

행동실험 해설 (종합)

게임이론, 진화, 그리고 협력
경희대 GEE1106S01

조남운

Ultimatum Game

2016.9.23

Strategic Ultimatum Game

- 실제로 해보자!
- Phase I: 단순 ultimatum game 3회 실시
- Phase II: ultimatum game version2 : strategic form
 - 제안자(Proposer)는 동일
 - 수용자(Responder)는 제안자의 전략을 알지 못하는 상태에서 자신이 제안받을 수 있는 모든 경우에 대해서 응답을 설정함

Game Structure

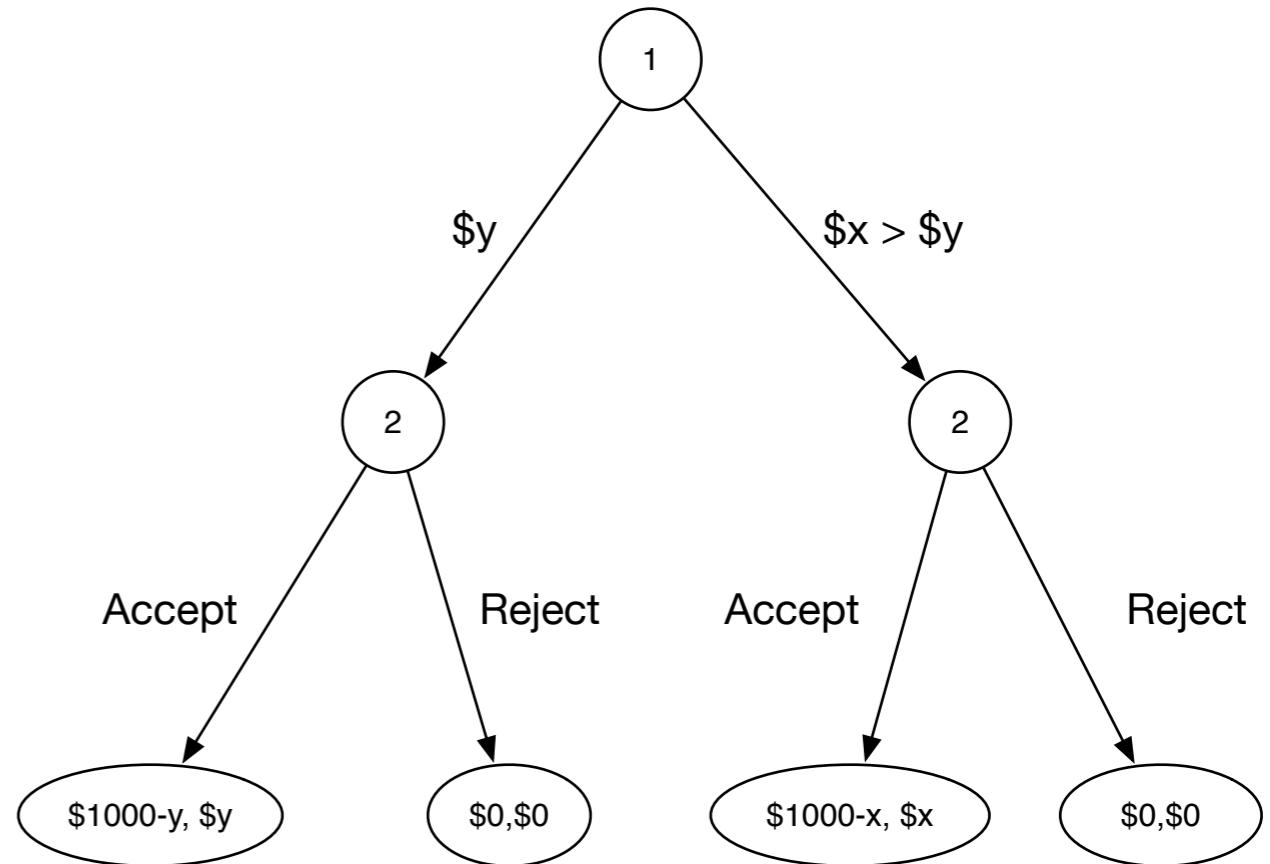
- Version 1:
 - 순차게임
 - 랜덤으로 매칭된 두 사람이 제안 - 수락여부 결정
- Version 2:
 - 순차게임 - 전략버전
 - 수락여부를 결정하는 방식이 아니라 자신의 방침을 미리 정함

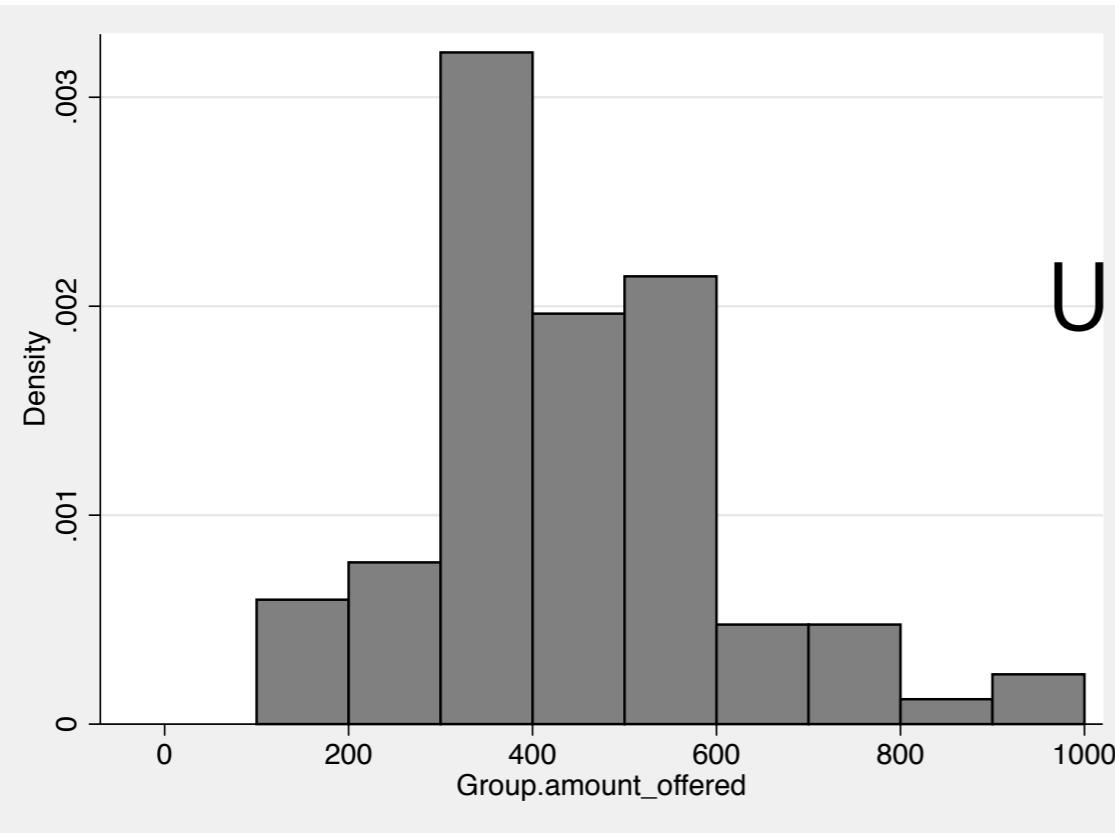
Actions and Strategies

- 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

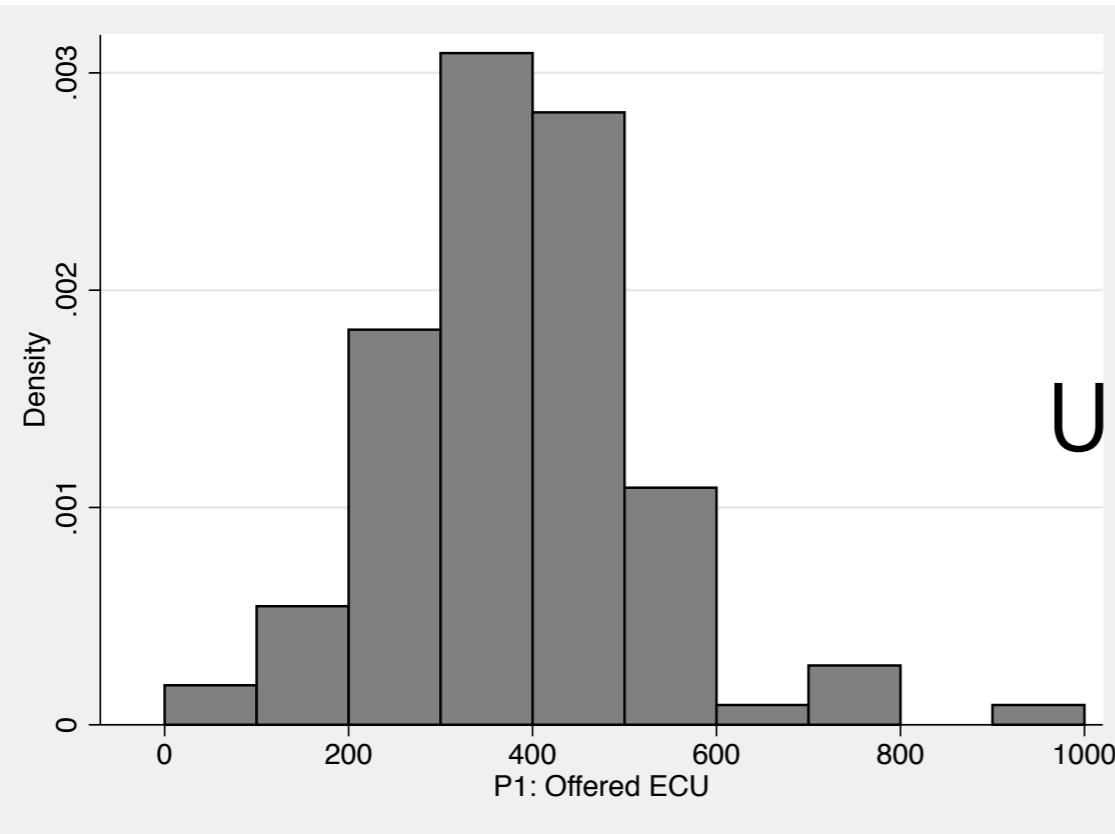
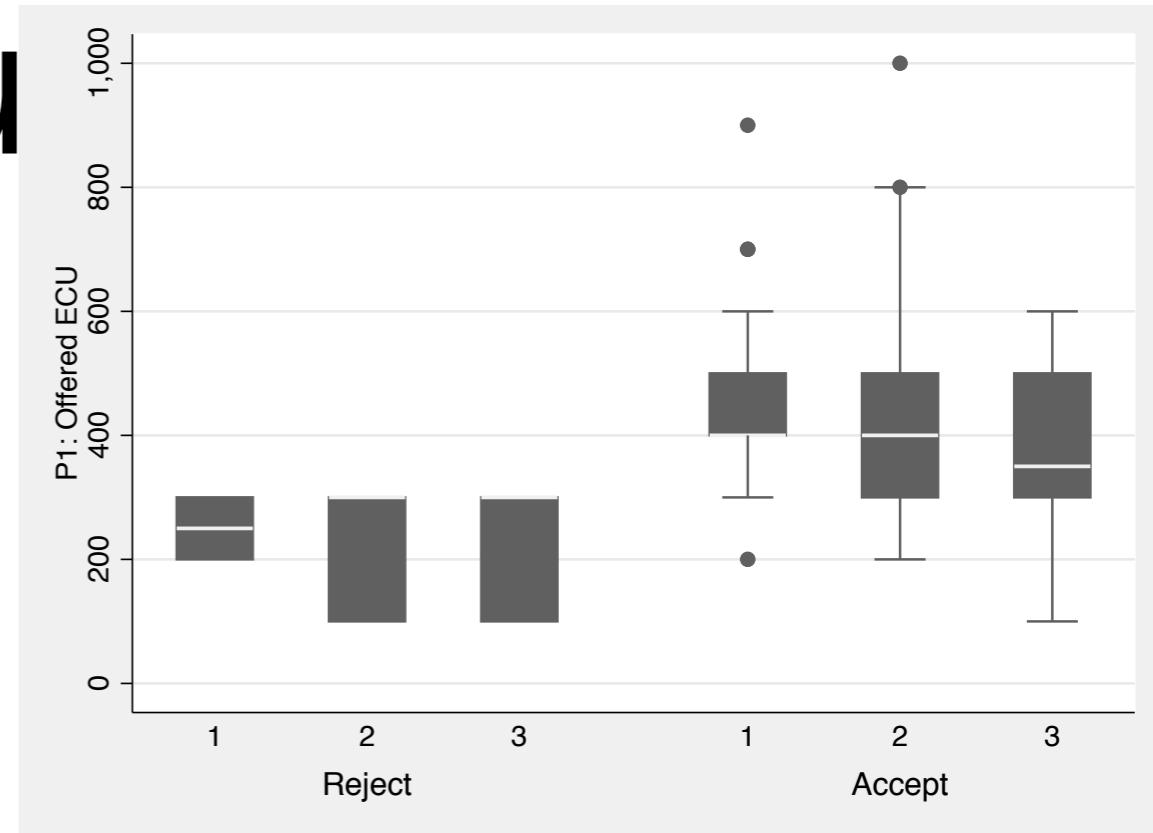
Theoretical Expectation

- 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

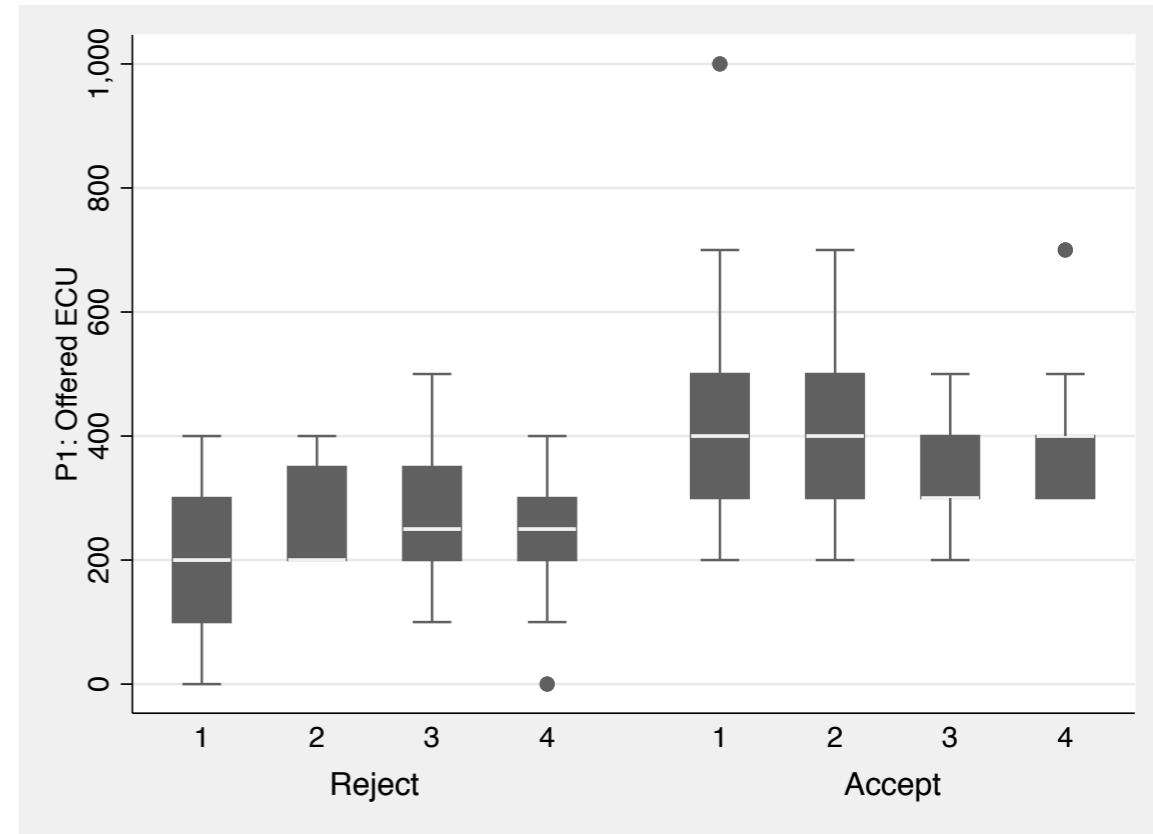




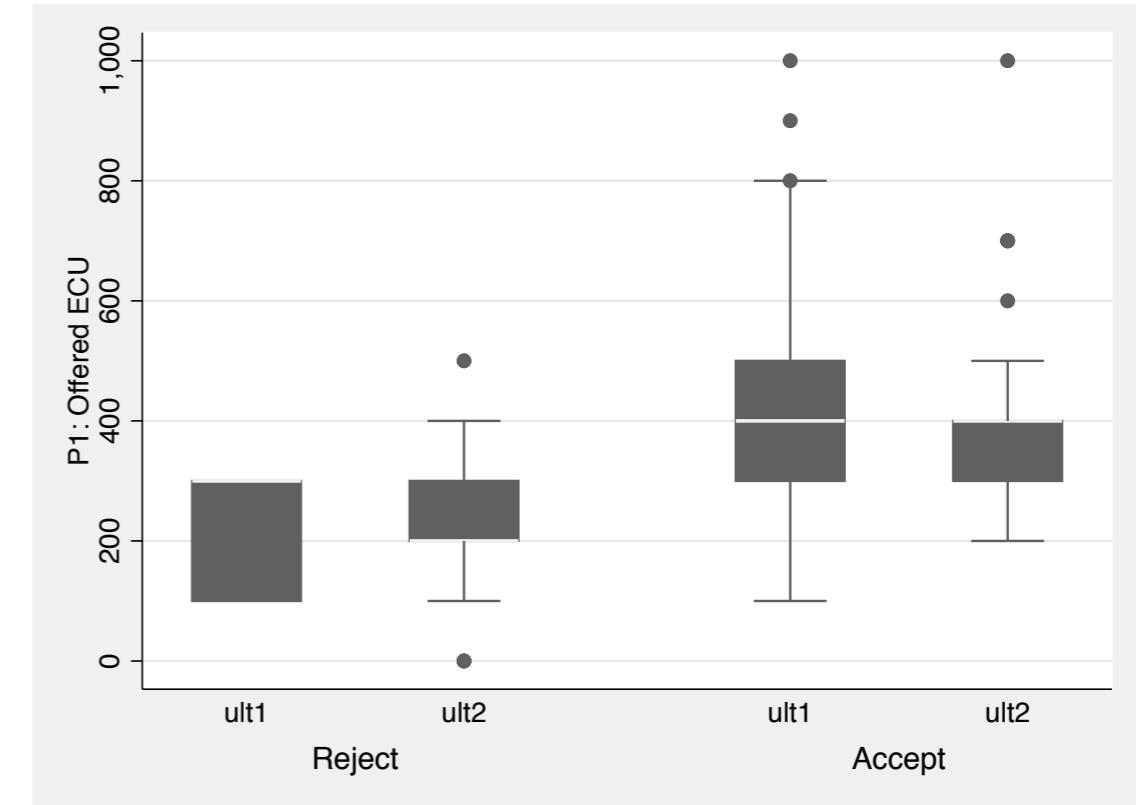
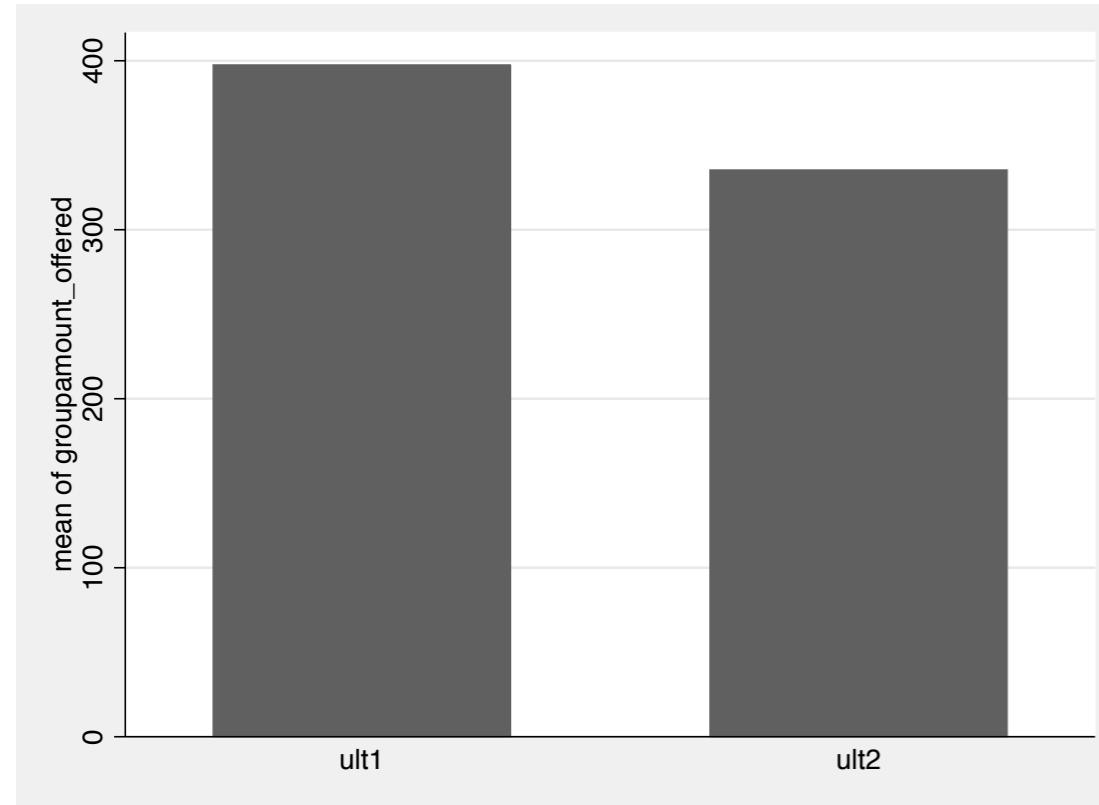
Ult1



Ult2



Basic Statistics



Prize

	particip~l	player~f	rank
1.	2012100136	4100	1
2.	2011104103	3600	2

Gamble Market

2016.10.28

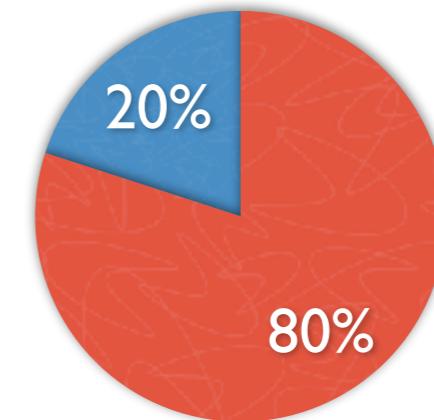
해설

- 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>

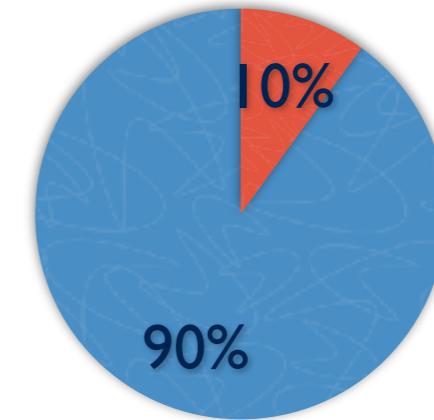
Two Gambles

- 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

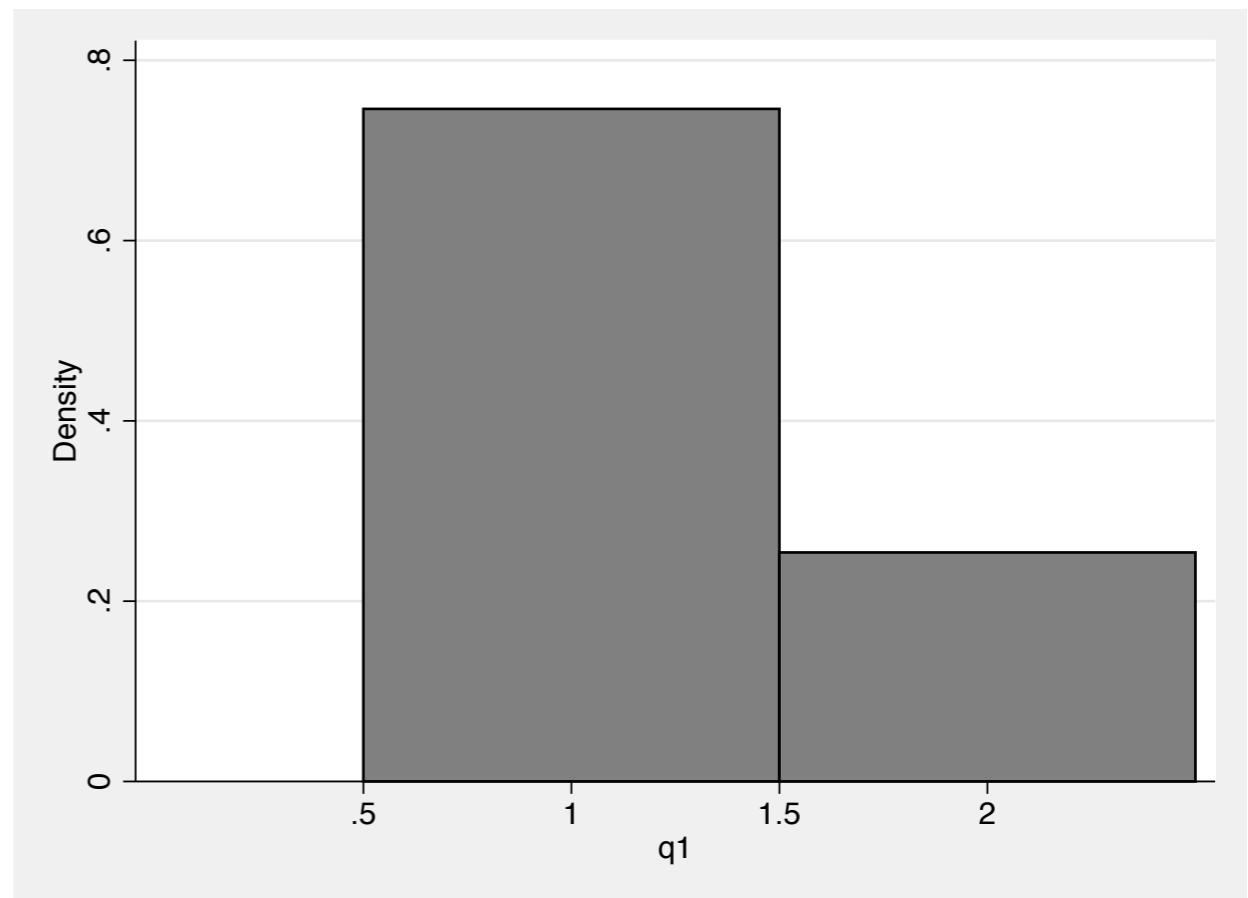
Distribution of the estimates of the dressed weight of a particular living ox, made by 787 different persons.

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 1208 lbs.

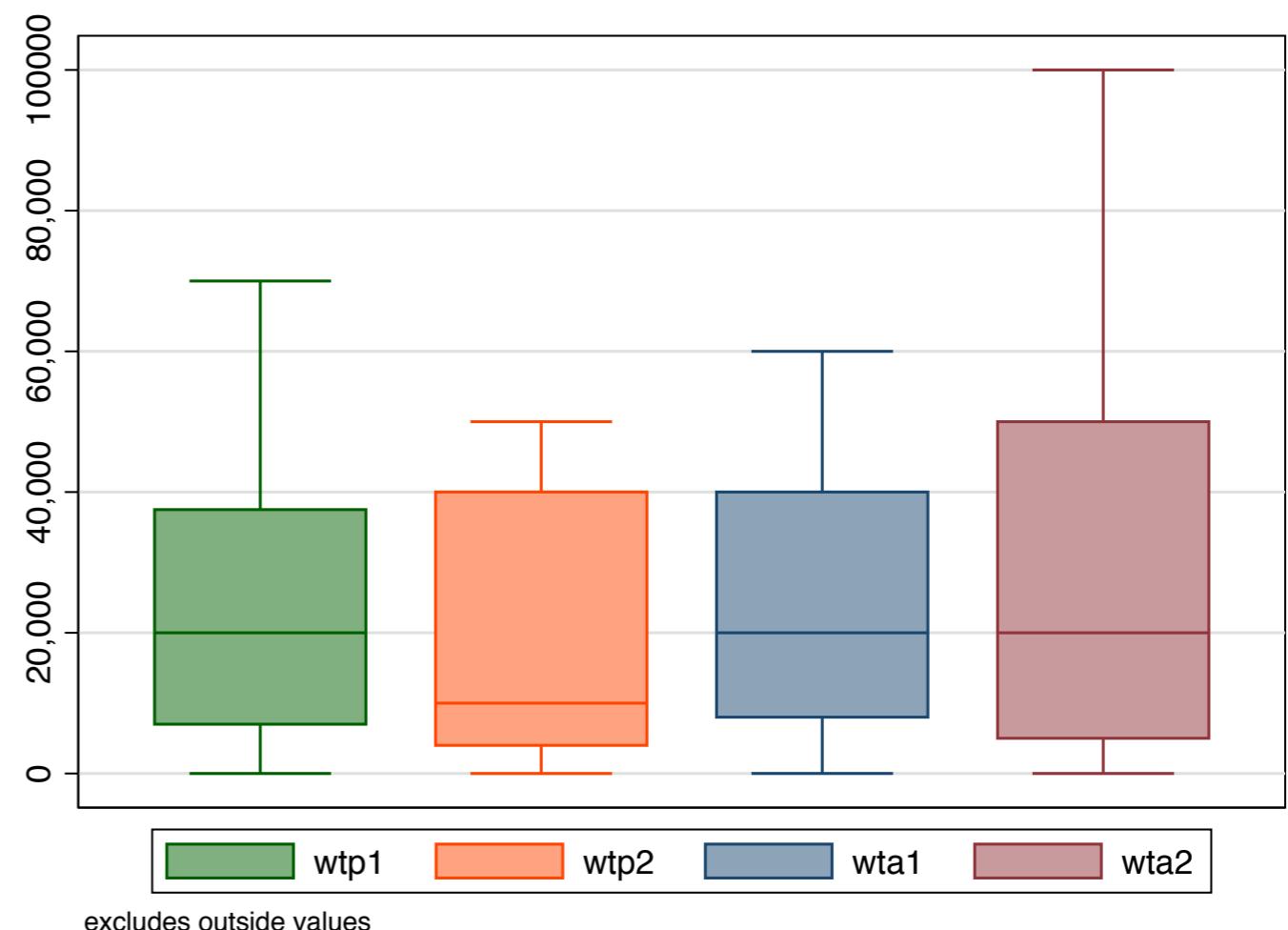
우리의 결과: q1

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

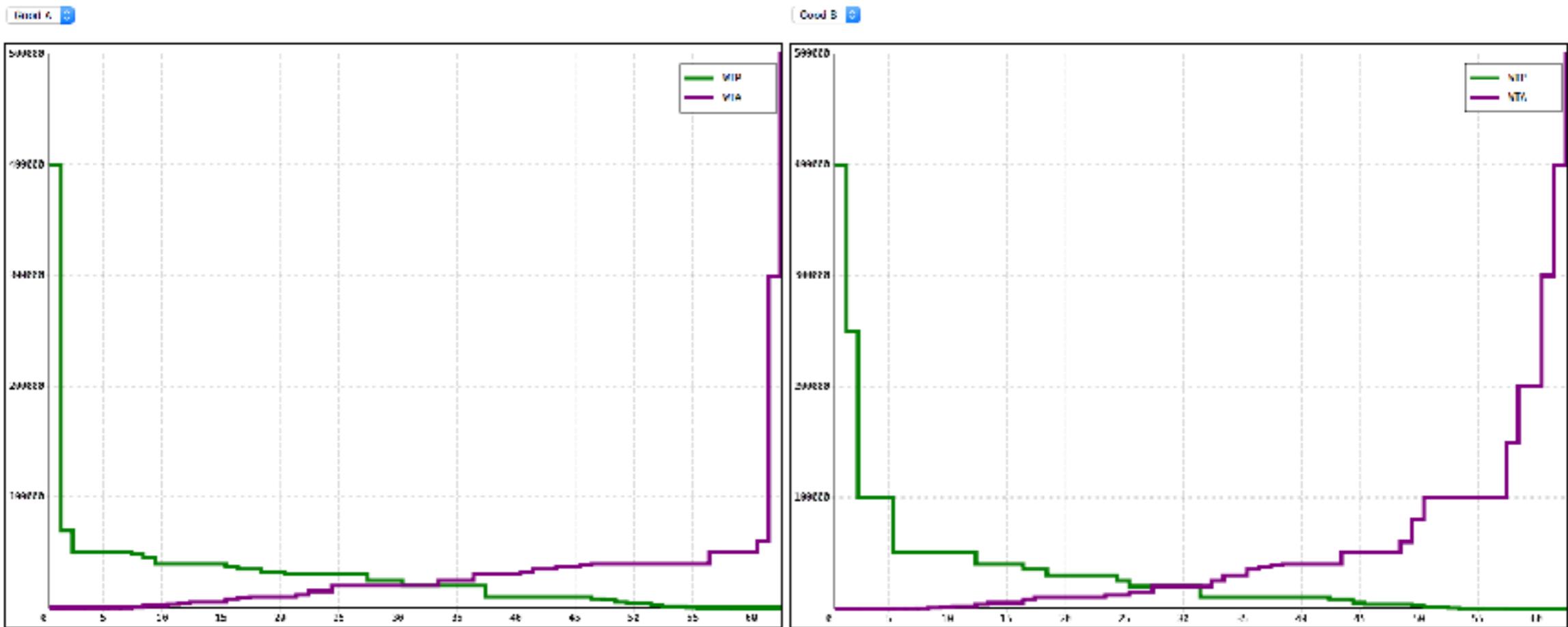


Q2: WTP, WTA

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



Demand / Supply



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	20 42.55	13 27.66	14 29.79	47 100.00
\$ Gamble	1 6.25	4 25.00	11 68.75	16 100.00
Total	21 33.33	17 26.98	25 39.68	63 100.00

Gamble Choice	Preference revealed by WTA			Total
	P>\$	P<\$	P==\$	
P Gamble	18 38.30	18 38.30	11 23.40	47 100.00
\$ Gamble	1 6.25	8 50.00	7 43.75	16 100.00
Total	19 30.16	26 41.27	18 28.57	63 100.00

최고점수

. list name stu_id q1 total_cash rank

	name	stu_id	q1	total~h	rank
1.	타 카 요 시	2016105963	P Gamble	2556000	1

- 10회의 가상 거래를 실시 → 금전화

```
# Logfile created on 2016-12-09 02:20:41 +0900 by logger.rb/53141-
I, [2016-12-09 02:20:41#25627] : INFO --- : Players start trading for goods A...
I, [2016-12-09 02:20:41#25627] : INFO --- : 성영도[5] ask deal to buy A for 35000
I, [2016-12-09 02:20:41#25627] : INFO --- : 성영도[5] registered A for 35000 on Buy.
I, [2016-12-09 02:20:41#25627] : INFO --- : LIU SHUYING[45] ask deal to sell A for 10
I, [2016-12-09 02:20:41#25627] : INFO --- : Buy B:성영도[5] S:LIU SHUYING[45] A 35000
I, [2016-12-09 02:20:41#25627] : INFO --- : 성영도[5]'s A is removed.
I, [2016-12-09 02:20:41#25627] : INFO --- : 박주환[46] ask deal to buy A for 20000
I, [2016-12-09 02:20:41#25627] : INFO --- : 박주환[46] registered A for 20000 on Buy.
I, [2016-12-09 02:20:41#25627] : INFO --- : 신동진[40] ask deal to sell A for 20000
I, [2016-12-09 02:20:41#25627] : INFO --- : Buy B:박주환[46] S:신동진[40] A 20000
I, [2016-12-09 02:20:41#25627] : INFO --- : 박주환[46]'s A is removed.
I, [2016-12-09 02:20:41#25627] : INFO --- : 류동엽[7] ask deal to buy A for 30000
I, [2016-12-09 02:20:41#25627] : INFO --- : 류동엽[7] registered A for 30000 on Buy.
I, [2016-12-09 02:20:41#25627] : INFO --- : BAI XUE[16] ask deal to sell A for 3
I, [2016-12-09 02:20:41#25627] : INFO --- : Buy B:류동엽[7] S:BAI XUE[16] A 30000
I, [2016-12-09 02:20:41#25627] : INFO --- : 류동엽[7]'s A is removed.
I, [2016-12-09 02:20:41#25627] : INFO --- : BAI XUE[52] ask deal to buy A for 3
I, [2016-12-09 02:20:41#25627] : INFO --- : BAI XUE[52] registered A for 3 on Buy.
I, [2016-12-09 02:20:41#25627] : INFO --- : Liu Bing[37] ask deal to sell A for 50
I, [2016-12-09 02:20:41#25627] : INFO --- : Liu Bing[37] registered A for 50 on Sell.
I, [2016-12-09 02:20:41#25627] : INFO --- : Liu Bing[37] ask deal to buy A for 20
I, [2016-12-09 02:20:41#25627] : INFO --- : Liu Bing[37] registered A for 20 on Buy.
I, [2016-12-09 02:20:41#25627] : INFO --- : 박성웅[59] ask deal to sell A for 32000
I, [2016-12-09 02:20:41#25627] : INFO --- : 박정웅[59] registered A for 32000 on Sell.
I, [2016-12-09 02:20:41#25627] : INFO --- : 김지훈[27] ask deal to buy A for 50000
I, [2016-12-09 02:20:41#25627] : INFO --- : Sell B:김지훈[27] S:Liu Bing[37] A 50
I, [2016-12-09 02:20:41#25627] : INFO --- : Liu Bing[37]'s A is removed.
I, [2016-12-09 02:20:41#25627] : INFO --- : 김지훈[35] ask deal to sell A for 40000
I, [2016-12-09 02:20:41#25627] : INFO --- : 김지훈[35] registered A for 40000 on Sell.
I, [2016-12-09 02:20:41#25627] : INFO --- : 윤성훈[12] ask deal to buy A for 49000
I, [2016-12-09 02:20:41#25627] : INFO --- : Sell B:윤성훈[12] S:박정웅[59] A 32000
I, [2016-12-09 02:20:41#25627] : INFO --- : 박정웅[59]'s A is removed.
```

Investment Game

2016.11.25

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

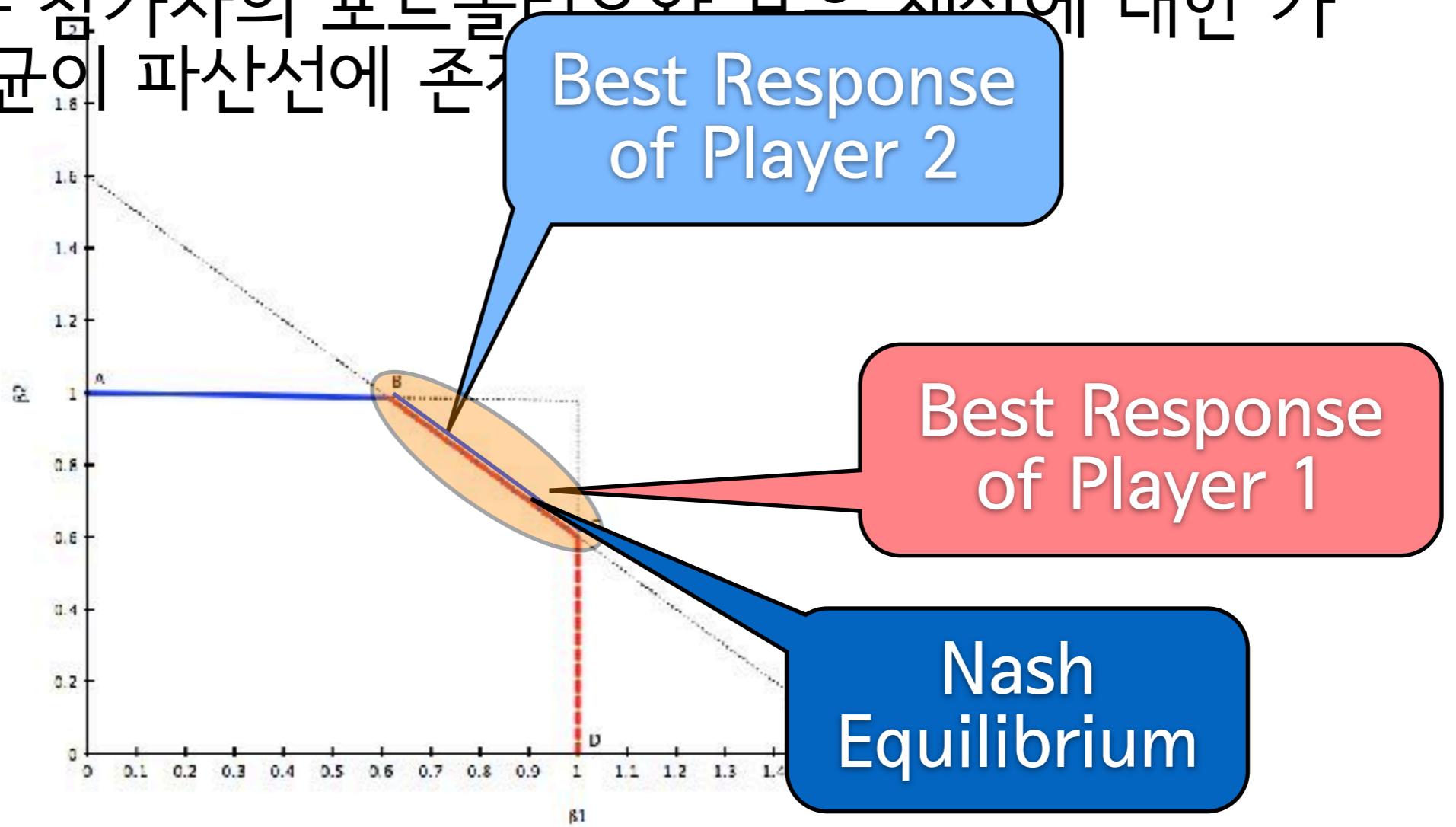
- 총 위험자산 투자율(\tilde{R}_t)이 정해진 수준(\bar{R})을 넘을 경우 위험 상태
 - 그렇지 않을 경우 보통 상태
 - 위험자산의 수익률: $r_R = 30\% \text{ or } -100\%$
 - 안전자산의 수익률: $r_S = 5\%$

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

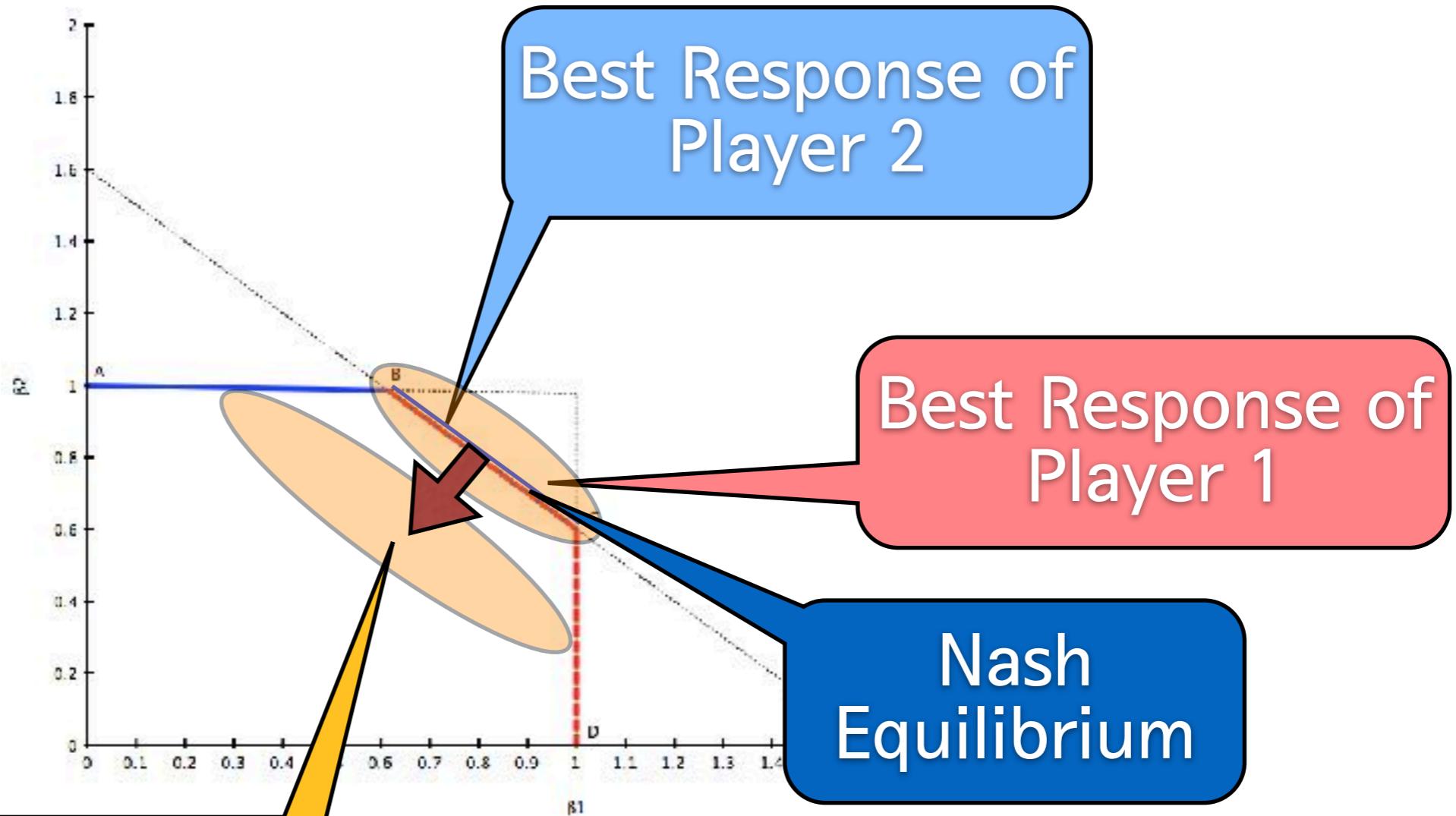
- 모든 참가자의 포트폴리오와 보유 재산에 대한 가중평균이 파산선에 존재



손 떨림으로부터 완전한 균형

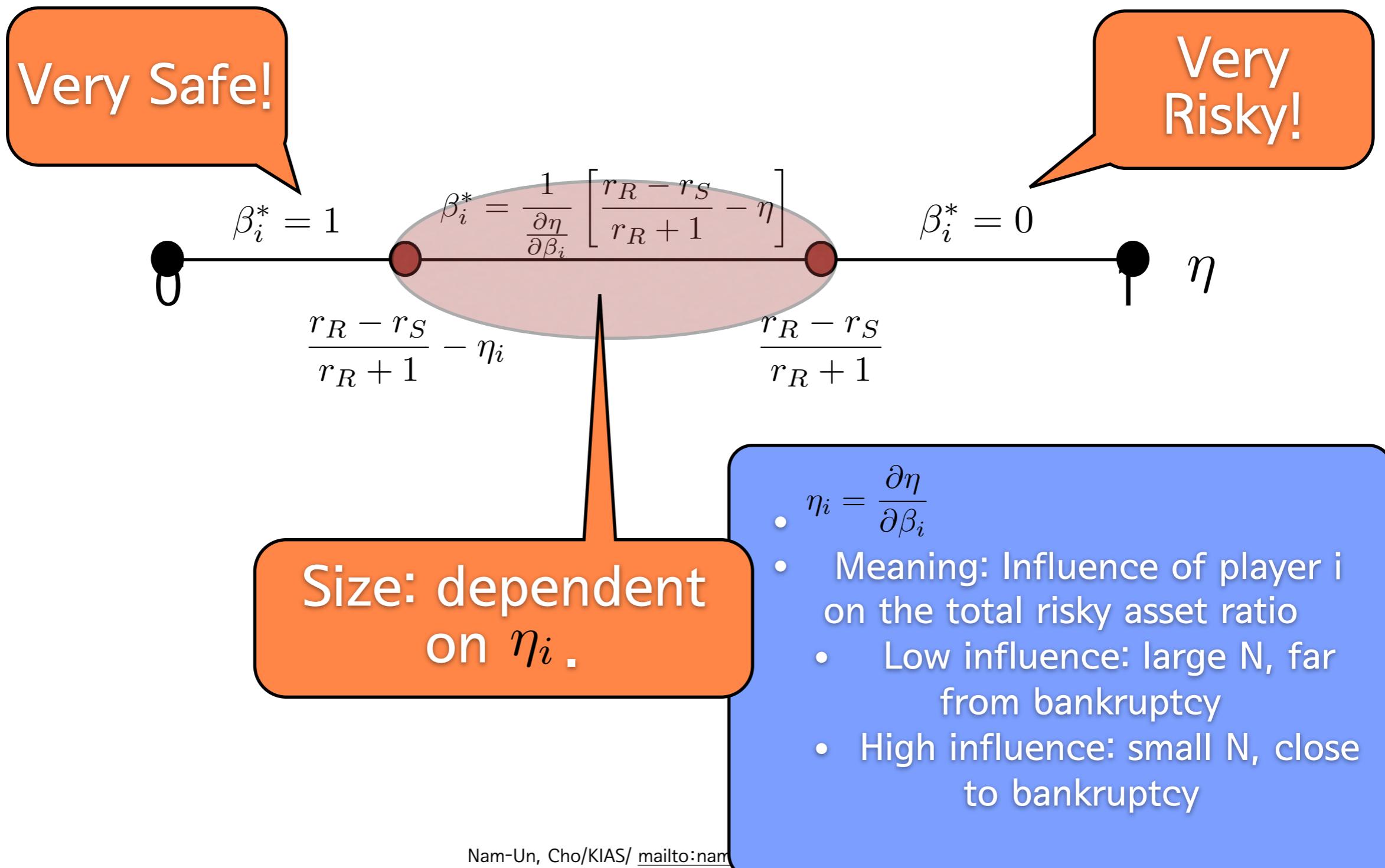
- 내쉬 균형이 거시상태가 파산상태의 경계에 있으므로 불확실성이 존재할 경우 그보다 안전한 거시상태가 더 합리적 균형
- 완전균형: 상대방이 실수할 확률 ϵ 을 감안한 내쉬균형

손떨림으로부터 완전한 균형



Trembling Hand
Perfect Equilibrium

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

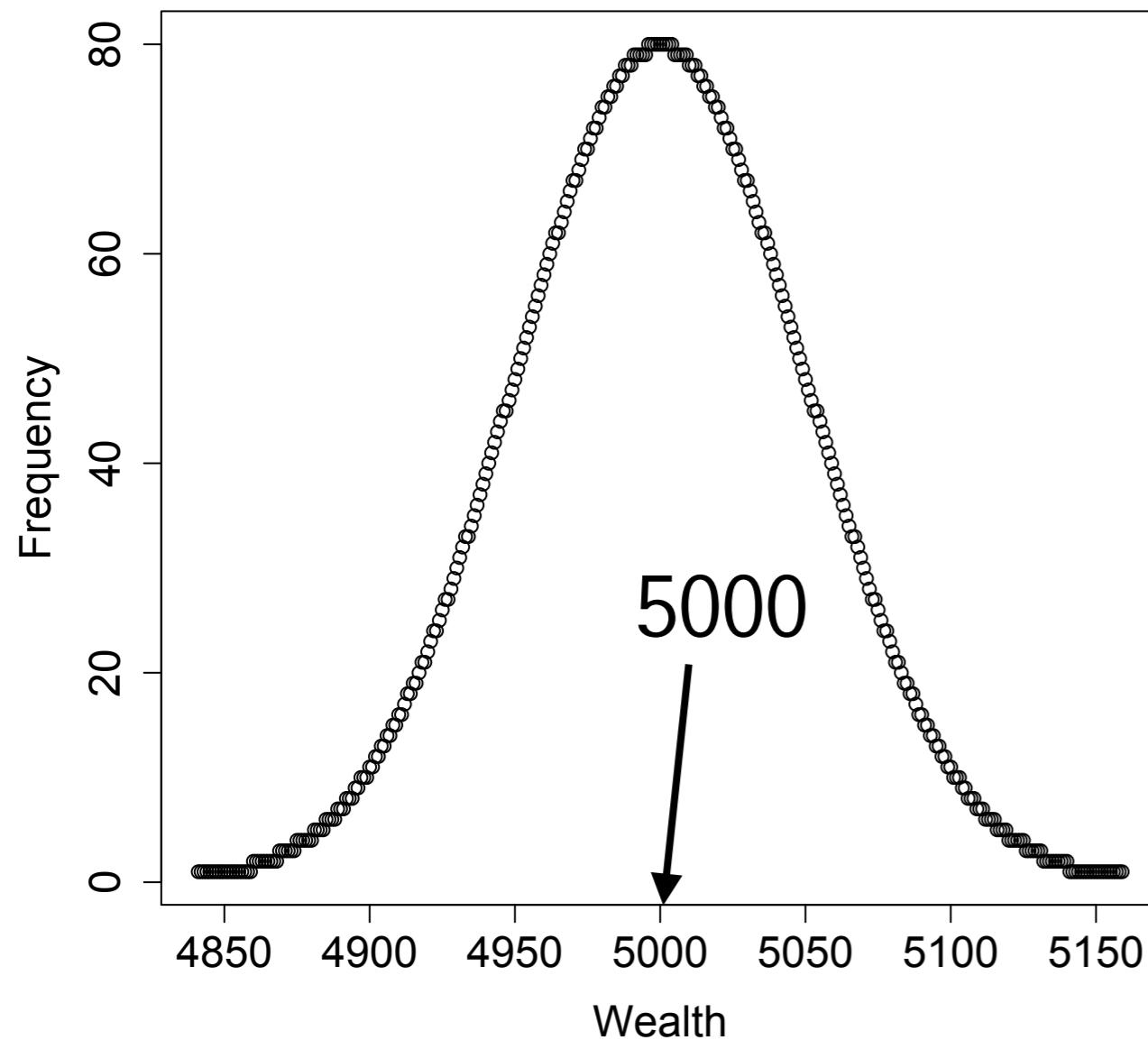
- 단리식 보수구조(Additive Payoff)
 - 매 기 게임의 수익이 기존 부에 부가됨
- 복리식 보수구조(Proportional Payoff)
 - 매 기 게임의 수익률이 기존 부에 곱해짐
 - 금융시장의 보수구조는 투자금에 대한 수익률로 이루어진다는 점에서 복리식에 가까움

보수구조의 차이와 부의 분배

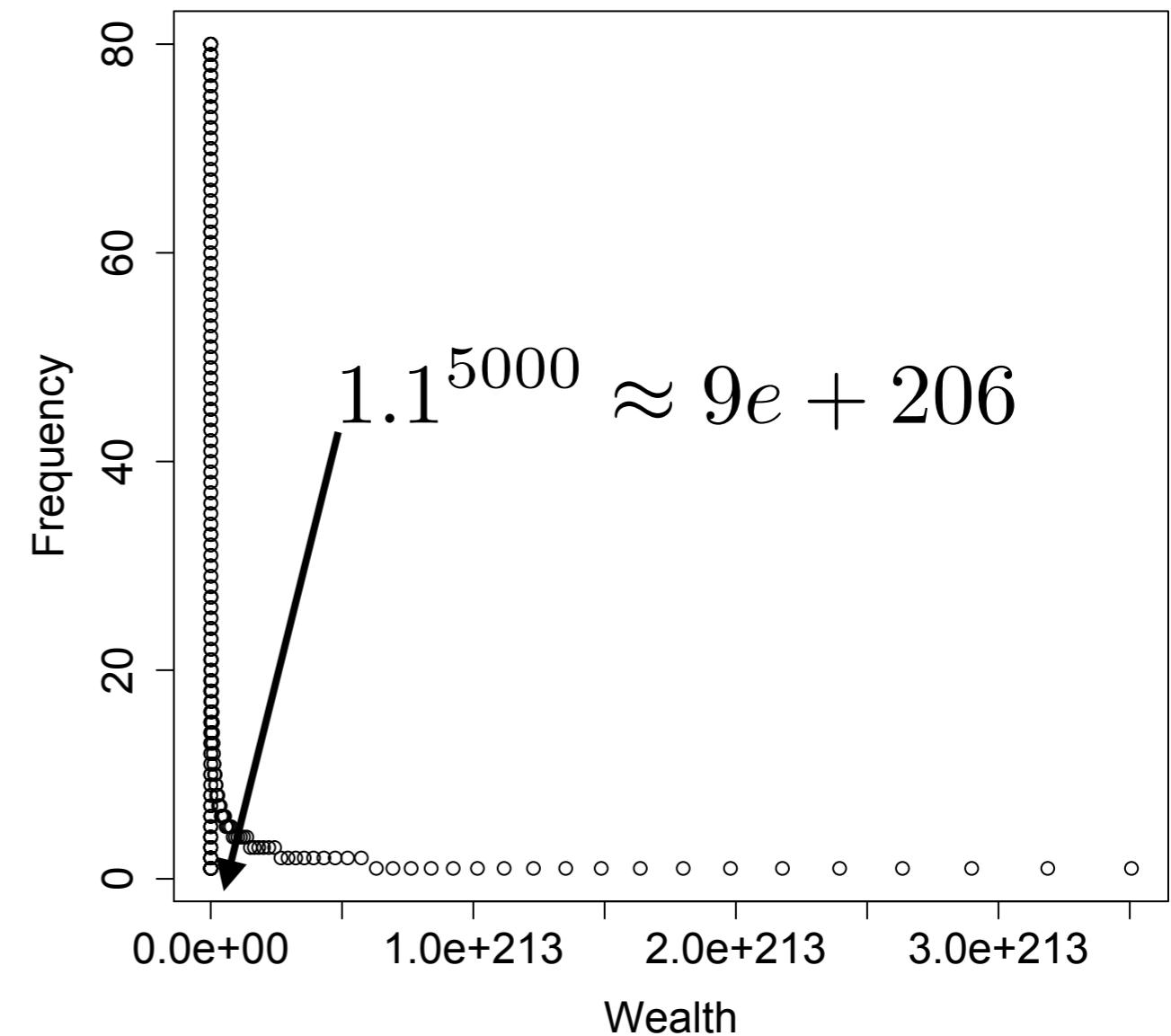
- Bouchaud et al.(2000)
 - 교류, 소득세 등이 부의 재분배를 발생시키더라도 금융소득으로 인한 불평등의 증가가 재분배효과를 암도
 - 독립적이고 임의적인 수익률이 복리식으로 적립될 경우 부는 Log Binomial Distribution 분포를 형성
 - 단리식으로 적립될 경우 부는 Binomial Distribution 분포를 형성

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

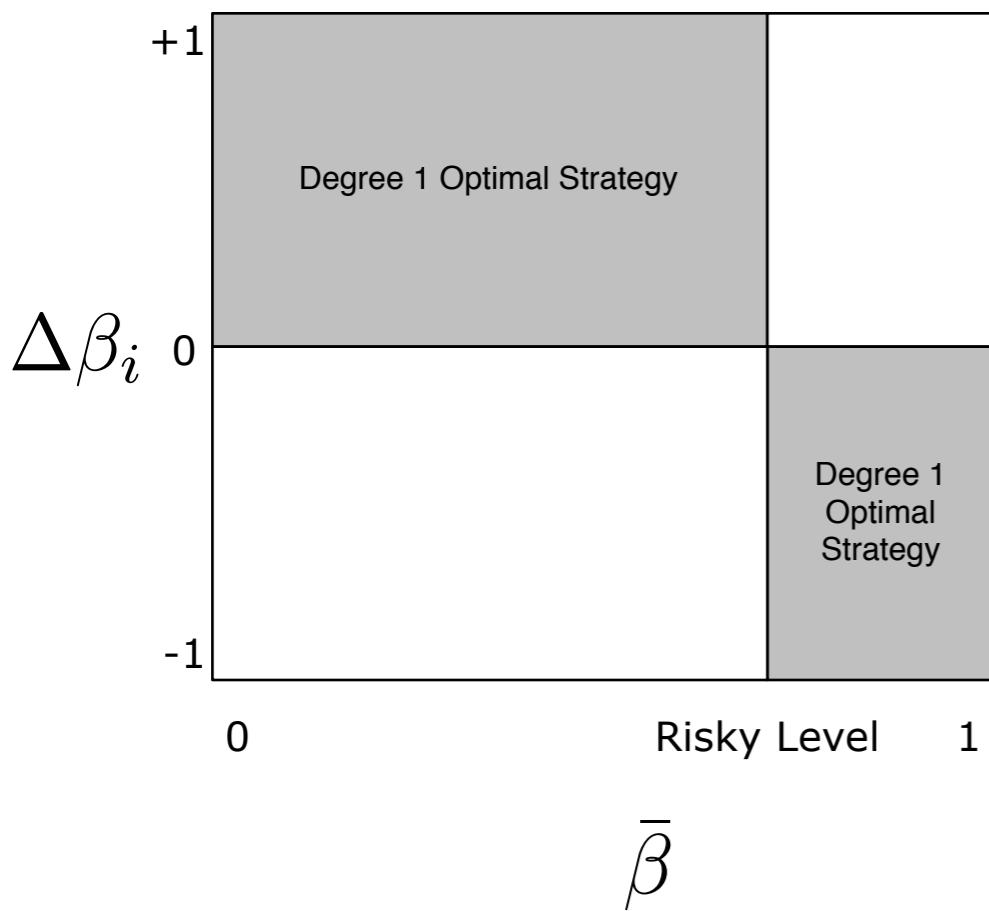
학점 보상의 문제

- 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

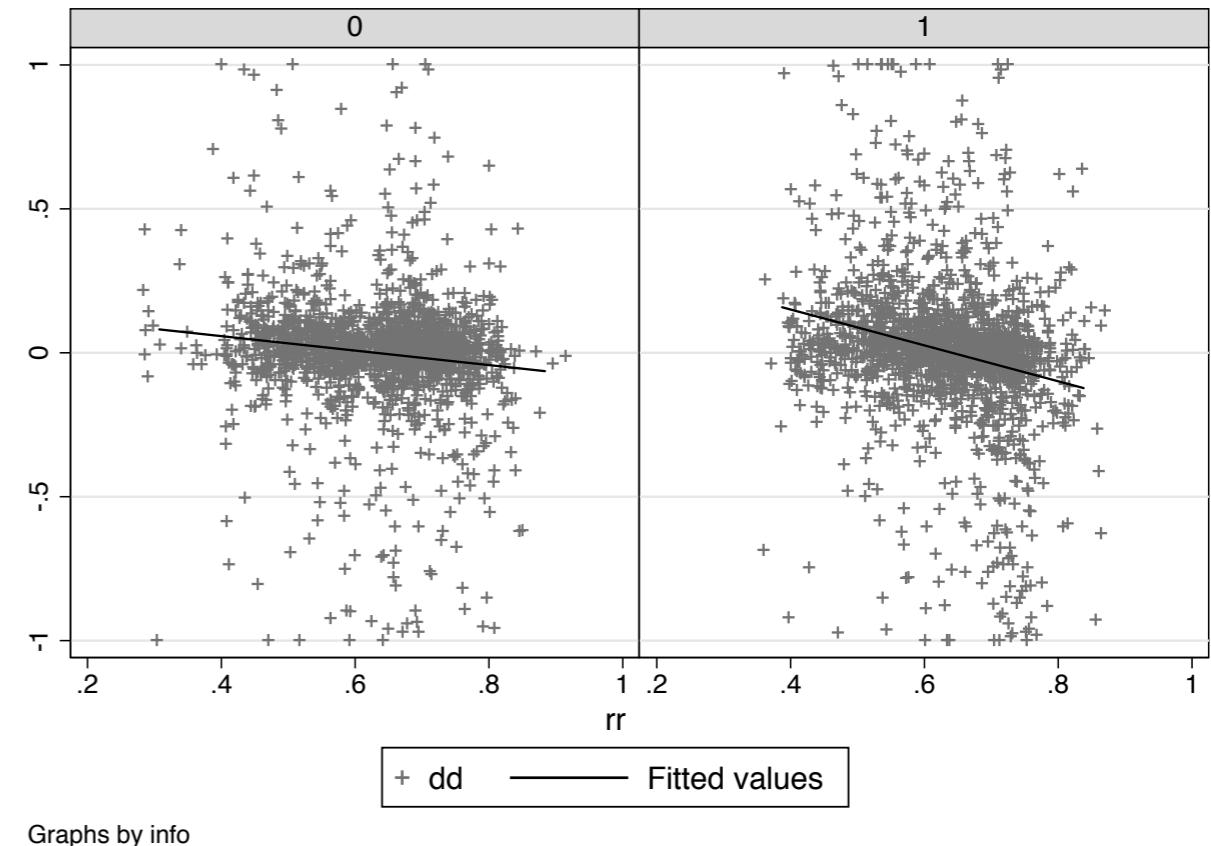
- 낮은 예산제약, 상대적으로 용이한 참가인원 모집
→ 많은 실험횟수로 보충

실험결과



$$\bar{\beta}$$

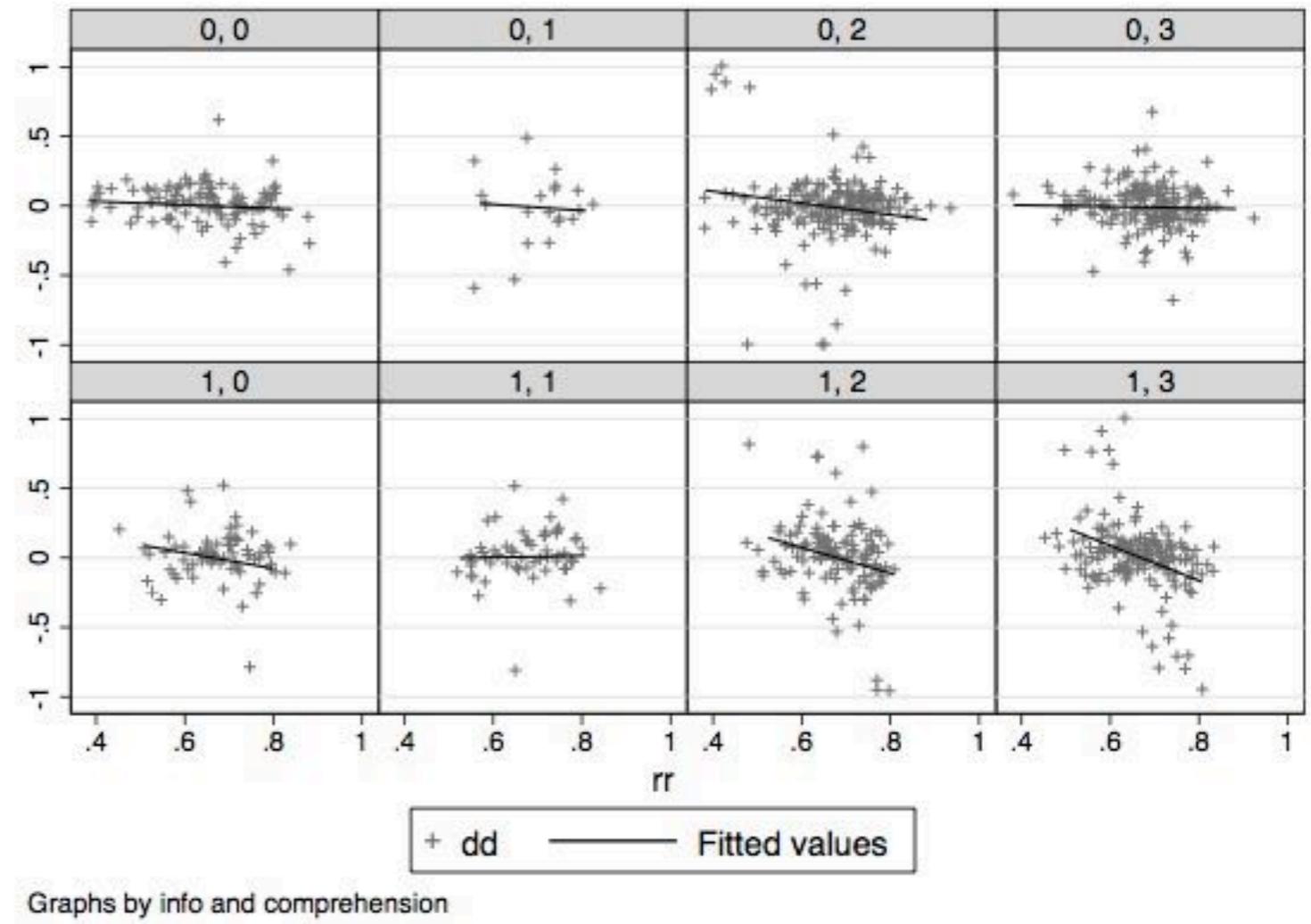
- 관찰1: 참가자들은 정보를 적극적으로 활용
 - 1-3차 데이터
- 정보가 주어진 그룹의 행동태가 지난기 위험 수준에 따른 1계 전략에 더 가까움



Graphs by info

이해도와 반응도

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

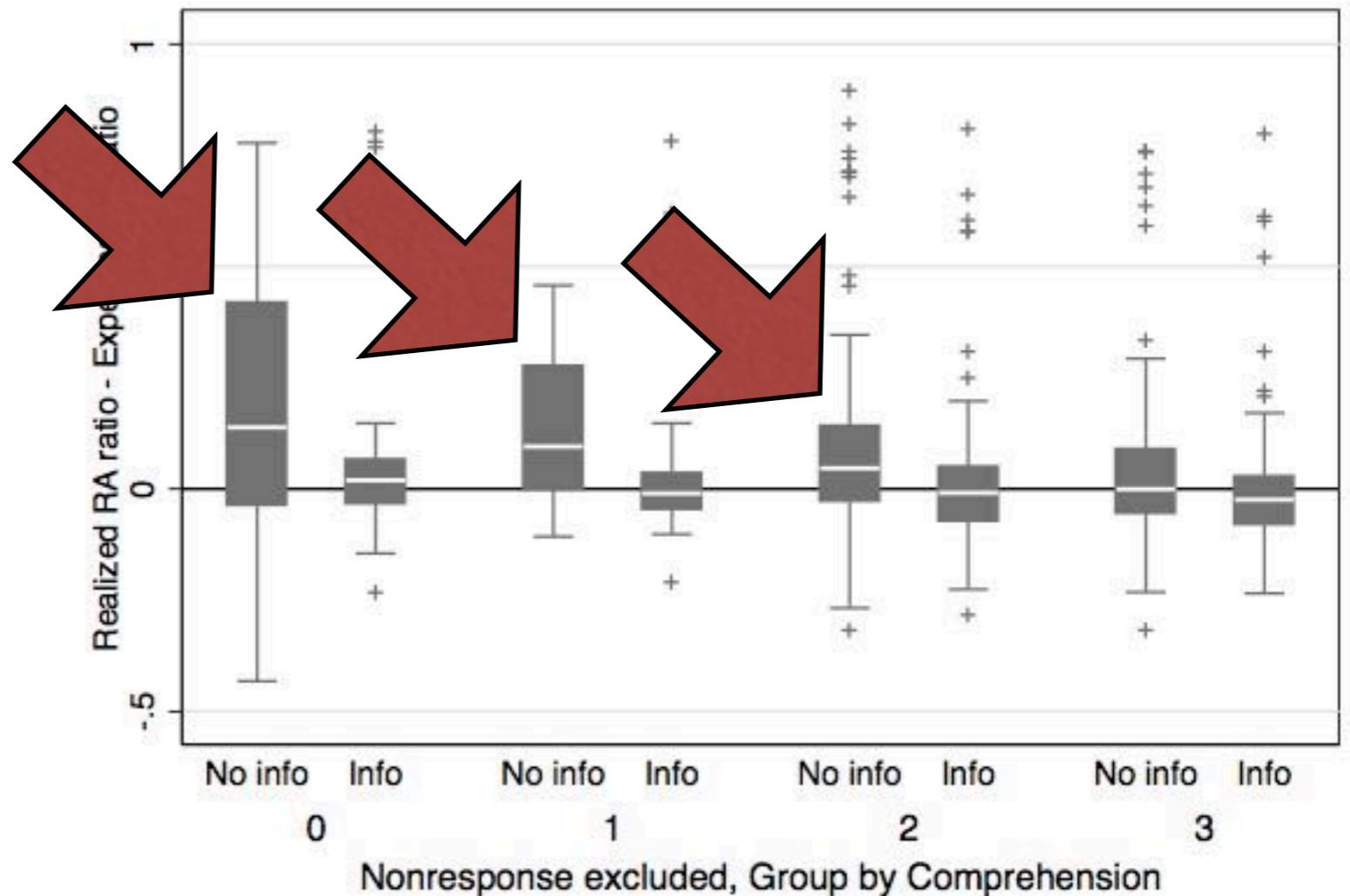


정보있는 그룹이 더 정확 히 예측

- 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

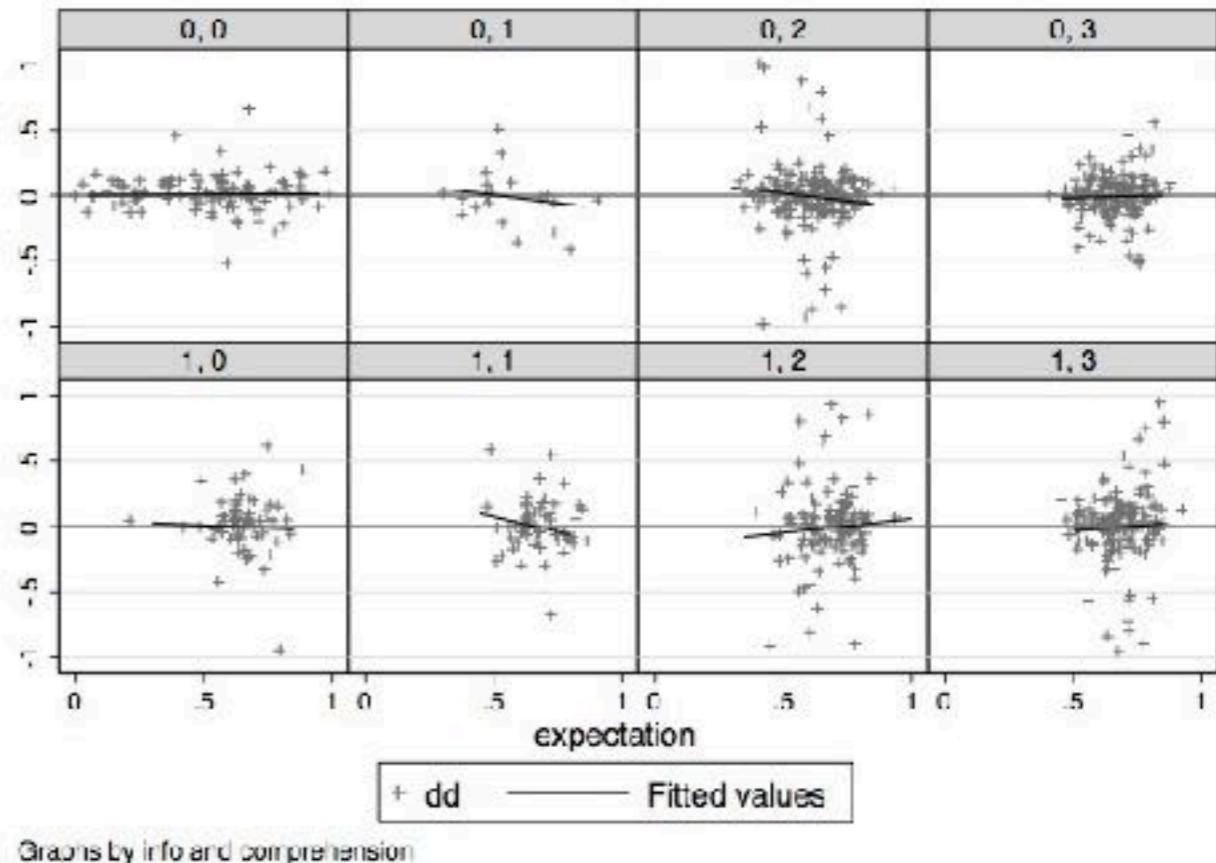
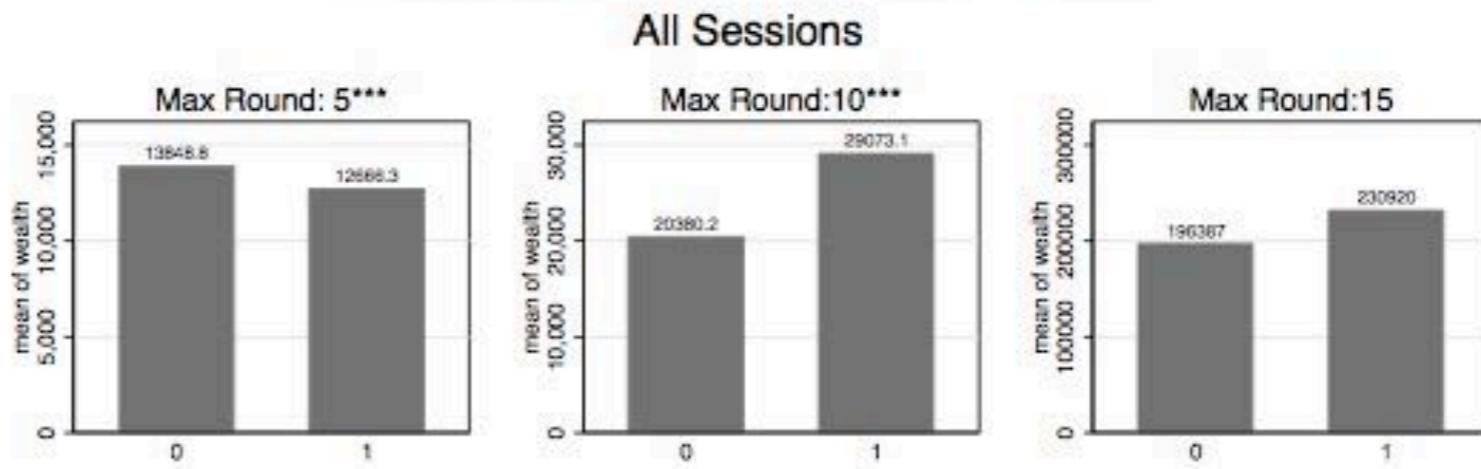


Figure 1.12: Scatter graph of $\Delta\beta_{it}$ and $\bar{\beta}_{it}^e$, grouped by information and comprehension

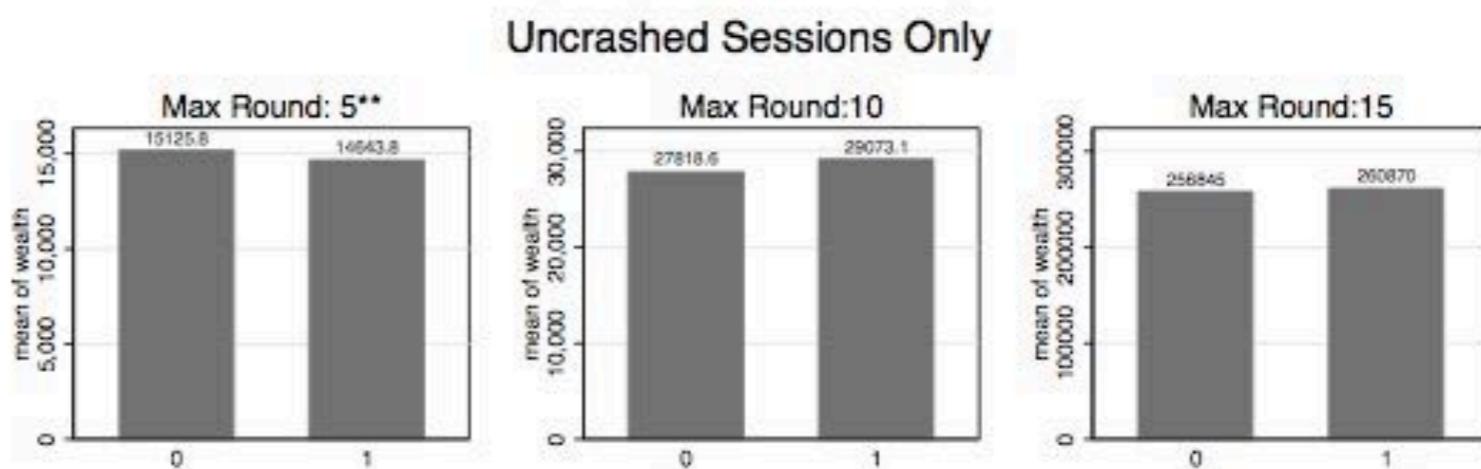
정보유무는 높은 보상과 큰 상관이 없어 보임

- 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
	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

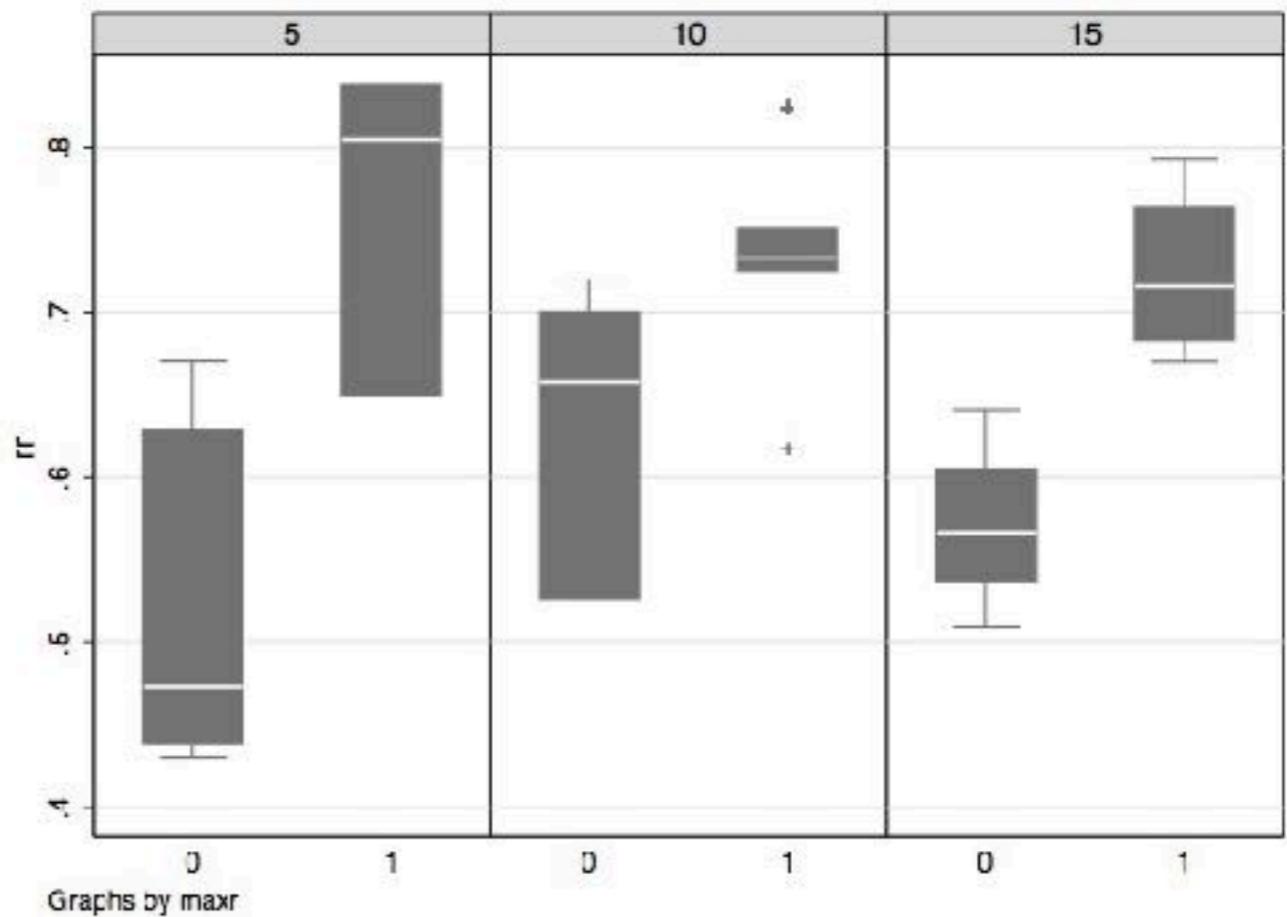


Figure 1.15: Box graph of $\bar{\beta}_1$ between experienced(1) and unexperienced(0) groups. 5,10,15 is number os rounds in each session.

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

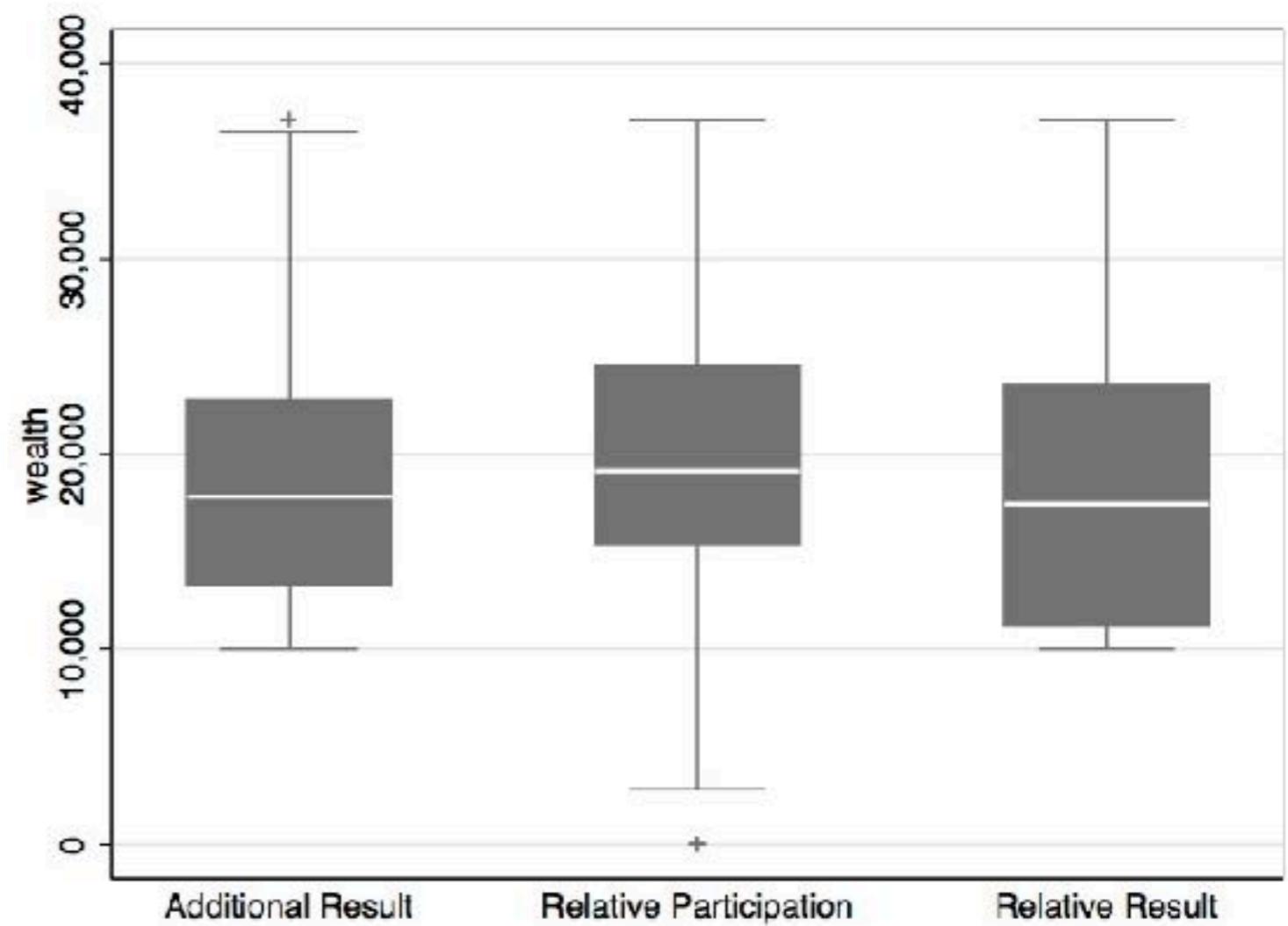
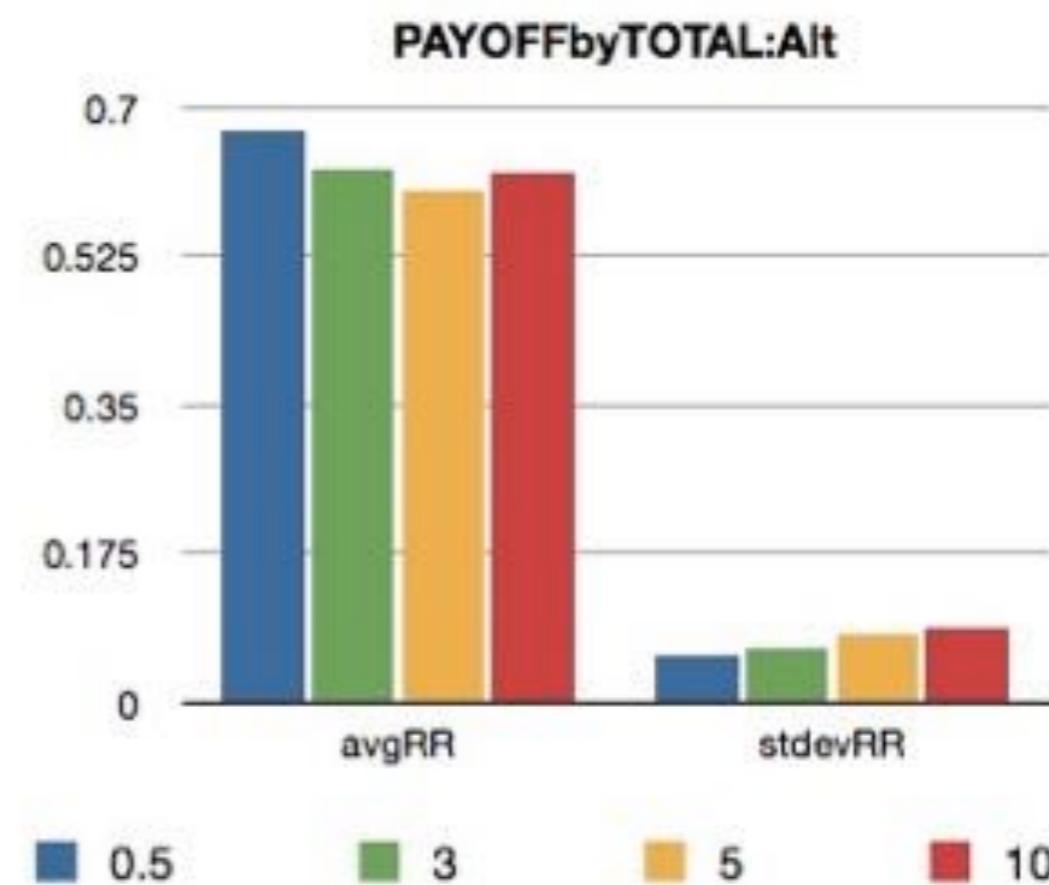
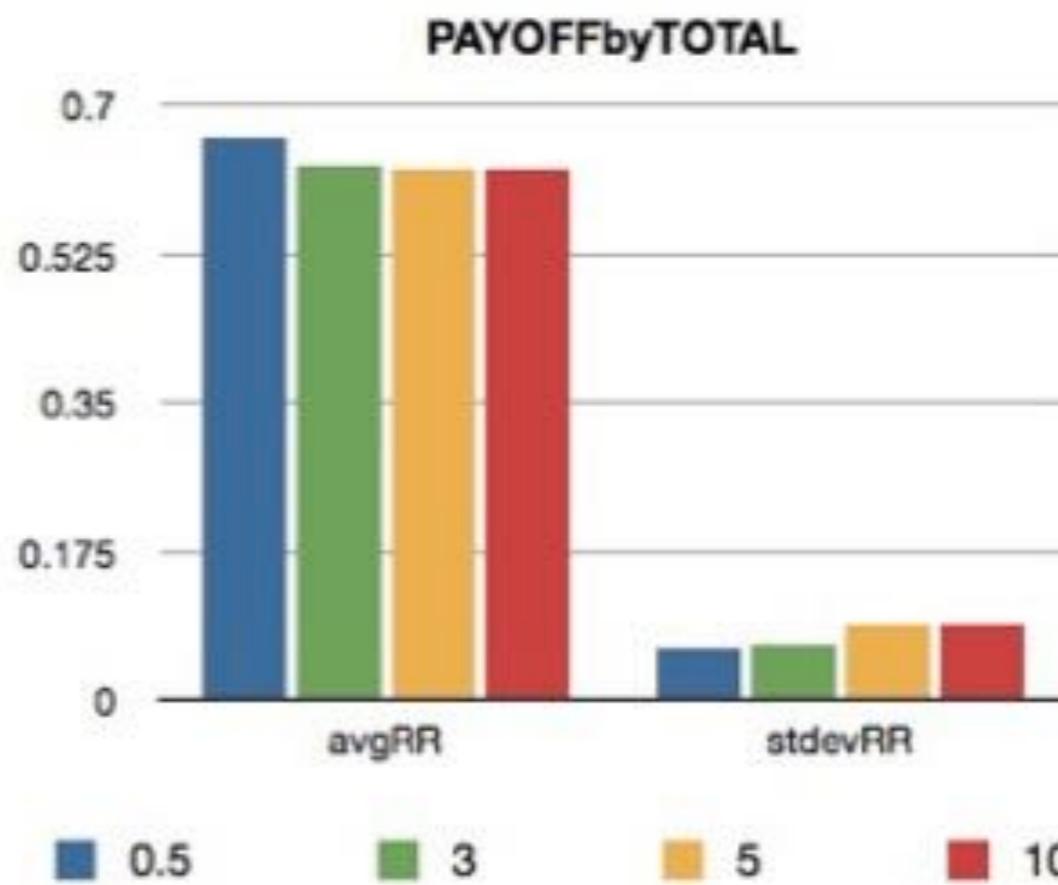


Figure 1.17: Box graph of $\bar{\beta}$ at last round classified by the payoff system

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)

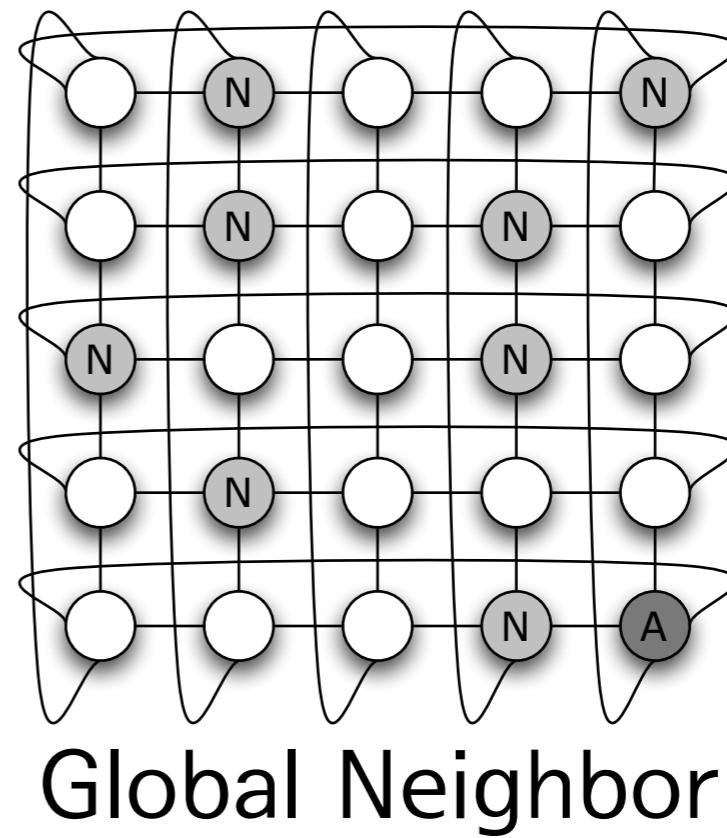
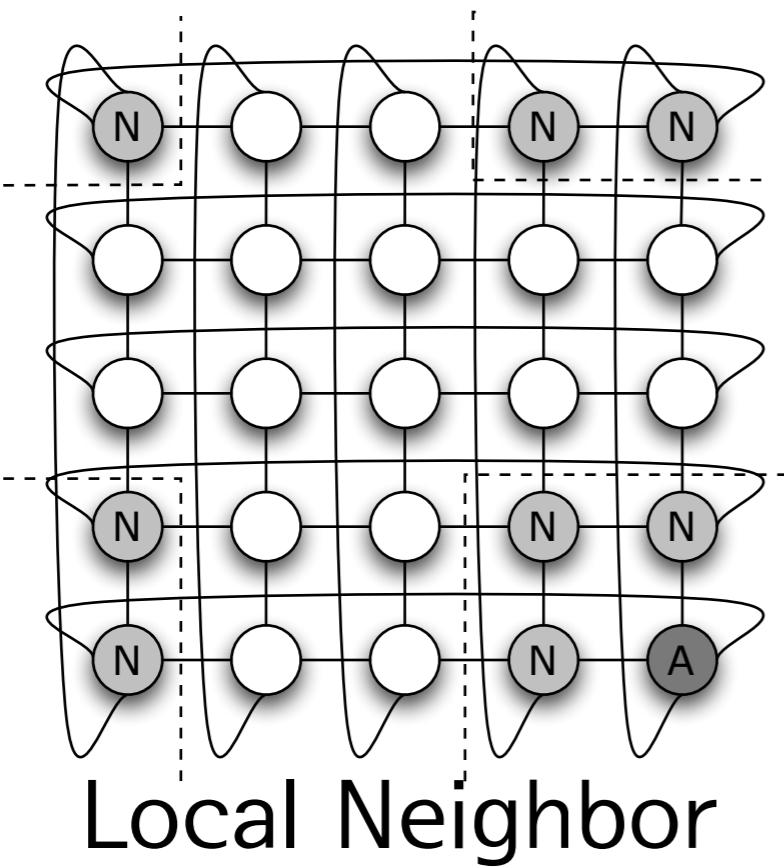
전체 구조

- 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

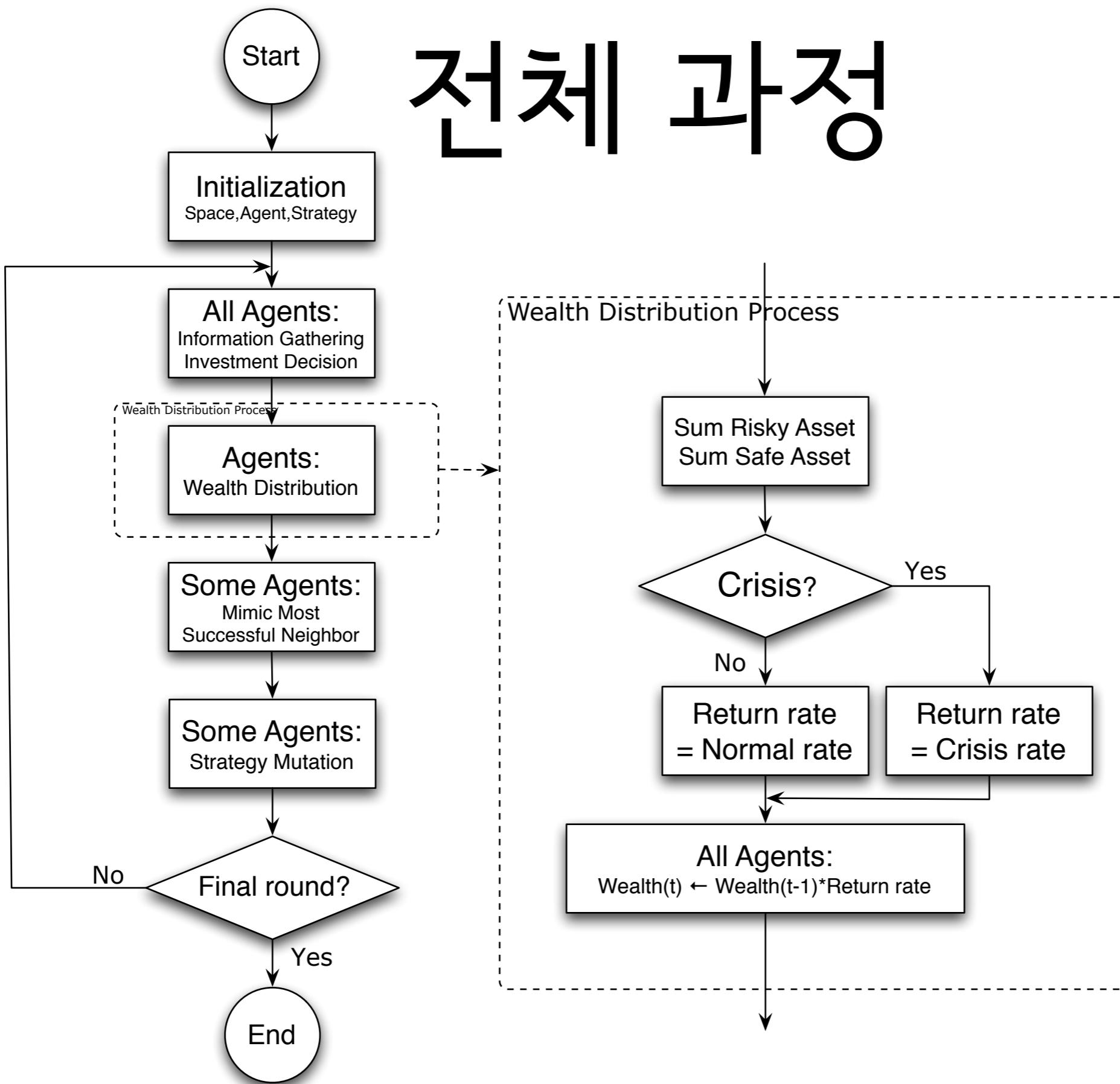
정보 제공여부

- 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

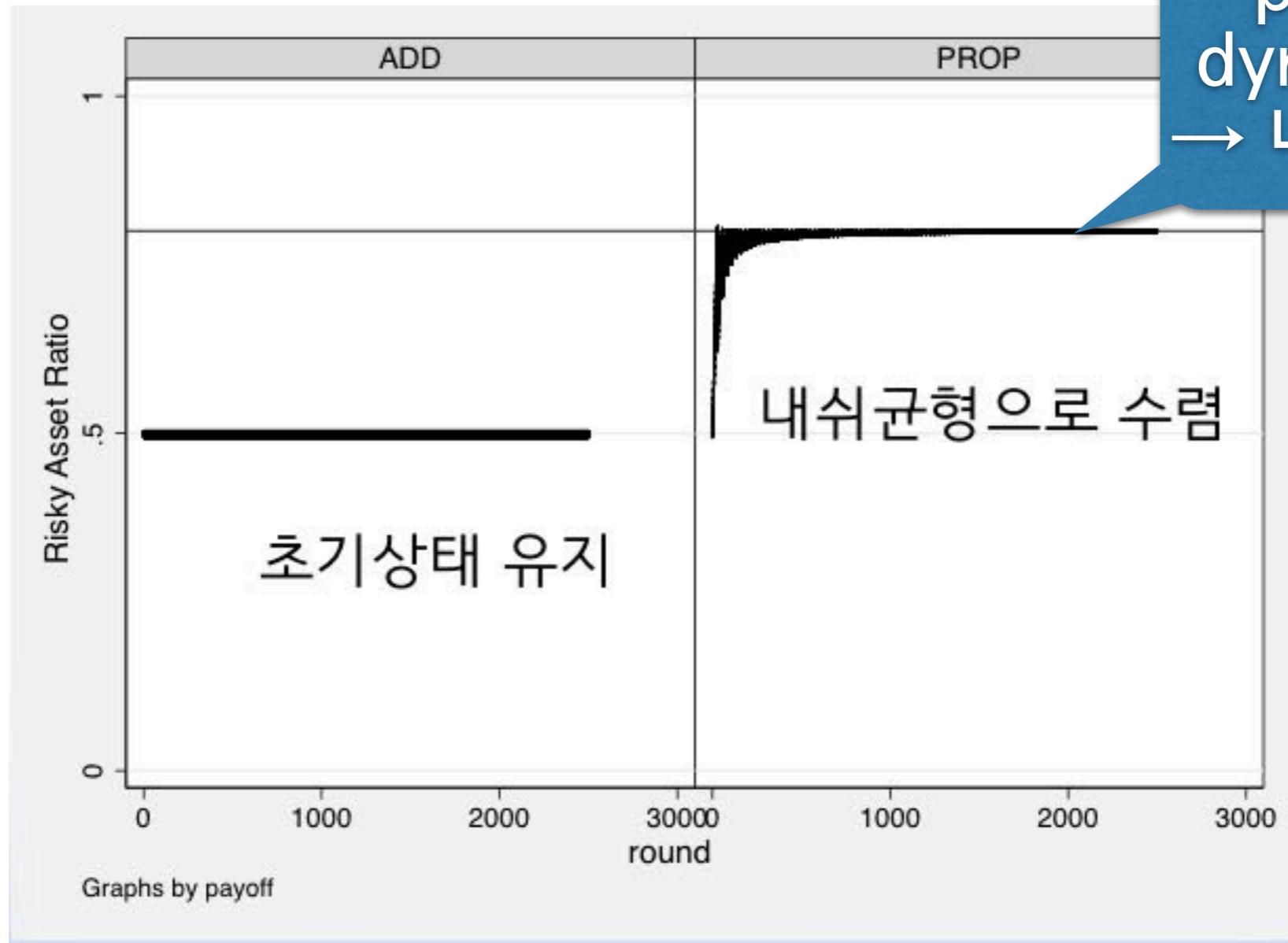
실험모형과의 차이

- 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

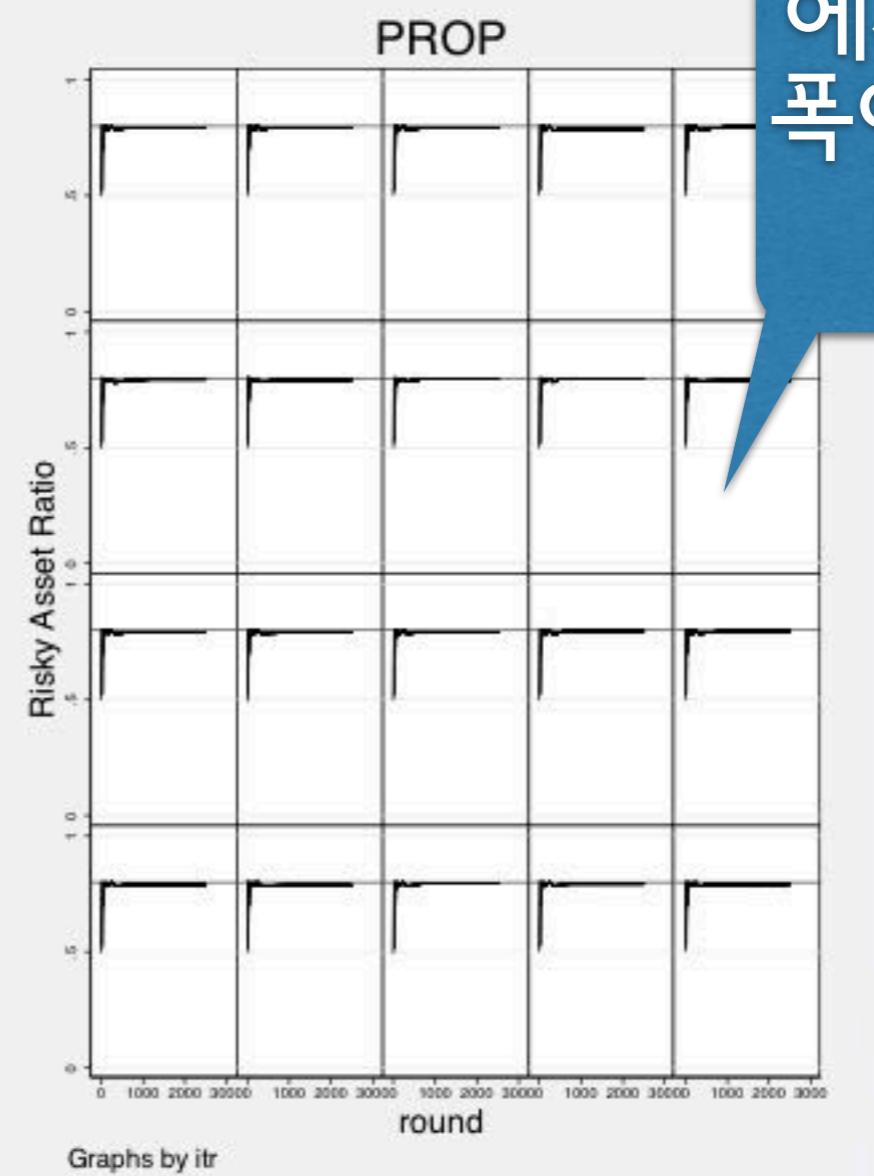
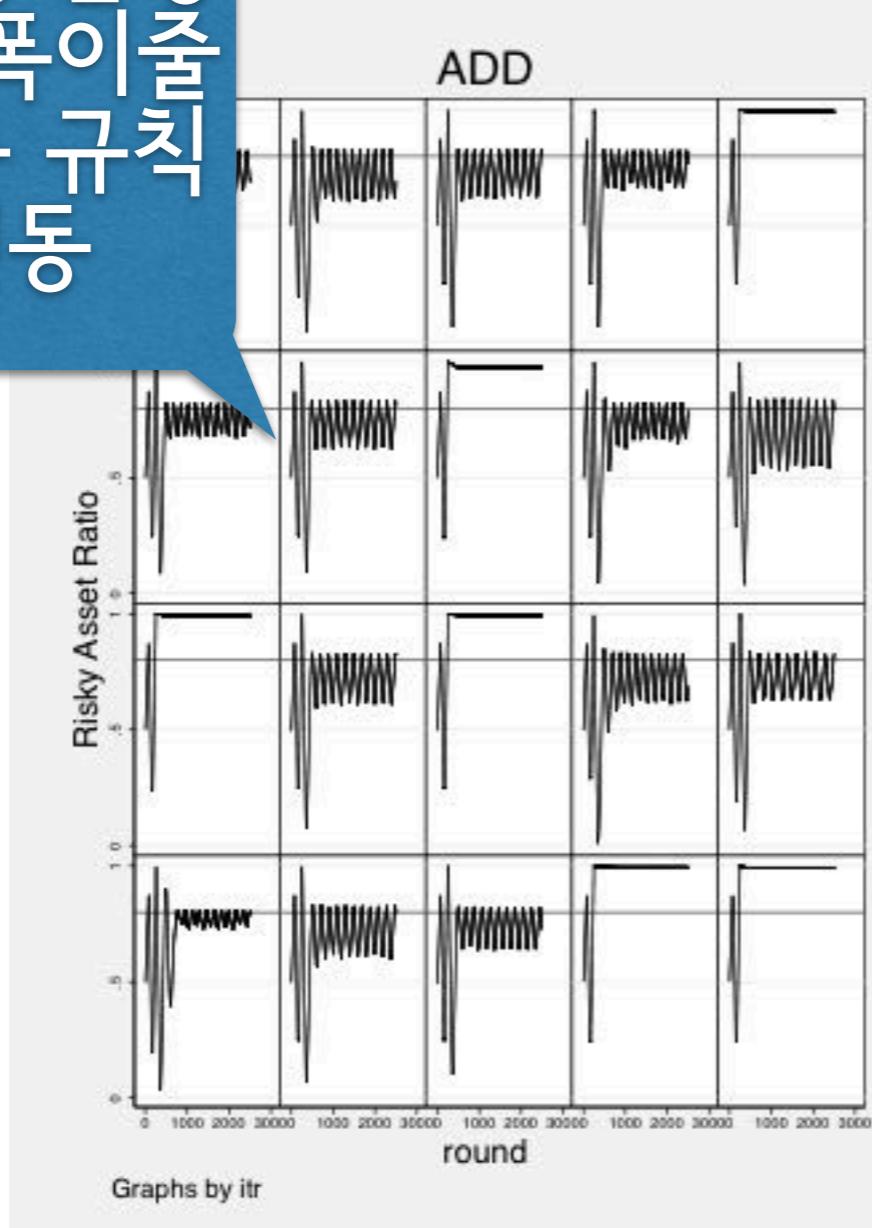
위험자산 비율



복제동학 없이도
개별 수익에 의한
population
dynamics 발생
→ 내쉬균형 수렴

흉내내기 추가

내쉬균형 균방
에서 진폭이 줄
지 않는 규칙
적 진동

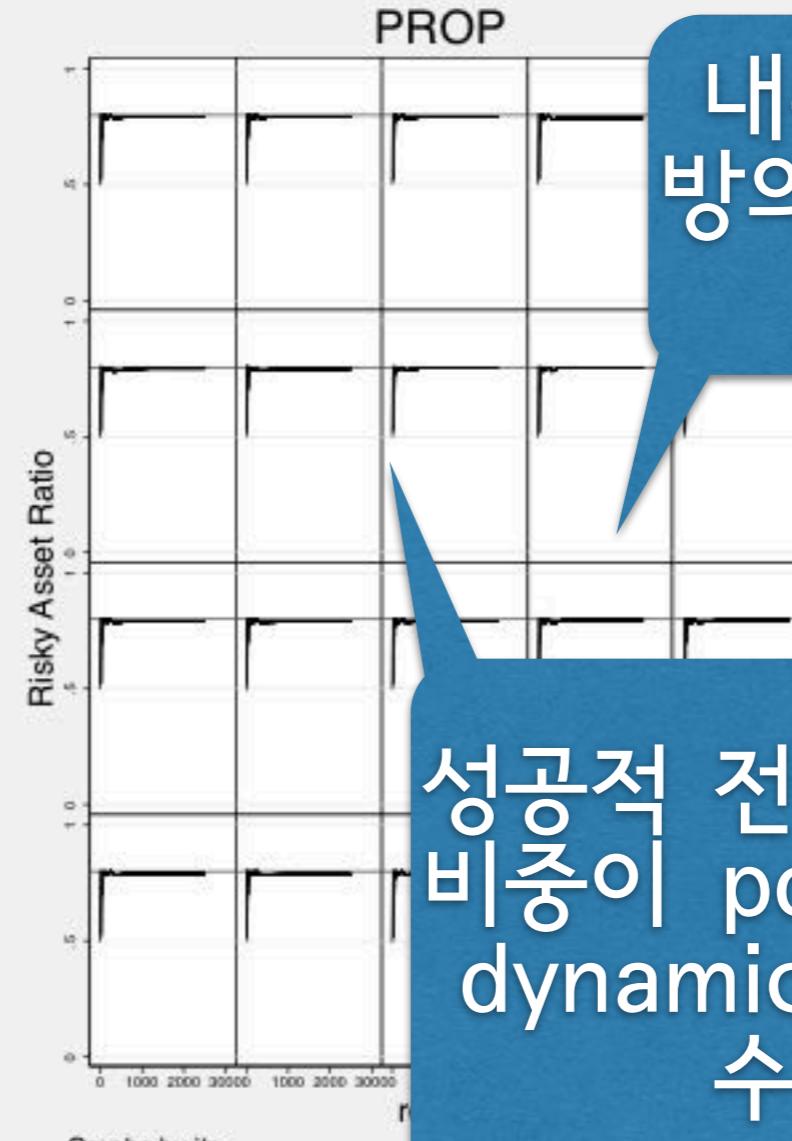


내쉬균형 균방
에서 진동+진
폭이 0으로 수
렴

흉내내기와 전략집합: 마지막 기의 전략분포

양 끝 전략
(2), 혹은 마
지막 전략(1)
으로 수렴

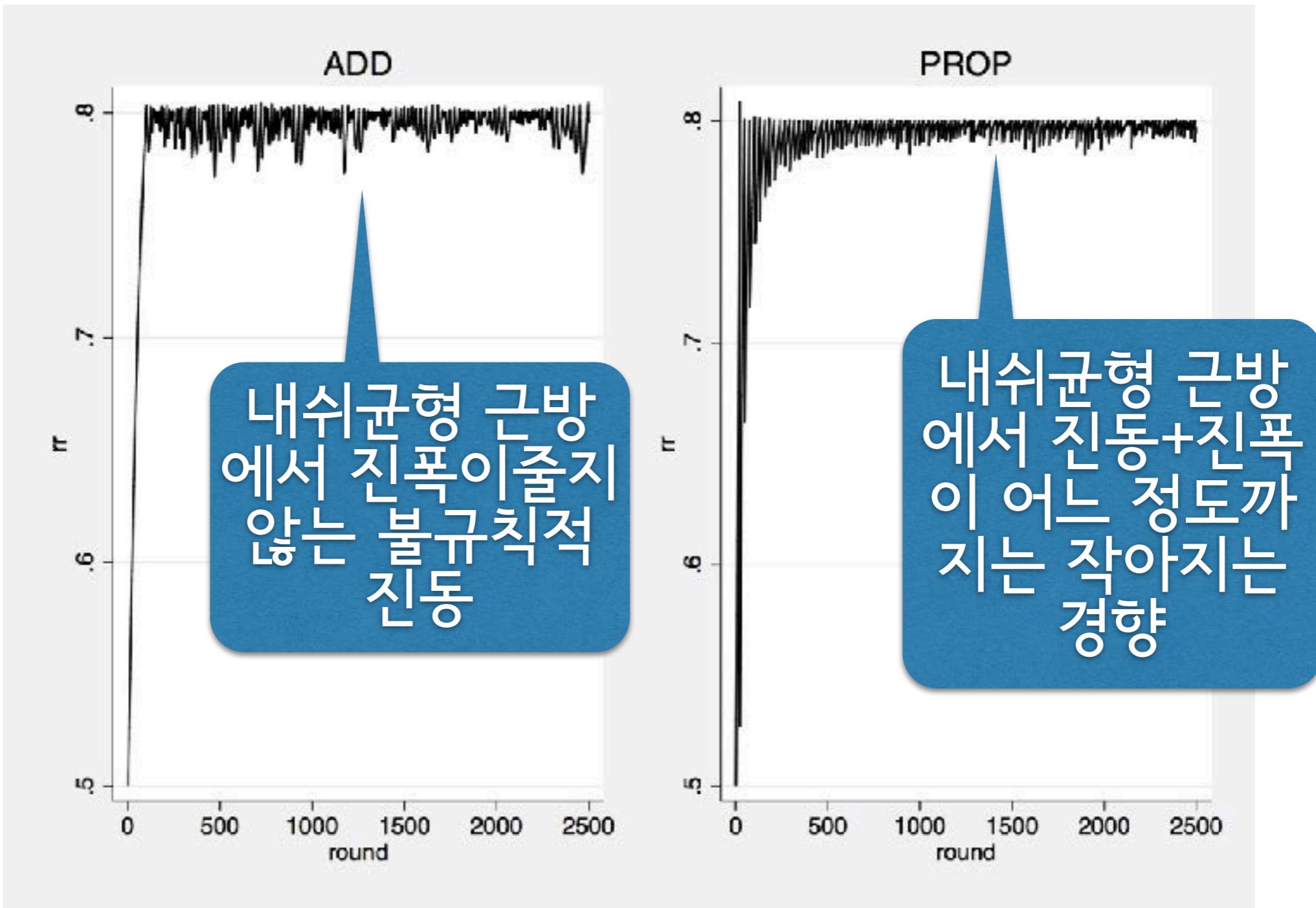
흉내내기는 전략
집합의 수를 역할
하는 전략의
Clustering



내쉬균형 근
방의 전략으로
수렴

성공적 전략의 부의
비중이 population
dynamics의 역할
수행

돌연변이 추가



돌연변이 과정

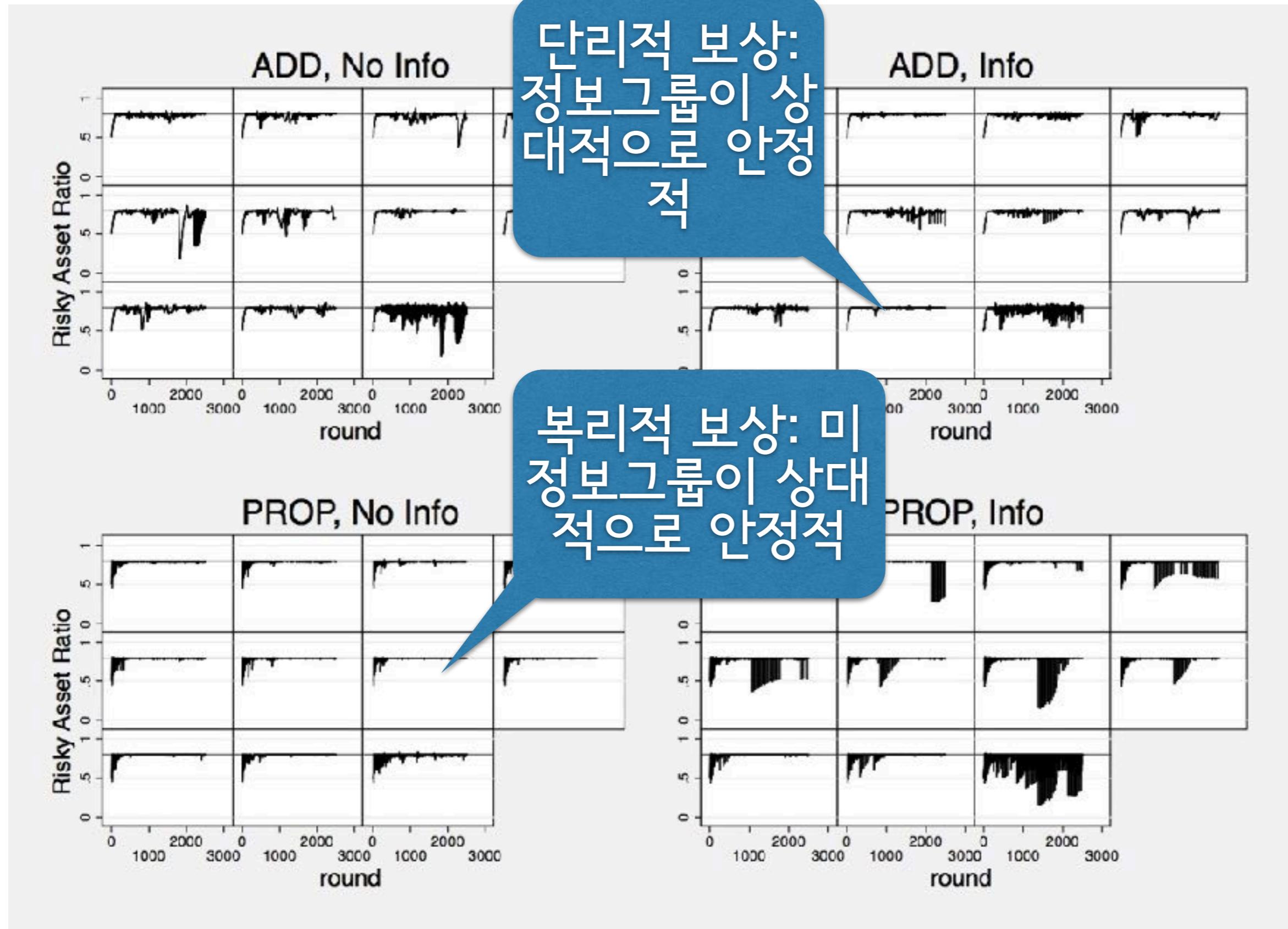


투자게임: 복합 시뮬레이션 모형

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



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

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



복리적 보상+비정
보: CON(degree
0)전략 우세 경향

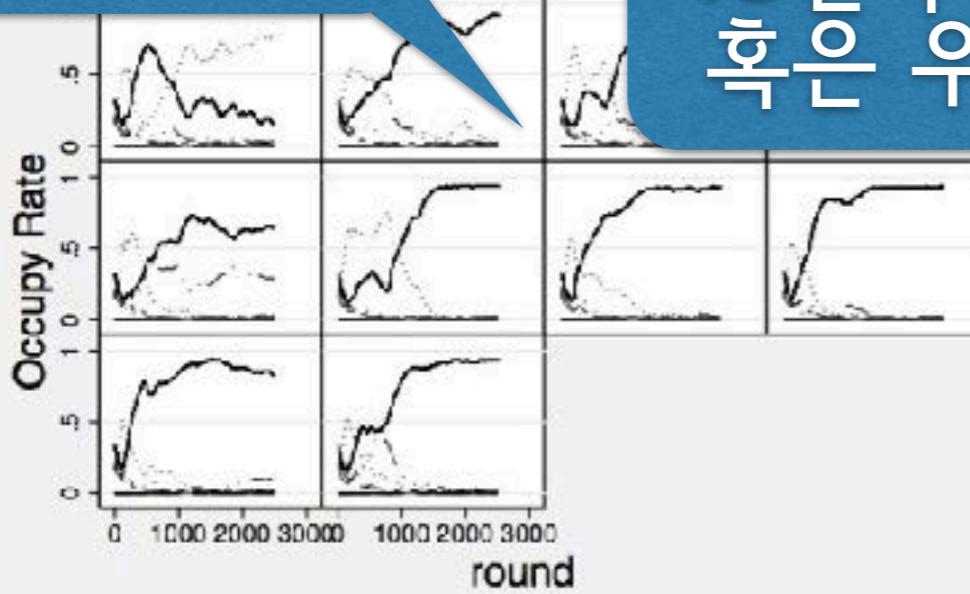
ADD, Info



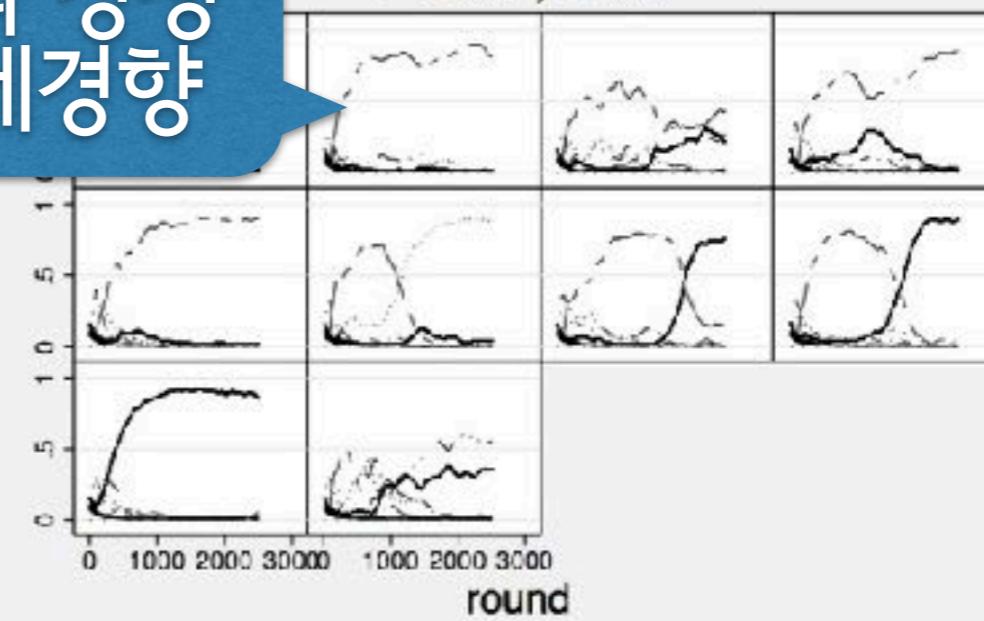
복리적 보상+정
보: CON(degree
0)전략,
FLIPCHARTINFO
TS전략의 경쟁
혹은 우세경향

단리적 보상:
지배적 전략
부재

OP, No I



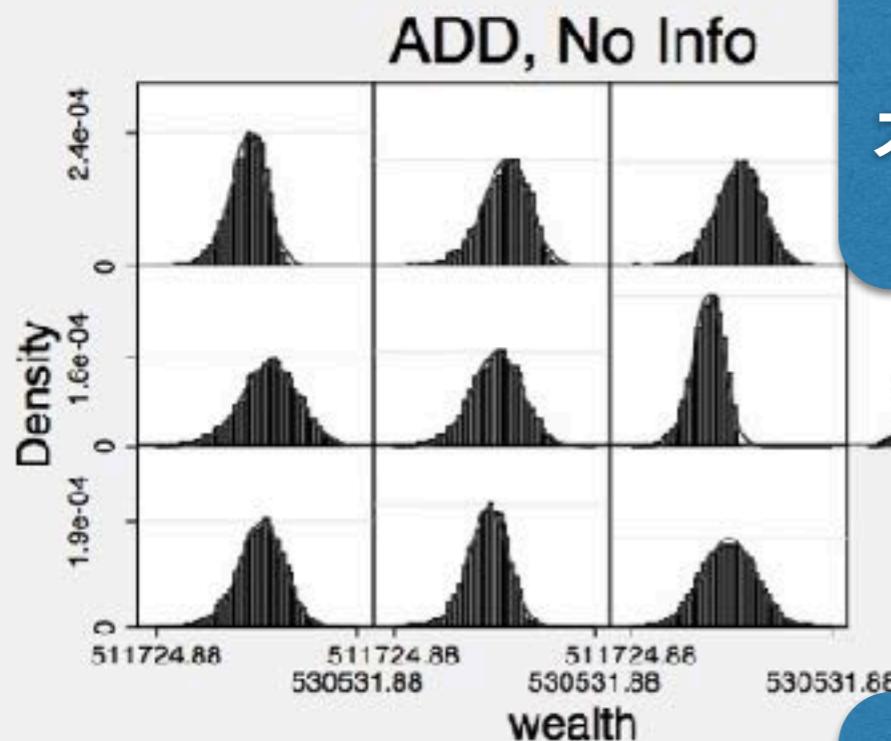
PROP, Info



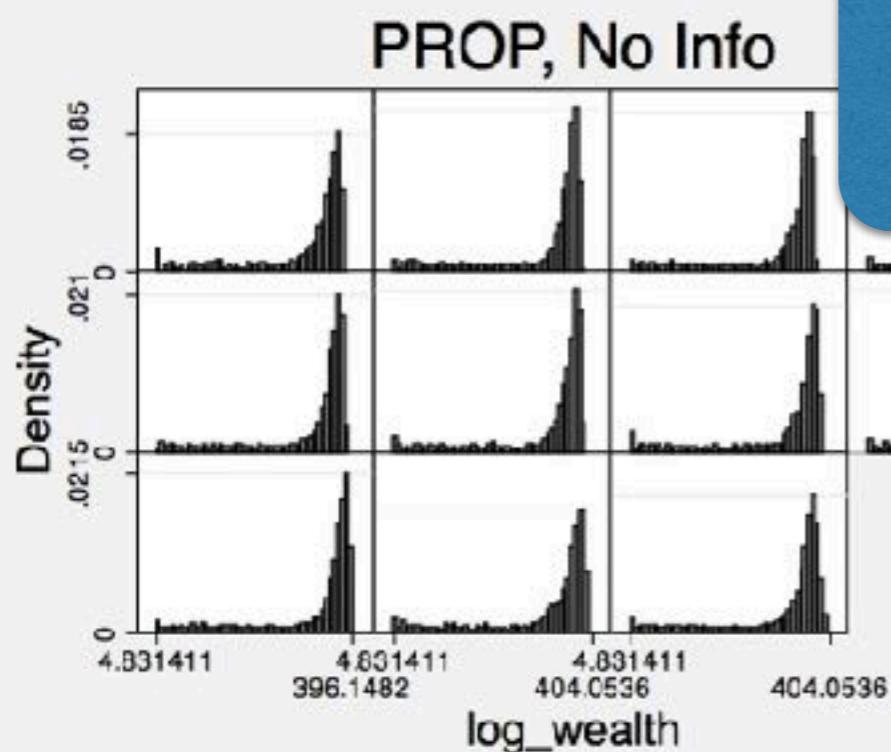
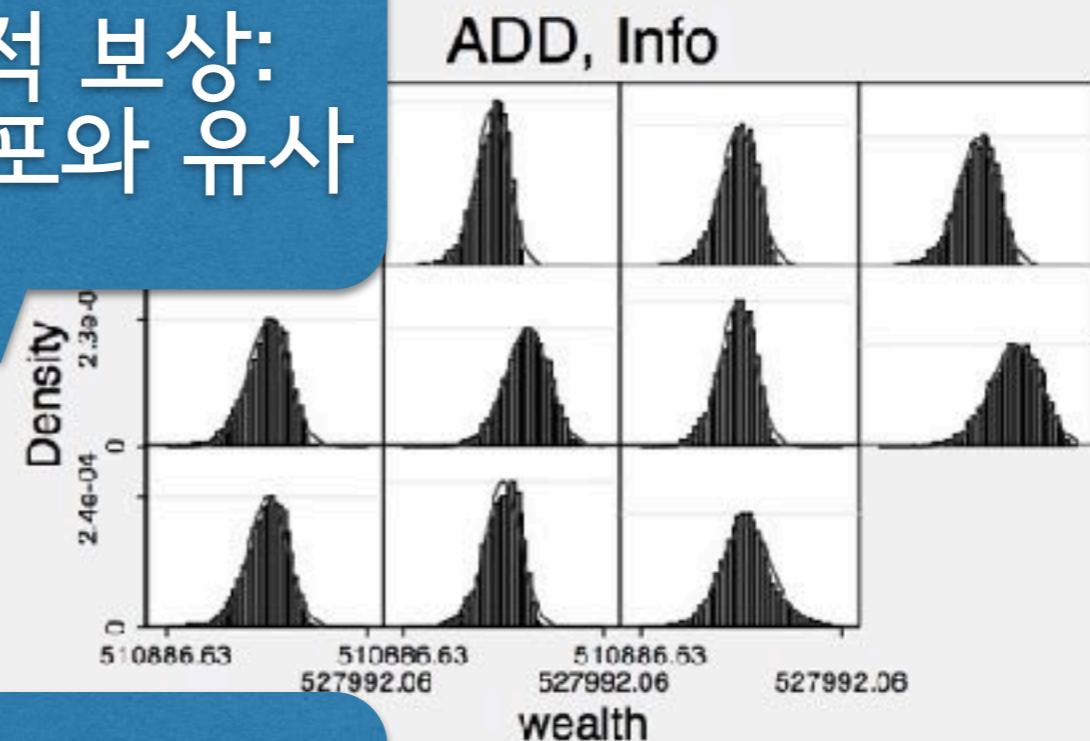
CON, FLIPCHARTINFOTS 전략

- 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

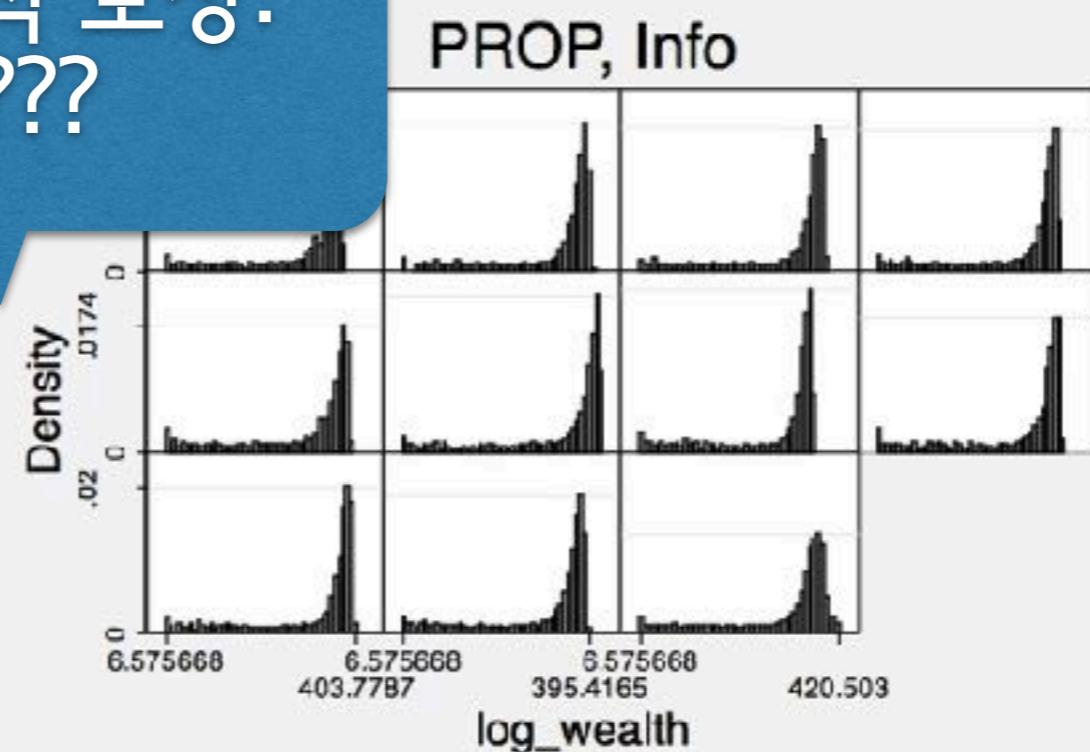
최종기 부의 분포



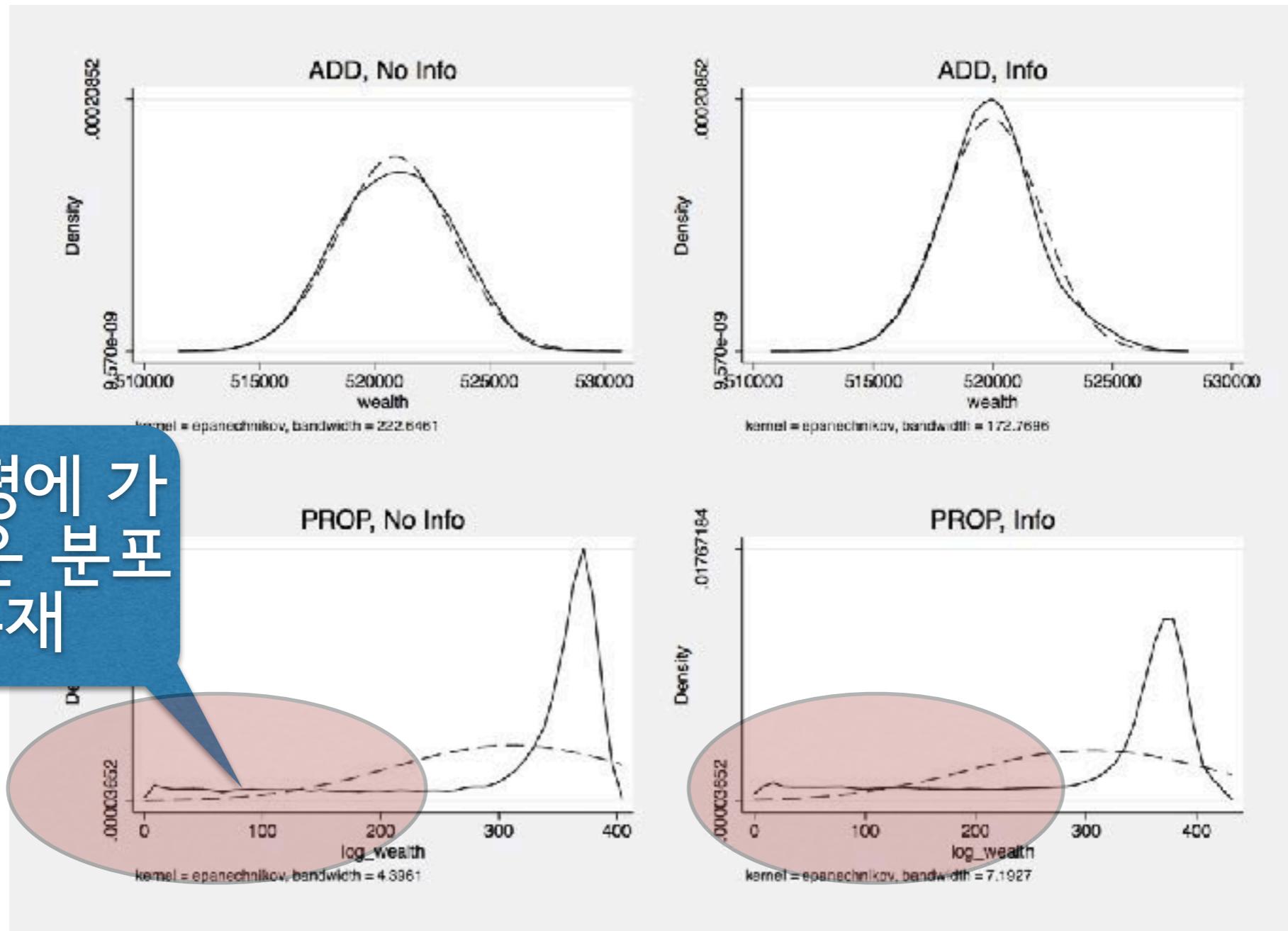
단리적 보상:
정규분포와 유사



복리적 보상:
???

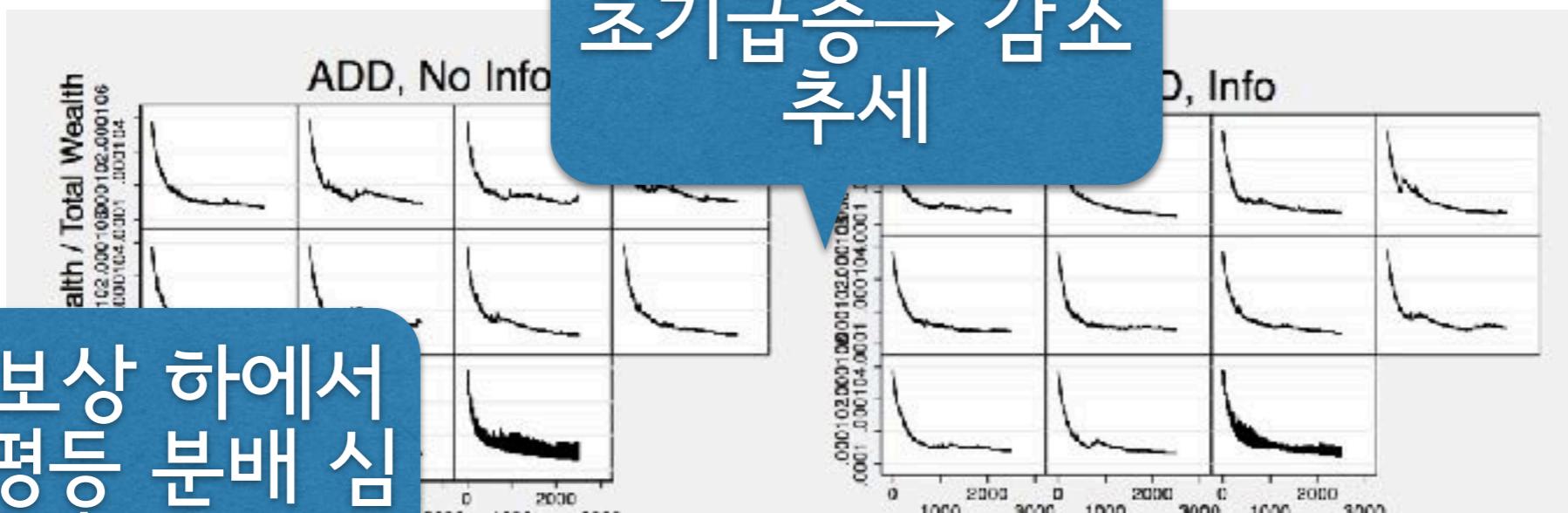


kernel density plot (dash: normal distribution)



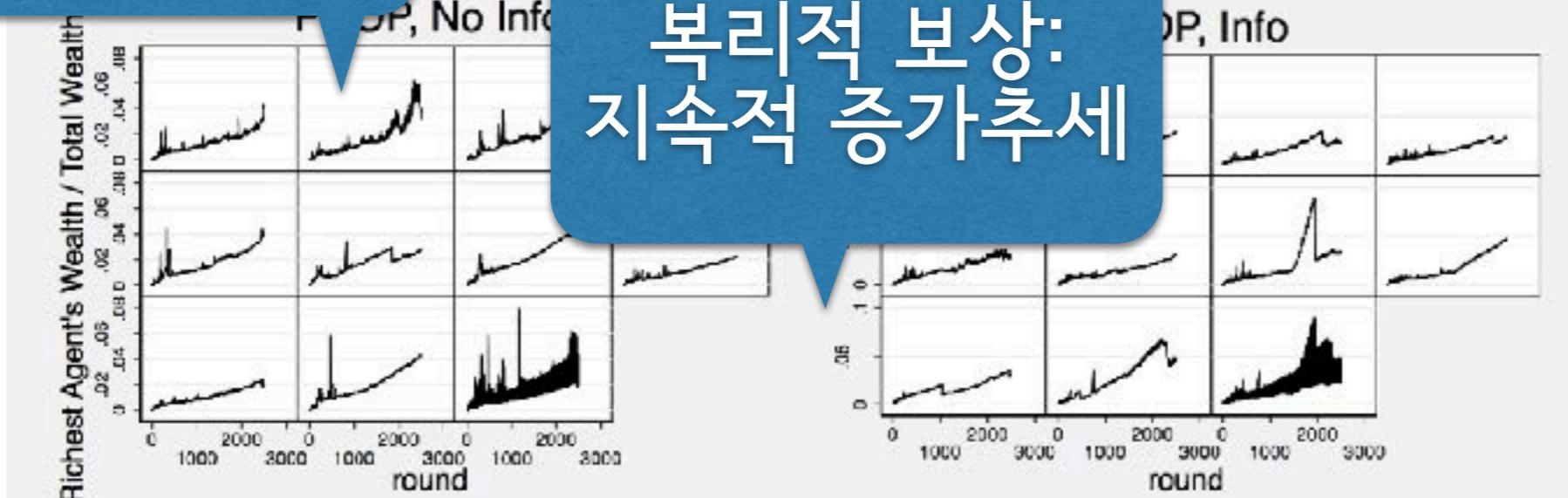
최대 자산 보유 행위자의 부의 비중

단기적 보상:
초기 급증 → 감소
추세

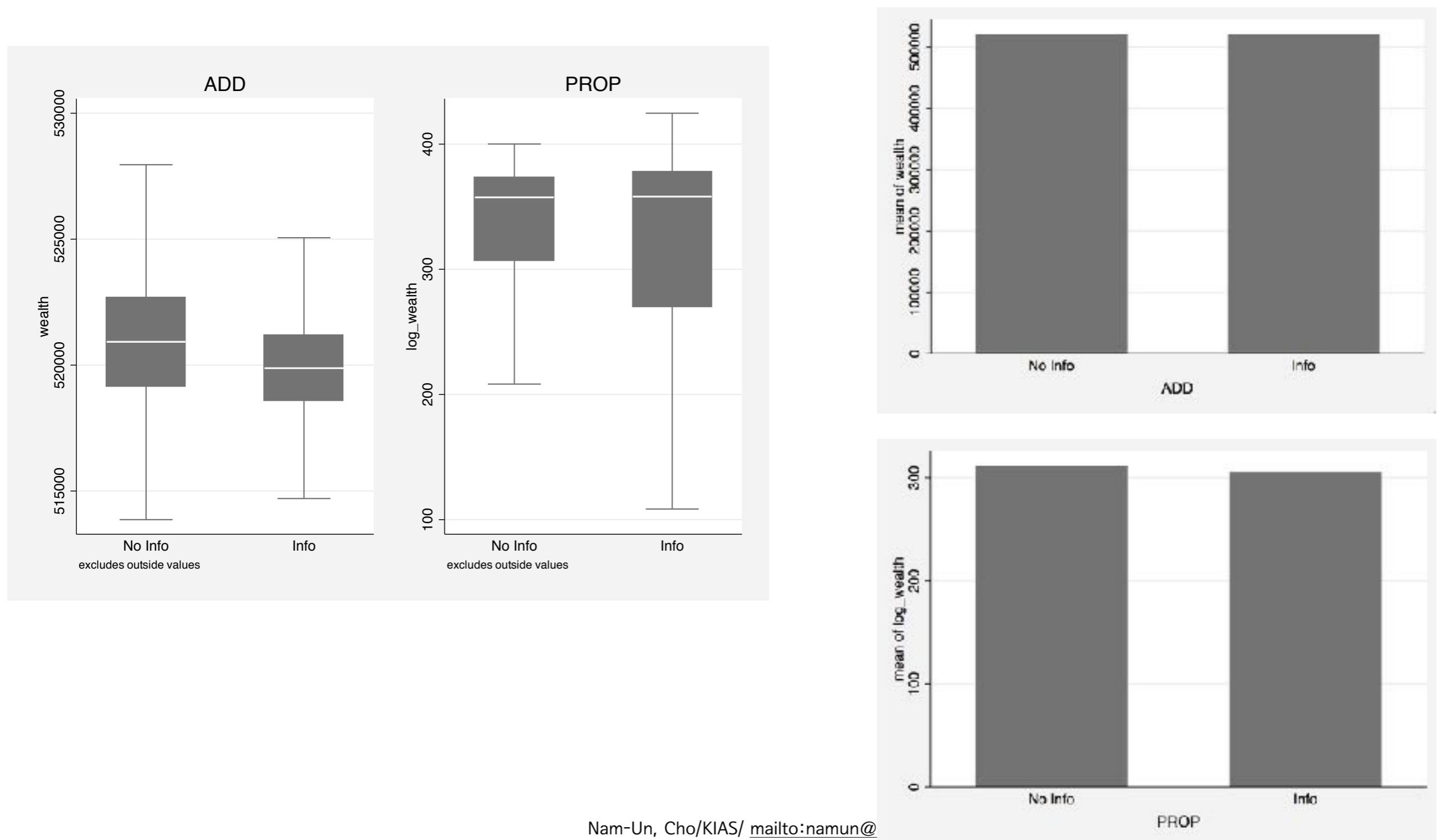


복리적 보상
부의 불평등화
하에서 분배 심

복리적 보상:
지속적 증가추세



최종기 자산

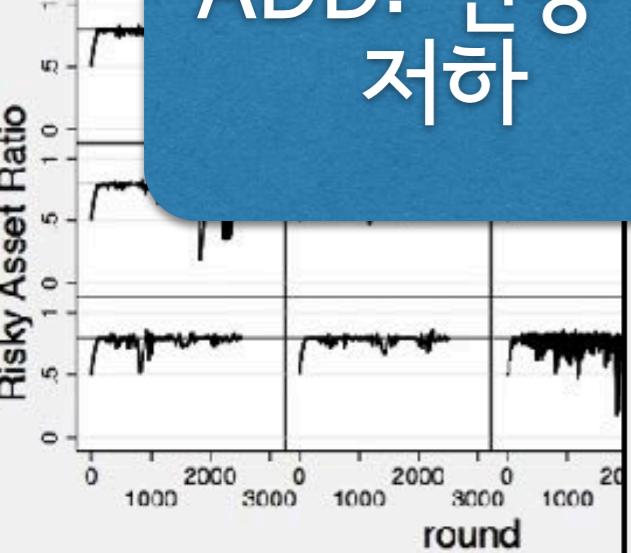


흉내내기 기준 변화

- 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

ADD: 변동성 저하

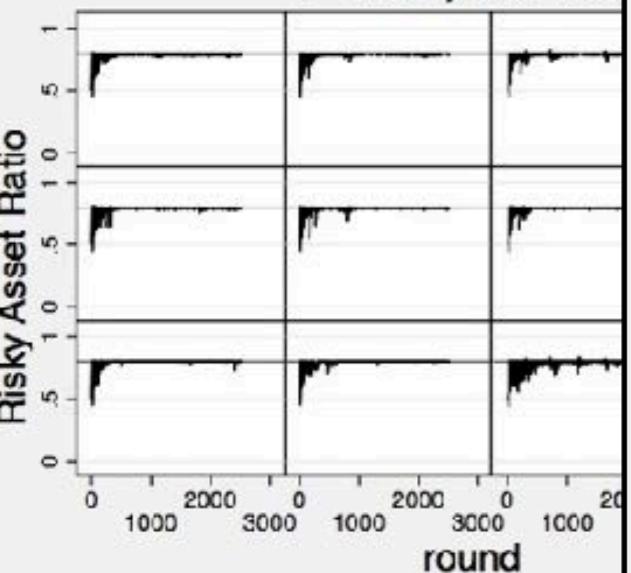


ADD, Info

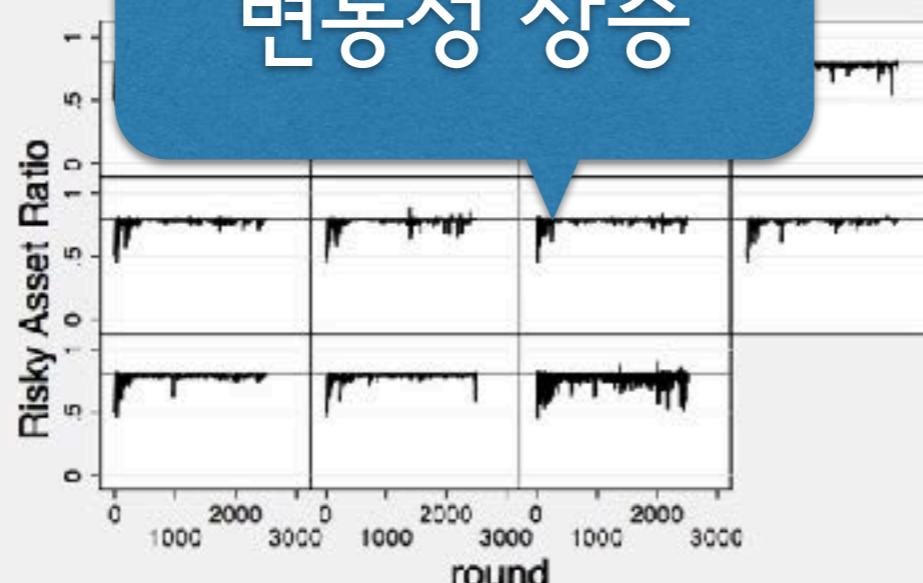
ADD, No Info

ADD, Info

PROP, No Info



PROP+No Info:
변동성 상승



PROP, Info

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

대폭상승

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

ADD: 정보가 있을 경우의 변동성이 더 작음

PROP: 정보가 있음을 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

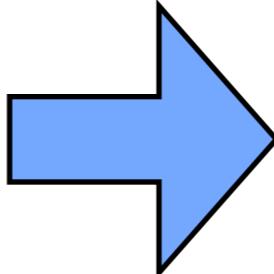
Variable	Obs	Mean	Std. Dev.
rr	4131	.8057015	.0085077

-> payoff = PROP, info_name = Info

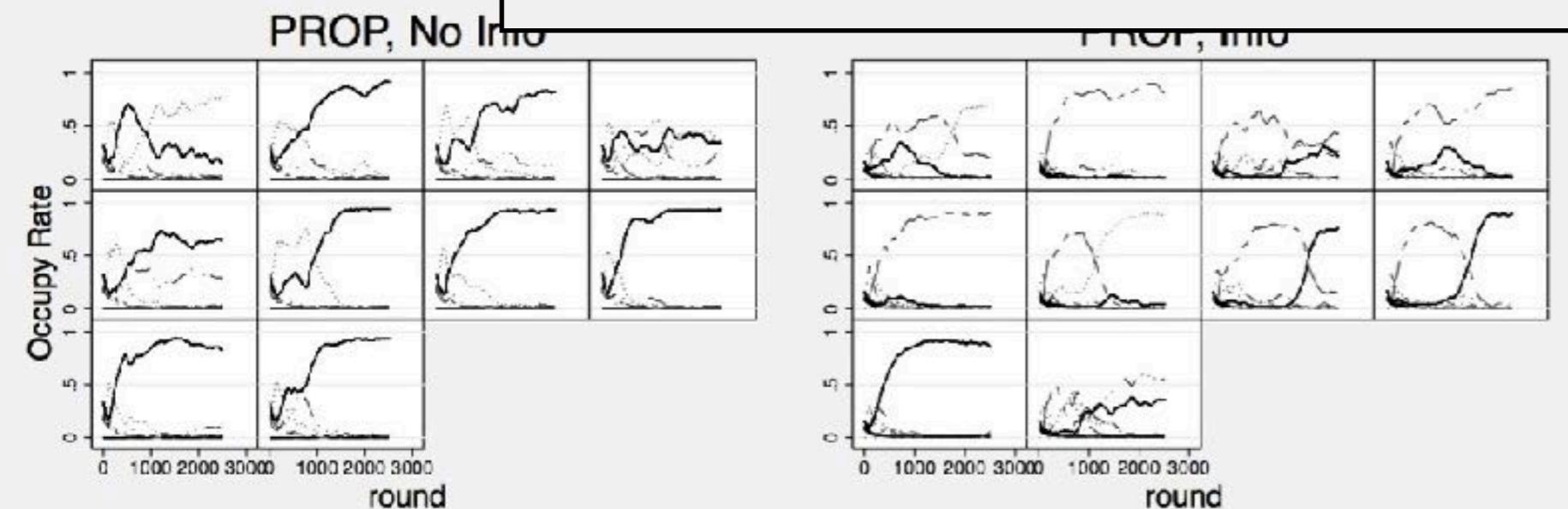
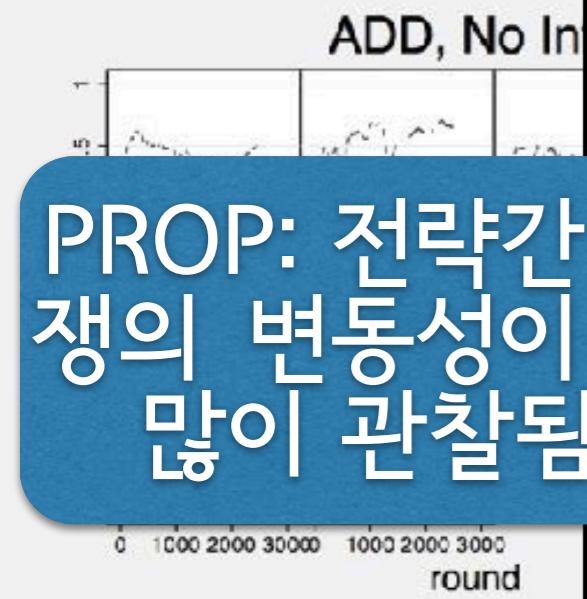
Variable	Obs	Mean	Std. Dev.
rr	973	.8017293	.0027117

-> payoff = PROP, info_name = No Info

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



전략 주이



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*

Prize!

- Congratulations!

	id	finalr~t	totals~s	rank
1.	2011104161	92500	3	1.5
2.	2008103385	92500	3	1.5