

Global Institute for Asian Regional Integration

GIARI

アジア地域統合のための世界的人材育成拠点

グローバルCOEプログラム

アジア地域統合研究試論

Formulating Asian Integration Study

金曜セミナー

赤尾 健一

早稲田大学社会科学総合学術院教授

貿易と環境持続可能性

ダイナミック・ゲームと環境経済学

2月1日

19号館

聴講自由

使用言語：

5限 (午後4時20分～5時50分)

609教室

事前申し込み必要なし

日本語

配布資料

金曜セミナー 2/1/2008

ダイナミック・ゲームと環境経済学

早稲田大学社会科学部 赤尾健一

(GCOE GIARI研究プロジェクト名:

複合領域・貿易と環境持続可能性)

共有地の悲劇

- 全ての人に開放された牧草地を考えよう。放牧者はみな、この共有地で可能な限り多くの牛を飼いたいと考えるだろう。放牧者が合理的ならば、自らの利得を最大化しようとする。明示的であれ、暗黙のうちであれ、多かれ少なかれ意識的に彼はこう考える。「もう1頭、牛を増やしたら私の効用はどうなるか？」効用のさまざまな構成要素を総合して、彼は次の結論を得る。自分が従うべき賢明な方法は、もう1頭牛を増やすことだ。このようにして、牛はもう1頭追加され、さらにもう1頭追加される…。しかし、この結論は、共有地を共有する合理的な飼い主全員がそれぞれ到達するものである。ここに悲劇がある。人々をして際限なく、牛の数を増加させるシステムに、人々は、はまり込んでしまう。自由の存在を信じる社会では、人々は自らの最大の利益を求めて、荒廃への道を全員で突き進む。共有地における自由は全ての人に荒廃をもたらす。(Garrett Hardin, *The tragedy of the commons*. *Science* 162, 1968, p.1244)
- 同じ長さの文章で、これほど有名で、かつ誤りの多い一文を見つけることは難しいだろう。(Partha Dasgupta, *The Control of Resources*. Harvard University Press, 1982, p.13)

共有地の例

- 温室効果ガスの捨て場としての地球大気
- 汚染物質の捨て場としての河川、湖沼
- 地下水
- 移動性動物資源ストック
- 制度的に所有権が明確でない
 - 土地、水、森林その他生物資源ストック

経済理論上の“共有地”の分類

- Common property (pool) resource
 - 有限の数で固定された資源利用者。
 - 利用者の行動: 他の利用者の資源利用パターン(戦略)に応じて、最適な戦略が変わる。
=ゲーム論的状况。
- Open access resource
 - 資源利用者は潜在的に無数。正の利益が存在する限り、利用者参入。
 - 利用者の行動: 最速で資源を抽出することが常に最適。

戦略型ゲーム

- 対称 2×2 ゲーム(最も簡単なゲーム)
 - 2人プレイヤー:A,B(利得関数は同じ=対称)
 - 2種類の行動:破滅的資源利用Ex、持続的資源利用SD
- 利得行列
- ナッシュ均衡

1. 数値例

		相手の行動	
		Ex	SD
自分の行動	Ex	2	6
	SD	1	4

2. 一般的表記

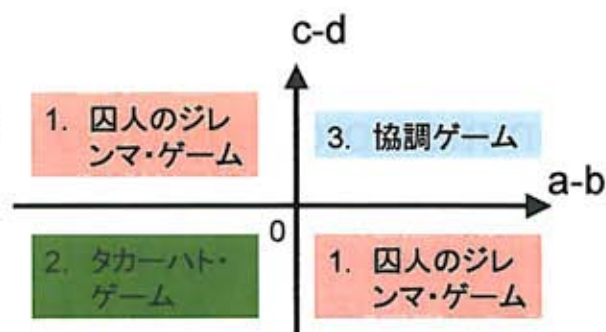
		相手の行動	
		Ex	SD
自分の行動	Ex	a	d
	SD	b	c

3. 2と同値な両対称ゲーム
(行列が対称行列になっている)

		相手の行動	
		Ex	SD
自分の行動	Ex	a-b	0
	SD	0	c-d

両対称ゲームの3分類

1. 囚人のジレンマ・ゲーム
2. タカーハト・ゲーム
3. 協調ゲーム



1. 囚人のジレンマ・ゲーム

		相手の行動	
		Ex	SD
自分の行動	Ex	1	0
	SD	0	-2

2. タカーハト・ゲーム

		相手の行動	
		Ex	SD
自分の行動	Ex	-1	0
	SD	0	-2

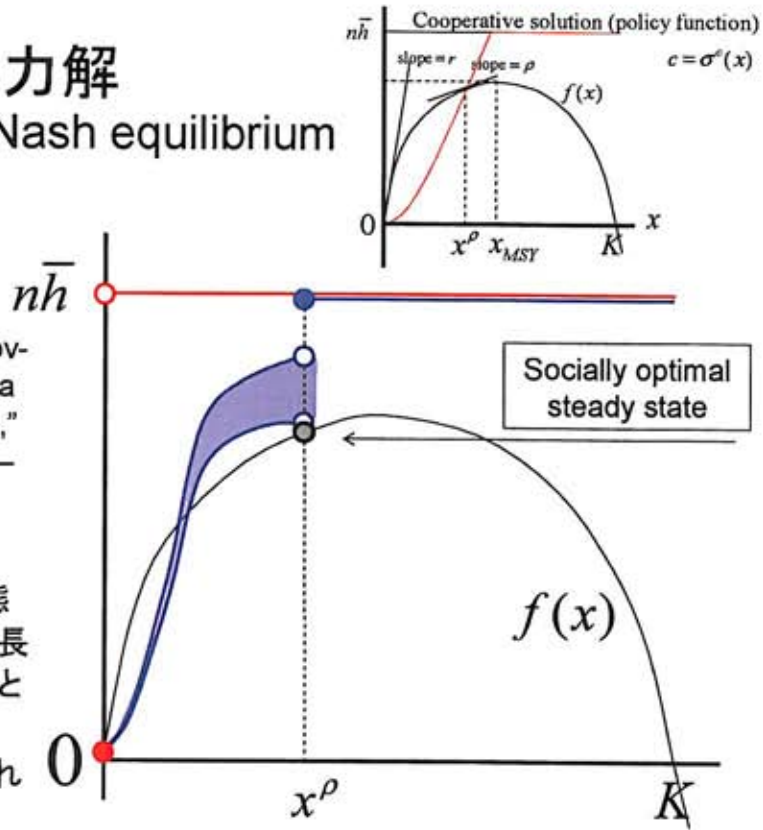
3. 協調ゲーム

		相手の行動	
		Ex	SD
自分の行動	Ex	1	0
	SD	0	2

非協力解

Markov perfect Nash equilibrium

- 最速枯渇戦略
- その他の MPNE
- Sorger, G. (1998) "Markov-perfect Nash equilibria in a class of resources games," *Economic Theory* 11, 78—100.
 - 連続体の存在
 - 社会的最適定常状態の近傍に好きなだけ長い時間(ただし有限)とどまるものもある。
- Selectionの方法は知られていない。



共有地の悲劇？

- 二つのタイプの均衡の共存
 - よいコモンズと悪い共有地の違いはないかもしれない。
 - 賢明な資源利用から突然、原因もなく破壊的資源利用に変わる可能性。
 - Pre-communication・国際交渉の意義 = 自己拘束的により均衡を選ぶこと。(Dockner & Long, 1993)
- Sorger's strategy
 - 短期間の観察では協力解と区別できないかも。
 - 賢明な資源利用者に見えても、やがて共有地の悲劇に向かう。

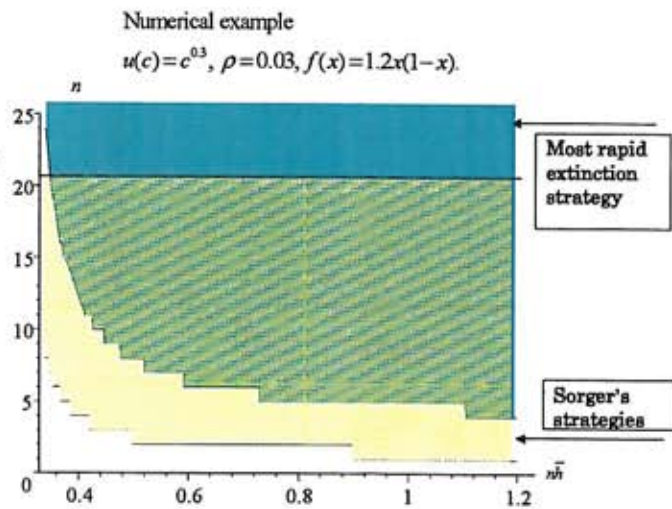
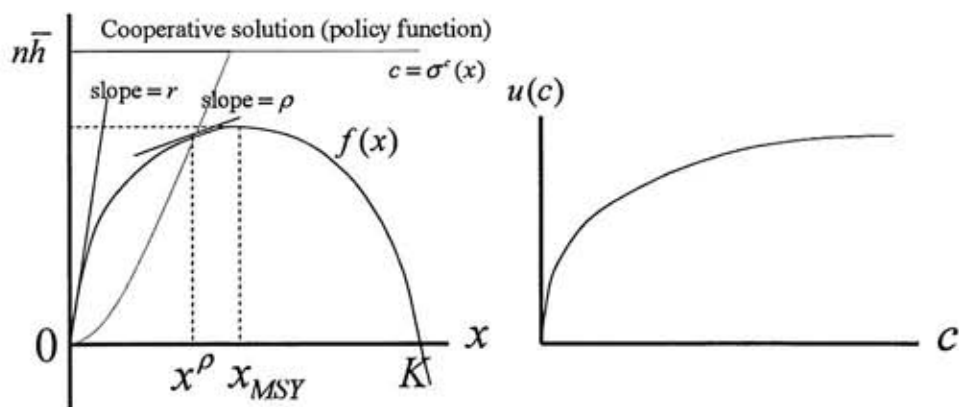


Figure 6 Coexistence of sustainable and unsustainable equilibria. Akao and Farzin (2007) "When is it optimal to exhaust a resource in a finite time?" *Ecological Research* 22, 422—430.

繰り返しゲームとダイナミックゲーム

- 繰り返しゲーム:
 - 同じ状態(1ショットのゲーム)が繰り返される。
- ダイナミックゲーム:
 - 時間とともに状態が変化する。
 - 各プレイヤーの汚染排出によって環境が変化する。
 - 各プレイヤーの資源採取によって資源ストックが変化する。
- 行動と戦略の違い
 - ExやSDは行動。
 - どのような条件のときにEx(SD)を選ぶかが戦略。
 - (例)繰り返しゲームのtrigger戦略やtit-for-tat戦略
- ダイナミックゲーム(経済学)でよく使われる戦略
 - (定常)マルコフ戦略: 資源ストックの量に応じて収穫量を決める。

ダイナミックゲーム・モデル



$$\max_{c(t) \geq 0} \int_0^{\infty} u(c(t)) e^{-\rho t} dt$$

subject to $c(t) \in [0, \bar{h}]$, $x(0) = x_0$ given, and

$$\text{(Cooperative)} \quad \dot{x}(t) = f(x(t)) - nc(t).$$

$$\text{(Non-Cooperative)} \quad \dot{x}(t) = f(x(t)) - (n-1)\sigma(x) - c(t).$$