

행동실험 해설 (종합)

게임이론, 진화, 그리고 협력 (2017 가을)
경희대 GEE1106S01

조남운

9.15 PD Game

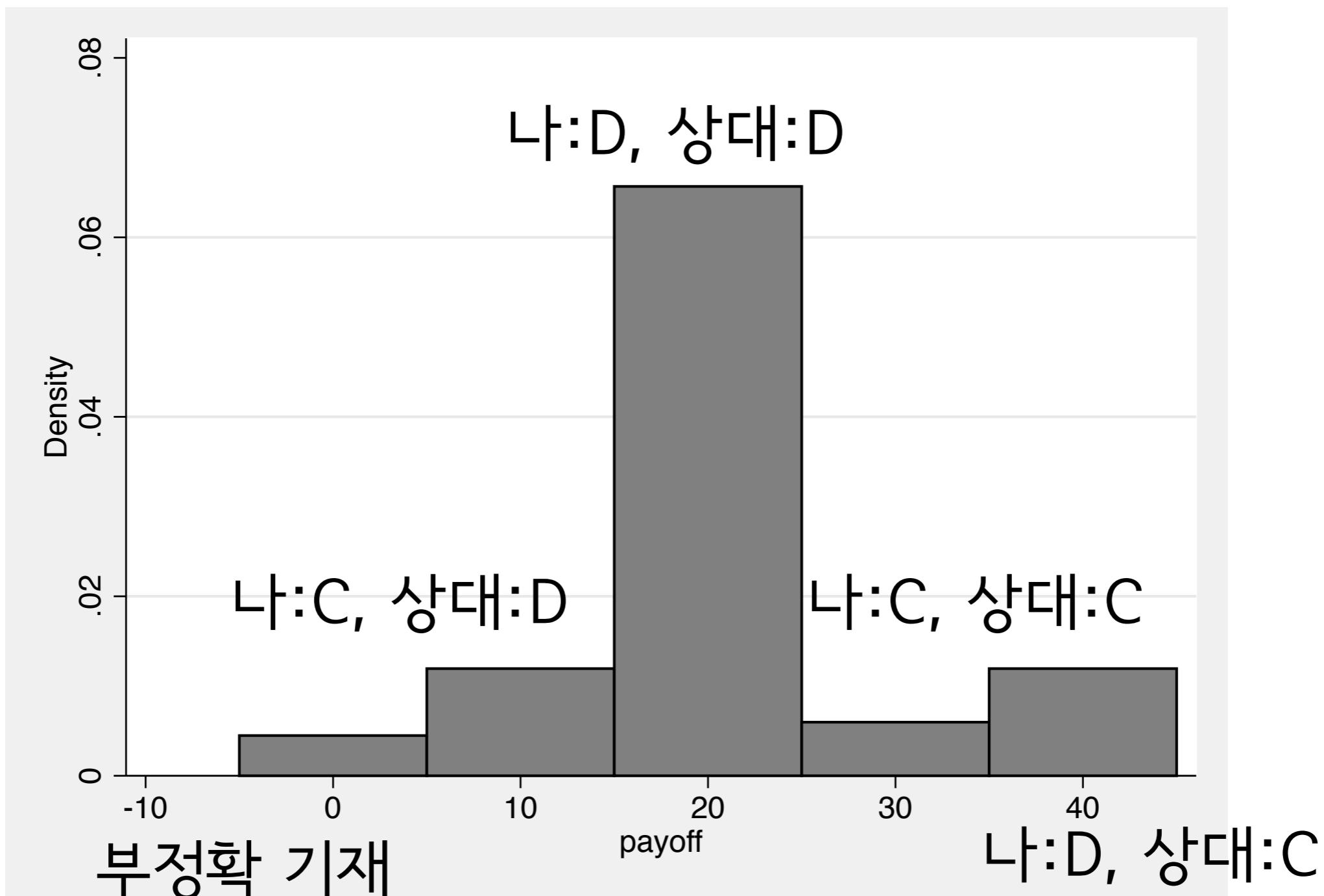
죄수의 딜레마

직접 해보기

| | | 상대방 | |
|-------|-----------------------|----------------------|----------------------|
| | | 협력(Cooperate) | 배반(Defect) |
| 나(we) | 나는 협조(Cooperate)할 것이다 | 30 points, 30 points | 10 points, 40 points |
| | 나는 배반(Defect)할 것이다 | 40 points, 10 points | 20 points, 20 points |

동일인과 1회 반복

결과



9.22 Ultimatum Game (Strategic)

Strategic Ultimatum Game

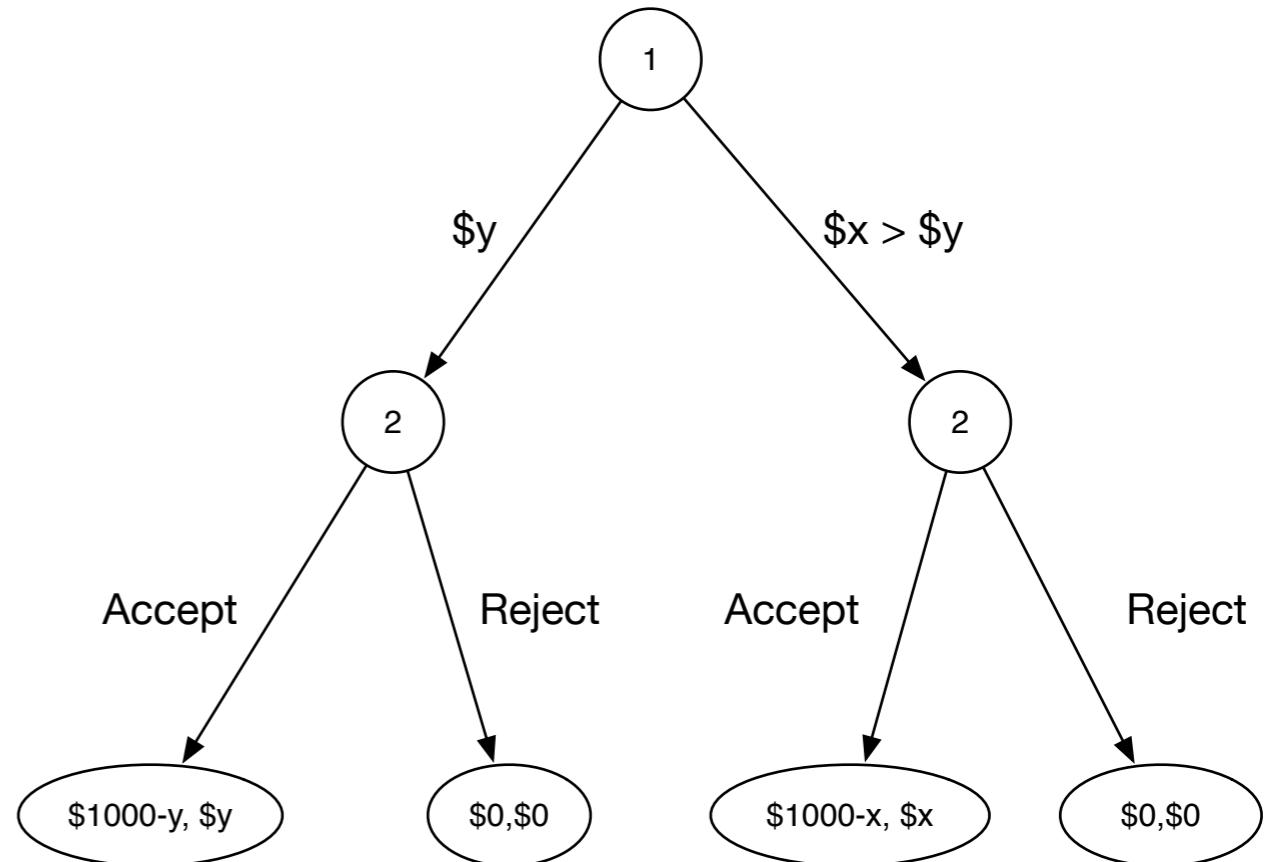
- 실제로 해보자!
- Phase I: 단순 ultimatum game 4회 실시 (역할, 파트너 라운드별 임의결정)
- Phase II: ultimatum game version2 : strategic form (4회) - 역할, 파트너 라운드별로 임의결정
 - 제안자(Proposer) 역할은 동일
 - 수용자(Responder)는 제안자의 전략을 알지 못하는 상태에서 자신이 제안받을 수 있는 모든 경우에 대해서 응답을 설정함

Actions and Strategies

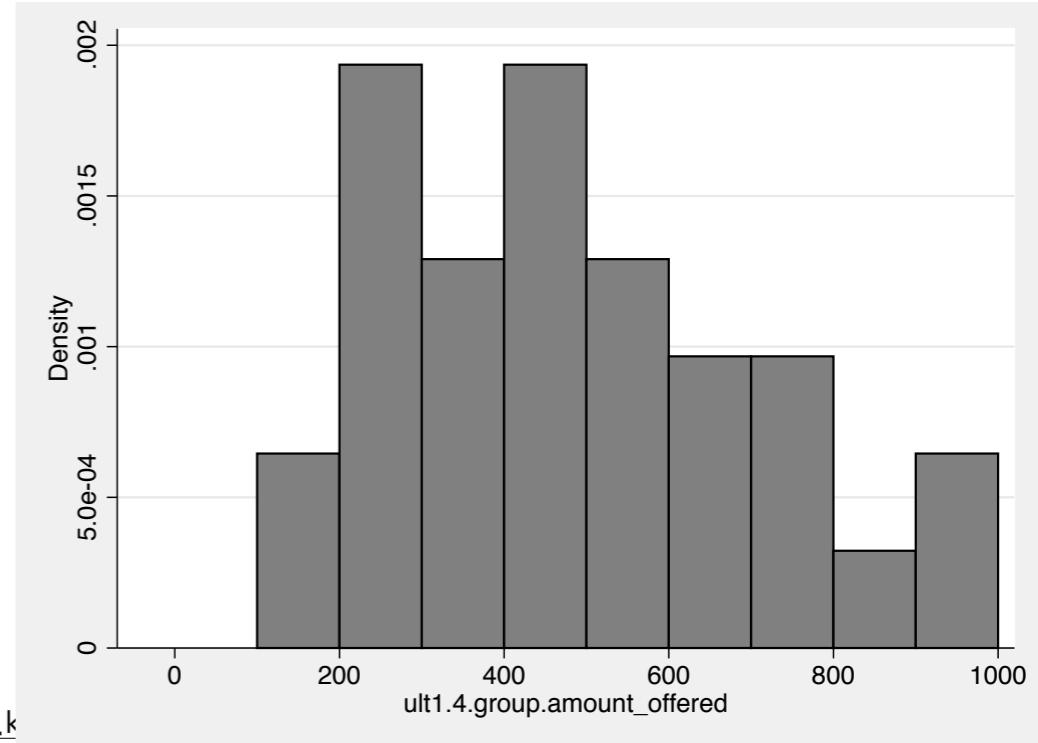
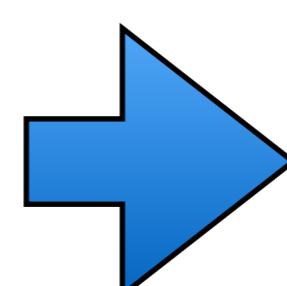
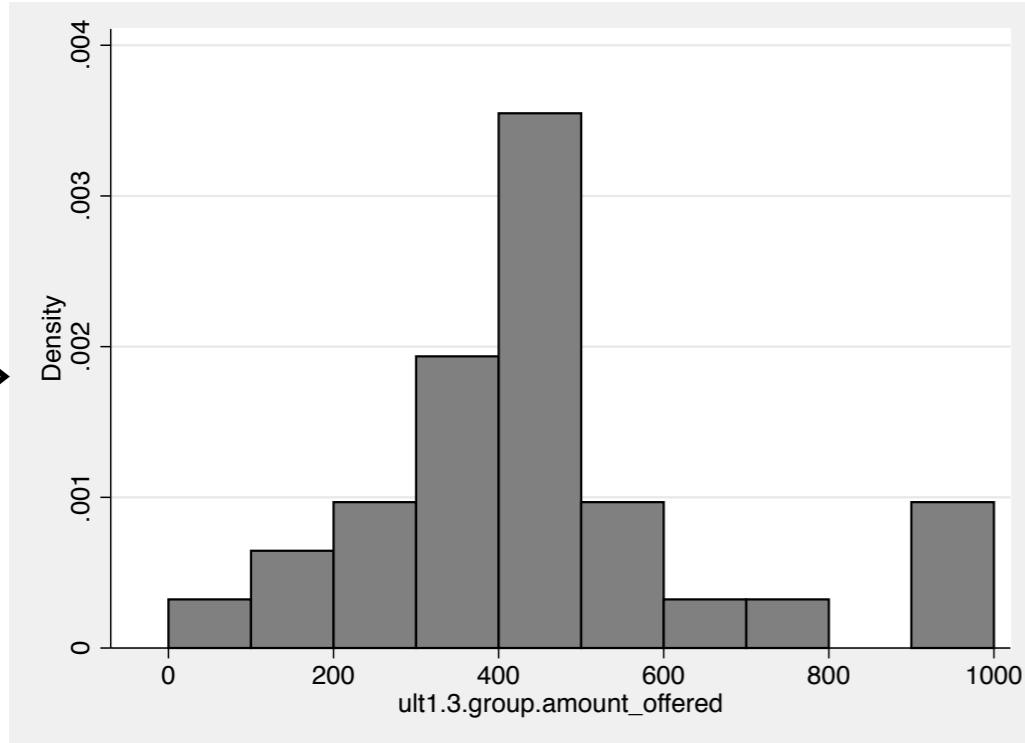
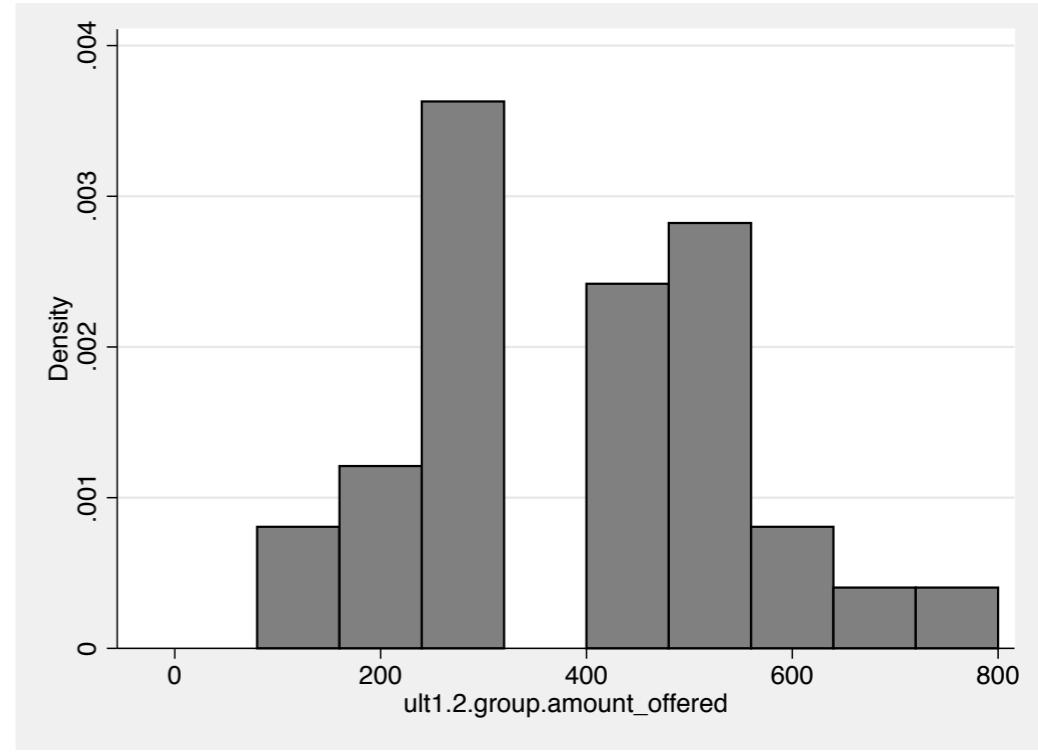
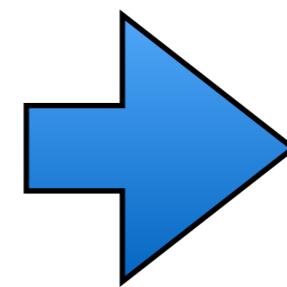
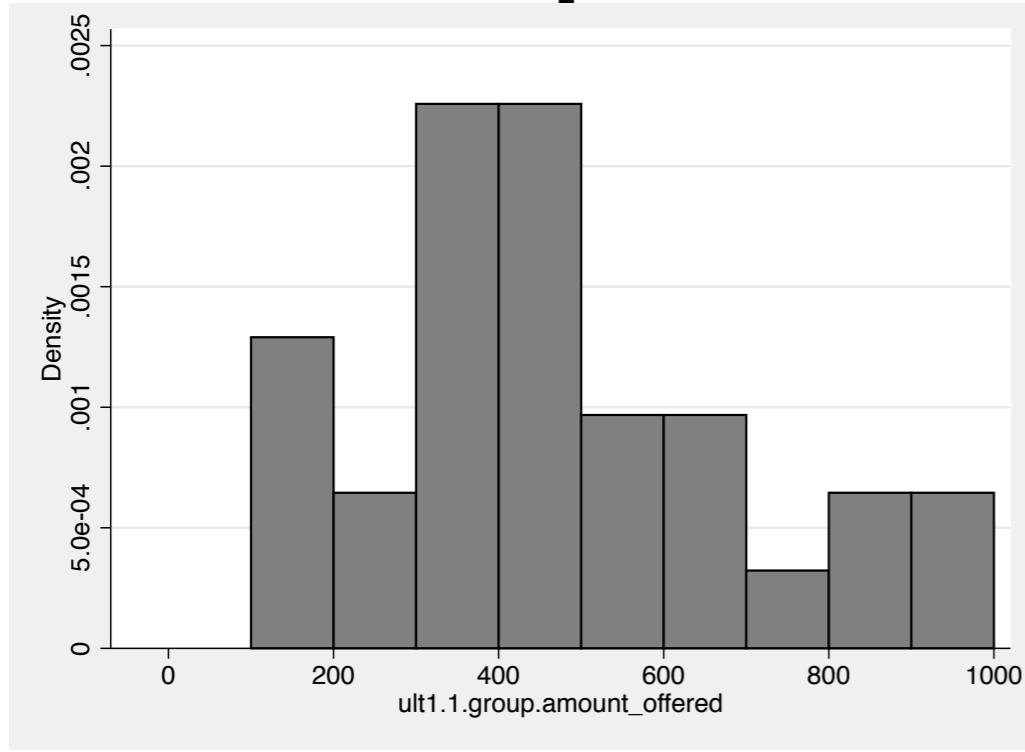
- Action: 현 상황에서 내가 취할 수 있는 행동의 집합
 - 제안자: $\{0, 100, 200, \dots, 1000\}$
 - 수용자: {Accept, Reject}
- Strategy: “사전적”으로 정의되는 가능한 모든 상황들에 대한 Action Plan
 - 제안자: $\{0, 100, 200, \dots, 1000\}$
 - 수용자: 위 각 제안자 전략에 대한 {Accept, Reject} Plan

Theoretical Expectation

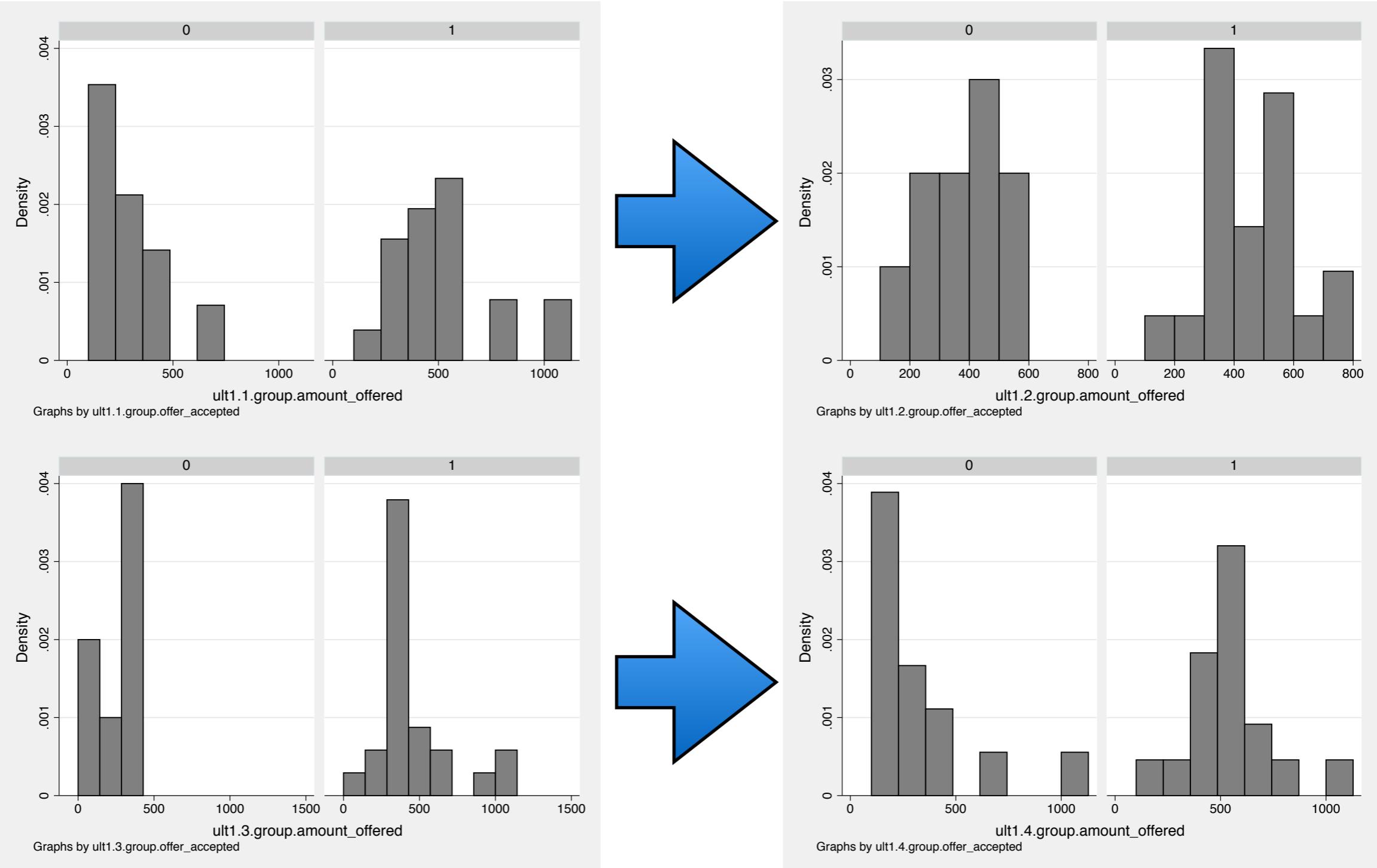
- Backward Induction
- 모든 경기자가 초합리적이라면,
 - 경기자2는 언제나 자신에게 올 금액이 0보다 큰 이상 Accept
 - 후방귀납추론을 통해 경기자1은 상대에게 0보다 아주 약간 큰 금액을 제시
- $\$y$ 는 0에 수렴: NE
- 우리의 게임에서는 ult1, ult2 여부와 무관하게 $(900, 100)$ 혹은 $(1000, 0)$ 에 가까운 결과가 나올 것으로 이론적 예측 가능



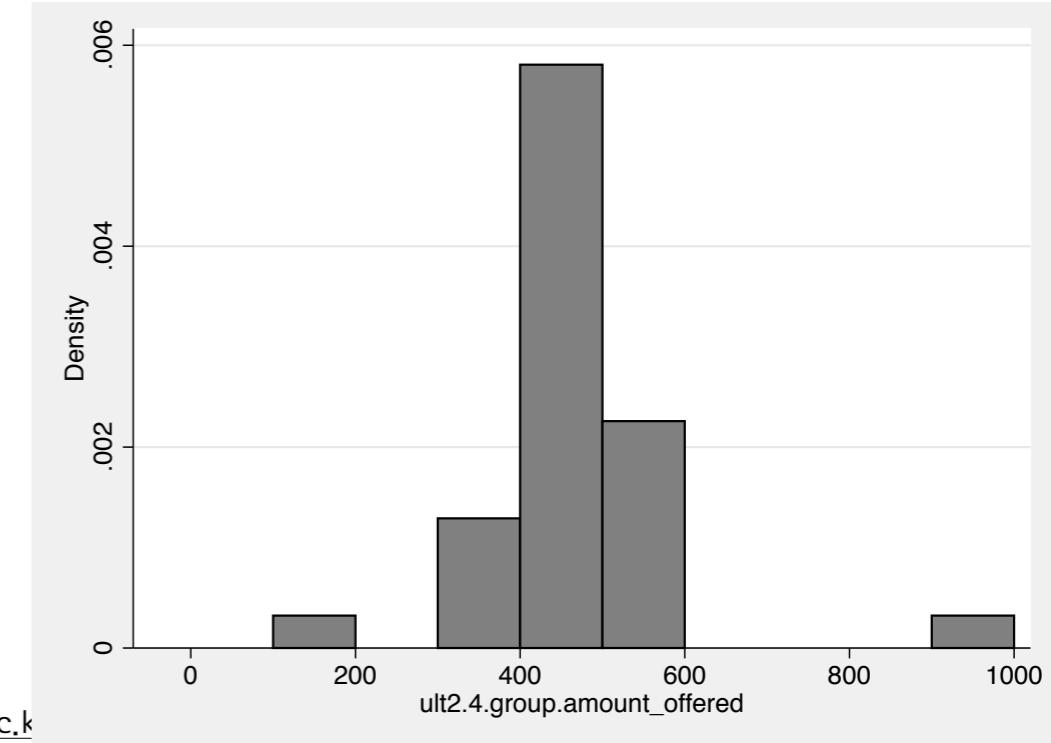
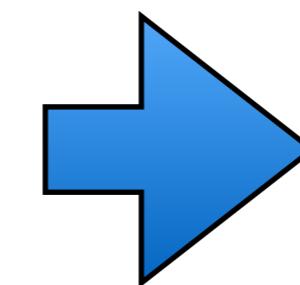
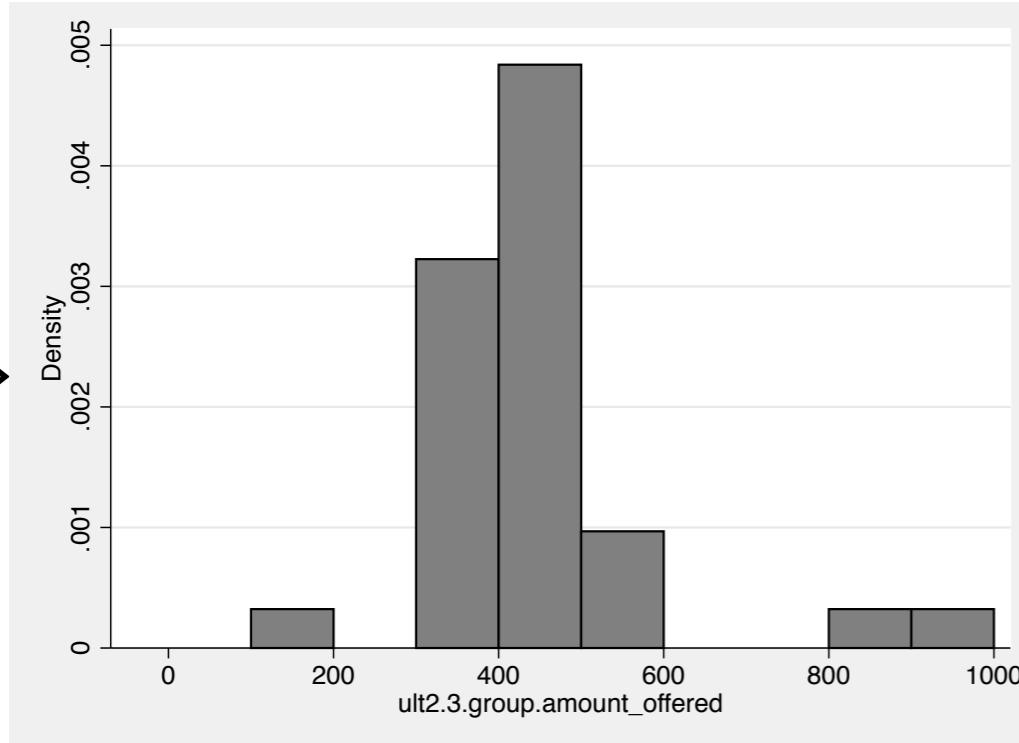
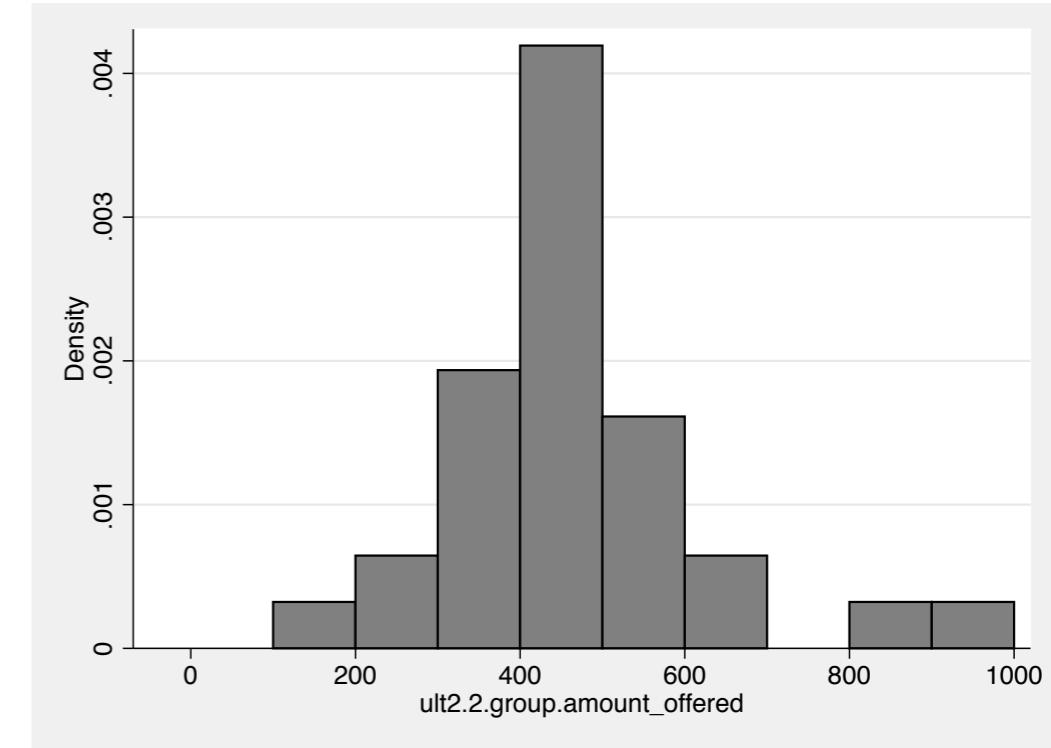
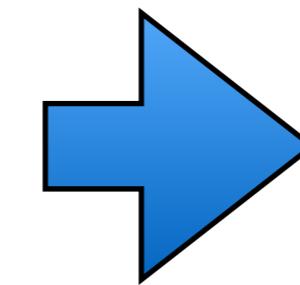
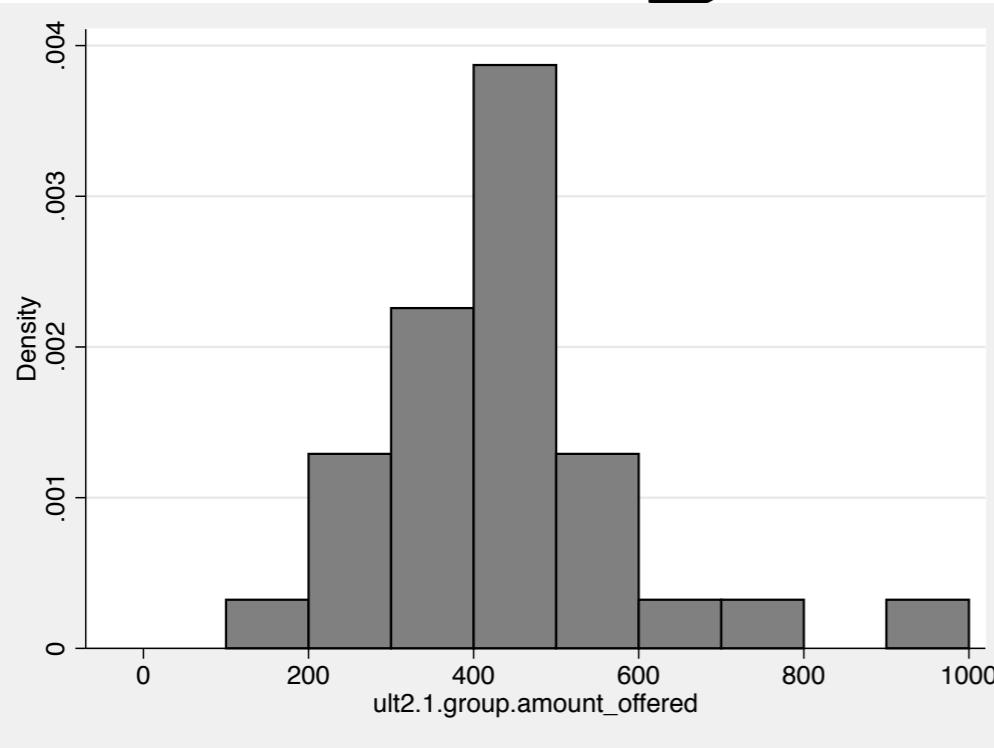
제안금액: Simple Version (ult1)



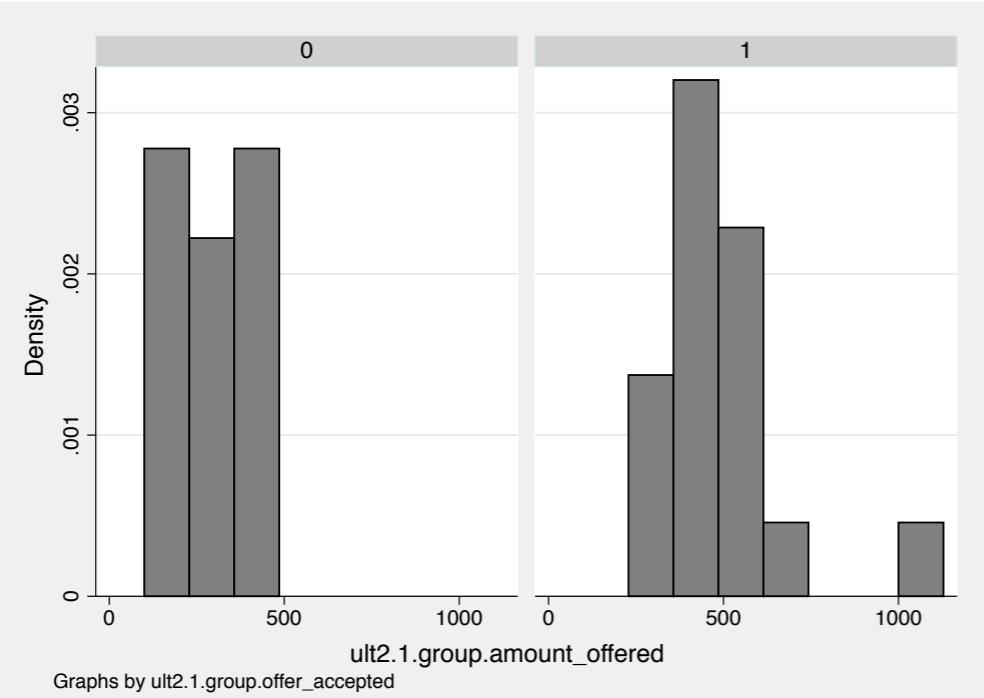
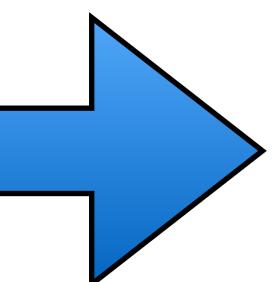
제안금액과 수락여부: Simple Version (ult1)



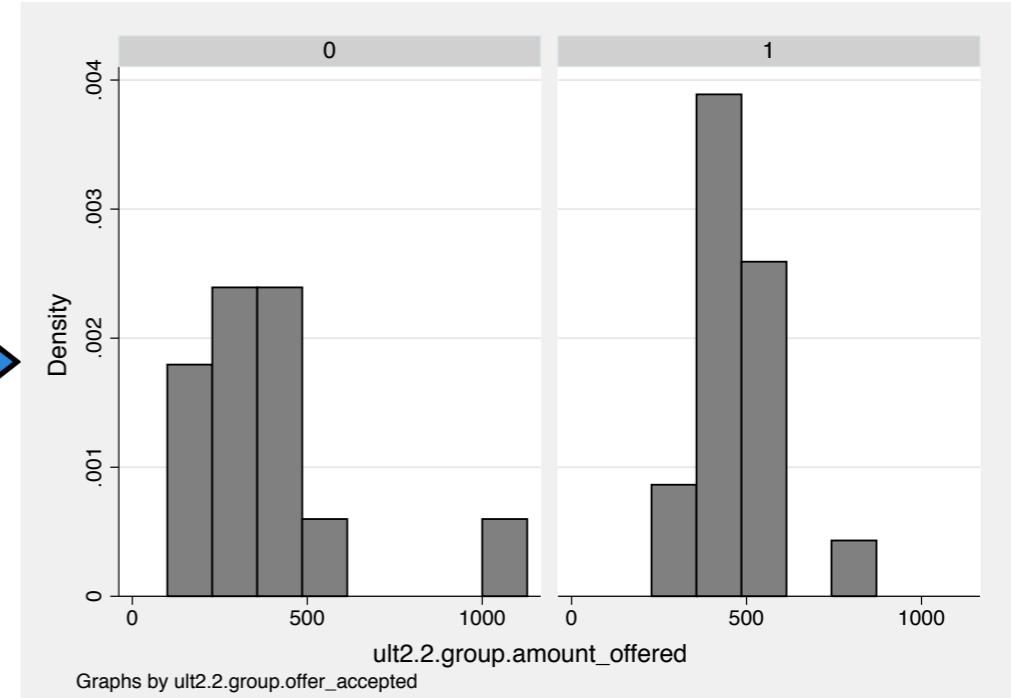
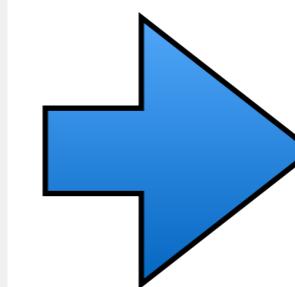
제안금액: Strategic Version (ult2)



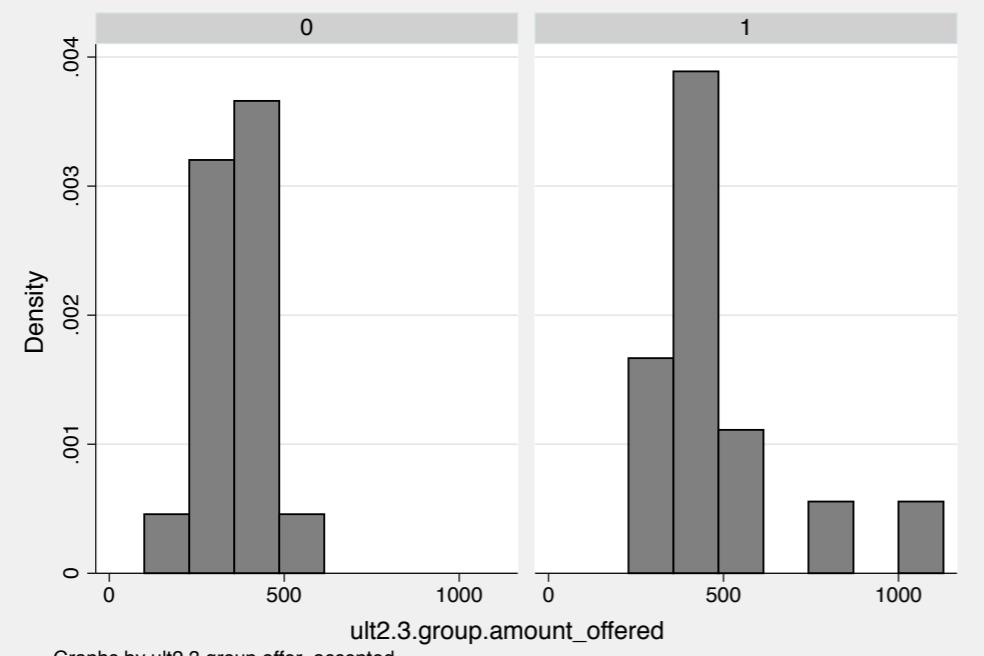
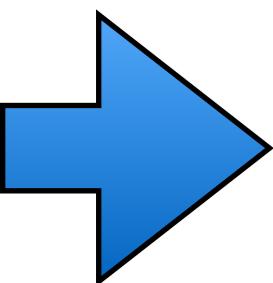
제안금액과 수락여부: Strategic Version (ult2)



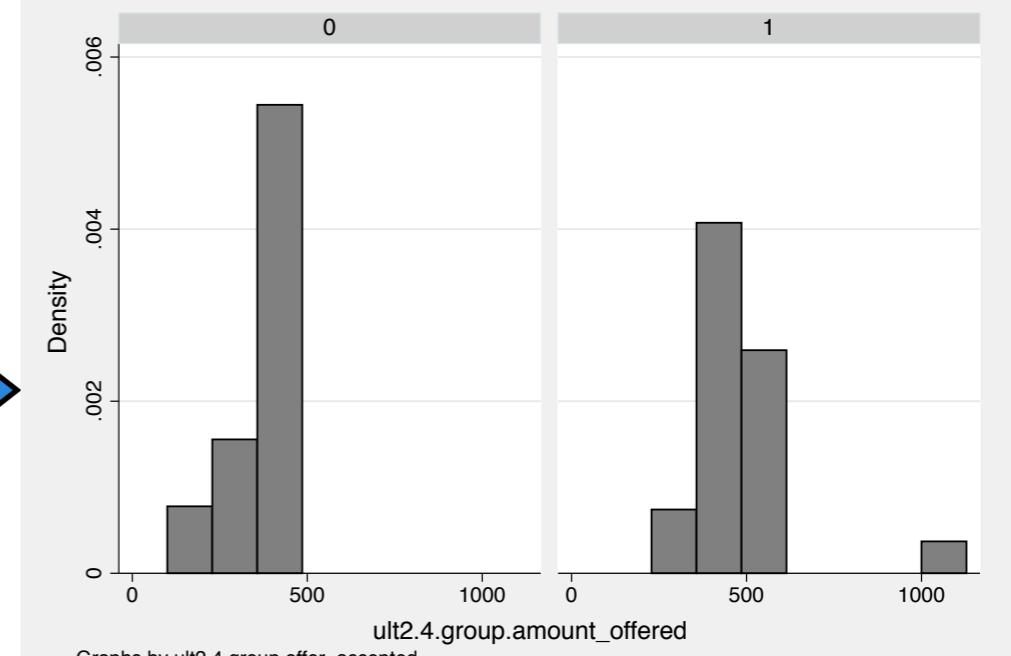
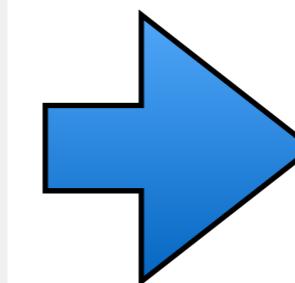
Graphs by ult2.1.group.offer_accepted



Graphs by ult2.2.group.offer_accepted



Graphs by ult2.3.group.offer_accepted



Graphs by ult2.4.group.offer_accepted

9.29. Battle of Sex

Battle of Sexes

- 취향이 다른 두 연인들의 문제

- 같이 노는 것을 더 선호하지만 기왕이면 P1은 영화(Film)을, P2는 야구(Baseball)를 보고 싶어함

- 오늘 참가할 게임이기도 함
(향후 설명)

P1

P2

| | | |
|---|------|------|
| | F | B |
| F | 2, 1 | 0, 0 |
| B | 0, 0 | 1, 2 |

PSNE, MSNE

- 총 3개의 내쉬균형
- PSNE는?
 - 2개 있음
- MSNE는?
 - 1개 있음

$$\pi_1(F) = q \times 2 + (1 - q) \times 0$$

$$\pi_1(B) = q \times 0 + (1 - q) \times 1$$

$$\pi_1(F) = \pi_1(B) \Rightarrow q^* = \frac{1}{3}$$

P1

P2

| | | |
|---|------|------|
| | F | B |
| F | 2, 1 | 0, 0 |
| B | 0, 0 | 1, 2 |

PSNE, MSNE

- 총 3개의 내쉬균형
- PSNE는?
 - 2개 있음
- MSNE는?
 - 1개 있음

$$\pi_1(F) = q \times 2 + (1 - q) \times 0$$

$$\pi_1(B) = q \times 0 + (1 - q) \times 1$$

$$\pi_1(F) = \pi_1(B) \Rightarrow q^* = \frac{1}{3}$$

P2

| | | |
|---|-----|----------------|
| | F | B |
| F | p | 2, 1 |
| B | 1-p | 0, 0 1, 2 |

PSNE, MSNE

- 총 3개의 내쉬균형
- PSNE는?
 - 2개 있음
- MSNE는?
 - 1개 있음

$$\pi_1(F) = q \times 2 + (1 - q) \times 0$$

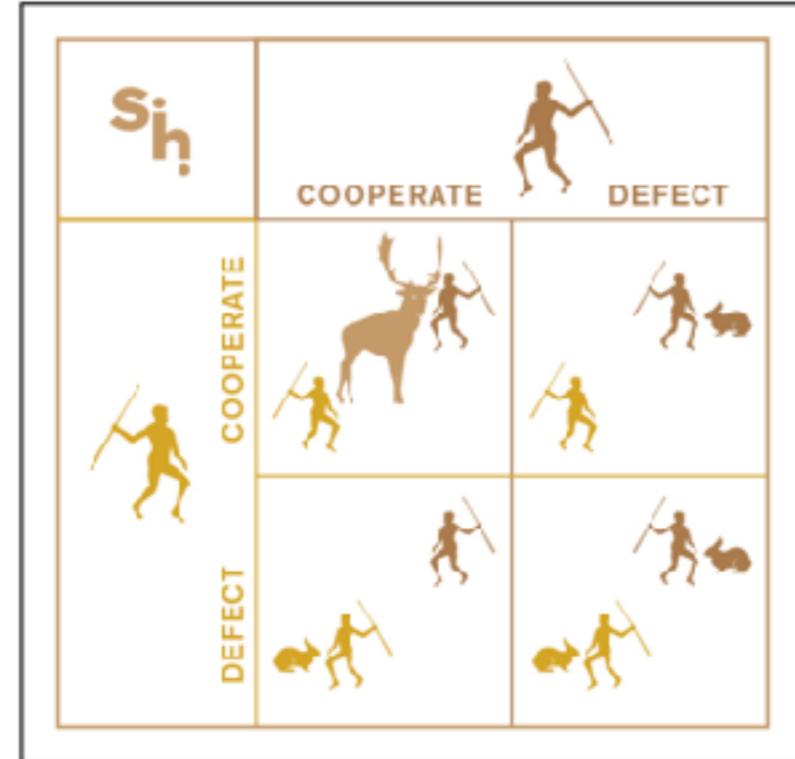
$$\pi_1(B) = q \times 0 + (1 - q) \times 1$$

$$\pi_1(F) = \pi_1(B) \Rightarrow q^* = \frac{1}{3}$$

| | | P2 | |
|--|--|-------|-------|
| | | F q | B 1-q |
| | | F p | 2, 1 |
| | | B 1-p | 0, 0 |
| | | | 1, 2 |

조정게임의 변형: Stag Hunt Game

- 내쉬의 증명은 몇 명의 플레이어가 있던 반드시 내쉬 균형이 존재한다는 것.
- 얼핏 죄수의 딜레마처럼 보이지만 근본적인 구조는 조정 게임에 더 가까움
- PSNE, MSNE를 찾아보고 죄수의 딜레마, 조정게임의 NE들과 대조해보라.



| | | P2 | |
|----|---|------|------|
| | | S | H |
| P1 | S | 3, 3 | 0, 2 |
| | H | 2, 0 | 1, 1 |

성대결게임 실습

- 임의의 두 사람이 서로 “남편”, “아내” 중 하나의 역할을 담당
 - 실제 성별과 무관하게 랜덤
- 같은 상대방과 총 5회에 걸쳐 성대결 게임을 실시
 - 보수구조는 게임 하단에 표시됨



성대결게임 설명

당신은 한 명의 다른 참가자와 임의로 짹지워지게 됩니다. 둘 중 한 명은 임의로 남편 플레이어를, 다른 한 명은 아내 플레이어가 될 것입니다. (참가자의 실제 성별과는 무관합니다)

남편과 아내는 오늘 저녁에 재미있게 지내기로 약속했습니다. 각 사람들은 영화를 볼 수도 있고, 야구를 보러 갈 수도 있습니다. (**성역할에 대한 편견이 깔려 있습니다. 양해 부탁드립니다.**) 아내는 야구보다는 영화를 좋아하며, 남편은 영화보다는 야구를 좋아합니다. 하지만 둘 모두 무엇을 하더라도 함께 즐기는 것을 따로 다른 것을 즐기는 것보다 좋아합니다.

여러분은 서로 동시에 상대의 결정을 모르는 상태에서 결정을 내려야 합니다.
당신의 보상은 아래와 같이 결정될 것입니다.

당신은 같은 상대와 이 게임을 5 라운드 진행할 것입니다.

각 칸에서 왼쪽은 아내의 보상, 오른쪽은 남편의 보상입니다.

| | | 남편 | |
|----|----|------------------------|------------------------|
| | | 야구 | 영화 |
| 당신 | 야구 | 200 points, 300 points | 0 points, 0 points |
| | 영화 | 0 points, 0 points | 300 points, 200 points |

보수구조는 이후 게임 중에 지속적으로 확인할 수 있습니다.

Decide

당신은 남편입니다. 오늘 저녁 당신은 어떤 선택을 하시겠습니까?

당신의 선택은:

- 야구
- 영화

Next

Decide

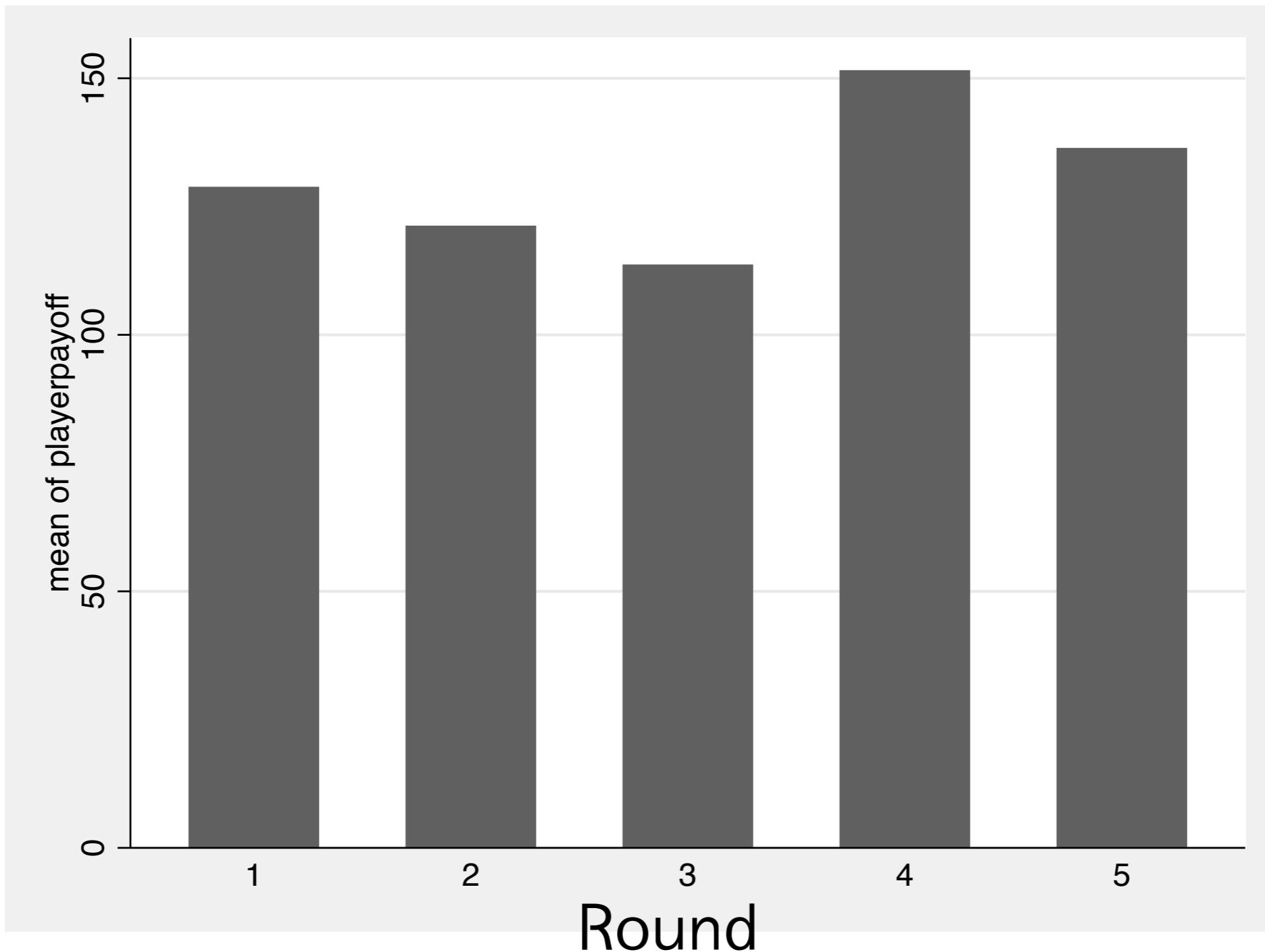
당신은 아내입니다. 오늘 저녁 당신은 어떤 선택을 하시겠습니까?

당신의 선택은:

- 야구
- 영화

Next

결과

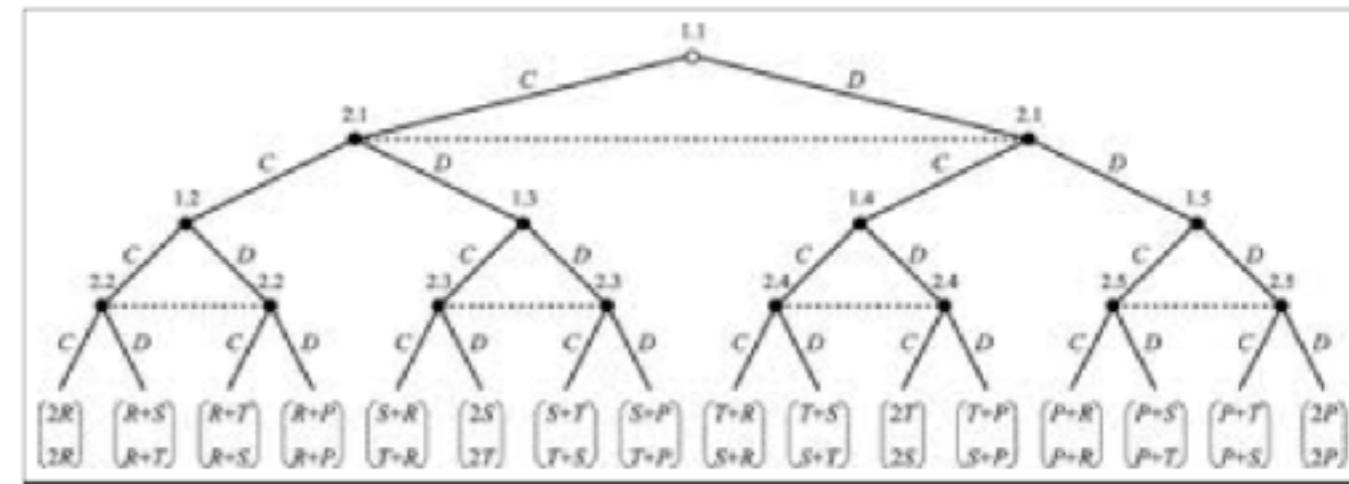


10.13 Repeated PDG

반복게임

Repeated Game (RG)

- 게임을 여러번 시행하는 것
- 통상적으로 반복게임 그 자체도 하나의 게임임
- RG의 경우의 수는 너무나 많아 균형 등을 찾기가 어려움
- 반복 횟수에 따라
 - 반복횟수가 정해져 있는 경우: 유한 반복 게임
 - Backward Induction (BI) 가능
 - 끝없이 반복할 경우: 무한 반복 게임



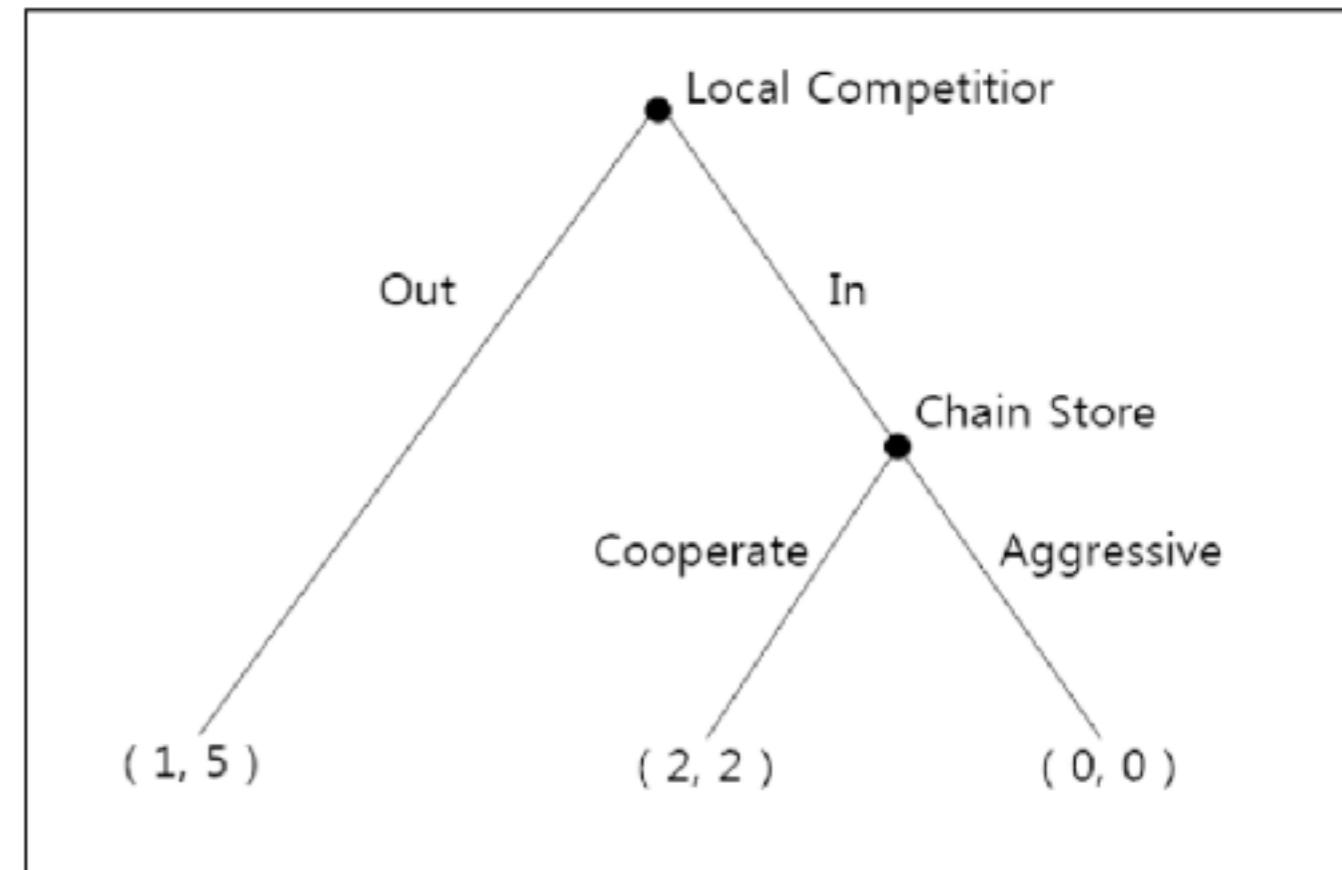
실습: Finitely Repeated Prisoners' Dilemma (FRPD)

- 임의로 짹지워지는 파트너와 PD 게임을 10회 실시해보자

| | | |
|-----|-------|-------|
| | 2:C | 2:D |
| 1:C | 30,30 | 10,40 |
| 1:D | 40,10 | 20,20 |

Chain-store Game in Finitely Repeated Game

- 20번에 걸쳐서 순차적으로 이 게임을 한다고 생각해보자. 즉, 1명의 현재 독점자와 20명의 순차적 경쟁자
- BI에 따른 균형은?
- 하지만, chainstore는 협박을 통해 이윤을 늘릴 수 있다! 아마도 BI에 필요한 가정에 문제가 있는 것은 아닐까?



Strategy in Infinitely Repeated Games

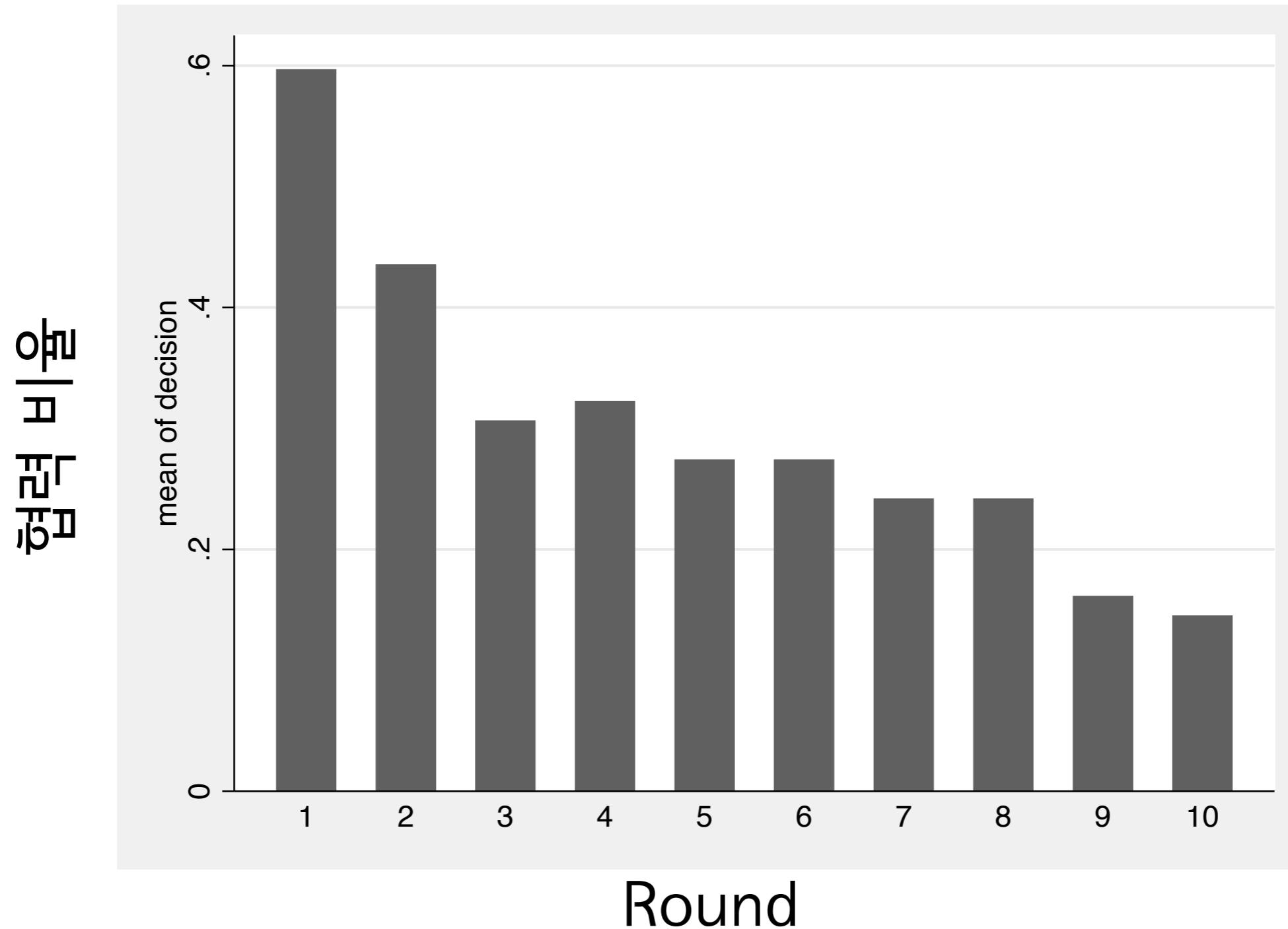
- 전략은 algorithm 처럼 주어진다.
- 즉, 상대의 전략에 의존적으로 주어진다.
- 아울러 모든 결과를 정하기 힘들다면, 제한된 기억에 의존한다.
- history matters.
- RG의 전략은 history에서 action으로 가는 함수

무한 반복 죄수의 딜레마 게임에서의 전략들 예

| 전략 이름 | CC-CD-DC-DD | 필요 기억량 |
|-------------------------------------|-------------|--------|
| Tit-For-Tat (TFT) | C-D-C-D | 1기 |
| GRIM Trigger | C-D-D-D | 1기 |
| Pablov (Win-Stay-Lose-Shift) | C-D-D-C | 1기 |
| ALLC | C-C-C-C | 0기 |
| ALLD | D-D-D-D | 0기 |

CC-CD-DC-DD: 지난기 내가 한 전략, 상대가 한 전략의 모든 조합

결과



11.3 Gamble Market

유보가격에 대한 행동실험

- 도박1:
 - 80% - 50,000원
 - 20% - 0원
- 도박2:
 - 10% - 400,000원
 - 90% - 0원
- 응답: <https://goo.gl/forms/9r0Gc328V3yT0yaJ2>
- 응답 결과에 의거하여 가상 시장을 만들고 임의의 순서로 조건에 맞는 사람들이 거래를 하며, 최종 보유하고 있는 도박은 실제 컴퓨터로 도박을 개별실시하여 그 결과액을 거래중 보유하게 된 돈과 합산할 것임. 운에 의한 효과를 완화하고자 거래 순서를 랜덤하게 섞어 10회 반복한 뒤 평균치를 최종 보상으로 산정할 것임.

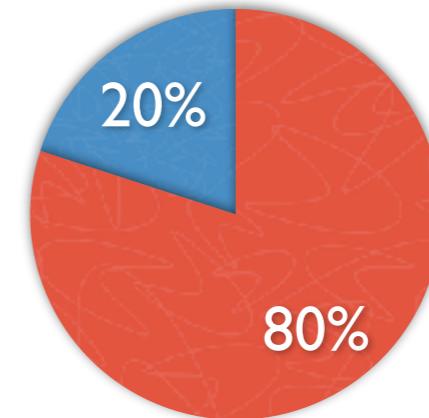
해설

- 앞의 실험은 Lichtenstein et.al (1971) 논문에서 행했던 실험과 동일한 실험임
 - Lichtenstein, S. & Slovic, P. Reversals of Preference Between Bids and Choices in Gambling Decisions. *Journal of Experimental Psychology* 89, 46-55 (1971).
 - <http://l.otd.kr/JC7X15P7>

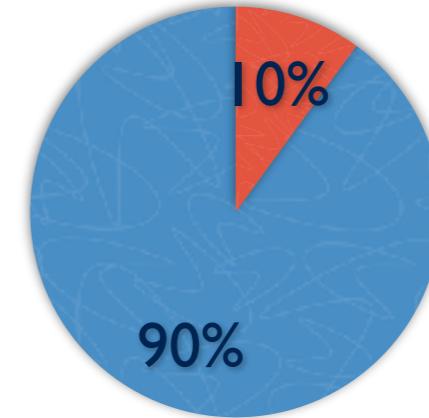
Two Gambles

- 도박1: 당첨률은 높으나 상금액수가 적은 도박 $\rightarrow P$ 도박
- 도박2: 당첨률은 낮으나 상금액수가 많은 도박 $\rightarrow \$$ 도박
- 두 도박의 기대수익은 동일: 4만원

● 5만원 ● 광



● 40만원 ● 광



선호역전

Reversals of preference

- Lichtenstein의 실험 결과
 - 질문1(도박의 선택): P도박을 더 많이 선택
 - 질문2(도박의 유보가격-수요), 질문3(도박의 유보가격-공급): \$도박에 더 높은 가격 매김
- 더 높게 가격을 평가했다는 것은 더 높은 가치를 가지고 있다는 것을 의미
- 하지만 실제 상황에서의 선택은 P도박을 했음
- 우리의 선택은?

선호역전의 의미

- 통상적으로 경제학에서는 유보가격이 더 높은 상품이 더 높은 가치를 가진 것으로 간주
- 만일 동일한 기회비용으로 두 상품을 가질 수 있다면 유보가격이 더 높은 상품을 가져야 함
- 그런데 앞에서는 유보가격이 더 낮은 상품을 선택하는 기이한 현상(선호역전)이 나타날 수 있음을 보여주고 있음
- 이는 유보가격을 통한 수요함수가 실제 수요를 반영하지 않을 수 있다는 가능성을 시사

군중의 지혜

군중의 지혜

- Vox Populi = Voice of the people
- 1907년 Nature 지 발표 논문 제목
 - 저자: F. Galton
 - 우시장에서 소의 무게를 일반 대중 787명에게 물어봄
- 결과는?

Vox Populi: 결과

- 개개인의 예측은 많이 빗나 갔지만,
- 787명의 예측값의 중간값은 실제 소의 무게와 0.8% 밖에 차이나지 않았음
- 의미: 대중 하나하나는 잘못 예측할지 몰라도 모두 모였을 때에는 매우 정확할 수도 있다

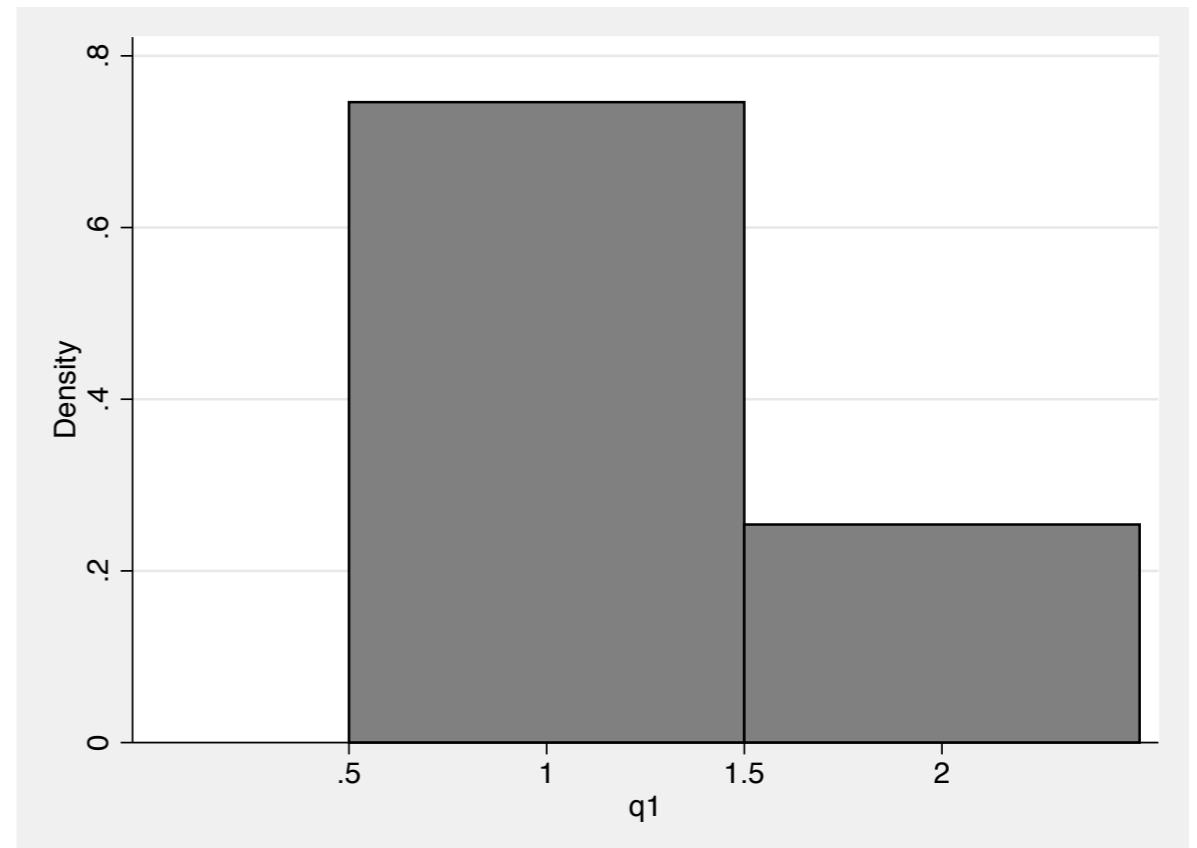
Distribution of the estimates of the dressed weight of a particular living ox, made by 787 different persons.

| Degrees of the length of Array $\sigma^2 = 100$ | Estimates in lbs. | Centiles | | Excess of Observed over Normal |
|---|----------------------|--|---------------------|--------------------------------------|
| | | Observed deviates from 1207 lbs. | Normal p.e. = 37 | |
| 5 | 1074 | -133 | -90 | +43 |
| 10 | 1109 | -98 | -70 | +28 |
| 15 | 1126 | -81 | -57 | +24 |
| 20 | 1148 | -59 | -46 | +13 |
| q ₁ 25 | 1162 | -45 | -37 | +8 |
| 30 | 1174 | -33 | -29 | +4 |
| 35 | 1181 | -26 | -21 | +5 |
| 40 | 1188 | -19 | -14 | +5 |
| 45 | 1197 | -10 | -7 | +3 |
| m 50 | 1207 | 0 | 0 | 0 |
| 55 | 1214 | +7 | +7 | 0 |
| 60 | 1219 | +12 | +14 | -2 |
| 65 | 1225 | +18 | +21 | -3 |
| 70 | 1230 | +23 | +29 | -6 |
| q ₃ 75 | 1236 | +29 | +37 | -8 |
| 80 | 1243 | +36 | +46 | -10 |
| 85 | 1254 | +47 | +57 | -10 |
| 90 | 1267 | +52 | +70 | -18 |
| 95 | 1293 | +86 | +90 | -4 |

q_1, q_3 , the first and third quartiles, stand at 25° and 75° respectively.
 m , the median or middlemost value, stands at 50°.
The dressed weight proved to be 1198 lbs.

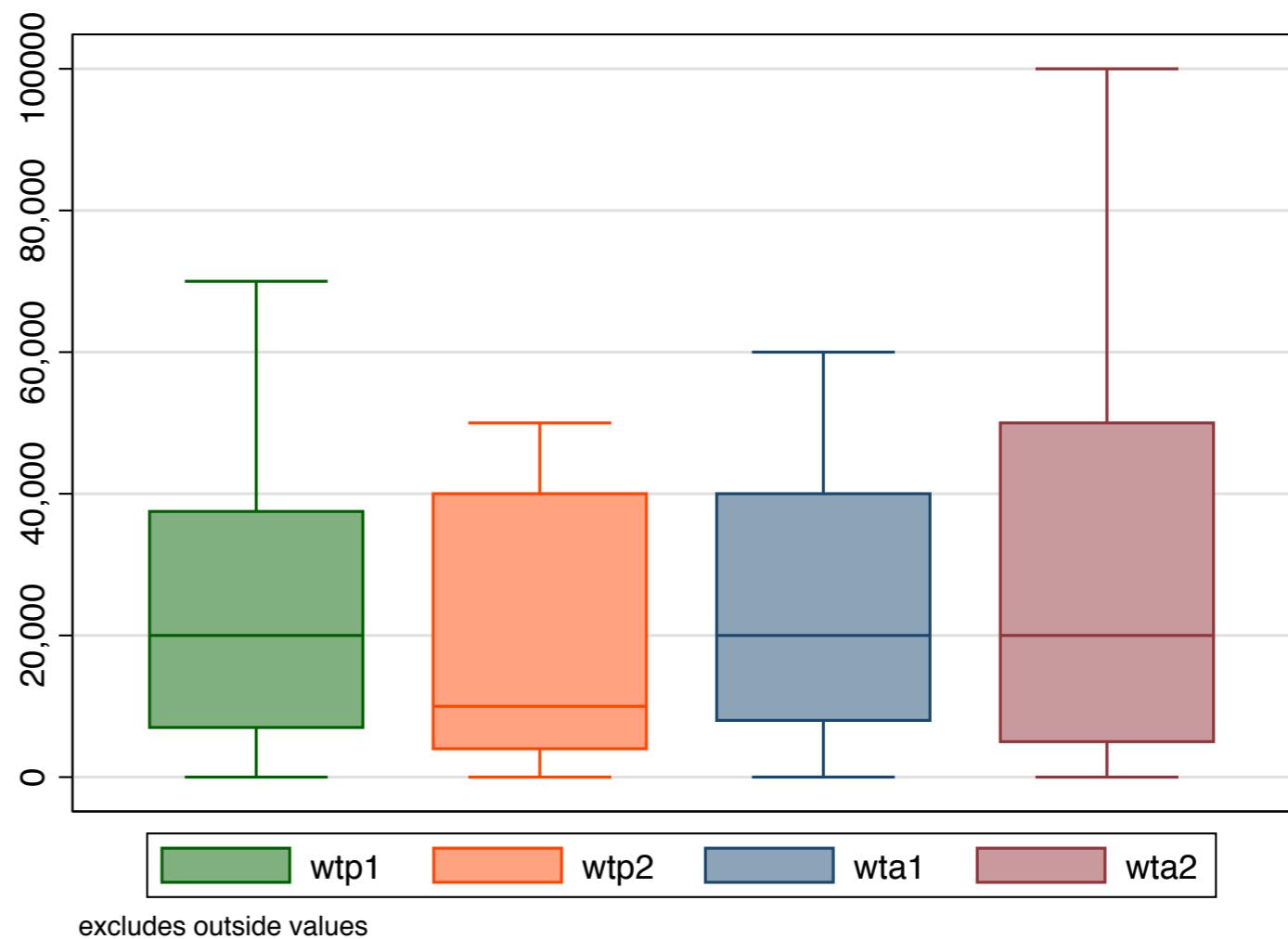
우리의 결과: q1

- 질문: 당신이 두 도박 중 한 도박을 하게 된다면 어떤 도박을 하시겠습니까?
- 안전도박 선호

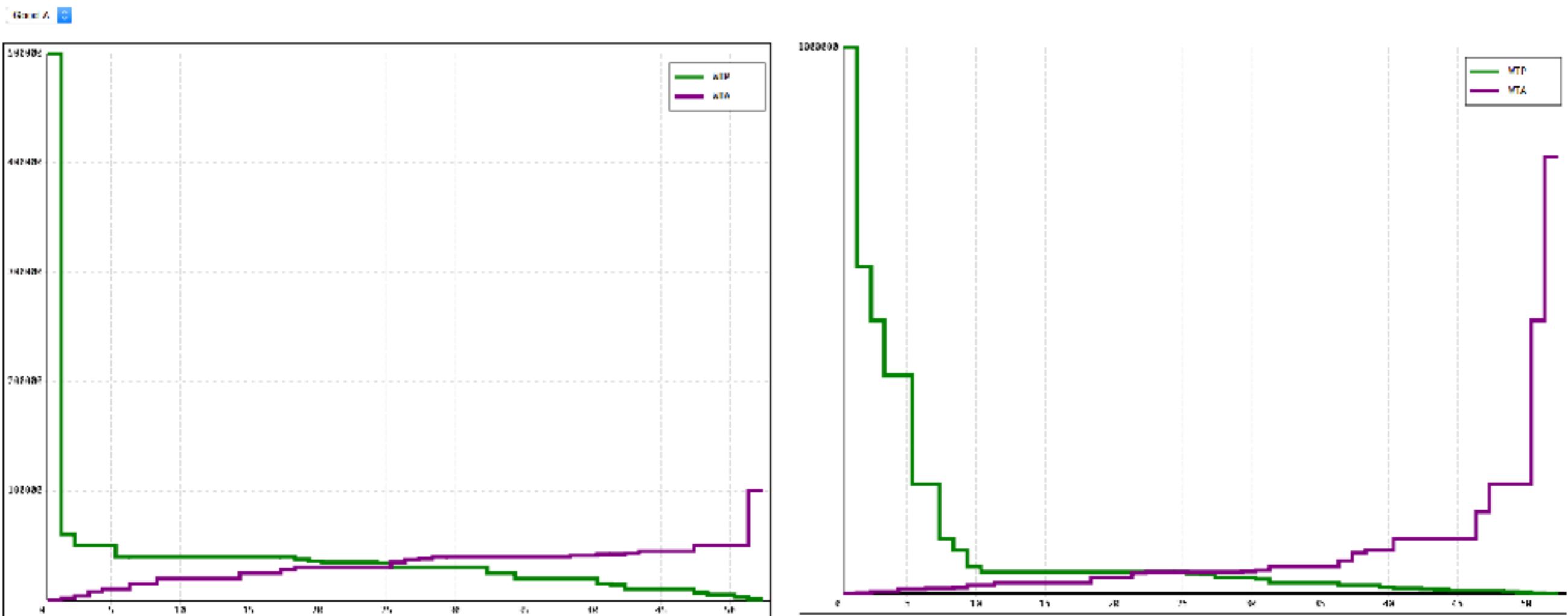


Q2: WTP, WTA

- box graph excluding outside values
- 푸른계열: P Gamble
- 붉은계열: \$ Gamble
- 왼쪽2개: WTP
- 오른쪽2개: WTA
- 통상 WTP<WTA
- mixed result



Demand / Supply (L:P Gamble, R:\$ Gamble)



Pref. Reversal

- Lichtenstein과는 차이있음

| Bet chosen | Expected under the "null model": bid more for: | | | | | | | |
|----------------|--|-----------------|--------------------------|-----------|-----------|--------------------------|-----------|-----------|
| | P bet | \$ bet | | | | | | |
| P | $p'r's' + p'rs$ a b | $p'r's + p'rs'$ | $p'r' + p'r$ | | | | | |
| \$ | $p'rs' + p'r's$ c d | $p'rs + p'r's'$ | $p'r + p'r'$ | | | | | |
| | $p'r' + p'r$ | $p'r + p'r'$ | 1 | | | | | |
| Observed | | | | | | | | |
| Exp. I | | Exp. II | Exp. III | | | | | |
| .085 a b | .425 — | .510 a b | .261 a b c d | .271 — | .532 — | .250 a b c d | .321 — | .571 — |
| .031 c d | .459 — | .490 — | .127 c d — | .341 — | .468 — | .048 c d — | .381 — | .429 — |
| .116 — | .884 — | 1 — | .388 — | .612 — | 1 — | .298 — | .702 — | 1 — |

| Gamble Choice | Preference revealed by WTP | | | Total |
|---------------|----------------------------|-------------|-------------|--------------|
| | P>\$ | P<\$ | P==\$ | |
| P Gamble | 16 44.44 | 12 33.33 | 8 22.22 | 36 100.00 |
| \$ Gamble | 4 25.00 | 8 50.00 | 4 25.00 | 16 100.00 |
| Total | 20 38.46 | 20 38.46 | 12 23.08 | 52 100.00 |

| Gamble Choice | Preference revealed by WTA | | | Total |
|---------------|----------------------------|-------------|-------------|--------------|
| | P>\$ | P<\$ | P==\$ | |
| P Gamble | 14 38.89 | 15 41.67 | 7 19.44 | 36 100.00 |
| \$ Gamble | 3 18.75 | 10 62.50 | 3 18.75 | 16 100.00 |
| Total | 17 32.69 | 25 48.08 | 10 19.23 | 52 100.00 |

최고점수

. list name stuid ql total_cash rank

| | name | stuid | ql | total_~h | rank |
|----|---------|------------|----|----------|------|
| 1. | 강희욱 | 2016100197 | 2 | 2826500 | 1 |
| 2. | 김동인 | 2017104050 | 1 | 2585000 | 2 |
| 3. | RAO JIE | 2014105612 | 1 | 1787050 | 3 |
| 4. | 최택림 | 2017105517 | 1 | 1752050 | 4 |
| 5. | 이상현 | 201710526 | 1 | 1613000 | 5 |

```
# Logfile created on 2017-12-08 03:48:05 +0900 by logger.rb/53141
I, [2017-12-08 03:48:06#35501] INFO -- : Players start trading for goods A...
I, [2017-12-08 03:48:06#35501] INFO -- : 박일우[5] ask deal to buy A for 30000
T, [2017-12-08 03:48:06#35501] INFO -- : 박일우[5] registered A for 30000 on Buy.
I, [2017-12-08 03:48:06#35501] INFO -- : 현병준[27] ask deal to sell A for 40000
I, [2017-12-08 03:48:06#35501] INFO -- : 현병준[27] registered A for 40000 on Sell.
I, [2017-12-08 03:48:06#35501] INFO -- : 강효정[4] ask deal to buy A for 20000
I, [2017-12-08 03:48:06#35501] INFO -- : 강효정[4] registered A for 20000 on Buy.
T, [2017-12-08 03:48:06#35501] INFO -- : 김승연[9] ask deal to sell A for 41000
I, [2017-12-08 03:48:06#35501] INFO -- : 김승연[9] registered A for 41000 on Sell.
I, [2017-12-08 03:48:06#35501] INFO -- : CHEN MEIJING[29] ask deal to buy A for 50000
I, [2017-12-08 03:48:06#35501] INFO -- : Sell B:CHEN MEIJING[29] S:현병준[27] A 40000
I, [2017-12-08 03:48:06#35501] INFO -- : 현병준[27]'s A is removed.
T, [2017-12-08 03:48:06#35501] INFO -- : PTAC CHENGHUI[51] ask deal to sell A for 100000
I, [2017-12-08 03:48:06#35501] INFO -- : PTAC CHENGHUI[51] registered A for 100000 on Se
I, [2017-12-08 03:48:06#35501] INFO -- : 현병준[27] ask deal to buy A for 40000
I, [2017-12-08 03:48:06#35501] INFO -- : 현병준[27] registered A for 40000 on Buy.
I, [2017-12-08 03:48:06#35501] INFO -- : 강주리[41] ask deal to sell A for 10000
I, [2017-12-08 03:48:06#35501] INFO -- : Buy H:현병준[27] S:강주리[41] A 40000
I, [2017-12-08 03:48:06#35501] INFO -- : 현병준[27]'s A is removed.
I, [2017-12-08 03:48:06#35501] INFO -- : ZHUSHUANG[45] ask deal to buy A for 5000
I, [2017-12-08 03:48:06#35501] INFO -- : ZHUSHUANG[45] registered A for 5000 on Buy.
I, [2017-12-08 03:48:06#35501] INFO -- : 박일우[5] ask deal to sell A for 15000
I, [2017-12-08 03:48:06#35501] INFO -- : 박일우[5] registered A for 15000 on Sell.
I, [2017-12-08 03:48:06#35501] INFO -- : 안재신[18] ask deal to buy A for 20000
I, [2017-12-08 03:48:06#35501] INFO -- : Sell D:안재신[18] S:박일우[5] A 15000
I, [2017-12-08 03:48:06#35501] INFO -- : 박일우[5]'s A is removed.
I, [2017-12-08 03:48:06#35501] INFO -- : 공병주[15] ask deal to sell A for 20000
I, [2017-12-08 03:48:06#35501] INFO -- : Buy H:박일우[5] S:공병주[15] A 30000
I, [2017-12-08 03:48:06#35501] INFO -- : 박일우[5]'s A is removed.
I, [2017-12-08 03:48:06#35501] INFO -- : 박선영[11] ask deal to buy A for 10000
I, [2017-12-08 03:48:06#35501] INFO -- : 박선영[11] registered A for 10000 on Buy.
I, [2017-12-08 03:48:06#35501] INFO -- : 박선영[11] ask deal to sell A for 20000
I, [2017-12-08 03:48:06#35501] INFO -- : Buy H:강효정[4] S:박선영[11] A 20000
T, [2017-12-08 03:48:06#35501] INFO -- : 안재신[18]'s A is FORGIVEN
```

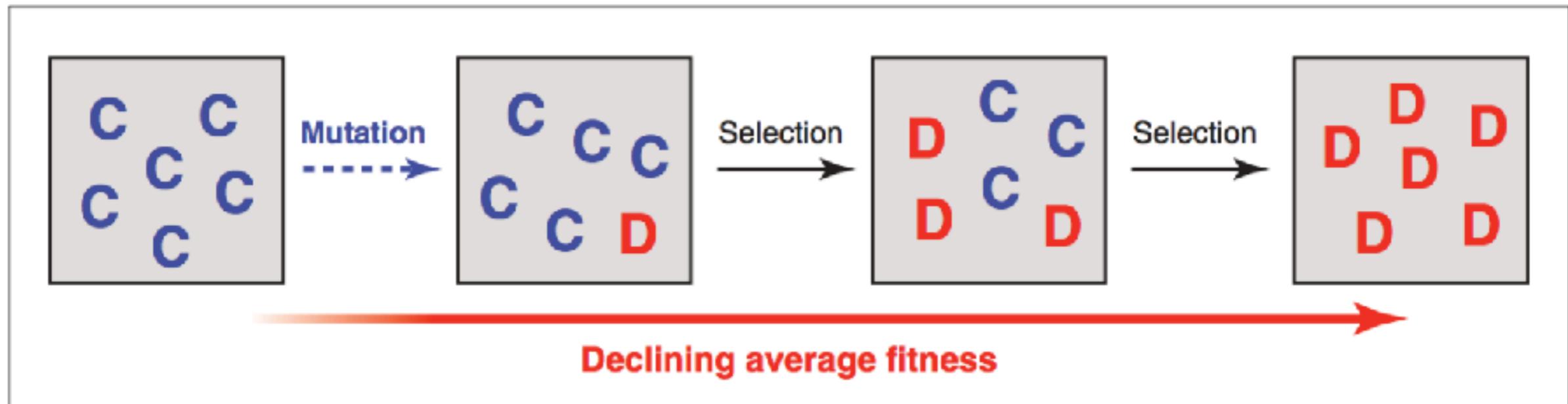
- 10회의 가상 거래를 실시 → 금전화

11.17 PD Competition

Bad News

- 진화적 관점의 도입 만으로는 죄수의 딜레마를 해결할 수 없다!

(배반:D) B ← A (협조:C)



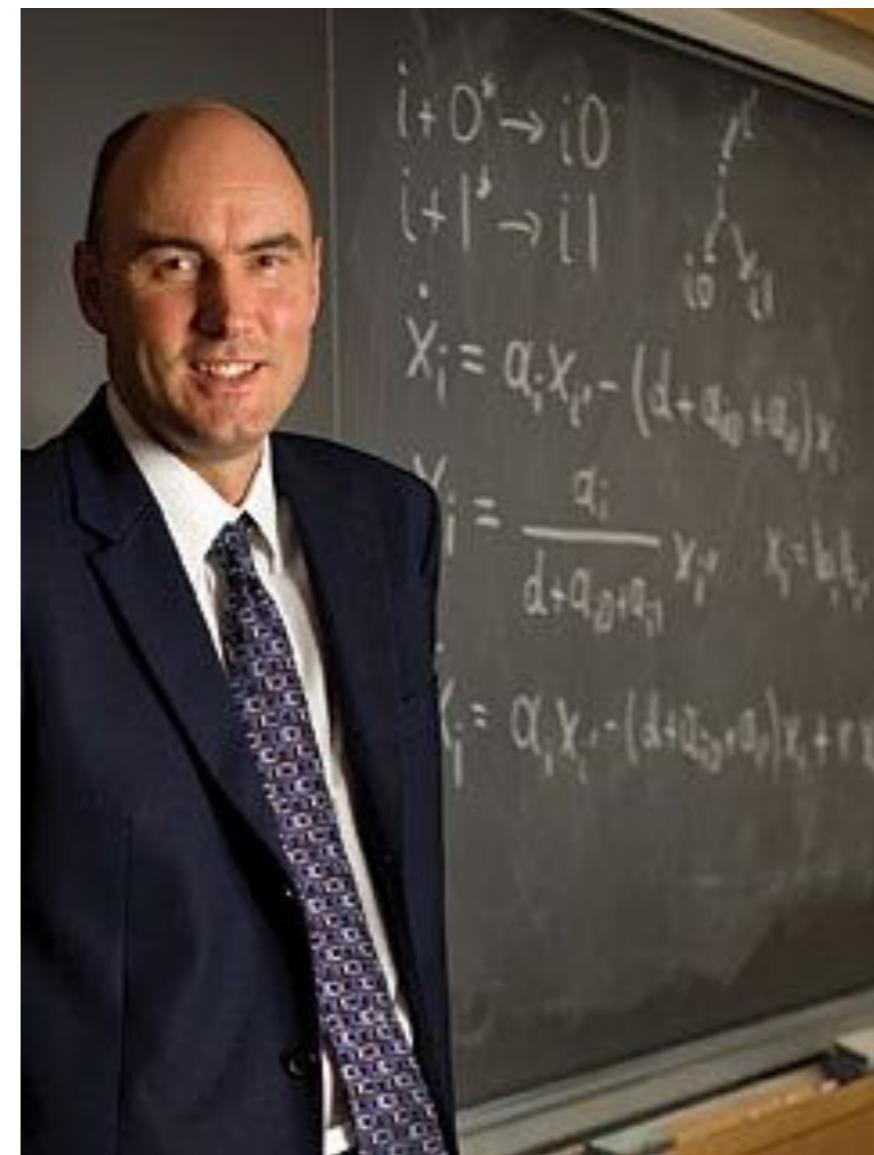
PDG의 진화게임버전

- 앞으로 PDG를 주로 다루게 될 것이므로, a, b, c, d 네 개의 변수를 가능한한 적은 수의 변수로 표현할 필요가 있음
- 최소 표현 가능한 변수의 수는 두 개: b, c 라고 하자
 - b :benefit, c :cost
 - $b > c$ 이면 PDG의 구조와 동일해짐

$$\begin{matrix} & C & D \\ C & \begin{pmatrix} b - c & -c \end{pmatrix} \\ D & \begin{pmatrix} b & 0 \end{pmatrix} \end{matrix}$$

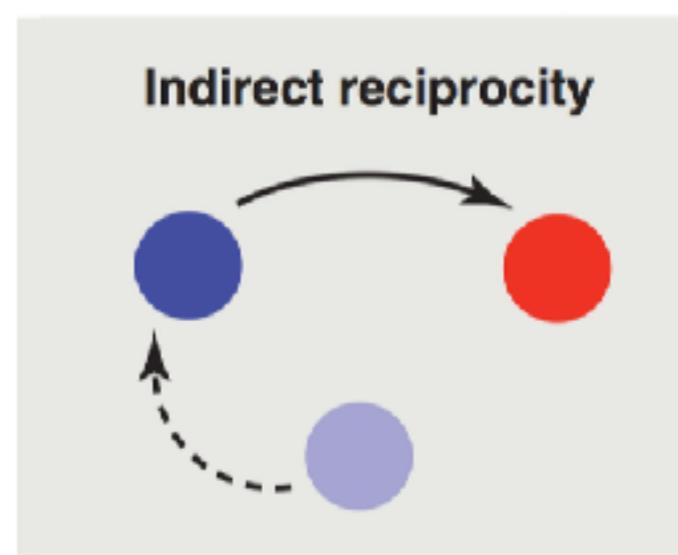
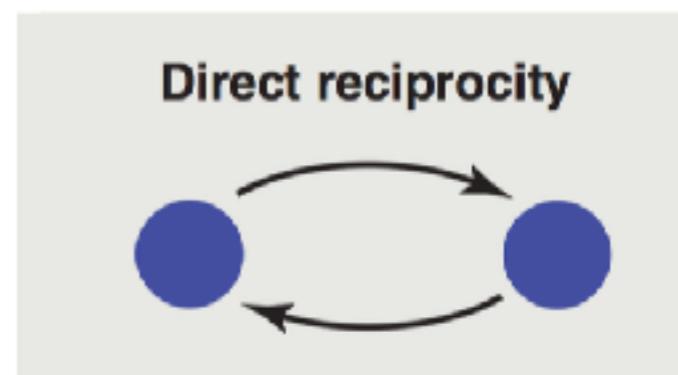
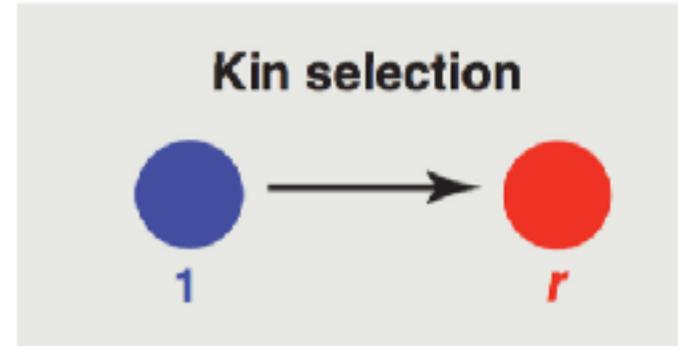
Martin Nowak

- PDG를 기반으로 협력의 진화를 크게 다섯 가지 방법으로 변형하여 설명함
 - 이후 강의의 주제
 - 물론 이 다섯가지가 전부 이거나 절대적인 것은 아님
- 게임이론을 통해 일관적으로 설명하고 종합하는 데에 기여함



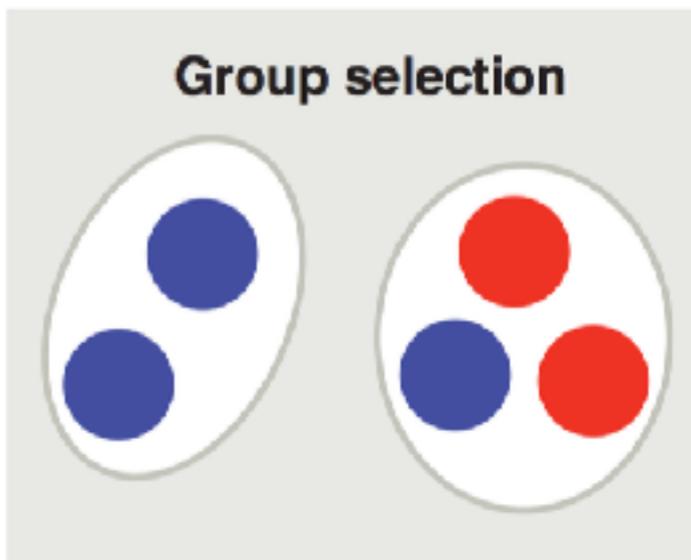
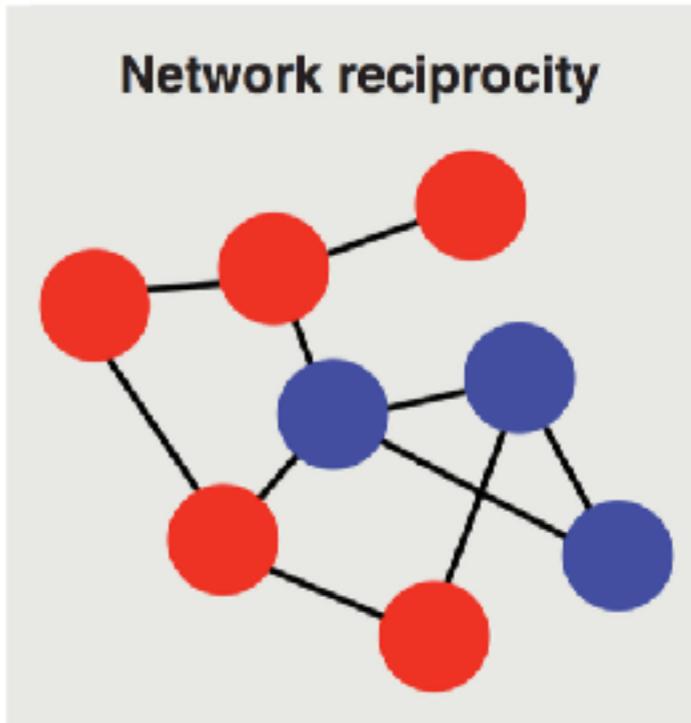
협력으로의 다섯가지 길 (1-3)

- Kin Selection
 - 너의 이익 = 나의 이익
- Direct Reciprocity
 - 너가 날 돋는다면 나도 널 돋겠다
- Indirect Reciprocity
 - 협력적으로 대하는 사람에게는 나도 잘해주겠다



협력으로의 다섯가지 길 (4-5)

- Network Reciprocity
 - 서로 얹혀 얻을 수 있는 것이 많다면
- Group Selection
 - 우리 그룹이 상대 그룹을 이길 수 있다면



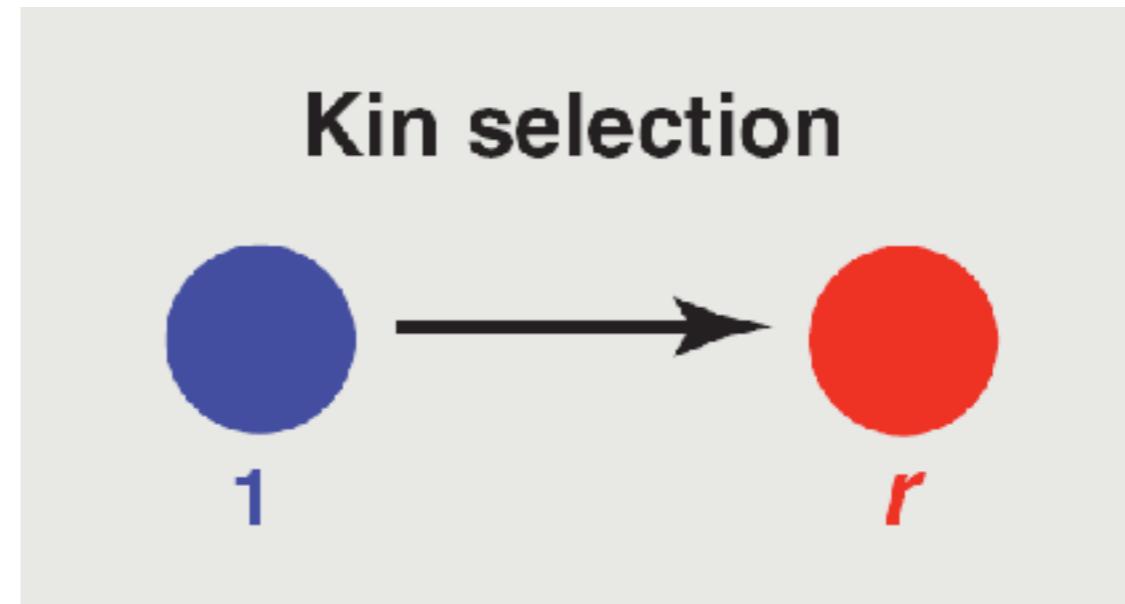
종합 (요약)

| | | Cooperation is... | | | | | |
|----------------------|---|-------------------|-----------------|---------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|--|
| | | Payoff matrix | ESS | RD | AD | | |
| Kin selection | C | $(b - c)(1 + r)$ | $br - c$ | $\frac{b}{c} > \frac{1}{r}$ | $\frac{b}{c} > \frac{1}{r}$ | $\frac{b}{c} > \frac{1}{r}$ | r ...genetic relatedness |
| | D | $b - rc$ | 0 | | | | |
| Direct reciprocity | C | $(b - c)/(1 - w)$ | $-c$ | $\frac{b}{c} > \frac{1}{w}$ | $\frac{b}{c} > \frac{2 - w}{w}$ | $\frac{b}{c} > \frac{3 - 2w}{w}$ | w ...probability of next round |
| | D | b | 0 | | | | |
| Indirect reciprocity | C | $b - c$ | $-c(1 - q)$ | $\frac{b}{c} > \frac{1}{q}$ | $\frac{b}{c} > \frac{2 - q}{q}$ | $\frac{b}{c} > \frac{3 - 2q}{q}$ | q ...social acquaintanceship |
| | D | $b(1 - q)$ | 0 | | | | |
| Network reciprocity | C | $b - c$ | $H - c$ | $\frac{b}{c} > k$ | $\frac{b}{c} > k$ | $\frac{b}{c} > k$ | k ...number of neighbors |
| | D | $b - H$ | 0 | | | | |
| Group selection | C | $(b - c)(m + n)$ | $(b - c)m - cn$ | $\frac{b}{c} > 1 + \frac{n}{m}$ | $\frac{b}{c} > 1 + \frac{n}{m}$ | $\frac{b}{c} > 1 + \frac{n}{m}$ | n ...group size m ...number of groups |
| | D | bn | 0 | | | | |

이것을 모두 수리적으로 검토하지는 않을 것임.

Kin Selection

- 형제 혹은 자매와 협력하는 이유: 친족이 같은 유전자를 지니고 있을 가능성이 높기 때문
- 리처드 도킨스의 ”이기적 유전자”
- 매트 리들리의 ”이타적 유전자” 두 가지 방식으로 진행
 - 자손의 번식을 통해서
 - 동일한 유전자를 지니고 있는 친척의 번식을 높임으로써



Direct Reciprocity

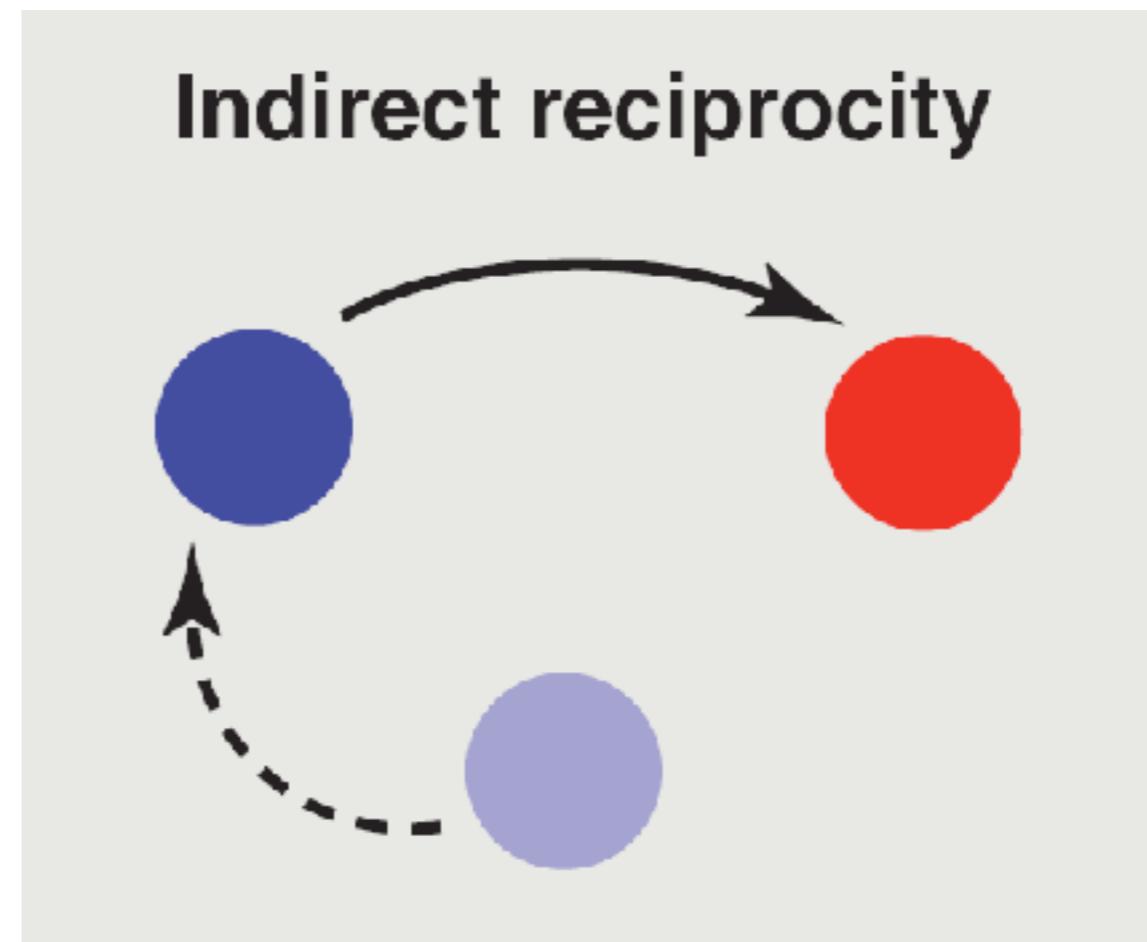
- 작은 공동체에서의 협력
- 다른이에 대한 나의 경험에 기반
- 반복게임을 통해서 형성

Direct reciprocity



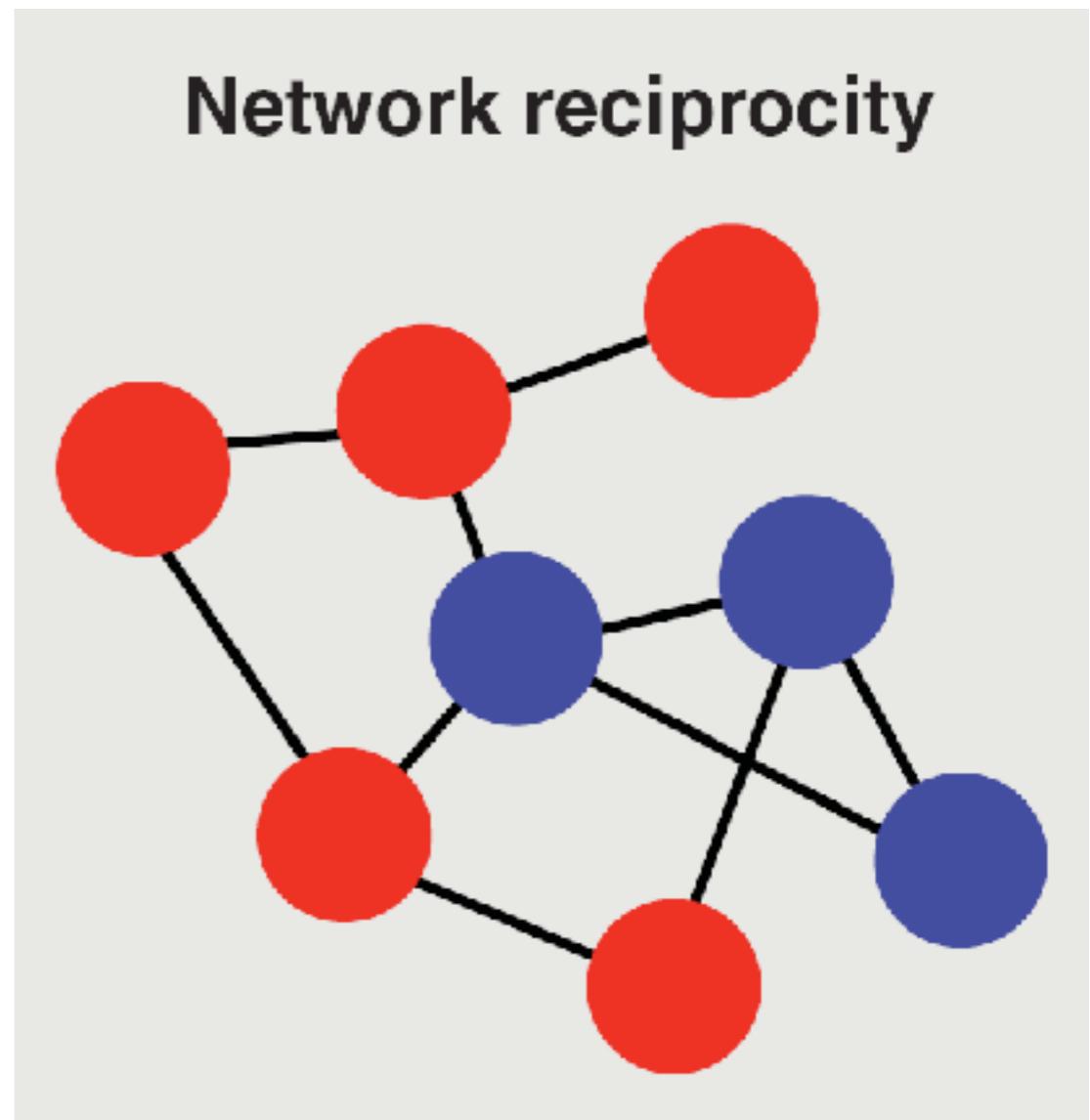
Indirect Reciprocity

- 대규모 사회 (이 거대한 사회가 굴러가는 방식) → 사회적 분업
- 다른 이에 대한 다른 사람의 경험 또한 고려
- 언젠가 만날 수 있겠지?
- ”뇌“의 진화와 평판을 매개로
- 도덕체계의 진화 (그리스 철학, 불교, 기독교, 힌두교, 도교 등)



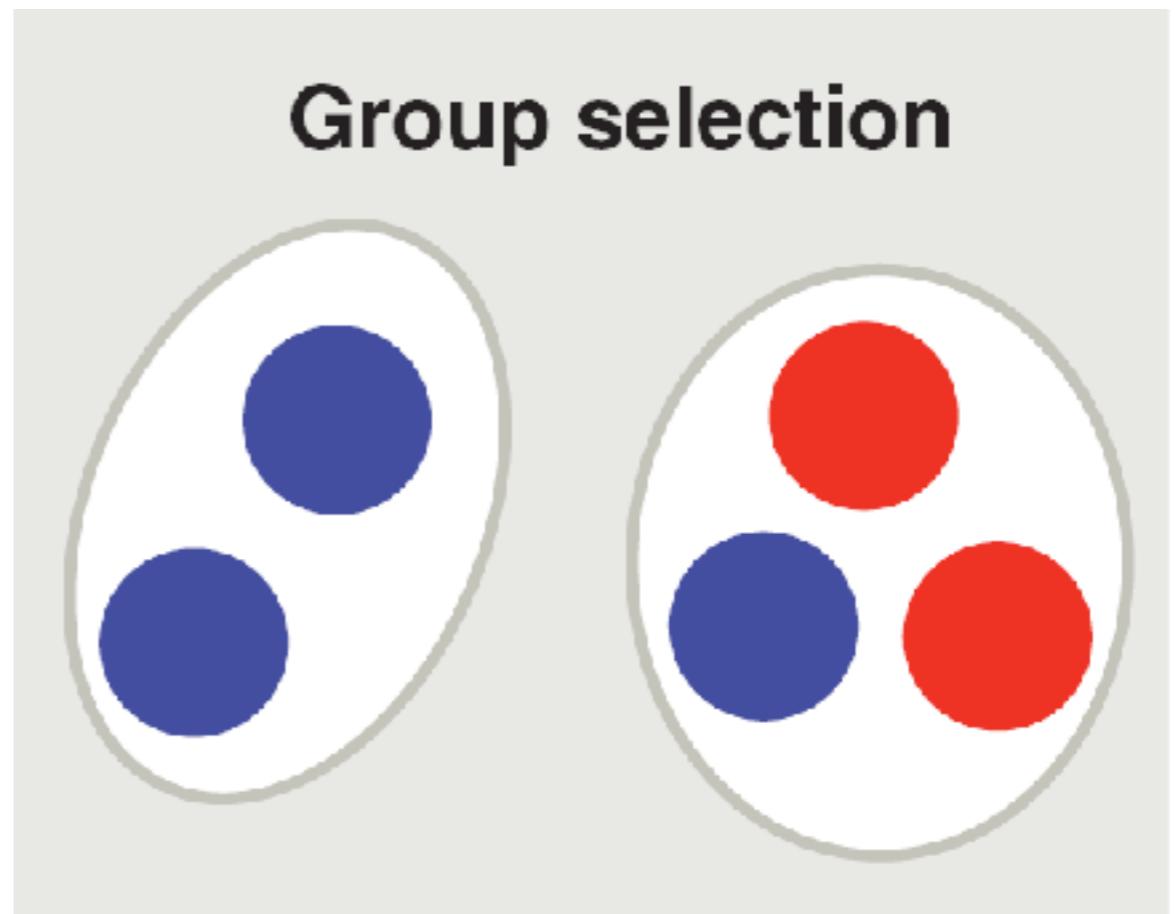
Network Reciprocity

- 집단의 구조가 죄수의 딜레마를 푸는 또 다른 방법을 제시할 수 있지 않을까?
- 현실의 모든 상태에는 일정한 구조가 있다. 이것이 차이를 낳을까?
- 어떻게 얼룩말의 세포들이 얼룩말의 무늬를 만들어 내는가? (EvoDevo)
- 협력자가 배신자 보다 더 나은 성과를 거두게 하는 그런 집단 구조가 있을까?

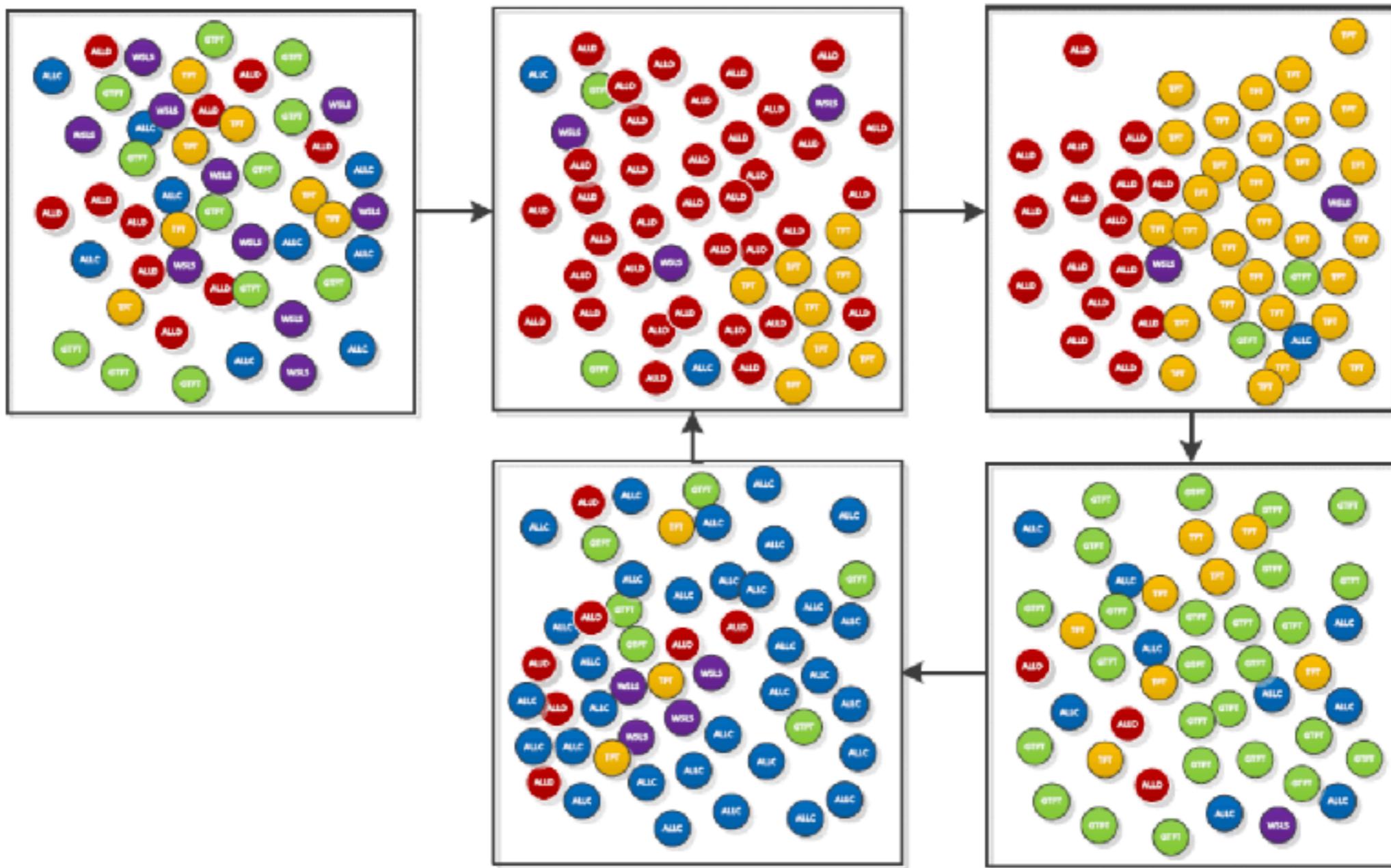


Group Selection

- 집단은... 지하철 선로에 떨어진 어린 아이를 구한 학생에게 상장과 존경을 제공한다.
- 바람직한 사회규범을 가진 집단은 그렇지 않은 집단들과의 경쟁에서 승리할 것이다.
- 간접 상호성은 집단 선택과 협력하여 인간다움을 형성할 수 있다.



진화게임의 순환 패턴



게임 실습

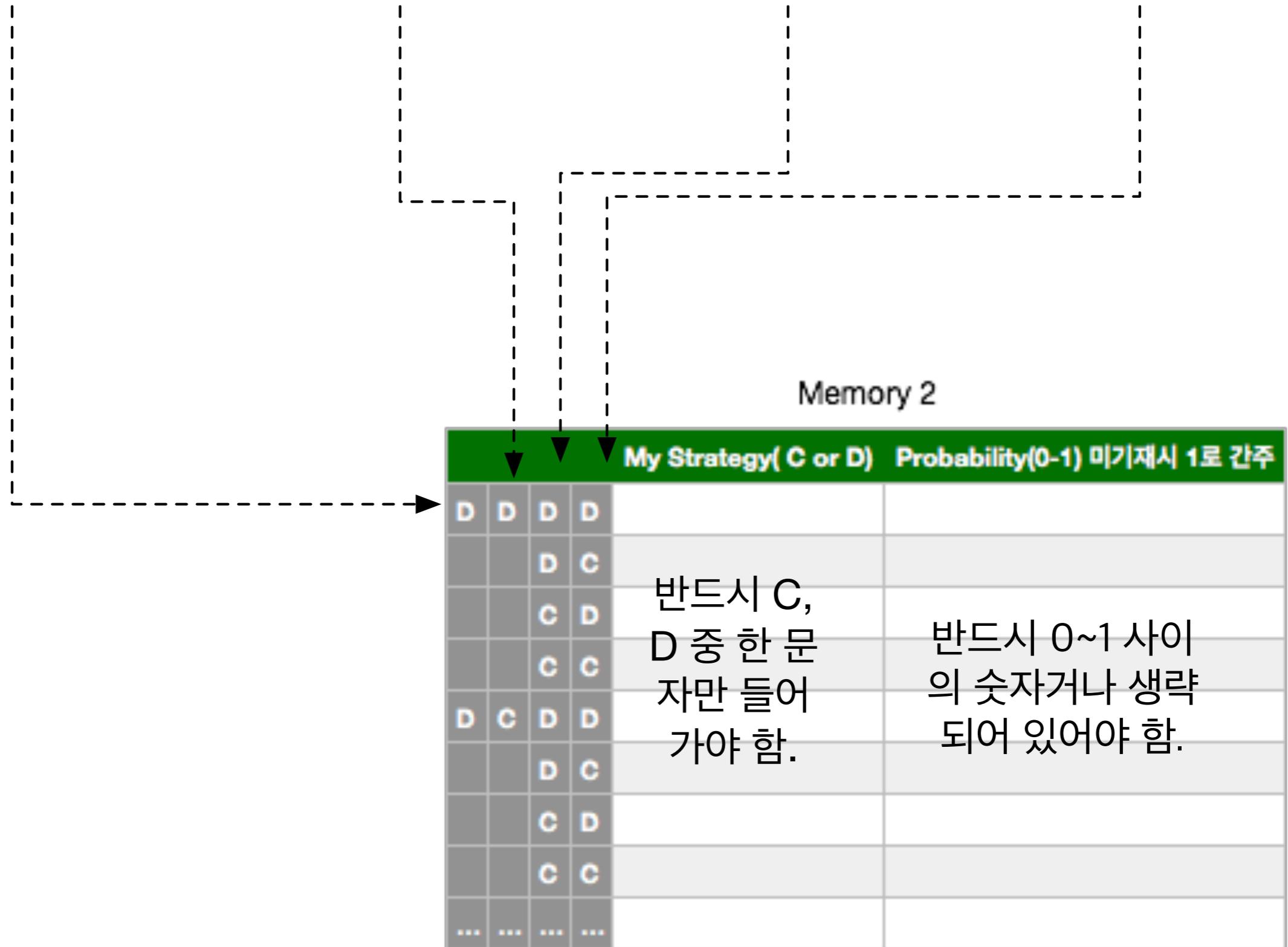
- KLAS 과제란에 공지함
- 자신의 전략을 해당 엑셀 파일에 작성하여 KLAS 과제란에 올릴 것
 - 기한: 다음주 금요일 (11/24) 23:50
 - 형식이 맞지 않는 경우 0.5확률의 혼합전략으로
간주
- “모든 참가자”들과 10회씩 연속게임을 할 것임
 - 본 게임 실습 결과는 오늘차 실험으로 간주

1기 전 자신의 전략

1기 전 상대방의 전략

2기 전 자신의 전략

2기 전 상대방의 전략



Axelrod's Computer Simulation

- 1980년, 정치학과 교수인 액설 로드는 몇몇 게임이론가들에게 200회 동안 치러질 PDG의 전략의 설계를 부탁.
- 이들을 각각을 토너먼트에 불이 고 점수를 부여. 이 대결의 승자는?
 - 생물학자인 Anatol Rapport의 "TIT FOR TAT (TFT)"
- 이 결과가 발표되자 사람들은 놀랐다. 왜?
 - 제출된 프로그램들 중에서 가장 단순한 4줄짜리 코드였기 때문



두번째 토너먼트

- 이 사실이 학술지에 발표된 이후, 더 많고 다양한 전문가들에게 의뢰해 같은 모의 실험을 실시
- 두번째 라운드의 결과 역시 TFT가 가장 우수한 성적을 거두었다.
- 이후 RPDG 게임에서 협력을 가져온 좋은 해결책으로 TFT 가 부상



TFT의 속성

- Be nice:
 - 먼저 배신하지는 않는다.
- Be provable:
 - 상대에게 호구가 되지 않는다.
- Don't be envious:
 - 상대보다 많은 보수를 바라지 않는다.
- Don't be too clever:
 - 충분히 예상 가능한 행보를 보여준다.



TFT의 승리방식

- 점수가 매겨진 방식을 생각해보자.
- 사실 TFT는 상대를 완전히 이긴 경우는 별로 없었다. 이겨도 그리 큰 차이로 이기지 않고, 져도 그리 크게 손해보지 않는 것.
- 만일 스포츠의 방식처럼 승자독식 방식이었다면?
- 아울러, 컴퓨터 알고리즘은 실수를 하지 않는다. 하지만 인간은 어떠한가?

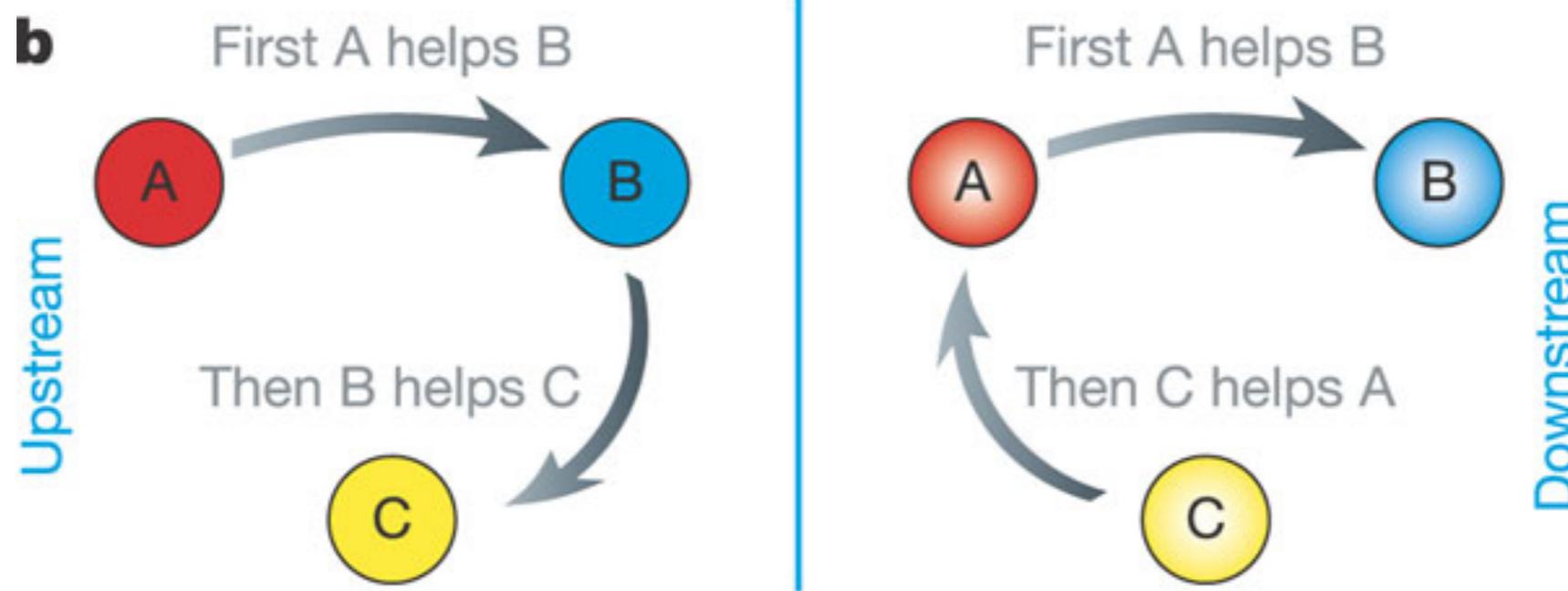


결과

| | v1 | v2 | v3 | rank |
|----|------------|-----------|------|------|
| 1. | 2013104599 | 박 선 영 | 1412 | 1 |
| 2. | 2012104150 | 김 동 하 | 1402 | 2.5 |
| 3. | 2015100154 | ZHUSHUANG | 1402 | 2.5 |
| 4. | 2013104347 | 차 순 기 | 1400 | 4 |
| 5. | 2013104245 | 현 병 준 | 1396 | 5 |
| 6. | 2014104235 | 이 기 혁 | 1392 | 6 |
| 7. | 2013102056 | 박 서 연 | 1390 | 7 |

ALLD → 상대의 mixed strategy로 최고 점수 득점

11.24 Reputation PDG



간접 상호성

Indirect Reciprocity

- 직접 상호성은 다른 이들에 대한 자신의 경험(기억)에 기반
- 간접 상호성은 다른 이들의 다른 이들에 대한 경험을 고려: 평판
 - Positive Reputation: +
 - Negative Reputation: -

직접 vs. 간접상호성

- 공통점

- 반복 상호작용
- 인지 및 기억능력 필요

- 차이점

- 직접 상호성: 소규모 집단에 적합
- 간접 상호성: 대규모 집단에 적합

13,800원

9,900원 ↓12%

무료배송

만족도 99%

구매 17,933

상품평 5,467

피앤지몰

최우수판매자
배송/상품평/고객:

10,900원

3,100원 ↓3%

무료배송

만족도 97%

구매 54,536

상품평 14,240

피앤지몰

최우수판매자
배송/상품평/고객:

11,800원

2,800원 ↓4%

무료배송

만족도 99%

구매 2,014

상품평 498

몰넷코리아1

최우수판매자
배송/상품평/고객:

지능의 고도화

- 간접 상호성은 고도의 사회성
- David Haig
 - “직접 상호성을 위해서 당신은 얼굴이 필요하다. 간접 상호성을 위해서 당신은 이름이 필요하다”
- 언어의 진화와 공진화
- 평판 지수에 대한 인식
- 동물 이상의 지능이 필요



평판의 측정

- 다양한 방식의 평판 측정 방식 존재 가능
- 많은 사람들이 다양한 방식으로 평판을 통해 행동을 결정함
 - 소개팅
 - 추천장
 - 전과기록
 - 수능
 - 좋아요

좋아요 11,399개



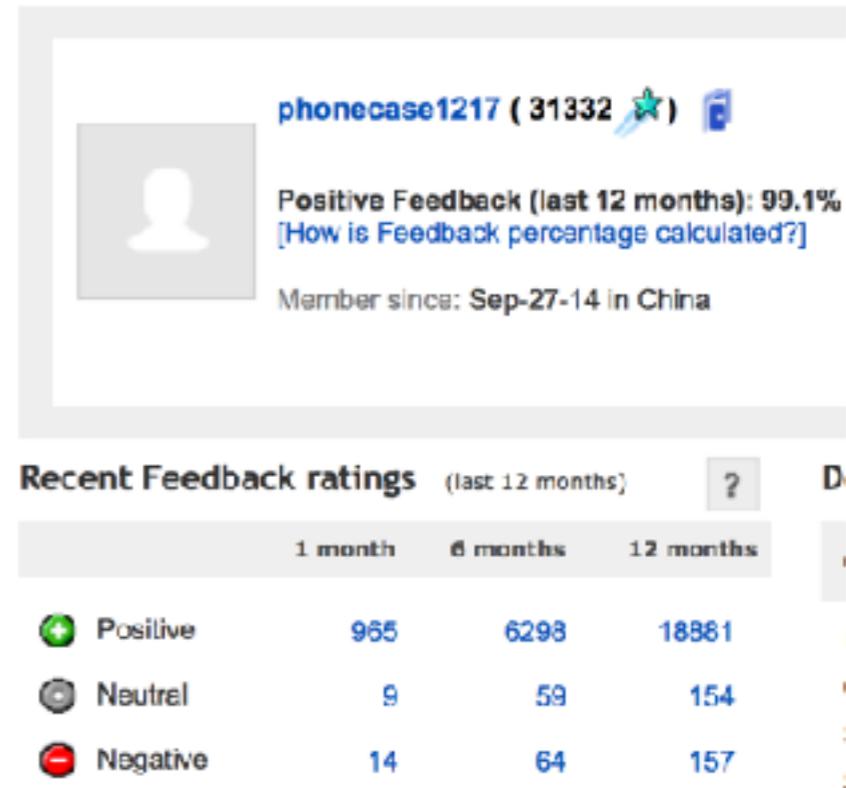
평판을 이용한 사기



<https://youtu.be/82dFIKUAafA>

평판을 통한 협력의 출현

- 무한반복 PD Game에서 간접상호성을 통해 협력이 출현할 조건
 - C/B가 충분히 낮을 것
 - 과거 행적에 대한 정보가 충분히 많을 것
 - Social Intelligence



평판을 통한 처벌

- 처벌: 자신의 비용을 들여 상대방에게 편익을 감소(혹은 비용을 증가) 시키는 행위
 - 통상적으로 경제적 합리성에 위배되는 행태임
 - Negative한 평판에 대해서는 처벌

636,807



11,445

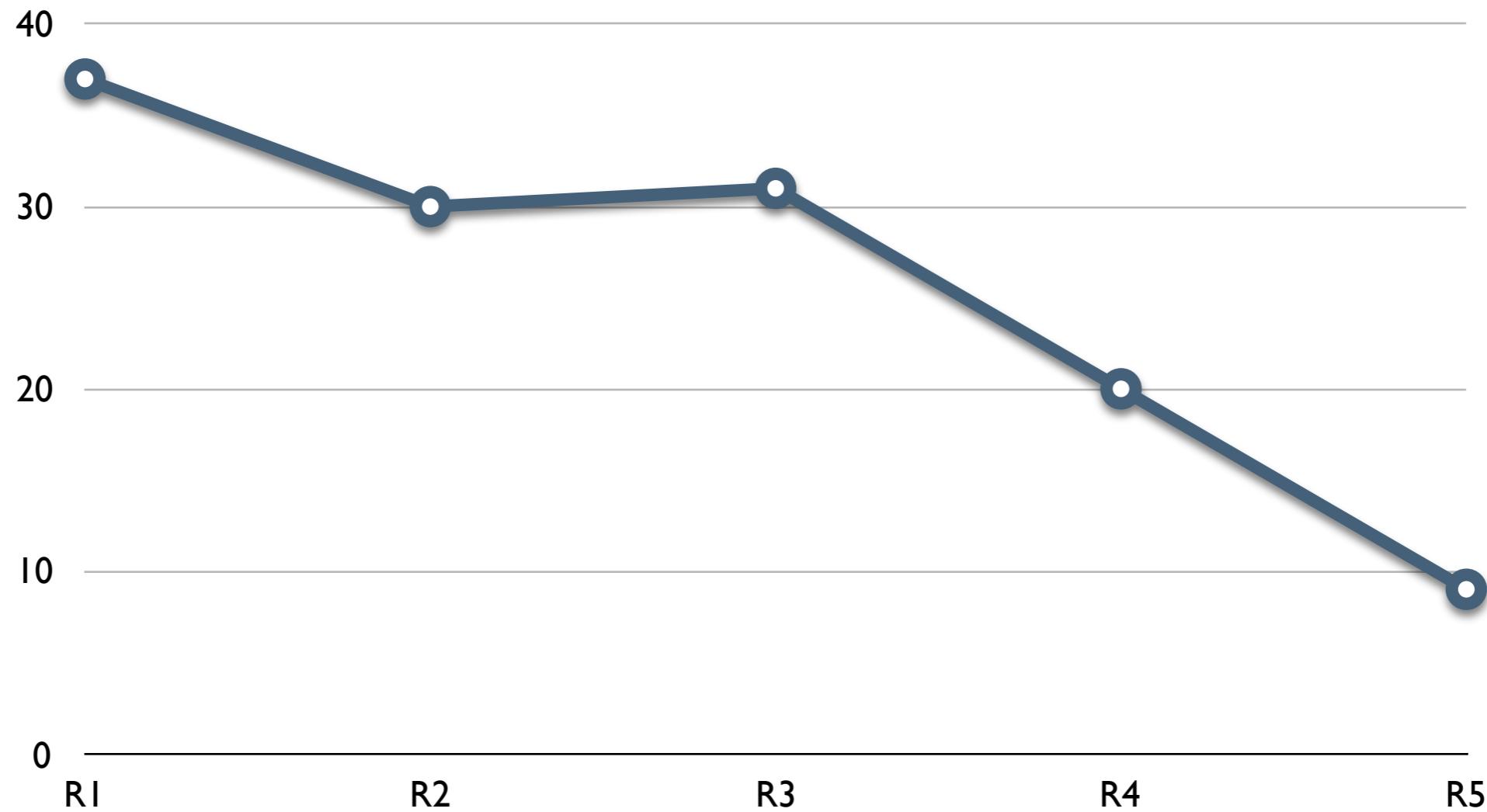


191,985

게임 실습

- 평판 버전 PDG
- 예전에 했던 PDG와 유사
 - 5라운드
 - 매 라운드마다 상대가 바뀜
 - 평판 = 상대의 이전 협조 횟수 표시
- <http://evokhu.herokuapp.com/room/2017f/>

결과 (참가: 54)



12.1 Investment Game

목차

- 서론
- 이론적 접근
- 실험
- 행위자기반 시뮬레이션
- 결론

서론(1절)

연구 동기

- 상호의존적 기대환경에서 비롯되는 근원적 불확실성 존재
- 상호의존적 기대환경은 행위자들이 서로의 기대를 기대하는 경우 조성
- 가격 등 주요 경제 변수들에는 이러한 속성이 있음
- 정보가 이러한 환경에서 작동하는 역할에 대해 연구

정보와 수익

$$E_t[r_t|I_t^+] \geq E_t[r_t|I_t], \quad I_t \subset I_t^+$$

- r : 수익률, I : 수익과 관련한 정보
- I^+ : 더 많은 수익과 관련한 정보
- 가설: 더 많은 정보하에서 더 많은 기대수익 E 를 거둘 것이다.
- 더 많은 정보는 더 높은 기대수익과 위험 회피를 위해 사용될 수 있음

상호의존적 기대

- 케인즈의 ‘미녀선발대회’
(케인즈:1936)
 - 금융시장의 균원적 불확실성을 설명하기 위한 사고 실험
 - 미녀의 사진들 중 가장 많은 참가자가 선택할 사진을 선택하는 참가자가 승리



근원적 불확실성

- 가령 완전한 주사위를 던지기 전에 어떤 눈금이 나올지 모르는 불확실성(1)과 상호의존적 환경에서 최적 전략을 알 수 없는 불확실성(2)은 근본적으로 구분
 - (1): pdf를 알고 있거나 알 수 있음: 일반적 불확실성
 - (2): pdf를 알 수 없음: 근원적 불확실성

상호의존적 기대의 복잡성

- 참가자들은 다른 참가자들의 예측을 예측해야 승리 가능
- 다른 참가자들 역시 상대방들의 예측을 예측하려 시도할 것이라는 것은 공통지식
- 이런 상황 하에서 경제학의 완전정보가설, 합리적 예측은 성립 불가능
 - 마음 속을 읽어낼 수 있는 전지전능한 참가자가 존재한다 하더라도 이러한 참가자가 2명 이상일 경우 승리하지 못할 수 있음

상호의존적 기대

- 0계: 상대방 예측을 무시하고 자신의 취향대로 선택
- 1계: 0계를 감안하여 선택
- 2계: 0,1계를 감안
- ...
- n계: 0~n-1계를 감안



최적 전략

- 모든 다른 상대방의 기대단계의 최대치보다 1단계 더 높은 단계가 최적
- 이론적으로 이 기대단계는 무한대로 발산
 - Nagel(1995) 등: 실험을 통해 1, 2, 3, 혹은 무한 대 단계만을 관측할 수 있었음
- 각 행위자들은 기대단계의 분포 또한 고려해야 함
 - Camerer et al. (2004): 프아송 인지 위계 모델 (P-CH model)

본 논문의 목적

- 간단한 투자게임을 설계:
 - 상호의존적 기대상황을 모형화
 - 기대상황하에서 정보군과 비정보군 사이의 행위자 변동을 행위자 기반 모형으로 분석

이론적 접근(2절)

투자게임의 구조

- 2종류의 투자자산: 위험자산, 안전자산
 - 위 두 자산에 대한 포트폴리오를 구성하여 투자
→ 투자수입 달성
 - 거시 상태에 따라 자산의 수익률이 다름
 - 평상 상태:
 - 위험 상태: 위험 차선에 투자된 모든 자산은 원금까지 상실

거시상태의 결정규칙

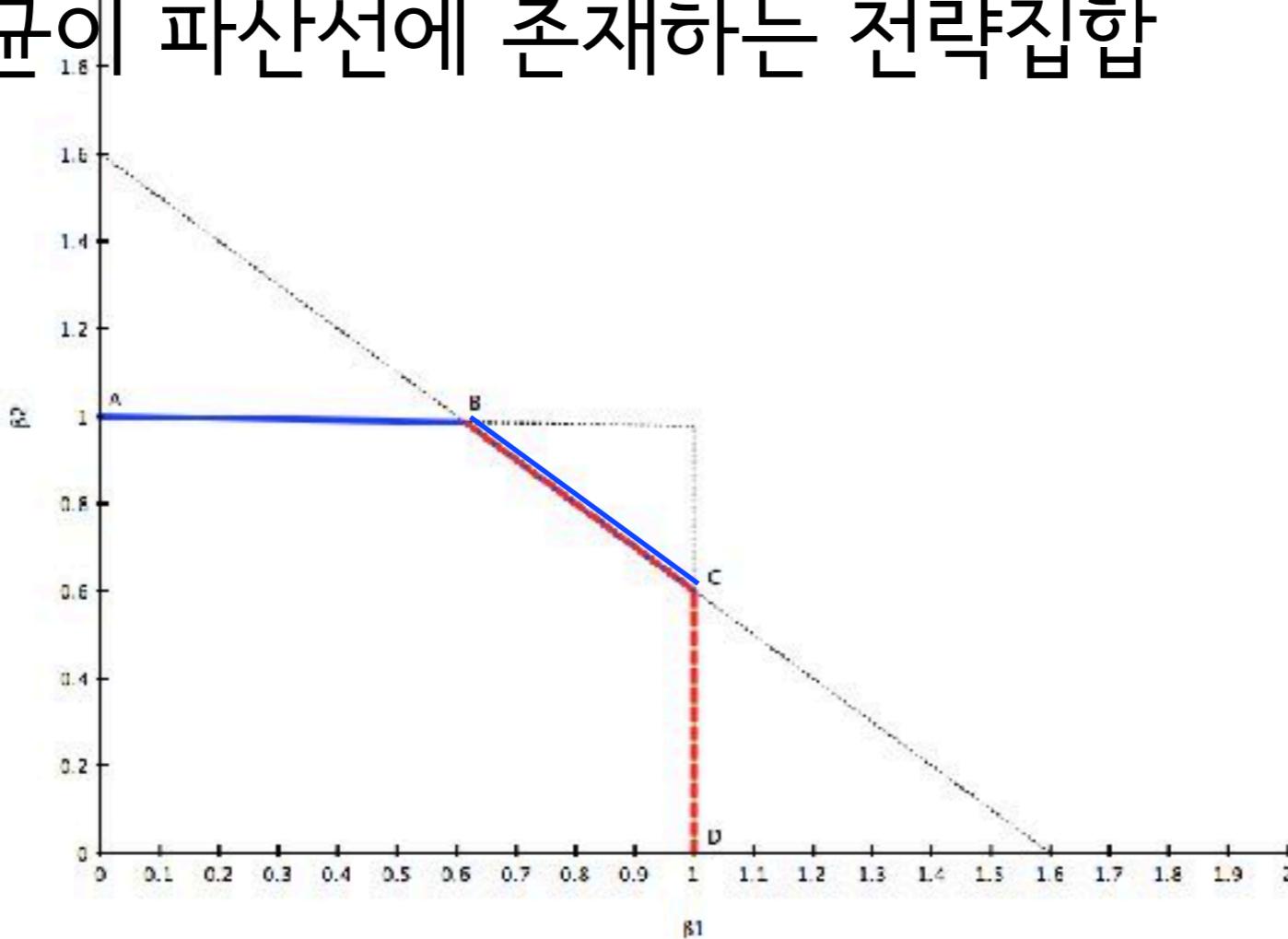
- 총 위험자산 투자율(\tilde{R}_t)이 정해진 수준(\bar{R})을 넘을 경우 위험 상태
 - 그렇지 않을 경우 보통 상태
 - 위험자산의 수익률: $r_R = 30\% \text{ or } -100\%$
 - 안전자산의 수익률: $r_S = 5\%$

거시상태별 수익률

| | No Bankruptcy | Bankruptcy |
|----------------------------------|---------------|------------|
| Invest all to Risk Free Asset | 5% | 5% |
| Invest to Mixed Asset(Portfolio) | 5~30% | -100~5% |
| Invest all to Risky Asset | 30% | -100% |

내수 균형

- 모든 참가자의 포트폴리오와 보유 재산에 대한 가중평균이 파산선에 존재하는 전략집합



내수 균형

- 모든 참가자의 포트폴리오와 보유 재산에 대한 가중평균이 파산선에 존재하는 전략집합



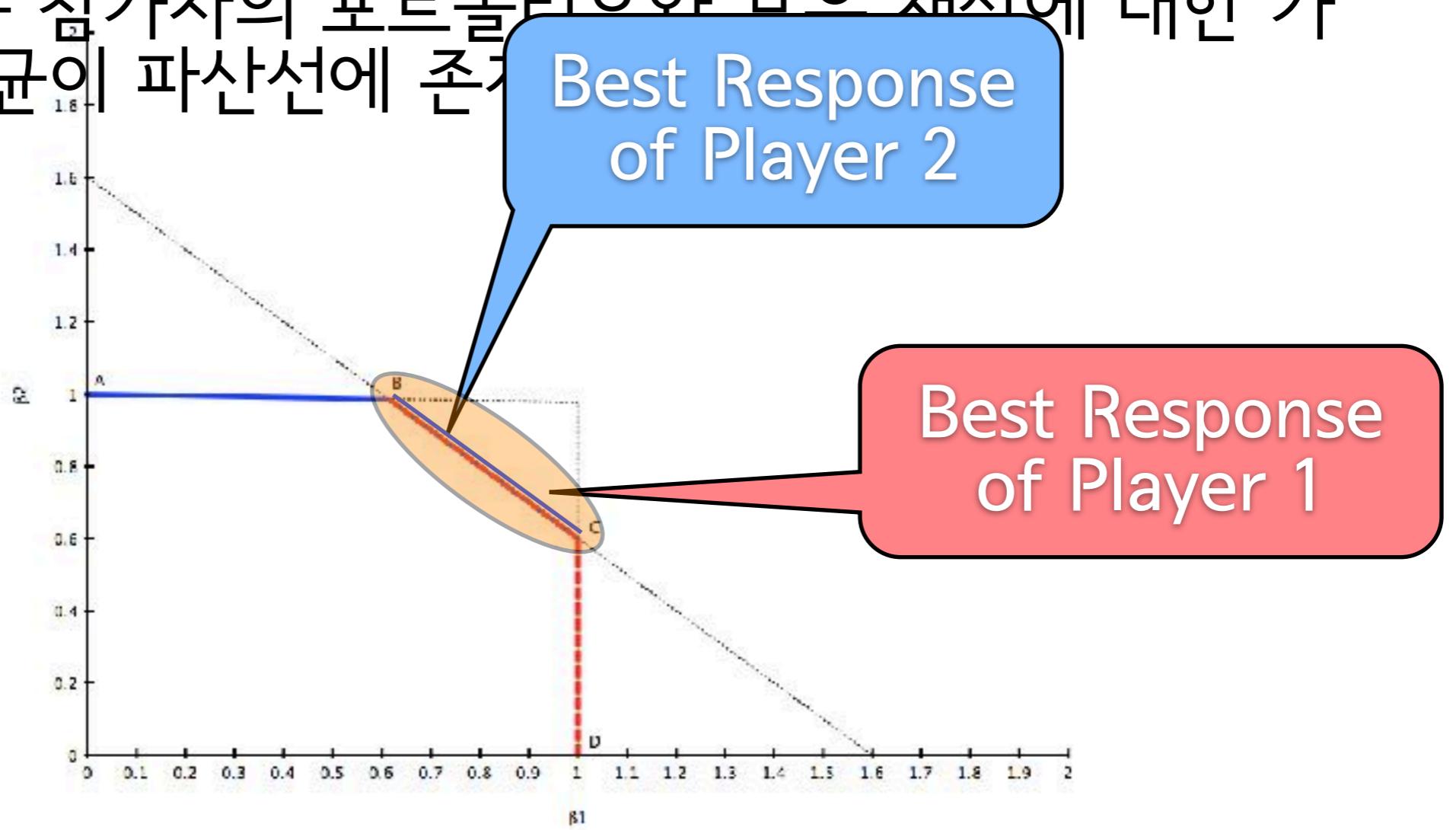
내수 균형

- 모든 참가자의 포트폴리오와 보유 재산에 대한 가중평균이 파산선에 존재하는지



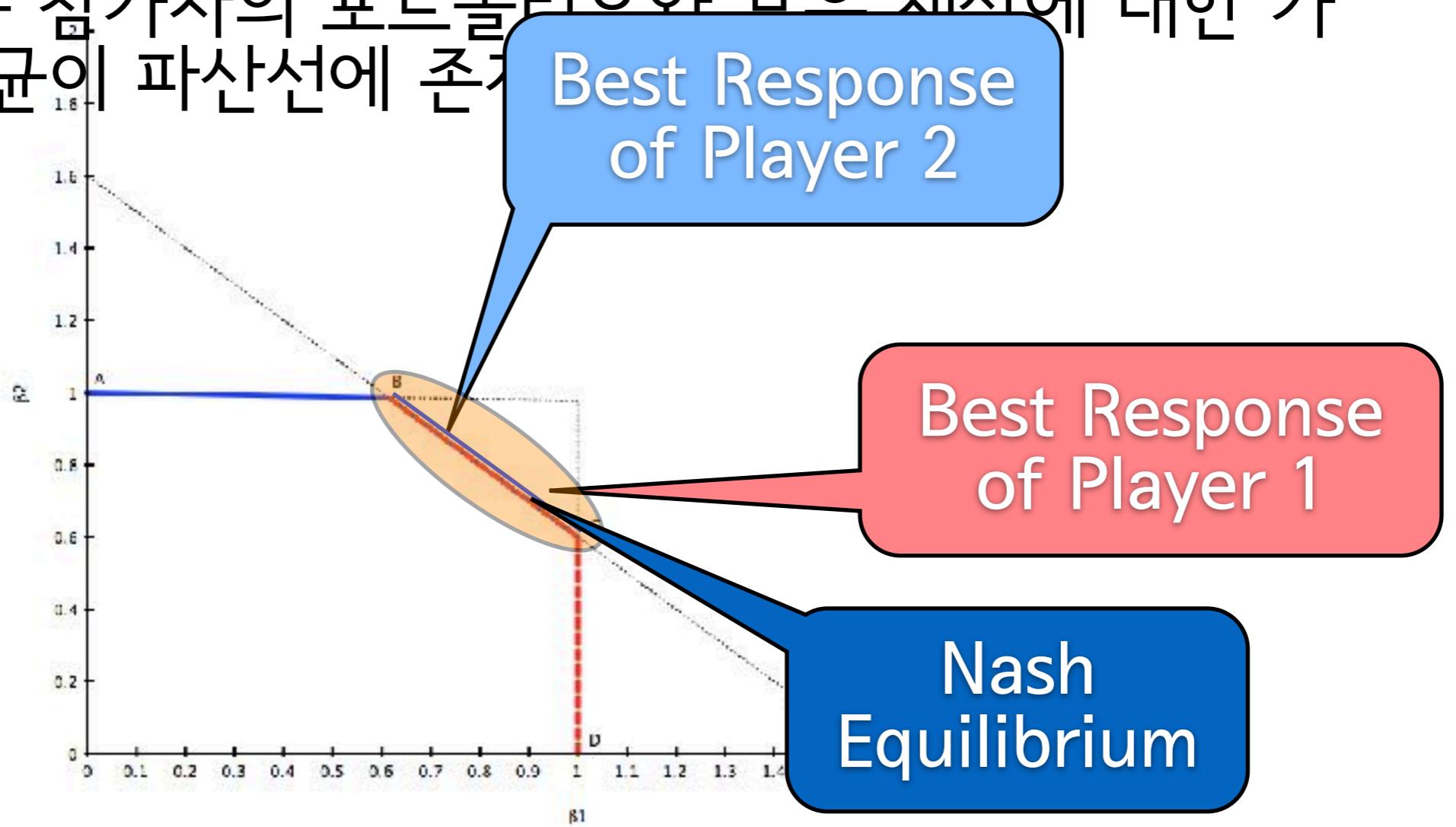
내수 균형

- 모든 참가자의 포트폴리오와 보유 재산에 대한 가중평균이 파산선에 존재하는지



내수 균형

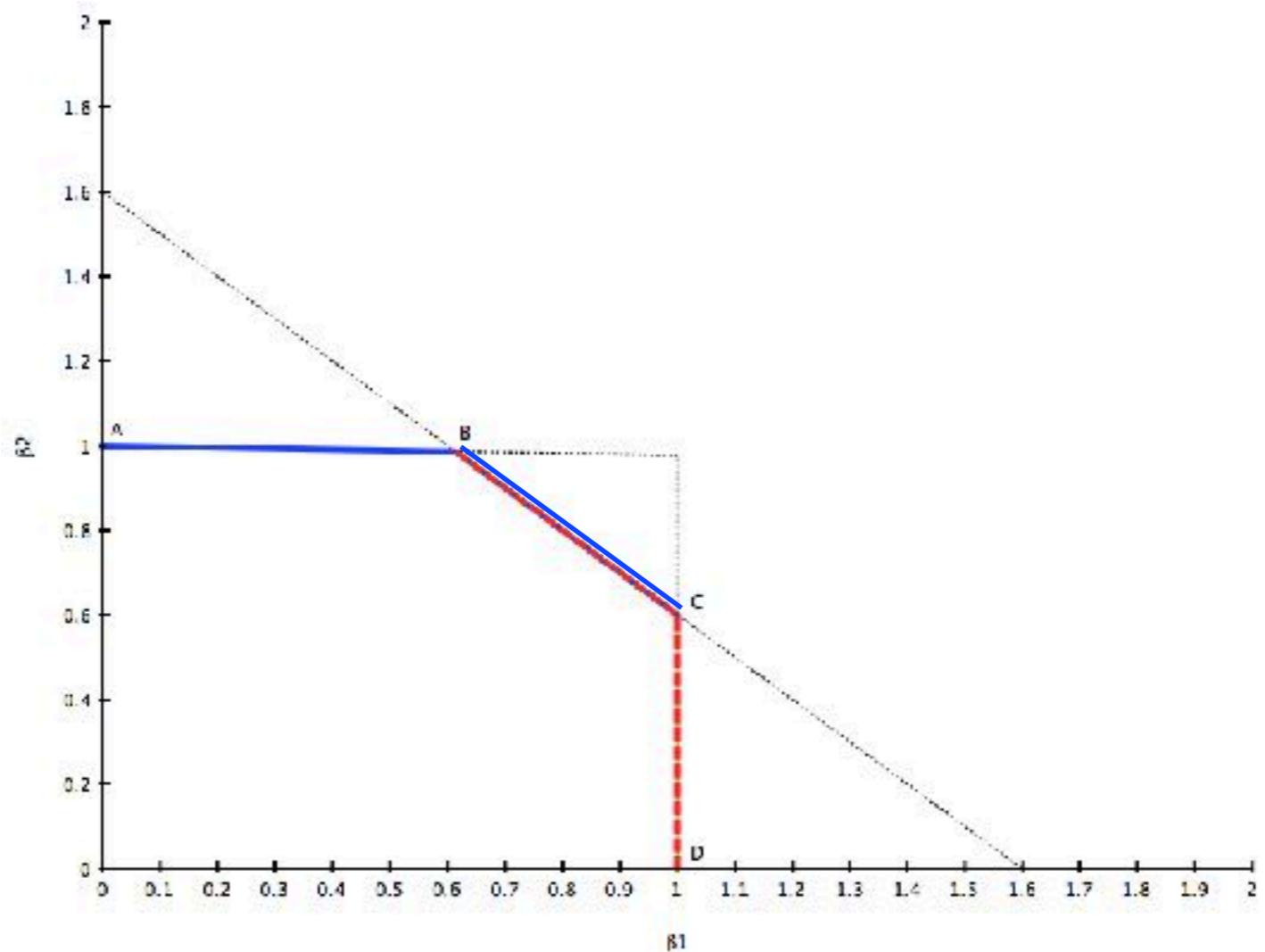
- 모든 참가자의 포트폴리오와 보유 재산에 대한 가중평균이 파산선에 존재



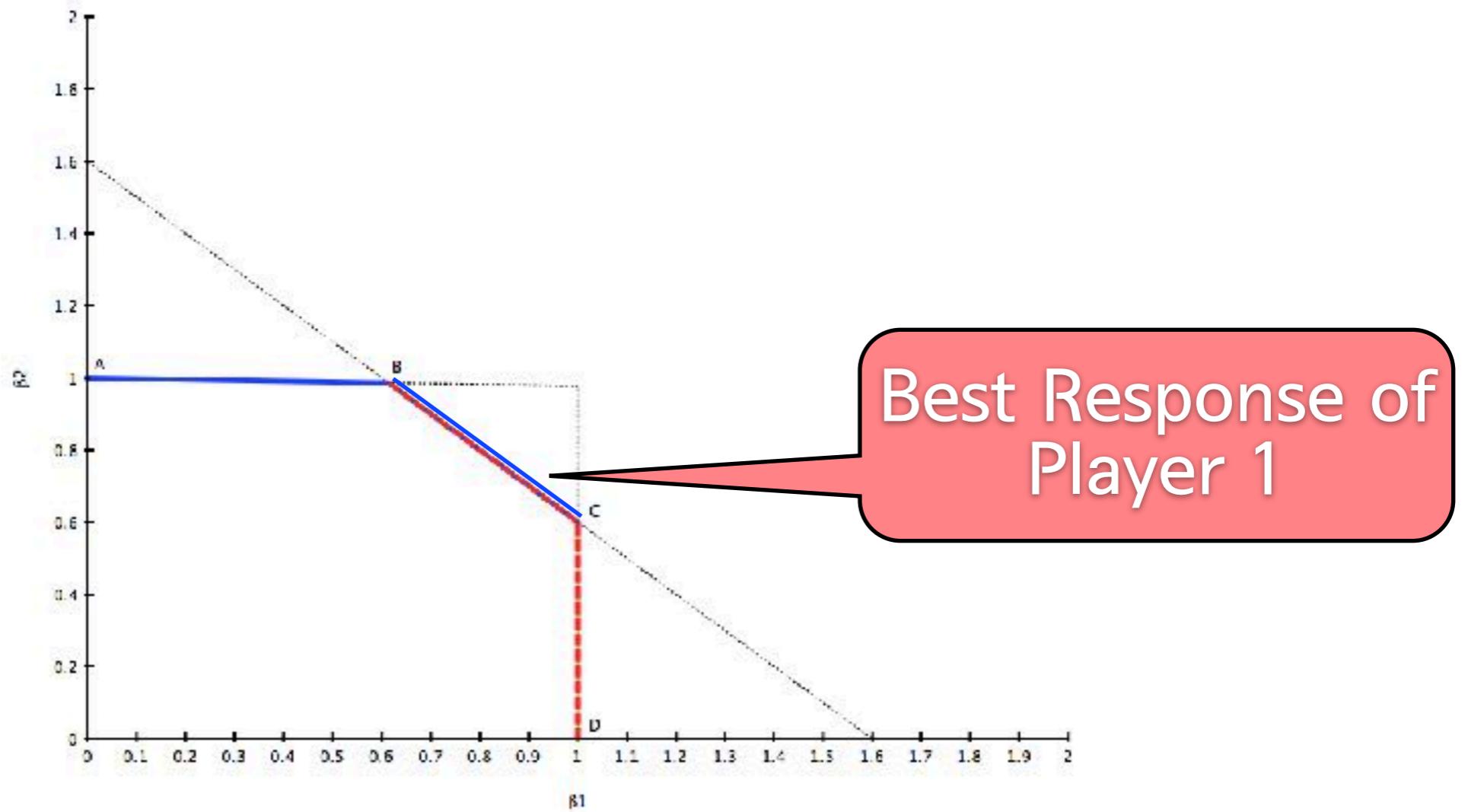
손 떨림으로부터 완전한 균형

- 내쉬 균형이 거시상태가 파산상태의 경계에 있으므로 불확실성이 존재할 경우 그보다 안전한 거시상태가 더 합리적 균형
- 완전균형: 상대방이 실수할 확률 ϵ 을 감안한 내쉬균형

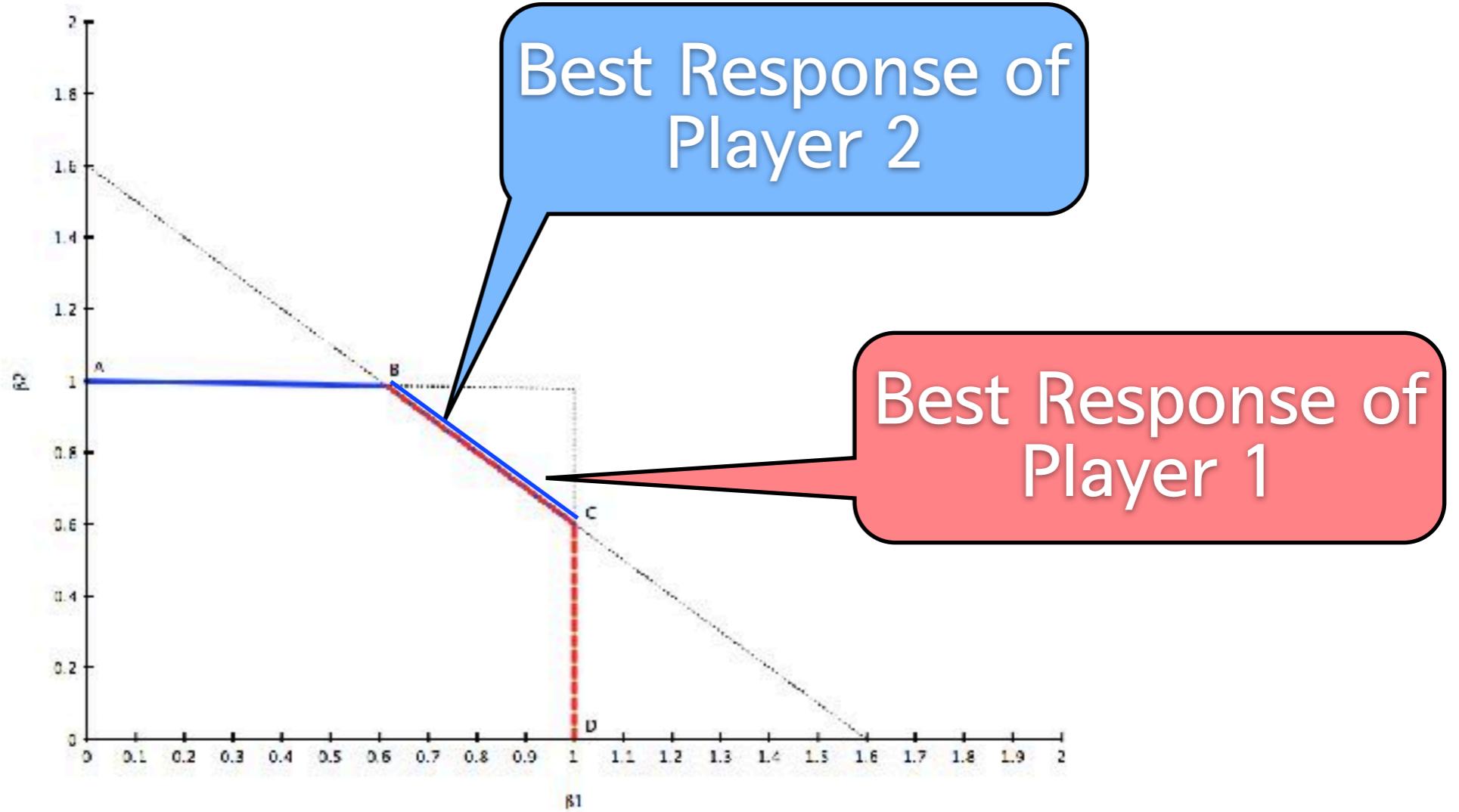
손 떨림으로부터 완전한 균형



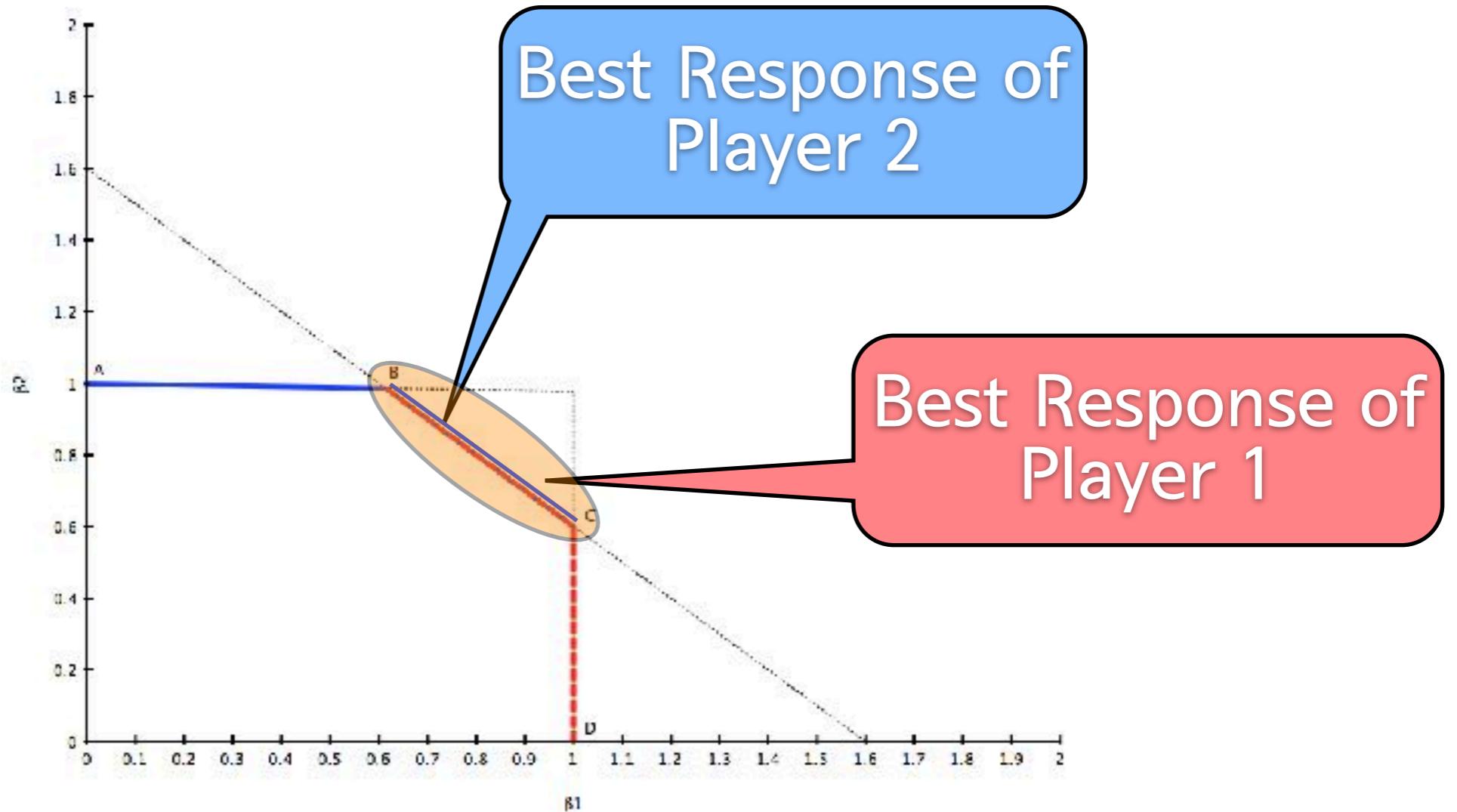
손 떨림으로부터 완전한 균형



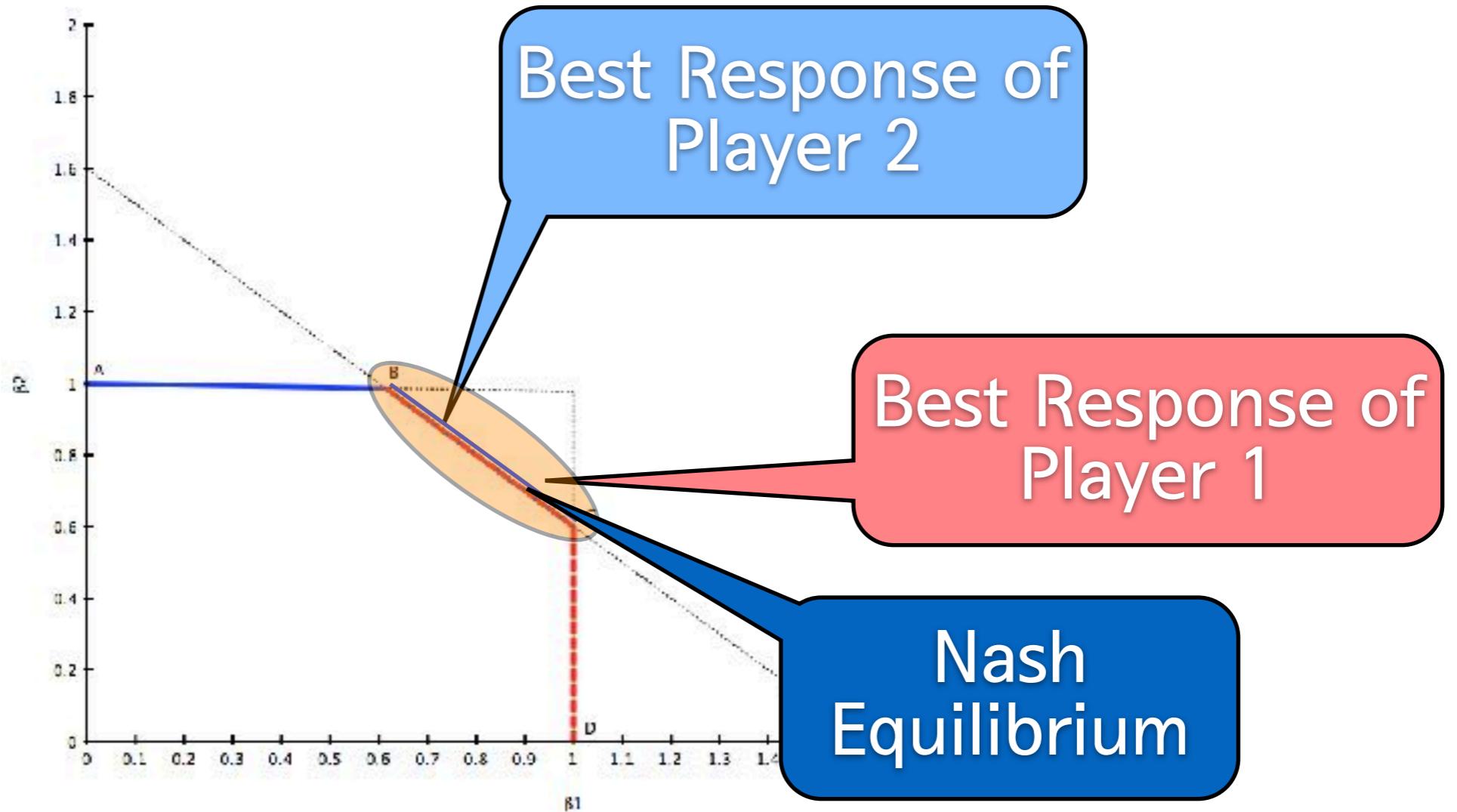
손 떨림으로부터 완전한 균형



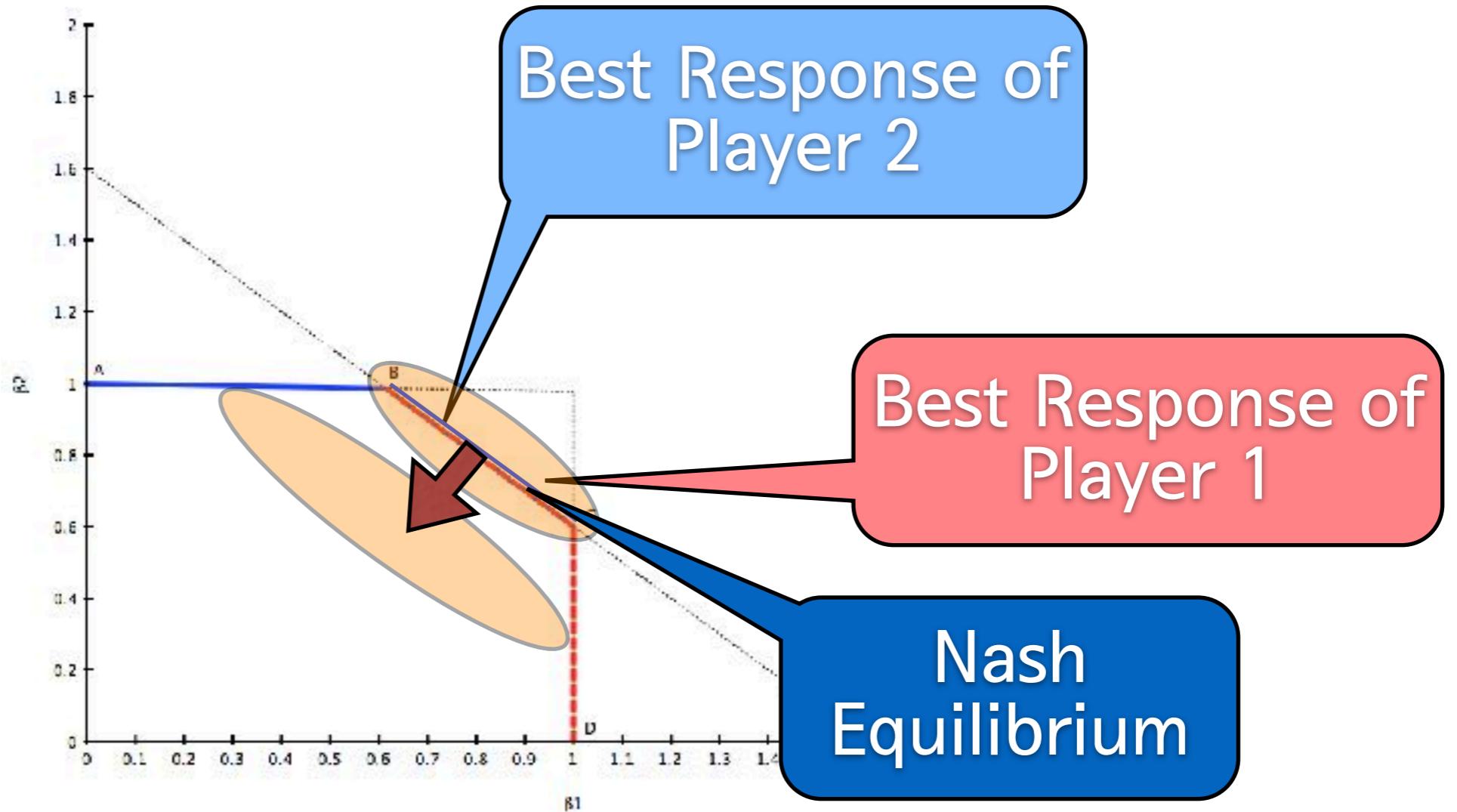
손 떨림으로부터 완전한 균형



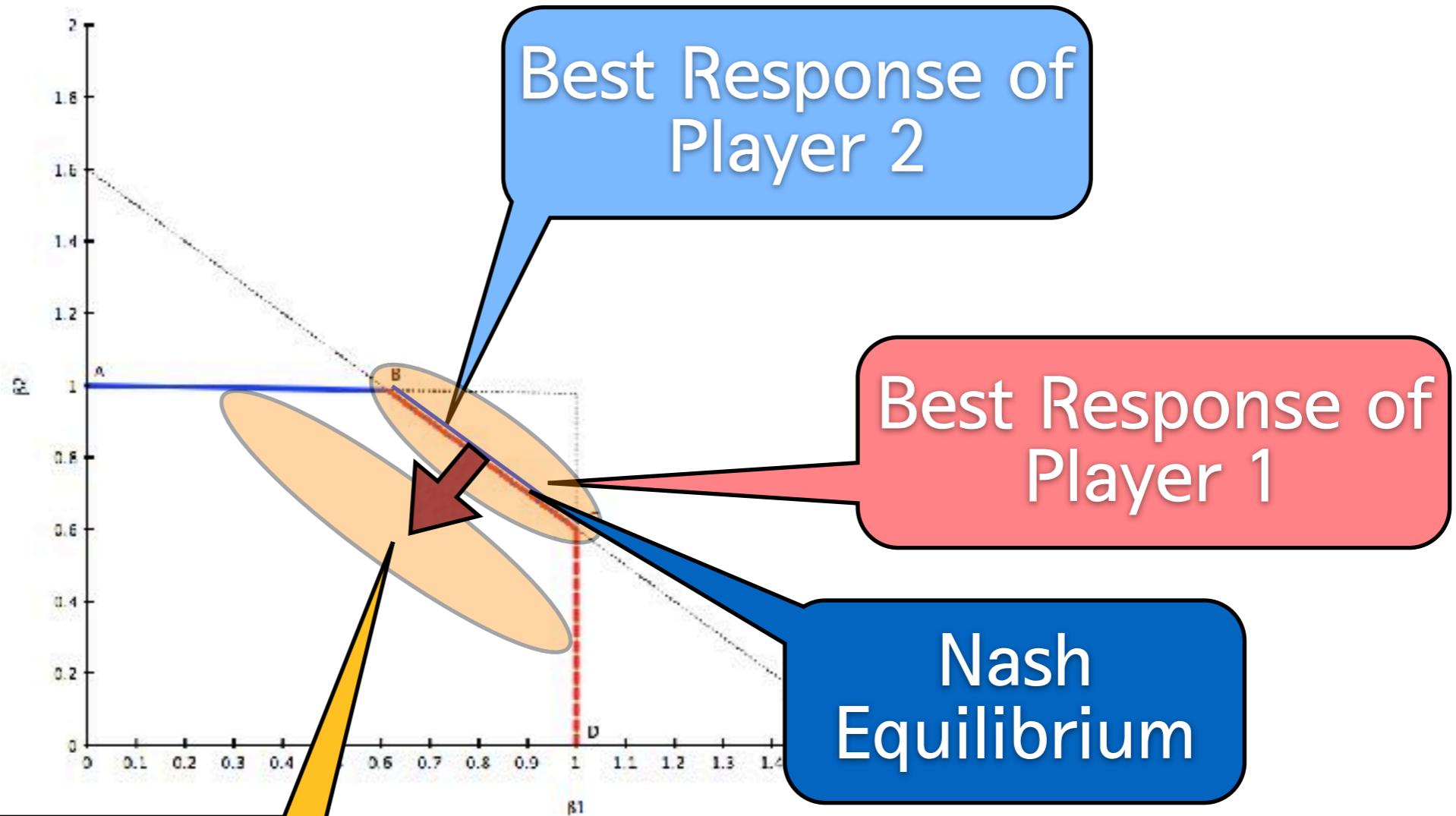
손 떨림으로부터 완전한 균형



손 떨림으로부터 완전한 균형



손 떨림으로부터 완전한 균형



Trembling Hand
Perfect Equilibrium

파산확률 eta에 대한 개별 최적 위험자산 beta

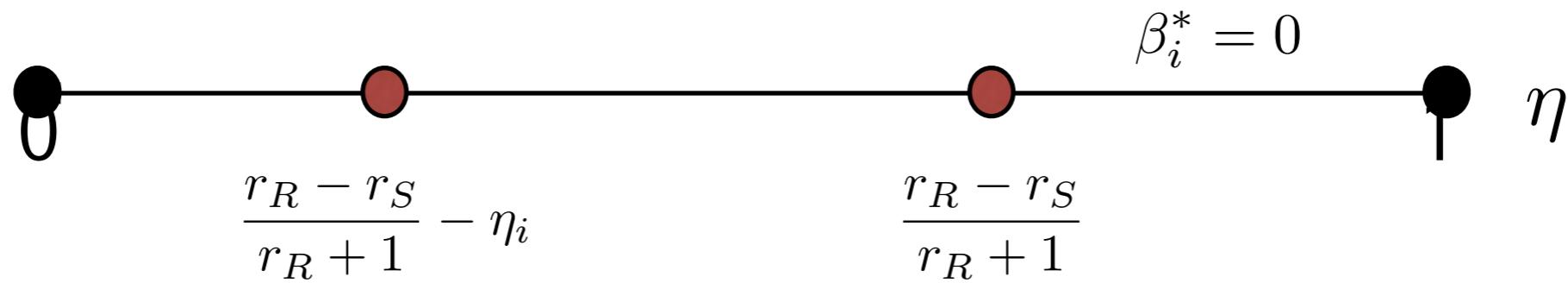
파산확률 eta에 대한 개별 최적 위험자산 beta



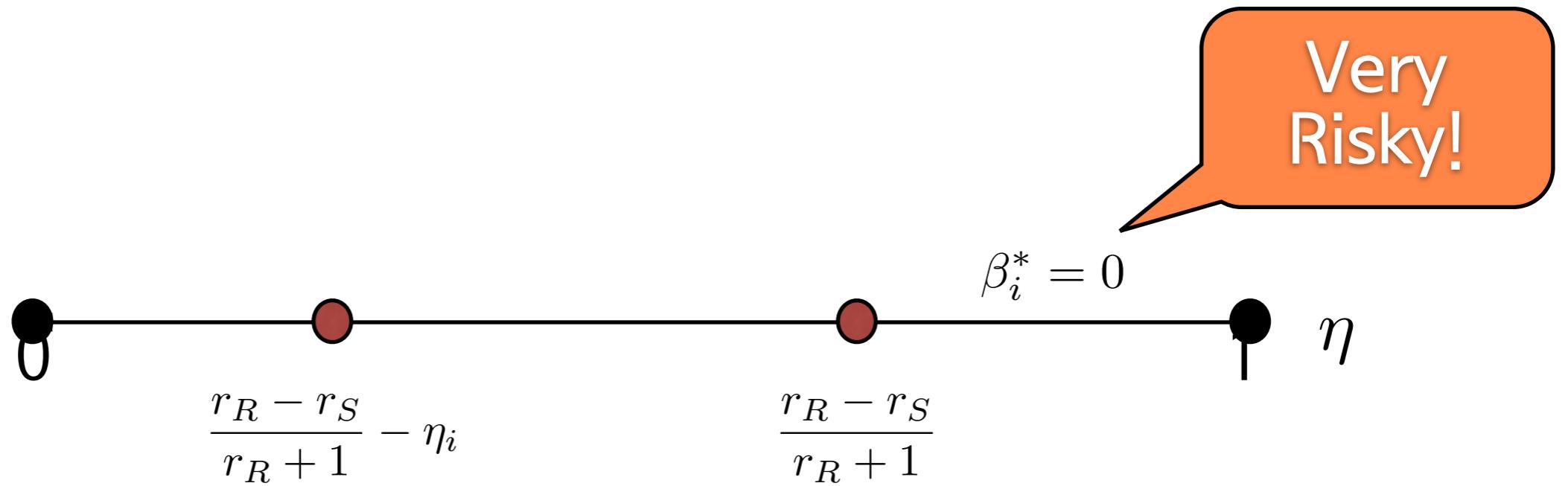
파산확률 eta에 대한 개별 최적 위험자산 beta



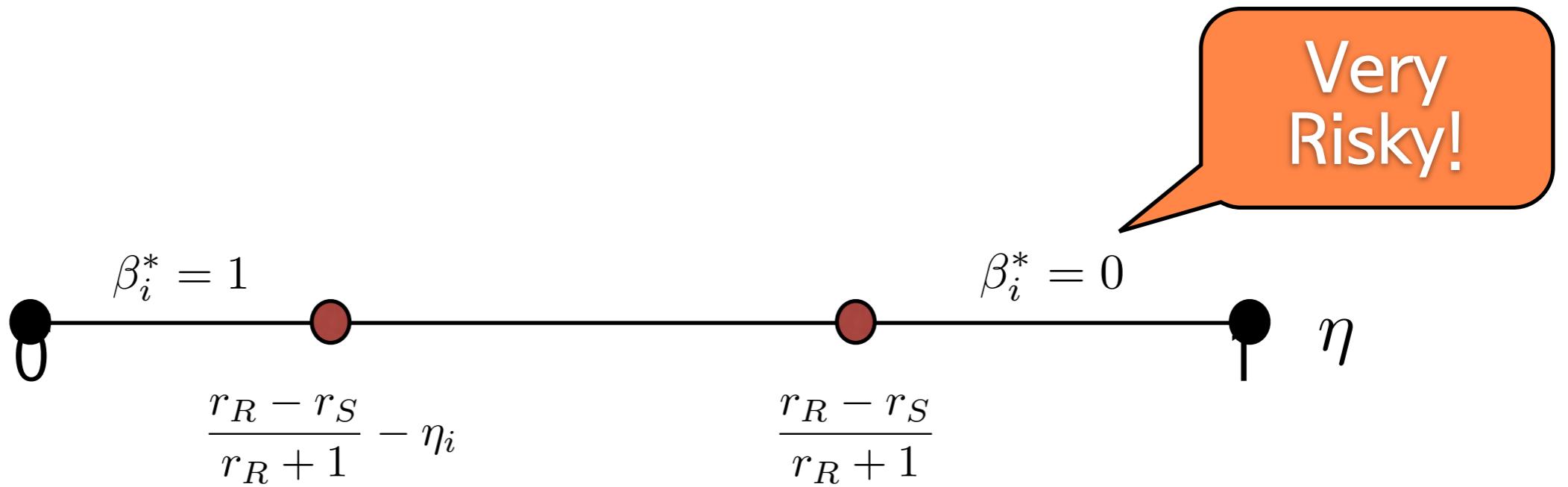
파산확률 eta에 대한 개별 최적 위험자산 beta



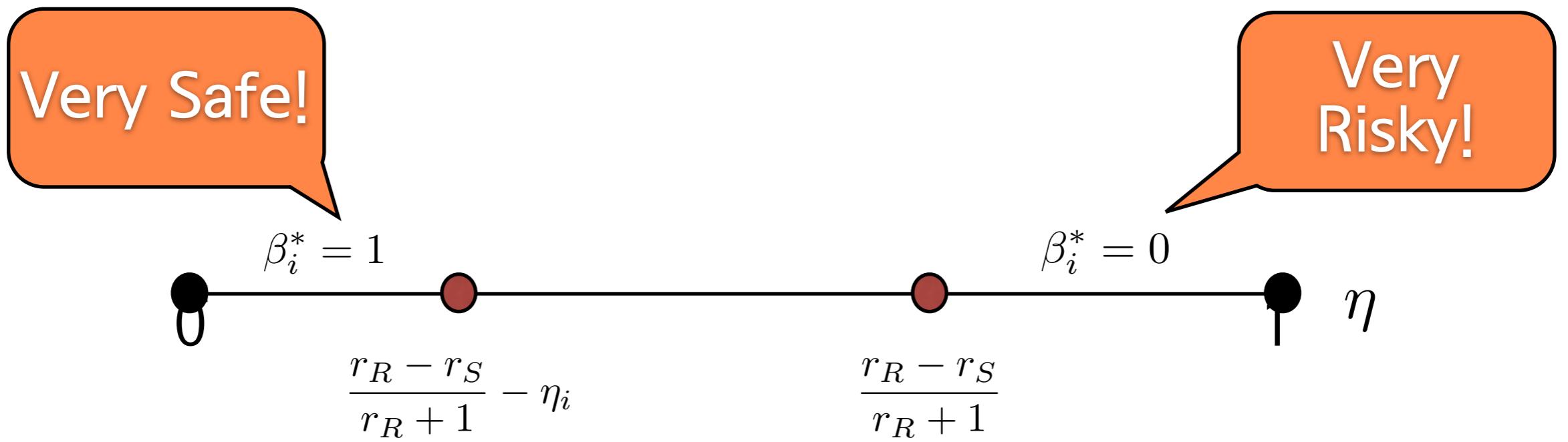
파산확률 eta에 대한 개별 최적 위험자산 beta



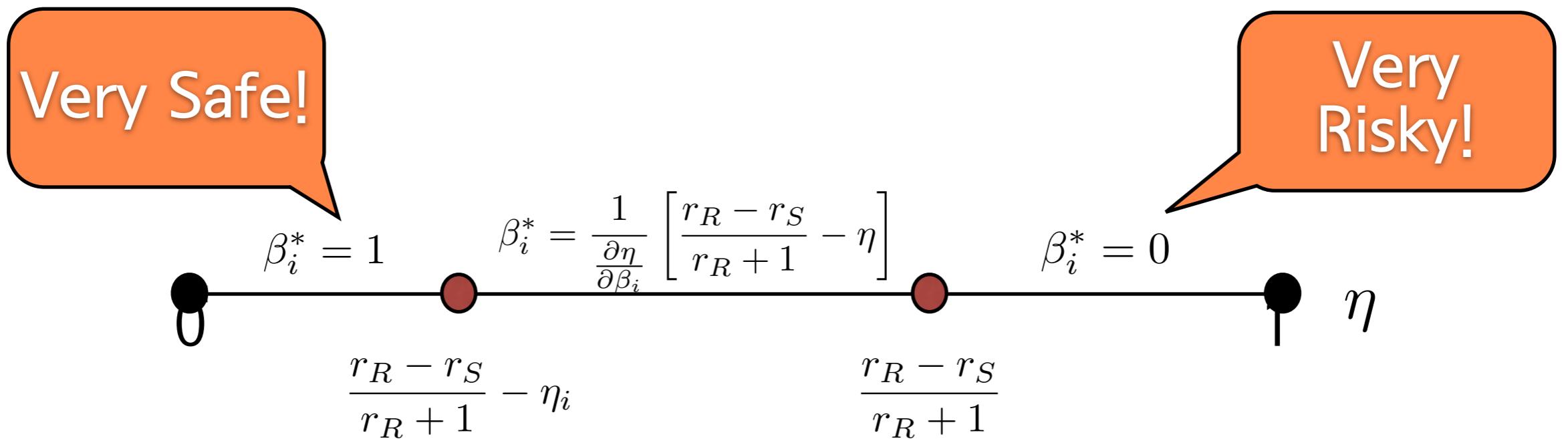
파산확률 eta에 대한 개별 최적 위험자산 beta



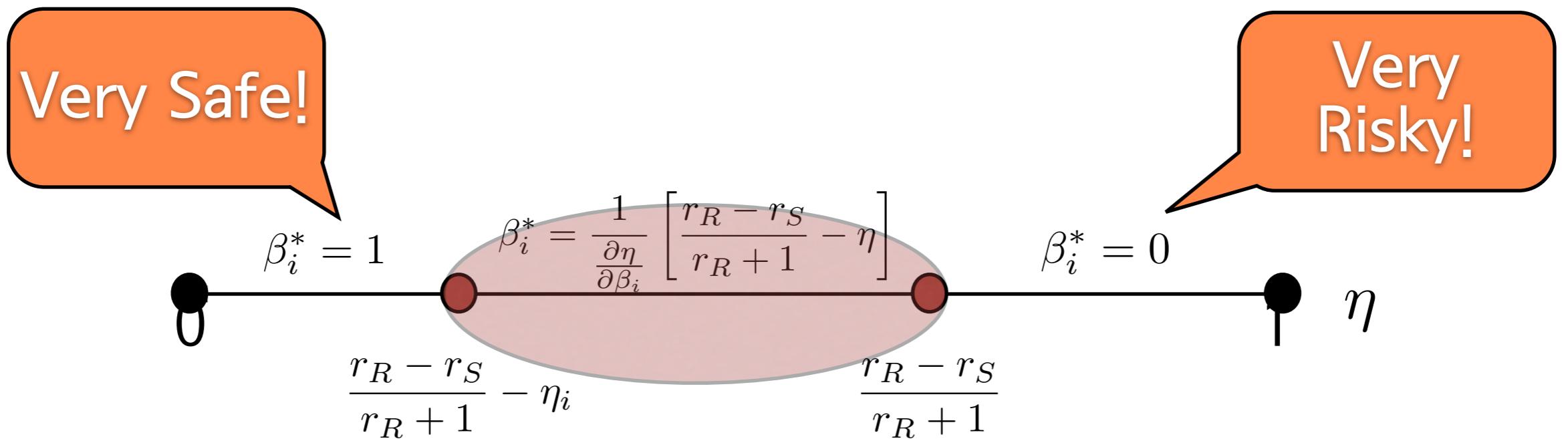
파산확률 eta에 대한 개별 최적 위험자산 beta



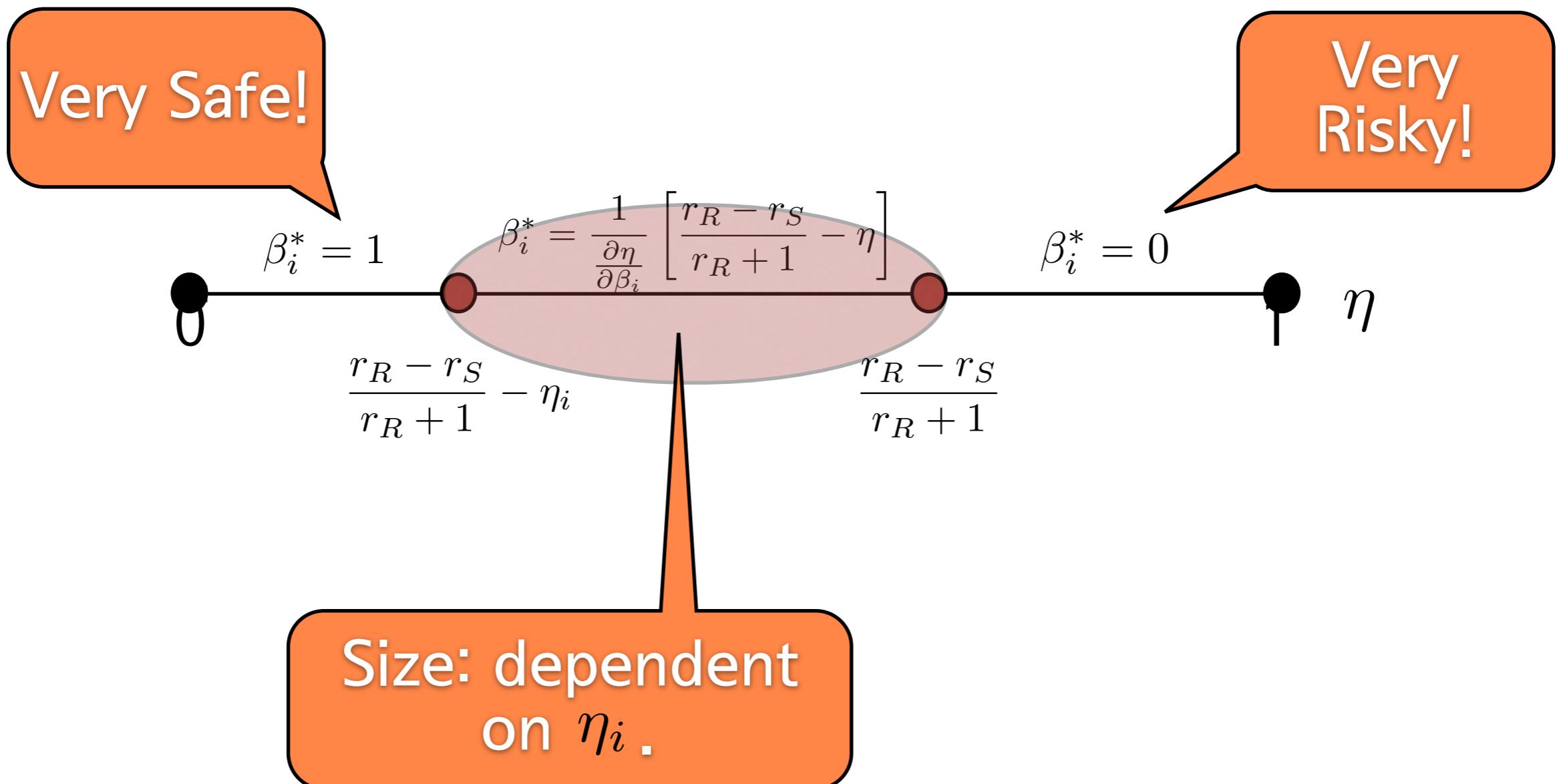
파산확률 eta에 대한 개별 최적 위험자산 beta



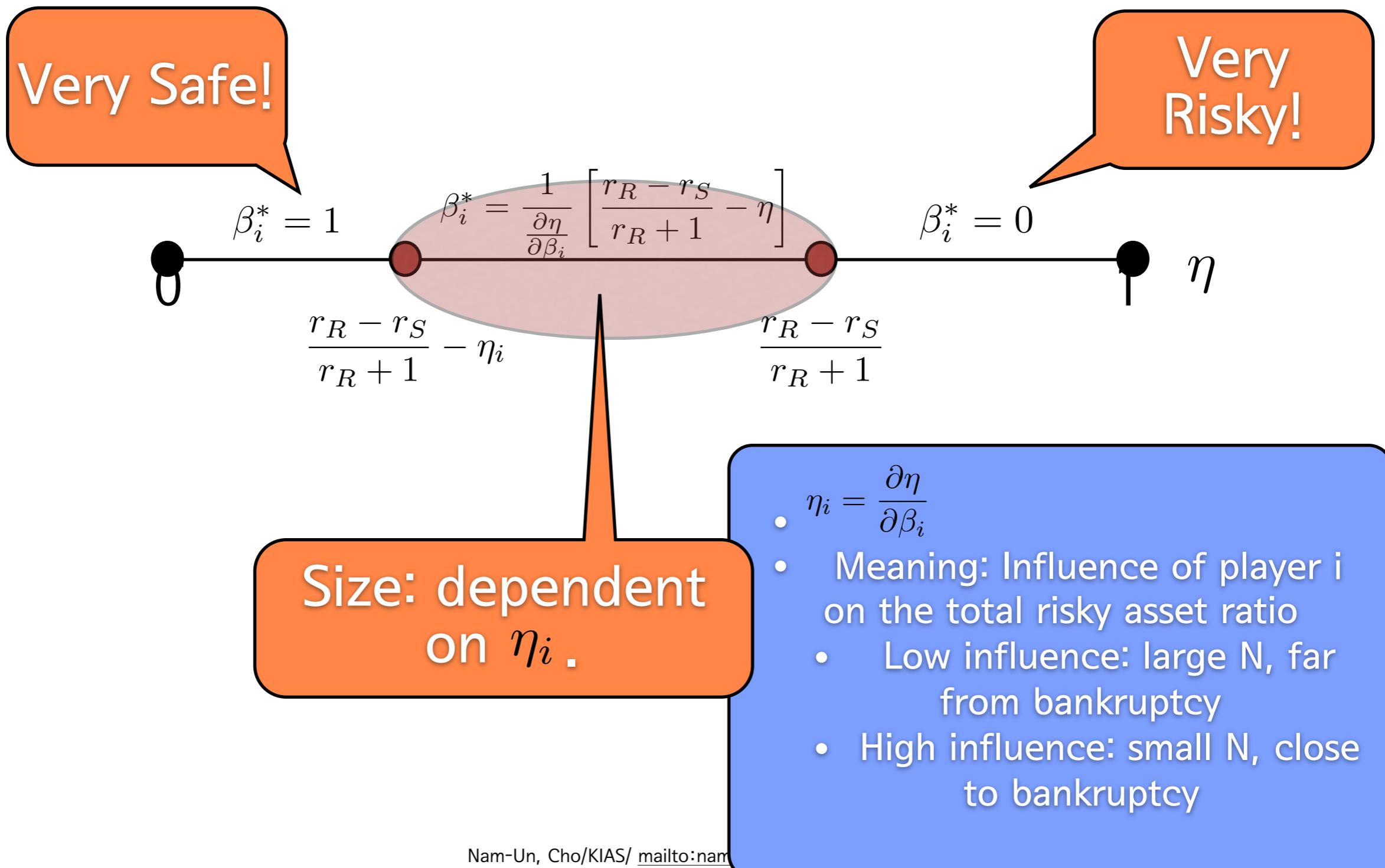
파산확률 eta에 대한 개별 최적 위험자산 beta



파산확률 eta에 대한 개별 최적 위험자산 beta



파산확률 eta에 대한 개별 최적 위험자산 beta



정보의 의미

- 이 게임에서의 정보
 - 지난기 위험자산 투자율 $\tilde{R}_{t-1} \in [0, 1]$
 - 정보가 주어진 게임에서만 주어짐
 - 지난기 위험자산 파산여부 $\hat{R}_{t-1} \in \{0, 1\}$
 - 정보유무와 관계없이 모두 알 수 있음

정보의 기대 깊이

- 깊이 0: 타인의 기대를 고려 안하는 전략
 - 자신의 포트폴리오를 무조건 구사
- 깊이 1: 타인의 기대를 1차적으로 고려하는 전략
 - 주어진 정보에 따라 위험하다고 판단될 경우 안전한 쪽으로, 안전하다고 판단될 경우 위험한 쪽으로 투자
- 깊이 2: 깊이 0,1을 고려하는 전략
 - 위험하다고 판단될 경우 위험한 쪽으로, 안전하다고 판단할 경우 안전한 쪽으로 투자

정보 역할 가설 1

$$H_0 : \left| E \left((\tilde{R}_{it}^e | I_{it}^+) - \tilde{R}_t \right) \right| < \left| E \left((\tilde{R}_{it}^e | I_{it}^-) - \tilde{R}_t \right) \right|$$

- 지난기 위험자산율이 정확하게 주어질 경우 (I_{it}^+) 아닌 경우에 비해 (I_{it}^-) 위험판단에 대한 정확도가 높아질 수 있음
- 하지만 예측에 기반한 자기실현효과로 인해 이 정확도는 역전될 수도 있음

정보 역할 가설 2

- 정보가 없을 경우 개별 판단의 불확실성 증대
 - 고려도가 높은 기대의 불확실성은 더 커짐
- 위험기피성향과 결합하면 추가 정보가 없는 경우 더 안전한 선택을 하려할 가능성 존재
 - 떨리는 손 균형에서 큰 epsilon과 같은 효과

전통적 게임이론

- 기본적으로 본 투자게임의 보수구조는 ‘매-비둘기 게임’, 혹은 ‘겁쟁이 게임’과 유사
 - 매, 혹은 돌진 전략 ~ 위험자산 투자
 - 비둘기, 혹은 회피 전략 ~ 안전자산 투자

관련 기존연구

- Einsert(1999), Hanuske(2010)
 - 매비둘기 게임을 금융시장에 적용
- Challet et al.(2005), Arthur(1999), Challet et al. (2000), ...
 - 소수자 게임(Minority Game)
 - 각 상태(NORMAL, CRISIS)에서 상대적으로 소수 전략이 최선이라는 점에서 공통점

게임이론과의 관계

- 유사점:
 - 게임의 보수구조
- 차이점:
 - 대부분의 게임이론은 2-3행위자쌍의 게임
 - 본 게임은 n 행위자에 의해 게임 구조가 결정

소수자게임과의 관계

- 유사점:
 - $n > 3$ 행위자들의 집합적 행위가 보수를 결정
- 차이점:
 - 각 게임의 보수가 매 기 정해진 범위에서 쌓이는 구조(ADD: 단리식 보수구조)
 - 본 게임은 보수가 기존 보유 부에 따라 수익률로 결정되는 구조(PROP: 복리식 보수구조)

보수구조의 차이

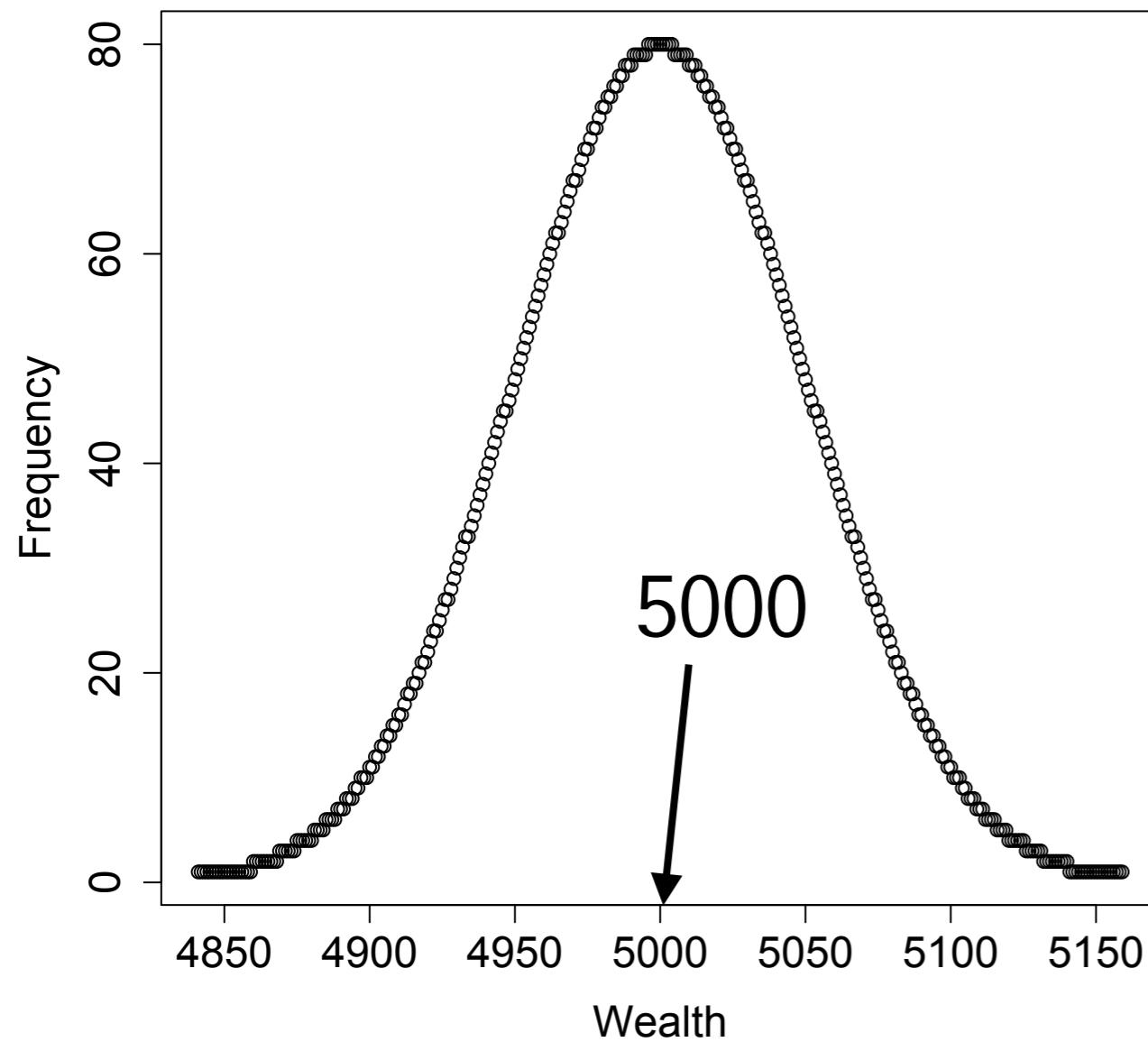
- 단리식 보수구조(Additive Payoff)
 - 매 기 게임의 수익이 기존 부에 부가됨
- 복리식 보수구조(Proportional Payoff)
 - 매 기 게임의 수익률이 기존 부에 곱해짐
 - 금융시장의 보수구조는 투자금에 대한 수익률로 이루어진다는 점에서 복리식에 가까움

보수구조의 차이와 부의 분배

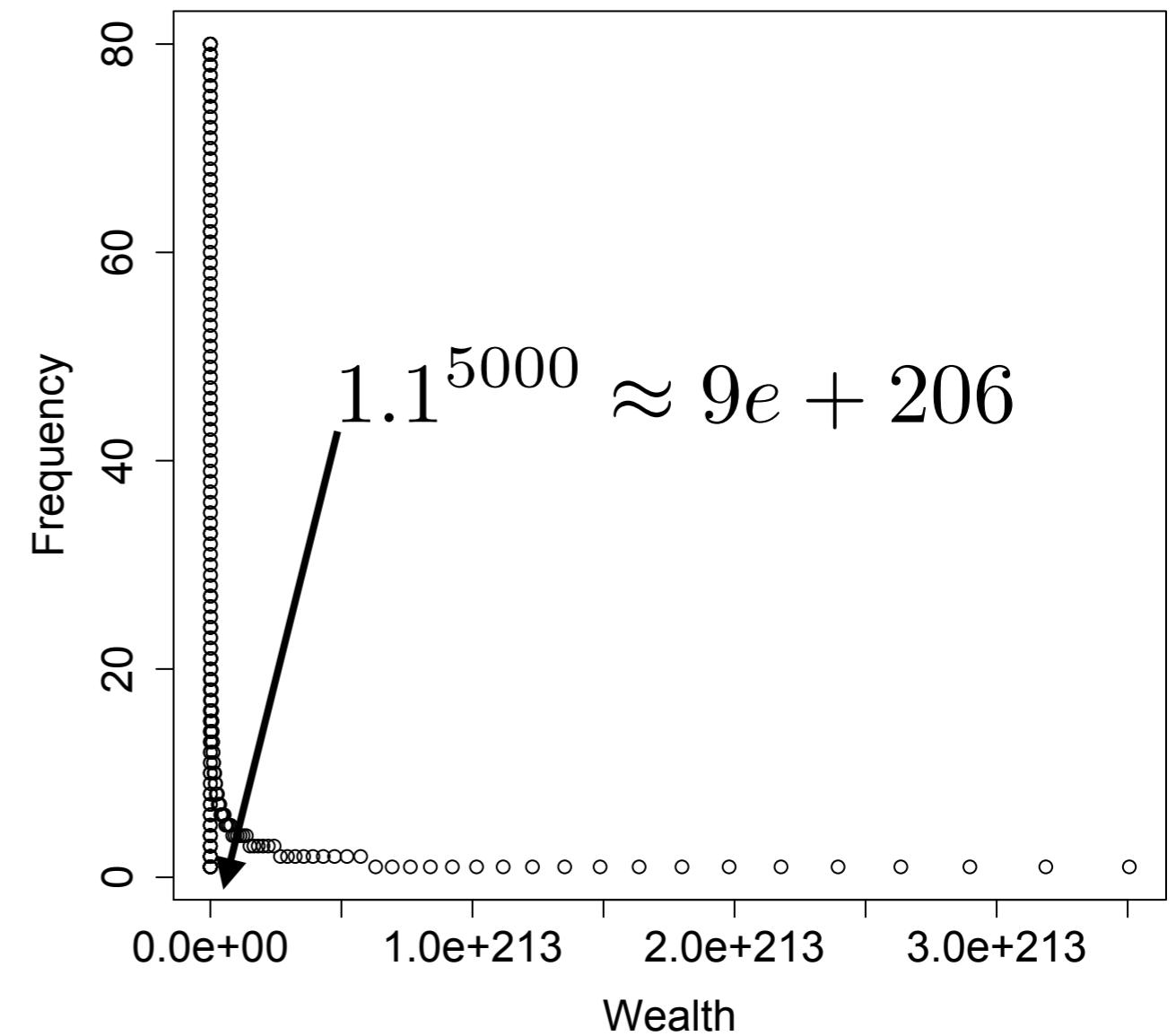
- Bouchaud et al.(2000)
 - 교류, 소득세 등이 부의 재분배를 발생시키더라도 금융소득으로 인한 불평등의 증가가 재분배효과를 암도
 - 독립적이고 임의적인 수익률이 복리식으로 적립될 경우 부는 Log Binomial Distribution 분포를 형성
 - 단리식으로 적립될 경우 부는 Binomial Distribution 분포를 형성

Log Binomial Distribution

Binomial Distribution, n=10k, p=0.5



Log Binomial Distribution, n=10k, p=0.5



외부효과: 공공재 게임

- 파산기준보다 위험도가 낮은 포트폴리오로 투자할 경우 그러한 투자는 전체 파산확률을 낮춤
 - PGG의 공공재 기여에 해당 ~ 양의 외부효과 발생
- 파산기준보다 위험도가 높은 포트폴리오로 투자할 경우 전체 파산확률을 높임
 - PGG의 공공재 미기여에 해당 ~ 음의 외부효과 발생

처벌 전략

- 극대화 목적함수가 절대 부의 극대화일 경우 양의 미투자전략(투자를 아예 안함)은 강열등전략
- 하지만 목적함수가 상대적 부의 극대화일 경우에는 미투자의 기회비용을 들여서 처벌 전략 구사 가능

처벌 전략의 예

- 예) 정확히 파산선의 평균 위험자산 투자 상태에서 미투자 99% 위험자산 1% → 미투자로 인한 안전자산 수익과 위험자산을 기회비용으로 하여 전체 상태를 파산상태에 들어가게 함
- 상대방의 평균 자산 80%를 없앨 수 있으므로 상대적 부의 수준을 높일 수 있음
- 실험에서는 전체 평가를 정보조건이 같은 조들의 상대수준으로 매기는 방식으로 처벌전략 배제
- 시뮬레이션에서는 구현하지 않음: 미투자 0

본 연구의 의미

- 복리식 보수구조와 행위자가 다수인 소수자 게임의 결합
- 다수가 참여하는 상호의존적 기대상황을 최대한 간단히 구현하고 정보의 역할이 긍정적이지 않은 경우가 존재할 수 있는지 고찰

실험(3절)

실험 개관(1)

- 대상 - 고려대학교 개설 경제원론, 개론, 조직론 수강학생
- 기간 (총 4차) - 연인원 758명
 - 1차: 2009 가을 - 325명
 - 2차: 2010 봄 - 131명
 - 3차: 2011 봄 - 52명
 - 4차*: 2011 가을 - 250명
 - 4차 결과는 현재 정리가 완전히 되지 않은 상태

실험 개관(2)

- 웹기반 실험
 - URL: <http://econ.korea.ac.kr/~hokyoung/investmentgame> (2016년 11월 현재는 링크가 끊긴 상태. 최신 버전의 레이아웃은 이 사이트 참고: <http://spsm.snu.ac.kr/inv2016f/>)
 - 매 평일 1라운드씩 진행
 - 세션당 5,10,15 라운드
 - 총 1~3세션

실험 개관(3)

- 보상: 아래 요소들을 조합하여 산정한 추가 학점
 - 참가도(총 출석률)
 - 투자성과(총 투자수익)
 - 숫자화된 케인즈 미인대회 게임 결과(예측적중횟수) - 3,4차
 - 위험기피도 게임 결과 - 3,4차
- 그룹마다 다른 기준

기존 실험과의 차이

- 통상적 경제학 실험과 본 실험의 차이 존재
 - 통제된 실험실 vs. 개별 웹 접속
 - 현금 보수 vs. 추가 학점

웹실험의 느슨한 통제

- Rubinstein(2007): 웹기반 실험은 통상적으로 실험실 실험에 비해 더 노이즈가 많음
- 미참가 존재
 - 1,2차의 경우 평균 21% 정도의 누락율
- 게임에 대한 이해도 문제
 - 세션 끝에 게임에 대한 이해도 질문

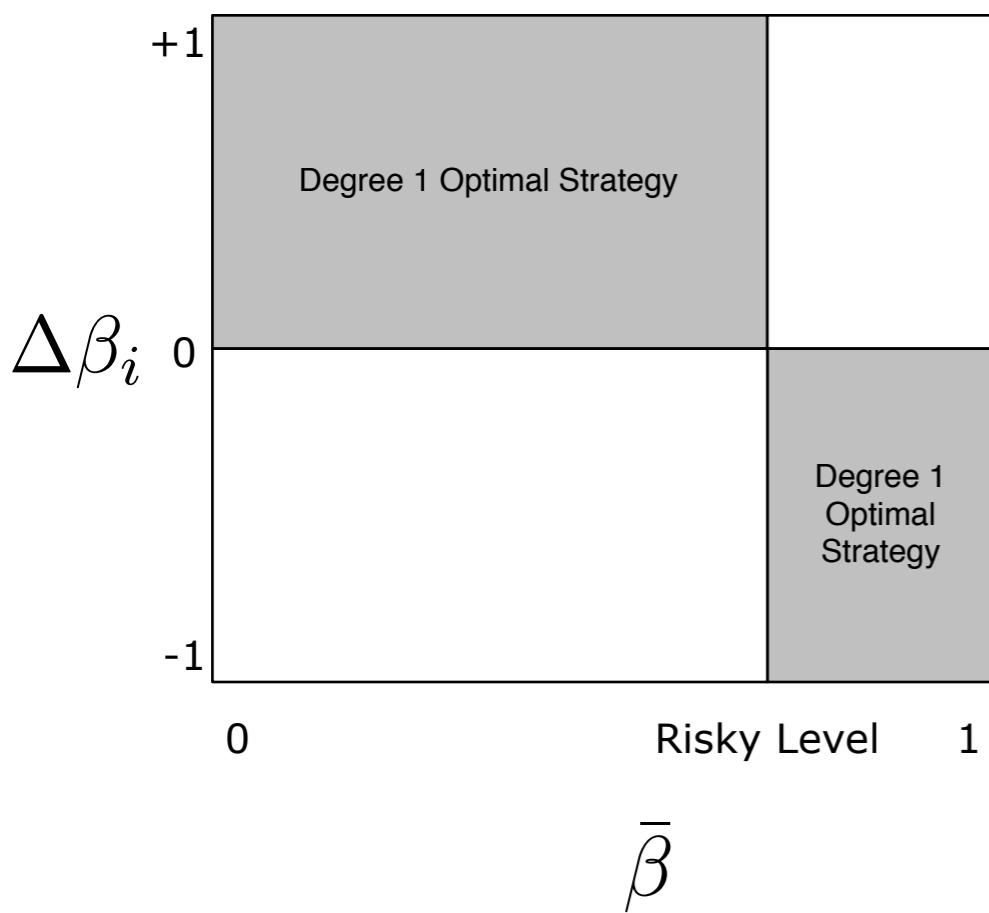
학점 보상의 문제

- Camerer et.al.(1999)
 - 금전적 보상의 정도가 높을수록 더 적극적인 전략 구사
 - 평균적 결과는 크게 다르지 않음
- Issac et.al.(1994)
 - 현금보상의 경우 학점 보상보다 더 높은 기여율 보임
- Bosch-Domenech et.al(2002)
 - 학점, 현금, 실험실, 웹기반, 신문을 통한 응모 등을 통한 추측게임(숫자화된 미녀선발대회)의 결과 비교
 - 어느 정도의 차이는 있으나 질적으로 유사한 행태

웹실험/학점보상의 문제해결방안

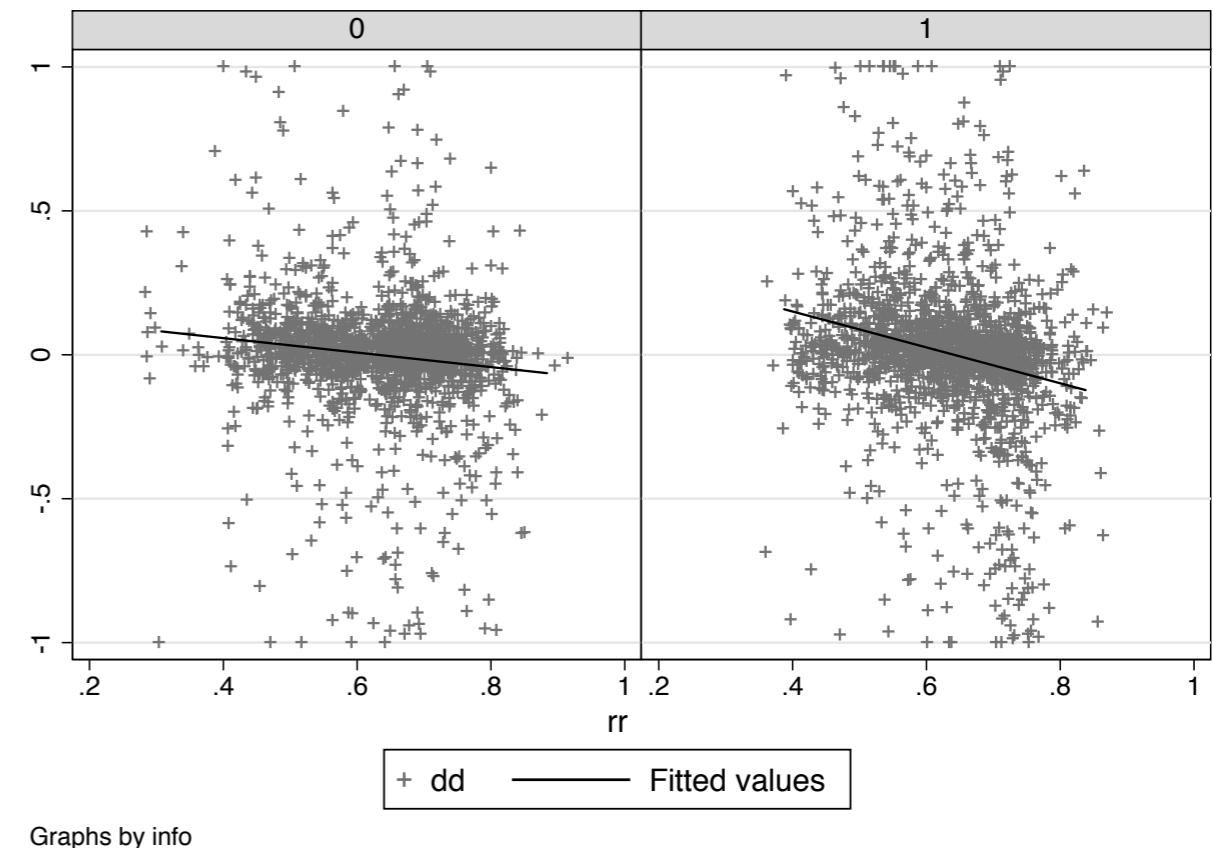
- 낮은 예산제약, 상대적으로 용이한 참가인원 모집
→ 많은 실험횟수로 보충

실험결과



$$\bar{\beta}$$

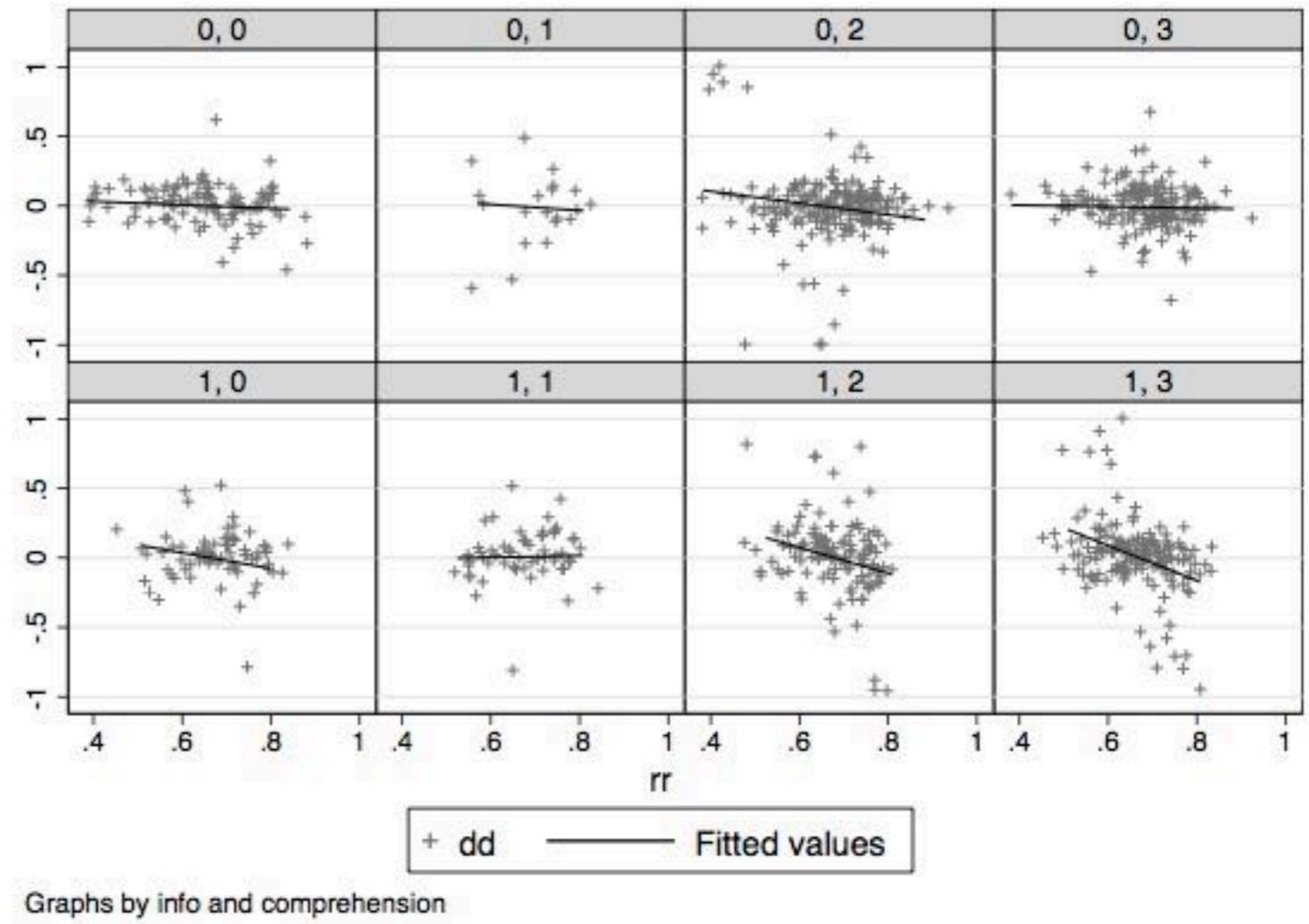
- 관찰1: 참가자들은 정보를 적극적으로 활용
 - 1-3차 데이터
- 정보가 주어진 그룹의 행동태가 지난기 위험 수준에 따른 1계 전략에 더 가까움



Graphs by info

이해도와 반응도

- 3차
- 정보 있고 이해도가 높은 그룹이 뚜렷한 역반응
- 이해도가 낮은 참가자는 정보유무와 패턴 차이가 두드러지지 않음

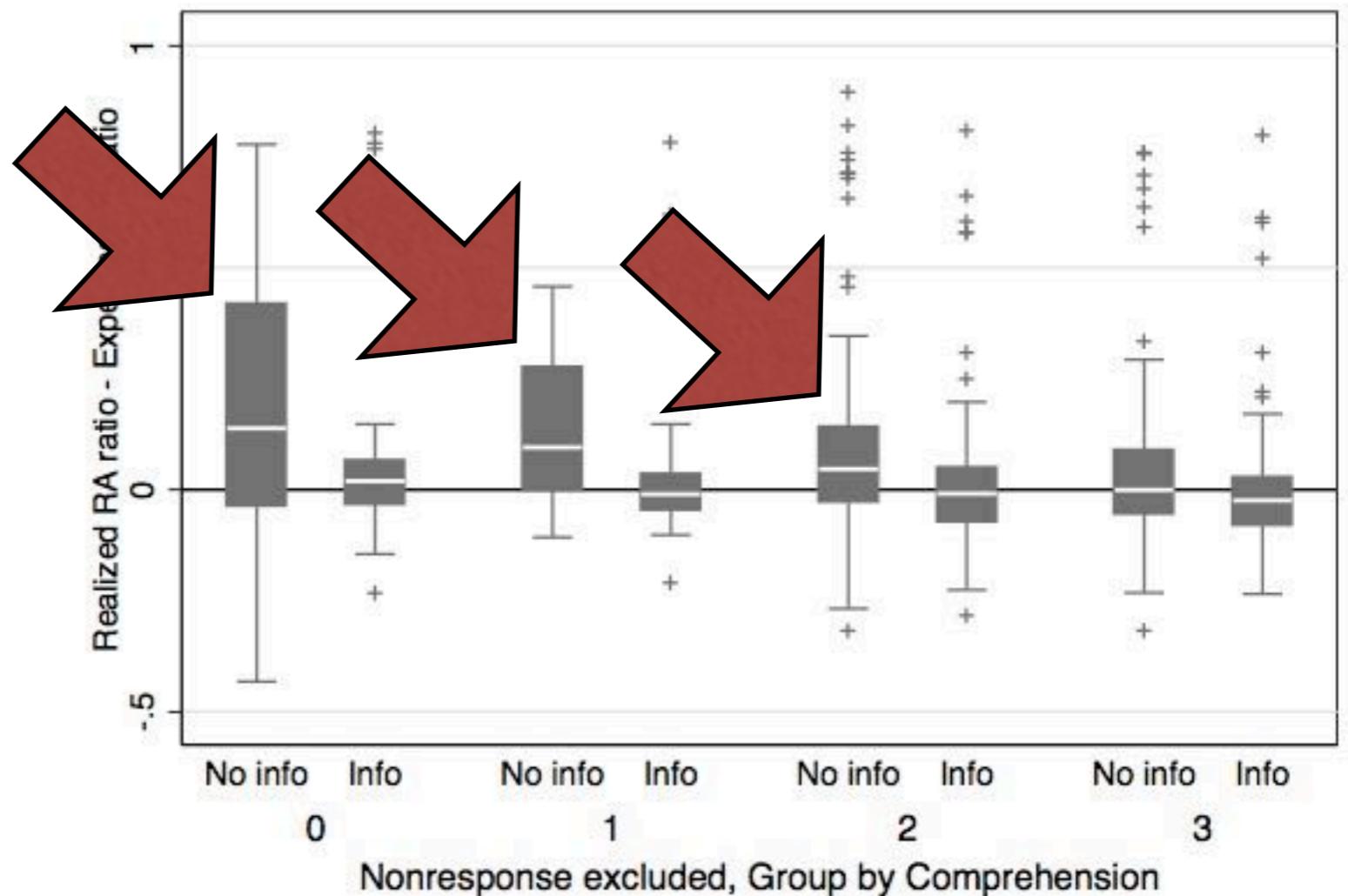


정보있는 그룹이 더 정확 히 예측

- 관찰2.(3차)
- 정보 없음 + 낮은 이해도
 - 상황을 낙관하는 경향

$$E(\tilde{R}_{it}^e) < \tilde{R}_t$$

- 정보가 있는 경우엔 이해도가 낮더라도 오차율이 적은 편



예측보다는 정보 자체에 반응

- 관찰3(3차)
 - 예측과 반응도는 정 보유무와 관계없이 별다른 상관관계가 보이지 않음

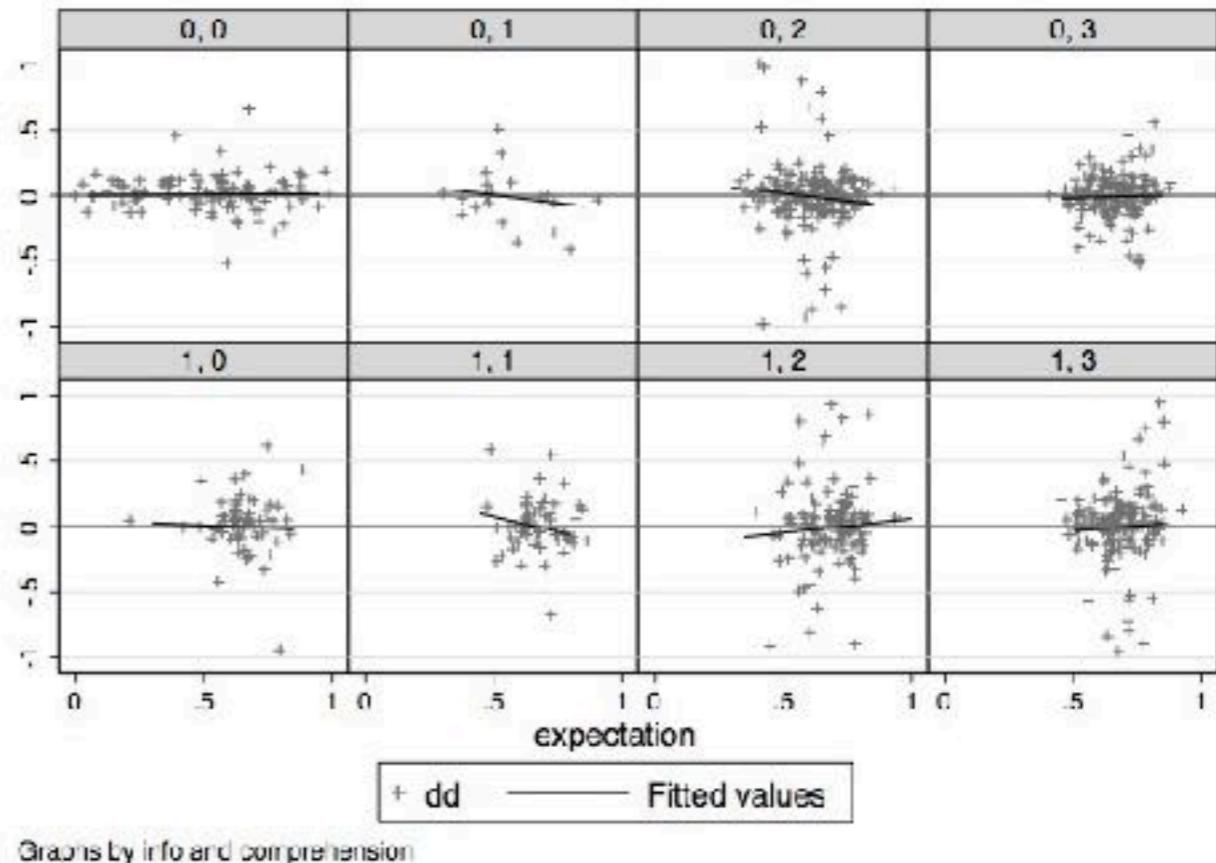
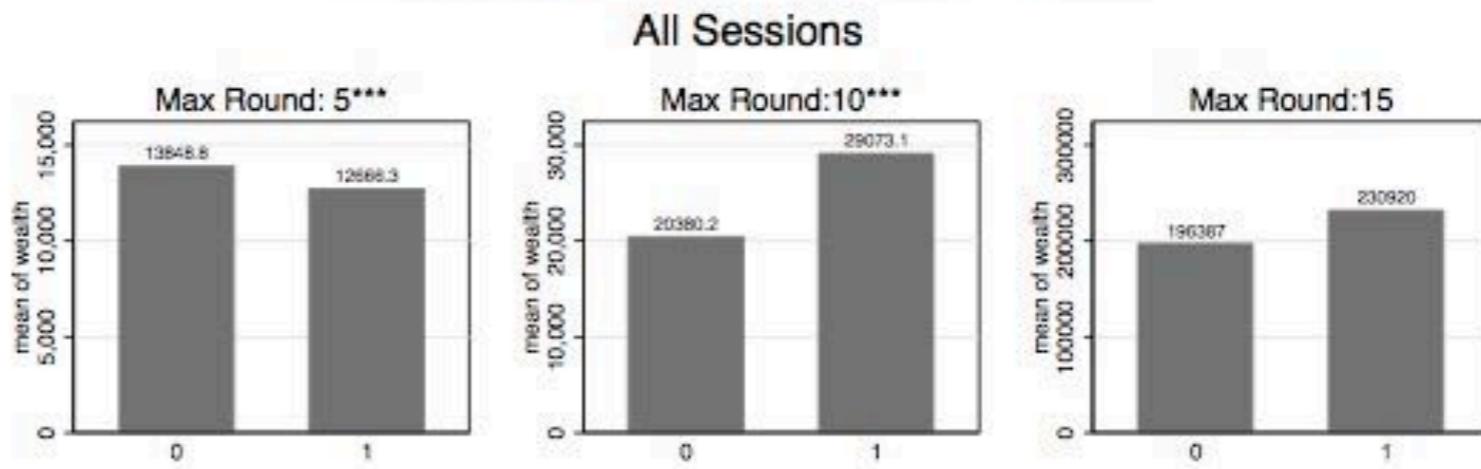


Figure 1.12: Scatter graph of $\Delta\beta_{it}$ and $\bar{\beta}_{it}^e$, grouped by information and comprehension

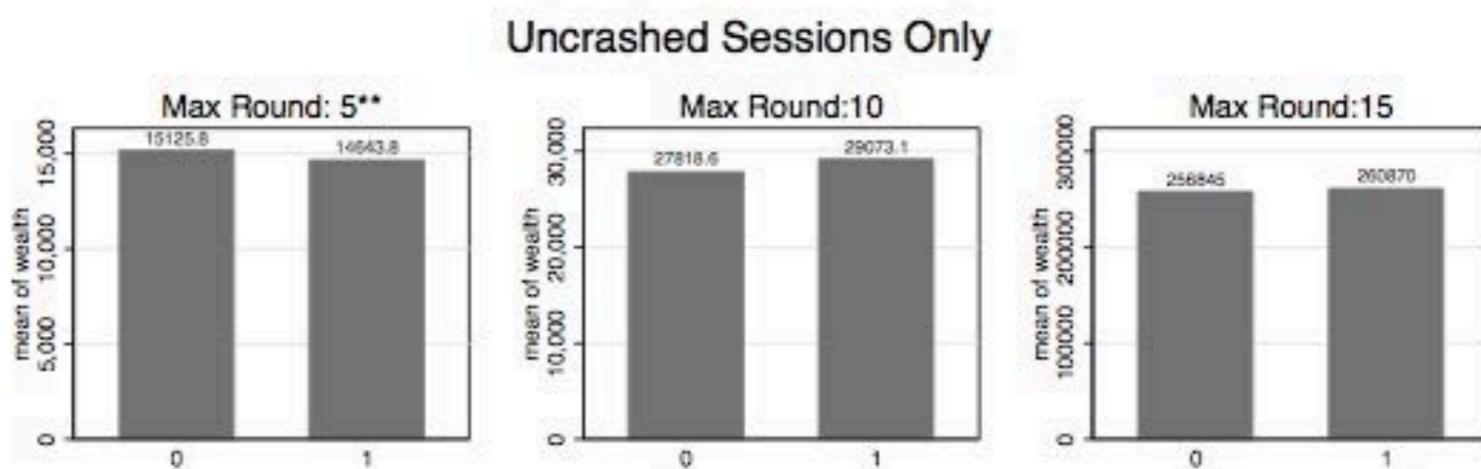
정보유무는 높은 보상과 큰 상관이 없어 보임

- 관찰4(1-3차)
 - ***: 1% 유의수준으로 차이
 - **: 5% 유의수준으로 차이
 - 표식없음: 차이 없다는 귀무가설을 기각하지 못함

Average Payoff at Last Round



All Sessions



Uncrashed Sessions Only

정보그룹의 변동성이 더 큼

- 관찰5
- 1-3차

Variance ratio test

| Group | Obs | Mean | Std. Err. | Std. Dev. | [95% Conf. Interval] |
|----------|------|-----------|-----------|-----------|----------------------|
| 0 | 1758 | -.0009612 | .00495 | .2075478 | -.0106698 .0087474 |
| 1 | 1771 | .00636 | .0062696 | .263846 | -.0059366 .0186567 |
| combined | 3529 | .0027129 | .0039974 | .2374694 | -.0051246 .0105504 |

ratio = sd(0) / sd(1)

f = 0.6188

Ho: ratio = 1

degrees of freedom = 1757, 1770

Ha: ratio < 1

Pr(F < f) = 0.0000

Ha: ratio != 1

2*Pr(F < f) = 0.0000

Ha: ratio > 1

Pr(F > f) = 1.0000

정보와 위험회피는 약한 양의 관계

- 관찰6(1-3차)
 - 1차 파산을 제외하면 총 8회 파산 중 3회가 정보그룹, 5회가 미정 보그룹에서 발생
 - 관찰수가 적어 단정하기는 어려움
 - 4차에서 새로운 발견: 미정보그룹이 지속적으로 유지될 경우 파산 급증 관찰(차후 서술)

| group | session | crashed round | max_round | info | β | wage |
|-------|---------|---------------|-----------|------|---------|------|
| 208 | 1 | 9 | 10 | 0 | 0.815 | 0 |
| 211 | 1 | 3 | 5 | 1 | 0.804 | 0 |
| 215 | 1 | 11 | 15 | 0 | 0.843 | 1 |
| 301 | 2 | 1* | 5 | 0 | 0.804 | 0 |
| 302 | 2 | 1* | 5 | 1 | 0.838 | 0 |
| 302 | 2 | 4 | 5 | 1 | 0.832 | 0 |
| 308 | 2 | 1* | 10 | 0 | 0.824 | 0 |
| 310 | 2 | 2 | 15 | 0 | 0.884 | 1 |
| 310 | 2 | 4 | 15 | 0 | 0.808 | 1 |
| 310 | 2 | 14 | 15 | 0 | 0.801 | 1 |
| 312 | 2 | 12 | 15 | 1 | 0.808 | 1 |

Table 1.9: Overview: Groups experienced crisis state

학습효과 존재: 평균 β 높아짐

- 관찰7: 2세션은 1세션보다 높은 β 로 시작, 평균 β 도 더 높음
- 관찰8: 2세션의 수익률이 1세션보다 더 높음
- 관찰9: 경험은 파산가능성을 높이는 듯
- 관찰10: 학습효과 > 정보효과
 - 관찰횟수가 적어서 단정하기는 어려움
- 관찰11: 파산경험은 전략에 별 영향을 미치지 않음

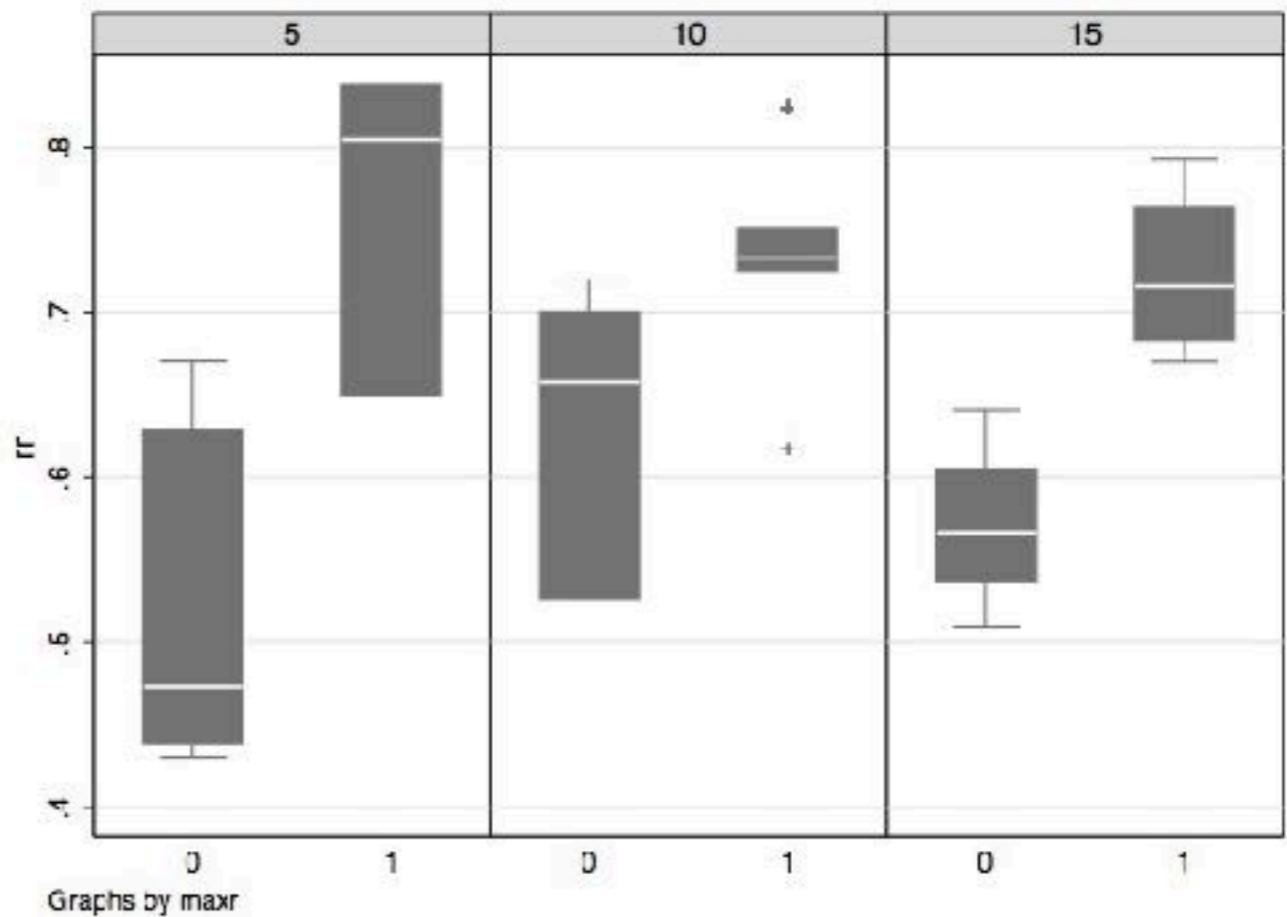


Figure 1.15: Box graph of $\bar{\beta}_1$ between experienced(1) and unexperienced(0) groups. 5,10,15 is number os rounds in each session.

보수의 성격별 효과

- 관찰12: 성과가 최종 보상과 연관있는 경우 더 적극적으로 위험 감수
 - β 가 더 높음
 - Camerer et.al. (1999)와 유사한 결과
- 참가도만 가지고 점수를 준 그룹의 부의 분산이 더 넓음
 - 파산을 피하기 위한 안전전략
 - 임의전략 가능성 높임

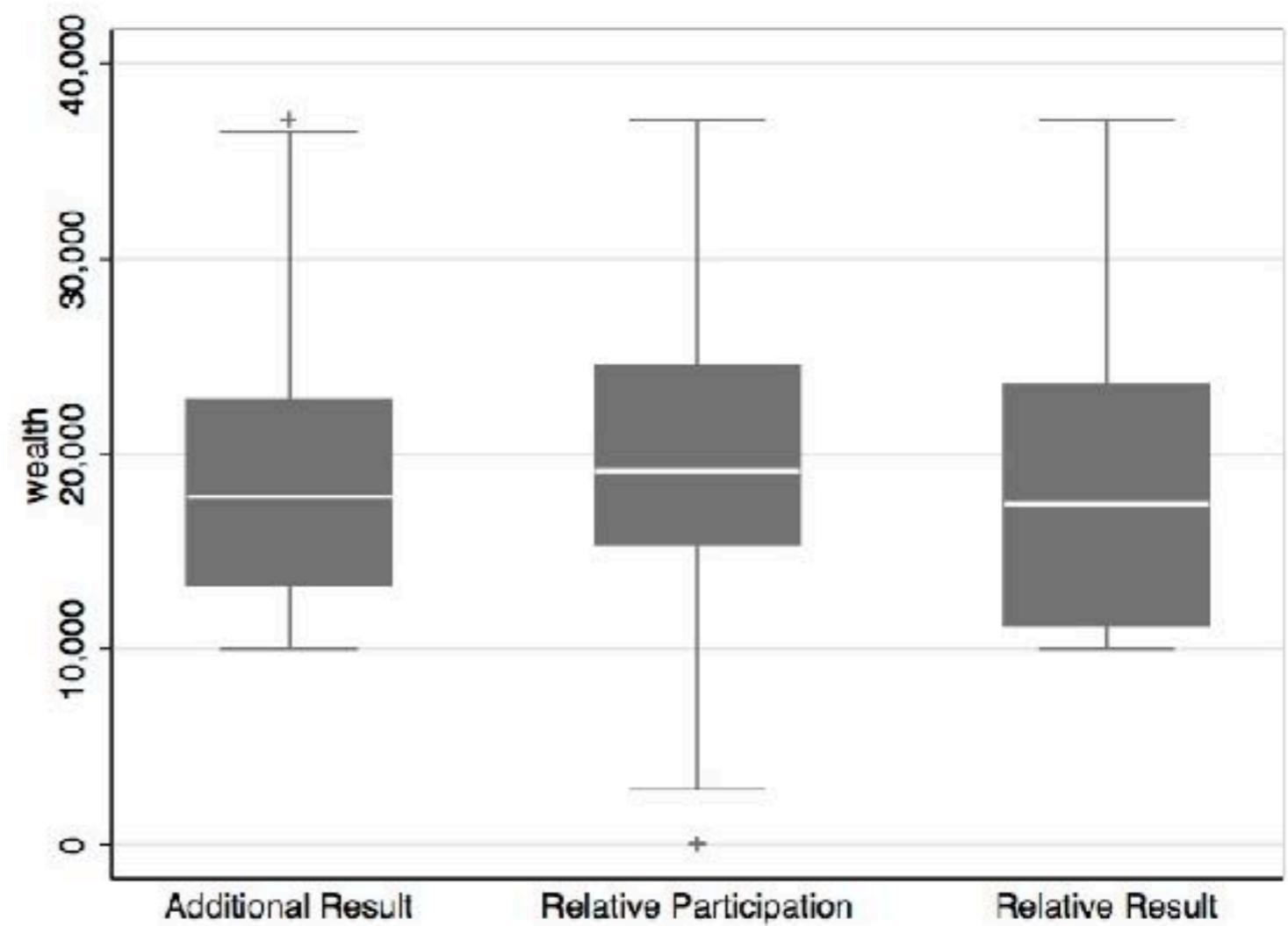
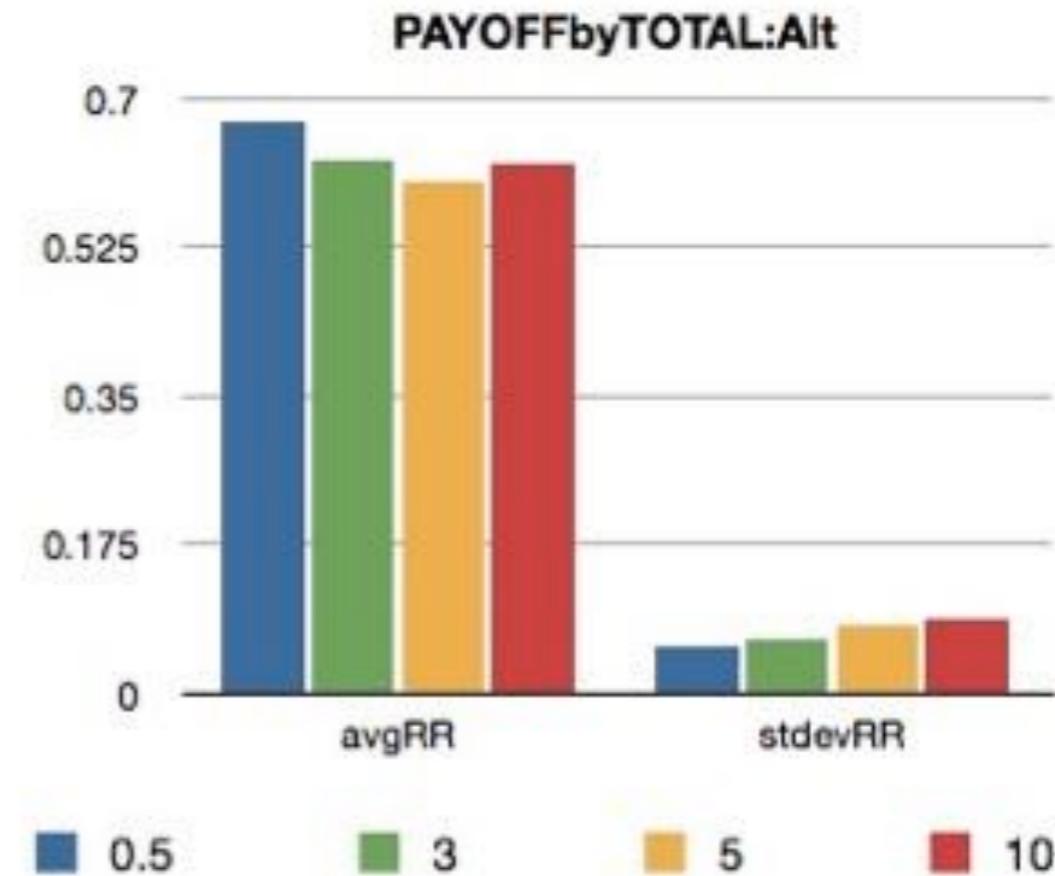
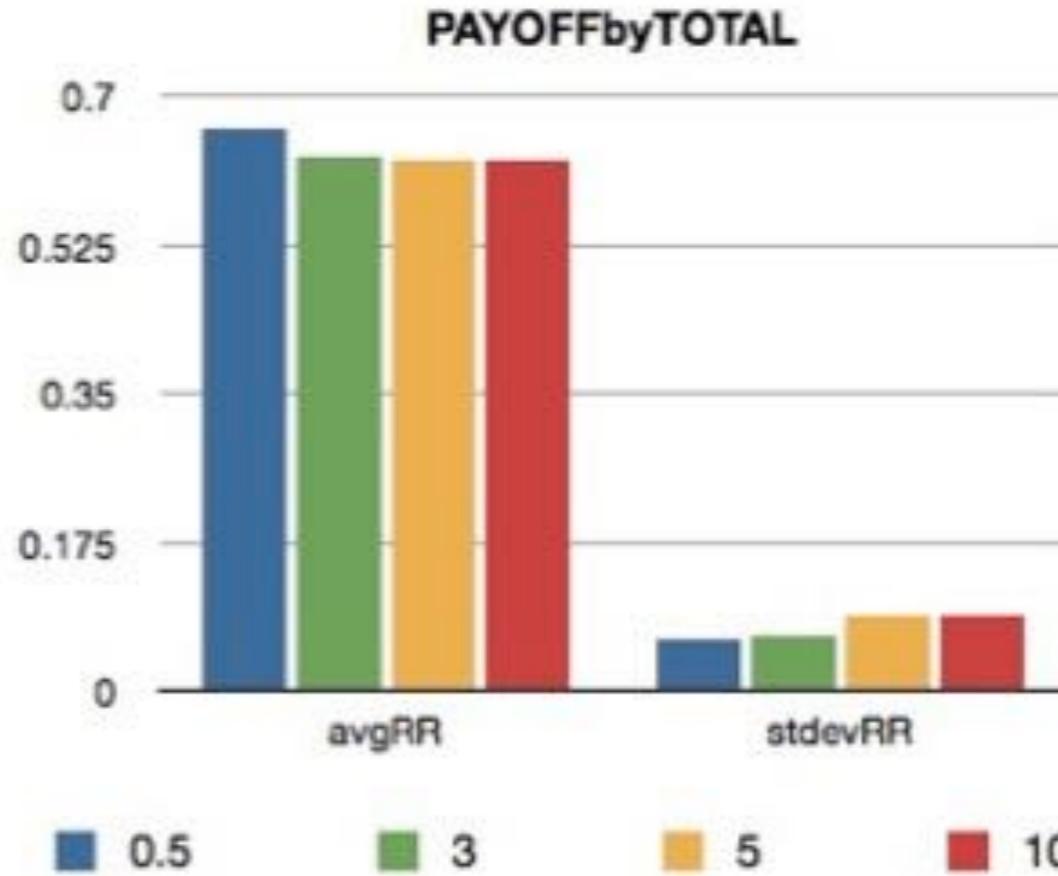


Figure 1.17: Box graph of $\bar{\beta}$ at last round classified by the payoff system

보수 크기의 효과

- 관찰13
 - 보수 크기가 클 수록 β 의 변동이 높음
 - 적극적인 전략 변화를 의미



결론

- 결론: 정보유무가 뚜렷한 결과의 차이를 가져오지 못함
 - 정보가 있는 경우 정보를 적극적으로 전략에 반영하지만 최종 결과 자체는 유의한 차이가 나타나지 않음
- 2011년 추가실험: 정보 없는 게임을 오래 반복할 경우 그렇지 않은 경우들에 비해 뚜렷하게 파산의 경우가 높아지는 현상 관찰

시뮬레이션 모형 (1장 3절)

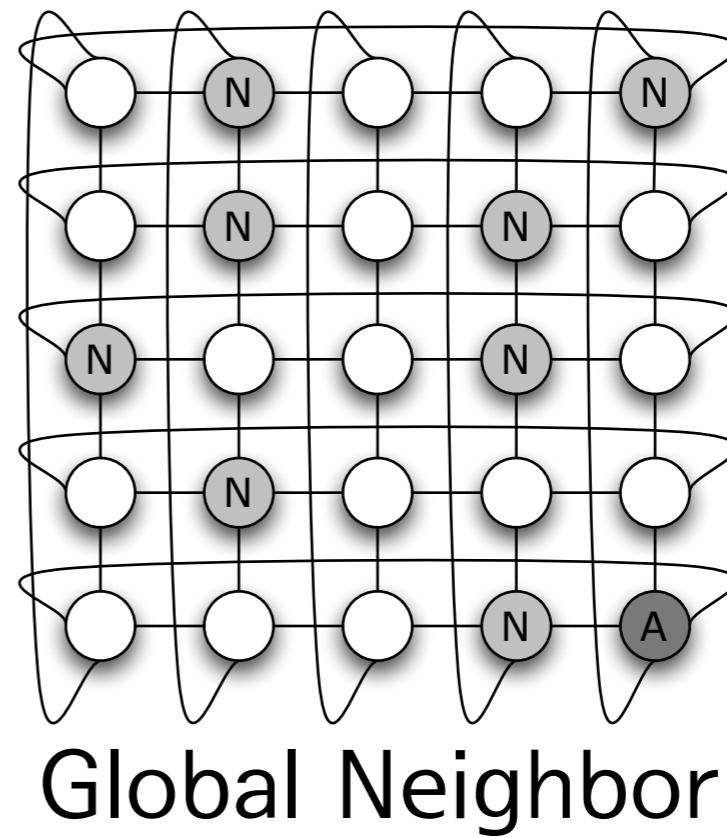
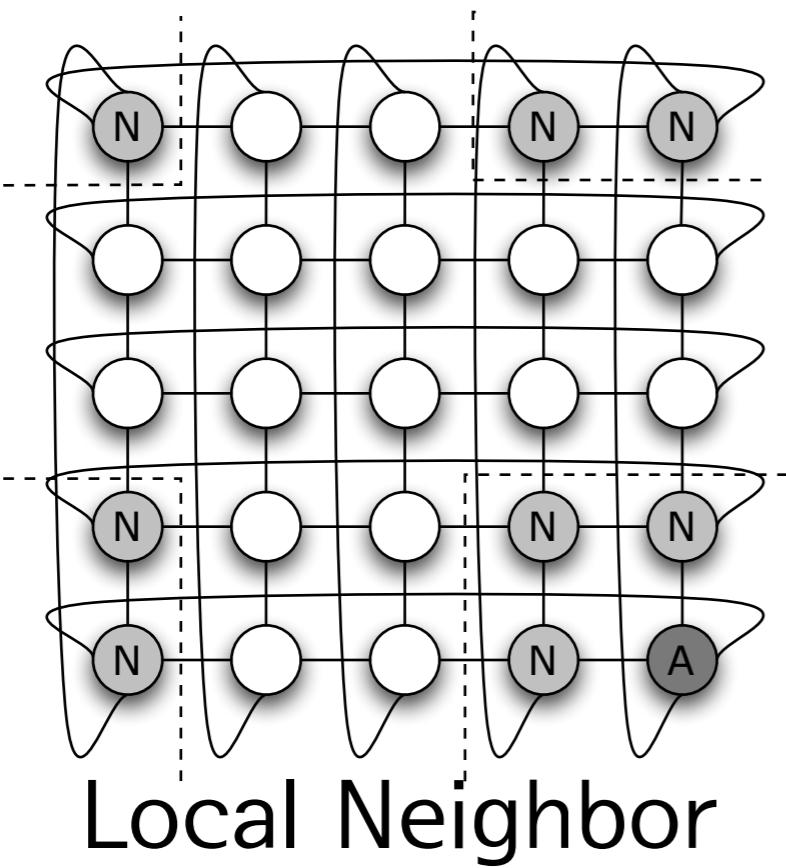
전체 구조

- N명의 행위자가 임의의 전략을 취한 상태로 생성됨
- 동일한 금액으로 자신의 전략에 맞추어 투자 포트폴리오를 결정
- 흉내내기: 이웃들 중 자신보다 더 높은 수익을 거두는 이웃의 전략을 흉내냄
- 돌연변이: 임의의 행위자가 임의의 전략으로 바꿈

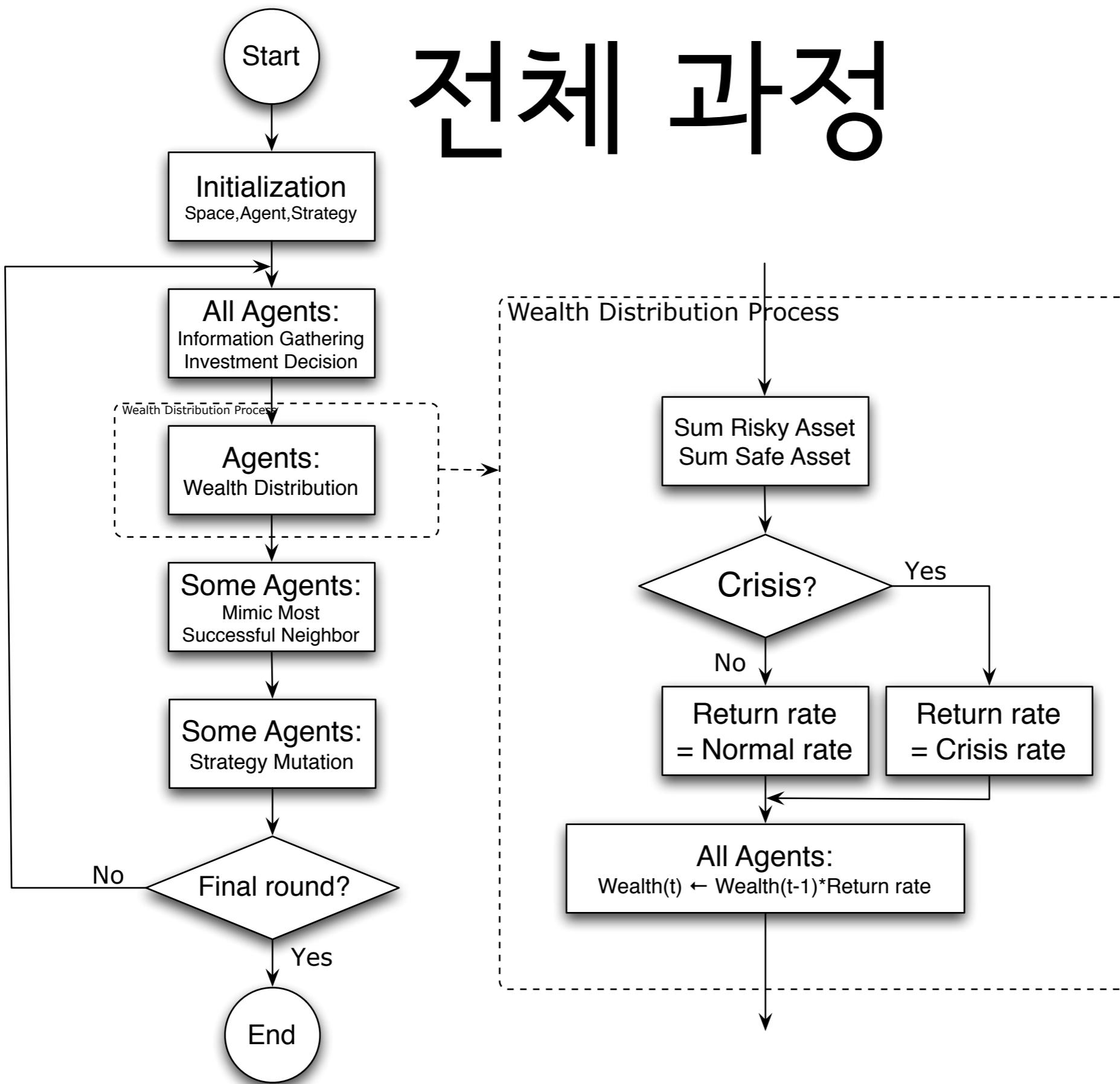
정보 제공여부

- 정보 환경에 따라 두 가지 게임 환경 존재
 - 정보제공환경(INFO): 모든 실현된 총 위험자산 투자비율을 제공
 - 비정보제공환경(NO INFO): 위 정보 접근 불가
 - 오직 실현된 기의 거시상태(파산, 보통)만을 자신의 포트폴리오 수익을 통해 알 수 있음

공간 구조: 토러스 격자 공간



전체 과정



매개변수 세팅

| Parameter | Values | Alternatives |
|---|-------------|-----------------|
| Maximum Rounds | 2500 | |
| Grid Size | 100 | |
| Number of Agents | 10000 | |
| Maximum Memory | 50 | 10,100 |
| Search Bound for getting Neighbors | 10 | 5 |
| Comparing Period for Temporal Comparison | 25 | 10,50, ∞ |
| Probability for Mimic | 0.01 | |
| Mutation rate | 0.001 | 0 |
| Standard Deviation multiplier | 0.1 | |
| Up, down Coefficient multiplier | 0.1 | |
| Confidence level multiplier | 0.1 | |
| Reserved risky asset ratio | [0.75, 0.8] | |
| Endowment | 100 | |
| Wage | 100 | 0 |
| Risky Asset rate of return (normal state) | 0.3 | 30(fixed) |
| Risky Asset rate of return (crisis state) | -1 | -100(fixed) |
| Safe Asset rate of return | 0.05 | 5(fixed) |
| Crisis Threshold | 0.8 | |

투자게임: 단순 시뮬레이션 모형

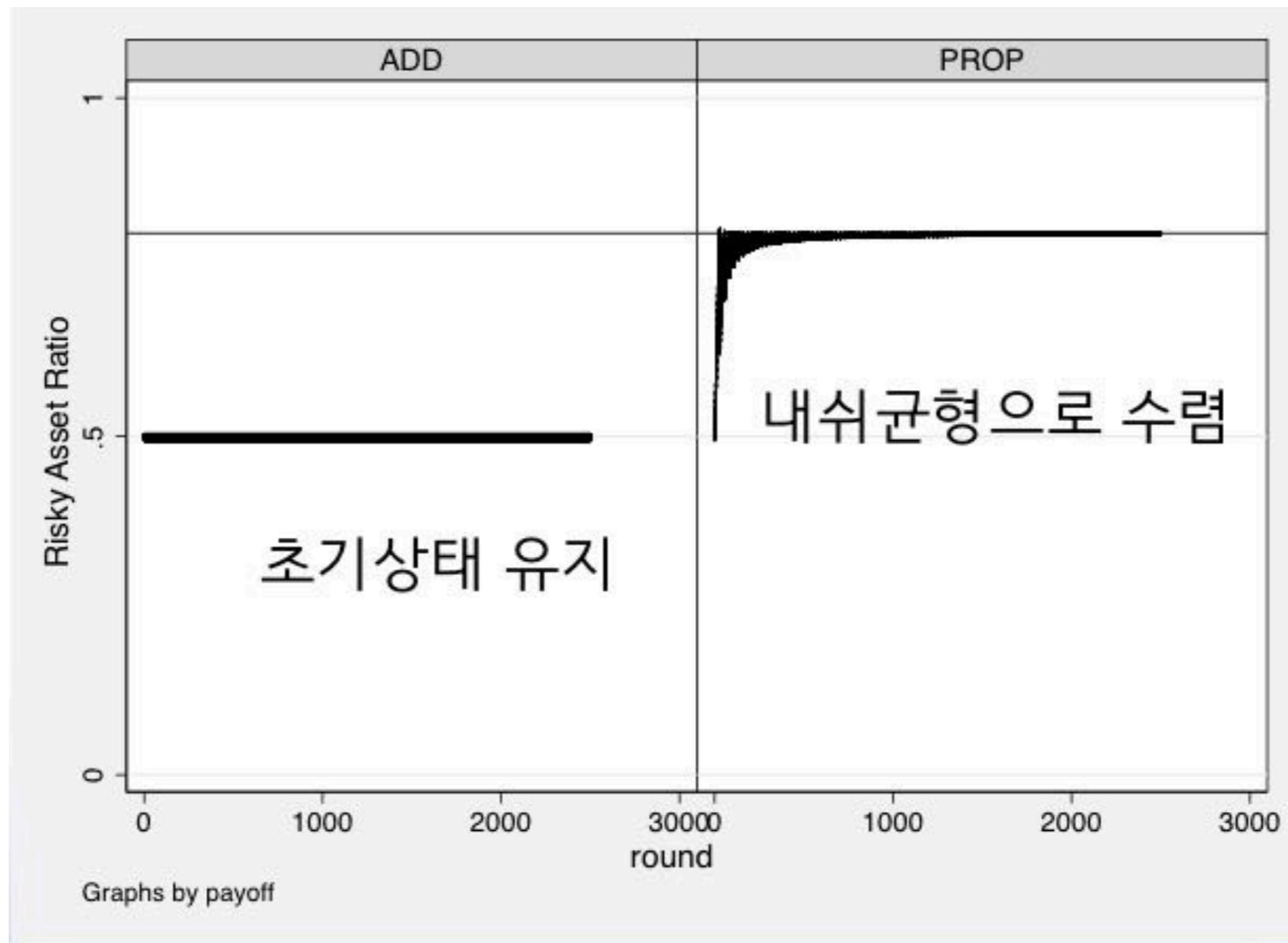
실험모형과의 차이

- 시뮬레이션: 행위자는 이웃의 보유자산과 전략을 관찰 가능
- 실험: 행위자는 오직 자신의 보유자산과 전략만을 알고, 타인의 것은 알 수 없음.
 - 단, 거시정보(총 위험자산투자율)는 정보그룹의 경우 제공

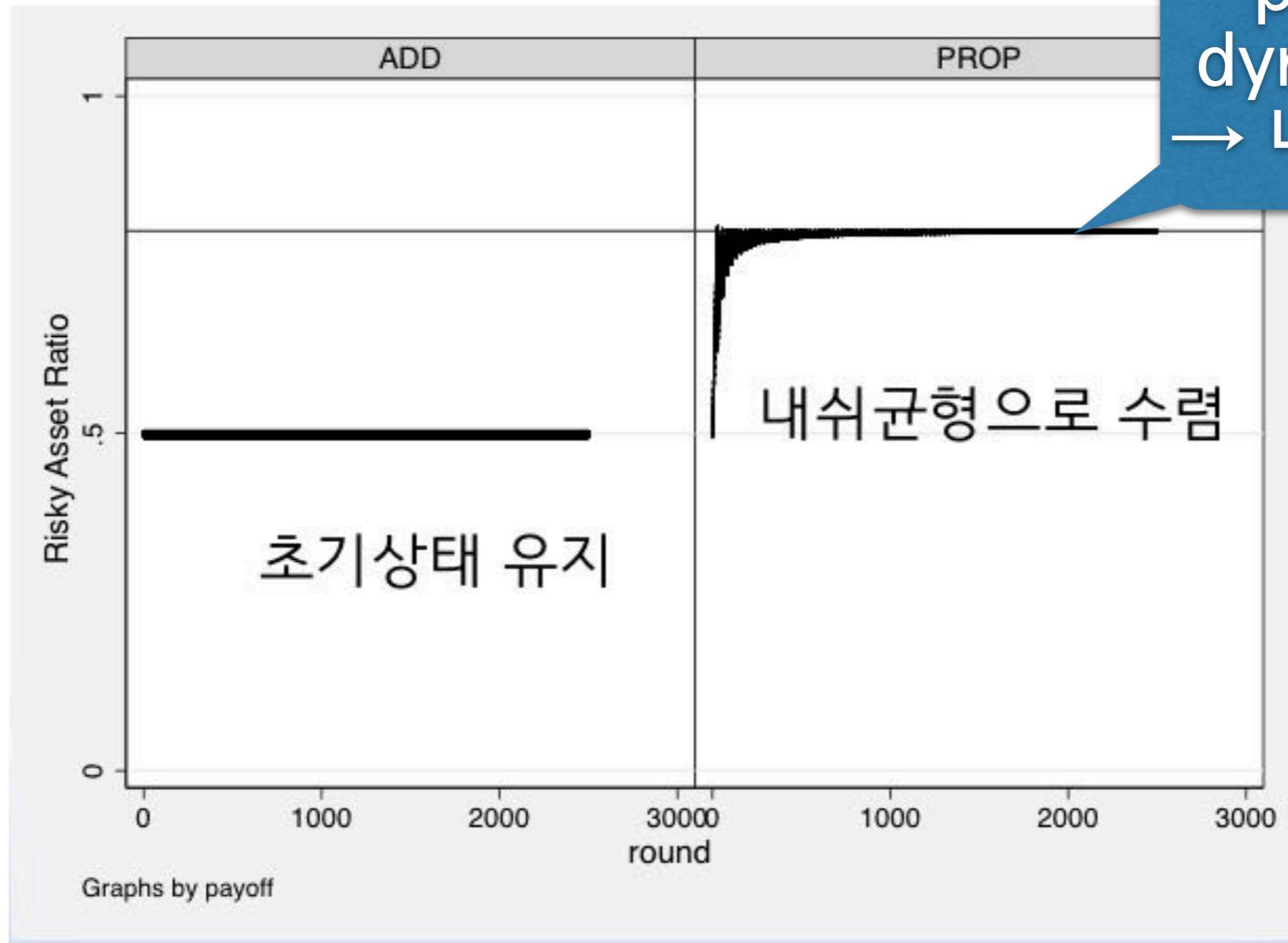
단순 전략 가정

- 모든 행위자가 자신이 설정한 일정 비율의 위험자산 포트폴리오만을 구사(CON)
 - degree 0 strategy
- 흉내내기, 돌연변이 없음
- 수리적 분석 가능
- 정보역할 분석 불가능

위험자산 비율

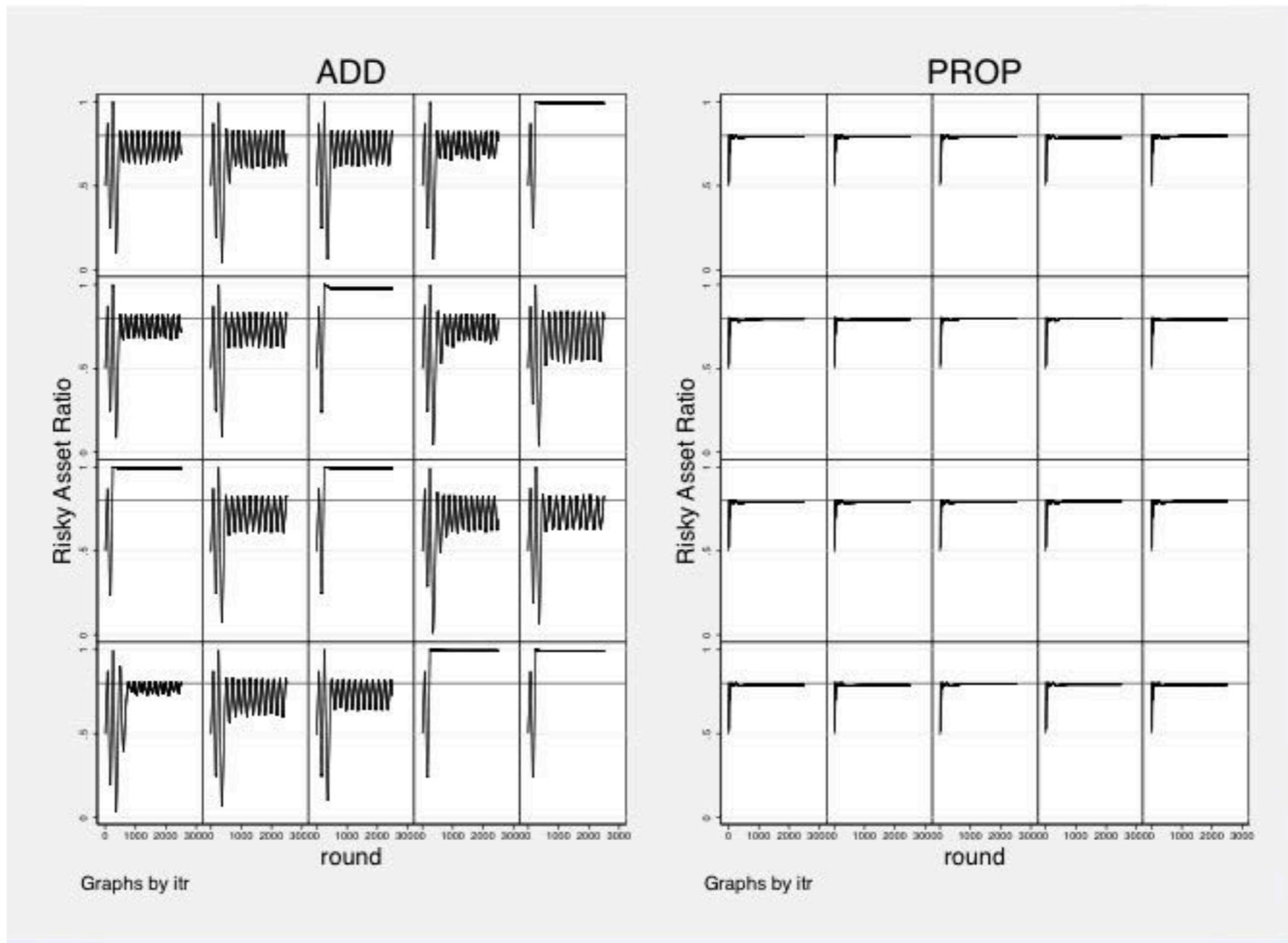


위험자산 비율



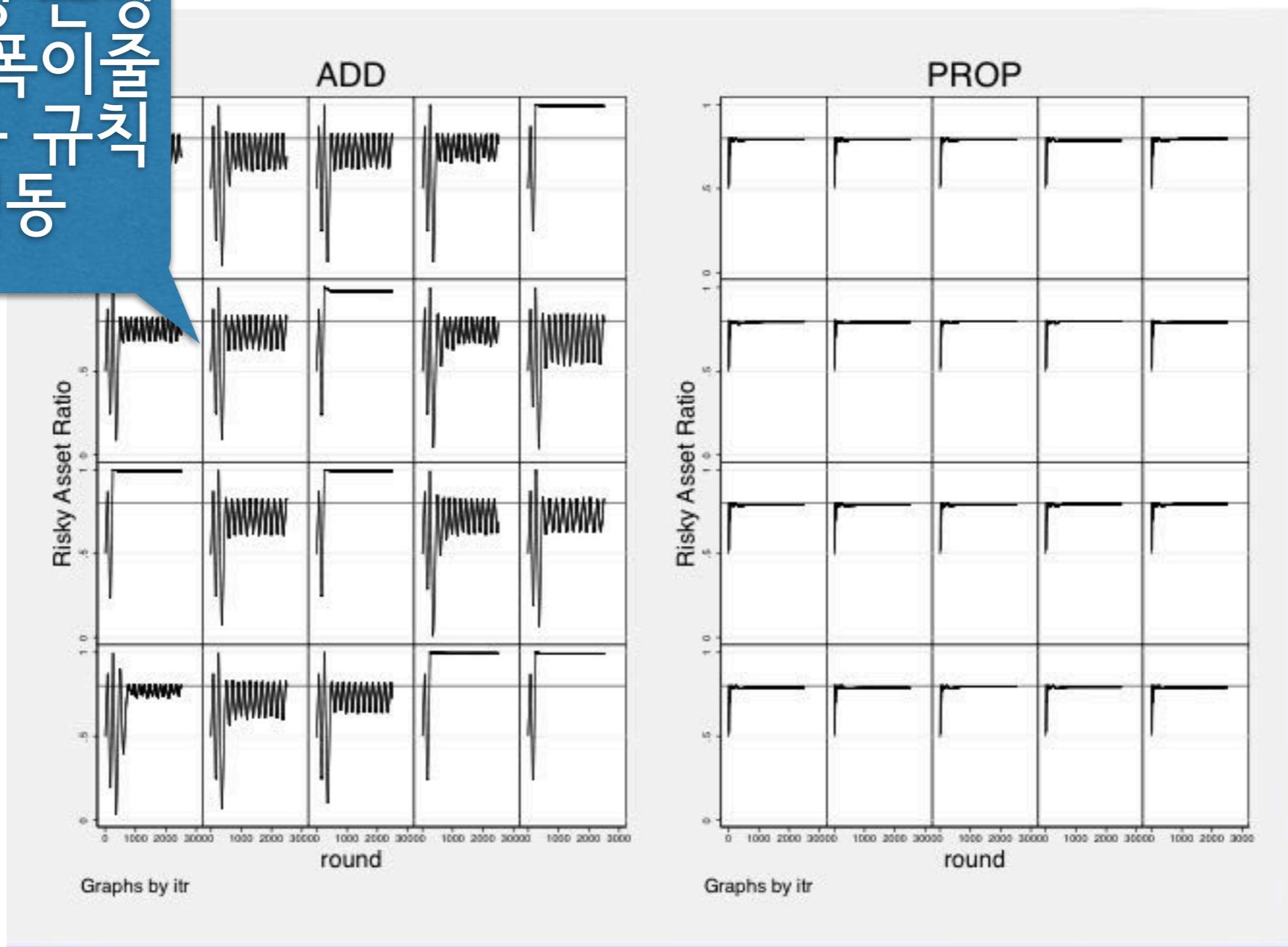
복제동학 없이도
개별 수익에 의한
population
dynamics 발생
→ 내쉬균형 수렴

DCF 내재기 추가



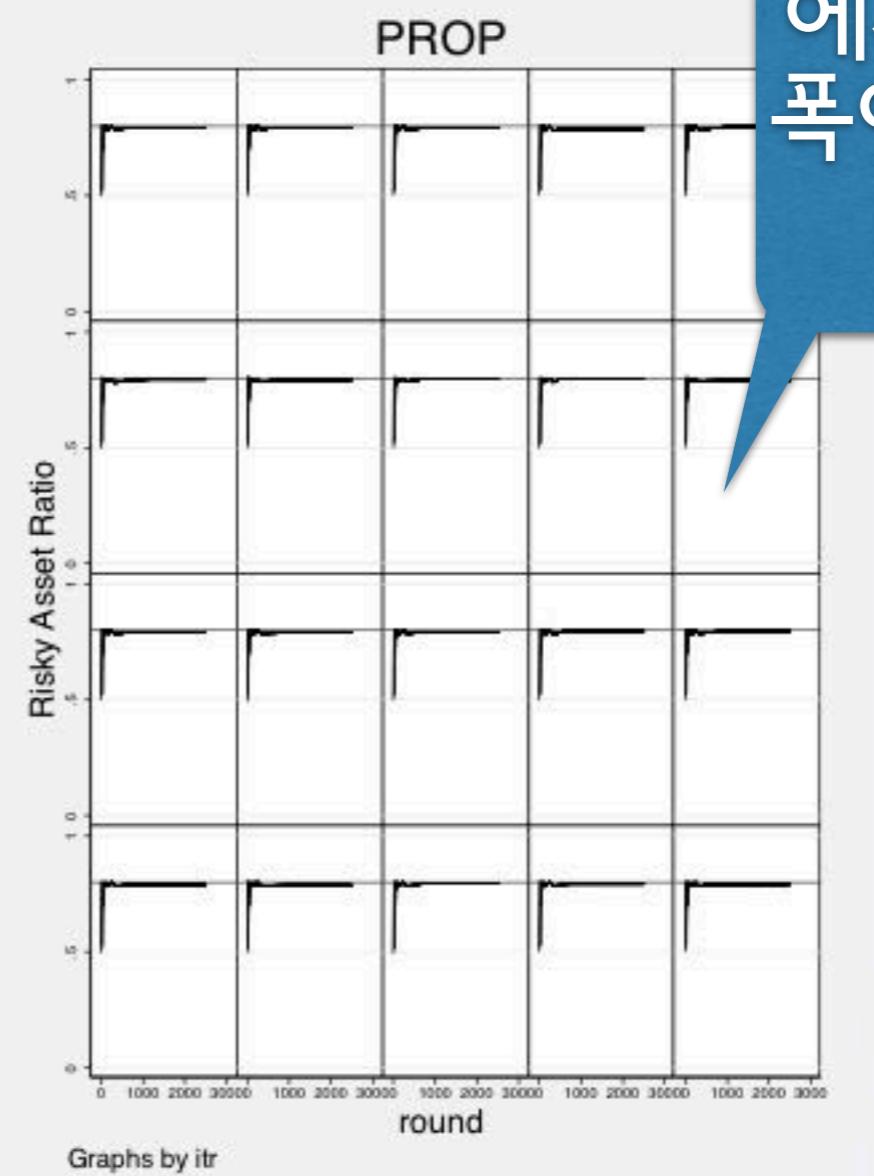
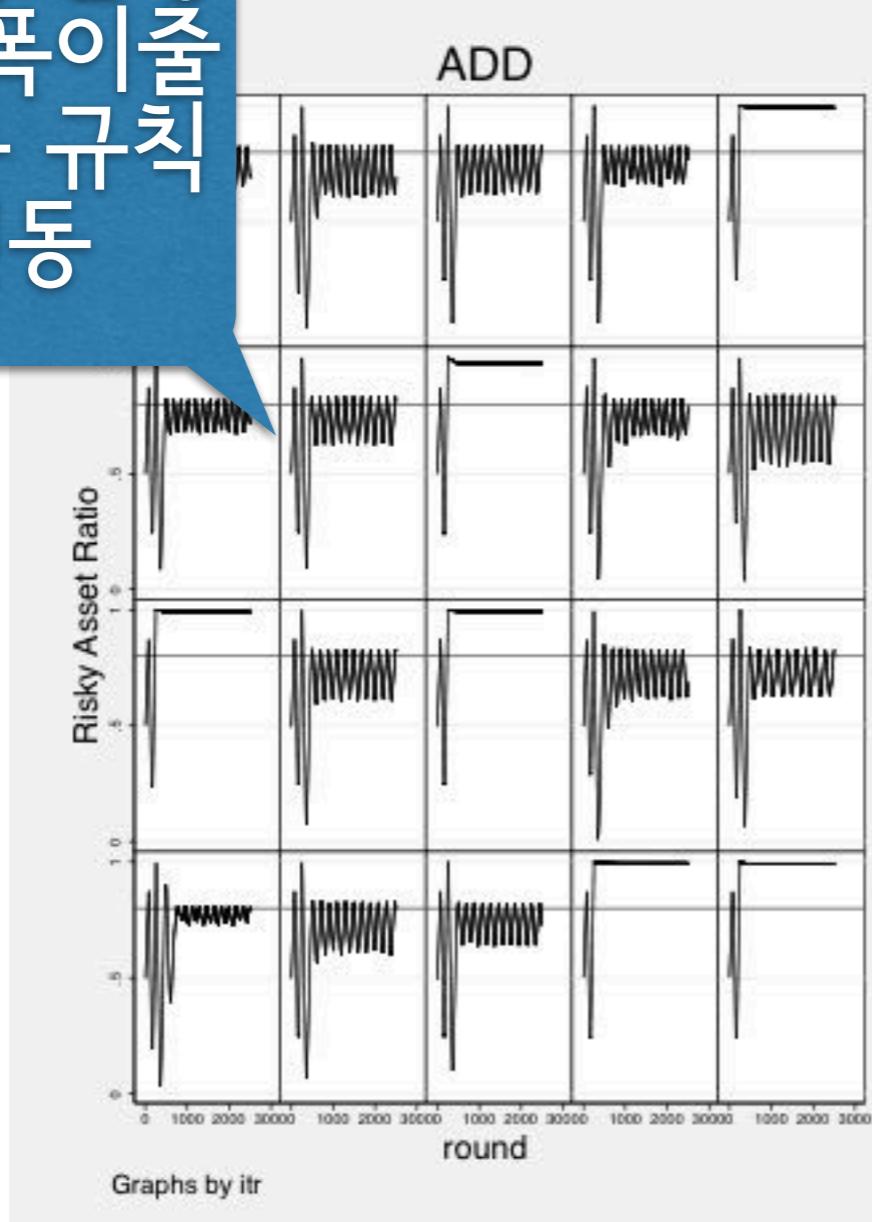
흉내내기 추가

내쉬균형 균방
에서 진폭이 줄
지 않는 규칙
적 진동



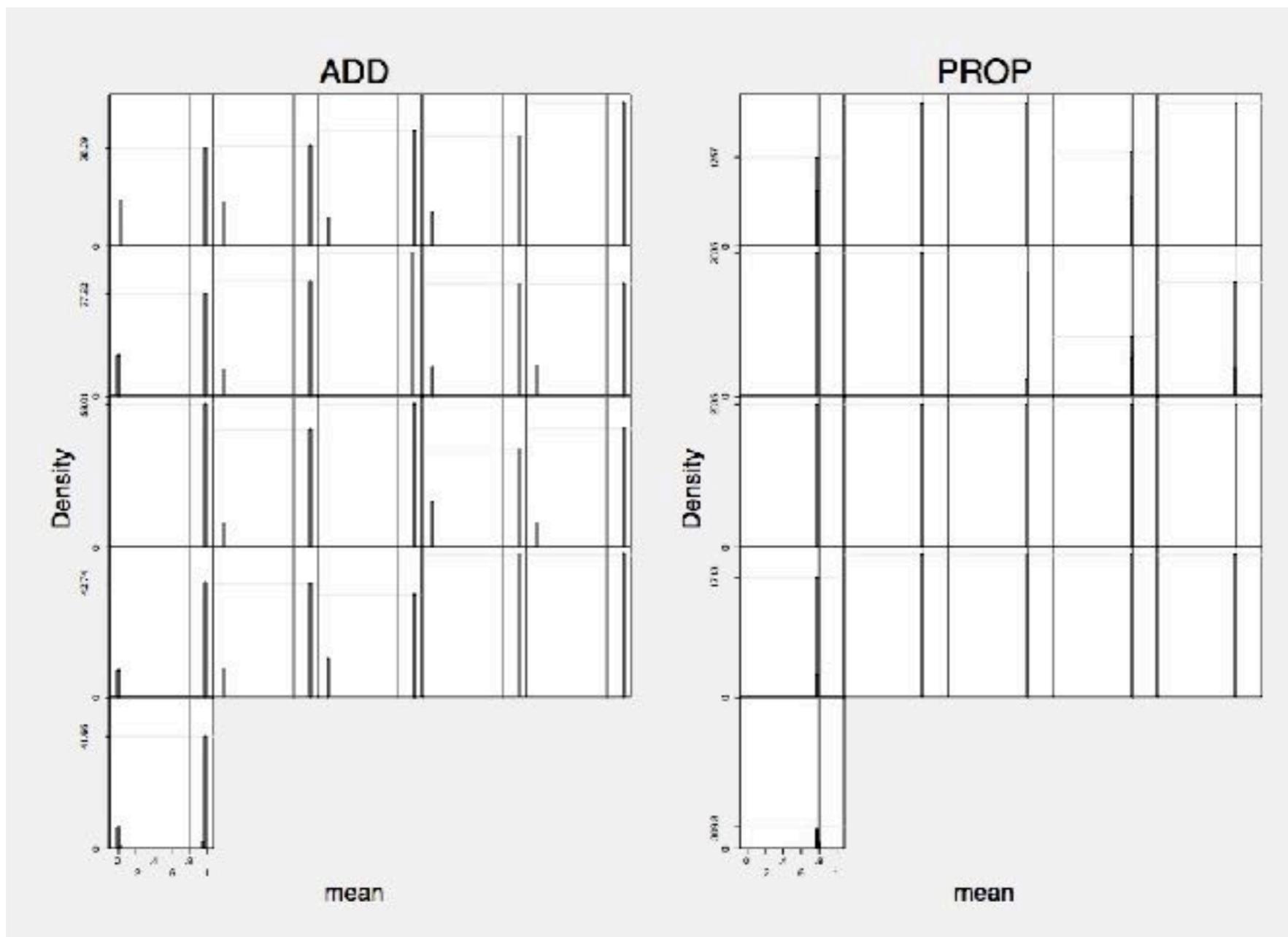
흉내내기 추가

내쉬균형 균방
에서 진폭이 줄
지 않는 규칙
적 진동



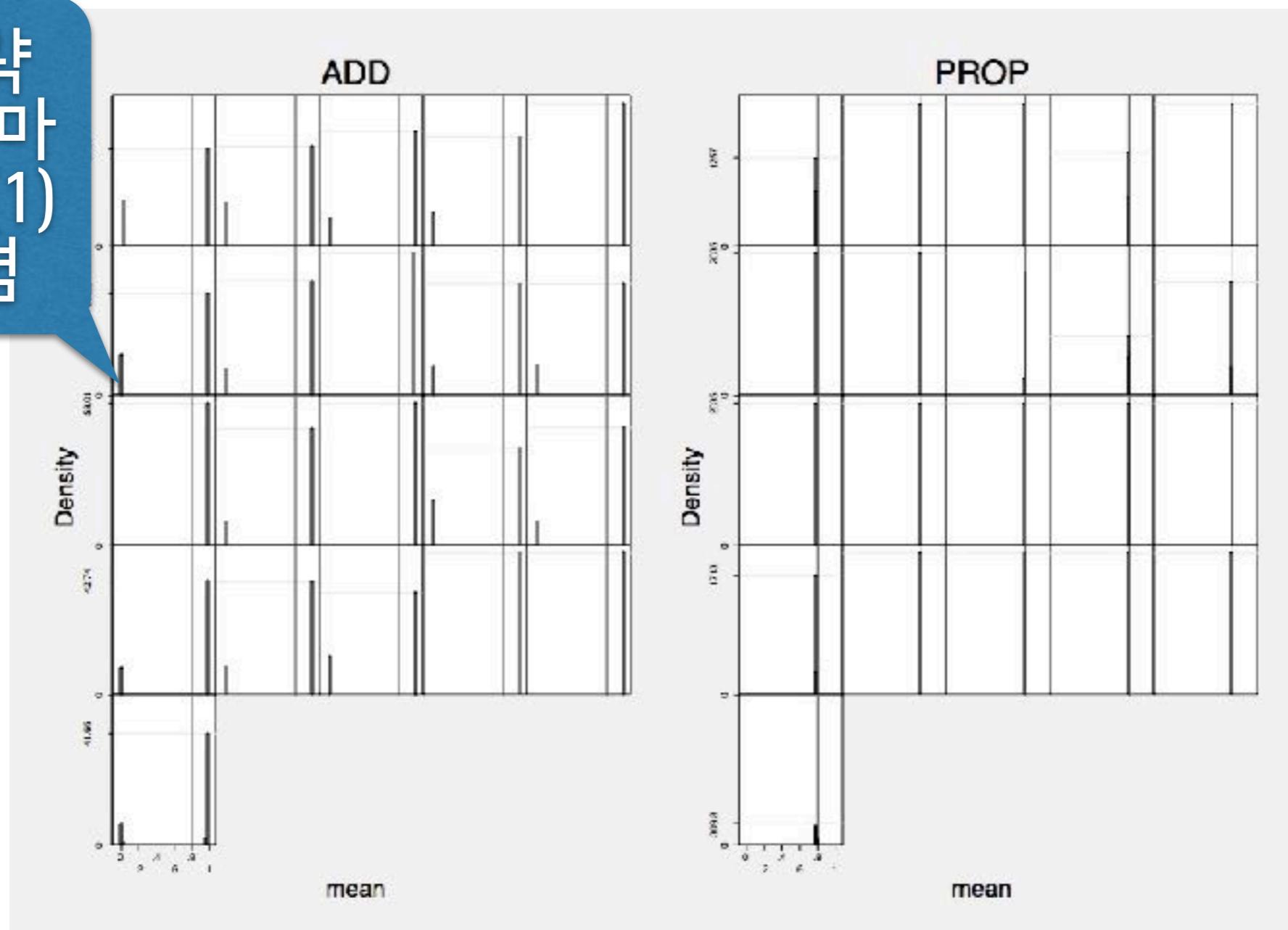
내쉬균형 균방
에서 진동+진
폭이 0으로 수
렴

흉내내기와 전략집합: 마지막 기의 전략분포



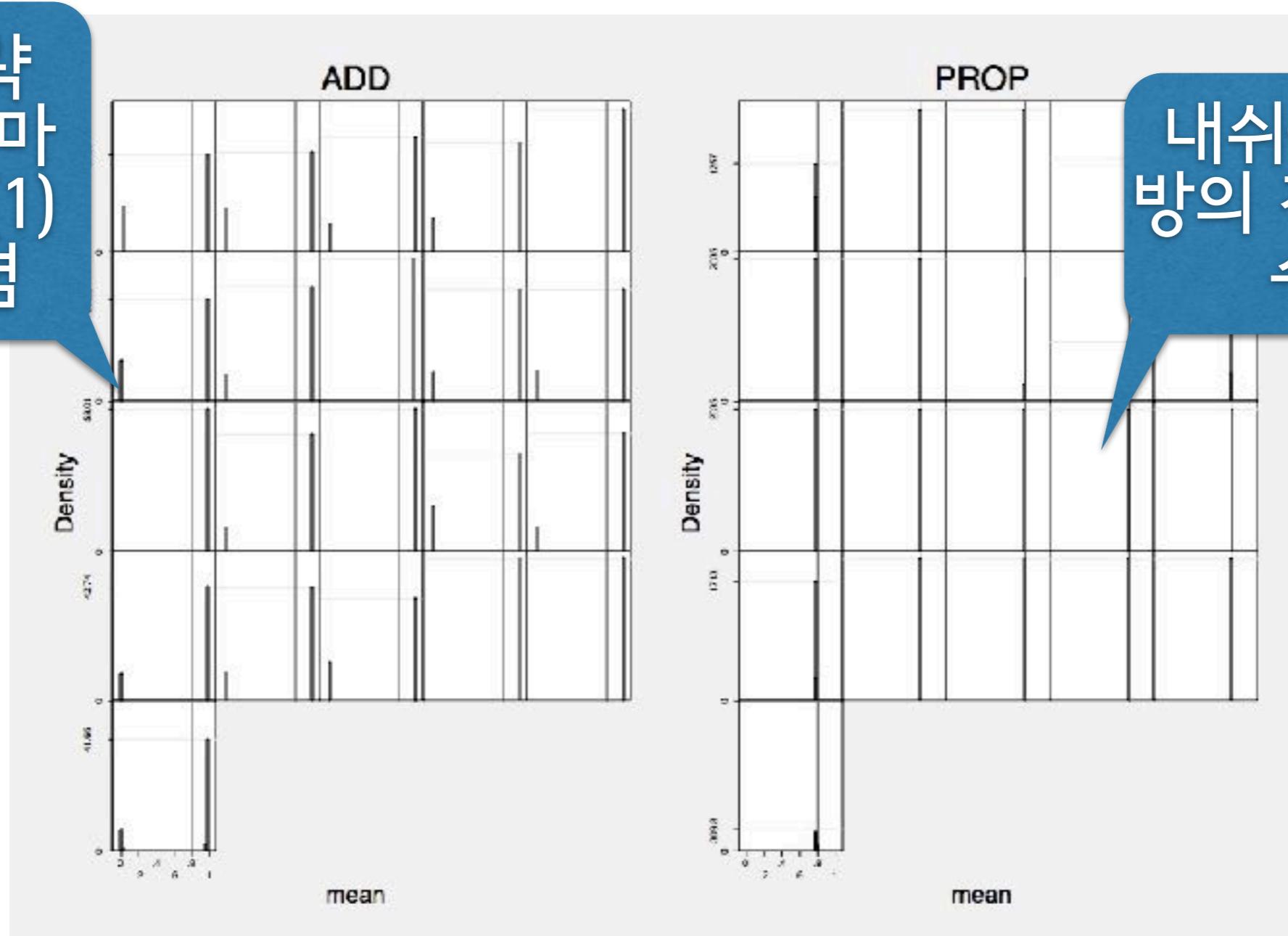
흉내내기와 전략집합: 마지막 기의 전략분포

양 끝 전략
(2), 혹은 마
지막 전략(1)
으로 수렴



흉내내기와 전략집합: 마지막 기의 전략분포

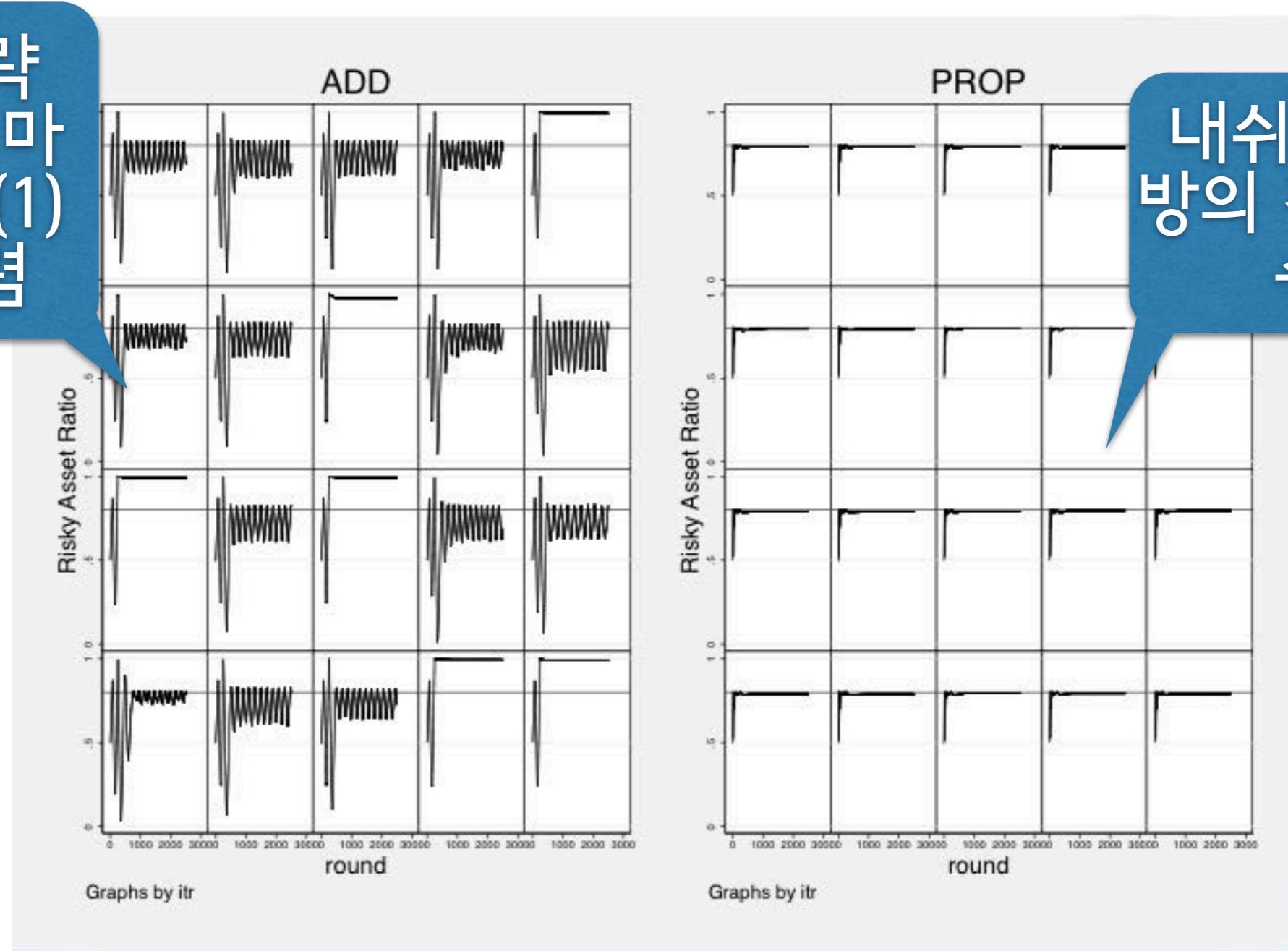
양 끝 전략
(2), 혹은 마
지막 전략(1)
으로 수렴



내쉬균형 근
방의 전략으로
수렴

흉내내기와 전략집합: 마지막 기의 전략분포

양 끝 전략
(2), 혹은 마
지막 전략(1)
으로 수렴

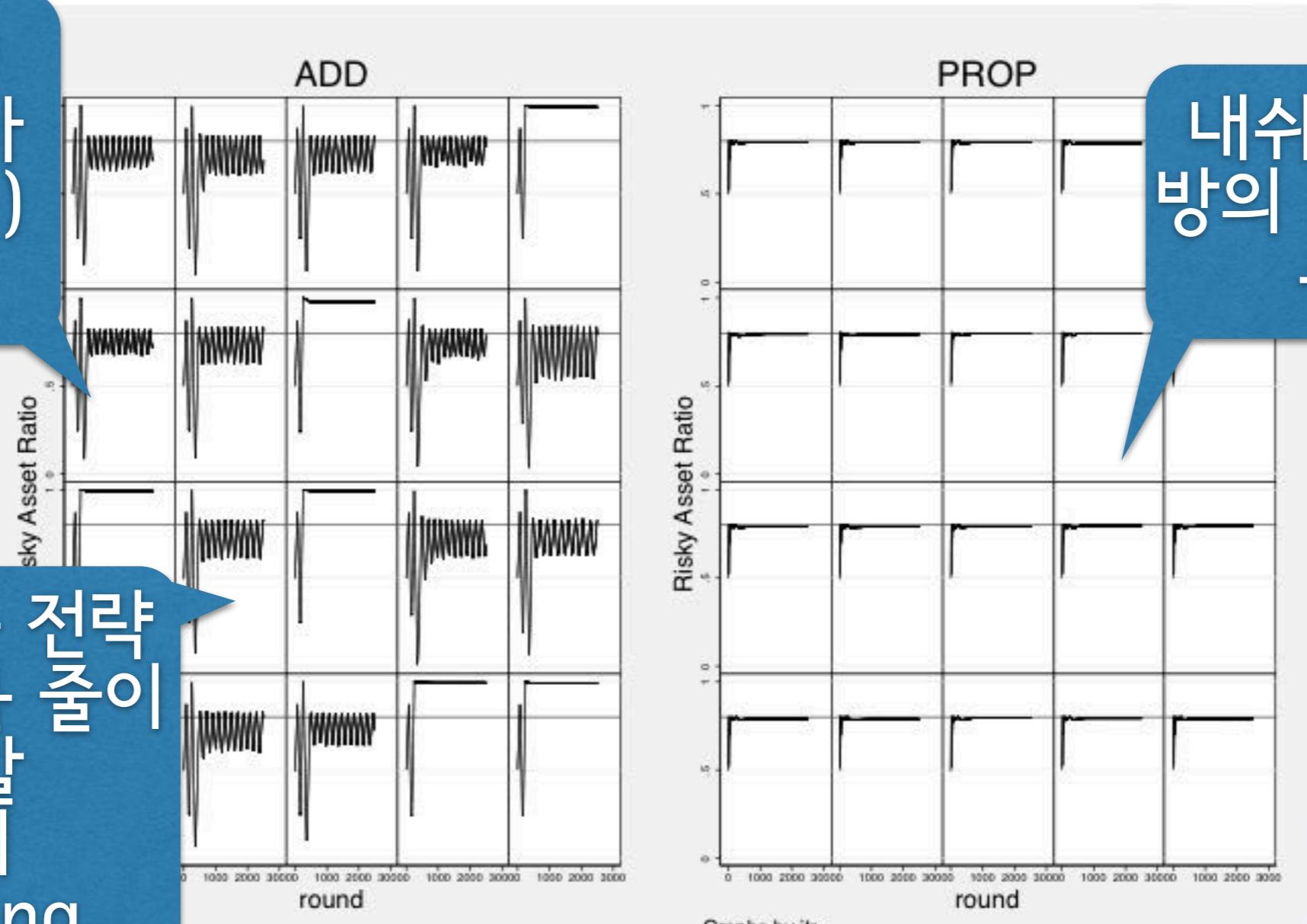


내쉬균형 근
방의 전략으로
수렴

흉내내기와 전략집합: 마지막 기의 전략분포

양 끝 전략
(2), 혹은 마
지막 전략(1)
으로 수렴

흉내내기는 전략
집합의 수를 역할
하는 전략의
Clustering

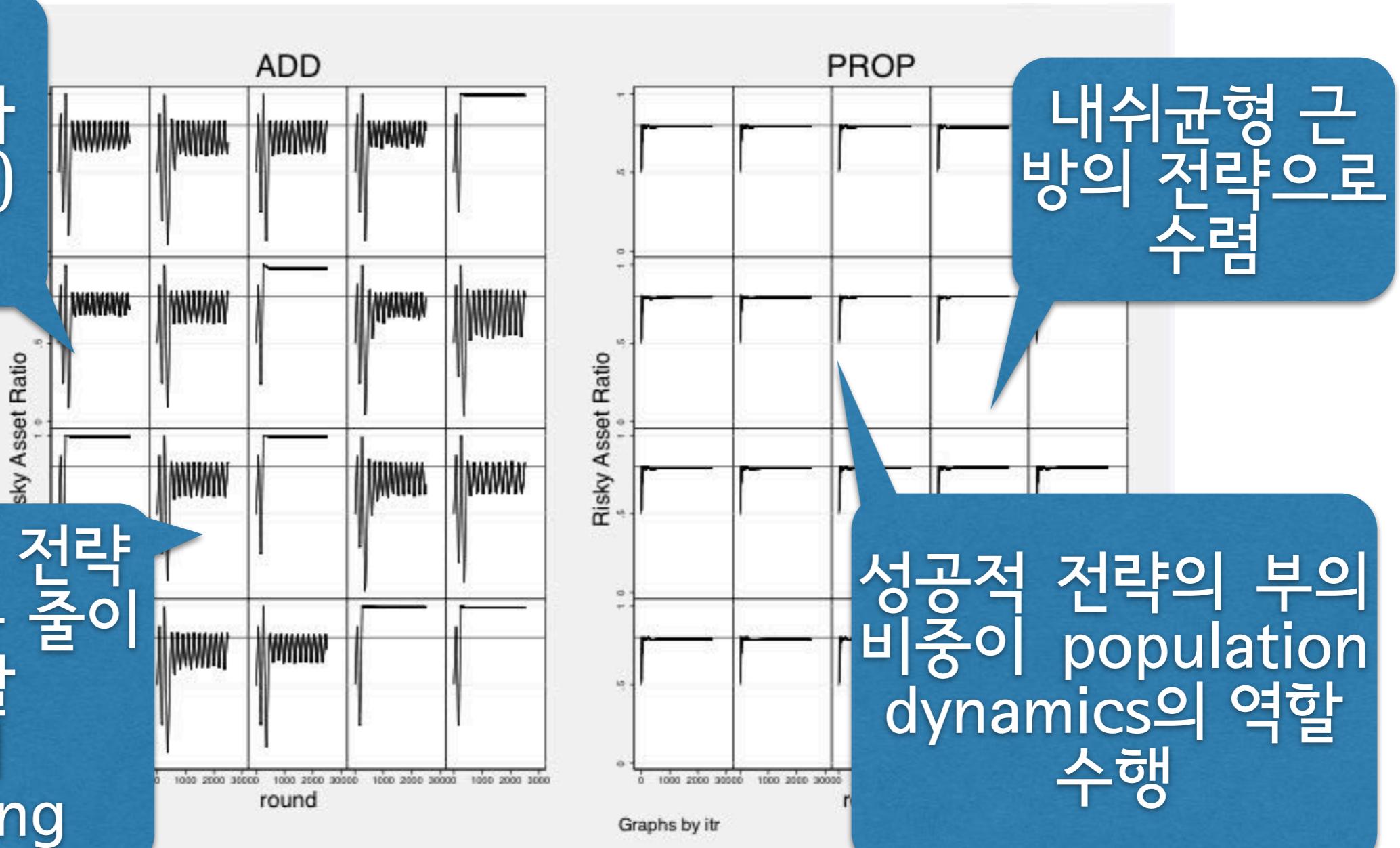


내쉬균형 근
방의 전략으로
수렴

흉내내기와 전략집합: 마지막 기의 전략분포

양 끝 전략
(2), 혹은 마
지막 전략(1)
으로 수렴

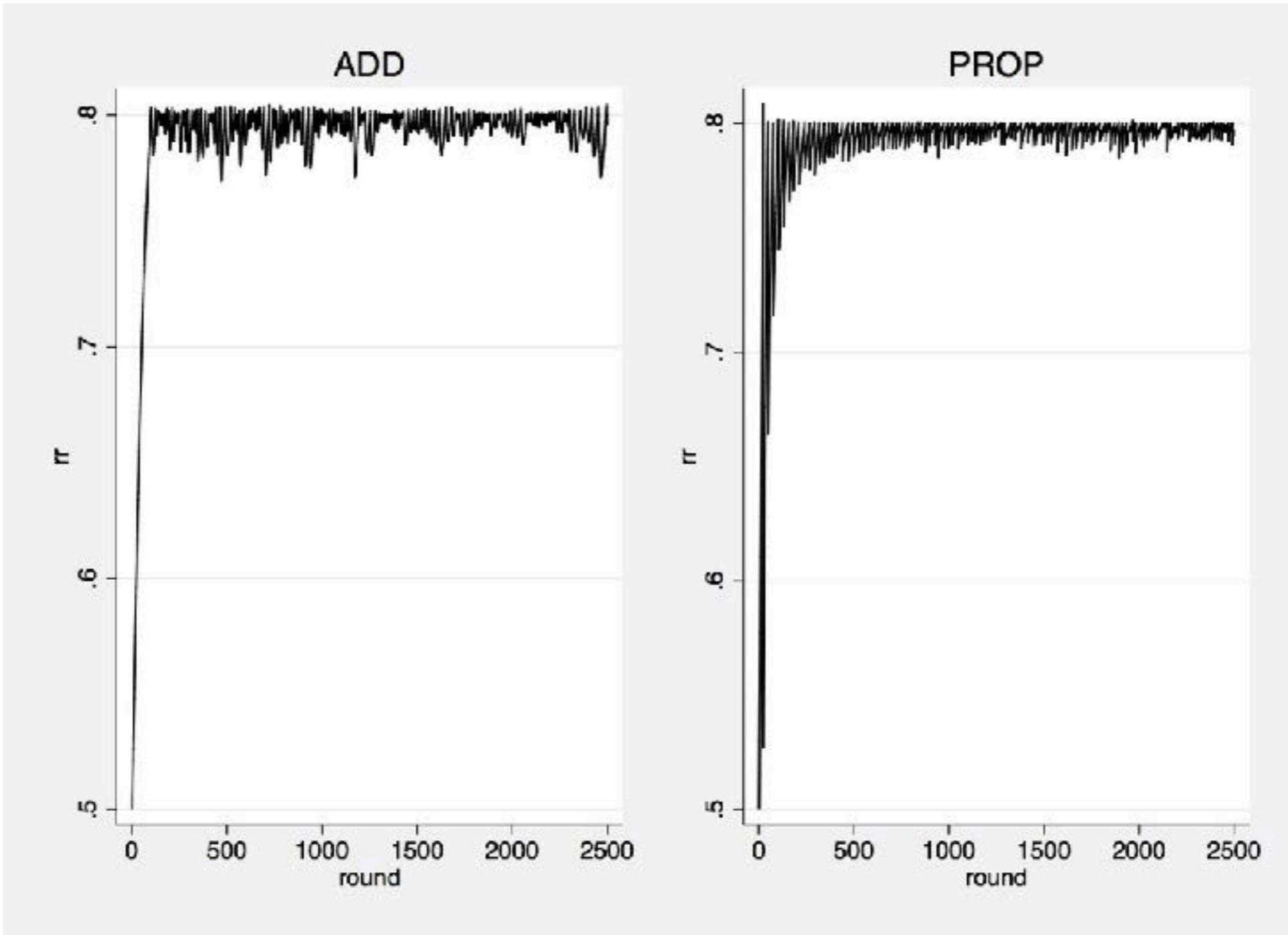
흉내내기는 전략
집합의 수를 역할
하는 전략의
Clustering



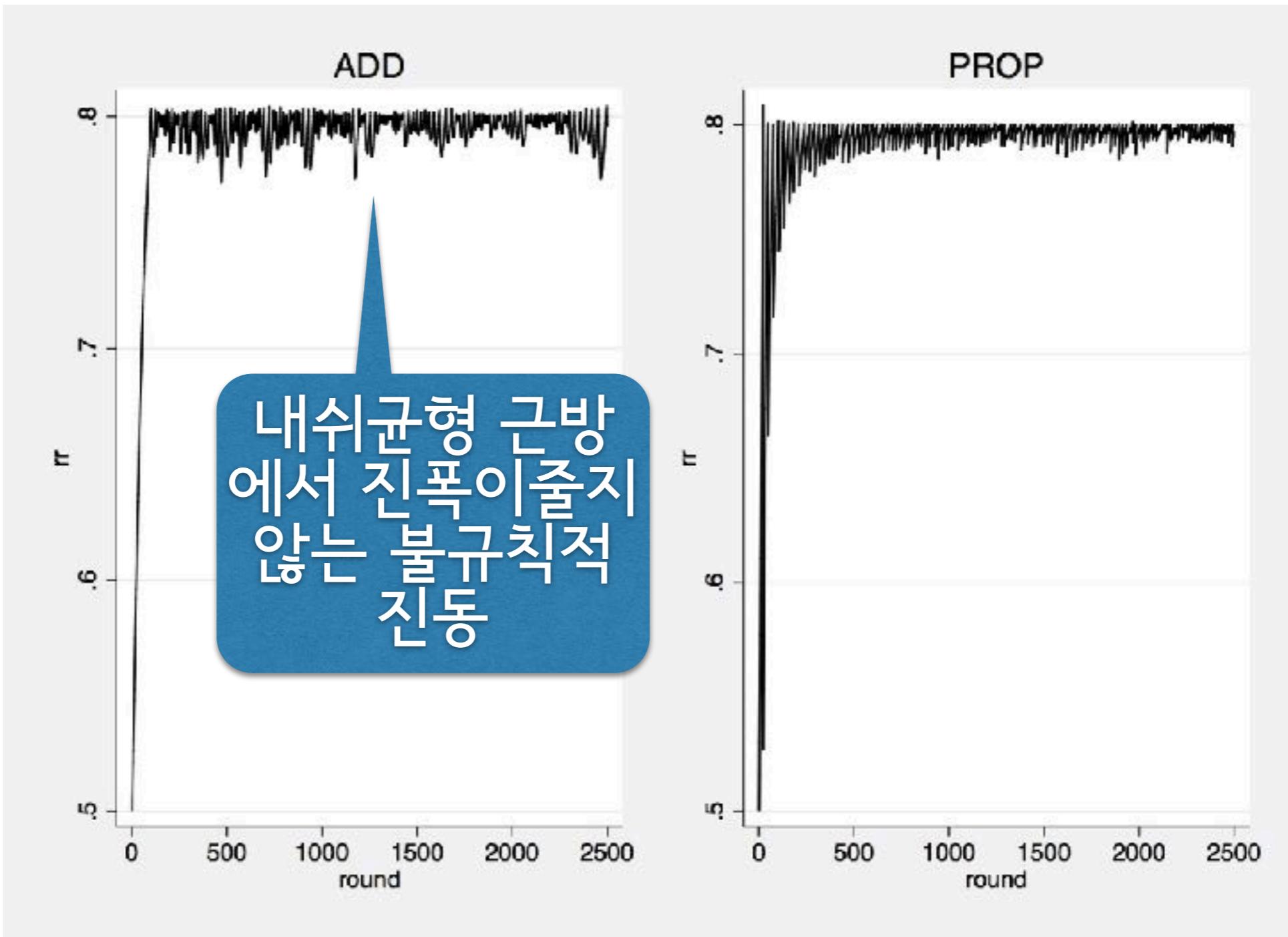
내쉬균형 근
방의 전략으로
수렴

성공적 전략의 부의
비중이 population
dynamics의 역할
수행

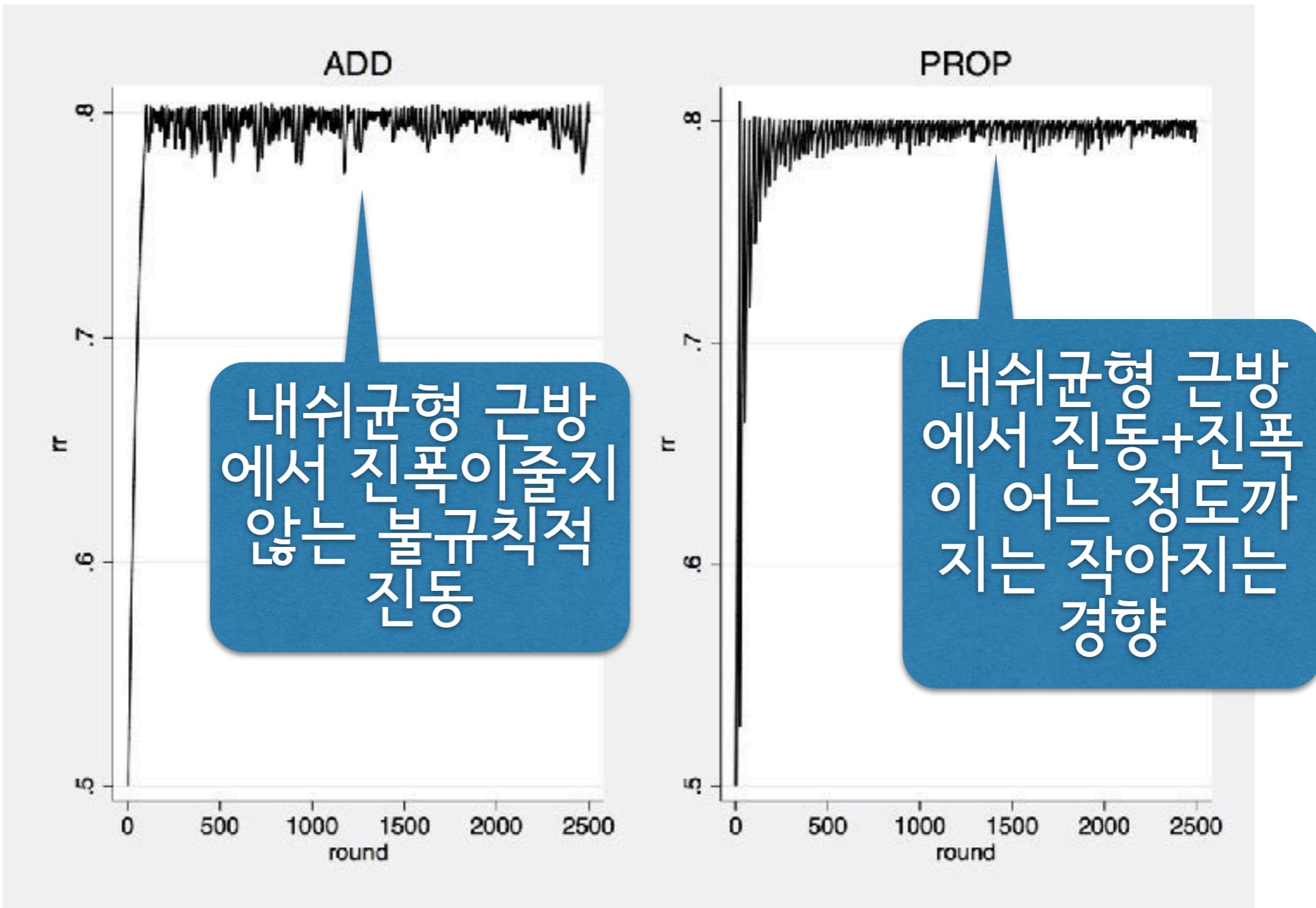
돌연변이 추가



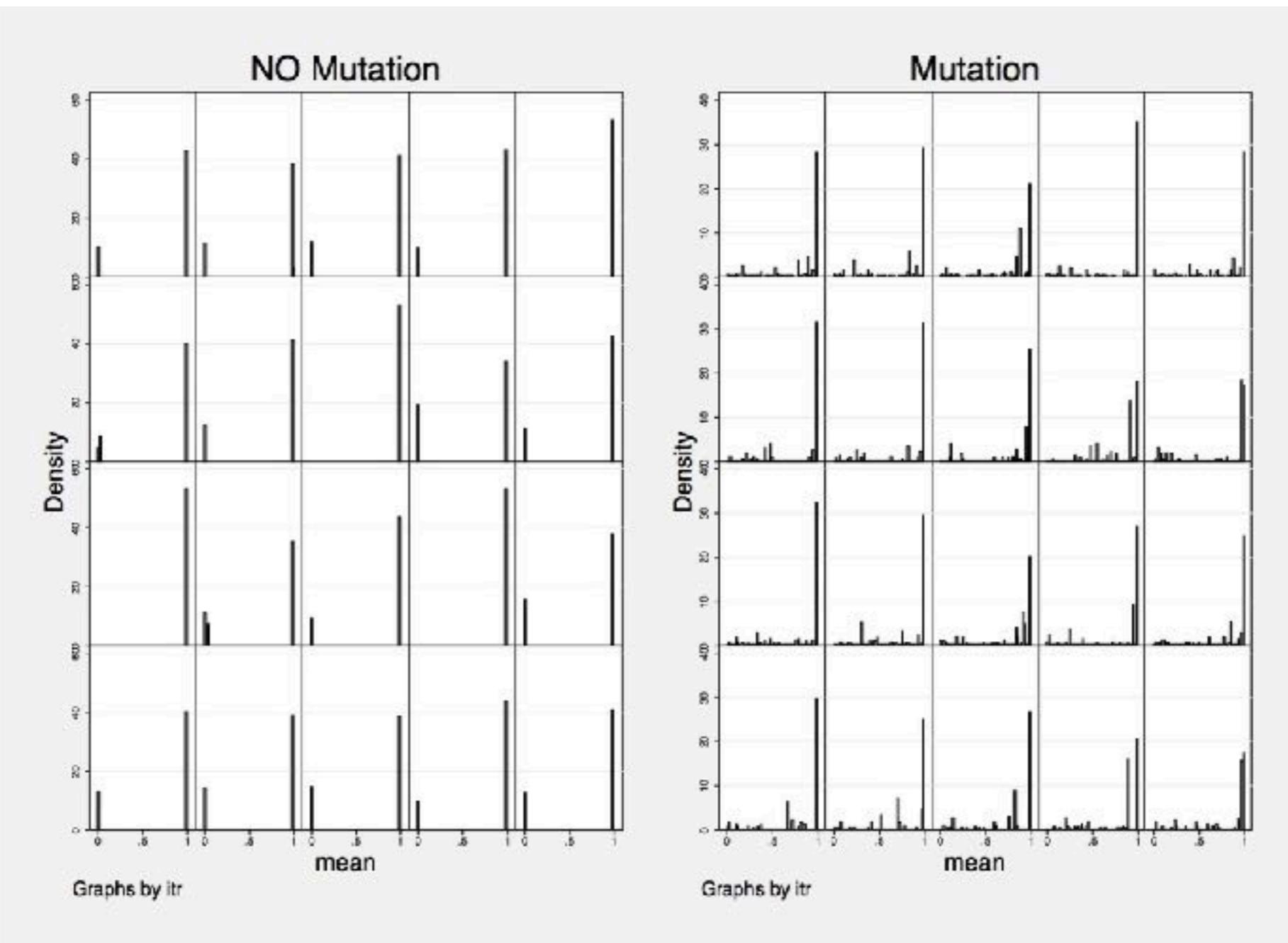
돌연변이 추가



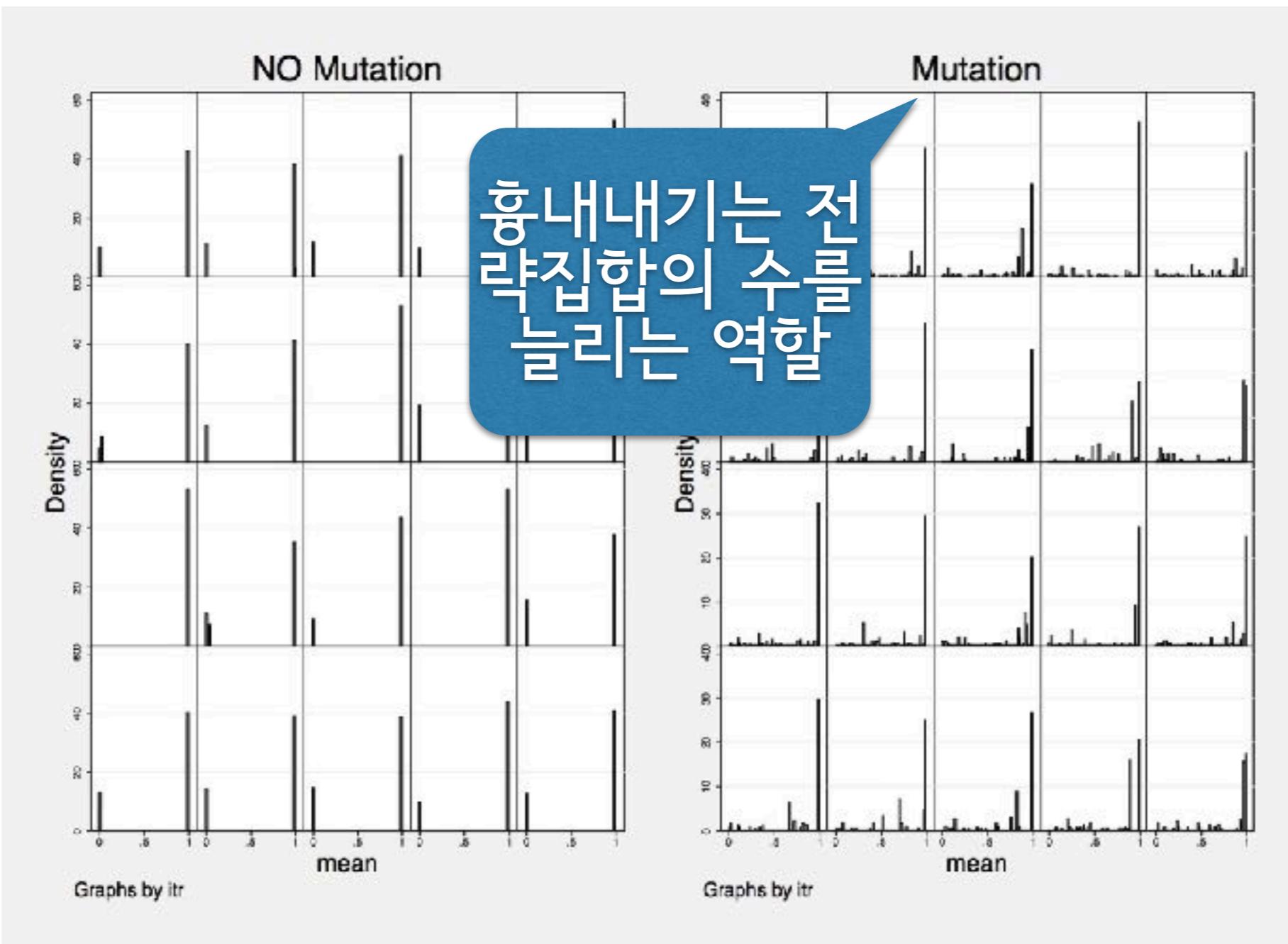
돌연변이 추가



돌연변이 과정



돌연변이 과정



돌연변이 과정



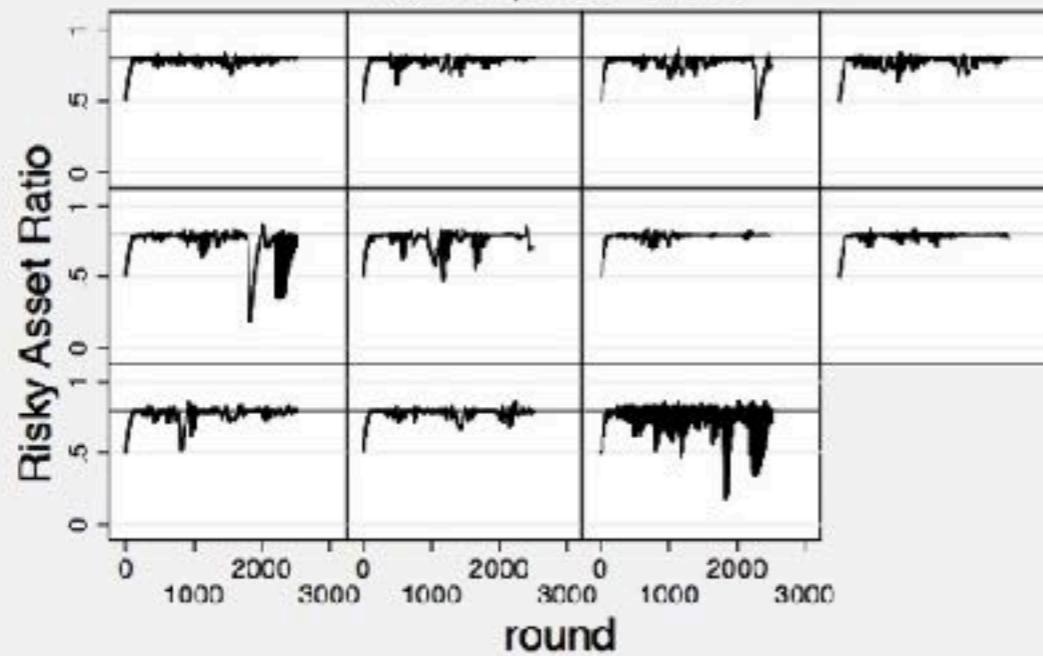
투자게임: 복합 시뮬레이션 모형

복합 전략 가정

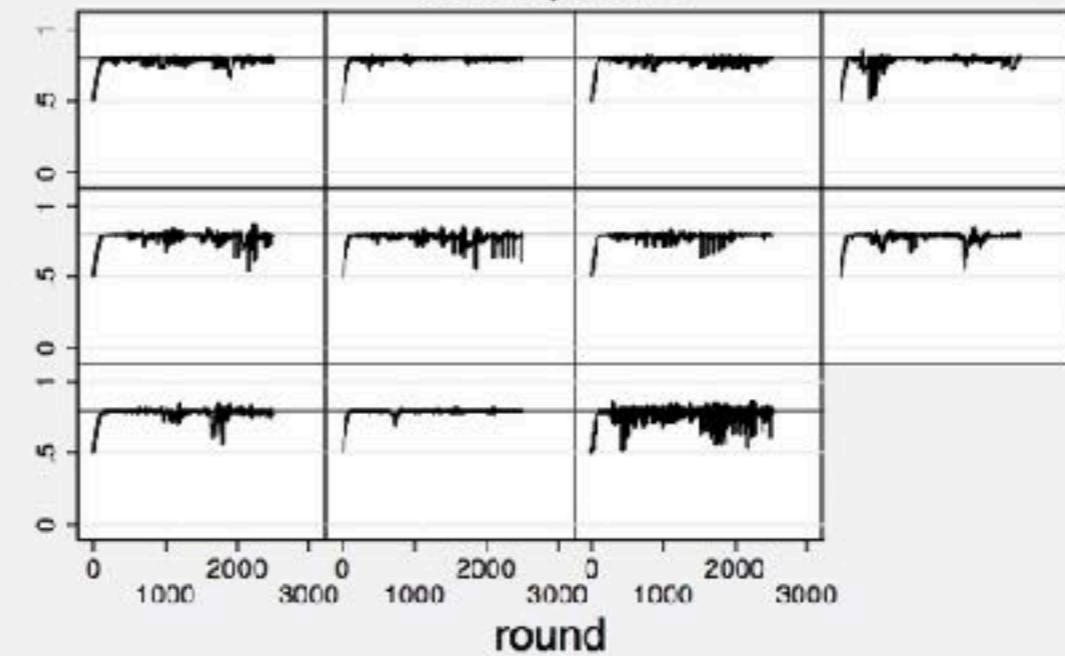
- 총 11가지 전략을 구성
 - 다음 기의 위험판단 전략
 - INFO, INFOTS, CHARTINFO, MARKOV, CHART (총 5)
 - CON: 수준 유지/조정 - 위험판단방식에 따라 CON, CONINFO, CONINFOTS… (총 6가지)
 - FLIP: 위험(h), 안전(l) 포트폴리오 중 선택 - 위험판단방식에 따라 FLIPINFO, FLIPINFOTS… (총 5가지)
 - 모든 전략은 결정적 함수: 통계적 과정이 없음

위험자산 비중

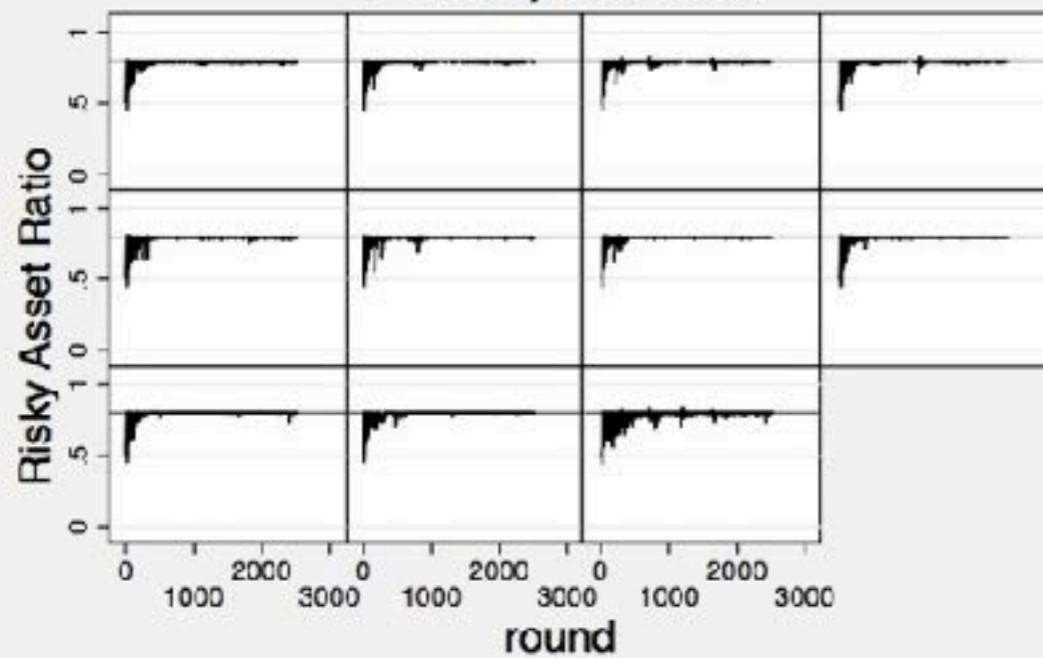
ADD, No Info



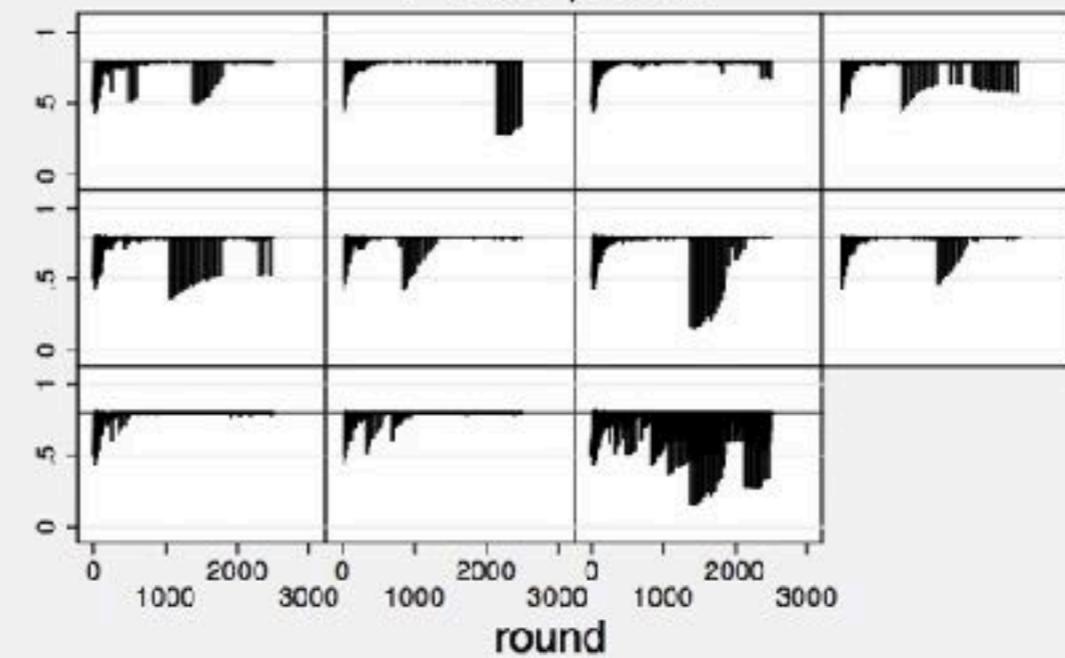
ADD, Info



PROP, No Info

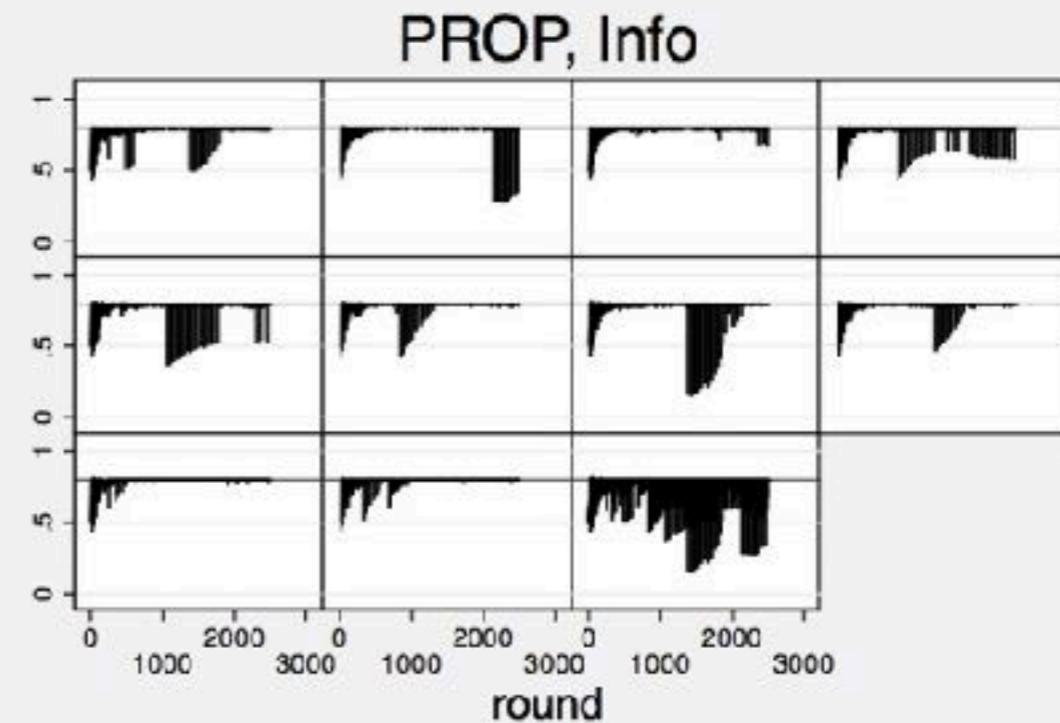
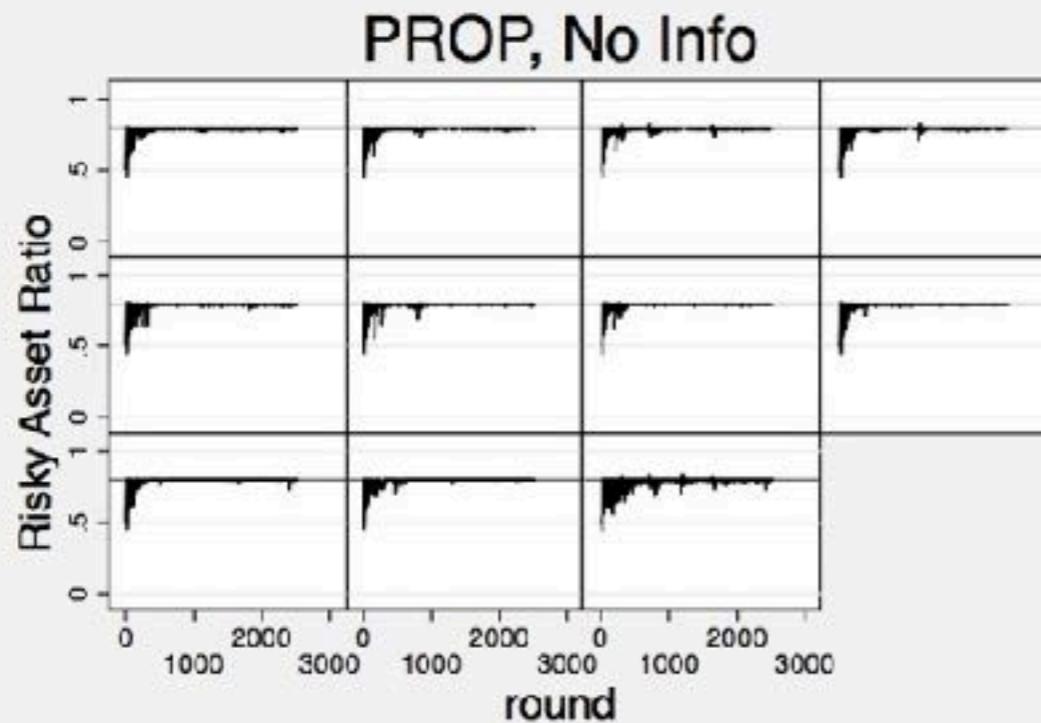
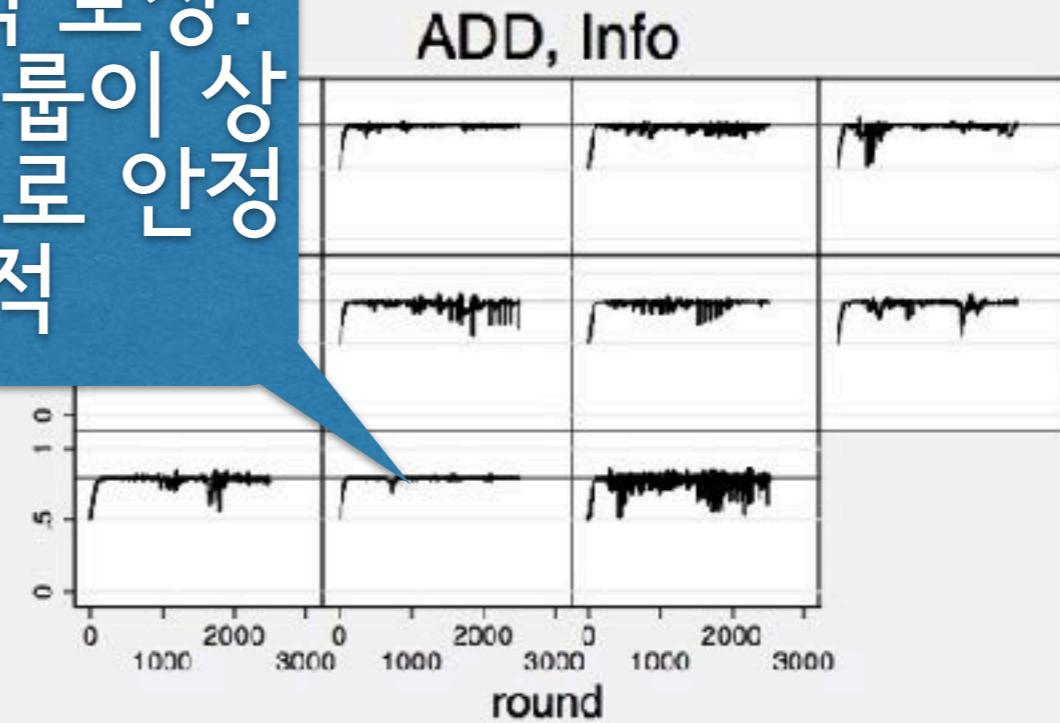
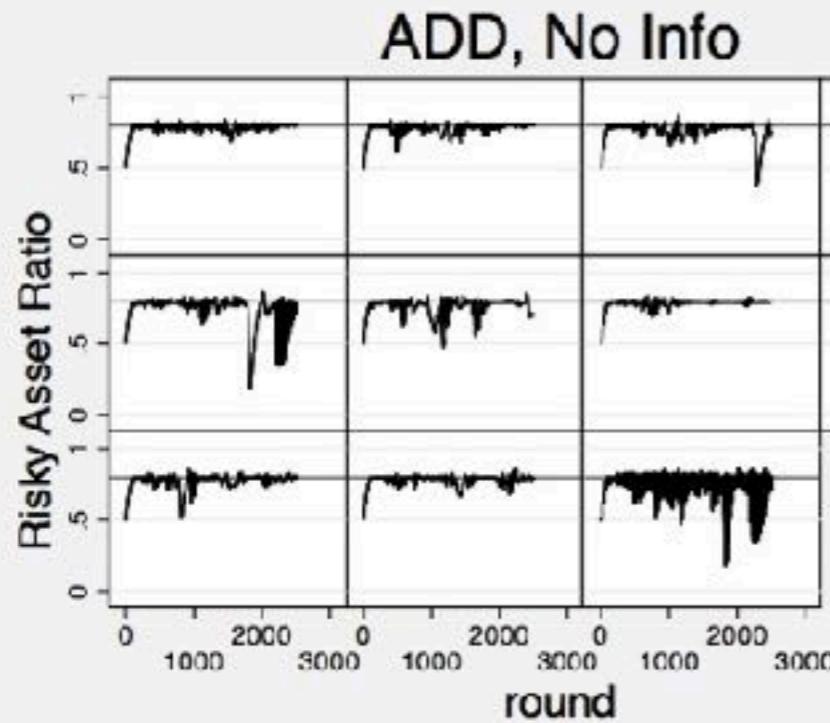


PROP, Info

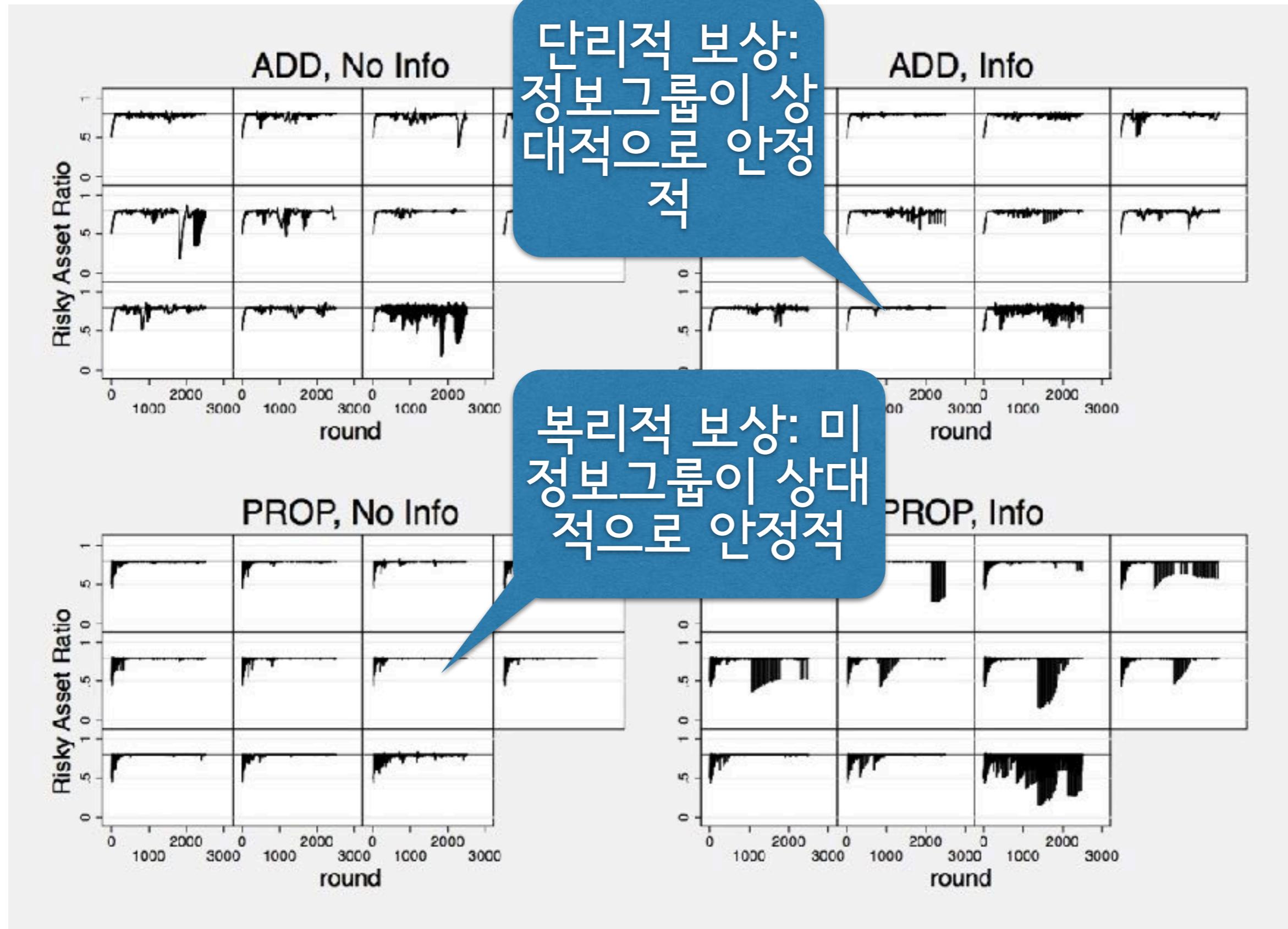


위험자산 비중

단리적 보상:
정보그룹이 상
대적으로 안정
적



위험자산 비중



Risky Asset Ratio Statistics after 1000 round

```
. bysort payoff info_name: su rr if round>1000
```

```
-> payoff = ADD, info_name = Info
```

| Variable | Obs | Mean | Std. Dev. | Min | Max |
|----------|-------|----------|-----------|----------|----------|
| rr | 15000 | .7852487 | .0260014 | .5430151 | .8655663 |

```
-> payoff = ADD, info_name = No Info
```

| Variable | Obs | Mean | Std. Dev. | Min | Max |
|----------|-------|---------|-----------|----------|---------|
| rr | 15000 | .770805 | .0645506 | .1891752 | .866096 |

```
-> payoff = PROP, info_name = Info
```

| Variable | Obs | Mean | Std. Dev. | Min | Max |
|----------|-------|----------|-----------|----------|---------|
| rr | 15000 | .7931232 | .0280344 | .1505038 | .805709 |

```
-> payoff = PROP, info_name = No Info
```

| Variable | Obs | Mean | Std. Dev. | Min | Max |
|----------|-------|----------|-----------|----------|----------|
| rr | 15000 | .7954726 | .0045959 | .7062086 | .8303751 |

Risky Asset Ratio Statistics after 1000 round

```
. bysort payoff info_name: su rr if round>1000
```

```
-> payoff = ADD, info_name = Info
```

| Variable | Obs | Mean | Std. Dev. | Min | Max |
|----------|-------|----------|-----------|----------|----------|
| rr | 15000 | .7852487 | .0260014 | .5430151 | .8655663 |

```
-> payoff = ADD, info_name = No Info
```

| Variable | Obs | Mean | Std. Dev. | Min | Max |
|----------|-------|---------|-----------|----------|---------|
| rr | 15000 | .770805 | .0645506 | .1891752 | .866096 |

```
-> payoff = PROP, info_name = Info
```

| Variable | Obs | Mean | Std. Dev. | Min | Max |
|----------|-------|----------|-----------|----------|---------|
| rr | 15000 | .7931232 | .0280344 | .1505038 | .805709 |

```
-> payoff = PROP, info_name = No Info
```

| Variable | Obs | Mean | Std. Dev. | Min | Max |
|----------|-------|----------|-----------|----------|----------|
| rr | 15000 | .7954726 | .0045959 | .7062086 | .8303751 |

단리적 보상: 정보
그룹이 상대적으로
안정적

Risky Asset Ratio Statistics after 1000 round

```
. bysort payoff info_name: su rr if round>1000
```

```
-> payoff = ADD, info_name = Info
```

| Variable | Obs | Mean | Std. Dev. | Min | Max |
|----------|-------|----------|-----------|----------|----------|
| rr | 15000 | .7852487 | .0260014 | .5430151 | .8655663 |

```
-> payoff = ADD, info_name = No Info
```

| Variable | Obs | Mean | Std. Dev. | Min | Max |
|----------|-------|---------|-----------|----------|---------|
| rr | 15000 | .770805 | .0645506 | .1891752 | .866096 |

```
-> payoff = PROP, info_name = Info
```

| Variable | Obs | Mean | Std. Dev. | Min | Max |
|----------|-------|----------|-----------|----------|---------|
| rr | 15000 | .7931232 | .0280344 | .1505038 | .805709 |

```
-> payoff = PROP, info_name = No Info
```

| Variable | Obs | Mean | Std. Dev. | Min | Max |
|----------|-------|----------|-----------|----------|----------|
| rr | 15000 | .7954726 | .0045959 | .7062086 | .8303751 |

단리적 보상: 정보 그룹이 상대적으로 안정적

복리적 보상: 미 정보그룹이 상대적으로 안정적

파산 통계

. bysort payoff info_name: su rr if rr>.8

-> payoff = ADD, info_name = Info

| Variable | Obs | Mean | Std. Dev. |
|----------|------|----------|-----------|
| rr | 3954 | .8056687 | .0075813 |

-> payoff = ADD, info_name = No Info

| Variable | Obs | Mean | Std. Dev. |
|----------|------|----------|-----------|
| rr | 3786 | .8069524 | .0092343 |

-> payoff = PROP, info_name = Info

| Variable | Obs | Mean | Std. Dev. |
|----------|-----|----------|-----------|
| rr | 945 | .8009186 | .0017699 |

-> payoff = PROP, info_name = No Info

| Variable | Obs | Mean | Std. Dev. |
|----------|-----|----------|-----------|
| rr | 975 | .8007504 | .00217 |

파산 통계

. bysort payoff info_name: su rr if rr>.8

-> payoff = ADD, info_name = Info

| Variable | Obs | Mean | Std. Dev. |
|----------|------|----------|-----------|
| rr | 3954 | .8056687 | .0075813 |

-> payoff = ADD, info_name = No Info

| Variable | Obs | Mean | Std. Dev. |
|----------|------|----------|-----------|
| rr | 3786 | .8069524 | .0092343 |

-> payoff = PROP, info_name = Info

| Variable | Obs | Mean | Std. Dev. |
|----------|-----|----------|-----------|
| rr | 945 | .8009186 | .0017699 |

-> payoff = PROP, info_name = No Info

| Variable | Obs | Mean | Std. Dev. |
|----------|-----|----------|-----------|
| rr | 975 | .8007504 | .00217 |

단리적 보상의 파
산 횟수가 복리적
보상의 경우보다 4
배 가량 많음.
이유: 파산회피에
시간이 걸림

파산 통계

. bysort payoff info_name: su rr if rr>.8

-> payoff = ADD, info_name = Info

| Variable | Obs | Mean | Std. Dev. |
|----------|------|----------|-----------|
| rr | 3954 | .8056687 | .0075813 |

-> payoff = ADD, info_name = No Info

| Variable | Obs | Mean | Std. Dev. |
|----------|------|----------|-----------|
| rr | 3786 | .8069524 | .0092343 |

-> payoff = PROP, info_name = Info

| Variable | Obs | Mean | Std. Dev. |
|----------|-----|----------|-----------|
| rr | 945 | .8009186 | .0017699 |

-> payoff = PROP, info_name = No Info

| Variable | Obs | Mean | Std. Dev. |
|----------|-----|----------|-----------|
| rr | 975 | .8007504 | .00217 |

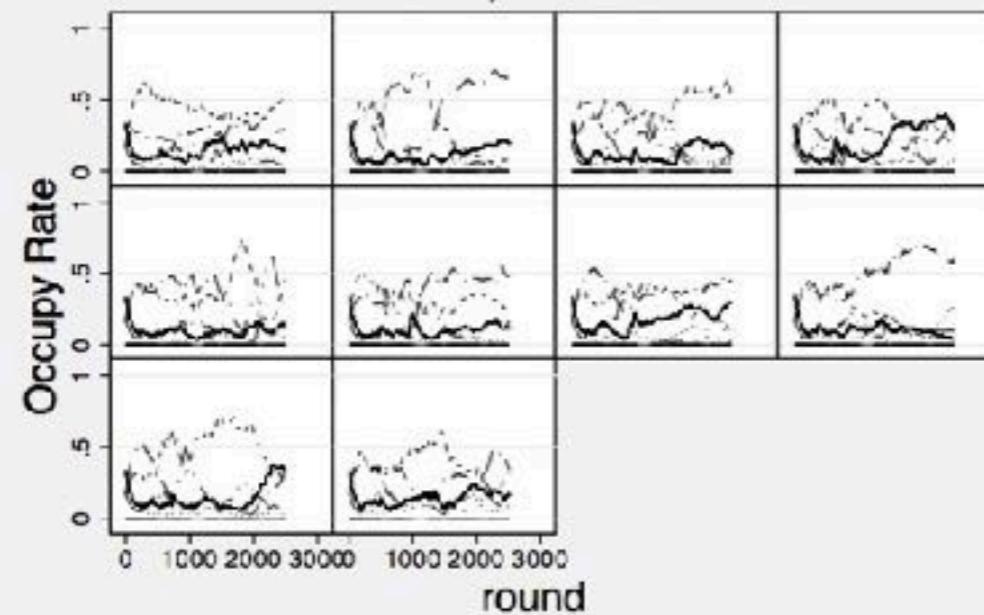
정보 유무에 따른
파산 횟수의 차이
는 비슷

단리적 보상의 파
산 횟수가 복리적
보상의 경우보다 4
배 가량 많음.
이유: 파산회피에
시간이 걸림

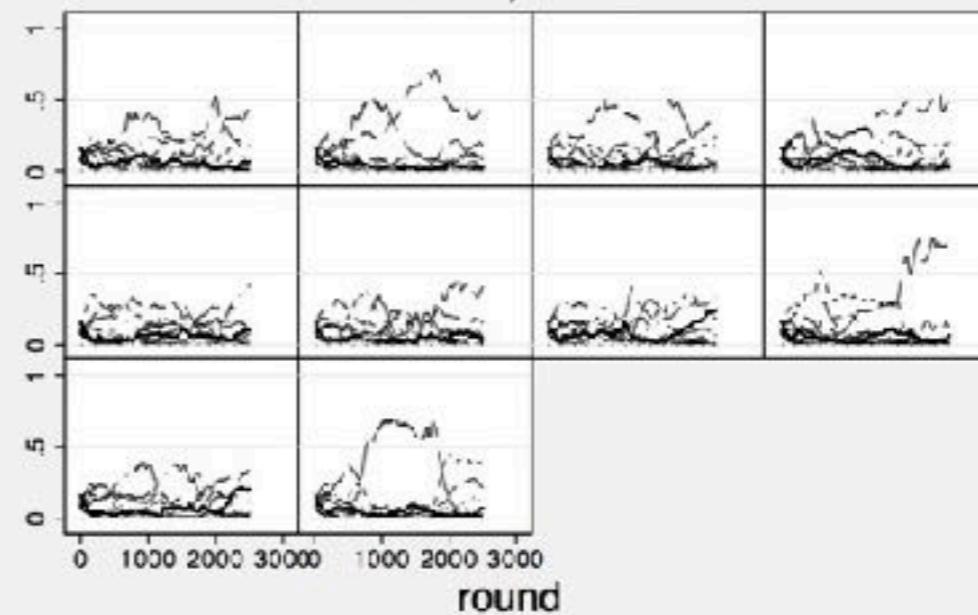
전략 비율

| | |
|-----------------------|-----------------------|
| ratio_con | ratio_coninfo |
| ratio_conchart | ratio_conchartinfo |
| ratio_conchartinfots | ratio_conchartmarkov |
| ratio_flip | ratio_flipinfo |
| ratio_flipchart | ratio_flipchartinfo |
| ratio_flipchartinfots | ratio_flipchartmarkov |

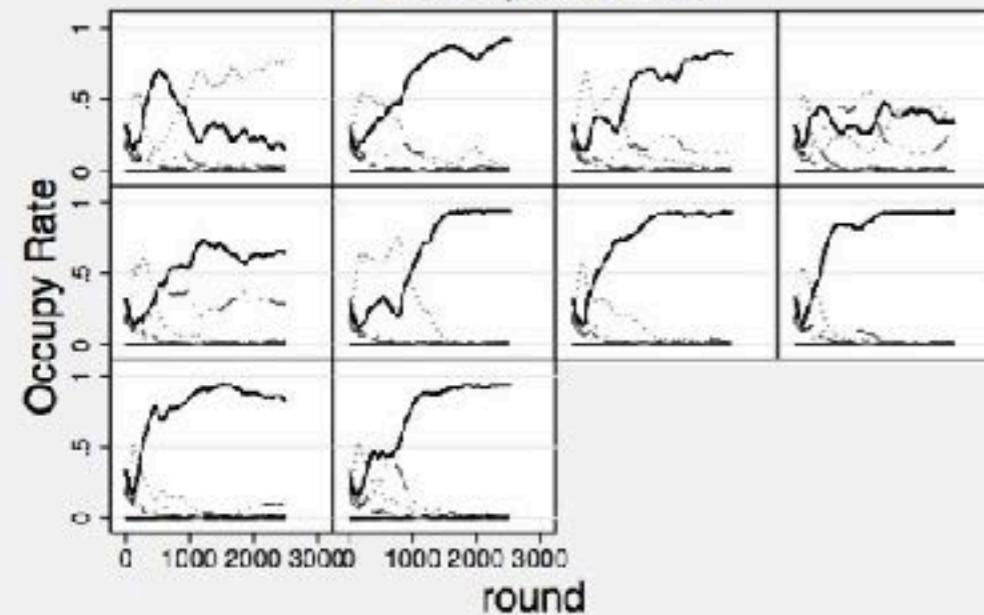
ADD, No Info



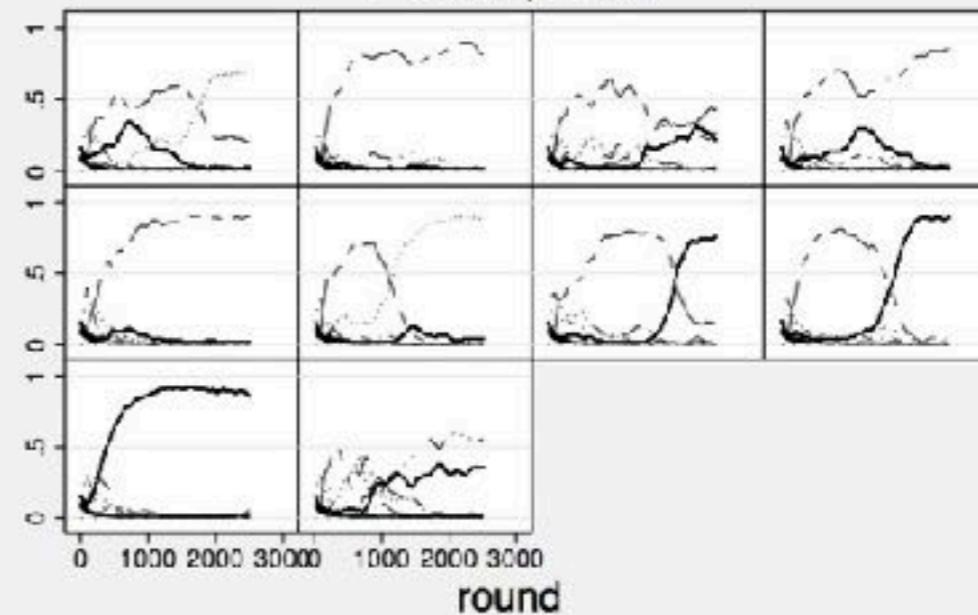
ADD, Info



PROP, No Info



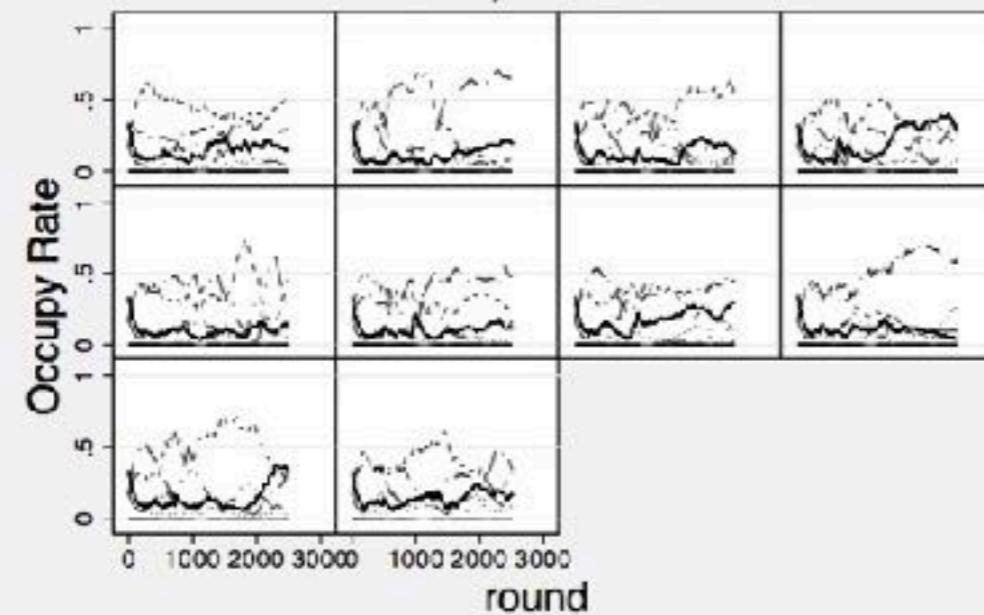
PROP, Info



전략 비율

| | |
|-----------------------|-----------------------|
| ratio_con | ratio_coninfo |
| ratio_conchart | ratio_conchartinfo |
| ratio_conchartinfots | ratio_conchartmarkov |
| ratio_flip | ratio_flipinfo |
| ratio_flipchart | ratio_flipchartinfo |
| ratio_flipchartinfots | ratio_flipchartmarkov |

ADD, No Info

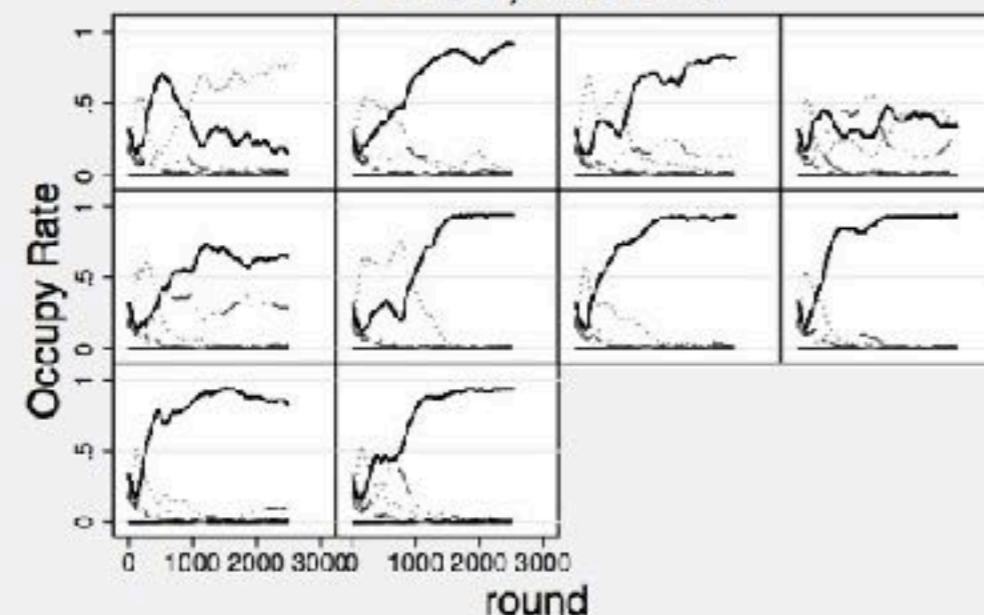


ADD, Info

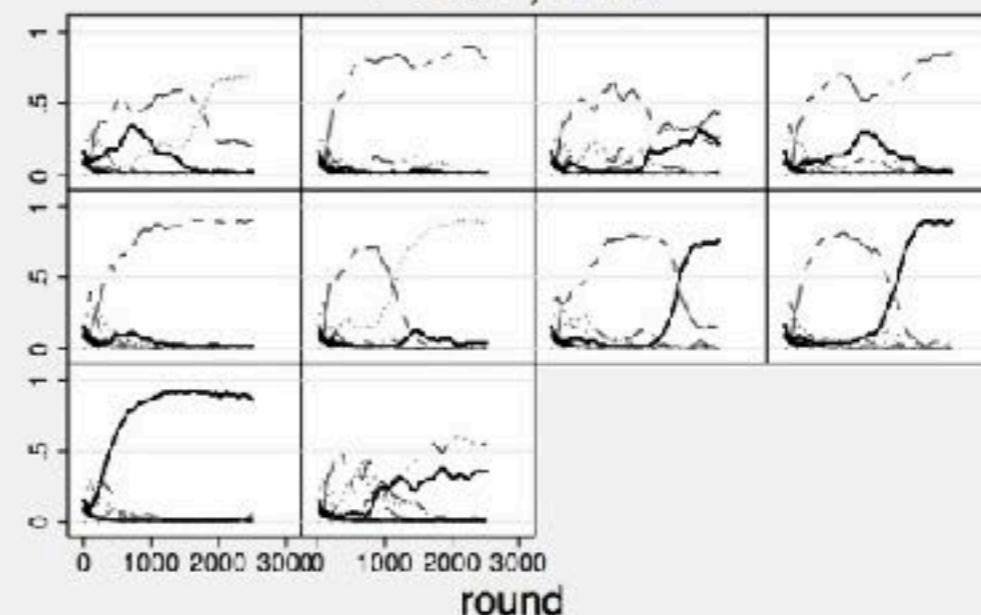


단기적 보상:
지배적 전략
부재

PROP, No Info



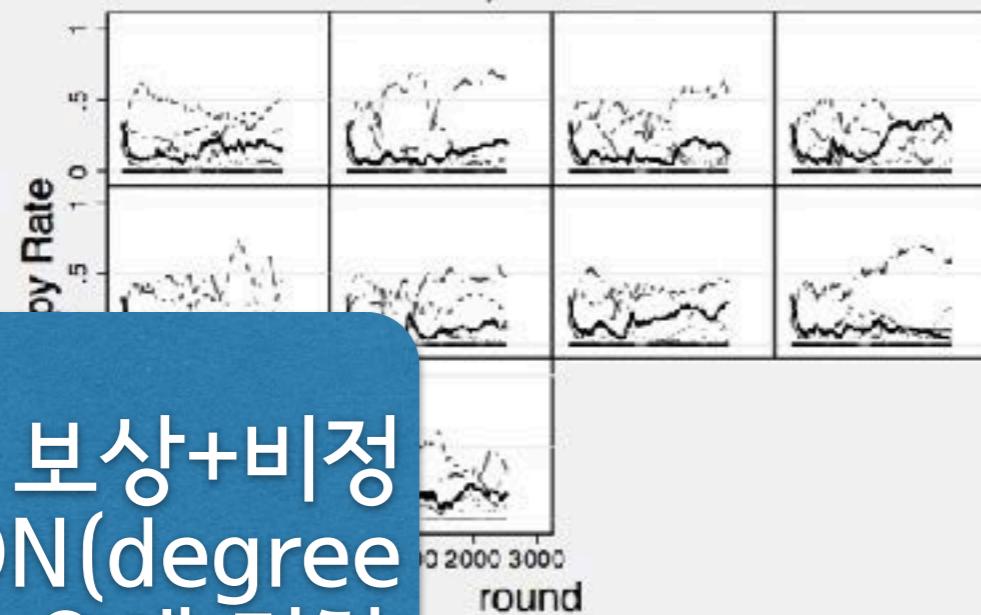
PROP, Info



전략 비율

| | |
|-----------------------|-----------------------|
| ratio_con | ratio_coninfo |
| ratio_conchart | ratio_conchartinfo |
| ratio_conchartinfots | ratio_conchartmarkov |
| ratio_flip | ratio_flipinfo |
| ratio_flipchart | ratio_flipchartinfo |
| ratio_flipchartinfots | ratio_flipchartmarkov |

ADD, No Info



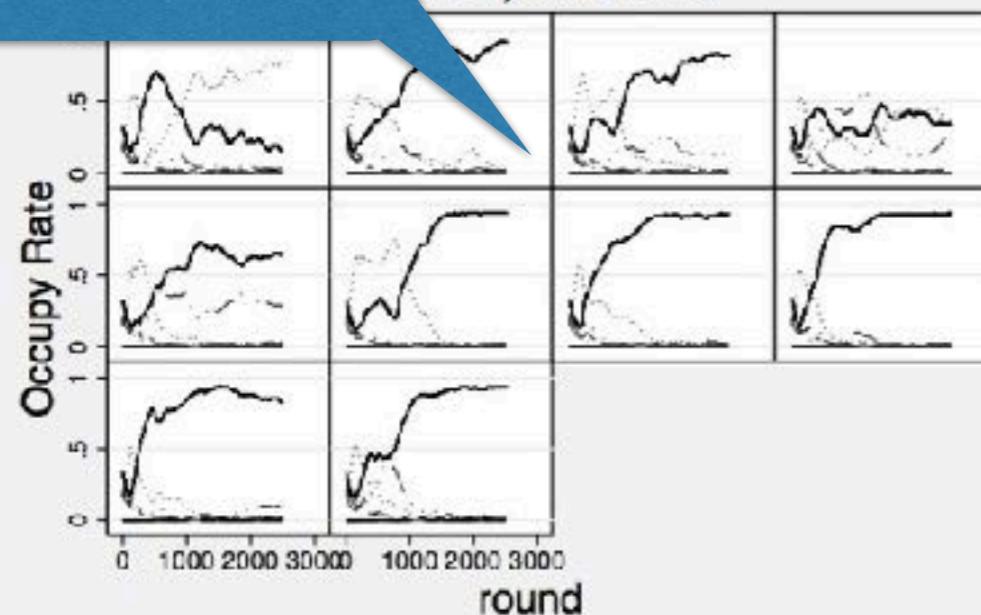
복리적 보상+비정
보: CON(degree
0)전략 우세 경향

ADD, Info

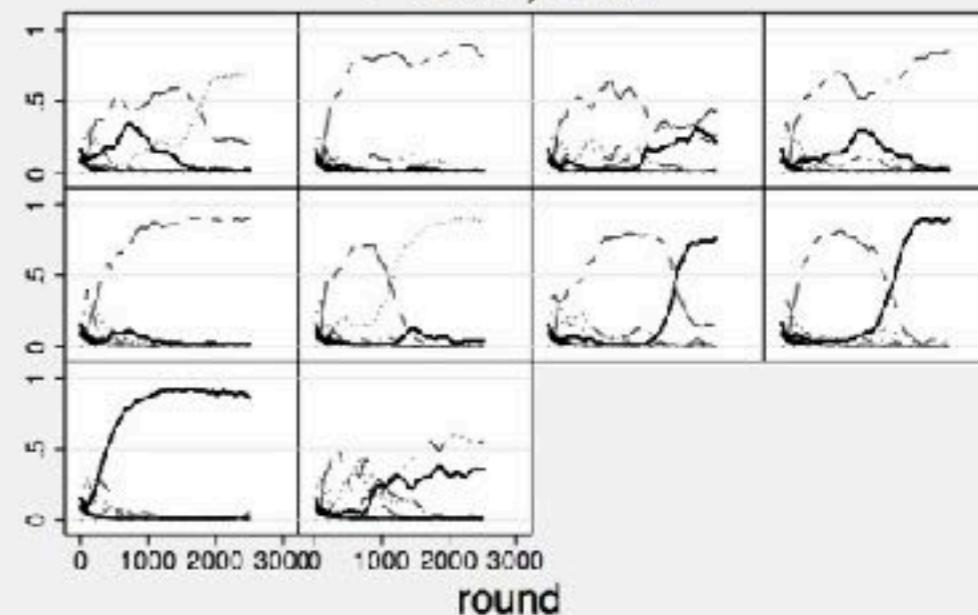


단리적 보상:
지배적 전략
부재

OP, No Info



PROP, Info



전략 비율

| | |
|-----------------------|-----------------------|
| ratio_con | ratio_coninfo |
| ratio_conchart | ratio_conchartinfo |
| ratio_conchartinfots | ratio_conchartmarkov |
| ratio_flip | ratio_flipinfo |
| ratio_flipchart | ratio_flipchartinfo |
| ratio_flipchartinfots | ratio_flipchartmarkov |

ADD, No Info



복리적 보상+비정
보: CON(degree
0)전략 우세 경향

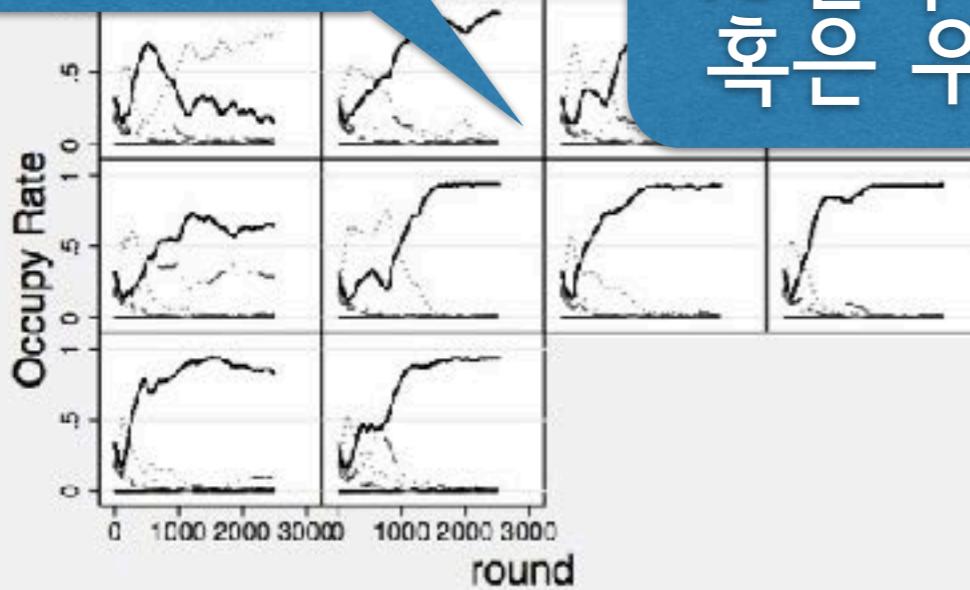
ADD, Info



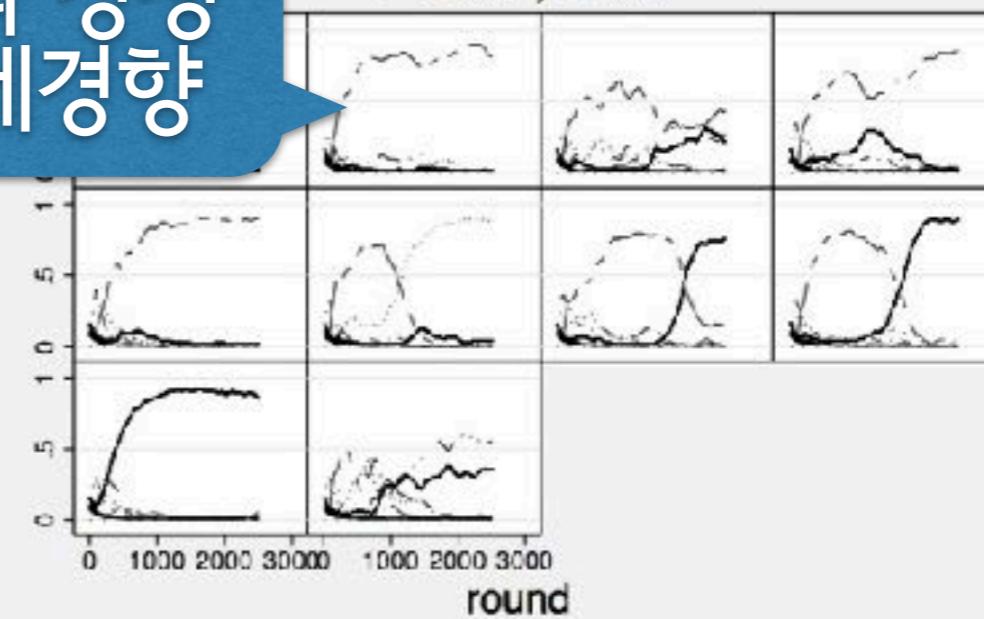
복리적 보상+정
보: CON(degree
0)전략,
FLIPCHARTINFO
TS전략의 경쟁
혹은 우세경향

단리적 보상:
지배적 전략
부재

OP, No I



PROP, Info

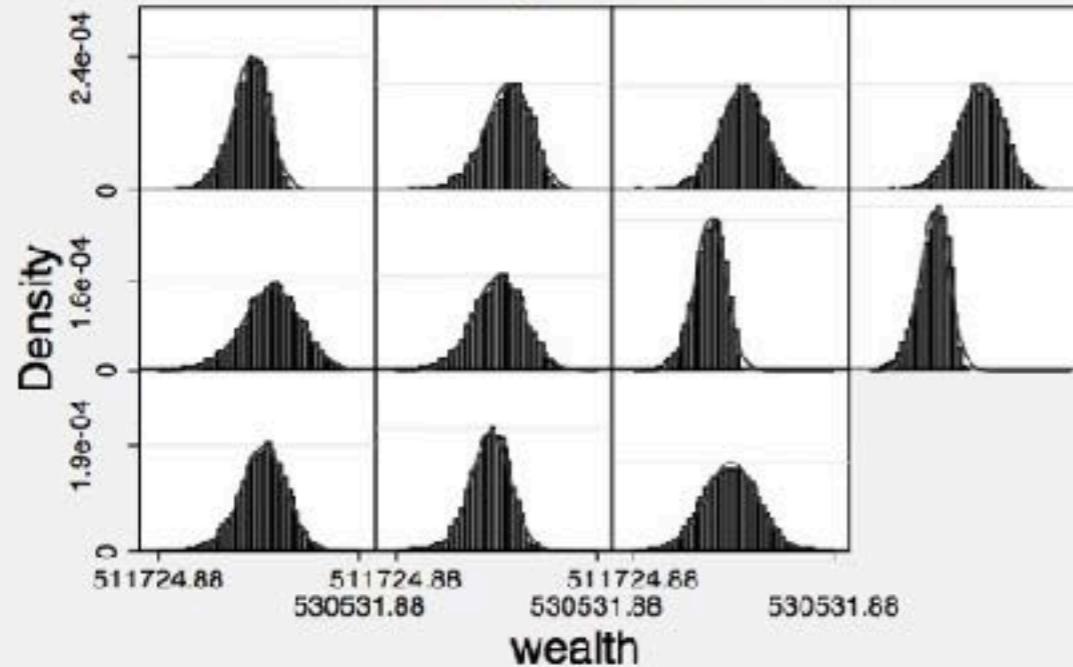


CON, FLIPCHARTINFOTS 전략

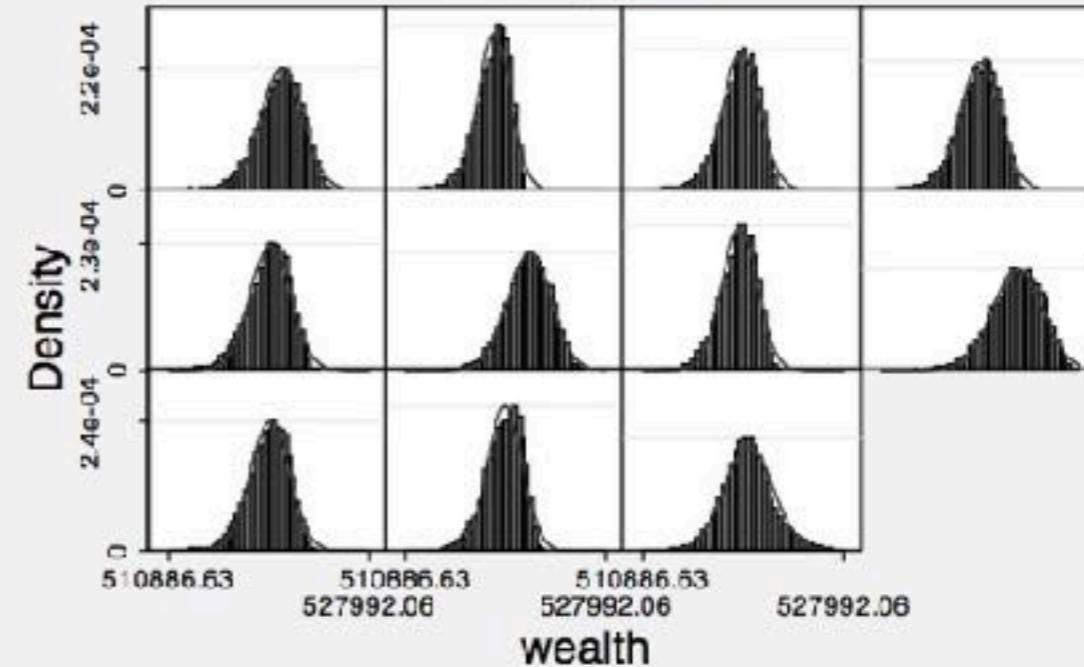
- CON: degree 0 전략
 - 상대방의 전략과 상관없이 일정 비율을 투자
- FLIPCHARTINFOTS: degree > 1
 - 최근 기억기간 m 기 동안의 위험자산율을 통해 시간추세를 구한 뒤, 다음기의 위험자산율을 예측

최종기 부의 분포

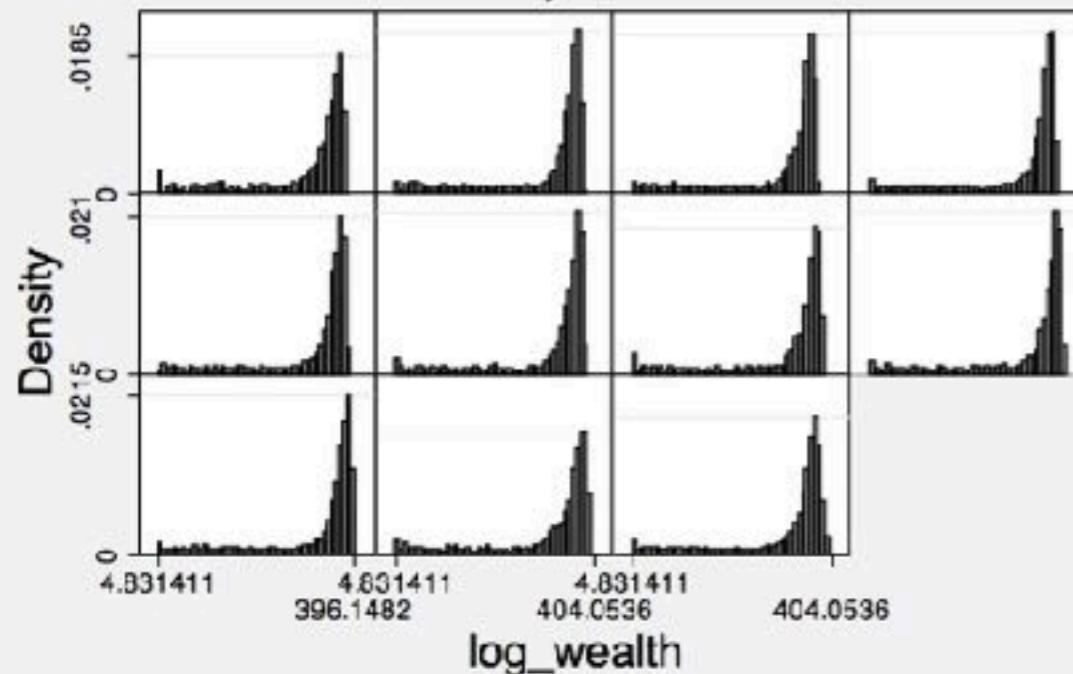
ADD, No Info



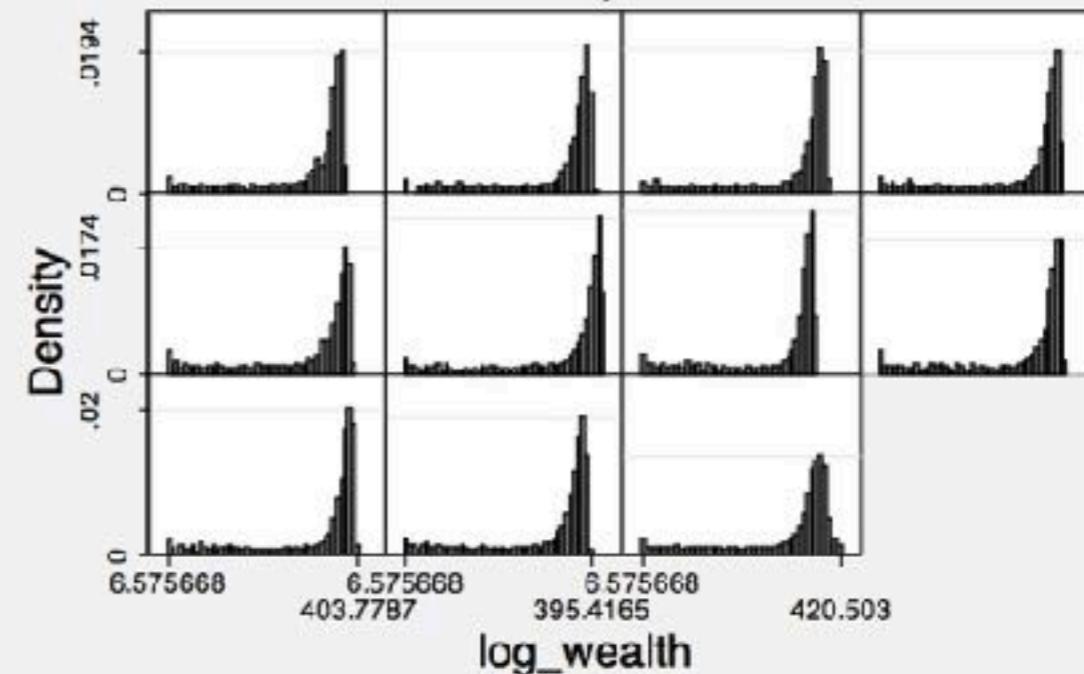
ADD, Info



PROP, No Info

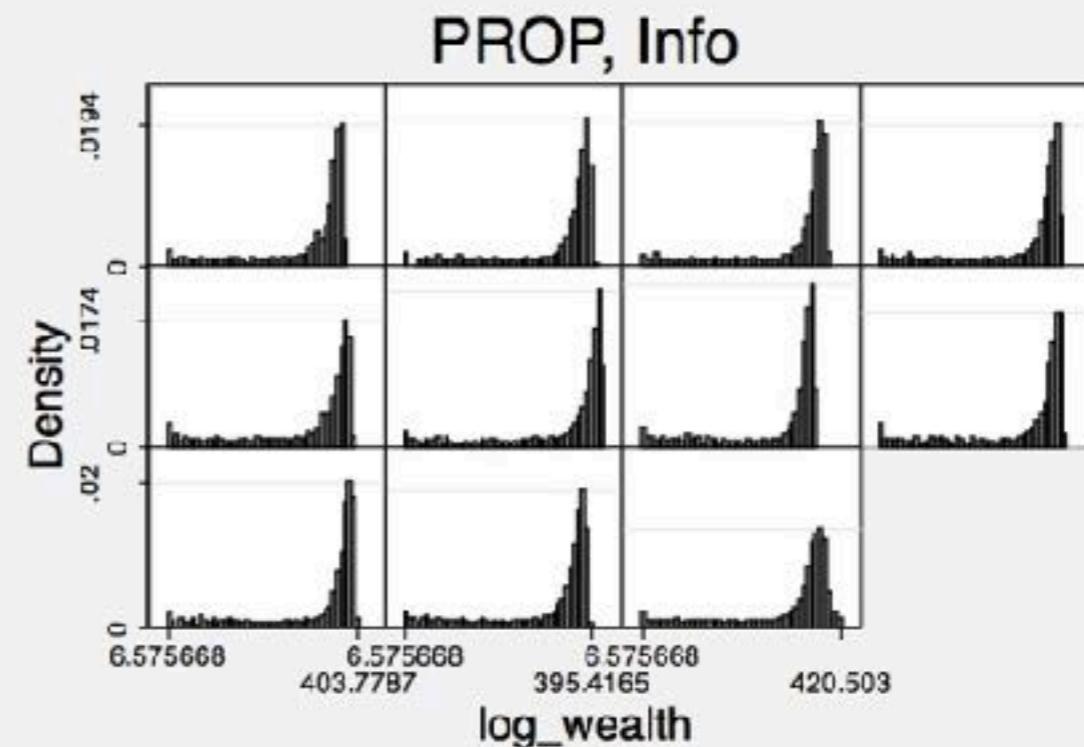
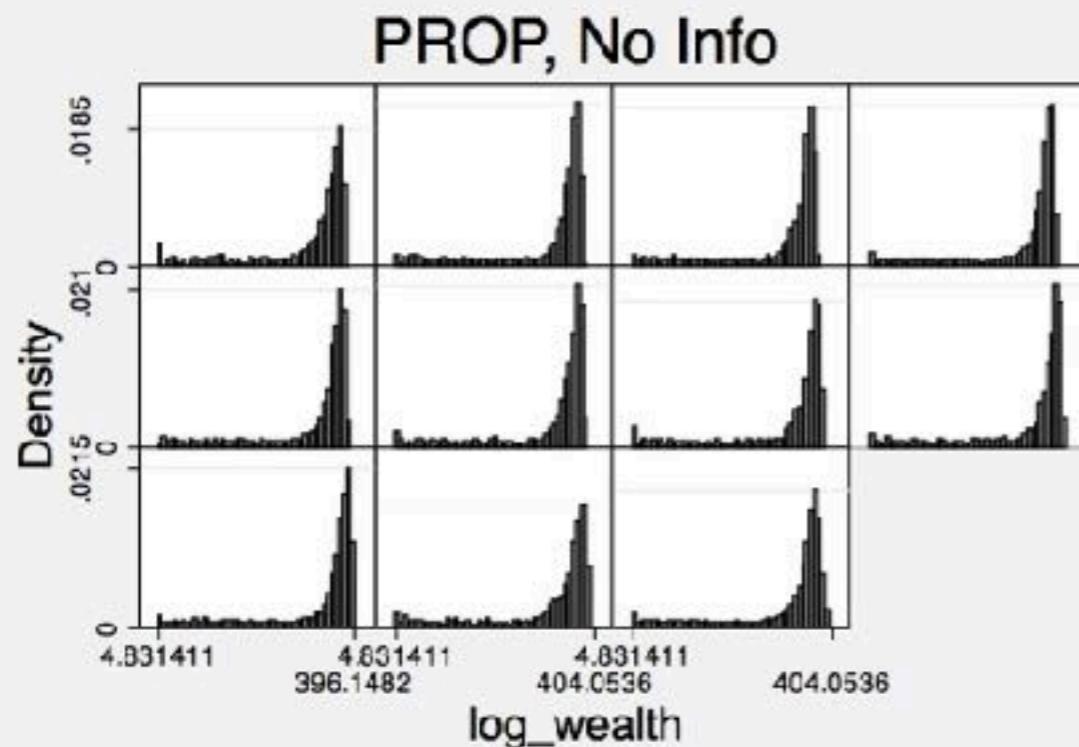
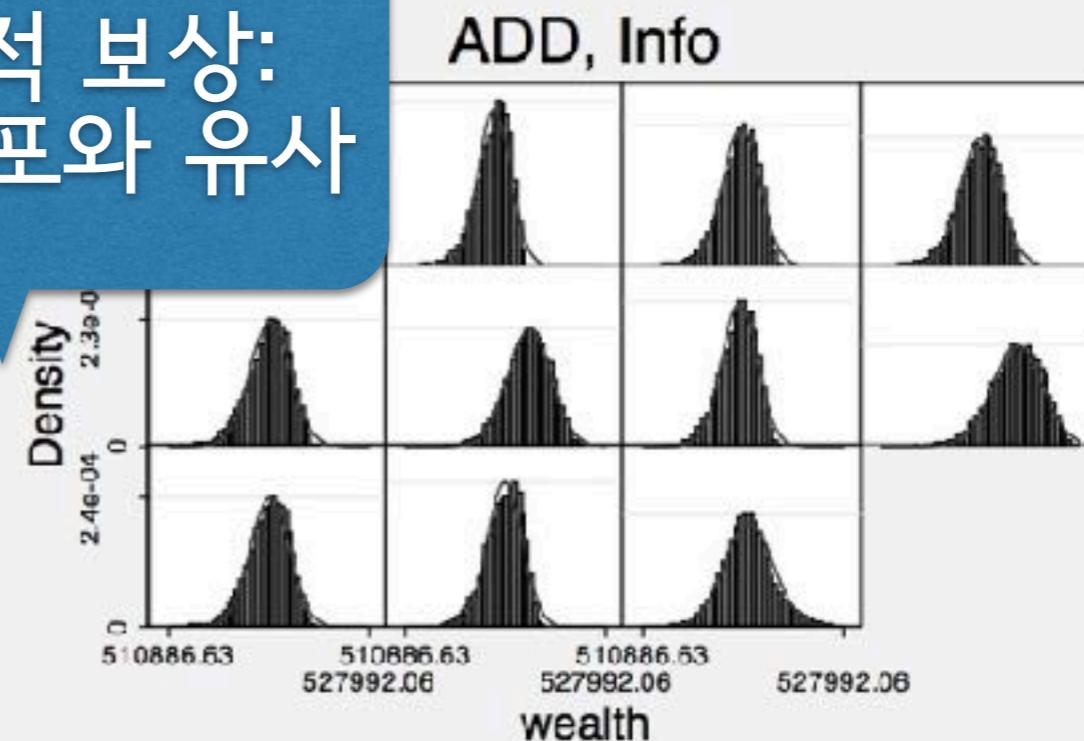
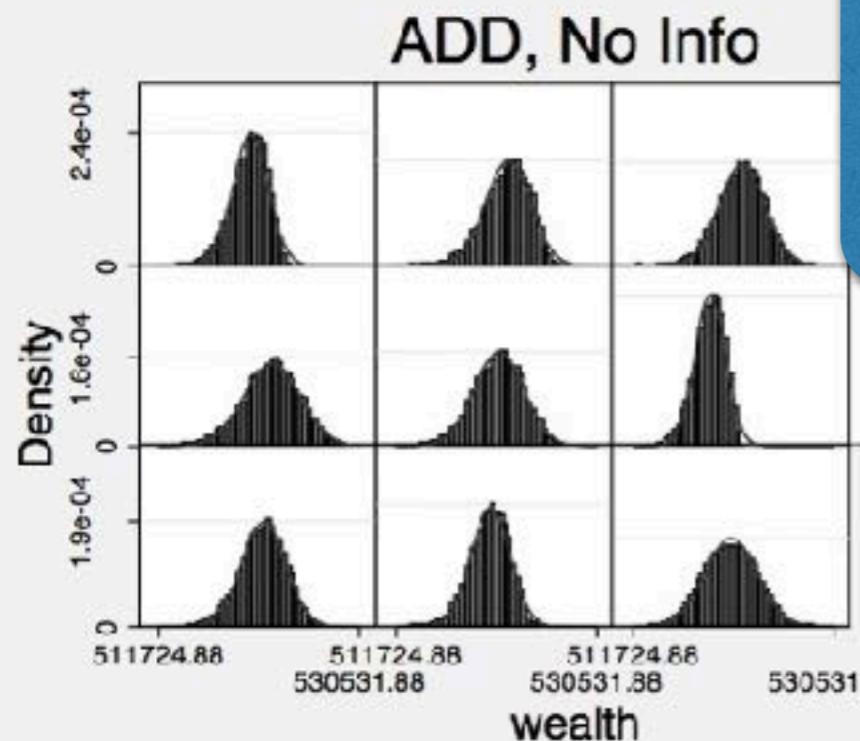


PROP, Info

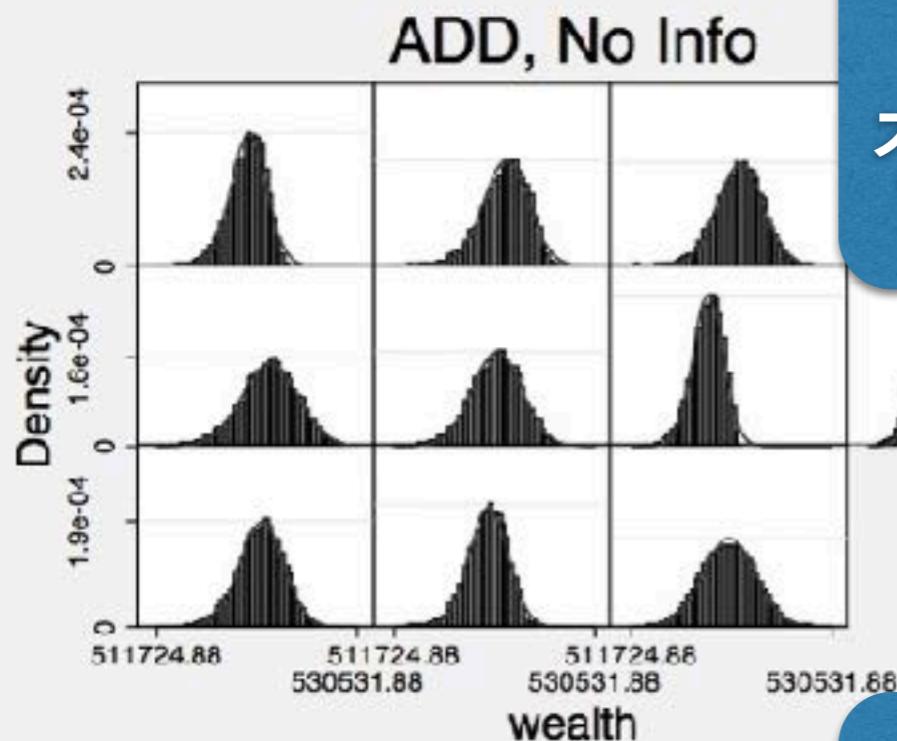


최종기 부의 분포

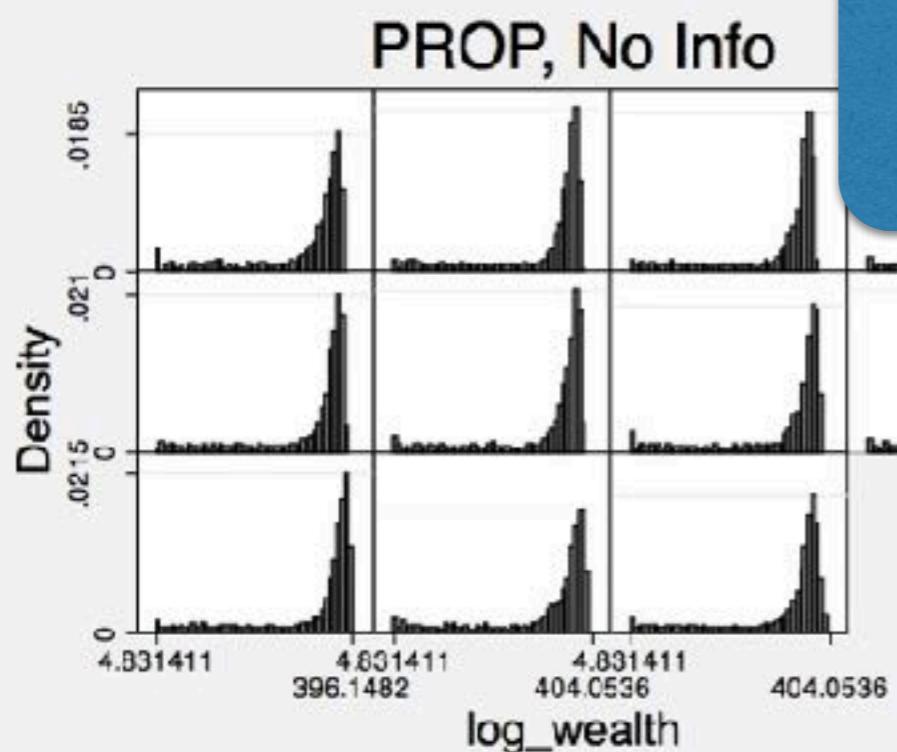
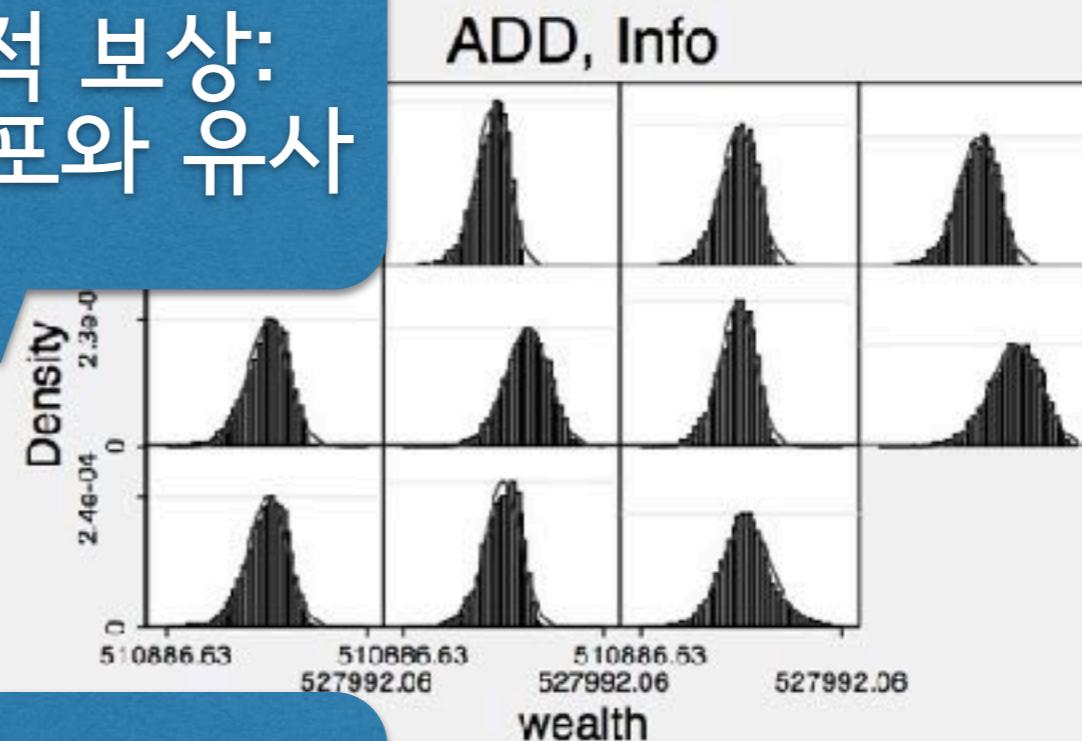
단기적 보상:
정규분포와 유사



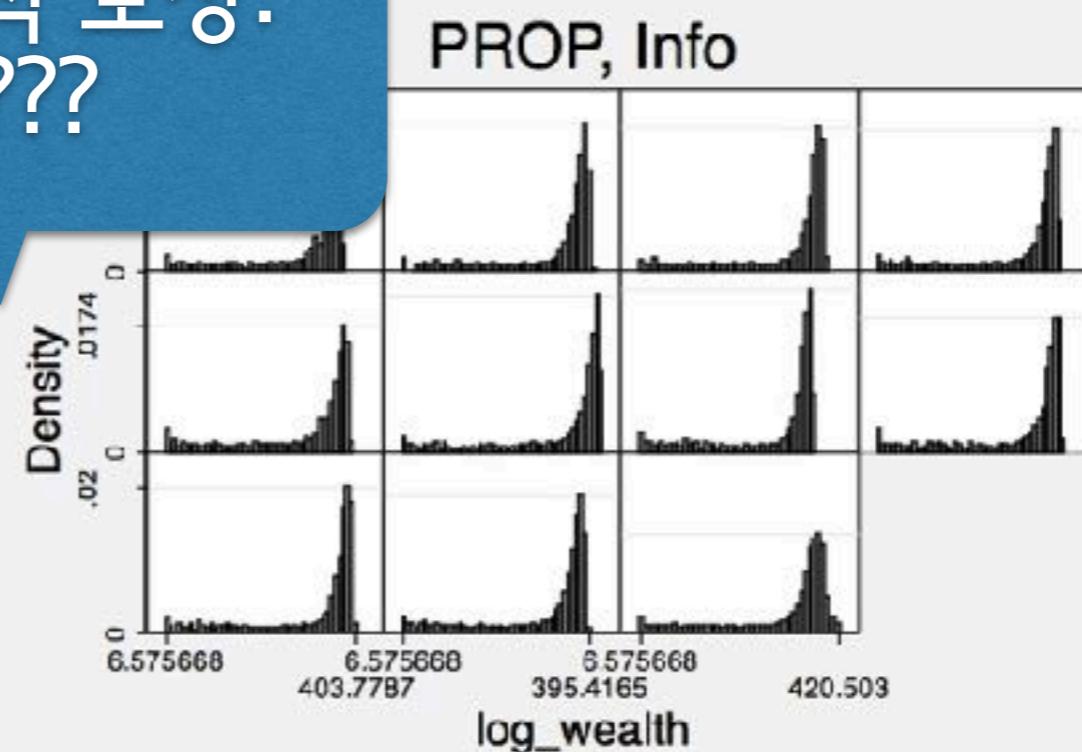
최종기 부의 분포



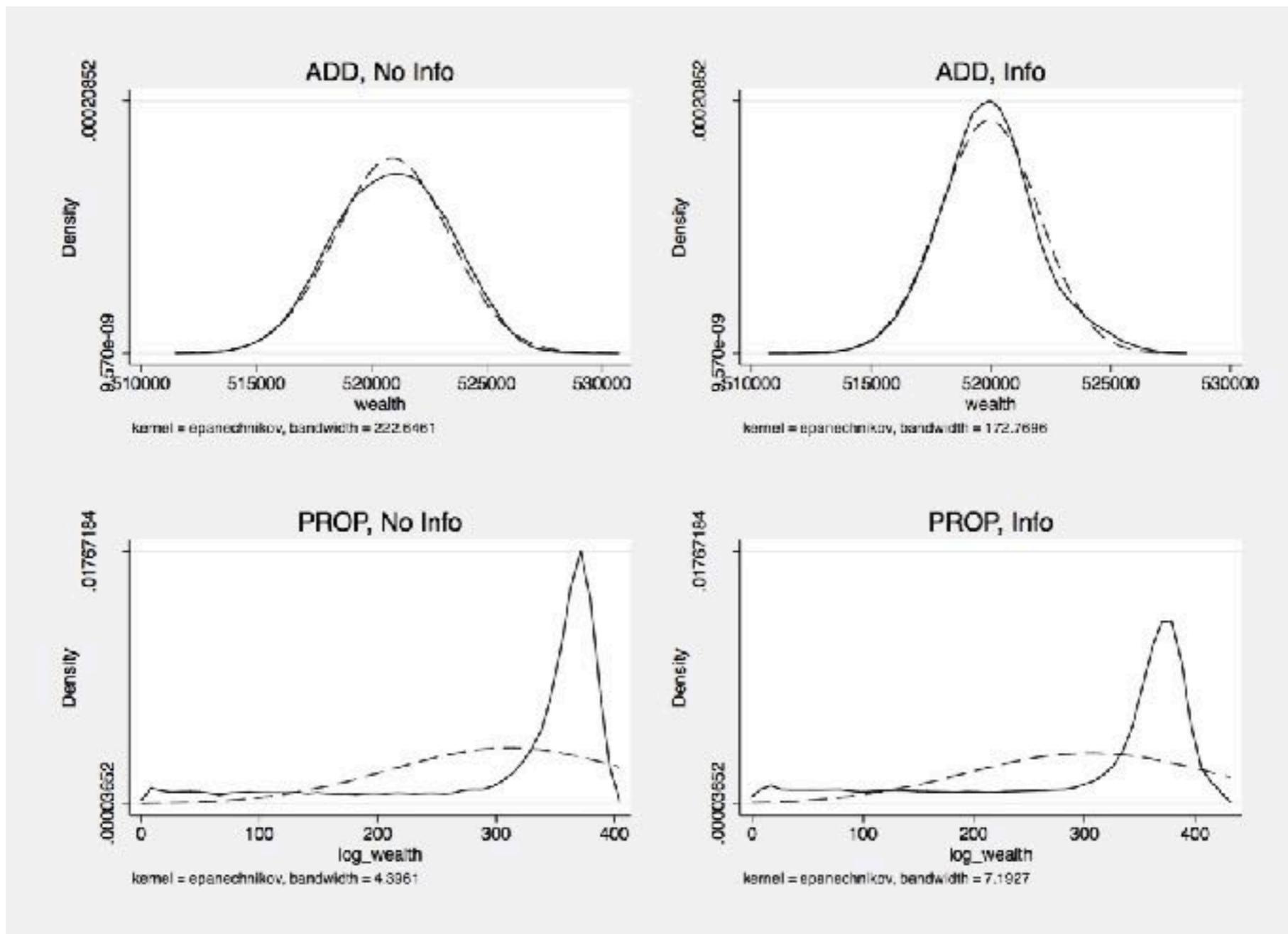
단리적 보상:
정규분포와 유사



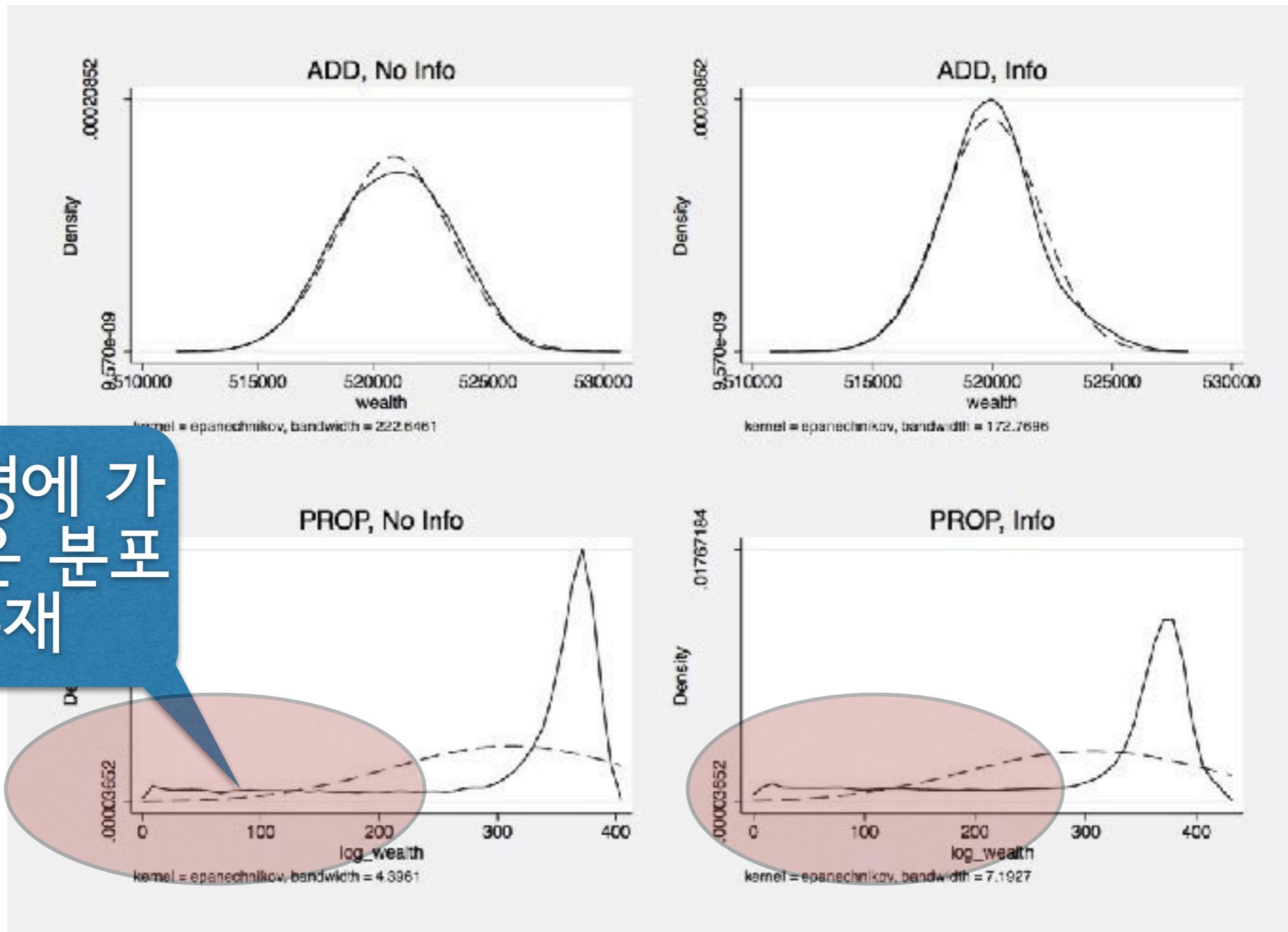
복리적 보상:
???



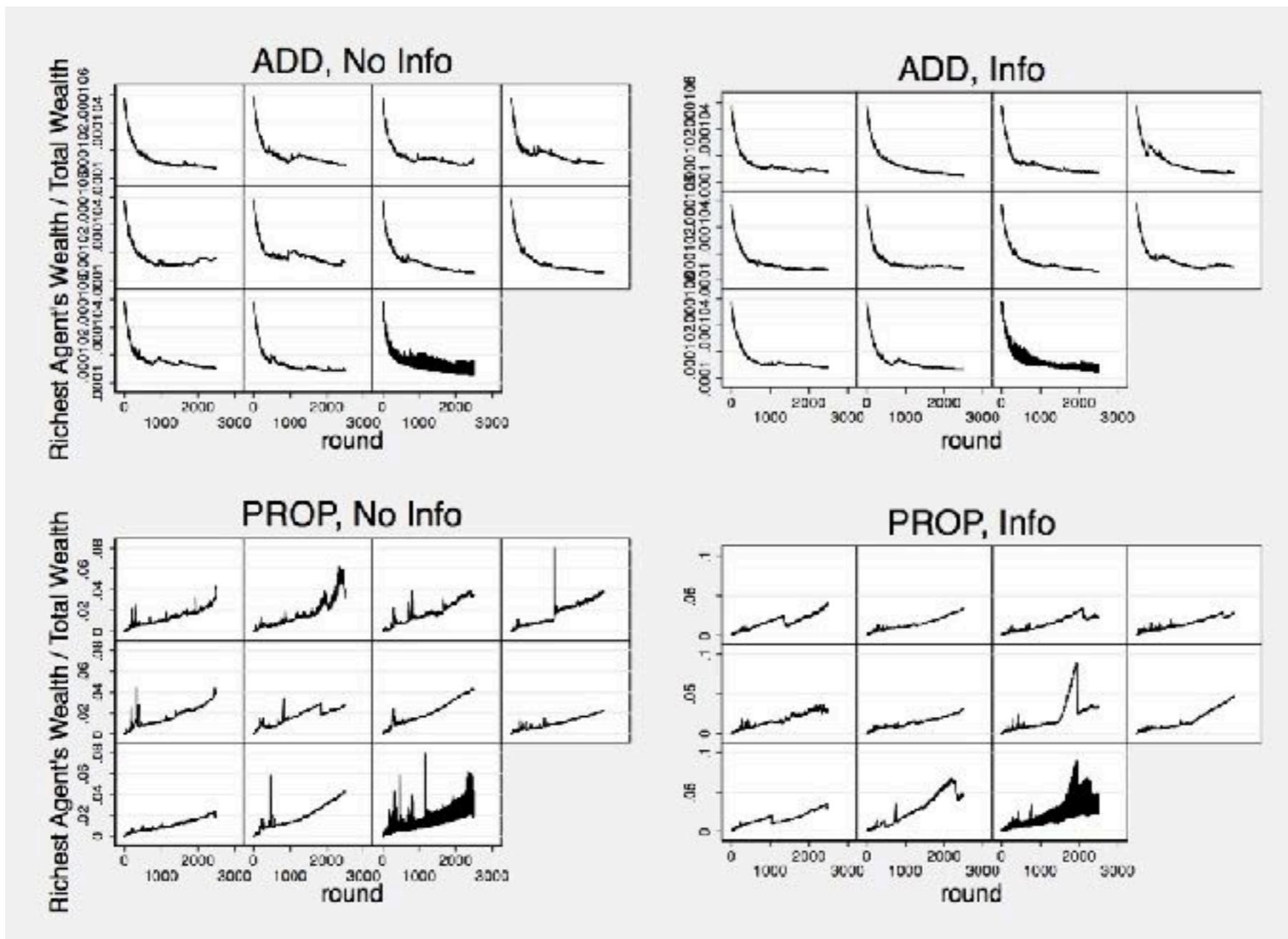
kernel density plot (dash: normal distribution)



kernel density plot (dash: normal distribution)

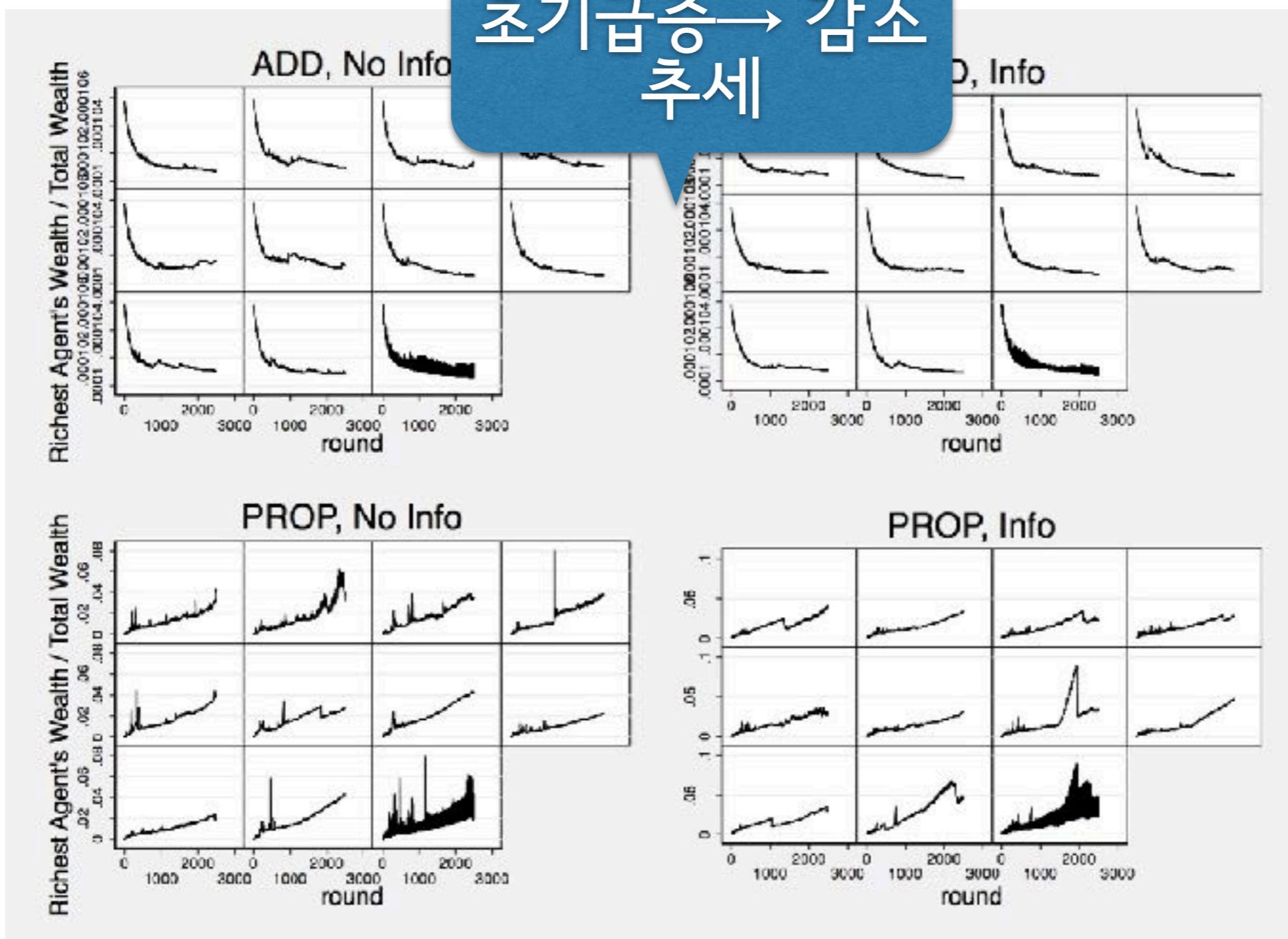


최대 자산 보유 행위자의 부의 비중



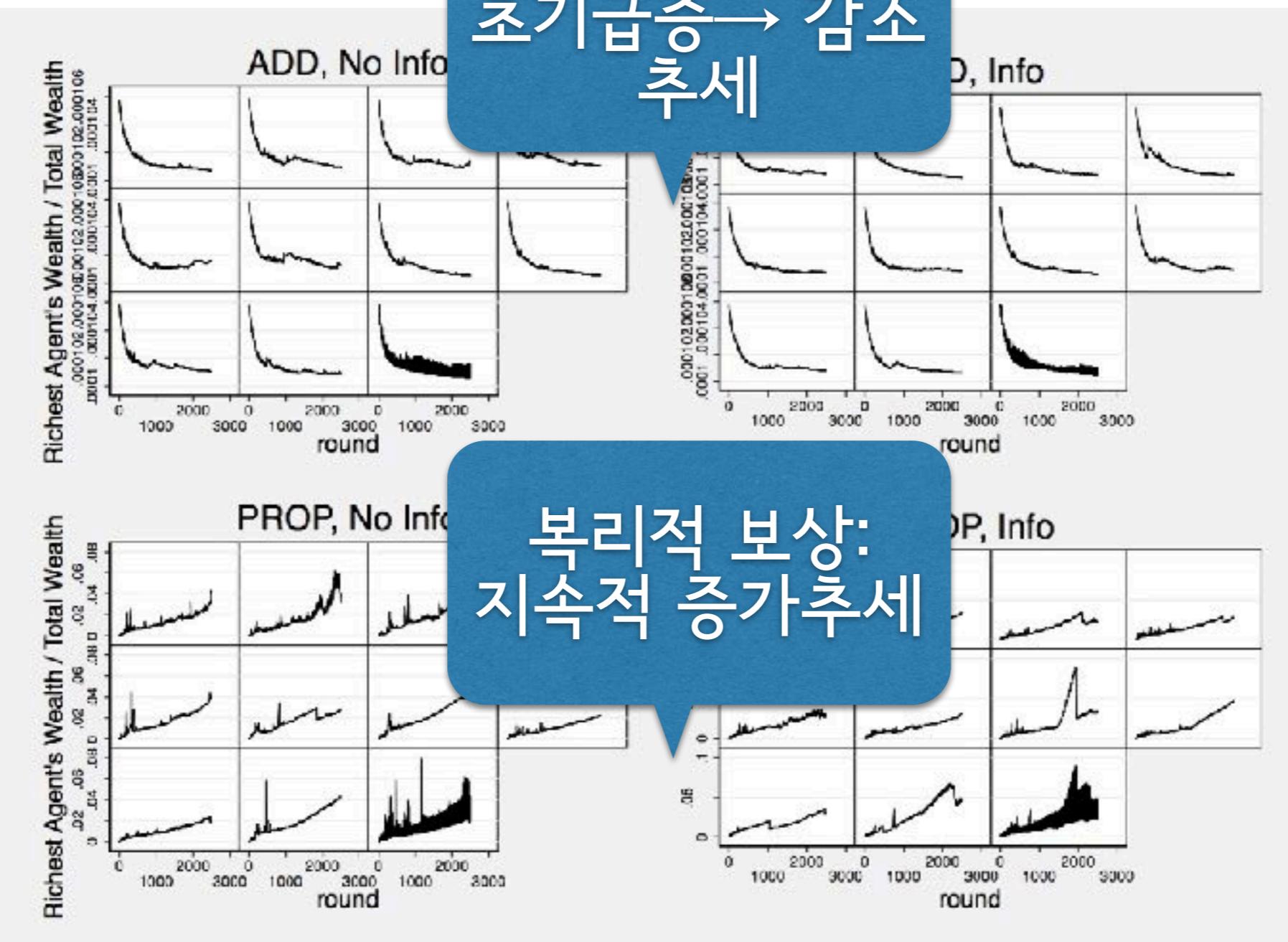
최대 자산 보유 행위자의 부의 비중

단기적 보상:
초기 급증 → 감소
추세



최대 자산 보유 행위자의 부의 비중

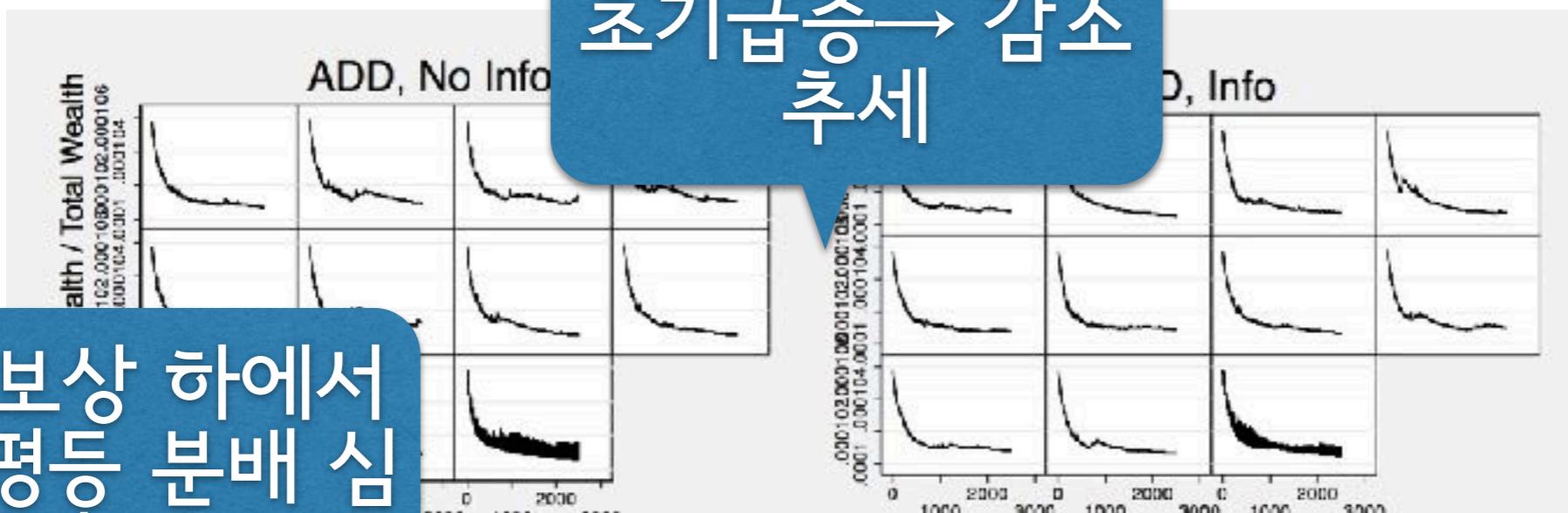
단기적 보상:
초기 급증 → 감소
추세



복리적 보상:
지속적 증가추세

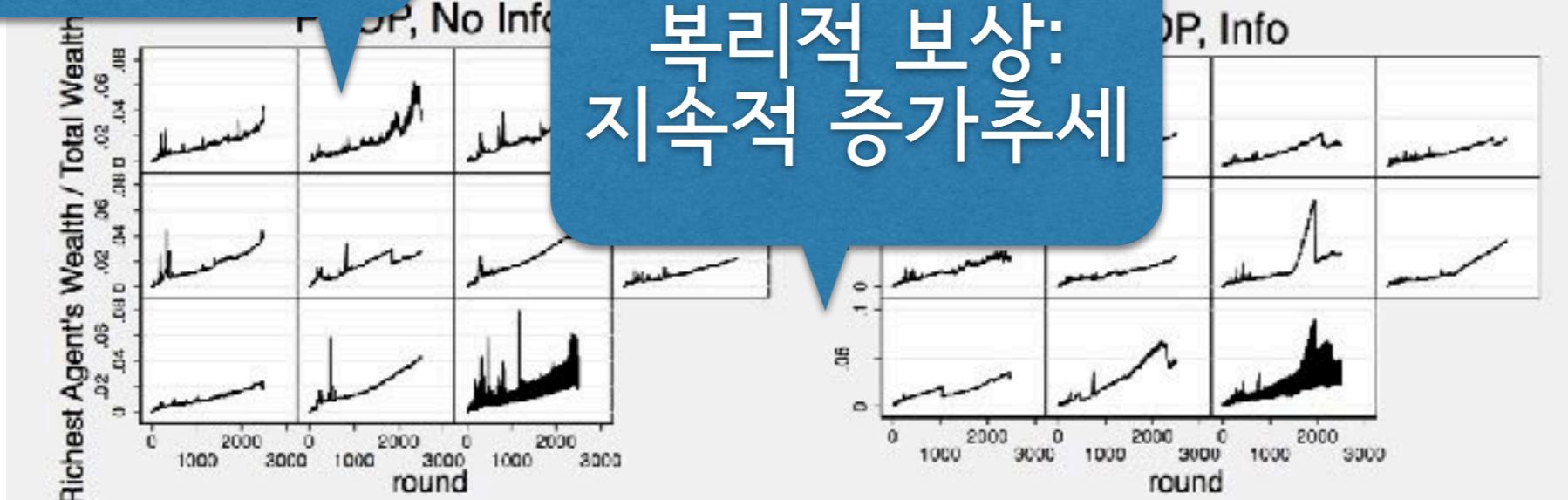
최대 자산 보유 행위자의 부의 비중

단기적 보상:
초기 급증 → 감소
추세

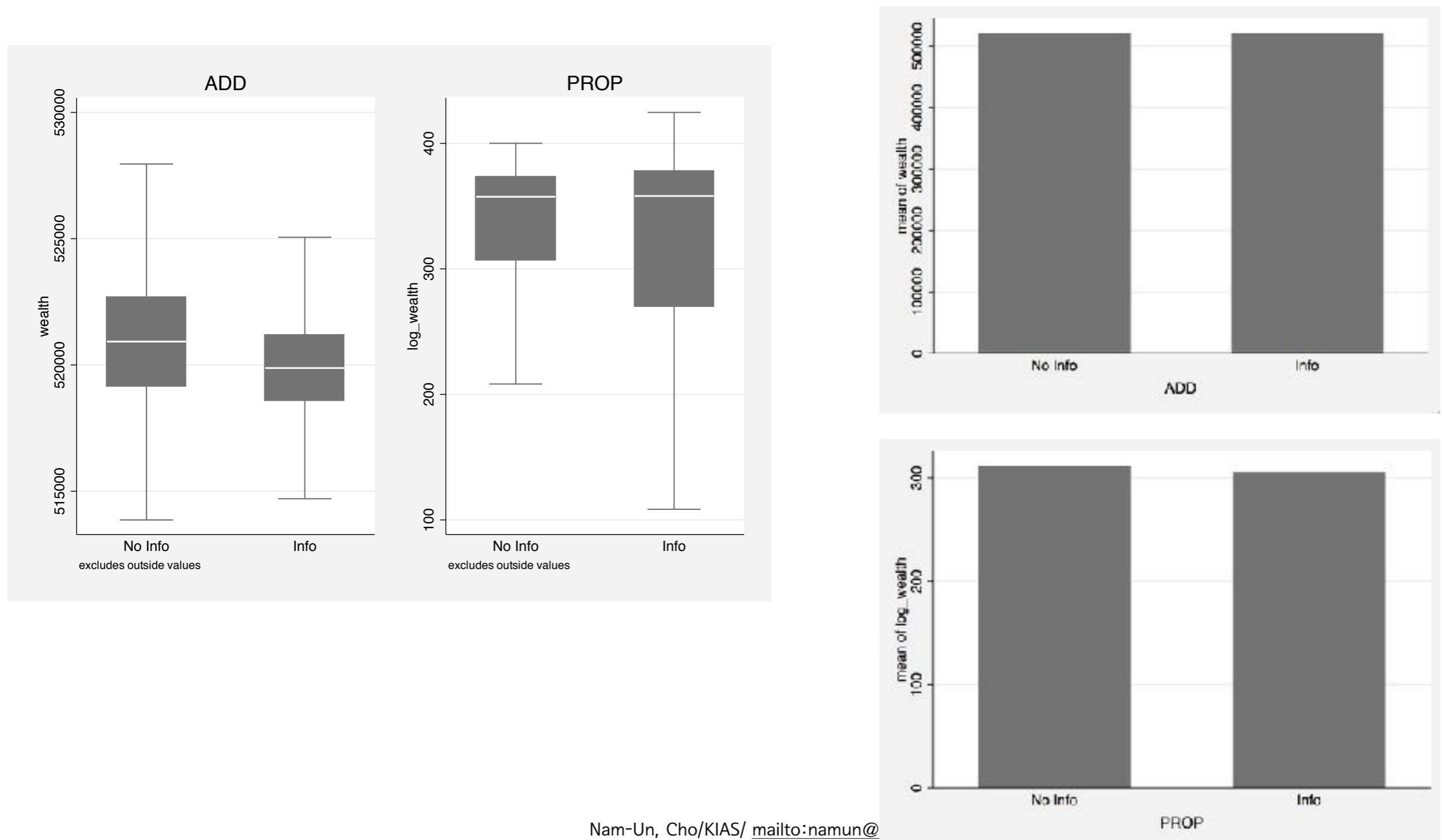


복리적 보상 하에서
부의 불평등화
분배 심

복리적 보상:
지속적 증가추세



최종기 자산



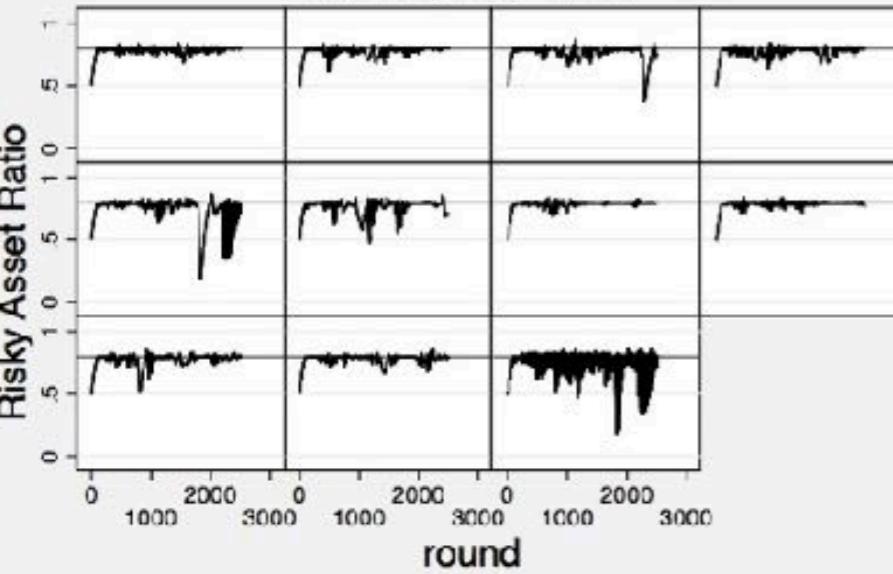
흉내내기 기준 변화

- 행위자들은 더 성공적이라고 판단되는 이웃의 전략을 흉내
 - 성공적 판단의 기준: 현재 보유하고 있는 부
 - 이는 초기부터 현재 기까지의 수익률과 동등
 - 이 성공판단의 기준을 일정 기간에 한하여 그 기간동안의 수익률로 수정
- Rolling Window Regression의 아이디어와 유사

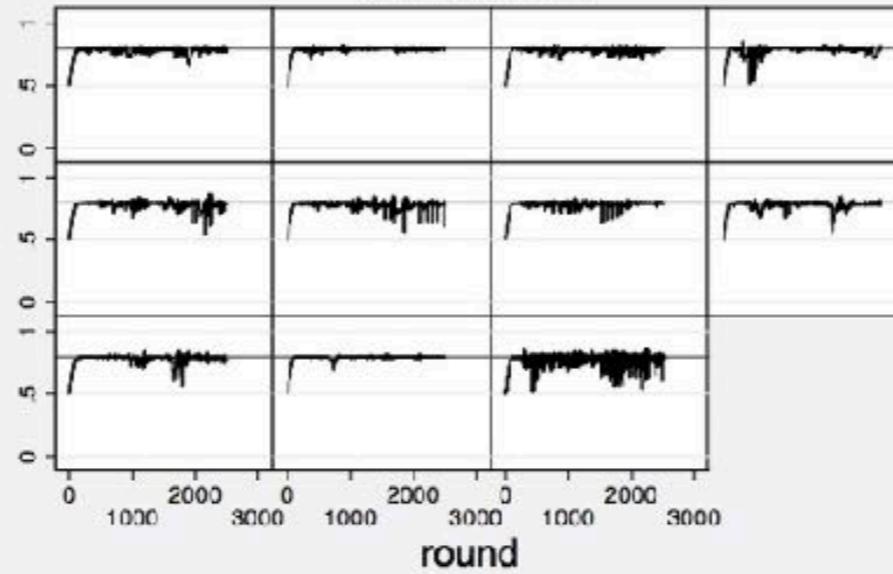
비교기준: 500라운드

비교기준: 500라운드

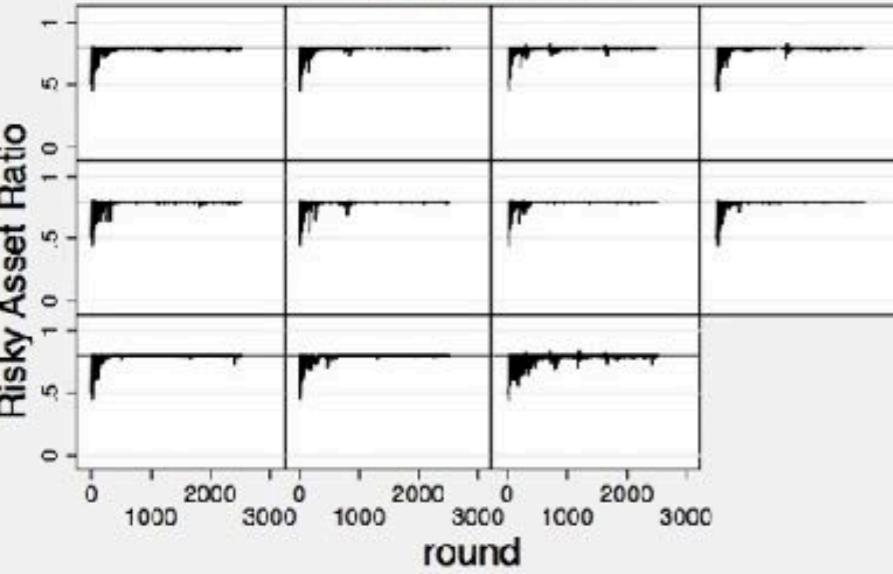
ADD, No Info



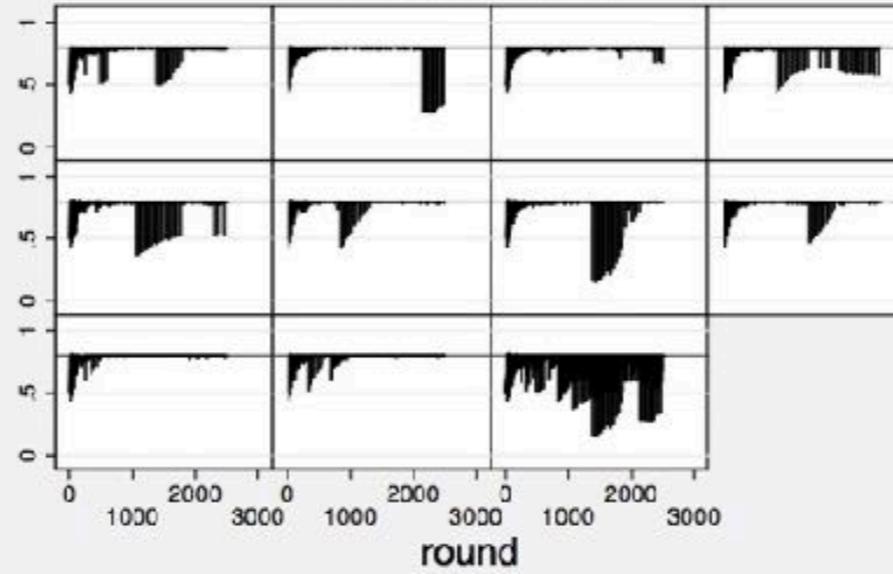
ADD, Info



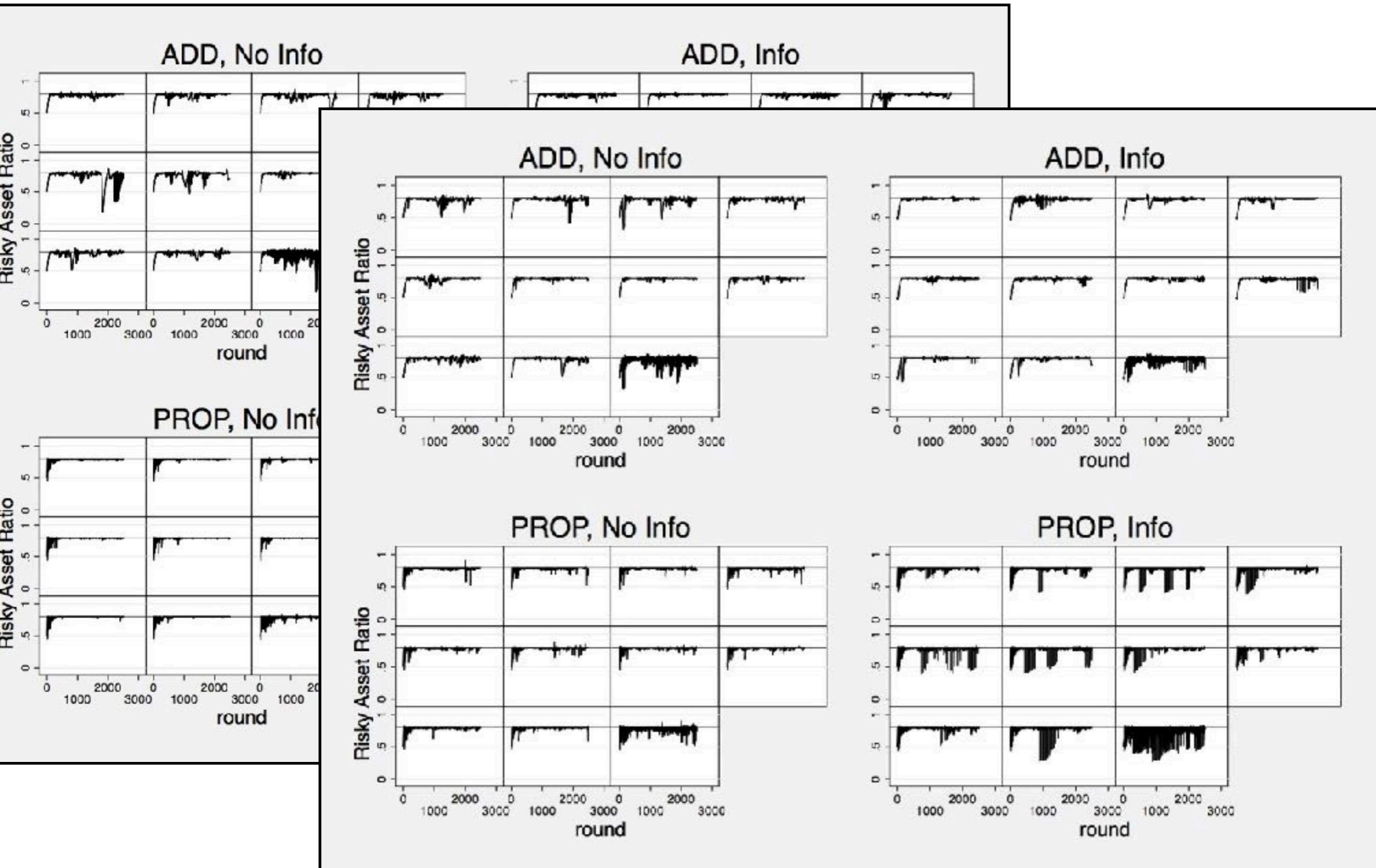
PROP, No Info



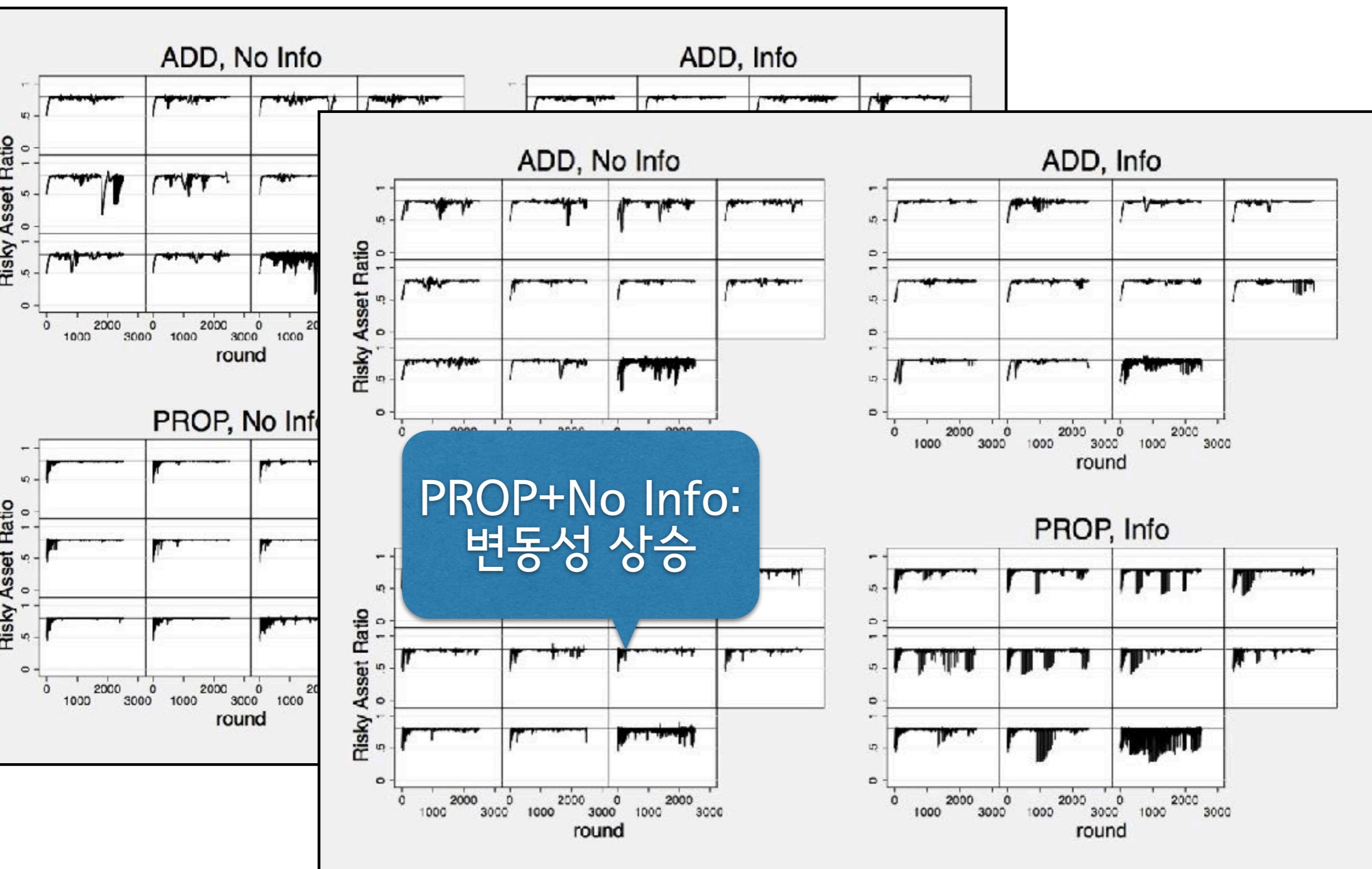
PROP, Info



비교기준: 500라운드



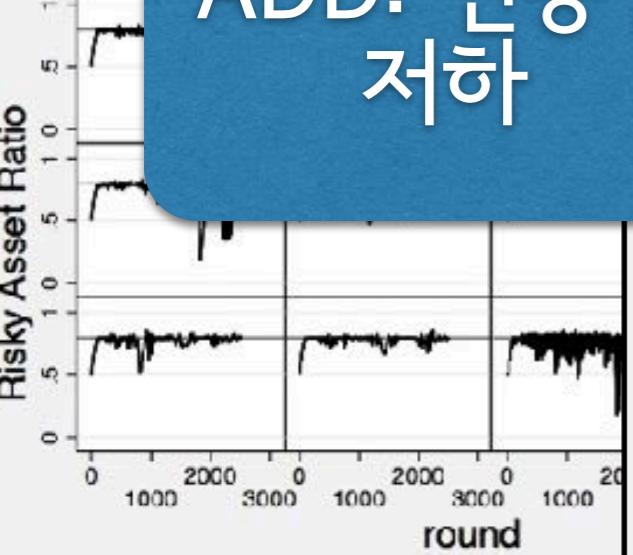
비교기준: 500라운드



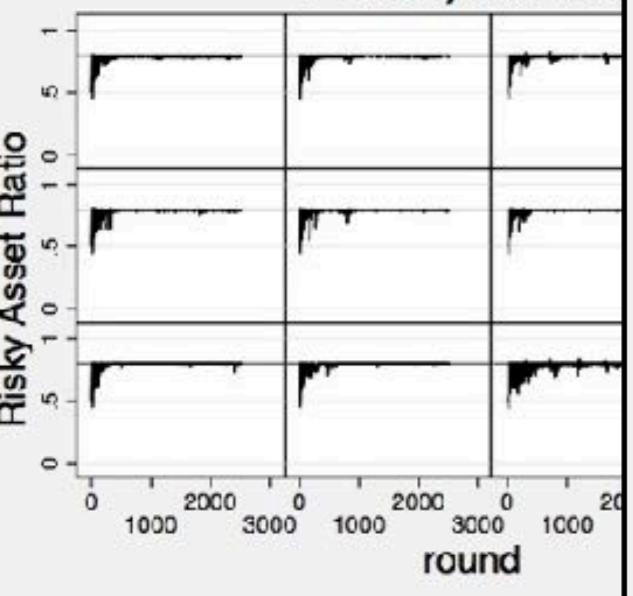
PROP+No Info:
변동성 상승

비교기준: 500라운드

ADD: 변동성 저하



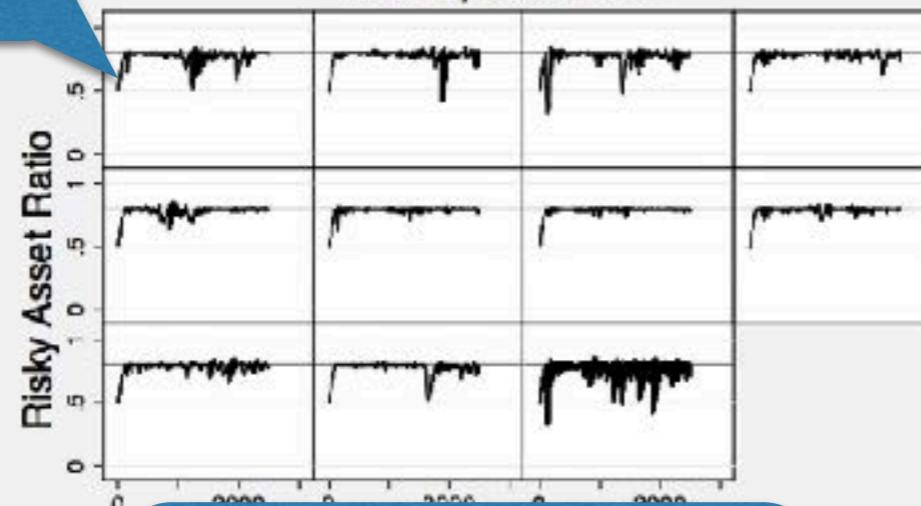
PROP, No Info



Risky Asset Ratio

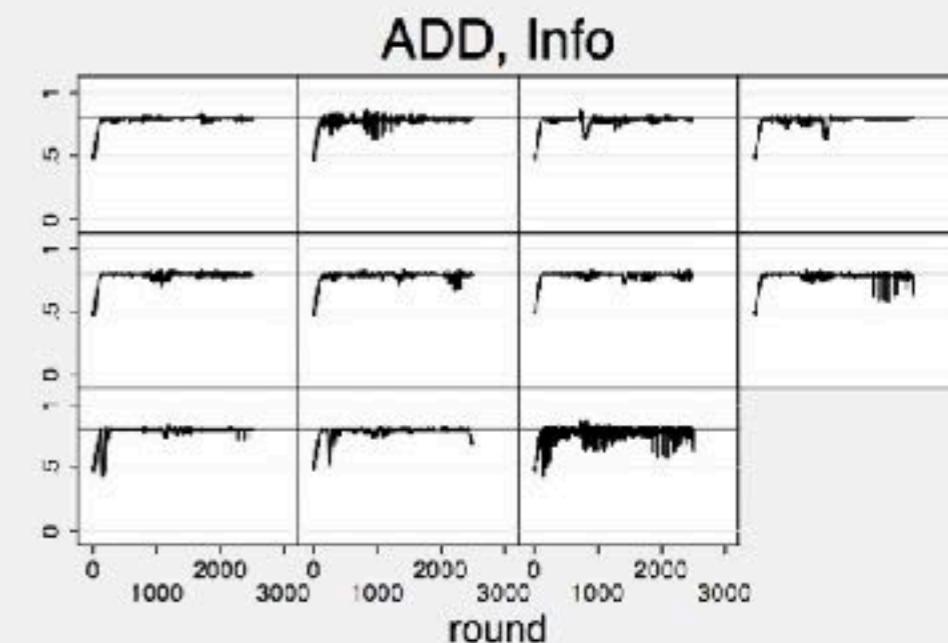


ADD, No Info

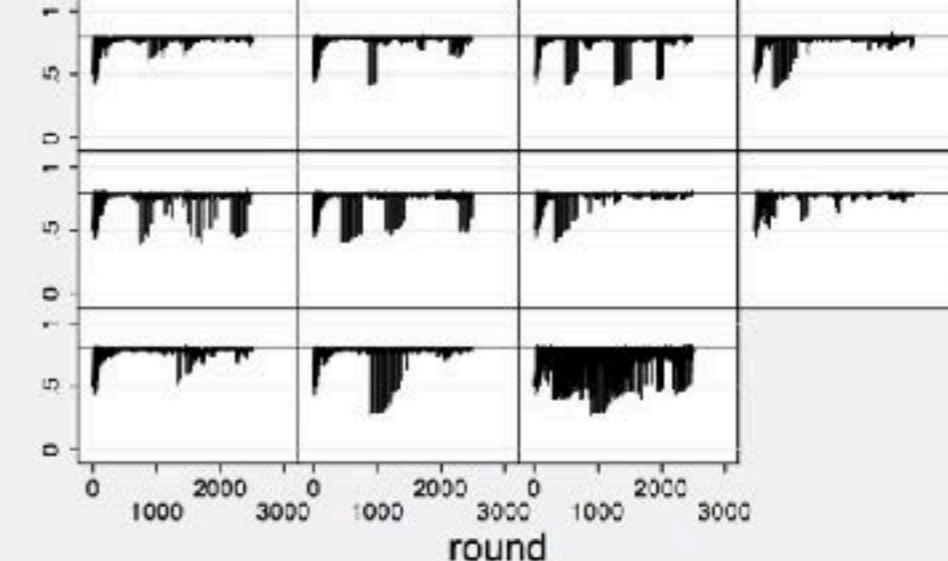


Risky Asset Ratio

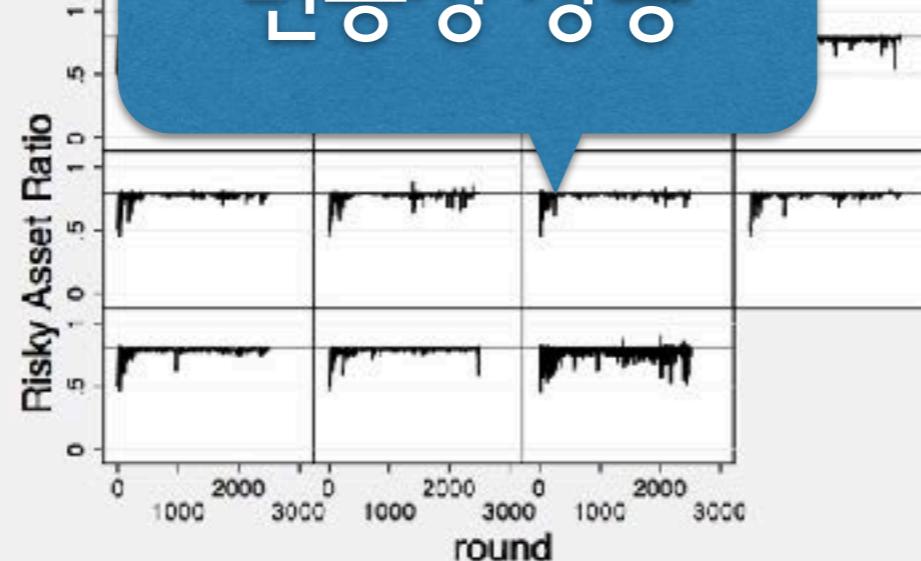
ADD, Info



PROP, Info



Risky Asset Ratio



PROP+No Info:
변동성 상승

비교기준의 변화($\infty \rightarrow 500$) 에 따른 변동성 변화

. bysort payoff info_name: su rr if round>1000

-> payoff = ADD, info_name = Info

| Variable | Obs | Mean | Std. Dev. |
|----------|-------|----------|-----------|
| rr | 15000 | .7852487 | .0260014 |

-> payoff = ADD, info_name = No Info

| Variable | Obs | Mean | Std. Dev. |
|----------|-------|---------|-----------|
| rr | 15000 | .770805 | .0645506 |

-> payoff = PROP, info_name = Info

| Variable | Obs | Mean | Std. Dev. |
|----------|-------|----------|-----------|
| rr | 15000 | .7931232 | .0280344 |

-> payoff = PROP, info_name = No Info

| Variable | Obs | Mean | Std. Dev. |
|----------|-------|----------|-----------|
| rr | 15000 | .7954726 | .0045959 |

. bysort payoff info_name: su rr if round>1000

-> payoff = ADD, info_name = Info

| Variable | Obs | Mean | Std. Dev. |
|----------|-------|----------|-----------|
| rr | 15000 | .7906992 | .0165341 |

-> payoff = ADD, info_name = No Info

| Variable | Obs | Mean | Std. Dev. |
|----------|-------|----------|-----------|
| rr | 15000 | .7768855 | .0444451 |

-> payoff = PROP, info_name = Info

| Variable | Obs | Mean | Std. Dev. |
|----------|-------|----------|-----------|
| rr | 15000 | .7871828 | .0226837 |

-> payoff = PROP, info_name = No Info

| Variable | Obs | Mean | Std. Dev. |
|----------|-------|----------|-----------|
| rr | 15000 | .7874699 | .0153402 |

비교기준의 변화($\infty \rightarrow 500$) 에 따른 변동성 변화

. bysort payoff info_name: su rr if round>1000

-> payoff = ADD, info_name = Info

| Variable | Obs | Mean | Std. Dev. |
|----------|-------|----------|-----------|
| rr | 15000 | .7852487 | .0260014 |

-> payoff = ADD, info_name = No Info

| Variable | Obs | Mean | Std. Dev. |
|----------|-------|---------|-----------|
| rr | 15000 | .770805 | .0645506 |

-> payoff = PROP, info_name = Info

| Variable | Obs | Mean | Std. Dev. |
|----------|-------|----------|-----------|
| rr | 15000 | .7931232 | .0280344 |

-> payoff = PROP, info_name = No Info

| Variable | Obs | Mean | Std. Dev. |
|----------|-------|----------|-----------|
| rr | 15000 | .7954726 | .0045959 |

. bysort payoff info_name: su rr if round>1000

-> payoff = ADD, info_name = Info

| Variable | Obs | Mean | Std. Dev. |
|----------|-------|----------|-----------|
| rr | 15000 | .7871828 | .0226837 |

-> payoff = ADD, info_name = No Info

| Variable | Obs | Mean | Std. Dev. |
|----------|-------|----------|-----------|
| rr | 15000 | .7768855 | .0444451 |

-> payoff = PROP, info_name = Info

| Variable | Obs | Mean | Std. Dev. |
|----------|-------|----------|-----------|
| rr | 15000 | .7874699 | .0153402 |

-> payoff = PROP, info_name = No Info

| Variable | Obs | Mean | Std. Dev. |
|----------|-------|----------|-----------|
| rr | 15000 | .7871828 | .0226837 |

비교기준의 변화($\infty \rightarrow 500$) 에 따른 변동성 변화

. bysort payoff info_name: su rr if round>1000

-> payoff = ADD, info_name = Info

| Variable | Obs | Mean | Std. Dev. |
|----------|-------|----------|-----------|
| rr | 15000 | .7852487 | .0260014 |

-> payoff = ADD, info_name = No Info

| Variable | Obs | Mean | Std. Dev. |
|----------|-------|---------|-----------|
| rr | 15000 | .770805 | .0645506 |

-> payoff = PROP, info_name = Info

| Variable | Obs | Mean | Std. Dev. |
|----------|-------|----------|-----------|
| rr | 15000 | .7931232 | .0280344 |

-> payoff = PROP, info_name = No Info

| Variable | Obs | Mean | Std. Dev. |
|----------|-------|----------|-----------|
| rr | 15000 | .7954726 | .0045959 |

. bysort payoff info_name: su rr if round>1000

-> payoff = ADD, info_name = Info

| Variable | Obs | Mean | Std. Dev. |
|----------|-------|----------|-----------|
| rr | 15000 | .7871828 | .0226837 |

-> payoff = ADD, info_name = No Info

| Variable | Obs | Mean | Std. Dev. |
|----------|-------|----------|-----------|
| rr | 15000 | .7874699 | .0153402 |

-> payoff = PROP, info_name = Info

| Variable | Obs | Mean | Std. Dev. |
|----------|-------|----------|-----------|
| rr | 15000 | .7871828 | .0226837 |

-> payoff = PROP, info_name = No Info

| Variable | Obs | Mean | Std. Dev. |
|----------|-------|----------|-----------|
| rr | 15000 | .7874699 | .0153402 |

비교기준의 변화($\infty \rightarrow 500$) 에 따른 변동성 변화

. bysort payoff info_name: su rr if round>1000

-> payoff = ADD, info_name = Info

| Variable | Obs | Mean | Std. Dev. |
|----------|-------|----------|-----------|
| rr | 15000 | .7852487 | .0260014 |

-> payoff = ADD, info_name = No Info

| Variable | Obs | Mean | Std. Dev. |
|----------|-------|---------|-----------|
| rr | 15000 | .770805 | .0645506 |

-> payoff = PROP, info_name = Info

| Variable | Obs | Mean | Std. Dev. |
|----------|-------|----------|-----------|
| rr | 15000 | .7931232 | .0280344 |

-> payoff = PROP, info_name = No Info

| Variable | Obs | Mean | Std. Dev. |
|----------|-------|----------|-----------|
| rr | 15000 | .7954726 | .0045959 |

. bysort payoff info_name: su rr if round>1000

-> payoff = ADD, info_name = Info

| Variable | Obs | Mean | Std. Dev. |
|----------|-------|----------|-----------|
| rr | 15000 | .7874699 | .0165341 |

-> payoff = ADD, info_name = No Info

| Variable | Obs | Mean | Std. Dev. |
|----------|-------|----------|-----------|
| rr | 15000 | .7874699 | .0444451 |

-> payoff = PROP, info_name = Info

| Variable | Obs | Mean | Std. Dev. |
|----------|-------|----------|-----------|
| rr | 15000 | .7874699 | .0226837 |

-> payoff = PROP, info_name = No Info

| Variable | Obs | Mean | Std. Dev. |
|----------|-------|----------|-----------|
| rr | 15000 | .7874699 | .0153402 |

비교기준의 변화($\infty \rightarrow 500$) 에 따른 변동성 변화

. bysort payoff info_name: su rr if round>1000

-> payoff = ADD, info_name = Info

| Variable | Obs | Mean | Std. Dev. |
|----------|-------|----------|-----------|
| rr | 15000 | .7852487 | .0260014 |

-> payoff = ADD, info_name = No Info

| Variable | Obs | Mean | Std. Dev. |
|----------|-------|---------|-----------|
| rr | 15000 | .770805 | .0645506 |

-> payoff = PROP, info_name = Info

| Variable | Obs | Mean | Std. Dev. |
|----------|-------|----------|-----------|
| rr | 15000 | .7931232 | .0280344 |

-> payoff = PROP, info_name = No Info

| Variable | Obs | Mean | Std. Dev. |
|----------|-------|----------|-----------|
| rr | 15000 | .7954726 | .0045959 |

. bysort payoff info_name: su rr if round>1000

-> payoff = ADD, info_name = Info

| Variable | Obs | Mean | Std. Dev. |
|----------|-------|----------|-----------|
| rr | 15000 | .7874613 | .0165341 |

-> payoff = ADD, info_name = No Info

| Variable | Obs | Mean | Std. Dev. |
|----------|-------|----------|-----------|
| rr | 15000 | .7874613 | .0444451 |

-> payoff = PROP, info_name = Info

| Variable | Obs | Mean | Std. Dev. |
|----------|-------|----------|-----------|
| rr | 15000 | .7874613 | .0226837 |

대폭상승

Nam-Un, Cho/KIAS/ <mailto:namun@snu.ac.kr>

비교기준의 변화($\infty \rightarrow 500$) 에 따른 변동성 변화

. bysort payoff info_name: su rr if round>1000

-> payoff = ADD, info_name = Info

| Variable | Obs | Mean | Std. Dev. |
|----------|-------|----------|-----------|
| rr | 15000 | .7852487 | .0260014 |

-> payoff = ADD, info_name = No Info

| Variable | Obs | Mean | Std. Dev. |
|----------|-------|---------|-----------|
| rr | 15000 | .770805 | .0645506 |

-> payoff = PROP, info_name = Info

| Variable | Obs | Mean | Std. Dev. |
|----------|-------|----------|-----------|
| rr | 15000 | .7931232 | .0280344 |

-> payoff = PROP, info_name = No Info

| Variable | Obs | Mean | Std. Dev. |
|----------|-------|----------|-----------|
| rr | 15000 | .7954726 | .0045959 |

. bysort payoff info_name: su rr if round>1000

-> payoff = ADD, info_name = Info

| Variable | Obs | Mean | Std. Dev. |
|----------|-------|----------|-----------|
| rr | 15000 | .7874613 | .0165341 |

-> payoff = ADD, info_name = No Info

| Variable | Obs | Mean | Std. Dev. |
|----------|-------|----------|-----------|
| rr | 15000 | .7874613 | .0444451 |

-> payoff = PROP, info_name = Info

| Variable | Obs | Mean | Std. Dev. |
|----------|-------|----------|-----------|
| rr | 15000 | .7874613 | .0226837 |

| Variable | Obs | Mean | Std. Dev. |
|----------|-------|----------|-----------|
| rr | 15000 | .7874613 | .0153402 |

ADD: 정보가 있
을 경우의 변동성이 더 작음

저하

저하

소폭저하

대폭상승

비교기준의 변화($\infty \rightarrow 500$)에 따른 변동성 변화

. bysort payoff info_name: su rr if round>1000

-> payoff = ADD, info_name = Info

| Variable | Obs | Mean | Std. Dev. |
|----------|-------|----------|-----------|
| rr | 15000 | .7852487 | .0260014 |

-> payoff = ADD, info_name = No Info

| Variable | Obs | Mean | Std. Dev. |
|----------|-------|---------|-----------|
| rr | 15000 | .770805 | .0645506 |

-> payoff = PROP, info_name = Info

| Variable | Obs | Mean | Std. Dev. |
|----------|-------|----------|-----------|
| rr | 15000 | .7931232 | .0280344 |

-> payoff = PROP, info_name = No Info

| Variable | Obs | Mean | Std. Dev. |
|----------|-------|----------|-----------|
| rr | 15000 | .7954726 | .0045959 |

. bysort payoff info_name: su rr if round>1000

-> payoff = ADD, info_name = Info

| Variable | Obs | Mean | Std. Dev. |
|----------|-------|----------|-----------|
| rr | 15000 | .7874613 | .0165341 |

-> payoff = ADD, info_name = No Info

| Variable | Obs | Mean | Std. Dev. |
|----------|-------|----------|-----------|
| rr | 15000 | .7874613 | .0444444 |

-> payoff = PROP, info_name = Info

| Variable | Obs | Mean | Std. Dev. |
|----------|-------|----------|-----------|
| rr | 15000 | .7874613 | .0226837 |

| Variable | Obs | Mean | Std. Dev. |
|----------|-------|----------|-----------|
| rr | 15000 | .7874613 | .0153402 |

ADD: 정보가 있을 경우의 변동성이 더 작음

PROP: 정보가 있을 경우의 변동성이 더 큼

파산 통계

. bysort payoff info_name: su rr if rr>.8

-> payoff = ADD, info_name = Info

| Variable | Obs | Mean | Std. Dev. |
|----------|------|----------|-----------|
| rr | 3954 | .8056687 | .0075813 |

-> payoff = ADD, info_name = No Info

| Variable | Obs | Mean | Std. Dev. |
|----------|------|----------|-----------|
| rr | 3786 | .8069524 | .0092343 |

-> payoff = PROP, info_name = Info

| Variable | Obs | Mean | Std. Dev. |
|----------|-----|----------|-----------|
| rr | 945 | .8009186 | .0017699 |

-> payoff = PROP, info_name = No Info

| Variable | Obs | Mean | Std. Dev. |
|----------|-----|----------|-----------|
| rr | 975 | .8007504 | .00217 |

. bysort payoff info_name: su rr if rr>.8

-> payoff = ADD, info_name = Info

| Variable | Obs | Mean | Std. Dev. |
|----------|------|----------|-----------|
| rr | 4093 | .8047209 | .0066945 |

-> payoff = ADD, info_name = No Info

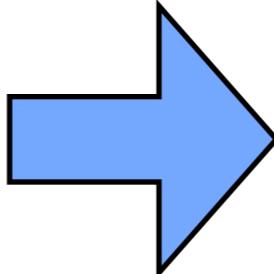
| Variable | Obs | Mean | Std. Dev. |
|----------|------|----------|-----------|
| rr | 4131 | .8057015 | .0085077 |

-> payoff = PROP, info_name = Info

| Variable | Obs | Mean | Std. Dev. |
|----------|-----|----------|-----------|
| rr | 973 | .8017293 | .0027117 |

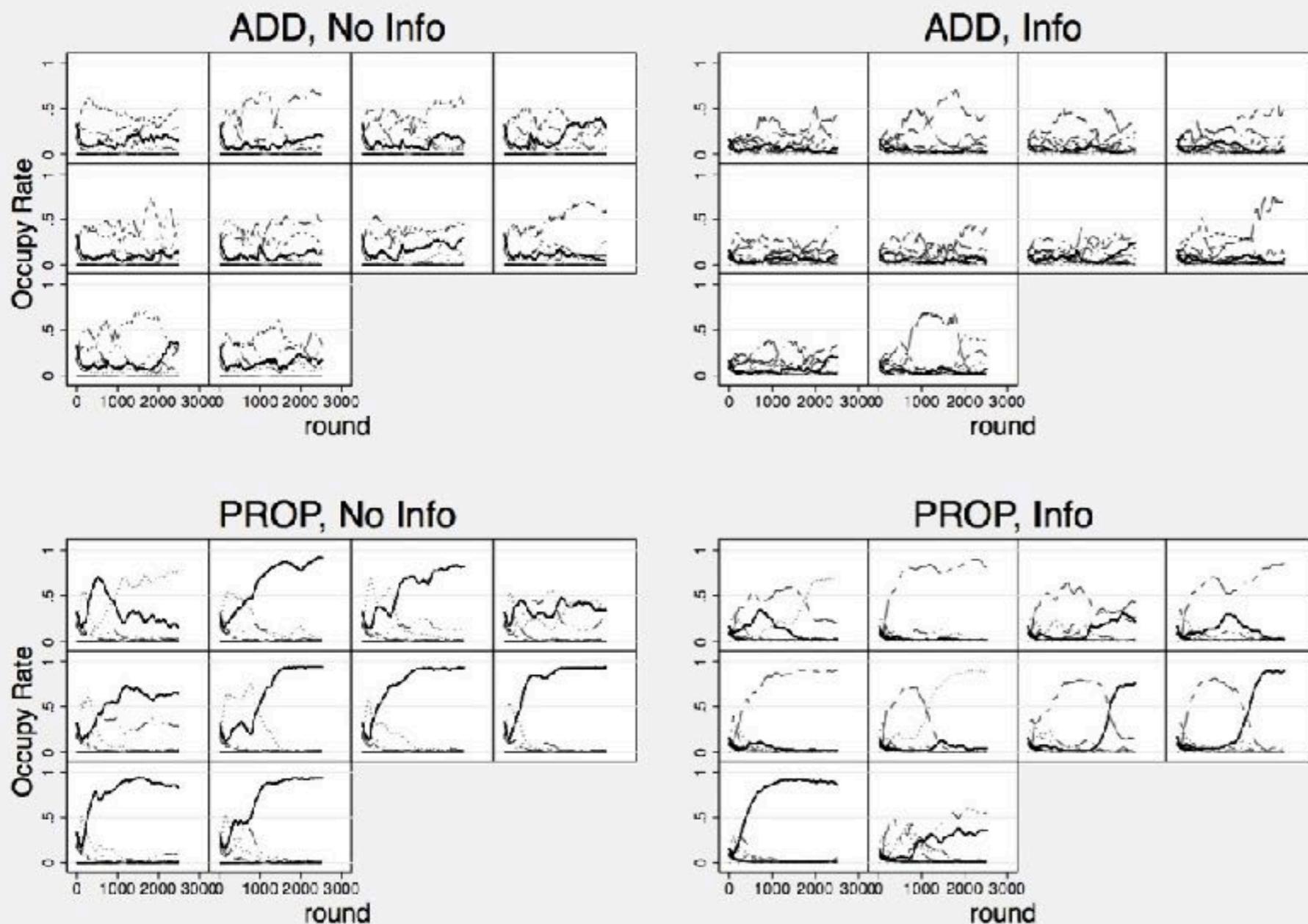
-> payoff = PROP, info_name = No Info

| Variable | Obs | Mean | Std. Dev. |
|----------|-----|----------|-----------|
| rr | 960 | .8018608 | .0057544 |



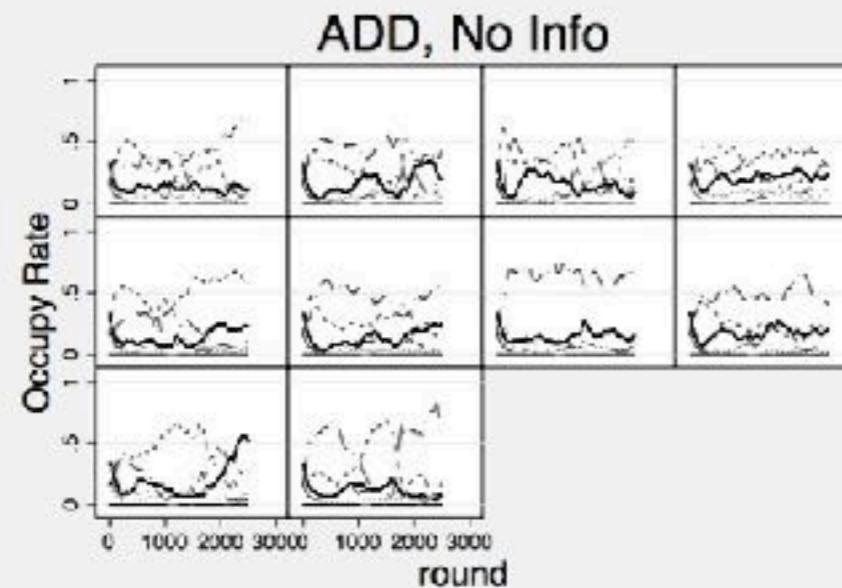
전략 추이

전략 주식

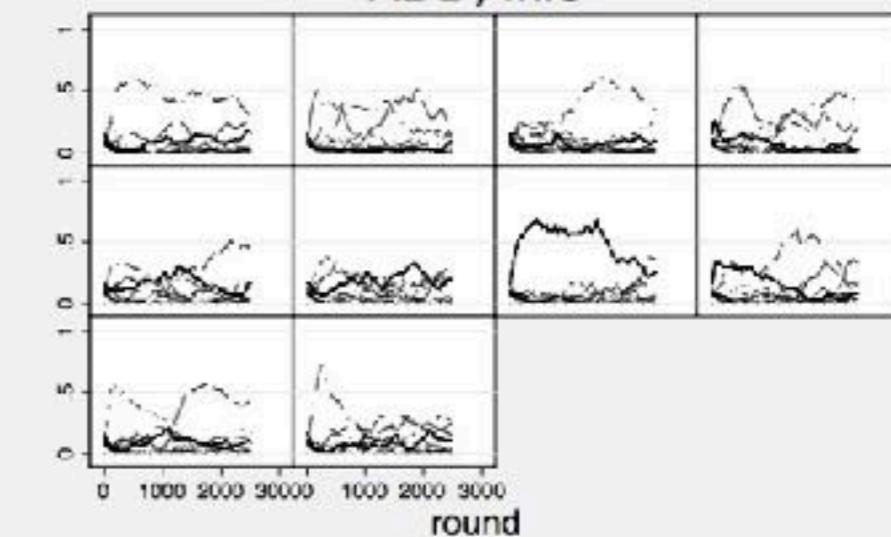


전략 수학

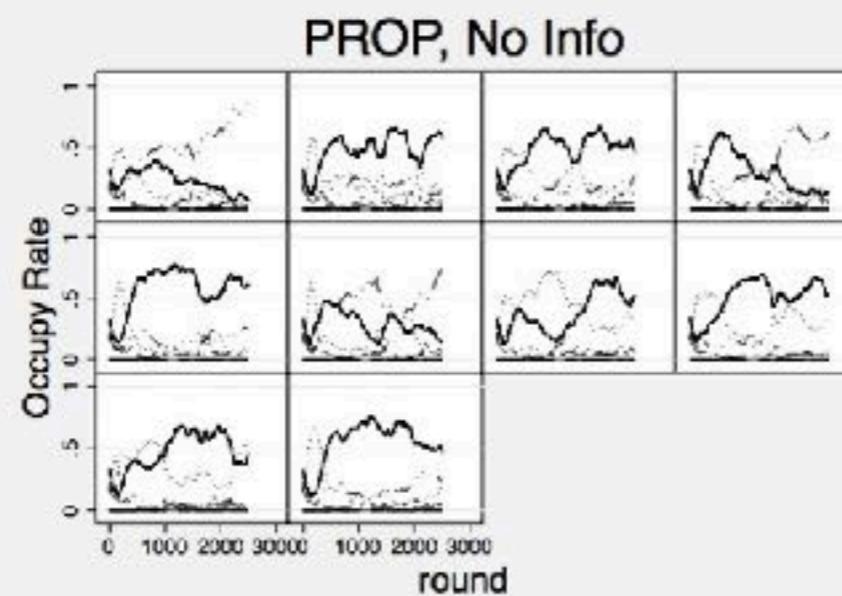
ADD, No Info



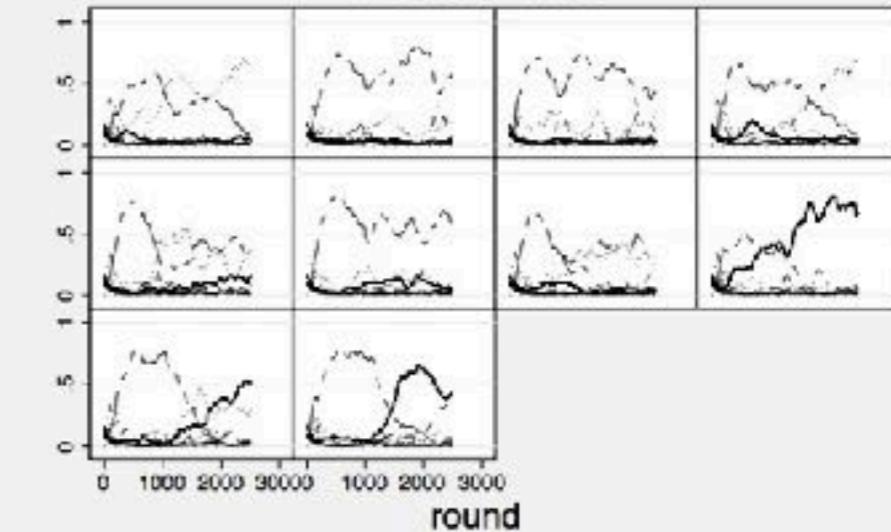
ADD, Info



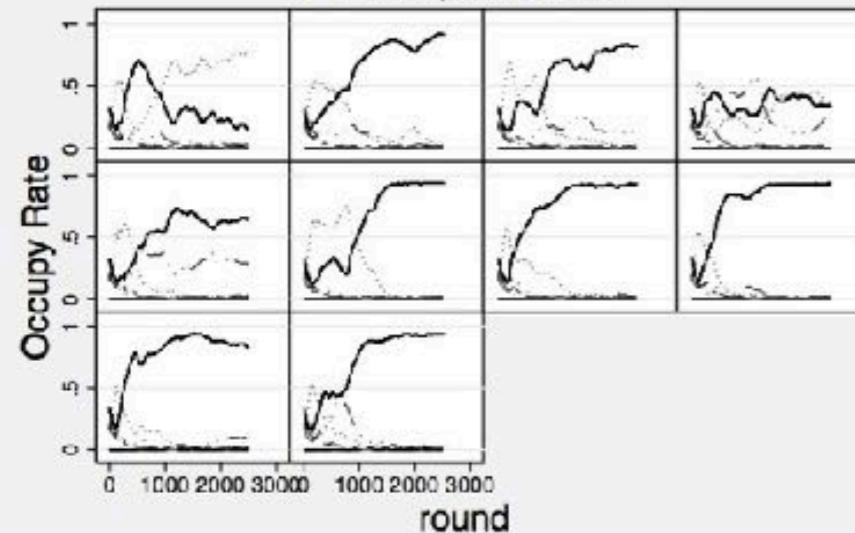
ADD, No Info



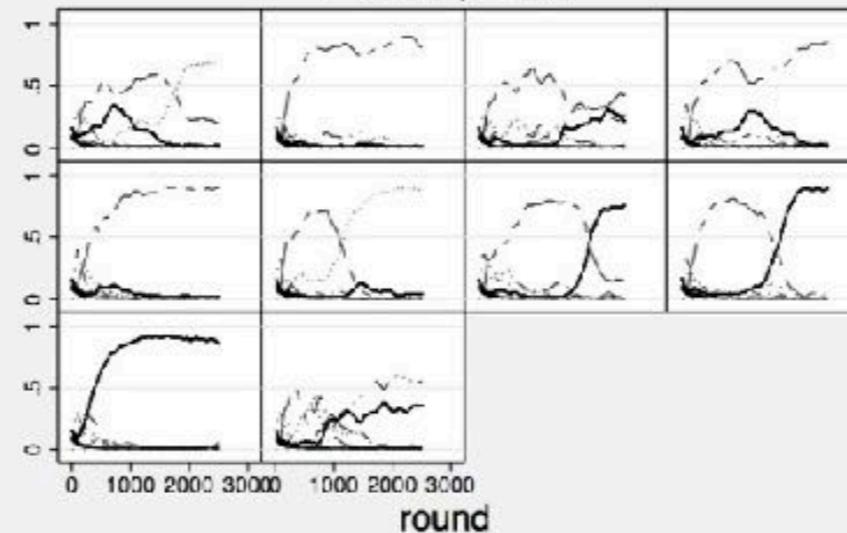
PROP, Info



PROP, No Info

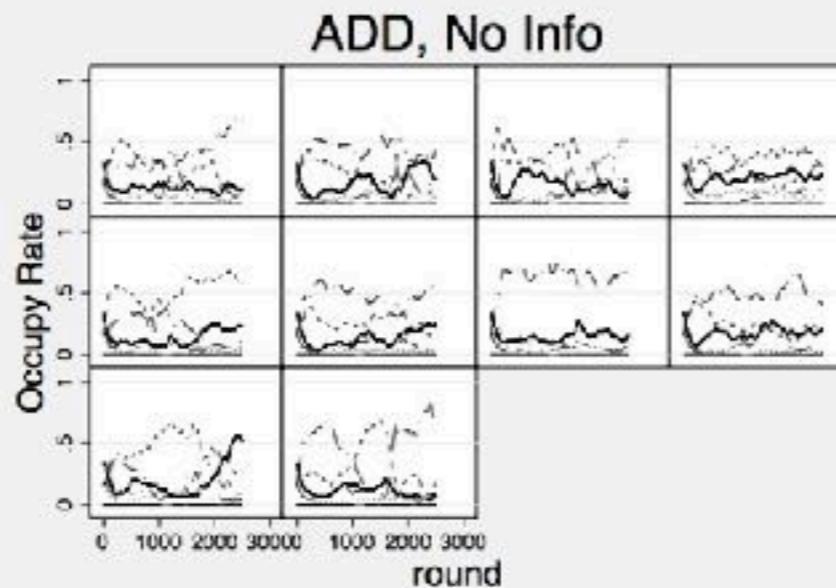


PROP, Info

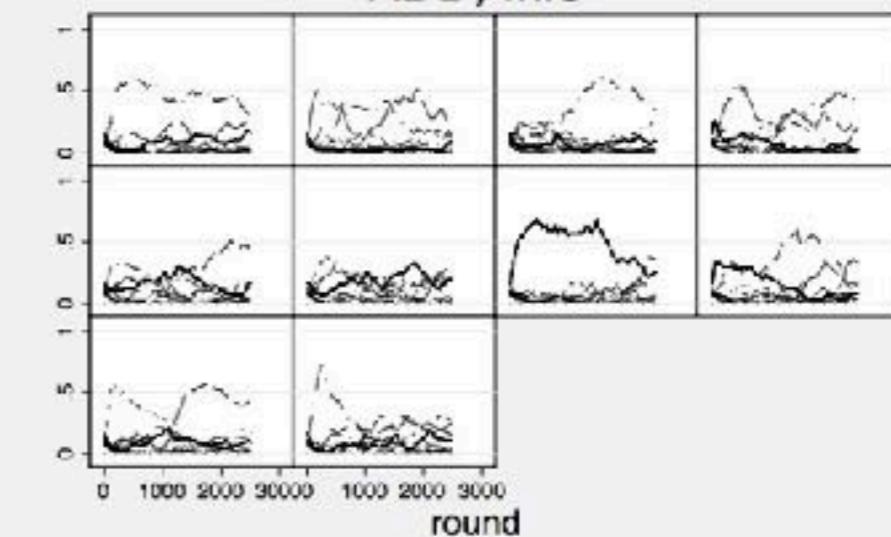


전략 주이

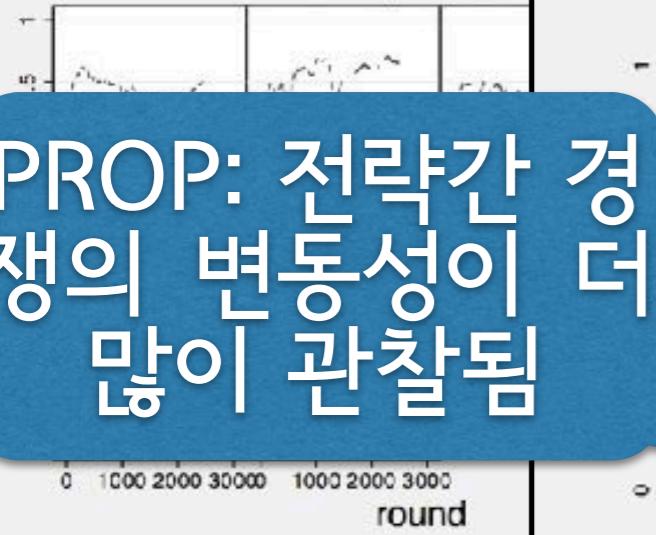
ADD, No Info



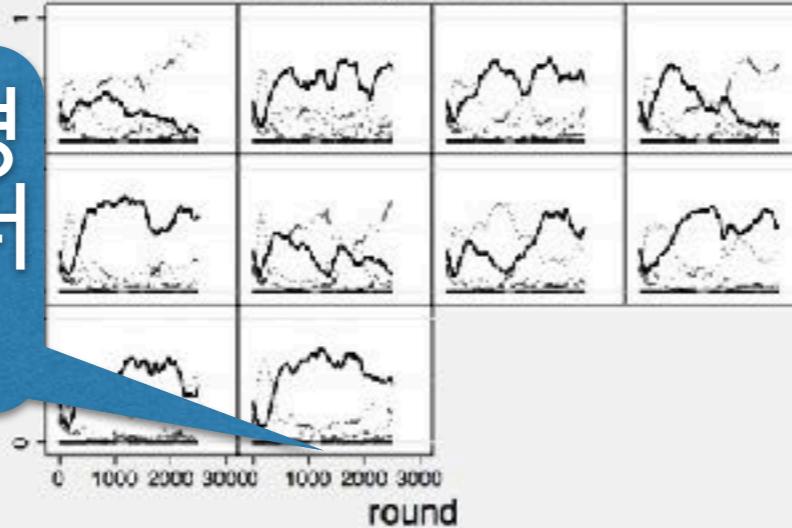
ADD, Info



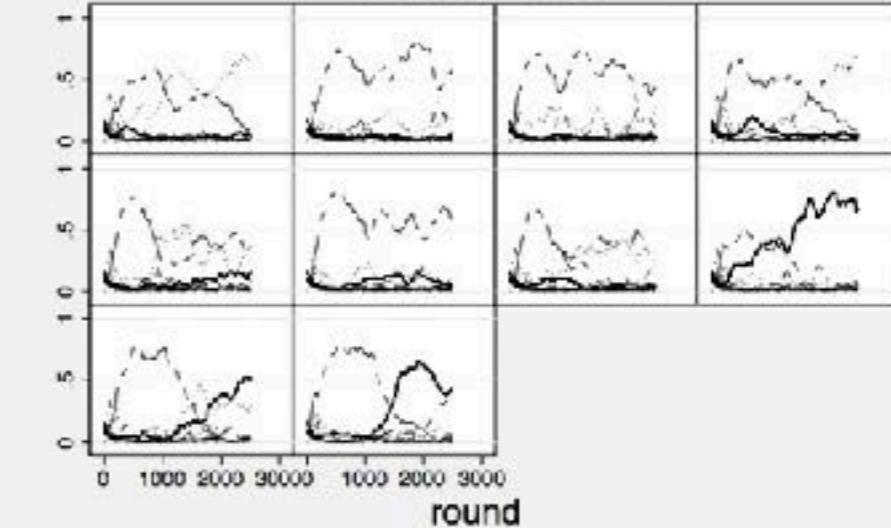
ADD, No Info



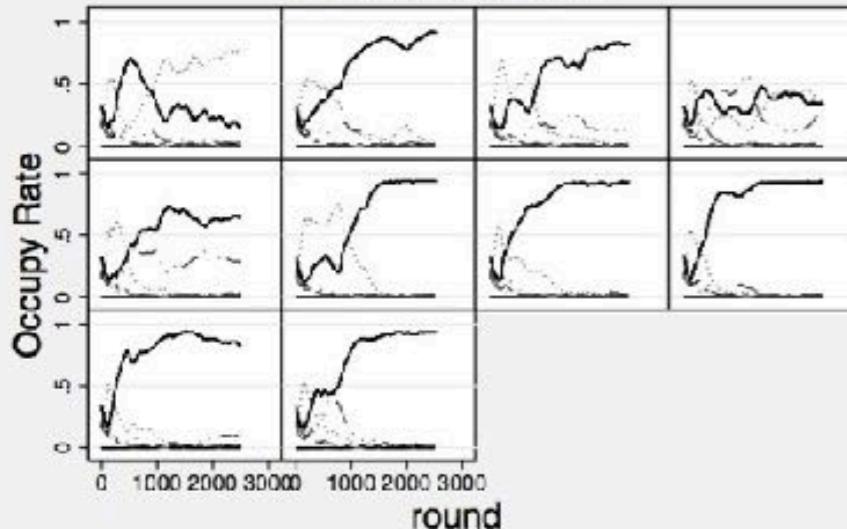
PROP, No Info



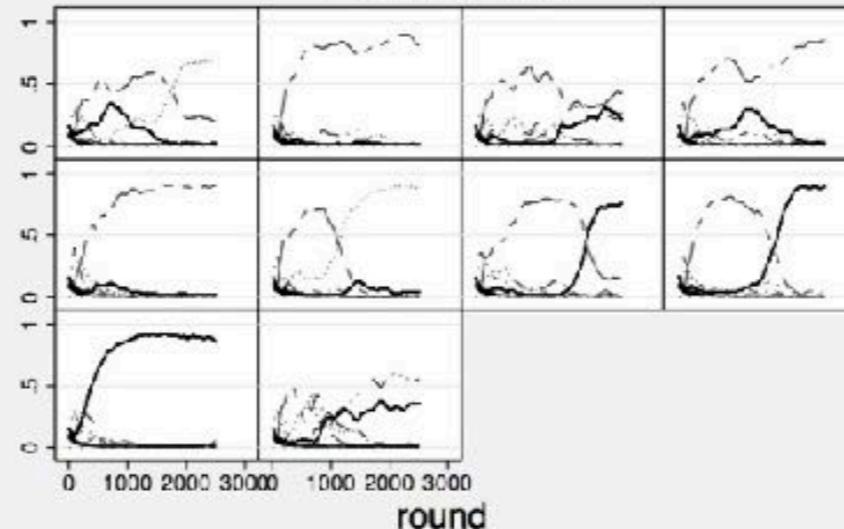
PROP, Info



PROP, No Info



PROP, Info



PROP: 전략간 경쟁
장의 변동성이 많이 관찰됨

결론

- 투자게임으로 구현한 상호의존적 기대상황
 - 전통적 접근방식(ADD): 정보의 편익 존재
 - 정보가 위험자산의 투자비율 변동성을 감소시킴
 - 비례적 수익방식(PROP): 정보의 비편익 존재
 - 정보가 위험자산의 투자비율의 변동성을 증가시킴
- 변동성의 차이에도 불구하고, 최종 보상의 측면에서 큰 차이 없음

상호의존적 기대학에서의 정보의 역할

- 상호의존적 기대상황에서 추가적 참정보가 미시적 효율성 달성을 도움을 줄 수 있지만
- 거시적 변동성을 증가시켜 효율성을 저하시킬 수도 있음을 시사

과제

- 전략셋 - 변동성 관계 검정
 - Challet et al. (2005): 전략셋의 범위가 클 경우 정보를 통한 예측가능성 저하
 - 정보그룹과 비정보그룹간 전략셋의 크기가 다름
- 정보를 이용하는 전략의 빈약성
 - 단순 선형 시간추세를 통한 추정의 확장 필요
 - AR, Kalman Filter, Bayesian update process
 - ...
 - 새로운 전략 구조의 창발 부재

참고문헌

- Arthur, W. (1994). Inductive Reasoning and Bounded Rationality. *The American Economic Review*, 84(2):406-411.
- Arthur, W. (1995). Complexity in economic and financial markets. *Complexity*, 1(1):20-25.
- Arthur, W. (1999). Complexity and the economy. *Science*, 284(5411):107.
- Bach, L. A., Helvik, T., and Christiansen, F. B. (2006). The evolution of n-player cooperation-threshold games and ESS bifurcations. *Journal of theoretical biology*, 238(2):426-434.
- Bosch-Domènech, A., Montalvo, J. G., Nagel, R., and Satorra, A. (2002). One, Two, (Three), Infinity, ... : Newspaper and Lab Beauty-Contest Experiments. *The American Economic Review*, 92(5):1687-1701.
- Bouchaud, J. and Mezard, M. (2000). Wealth condensation in a simple model of economy. *Physica a-Statistical Mechanics and Its Applications*, 282:536-545.
- Bowles, S. (2004). Microeconomics: behavior, institutions, and evolution. Princeton University Press, Princeton.
- Camerer, C., Ho, T., and Chong, J. (2004). A Cognitive Hierarchy Model of Games. *Quarterly Journal of Economics*.
- Camerer, C. and Hogarth, R. (1999). The effects of financial incentives in experiments: A review and capital-labor-production framework. *Journal of Risk and Uncertainty*.
- Challet, D., Marsili, M., and Zhang, Y. (2000). Modeling market mechanism with minority game. *Physica a-Statistical Mechanics and Its Applications*, 276:284-315.

- Challet, D., Marsili, M., and Zhang, Y.-C. (2005). Minority Games: Interacting Agents in Financial Markets (Oxford Finance). Oxford University Press, USA.
- Clauset, A., Shalizi, C. R., and Newman, M. E. J. (2009). Power-law distributions in empirical data. *SIAM Review*, pages 661-703.
- Deck, C., Lee, J., and Reyes, J. (2010). Risk Taking Behavior: An Experimental Analysis of Individuals and Pairs. comp.uark.edu.
- Eisert, J., Wilkens, M., and Lewenstein, M. (1999). Quantum Games and Quantum Strategies. *Physical Review Letters*, 83(15):3077-3080.
- Grimm, V., Berger, U., Bastiansen, F., Eliassen, S., Ginot, V., Giske, J., Goss-Custard, J., Grand, T., Heinz, S., and Huse, G. (2006). A standard protocol for describing individual-based and agent-based models. *Ecological Modelling*, 198(1-2): 115-126.
- Hanuske, M., Kunz, J., Bernius, S., and Koenig, W. (2010). Doves and hawks in economics revisited: An evolutionary quantum game theory based analysis of financial crises. *Physica a-Statistical Mechanics and Its Applications*, 389(21): 5084-5102.
- Issac, R. M., Walker, J. M., and Williams, A. W. (1994). Group size and the voluntary provision of public goods. *Journal of Public Economics*, 54:1-36.
- Keynes, J. M. (1936). The general theory of employment, interest and money.
- Harcourt, Brace, Nagel, R. (1995). Unraveling in guessing games: An experimental study. *The American Economic Review*, 85(5):1313-1326.
- Rubinstein, A. (2007). Instinctive and Cognitive Reasoning: A Study of Response Times. *The Economic Journal*.
- Selten, R. (1975). Reexamination of the perfectness concept for equilibrium points in extensive games. *International journal of game theory*.
- Suri, S. and Watts, D. (2011). Cooperation and Contagion in Web-Based, Networked Public Goods Experiments. *PLoS*

주사위 굴리기

기말시험 알림

- 12월 15일 (금) - 그 외에 세부 사항은 중간시험과 동일
- 다른점: 시험시간에 직접 만든 A4 1page 분량의 노트를 보면서 답안을 작성할 수 있음
 - 내용은 완전히 자유

수고하셨습니다!