

公共財ゲーム

- 4人1組でグループを組む。
- 4人はそれぞれが40ポイントを所有。
- それぞれは、所有している40ポイントのうち、プロジェクトAに、何ポイント投資するかを考える。
- プロジェクトAに、それぞれが投資したポイントは合算された上で、6.4倍の利益を生み出す。
- その利益は、投資額に関係なく、4人で平等に分かち合う。
- この状況を、何度も繰り返す。

2つの学習モデル

- 最初はすべてのエージェントが0から40の中から投資額をランダムに選ぶ。つぎの回からは
- モデル1 (短視的最適反応モデル) : 自分の投資額に応じて自らが得られるであろう利益に基づいて学習
 - 他の3人の前回の投資額を所与としたときに, 自分の投資額を0から40まで変えたときに, 得られる利益を計算 (想像) する。
 - その中で, 最も利益が高い投資額を確率 p で選び, 確率 $1-p$ で, 投資額を0から40の中からランダムに選ぶ。
- モデル2 (短視的模倣学習モデル) : 自分を含めた4人それぞれの投資額と, それぞれが得られた利益を観察する。
 - 4人の中で最も利益が高かった人の投資額を確率 p で真似し, 確率 $1-p$ で, 投資額を0から40の中からランダムに選ぶ。

それぞれのモデルをシミュレートすると, どのような投資額を学習するようになるか?

NetLogoでプログラミング

- モデル1と2に共有なもの

- 初期保有額 (endowment) : 40ポイント
- エージェント*i*の*t*期の投資額 (inv) : $x_i(t)$
- 利得関数 : エージェント*i*が*t*期に受け取る利得

$$\pi_i(t) = 40 - x_i(t) + \frac{6.4}{4} \sum_{j=1}^4 x_j(t)$$

- 正しい投資額を選ぶ確率 : p

NetLogoでプログラミング

モデル1と2に共通

- パラメータ
 - $p:1-p$ でランダムに投資額を選ぶ
 - endowment: 初期保有額

- グローバル変数

```
globals [totalInv] ;4人の投資額の和
```

- エージェント特有の変数の定義

```
turtles-own [  
  inv      ;Aへの投資額  
  payoff  ;獲得した利得  
  prob    ;選択した投資額を選ぶ確率  
]
```

NetLogoでプログラミング

- 初期化

```
to setup
  clear-all
  reset-ticks
  create-turtles 4 ;4人のエージェントを作成
  ask turtles [
    set inv random endowment + 1 ;最初の投資額はランダムに
    set prob p ;投資額を選ぶ確率を $p$ というグローバル変数の値に設定
  ]
end
```

- 利得の計算

```
to compute-payoff
  set totalInv sum [inv] of turtles ;4人のエージェント投資額合計
  ask turtles[
    set payoff endowment - inv + 6.4 * totalInv / 4.
    ;利得の計算
  ]
end
```

NetLogoでプログラミング

モデル2はどう実装するか？

- 利得が最も高いエージェントを見つけ、そのエージェントの投資額を確率probでコピーする。確率1-probで0から初期保有額の中からランダムに選ぶ。

```
globals [totalInv maxPayoff maxTurtles]
```

```
;↑このように変更する必要あり
```

```
to imitate
```

```
  set maxPayoff max [payoff] of turtles
```

```
  set maxTurtles one-of turtles with [payoff = maxPayoff]
```

```
  ask turtles [
```

```
    set inv [inv] of maxTurtles
```

```
    if random-float 1.0 > prob [
```

```
      set inv random endowment + 1
```

```
    ]
```

```
  ]
```

```
end
```

NetLogoでプログラミング

- モデル1はどう実装するか？

他の3人の投資額を所与として、利得が最も高くなる投資額を探す。確率probでその投資額を選び、1-probで0から初期保有額の間から投資額をランダムに選ぶ

```
;; エージェント独自の変数を拡張
turtles-own [
  inv      ;Aへの投資額
  payoff   ;獲得した利得
  prob     ;選択した投資額を選ぶ確率
  otherInv ;他の3人の投資額
  hypPay   ;仮想利得のリスト
  maxHyp   ;仮想利得の最大値
]
```

NetLogoでプログラミング

;; 利得計算プロシージャの拡張

```
to compute-payoff
```

```
  set totalInv sum [inv] of turtles;
```

```
  ask turtles[
```

```
    set payoff endowment - inv + 6.4 * totalInv / 4.
```

```
    set otherInv totalInv - inv;
```

```
  ]
```

```
end
```

NetLogoでプログラミング

; 仮想利得の計算

```
to compute-hyp-payoff
```

```
  let newHyp n-values (endowment + 1) [ i -> endowment - i +  
6.4 * ( i + otherInv ) / 4. ]
```

```
  ; endowment + 1の長さのリスト (newHypを定義)
```

```
  ; リスト中の位置=0からendowmentまで増える
```

```
  ; よってリストの中身は仮想利得
```

```
  set hypPay map [ i -> i ] newHyp ; newHypをhypPayにコピー
```

```
  set maxHyp max hypPay ; maxHypを見つける
```

```
  set inv position maxHyp hypPay ; invはmaxHypの位置
```

```
  if random-float 1.0 > probab [
```

```
    set inv random endowment + 1
```

```
  ]
```

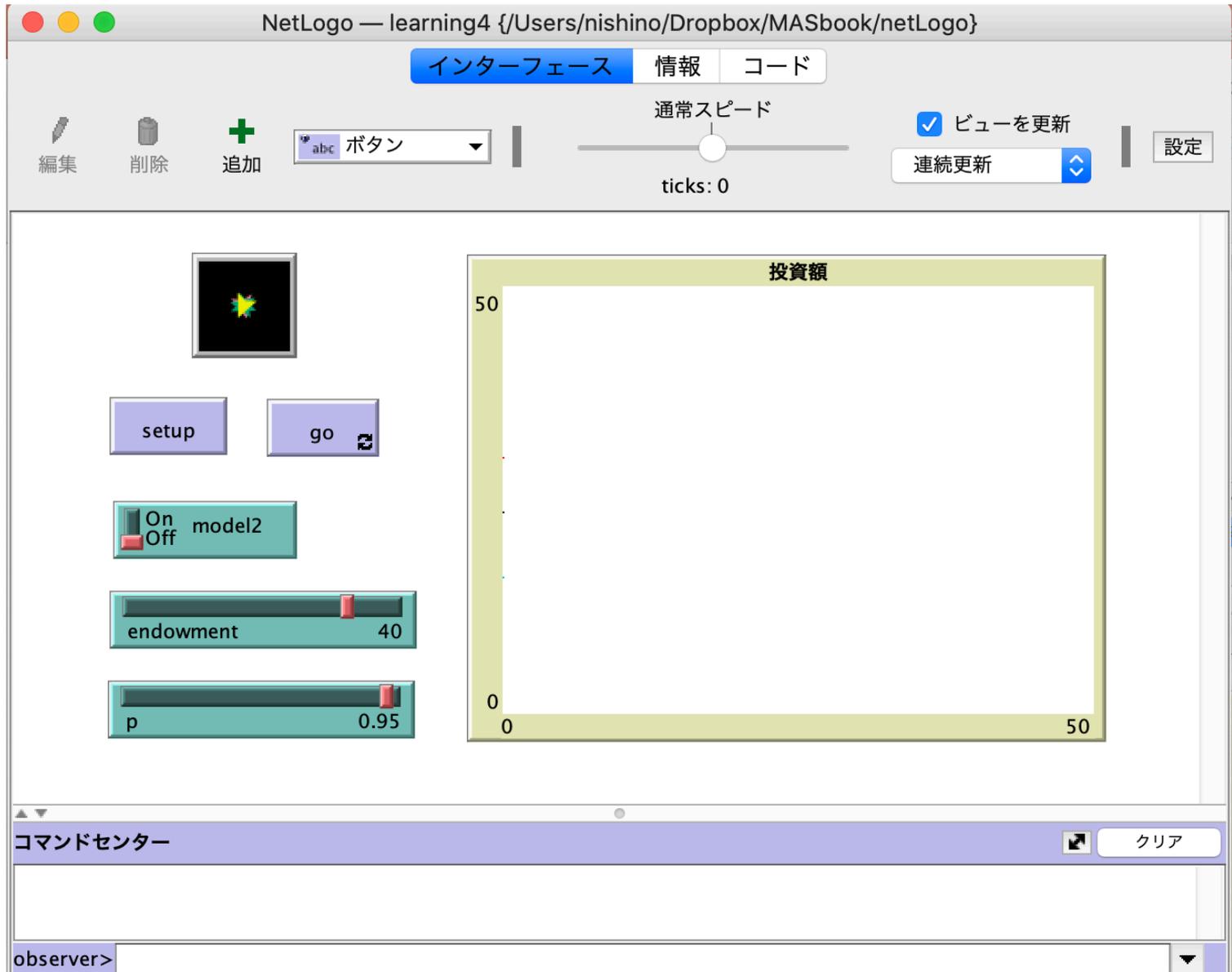
```
end
```

NetLogoでプログラミング

```
to go
  compute-payoff
  ifelse model2 [
    ;model2がTrueかFalseでモデルをコントロール
    imitate
  ][
    ask turtles[
      compute-hyp-payoff
    ]
  ]
  plot-investment
end
```

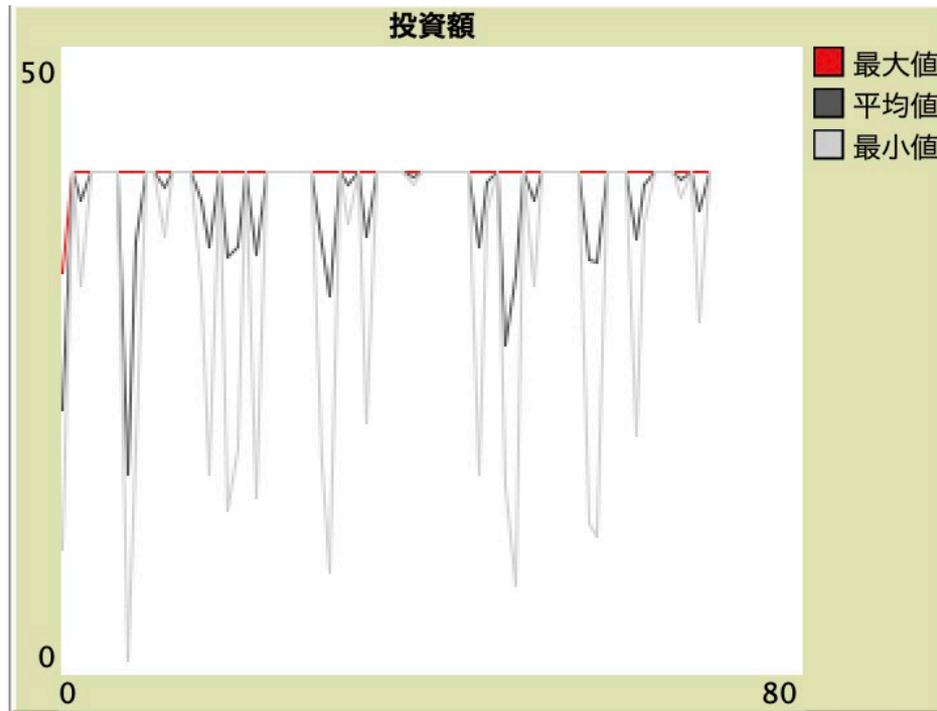
課題：このプログラムに、4人中の最小と最大投資額、および4人の平均投資額を表示するグラフを作成する機能（plot-investment）を追加しよう！

NetLogoの画面

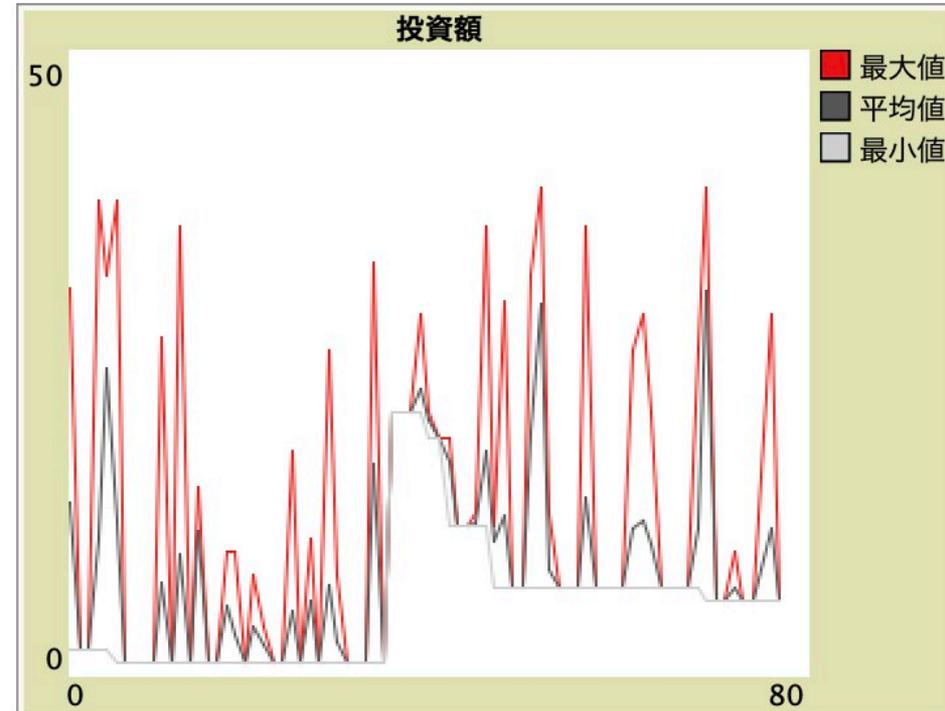


シミュレーションの結果

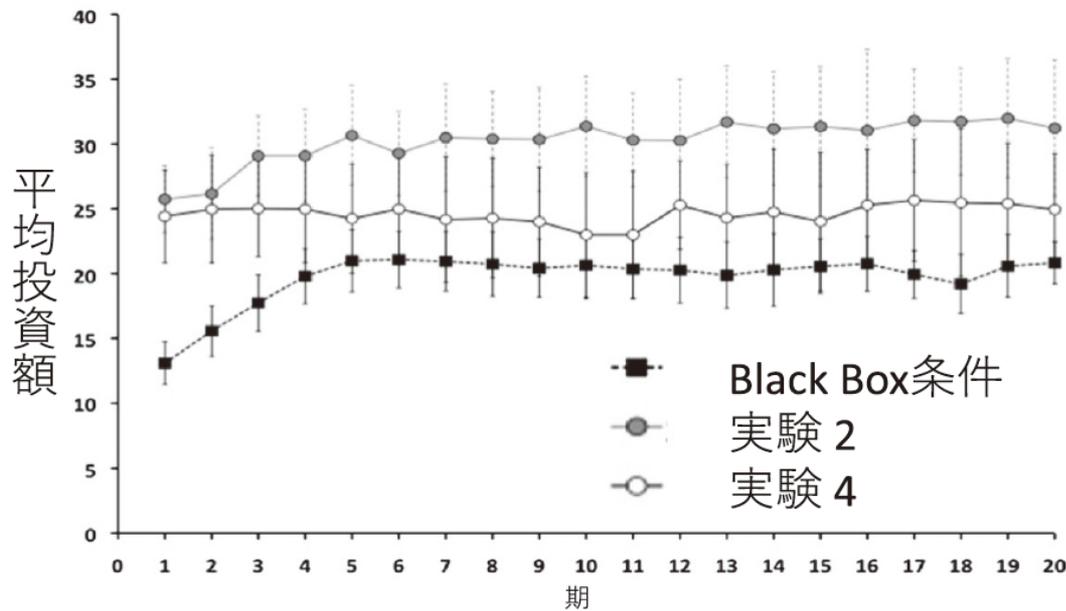
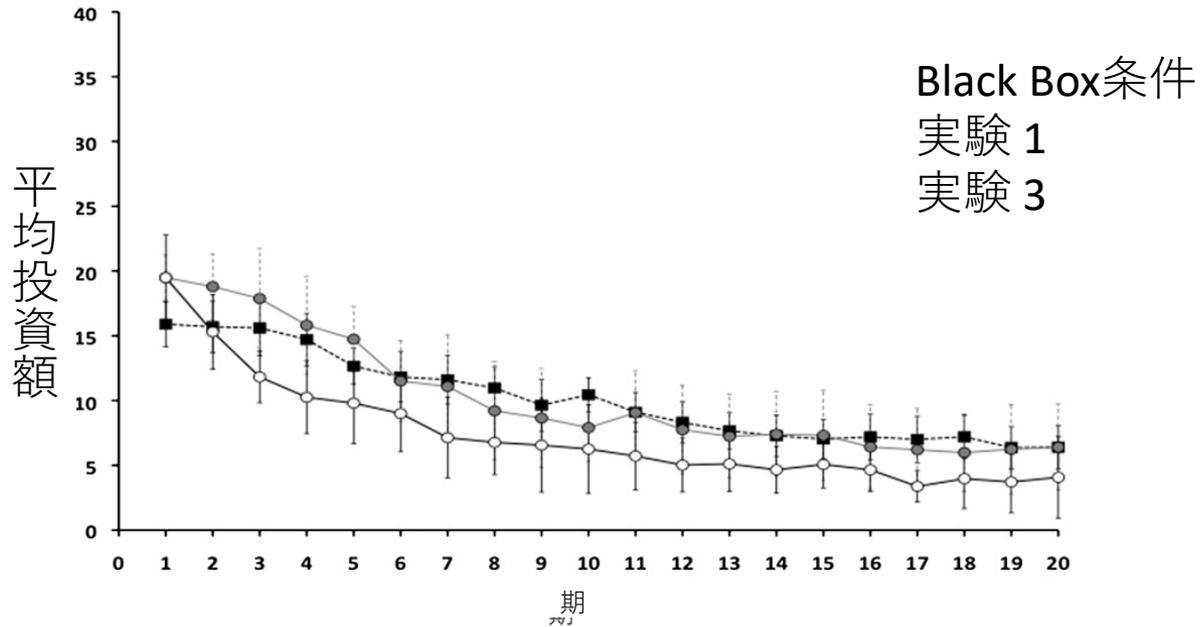
モデル 1



モデル 2



公共財ゲームの実験結果



出所: Burton-Chellew and West (2013)

Offerman et al. (2002) の寡占市場実験

- 3人1組
 - それぞれの参加者は生産量を決める。

- 利得関数

$$\pi(q_i, q_{-i}) = (45 - \sqrt{3}\sqrt{q_i + q_{-i}})q_i - (q_i)^{1.5}$$

q_i : i の生産量

q_{-i} : i 以外の2人の合計生産量

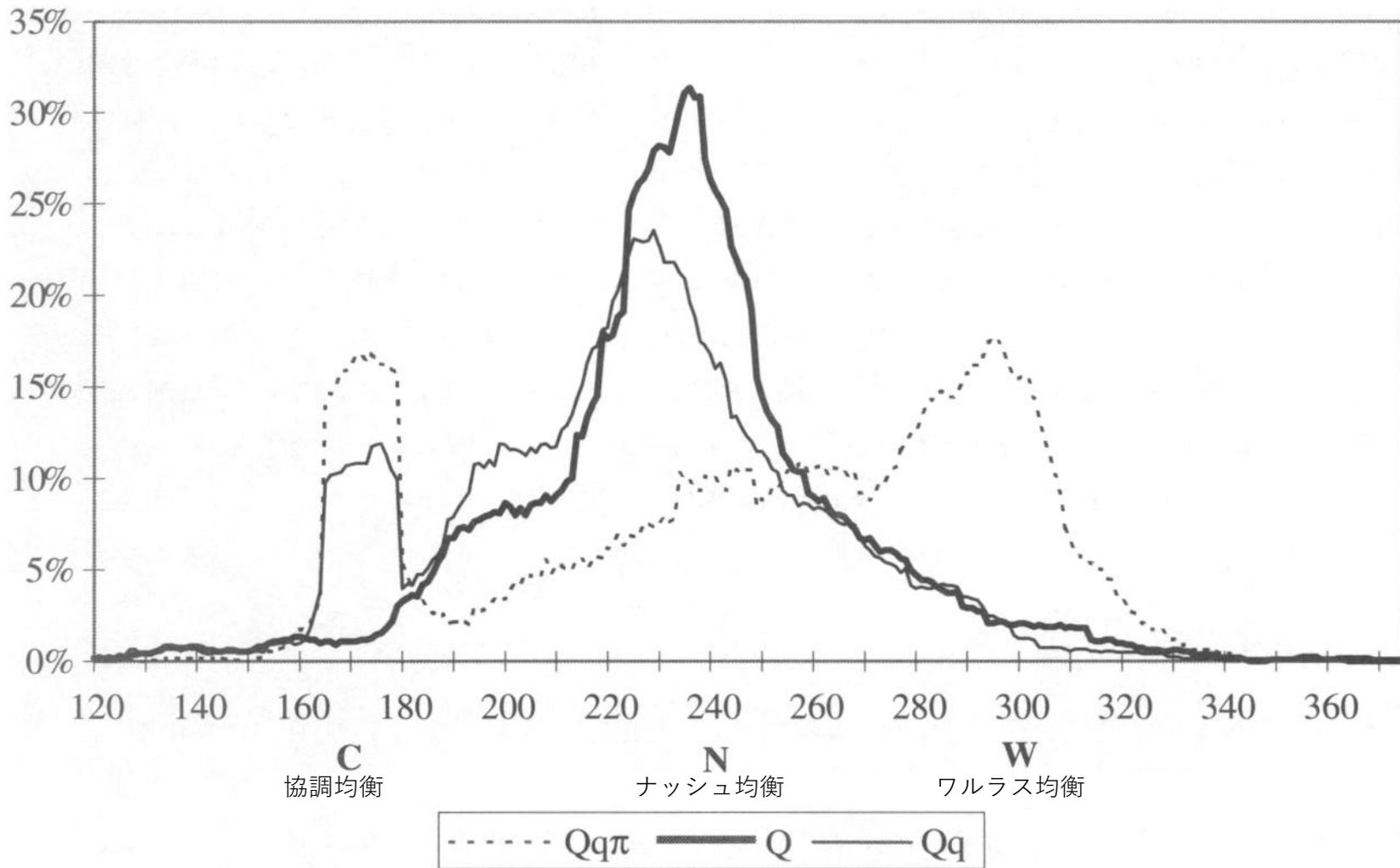
寡占市場実験の3つの均衡

均衡	各企業の生産量	価格	各企業の利得
談合均衡	56.25	22.5	843.75
クールノー、ナッシュ均衡	81.00	18.0	729.00
ワルラス均衡	100.00	15.0	500.00

実験の操作

トリートメント	基本的な情報	追加情報
Q	R_i, C_i, π_i, Q, P	
Q_q	R_i, C_i, π_i, Q, P	q_j, q_k
$Q_{q,\pi}$	R_i, C_i, π_i, Q, P	q_j, q_k, π_j, π_k

実験の結果：生産量の分布



Battle of the Sexes ゲーム

利得表

プレイヤー2

プレイヤー1

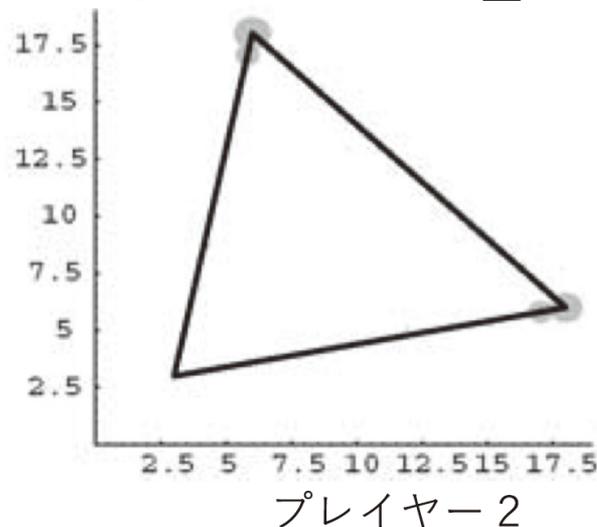
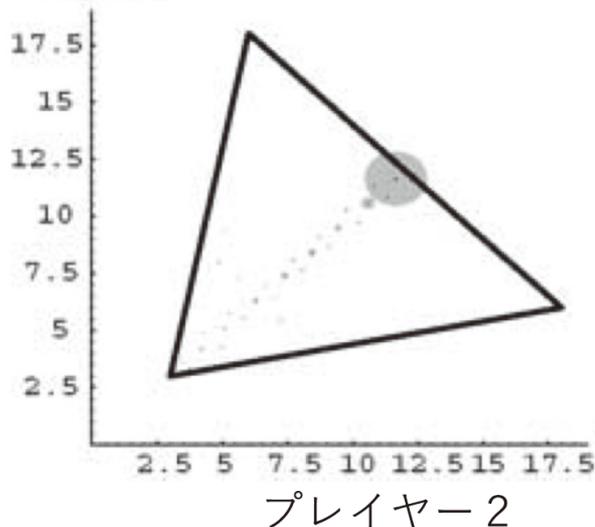
	A	B
A	3, 3	18, 6
B	6, 18	3, 3

繰返しゲーム戦略学習

繰返しゲーム戦略なしの最適反応

プレイヤー1 Battle of the Sexes

プレイヤー1 Battle of the Sexes_F.P.



(出所：Hanaki et al. 2005, p. 536, Fig. 8 より作成)