率の高い地区から各地区へコミュニケーションをとることによって，時間経過とともに鬼無里地域全体において利用率がどのように変化するかについてシミュレーションする。シミュレーションに条件を下記のように仮定する。

仮定 1：5年を1期とする。また，住民は月2回ある全地区の住民が集まる集会において，バス利用についてのコミュニケーションを1回とる。そのため1期に住民1人あたり120回コミュニケーションをとるとする。

仮定 2：1期に1つの地区では，1の地区としかコミュ

ニケーションをとらない。

仮定 3：行動変容シミュレーションの仮定，利得等は表 - 4.2 と同じ条件とする。

仮定4：現況のバス利用率が0.24以上の地区には，社会的動機の強く影響力の強いバス利用者が1名いるとする．その住民とコミュニケーションをとった場合，「行動する」ヘシェアを変える確率が2倍となるとする。

時間経過とともに鬼無里地域全体における利用率の変化についてのシミュレーション結果を図 - 4.3に示す。

コミュニケーションをとる相手による影響を考慮し，バス利用促進策を行った場合の鬼無里地域全体のバス利用率は図 - 4.3のように4期目には0.37増加した。

環境配慮行動をより率先して行う社会的動機の強いバス利用者とコミュニケーションをとることで，バスに乗る楽しさと環境配慮行動をおこなっているという仲間意識を共有するということが，鬼無里地域において自主的なバス利用を促進するために有効であるといえる。

(2) 家庭における取り組み促進策

本節では，家庭における家電等のエネルギー消費によるCO₂排出抑制の取り組みでの促進策について検討する。本研究で対象とする取り組みを表-4.3に示す。

長野県内では身近にできる温暖化対策を市民に広げていく活動として，「長野県減 CO₂アクションキャンペーン」や「信州エコポイント事業」といった活動を行っている¹¹⁾¹²⁾。そこで，個人が「面白そうだから自分も抑制行動をして活動に参加しよう」と思い，家庭でできる取り組みを行うことが考えられる。「取り組んでいない」個人*i*が「取り組んでいる」他者*x*とコミュニケーションをする場合，個人の利得は以下ようになる。

$$u_i = (\Delta P_{env} - \Delta P_{sanc}) \cdot y \quad (4.3)$$

$$u_x = \Delta P_{env} \cdot y \quad (4.4)$$

ここで， u_i ：個人*i*の現状の行動をとったときの利得， u_x ：他者*x*の行動を模倣したときの個人*i*の利得。

個人*i*が家庭でできる CO₂排出抑制行動をしている他者とコミュニケーションをとり，面白そうだから参加しようと思うことで面倒さなどの行動コストが減少すると考えられる。そのため(4.4)式のように行動コストがなくなり，環境改善便益と協力率のみが利得に反映される。

家庭におけるエネルギー利用¹³⁾をもとに算出した，鬼無里における一人当たりの地区別 CO₂排出量を図 - 4.4に示す。なお，一人当たりのエネルギー消費量と CO₂換算係数は長野県環境保全所が行った調査¹⁴⁾を参考とした。また，薪やペレット等の木材由来のエネルギーは CO₂排出量を 0 として算出した。図 - 4.4 より，地区ごとに一人当たりの排出量に違いが見られた。これは薪やペレ

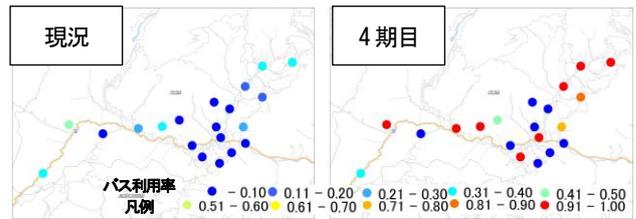


図-4.3 促進策実施によるバス利用率の変化

表-4.3 家庭でできる取り組み¹⁰⁾

CO ₂ 排出抑制行動	
①	暖房は20℃，冷房は28℃を目安に温度設定する
②	人のいない部屋の照明はこまめに消す
③	洗いの物をする時は，給湯器の温度設定を出来るだけ低くするようにする
④	シャワーはお湯を流しっぱなしにしない
⑤	アイドリングは出来るだけしない
⑥	電化製品を使わない時はコンセントからプラグを抜く

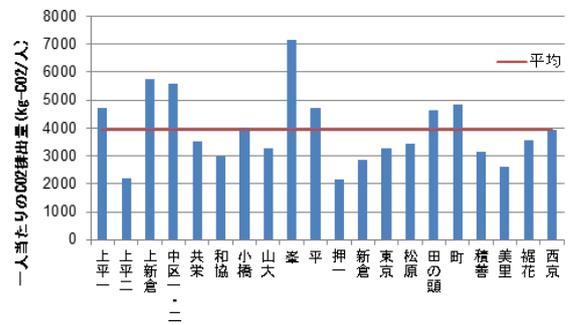


図-4.4 地区別一人あたりのCO₂排出量

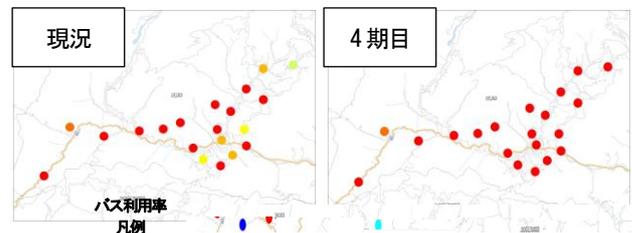


図-4.5 促進策実施による取り組み率の変化

ト等が地区ごとで利用量に差がみられることが要因として考えられる。また，平均値は 3919kg-CO₂/人となった。家庭での CO₂排出量の目標値は，地域や家庭環境等に違いがあるため示されていない。本研究で扱う家庭でできる取り組みをすべて行くと，CO₂は 134 kg-CO₂・年/人削減される¹⁵⁾。そのため，地区別一人当たり CO₂排出量の平均値から，取り組みをすべて行ったときの CO₂削減量 134 kg-CO₂/人を引いた値を，鬼無里地域の人が排出抑制の取り組みを行う状況に収束したときの一人当たり CO₂排出量とする。CO₂排出量からみた家庭でできる取り組みへの取り組み率は 0.9 ととても高くなった。しかし，地区によって取組率は異なるため，バス利用への行動変容促進と同じく家庭での取り組みについても，時間経過とともに鬼無里地域全体において取り組み率がどのように変化するかについてシミュレーションする。シミュレーションに条件を下記のように仮定する。

仮定 1: 5年を1期とする。また、住民は月2回ある全地区の住民が集まる集会において、バス利用についてのコミュニケーションを1回とする。そのため1期に住民1人あたり120回コミュニケーションをとるとする。

仮定 2: 1期に1つの地区では、1の地区としかコミュニケーションをとらない。

仮定 3: 行動変容シミュレーションの仮定、利得等は表-4.2と同じ条件とする。

以上の仮定のもと、時間経過とともに鬼無里地域全体の取り組み率の変化について、シミュレーションした結果を図-4.5に示す。

図-4.5より4期には多くの地区で、すべての人が取り組んでいる状況である1に収束した。さらに鬼無里地域全体でみると取り組み率は0.90から0.98へ増加し、ほとんどの住民が排出抑制の取り組みを行っている状況となった。バス利用における利用率の変化とは異なり、コミュニケーションを繰り返すにつれ取り組み率はすべて増加した。以上より、鬼無里地域での現況のエネルギー利用からみた家庭での取り組みの取り組み率の変化は、コミュニケーションを繰り返すにつれ、行う状況へ変化していくことが分かった。

5. おわりに

本研究では、CO₂排出抑制行動モデルを用いて、個人が鬼無里地域社会全体を相手としCO₂排出抑制行動するかしないかの意思決定過程を表現した。また行動変容ダイナミクスを用いて、コミュニケーションを繰り返すことで行動変容していく状況を分析し、自主的なCO₂排出抑制行動をするための、中山間地域にあった効果的なCO₂排出抑制行動促進策の検討を行った。その結果、一定以上、CO₂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良好な状況へ収束するが、シェアが低い場合には排出抑制行動しないという好ましくない状況に収束してしまった。そのため自家用車利用からバス利用への転換と、家庭における取り組みについてCO₂排出抑制行動を行う状況へ促進するための促進策の検討を行った。自家用車利用からバス利用へのバス利用促進策では、環境配慮行動をより率先して行う社会的動機の高いバス利用者とコミュニケーションをとることでバスに乗る楽しさと環境配慮行動をする仲間意識を共有でき、自主的なバス利用の促進に有効であることがわかった。家庭における取り組みの促進策においても、コミュニケーションを繰り返すにつれ取り組み率の増加につながることを示した。

各個人は同一の意識、利得をもつと仮定し、行動変容シミュレーションを行っている。しかし、各個人は異なる

意識をもっている。鬼無里の現況を表す現実的なモデルとするため、鬼無里住民へアンケート調査を行いモデルを特定化することが課題である。

謝辞:

本研究の一部は、平成23年度学術研究助成基金助成金(挑戦的萌芽研究、課題番号:23656313、研究課題名:低炭素社会の実現に向けたクチコミによるCO₂排出抑制行動促進の可能性、研究代表者:岐阜大学高木朗義教授)によるものである。

参考文献

- 1) 藤井聡:総合的交通政策としてのモビリティ・マネジメント:ソフト施策とハード施策の融合による持続的展開,運輸政策研究10(1), pp.2-10, 2007.
- 2) 大浦宏邦:秩序問題への進化ゲーム理論的アプローチ,平成14~16年度科学研究費補助金研究成果報告書, pp.13-26. 2005.
- 3) 大浦宏邦:社会学者のための進化ゲーム理論 基礎から応用まで, pp.38-40, 勁草書房, 2008.
- 4) 鈴木靖文,高月紘,酒井伸一:環境配慮行動のゲーム理論的モデルによる検討,京都大学学位論文, 1996.
- 5) 佐藤慶和,高木朗義:地球温暖化抑制行動シミュレーションに基づくCO₂削減促進策の評価,岐阜大学学位論文, 2009.
- 6) NPO 法人まめつてえ鬼無里による住民へのアンケート,調査期間2011.3.23-4.10, 回答数360.
- 7) 畑中健一郎,浜田崇,陸斉:家庭のエネルギー消費量とCO₂排出量—長野県内10市町でのアンケートから—,長野県環境保全研究所研究報告書,長野県環境保全研究所, 2011.
- 8) 大浦宏邦:人間行動に潜むジレンマ 自分勝手はやめられない?, pp.90-92, 化学同人, 2007.
- 9) NPO 法人まめつてえ鬼無里による住民へのアンケート,鬼無里診療所までの移動手段,調査期間2011.3.23-4.10, 回答数360.
- 10) 家庭の省エネ大辞典,財団法人省エネルギーセンターHP,最終閲覧日2012.8.2.
<http://www.eccj.or.jp/dict/index.html>
- 11) 長野県減CO₂アクションキャンペーン HP,最終閲覧日2012.8.2, <http://www.stop-ondanka.pref.nagano.jp/>
- 12) 信州エコポイント事業 HP,最終閲覧日2012.8.2, <http://www.shinshu-ecopoint.com/>
- 13) NPO 法人まめつてえ鬼無里による住民へのアンケート,家庭における利用エネルギー種類,調査期間2011.3.23-4.10, 回答数360.
- 14) 畑中健一郎,浜田崇,陸斉:家庭のエネルギー消費量とCO₂排出量—長野県内10市町でのアンケートから—,長野県環境保全研究所研究報告書,長野県環境保全研究所, 2011.
- 15) 家庭の省エネ大辞典,財団法人省エネルギーセンターHP,最終閲覧日2012.8.2.
<http://www.eccj.or.jp/dict/index.html>

(2012.8.3 受付)