ゲーム理論モデルによる
農村アメニティ保存に関する最適政策の模索

吉永健治

1. はじめに

農村地域は，自然，風景，野生動物などの資源や伝統・文化，個人の技術など多くの農村アメニティの供給源に恵まれている。また，近年，こうした農村地域が有するアメニティに対する都市住民の需要が増大している。一般的に言って，農村アメニティに対して，供給者としての農村と需要者としての都市という関係が成立するといってよい。しかし，この関係においては農村アメニティの多くが公共財的特質を有するために市場が成立しない。結果として，農村側にはアメニティの供給を促進するインセンティブが働かず，また都市側にはこうした公共財に対して，いわゆるただ乗りの意志が働く。このため，多くの農村地域におけるアメニティが破壊されたり消失しつつあり，農村アメニティは過小供給の状況にあると言ってよい（吉永〔1〕，OECD〔2〕)。

こうしたことから，農村アメニティを社会が望む最適な水準に保つためには何らかの政策導入が必要とされる。しかし，農村アメニティの多くは，上述の公共財的な特質から，その供給と需要には不特定多数が関与し，その外部効果は地域を越えて影響することから，アメニティ保存の政策導入に当たっては地域で対応すべきか，公的機関で対応すべきか，についての判断が必要とされる。これには農村側のアメニティに対する関心の程度も大きな要素となる。

こうした背景を踏まえて，本稿では，農村アメニティの政策導入に当たって，地域あるいは公的機関がいかに対応すべきかについてゲーム理論を用いて分析する。分析は，棚田景観や稲作文化などのように多くの農村地域において一般的に存在するアメニティを念頭に，その保護政策に伴う負担をめぐって地域と公的機関において論争が存在するものとして分析を進める。

本稿は次のような構成からなる。**2.** で農村アメニティの保護をめぐる地域住民と公的機関における政策論争とゲーム理論によるアプローチの可能性について述べる。**3.** ではアメニティ政策論争に関するゲーム・モデルの構築を行う。このモデルは不完全情報ゲームとして3通りのゲーム・タイプの組み合わせからなる。**4.** においては **3.** で構築されたモデルの各ケースにおける純粋戦略および混合戦略について完全ベイジアン均衡を求める。さらに，各ケースについて，農村アメニティ保存

のための政策ルールについて分析する。**5.**では，**4.**の分析結果について考察し，アメニティ保存に関する政策ルールについて再定義する。また，今後の課題について言及する。

2. アメニティ政策論争とゲーム理論

(1) アメニティ政策論争ゲーム

農村地域に存在するアメニティの保存をめぐって，そのための保存政策（あるいは活動）を地域あるいは公的機関のいずれが実施すべきか，についての政策論争（以下，アメニティ政策論争ゲームと言う）が存在する。ここで，論争の対象者をわかりやすくするために，地域とは地域住民（R）を，公的機関（G）とは県あるいは国を指すものとする。R側にはアメニティの保存に関心のあるタイプと関心のないタイプが存在する。一方，G側はアメニティの保存に関心を有しているとする。したがって，Rは自分がいずれのタイプかを知っているが，GはRのタイプについて何ら情報を有していないと仮定する。このアメニティ政策論争ゲームにおいては，ゲームに参加するRの利得関数がGに対して共通認識になっていないこと，またRとGの手番が逐次であるとして，以下に述べる完全ベイジアン均衡（不完備情報動学ゲーム）によって分析を進める（Rasmusen〔3〕，Gibbons〔4〕，岡田〔5〕）。

(2) ゲーム理論によるアプローチ

ここでのアメニティ政策論争ゲームは非協力ゲームである。理論上，非協力ゲームの解法として，ナッシュ均衡（完備情報静学ゲーム），部分ゲーム完全均衡（完備情報動学ゲーム），ベイジアン均衡（不完備情報静学ゲーム），および完全ベイジアン均衡（不完全情報動学ゲーム）の4つの概念が展開されている。これらの概念は，ゲームに参加する各プレーヤーの利得関数が自分以外のプレイヤーの共通認識になっているか，いないかで完備（complete information）あるいは不完備情報（incomplete information）の区別，またプレイヤーの手番が同時かあるいは逐次かで静学または動学かの組み合わせになっている。このうち，非協力ゲームの中核をなすのはベイジアン均衡および完全ベイジアン均衡である。ここで，この概念以外に各プレイヤーが自分の手番になったときに，それまでのゲームの経路を完全に知っている場合を完全情報（perfect information）ゲーム，そうでない場合を不完全情報（inperfect information）ゲームと呼んでいることに留意しておこう。ここで，不完備情報ゲーム（ベイジアン・ゲームとも呼ばれる）についてもう少し具体的に見てみよう(1)（山口〔6〕）。

①ベイジアン・ゲームでは各プレイヤーが私的情報（θ）を持っている。そして，たとえば第iプレイヤーの私的情報θ_iを第iプレイヤーの特性を表すという意味でタイプという。プレイヤーi∈N（1, 2,...........n）の戦略の集合をσ_i，戦略の組σの集合を$\sigma = \times_i \sigma_i$とし，私的情報の組を$\theta=(\theta_1, \theta_2, ...\theta_n)$で表す。このとき，行動空間$A_i$（$a_1, a_2, ...a_n$）におけるプレイヤーiの利得関数は$U_i(a_1, a_2, ...a_n; \theta)$となる。また，プレイヤーiは，他のプレイヤーのタイプについて主観的確率$P_i(\theta_{-i}|\theta_i)$，すなわち信念（belief）を有している。

②ベイジアン・ゲーム（静学の場合）の手順は，先ず自然という仮想のプレイヤーがタイプθ_iを可能なタイプの集合Θ_iから選び，プレイヤーのタイプ・ベクトル$\theta=(\theta_1, \theta_2, ...\theta_n)$を決める。このとき，第iプレイヤーは自然が選んだタイプθ_iを知ることができるが，他のプレイヤーはそれを知らない。各プレイヤーは，それぞれの行動を行動空間A_iから選択し，利得$U_i(a_1, a_2, ...a_n; \theta)$を受け取る。

③このように，自然による手番を取り入れることでベイジアン・ゲーム（不完備情報ゲーム）を不完全情報ゲームに置き換えることができる（Harsanyi〔7〕)。自然がタイプを選ぶとき，事前確率分布 $p(\theta)$ に従って選ぶと仮定され，このことは各プレイヤーの共通認識になっている。自然が θ_i を第iプレイヤーに明かしたとき，プレイヤーiは信念 $P_i(\theta_{-i}|\theta_i)$ をベイズ公式によって計算できる。また，他のプレイヤーもプレイヤーiがタイプ θ_i に依存してもっている信念を計算できる。

ここで，ベイズ公式は，事象Bが起こったものとして事象Aの起こる条件付き確率P(A|B) を計算することであり次式で表される。

$$Prob(A_i|B)=\frac{Prob(B|A_i)\cdot Prob(A_i)}{\sum_{i=1}^{N} Prob(B|A_i)\cdot Prob(A_i)}$$

④ベイジアン・ゲームにおける（純粋）戦略は，タイプ空間（Θ_i）のそれぞれの値に対応して実行可能な行動 A_i から戦略 σ_i（θ_i）を指定する関数となる。すなわち，プレイヤーiは自分のタイプを知っていても他のプレイヤーがどのような行動をとるか考慮する必要があり，あらゆる可能な私的情報に対応した行動の組み合わせを検討しなければならない。以上のことから，一般に，ベイジアン・ゲームの構造は $\Gamma^b=(N, (A_i)_{i\in N}, (\Theta_i)_{i\in N}, (P_i)_{i\in N}, (U_i)_{i\in N},)$ と表現される。

⑤ここで，完全ベイジアン均衡というのは，ベイジアン均衡において脅しやはったり等による均衡を除外できるようにさらに精緻化したもので，部分ゲーム均衡における合理性，事後確率を求めるときにベイズ公式を用いるものである。完全ベイジアン均衡（Perfect Bayesian Equilibrium : PBE）は次のように定義される（Rasmusen〔3, P. 146〕)。

［完全ベイジアン均衡の定義］

完全ベイジアン均衡は，ゲームにおける各節において次の条件を満足する戦略 σ と信念 μ の組み合わせである(2)。

(ｉ)他のプレイヤーの戦略と信念が与えられた場合，それは残りのゲームに対しても戦略の組であること。

(ii)各情報集合における信念は，ゲームにおいてそれまでの経路からして合理的であること（すなわち，均衡であるという仮定のもとで他のプレイヤーの行動が与えられたとき，信念はベイズ公式によって改善された事前確率に基づいていること)。

3. 基本モデルの構築

アメニティ政策論争ゲームにおけるプレーヤーは地域住民（R）と公的機関（G）である。Rには，アメニティの保存に関心を有するタイプ（Type I）と，そうでないタイプ（Type II）が存在する。一方，Gはアメニティの保存に関心を有しているものとする。Rは戦略 σ(r)∈ {1, 0}，Gは戦略 σ（g）∈ {1, 0} をそれぞれ有し，これらは次のような戦略的な意味をもっている。

R：戦略 $\sigma(r)=1$ はアメニティ保存政策に協力する。戦略 $\sigma(r)=0$ は協力しない。

G：戦略 $\sigma(g)=1$ はアメニティ保存政策に協力する。戦略 $\sigma(g)=0$ は協力しない。

ここで，RおよびGの利得関数 U_i は各タイプによって異なる。重要なことは，利得関数の仮定の仕方によってゲーム・モデルの構造や導かれる結果の妥当性が左右されることである。したがって，利得関数の設定についてはアメニティ政策論争における現状を簡潔に表現できることが好ましい。次に，Rの各タイプの利得関数について検討し，各タイプにおけるゲーム・モデルを構築する。

(1) Type I（R がアメニティの保存に関心を有している場合）

1) 利得関数の決定

R および G の両者がアメニティの保存に協力する場合，利得は保存による政策便益（Va）から交渉等に必要な取引費用（Ct）および保存に伴う損失機会費用（ξVa）の両者の分担分（1/2ξVa）を差し引いたものとする。両者の一方が協力し，他方がただ乗りするような場合，協力する側の利得はアメニティ保存による政策便益から取引費用およびアメニティ保存に伴う損失機会費用（ξVa）を差し引いたものとする。協力しない側は，アメニティの政策便益にただ乗りし政策便益（Va）を得る。また，両者が協力しない場合は政策（または活動）がとられることなく便益は 0 である。ここで，簡素化のために両者の取引費用は等しいと仮定する。さらに，以下の議論においては，一般性を失うことなく，政策便益（Va）は損失機会費用（ξVa）より大きいとする。

なお，政策便益とは，R あるいは G による政策（あるいは活動）の種類にかかわらずアメニティに対する保存政策によって得られる社会的厚生である。また，損失機会費用とはアメニティの保存に伴う土地等の市場的価値の損失を指すものとする。以上の利得関数を有するゲームを戦略型および展開型で示すと表 1 および図 1 のようになる。

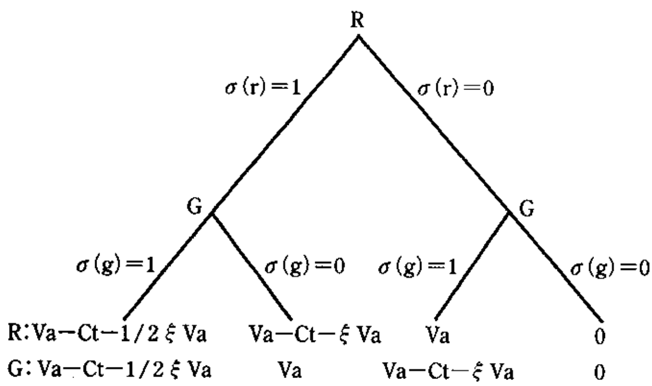
2) 利得関数の順位の決定とゲーム・タイプ[(3)]

① $Va > \xi Va + Ct$ のとき，すなわちアメニティの保存による政策便益が取引費用に損失機会費用を加えたものより大きいとき，$Va > Va - Ct - 1/2\xi Va > Va - Ct - \xi Va > 0$，となり，このときゲームは Chicken Game となる。

② $Va < \xi Va + Ct$ のとき，すなわちアメニ

第 1 表　Type I の戦略型

		G			
		σ(g)=1		σ(g)=0	
R	σ(r)=1	Va−Ct−1/2ξVa	Va−Ct−1/2ξVa	Va−Ct−ξVa	Va
	σ(r)=0	Va	Va−Ct−ξVa	0	0



Va：アメニティの保存による政策便益
Ct：アメニティ政策のための取引費用
ξVa：政策の実施に伴う損失機会費用

第 1 図　Type I の展開型

ティの保存による政策便益が取引費用に損失機会費用を加えたものより小さいとき，$Va > Va - Ct - 1/2\xi Va > 0 > Va - Ct - \xi Va$，または $Va > 0 > Va - Ct - 1/2\xi Va > Va - Ct - \xi Va$ となり，このときゲームは，前者においては Prisoners' Dilemma Game，後者においては Deadlock Game となる。

(2) Type II（R がアメニティの保存に関心を有していない場合）

1) 利得関数の決定

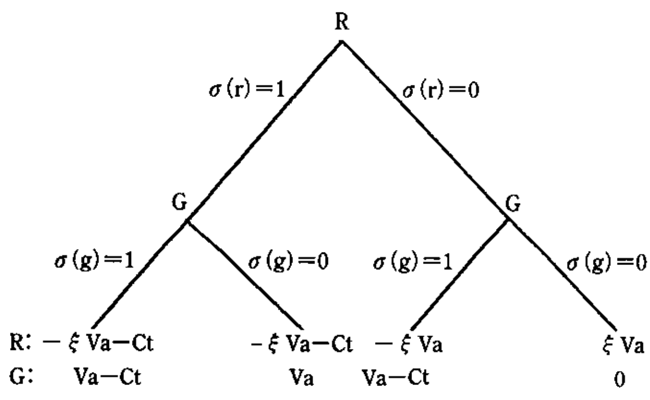
この場合，R はアメニティ保存に関して消極的（むしろ開発志向的）であり，アメニティの保存政策により負の政策便益（すなわち，政策がなかった場合において，アメニティを開発することで得られたであろう便益を失うこと）を蒙るとする。言い換えれば，政策がとられないことにより機会費用による便益を得る。G は，Type I の場合と同様に政策の実施によって政策便益を得るものとする。この状況での両者の利得関数について，R はアメニティに関心が薄く，政策に対して協力する，協力しない，を問わず政策が実施されることにより，政策による損失機会費用（$-\xi Va$）を一方的に蒙ると仮定する。一方，G の利得関数は政策便益（Va）と取引費用（Ct）のみで表され，損失機会費用は考慮しないものとする。同様に，政策便益（Va）は損失機会費用（ξVa）より大きいとする。以上の利得関数を有するゲームを戦略型および展開型で示すと表 2 および図 2 のようになる。

2) 利得関数の順位の決定とゲーム・タイプ

① $Va > \xi Va + Ct$ かつ $Va > Ct$ のとき，すなわちアメニティの保存による政策便益が取引費用に損失機会費用を加えたものより大きく，かつ政策便益が取引費用より大きいと

第 2 表　Type II の戦略型

		G			
		$\sigma(g)=1$		$\sigma(g)=0$	
R	$\sigma(r)=1$	$-\xi Va - Ct$	$Va - Ct$	$-\xi Va - Ct$	Va
	$\sigma(r)=0$	$-\xi Va$	$Va - Ct$	ξVa	0



Va：アメニティの保存による政策便益
Ct：アメニティ政策のための取引費用
ξVa：政策の実施に伴う損失機会費用

第 2 図　Type II の展開型

第3表　可能なゲーム・タイプの組み合わせ

If :	Type I	Type II
$Va > \xi Va + Ct$	Chicken Game	One-side Chicken Game
$Va < \xi Va + Ct$	Prisoners' Dilemma Game or Deadlock Game	(a) $Va > Ct$ のとき, One-side Chicken Game (b) $Va < Ct$ のとき, Deadlock Game

(注)　いずれのタイプにおいても $Va > \xi Va$ である.

き, $Va > Va - Ct > \xi Va > 0 > -\xi Va > -\xi Va - Ct$ となり, このときゲームは One-side Chicken Game となる。

② $Va < \xi Va + Ct$ かつ $Va > Ct$ のとき, すなわちアメニティの保存による政策便益が取引費用に損失機会費用を加えたものより小さく, かつ政策便益が取引費用より大きいとき, $Va > \xi Va > Va - Ct > 0 > -\xi Va > -\xi Va - Ct$ となり, このときゲームは One-side Chicken Game となる。一方, $Va < \xi Va + Ct$ かつ $Va < Ct$ のときは, $Va > \xi Va > 0 > Va - Ct > -\xi Va > -\xi Va - Ct$ となり, このときゲームは Deadlock Game となる。

(3) Type I および Type II のゲーム・タイプの組み合わせ

Type I および Type II における利得関数の順位の決定によって表3に示すような各タイプにおけるゲーム・タイプが決定される。これにより, アメニティ政策論争ゲームにおいては次の3通りのゲーム・タイプの組み合わせが可能となる。

① $Va > \xi Va + Ct$ のとき,

Case 1 : Type I が Chicken Game で Type II が One-side Chicken Game の場合

② $Va < \xi Va + Ct$ のとき,

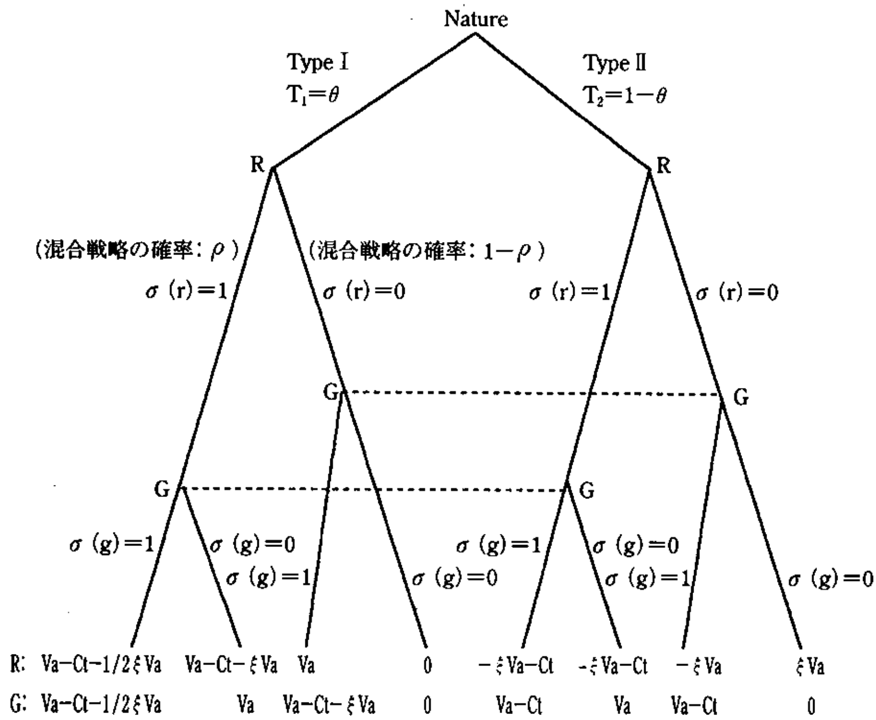
Case 2 : Type I が Prisoners' Dilemma Game で Type II が One-side Chicken Game の場合

Case 3 : Type I が Prisoners' Dilemma Game で Type II が Deadlock Game の場合

ここで, ②において Type I が Deadlock Game の場合の組み合わせについては Prisoners' Dilemma Game の場合の各ケースで代替できる。

4. 最適戦略の分析

この章では, Type I および Type II の3通りのゲーム・タイプの組み合わせに基づいて, 各ケースにおける純粋戦略および混合戦略における最適な組み合わせについて分析を行う。図3には, これらのケースにおけるゲームの基本的な展開型を示してある。このゲームにおいては R と G が交渉を行うとき不確実性が存在する。まず, ゲームは,「自然(Nature)」が R について “Type I, Type II” かを決めることから始まる。ここで, Type I および Type II の事前確率をそれぞれ $T_1 = \theta$, $T_2 = 1 - \theta$ とする。この「自然」による選択を導入することによって, このゲームは不完全情報ゲームとして扱える。「自然」による R のタイプの選定後, R はアメニティ政策に関し “協力する $(\sigma(r)=1)$” か, “協力しない $(\sigma(r)=0)$” のいずれかの戦略について選定する。この選択を行う際, R は自分のタイプに関する情報を有している。これに続いて, G がアメニティの政策に関して “協力する $(\sigma(g)=1)$” か, “協力しない $((g)=0)$” かの選択を行う。一方, G は, R が何を選択したかについては知っているが, R のタイプについては知



第3図　アメニティ政策論争ゲーム

らない。すなわち，Gは，RがType I あるいはType IIのいずれのゲームを行っているかについて情報を有していない。これは図3において波線で表示されている情報集合（information set）によって示される。しかし，Gは直面しているRがいずれのタイプであるかについての信念を考慮してRの行動（"協力する" あるいは"協力しない"）および戦略を調べることにより何らかの情報を得ることができる。こうした情報の不均衡が存在する場合には，一般的に完全ベイジアン均衡（PBE）を用いて分析することができる。

(1)　純粋戦略による最適戦略

1)　Case 1 : Va>ξVa+Ctのとき，Type IがChicken GameでType IIがOne-side Chicken Gameの場合

RおよびGの可能な戦略の組み合わせ16組についてRとGにおけるナッシュ均衡（NE）を求めPBEを調べる。ここでは，事例的に次のRおよびGの戦略の組み合わせについて分析してみる。

R : If Type I, then choose $\sigma(r)=0$
If Type II, then choose $\sigma(r)=0$
G : If $\sigma(r)=0$, then choose $\sigma(g)=1$
If $\sigma(r)=1$, then choose $\sigma(g)=0$

まず，この組み合わせが均衡であるかどうかを調べるためにベイズ公式を用いて，Rが戦略$\sigma(r)=0$をとったときにRがType Iである確率を求める。ここで，図3より事前確率は$T_1=\theta$および$T_2=1-\theta$である。

$$P(\text{Type I}|\sigma(r)=0)$$
$$=\frac{P(\sigma(r)=0|\text{Type I})\cdot P(\text{Type I})}{P(\sigma(r)=0|\text{Type I})\cdot P(\text{Type I})+P(\sigma(r)=0|\text{Type II})\cdot P(\text{Type II})}$$

$=(1\times\theta)/(1\times\theta+(1-\theta))=\theta$

したがって，$P(\text{Type II}|\sigma(r)=0)=1-\theta$，となる。

Rが戦略 $\sigma(r)=0$ をとった場合，Type I である事後確率の結果はGの事前確率に対する信念と同じであり，これは，GはRに対して何ら新たな情報を得ることがないことを意味する。ここで，この確率が与えられたとき，Rが戦略 $\sigma(r)=0$ および $\sigma(r)=1$ を選択したときのGの反応を調べる。それは，Gにおける戦略，“協力する”，“協力しない”に対する期待利得を計算することによって可能である。図3より，Rが $\sigma(r)=0$ をとった場合のGの選択についての期待値は次の通りである。

$$U_g(\sigma(g)=1|\sigma(r)=0)$$
$$=\theta\times(Va-Ct-\xi Va)+(1-\theta)\times(Va-Ct)$$
$$=Va-Ct-\theta\cdot\xi Va \tag{1}$$
$$U_g(\sigma(g)=0|\sigma(r)=0)$$
$$=\theta\times0+(1-\theta)\times0=0 \tag{2}$$

ここで，(1)と(2)を比較する。仮定 $Va>\xi Va+Ct$ より，$Va-Ct-\theta\cdot\xi Va>0$，すなわち $\theta<(V-Ct)/\xi Va$ であれば，Gの最初の戦略は $U_g(\sigma(g)=1|\sigma(r)=0)>U_g(\sigma(g)=0|\sigma(r)=0)$ となる。これは $(Va-Ct)/\xi Va>1$ であり，一方，θ は $0\leq\theta\leq1$ で拘束されており，$(Va-Ct)/\xi Va>1>\theta>0$ となり全ての θ に対して成立する。この場合，GはRが戦略 $\sigma(r)=0$ を選択している限り自らの戦略 $\sigma(g)=1$ を変更するインセンティブは働かない。次に，Gの2番目の戦略について分析する。同様に，ベイズ公式により，Rが戦略 $\sigma(r)=1$ をとった場合においてRが Type I である確率を調べる。

$$P(\text{Type I}|\sigma(r)=1)$$
$$=\frac{P(\sigma(r)=1|\text{Type I})\cdot P(\text{Type I})}{P(\sigma(r)=1|\text{Type I})\cdot P(\text{Type I})+P(\sigma(r)=1|\text{Type II})\cdot P(\text{Type II})}$$
$$=(1\times\theta)/(1\times\theta+0\times(1-\theta))=1$$

したがって，$P(\text{Type II}|\sigma(r)=1)=0$，となる。

また，Rが $\sigma(r)=1$ をとった場合のGの選択についての期待値は次の通りである。

$$U_g(\sigma(g)=1|\sigma(r)=1)$$
$$=1\times(Va-Ct-1/2\xi Va)+0\times(Va-Ct)$$
$$=Va-Ct-1/2\xi Va \tag{3}$$
$$U_g(\sigma(g)=0|\sigma(r)=1)$$
$$=1\times Va+0\times Va=Va \tag{4}$$

ここで，(3)と(4)を比較すると，$U_g(\sigma(g)=0|\sigma(r)=1)>U_g(\sigma(g)=1|\sigma(r)=1)$ である。したがって，Gは2番目の戦略の組み合わせについても戦略を変更することはない。また，この戦略はRが $\sigma(r)=1$ を選択しない以上達成されることがない（off-path である)。一方，Gがこれらの戦略をとっているとき，Rは戦略 $\sigma(r)=0$ を変更するインセンティブは働かない。したがって，この場合の戦略と信念の組み合わせは $\forall\theta$ に対して PBE である。なお，$\theta>(Va-Ct)/\xi V$ のときは $\theta>1$ になり成立しない。

以下同様にして残りの15組の戦略について PBE の可能性を調べればよいが，このうちRが Type II で戦略 $\sigma(r)=1$ を含む8組についてはいずれも戦略 $\sigma(r)=0$ で支配されていることから除外することができる。ここでは，対象となる全の戦略の組み合わせについて詳細することは控えるが，表4に分析の結果をとりまとめてある。同表には，Rが Type I および Type II のいずれのときも戦

略 $\sigma(r)=0$ をとる場合（pooling equilibrium）の G の戦略の組み合わせと，R が Type I のとき戦略 $\sigma(r)=1$，Type II のとき戦略 $\sigma(r)=0$ をとる場合（separating equilibrium）の結果が示されている（Rasmusen〔3〕)。同表から，このケースにおける戦略組み合わせにおいて PBE を達成するのは上記で検討した R および G が戦略 $(\sigma(g)=1|\sigma(r)=0)$ および $(\sigma(g)=0|\sigma(r)=1)$ の組み合わせをとるときのみである。この結果から，次のような政策ルール 1 を定義できる。

[政策ルール 1]

Va>ξVa+Ct のとき，R が，Type I あるいは Type II のいずれであるにかかわらず，戦略 $\sigma(r)=0$ を選択している場合，G が戦略 $\sigma(g)=1$ を選択することが両者にとって最適となる。

すなわち，これはアメニティに対する政策便益が損失機会費用と取引費用を加えたものより大きい場合において，地域住民がアメニティの保存に協力的でない場合には，そのタイプにかかわらず，公的機関が一方的に政策をとることが両者にとって最適であることを意味する。

2) Case 2 : Va<ξVa+Ct かつ Va>Ct のとき，Type I が Prisoners' Dilemma Game で Type II が One-side Chicken Game の場合

このケースにおけるゲーム・タイプの組み合わせについては，16 組の戦略のうち Type I および TypeII とも R の戦略 $\sigma(r)=1$ は戦略 $\sigma(r)=0$ に支配されていることから，この戦略を含む組み合わせ 12 組については除外することができる。したがって，Type I および Type II とも R が戦略 $\sigma(r)=0$ をとった場合の R および G の 4 組の戦略について NE の可能性を調べればよい。ここでは，事例的に次の戦略の組み合わせについて分析してみる。

R : If Type I, then choose $\sigma(r)=0$

If Type II, then choose $\sigma(r)=0$

G : If $\sigma(r)=0$, then choose $\sigma(g)=0$

If $\sigma(r)=1$, then choose $\sigma(g)=0$

まず，図 3 より，R が戦略 $\sigma(r)=0$ をとったときの G の戦略の期待利得を計算する。Case 1 の結果より，(1) と (2) を比較する。仮定 Va<ξVa+Ct および Va>Ct より，Va−Ct−θ・ξVa<0，すなわち 0<(Va−Ct)/ξVa<θ<1 のとき，G の最初の戦略において $U_g(\sigma(g)=0|\sigma(r)=0)>U_g(\sigma(g)=1|\sigma(r)=0)$ が成立する。(3) と (4) を比較すると，G の 2 番目の戦略は $U_g(\sigma(g)=0|\sigma(r)=1)>U_g(\sigma(g)=1|\sigma(r)=1)$ であり，これらの戦略の組み合わせは NE である。同様に，Va−Ct−θ・ξVa>0，すなわち 0<θ<(Va−Ct)/ξVa<1 のとき $U_g\ \sigma(g)=0|\sigma(r)=0)<U_g(\sigma(g)=1|\sigma(r)=0)$ が成立する。また，いずれの場合においても，R には G がこれらの戦略をとった場合に戦略を変更するインセンティブは働かない。それぞれの残りの 3 組の戦略についても同様な計算を行った結果を表 5 に示してある。同表より，上記の戦略組み合わせが PBE である。この結果から，次のような政策ルール 2 を定義できる。

[政策ルール 2]

Va<ξVa+Ct かつ Va>Ct であれば，R が Type I あるいは Type II のいずれにおいても戦略 $\sigma(r)=0$ をとる場合で，R が，0<(Va−Ct)/ξVa<θ<1 のとき，$\sigma(r)=0$ を選択すれば G は $\sigma(g)=0$ を選択することが，また 0<θ<(Va−Ct)/ξVa<1 のとき，$\sigma(r)=0$ を

第4表　Case 1 : $Va > \xi Va + Ct$ (Type I が Chicken Game で Type II が One-side Chicken Game) のときの戦略組み合わせにおける PBE (純粋戦略)

∀θ に対して

R : If Type I, then choose σ (r)=0 / If Type II, then choose σ (r)=0			R : If Type I, then choose σ (r)=1 / If Type II, then choose σ (r)=0	
G chooses :	NE or BR	PBE or not	NE or BR	PBE or not
(σ (g)=1 | σ (r)=0) (σ (g)=0 | σ (r)=1)	NE NE	**PBE**	NE NE	not PBE(1)
(σ (g)=0 | σ (r)=0) (σ (g)=0 | σ (r)=1)	not BR BR	not PBE	not BR BR	not PBE
(σ (g)=0 | σ (r)=0) (σ (g)=1 | σ (r)=1)	not BR not BR	not PBE	not BR not BR	not PBE
(σ (g)=1 | σ (r)=0) (σ (g)=1 | σ (r)=1)	BR not BR	not PBE	BR not BR	not PBE

(注) 1. R が Type I のとき，戦略 σ (r)=1 から σ (r)=0 への変更のインセンティブが働き PBE にならない．

ここで，BR-最適応答，NE-ナッシュ均衡，PBE-完全ベイジアン均衡をそれぞれ意味する．

第5表　Case 2 : $Va < \xi Va + Ct$ かつ $Va > Ct$ (Type I が Prisoners' Dilemma Game で Type II が One-side Chicken Game) のときの戦略の組み合わせにおける PBE (純粋戦略)

R : If Type I, then choose σ (r)=0 / If Type II, then choose σ (r)=0				
G chooses :	0<(Va−Ct)/ξVa<θ≦1		0<θ<(Va−Ct)/ξVa≦1	
	NE or BR	PBE or not	NE or BR	PBE or not
(σ (g)=1 | σ (r)=0) (σ (g)=0 | σ (r)=1)	not BR BR	not PBE	NE NE	**PBE**
(σ (g)=0 | σ (r)=0) (σ (g)=0 | σ (r)=1)	NE NE	**PBE**	not BR BR	not PBE
(σ (g)=0 | σ (r)=0) (σ (g)=1 | σ (r)=1)	BR not BR	not PBE	not BR not BR	not PBE
(σ (g)=1 | σ (r)=0) (σ (g)=1 | σ (r)=1)	not BR not BR	not PBE	BR not BR	not PBE

ここで，BR-最適応答，NE-ナッシュ均衡，PBE-完全ベイジアン均衡をそれぞれ意味する．

第6表　Case 3 : $Va < \xi Va + Ct$ かつ $Va < Ct$ (Type I が Prisoners' Dilemma Game で Type II が Deadlock Game) のときの戦略の組み合わせにおけるPBE (純粋戦略)

∀θ に対して

R : If Type I, then choose σ (r)=0 / If Type II, then choose σ (r)=0		
G chooses :	NE or BR	PBE or not
(σ (g)=0 | σ (r)=0) (σ (g)=0 | σ (r)=1)	NE NE	**PBE**
(σ (g)=1 | σ (r)=0) (σ (g)=0 | σ (r)=1)	not BR BR	not PBE
(σ (g)=0 | σ (r)=0) (σ (g)=1 | σ (r)=1)	BR not BR	not PBE
(σ (g)=1 | σ (r)=0) (σ (g)=1 | σ (r)=1)	not BR not BR	not PBE

ここで，BR-最適応答，NE-ナッシュ均衡，PBE-完全ベイジアン均衡をそれぞれ意味する．

選択すればGは$\sigma(g)=1$を選択することが最適となる。

すなわち，これはアメニティに対する政策便益が損失機会費用と取引費用を加えたものより小さいが，政策便益が取引費用より大きい場合において，地域住民がアメニティに対して協力しない場合には，事後確率（θ）と一定の境界値（$(Va-Ct)/\xi Va$，すなわち政策便益から取引費用を差し引いた純便益と損失機会費用との比）との大小関係によって，公的機関は政策をとるべきかどうかを決定することを意味する。

3) Case 3：$Va<\xi Va+Ct$ かつ $Va<Ct$ のとき，Type I が Prisoners' Dilemma Game で Type II が Deadlock Game）の場合

このゲーム・タイプの組み合わせについても，可能な戦略の組み合わせ16組にのうちType I および Type II とも R の戦略 $\sigma(r)=1$ は戦略 $\sigma(r)=0$ に支配されていることから，これらの戦略を含む組み合わせについては除外できる。したがって，Type I および Type II とも R が戦略 $\sigma(r)=0$ をとった場合について調べればよい。ここでは，事例的に次の戦略の組み合わせについて分析してみる。

R : If Type I, then choose $\sigma(r)=0$
  If Type II, then choose $\sigma(r)=0$
G : If $\sigma(r)=0$, then choose $\sigma(g)=0$
  If $\sigma(r)=1$, then choose $\sigma(g)=0$

同様な方法で，$Va<\xi Va+Ct$ かつ $Va<Ct$ という条件のもとで，(1)と(2)について比較する。条件より，$Va-Ct-\theta\cdot\xi Va<0$，すなわち $(Va-Ct)/\xi Va<0<\theta<1$ となり，このときすべての θ に対して $U_g(\sigma(g)=0|\sigma(r)=0)>U_g(\sigma(g)=1|\sigma(r)=0)$ が成り立つ。また，(3)と(4)を比較すると，Gの2番目の戦略についても $U_g(\sigma(g)=0|\sigma(r)=1)>U_g(\sigma(g)=1|\sigma(r)=1)$ である。また，この戦略は，R が $\sigma(r)=0$ を選んでいる以上達成されることはない。したがって，この戦略の組み合わせはNEとなる。一方，Gのこれらの戦略に対して，Rには戦略を変更するインセンティブは働かない。したがって，これらの組み合わせはPBEとなる。同様な方法で，残りの3組の戦略についても計算し，その結果を表6に示めす。同表から，上記の戦略の組み合わせがPBEとなる。この結果から，次のような政策ルール3が定義される。

[政策ルール3]

$Va<\xi Va+Ct$ かつ $Va<Ct$ のとき，R が，Type I および Type II のいずれにおいても戦略 $\sigma(r)=0$ をとるならば，Gは，Rの戦略にかかわらず，すべての事後確率（θ）に対して戦略 $\sigma(g)=0$ をとることが最適となる。

すなわち，これはアメニティに対する政策便益が損失機会費用と取引費用を加えたものより小さく，しかも政策便益が取引費用より少ない場合において，地域住民がアメニティに対して協力しないような場合，公的機関はアメニティ政策をとることがないことを意味する。

(2) 混合戦略による最適戦略

純粋戦略と同様な考え方で，RおよびGが混合戦略を用いた場合のPBEの可能性について分析する。この場合，混合戦略においても，RがType II で $\sigma(r)=1$ を含む組の戦略については除外することができる。したがって，ここでの混合戦略は図3に示すように，Type I が混合戦略（確率 ρ で $\sigma(r)=1$，確率 $(1-\rho)$ で $\sigma(r)=0$）をとり，Type II が純粋戦略 $\sigma(r)=0$ をとる場合に限られる。

1) Case 4：$Va>\xi Va+Ca$ のとき，Type I

が Chicken Game で Type II が One-side Chicken Game の場合

Type I が混合戦略（確率ρで$\sigma(r)=1$，確率$(1-\rho)$で$\sigma(r)=0$）をとり，Type II が純粋戦略$\sigma(r)=0$をとる場合において，R および G が次の戦略の組み合わせをとる場合について事例的に PBE の可能性を調べてみる。

R : If Type I, then choose（確率ρで$\sigma(r)=1$，確率$(1-\rho)$で$\sigma(r)=0$）

If Type II, then choose $\sigma(r)=0$

G : If $\sigma(r)=0$, then choose $\sigma(g)=1$

If $\sigma(r)=1$, then choose $\sigma(g)=0$

まず，R が戦略$\sigma(r)=0$をとったときに，R が Type I である事後確率をベイズ公式により計算する。

$$P(\text{Type I}|\sigma(r)=0)$$
$$=\frac{P(\sigma(r)=0|\text{Type I})\cdot P(\text{Type I})}{P(\sigma(r)=0|\text{Type I})\cdot P(\text{Type I})+P(\sigma(r)=0|\text{Type II})\cdot P(\text{Type II})}$$
$$=(1-\rho)\times\theta/\{(1-\rho)\times\theta+1\times(1-\theta)\}$$
$$=\theta\cdot(1-\rho)/(1-\rho\cdot\theta)$$

したがって，$P(\text{Type II}|\sigma(r)=0)=(1-\theta)/(1-\rho\cdot\theta)$となる。

ここで，これらの確率による新たな情報を得て G が最初の戦略を変更するかどうかについて分析する。図3より，R が戦略$\sigma(r)=0$をとったときの G の期待利得を計算する。

$$U_g(\sigma(g)=1|\sigma(r)=0)$$
$$=\{\theta\cdot(1-\rho)/(1-\rho\cdot\theta)\}\times(Va-Ct-\xi Va)+\{(1-\theta)/(1-\rho\cdot\theta)\}\times(Va-Ct)$$
$$=\{\theta\cdot(1-\rho)\cdot(Va-Ct-\xi Va)+(1-\theta)\cdot(Va-Ct)\}/(1-\rho\cdot\theta) \tag{5}$$
$$U_g(\sigma(g)=0|\sigma(r)=0)=0 \tag{6}$$

ここで，(5)と(6)を比較する。$0\leqq\theta\leqq1$のとき，$0\leqq\rho\leqq1$であれば[4]，$\theta\cdot(1-\rho)(Va-Ct-\xi Va)+(1-\theta)\cdot(Va-Ct)>0$である。したがって，$0\leqq\rho\leqq1$である$\forall\rho$に対して$U_g(\sigma(r)=1|\sigma(r)=0)>U_g(\sigma(r)=0|\sigma(r)=0)$が成り立ち NE である。次に，このとき G が2番目の戦略を変更する必要があるかどうかについて調べる。そのために，まず$P(\text{Type II}|\sigma(r)=1)$の事後確率をベイズ公式により計算する。

$$P(\text{Type II}|\sigma(r)=1)$$
$$=\frac{P(\sigma(r)=1|\text{Type II})\cdot P(\text{Type II})}{P(\sigma(r)=1|\text{Type II})\cdot P(\text{Type II})+P(\sigma(r)=1|\text{Type I})\cdot P(\text{Type I})}$$
$$=\{0\times(1-\theta)\}/\{0\times(1-\theta)+\rho\cdot\theta\}=0$$

したがって，$P(\text{Type I}|\sigma(r)=1)=1$である。

同様に，この事後確率を用いて R が戦略$\sigma(r)=1$をとったときの G の期待利得を計算する。

$$U_g(\sigma(g)=0|\sigma(r)=1)$$
$$=(1\times Va)+(0\times Va)=Va \tag{7}$$
$$U_g(\sigma(g)=1|\sigma(r)=1)$$
$$=\{1\times(Va-Ct-1/2\xi Va)\}+\{0\times(Va-Ct)\}$$
$$=Va-Ct-1/2\xi Va \tag{8}$$

ここで，(7)と(8)を比較する。$Va>\xi Va+Ct$より，$U_g(\sigma(g)=0|\sigma(r)=1)>U_g(\sigma(g)=1|\sigma(r)=1)$となり NE である。さらに，G のこれらの戦略に対して R の戦略の変更の可能性を調べる。とくに，ここでは R が混合戦略から純粋戦略に変更する可能性があるか否かについて調べる。そのためには，図3より，G がこれらの戦略をとった場合における R の期待利得を比較すればよい。

$$U_r(\rho, 1-\rho)$$
$$=\rho(Va-Ct-\xi Va)+(1-\rho)Va \qquad (9)$$
$$=Va-\rho(Ct+\xi Va)$$
$$U_r(\sigma(r)=0)=-\xi Va \qquad (10)$$

ここで，(9) と(10) を比較する。仮定 $Va>\xi Va+Ct$ より，$0<\rho<1<(Va+\xi Va)/(Ct+\xi Va)$ となり，$Ur(\rho,1-\rho)>Ur(\sigma(r)=0)$ が成り立つ。このとき，R は混合戦略から純粋戦略に変更するインセンティブを有しない。この場合の戦略の組み合わせは PBE となる。同様な計算を可能な他の R および G の組み合わせについて行った結果は表 7 の通りである。この結果から，次のような政策ルール 4 を定義できる。

[政策ルール 4]

$Va>\xi Va+Ct$ のとき，Type I が混合戦略（確率 ρ で $\sigma(r)=1$，確率 $1-\rho$ で $\sigma(r)=0$)，Type II が純粋戦略 $\sigma(r)=0$ をとるならば，$0\leqq\rho\leqq1$ の $\forall\rho$ に対して R が戦略 $\sigma(r)=1$ をとれば G は戦略 $\sigma(g)=0$，R が戦略 $\sigma(r)=0$ をとれば G は戦略 $\sigma(g)=1$ をとることが最適となる。

すなわち，これはアメニティに対する政策便益が損失機会費用に取引費用を加えたものより大きい場合で，アメニティに関心のある地域住民がアメニティの保存に対し協力的であれば公的機関は政策をとる必要はなく，一方，いずれのタイプにおいても地域住民が協力的でなければ公的機関は政策をとる必要があることを意味する。

2) Case 5：$Va<\xi Va+Ct$ かつ $Va>Ct$ のとき，Type I が Prisoners' Dilemma Game で Type II が One-side Chicken Game の場合

ここでは Case 4 の事例を用いて，$0\leqq\theta\leqq1$ において ρ のとる次の条件に応じて最適戦略の組を調べる[4]。

①もし，$\rho=0$ であれば，Case 2 における PBE の分析と同様である。

②もし，$\rho=1$ であれば，最初のケースは達成されることがない。また 2 番目については $U_g(\sigma(g)=0|\sigma(r)=1)\sigma>U_g(\sigma(g)=1|\sigma(r)=1)$ となるが，この場合の戦略の組み合わせは NE でない。

③もし，$0<\rho<1$ でかつ $\rho>(1/\theta)\cdot\{(\theta\cdot\xi Va+Ct-Va)/(\xi Va+Ct-Va)\}$ のとき，(5) と(6) を比較すると，$U_g(\sigma(g)=1|\sigma(r)=0)>U_g(\sigma(g)=0|\sigma(r)=0)$ となる。また明らかに，G の 2 番目の戦略については，$U_g(\sigma(g)=0|\sigma(r)=1)>U_g(\sigma(g)=1|\sigma(r)=1)$ となり，この戦略の組み合わせは NE である。また，G がこれらの戦略をとる場合に，R が戦略を変更するかどうかについて調べる。(9) と(10) を比較すると，$\rho<1<Va/Ct$ であり $U_r(\rho, 1-\rho)>U_r(\sigma(r)=0)$ となり，G には戦略を変更するインセンティブは働かない。また，同様に，$0<\rho<1$ で，かつ $\rho<(1/\theta)\cdot\{(\theta\cdot\xi Va+Ct-Va)/(\xi Va+Ct-Va)\}$ のとき，$U_g(\sigma(g)=1|\sigma(r)=0)<U_g(\sigma(g)=0|\sigma(r)=0)$ かつ $U_g(\sigma(g)=0|\sigma(r)=1)>U_g(\sigma(g)=1|\sigma(r)=1)$ となり両戦略は NE となる。さらに，G が，これらの戦略をとる場合に R は戦略を変更することはなく PBE となる。$0<\rho<1$ における上記ケースにおいて R および G の他の組み合わせについて同様な計算を行った結果は表 8 の通りである。この結果から，次のような政策ルール 5 を定義できる。

[政策ルール 5]

$Va<\xi Va+Ct$ かつ $Va>Ct$ のとき，Type I が混合戦略（確率 ρ で $\sigma(r)=1$，確率 $1-\rho$ で $\sigma(r)=0$)，Type II が純戦略 $\sigma(r)=0$ をとるならば，$0<\rho<1$ において $\rho>(1/\theta)\cdot\{(\theta\cdot\xi Va+Ct-Va)/(\xi Va+Ct-Va)\}$ の場合，R

第7表　Case 4：Va＞ξ Va＋Ct（Type I が Chicken Game で Type II が One-side Chicken Game）のときの戦略組み合わせにおける PBE（混合戦略の場合）

$0 \leqq \rho \leqq 1$ のとき

R : If Type I, then choose（確率 ρ で σ (r)=1，確率 $(1-\rho)$ で σ (r)=0）
If Type II, choose σ (r)=0

G chooses :	NE or BR	PBE or not
(σ (g)=1 | σ (r)=0) (σ (g)=0 | σ (r)=1)	NE NE	**PBE**
(σ (g)=0 | σ (r)=0) (σ (g)=0 | σ (r)=1)	not BR BR	not PBE
(σ (g)=0 | σ (r)=0) (σ (g)=1 | σ (r)=1)	not BR not BR	not PBE
(σ (g)=1 | σ (r)=0) (σ (g)=1 | σ (r)=1)	BR not BR	not PBE

ここで，BR-最適応答，NE-ナッシュ均衡，PBE-完全ベイジアン均衡をそれぞれ意味する．

第8表　Case 5：Va＜ξVa＋Ct かつ Va＞Ct（Type I が Prisoners' Dilemma Game で Type II が One-side Chicken Game）のときの戦略の組み合わせにおける PBE（混合戦略の場合）

R : If Type I, then choose（確率 ρ で σ (r)=1，確率 $(1-\rho)$ で σ (r)=0）
If Type II, choose σ (r)=0

	$0<(1/\theta)\cdot\{(\theta\cdot\xi Va+Ct-Va)/(\xi Va+Ct-Va)\}<\rho<1<Va/Ct$ のとき		$0<\rho<(1/\theta)\cdot\{(\theta\cdot\xi Va+Ct-Va)/(\xi Va+Ct-Va)\}<1<Va/Ct$ のとき	
G chooses :	NE or BR	PBE or not	NE or BR	PBE or not
(σ (g)=1 | σ (r)=0) (σ (g)=0 | σ (r)=1)	NE NE	**PBE**	not BR BR	not PBE
(σ (g)=0 | σ (r)=0) (σ (g)=0 | σ (r)=1)	not BR BR	not PBE	NE NE	**PBE**
(σ (g)=0 | σ (r)=0) (σ (g)=1 | σ (r)=1)	not BR not BR	not PBE	BR not BR	not PBE
(σ (g)=1 | σ (r)=0) (σ (g)=1 | σ (r)=1)	BR not BR	not PBE	not BR not BR	not PBE

ここで，BR-最適応答，NE-ナッシュ均衡，PBE-完全ベイジアン均衡をそれぞれ意味する．

第9表　Case 6：Va＜ξVa＋Ct かつ Va＜Ct（Type I が Prisoners' Dilemma Game で Type II が Deadlock Game）のときの戦略の組み合わせにおける PBE（混合戦略の場合）

$0 \leqq \rho \leqq 1$ のとき

R : If Type I, then choose（確率 ρ で σ (r)=1，確率 $(1-\rho)$ で σ (r)=0）
If Type II, choose σ (r)=0

G chooses :	NE or BR	PBE or not
(σ (g)=1 | σ (r)=0) (σ (g)=0 | σ (r)=1)	not BR BR	not PBE
(σ (g)=0 | σ (r)=0) (σ (g)=0 | σ (r)=1)	NE NE	**PBE**
(σ (g)=0 | σ (r)=0) (σ (g)=1 | σ (r)=1)	BR not BR	not PBE
(σ (g)=1 | σ (r)=0) (σ (g)=1 | σ (r)=1)	not BR not BR	not PBE

ここで，BR-最適応答，NE-ナッシュ均衡，PBE-完全ベイジアン均衡をそれぞれ意味する．

が戦略 $\sigma(r)=1$ をとれば G は戦略 $\sigma(g)=0$, R が戦略 $\sigma(r)=0$ をとれば G は戦略 $\sigma(g)=1$ をとることが最適となる。一方，$\rho<(1/\theta)\cdot\{(\theta\cdot\xi Va+Ct-Va)/(\xi Va+Ct-Va)\}$ の場合は，R が戦略 $\sigma(r)=1$ をとれば G は戦略 $\sigma(g)=0$, R が戦略 $\sigma(r)=0$ をとれば G は戦略 $\sigma(g)=0$ をとることが最適となる。

すなわち，これはアメニティに対する政策便益が損失機会費用と取引費用を加えたものより小さいが，政策便益が取引費用より大きい場合において，アメニティに関心のある地域住民がアメニティの保存に協力する事後確率 (ρ) と一定の境界値 $[(1/\theta)\cdot\{(\theta\cdot\xi Va+Ct-Va)/(\xi Va+Ct-Va)\}]$ との大小関係によって，地域住民および公的機関の政策に対する対応が異なることを意味する。それは，いずれも地域住民が協力的であれば公的機関は政策をとることはない。しかし，住民が協力的でない場合には，公的機関は，事前確率 (ρ) と境界値の大小関係に応じて政策をとるかとらないかを決めることを意味する。

3) Case 6 : Va<ξVa+Ct かつ Va<Ct のとき，Type I が Prisoners' Dilemma Game で Type II が Deadlock Game の場合

ここでは事例的に，Case 3 における PBE の組み合わせについて分析してみる。

R : If Type I, then choose（確率 ρ で $\sigma(r)=1$, 確率 $(1-\rho)$ で $\sigma(r)=0$）
　If Type II, then choose $\sigma(r)=0$
G : If $\sigma(r)=0$, then choose $\sigma(g)=0$
　If $\sigma(r)=1$, then choose $\sigma(g)=0$

ここで，$0\leqq\theta\leqq1$ のとき，$0\leqq\rho\leqq1$ であれば，$\theta\cdot(1-\rho)(Va-Ct-\xi Va)+(1-\theta)\cdot(Va-Ct)<0$ である(4)。したがって，$0\leqq\rho\leqq1$ である $\forall\rho$ に対して $U_g(\sigma(r)=1|\sigma(r)=0)<U_g(\sigma(r)=0|\sigma(r)=0)$ が成り立つ。また，G が2番目の戦略について変更する必要があるか否かについて調べる。(7)と(8)を比較すると，明らかに $U_g(\sigma(g)=0|\sigma(r)=1)>U_g(\sigma(g)=1|\sigma(r)=1)$ となり，これらの戦略の組み合わせは NE となる。さらに，G のこれらの戦略に対して R が戦略を変更する可能性を調べる。とくに，ここでは，R が混合戦略から純粋戦略に変更する可能性があるか否かについて調べればよい。(9)と(10)を比較すると，$Va-\rho(Ct+\xi Va)>-\xi Va$, すなわち $0<\rho<(Va+\xi Va)/(Ct+\xi Va)<1$ のとき，$\forall\rho$ に対して $U_r(\rho, 1-\rho)>U_r(\sigma(r)=0)$ が成り立ち，R は混合戦略から純粋戦略に変更するインセンティブを有しない。したがって，この場合の戦略の組み合わせは PBE である。一方，$0<(Va+\xi Va)/(Ct+\xi Va)<\rho<1$ のとき，$U_r(\rho,1-\rho)<U_r(\sigma(r)=0)$ となり，R は混合戦略より純粋戦略への変更のインセンティブが働き，この場合の戦略の組み合わせは PBE でない(5)。同様な計算を可能な他の R および G の戦略の組み合わせについて行った結果を表9に示す。この結果から，次のような政策ルール6を定義できる。

[政策ルール6]

Va<ξVa+Ct かつ Va<Ct のとき，Type I が混合戦略（確率 ρ で $\sigma(r)=1$, 確率 $1-\rho$ で $\sigma(r)=0$），Type II が純粋戦略 $\sigma(r)=0$ をとるならば，$0<\rho<(Va+\xi Va)/(Ct+\xi Va)<1$ の $\forall\rho$ に対して R が戦略 $\sigma(r)=1$ をとれば G は戦略 $\sigma(g)=0$, R が戦略 $\sigma(r)=0$ をとれば G は戦略 $\sigma(g)=0$ をとることが最適となる。

すなわち，これはアメニティに対する政策便益が損失機会費用に取引費用を加えたものより小さく，しかもアメニティの政策価値が取引費用より小さい場合において，アメニティに関心のある地域住民が保存に協力的で

第10表　ゲーム・タイプおよび戦略タイプ別の最適政策

Type I(1)	Type II(1)	制約条件(2)	戦略タイプ	最適政策
CG	OCG	$Va>\xi Va+Ct$	純粋戦略 (Case 1)	住民がアメニティの保存に協力的でない場合，公的機関が政策をとる．
			混合戦略 (Case 4)	アメニティに関心のある住民が保存に協力的であれば，公的機関は政策をとらず，いずれのタイプも協力的でなければ政策をとる．
PDG	OCG	$Va<\xi Va+Ct$ かつ $Va>Ct$	純粋戦略 (Case 2)	住民がアメニティの保存に協力的でない場合，公的機関は一定の境界値(3)を基準に政策をとるかどうかを決める．
			混合戦略 (Case 5)	住民がいずれのタイプにおいても協力的であれば公的機関は政策をとらない．住民が協力的でない場合は一定の境界値(3)を基準に政策をとるかどうかを決める．
PDG	DLG	$Va<\xi Va+Ct$ かつ $Va<Ct$	純粋戦略 (Case 3)	住民がアメニティの保存に協力的でない場合，公的機関は政策をとらない．
			混合戦略 (Case 6)	アメニティに関心がある住民がアメニティの保存に協力的であるか否かにかかわらず，公的機関は一定の境界値(3)を満たさなければ政策をとらない．

(注) 1. CG-Chicken Game, OCG-One-side Chicken Game, PDG-Prisoners' Dilemma Game, DLG-Deadlock Game を意味する．

2. $Va>\xi Va+Ct$ はアメニティ政策便益が損失機会費用と取引費用を加えたものより大きい．$Va<\xi Va+Ct$ はその逆．また，$Va>Ct$ はアメニティ政策便益が取引費用より大きい．$Va<Ct$ はその逆を意味する．また，各ケースにおいて $Va>\xi Va$ である．

3. ここで，境界値は，事後確率 θ（または，ρ）および3つの費用要素（すなわち，政策便益，損失機会費用および取引費用）によって決定される．

あるか否かを問わず，公的機関は，事後確率(ρ)が一定の境界値($(Va+\xi Va)/(Ct+\xi Va)$，すなわち政策便益と取引費用の比）以下であれば政策をとらないことが最適であることを意味する。

5. 結果の考察と今後の課題

(1) 結果の考察

ここでのアメニティ政策論争モデルは地域住民と公的機関が農村アメニティの保全をめぐって，いずれが具体的な政策（または活動）をとるかという論争が両者に存在すると仮定した。さらに，このとき地域住民側には2つのタイプ，すなわちアメニティの保存に関して関心を有するタイプ（Type I）とそうでないタイプ（Type II）が存在すると仮定した。そして，両者の間には，このタイプについて情報の不均衡が存在するとして不完全均衡モデルとして完全ベイジアン均衡を純粋戦略および混合戦略について求めることによって両者の最適政策について分析した。この分析においては，アメニティの保存政策による政策便益（Va）と損失機会費用（ξVa）および取引費用（Ct）を制約条件にして Type I および Type II における異なる3通りのゲーム・タイプの組み合わせが可能となり，それぞれの組み合わせにおいて純戦略および混合戦略について合計6通りのケースについて分析した。これらのゲーム・タイプの組み合わせは，①Chicken Game (Type I) と One-side Chicken Game (Type II)，②Prisoners' Dilemma Game (Type I) と One-side Chicken Game (Type II), ③Prisoners' Dilemma Game (Type I) と Deadlock Game (Type II) である。一般に，公共財の供給問題は必ずしも Prisoners' Dilemma Game によってばかりではなく，むしろ Chicken Game によってよりよく理解される（Taylor〔8〕)。この点で，これらのゲーム・タイプの組み合わせについては適切であると考える。また，純粋戦略および混合戦略における完全ベイジアン均衡ともこれらのゲーム・タイプにおけるナッシュ均衡の特質が現れる結果となっている。なお，純戦略における完全ベイジアン均衡は混合戦略における場合の特定のケースと理解することができる。とくに，これらのゲーム・タイプの組み合わせのうち②の組み合わせについては純粋戦略および混合戦略ともに一定の境界値を条件に完全ベイジアン均衡が存在する結果となっている。

ゲーム・タイプおよび戦略タイプ別の6通りのケースにおける最適政策についての分析結果を表10に示す。ここで，6通りのケースにおける政策定義を整理統合すれば，アメニティの保存に関して次の3つの基本的な政策ルールを再定義できる。なお，政策ルール2および3における判断基準とは事後確率 θ（または，ρ）と3つの費用要素（すなわち，政策便益，損失機会費用及び取引費用）によって決定される境界値である。

[政策ルール 1]

アメニティの保存に対する政策便益が損失機会費用に取引費用を加えたものより大きい場合，地域住民がアメニティの保存活動を行わなければ公的機関が政策を付与する必要がある。

[政策ルール 2]

アメニティの保存に対する政策便益が損失機会費用に取引費用を加えたものより小さく，かつ政策便益が取引費用より大きい場合，地域住民がアメニティの保存活動を行えば公的機関は政策を付与する必要はない。一方，地域住民が活動を行わなければ，公的機関は政策を付与するかどうかについての判断基準を必要とする。

[政策ルール 3]

アメニティの保存に対する政策便益が損失機会費用に取引費用を加えたものより小さく，かつ政策便益が取引費用より小さい場合，地域住民がアメニティの保存活動を行うか否かにかかわらず，公的機関は一定の判断基準を満たせば政策を付与する必要はない。

(2) 今後の課題

ゲーム理論を用いた分析においては，相対するプレイヤーの利得関数をいかに設定するかによってモデルの構造の難易や結果の妥当性が大きく左右される。本稿では，アメニティ政策論争モデルにおいて地域住民と公的機関の利得関数について所与の仮定をおいて分析した。したがって，その結果は，必ずしも両者がアメニティの保存政策に関してとりうる全ての戦略に対して対応できるものではない。しかし，分析結果から得られたアメニティ保存に関する政策ルールについては一応妥当なものとして評価できる。

また，本稿での分析は，地域住民が最初に行動を起こす場合を想定して分析を行った。今後の課題として，①公的機関が，地域住民のタイプについて情報を有することなく最初の手番をとるケース，さらに②両者の間に政策ロビストなどのエージェントが介在するケース，について分析してみる必要があるだろう。

注(1) ここでの説明の一部は山口〔6〕から引用した。

(2) Kreps and Wilson〔9〕は，ベイズ均衡

の考え方を応用して逐次的均衡（Sequential equilibrium）という均衡概念を生み出している。この概念は，多段階ゲームに対して定義されるもので，次に示すように信念に対する制限を少し強めたものである。"信念は，逐次的合理性によって制限される。すなわち，もし，(μ^*, s^*) が均衡であれば，信念の逐次的評価と混合戦略は，ある評価の列に対して $(\mu^n,\ s^n) = \mathrm{Lim}_n \to \infty(\mu^n,\ s^n)$ となる。" この概念は完全ベイズ均衡をさらに精緻化するものであるが，多くの場合においては両者は一致することが知られている。

(3) ここで用いられる4つのゲーム・タイプは，①Prisoners' Dilemma Game，②Deadlock Game，③Chicken Game，④One-side Chicken Game である。これらのゲーム・タイプの戦略型（2人2戦略非協力ゲーム）を下図に示す。それぞれのタイプは，利得，T_i, R_i, P_i, S_i の選好順位によって決まる。図中の矢印はナッシュ均衡への経路を示している。

(1) Prisoners' Dilemma Game

Actor II

Actor I	C	D
C	R_1, R_2	S_1, T_2
D	T_1, S_2	P_1, P_2

$T_i > R_i > P_i > S_i$

(2) Deadlock Game

Actor II

Actor I	C	D
C	R_1, R_2	S_1, T_2
D	T_1, S_2	P_1, P_2

$T_i > P_i > R_i > S_i$

(3) Chicken Game

Actor II

Actor I	C	D
C	R_1, R_2	S_1, T_2
D	T_1, S_2	P_1, P_2

$T_i > R_i > S_i > P_i$

(4) One-side Chicken Game

Actor II

Actor I	C	D
C	R_1, R_2	S_1, T_2
D	T_1, S_2	P_1, P_2

たとえば，行が $T_1 > R_1 > S_1 > P_1$
列が $T_2 > R_2 > P_2 > S_2$
または，行と列の順序が逆

(4) $0 \leqq \theta \leqq 1$，かつ $0 \leqq \rho \leqq 1$ のとき，$\{\theta \cdot (1-\rho)(Va - Ct - \xi Va) + (1-\theta) \cdot (Va - Ct)\}\ /(1-\rho \cdot \theta)$ における正負の関係は下表に示すとおりである。

$0 \leqq \theta \leqq 1$	$0 \leqq \rho \leqq 1$	$Va > \xi Va + Ct$	$Va < \xi Va + Ct$	
			$Va < Ct$	$Va > Ct$
$\theta = 0$	$\forall \rho$	>0	<0	>0
$\theta = 1$	$\rho = 0$	>0	<0	<0
	$0 < \rho < 1$	>0	<0	<0
	$\rho = 1$	>0	$=0$	$=0$
$0 < \theta < 1$	$\rho = 0$	>0	<0	$\theta \cdot (Va - Ct - \xi Va) + (1-\theta) \cdot (Va - Ct)$ のとき，Case 2
	$0 < \rho < 1$	>0	<0	$\rho > 1/\theta \cdot \{(\theta \cdot \xi Va + Ct - Va)/(\xi Va + Ct - Va)\}$ のとき，>0
				$\rho < 1/\theta \cdot \{(\theta \cdot \xi Va + Ct - Va)/(\xi Va + Ct - Va)\}$ のとき，<0
	$\rho = 1$	>0	<0	>0

(5) このときのＧの変更はＲの戦略 $\sigma(r)=0$ に対する反応によるものであり，さらにＧの戦略を混合戦略に変更することで均衡が達成される可能性があるかどうかについて検討する必要がある。しかし，ここでは，Ｇが混合戦略をとることはないと仮定し，その分析は省略してある。

〔引　用　文　献〕

〔1〕 吉永健治，農村アメニティの需給と政策インセンティヴ，農総研季報 37，農業総合研究所，1998

〔2〕 OECD, Policies for Rural Amenities : Principles, Instruments and Practices, C/RUR (98) 7, 1998

〔3〕 Rasmusen, E., Games and Information (2nd Edition), Basil Blackwell Ltd., 1994

〔4〕 Gibbons R., A Primer in Game Theory, Harvester Wheatsheaf, 1992

〔5〕 岡田章，ゲーム理論，有斐閣，1996

〔6〕 山口利夫，ゲーム理論の基礎，p 71-73，(財) 三菱経済研究所，1996

〔7〕 Harsanyi, J., Games with Incomplete Information Played by Bayesian Players, p 486-502, Parts I, II, III, Management Science14, 1967

〔8〕 Taylor, M., The Possibility of Cooperation, Cambridge University Press, 1987

〔9〕 Kreps, D., and R. Wilson, Sequential Equilibrium, Econometrica, 1982