

京都大学大学院経済学研究科  
再生可能エネルギー経済学講座 部門A

2019年度 第4回研究会

## 技術・市場・人間

——分野融合型エネルギーシステムモデルとしてのゲーミング——

---

鈴木研悟

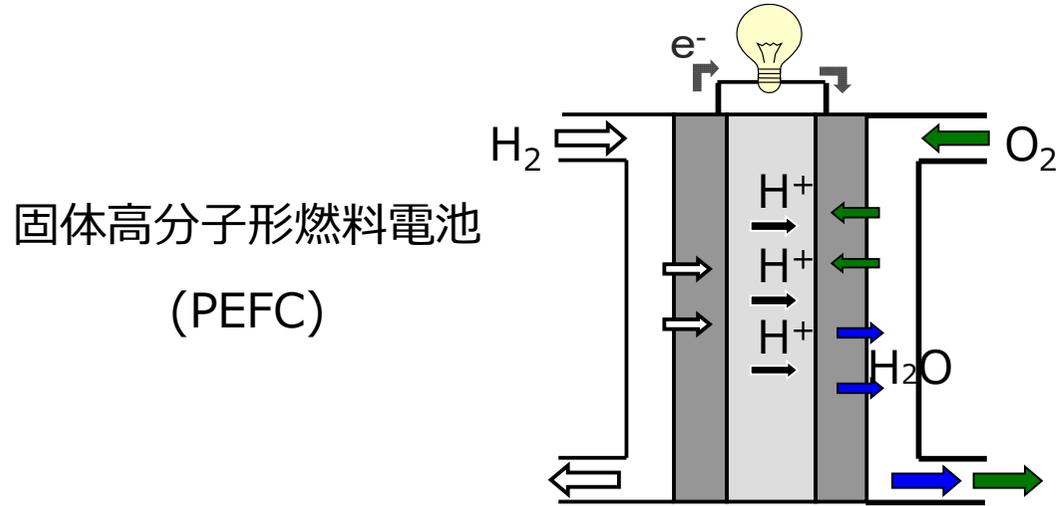
筑波大学 システム情報系 構造エネルギー工学域

(リスク工学専攻・工学システム学類担当)

- 2003.03 筑波大学 第三学群 工学システム学類
- 2003.04 - 2004.12 商社勤務（情報通信機器の技術営業）
- 2006.04 - 2011.03 筑波大学大学院 システム情報工学研究科  
リスク工学専攻
- 2011.04 - 2012.03 一般財団法人 日本エネルギー経済研究所 研究員
- 2012.04 - 2016.03 北海道大学 大学院工学研究院 助教
- 2016.04 - 現職

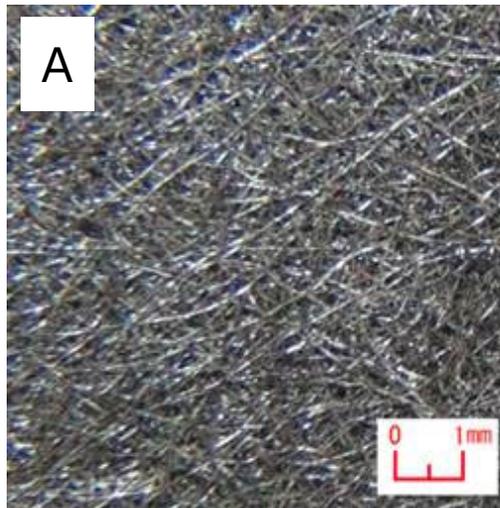
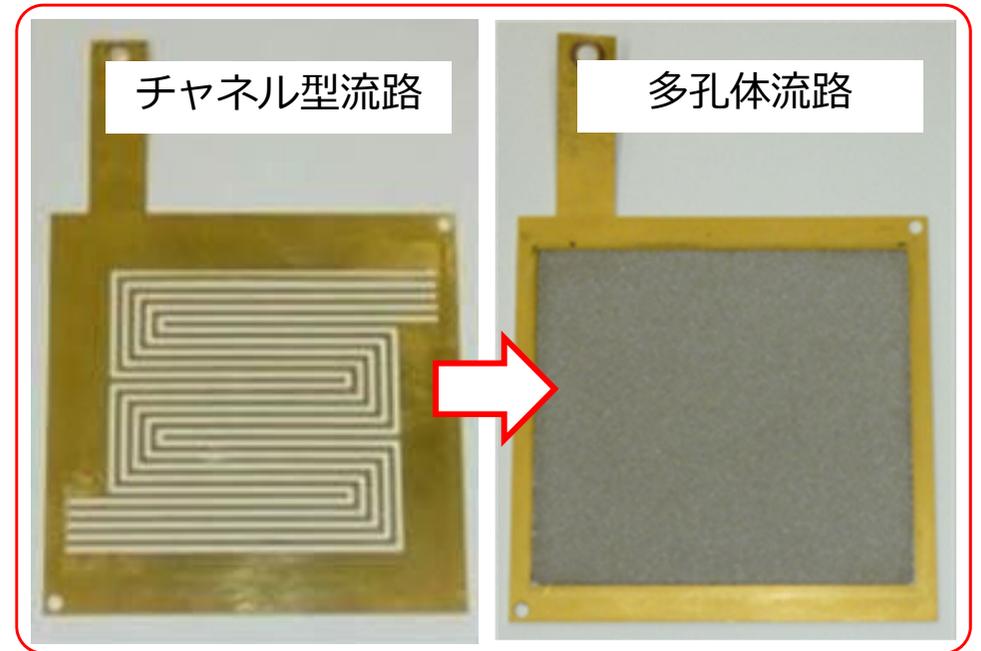
## 専門分野

エネルギーシステム工学, 多主体系シミュレーション, ゲーミング, 工学教育,  
リスク・コミュニケーション, 熱工学

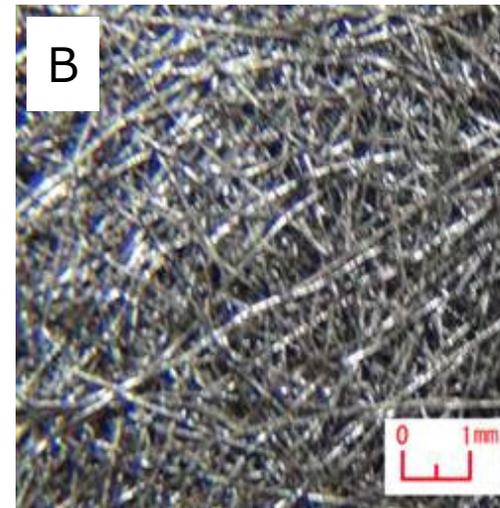


生成水を排出しやすいセル構造？

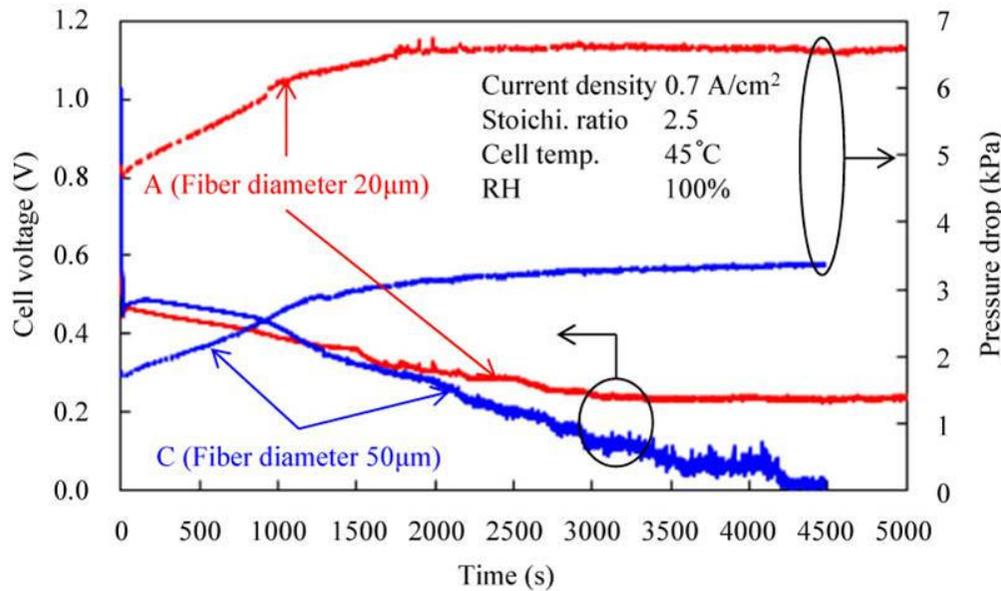
→ 多孔体流路



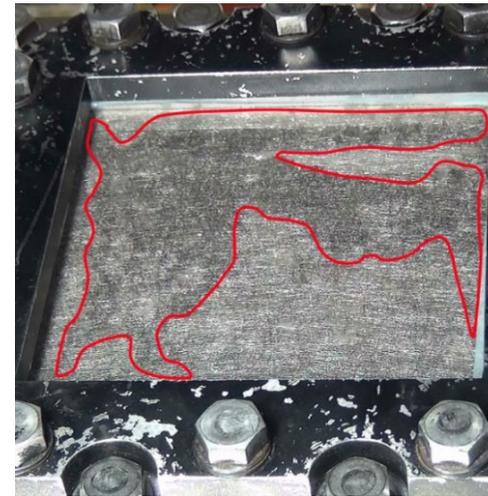
空隙率 85%  
繊維径 20 $\mu$ m



空隙率 85%  
繊維径 50 $\mu$ m



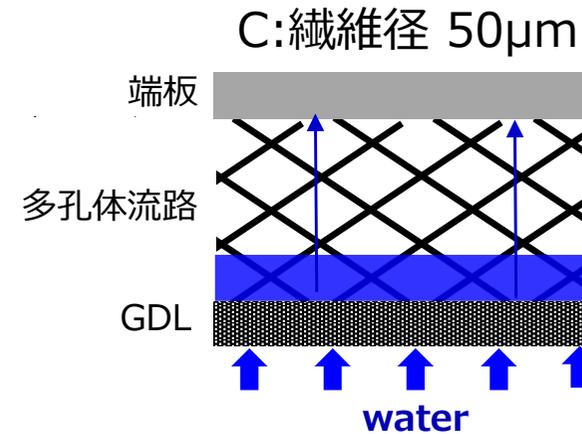
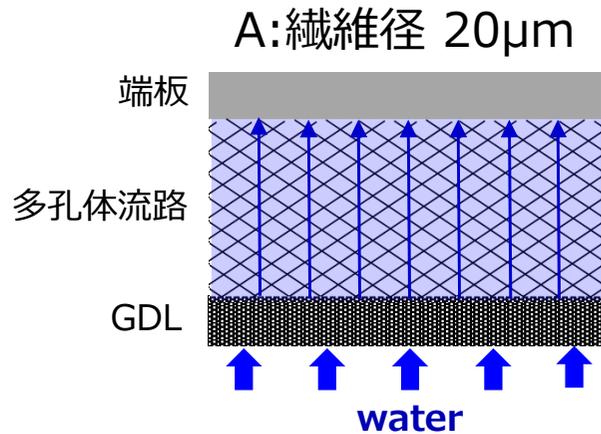
A: 繊維径 $20\mu\text{m}$



B: 繊維径 $50\mu\text{m}$



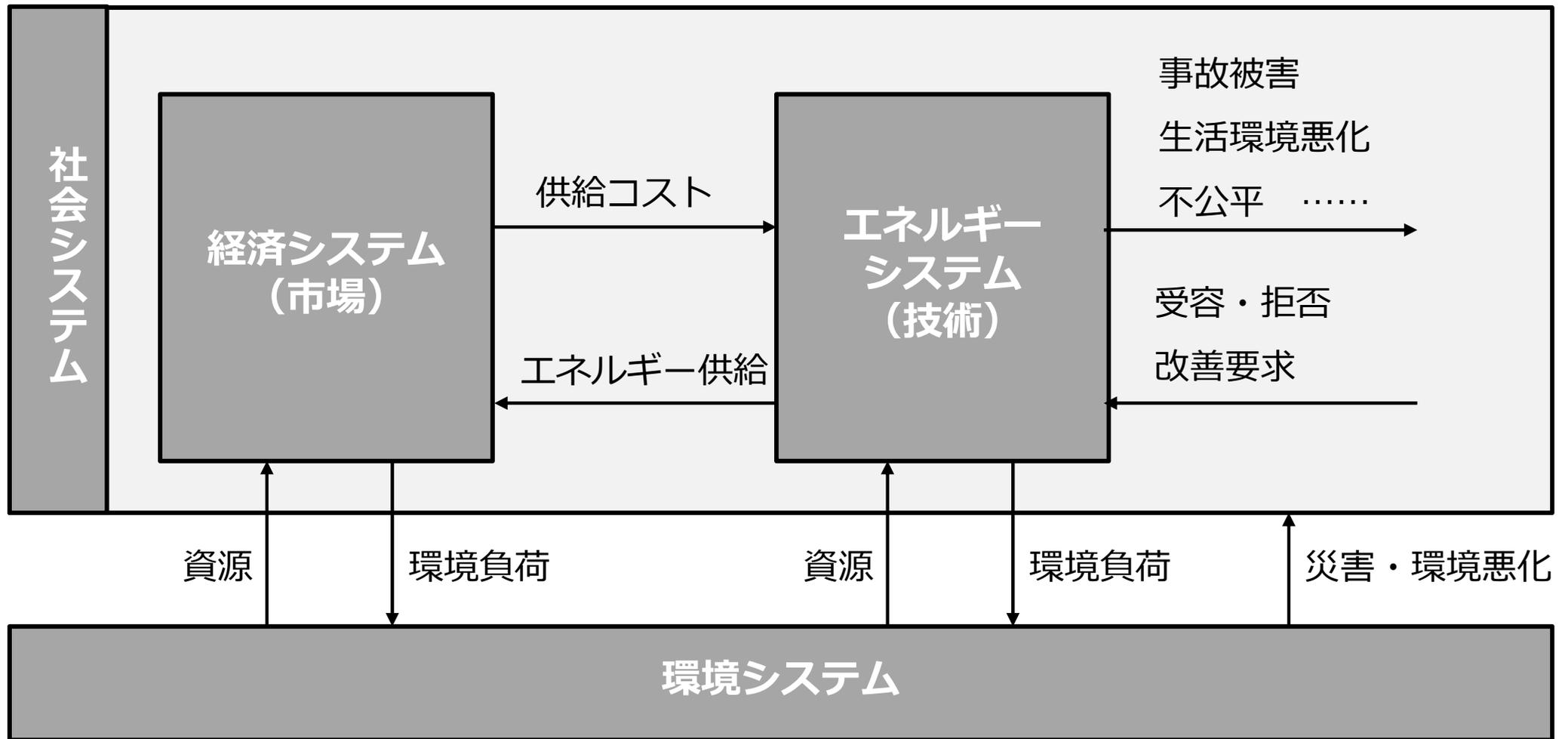
繊維が細かいAにおいてより多くの水を観察 → 鉛直方向の水移動がスムーズ



繊維が細いと界面の水滴が繊維に触れやすく内部表面積も大きい

→ 流路構造がきめ細かいため多孔体内部の水移動も起きやすいのではないかと





エネルギーシステムの長期にわたる安定な運用には  
技術・市場・人間の相互作用を理解し全体を改良してゆくことが肝要  
→ この分野融合的システムをどのようにモデル化するか？

軍事・ビジネス等に係る教育・実務への応用が学術研究よりも先行

## ウォーゲーム (18C-)



Wikipedia: Wargame

## ビジネスゲーム (1960s-)



MIT Website: Beer Game

兵士や兵器の性能  
費用・兵站・資源配分  
指揮官同士の駆け引き

**工学**  
**経済学**  
**心理学**

サプライチェーン  
収支・発注・在庫管理  
不確実性への対処

**工学**  
**経済学**  
**心理学**

多主体系を主体の利得関数と戦略集合の組（ゲーム）によって表現し、ある性質を満たす解（ナッシュ均衡解など）を数学的に求める手法

気候変動分野では、国際的な気候変動交渉を戦略的状况として表現し、その状況下での理論的な均衡解から政策的含意を引き出すのに応用される

※応用例のレビューはWood (2011) 参照

【調整ゲーム】

【囚人のジレンマ】

【チキンゲーム】

		B国				B国				B国	
		削減	排出			削減	排出			削減	排出
A国	削減	4, 4*	1, 3	A国	削減	3, 3	1, 4	A国	削減	3, 3	2, 4*
	排出	3, 1	2, 2*		排出	4, 1	2, 2*		排出	4, 2*	1, 1

気候変動リスクは各国と世界全体の双方にとって深刻 → 調整ゲームが適切なモデル  
 気候変動の深刻さが理解されない場合、交渉の場が囚人のジレンマゲームだと認識され、合意形成が妨げられる可能性がある（DeCanio and Fremstad 2013）

## 1. 公理論的に定義される解概念

解概念：ナッシュ均衡, マクシミン均衡, コア, シャプレー値 ……

いずれも実際の人間のふるまいを記述するものではない

## 2. 単純すぎるゲーム構造

数学的に求解可能であることの要請

Wicked Problemを表現するのが難しい

(実社会では, 主体同士・主体と社会環境とが相互作用し動的に変化)

※ Madani (2013) の批判

- 実際の人間が戦略的状況をどのように認識し行動するのか？
- それらの認識・行動と社会全体がたどる経路との関係は？

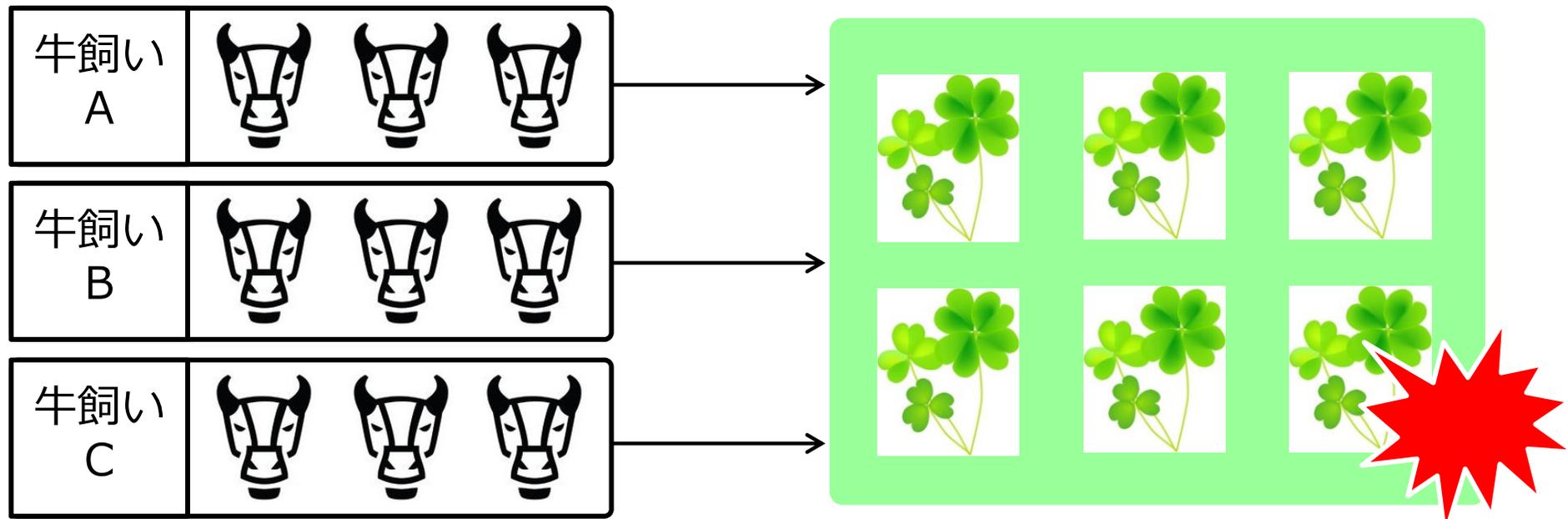
ある社会的状況（ゲーム）において，人間集団の認知と行動（ゲームの解）を左右する条件を実証的に求める手法

1960年代以降，社会的ジレンマをテーマとする実験研究が多数行われる

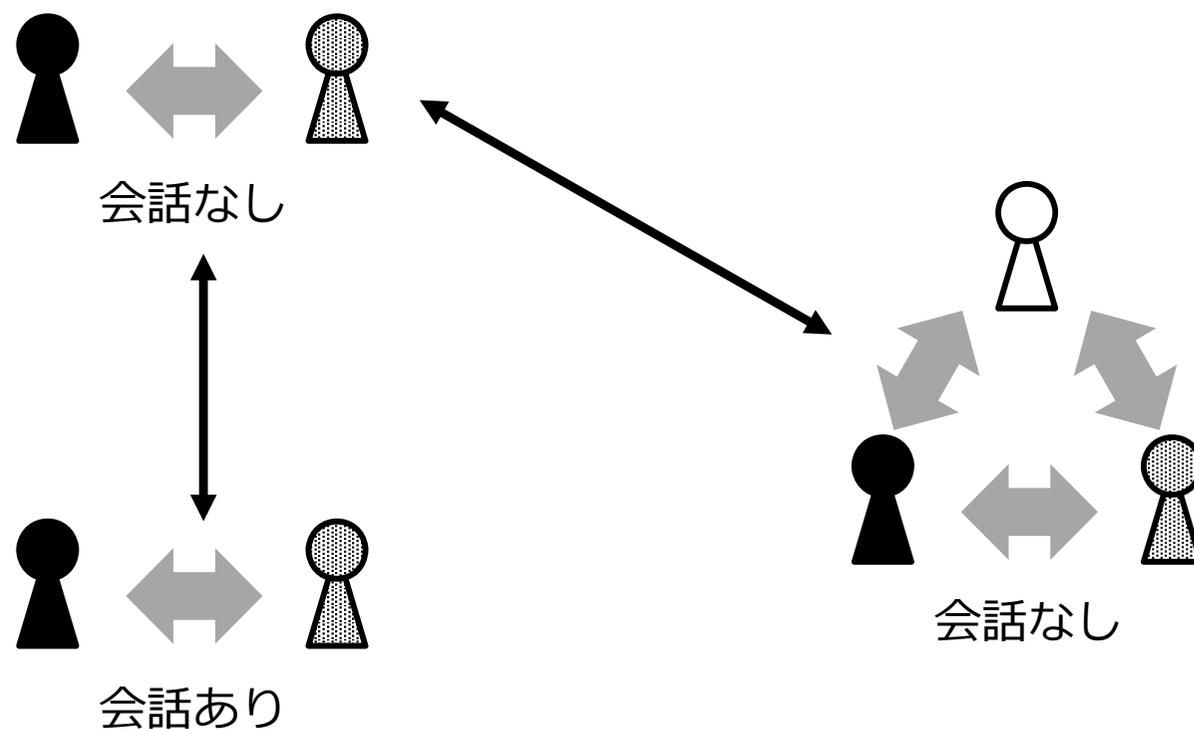
※ 研究レビュー：Dawes (1980), 三井宏隆 (1983)

## 社会的ジレンマ

「自己利益の追求と社会全体の厚生との間に食い違いが生じる現象」 (川越 2007)



- (1) 社会的ジレンマを再現した簡単なゲームを用意
- (2) 協力率に影響する変数を仮定（人数，情報共有，行動の公開，……）
- (3) 変数以外の条件を統制したゲームを多数実施
- (4) 総利得や協力率といったスコアの違いを分析

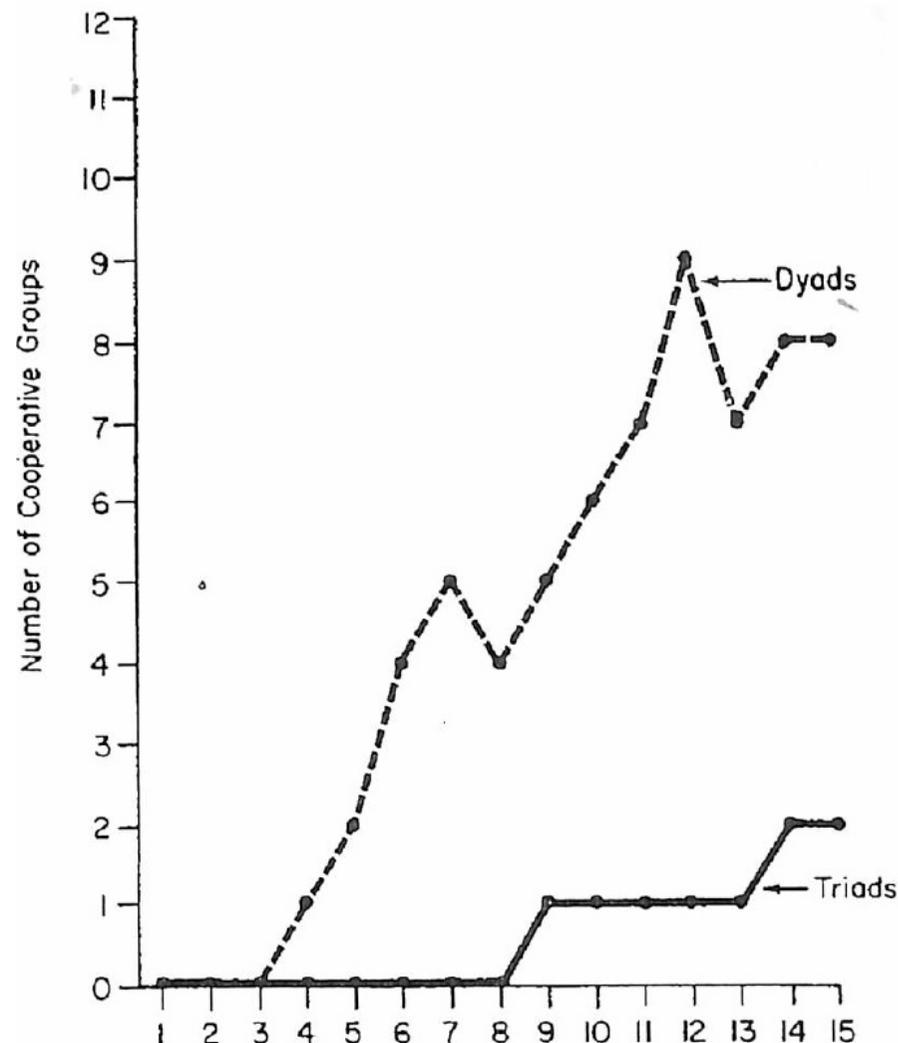
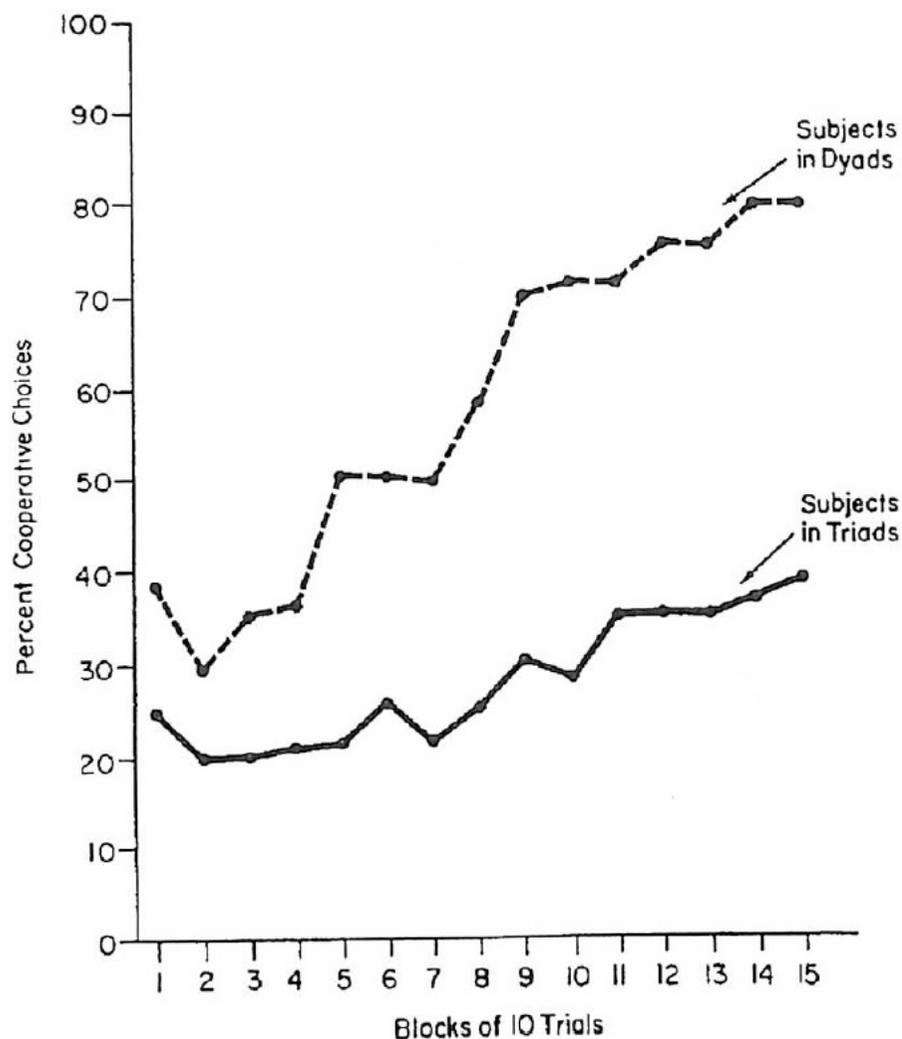


ウィスコンシン大学の新入生60名が実験協力者 (被験者)

2人×12グループ (24人) 3人×12グループ (36人)

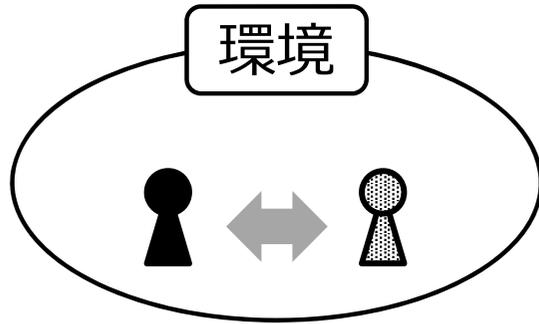
囚人のジレンマゲームを各グループとも連続150回プレイ

→ 3人グループでは, 2人グループよりも協力率が上昇しづらかった

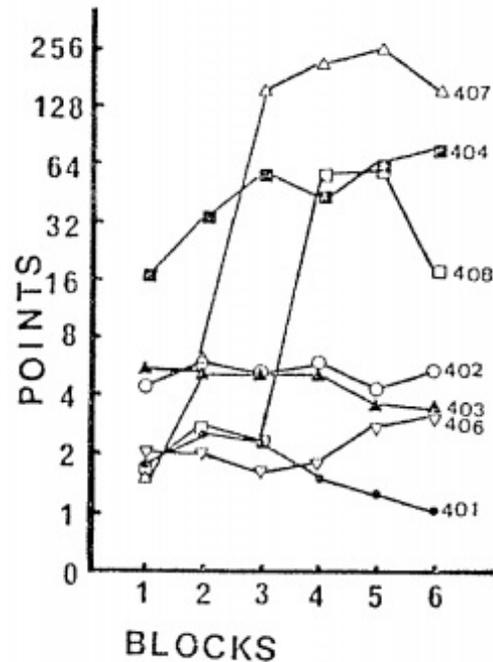
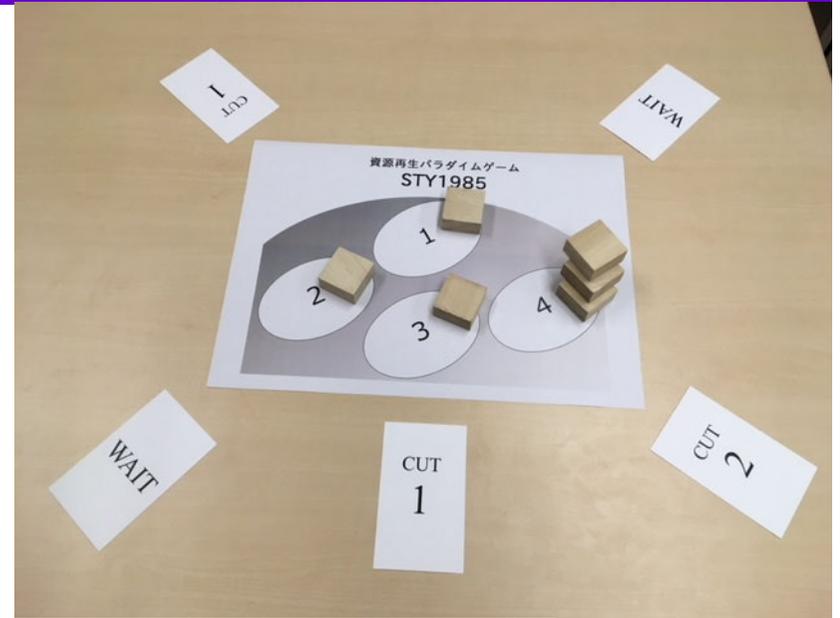
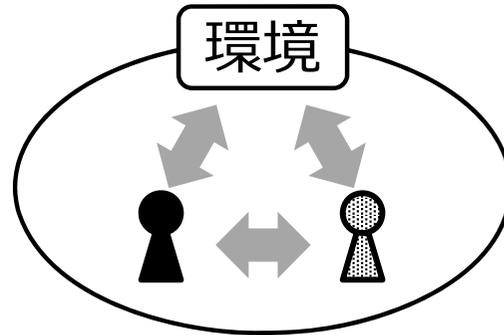


## 資源再生パラダイムの動学的ふるまいの研究

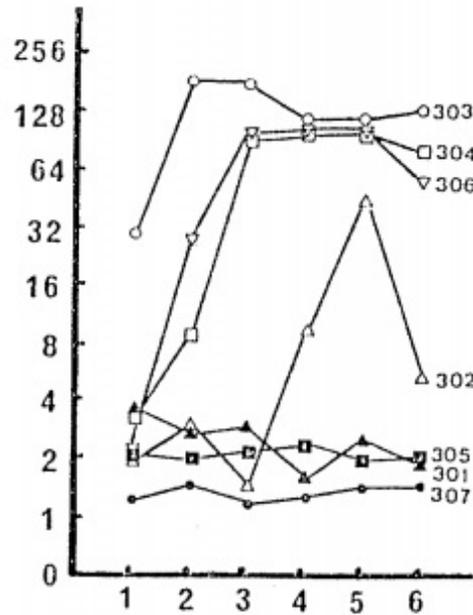
【n人囚人のジレンマ】



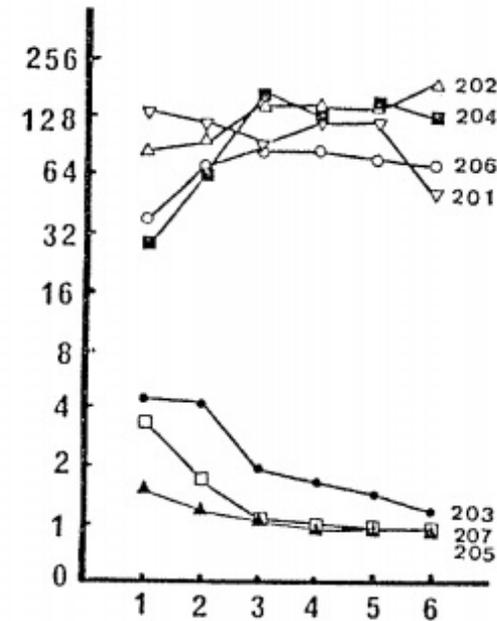
【資源再生パラダイム】



4本条件



3本条件



2本条件

Fig. 3. グループ別の平均伐採水準（伐採された木の大きさ）.

注. 21-200 試行を 30 試行毎の 6 ブロック. 各ラインの番号はグループ番号.

## 完備情報ゲームによる実験

意思決定に必要な情報がすべて事前に与えられる

→ すべての参加者が同じ社会状況を**受動的に共有**

「実験協力者に協力か競争を繰り返し選択させるだけであり、単純ではあるが現実感が乏しい人工的な状況」(広瀬 2018)

現実の意思決定者は、社会システムの構造がよくわからない中で、手探りの意思決定を繰り返しながら、社会に対する主観的現実を**能動的に構築**

主観的現実の多様性に起因する不確実性を検討するためには……

→ 意思決定に必要な情報が足りない状況（不完備情報ゲーム）を用意

→ 実験参加者に**主観的現実の能動的な構築を求める**ことが必要

監視・罰則を強化しても不法投棄が減らない。その理由はなにか？

社会的ジレンマ構造：不法投棄は個人の利益を増やすが社会全体の利益を減らす

不完備情報ゲーム：ゲーム開始時、プレイヤーは互いの利得構造を知らない

大沼・北梶（2007）

→ ゲームの進展とともに社会的ジレンマ構造への認識共有，事業者間での利害調整

北梶・大沼（2014）

**監視や罰則があると不法投棄が増えた**

他業者との利得情報の共有が進まない

→ 非協力行動のデフォルト化

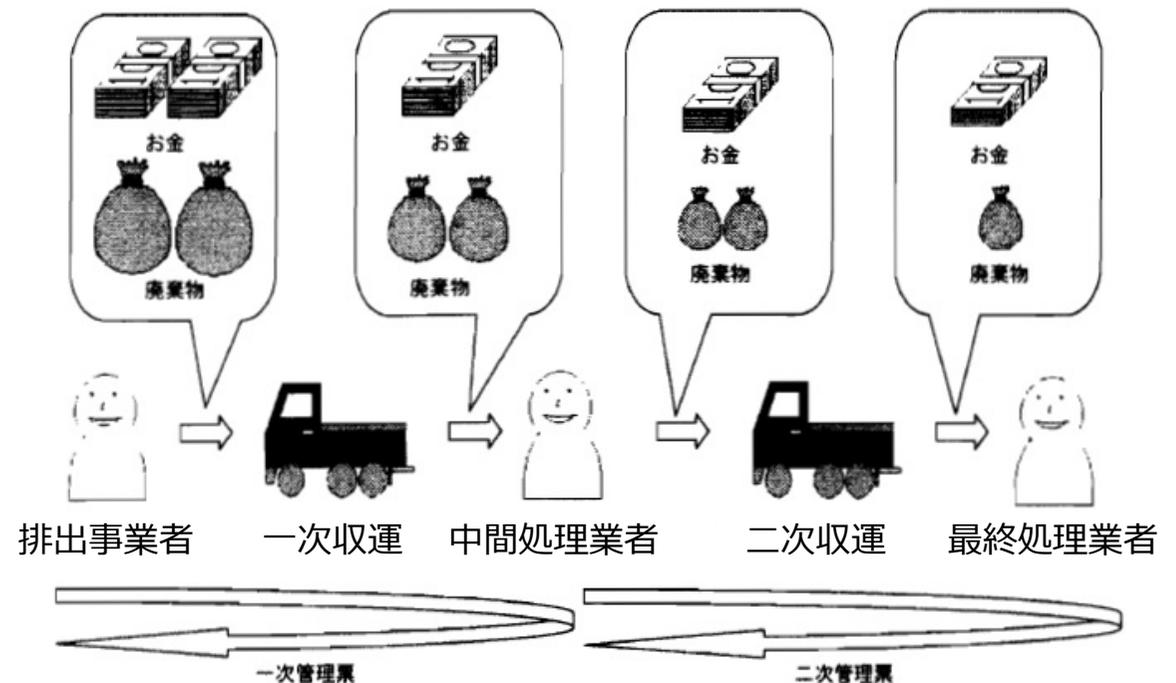
→ 内発的な動機づけの喪失

Kitakaji and Ohnuma（2019）

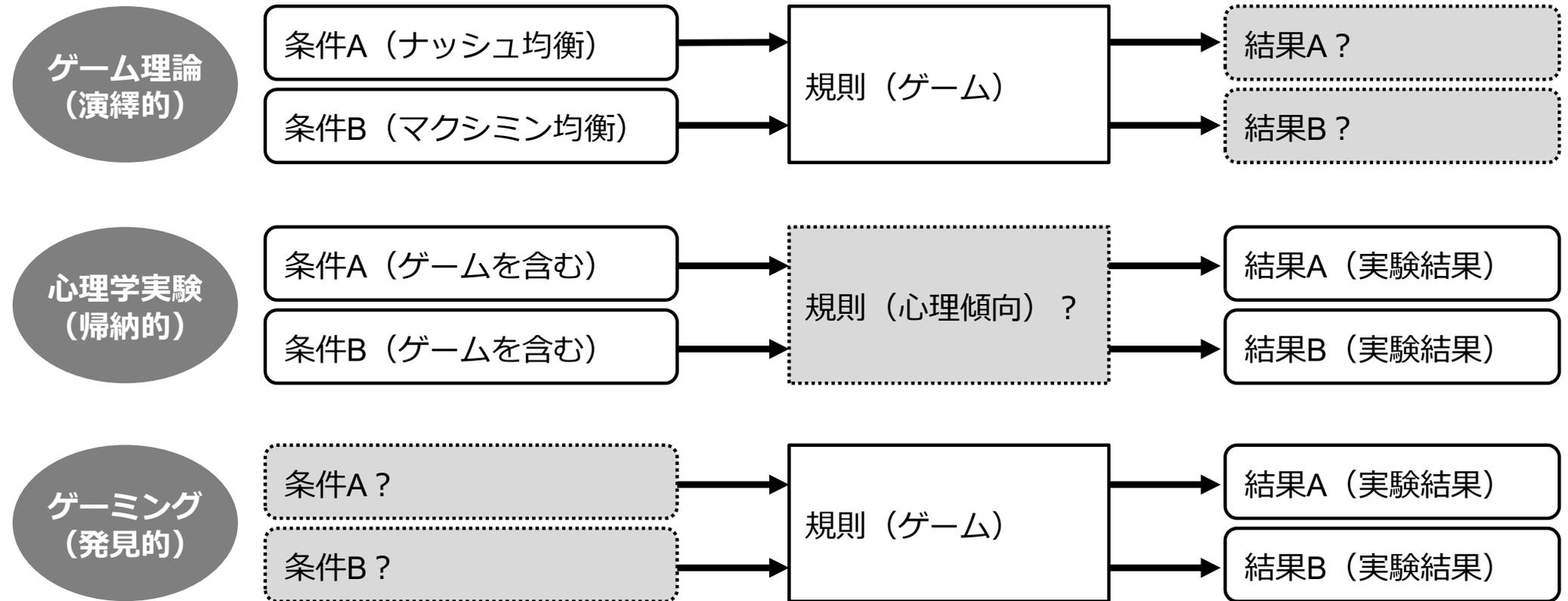
**報酬があると不法投棄が増えた**

他業者との情報共有が進まない

→ 「報酬さえ受け取れば不法投棄をしてもよい」



人間がゲームをプレイする点は心理学実験と同じだが、実験条件を統制せず、参加者間のダイナミックな相互作用の観察を重視する手法(北梶・大沼 2014)



「のちに厳密に検証されるべき示唆や仮説」を発見することが目的 (Akoff 1962)  
他の手法では見落とされるかもしれない重要な可能性群を発見し、それらの可能性とゲームの構造との関係を見出すことが可能 (Schelling 1964)

競争的エネルギー市場における長期的な投資と短期的な競争の対立

再生可能エネルギーへの投資 → 長期的な利益

投資の削減による価格競争力の維持 → 短期的な利益



事業者の葛藤と不確実性

投資と競争のどちらを優先するか？

事業者同士の価格競争？ 新技術への投資効果？ 化石燃料価格の変動？

エネルギー技術選択を左右する関係性

(1) 事業者同士の関係性（例：市場全体は競争的か協調的か）

(2) 事業者と技術システムの関係性（例：投資効果への期待は高いか低い）

事業者の葛藤とエネルギー技術選択にはどのような相互作用があるのか？

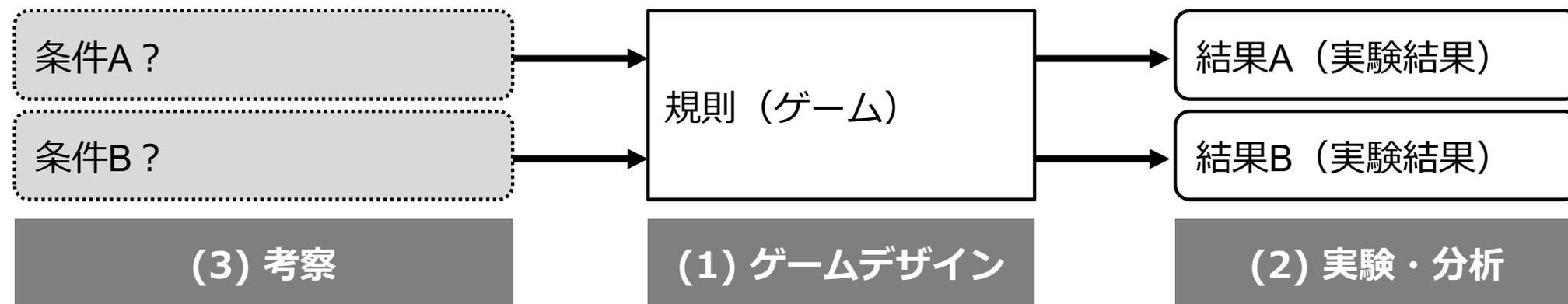
## 研究目的

事業者が共有する主観的現実がエネルギー転換の進捗に与える影響を調べる

## 研究手法

発見的アプローチであるゲーミング実験を採用

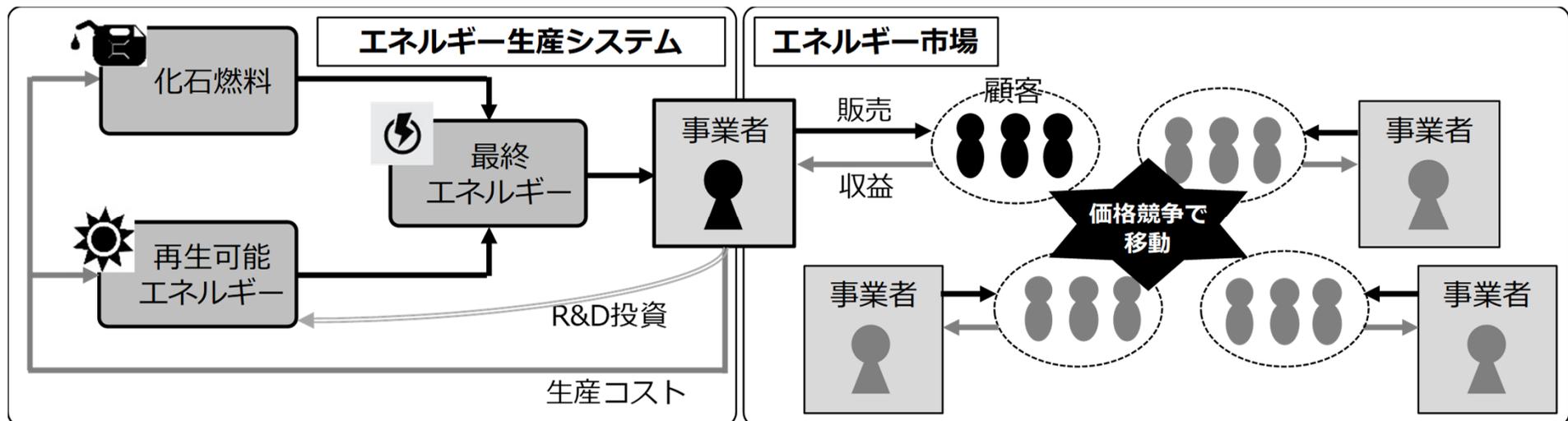
- (1) 競争と投資の葛藤を生み出す社会構造をゲームとしてモデル化
- (2) 実験協力者によるゲームプレイと質問紙調査の結果を分析
- (3) 実験結果が分岐する条件を考察

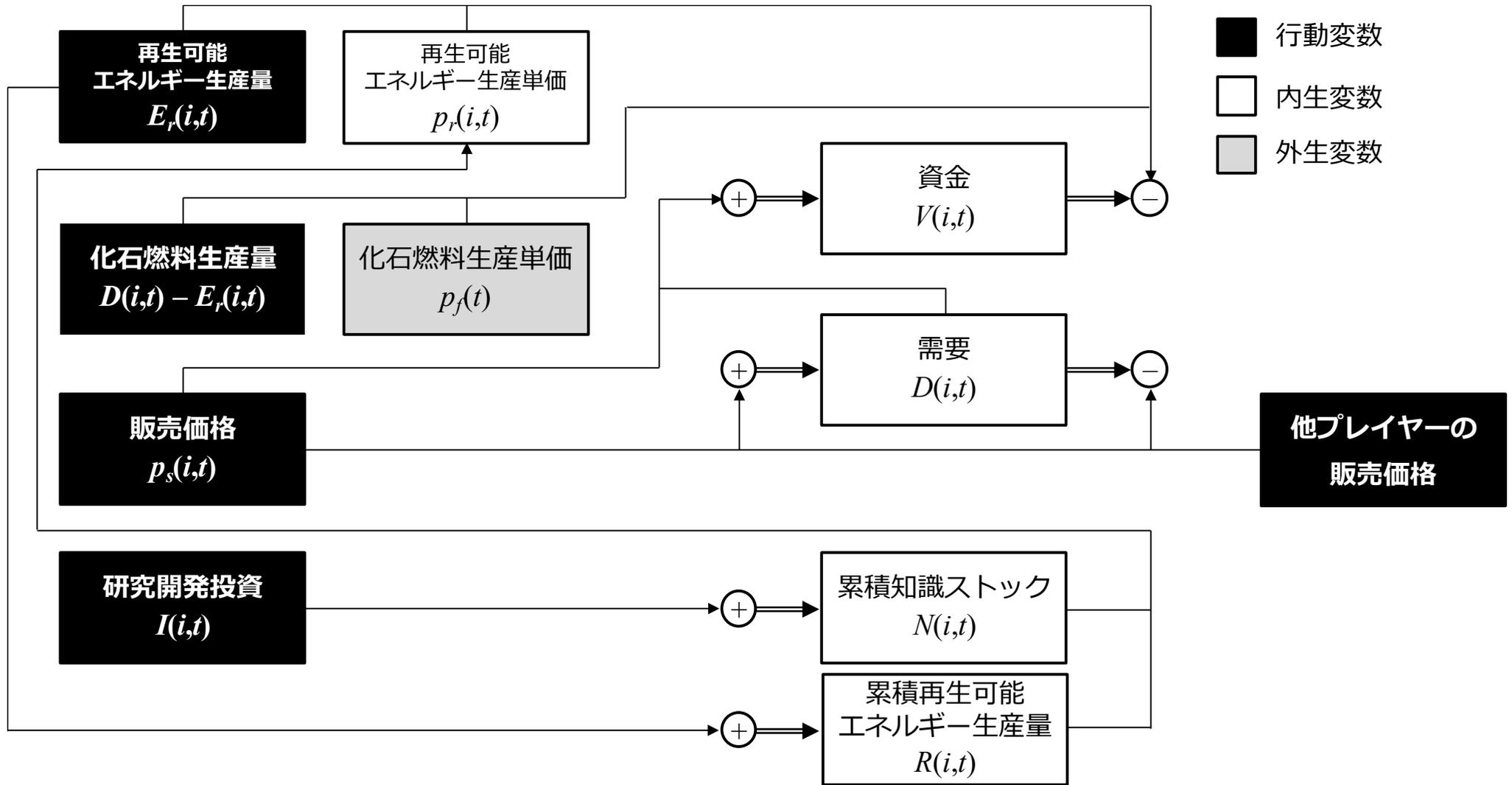


要件：長期的投資と短期的競争の間の葛藤の表現

葛藤をもたらす不確実性：(1) 価格競争, (2) 新技術への投資効果, (3) 化石燃料価格  
**構造的与件**

1. プレイヤーの役割： 化石燃料または再エネからエネルギーを生産し顧客に販売
2. 意思決定の枠組： エネルギー源, 販売価格, R&D投資額を期毎に決定
3. 生産コスト： ゲーム開始時, 化石燃料でないとは利益が出ない  
再エネは投資により減少, 化石燃料は時間経過で上昇
4. 価格競争： 顧客は每期, 販売価格の低い事業者に移動
5. 社会的ジレンマ構造： 協力 = 再エネへの投資を優先, 非協力 = 価格競争を優先
6. 構造の単純化： 参入・撤退なし, 需要一定, 燃料価格は単調増加等





資源経済学分野の動学的最適化モデルをベースに開発

架空の単位系を設定

エネルギー1単位 1[E] 資金1単位 1 [G] 知識ストック1単位 1[K] 生産単価・価格[G/E]

$$\Delta V(i,t) = D(i,t-1) p_s(i,t) - E_r(i,t) p_r(i,t-1) - \{D(i,t-1) - E_r(i,t)\} p_f(t-1) - I(i,t)$$

$$\Delta D(i,t) = \alpha \{ \mu(t) - p_s(i,t) \}$$

$$p_s(i,t-1) - m \leq p_s(i,t) \leq p_s(i,t-1) + m$$

$$P_r(i,t) = p_{r0} \{ N(i,t) / N_0 \}^{-\beta} \{ R(i,t) / R_0 \}^{-\gamma}$$

$$\Delta N(i,t) = I(i,t)^\varepsilon$$

$$\Delta R(i,t) = E_r(i,t)$$

## 【外生変数】

$p_f(t)$ : 化石燃料生産単価

$m$ : 期毎の販売価格の変化量の最大値

$\alpha$ : 競争の激しさを決めるパラメータ

$\beta, \gamma, \varepsilon$ : 投資効果を決めるパラメータ

## 【行動変数】

$E_r(i,t)$ : 再生可能エネルギー生産量

$p_s(t)$ : 最終エネルギーの販売価格

$I(i,t)$ : R&D投資額

## 【内生変数】

$V(i,t)$ : 資金

$D(i,t)$ : 最終エネルギー需要 (=顧客数)

$R(i,t)$ : 累積再生可能エネルギー生産量

$N(i,t)$ : 知識ストック量

$p_r(i,t)$ : 再生可能エネルギー生産単価

$\mu(t)$ : 市場平均販売価格

## 1. プレイヤー数と期間

**人数: 5人**

テストプレイで結果に多様性が見られたため

**ゲーム期間: 28期**

1期が2~3分, 終端効果2~3期, 90分に収めたい

## 2. 動学的最適化モデルの活用

販売価格一定としゲーム終了時の全員の総利益が以下の条件を満たすよう調整

[1] 全エネルギー源を再生可能エネルギーに置き換える行動が最適解

[2] ゲーム終了時の総資金が開始時より増える

[3] 再生可能エネルギーの方が安価になるのはゲーム後半である

## 3. 競争に関するパラメータ

テストプレイを通じて調整

プレイヤー用端末



行動を入力



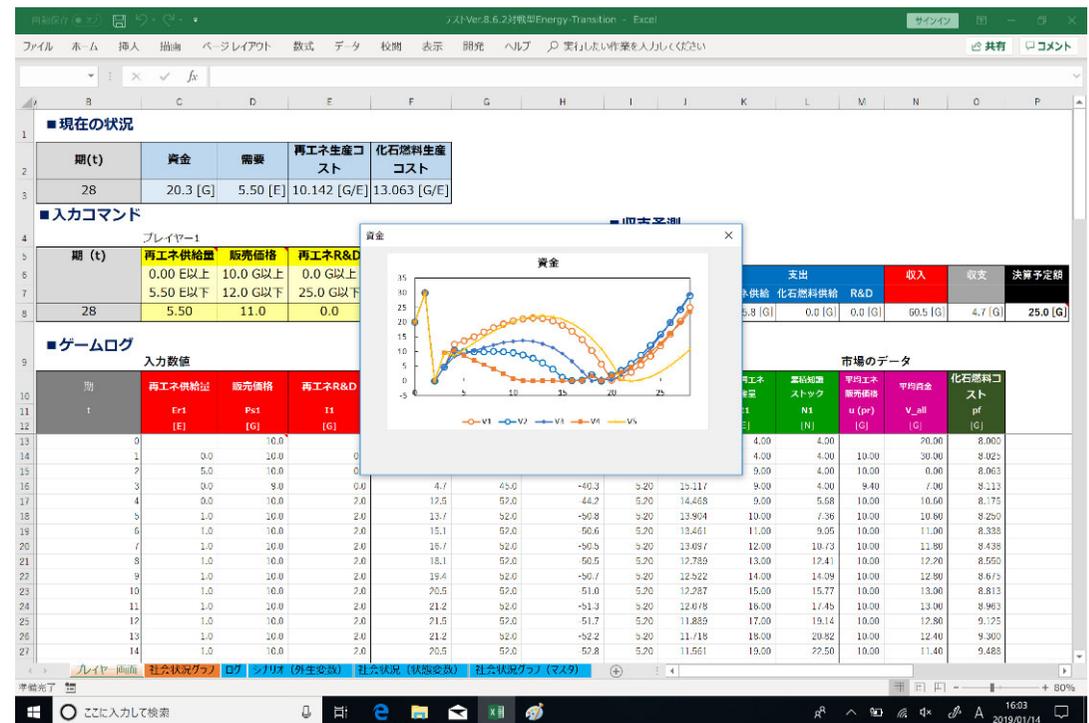
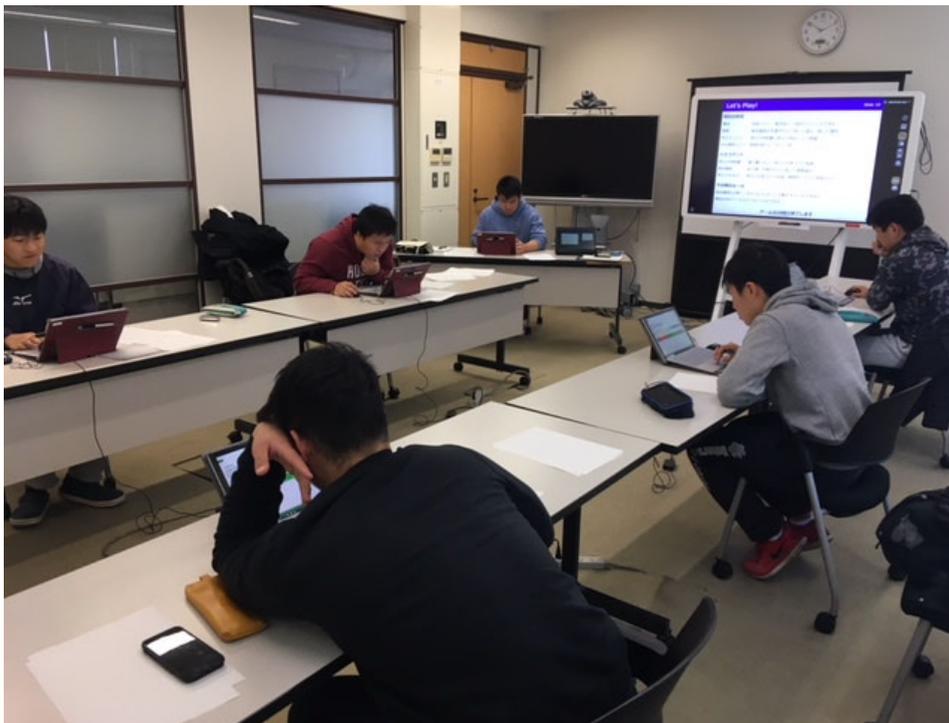
無線LAN通信

計算結果を取得

実験者用  
サーバ



ゲームプログラムはExcel VBAで開発され、Office 2016上で稼働



## 対象者

筑波大学生35名（7ゲーム）

ゲーム終了時の利益に応じて報酬を支払い（1000円～3000円）

## 実験スケジュール（目安）

実験概要・ルール説明	50分	
ゲームプレイ	80分	
デブリーフィング	20分	全体で2時間半前後

## 質問紙調査

ゲーム開始時と5期・10期・15期・20期・25期の終了時の6回

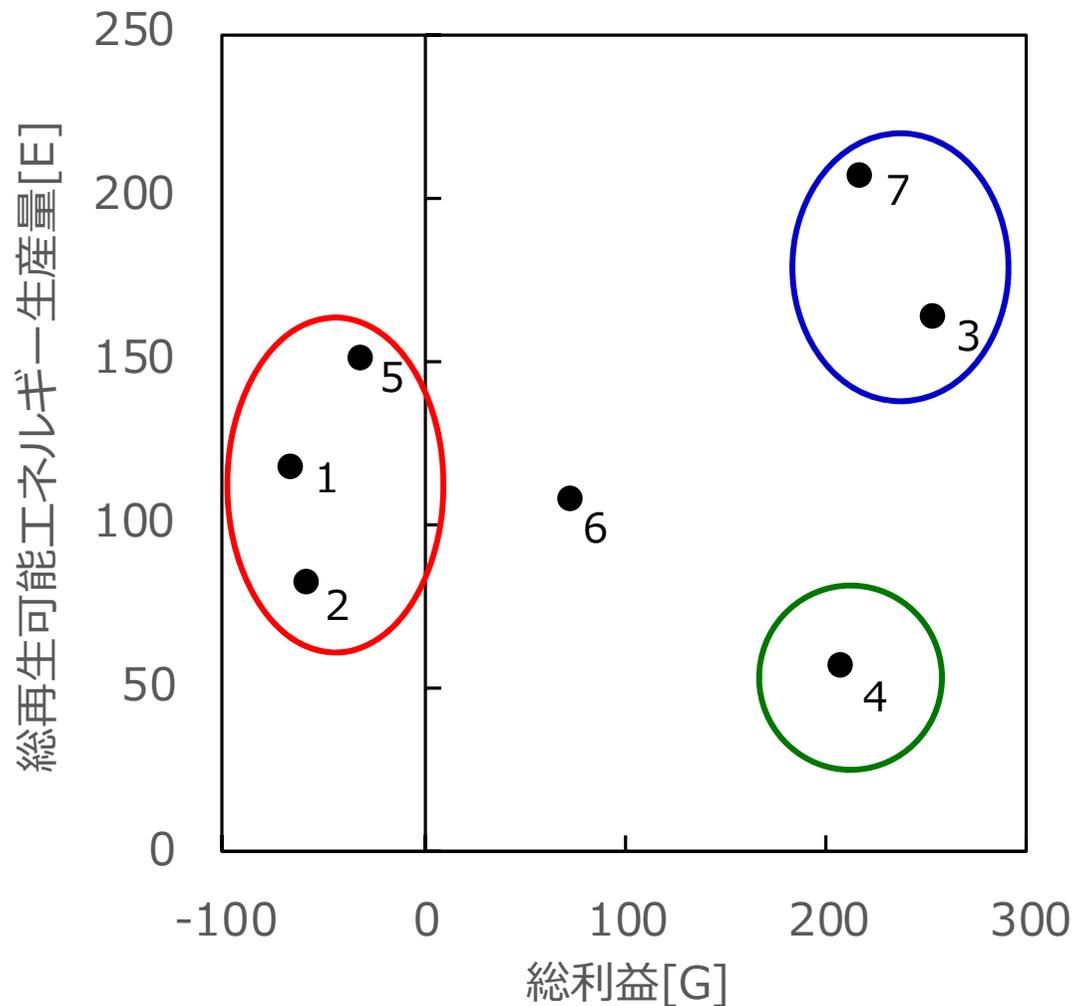
Q1 「価格競争の中で生き残れるかどうかわからない」 ことへの不安

Q2 「再生可能エネルギーへの投資が利益になるかどうかわからない」 ことへの不安

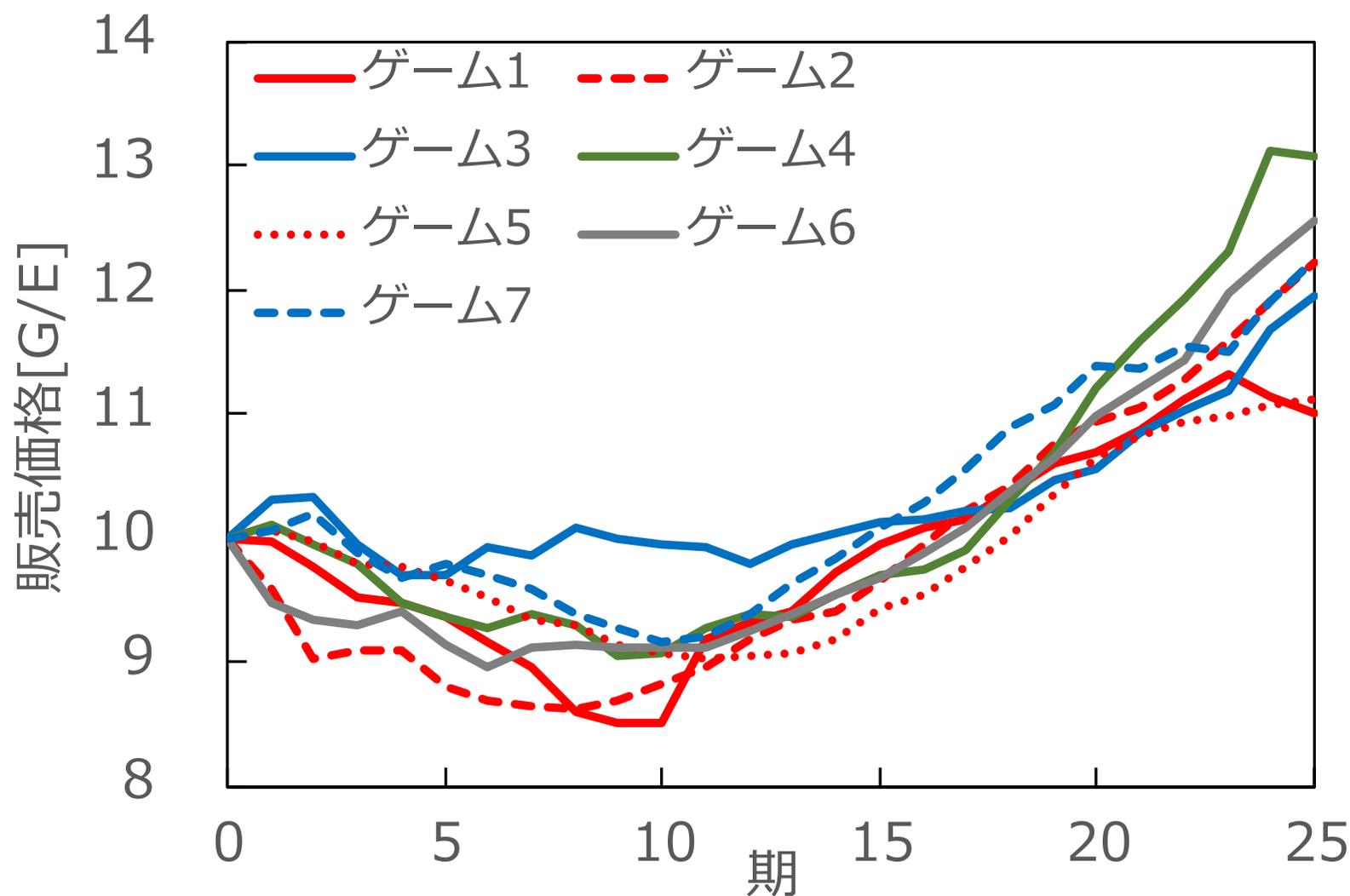
Q3 「将来の化石燃料価格がわからないこと」 への不安

「1: まったく不安に思わない」 から 「7: とても強く不安に思う」 の7段階

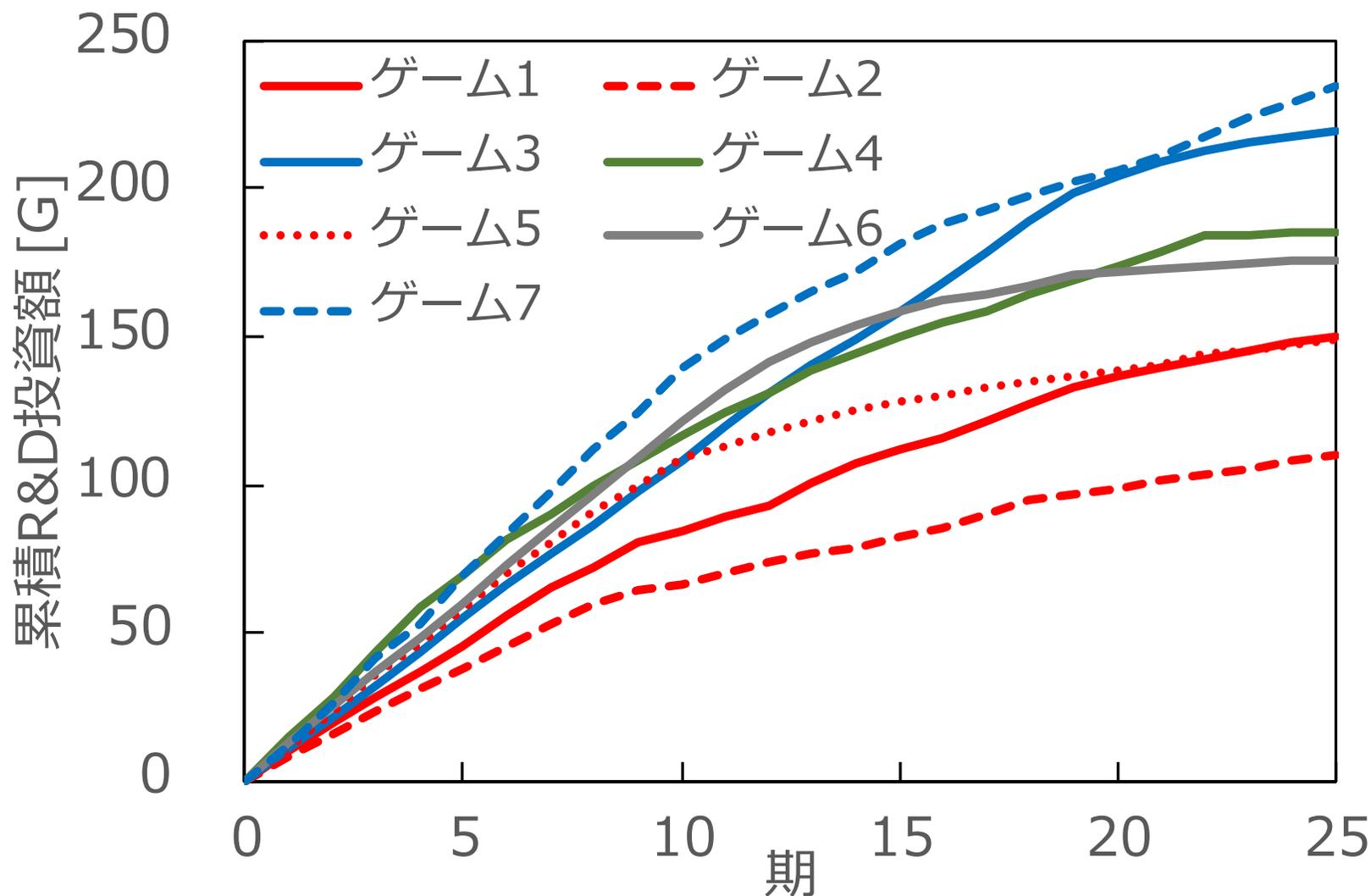
- ◆ 総利益の多いゲームと少ないゲームに二極化
- ◆ 総利益が多いほど再生可能エネルギーも多く使われる傾向
- ◆ ただしゲーム4はこの傾向から外れている

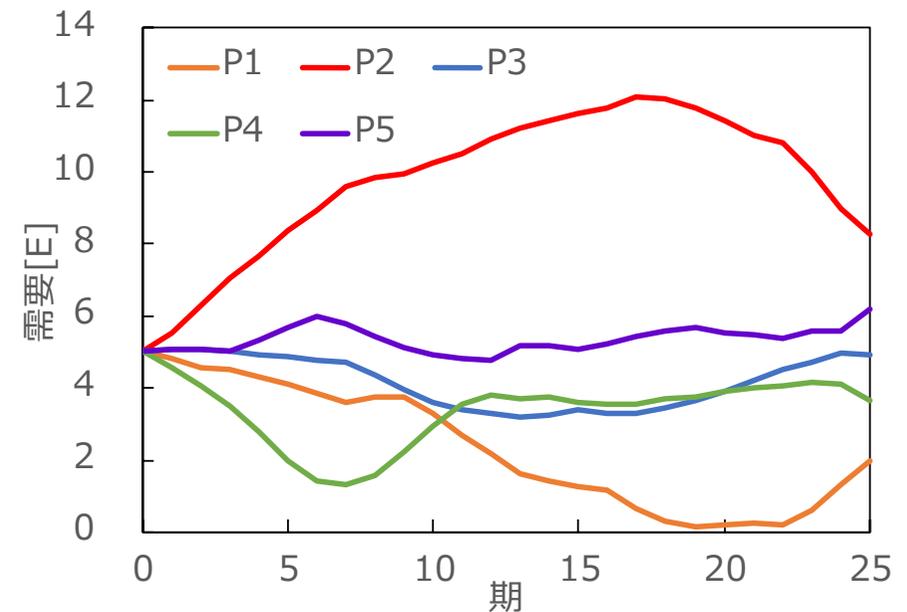
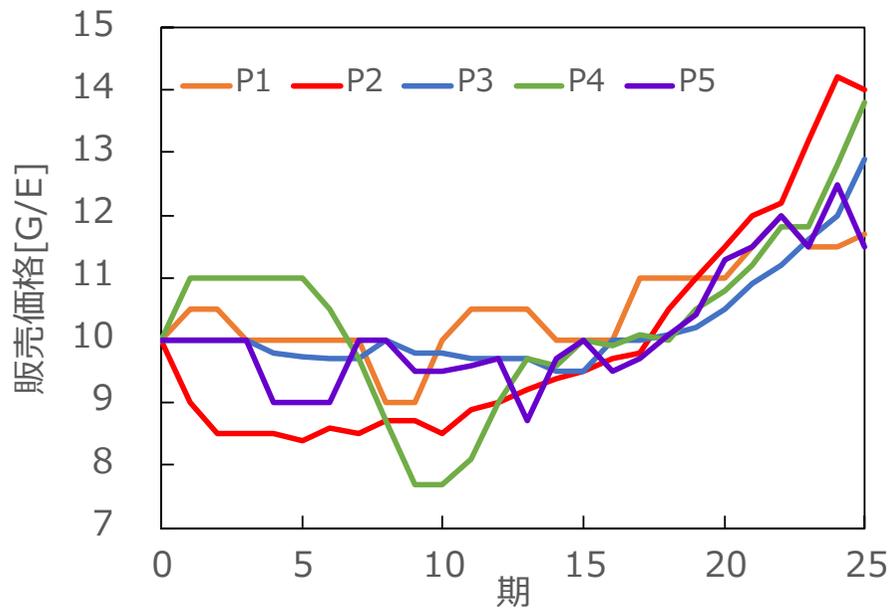
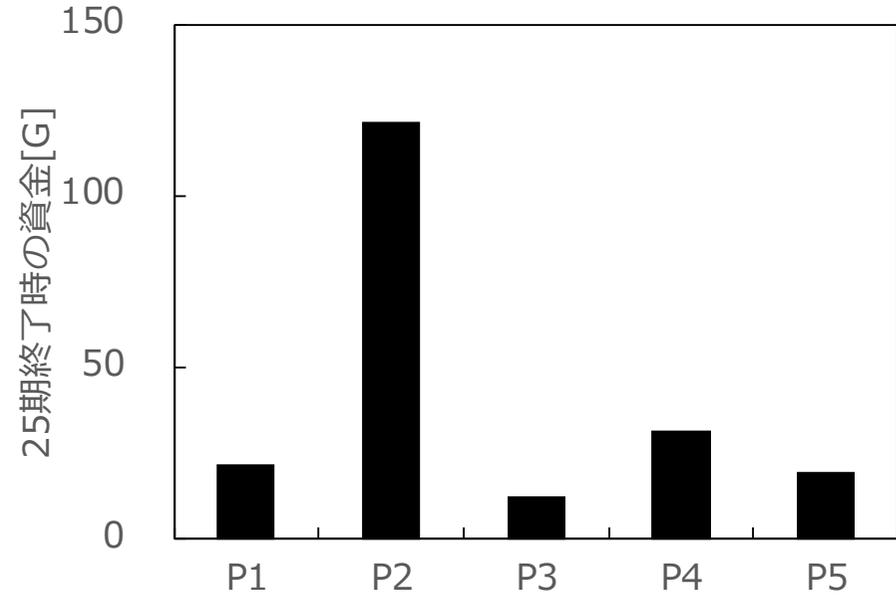
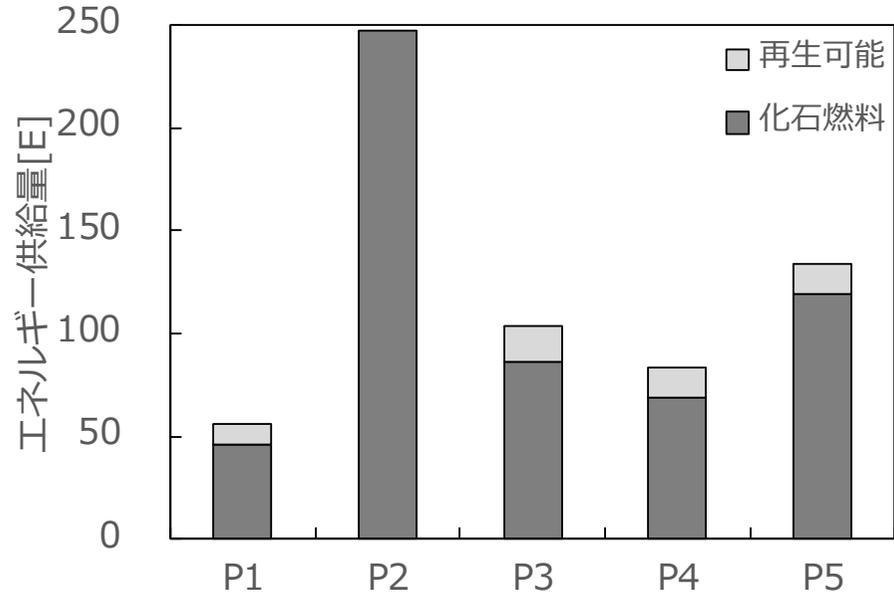


- ◆ 全体的に、序盤は価格下落、10期目以降は価格が上昇
- ◆ 赤字だったゲームは下落幅が大きい → 競争が激しかった
- ◆ 利益が多かったゲームは下落幅が小さい → 競争が穏やかだった



- ◆ 赤字だったゲームは投資の増え方が鈍く，途中で減り始める
- ◆ 利益が多かったゲームは投資額が順調に増え，総額も多い
- ◆ ゲーム4は，転換は進まなかったが，投資額は比較的多かった



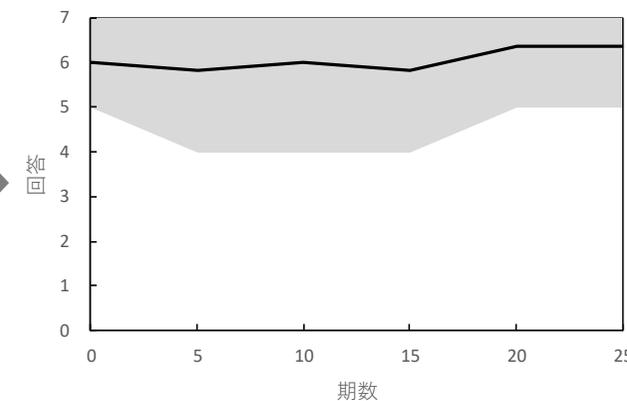
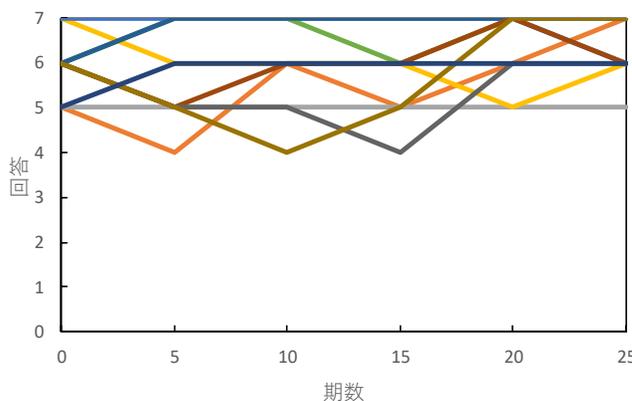
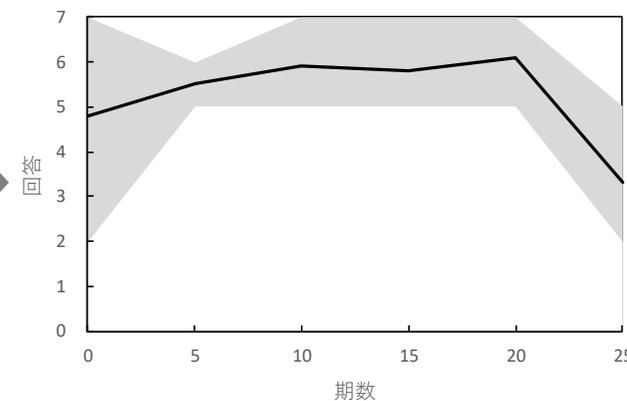
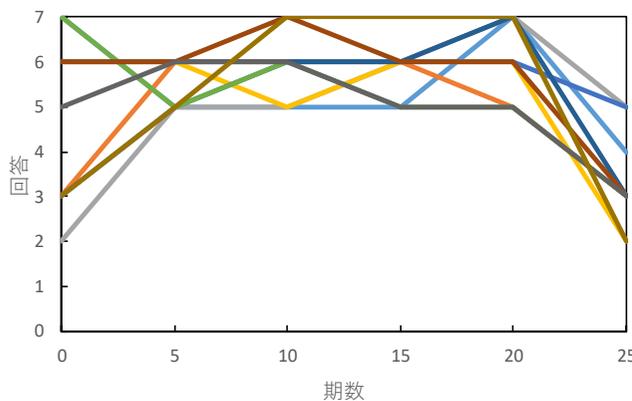
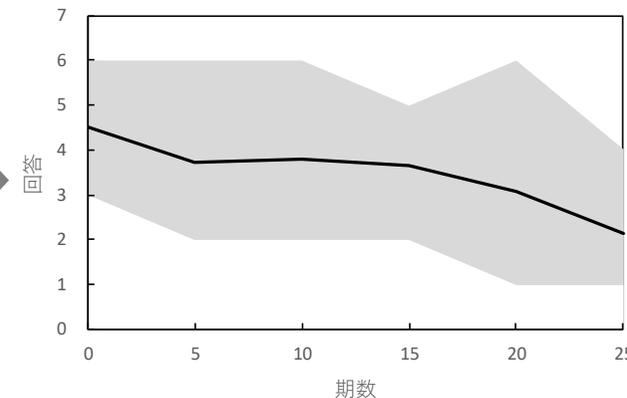
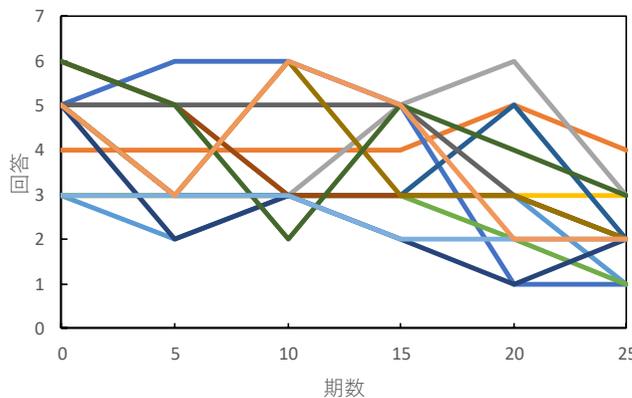
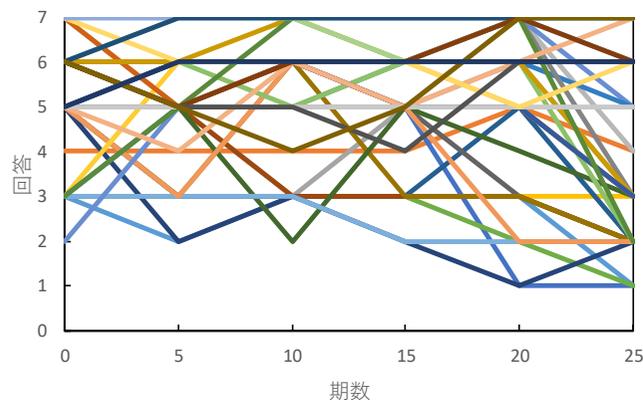


- ◆ 1人のプレイヤーが需要を独占した後で販売価格をつり上げ
- ◆ 再生可能エネルギーに投資することなく利益を独占

Q1: 「価格競争で生き残れるかどうかわからない」ことがどのくらい不安ですか？

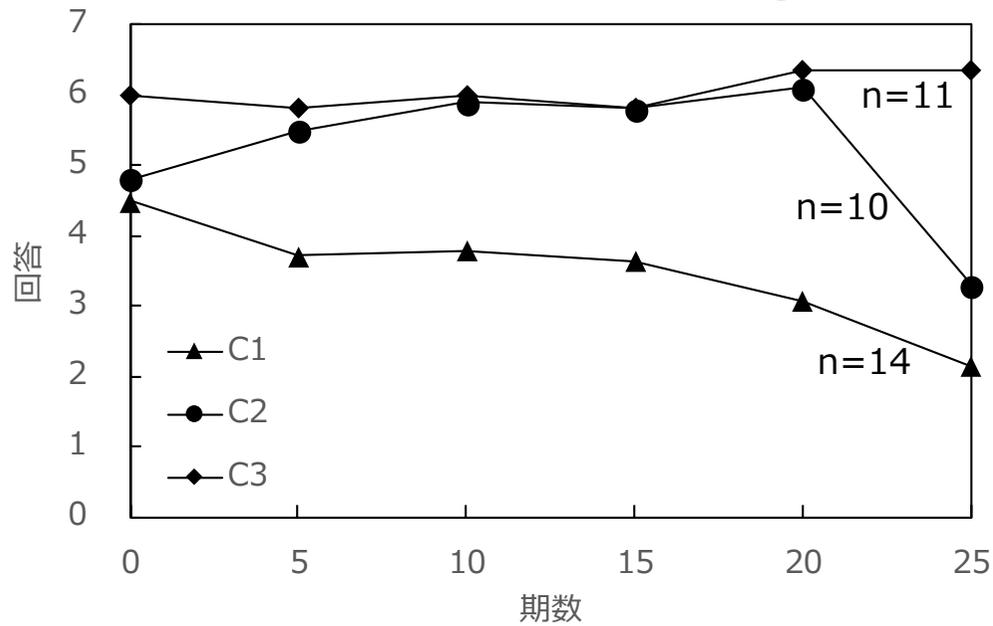
→ ゲーム中6回, 7段階で回答

アンケート回答  
(n=35)

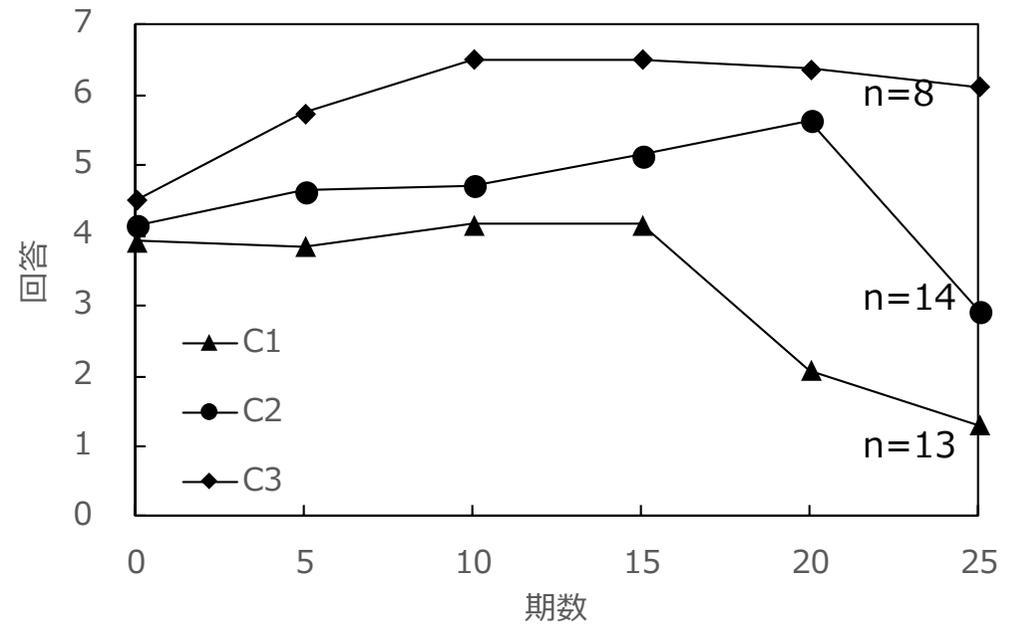


ワード法による  
階層クラスタリング

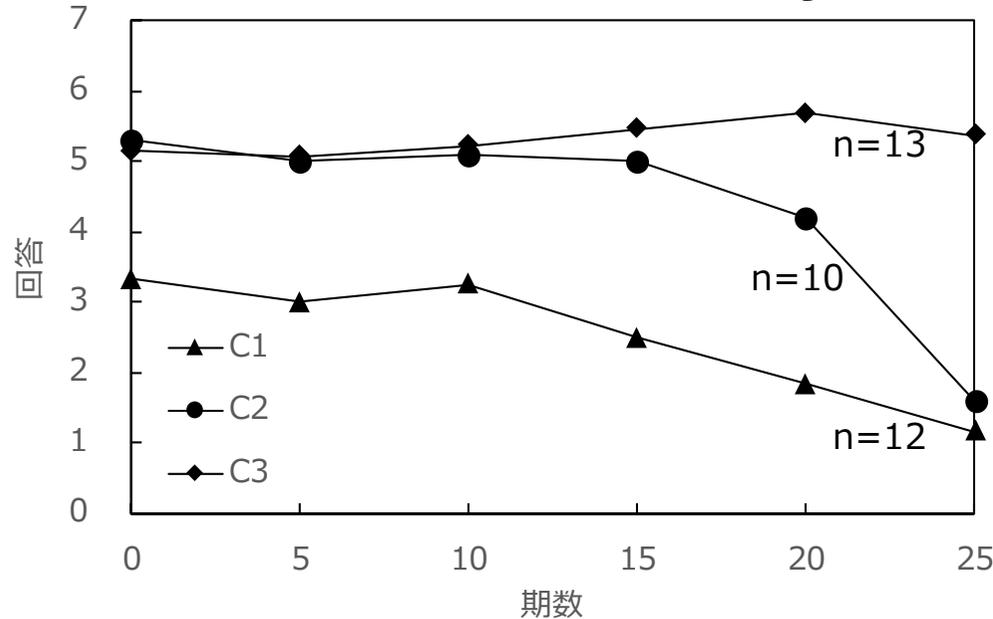
## 価格競争に生き残れるか (Q1)



## 再エネ投資が利益になるか (Q2)



## 化石燃料価格がどうなるか (Q3)

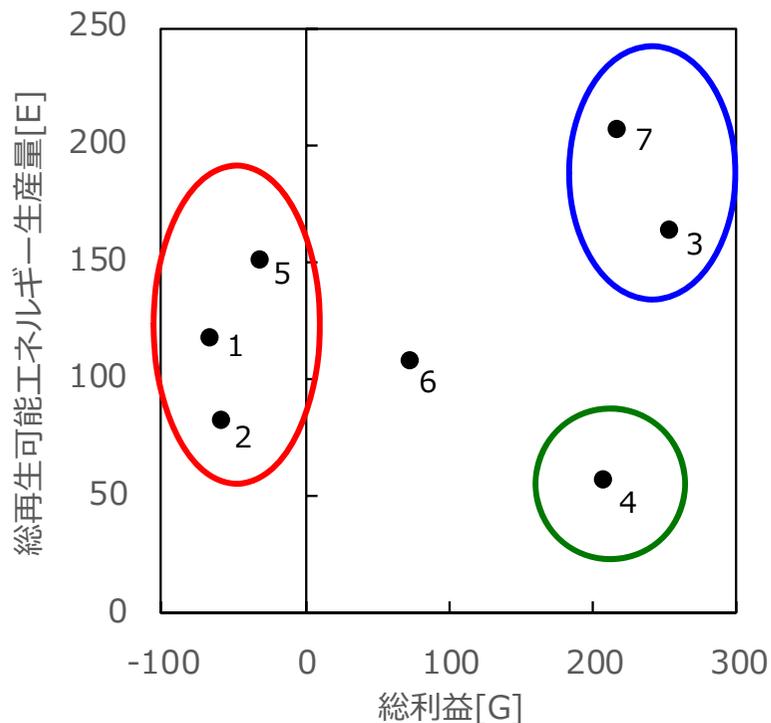
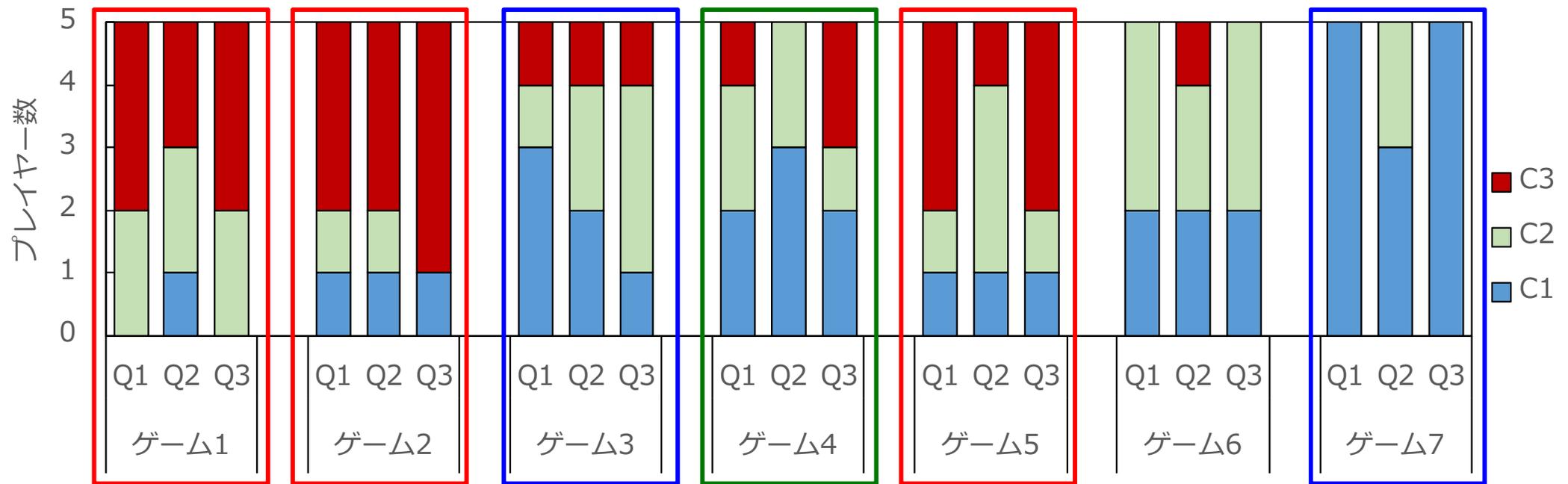


C1 : 不安が相対的に低い

C3 : 不安が相対的に高い

ゲーム後半の不安の低下

→ 再生可能エネルギーのコスト低減が無事進んだため



- ◆ 赤字となったゲーム (1・2・5)  
不安の水準が高いプレイヤーが多かった
- ◆ 高利益でエネ転も進んだゲーム (3・7)  
不安の水準が低いプレイヤーが多かった
- ◆ 独占が起きたゲーム (4)  
不安の水準が低いプレイヤーが多かった

(1) 価格競争に勝たないと利益を得られないという**競争的な世界観**

→ 激しい価格競争, エネルギー転換の遅れ

あまり競争をしないでエネルギー転換を進めようという**協調的な世界観**

→ 穏やかな価格競争, 順調なエネルギー転換

(2) 協調的な世界観が共有された市場はフリーライダーに弱い

不安の低いプレイヤーが多いと独占行動が許容されてしまう

(3) エネルギー転換が失敗する未来図には, 競争による失敗と独占による失敗がある

競争による失敗を避けるためには, **事業者の不安を抑える**ことが有効

独占による失敗を避けるためには, **独占行動自体を禁止する**ことが有効

(4) 今日の制度設計は, エネルギー転換のための環境整備にどの程度役立っているか?

FIT・炭素税: 独占行動を制限するのには有効だが, 不安の解消に役立つだろうか

市場の自由化: 競争の激化を通じて, エネルギー転換を妨げていないだろうか

## 【内的妥当性】

実験結果にもとづく推論はどの程度確からしいか？

- × 「共有される不安の水準がエネルギー転換の成否を左右する」は弱い推論
- 競争・協調・独占という経路が選ばれうる可能性の発見
- 経路が分岐するメカニズムを実験データに基づいて客観的に推論可能

## 【外的妥当性】

事業者はゲームのプレイヤーと同じように考え行動するのか？

- × 最終的には当事者との対話を通じて検討する必要あり
- 当事者が直面する状況についての経験則（スタイライズド・ファクト）の明示
- モデルの構造的与件・デザイン過程の明示

## 【意義】

事業者の意思決定がエネルギー転換を左右するプロセスについての知見

補完性：分野融合的かつ発見的な手法を通じてはじめて取得可能

有用性：事業者の行動変容をうながすためのルールの議論に貢献

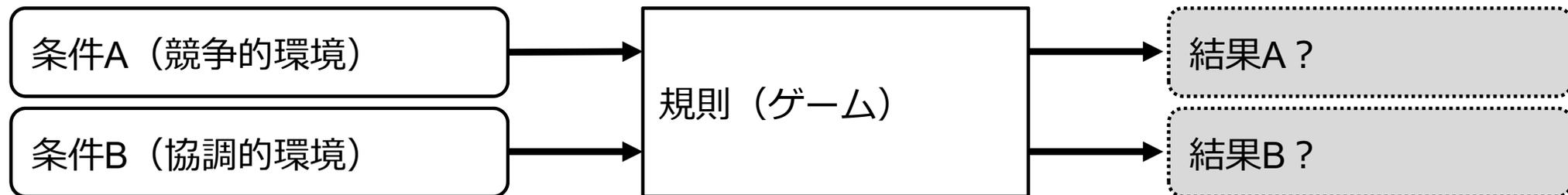
## 1. 帰納的アプローチとの接続

政策を模擬した追加ルール（環境税，補助金，価格規制等）を与えた条件で実験制度の有無により，プレイヤーの心理やゲームの結果がどのように変わるか？



## 2. 演繹的アプローチとの接続

特定のアルゴリズムを有するエージェントをデザインし実験条件を統制プレイヤーの属性の組合せがゲームの結果にどのような影響を与えるか？



## 3. アクション・リサーチ

エネルギー事業者，政策担当者などへのヒアリング

## 発見的学習法としてのゲーミング

講義（演繹的）：規則を教わってから問題を解く

実験（帰納的）：実験条件と結果から規則を導く

体験学習（発見的）：ゲーム等の体験を振り返り課題の全体像を知る

## ゲーミングの学習効果

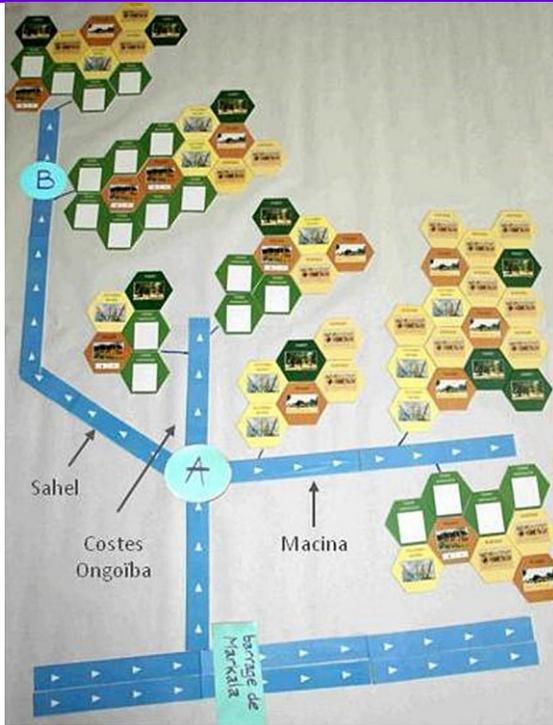
複雑な社会システムの全体像や構造・相互作用・依存関係の理解

(Duke 1974; Meyer and Stiehl 2006)

主観的現実の多様性の理解 (広瀬 2000)

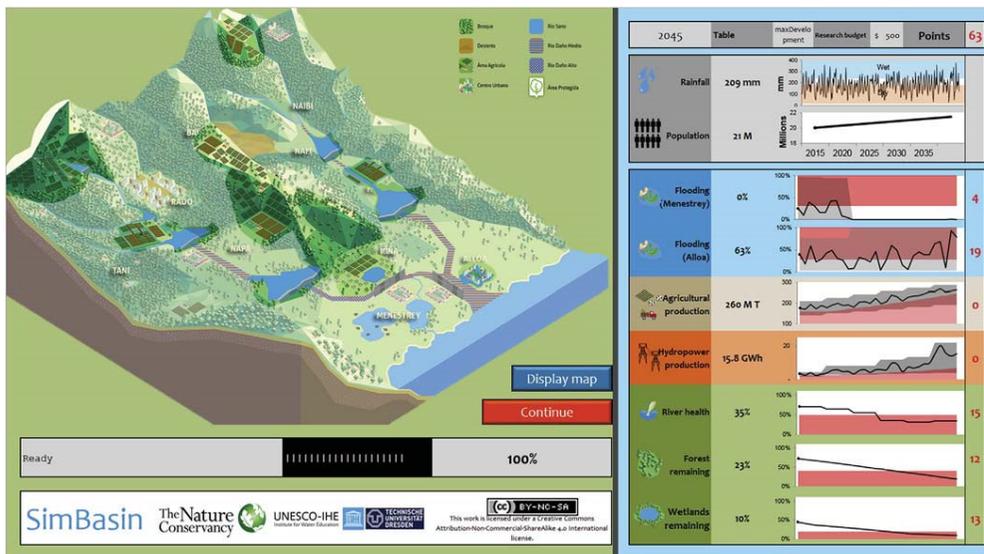
意見を表明しやすい状況の構築 (本巢 2016)

※ 日本では防災教育, 環境教育などの分野で先行



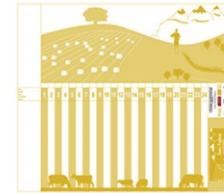
- Key:**
- Irrigated agriculture
  - Rainfed agriculture
  - Livestock farming
  - Forestry
  - Village in irrigated area
  - Village in non-irrigated area
  - Sahel
  - Costes-Ongoïba
  - Macina
  - Primary canals

Hertzog et al. (2014)

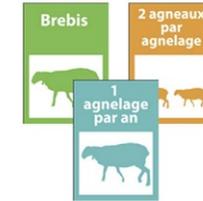


Craven et al. (2017)

The **game board**:  
land paddocks and their management (upper part) and herd or flock management (lower part)



The **animal cards**:  
type of animal and physiological descriptors



The **diet cards**:  
type of feed resource

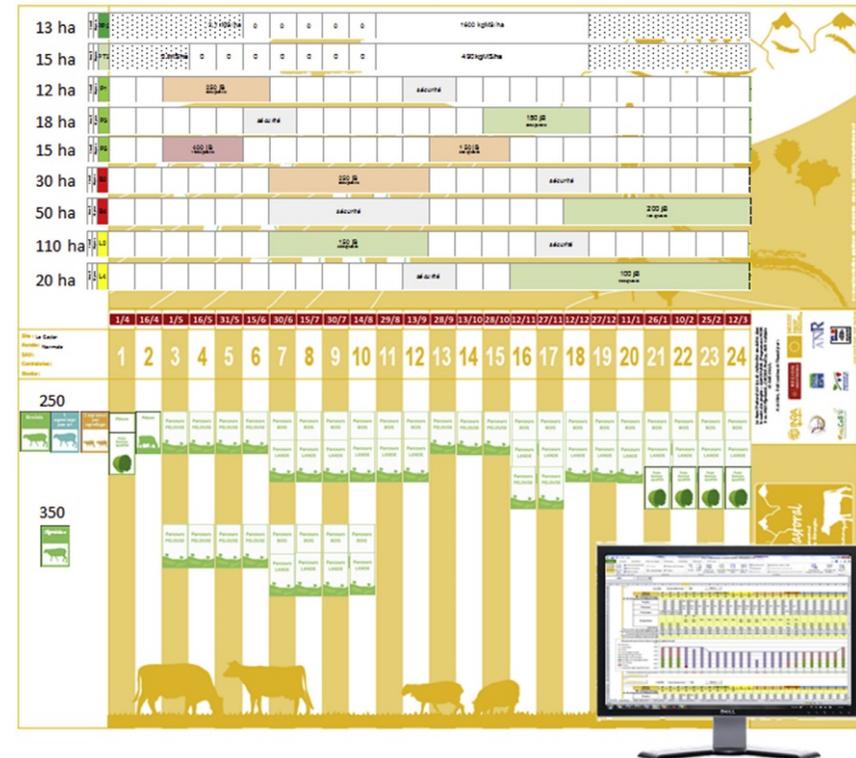


The **calendar stick**: starting date of the game board and dates of the following 15-day periods

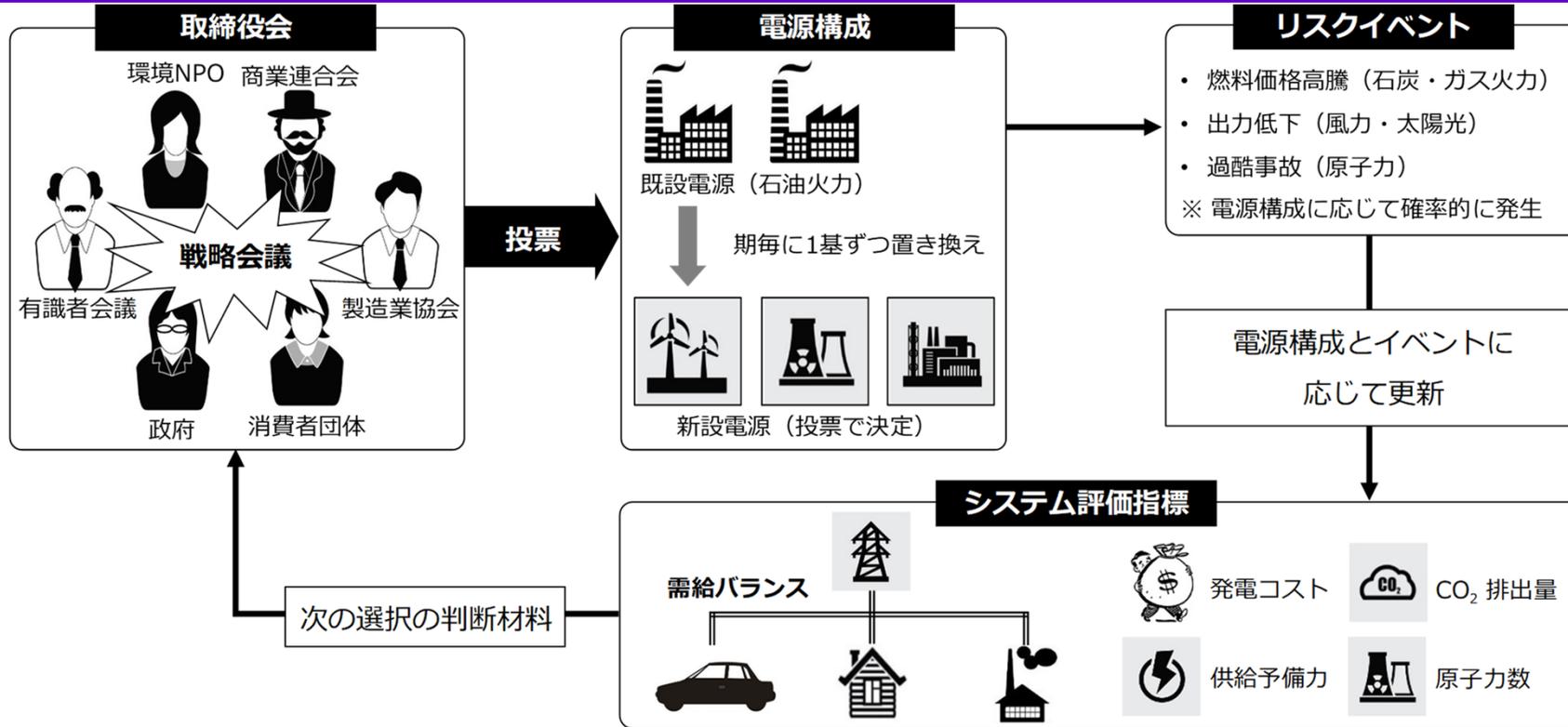
1/4 16/4 1/5 16/5 31/5 15/6 30/6 15/7 30/7 14/8 29/8 13/9 28/9 13/10 28/10 12/11 27/11 12/12 27/12 11/1 26/1 10/2 25/2 12/3

The **feed resource sticks**: feed resources available throughout the seasons of one year for combinations between a vegetation type and management practices

Management	Vegetation	Feed Resource	Security
PH	250 JB 500 kgMS/ha		sécurité
PH		250 JB 500 kgMS/ha	sécurité
L2	150 JB 300 kgMS/ha		sécurité



Farrie et al. (2015)



鈴木研悟 (2020)



## ゲーミングとは……

技術・市場・人間の相互作用をモデル化できる分野融合的手法

社会システムの未来を分岐させる条件を推論する発見的アプローチ

エネルギーシステムの安定運用のための制度設計に独自の方法で貢献

教育・科学技術コミュニケーションにおいても活用可能

“Essentially, all models are wrong, but some are useful”

“the practical question is how wrong do they have to be to not be useful”

(Box and Draper, 1987)

## 他のエネルギーシステムモデルとの使い分けが重要

ゲーム理論

演繹的

動学的最適化モデル（ボトムアップ、トップダウン）

演繹的, 発見的

エージェントシミュレーション

演繹的, 発見的

計量経済モデル

帰納的

社会心理学・経済学実験

帰納的

## 【本発表のベースとなる研究成果】

鈴木研悟, 荻原嵐, 中井啓太: エネルギー転換政策の検討に資するゲーミング実験の設計と実践, シミュレーション&ゲーミング, 30巻1号, 印刷中, 2020年.

鈴木研悟: ゲーミングを用いたエネルギーシステム教育の学習効果の評価, シミュレーション&ゲーミング, 29巻2号, 印刷中, 2020年.

鈴木研悟, 本城慶多: エネルギーシステム研究におけるゲーミングの役割, シミュレーション&ゲーミング, 29巻2号, 印刷中, 2020年.

K. Suzuki, K. Nakai, and A. Ogihara: Design of Simulation and Gaming to Promote the Energy Transition from Fossil Fuels to Renewables, R.Hamada, et al. (Eds.) Neo-Simulation and Gaming Toward Active Learning, Springer, 201-210, November 2019.

鈴木研悟: 分野融合的なエネルギーシステム教育のためのゲーミング設計, シミュレーション&ゲーミング, 26巻1号, 9-19頁, 2016年6月.

K. Suzuki, D. Sato, Y. Tabe, and T. Chikahisa: Structural optimization of porous flow fields to improve water management ability of PEFC, Proceedings of the 15th IHTC, IHTC15-9116, pp.1-15, August 10-15, 2014.

## 【ゲーム理論による気候変動研究】

DeCanio, S.J. & Fremstad, A. (2013) Game Theory and Climate Policy, *Ecological Economics*, 85, 177–187.

Madani, K. (2013) Modeling International Climate Change Negotiations More Responsibility: Can Highly Simplified Game Theory Models Provide Reliable Policy Insights? *Ecological Economics*, 90, 68–76.

Wood, P.J. (2011) Climate Change and Game Theory, *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1219, 153–170.

## 【社会的ジレンマの実験研究】

Dawes R.M. (1980) Social Dilemmas, *Annual Review of Psychology*, 31, 169–193.

川越敏司 (2007) 『実験経済学』, 東京大学出版会.

Marwell, G. & Schmidt, D.R. (1972) Cooperation in a Three-Person Prisoner's Dilemma, *Journal of Personality and Social Psychology*, 21(3), 376–383.

三井宏隆 (1983) 「実験室場面における社会的ジレンマ研究について」, 『実験社会心理学研究』, 23(1), 53–59.

佐藤香・戸田正直・山岸俊男 (1985) 「社会的ジレンマにおける行動の時系列的分析」, 『心理学研究』 56(5), 277–283.

## 【ゲーミング実験研究】

- Ackoff, R.L. (1962) *Scientific Method: Optimizing research decisions*, John Wiley and Sons, Inc.
- Duke, R.D. (1974) *Gaming; The Future's Language* (中村美枝子・市川新訳 (2001) 『ゲーミング・シミュレーション：未来との対話』, アスキー).
- 広瀬幸雄 (2018) 「心理学者SIMSOCに出会う：社会心理学の研究・教育法としてのゲームシミュレーション」, 『シミュレーション&ゲーミング』, 28(2), 97-104.
- 北梶陽子・大沼進 (2014) 「社会的ジレンマ状況で非協力をもたらす監視罰則——ゲーミングでの例証——」, 『心理学研究』, 85(1), 9-19.
- Kitakaji, Y., Ohnuma, S. (2019) The Detrimental Effects of Punishment and Reward on Cooperation in the Industrial Waste Illegal Dumping Game, *Simulation & Gaming*, 50(5), 509-531.
- 大沼進・北梶陽子 (2007) 「産業廃棄物不法投棄ゲームの開発と社会的ジレンマアプローチ：利得構造と情報の非対称性という構造的要因をもたらす効果の検討」, 『シミュレーション&ゲーミング』, 17(1), 5-16.
- Schelling, T.C. (1964) *Experimental Games and Bargaining Theory*. In Shubik, M. (Eds.) *Game Theory and Related Approaches to Social Behavior*. John Wiley and Sons Inc. (白崎文雄訳 (1969) 『ゲーム論概説 社会行動の研究』, 東海大学出版会).

## 【教育・科学技術コミュニケーション】

Craven, J., Angarita, H., Perez, G.A.C., & Vasquez, D. (2017) Development and Testing of a River Basin Management Simulation Game for Integrated Management of the Magdalena-Cauca River Basin, *Environmental Modelling & Software*, 90, 78–88.

Farrié, B., Jouven, M., Launay, F., Moreau, J.C., Moulin, C.H., Piquet, M., Taverne, M., Tchakérian, E., Thénard, V., & Martin, G. (2015) Rangeland Rummy – A Board Game to Support Adaptive Management of Rangeland-based Livestock Systems, *Journal of Environmental Management*, 147, 236–245.

Hertzog, M.T., Poussin, J.C., Tangara, B., Kouriba, I., & Jamin, J.Y. (2014) A Role Playing Game to Address Future Water Management Issues in a Large Irrigated System: Experience from Mali, *Agricultural Water Management*, 137, 1–14.

広瀬幸雄 (2000) 「多元的現実を理解するメディアとしての仮想世界ゲーム」, 『シミュレーション&ゲーミング』, 10(1), 14–21.

Meyer, T. & Stiehl N. (2006) 「教育におけるゲーム利用の可能性」, 『シミュレーション&ゲーミング』, 16(2), 83–91.

本巢芽美 (2016) 『風力発電の社会的受容』, ナカニシヤ出版.