

# 왜 협력인가?

게임이론이 발견한 놀라운 협력의 비밀들

# 주제

- 이론에 대하여
- 게임이론
- 게임이론과 진화
- 게임과 실험경제학
- 죄수의 딜레마 게임과 협력

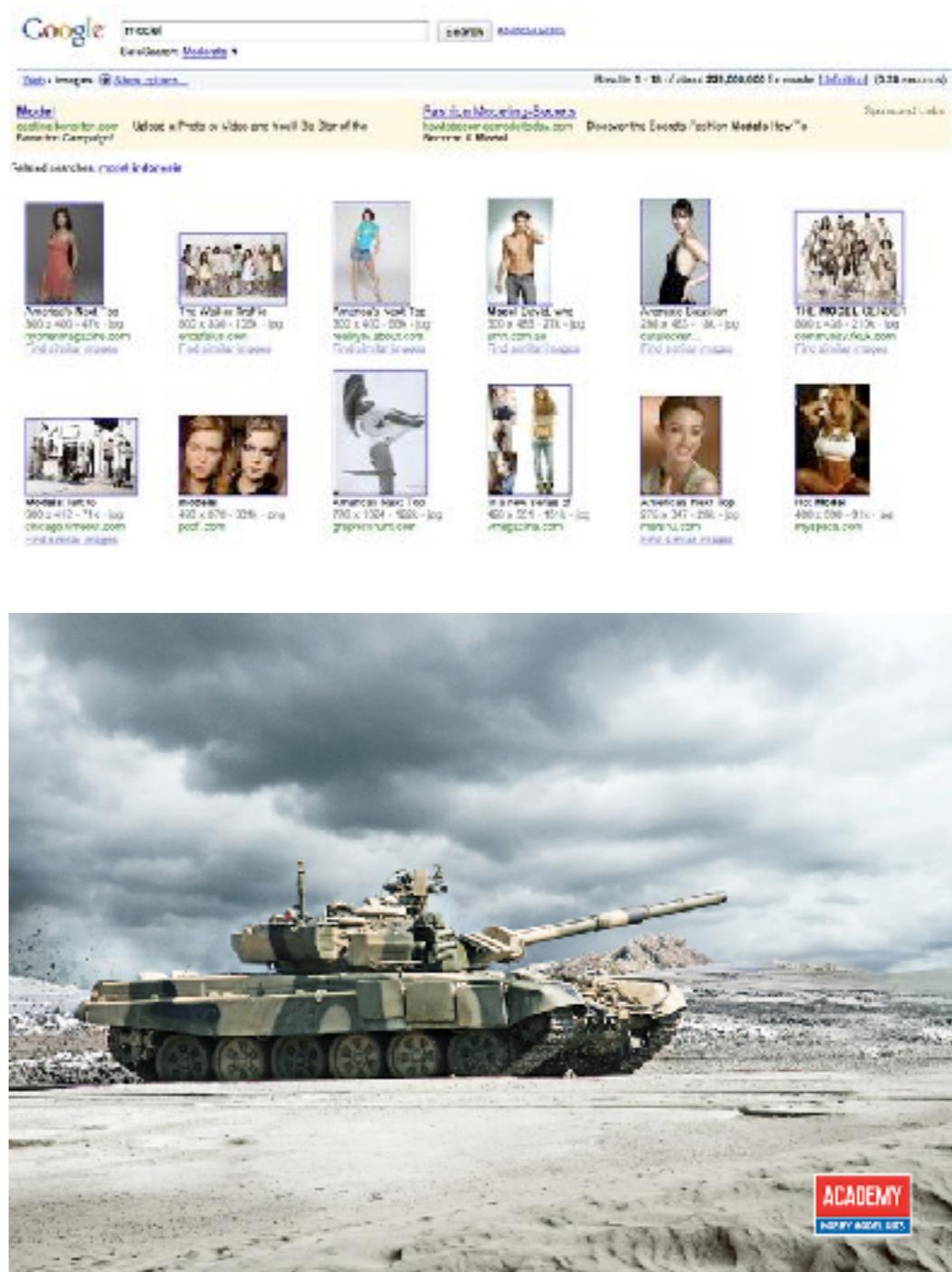
# 이론 일반론

# 사회과학에서의 이론

- 모든 학문에는 대상이 있음
  - 경제학: 경제현상
  - 심리학: 정신현상..
- 이론이란 그러한 대상을 설명할 수 있는 과학적인 생각
  - 해당 학문에서 통상적으로 요구하는 정도의 엄밀성을 충족해야 함

# What is Model?

- 이론은 모형(model)을 사용하여 표현
- 패션모델
  - 실제 입은 [옷]의 모습을 표현
- 프라모델
  - 플라스틱으로 사물의 [겉 모양]을 표현
- 과학에서의 모델과 동일한 의미
  - 고찰하고자 하는 현상의 [구조]를 표현



# 예: 경제학 모형

## Economic Model

- 복잡한 경제학의 연구 대상을 단순화하여 이해하기 쉽게 만든 이론적 개념
  - ex) 포로수용소에서의 교환체제(담배), 세금모형 등

# 수리적 모형의 예: Economic Model

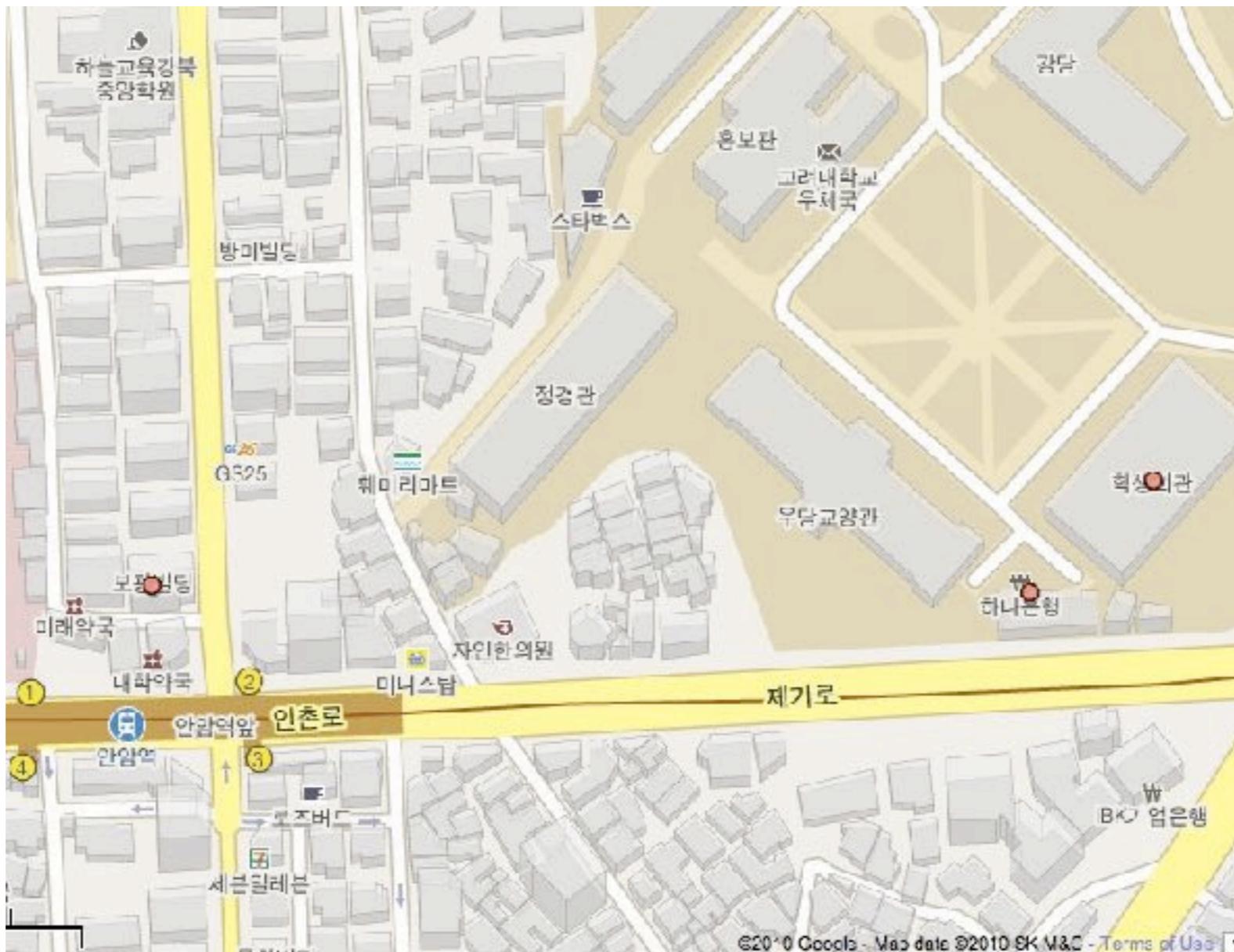
- In economics, a **model** is a **theoretical construct** that represents **economic processes** by a set of **variables** and a set of logical and/or quantitative **relationships** between them. ([http://en.wikipedia.org/wiki/Economic\\_model](http://en.wikipedia.org/wiki/Economic_model))
- 모든 모형이 수리적이어야 하는 것은 아님

# 수리적이지 않은 모형의 예: 지도

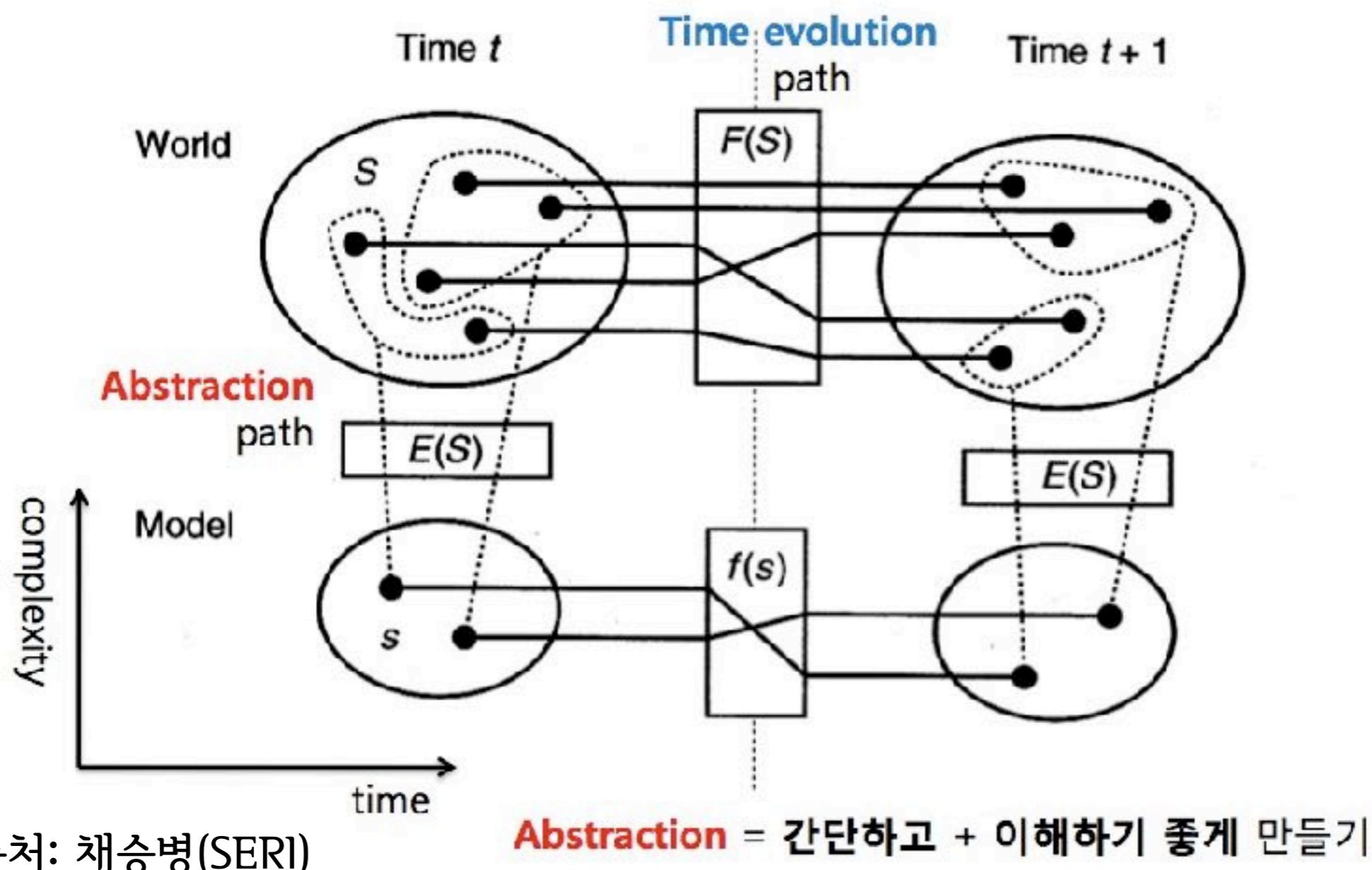
# 수리적이지 않은 모형의 예: 지도



# 수리적이지 않은 모형의 예: 지도



# Model of Model



# 모형의 능력과 한계

- 모든 과학적 분석에서 모형을 통한 탐구는 필수적 요소
  - 하지만 좋은 모형을 만들기 위한 일반적인 이론은 매우 제한적
  - 소설 이론을 완벽히 이수한 사람이 좋은 소설을 쓸 것이라는 보장이 있는가?
- 단순화의 문제: 무엇을 단순화할 것인가?
  - 동일한 사건이라도 초점에 따라 완전히 다른 방식의 모형을 만들 수 있음

# Example of Model(2) Flocking of Birds

# Example of Model(2) Flocking of Birds



# Example of Model(2) Flocking of Birds



# Example of Model(2) Flocking of Birds

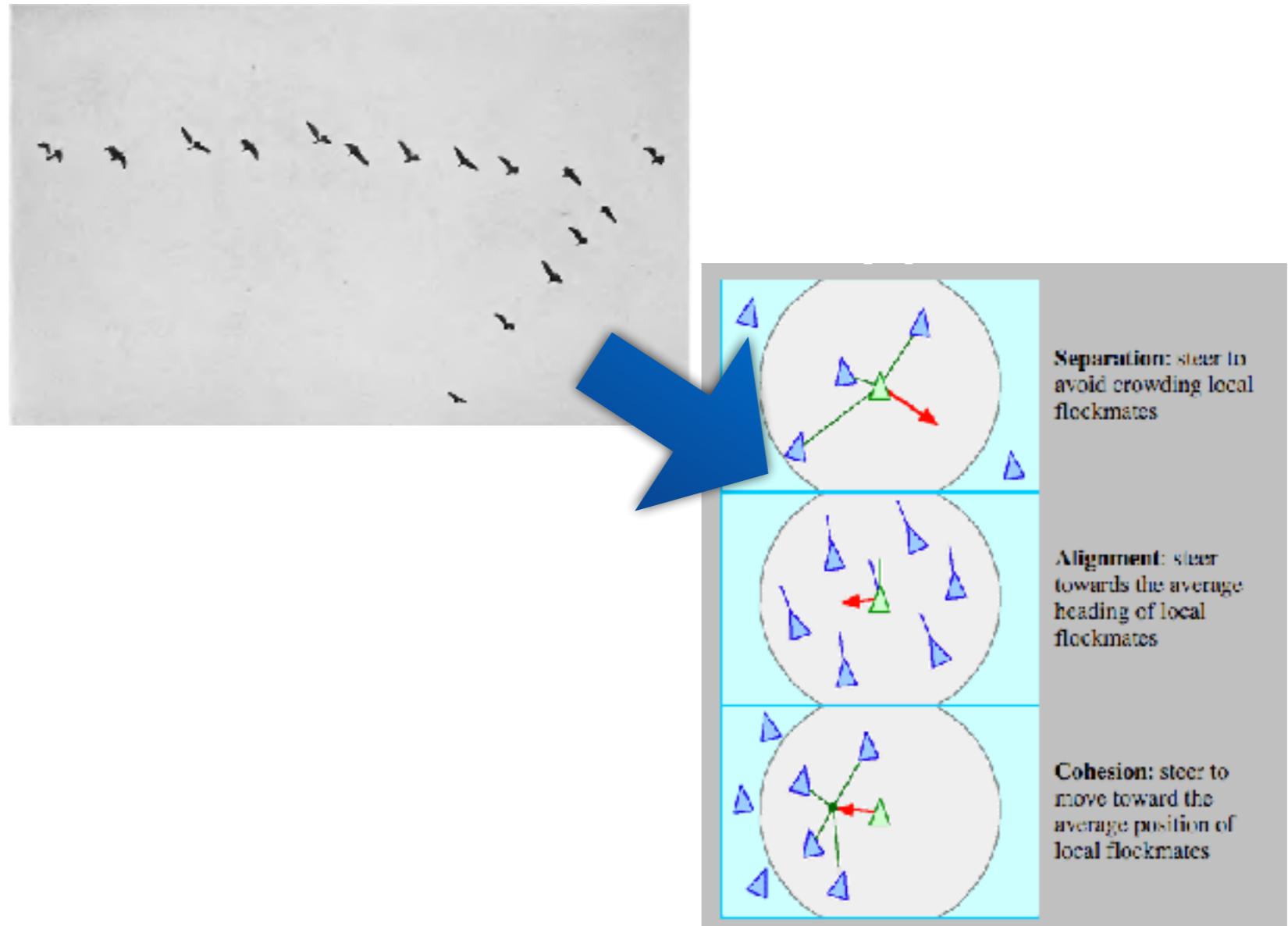


# Modeling for Birds Flocking



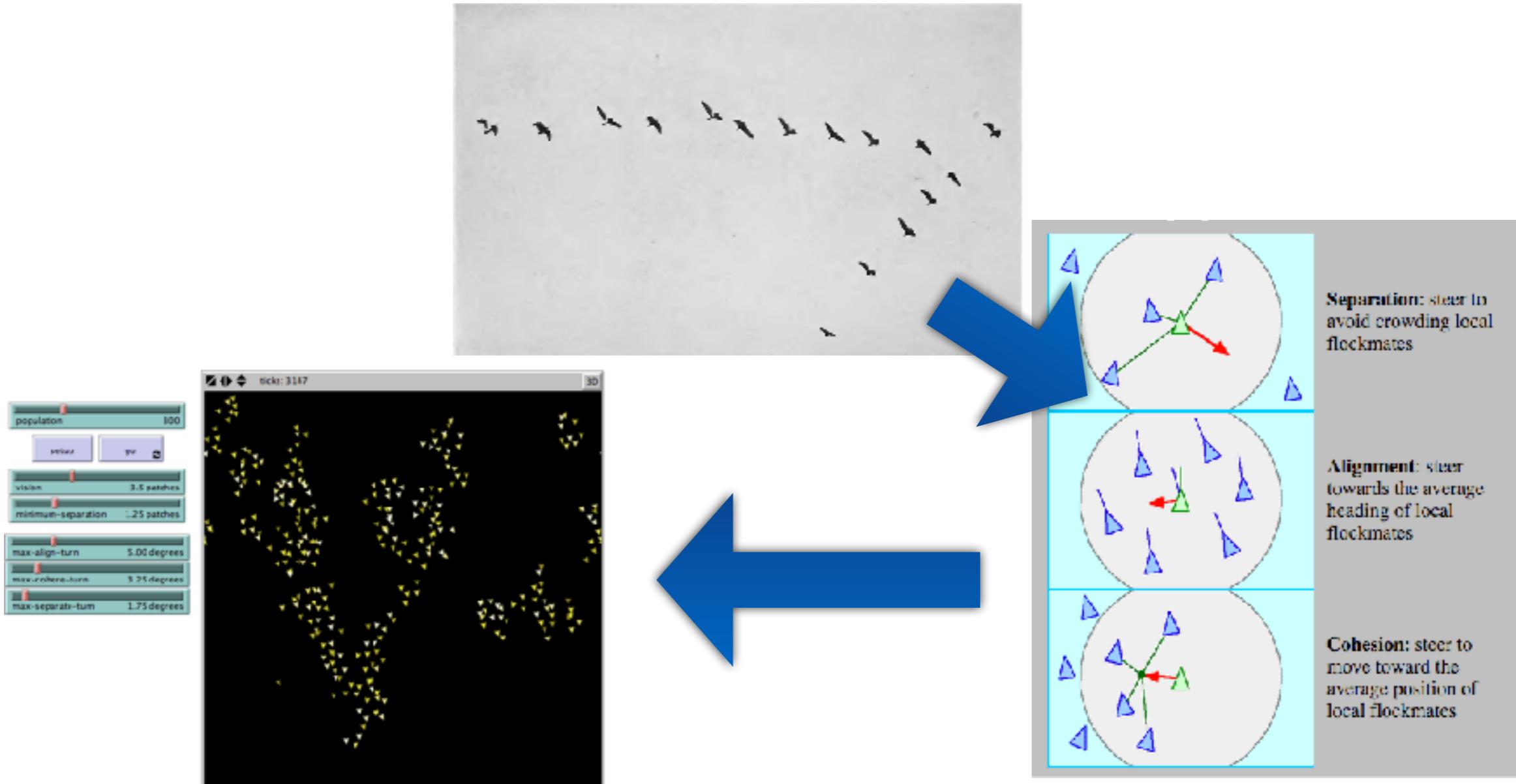
- Wilensky, U. (1998). NetLogo Flocking model. [http://ccl.northwestern.edu/netlogo/  
models/Flocking](http://ccl.northwestern.edu/netlogo/models/Flocking). Center for Connected Learning and Computer-Based Modeling,  
Northwestern University, Evanston, IL.

# Modeling for Birds Flocking



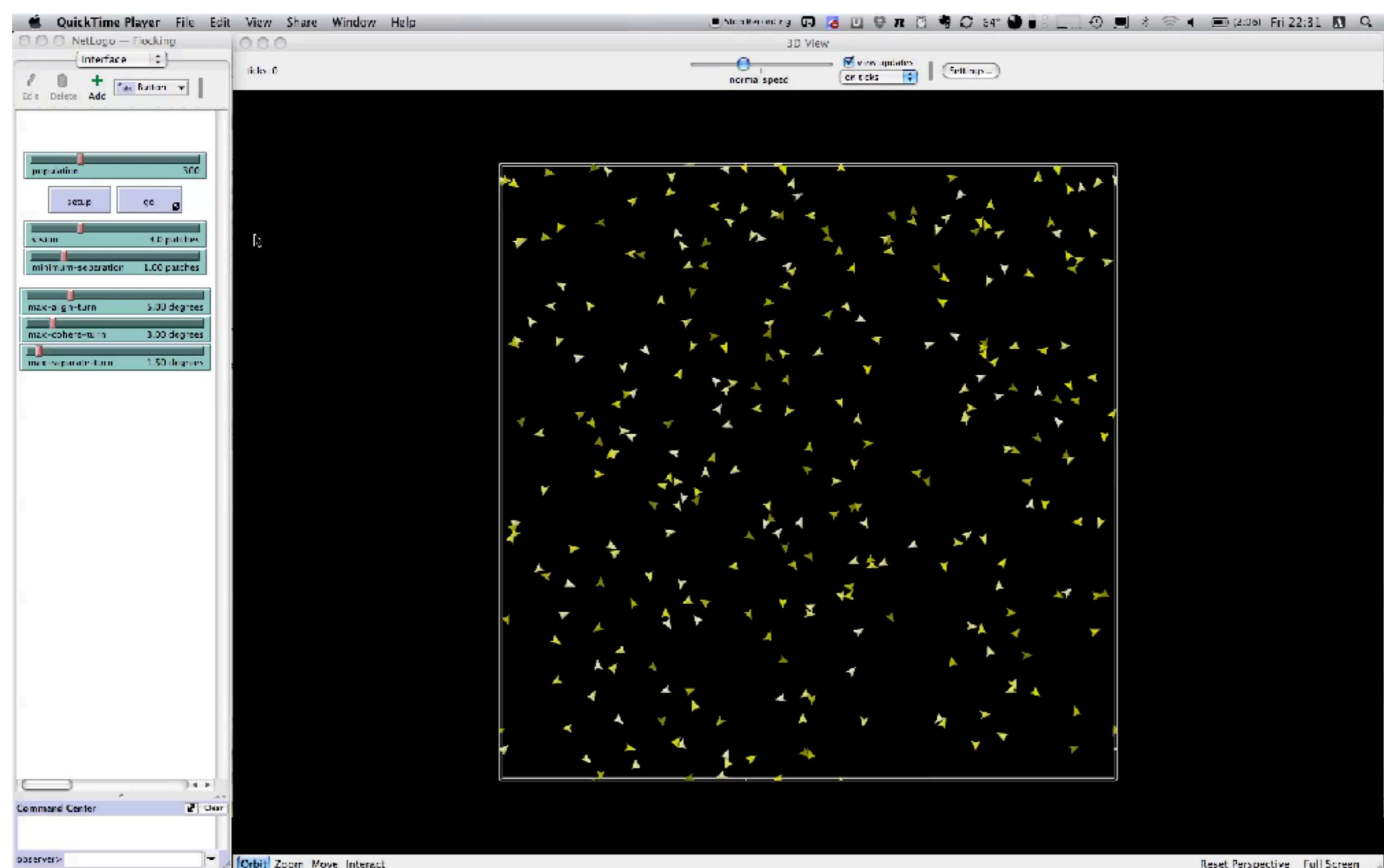
- Wilensky, U. (1998). NetLogo Flocking model. <http://ccl.northwestern.edu/netlogo/models/Flocking>. Center for Connected Learning and Computer-Based Modeling, Northwestern University, Evanston, IL.

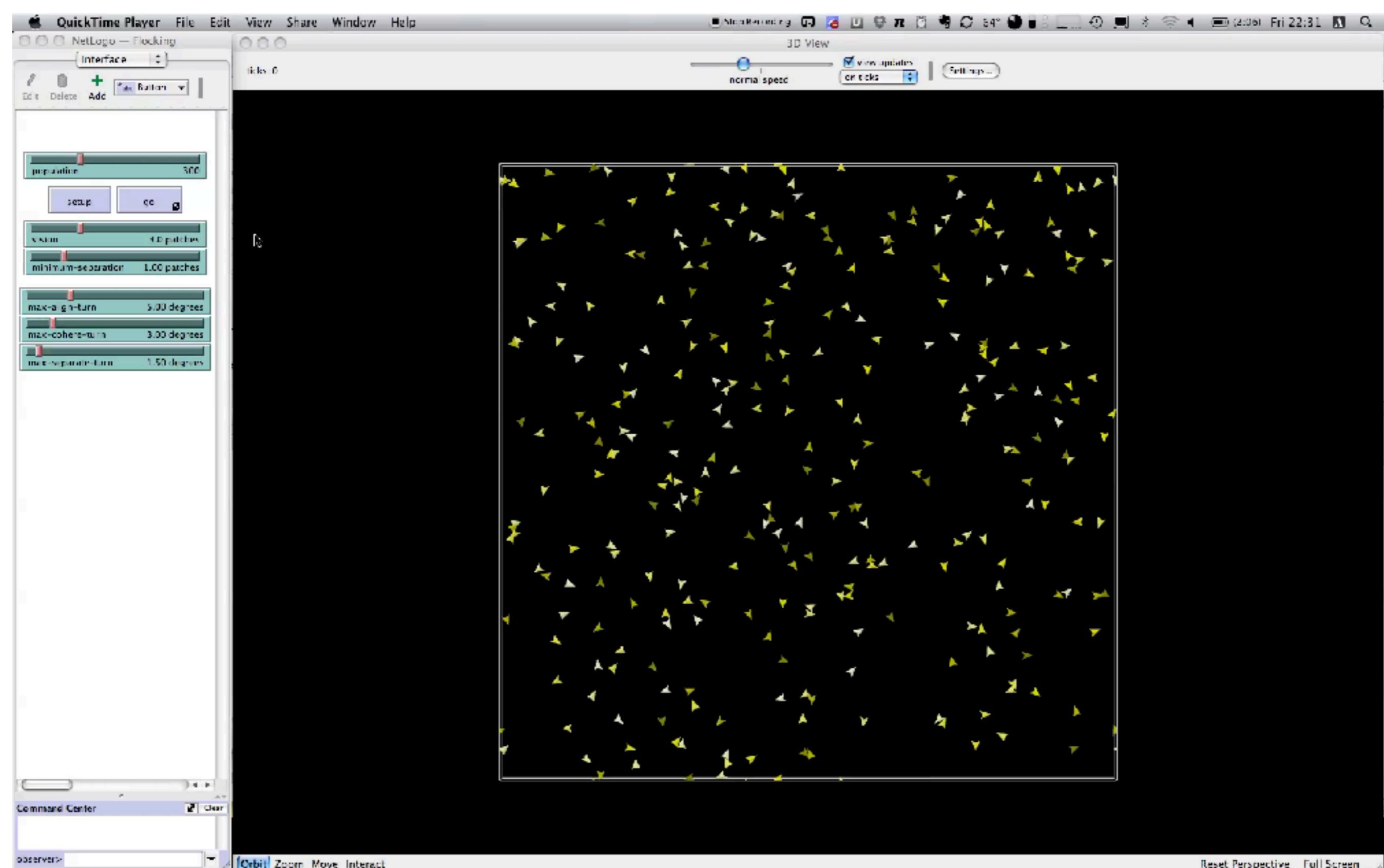
# Modeling for Birds Flocking



- Wilensky, U. (1998). NetLogo Flocking model. <http://ccl.northwestern.edu/netlogo/models/Flocking>. Center for Connected Learning and Computer-Based Modeling, Northwestern University, Evanston, IL.

**Let's go to the  
Simulation!**





# 미시적 기반과 거시적 패턴

- 미시요소만의 분석으로 거시 패턴을 설명해내는 것은 쉽지 않음
- 거시적 현상의 미시적 기반을 찾는 작업은 아직도 진행중
- 학문분야를 통틀어 미시요소의 분석으로 거시패턴을 효과적으로 설명해내지 못한 사례는 쉽게 찾아볼 수 있음

Example	미시기반	거시패턴
심리학	뉴런	의식
경제학	경제주체	시장가격
사회학	인간	사회현상
전산학	H/W	S/W
물리학	분자	상전이
생물학	개미	군체

# Example: Wolf Sheep Predation



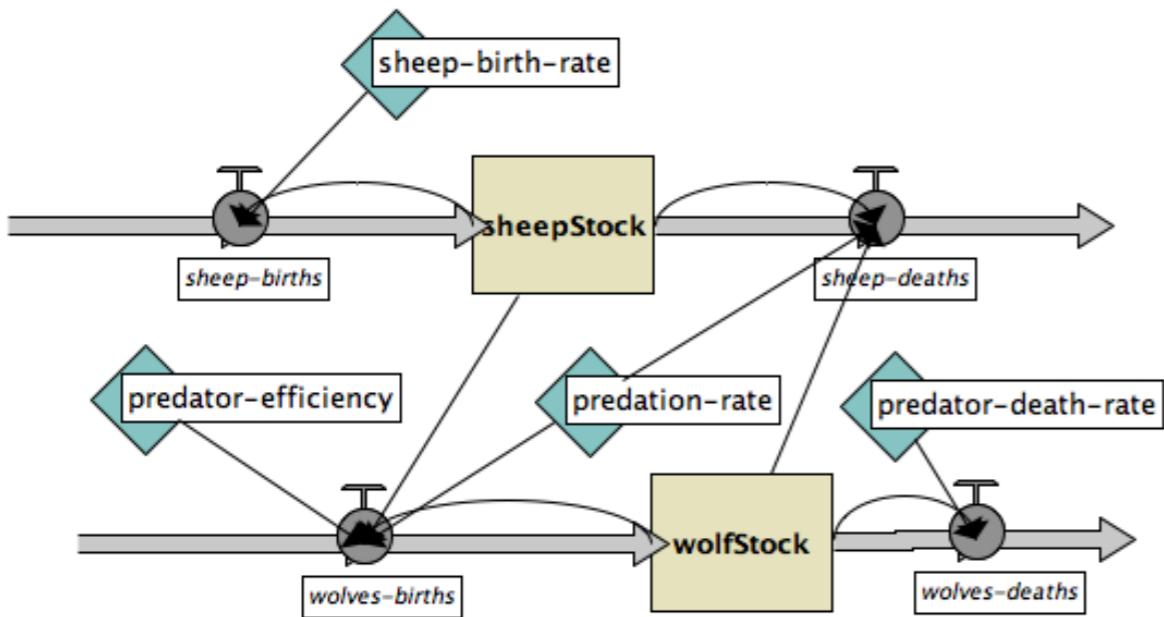
# Formal Model

## Predator-prey equation

$$\frac{dx}{dt} = \alpha x - \beta xy$$
$$\frac{dy}{dt} = \delta xy - \gamma y$$

- x: # of sheeps
- y: # of wolves
- $\alpha, \beta, \delta, \gamma$ : parameters
- Not always tractable

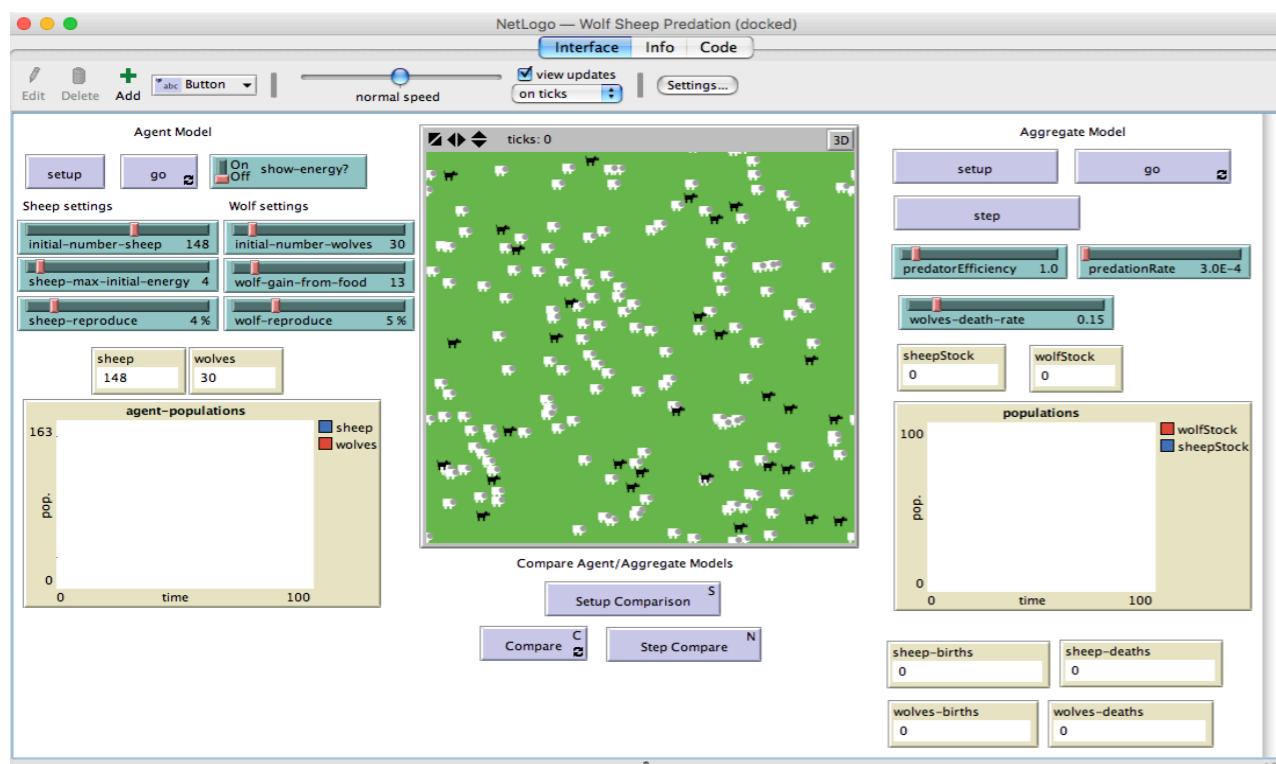
# System Dynamics (SD)



- Solve using stocks, flows, feedback loops, and time delays
- Simulation - tractable

- Wilensky, U. (2005). NetLogo Wolf Sheep Predation (docked) model. [http://ccl.northwestern.edu/netlogo/models/WolfSheepPredation\(docked\)](http://ccl.northwestern.edu/netlogo/models/WolfSheepPredation(docked)). Center for Connected Learning and Computer-Based Modeling, Northwestern University, Evanston, IL.

# Simulation Model



- Wilensky, U. (2005). NetLogo Wolf Sheep Predation (docked) model. [http://ccl.northwestern.edu/netlogo/models/WolfSheepPredation\(docked\)](http://ccl.northwestern.edu/netlogo/models/WolfSheepPredation(docked)). Center for Connected Learning and Computer-Based Modeling, Northwestern University, Evanston, IL.

- Agent:
  - Sheeps
  - Wolves
- Wolves can eat Sheep
  - Wolves ++
  - Sheeps --
- Wolves can die if there are few sheeps
- Simulation - tractable

# 양적 연구와 질적 연구

- 양적 연구는 수식으로 환원 가능
  - 데이터 --> 변수,
  - 양적 데이터에서의 숫자의 크기는 의미가 있음 (길이, 질량, 가계소득, 학점 등)
  - 모형 --> 일련의 함수
- 질적 연구: 정의가 어려움
  - 양적 연구가 아닌 모든 연구를 질적 연구로 정의
  - 질적 데이터에서 숫자가 나온다면 그 크기는 식별 외의 의미가 없음 (성별, 국적, 혈액형 등)

# Quantitative Method

- 수식으로 환원 가능
- 직관을 뛰어넘는 결론을 도출할 수 있음
  - 예: 양자역학
  - 극단적인 경우 대상에 대한 이해가 없이도 연구가 가능함
- 권위와 무관 (ex. Grigori Yakovlevich Perelman)
- 질적 속성, 맥락적 요소, 상호인과 등을 다루기 어려움
- 현실 → 모형, 모형 → 현실이라는 단계 존재

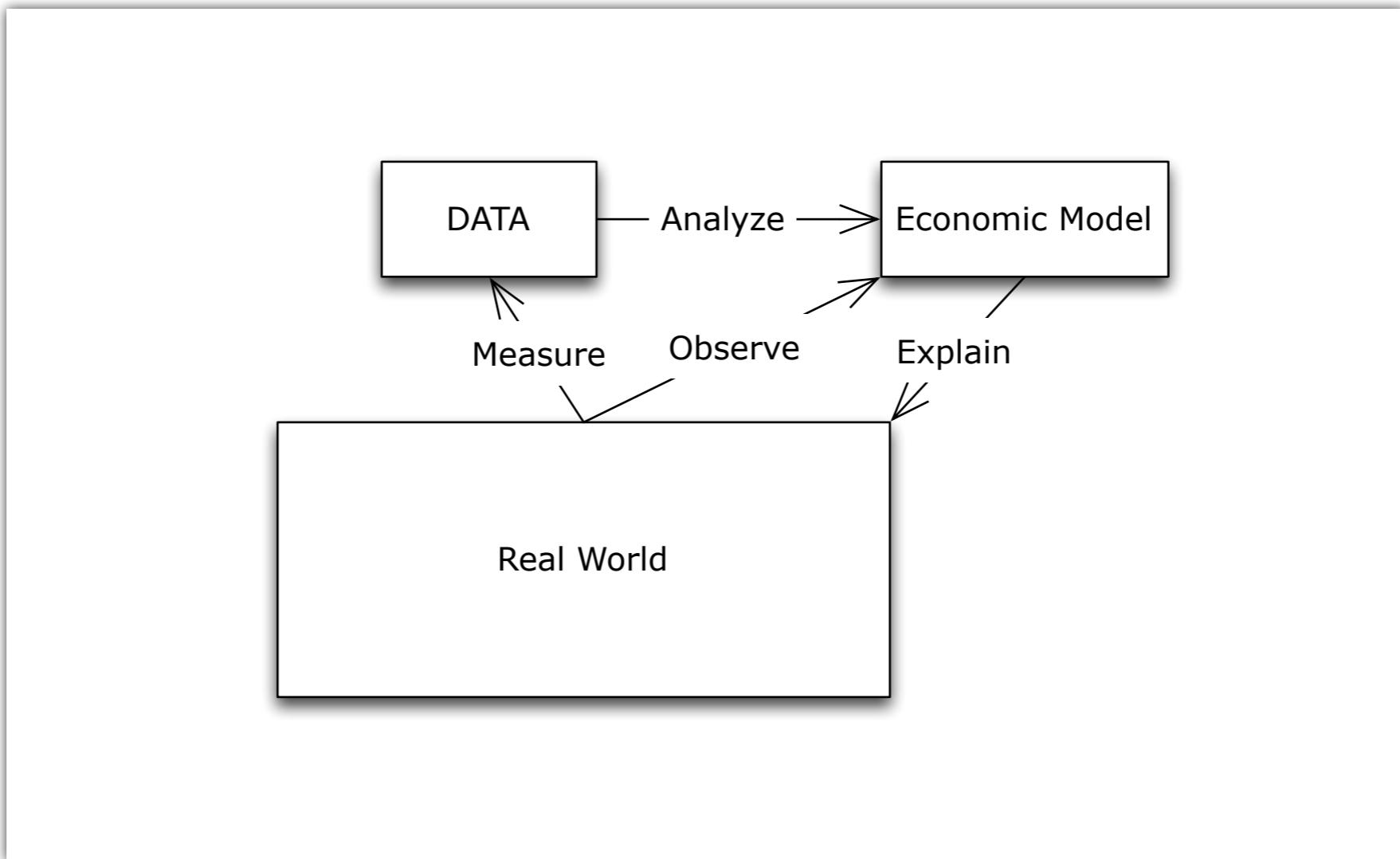
# Qualitative Method

- ‘스토리’로 환원 가능
- 직관을 뛰어넘을 수 없음
- 대상에 대한 깊은 이해가 필수적으로 요구됨
  - 양적 모형과 달리, 질적 모형의 질은 대상에 대한 이해의 질에 달려 있음
- 권위의 영향을 받을 가능성이 높음
  - 전문가에 의한 질적 평가에 의존할 수 밖에 없음

# 자료 (Data)

- 과학적 관찰을 통해 수집한 양적, 질적 변수값들
  - 측정 (measurement): data를 획득하는 행위
  - 현상을 인지하고 모형을 만들며, 그 모형의 타당성을 검토하기 위해 필요

# Measure process for Model (Economics)



# 군중의 지혜 Galton (1907)

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

Degrees of the length of the string, $x$	Estimates in lbs.	Correlations		Value of Gaussian Deviation
		Obtained deviations from true val.	Mean for $n=21$	
3	1074	+ 31.3	- 60	+ 4.2
10	1099	+ 58	- 50	+ 2.8
13	1128	+ 21	- 27	+ 2.4
19	1133	+ 29	- 45	+ 1.7
21	1147	+ 45	- 27	+ 1.5
26	1154	+ 51	- 39	+ 1.4
31	1151	+ 36	- 21	+ 1.2
37	1158	+ 19	- 12	+ 0.9
41	1167	+ 36	- 2	+ 0.6
48	1177	+ 6	- 5	+ 0.4
51	1174	+ 7	- 3	+ 0.3
53	1179	+ 16	- 16	- 0.1
61	1183	+ 18	- 14	- 0.1
70	1189	+ 42	- 19	- 0.1
80-75	1195	+ 29	- 10	- 0.1
81	1193	+ 76	- 10	- 0.1
82	1191	+ 57	- 10	- 0.1
90	1197	+ 38	- 10	- 0.1
95	1203	+ 39	- 10	- 0.1

Distribution of the estimates of the dried weight of a particular string as made by 70 different persons.

127° at Margate, Bournemouth, and Nagasaki, etc. The mean yearly value of the weather conditions was 60°, and of the corresponding estimate, 60°. The mean temperature of the place was 50°, and the average length of the winter months 60°. The summer months were 60°, and the autumn months 50°. We have also secured the official meteorological publications for South Australia (1905) and Western Australia (1905). Both of these works contain valuable tables for problems such as these.

Early Years of Southern New Mexico. - Bulletin No. 9 of the New Mexico College of Agriculture contains the meteorological data recorded in the experimental stations from 1894 to 1905 inclusive, together with means of temperature and relative humidity at other stations in the Mesilla Valley for most of the same period (1891 and 1905), published more recently in "General Catalogue of the Climate of New Mexico." The station is situated in lat. 32° 13' N., long. 107° 45' W., and is just below the surface of the ground. The elevation is about 5,000 feet above sea level. The mean annual temperature for the above period was 61°, the mean minimum diurnal yearly 52°, mean maximum 67°, absolute maximum and which occurred several times during the summer, 77° (December, 1905). The mean annual rainfall was 28 inches; the greatest yearly amount was 35 inches, in 1902, the largest rainfall, in 1905, three of the rain falls being July, August, and September. The relative humidity is low, the mean annual amount being about 15 per cent. The bulletin was prepared by J. C. Thoburn, vice-director of the station.

Windsor, Hampshire, in Germany. - The results of the experiments made under the direction of the Director-Superintendent of the Royal Air Force Station, Windsor, are at this time in course of preparation, have been received. This is the twenty-eighth paper published by the Stevens, and forms part of the series of German meteorological publications. We have however referred to this earlier series, and the volume in question contains most valuable data relating to the North Sea and Baltic seas. We note that the methods at Brestberg was only 40 per cent. of the possible annual amount, yet that there were no surface drifts, the marshes were very low, the rainy days being six in number.

## Vox Populi.

IN these democratic days, any investigation into the tractability and practicality of popular judgment is of interest. The material about to be discussed refers to a small matter, but is much in the point.

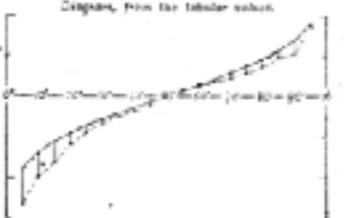
A weight-judging competition was carried on at the annual show of the West of England Agricultural and Pastoral Association recently held at Plymouth. A fair one having been selected, competitors bought stamped and numbered cards, 16 cm. each, on which to inscribe their respective names, addresses, and estimates of what the average weight of a sheep in the competition would be. This was done, and the entries were submitted to a judge, who was requested to do his best. The competitors included butchers and farmers, some of whom were highly expert in judging the weight of cattle, others were probably guided by such information as they might pick up, and by their own feelings. The average competitor was probably as well fitted for making a judgment of the correct weight of the ox, as an average voter is of judging the merits of most political issues on which he votes, and the variety among the voters in judge pasty was probably much the same in either case.

After viewing different cards out of the collection, an English butcher, Mr. George, chose number 16 for the champion. A competitor then in order of the competition of the estimates, and corrected the card, quadrupled, and in which there were nine, into three, under which form they will be treated.

FIG. 1949. VOL. 75.]

127°, the standard deviation, and so on respectively. The details will be given in full.

According to the democratic principle of "one vote each," the average weight estimated in the case of the流行病, by a majority of the voters (the false estimation was "the 10th, 'Una Vida,'" Berlin, February 28, p. 416), gave the midpoints estimate in 1907 lbs., and the weight of the desired object proved to be 196 lbs.; the sea-fog was in this case 9 lbs., or 4.7 per cent. of the whole weight, too high. The distribution of the estimates about their midpoints values was of the usual type, so far as may be observed easily, namely, to be neighborhood and become rapidly more sparse as the distance from it increased.



The confidence is to be gained in old saying, "The numbers tell a story true mathematics." The line representing them shows the difference between the observed and the normal.

But these were not scattered symmetrically. One quarter of them deviated more than 40° from the middle row (27° per cent.), and another quarter deviated more than 50° (14° per cent.), therefore the range of the two middle quarters, that is, of the remaining half, lay within those limits. It would be no great chance that the estimate written on any card picked at random out of the collection, for writing or without these limits. In other words, the "middle mass" of a single observation may be reckoned as 100 minus 40 minus 14 per cent., leaving 46 per cent. of the normal mass that is best adapted for comparison with the observed values. The results are obtained which appear in above table, and graphically in the diagram.

# 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 <sub>1</sub> 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 <sub>3</sub> 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

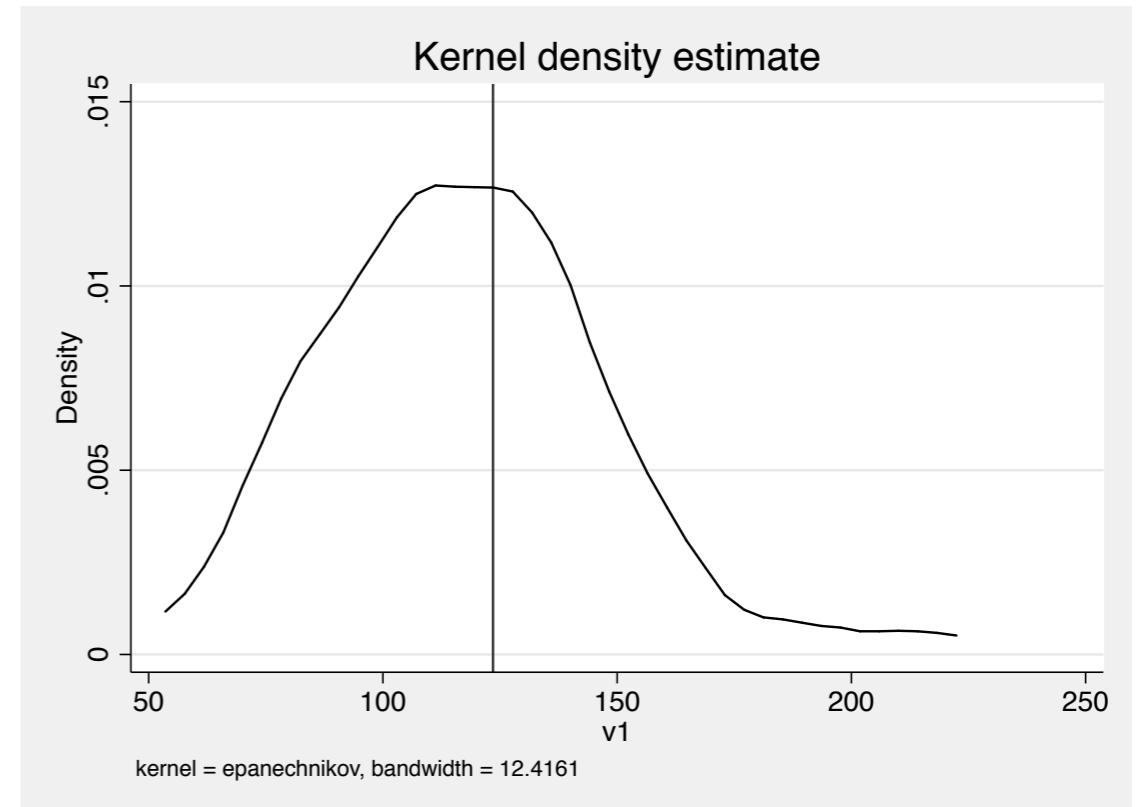
$q_1, q_3$ , the first and third quartiles, stand at 25° and 75° respectively.  
 $m$ , the median or middlemost value, stands at 50°.  
The dressed weight proved to be 1198 lbs.

# 우리의 추측게임

## data (2017.9.1)

- 칠판에 그어진 선의 길이를 42명의 학생들이 추측하여 보고 함
  - 참값: 123.5cm
  - 추측 평균: 117.8cm
    - 오차율: 4.6%
  - 추측 중앙값: 117.5cm
    - 오차율: 4.9%
  - 최소추측: 66cm
  - 최대추측: 210cm
  - 최근접추측: 123cm

Variable	Obs	Mean	Std. Dev.	Min	Max
v1	42	117.7857	29.13345	66	210



# 우리의 추측게임

## data (2018.9.3)

- 칠판에 그어진 선의 길이를 42명의 학생들이 추측하여 보고 함
  - 참값:
  - 추측 평균:
    - 오차율:
  - 추측 중앙값:
    - 오차율:
  - 최소추측:
  - 최대추측:
  - 최근접추측:

# 게임이론 Game Theory

# 게임이론

- Game: 2명 이상의 플레이어들이 미리 정의된 규칙에 따라 행하는 경쟁적 상황
  - 참가자 (Player)
  - 참가자의 선택 가능한 행동들 (Action, Strategy)
  - 행동들의 조합에 따른 결과 (Outcome)
  - 그 결과에 대한 참가자들의 인식 (Payoff)
- 게임 이론: 게임 분석을 위한 수학체계

# 게임이론의 핵심 요소

- 참가자들의 최종 보상은 다른 참가자들의 전략과 나의 전략에 의해 결정된다
  - 상호의존적 기대에 의거한 행태
  - 전통적인 수학으로 분석하기가 어려움
- 게임은 혼자 하지 않는다: 사회적 이론
- 그 결과는 나의 선택만으로 결정되지 않는다: 복잡성

# 상호의존적 기대

- 케인즈의 '미녀선발대회'  
Keynes (1936)
  - 금융시장의 근원적 불확실성을 설명하기 위한 사고실험
  - 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 구별된다
- (1): 모든 경우의 확률을 알고 있거나 알 수 있음: 일반적 불확실성
- (2): 모든 경우의 확률을 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 무한대 단계만을 관측할 수 있었음
- 각 행위자들은 기대단계의 분포 또한 고려해야 함
  - Camerer et al. (2004): 프아송 인지 위계 모델 (P-CH model)
  - 사실상 추측 불가능

# 경제학과 게임

- 케인즈의 이 사고실험은 자산시장에 대한 이야기임
- 시장가격은 시장 참가자들의 구매와 판매에 의해 형성됨
  - 구매의사가격: WTP (Willingness To Pay)
  - 판매의사가격: WTA (Willingness To Accept)
  - $\$ < \text{WTP} \Rightarrow$  산다 (구매)  $\Rightarrow \$ \uparrow$
  - $\$ > \text{WTA} \Rightarrow$  판다 (판매)  $\Rightarrow \$ \downarrow$

# 게임이론으로 보는 자산시장

- 자산시장의 게임
  - 플레이어: 자산시장의 거래자
  - 행동 (전략): (\$의 가격에) 자산 구매, 자산 판매
  - 보상: 시세차액
- 나의 행동, 그리고 다른 거래자들의 행동에 의해 자산의 가격이 결정됨

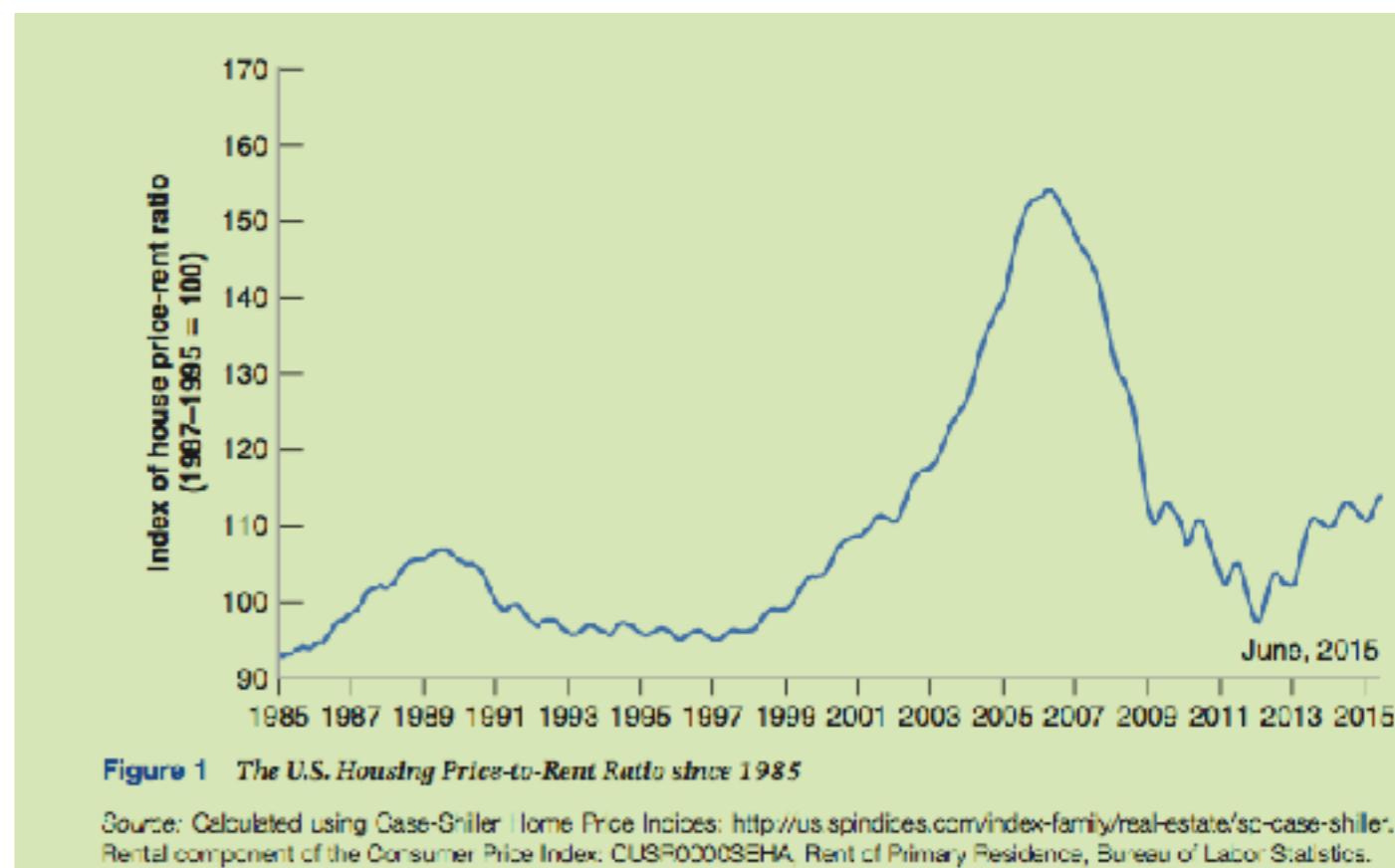
# 자산가격, 균원가치, 버블

- 주식의 근원가치: 미래 예상 배당의 현재가치
  - 실제 주식 가격은 근원가치에서 이탈할 수 있음
    - 버블: 자산 가격 >> 근원 가치
  - 합리적이고 투기적인 버블  
rational speculative bubbles
    - 자산 가격이 상승할 것으로 예측  $\Rightarrow$  높은 가격에 구매
    - $\$Q^e[t+n] \uparrow \Rightarrow \$Q[t] \uparrow$



# 미국 주택 버블

- 주택 가격의 근원 가치 = 미래 예상 임대료의 현재가치
- 2000 초 이탈  $\Rightarrow$  2006년 정점에서 하락세로 돌아섬  $\Rightarrow$  2008 금융 위기
- 당시에는 버블 여부에 대해서 논란이 존재했음
- 실제 버블은 꺼지기 전에는 확신하기 어려움



# 거래 게임

- 판매자: 제안자
  - 상품을 \$만큼의 화폐와 교환할 것을 제안
- 구매자: 수용자
  - 위 제안을 받아들임(구매), 혹은 받아들이지 않음(미구매)
- 보상
  - 미구매 - 양쪽 모두 수익 0
  - 구매 - 판매자: \$ - Cost, 구매자: WTP - \$

# 거래게임의 단순화: Ultimatum Game

- 직접 참가해봅시다.
  - 이 실험의 참여여부 및 결과는 최종 결과에 “반영되지 않음” (수강정정 이전일 경우)
  - 이 실험의 참여여부 및 결과는 최종 결과에 “반영됨” (수강정정 이후일 경우)
- <http://evokhu.herokuapp.com/room/2018f/>

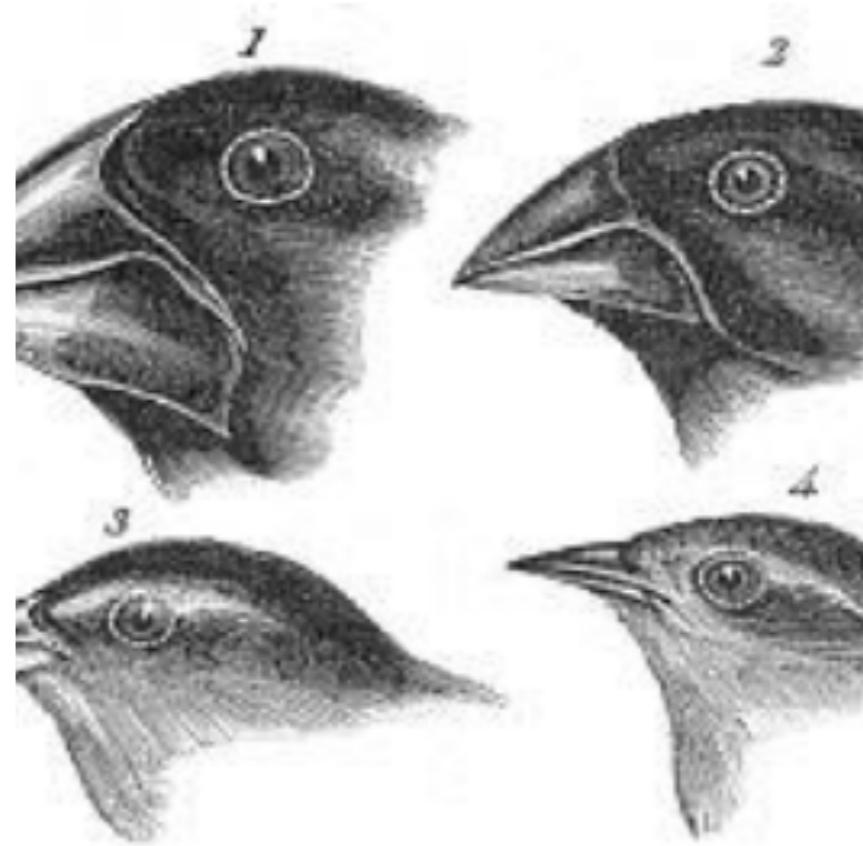
# 진화와 게임

# 진화게임이론의 배경

- 게임을 여러 번 반복할 경우의 최적 전략 패턴은 분석하기 쉽지 않음
- 최적 전략의 분석에 “진화”라는 방법론을 도입: 진화게임이론
  - 행동생물학에서 사회과학이론으로 파급

# 진화 메커니즘

- 선택 (혹은 도태)
  - 점진적이며 비무작위적인 과정에서 더 나은 성향을 가진 개체는 더 많아지거나 흔해진다 [ 혹은: 열등한 성향을 가진 개체는 더 적어진다 ]
  - 더 적합한 쪽으로의 움직임
- 돌연변이
  - 일정한 상태의 안정성에 변화를 일으킴



Geospiza magnirostris  
Geospiza parvula

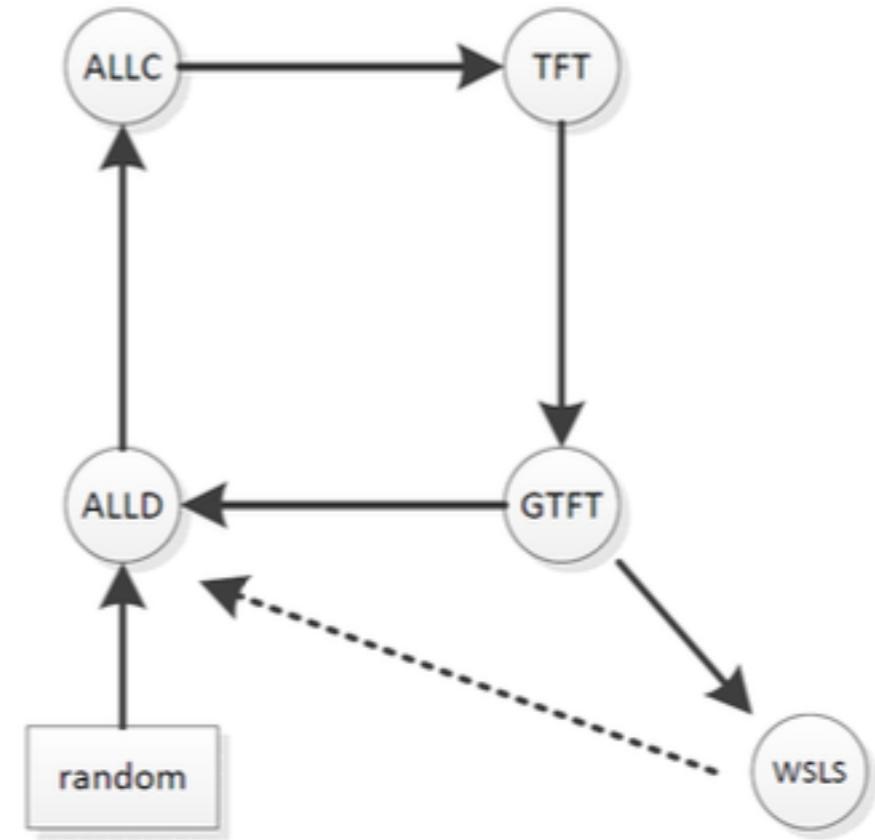
2. Geospiza for  
4. Certhidea ol  
Finches from Galapagos Archipelago

# 진화의 일반화

- DNA만이 진화의 과정에서 남는 것은 아님
- Meme
  - 리처드 도킨스
  - 자기복제적 형태를 띠는 문화적 요소들을 포함
  - 사상, 종교, 이념, 관습 등..

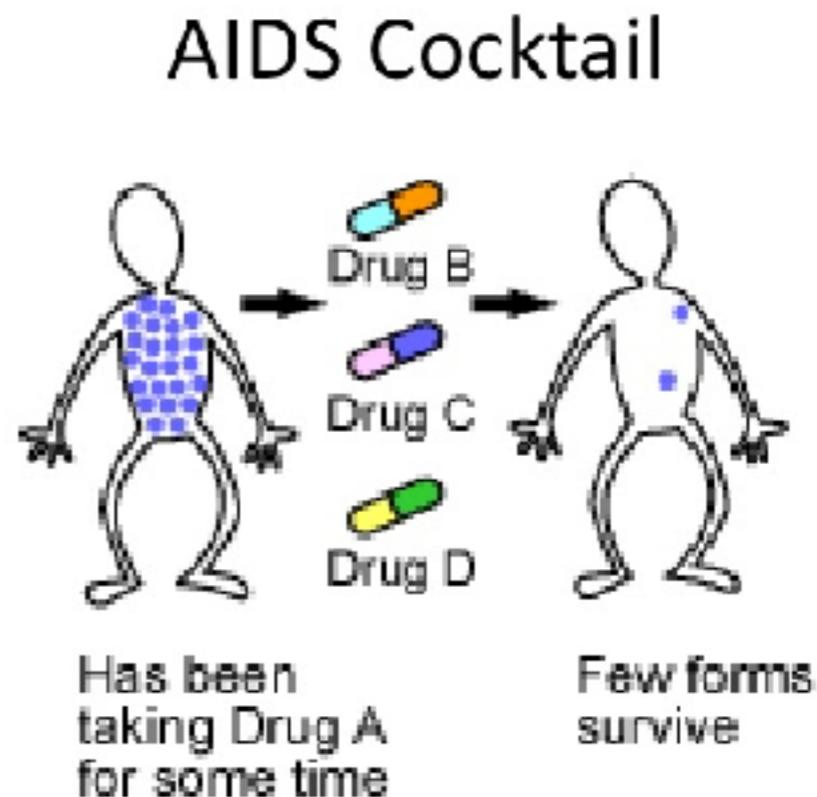
# 협력의 진화

- 반복 죄수의 딜레마 게임과 전략패턴
  - ALLD: 항상 배반
  - ALLC: 항상 협조
  - TFT: 배반자에게는 배반, 협조자에게는 협조
  - GTFT: TFT와 동일하나 배반자에게 가끔 협조
  - WSLS: 만족스러웠던 전략이면 전략유지, 불만족 스러웠다면 전략 변경
- 전략들의 순환



# 칵테일 요법 (AIDS)

- 치명적 질병에 대한 “치료” 개념의 재정의
  - 병에 걸려도 기대수명만큼 일상 생활을 유지할 수 있다면?
  - 완전 억제는 불가능하지만 면역결핍을 약의 순환으로 HIV감염에도 불구하고 사실상 정상적인 생활을 할 수 있게 됨



# 사회과학에서의 실험

# 사회과학에서의 실험

- 규칙을 알려주고 그 규칙에 의거한 차등적인 보상을 지급
- 피실험자들은 규칙을 이해한 뒤, 자신의 보상을 최대화하기 위해 행동 선택
- 실험자들은 통제된 다른 상황에서의 행동 선택을 관찰하여 가설을 검증
- 심리학에서 시작 → 경제학, 그리고 다른 사회과학으로 확산

# 사회과학 실험

- 행동 실험을 통한 사회과학의 가설 검증
- 다양한 형태의 실험 존재
  - 본 연구에서는 참가자를 모집하여 현금 보상을 주는 형태의 랩 실험에 초점을 맞춤
- 통상적인 사회과학 데이터와 달리, 비교군, 대조군의 선정에 완전한 randomize 가능
- 80년대 이후 네트워킹 기술의 발전으로 실험의 용이성이 비약적으로 발전함

# 랩 실험

- 통상적으로 현대의 사회과학 실험은 컴퓨터들이 구비된 랩에서 수행
- 장점: 확실한 통제, 사회과학 실험에서 가장 보편적 방식
- 시간적 제약: 비교적 짧은 시간에 끝내야 함
- 공간적 제약: 랩에서 수용 가능한 인원까지만 참가 가능
- 예산 제약: 보상액이 허용하는 범위의 참가자만 확보 가능



Sogang Experimental Economics Laboratory (SEE Lab)

<https://sites.google.com/site/sogangeelab/>

# 정책적 판단에 대한 행동 실험의 유용성

- Normann and Ricciuti (2009)
  - 근거, 이론이 부족할 때 통찰 제공
  - 변수의 통제 용이
  - 빠르고 손쉬운 파일럿 테스트
  - 실험 설계 과정에서 정책에 필요한 세부 사항 설 정 강제
  - 정책 레짐 변화의 효과 예측
  - 고려 정책의 유효성에 대한 확신 부여 용이

# 사회과학 실험 플랫폼

	PRO	CON	ex
종이	간편	시공간적 제약	종이설문지
웹폼	대량설문 가능	Fixed form	Google Forms
zTree	랩실험 가능	구현한계	
oTree	웹실험 가능	django 지식필요	
MTurk	대량웹실험	피실험자 통제 불가능	
전용앱	유연함	개발 어려움, 구현불안정	

# 실험의 실제 사례: 정치 예측시장

# 주제

- 예측시장
  - 조남운, 박원호, 한규섭, 안도경, (2016) “한국에서 실험적 선거 예측 시장의 가능성: 2012 대선 주식시장에 대한 보고”, *한국정치연구* 25(3)

# Prediction Market?

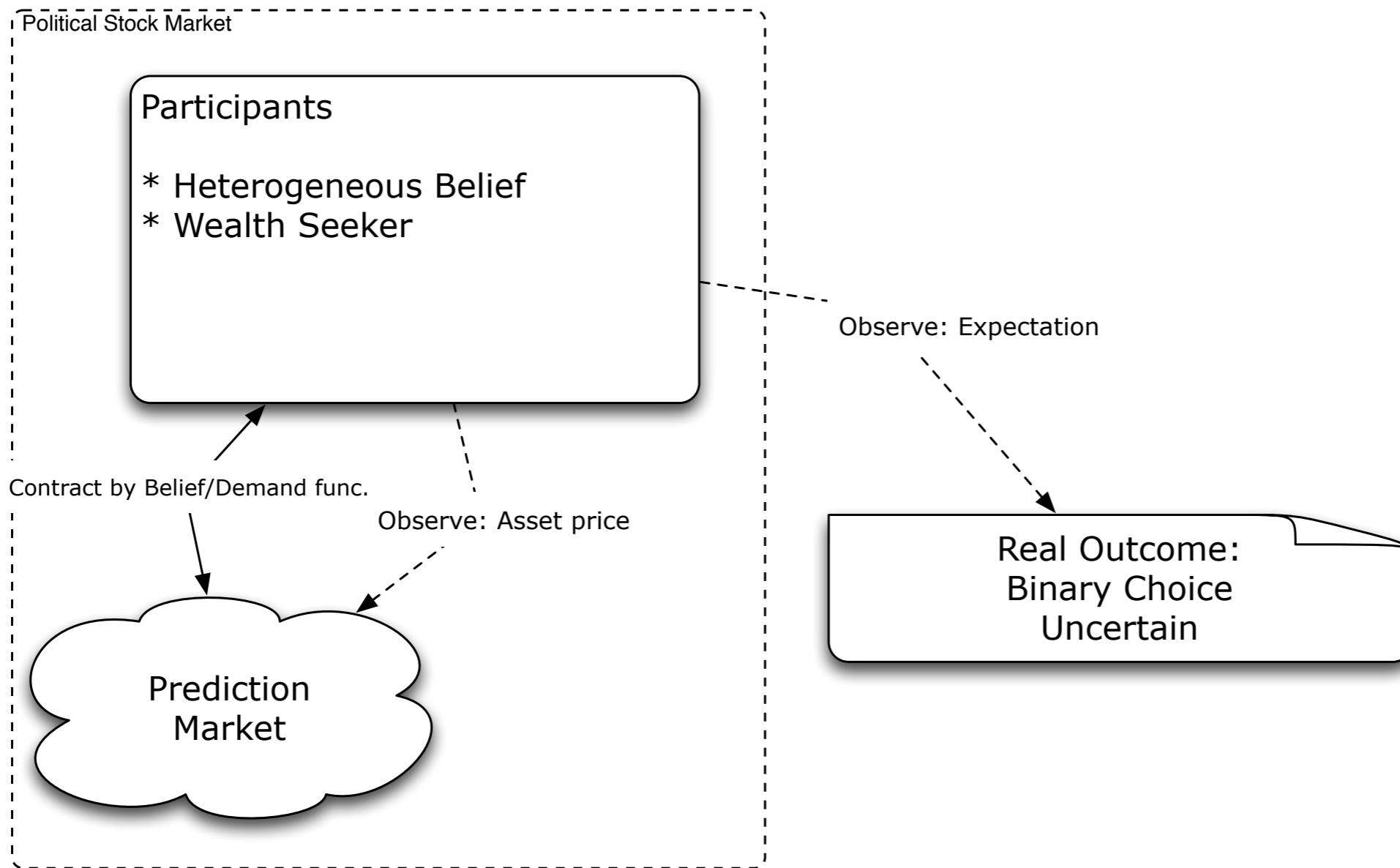
- 불확실한 사건의 결과를 증권화하여 거래하는 시장
  - 선거결과 - 승리자, 후보별득표율 등
  - 특정 시간에서 특정 기업의 주가
  - 특정 운동 경기의 결과 혹은 스코어
- 통상적으로 정확한 예측을 위해 사용함
- 다양한 이름: Information Market, Predictive Market, Decision Market 등

# Horse Race vs. Prediction Market

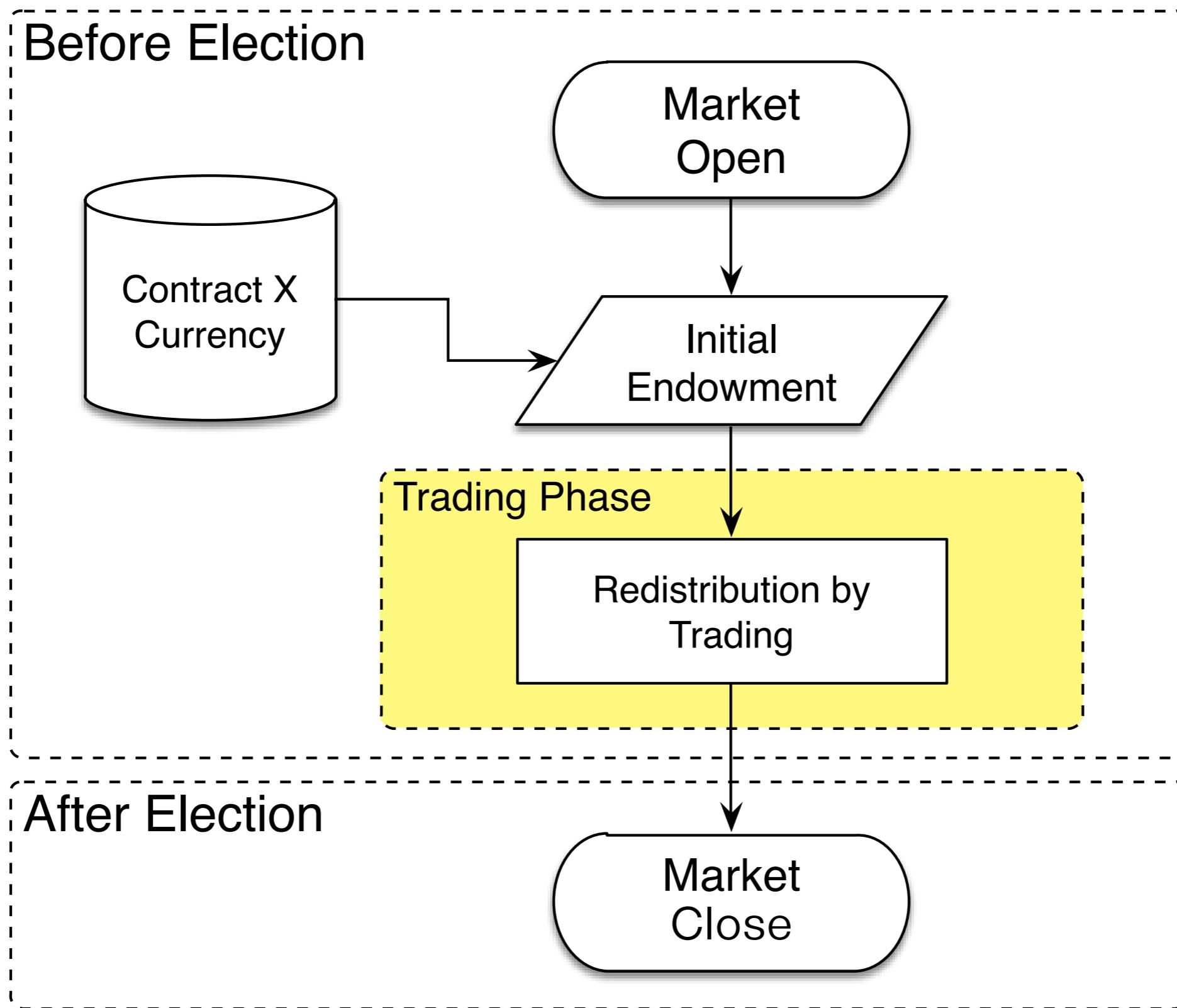
- 불확실한 사건의 결과에 의해 보상이 결정되는 것  
은 동일
- 차이점
  - Horse Race: 일회성 구매
  - Prediction Market: 시장에서 참가자 사이에 거래 (continuous double auction)

# Prediction Market: Concept

*Market Price  $\approx$  Mean Belief  $\approx$  True Outcome*

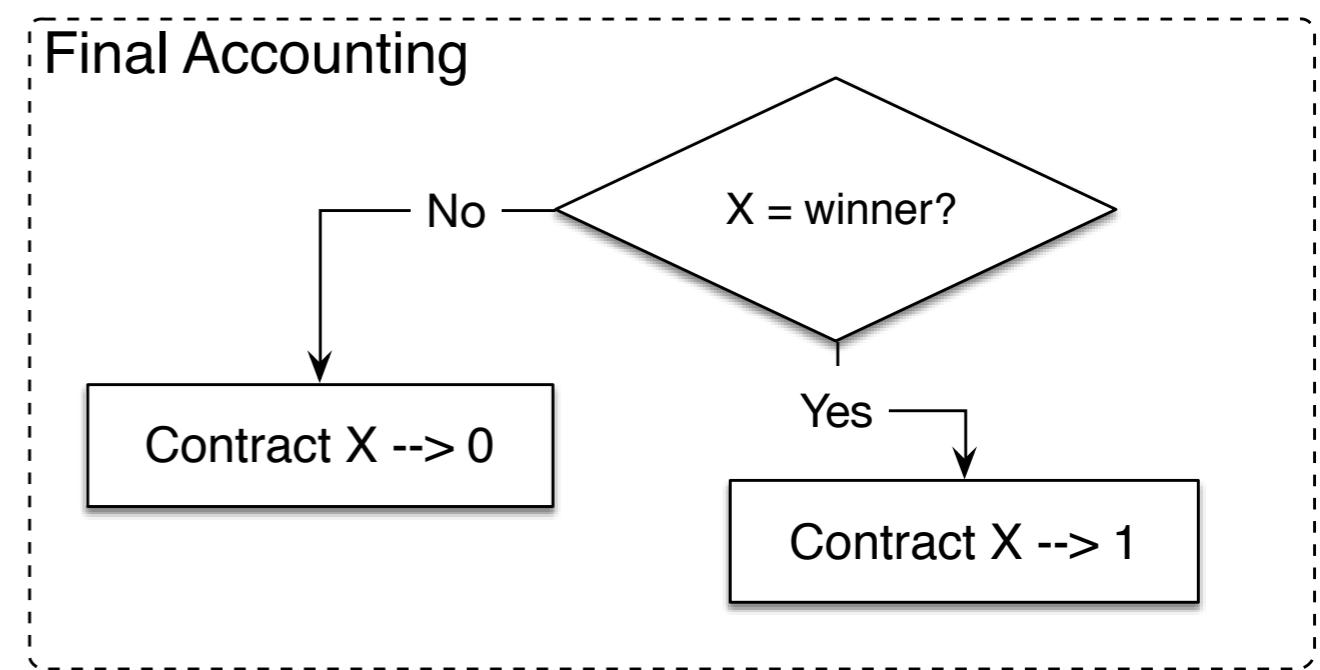


# Prediction Market: Procedure



# Contracts

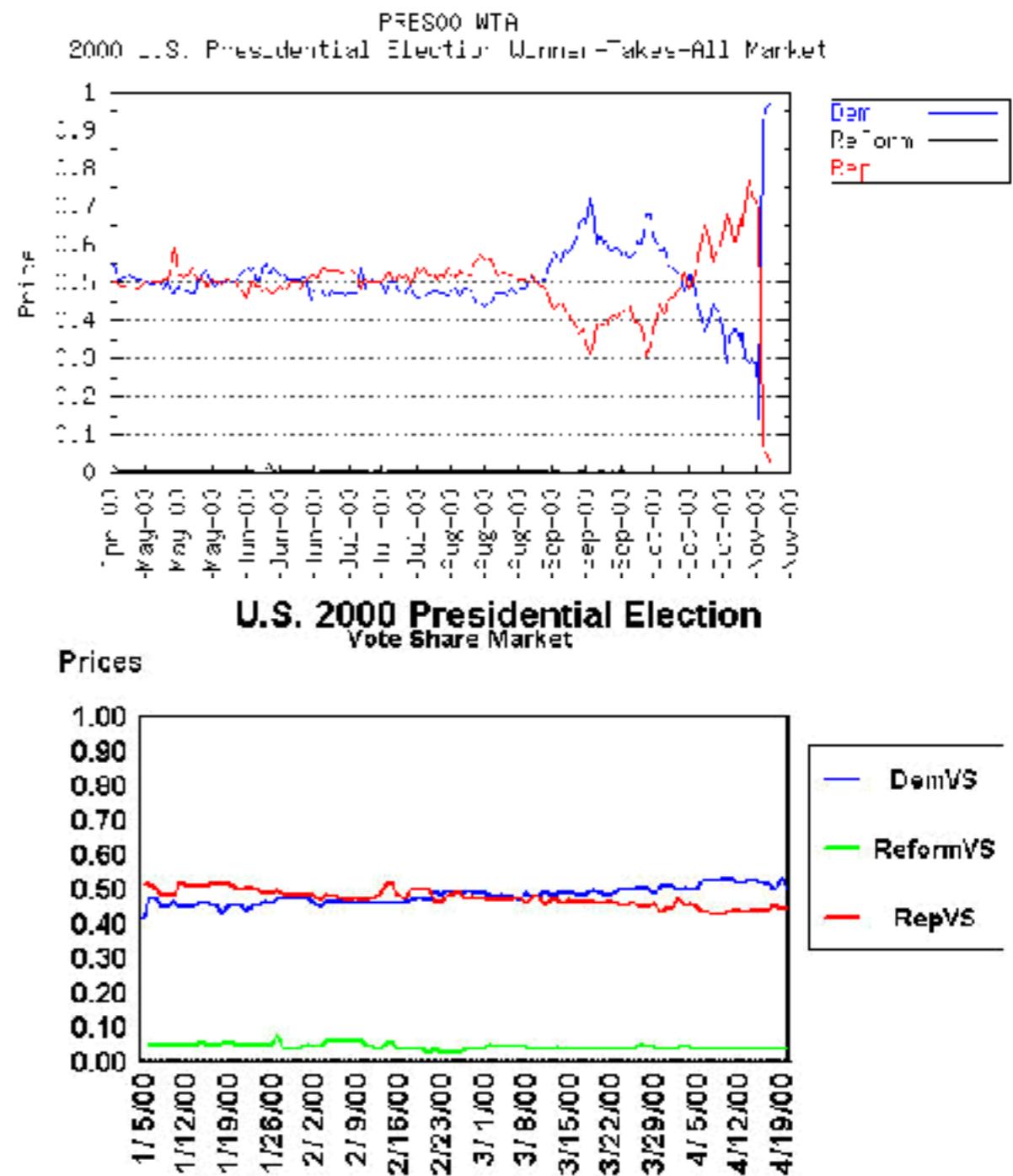
- Prediction markets for elections:
  - Contracts whose payoff is dependent on future event are traded
  - Winner-takes-all (WTA) contract
  - Vote share (VS) contract
    - Payoff =  $[M]$  times [Vote share of X]
    - $M$  is usually 1 (normalization)



Contract of  $X := \begin{cases} M, & \text{if } X \text{ wins} \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$

# General Price Pattern (IEM, USA 2000)

- WTA:
  - expected winner → 1
  - others → 0
- VS:
  - each candidates → their expected vote share



# A Participant j's Maximization Problem

$$\underset{x_j}{\operatorname{argmax}} EU_j = q_j U_j(y_j + x_j(1 - \pi)) + (1 - q_j)U_j(y_j - x_j\pi)$$

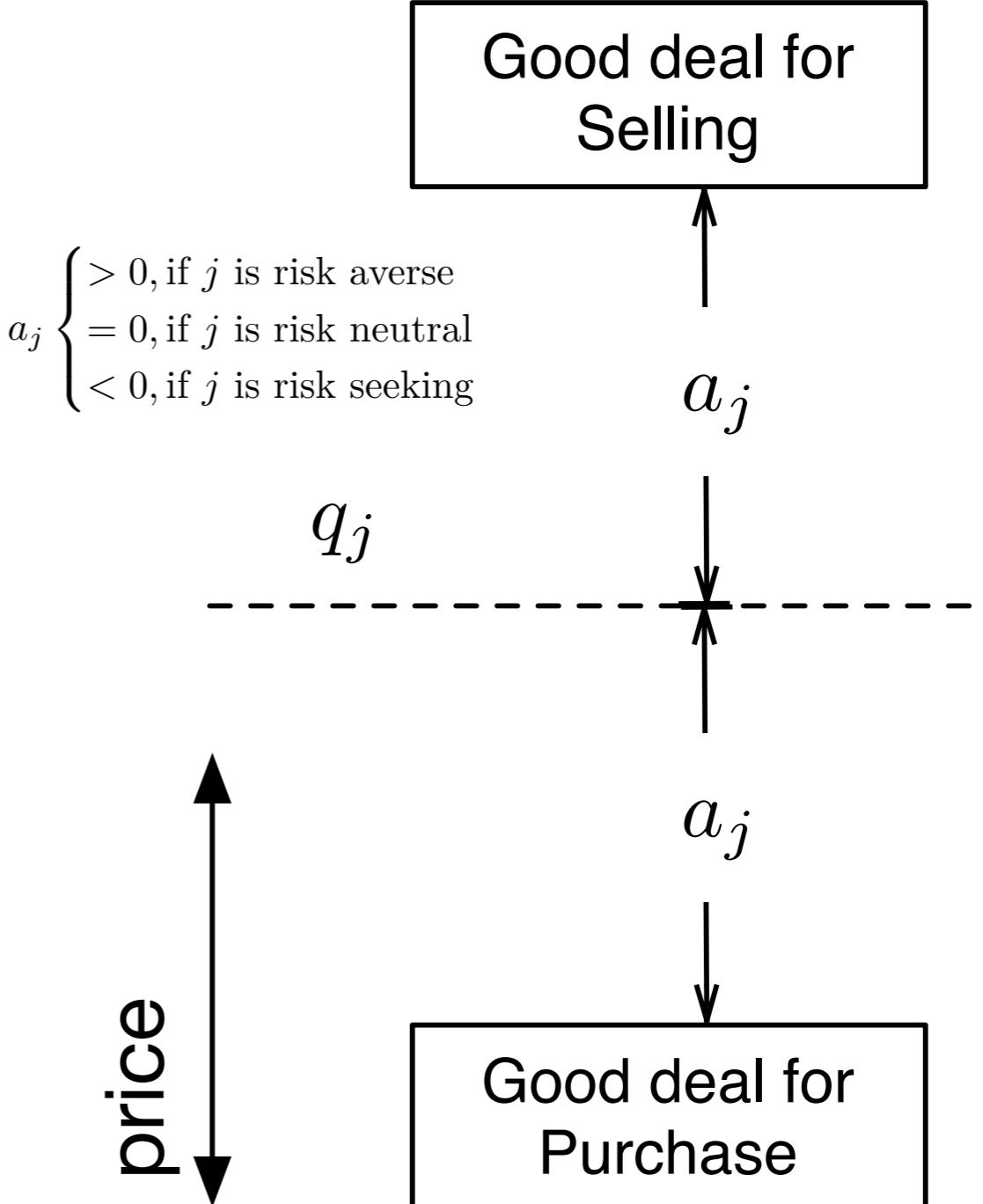
- $j = \{1, 2, \dots, n\}$ : Index of participants
- $q_j$ :  $j$ 's expected probability that the contract is realized (*i.e.*, winning the election)
- $EU_j$ : Expected utility function of  $j$
- $x_j$ : Quantity of a contract of  $j$
- $\pi$ : Market price of a contract (normalized to 1)
- $y_j$ :  $j$ 's wealth

# Individual Dynamics

$$\pi > q_j + \alpha_j \xrightarrow{\text{sell}} x_j \downarrow$$

$$\pi < q_j - \alpha_j \xrightarrow{\text{buy}} x_j \uparrow$$

- j's Belief on X = j's expected probability for X
- Interpretation:
  - If contact price is sufficiently LOWER than j's expectation, j would PURCHASE it
  - If contact price is sufficiently HIGHER than j's expectation, j would SELL it



# Equilibrium Price

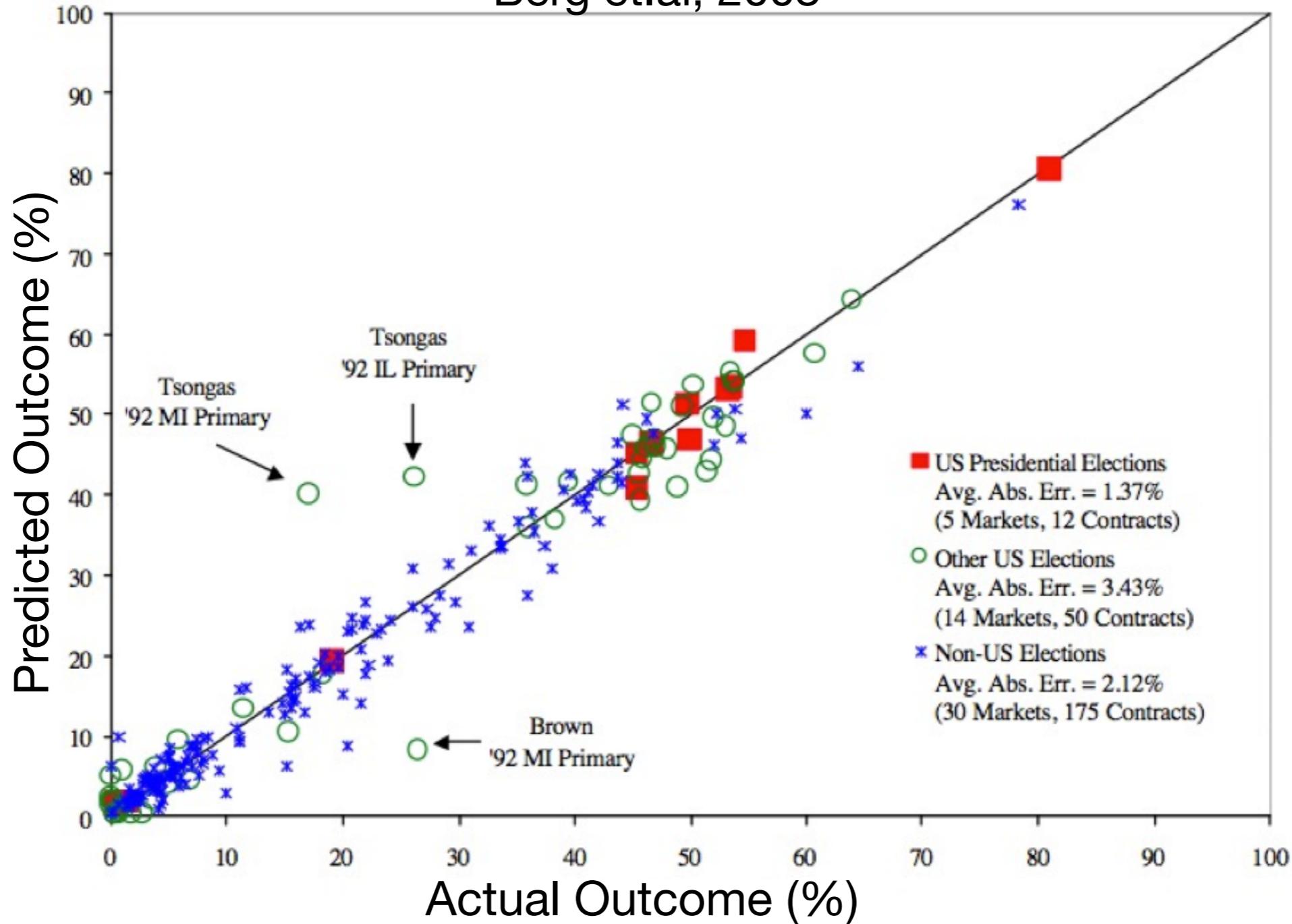
$$\pi^* = \int \int \frac{y}{\bar{y}} q F(q, y) dq dy$$

- Market equilibrium price = mean belief weighted by relative wealth
  - Sum of selling price = sum of purchase price
  - selling or purchasing is dependent on individual belief
  - $y/\bar{y}$  : **normalized wealth (relative wealth)**

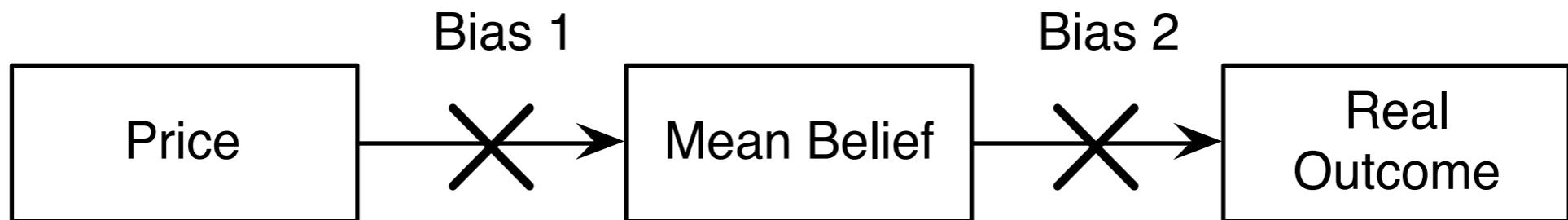
# Working Mechanism

# Performance

Berg et.al, 2003



# Two types of bias



- [Bias 1] Price can be biased from mean belief
- [Bias 2] Mean belief can be biased from true outcome

# Price can be biased from mean belief

- When election is not competitive enough
  - (Reverse) Favorite Longshot Bias
- When number of marginal traders (who is driven by incentive) is not sufficient
  - Domination of Irrational Trade (e.g., partisan traders)
- Lack of Common Information
  - 여론조사공표금지 (선거일 전 1주일)

# Mean belief can be biased from true outcome

- Mean belief can be biased from true outcome
  - When some information related to incur bias to the belief (e.g., False consensus effect)
  - When information is limited: Market price is the only source of information (Manski (2006))

# SPSM 2012:

## Theory and Working Mechanism

- Seoul National University Political Stock Market (SPSM)

# 2012 대선의 특징

- 박빙 예측
  - 선거 직전의 대규모 여론조사에서는 득표율 차이가 오차범위 이내이거나, 오차범위 밖으로 문재인 후보가 이길 것이 예상되었음
  - 여론조사공표기간 중 박근혜 악재 (국정원 댓글 조작 사건 등)
- 결과: 박근혜 3.6%p 이상의 득표차로 승리

# 예측의 방법

- 여론조사 (주류)
  - Q: 누구에게 투표하시겠습니까?
  - 임의 추출, 편향없는 응답이 전제되어야 함
- 예측조사
  - Q: 누가 당선될 것 같다고 생각하십니까?
- 예측시장
  - 예측을 금융상품화

# Iowa Electronic Market (IEM)

- 국가의 특별 허가를 얻어 개인당 최대 \$500까지 투자 가능
- 1988년부터 지금까지 다양한 확률사건에 대한 예측시장을 운영중
  - <https://tippie.biz.uiowa.edu/iem/>

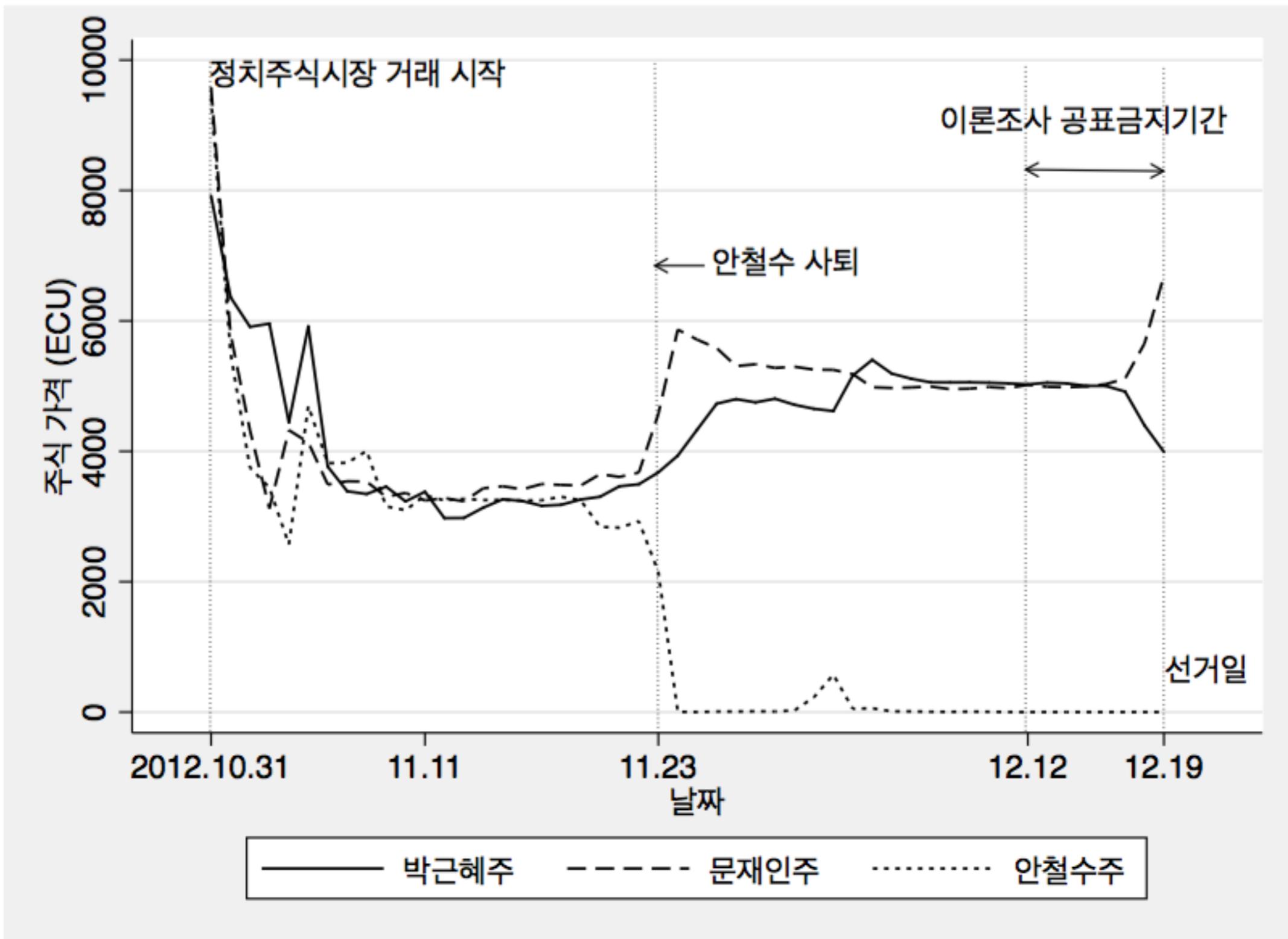
# SPSM 2012

- Winner-takes-all contract market for Korean presidential election 2012
- <http://spsm.snu.ac.kr>
- Market duration: 50 days
- # of participants: 2331
- # of contracts traded:  $\approx 1M$

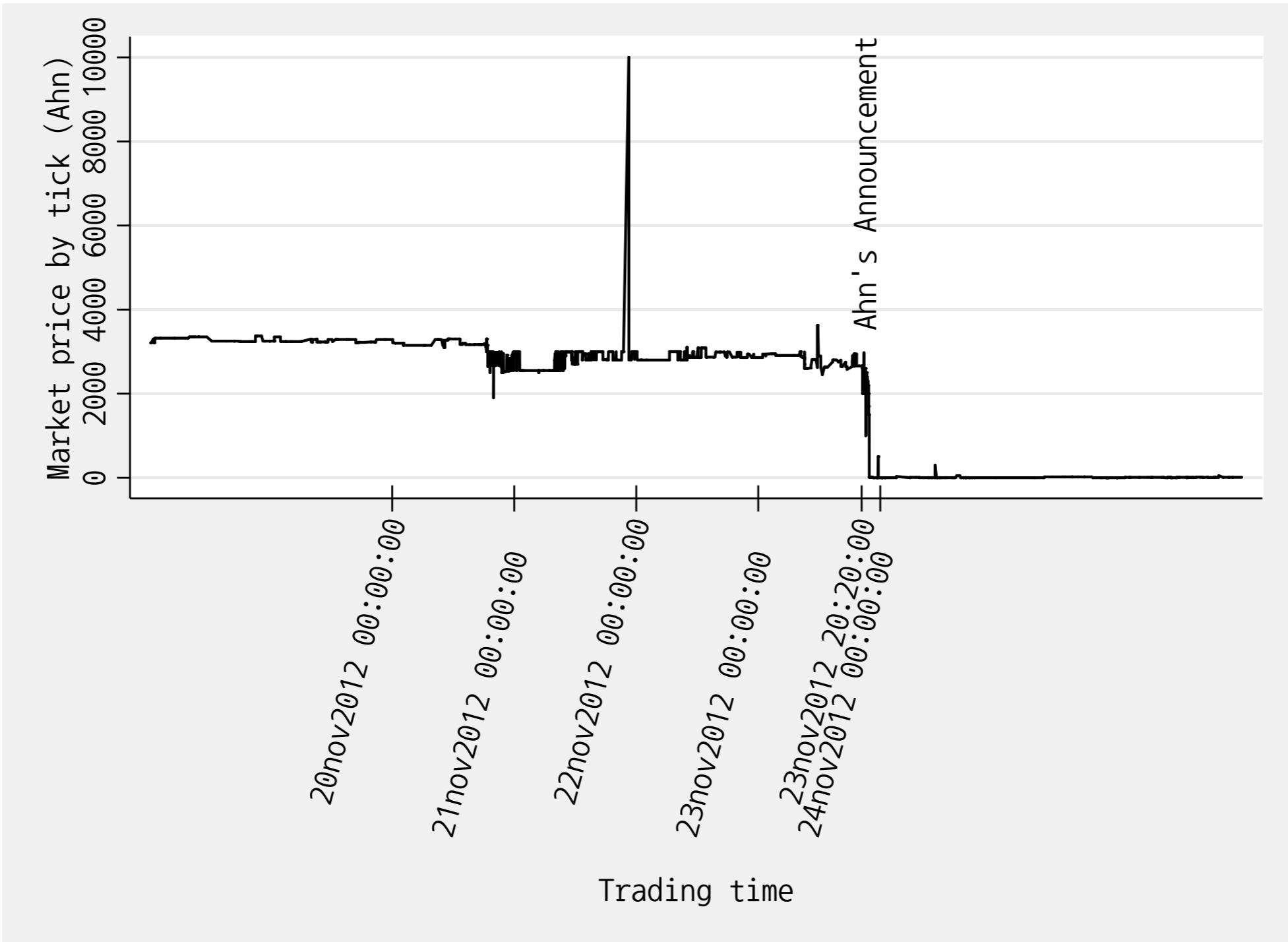
# SPSM vs. IEM

	<b>SPSM (WTA)</b>	<b>동아 R&amp;R (VS)</b>	<b>IEM (BOTH)</b>
<b>초기자본</b>	동일액 지급 (현금 6천원 가치)	사이버머니	자기자본 (max \$500)
<b>통용화폐</b>	ECU (사이버머니)	사이버머니	\$ (real money)
<b>보상지급</b>	상위 20% 평균3만 원	상위 참가자 추첨하여 경품지급	수익금 지급
<b>참가자 모집</b>	설문조사기관에 의뢰	자발적 참여	자발적 참여
<b>통계조사</b>	패널 설문 (3차) 실시	없음	없음
<b>기간</b>	2개월	9개월	>1년
<b>참가자 수</b>	Huge	Small?	Small?

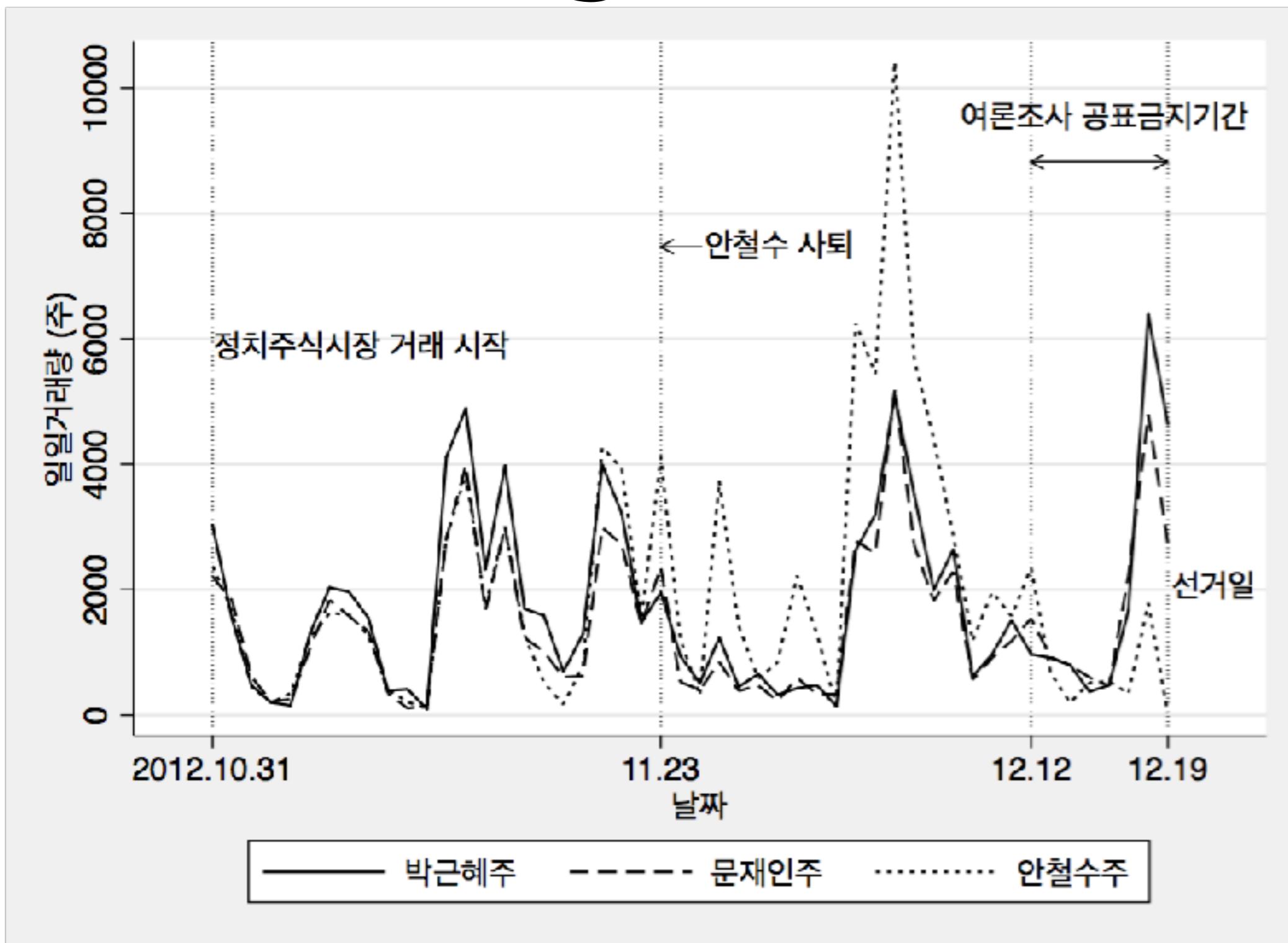
# Daily Average Prices



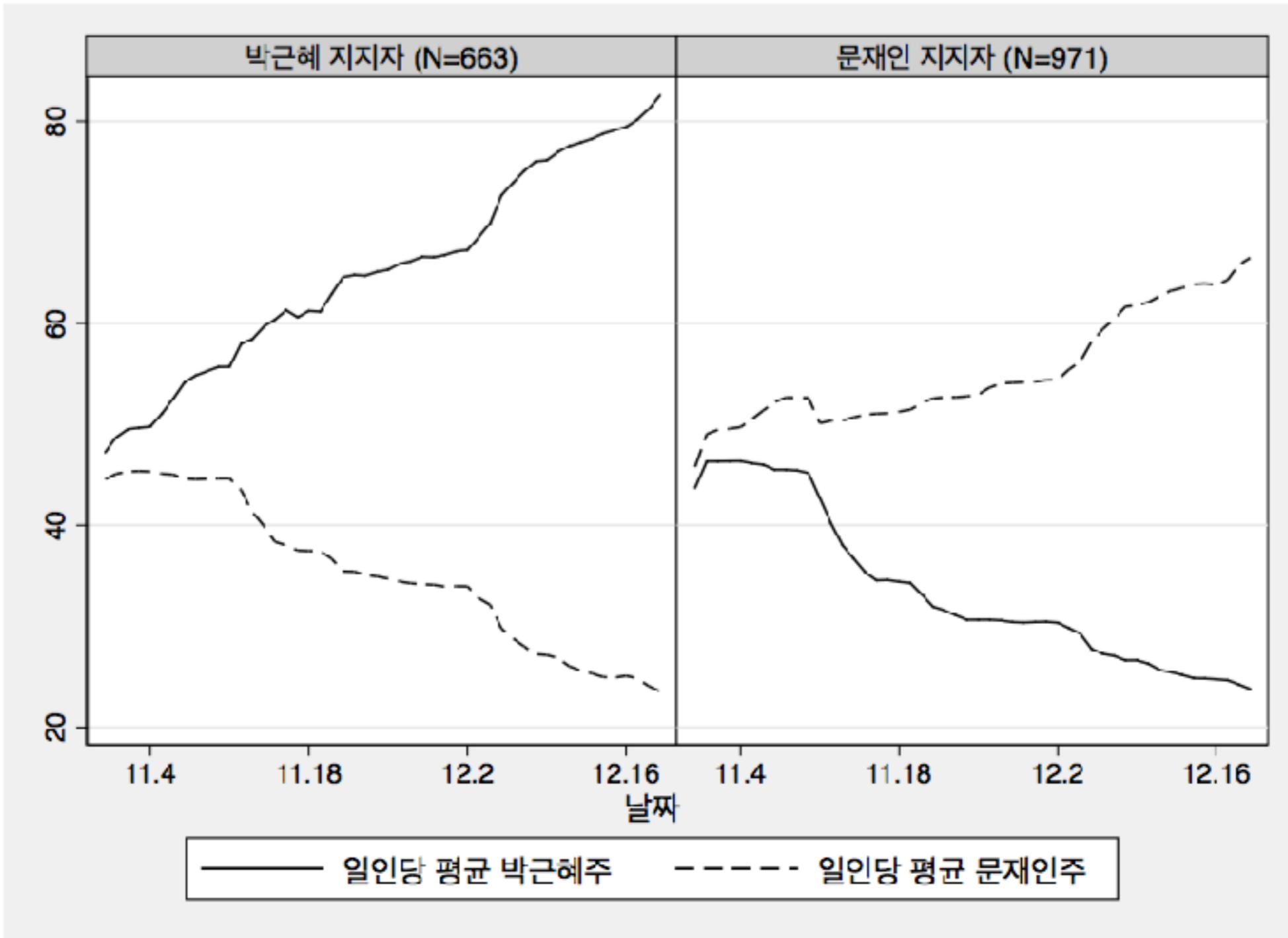
# 「안철수 사퇴뉴스」 발표 전 후 안철수주 가격동향



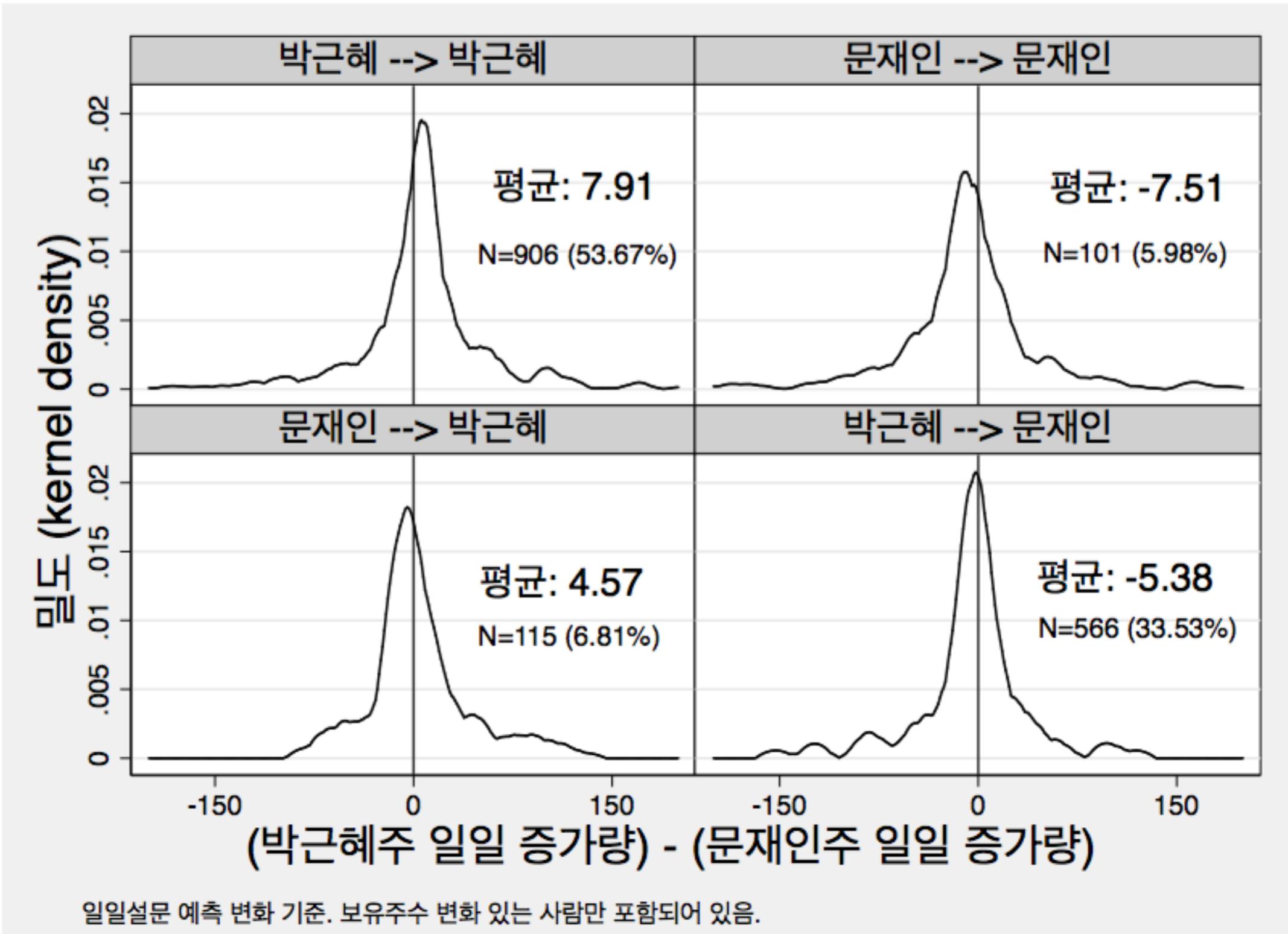
# Trading Volume



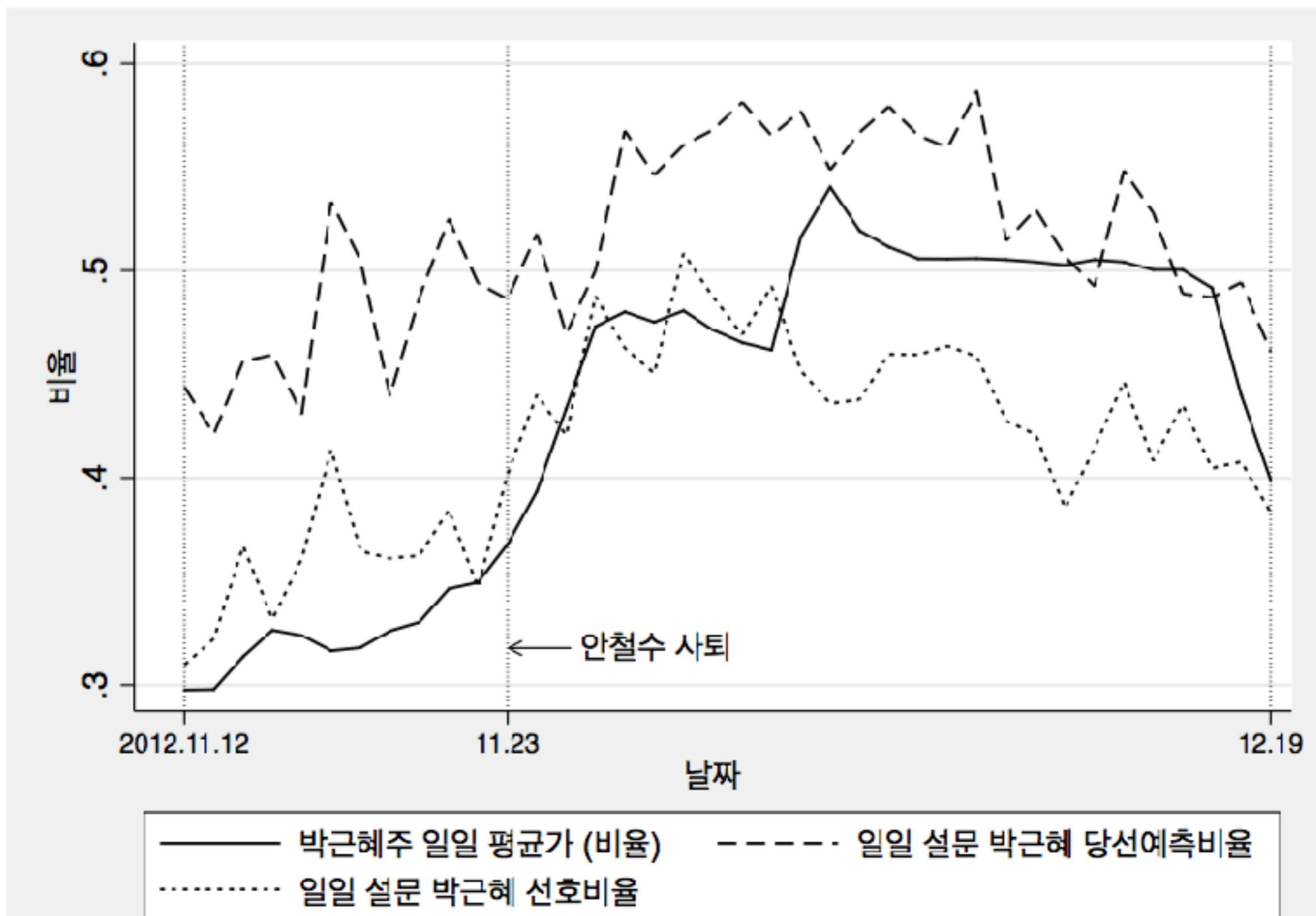
# 패널 응답자 별 보유주식비율



# 예측과 보유주 변동패턴



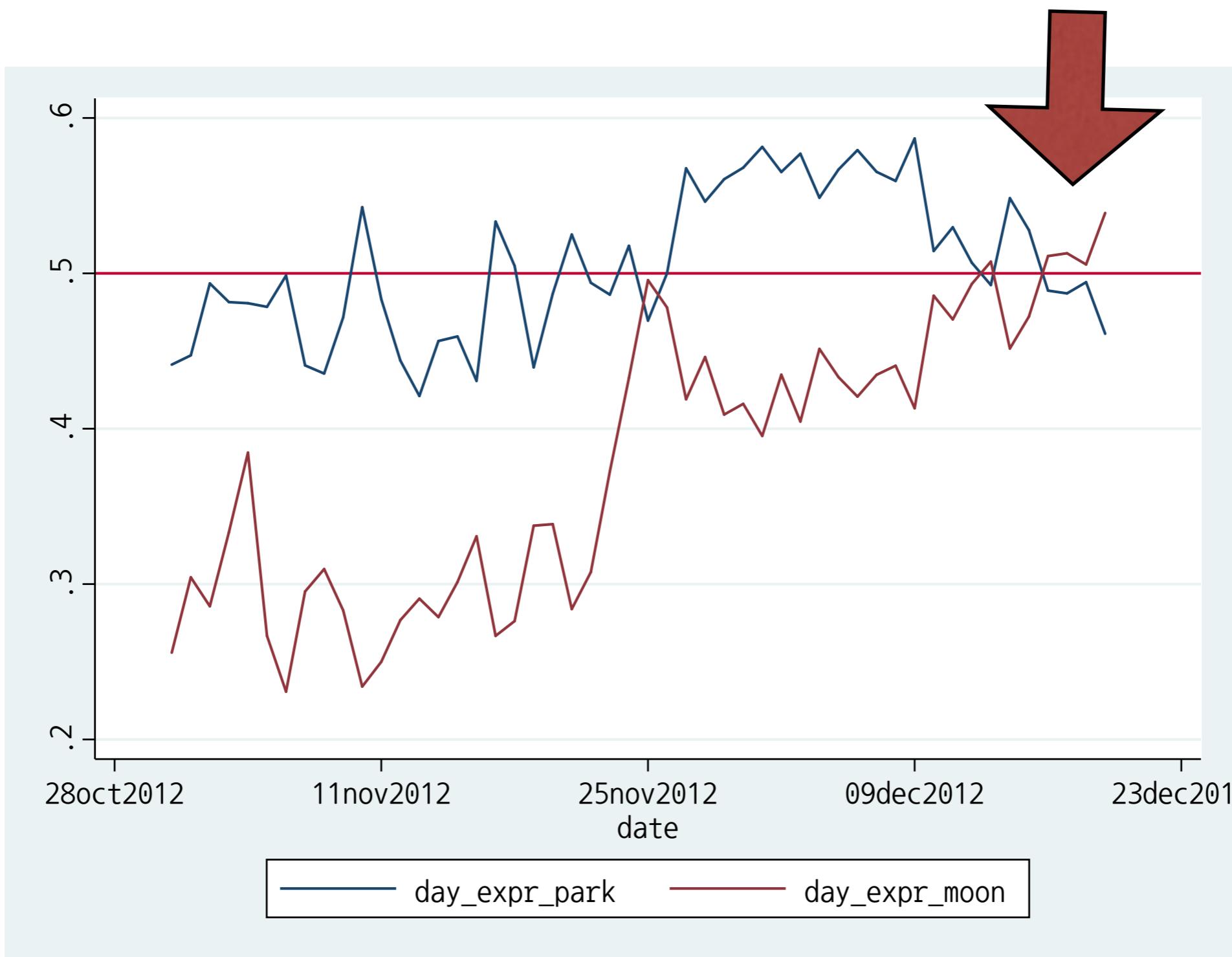
# Price, Preference, and Expectation (박근혜)



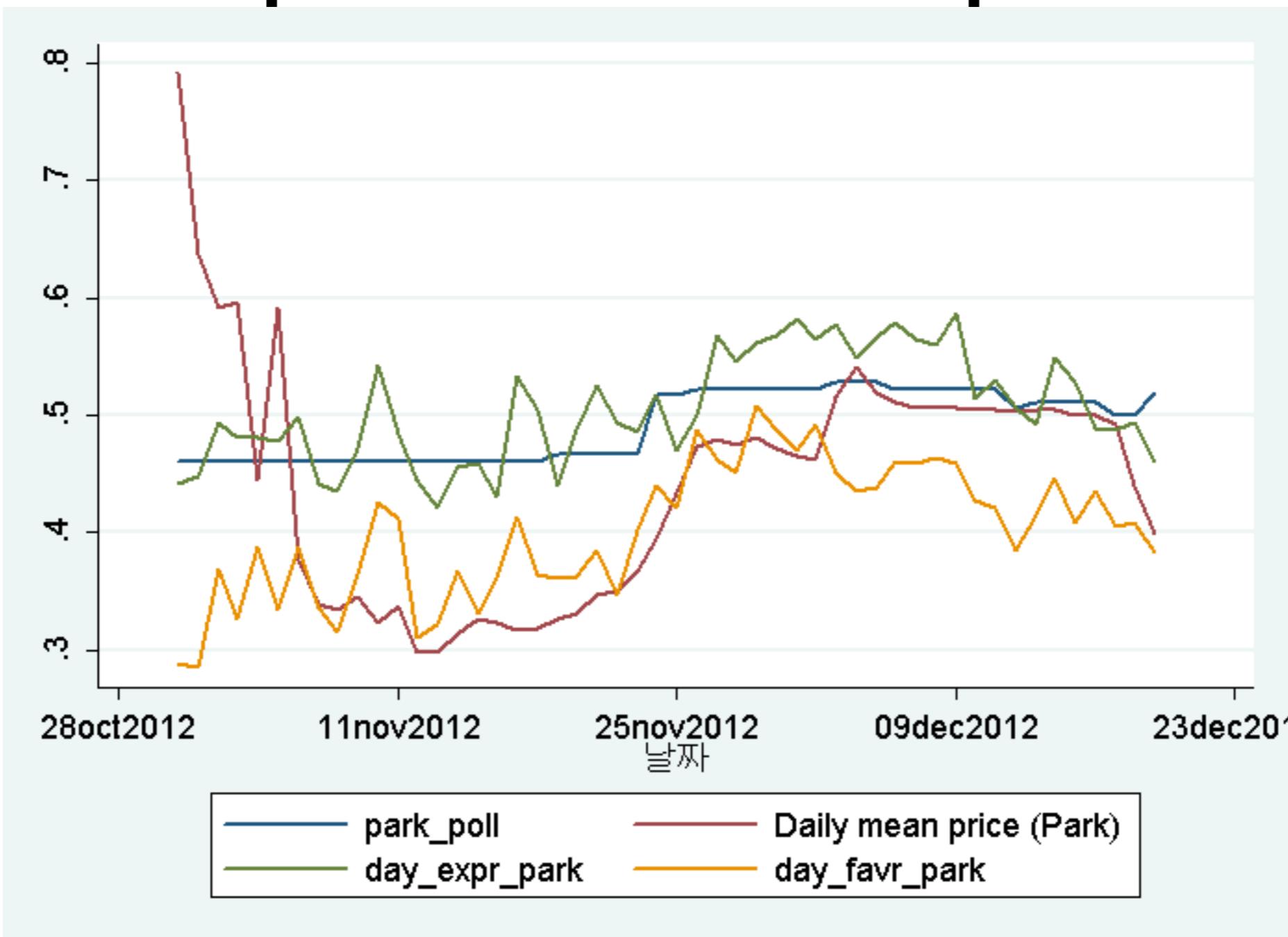
# Belief vs. Price: Moon



# Daily Belief: Park vs Moon



# poll follows expectation: park

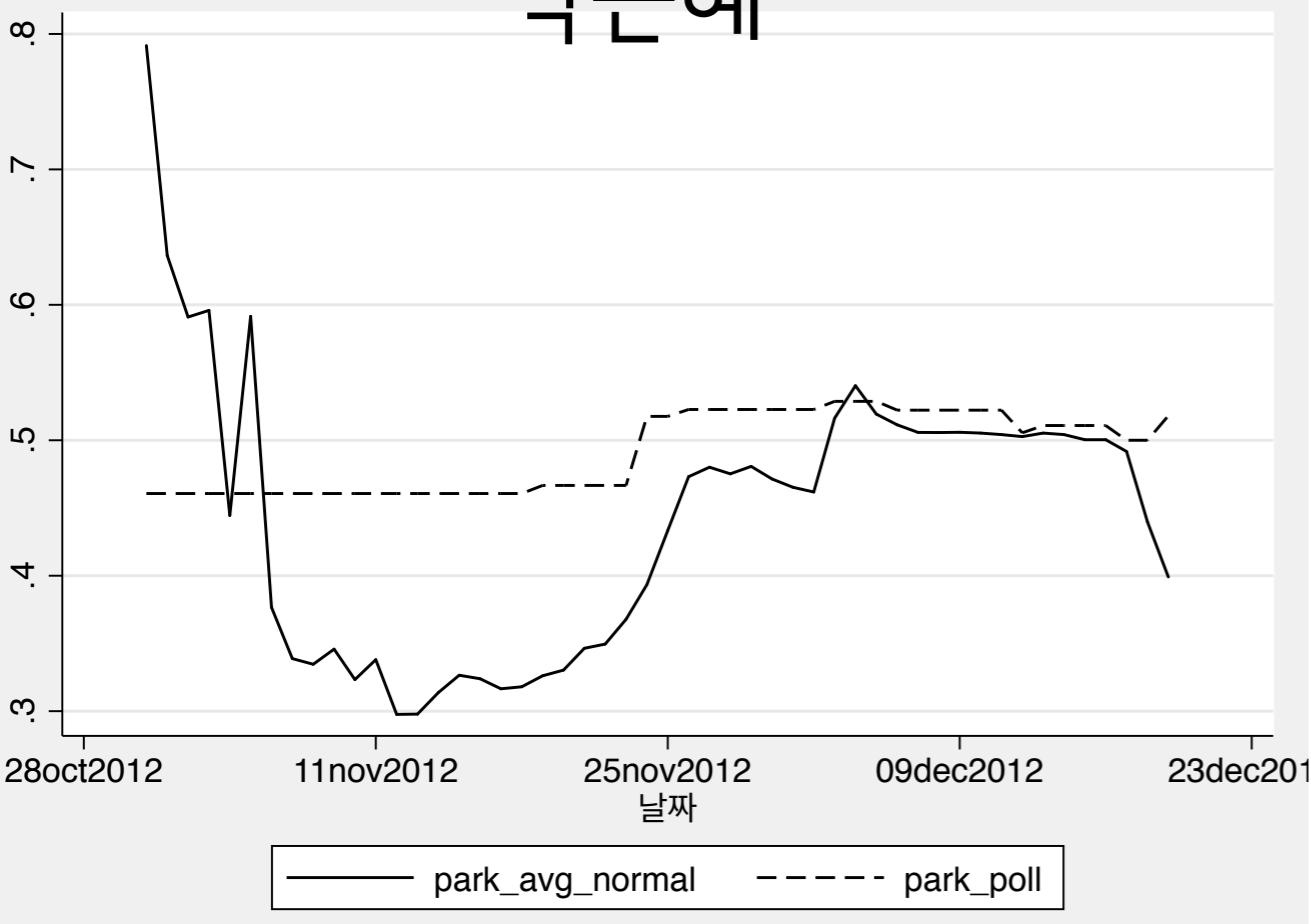


# poll follows experience: moon

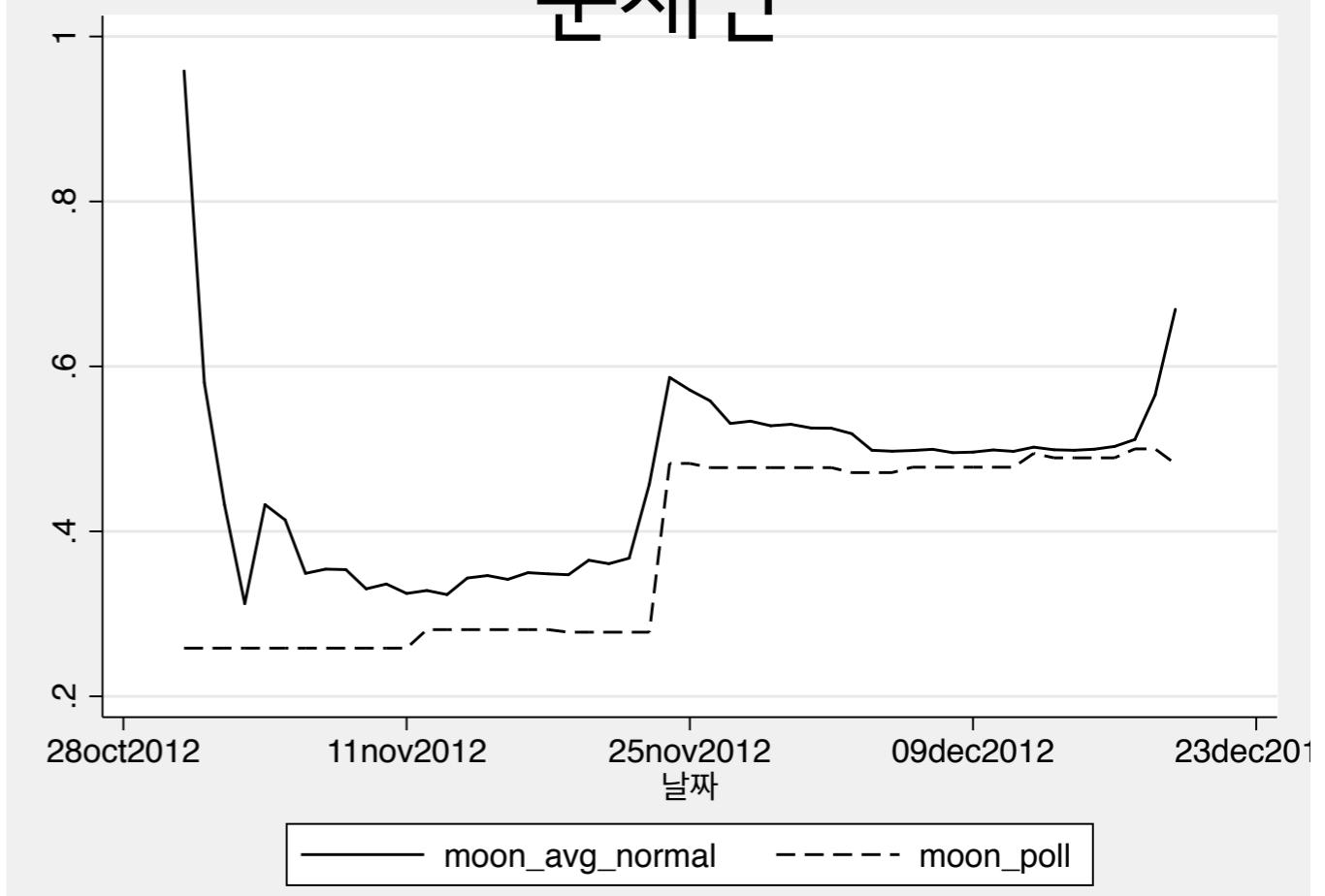


# Poll vs. Price

박근혜



문재인



# 예측결과: 실패!

	박근혜	문재인	결과:박	결과:문	비고
SPSM 2012	0.42	0.80	당선	낙선	WTA
동아 R&R	0.46	0.51			VS
출구조사 (지상파 3사)	0.50	0.49	0.52	0.48	오차범위 이내
전화예측조사 (YTN)	46.1-49. 9	49.7-53. .5			

# 예측 오차의 원인에 대한 가설들

- 당파적 거래 가능성 → SPSM 2014 (서울시장 선거)
- 여론조사 공표금지 (공통 정보 제한)
- Belief 자체의 편향

# 당파적 거래 → SPSM2014

- SPSM 2014: 2014년 서울 시장 선거 예측시장
- Vote Share Contract
- 서로 독립된 세 개의 시장을 운영
  - 시장1: 박근혜에 투표했던 참가자로만 구성
  - 시장2: 문재인에 투표했던 참가자로만 구성
  - 시장3: 박근혜/문재인 1:1

# SPSM 2014: Controlling Preference

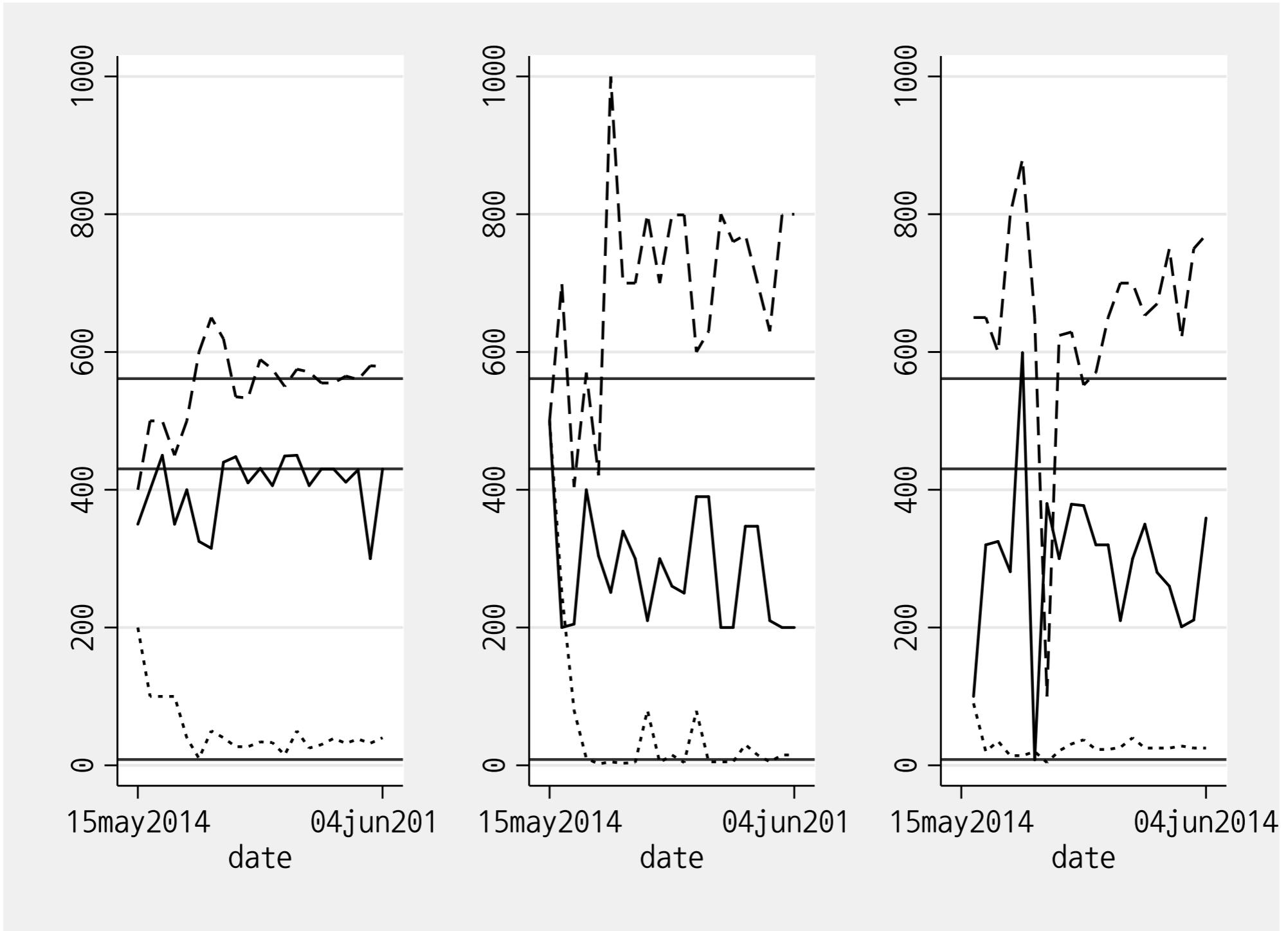
- 참여자 100명인 시장 3개를 독립적으로 운영
- 분류 기준: 선호
- 질문: 정치 예측시장에서 선호가 미치는 영향은 무엇인가?

	새누리당 선호	민주당 선호
Market1	100	0
Market2	0	102
Market3	50	50

# 개표결과

	최종보상	시장1	시장2	시장3
정몽준	430.3	430	200	311
박원순	561.3	579	800	590
기타후보총합	8.4	40	15	25
계	1000	1049	1015	926

# Closing Price



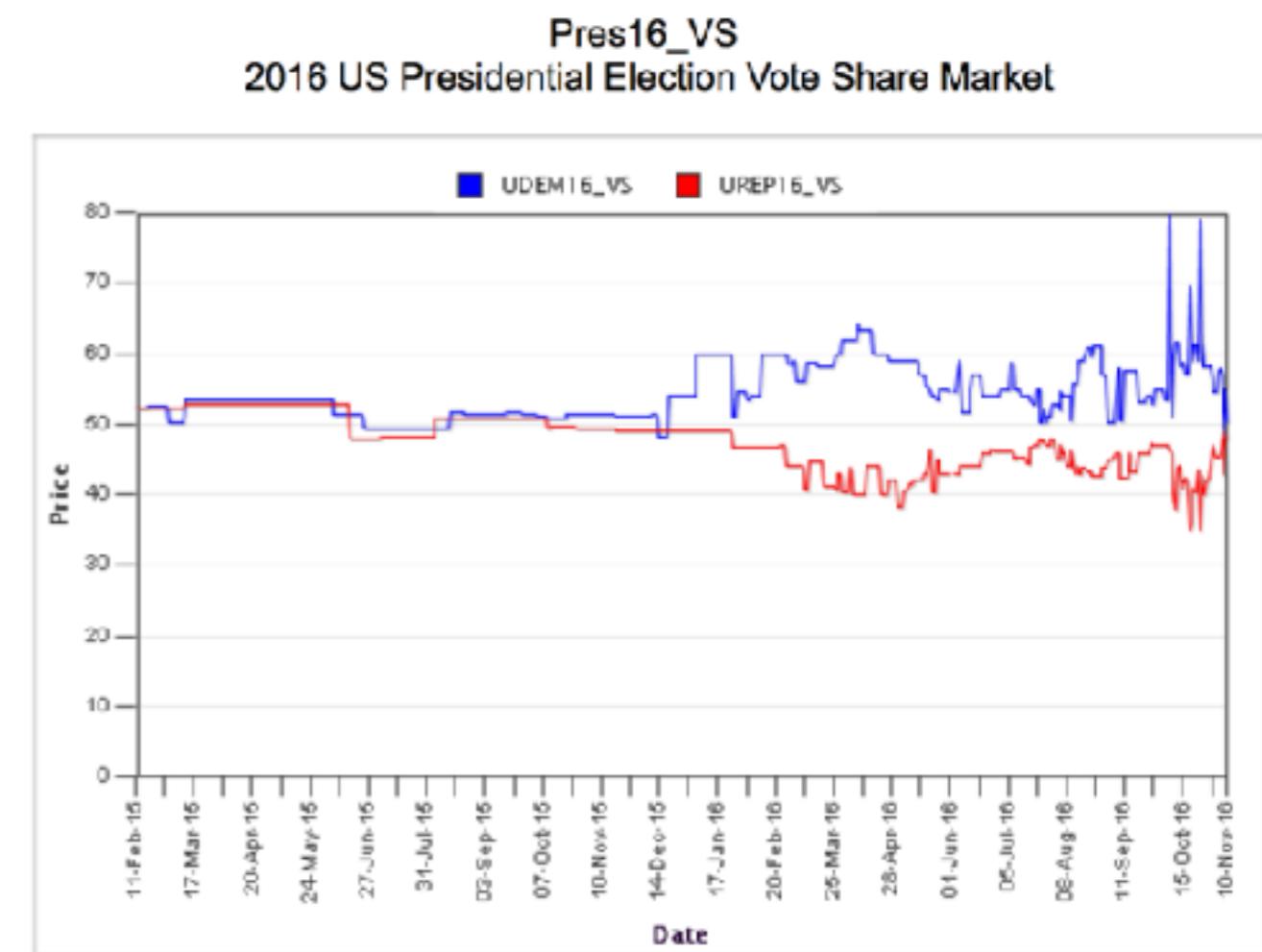
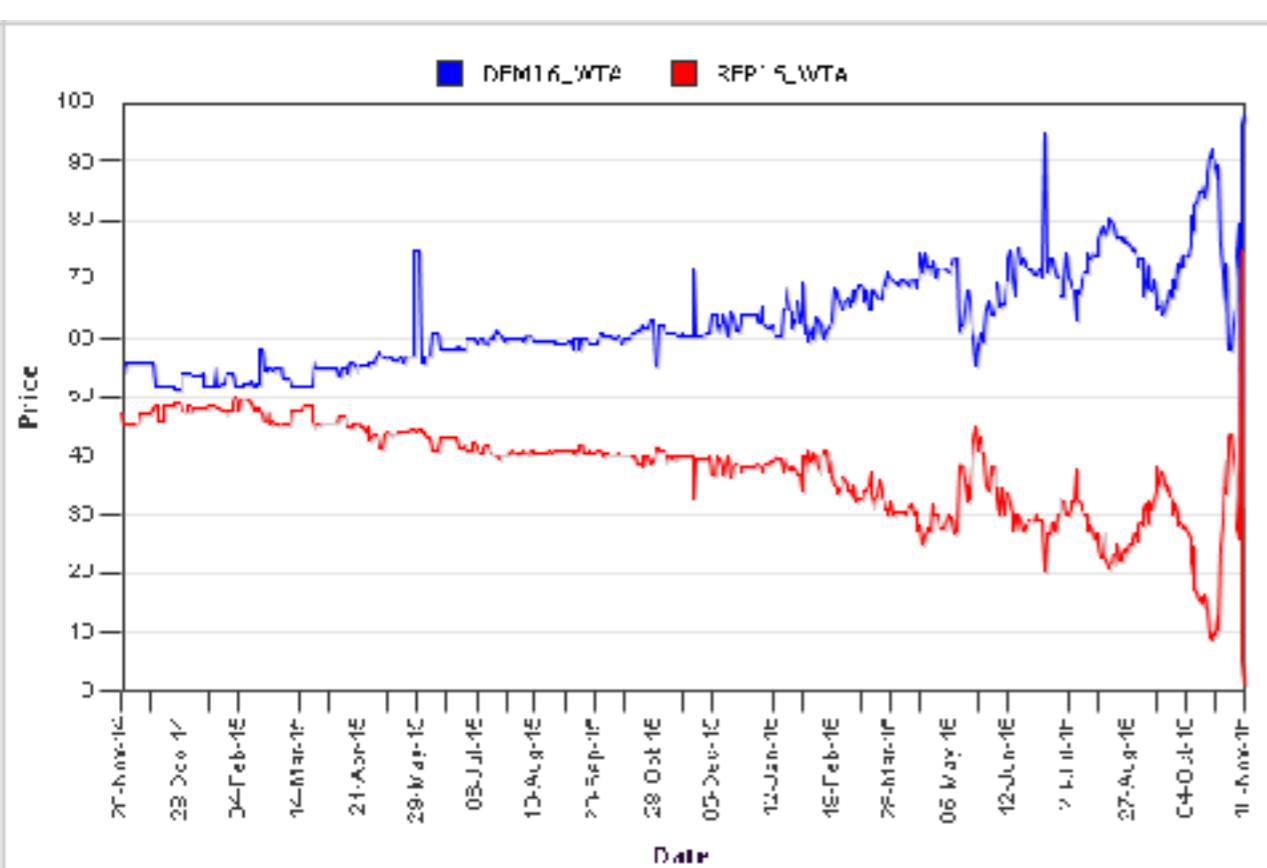
# 비대칭적 당파성

- 당시 선거의 특징은 박원순의 우세가 비교적 일정하게 예측되었다는 점
- 과거 문재인에게 투표했던 참가자들은 당파적 거래의 징후가 강하게 나타남
- 반면, 박근혜에게 투표했던 참가자들은 이성적 거래의 징후가 강하게 나타남
- Prediction market 에서는 random sampling 이 중요하지 않음을 확인할 수 있음

# False Mean Belief? Ahnlab versus EG



# 보고서: 2016 US Pres. Elec. IEM



# 수고하셨습니다!