

1

ゲーム行動論演習 / 社会心理学演習

講義: 大気中の有害物質削減ゲーム

高木英至 2012.10.09

本日取り上げるのは...

2

- 「公共財供給」をゲーム理論で解く: 大気中の有害物質削減ゲーム
 - 中山幹夫・武藤滋夫・舟木由喜彦(編) (2000) 『ゲーム理論で解く』、有斐閣の第3章
- 公共財供給
 - ゲーム理論の典型的な適用事例
 - 理論的には「社会的ディレンマ」
 - 個人的合理性に基づく利益追求行動が集団的な不合理を生む
 - 「集団的な不合理」: パレート最適でないこと(パレート非効率)
 - 以下の3頁はゲーム理論授業における公共財供給問題の説明
 - しかし、いろんなとらえ方がある

公共財の供給(1)

3

100人の住民 $i(=1,2,\dots,100)$

g_i : 住民 i の寄付金額 ($0 \leq g_i \leq 10$)

住民 i の利得関数は

$$f_i(g_1, g_2, \dots, g_{100}) = 10 - g_i + a(g_1 + g_2 + \dots + g_{100}), \quad a > 0.$$

a : 限界便益

$f_i = 10 + (a-1)g_i + a(g_1 + \dots + g_{i-1} + g_{i+1} + \dots + g_{100})$ なので、住民 i の最適応答は次となる。

$$\left\{ \begin{array}{ll} g_i = 10 & \text{if } 1 < a \\ 0 \leq g_i \leq 10 & \text{if } a = 1 \\ g_i = 0 & \text{if } 0 \leq a < 1 \end{array} \right. \Rightarrow \text{ただ乗り}(free-riding)$$

公共財の供給(2)

4

$g = \sum_{i=1}^{100} g_i$ とおくと、100人の住民の利得の総和は

$$\sum_{i=1}^{100} f_i = 1000 + (100a - 1)g$$

従って、 $a > 0.01$ なら、住民の利得の総和は全額(10万円)寄付するとき最大となる(パレート最適)。

$1 > a > 0.01$ であることを前提に、

ナッシュ均衡点: 全員が寄付ゼロ、利得は10

パレート最適点: 全員が寄付10、利得は $1000a (> 10)$

公共財の供給(3)

5

▶ [例]20人の社会

- ▶ C: 公共財に投資する(寄付する)
- ▶ D: 投資しない
- ▶ 公共財投資のコスト=3、しかし1人が寄付すれば全員が1の利益を得る。

	自分以外のC選択者数					
	0	1	2	...	18	19
C	-2	-1	0	...	16	17
D	0	1	2	...	18	19

- ▶ Cを選ぶよりDを選ぶ (free-riding ただ乗りしようとする)。
- ▶ → 全員D(公共財は供給されない)

ここでの問題設定

6

- A国とB国
- 大気中の有害物質
 - 削減費用を負うのは片方の国だけであっても、有害物質は両国共通
- 両国の利得(コブ=ダグラス型関数)
 - A国の利得 = $(3 - C_A)^2(C_A + C_B)^3$
 - B国の利得 = $(3 - C_B)^2(C_A + C_B)^3$
 ただし、 C_A : A国の投資額、 C_B : B国の投資額。
 C_A と C_B は 0,1,2,3 の何れか、と仮定。

利得関数の意味

7

$$A \text{ 国の利得} = (3 - C_A)^2(C_A + C_B)^3$$

- 各国の利得は、私的財の消費効果 $(3 - C_A)^2$ と公共財の効果(有害物質の削減、 $(C_A + C_B)^3$)の積である。
- 特徴
 - 自国の投資額が一定なら、相手国の投資額が大きくなるほど、利得は大きい。
 - 投資総額が一定なら、自国の投資額が小さいほど、利得は大きい。
 - 削減が全く行われなければ利得は小さい。
 $C_A + C_B = 0$ なら利得はともにゼロになる。
 - 全額を投資しても利得はゼロになる。

8

表3. 1: 有害物質削減ゲームの利得表

	$C_B=0$	$C_B=1$	$C_B=2$	$C_B=3$
$C_A=0$	0	0	4	8
$C_A=1$	9	32	27	0
$C_A=2$	72	108	64	0
$C_A=3$	243	256	125	0

- ナッシュ均衡解
 - $C_A=C_B=1$ のとき
- ナッシュ均衡解は効率的ではない
 - $C_A=C_B=2$ なら両者の利得はより高い
- この制度は自発的支払メカニズム

メカニズムに参加するかどうか...

9

- 自発的支払メカニズムに入るかどうか、という選択を問題にできる
 - 入らなければ、他国の削減努力にただ乗りできる
- 次の2段階のゲームを考える
 - A国とB国
 - 第1段階:メカニズムに入るかどうかの判断を2か国が同時に行う(判断時には相手の選択は分からない)
 - 第2段階:第1段階の相手国の判断を知った上で
 - 参加国:投資額を決定
 - 不参加国:投資をしない
- どのような結果になるか?

2段階のゲーム

10

- 第1段階に4つのケース
 - 両国とも参加する
 - 第2段階での結果は表3.1の $C_A=C_B=1$
 - 1国だけが参加する
 - 相手の投資額は0→投資額=2を選ぶ
 - 両国とも参加しない
 - 投資額0、利得も0

表3. 2:参加/不参加の利得表

	参加 p_B	不参加 $1-p_B$
参加 p_A	32	72
不参加 $1-p_A$	8	0

- 純粋戦略でナッシュ均衡解になるのは
 - (参加、不参加)と(不参加、参加)
- 混合戦略を考えるとどうなるか?

11

A国

期待利得(参加) $= 32p_B + 8(1-p_B) = 8 + 24p_B$

期待利得(不参加) $= 72p_B + 0(1-p_B) = 72p_B$

期待利得(参加) \geq 期待利得(不参加)となるのは、

$$8 + 24p_B \geq 72p_B \quad 8 \geq 48p_B \quad p_B \leq \frac{1}{6}$$

$$p_A^* = 1 \quad \text{if } p_B < \frac{1}{6}$$

$$p_A^* = \text{any} \quad \text{if } p_B = \frac{1}{6}$$

$$p_A^* = 0 \quad \text{if } p_B > \frac{1}{6}$$

B国も同様なので、

$$p_B^* = 1 \quad \text{if } p_A < \frac{1}{6}$$

$$p_B^* = \text{any} \quad \text{if } p_A = \frac{1}{6}$$

$$p_B^* = 0 \quad \text{if } p_A > \frac{1}{6}$$

従ってNash均衡点 (p_A^*, p_B^*) は、 $(1,0)$ 、 $(0,1)$ 、 $(\frac{1}{6}, \frac{1}{6})$.

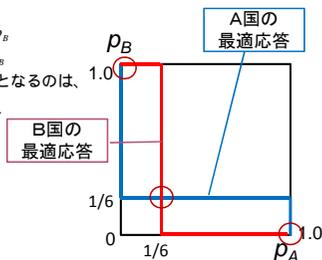


図:両国の最適応答

- 純粋戦略では、1国しか参加しない
- 混合戦略を考えると、両国が参加する確率は $1/6 \times 1/6 = 1/36 = 0.028$

12

表3. 2:参加/不参加の利得表

	参加 p_B	不参加 $1-p_B$
参加 p_A	32	72
不参加 $1-p_A$	8	0

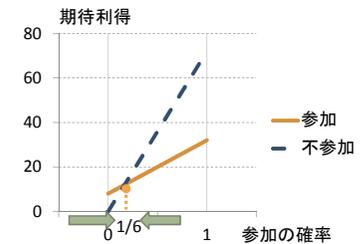


図:参加-不参加の進化

- 混合戦略のNash均衡解は進化的に安定である。

ゲーム実験: 設定

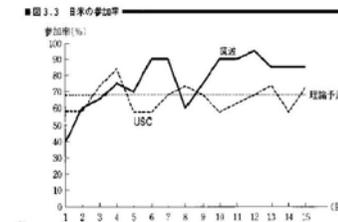
13

- 実際の間人間はどのように行動するか？
- Saijora(1999)
 - 20人の被験者、2人ペア10組
 - 15回の試行、相手は毎回変わる(相手分からず)
 - 被験者間のコミュニケーションなし
 - 設定
 - 被験者の財は24単位(25の選択肢)
 - 両被験者が参加したときのNash均衡解=8単位投資
 - 理論値(混合戦略均衡)=68%が参加

ゲーム実験: 結果

14

- 日本の被験者(筑波): 理論値を超えて参加
- 米国の被験者(USC): 理論値通り



なぜか？

ゲーム実験: 考察

15

- 日本の被験者は、相手が参加しないとき、最適値より低い投資額にする傾向があった
 - 自分も損するが、それ以上に相手の利得を下げる
 - Spite行動 → ただ乗りの利益を小さくした。
- この実験結果をどう考えるか？

16

今日はおしまい

