

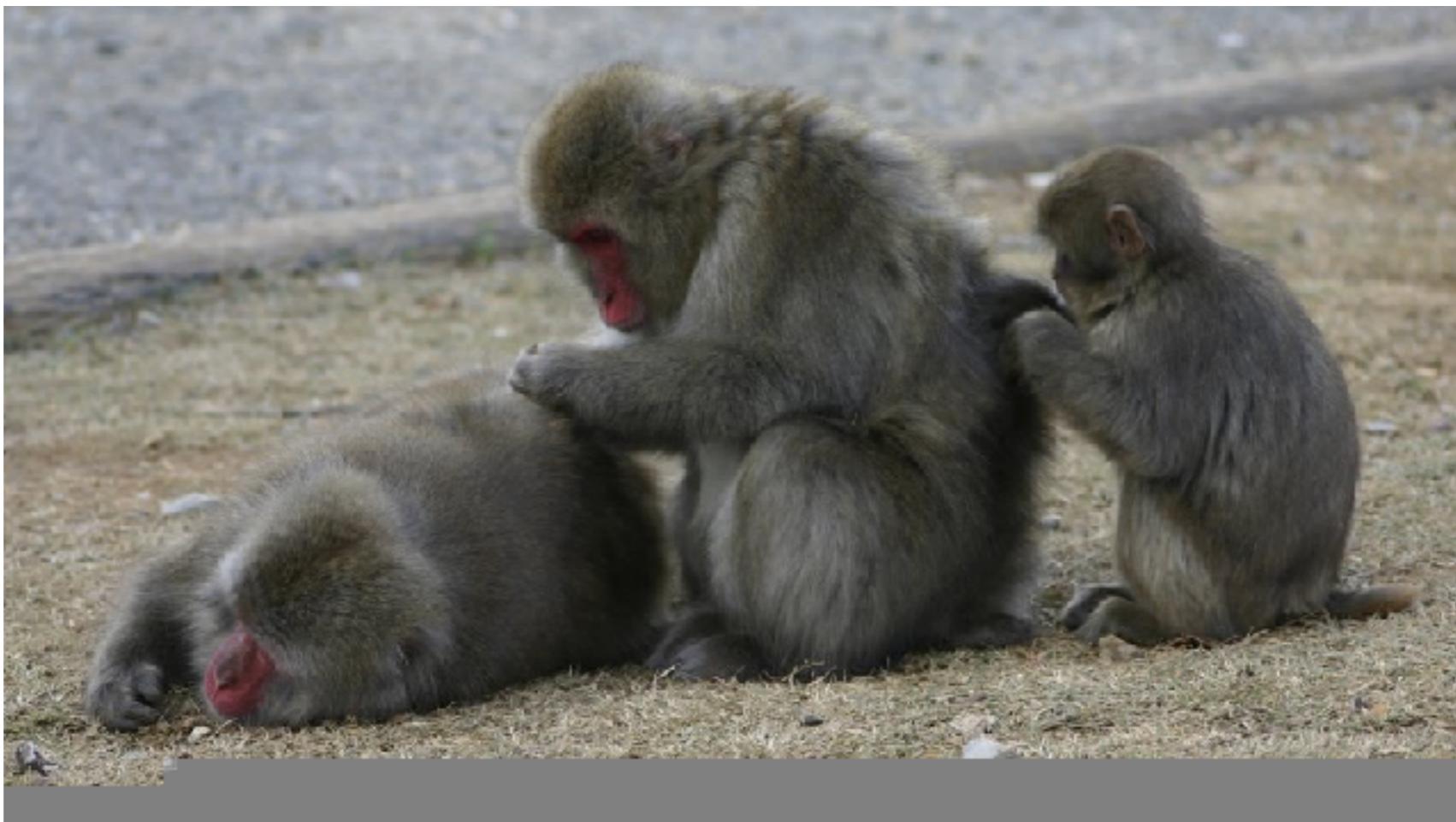
# 협력의 진화

게임이론, 진화, 그리고 협력  
경희대 GEE1106S01

초협력자 1-5장

# 주제

- 혈연선택
- 직접적 상호성
- 간접적 상호성
- 공간 게임
- 집단 선택



# 혈연선택

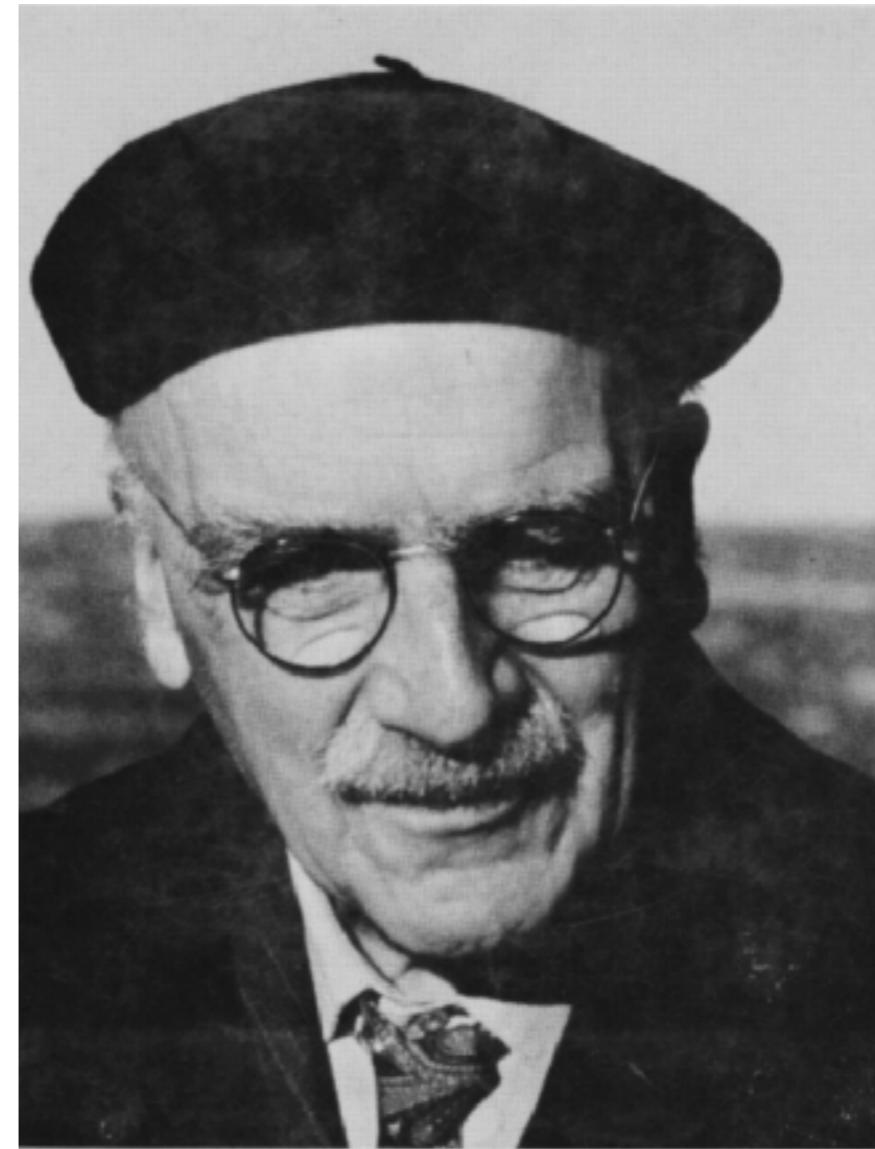
# Kin Selection

- 유전적으로 가까운 개체일수록 더 협력하는 경향성 존재
- 도킨스, “이기적 유전자”
- 혈연관계가 가까울수록 협조적인 행동을 하는 현상을 설명



# J.B.S. Haldane (1892-1964)

- 영국의 진화생물학자
- 혈연선택의 아이디어를 처음으로 제시
- Q: 물에 빠진 사람을 위해 목숨을 걸 것인가?
  - “형제 둘이나 사촌 여덟명이 물에 빠졌다며 목숨을 걸겠다”



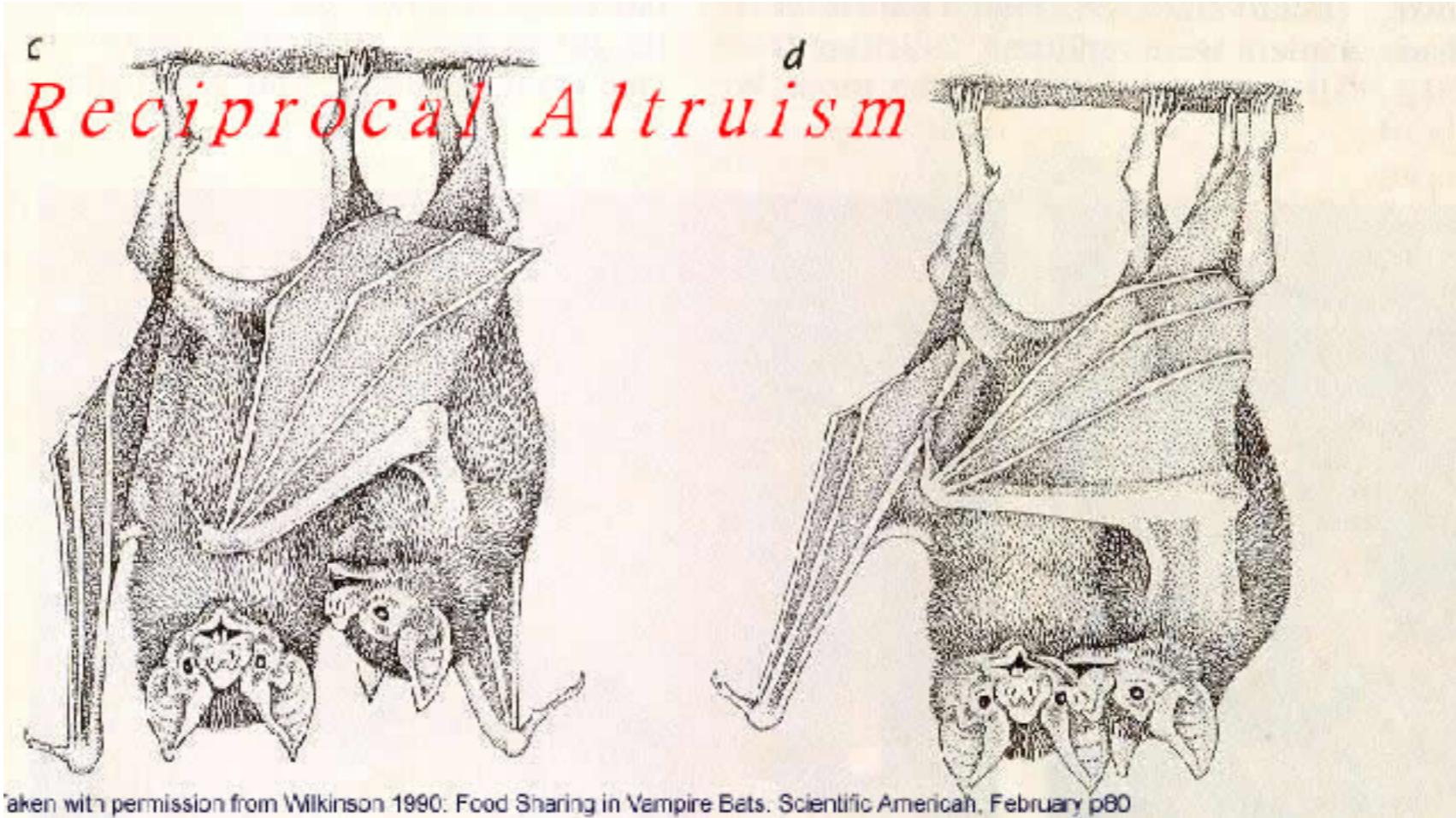
# Hamilton's Rule (1964)

- 개체는 자신의 포괄 적합도를 최대화하려는 방향으로 행동한다는 가설
- C: Cost
- r: relatedness (근친도)
- B: Benefit
- 혹은  $C/B < r$

$$C < rB$$

# 비용

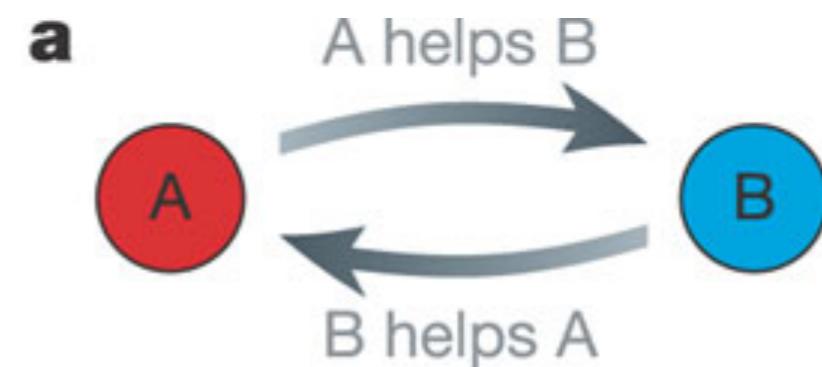
- 개체중심 접근 - 개미와 같은 집단 협력의 문제를  
다루지 못함
- 개체 차이가 거의 없는 상황에서만 정의 가능 - 선  
택의 문제 자체가 사소해짐
- 위 조건들을 충족할 경우에는 포괄적합도와 자연선  
택의 차이가 거의 사라짐
- 유전적 근친도( $r$ )의 측정비용
- 하지만 초기 진화생물학의 출발점으로 중요한 이론



# 직접 상호성

# Direct Reciprocity

- Principle of give-and-take
- “네가 잘해주면 나도 잘해준다”



# 직접 상호성이 성립조건

- 직접 상호성이 가능하기 위해서는 일정 정도 이상의 지적 능력이 전제되어야 함.
  - 현재의 상대가 과거에도 상호작용을 했었는지 식별하고 기억할 수 있어야 함
- 동일상대가 반복접촉할 수 있어야 함

# 우리 주변의 직접상호성 (Positive Side)

- 단골가게의 친절한 행동
- 청소당번
- 효도
- 친구 사이의 술값 지불
- 부조금

단골이라고  
엄청 깎아 주더라고



엄 청

# 우리 주변의 직접 상호성 (Negative Side)

- 복수
- 함무라비법전의 상호성의 원칙
  - 죽음에는 죽음으로



# 상호성의 게임이론

- 협력하는 행위에는 비용이 발생: c
- 협력받는 행위에는 보상이 발생: b
- 어떤 게임의 구조인지?
  - 1회 동시게임에서의 균형은 무엇인지?
  - 왜 현실에서는 균형과 다른 행태가 권위의 강제 없이 발생 가능한 것인가?

	협력	비협력
협력	b-c,b-c	-c,b
비협력	b,-c	0,0

# 반복게임

- 내쉬균형은 일회성 게임에서의 개념
- 게임이 반복된다면 다른 결론이 발생할 수 있음.
- Milinski의 큰가시고기 실험
  - 가짜 정찰물고기가 처질 경우 자신도 처짐
  - 가짜 정찰물고기가 보조를 맞추면 더 가까이까지 접근

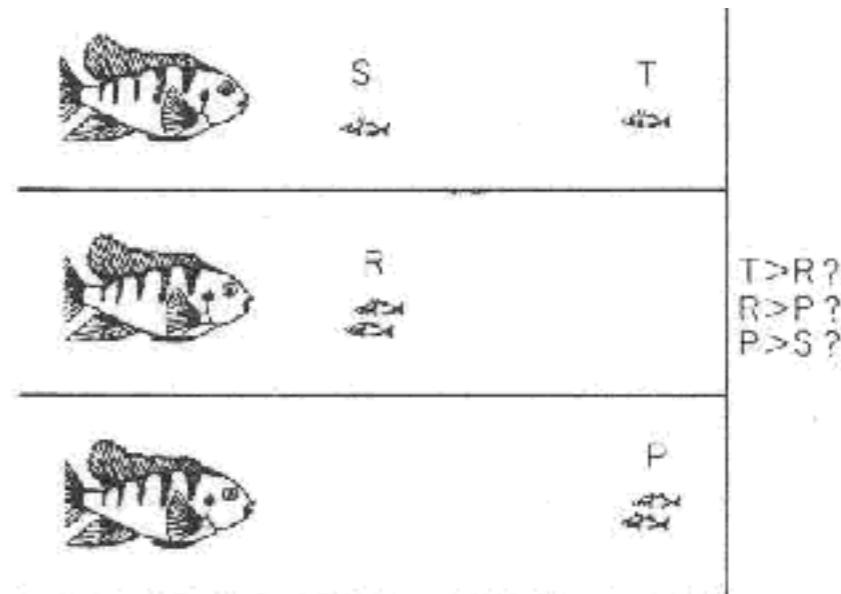
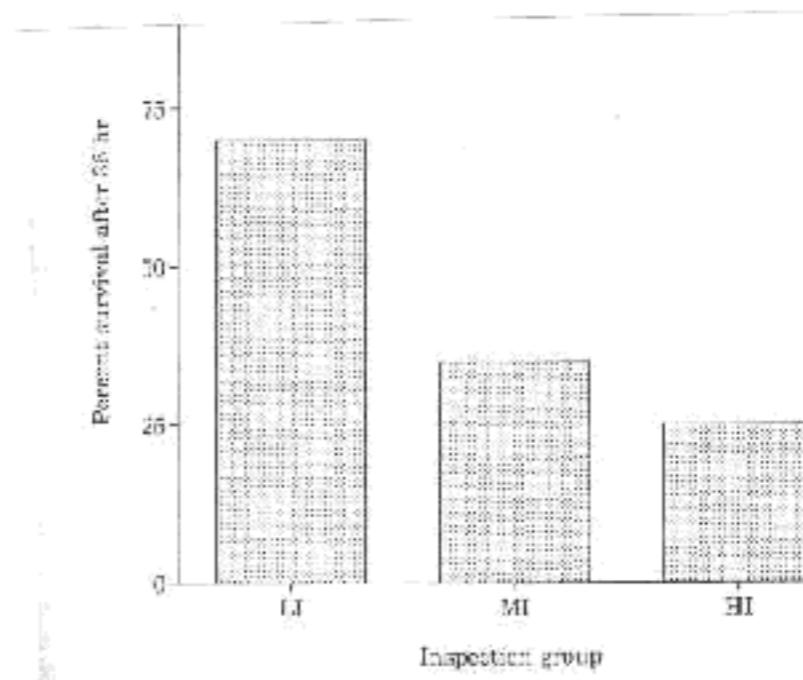
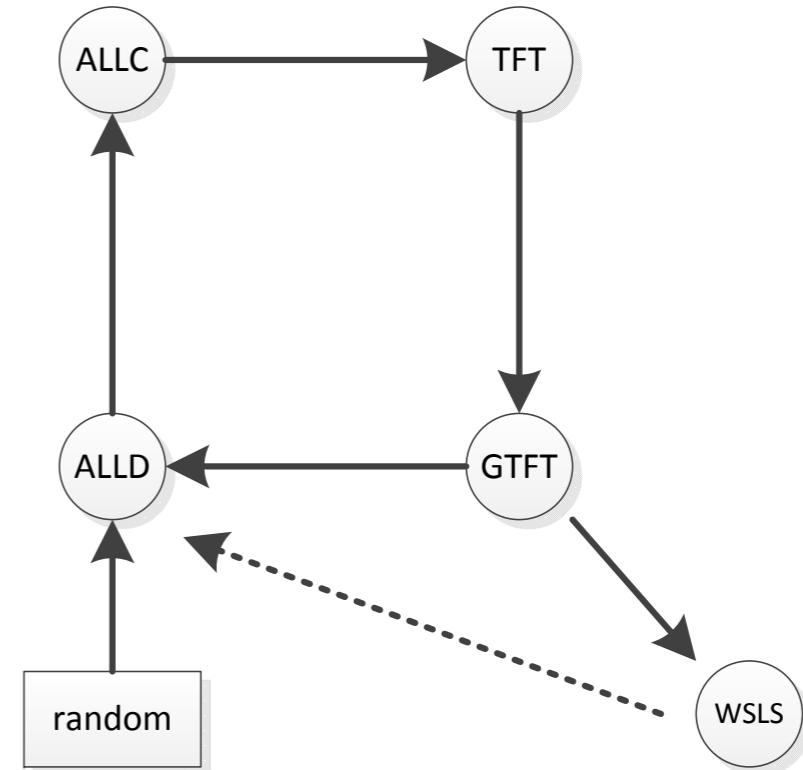


Fig. A8. Predator inspection behavior in pairs of fish as a possible prisoner's dilemma game. When one fish alone inspects, it receives the "temptation to cheat" payoff ( $T$ ), with its partner obtaining the "sucker's" payoff ( $S$ ); with both inspect, each receives the reward for mutual cooperation ( $R$ ), and when neither inspects, they receive the punishment for mutual defection ( $P$ ) (after Milinski, 1993).



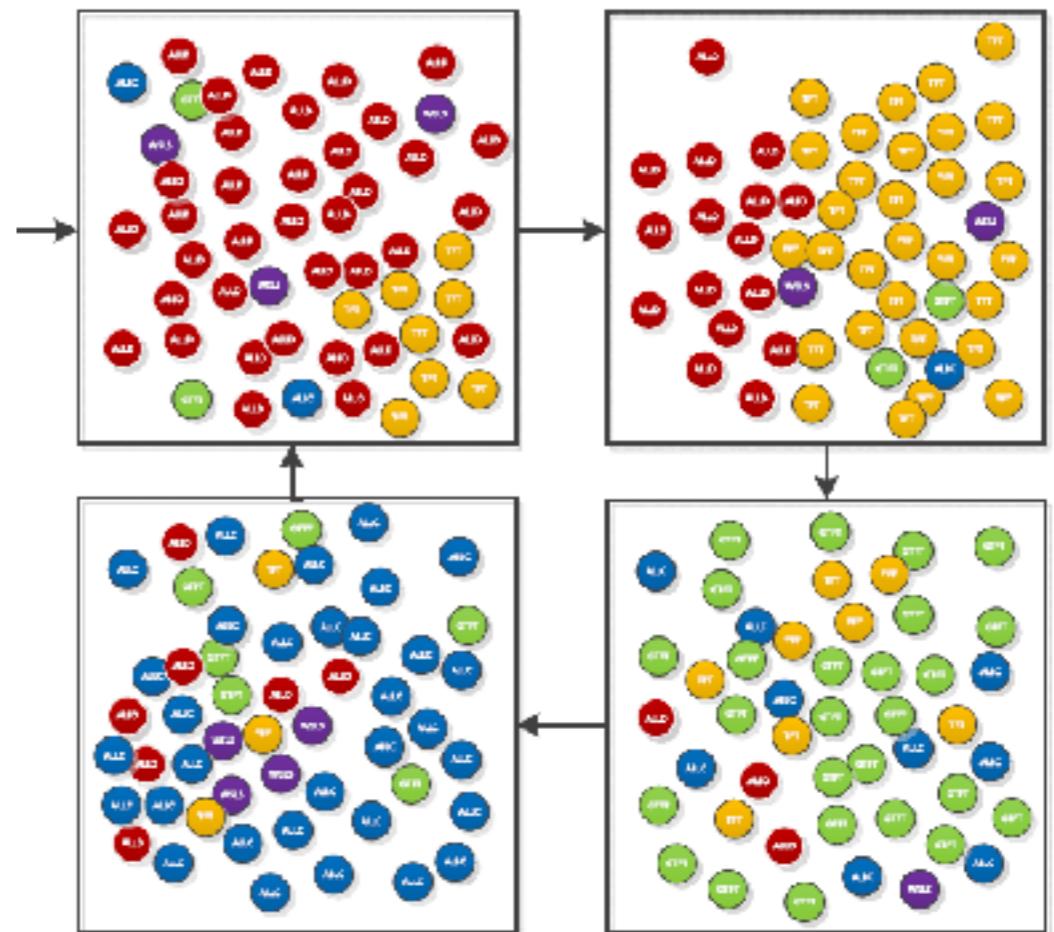
# Repeated PD Game

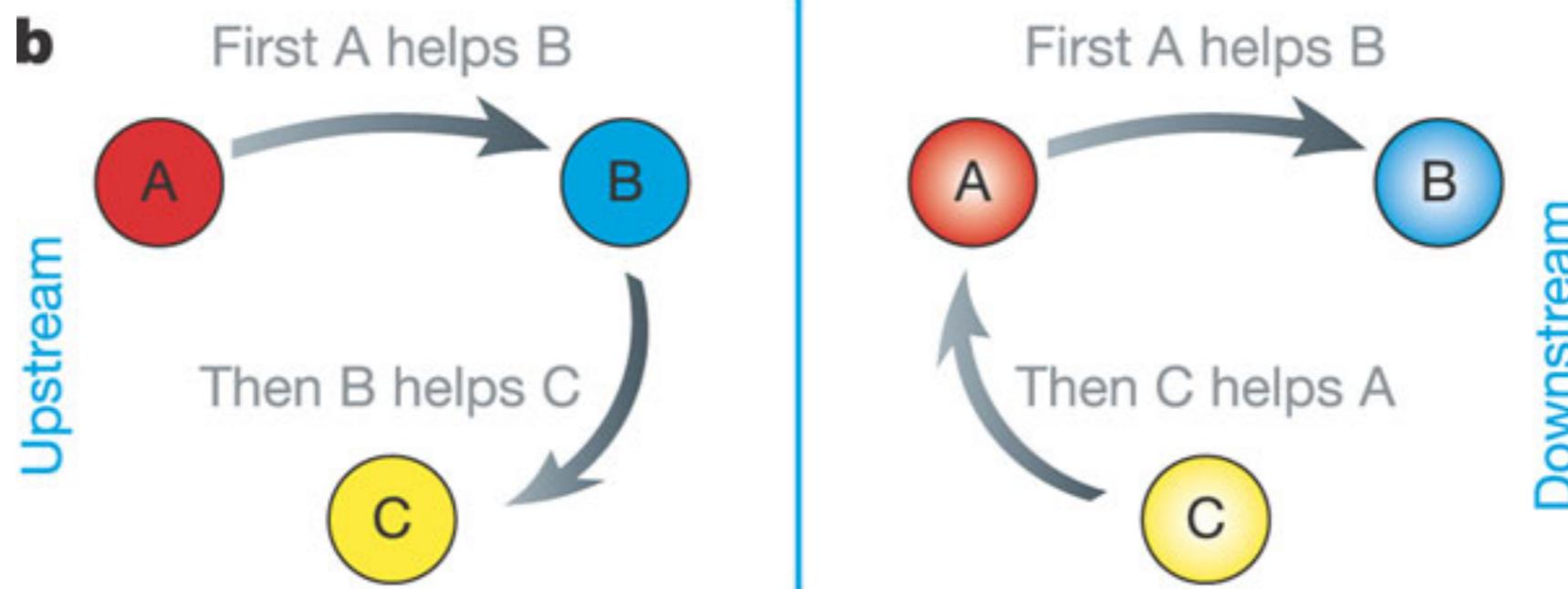
- 무한 반복 죄수의 딜레마 게임에서는 다양한 전략들이 순환하는 패턴이 관찰
- 가장 긴 시간동안 머무르는 전략은 GTFT
  - TFT의 경우 상대의 D에 무자비하게 D로 응함
  - GTFT의 경우는 상대가 D를 할 경우 일정 확률 (가령 30%)로 C로 응함
  - GTFT는 실수에 대한 복구가 가능



# 진화 동학

- 무한 반복 게임에서는 영원히 성공적인 고정적 전략이 존재하지 않을 수 있음
- 영구적으로 전략들이 순환하는 패턴이 가능할 수도 있음
  - 경기순환
  - 보수-진보
- 현재의 세계는 어떤 국면일까?





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



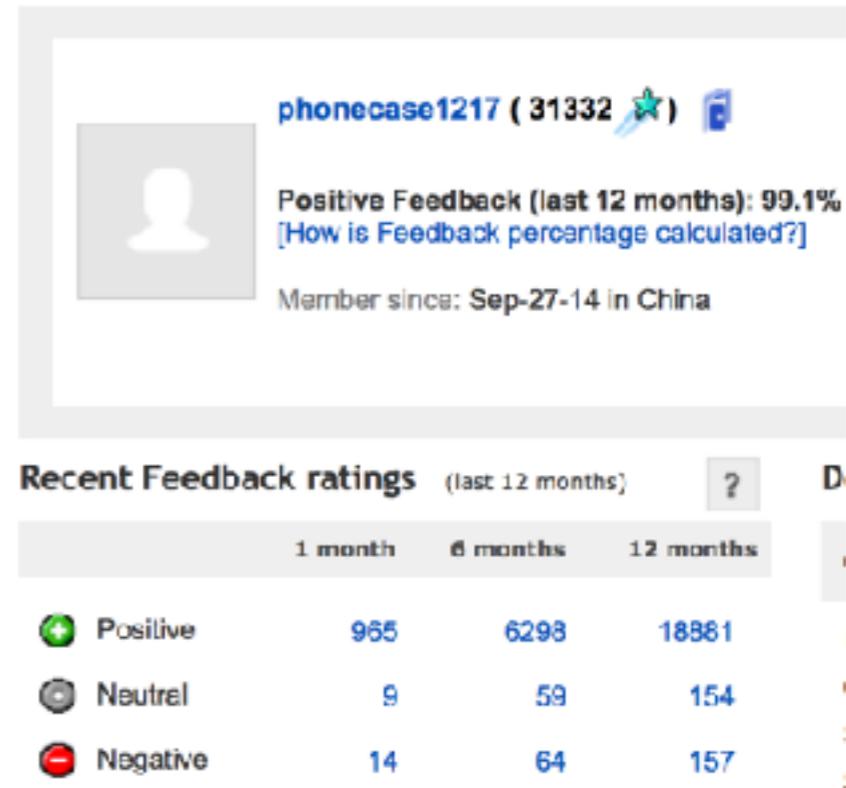
# 평판을 이용한 사기



<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



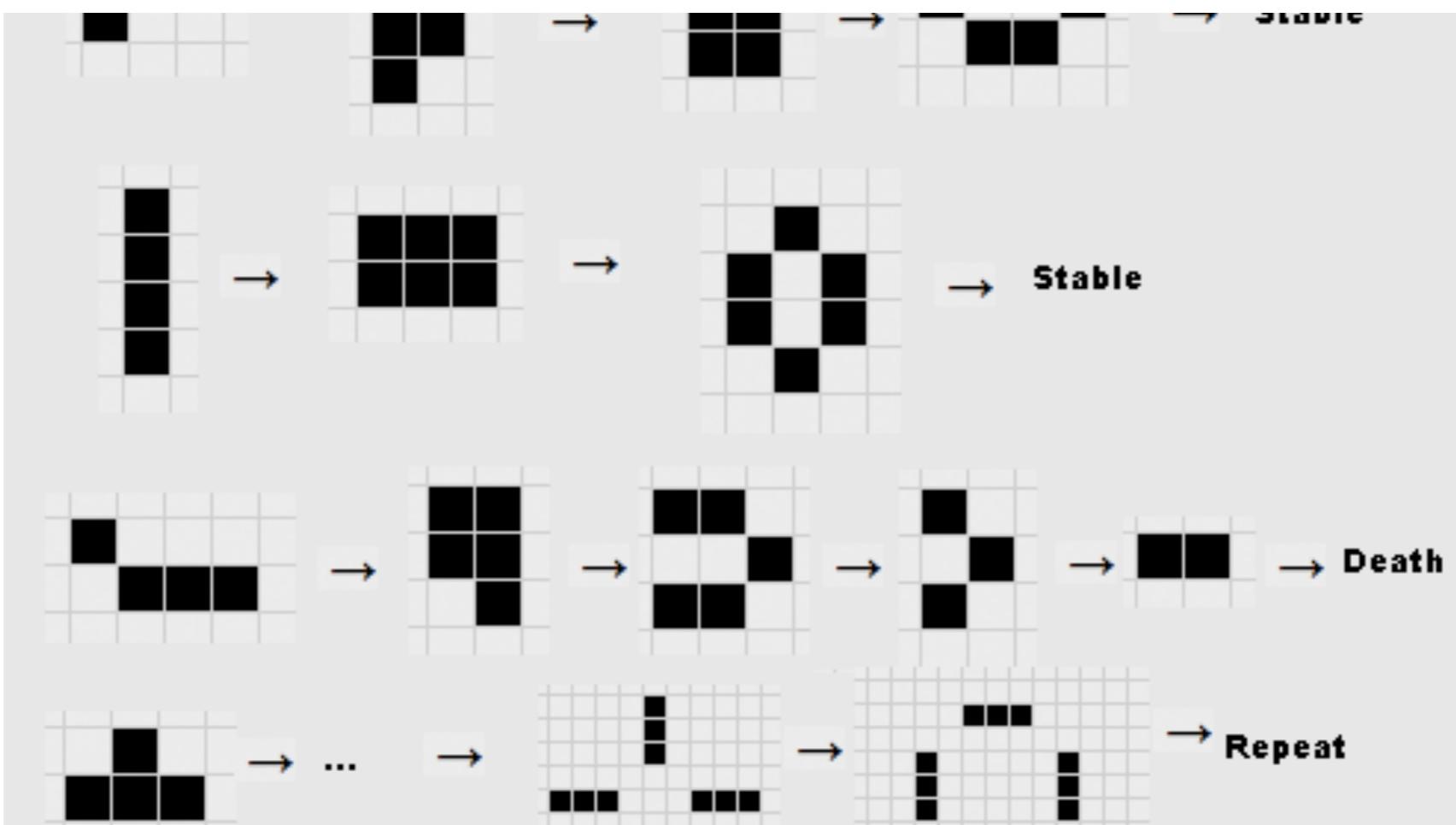
11,445



191,985

# 게임 실습

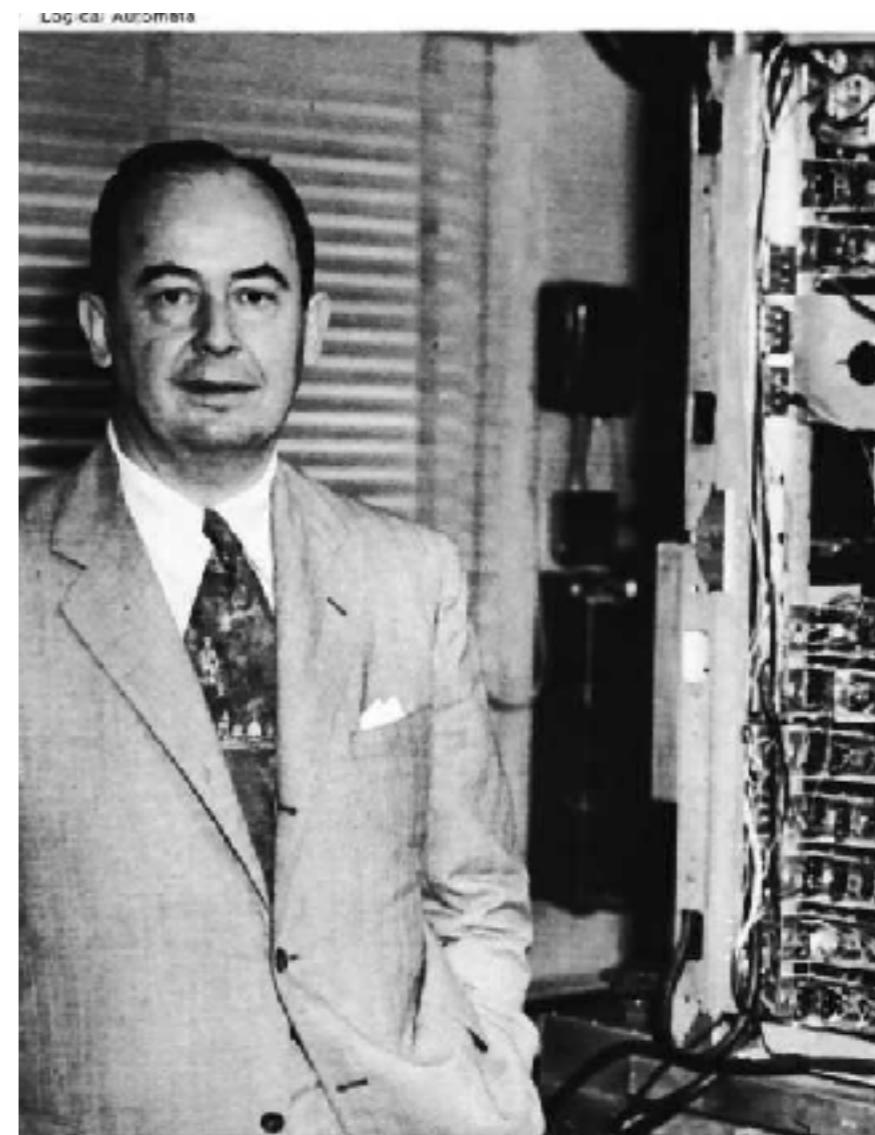
- 평판 버전 PDG
- 예전에 했던 PDG와 유사
  - 5라운드
  - 매 라운드마다 상대가 바뀜
  - 평판 = 상대의 이전 협조 횟수 표시
- <http://evokhu.herokuapp.com/room/2017f/>



# 공간게임

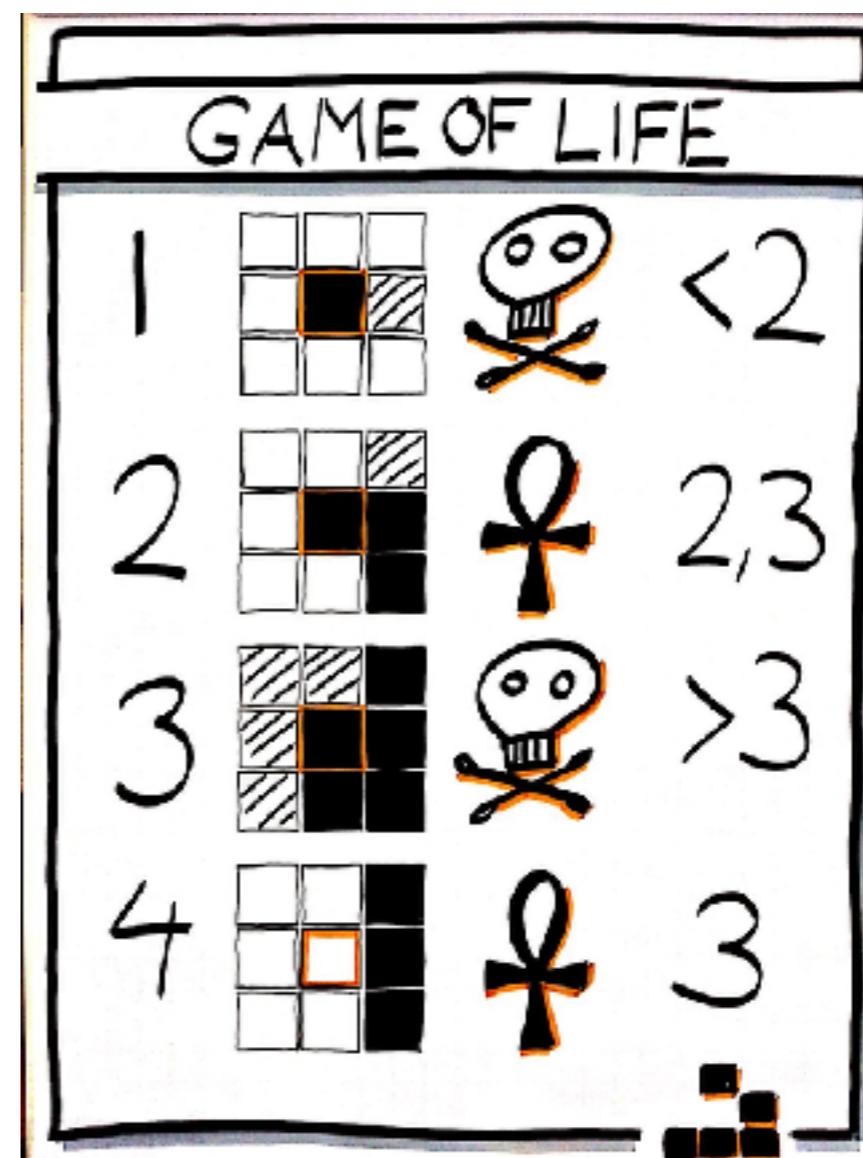
# Cellular Automata

- 폰 노이만, 울람, 튜링 등의 기여
- 자기 증식이 가능한 기계의 구현을 고려함.
- 이론적 기계
  - 시뮬레이션으로 구현
- 격자 (Cell)의 묶음
- 각 Cell은 상태를 보유



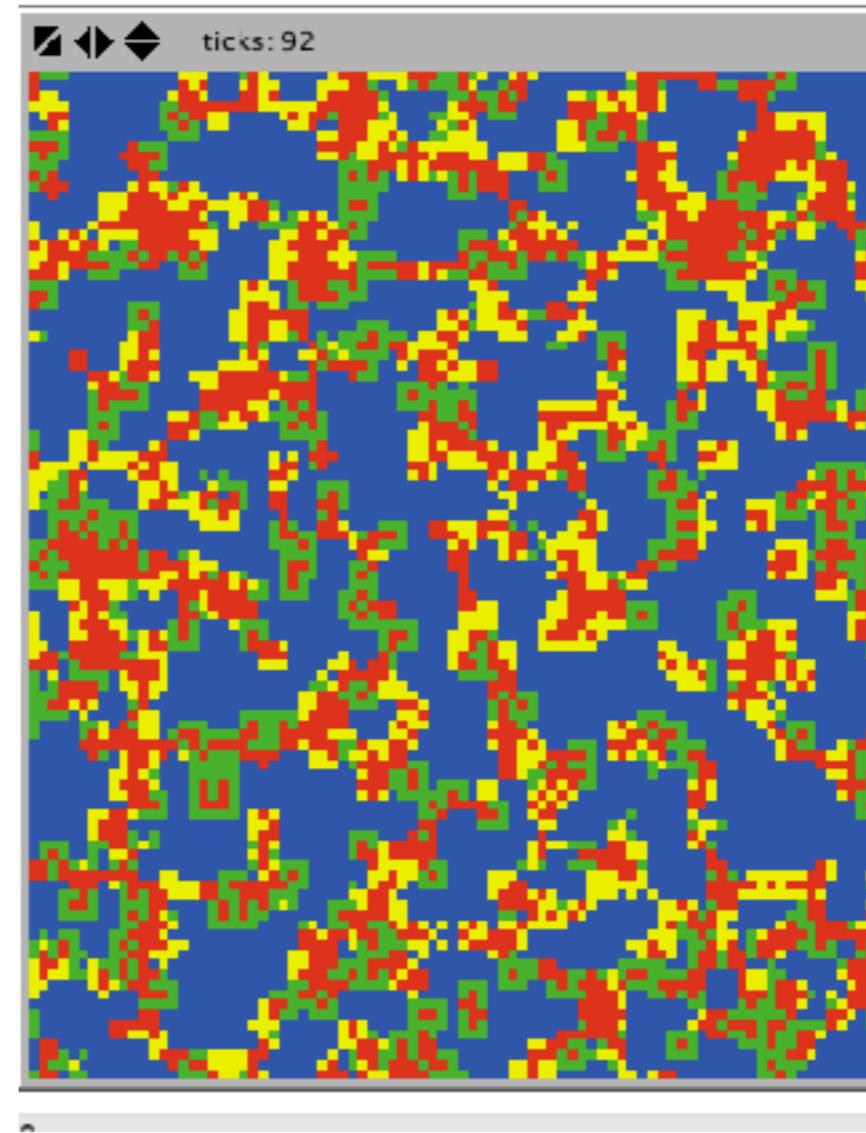
# Game of Life

- John Conway
- 격자공간의 흑/백에 대한 간단한 규칙들을 설정
- 이 규칙에서 패턴을 찾음
- Blink, Glider, Glider Gun, ...
- NetLogo Simulation
  - 직접 확인해보자



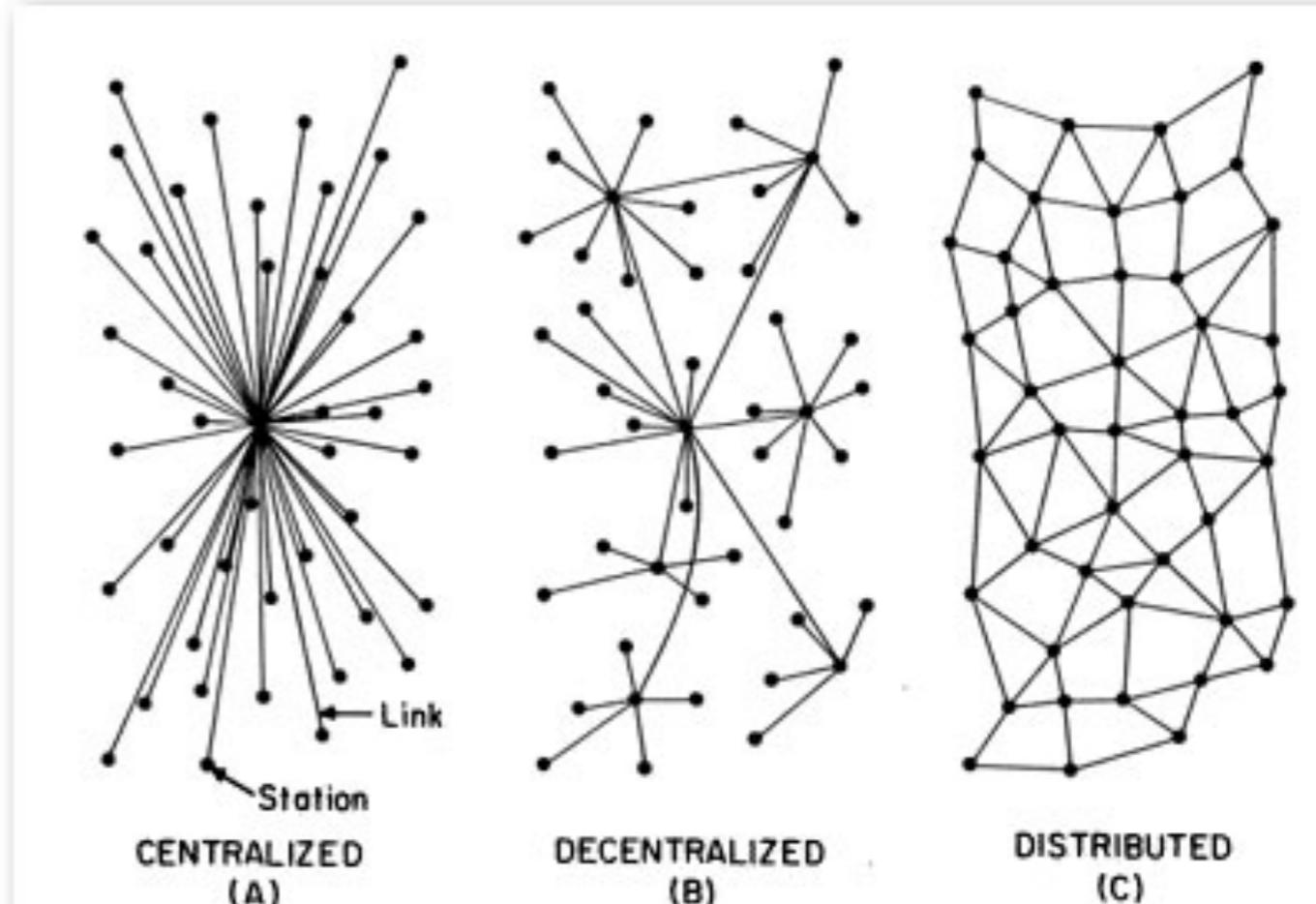
# Spatial Game

- 공간상에서 인접한 Cell 사이에서 PD Game 시행
- 높은 보수 - 증식
- 낮은 보수 - 감소
- Let's go!



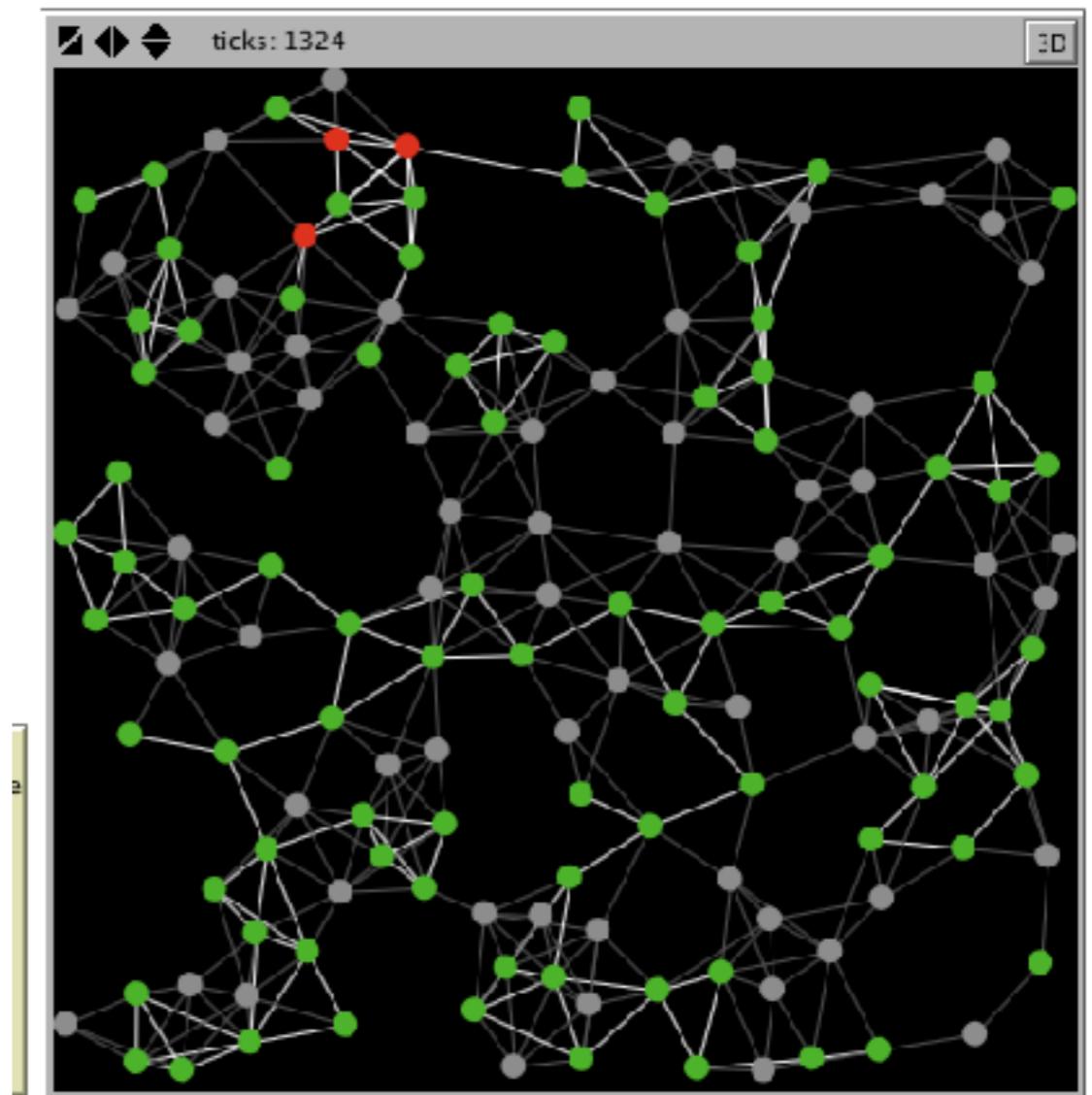
# Network Theory

- 연결(link)에 대한 이론
- Graph Theory 라고도 함
- 격자구조 역시 일종의 네트워크 구조
  - Regular Network



# Game on Network

- 연결된 노드와 게임을 진행할 경우 다른 양상이 나타날 수 있음
- Virus on a Network
- Let's go!



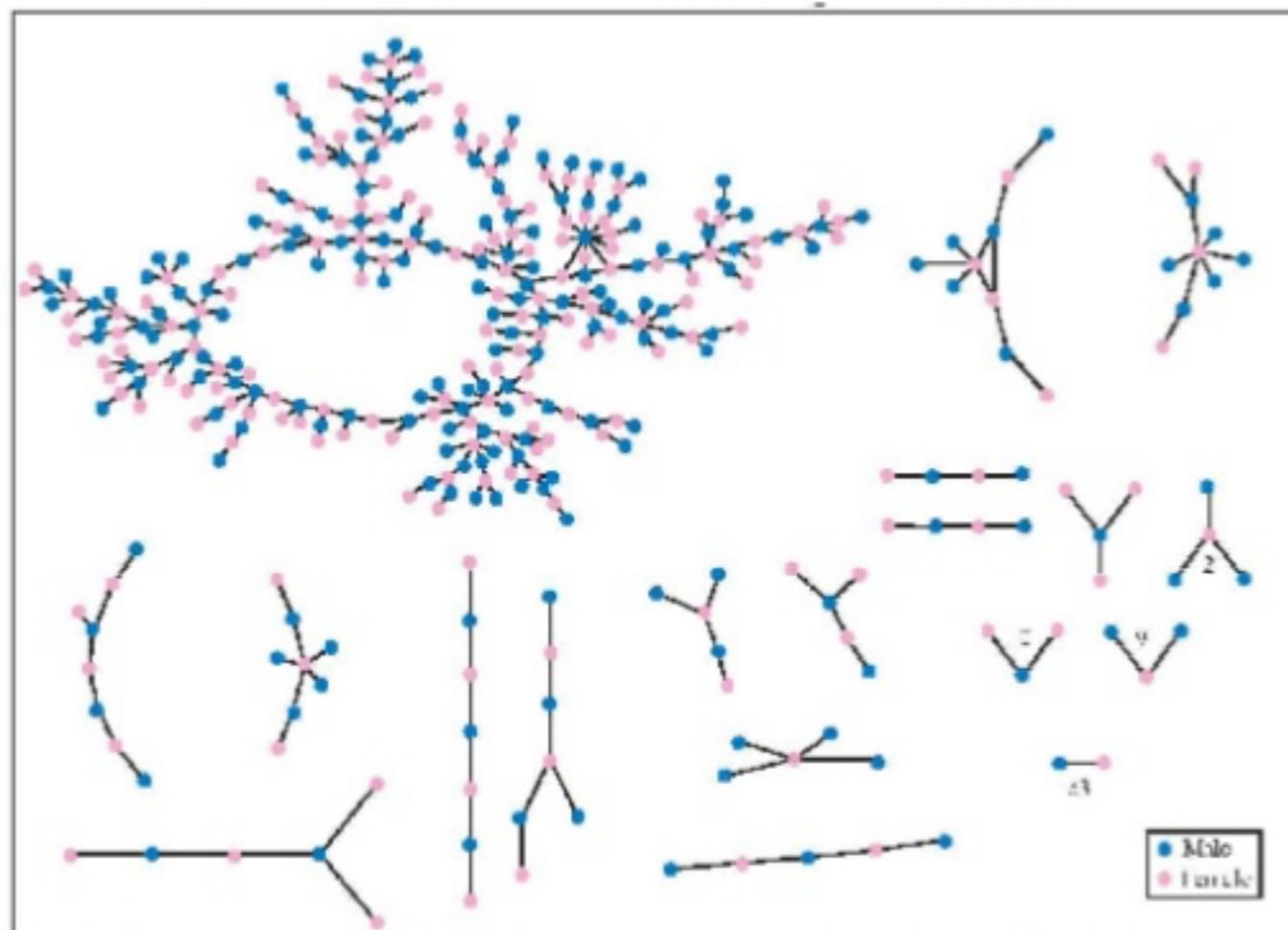
# Sexual Friendship Network

Arbeitskreis Wissensmanagement Karlsruhe e.V.

Prof. Hendrik Speck

# Social Network Analysis

Jefferson High School. United States. 2005



Source: Goetz, Kristina. "New teen study could help stop spread of sexually transmitted disease." *Columbia News Service*. March 15, 2005, Available: <http://jcms.jm.columbia.edu/cns/2005-03-15/goetz-teensex>

Suma e.V. - Gemeinnütziger Verein zur Förderung der Suchmaschinen-Technologie und des freien Wissenszugangs e.V.



# 집단선택

# 이타적 행위

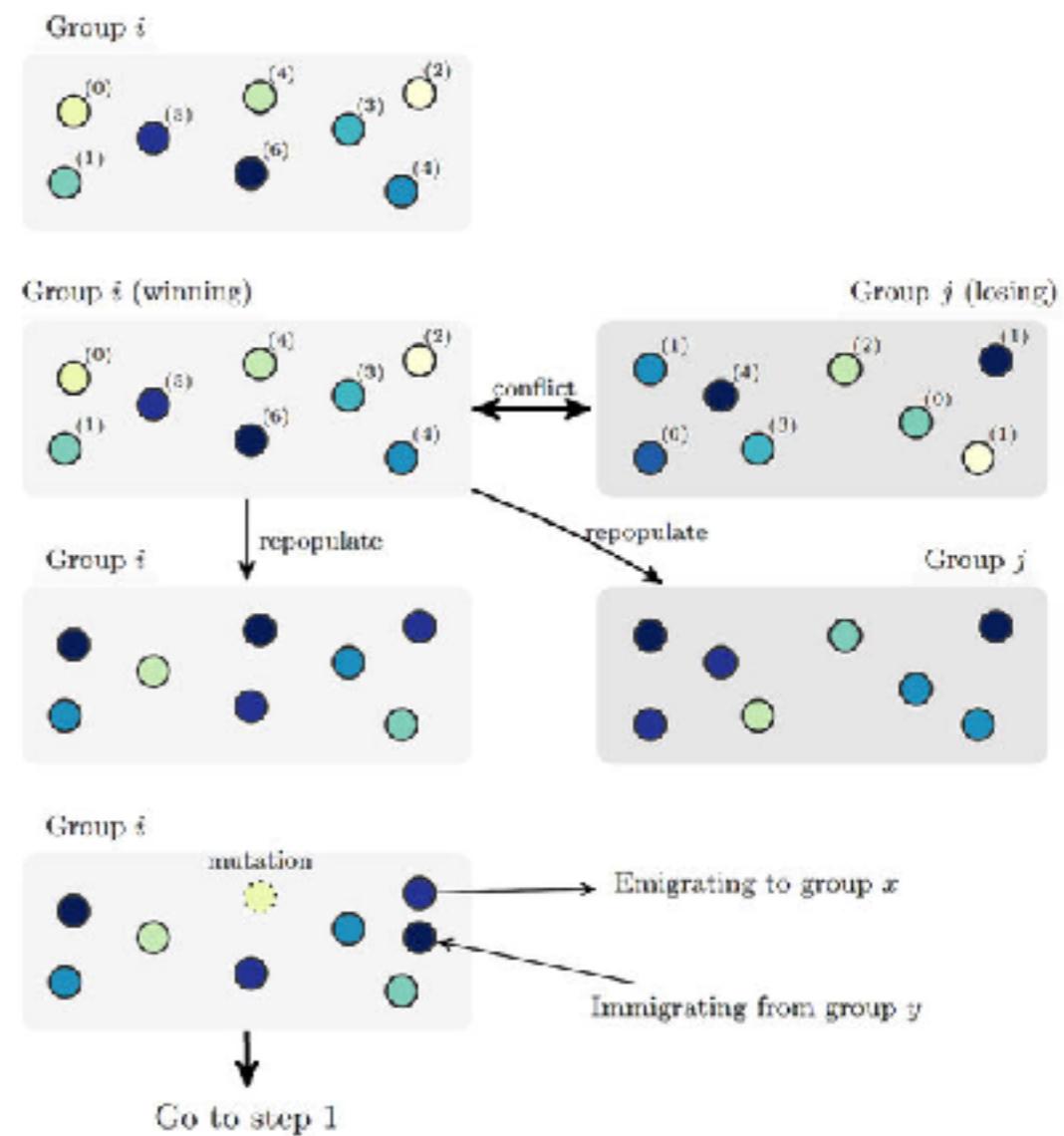


# Altruistic Behavior

- 손해를 감수하고 도움을 베푸는 행위
- 지금까지의 협력은 궁극적으로는 이익 동기로 설명  
해옴
- 하지만 조건없는 이타적 행위는 이익 동기로 설명  
하기가 어려움
  - 타인을 구하기 위해 목숨을 거는 희생적 행위는  
설명이 불가능

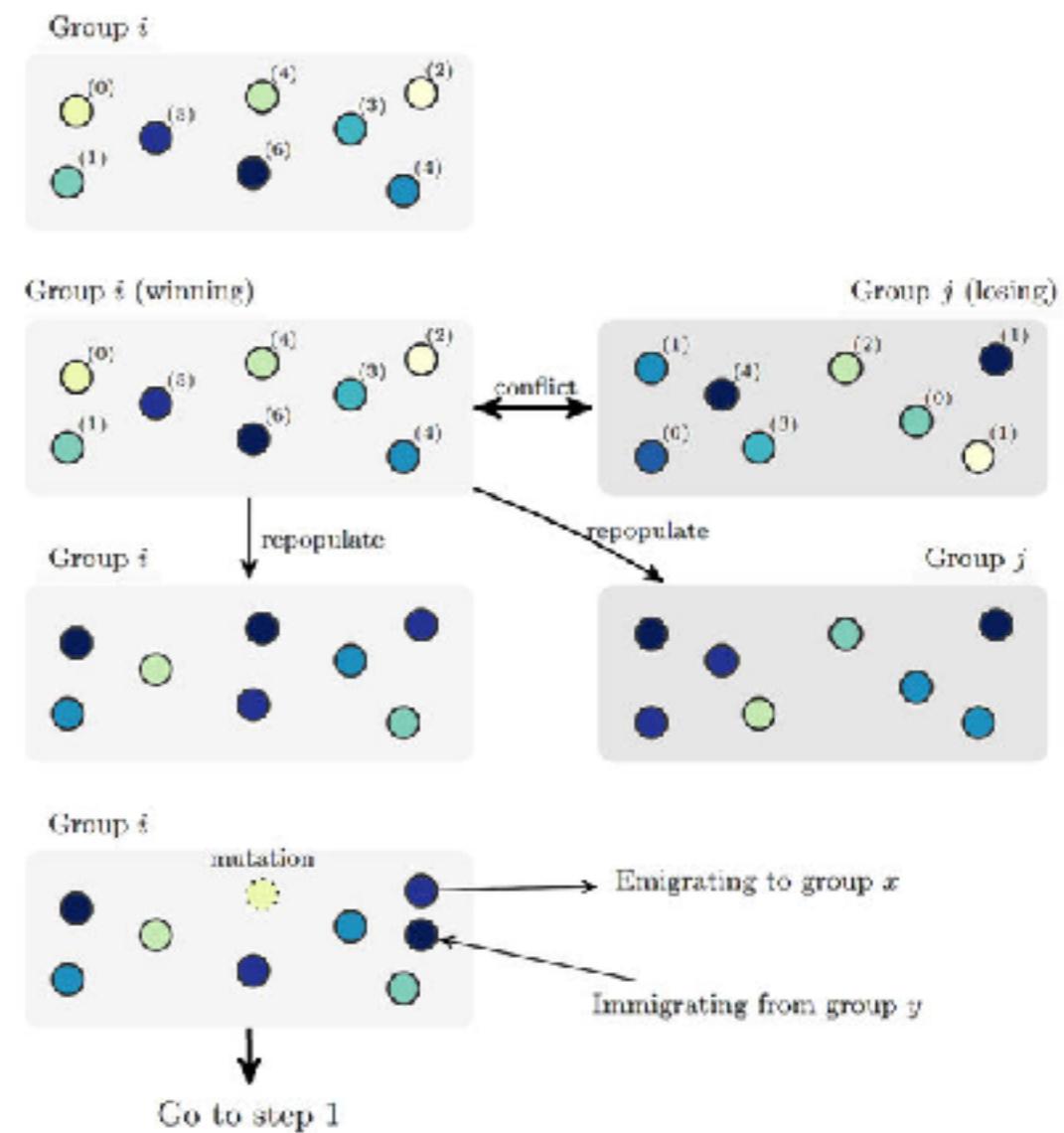
# Multilevel Selection

- 다양한 수준의 Players
- 세포 → 인간
- 인간 → 소규모 집단
- 소규모 집단 → 중규모 집단
- ...



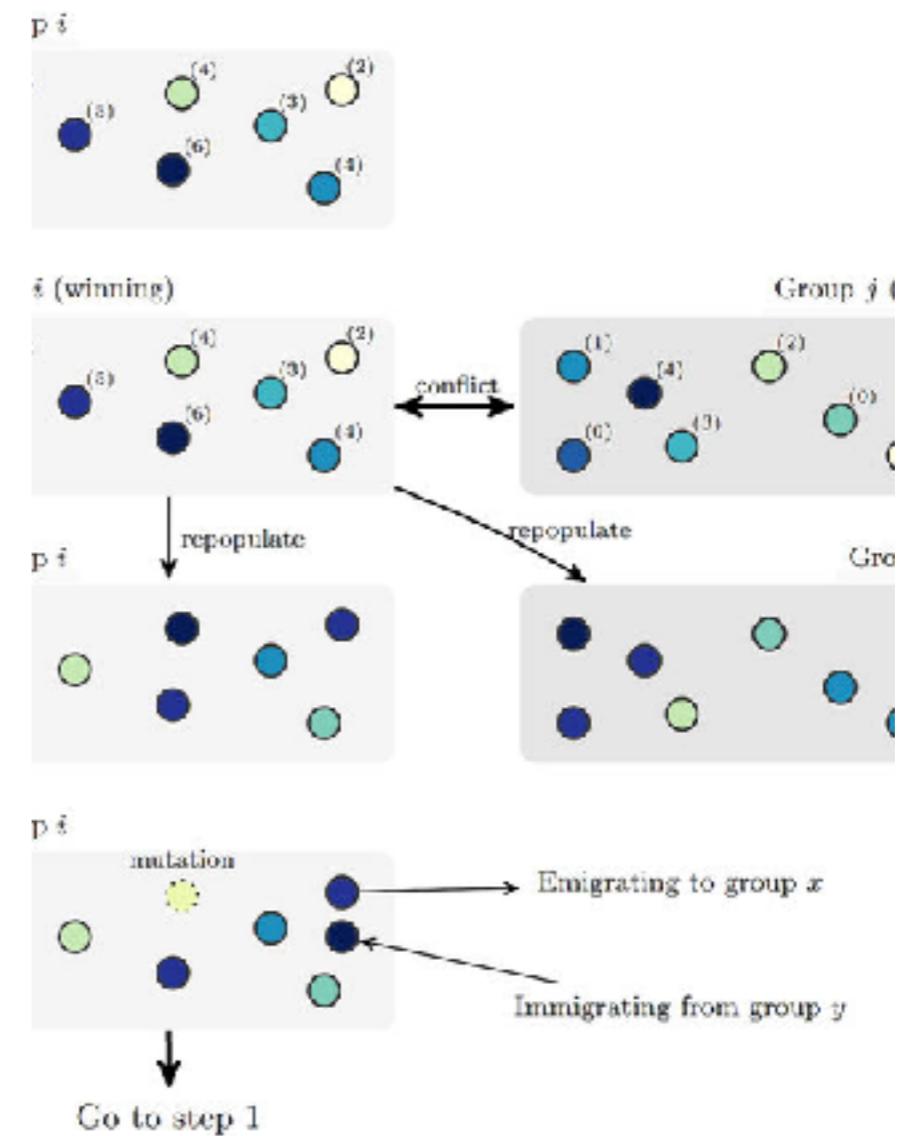
# Model

- 개체들이 전략적으로 상호작용
  - 종전과 동일
  - 집단으로 구성되어 있음
    - 집단내 비협조는 집단 자체의 축소를 의미 → 집단 선택에 불리
    - 반면 집단내 협조는 집단 선택에서 유리함.



# 협력의 발생조건

- 협력이 출현할 조건
  - $b/c > 1+n/N$
  - $n$ : 1개집단 크기
  - $N$ : 전체집단 크기
- 집단간 이동성이 낮아야 함
  - 충성심
  - 집단간 경쟁이 일정 수준 이상 존재해야 함.



# 상호성과 집단선택

- 다수준 선택은 직/간접 상호성을 촉발시키는 효과가 있
  - 그렇지 않은 경우 집단간 경쟁에서 불리해짐



# The Coevolution of Parochial Altruism and War

Jung-Kyoo Choi<sup>1</sup> and Samuel Bowles<sup>2\*</sup>

Altruism—benefiting fellow group members at a cost to oneself—and parochialism—hostility toward individuals not of one's own ethnic, racial, or other group—are common human behaviors. The intersection of the two—which we term “parochial altruism”—is puzzling from an evolutionary perspective because altruistic or parochial behavior reduces one's payoffs by comparison to what one would gain by eschewing these behaviors. But parochial altruism could have evolved if parochialism promoted intergroup hostilities and the combination of altruism and parochialism contributed to success in these conflicts. Our game-theoretic analysis and agent-based simulations show that under conditions likely to have been experienced by late Pleistocene and early Holocene humans, neither parochialism nor altruism would have been viable singly, but by promoting group conflict, they could have evolved jointly.

---

<http://science.sciencemag.org/content/318/5850/636>

# 수고하셨습니다!