NABENAVI .net

東京都管理職候補者研修
ゲームの理論と制度設計

首都大学東京 経営学専攻 渡辺隆裕

2019年書換

ビジネスマンのためのゲーム理論入門（仮題）

首都大学東京　経営学専攻　教授　渡辺隆裕

ゲーム理論の基本

- 戦略形ゲームと展開形ゲーム
  - 戦略形ゲーム:プレイヤーが同時に行動するゲームで，ゲーム理論の基本．プレイヤーが2人で，戦略が2つのゲームは最も基本的な2×2ゲームと呼ばれ，利得行列という表で表現される．
  - 展開形ゲーム:プレイヤーが交互に行動するものを含み，全てのゲームを表現できる．将棋，チェス，競り　etc…
- 戦略形ゲーム
  - プレイヤーと戦略と利得の3つの要素によって，モデル化できる．
    - プレイヤー:　個人，企業，国家など，行動する主体
    - 戦略:　プレイヤーが選ぶ行動
    - 利得:　各プレイヤーの行動の組合せに対して得られる，プレイヤーの利益・効用・便益

戦略形ゲームの解き方

- プレイヤーは各プレイヤーが何を選ぶか予想する（自分も，相手も）
- (1)支配戦略を探す
  - 相手が何を選んでも，自分の他の戦略の利得以上を与えるような良い戦略があれば，それは支配戦略と呼ばれる．支配戦略があれば，ゲームでプレイヤーはそれを選ぶ．
- (2)ナッシュ均衡
  - 自分と相手が選んだものが，お互いに最適な戦略である組合せ．相手がナッシュ均衡の戦略を選んでいるならば，自分はそこから他の戦略を選んでも利得を増加させることはできない．（相手も同じ）
  - 支配戦略があれば，ナッシュ均衡ではそれを選んでいるはず．

囚人のジレンマ

- 数学者タッカー(A.W.Tucker)が作り出した以下の[illegible]リー
- 2人の囚人AとB，重罪を犯している
- 別件で逮捕，重罪の自白を迫られるが黙秘
- 司法取引:「おまえだけが自白すれば無罪だぞ」

A＼B	黙秘	自白
黙秘	(懲役1年,懲役1年)	(懲役１０年,無罪)
自白	(無罪,懲役１０年)	(懲役５年,懲役５年)

囚人のジレンマ

囚人A ＼ 囚人B	パーを出す 黙秘		グーを出す 自白	
パーを出す 黙秘	囚人A	囚人B	囚人A	囚人B
	懲役 1年	懲役 1年	懲役 10年	釈放
グーを出す 自白	囚人A	囚人B	囚人A	囚人B
	釈放	懲役 10年	懲役 5年	懲役 5年

- 実験してみますか？
  - パーを出すと黙秘（相手に協力）
  - グーを出すと自白（相手を裏切る）

囚人のジレンマ

- 利得行列
  - 釈放＞懲役1年＞懲役5年＞懲役10年なので，それぞれ3点，2点，1点，0点としてみる.
  - 確率を用いず1回きりのゲームの利得は，大小の順序が正しければ良い（結果の善し悪しの大小関係だけでゲームが解けるため）

1 \ 2	協力	非協力
協力	(2 , 2)	(-1, 0)
非協力	(3 , 0)	(1 , 1)

囚人のジレンマの特徴

- 次の3つの条件が成立
  1. 相手が「協力」するなら，自分は「協力しない」方が良い.
  2. 相手が「協力しない」としても，自分は「協力しない」方が良い
  3. しかし「両方が協力しない」より，「両方が協力したほう」が良い

- ゲームの解
  - 2人とも協力しない！
  - 利己的で合理的なプレイヤーの行動が、社会的に最適な結果を導かない
  - ナッシュ均衡よりも，もっと強い予測
    協力しないときだけではなく，相手が協力しても，協力しないほうが良い（支配戦略）

囚人のジレンマの例：同質財の価格競争

- 同質財の価格競争は囚人のジレンマ
- 結果は，共に値下げして，両者にとって良くない結果

- 囚人のジレンマは社会的に悪い結果を導くため，どうすれば回避できるか（両者が協力するか）が研究されている
  - 共有資源の争奪，地球温暖化などの環境問題，軍拡競争
- ただし価格競争はプレイヤーとなる企業の他に，消費者の利益を考える必要がある．
- 一般に価格競争による値下げは消費者に企業の損失以上の利益をもたらす
- どのようにすれば企業が「協力しないか」（価格カルテル）について，上記の研究が応用されることになる

チキンゲーム・タカハトゲーム

- 6万円を分ける交渉
  - お互いが妥協すれば3万円づつ仲良く分け合う
  - 一方が妥協して，一方が強硬に出れば，強硬に出たほうが5万円，妥協したほうが1万円
  - 両者が強硬に出ると，交渉は決裂してどちらも0万円

1 \ 2	妥協	強硬
妥協	(3 , 3)	(1 , 5)
強硬	(5 , 1)	(0 , 0)

チキンゲーム・タカハトゲームの特徴

- 次の2つ（または3つ）の条件が成立
  1. 相手が「妥協」なら，自分は「強硬」が良い．
  2. 相手が「強硬」なら，自分は「妥協」が良い
  3. （お互い強硬が，最悪の結果となる．この条件は課さないときもある）

- 妥協したほうがチキン，強硬に出た方はブルと呼ばれる．
- 囚人のジレンマと誤りやすい．2番目の条件が決定的に違う．
- 相手が強硬ならば，妥協しなければ損をする．
- ゲームの解
  - 一方が妥協し，一方が強硬に出る．
  - どちらが妥協し，どちらが強硬に出るかは，社会慣習などで決まることが多い（フォーカルポイント）
  - 実験では，明確なフォーカルポイントがないと，ナッシュ均衡にならないことも多い．

チキンゲームの例

- 交渉
- レディ・ファースト
  - 狭い通路を通るとき，出入り口でぶつかったときに女性相手を優先する.
  - 後からの男子も，ぶつかってしまうよりは恩恵がある.
- 世の中はタカ派とハト派が棲み分けている
  - 生物でもこのようなことは多い．進化ゲーム論などで研究されている.

チキンゲームを有利にする ⇒ コミットメント

(1)自分が強硬に出ることをコミットメントする

- 自分が強硬に出ることが支配戦略となるようにゲームを変える
- 6万円を分ける交渉
  - 交渉前に別の人に「もし交渉に成功しても自分がチキンとなって5万円を獲得できなかったら，お前に2万円おごる」と約束する.
  - それをゲームの相手に知らせる
- 明快なコミットメントを作るのは難しい

(2)先手を取る

コミットメントの一種，先に強硬に出ることを強制するゲームに変える

1 \ 2	妥協	強硬
妥協	(3 , 3)	(1 , 5)
強硬	(5 , 1)	(0 , 0)

1 \ 2	妥協	強硬
妥協	(3 , 3)	(-1, 5)
強硬	(5 , 1)	(0 , 0)

コーディネーションゲーム

- お互いに同じものを選ぶと利得が高いゲーム
- 異なるSNS　インスト，FN（フェイスノート），のどちらを始めるか考える2人のプレイヤー．お互いに同じSNSを選べば，利得が高い
- インストのほうがちょっと流行っていて利得が高い

1＼2	インスト	FN
インスト	(3 , 3)	(0 , 0)
FN	(0 , 0)	(1 , 1)

コーディネーションゲームの特徴

- 相手と同じ戦略を選ぶほうが良い
  1. 相手がAなら，自分はBよりAが良い.
  2. 相手がBなら，自分はAがよりBが良い

- ゲームの解（ナッシュ均衡）
  - 同じ戦略を選ぶ.
  - どちらを選ぶかは，これもまた社会慣習やそれまでの経緯などで決まることが多い（フォーカルポイント）
  - 実験では，明確なフォーカルポイントがないと，ナッシュ均衡にならないことも多い.

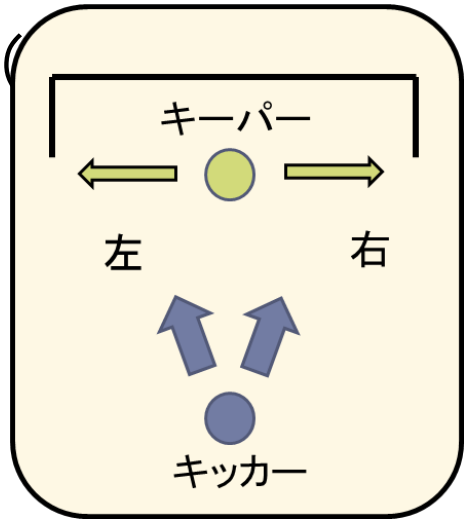
コーディネーションゲームの例

- デファクトスタンダード，SNS，ネットワーク外部性
- 株 （ケインズの美人投票 ⇒ 良い業績の企業ではなく，皆が買いたいと思う株を買う）
- 同窓会（行くか，行かないか）
- 会議に遅れていくか，定刻に行くか
- 右側通行・左側通行（車，船，飛行機，チキンゲーム）
- 右側通行・左側通行を専利とする方法も，チキンゲームの空けると両方コミットメント.
- チキンゲームは，広義にはコーディネーションゲームとみなされることもある.

混合戦略のゲーム：サッカーのPK戦

- サッカーのPK戦
- P1:キッカー「右に蹴るか，左に蹴るか」（自分から見て）
- P2:キーパー「右に飛ぶか，左に飛ぶか」（相手から見て）

キッカー＼キーパー	右	左
右	(0.5,0.5)	(0.9,0.1)
左	(0.6,0.4)	(0.3,0.7)



- キッカーの成功率をキッカーの利得，失敗率をキーパーの利得とし，その利得行列は上記のように与えられたとしよう．
- 違う方向を選んだ方が，キッカーは有利
- キッカーは，右に蹴るほうが得意で，右に蹴るほうが利得が高い．

混合戦略

- このゲームには，一見するとナッシュ均衡はない…
- 最初にフォン・ノイマン達が問題にしたのはこのタイプのゲーム
- プレイヤーは混合戦略（確率を用いた戦略）を使うと考える．

1＼2	グー	チョキ	パー
グー	(0 , 0)	(1 ,-1)	(-1 , 1)
チョキ	(-1 , 1)	(0 , 0)	(1 ,-1)
パー	(1 ,-1)	(-1, 1)	(0 , 0)

混合戦略の考え方：サッカーのPK戦

PKの成功率がキッカー（失敗率がキーパー）の利得

- P1：キッカー「右に蹴るか，左に蹴るか」（自分から見て）
- P2：キーパー「右に飛ぶか，左に飛ぶか」（相手から見て）

キッカー＼キーパー	右	左
右	(0.5,0.5)	(0.9,0.1)
左	(0.6,0.4)	(0.3,0.7)

キッカー：異なる方向に飛びたい，

キーパー：同じ方向に飛びたい

Q.右が得意なキッカーの場合，キッカーは右と左，どちらに蹴る確率を高くすべきか？

混合戦略の考え方：直観どおりではない？

- 混合戦略の計算方法は，このあとで学びます．

キーパー / キッカー	右	左
右	(0.5,0.5)	(0.9,0.1)
左	(0.6,0.4)	(0.3,0.7)

- 混合戦略のナッシュ均衡は
- キッカー ：右に3/7，左に4/7
- キーパー：左に1/7，右に6/7
- キッカーが右に飛ぶ確率は左より小さい！

- キッカーが，得意である右に飛ぶ確率を高くすると
  - キーパーは右に飛ぶ方が，左に飛ぶより絶対良い
  - キーパーは右に絶対飛ぶ
  - キッカーは，左に飛んだ方が良い．なので，右に飛ぶ確率を高くしていることに矛盾してしまう

⇒ナッシュ均衡にはならない

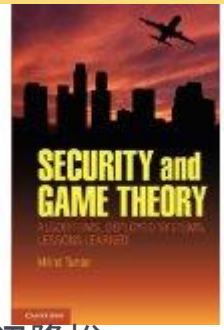
自分が得意な方を選ぶ確率を小さく，不得意な方を選ぶ確率を大きくすることが解となる

混合戦略のゲーム

- 混合戦略ゲームの例
- スポーツ(サッカー，テニス，バレー，ボクシング)
- テロリストと警備(後述)

混合戦略は「現実」への応用は可能か？

- 従来，意思決定において，乱数を使うという発想は，理論上は興味があっても，現実への応用は難しいと考えられていた.
- しかし近年は警備やセキュリティに混合戦略を応用しようとする試みが注目されている.



- Milind Tambe (2011), Security and Game Theory: Algorithms, Deployed Systems, Lessons Learned, Cambridge University Press.
- 岩崎敦，東藤大樹(2013)，ゲーム理論・メカニズムデザインに関する研究動向，人工知能学会誌，Vol.28，No.3.

ゼロサムゲームとノンゼロサムゲーム

- ゼロサムゲーム
  - プレイヤー全体の利得の合計が一定であるようなゲーム
  - 利得の合計がゼロであるゲームと本質的に同じ（合計から、いくら増えたか減ったかを利得に換算すれば、合計がゼロのゲームになる）
- ノンゼロサムゲーム
  - プレイヤーの利得の合計が結果によって変わるゲーム
  - 一般的には勝ち負けが決まるゲームはゼロサムゲームと言われている
    - じゃんけん、将棋・囲碁、スポーツの試合、麻雀．．．プレイヤーの利得の合計が結果によって変わるゲーム
  - 囚人のジレンマ，企業の価格競争はノンゼロサムゲーム

スポーツの試合はゼロサムゲームか？

- スポーツの試合はゼロサムゲームか？
- ポイント：
  - 引き分けをどう考える？

- 勝ちを＋１，負けを−1とし，引き分けを0とすればゼロサムゲーム
- しかし，world cupの予選リーグやJリーグのように，勝ち点を+3，引き分け点を+1とすると，もはやゼロサムゲームではない
  - 協力して，引き分けに持ち込もう（無気力試合）のような誘引も生まれる.

ゲーム理論を学ぶと「勝てる」のか？

- ゲーム理論を学べば「勝てますか？」ー>よく聞かれます
- 必勝法（競馬，株）⇒全員がその「必勝法」を実行すればどうなるのか？それは既に必勝法ではない．
- 一部の人だけがアクセスできる情報は必勝法になりうるが，その情報はそれが産み出す利益と同じくらいの価格がつく
- 「勝てるのか？」と聞いてくる発想がそもそも問題！？
- 囚人のジレンマ，コーディネーションゲームはノンゼロサムゲームの例．いわゆるwin-winが存在する状態
- ビジネススクールでの経験
  - 最初は自社利益の増加や制度の問題点に目が行く
  - 相手も自分も利益が増えるwin-winの状態を作れなければ，

win-winの状態を作れ

- 多くの問題はノンゼロサムゲームであることを認識せよ
- 相手に勝つことではなく，win-winの状態がどのように達成できるかを考えることが重要.
- ゲーム理論は「勝つための道具」ではなく，「win-winの状態がどのように達成できるかを考える道具」と考えよ

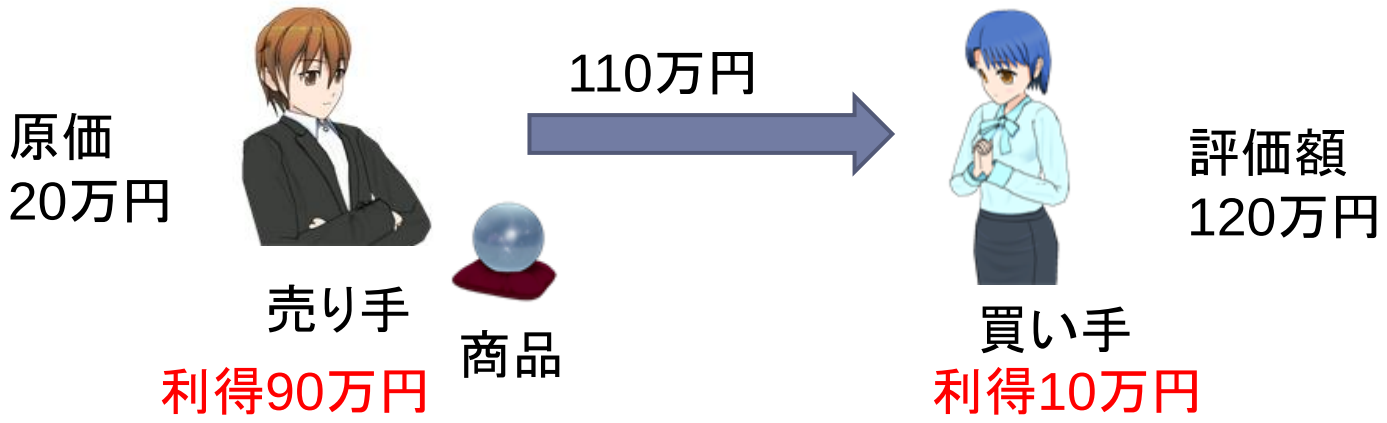
しかし何がWin−winなのかを考えると，結構難しい

- 「利得」とは何かという問題
- 相対取引による売買と交渉ー最後通牒ゲームで考えてみる

交渉と取引ーゲーム理論的視点

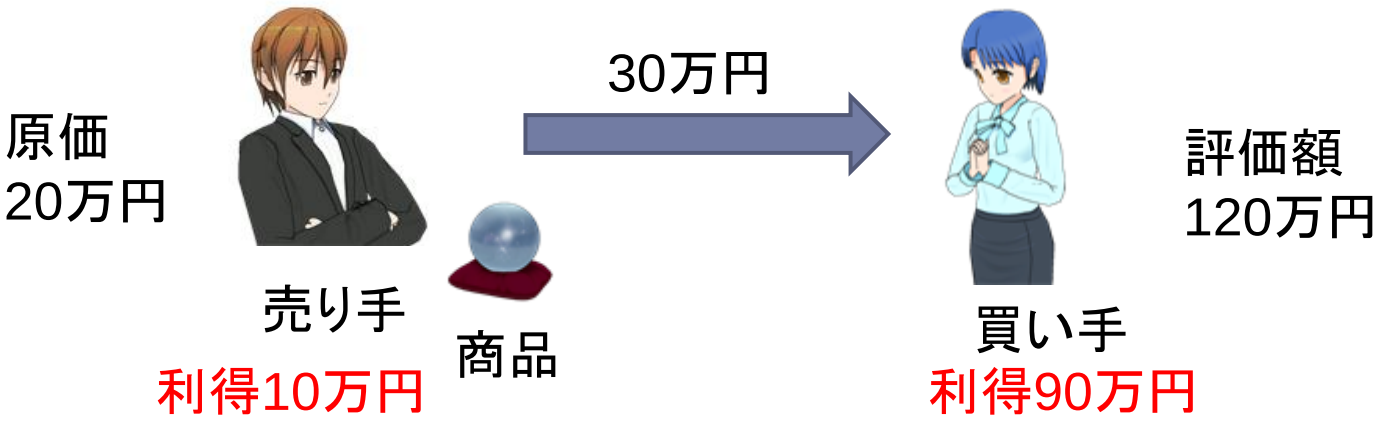
最後通牒ゲーム

売買はゼロサムゲームか？ 取引当事者の利益の場合



- 源（売り手）は原価20万円の商品を、真帆（買い手）に売ろうとしている
- 真帆の商品の評価額は120万円
- 売り手の利得：売買価格と原価との差額
- 買い手の利得：評価額と売買価格との差額　とする
  - 110万円で売買した場合
    - 売り手の利得：90万円　買い手の利得 10万円 （利得の合計100万円）

売買はゼロサムゲームか？ 取引手数料なしの場合



- 110万円で売買した場合
  - 売り手の利得:90万円　買い手の利得 10万円 （全体の合計100万円）
- 30万円で売買した場合
  - 売り手の利得:10万円　買い手の利得 90万円 （全体の合計100万円）
- 売買価格は利得の合計に影響を与えない(いつも100万円)，売り手と買い手の利得の配分にだけ影響する
- 売買交渉はゼロサムゲーム？

交渉とゲーム理論

- 売買交渉をはじめとして,「交渉」はゲーム理論の初期の頃からの研究対象
- 重要な点 ⇒ 交渉は決裂する
  - 交渉が決裂したときの結果を威嚇点(thread point)や基準点などと呼ぶ
- 交渉が決裂すると(威嚇点), 両方の利得は0になる.
- 交渉はゼロサムゲームではなく, ノンゼロサムゲーム!
- ゲームの結果は?
  - ゲームのルールや, 各プレイヤーの時間に対する利得の割引率, リスクの回避度などに依存する
  - よく知られているゲームは最後通牒ゲーム

最後通牒ゲーム

原価
20万円

売り手

商品

買い手

評価額
120万円

最後通牒ゲームのルール

- 売り手が，買い手に売買価格を提案（最後通牒権）
- 買い手は「承諾」か「拒否」かのどちらかを選ぶ
- 承諾ならば，その価格で売買が行われる
- 拒否ならば，売買は成立しない

最後通牒ゲーム

原価
20万円

売り手

商品

買い手

評価額
120万円

最後通牒ゲームを実験してみよう

ルール

- 売り手が，買い手に売買価格を提案（最後通牒権）
- 買い手は「承諾」か「拒否」かのどちらかを選ぶ
- 承諾ならば，その価格で売買が行われる
- 拒否ならば，売買は成立しない

最後通牒ゲームの理論的結果

- ゲーム理論の解　ー　先読み
  - 「承諾」「拒否」を選ぶ後手（今回は買い手）が，どうするかを考える
  - 後手は，自分の利得が正ならばYESと言う
    - 評価額が120万円の場合
    - 120万を超えた提案ならNO．120万未満ならYES
  - 先手はそれを先読みし，120万ギリギリまで価格を上げる
    - 1万円単位の交渉 ⇒売り手は119万円を提案し，買い手が承諾
    - 最後通牒権を持つ先手（今回は売り手）が，交渉では圧倒的有利
    - もし買い手が最後通牒権を持つならば，買い手が有利（20万円ギリギリ

最後通牒ゲームの理論的結果：
- 先手が119万円を提案し，後手が承諾する
- 利得：（先手）売り手　99万円　（後手）1万円
- 決裂した場合双方0円なので結果はwin-win

最後通牒ゲームの実験

- （実験経済学・行動経済学）最後通牒ゲームは実験により，さまざまなことが調べられている

(1)ギュート・シュミットベルガー・シュバルツェ

- 4-12マルクを分けるゲームの実験
- 最も多い提案は50-50，平均の提案は相手に37%
- ２回目の実験では、平均的に相手に32%とらせることを提案
- あまりにも不公平な提案は断ることが観察された

(2)Roth, Prasnikar，Okuno, Zamir et. al. (1991)

- イスラエル，日本，アメリカ，ユーゴスラビアでの比較実験
- １０００（トークン）を２人で分ける，提案は5トークン刻み
- やはり，あまり不公平な提案は，後手が拒否，提案価格は，500トークン付近に集中
- 日
る

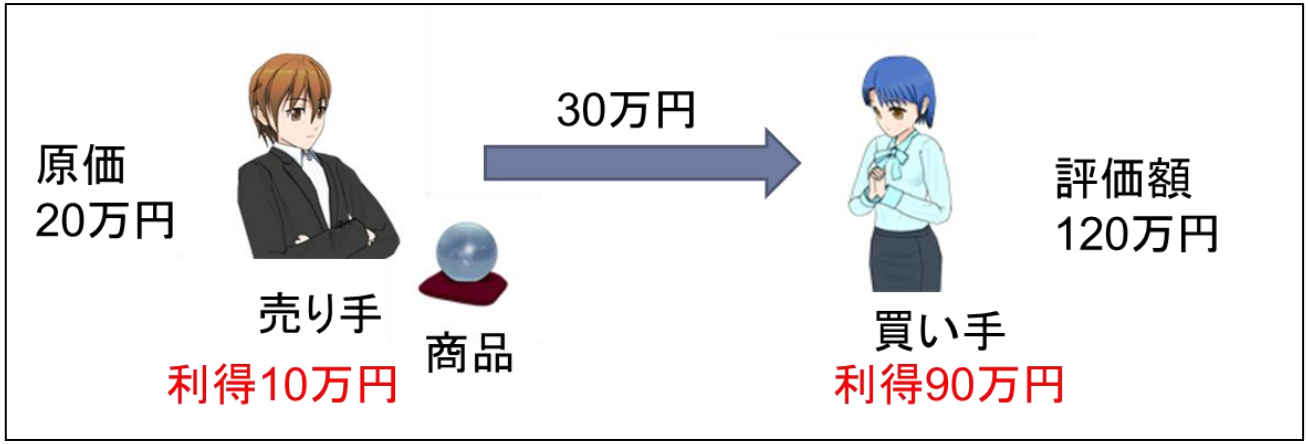
◆ 日本の方が多くの分け前を要求する
◆ アメリカでは多く分け前を要求すると拒否される，提案者（先手）もそれを読んでいる.

win-winの難しさ，理論と現実の差

- なぜ，理論通りにはならないのか？
- 利得は金銭だけではない！
  - ＜不公平感＞＜不平等感＞を負の利得と感じる
  - 多少のお金よりは，公平感を求める
  - 実験により，これらを金銭に換算することができれば，ゲーム理論通りに現実は動くのだろうか？
  - 互恵性，機会の平等…人間の感情が損得に与える要因は多くある．実験経済学の研究テーマ．
- 現実の交渉はルールが決まっていない
  - 再提案，再交渉，再ネゴシエーション
  - 取引は1回限りではない　⇒　評判・コミットメント
  - それぞれの課題に対してゲーム理論の研究は進んできた

交渉と取引ー最後通牒ゲームまとめ

- 交渉はゼロサムゲームではない．交渉は決裂させずに，妥結することがwin-winになる
  - 何をwin-winと考えるかは難しいけれども
- 最後通牒ゲームでは，最後通牒できる方が有利．
  - 相手が譲歩するギリギリの提案ができる
  - 現実は，そうはならないが，最後通牒できる方が有利であることには変わりない



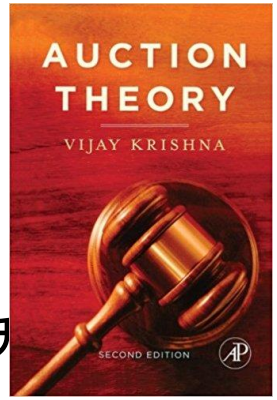
- 売り手に取って「負け」なのか？
- win-winなのか？

利得はプレイヤーが決めるもの．ゲーム理論が答える問題ではない

オークションと入札の理論

オークション理論

- ゲーム理論の中でも注目度の高い理論
- ノーベル経済学賞
  - Vickrey :オークションを最初に理論化，セカンドプライスオークションを発案 ⇒ 1996年にノーベル経済学賞
  - Myerson:収入同値定理を証明 ⇒ 2007年にノーベル経済学賞受賞
- さまざまなオークション
  - 公開オークション（open auction)
    - 他の入札者の入札額が分かる.
    - 競り上げ式（イングリッシュオークション），競り下げ式（ダッチオークション）
  - 封印オークション(sealed-bid auction)
    - 他の入札者の入札額はわからない
    - ファーストプライス（第１価格入札），セカンドプライス（第２価格入札）
  - ネットオークション, etc



なぜオークションをするのか？

原価
20万円

はるか君
評価額は200
万円でしょ？

売り手

商品

**そこで
オークション**

評価額
120万円

買い手1：真帆

80万円
くらいですよ

評価額
200万円

買い手2：はるか

- 2人の参加者
- 買い手1（真帆） 評価額120万円
- 買い手2（はるか）評価額200万円

- もし売り手が買い手の評価額が分かれば交渉で高く売ることができるだろう.（最後通牒なら200万円）
- しかし買い手は評価額を正直には言わない，売り手は知ることができない（情報の非対称性）
- 買い手1と買い手2の間を回って交渉すれば，120万円までは値を上げられそうだが，それには時間とコストがかかる

オークションの落札価格はどのように決まるか？

30

原価
20万円

商品

売り手

評価額
120万円

買い手1

評価額
200万円

買い手2

- 競り上げ式オークションの場合（イングリッシュオークション）
- 2人の参加者
- 買い手1（真帆） 評価額120万円
- 買い手2（はるか）評価額200万円

オークションの落札価格はどのように決まるか？

オークションの落札価格はどのように決まるか？

オークションの落札価格はどのように決まるか？

原価
20万円

商品

売り手

30
40
50
60
70
⋮
110
120

降ります！

評価額
120万円

買い手1

評価額
200万円

買い手2

- 最後から2番目に評価額が高い人が降りた時点で価格が決まる
- 落札価格は2番目に高い評価額と等しくなる
- 売り手は買い手2の評価額で売ることはできないが，それはそもそもできない（か，調査にコストがかかる）
  ⇒情報の非対称性から買い手2が得るレント

競りの落札価格は，2番目に高い評価額となる

原価
20万円

商品

売り手

30
40
50
60
70
⋮
110
120

評価額
120万円

買い手1

買い手2

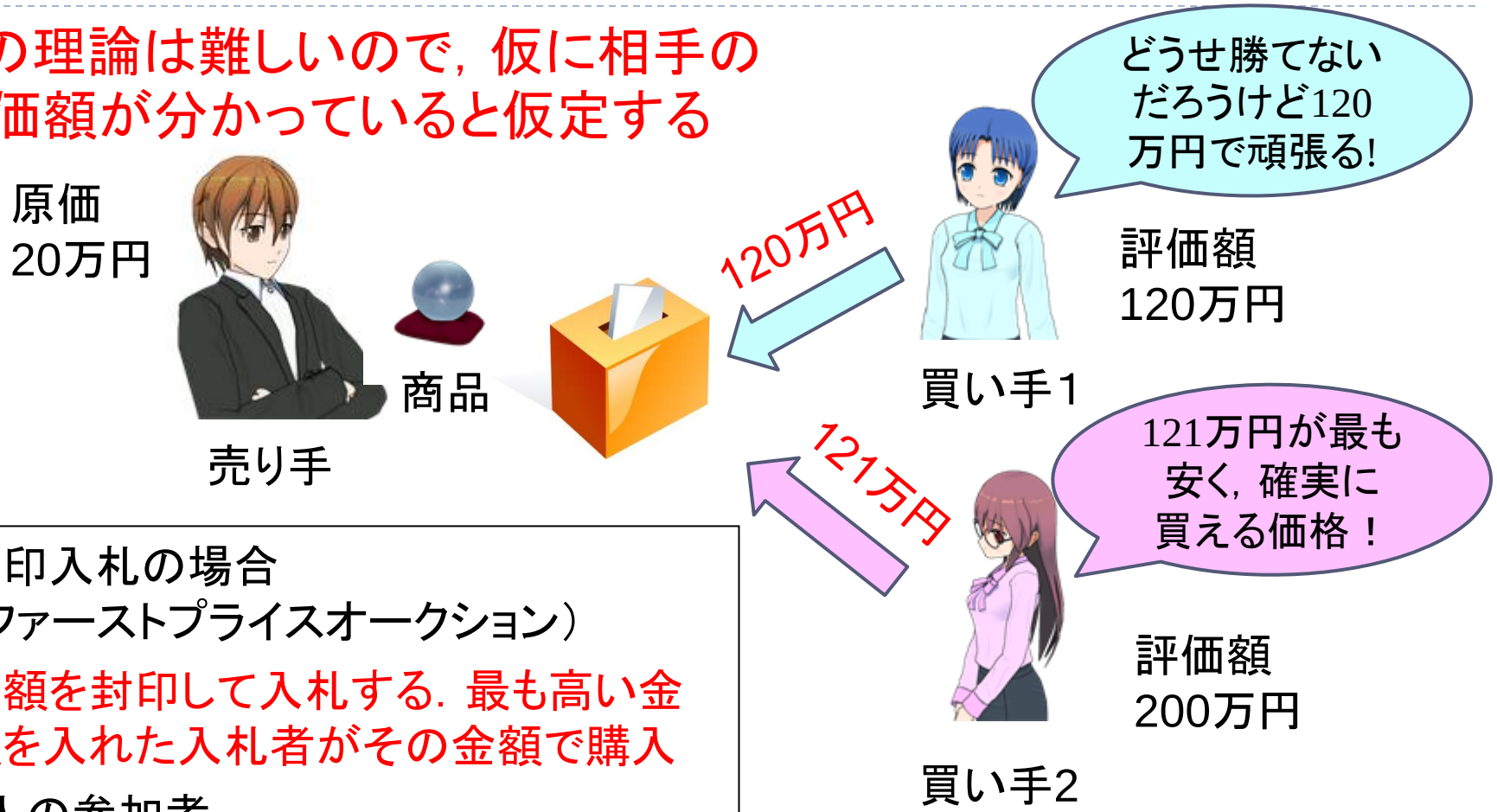
たとえ
評価額
1億円でも
同じ

一番高い評価額は
売買価格に影響しない

- 最後から2番目に評価額が高い人が降りた時点で価格が決まる
- 落札価格は2番目に高い評価額と等しくなる

入札の場合（ファーストプライスオークション）

この理論は難しいので，仮に相手の評価額が分かっていると仮定する



- 封印入札の場合（ファーストプライスオークション）
- 金額を封印して入札する．最も高い金額を入れた入札者がその金額で購入
- 2人の参加者
- 買い手1（真帆） 評価額120万円
- 買い手2（はるか）評価額200万円

評価額がもっとも高い人が，2番目に高い評価額（付近）で落札する

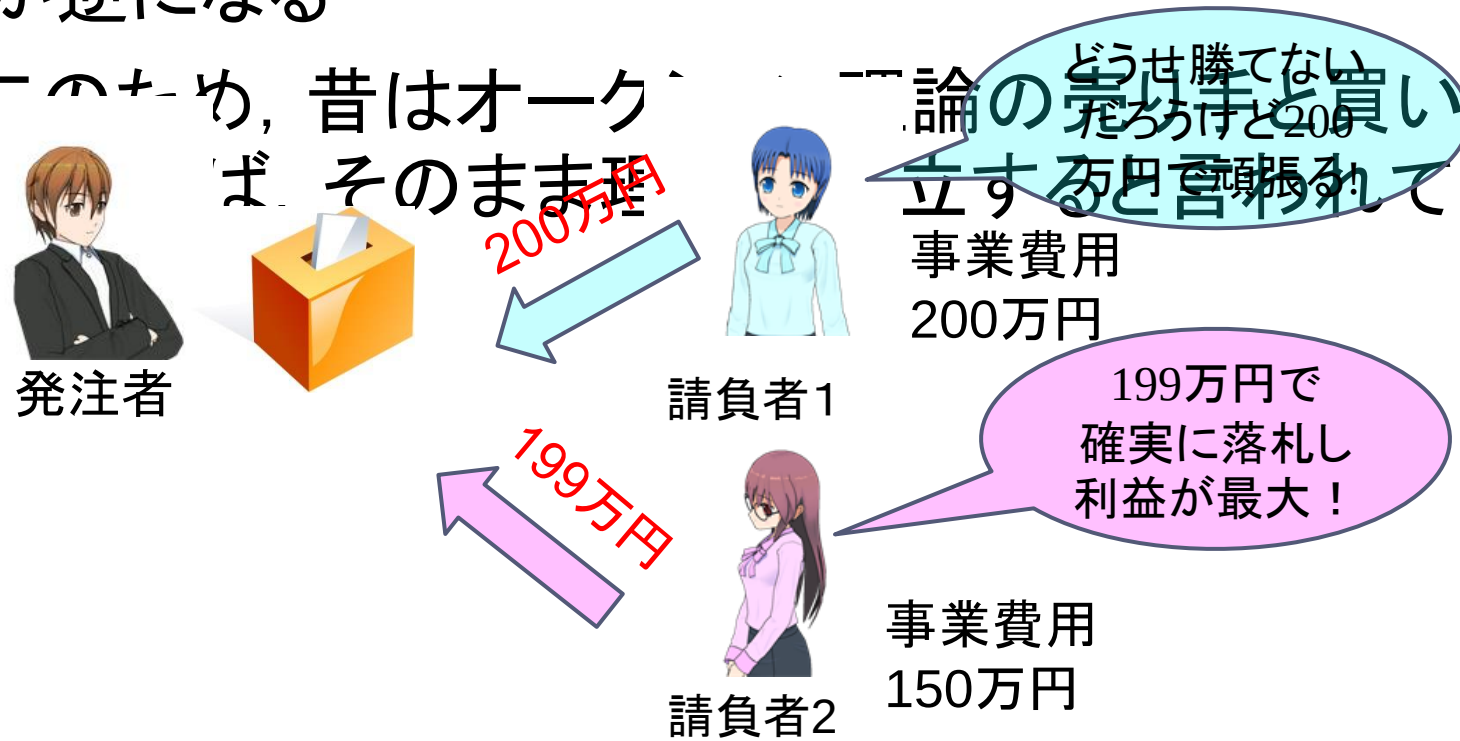
収入同値定理

- 封印入札でも，落札額は2番目に高い評価額となる（相手の評価額が分かる場合）
- 競りと同じ結果になる！
- オークション理論では，相手の評価額が分からず確率的に推測している場合を扱う
- この場合は，（もっとも基本的な条件下では）落札額は2番目に高い評価額の期待値となる（相手の評価額が分かる場合）
- 売り手の収益の期待値は競りと同じ！
- 基本的な条件下※では，ファーストプライスオークションに限らずどんなオークションも，売り手の収入の期待値は，2番目に高い評価額の期待値となる

※収益同値定理（revenue equivalence theorem），Myerson (1981)

それでは，入札はどうか

- 公共事業の入札や調達入札などは，売り手と買い手が逆になる
- このため，昔はオーク[illegible]論の売り手と買い手を逆[illegible]ば，そのまま理[illegible]立すると言われていた



- もし事業内容（売っているものが同じ）ならば，これは「同質財の価格競争」となり，もし事業費用が同じくらいなら請負者の利益はゼロになるまで下がる
- しかし入札の参加者が「売り手」なのだから，売っているものが違うはず！

異質財の取引と入札

- 製品が差別化されていれば，必ずしも安い金額で提供できる業者と取引することが発注者にとって良いわけ

発注者

請負者1

事業費用
200万円

発注者の持つ事業価値
請負者1：300万円
請負者2：170万円

請負者2

事業費用
150万円

- たぶん請負者1と契約したほうがwin-winになるだろう…
- しかし請負者は，事業費用も事業価値も高く言ってくるだろう.
- どうすればいいだろうか？

ここからは話は難しい(一番，重要なのだが)

- 発注者も請負者も win-win になる関係をどうすれば作れるのか？
- 事業者ごとに提供する事業が違う場合は異質財の入札となる．しかし異質の財をどのように入札するのかは難しい．
- 建築市場などでは総合評価入札制度などが導入されつつある．このような入札に関する研究も始まっているが，まだ十分に成熟したとは言えない．
- このような取引メカニズムの設計は，これからの大きな研究テーマだろう
- 現状の入札では？
  - 入札前に，発注者が請負者とwin-winとなるような仕様書の作成が重要

まとめ－オークションと入札の理論

- オークション
  - 買い手は，売り手の情報が分からないのでオークションを行う
  - どんなオークションでも，（基本的な条件の下では）2番目に高い評価額の期待値が落札価格の期待値となる
- 入札では？
  - 提供する商品や事業が異なる中で，どのような入札方式が良いかは，現状の研究課題
  - 価格競争に陥ることが，発注者と請負者にとって良いとは限らない．製品差別化が重要．
  - 発注者と請負者のwin-winになる可能性を探ることが大切
  - 「入札に至るまでの仕様書の作成に力を入れる」「総合評価入札やコンペ，プロポーザル方式のように，価格だけではなく事業内容についても総合的に判断できるような発注方法」などを積極的に使うことが両者にとって良い可能性も十分考えられる

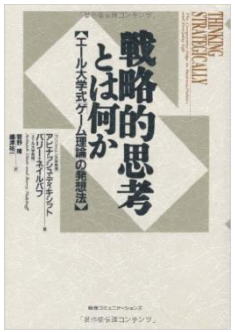
ありがとうございました.

ゲーム理論をもう少し知るために

- 私のホームページ　NABENAVI.net　に参考となる資料

ま　　で検索してみてくだ

戦略的思考の技術
梶井厚志著, 中公新書, 821円



戦略的思考とは何か—エール大学式「ゲーム理論」の発想法
A. ディキシット,　B. ネイルバフ 著,
阪急コミュニケーションズ, 3982円

図解雑学ゲーム理論
渡辺隆裕著, ナツメ社, 1470円

ゼミナールゲーム理論入門
渡辺隆裕著, 日本経済新聞社, 3500円

1. ゲーム理論とは

ゲーム理論とは？

- ゲーム理論
  - 複数の意思決定主体において，その相互作用を研究する学問
- もう少し（平易な）別の言い方をすると．．．
  - 2人以上のプレイヤーの「競争」や「協調」を，そのプレイヤーがゲームをしていると考えて分析する学問
  - 競争や紛争だけではない．
- プレイヤーとは？
  - 個人⇒家族の問題，友人関係，職場の問題…
  - 企業・政府⇒産業政策，企業の競争戦略…
  - 国家⇒貿易政策，国際関係，戦争…

ゲーム理論とコンピュータ：父親が同じ

- ゲーム理論の始まり
  - 1928　J. von Neumann
    ミニマックス定理
  - 1944 J. von Neumann and O. Morgenstern
    ゲームの理論と経済行動
- J. von Neumann
  - 数学者(1903-1957)
  - コンピュータの父として知られる（プログラム内蔵方式，ノイマン式コンピュータ）

- フォン・ノイマンとモルゲンシュテルンの写真です．
- ノイマンはA,Bのどちらでしょう？

コンピュータって誰が作った？

- 「コンピュータの父」で検索すると？

Google　コンピューターの父

検索　約 6,000,000 件（0.10 秒）

ウェブ
画像
地図
動画
ニュース
ショッピング
もっと見る

ウェブ全体から検索
日本語のページを検索
翻訳して検索
もっとツールを見る

コンピュータ偉人伝 ちえの和WEBページ
www.ijinden.com/ - キャッシュ
コンピュータの父：解析エンジンの設計者. 2000/02/21 掲載. フォン・ノイマン. ノイマン型コンピュータの発案者. 1999/08/24 掲載. クロード・シャノン. 情報理論の元祖：ブール代数をコンピュータに入れた人. 2000/03/20 掲載. ジョン・アタナソフ. 米国特許における ...

アラン・ケイ - Wikipedia
ja.wikipedia.org/wiki/アラン・ケイ - キャッシュ
まだ大型のメインフレームしか存在しなかった時代に、個人の活動を支援する「パーソナル**コンピュータ**」という概念を提唱した。つまり1960年代当時、高価で大きく、複数人で"共有"するのが当たり前だった**コンピュータ**に"個人向け"という利用状況を想定し、それに ...

池田敏雄 - Wikipedia
ja.wikipedia.org/wiki/池田敏雄 - キャッシュ
1953年5月に開発を開始した汎用**コンピュータ**のプロトタイプであるFACOM100は 1954年10月に完成した。...しかし次世代の素子として業界首位のIBMはトランジスタによる**コンピュータ**開発へ転換しており、遅れを認識した池田は小林を説得してトランジスタ ...

ジョン・フォン・ノイマン
www3.ocn.ne.jp/~zip2000/john-v-neumann.htm - キャッシュ
コンピューターの父＞ ジョン・フォン・ノイマン、このサイトの読者の多くはこの名を聞いたことがないかもしれません。しかし、実はこの人「**コンピューターの父**」とも呼ばれている人物なのです。したがって、彼のおかげで今こうしてあなたはこのサイトを読むことができ ...

「ちえの和webページ:コンピュータ偉人伝」より

ちえの和webページ
コンピュータ偉人伝

読者によるリクエスト　著者紹介　サイトマップ　コ

Google 検索 Web www.ijinden.com

コンピュータの基礎を築いた人

アラン・チューリング	チューリングマシンの考案者	1999/08/31 掲載
チャールズ・バベッジ	コンピュータの父:解析エンジンの設計者	2000/02/21 掲載
フォン・ノイマン	ノイマン型コンピュータの発案者	1999/08/24 掲載
クロード・シャノン	情報理論の元祖:ブール代数をコンピュータに入れた人	2000/03/20 掲載
ジョン・アタナソフ	米国特許における最初の電子式計算機の発明者	2000/05/01 掲載
ジョン・プレスパー・エッカート	最初の汎用コンピュータENIACの共同制作者	1998/10/05 掲載
ジョン・モークリー	最初の汎用コンピュータENIACの発案者	1998/10/05 掲載
ゴットフリート・ライプニッツ	乗除算ができる歯車式計算機の発明者(読者リクエスト)	

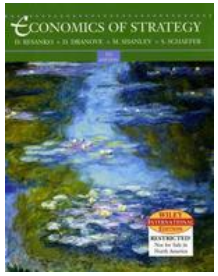
ゲーム理論の過去と現在

- 50年代・・・大きな期待
- 60年代・・・徐々に失望感？
- 70年代・・・静かなる研究の進行
- 80年代・・・専門家の間で研究が進展
- 90年代・・・大きな広がり
- 学問的側面
  - 経済学で中心的な役割
  - 政策科学・社会学・政治学・法学・生物学にも応用
- ビジネス的側面
  - 戦略的思考を学ぶ
  - 経営戦略論，経営組織論，交渉理論
  - MBA（経営学修士）では必修

ノーベル経済学賞とゲーム理論

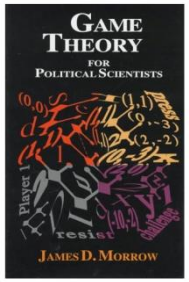
- 1994 Nash, Selten, Harsanyi　ゲーム理論
  - 1996 Mirrlees, Vickrey　情報の非対称性
  - 1998 Sen　厚生経済学（社会選択論）
  - 2001 Akerlof, Spence　情報の非対称性
- 2002 Kahneman, Smith　行動経済学，実験経済学
- 2005 Aumann, Schelling　ゲーム理論
- 2007 Hurwicz，Maskin，Myerson　メカニズムデザイン
  - 2009 Ostrom, Williamson　共有資源の分析，取引費用
  - 2010 Diamond　サーチ理論
- 2012 Roth, Shapley　マーケットデザイン
- 2014 Tirole　産業組織論

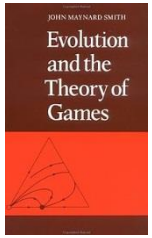
代表的な本で見る「経済学以外のゲーム理論」

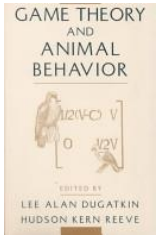


- 経営学： Economics of Strategy (他）
  - 戦略の経済学（経営戦略論），Northwestern Univ. (Kellogg)などのMBAテキスト，D. Besankoほか(2009)

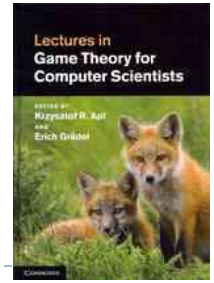
- 政治学： Game Theory for Political Scientists
  - 政治学者のためのゲーム理論
  - J. Morrow (1994), Princeton Univ. Press



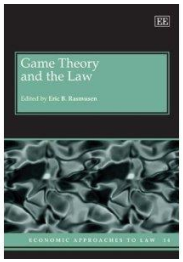




- 生物学: Evolution and Theory of Games, Game Theory and Animal Behavior
  - 進化とゲーム理論, J. Maynard Smith (1982)
  - ゲーム理論と動物行動 Dugatkinほか(2000)

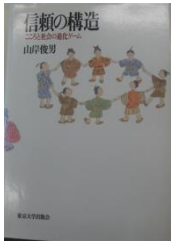


情報科学：
コンピュータ科学者のためのゲーム理論



法学：
ゲーム理論と法

本で見る「経済学以外のゲーム理論」

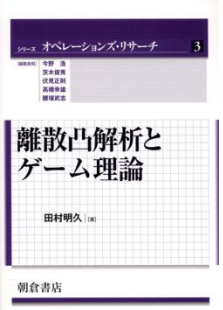


- 社会心理学
  - 「信頼の構造」（山岸俊男）東大出版会

- 国際法，国際関係論
  - 「ゲーム理論で読み解く国際法」（森大輔）勁草書房
  - 「国際紛争と協調のゲーム」（鈴木基史，岡田章）有斐閣

- 会計学
  - 「ゲーム理論で考える企業会計」（田村威文）中央経済社

- OR・応用数学
  - 「離散凸解析とゲーム理論」（田村明久）朝倉書店



講義の内容

- 午前：ゲーム理論の基本的概念を学ぶ
  - 戦略形ゲーム，支配戦略，ナッシュ均衡
  - 展開形ゲーム，バックワードインダクション，コミットメント
- 午後：ゲーム理論の応用を学ぶ
  - 交渉と最後通牒ゲーム
  - オークション
  - 投票
  - 割当の設計
  - 囚人のジレンマと長期的関係

２．戦略形ゲーム
「同時ゲーム」

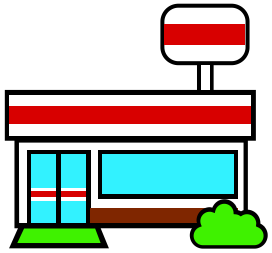
２．１. ゲームを作る

同時ゲームの戦略形と交互ゲームの展開形

- 同時に行動するか，順番に行動するか
  - 同時に行動するか，相手の行動を見てから行動するか
  - 先に行動していても，その結果がわからなければ同時であると考える
  - 面倒なじゃんけん
- 戦略形ゲームと展開形ゲーム
  - 同時に行動するゲーム⇒戦略形ゲーム
  - 同時に行動しないゲーム⇒展開形ゲーム

モデル1：　I市コンビニ戦争PART1

- 2つのコンビニ，セレブとファミモ
- どちらの駅に出店するか？
  - A駅（Akabadai)の店舗利用客　1200人
  - B駅（Black River)の店舗利用客 300人
- 違う場所に出店すれば客を独占
- 同じ場所に出店ーファミモが人気
  - ファミモはセレブの2倍の客数を獲得できる
  - A駅に出店：セレブ400人，ファミモ800人
  - B駅に出店：セレブ100人，ファミモ200人
- 客数を利得と考える



プレイヤー・戦略・利得

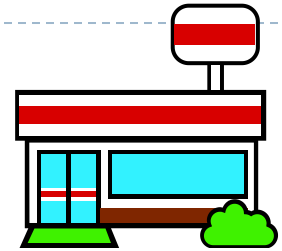
- 戦略形ゲームの第1歩
- プレイヤー・利得・戦略が何かを明らかにする
- プレイヤーは？
  - セレブ　ファミモ
- 戦略は？
  - セレブの戦略　A駅に出店する，B駅に出店する
  - ファミモの戦略　A駅に出店する，B駅に出店する

戦略形ゲームの結果と利得

- 戦略形ゲームの結果は，プレイヤーが選択した戦略の組合せ

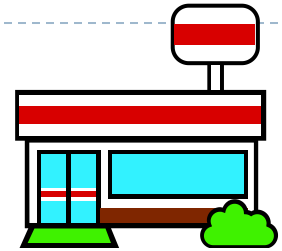
セレブの戦略	ファミモの戦略	セレブの利得	ファミモの利得
A駅	A駅	400	800
A駅	B駅	1200	300
B駅	A駅	300	1200
B駅	B駅	100	200

利得行列を作って考えよう



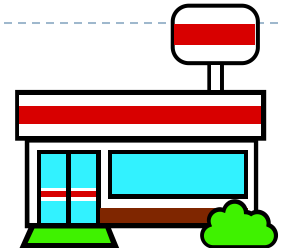
ファミモ / セレブ	A駅	B駅
A駅	(400, 800)	(1200, 300)
B駅	(300,1200)	(100, 200)

カッコの左側がセレブの利得



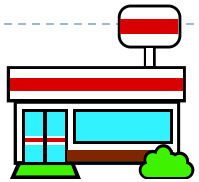
セレブ＼ファミモ	A駅	B駅
A駅	(400, 800)	(1200, 300)
B駅	(300,1200)	(100, 200)

カッコの右側はファミモの利得



セレブ＼ファミモ	A駅	B駅
A駅	(400, 800)	(1200, 300)
B駅	(300,1200)	(100, 200)

利得行列の読み方



セレブがA駅を，ファミモがB駅を選択したならば？

セレブ＼ファミモ	A駅	B駅
A駅	(400, 800)	(1200, 300)
B駅	(300,1200)	(100, 200)

セレブの利得は1200，ファミモの利得は300

NABENAVI .net

演習　モデル2:I市コンビニ戦争PART2

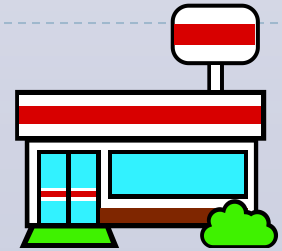
問題:以下のモデルの利得行列を作成せよ

- I市コンビニ戦争PART1を以下のように変えてみる
  - A駅(Akabadai)の店舗利用客　600人
  - B駅(Black River)の店舗利用客　300人

- 違う場所に出店すれば客を独占
- 同じ場所に出店ーファミモはA駅の客に人気
- A駅に出店すれば，ファミモはセレブの2倍の客数を獲得
- B駅に出店すれば，セレブとファミモの獲得客数は半々
- 客数を利得と考える

NABENAVI .net

解答　I市コンビニ戦争PART2　利得行列



ファミモ ＼ セレブ	A駅	B駅
A駅	(200, 400)	(600, 300)
B駅	(300, 600)	(150, 150)

NABENAVI .net

事前課題 「利得行列を作る」

いくつかの回答を紹介

事前課題例1：宣伝の効果

2010年度　M.T.さん

KB＼CC	新宿	渋谷
新宿	(2000,1000)	(3000,2400)
渋谷	(2400,3000)	(1600, 800)

事前課題例3： 市長への立候補

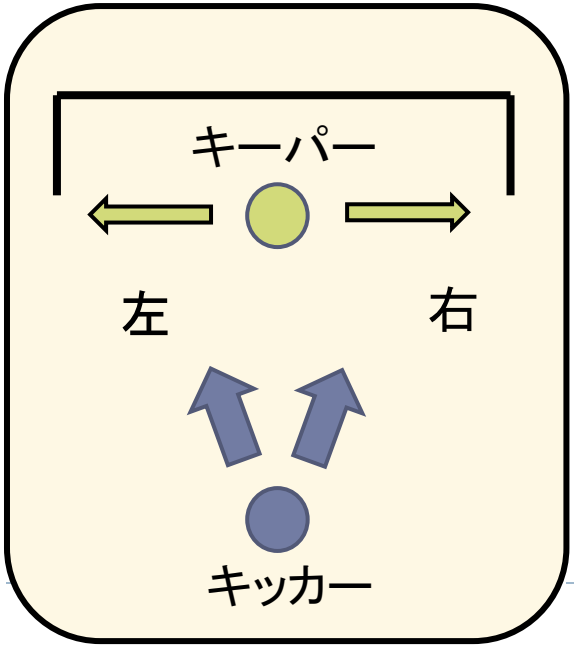
- A氏とB氏は市議に立候補すれば，確実に当選
- A氏とB氏の一方だけが市長に立候補し，一方が市議に立候補すれば，市長に立候補した方は確実に市長
- 両氏が市長に立候補した場合は，落選する
- 利得は，市長になる2，市議になる1，落選する0

A氏＼B氏	市長	市議
市長	（０，０）	（２，１）
市議	（１，２）	（１，１）

事前課題例4： サッカーのPK戦

- キッカーが右に蹴ったとき，
  - キーパーが左に飛べばゴールの成功率は90%， キーパーが右に飛べば50%
  - キッカーが左に蹴ったとき，キーパーが右に飛べばゴールの成功率60%，キーパーが左に飛べば30%
  - ゴールの成功率をキッカーの利得とし，失敗率（1から成功率を引いた値）をキーパーの利得と考える．なお利得は小数で

キッカー＼キーパー	右	左
右	(0.5,0.5)	(0.9,0.1)
左	(0.6,0.4)	(0.3,0.7)



2.2. 戦略形ゲームを解く

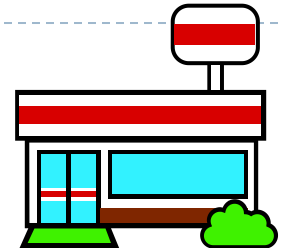
支配戦略

ゲームを解く方法

- 1：各プレイヤーの視点に立つ
- 2：自分以外のプレイヤーのすべての戦略に対して，どの戦略が一番利得を高くするか考える.
- 3：1,2をすべてのプレイヤーと戦略について繰り返す

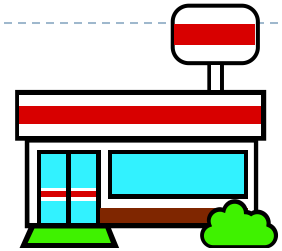
- 支配戦略（絶対優位な戦略）
  - 相手がどの戦略を選んだ場合も，他の戦略より良い（利得が高い）戦略
  - 支配戦略があれば，プレイヤーはそれを選ぶ
  - 支配戦略があれば，ゲームは簡単に解ける

コンビニ戦争PART1



ファミモ / セレブ	A駅	B駅
A駅	(400, 800)	(1200, 300)
B駅	(300,1200)	(100, 200)

「セレブ」の支配戦略を探せ！



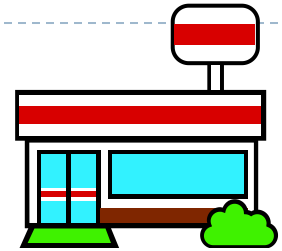
セレブの立場で考える

セレブ＼ファミモ	A駅	B駅
A駅	(400, 800)	(1200, 300)
B駅	(300,1200)	(100, 200)

ファミモが「A駅」に出店するなら？

セレブは「A駅」に出店するのが良い

「セレブ」の支配戦略を探せ！



セレブの立場で考える

セレブ＼ファミモ	A駅	B駅
A駅	(400, 800)	(1200, 300)
B駅	(300,1200)	(100, 200)

ファミモが「B駅」に出店するなら？

セレブは「A駅」に出店するのが良い

支配戦略

- セレブの立場で考える
  - ファミモが「A駅」を選ぶならば
    - 自分は「A駅」を選ぶ方が良い
  - ファミモが「B駅」を選ぶならば
    - やはり「A駅」を選ぶ方が良い
- 「A駅」はセレブの支配戦略
- ファミモも同じ
  - 「A駅」はファミモにとっても支配戦略
- 結果・・・2つのコンビニとも「A駅」を選ぶ

全プレイヤーに支配戦略がある場合のゲームの解は？

↓

すべてのプレイヤーが支配戦略を選ぶ戦略の組

NABENAVI .net

ポイント

支配戦略とは，相手のどの戦略に対しても，
自分の他の戦略より良い戦略である．

支配戦略があるときは，その戦略を選択せよ．
また相手もそうするはずである

NABENAVI .net

演習　支配戦略とゲームの解を求めよ

問1

1 \ 2	L	R
U	(1, 9)	(-6, 8)
D	(2, 4)	(-5, 2)

問2

1 \ 2	L	M	R
U	(4, 5)	(0, 6)	(-2, 5)
D	(3, 3)	(-1, 4)	(-3, 1)

解答　支配戦略とゲームの解を求めよ

問1

1＼2	L	R
U	(1, 9)	(-6, 8)
D	(2, 4)	(-5, 2)

問1：

プレイヤー1の支配戦略はD

プレイヤー2の支配戦略はL

ゲームの解は（D , L）

問2

1＼2	L	M	R
U	(4, 5)	(0, 6)	(-2, 5)
D	(3, 3)	(-1, 4)	(-3, 1)

問2：

プレイヤー1の支配戦略はU

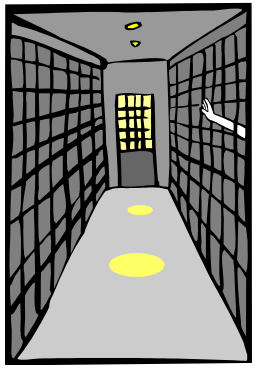
プレイヤー2の支配戦略はM

ゲームの解は　（U , M）

モデル5：囚人のジレンマ

- 支配戦略だけでも，興味深い現象はある
- 数学者タッカー(A.W.Tucker)が作り出した以下のようなストーリー
- 2人の囚人AとB，重罪を犯している
- 別件で逮捕，重罪の自白を迫られるが黙秘
- 司法取引：「おまえだけが自白すれば無罪だぞ」

囚人のジレンマの利得行列



A＼B	黙秘	自白
黙秘	(懲役1年,懲役1年)	(懲役１０年,無罪)
自白	(無罪,懲役１０年)	(懲役５年,懲役５年)

NABENAVI .net

実験　囚人のジレンマの利得行列

- 「黙秘」を選ぶなら，パーを選ぶ
- 「自白」を選ぶなら，グーを選ぶ

A＼B	パー（黙秘）	グー（自白）
パー（黙秘）	(懲役1年,懲役1年)	(懲役１０年,無罪)
グー（自白）	(無罪,懲役１０年)	(懲役５年,懲役５年)

囚人のジレンマ

A＼B	黙秘	自白
黙秘	(-1, -1)	(-10, 1)
自白	(1, -10)	(-5, -5)

囚人のジレンマの特徴

- 次の3つの条件が成立
  1. 相手が「協力」するなら，自分は「協力しない」方が良い.
  2. 相手が「協力しない」としても，自分は「協力しない」方が良い
  3. しかし「両方が協力しない」より，「両方が協力したほう」が良い

囚人のジレンマ

- 囚人のジレンマ
  - 個人の合理性と社会の望ましさの矛盾
  - ゲーム理論の大きなテーマ
  - 社会的に良い結果と実際に起きる結果，を考える理論は異なる.（規範的理論，記述的理論）
  - ゲーム理論は記述的理論
- 身の回りの囚人のジレンマ
  - 地球環境問題，ゴミ問題
  - 共有地の悲劇，動植物の乱獲
  - 東西冷戦，2国間紛争

囚人のジレンマの解決には？

- コミットメントと契約
  - あらかじめ協定を結ぶ，契約をする
  - 契約を破ったときは有効な罰則
  - 罰則が効かないときは？？
- 長期的関係
  - 1回のゲームではなく，何回もゲームを繰り返している繰り返しゲーム
  - トリガー戦略，しっぺ返し戦略
  - モニターできないときは？

後ほど詳しく！

例1：日本と韓国の法人税率引き下げ

- 韓国と日本が法人税率引き下げを検討
- 両方とも据え置くと現状維持で０
- 一方が引き下げると企業誘致に成功し有利
- 双方が引き下げると企業誘致のインセンティブは変わらず，税収だけが減少

2010年度事前課題
M.T.さん

囚人のジレンマ

日本＼韓国	引き下げ	据え置き
引き下げ	（ -2 ， -1 ）	（ 5 ， -3 ）
据え置き	（ -5 ， 3 ）	（ 0 ， 0 ）

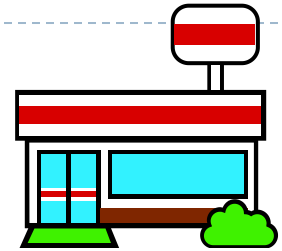
日本は引き下げが支配戦略

韓国も同じ

モデル2：I市コンビニ戦争PART2

- I市コンビニ戦争PART1を以下のように変えてみる.
  - A駅（Akabadai)の店舗利用客　600人
  - B駅（Black River)の店舗利用客 300人
- 違う場所に出店すれば客を独占
- 同じ場所に出店ーファミモはA駅の客に人気
- A駅に出店すれば，ファミモはセレブの2倍の客数を獲得
- B駅に出店すれば，セレブとファミモの獲得客数は半々
- 客数を利得と考える

I市コンビニ戦争PART2　利得行列



ファミモ ＼ セレブ	A駅	B駅
A駅	(200, 400)	(600, 300)
B駅	(300, 600)	(150, 150)

あなたがセレブなら，どちらを選ぶ？

セレブ＼ファミモ	A駅	B駅
A駅	(200, 400)	(600, 300)
B駅	(300, 600)	(100, 200)

ファミモがA駅を選べば→B駅が良い
ファミモがB駅を選べば→A駅が良い

セレブはファミモの戦略によって良い戦略が異なる
⇒支配戦略がない！

- あなたがセレブなら，A駅，B駅のどちらを選びますか？

ゲーム理論ではない1つの考え方（個人意思決定）

セレブ＼ファミモ	A駅
A駅	(200, 400) (600, 300)
B駅	(300, 600) (100, 200)

セレブはA駅を選ぶのが良いのか？

一番高い利得(600)を考えると→A駅が良い
最悪の場合(100)を避けると？→A駅が良い

ゲームを解く思考方法ーおさらい

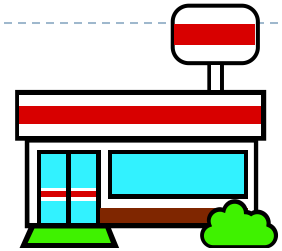
- １:各プレイヤーの視点に立つ
- ２:自分以外のプレイヤーのすべての戦略に対して，どの戦略が一番利得を高くするか考える.
- ３:1,2をすべてのプレイヤーと戦略について繰り返す

最適反応戦略という用語を覚えよう

- セレブはファミモの選択する戦略によって，良い戦略が異なる
  - 支配戦略がない！
- 最適反応戦略
  - 相手の戦略に応じた最適の戦略
- セレブの最適反応戦略
  - ファミモがA駅を選ぶと，B駅が最適反応戦略
  - ファミモがB駅を選ぶと，A駅が最適反応戦略

「戦略〇〇に対する最適反応戦略」という言い方をする

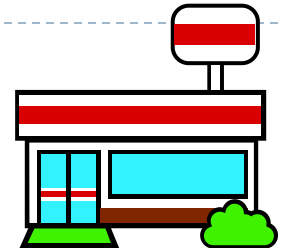
セレブの最適反応戦略　＃1



ファミモ / セレブ	A駅	B駅
A駅	(200, 400)	(600, 300)
B駅	(300, 600)	(150, 150)

ファミモがA駅を選択するならば
→セレブの最適反応戦略はB駅

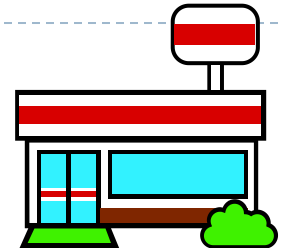
セレブの最適反応戦略　＃2



セレブ＼ファミモ	A駅	B駅
A駅	(200, 400)	(600, 300)
B駅	(300, 600)	(150, 150)

ファミモがB駅を選択するならば
→セレブの最適反応戦略はA駅

ファミモの最適反応戦略



セレブ＼ファミモ	A駅	B駅
A駅	(200, 400) >	(600, 300)
B駅	(300, 600)	(150, 150)

ファミモの最適反応戦略

A駅を選ぶことは
ファミモの支配戦略

セレブ＼ファミモ	A駅	B駅
A駅	(200, 400)	(600, 300)
B駅	(300, 600)	(150, 150)

セレブがA駅を選択しても，B駅を選択しても
→ファミモの最適反応戦略はA駅

ファミモは支配戦略である「A駅」を選択するはず

セレブ＼ファミモ	A駅	B駅
A駅	(200, 400)	(600, 300)
B駅	(300, 600)	(150, 150)

セレブはファミモがA駅を選択するならば
→最適反応戦略のB駅を選択する

一方に支配戦略がある場合

- すべての戦略に対し，同じ戦略が最適反応戦略
  →その戦略は支配戦略
- 今回のように，２人ゲームにおいて一方のプレイヤーに支配戦略がある場合

ゲームの解

↓

- 一方のプレイヤーが支配戦略を選び，もう一方が，その最適反応戦略を選ぶ戦略の組

NABENAVI .net

演習　ゲームの解を求めよ

問1

1 \ 2	L	R
U	(0, 5)	(9, 4)
D	(1, 4)	(-1, 2)

問2

1 \ 2	L	M	R
U	(3, 1)	(0, 2)	(-2, 0)
D	(2, 9)	(-1, 3)	(-3, 8)

NABENAVI .net

解答　ゲームの解を求めよ

問題A

1 \ 2	L	R
U	(0, 5)	(9, 4)
D	(1, 4)	(-1, 2)

(D , L)

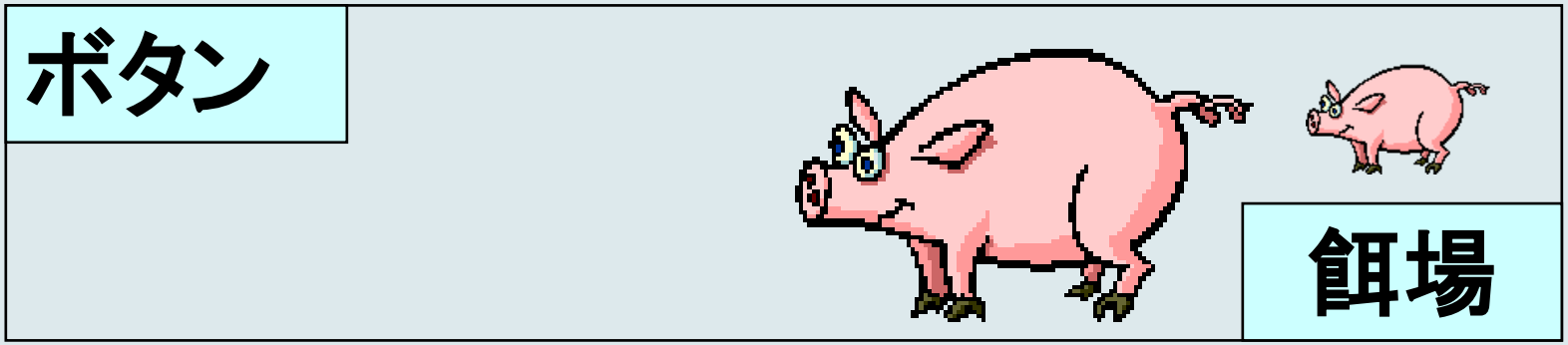
問題B

1 \ 2	L	M	R
U	(3, 1)	(0, 2)	(-2, 0)
D	(2, 9)	(-1, 3)	(-3, 8)

(U , M)

モデル8： 合理的な豚

- 大きな豚と小さな豚が大きな檻に入れられている
- 一方の隅のボタンを押すと，もう一方の隅にエサが出てくる（5単位）
- エサは食べたい
- レバーは押しに行きたくない（－1単位）
- 一緒にボタンに行くと，大きな豚がエサを総どり



➢ 結果はどうなるでしょう？

合理的な豚　利得行列

小豚 / 大豚	ボタン	待つ
ボタン	(　4，−1)	(　2，　2)
待つ	(　5，−1)	(　0，　0)

小豚は「待つ」が支配戦略

大豚＼小豚	ボタン	待つ
ボタン	(4, −1)	(2, 2)
待つ	(5, −1)	(0, 0)

子豚が待って，大豚がボタンを押す

実際にそうなるらしい！

大豚＼小豚	ボタン	待つ
ボタン	(4, −1)	(2, 2)
待つ	(5, −1)	(0, 0)

小豚の「待つ」に対する大豚の最適反応戦略は「ボタンを押す」

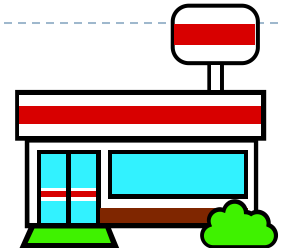
NABENAVI .net

戦略的思考のポイント

自分を後に引けなくして交渉力を強めることができる．このときは，自分の気持ちを高めるだけではなく，相手にそれを知らせることが重要である．

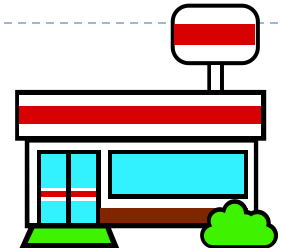
2.4　予想の先に行きつくもの
---ナッシュ均衡

I市コンビニ戦争PART3　利得行列



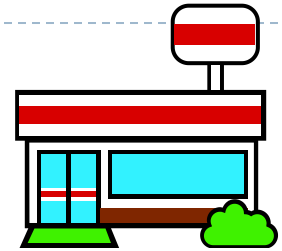
ファミモ ＼ セレブ	A駅	B駅
A駅	(200, 400)	(600, 750)
B駅	(750, 600)	(250, 500)

セレブには支配戦略がない



セレブ＼ファミモ	A駅	B駅
A駅	(200, 400)	(600, 750)
B駅	(750, 600)	(250, 500)

ファミモにも支配戦略はない



セレブ＼ファミモ	A駅	B駅
A駅	(200, 400)	(600, 750)
B駅	(750, 600)	(250, 500)

$(200, 400) < (600, 750)$

$(750, 600) > (250, 500)$

$(200, 400) < (750, 600)$

$(600, 750) > (250, 500)$

セレブ，ファミモ，共に支配戦略がない！

支配戦略がないとき

- 支配戦略がないときはどうするか
- お互いが徹底的に手を読みあう
- 手を読みあった先に行きつくもの

均衡

- その状態から，自分だけでは，それ以上利得を高くできない状態

ゲーム理論では，その概念を考えた研究者の名前をとって**ナッシュ均衡**と呼ぶ.

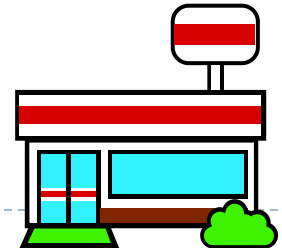
ナッシュ均衡

- すべてのプレイヤーが最適反応戦略を取り合う戦略の組をナッシュ均衡と呼ぶ
  - 言い換えると？
  - 戦略の組がナッシュ均衡であるとは
  - どのプレイヤーも，自分以外のプレイヤーが，そのナッシュ均衡の戦略を選択しているもとでは，自分だけが戦略を変えても利得が高くできない

ナッシュ均衡

自分が戦略を変えても利得を高くすることができない予測

セレブ＼ファミモ	A駅	B駅
A駅	(200, 400)	(600, 750)
B駅	(750, 600)	(250, 500)



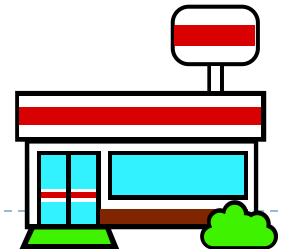
セレブが「B駅」に出店し
ファミモが「A駅」に出店する

もう1つのナッシュ均衡

自分が戦略を変えても利得を高くすることができない予測

セレブ＼ファミモ	A駅	B駅
A駅	(200, 400)	(600, 750)
B駅	(750, 600)	(250, 500)

これもやはりナッシュ均衡！



セレブが「A駅」に出店し
ファミモが「B駅」に出店する

戦略的思考のポイント

支配戦略がまったくない場合は，予想が行き着く先の「相手も自分もそこより良くすることはできないような結果」を想定する．その結果はナッシュ均衡と呼ばれる

ナッシュ均衡の求め方

- 各プレイヤーごとに考える
  - そのプレイヤー以外の戦略を1つずつ考える
  - それに対する最適反応戦略を考え，最適反応戦略の利得に下線を引く
  - 最適反応戦略が2つあるときは2つに下線を引く
- すべてのプレイヤーについて上記の作業が終わったなら，全プレイヤーの利得に下線が引かれている戦略の組がナッシュ均衡

ナッシュ均衡を求める

1 \ 2	L	M	R
U	(3, 4)	(0, 2)	(2, 0)
D	(2, 2)	(1, 3)	(2, 9)

- 次はプレイヤー2
- U に対する最適反応戦略は？
  - L
- Dに対する最適反応戦略は？
  - R

- プレイヤー1を考える
- L に対する最適反応戦略は？
  - U（利得の下に線を引く）
- M に対する最適反応戦略は？
  - D（利得の下に線を引く）
- R に対する最適反応戦略は？
  - UとD（2つあるので2つとも線を引く）

両方の利得に下線が引かれているのがナッシュ均衡

(U, L) (D, R)

NABENAVI .net

演習　ナッシュ均衡を求めよ

問1

1＼2	L	R
U	(0, 2)	(9, 4)
D	(1, 4)	(-1, 2)

問2

1＼2	L	M	R
U	(3, 1)	(4, 2)	(2, 0)
D	(8, 1)	(-1, 1)	(-5, 0)

解答　ナッシュ均衡を求めよ

問1

1＼2	L	R
U	(0, 2)	(9, 4)
D	(1, 4)	(-1, 2)

(U , R)

(D , L)

問2

1＼2	L	M	R
U	(3, 1)	(4, 2)	(2, 0)
D	(8, 1)	(-1, 1)	(-5, 0)

(U , M)

(D , L)

もナッシュ均衡（＝もOK）

なぜナッシュ均衡がゲームの解か？

- ナッシュ均衡以外が解であると？
  - そのような理論・予測・予言のもとでは，人間は行動を変える
    - 機械や計算機は理論通りに動く，天体運動は理論が発表されても軌道は変えない⇒しかし人間は？
    - （例） 経済物理学――株の暴落する日を予言できるか？
    - 渋滞・帰省ラッシュの予測――アナウンス効果を考慮する
    - じゃんけんの出しやすい手
- ゲームの解をプレイヤーが知っても，それがゲームの解であり続けるには，ナッシュ均衡でなければならない
  - 必要条件
  - ナッシュ均衡の自己拘束性

しかし十分ではない――複数均衡の問題

２人２戦略ゲームの解き方　－　まとめ

- 2人に支配戦略がある
  - 2人とも支配戦略を選ぶ
- 1人だけに支配戦略がある
  - 1人だけ支配戦略を選び，もう一人はその最適反応戦略を選ぶ

↓

両方ともナッシュ均衡の特殊ケース

ゲームの解はナッシュ均衡だけ考えればOK！

今までの解はナッシュ均衡

囚人のジレンマ

	協力する	協力しない
協力する	(4, 4)	(-10, 6)
協力しない	(6,-10)	(0, 0)

合理的な豚

	ボタン	待つ
ボタン	(4 , -1)	(2 , 2)
待つ	(5 , -1)	(0 , 0)

チキンゲーム

- 支配戦略がない典型的なゲーム
- 2つのナッシュ均衡（確率戦略を使うと，もう1つある）

チキンゲーム

1＼2	チキン	ブル
チキン	[２，２]	[１，３]
ブル	[３，１]	[０，０]

囚人のジレンマ

1＼2	チキン	ブル
チキン	[２，２]	[０，３]
ブル	[３，０]	[１，１]

- チキンゲームの特徴
  - 相手が弱気なら，強気が良い
  - 相手が強気なら，弱気が良い
  - 両方が強気に出ると最悪の結果に

- 囚人のジレンマの特徴
  - 相手が弱気なら，強気が良い
  - 相手が強気でも，強気が良い
  - 両方が強気より，両方が弱気が良い

調整ゲーム（coordination）

- 支配戦略がない典型的な，もう1つゲーム
- 2つのナッシュ均衡（確率戦略を使うと，もう1つある）

女＼男	サッカー	野球
サッカー	（2，1）	（0，0）
野球	（0，0）	（1，2）

- 両性の戦い（Battle of Sexes）
  - サッカーに行きたい女と野球を見たい男
  - ２人で同じ所に行くと，好きな場所なら2点，そうでない場所なら１点
  - 会えないと共に0点

集合時間と文化

1＼2	少し早い	少し遅れ
少し早い	（1，1）	（-1，0）
少し遅れ	（0，-1）	（1，1）

実験　調整ゲームと複数均衡

- 調整ゲームには複数の均衡
- ナッシュ均衡になるのか？
  ー社会慣習，フォーカルポイント

1＼2	グー	パー
グー	（２，１）	（０，０）
パー	（０，０）	（１，２）

事前課題例1：宣伝の効果

KB＼CC	新宿	渋谷
新宿	(2000,1000)	(3000,2400)
渋谷	(2400,3000)	(1600, 800)

チキンゲームになっている

コインの表裏合わせ

確率を用いた混合戦略のナッシュ均衡のみ

混合戦略　－　初期のゲーム理論の中心となる概念，ノイマンの興味はここから始まった.

ゲーム理論の数学の核心だが，今回は扱わない

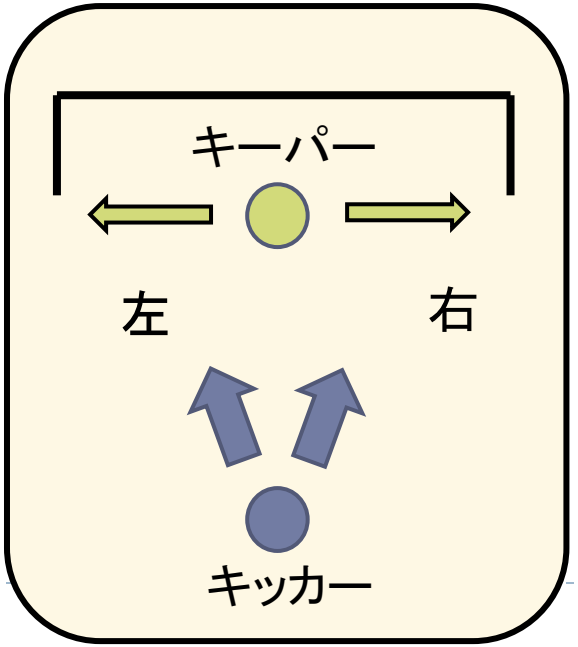
1＼2	表	裏
表	(1, -1)	(-1, 1)
裏	(-1, 1)	(1, -1)

事前課題例4： サッカーのPK戦

- キッカーが右に蹴ったとき，
  - キーパーが左に飛べばゴールの成功率は90%， キーパーが右に飛べば50%
  - キッカーが左に蹴ったとき，キーパーが右に飛べばゴールの成功率60%，キーパーが左に飛べば30%

確率を用いた混合戦略のナッシュ均衡のみ！

キッカー＼キーパー	右	左
右	(0.5,0.5)	(0.9,0.1)
左	(0.6,0.4)	(0.3,0.7)

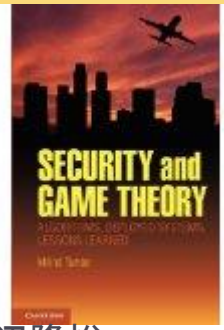


混合戦略のゲーム

- 混合戦略ゲームの例
- スポーツ(サッカー，テニス，バレー，ボクシング)
- テロリストと警備(後述)

混合戦略は「現実」への応用は可能か？

- 従来，意思決定において，乱数を使うという発想は，理論上は興味があっても，現実への応用は難しいと考えられていた.
- しかし近年は警備やセキュリティに混合戦略を応用しようとする試みが注目されている.



- Milind Tambe (2011), Security and Game Theory: Algorithms, Deployed Systems, Lessons Learned, Cambridge University Press.
- 岩崎敦，東藤大樹(2013)，ゲーム理論・メカニズムデザインに関する研究動向，人工知能学会誌，Vol.28，No.3.

ゼロサムゲームとノンゼロサムゲーム

- ゼロサムゲーム
  - プレイヤー全体の利得の合計が一定であるようなゲーム
  - 利得の合計がゼロであるゲームと本質的に同じ（合計から、いくら増えたか減ったかを利得に換算すれば、合計がゼロのゲームになる）
- ノンゼロサムゲーム
  - プレイヤーの利得の合計が結果によって変わるゲーム
  - 一般的には勝ち負けが決まるゲームはゼロサムゲームと言われている
    - じゃんけん、将棋・囲碁、スポーツの試合、麻雀．．．プレイヤーの利得の合計が結果によって変わるゲーム
  - 囚人のジレンマ，企業の価格競争はノンゼロサムゲーム

２×２のゲームのパターン

均衡	ゲームのパターンと 代表的な例
２人に支配戦略	コンビニ戦争PART1 （２人とも高い利得を得る）
	囚人のジレンマ
１人に支配戦略	コンビニ戦争PART2， 合理的な豚
支配戦略なし	チキンゲーム　または　調整ゲーム（両性の戦い）
純粋戦略の ナッシュ均衡なし	サッカーのPK
その他	

ナッシュ均衡の存在証明とナッシュ博士

- ナッシュの業績
  - ナッシュ均衡を考えただけではなく，（次の章の混合戦略まで含めれば），すべてのゲーム理論にナッシュ均衡が必ず存在することを数学的に証明した.
- 1994年にノーベル経済学賞
- 精神的な病に苦しむ半生
- 映画「ビューティフルマインド」

NABENAVI .net

2002年
アカデミー賞
受賞作品

ビューティフル
マインド

NABENAVI .net

John F. Nash
の実際の写真

小説「Beautiful Mind」
より

私とナッシュ博士

- 2000年スペイン Bilbao
- 第1回ゲーム理論国際学会 Game2000

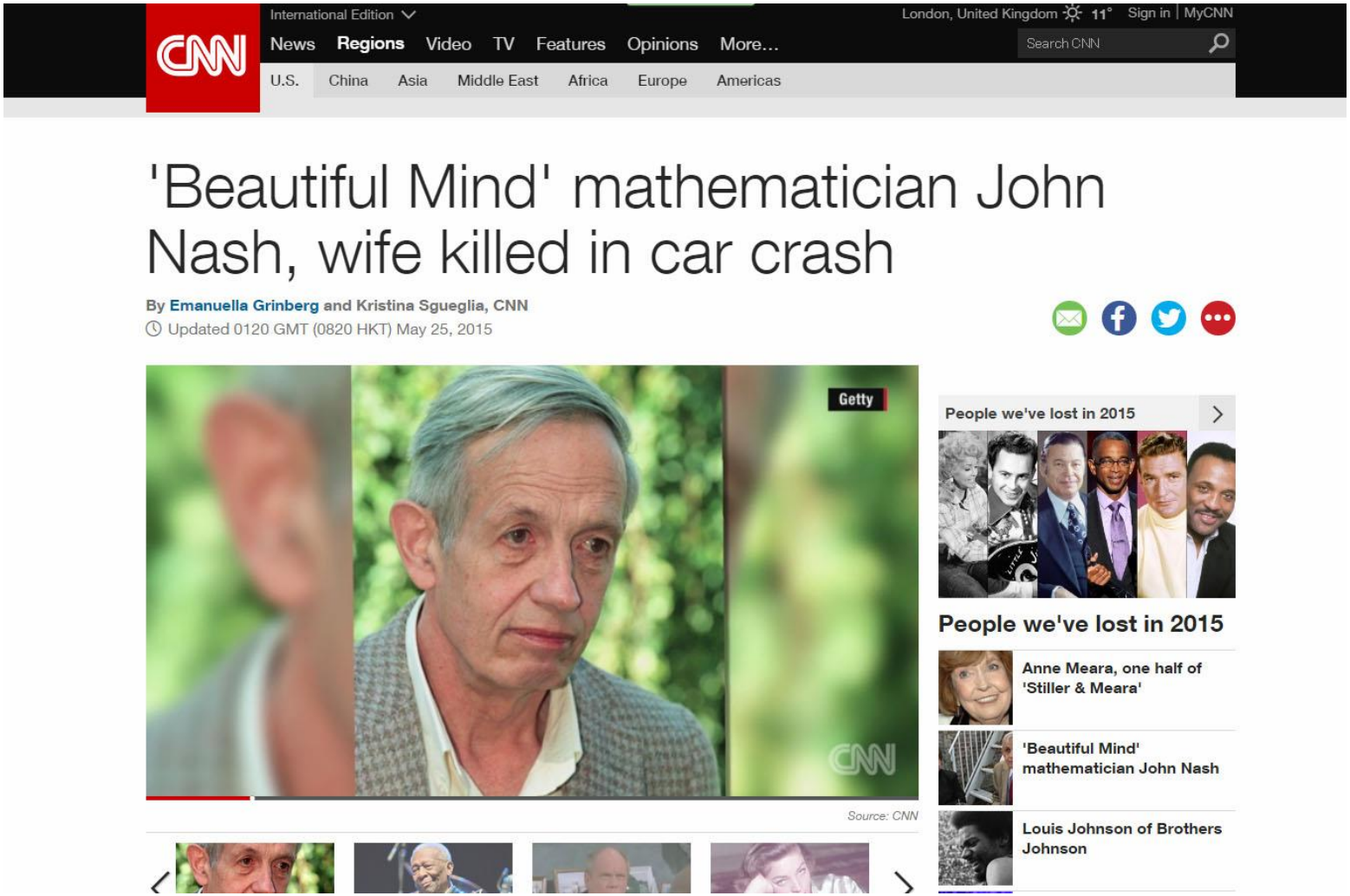
再びナッシュ博士と！

- 2010年，リスボンのヨーロッパOR学会

3たびナッシュ博士と写真を！

- 2012年，イスタンブールのゲーム理論国際学会

Nash has passed away by car crash—2015 May



３．展開形ゲーム
「交互ゲーム」

3.1 展開形ゲーム

展開形ゲーム

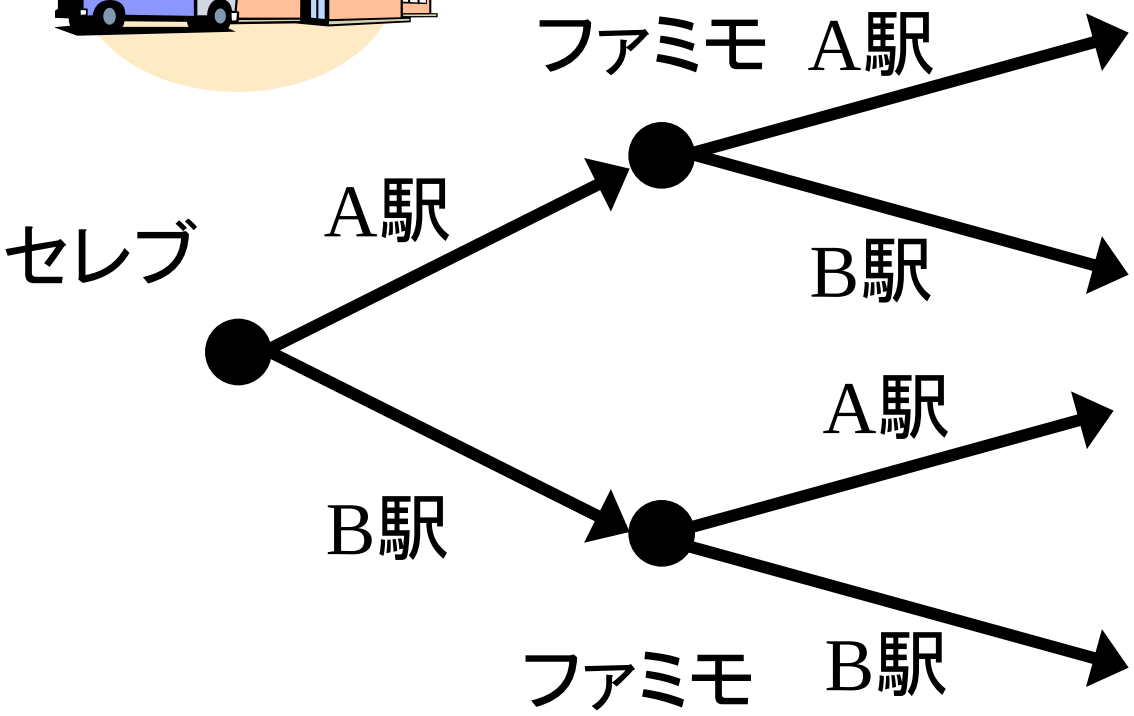
- ここまで学んだこと
  - 戦略形ゲーム－全プレイヤーが同時に行動するゲーム
- 展開形ゲーム
  - それ以外（何人かが順番に行動するゲーム）のゲームの表現方法
  - ここでは「全プレイヤーが，順番に行動するゲーム」＝完全情報の展開形ゲーム
  - 順番ではなく，前に行動した人の選択した結果が観察できる事が重要（隠れじゃんけんを思い出せ）

モデル9：　I市コンビニ戦争PART4

- セレブの出店が早い
- ファミモはセレブの出店場所を知ってから，自分の出店場所を選べる（セレブが先手，ファミモが後手）

- 「A駅」の利用客　　600人
- 「B駅」の利用客　　300人
- 違う場所なら利用客を独占
- 同じ場所なら，ファミモはセレブの2倍の客数を獲得できる．
  - A駅：　セレブ 200人　　ファミモ 400人
  - B駅：　セレブ 100人　　ファミモ 200人

ゲームの木



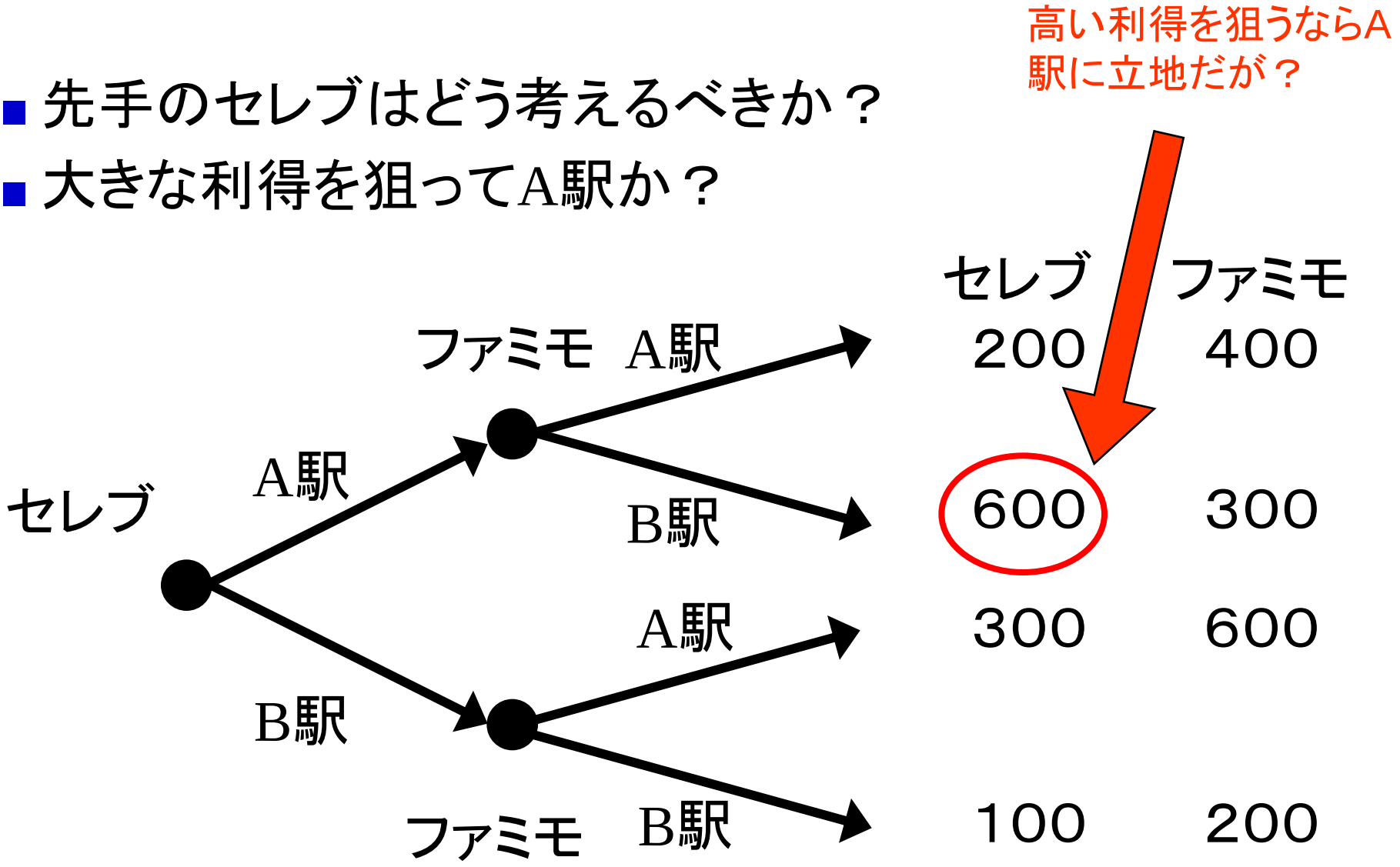
セレブ	ファミモ
200	400
600	300
300	600
100	200

戦略的思考のポイント

展開形ゲームは，ゲームの木で考える.

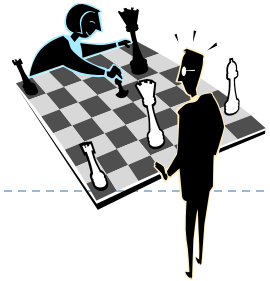
展開形ゲームの解は？

- 先手のセレブはどう考えるべきか？
- 大きな利得を狙ってA駅か？



展開形ゲームの解は？

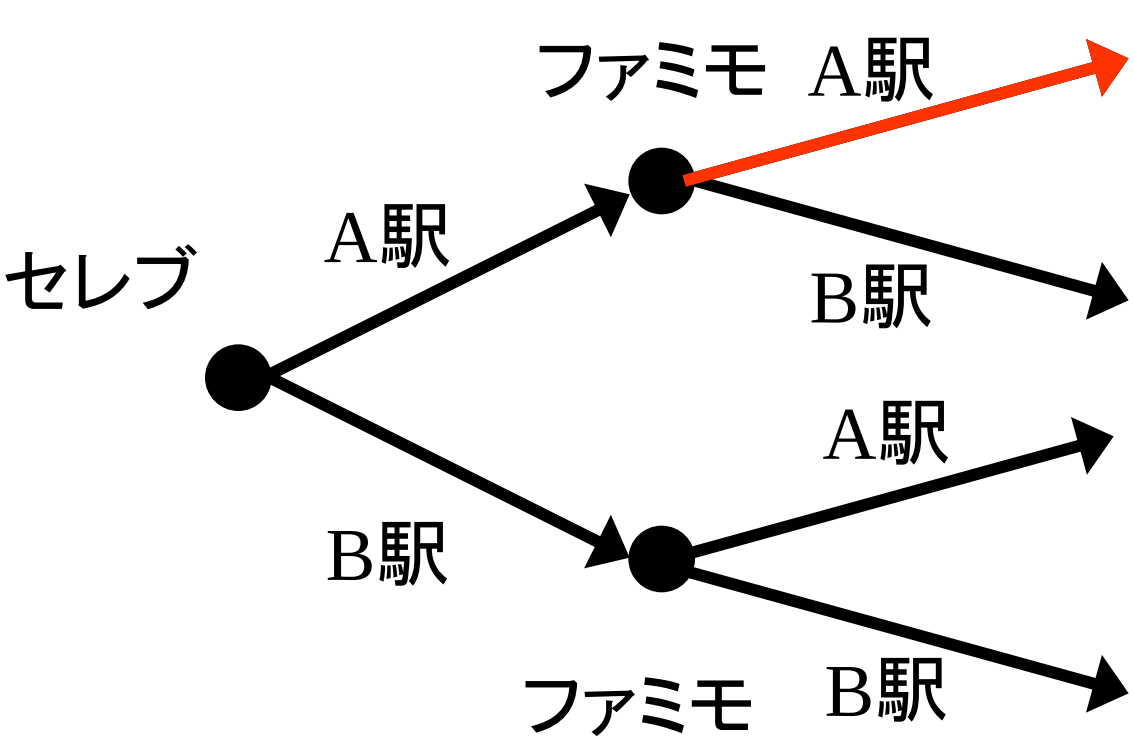
- セレブVSファミモ　先手のセレブはどう考えるべきか？
- ゲーム理論の考え方はどうだったろうか？
  - 相手の出方・行動を考える
  - 相手が自分に都合のいいように行動するとは考えない
- 「先読み」で考えよ
  - 自分が「A駅」なら，後手のファミモはどうするか？そのときの自分の利得は？
  - 自分が「B駅」なら，後手のファミモはどうするか？そのときの自分の利得は？



セレブは先読みで考えよ　#1

- 自分（セレブ）がA駅に立地すると？

ファミモはA駅を選ぶ

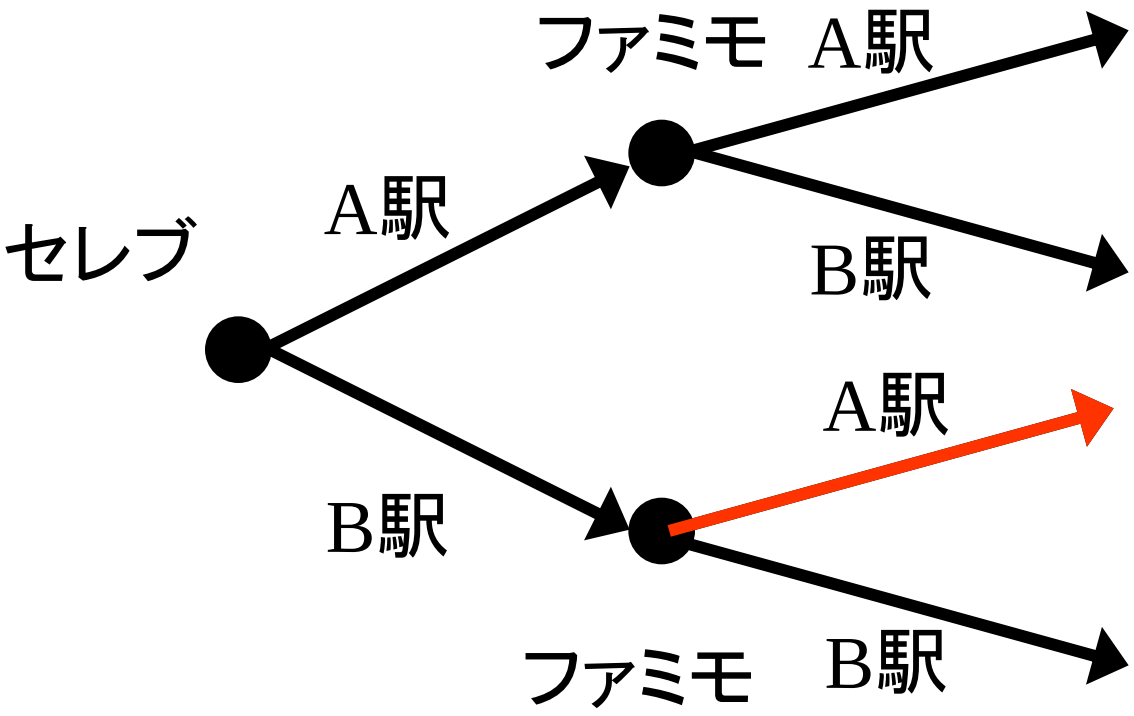


セレブ	ファミモ
200	400
600	300
300	600
100	200

セレブは先読みで考えよ #2

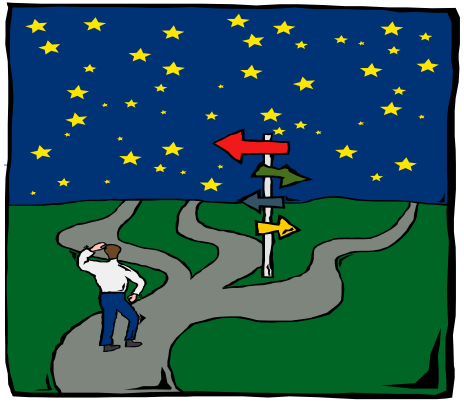
- 自分（セレブ）がB駅に立地すると？

ファミモはA駅を選ぶ



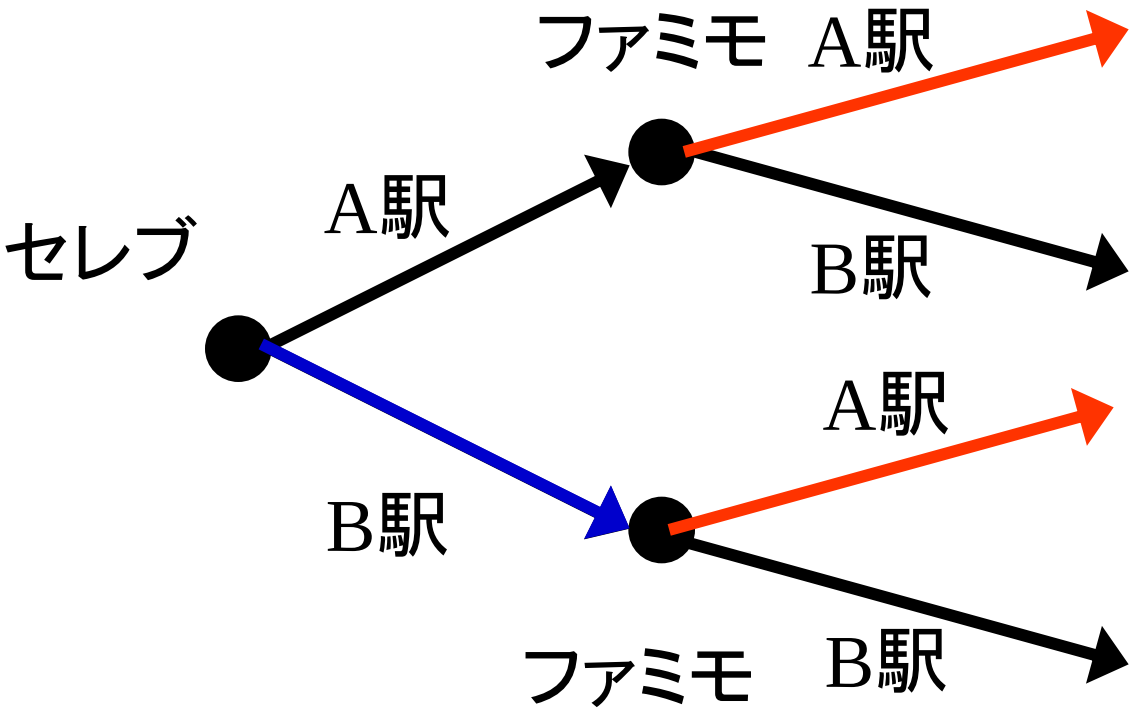
セレブ	ファミモ
200	400
600	300
300	600
100	200

セレブは先読みで考えよ　#2



- セレブは先読みでどちらを選ぶか考える.

セレブはB駅を選ぶべき！

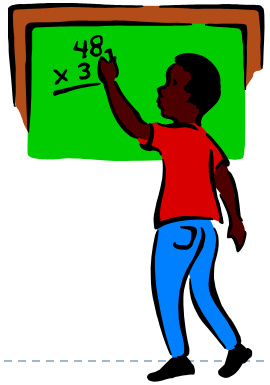


セレブ	ファミモ
200	400
600	300
300	600
100	200

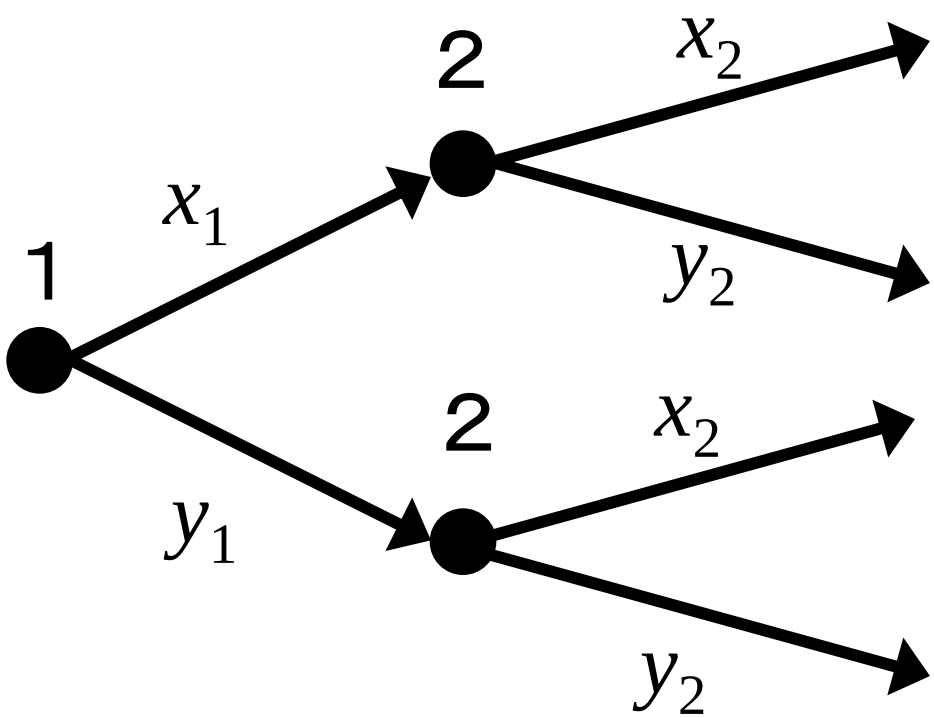
「先読み」の解法
バックワードインダクション

- 「先読み」をシステマティックに行う
- まず，終点の直前のプレイヤーがどのような意思決定を行うか解く
- そのプレイヤーの行動が決まったとして，その直前のプレイヤーの行動を解く
- そのプレイヤーの行動がすべて決まったとして，そのまた直前の･･･と続け最後まで解く

バックワードインダクション

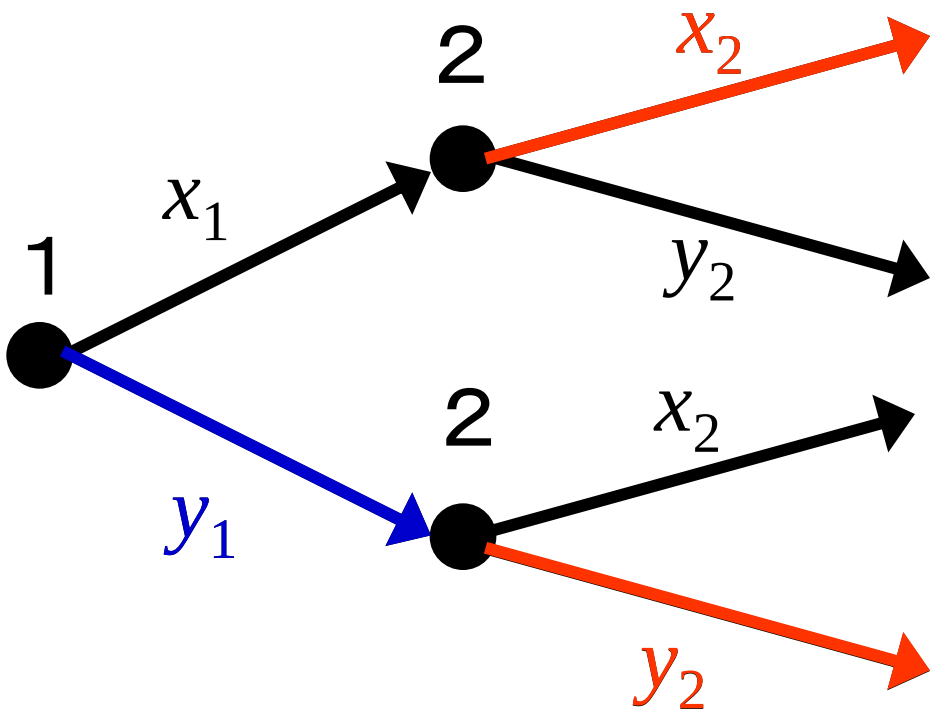


バックワードインダクション　＃１



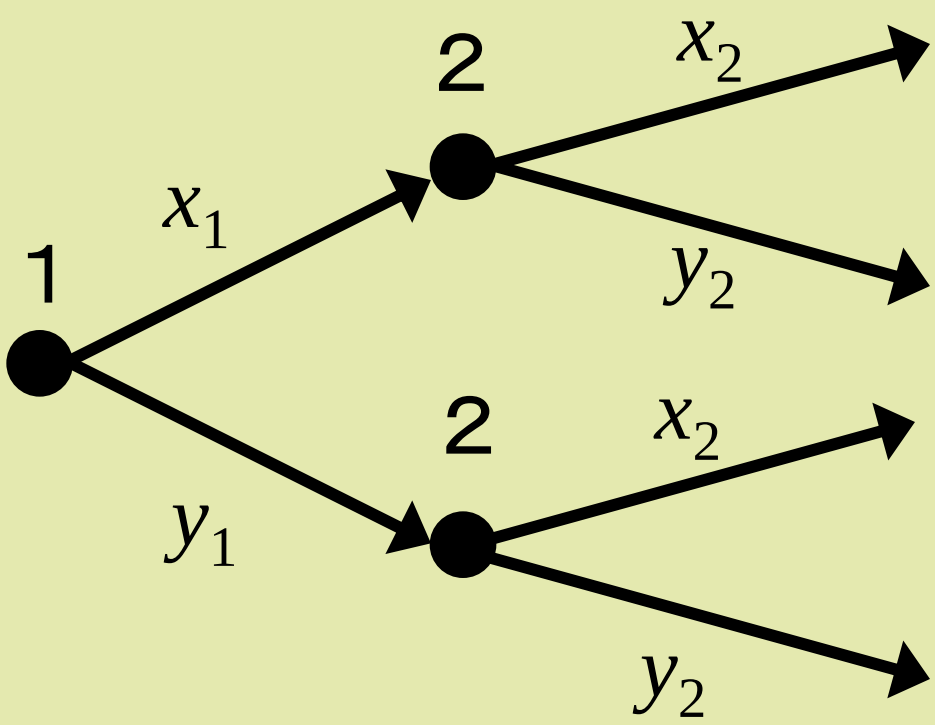
プレイヤー1	プレイヤー2
2	4
6	3
1	2
3	6

バックワードインダクション　＃２



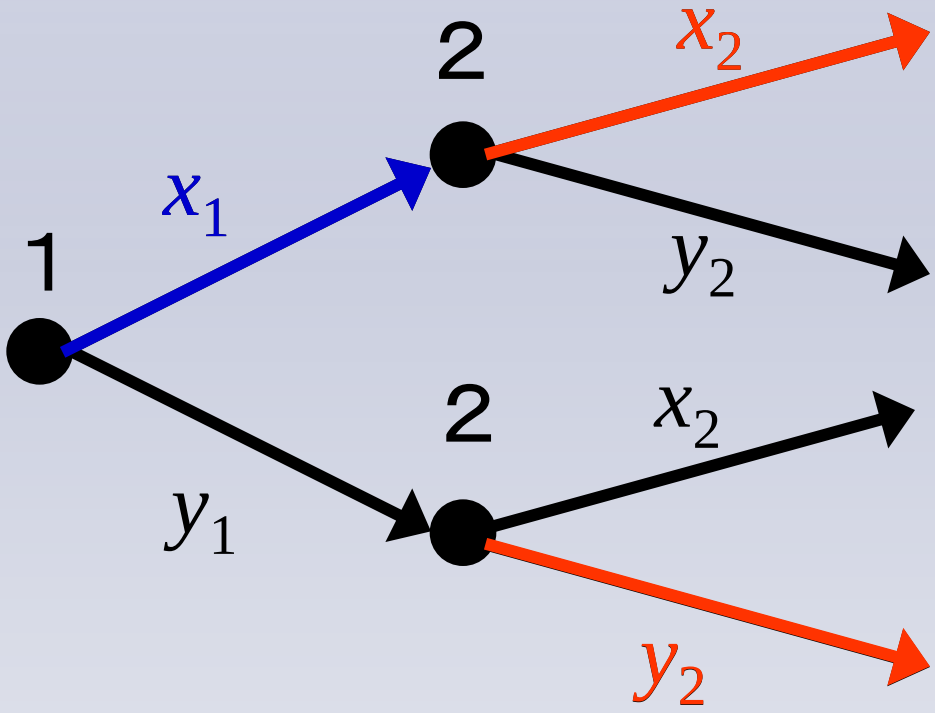
プレイヤー1	プレイヤー2
2	4
6	3
1	2
3	6

演習　演習5-1



	プレイヤー1	プレイヤー2
$x_1 x_2$	1	0
$x_1 y_2$	−1	−2
$y_1 x_2$	5	8
$y_1 y_2$	0	9

解答　演習5-1

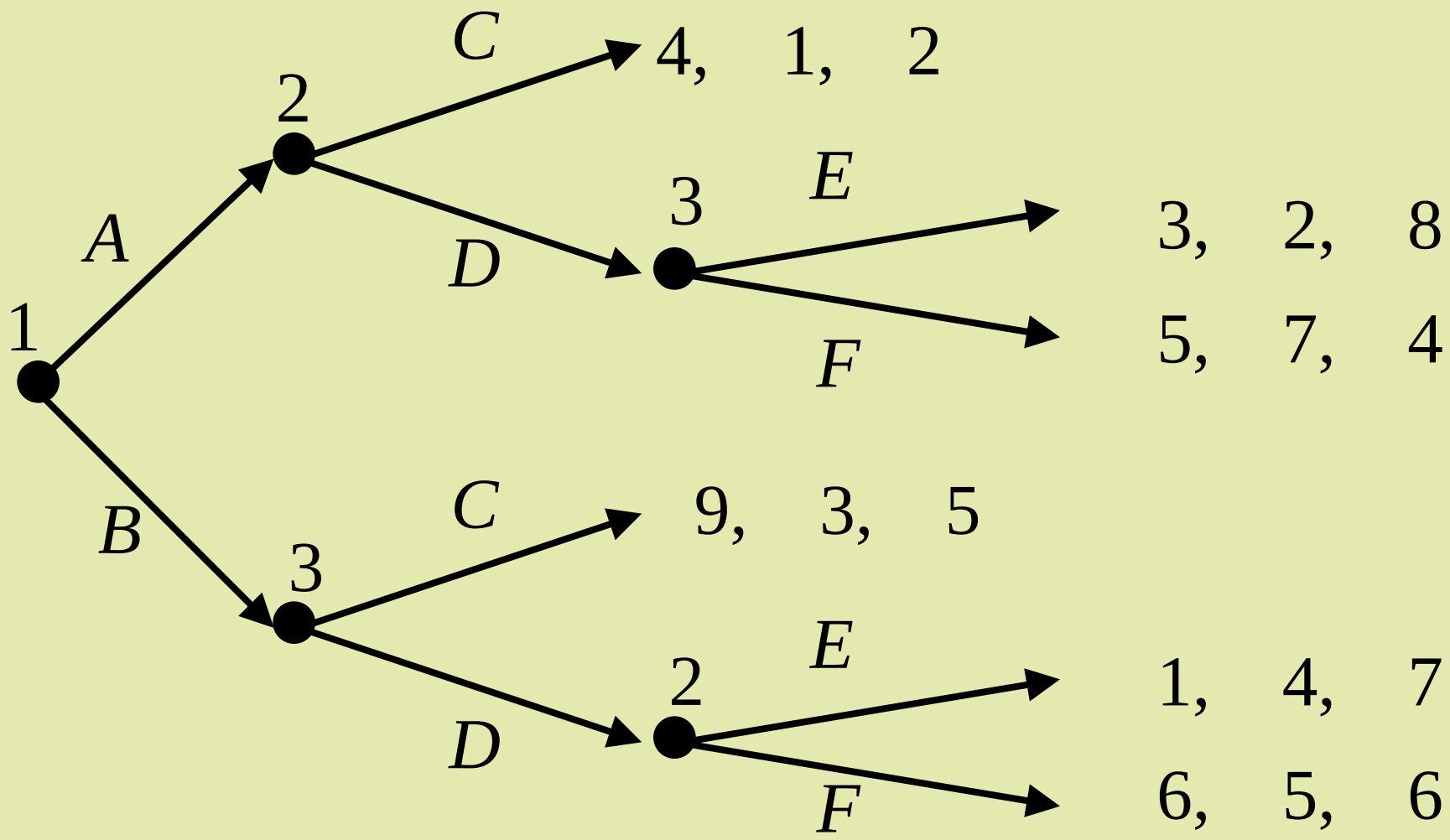


プレイヤー1	プレイヤー2
1	0
−1	−2
5	8
0	9

NABENAVI .net

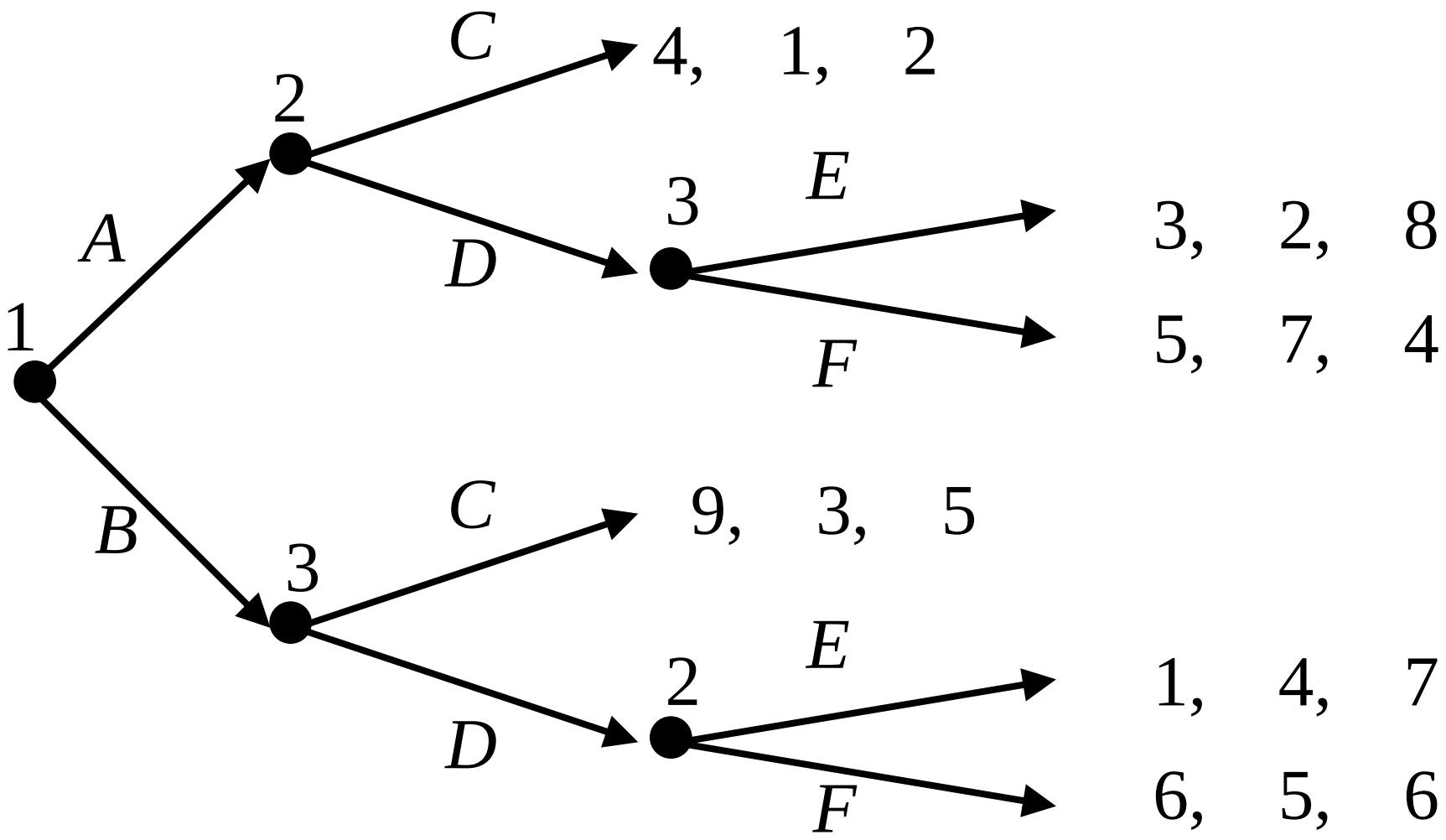
演習　5-2

- 利得は，左からプレイヤー1,2,3を表す
- プレイヤーの選択順序が不規則であることに注意



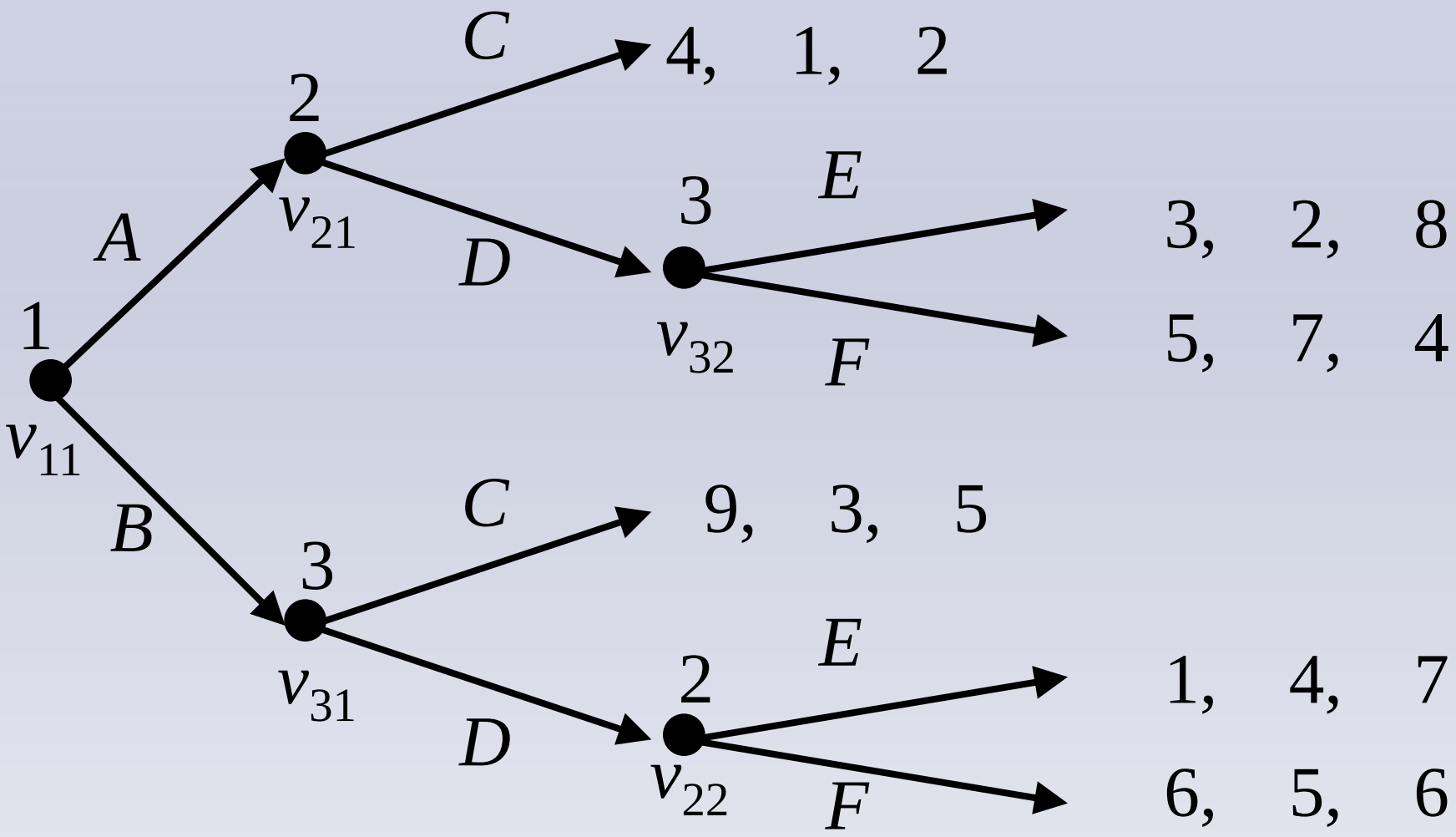
演習5-2

- 利得は，左からプレイヤー1,2,3を表す
- プレイヤーの選択順序が不規則であることに注意



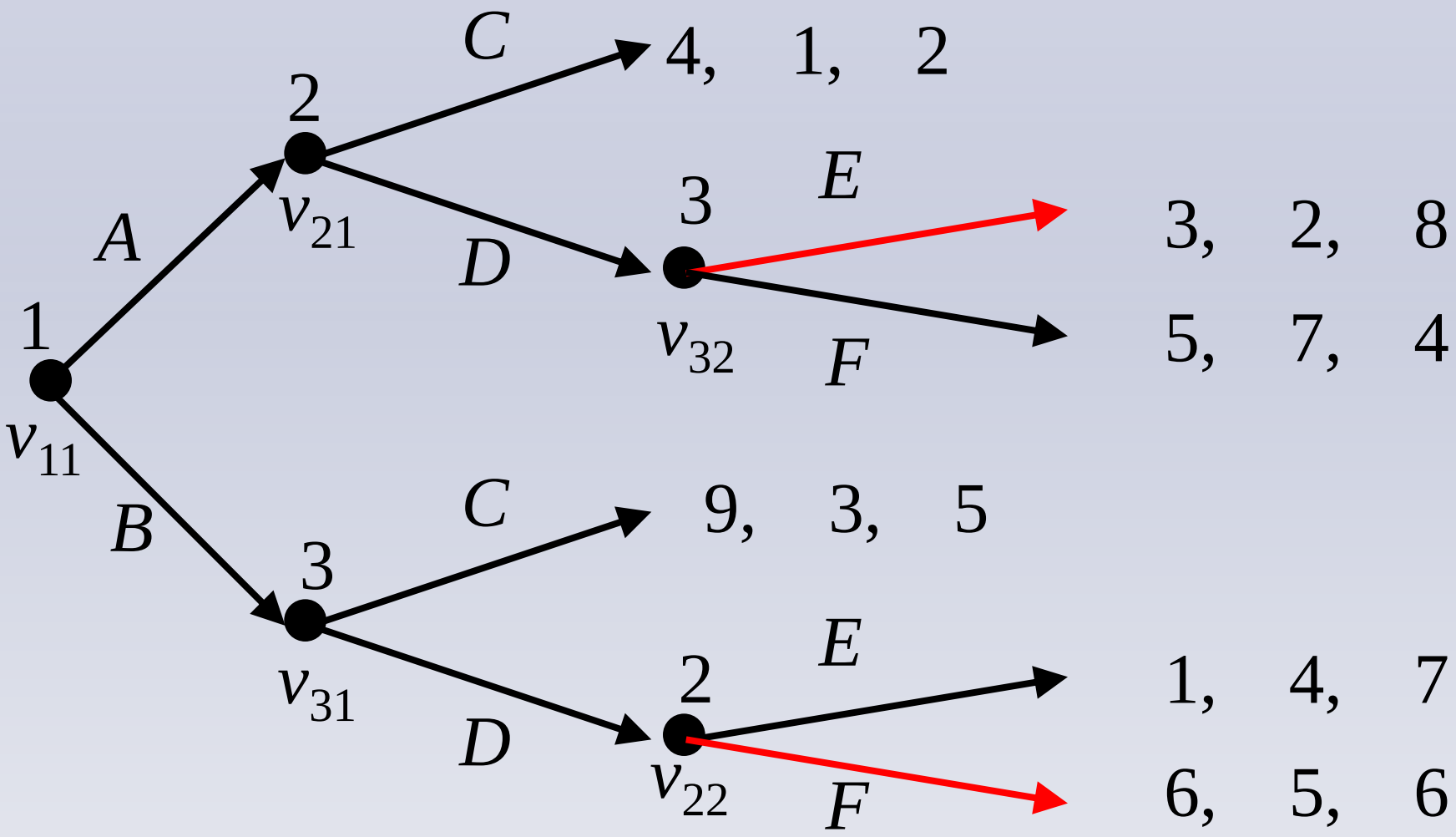
NABENAVI .net

解答　バックワードインダクションで解を求めよ



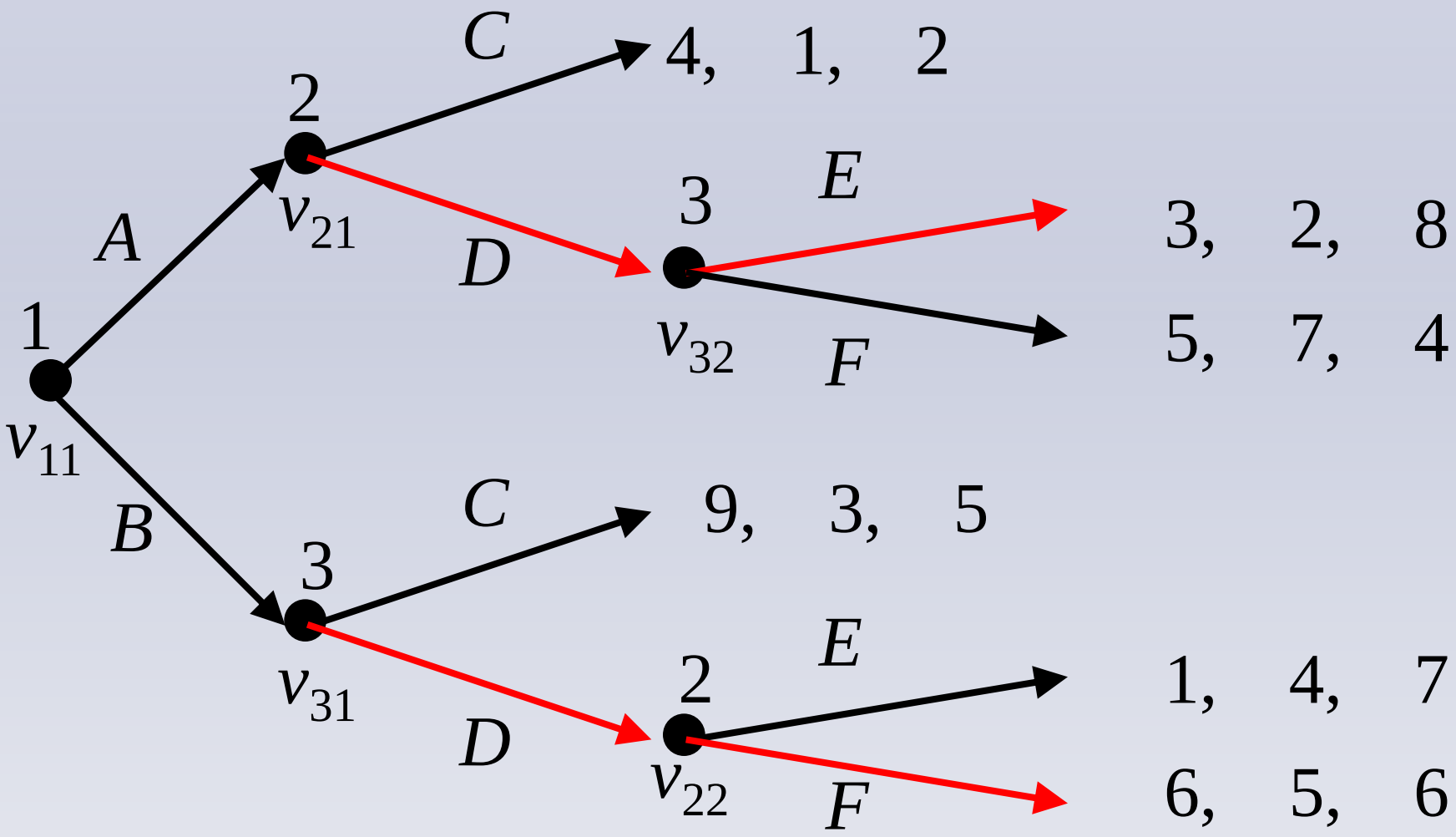
NABENAVI .net

解答　バックワードインダクションで解を求めよ



NABENAVI .net

解答　バックワードインダクションで解を求めよ



NABENAVI .net

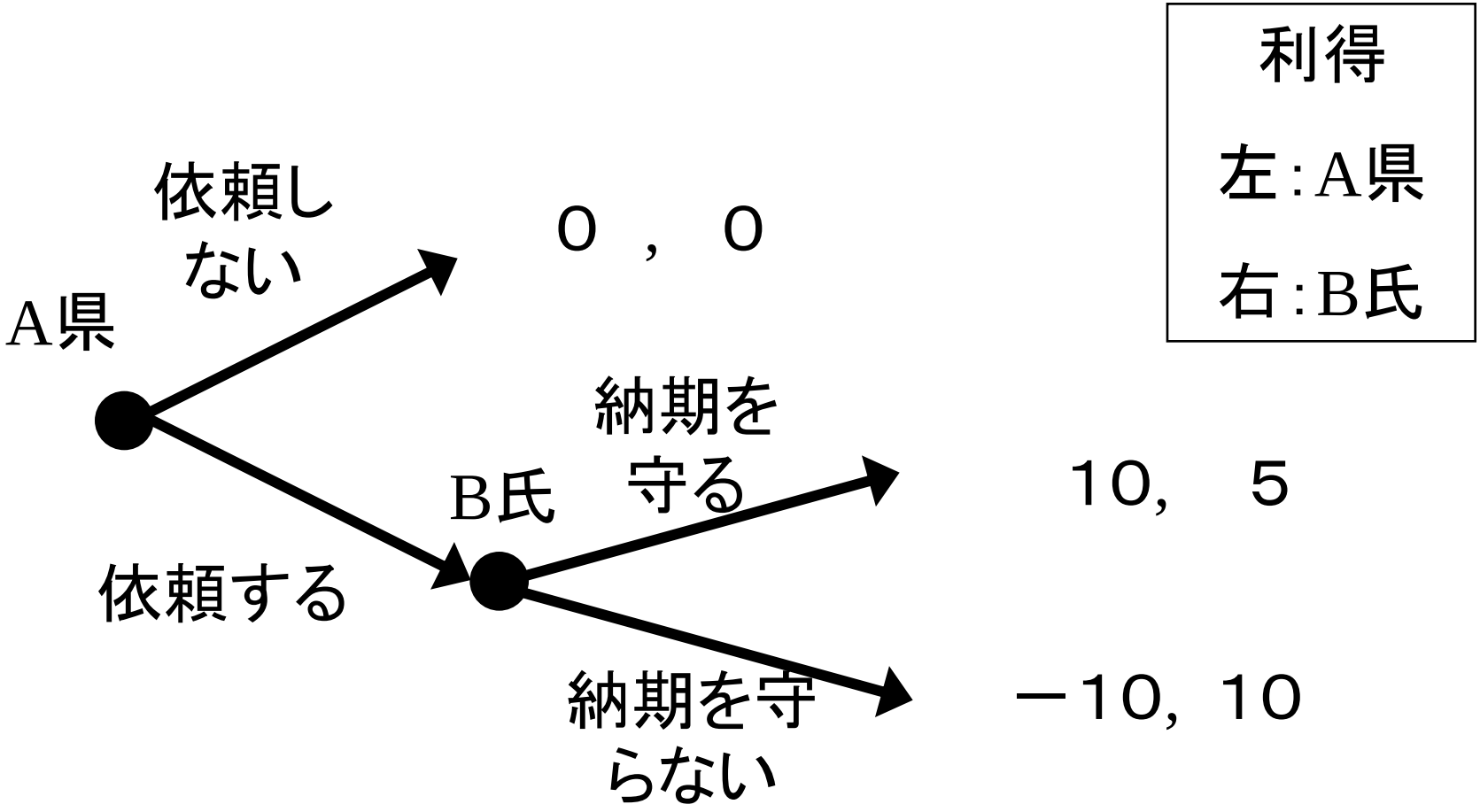
3.2 コミットメント

展開形ゲームの応用

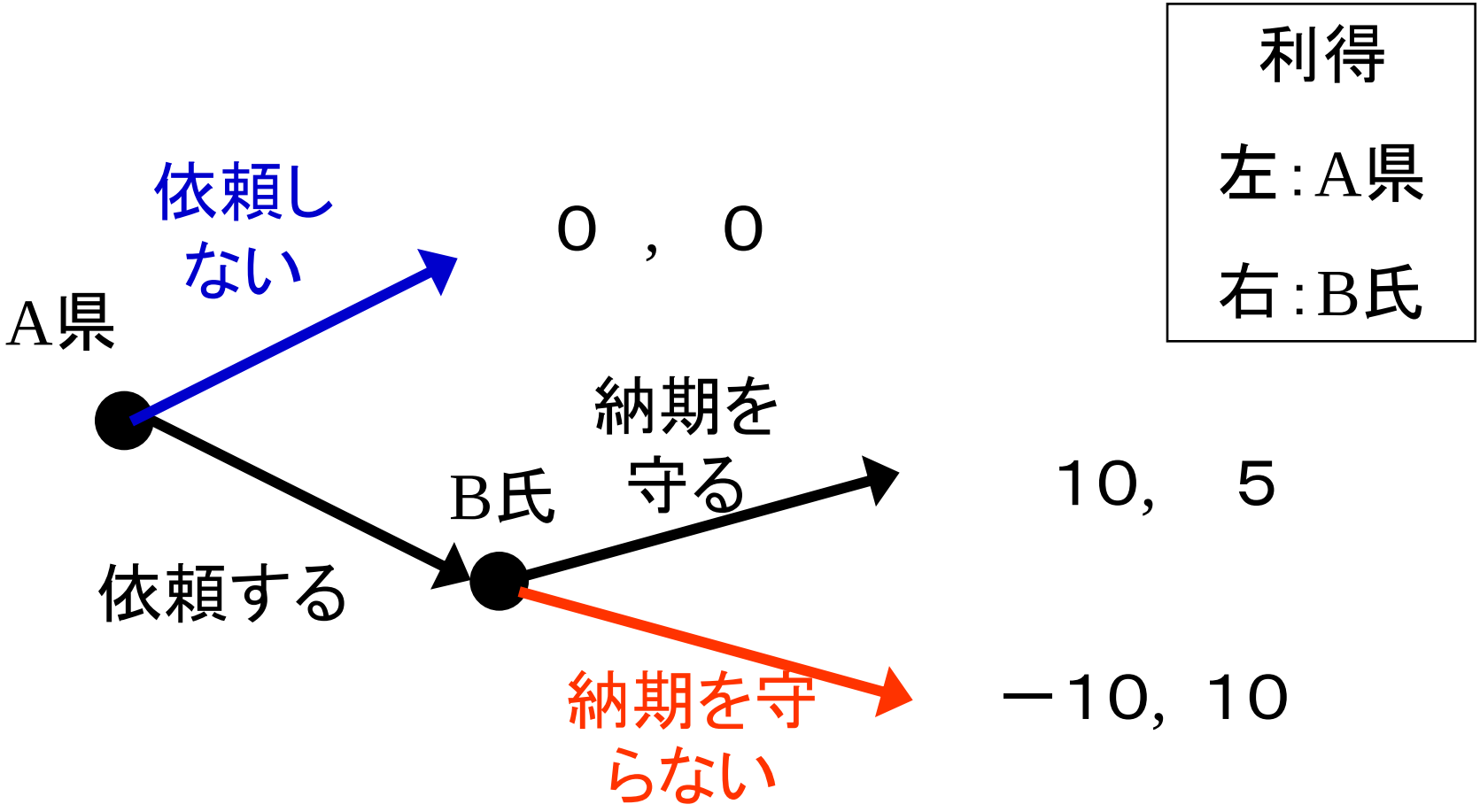
拘束力のない口約束

- 国際博覧会，A県のパビリオン設計
- 県の著名な建築家B氏（引退も近い）
- 納期が遅れると困るA県
  - B氏のペースだと博覧会間際の完成
  - それでは準備に時間をかけられない
  - B氏が頑張ってやってくれれば大丈夫だが
- B氏「絶対，大丈夫ですよ」
  - でも，趣味の時間も重要…

モデル11：建築家との契約

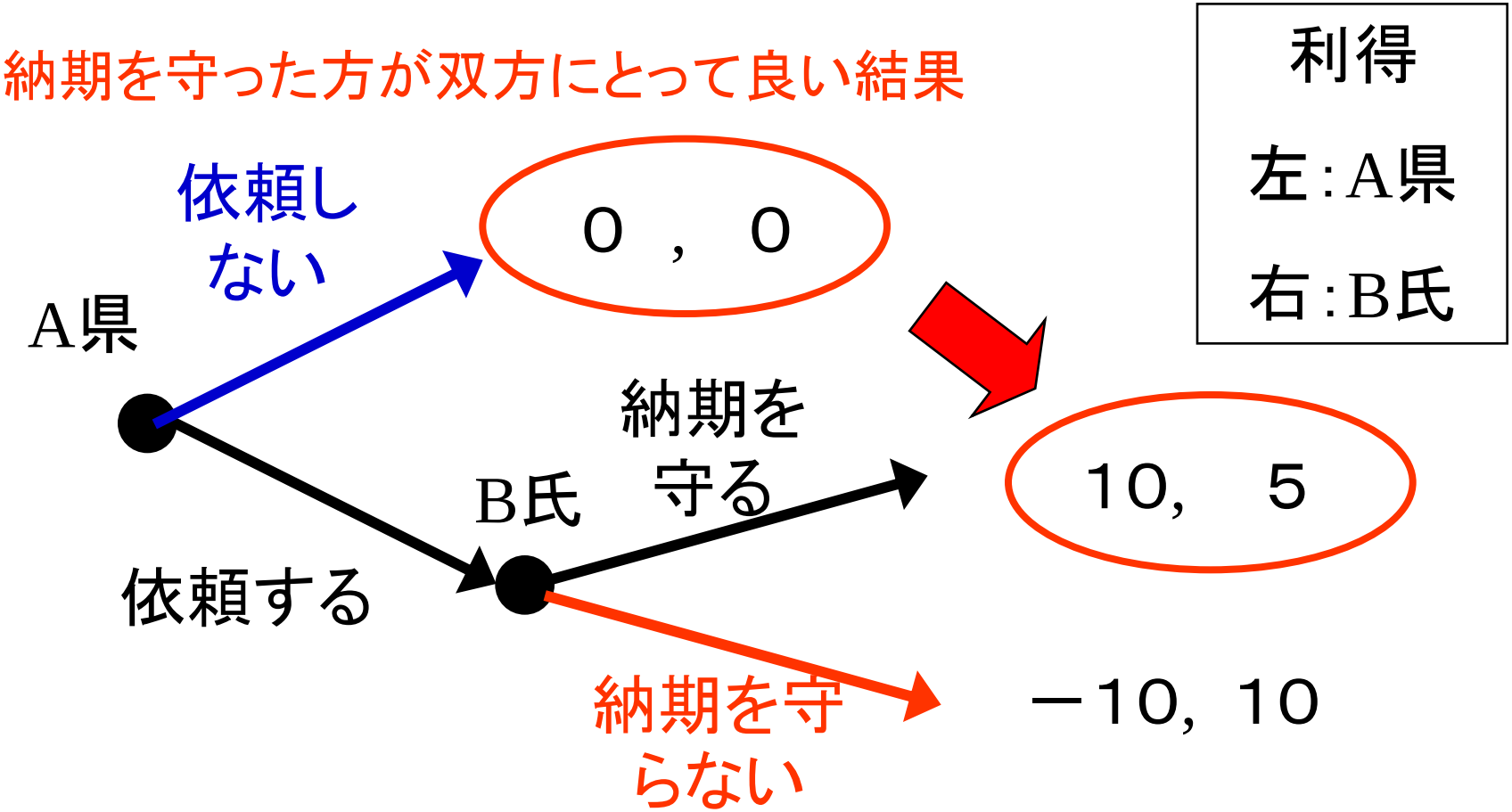


依頼後は納期を守るインセンティブが薄い



A県，B氏，双方に不幸な結果

納期を守った方が双方にとって良い結果



B氏がいくら「守る」という口約束ではA県は信頼しない

A県を信頼させるような「しくみ」が必要

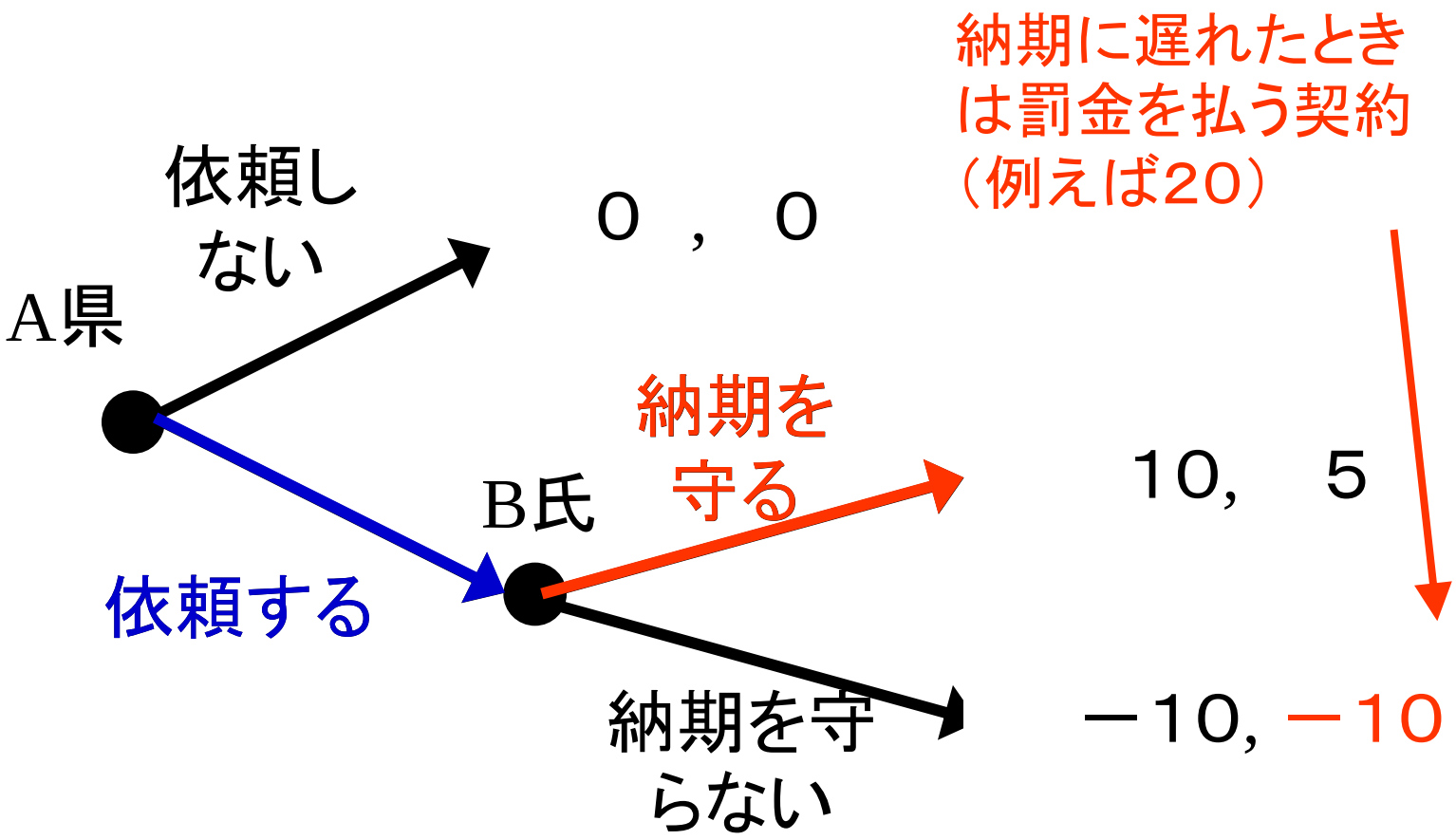
コミットメント

- コミットメント「確約」
- 自分の行動をしばる，拘束する
- 相手が拘束したと信じ得る行動は何か

  - 行動を変えられない「仕組み」を作る
  - 先手を打って，行動してしまう
  - 契約をする

行動を変えられない「仕組み」を作る

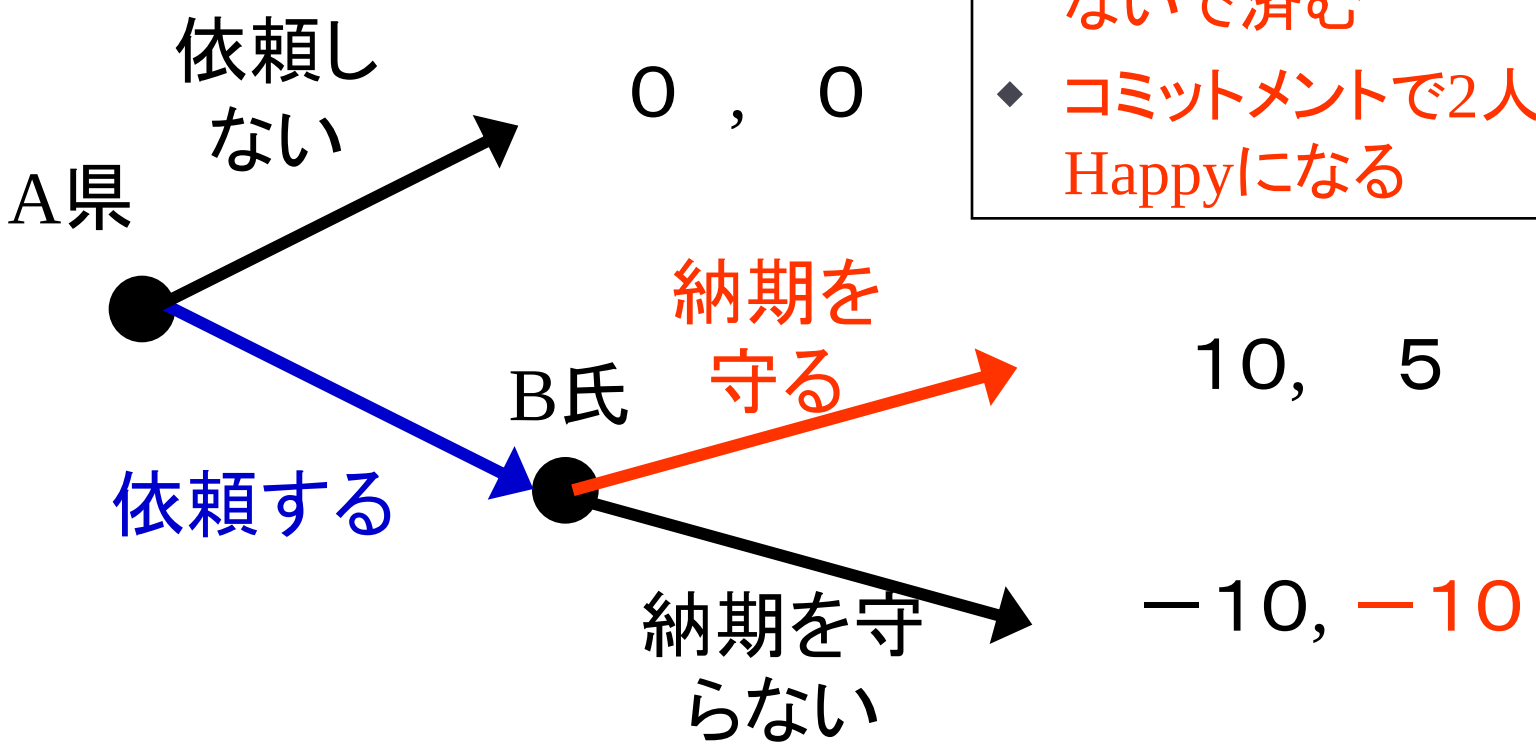
- B氏「では，納期が遅れた場合は多額の損害金を払うことで契約しましょう」



自分の行動を拘束する→コミットメント

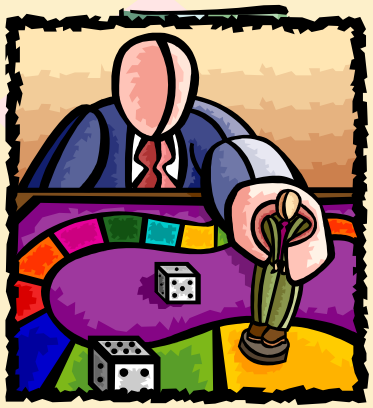
コミットメント効果

- A県は仕事をB氏に依頼し，B氏は納期を守る



- A県にとって口約束ではない信頼に足る証がある
- A県，B氏にとって事態は改善している.
- しかも実際に罰金は払わないで済む
- コミットメントで2人ともHappyになる

戦略的思考のポイント



自分を縛るコミットメントが自分に有利に働く場合がある.

- 「背水の陣」と共通した考え
- 相手が自分のコミットメントの意味を理解しないと効果がない

先手を取ってコミットメントする

I市コンビニ戦争PART2

ファミモ＼セレブ	A駅	B駅
A駅	(300, 300)	(600, 400)
B駅	(400, 600)	(200, 200)

このゲームのナッシュ均衡は2つ

どちらの均衡が起きるかは分からない

自分に有利な均衡を導くには？

先手を取って，同時のゲームから交互のゲームへ

先手を取る＝コミットメント

先手を取ってコミットメントする

I市コンビニ戦争PART2

ファミモ＼セレブ	A駅	B駅
A駅	(300, 300)	(600, 400)
B駅	(400, 600)	(200, 200)

このゲームのナッシュ均衡は2つ

どちらの均衡が起きるかは分からない

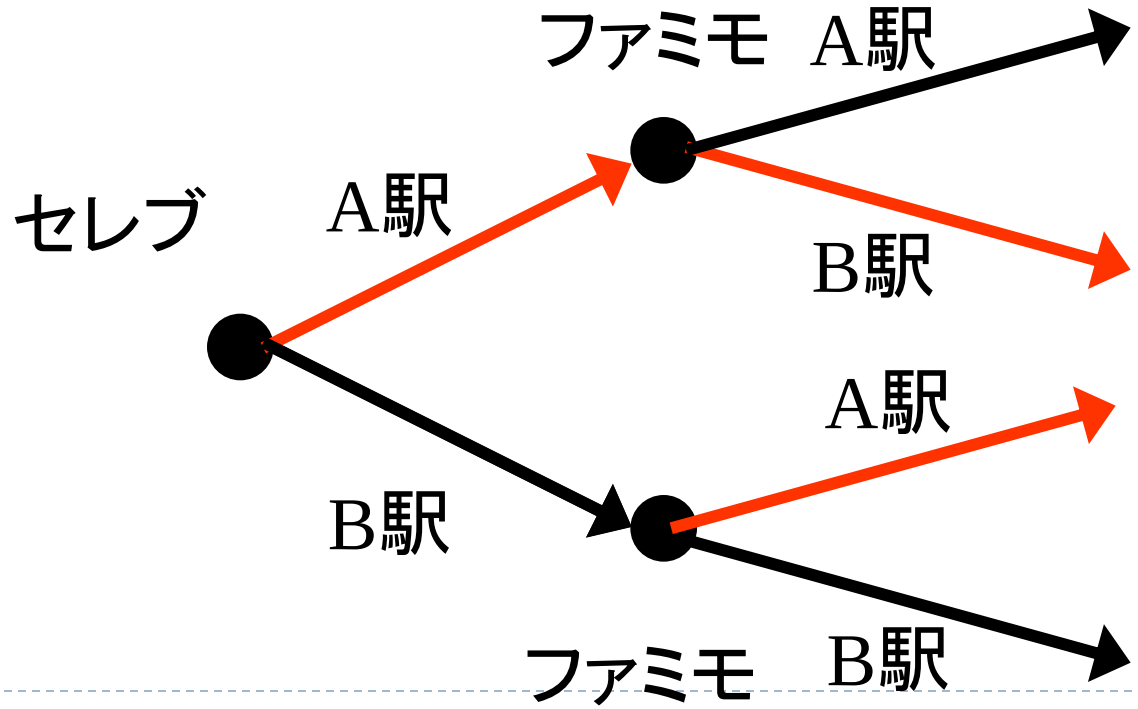
自分に有利な均衡を導くには？

先手を取って，同時のゲームから交互のゲームへ

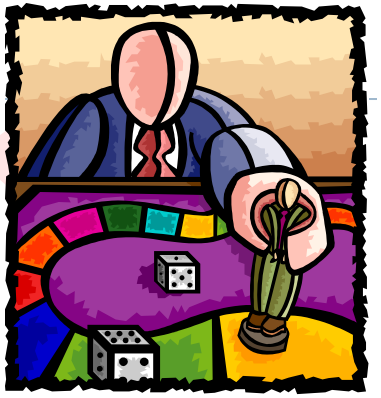
先手を取る＝コミットメント

セレブが先手を取ると？

- セレブは先手を取ることで，自分に有利な結果を導ける
- 先手を取ることは，コミットメントすること



セレブ	ファミモ
300	300
600	400
400	600
200	200



戦略的思考のポイント

ナッシュ均衡が複数ある同時のゲームにおいては，自分が先手を取って交互のゲームに変えることで，自分に有利なナッシュ均衡を導くことができる.

- コミットメント効果

納税交渉の相手選択

2012年度 K.Yさん

- 国と都が，税金を滞納した２企業，A社とB社に納税交渉
- 稼働と予算制約から１社しか訪問できない
- B社の方が支払い能力が高い
- 同じ会社を訪問すれば，A社は折半，B社だと滞納割合に応じて支払い

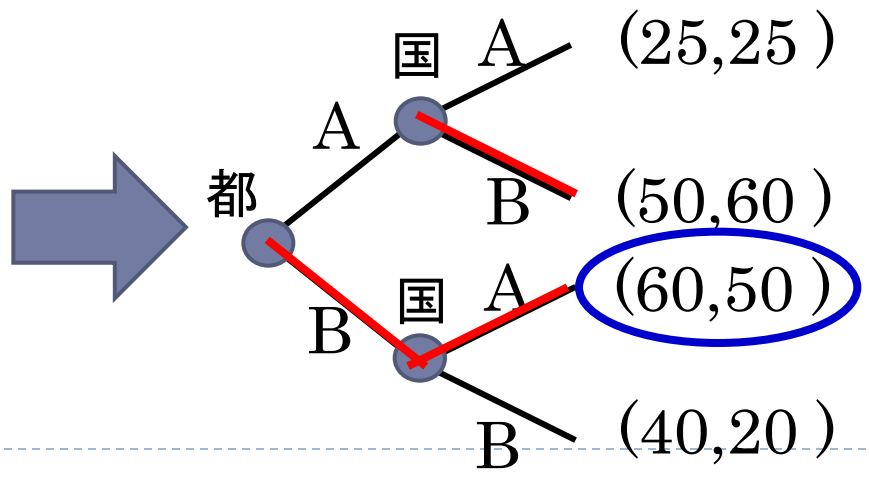
チキンゲーム
先手を取ると有利か？

国＼都	A社	B社
A社	(25 , 25)	(50 , 60)
B社	(60 , 50)	(40 , 20)

チキンゲームでは先手を取ってゲームを変える

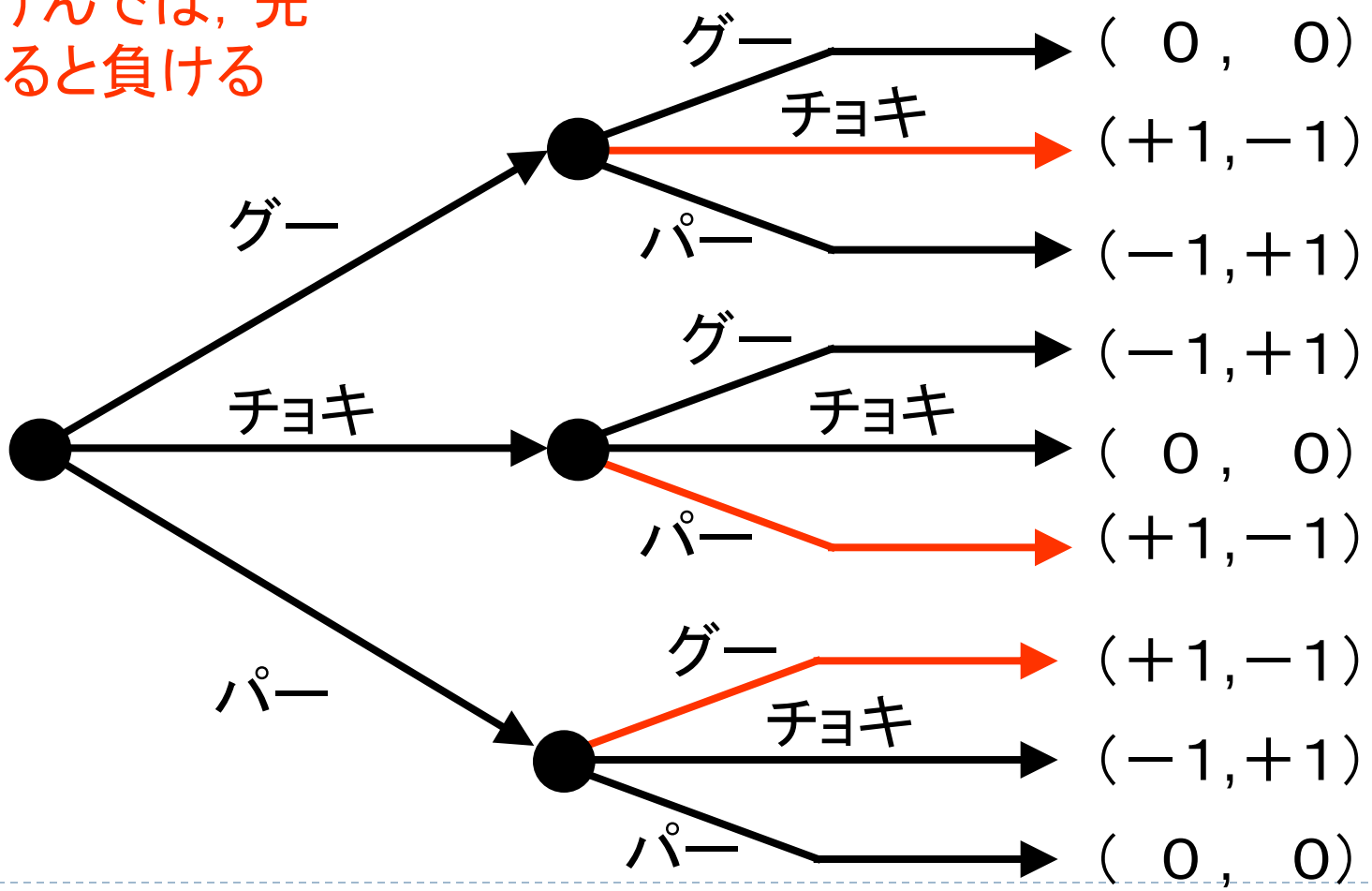
- チキンゲームはナッシュ均衡が2つ
  - どちらかのナッシュ均衡が自分に有利
  - 同時ゲームでは，どちらの均衡が実現するか分からない
  - 実際には，ナッシュ均衡にならず悲惨な結果になることも
- 先手を取ってゲームを展開形に変える
  - 自分の行動をコミットすることで，自分に有利な結果に

国＼都	A社	B社
A社	(25,25)	(50,60)
B社	(60,50)	(40,20)



先手を取るのは常に有利とは限らない

じゃんけんでは，先手を取ると負ける



戦略的思考のポイント

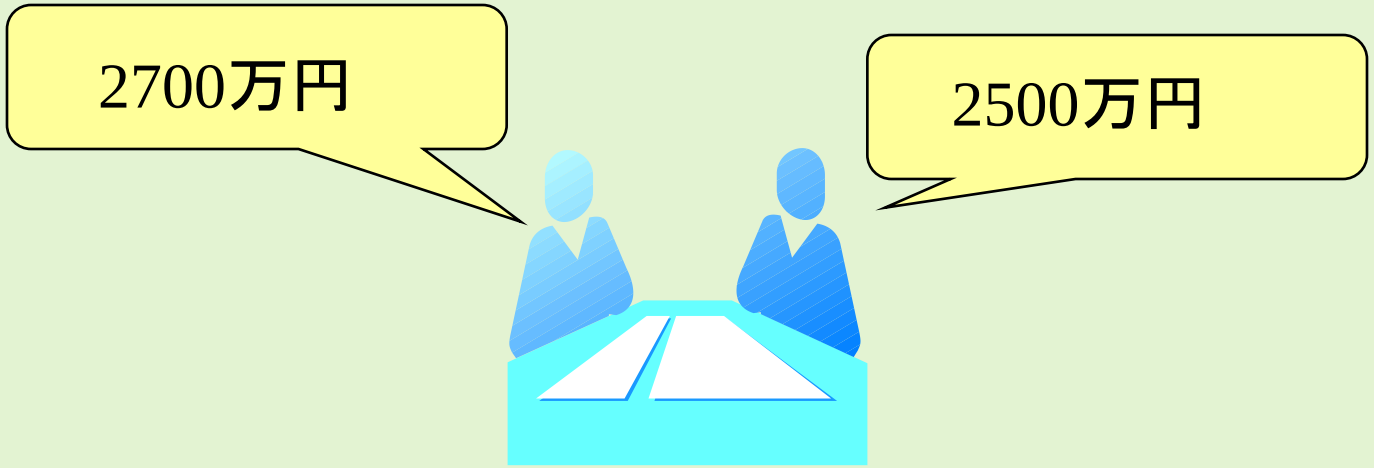
先手をとったり，コミットメントをしたりすることで，有利になるときと不利になるときがある．ゲームの木を使って分析せよ．

3.3　交渉とゲーム理論

NABENAVI .net

実験　実験: 最後通牒ゲーム

- 簡単な交渉ゲーム—W家の土地売買交渉
- 売主と買主が土地を売買しようとしている
- 買主の支出許容額（支払っても良い最高額）: 2700万円
- 売主の留保価格（売買に応じる最低額）: 2500万円



最後通牒ゲーム

- 買主が売買額を提示
- 売主が「承諾」か「拒否」かどちらかを選択
- 拒否ならば，交渉決裂⇒双方利得0
- 承諾ならば，その金額で売買成立
- 利得の計算方法
  - 買主：支払許容額－売買額
  - 売主：売買額－留保価格

例：2650万円で売買

W:　2700-2650＝50

売主：2650-2500＝150

実験1：交渉ゲーム実験

- さて．．．
- (1)　あなたが提案者の買主ならば，価格をいくらで提案するか．
- (2)　あなたが提案された方（売主）ならば，いくらならOKし，いくらなら拒否するか．

参加者で試してみよう

この問題には「正しい答」などないので，自分なりによく考えて欲しい．

あとで，答をいろいろ検討してみよう．

W家の土地交渉

- 簡単な交渉ゲームWの支出許容額（支払っても良い最高額）：2700万円
  - 売主の留保価格（売買に応じる最低額）：2500万円

✧ 不動産屋からの通告：
  ✧ 売主が「日曜の夜までに決めてください．」と言っています．

✧Wの戦略：
  ✧ 「ぎりぎりまで待って，最後通牒権を取ろう」

最後通牒ゲーム

- Wが売買額を提示
- 売主が「承諾」か「拒否」を選択
- 拒否ならば，交渉決裂⇒双方利得0
- 承諾ならば，その金額で売買成立
- 利得の計算方法
  - W:　支払許容額－売買額
  - 売主：売買額－留保価格

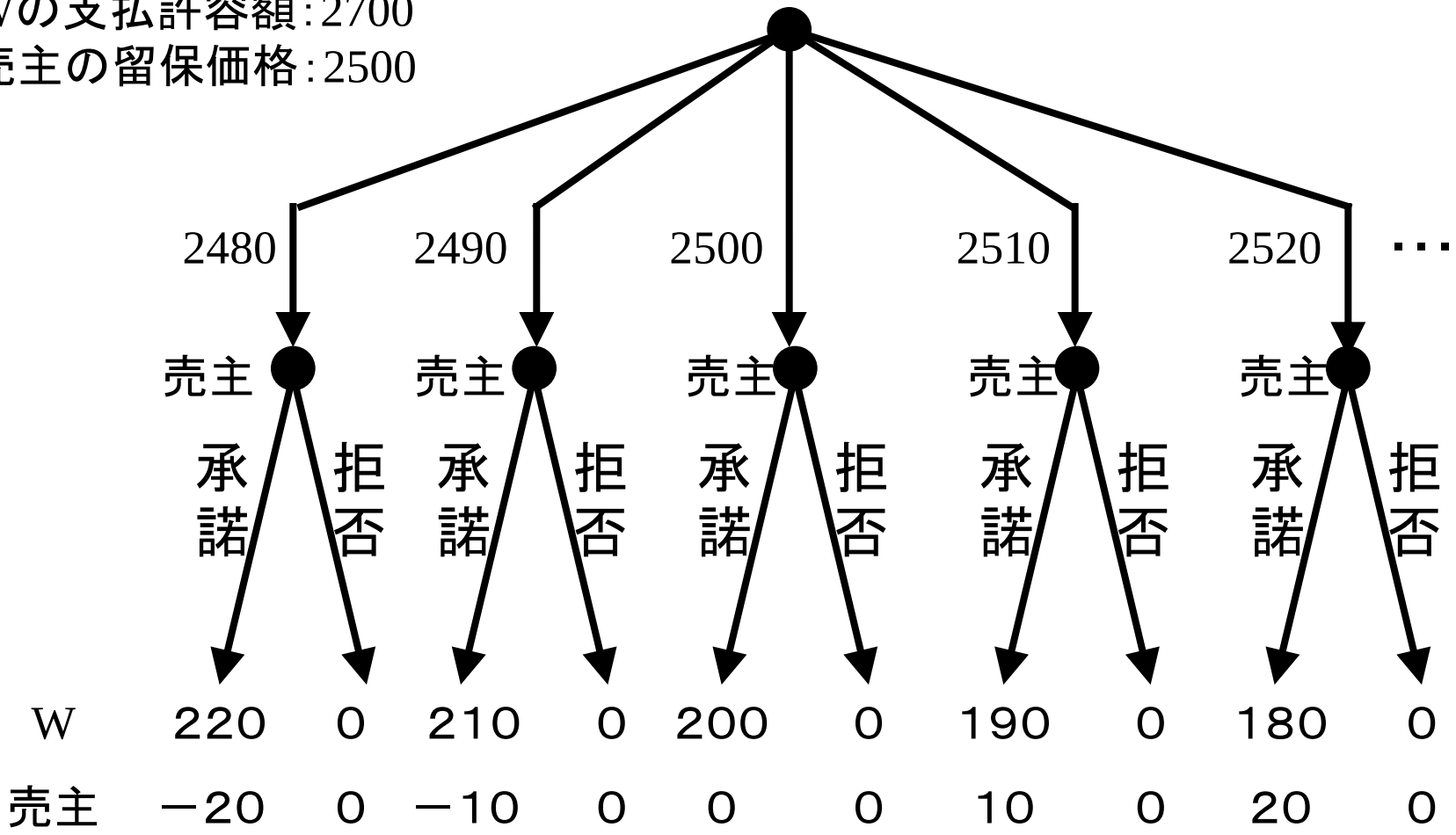
例：2650万円で売買

W:　2700-2650＝50

売主：2650-2500＝150

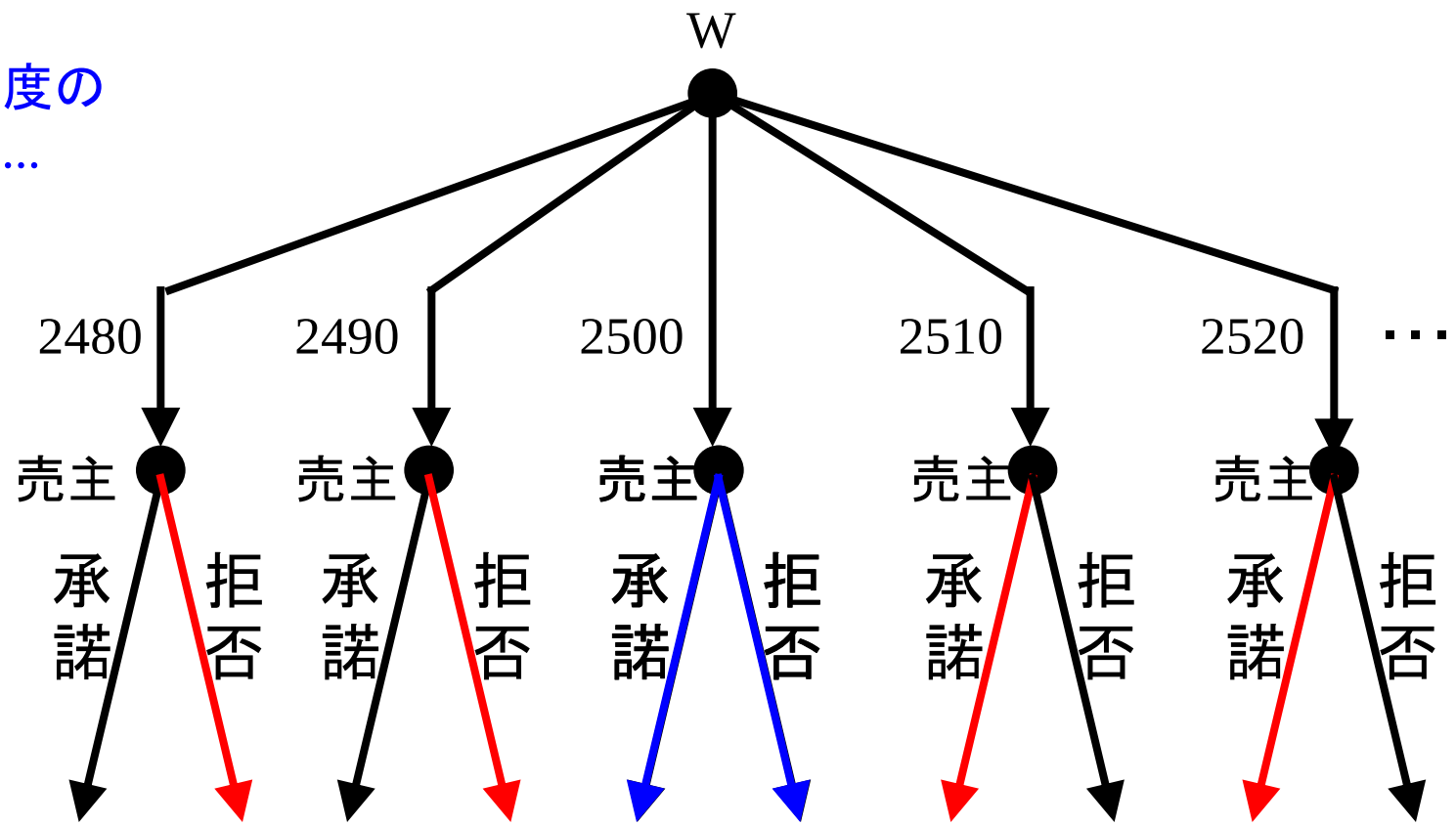
最後通牒ゲーム

- 10万円単位の提示
- Wの支払許容額:2700
- 売主の留保価格:2500



最後通牒ゲームを解く　＃１

2500万円丁度の
提示は微妙…

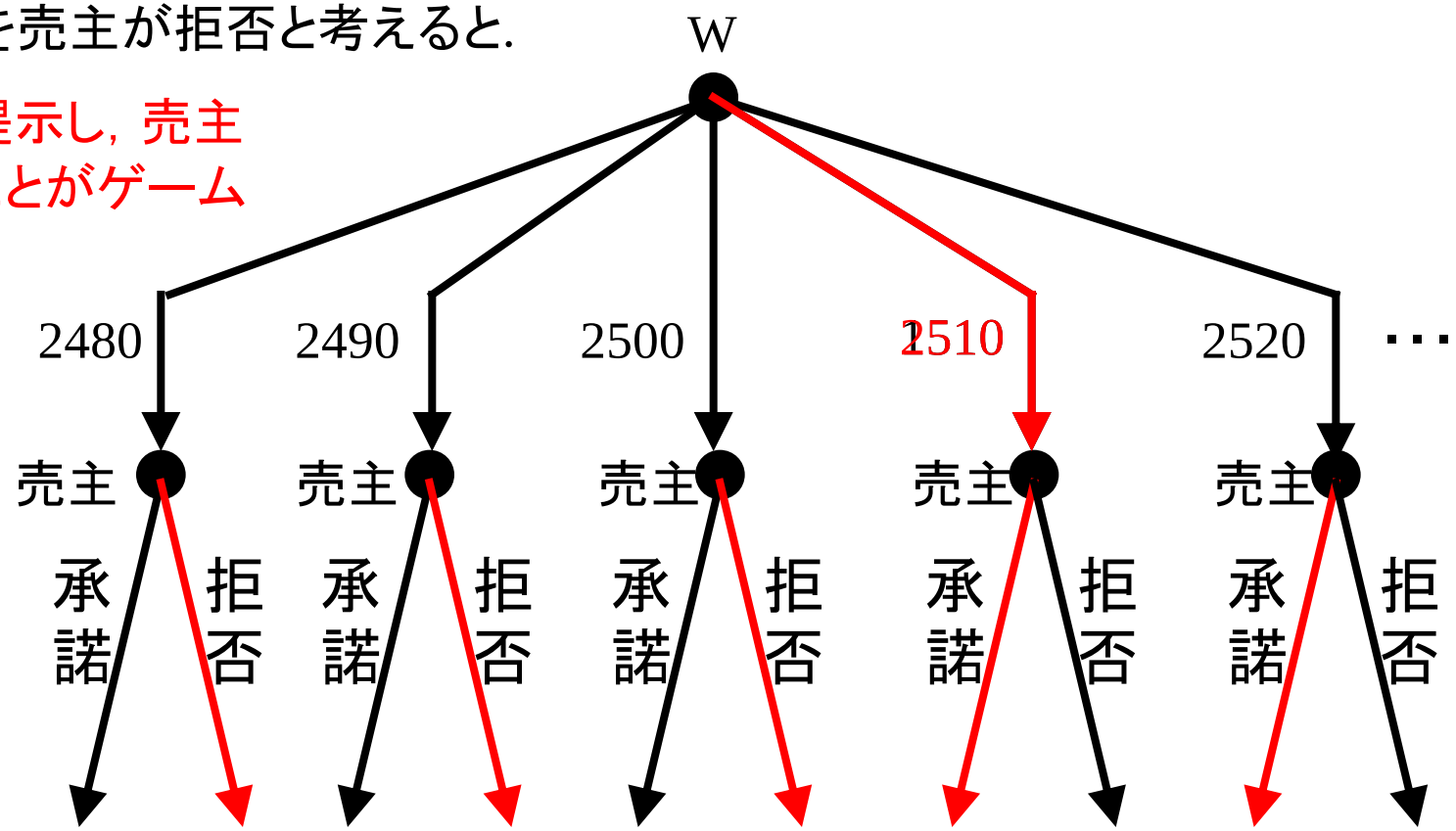


W	220	0	210	0	200	0	190	0	180	0
売主	−20	0	−10	0	0	0	10	0	20	0

最後通牒ゲームを解く　＃２

2500の提示を売主が拒否と考えると.

Wが2510を提示し，売主が承諾することがゲームの解



W	220	0	210	0	200	0	190	0	180	0
売主	−20	0	−10	0	0	0	10	0	20	0

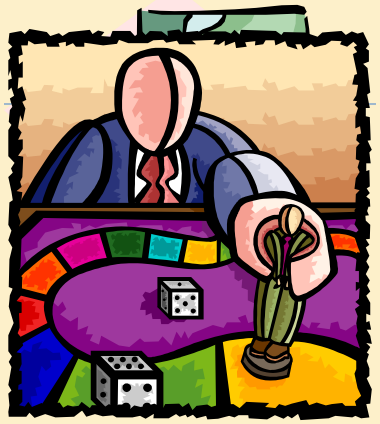
（注）2500の提示を売主が承諾するとき⇒Wが2500を提示し，売主が承諾することがゲームの解⇒結果に大差はない

最後通牒ゲームの解

- 先読みで解く
- 最後通牒される方
  - 自分が許容するギリギリまで承諾
- 最後通牒する方
  - 相手が譲歩するギリギリを提示
- 最後通牒権を持っている方が圧倒的に有利

NABENAVI .net

戦略的思考のポイント



1回きりの交渉ゲームでは最後通牒権を取れ．相手をぎりぎりまで譲歩させられる．

W家の土地交渉　ー結果

- 日曜の夜，ギリギリまで待つ
- 最後通牒権を取って不動産屋に電話
  - 「2510万円なら買います」と売主に伝えて欲しい
  - うまく交渉成功！？

- 直後に不動産屋から電話
  - 「2600万円なら売るそうです．即決しないと話は流れるます」
  - Wは最後通牒権を取られ，2600万円で妥結．．．

教訓：

何時が本当の最後通牒なのか分からない

最後通牒ゲームの実験

- Roth, Prasnikar Okuno, Zamir et. al. (1991)
- イスラエル，日本，アメリカ，ユーゴスラビアでの比較実験
- １０００（トークン）を２人で分ける
- 提案は5トークン刻みで行う
- 第１プレイヤー　→　分け前を提案
- 第２プレイヤー　→　YesかNoかを決める
- 実際に賞金を出して実験
- 各国20人の被験者，10回の繰り返し
- 実験のコントロールが重要

最後通牒ゲームの構造

- 提案を受ける側
  - YesかNoかを決めるだけ
- 提案する側
  - 相手がその提案でYesと言うか,Noと言うか，相手の反応を予測する必要がある
- ゲーム理論の解
  - 第1プレイヤーが995トークンを提案，第2プレイヤーが受諾（Yes）
- 実際には？
  - あまりに不公平な提案は，第2プレイヤーが拒否する

実験の結果　#1

- 均衡通りにプレイするのは…
  - 全体の1%にも満たない
- 提案価格
  - 中間値（500トークン）付近に集中
- 自分の取り分が大きい提案は，小さい提案より高い確率で拒否される
  - 交渉が成立しない確率が高い
  - 当たり前

日本とアメリカの国際比較

- 第1プレイヤー（提案する側において），日本とアメリカでは，どちらが自分の取り分を大きく主張すると思われるか？

実験の結果　#2

- 第1プレイヤーは日本とイスラエルの方が，アメリカとユーゴより，大きい取り分を主張する傾向にある
  - アメリカ・ユーゴのほうがより公平性に敏感
    →大きい分け前を主張すると拒否される傾向にある
  - 日本・イスラエルは第1プレイヤーが高い分け前を得られる事をやや認めている
- 提案の拒否率は，国でさほど違わない
  - 低い提案をした国がより高く拒否されているわけではない
  - むしろアメリカ・ユーゴなど（高い提案をする国）は，低い提案に関して拒否率が高い（不公平な提案に厳しい）
  - 日本，ユーゴなどは，低い提案を受け入れる可能性が高く，提案者もそれを読んで行動している

最後通牒ゲームまとめ

- 最後通牒権を持っているほうが有利
  - 相手をぎりぎりまで，譲歩させられる
- 交渉が決裂したときの決裂点が，交渉力を決める
  - 最後通牒される方は，交渉が決裂したときの自分の状態が優位な方が交渉力が強い
- 最後通牒ゲームと実験
  - ゲーム理論と現実の違い
  - 第1プレイヤーは第2プレイヤーの「強さ」を読む
  - 同じ文化だと，それはだいたい読める
  - 異なる文化だとすれ違い？
  - 今後：実験経済学とゲーム理論の融合

NABENAVI .net

４. ゲーム理論と制度設計

4.1 オークション

いろいろなオークション：単一財

単一財（single object）

公開オークション
- 競り（イギリス式オークション
競り上げ式）
- ダッチオークション（競り下げ式）

封印オークション
- 競争入札（ファーストプライス オークション）
- セカンドプライスオークション

ネットオークション・自動入札方式

競り（イングリッシュオークション）

大田市場青果部 （メロン）

ダッチオークション #1 大田市場

入札・オークションと自治体

- 市場原理の導入により，自治体の入札・オークションへの導入が盛ん
  - 公共事業入札
  - 調達入札
  - 地方債・都債の入札（？）
    - シンジケート引き受け⇒入札へ？
    - 国債の入札方式に準じる⇒コンベンション？ダッチ？
  - 公売入札
    - インターネット公売

インターネット公売（例）

こんにちは、ゲスト さん　申込一覧 | ログイン

インターネット公売
Internet Public Auctions

インターネット公売とは？
各行政機関が税金などの滞納者から差し押さえた財産を、国税徴収法などにのっとって売却する手続きの一部です。

YAHOO! Auctions

オークション > インターネット公売

キーワードで探す！
検索

価額で探す！
- 3,000円以下
- 5,000円以下
- 10,000円以下
- 50,000円以下

全510物件実施中

公売物件ピックアップ！ Pick Up!!

青森県むつ市の土地
8,278m²
実施状況：入札,締め切り
見積価額：9,520,000円

ホンダ、スクーター「タクト」AF30
実施状況：入札,締め切り
見積価額：1,000円

タイヤ付アルミホイール VIBRAM TRYBECCA 17インチ
実施状況：入札,締め切り
見積価額：10,000円

物件の種別で探す！

動産、自動車

動産物件を見る

自動車を見る

ほかにもいろいろ
- 京友禅、西陣織などの着物
- 絵画、版画、掛軸
- ダイヤ、真珠などジュエリー
- 陶器、グラス、花瓶など
- マウンテンバイク
- プラズマ、DVDレコーダーなど

不動産

物件の種類で探す

物件の所在地で探す

北海道 / 東北 / 関東 / 信越 / 北陸 / 東海 / 近畿 / 中国 / 四国 / 九州 / 沖縄

すべての不動産物件を見る(49)

実施中行政機関一覧

自治体初のネット公売ー東京都（2004年7月）

自治体初のネット公売ー東京都（2004年7月）

今回の公売物件一覧

2ページ中1ページ目を表示（合計：20点）　［ 前の12件 | 次の8件 ］

ロールスロイス SILVER SPUR　第CA6号	グランドピアノ　憧れのスタンウェイ　第D19号	富岡　鉄斎作「巌居谷飲図」　第D2号	山下清のリトグラフ「ハイデルベルグの古城...
現在の価格　3,889,000円	現在の価格　5,602,000円	現在の価格　2,553,000円	現在の価格　2,101,000円
鈴木治のオブジェ「装飾的な雲」　第N2101号	天保小判金　第D5号	旧ソ連の画家　ムィリニコフ作　油彩「湖の...	プラチナ様ヒスイ様ダイヤ様指輪　第D6号
現在の価格　301,000円	現在の価格　636,000円	現在の価格　473,000円	現在の価格　147,000円

官公庁オークション－現在の公売オークション

さまざまな公売形式

- さまざまなオークションの形式
- 入札形式＝ファーストプライスオークション
  - 全員が一度入札をする. 他者の入札は見えない.
  - 一番高い値をつけたものが, その価格で落札
- 競り形式（自動入札形式）
  - 現在の最高額入札者と落札価格が表示される.

競り形式（自動入札方式）例

- オークションの開始価格が200円だったとする.
- Aさんが1000円で入札
  - 最高額入札者Aさん
  - 現在の価格 は200円と表示(入札単位100円）
  - Aさんの1000円は表示されない
- Bさんが500円と入札
  - 最高額入札者はAさん
  - 現在の価格 は600円と表示
- Cさんが1600円で入札
  - 最高額入札者はCさん
  - 現在の価格 は1100円と表示

ゲーム理論とオークション－封印オークションで学ぶ

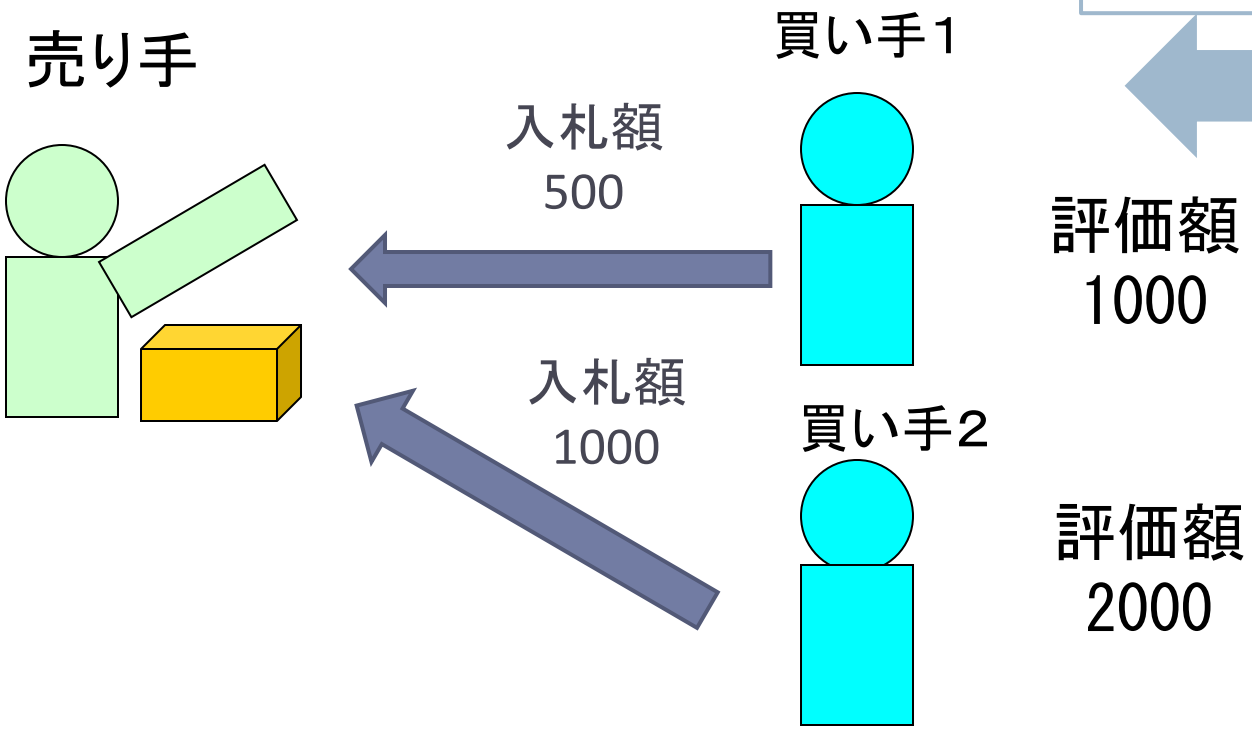
- ２つの封印オークション
  - 入札者は，自分の評価額を封印した紙で提出し入札
  - ファーストプライスオークション
    - 1番高い入札額の人に，その価格（＝１番高い価格）で売る
  - セカンドプライスオークション
    - 1番高い入札額の人に，2番目に高い価格で売る

- セカンドプライスオークション？
  - 切手のオークションなどで使われている
  - （例）stampseven
    - 1番値が2000円以下の場合は，その金額で落札
    - 1番値が2000円を超える場合は，２番値の1割増程度が落札値（上位３桁目を切り上げ）

ファーストプライス VS セカンドプライス

参加者の入札は，オークションに依存することを考えていない

ファーストプライスオークションの方が絶対儲かる？



落札額	
ファーストプライスオークション	1000
セカンドプライスオークション	500

売り手に高い収入を与える形式は？

- もし入札者が同じ入札をしたならば，ファーストプライスの方が落札額は高い！　しかし．．．
- 入札者は入札方式において入札行動を変える
  - ファーストプライスオークション－－自分の入札額が売買価格となるので，安く買いたいため入札額を下げる
  - セカンドプライスオークション－－自分の入札額は売買価格に関係ないため入札額を下げる必要はない
- セカンドプライスの方が入札額を上げる傾向にある

- もし入札者が同じ入札をしたならば，ファーストプライスの方が入札額の高いセカンドプライスの2番めの価格と，入札額が低いファーストプライスの１番目の価格，どっちが高いか？
  - ゲーム理論の出番！

セカンドプライスオークション

- 参加者は，他の参加者の入札額に関わらず自分の評価額を正直に入札することが良い
- 財に対する評価が1番高い買い手が落札
- 落札価格は，2番目に高い買い手の評価額
  - 1番目に高い買い手の評価額がいくらであっても！

自分の評価額を正直に入札

⇒人間の「戦略的な行動」を考慮し，その人の情報や好みを正直に申告させることができる性質（耐戦略性）

⇒後ほど，学校選択の割り当てで再登場

ファーストプライスオークション

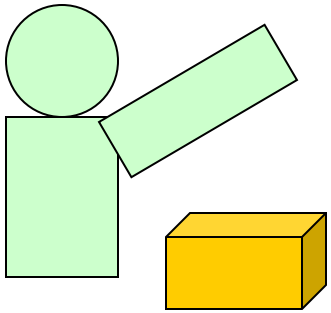
- 正確な議論はここではしない
  - かなり難しい
  - しかし粗く言えば「入札者は自分が一番高い評価額だと仮定し，２番目に高い評価額（自分の次に高い評価額）を予想し，その金額（の僅かに上）を入札する」

ファーストプライスオークションの結果

- 参加者は，自分の次に高い評価額の期待値（予想額）とほとんど同じ額を入札する
- 財に対する評価が1番高い買い手が落札し
- 落札価格は，2番目に高い買い手の評価額の予想額となる

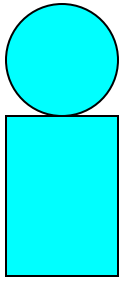
競り　＃１

売り手



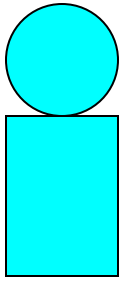
評価額　200

買い手１



評価額
1000

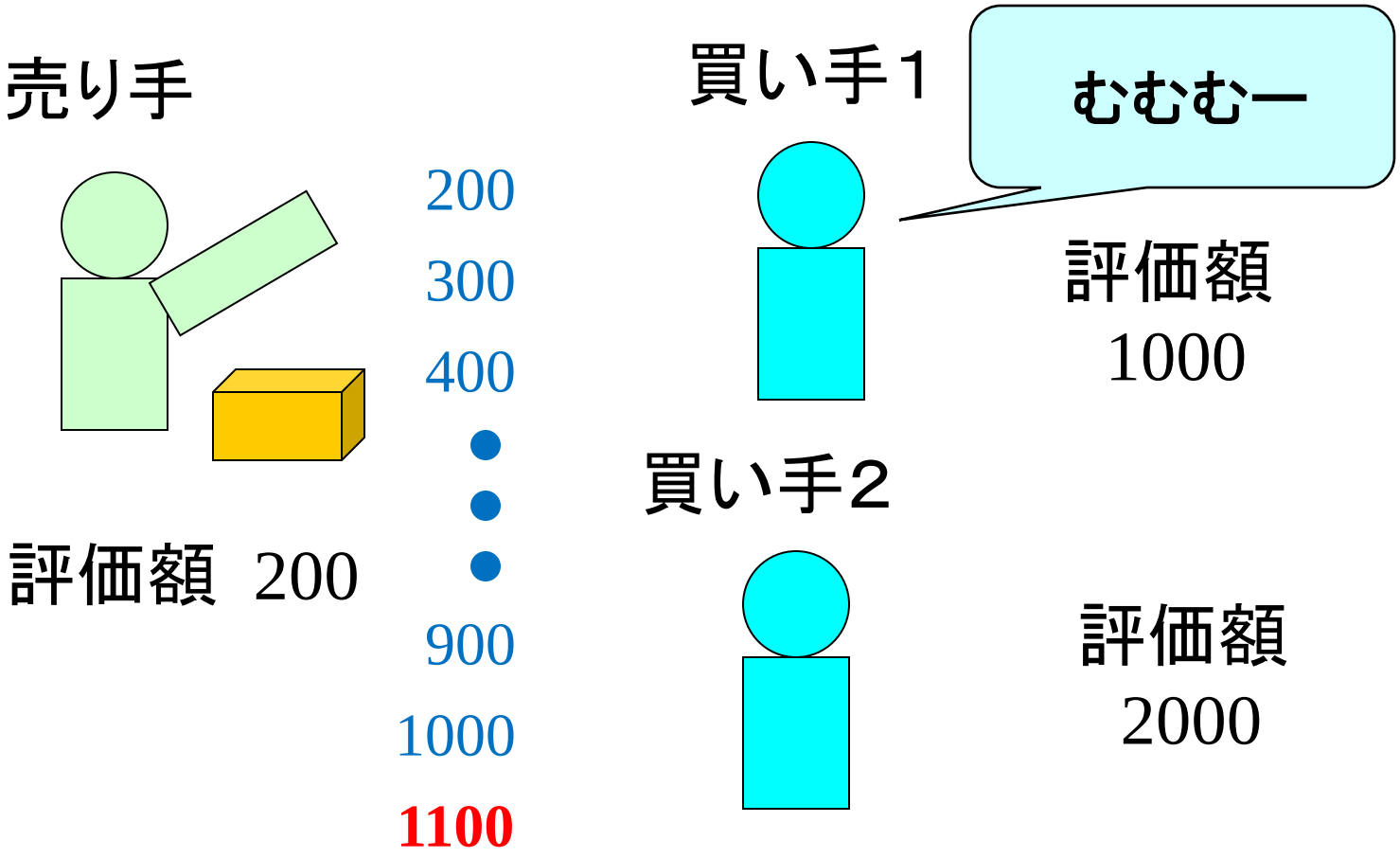
買い手２



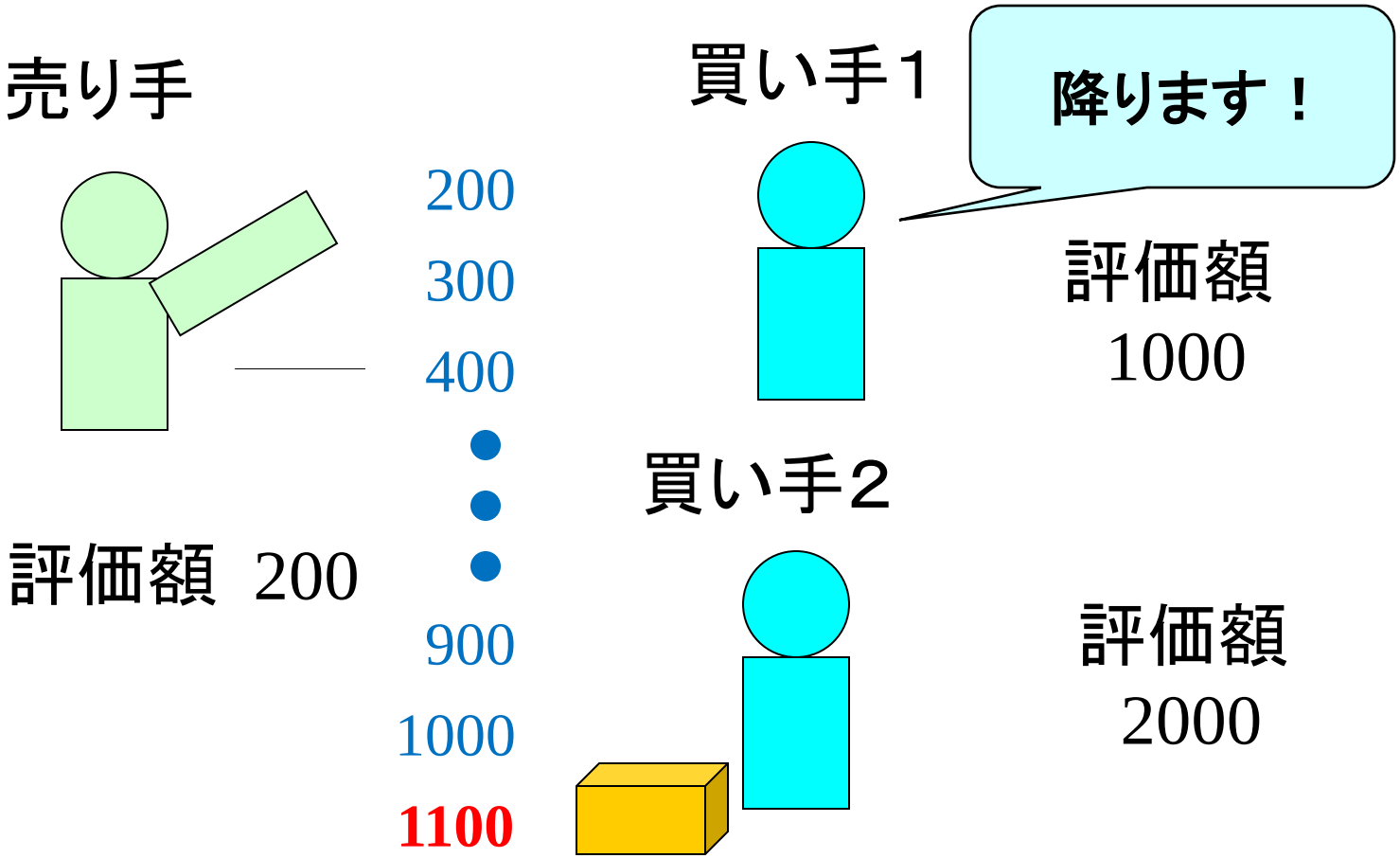
評価額
2000

200から100づつ値段を上げてゆく「競り」で考える

競り　＃２


売り手
評価額　200
200
300
400
900
1000
1100
買い手１
むむむー
評価額
1000
買い手２
評価額
2000

競り　＃３



買い手２は1000（又は1100）で財を獲得

イングリッシュオークション（競り）の場合

- 参加者は，他の参加者の行動に関わらず，自分の評価額まで参加し，自分の評価額で降りることがもっとも良い戦略
- 2番目に高い評価額が脱落した時点で決着
- 財に対する評価が1番高い買い手が落札
- 落札価格は，2番目に高い買い手の評価額
  - 1番目に高い評価額を持つ買い手の評価額がいくらであっても！

- セカンドプライスオークションと同じ！
- もともとは Vickrey（1961）がイングリッシュオークションを分析するために考案したと言われていた

収益等価定理

- 売り手の落札価格
  - イングリッシュオークション，セカンドプライスオークションは2番目に高い評価額
  - ファーストプライスオークションは，2番目に高い評価額の予想額（期待値）
  - したがって，どんなオークションであっても落札価格の期待値は2番目に高い人の評価額となる.
- これは一番高い評価額を表明した人に財が渡るというすべてのオークションで成立し，収益等価定理と呼ばれる
  - これを証明したMyersonは2008年にノーベル経済学賞を受賞
  - リスク中立，評価額分布がi.i.d，対称戦略，価値独立の条件が必要

自動入札方式の特徴

- 2番目に高い入札額（の1単位上の価格）で落札
- 「競り」とほぼ同じ

- 参加者は，戦略的な行動の必要はなく，自分の評価額を正直に表明することが良い戦略（耐戦略性）
- その結果，財に対する評価が最も高い参加者に財が配分される（効率的資源配分）
- ファーストプライスオークションに比べ，損をしているわけではない（収益等価定理）

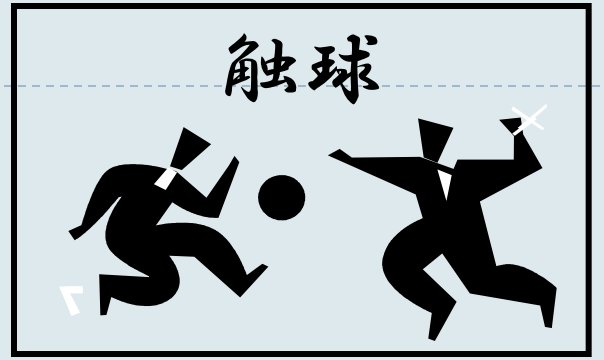
まとめ：オークション

- 競りやオークションは，調達入札，公共事業入札，公売，競売など多くの場面で使われている
- オークションには，様々な形式がある
- セカンドプライスオークション，インターネットの自動入札方式はイングリッシュオークション（競り）と同じ良い特徴を持っている
  - 耐戦略性：参加者は評価額を正直に表明（独立価値の場合）
  - ファーストプライスオークションと比べて，期待利益が低いとは限らない（収益等価定理）

4.2 投票

NABENAVI .net

日本触球協会会長選挙

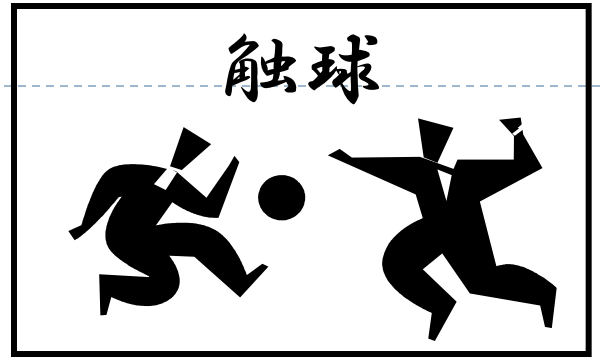


- 初代会長選び一候補者はR氏，L氏，N氏の3人
- 投票する評議員20人は3つの派閥に分かれている
- 各派閥の人数と候補者の選好（好み）の順序

右派（9人）:	R氏	＞	N氏	＞	L氏
左派（8人）:	L氏	＞	N氏	＞	R氏
中立派（3人）:	N氏	＞	L氏	＞	R氏

- 会長には誰が選ばれる「べき」だろうか？
- 実際に会長には誰が選ばれるのだろうか？

日本触球協会会長選挙

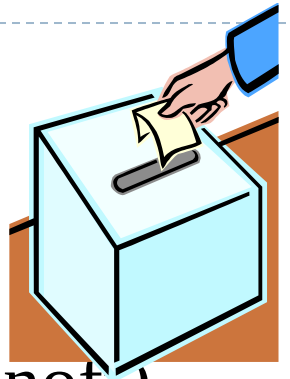


- 初代会長選び一候補者はR氏，L氏，N氏の3人
- 投票する評議員20人は3つの派閥に分かれている
- 各派閥の人数と候補者の選好（好み）の順序

右派（9人）：	R氏	＞	N氏	＞	L氏
左派（8人）：	L氏	＞	N氏	＞	R氏
中立派（3人）：	N氏	＞	L氏	＞	R氏

投票ルールによって，選ばれる会長には違いがあるのだろうか？

さまざまな投票ルール



- 単記投票(plurality voting)
  - 各投票者はもっとも好む案を1つ選び投票する
  - 最多得票数の案が選ばれる
- 決選投票付き単記投票(plurality voting with runoff)
  - 各投票者はもっとも好む案を1つ選び投票する
  - もっとも多い上位2つの案が残り，決選投票
- ボルダ投票（順位評点法）
  - 各投票者は，もっとも好む案に2点，次に好む案を1点，もっとも好まないものを0点として投票（案が3つの時）
  - 合計得点の多い案が選ばれる

単記投票

- 全員が自分の好みに従って正直に投票したとする

- 右派(9人)：　R氏 ＞ N氏 ＞ L氏
- 左派(8人)：　L氏 ＞ N氏 ＞ R氏
- 中立派(3人)：　N氏 ＞ L氏 ＞ R氏

- R氏 9点，L氏 8点，N氏3点　　R氏が当選

- 投票者のもっとも好む案しか考慮しない
- 最大派閥のもっとも好む案が選ばれる
- 2大候補の争い，中立派の票は死票に

決選投票つき単記投票

- 全員が自分の好みに従って正直に投票したとする

右派(9人):	R氏	>	N氏	>	L氏
左派(8人):	L氏	>	N氏	>	R氏
中立派(3人):	N氏	>	L氏	>	R氏

- R氏 9点, L氏 8点, N氏3点　　R氏とL氏の決選
- R氏 9点, L氏 11点　　L氏の逆転当選！
- 2大候補(決選)には全員の好みは反映される
- 第1段階では投票者のもっとも好む案しか考慮しない
- 第1段階との逆転現象が起きる－やや不自然？

ボルダ投票（順位評点法）

- 全員が自分の好みに従って正直に投票したとする

右派（9人）:	R氏	＞	N氏	＞	L氏
左派（8人）:	L氏	＞	N氏	＞	R氏
中立派（3人）:	N氏	＞	L氏	＞	R氏

- 好む順に2点，1点，0点
- R氏　18点，L氏 19点，N氏23点

N氏が当選

- 投票者の全体の選好が考慮されるー投票者は下位まできちんと点数を付けられるのか？
- 中庸的，折衷的な案が選ばれる（玉虫色？）

NABENAVI .net

戦略的思考のポイント

投票ルールには様々な特徴がある．単記投票は1番好む代替案に重点を置き多数派の意見を尊重，決戦付き単記投票は全体の争点が2者択一になるときに適し，ボルダ投票は中庸で折衷的な代替案を選ぶ．

戦略的投票の分析

- 投票ルールの分析（1980年以前）
  - 各投票者は正直に自分の好むものに投票する，と仮定
  - 社会選択論
  - 戦略的操作の可能性の指摘ーファルカーソン，ギバード
- 「戦略的投票」を考察（1980年以降）
  - メカニズムデザイン

単記投票をゲーム理論で分析する

- 右派(9人)：　R氏　＞　N氏　＞　L氏
- 左派(8人)：　L氏　＞　N氏　＞　R氏
- 中立派(3人)：N氏　＞　L氏　＞　R氏

支配されないナッシュ均衡は
(R,L,L)，(R,N,N)
L氏かN氏が選ばれる結果に

票が割れて勝者が決まらない場合は，右派の投票が優先するものとする

中立　R

右＼左	R	L	N
R	(2,0,0)	(2,0,0)	(2,0,0)
L	(2,0,0)	(0,2,1)	(0,0,0)
N	(2,0,0)	(1,1,2)	(1,1,2)

L

右＼左	R	L	N
R	(2,0,0)	(0,2,1)	(2,0,0)
L	(0,2,1)	(0,2,1)	(0,2,1)
N	(1,1,2)	(0,2,1)	(1,1,2)

N

右＼左	R	L	N
R	(2,0,0)	(2,0,0)	(1,1,2)
L	(0,2,1)	(0,2,1)	(1,1,2)
N	(1,1,2)	(1,1,2)	(1,1,2)

正直に投票した結果　⇒R氏が選ばれる.
戦略的投票を分析した結果　⇒L氏またはN氏が選ばれる.

2020年夏季五輪の開催地決定

- 候補　東京（日本），イスタンブール（トルコ），マドリッド（スペイン）
- 投票結果
  - 第1回投票
    - 東京　42票
    - イスタンブール　26票
    - マドリッド　26票
  - 決選投票（第2回投票進出へ，イスタンブールvsマドリッド）
    - イスタンブール　49票　マドリッド　45票
    - 第2回はイスタンブールと東京の決選
  - 第2回投票
    - 東京　60票
    - イスタンブール

NABENAVI .net

五輪開催地の戦略的投票（東京五輪バージョン）

- 注意！以下のストーリーは全くのフィクションです
- ××年，オリンピック開催地の決定
- 候補地　T（J国），I（T国），M（S国）
- IOC委員97人の選好分布が以下であったとする.

- J国　T>I>M
- J国以外
  - 23人　T>I>M
  - 20人　T>M>I
  - 25人　I>M>T
  - 14人　M>T>I
  - 12人　M>I>T

J国は自国の開催地Tに投票すべきか？

J国が正直に投票した場合

- J国　T>I>M
- J国以外
  - 23人　T>I>M
  - 20人　T>M>I
  - 25人　I>M>T
  - 14人　M>T>I
  - 12人　M>I>T

- 第1回投票結果
  - T　1＋23＋20＝44
  - I　25
  - M 14＋12＝26
- TとMが第2回投票へ

- 第2回投票結果（M　vs T)
  - T　1＋23＋20＝44
  - M 25＋14＋12＝51

Mが五輪の開催地に！

⇒Tは落選

J国は自国の開催地Tに投票すべきか？

J国が第1回投票で，戦略的にIへ投票した場合

- J国　T>I>M
- J国以外
  - 23人　T>I>M
  - 20人　T>M>I
  - 25人　I>M>T
  - 14人　M>T>I
  - 12人　M>I>T

- 第1回投票結果
  - T　23＋20＝43
  - I　1＋25＝26　（1はJ国）
  - M　14＋12＝26
- IとMが決選投票！
  - （Jは正直に投票したとする）
  - I　1＋23＋25＝49
  - M　20＋14＋12＝46
- Iが第2回投票へ！
- 第2回投票結果（I　vs　T）
  - T　1＋22＋23＋14＝60
  - I　25＋12＝37

戦略的投票によって，Tが五輪の開催地に！

戦略的投票？実際の事例？

- 2012年夏季五輪開催地決定（2005年7月シンガポール）
  - 候補地はパリ，ロンドン，ニューヨーク，モスクワ，マドリッド
    - 第1回：モスクワが脱落
    - 第2回：ロンドン27, パリ25, マドリッド32, ニューヨーク16
      - ニューヨークが脱落
    - 第3回：ロンドン39，パリ33,マドリッド31
      - 第2回でトップだったマドリッドが最下位に落ち脱落
      - ニューヨークの票がロンドン，パリに回ったため．しかし？
      - マドリッドの票が第2回に比べ1票減っている？？
    - 第4回：ロンドンに決定！パリは悲願ならず．

なぜマドリッドは1票減ったのか？
一間違い説？戦略的投票？

戦略的投票例題:2011年民主党代表選

投票1回目

1. 海江田氏143票
2. 野田氏102票
3. 前原氏74票
4. 鹿野氏52票
5. 馬淵氏24票

投票2回目

1. 野田氏　215票
2. 海江田氏　177票

- 小沢・鳩山グループの推す海江田氏
- 反小沢グループの野田・前原両陣営は，事前に決選投票での連携を確認
- 前原氏（外国人献金問題と主張が強すぎる傾向）は，野田氏に比べ意外と支持が少なかった（1回目の投票結果でも分かる）

演習

戦略的投票例題　：　小沢一郎が採るべき策は？
2011年民主党代表選

NABENAVI .net

投票1回目

1. 海江田氏143票
2. 野田氏102票
3. 前原氏74票
4. 鹿野氏52票
5. 馬淵氏24票

投票2回目

1. 野田氏　　215票
2. 海江田氏　177票

（仮定）

- 野田＋前原　vs 海江田
- 鹿野・馬渕派
  - 野田>海江田
  - 前原<海江田
- 小沢は海江田に入れる票は自由に扱えるとする

問題：あなたが小沢一郎であれば，どのような投票戦略を取るべきか．

まとめ：投票と戦略的投票

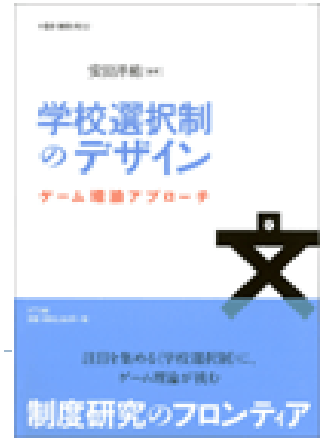
- 投票ルールによって選ばれる案は異なる．単記投票，ボルダ投票，決選投票付き単記投票などの投票ルールのどれを使うかを考える必要がある．
- 投票は皆が正直に投票するとは限らず，戦略的投票が考えられる．ゲーム理論による分析が必要である．
- 決戦投票つき単記投票では，初回の投票で必ずしも自分の好む案に投票することが有利ではない．しかし虚偽の投票は道義的問題を引き起こすので注意が必要である．
- 同様に，やみくもな票固めは必ずしも有利な行動にはならない．

4.3 割り当ての設計

安定マッチングとその応用

- 公立学校の選択制度
  - どのように希望者を割り当てるべきか？
  - 制度設計へのゲーム理論の応用事例
- ボストンとニューヨークの学校制度の変革
  - ボストン方式から受入保留方式へ
  - Gale-Shapley アルゴリズムの応用
  - Abdulkairğu, Sönmez, Roth
- Roth, Shapley のノーベル賞受賞（2012)
  - 安定配分理論と市場設計の実践に関する功績

（参考）学校選択制のデザイン
安田洋祐編著　NTT出版2010

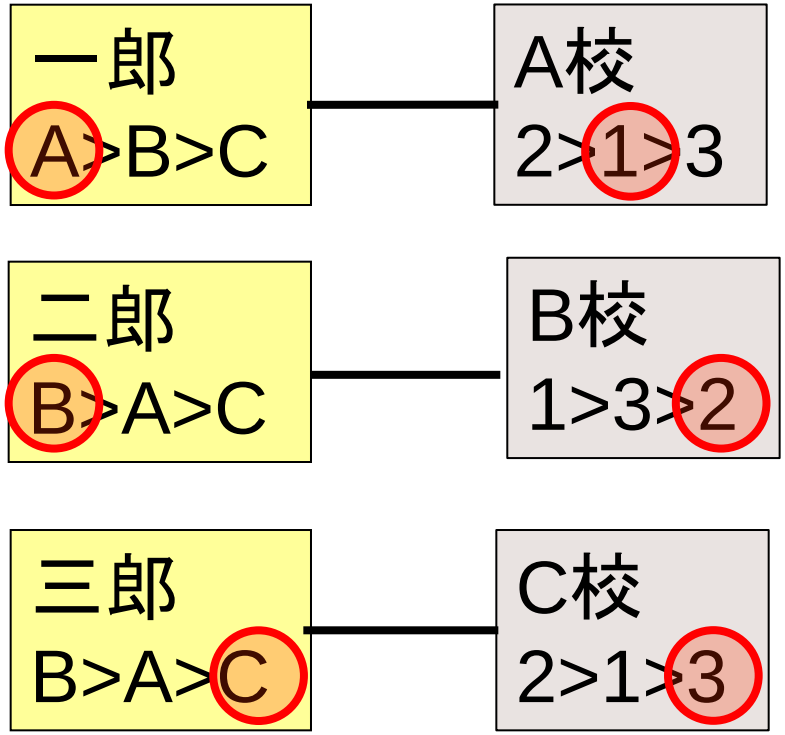


学校選択とマッチング

一郎 A>B>C	A校 2>1>3
二郎 B>A>C	B校 1>3>2
三郎 B>A>C	C校 2>1>3

- 各校の定員は1名
- どの学校に誰を割り当てるべきか？
- どのような方法で割り当てるべきか？

マッチング　1



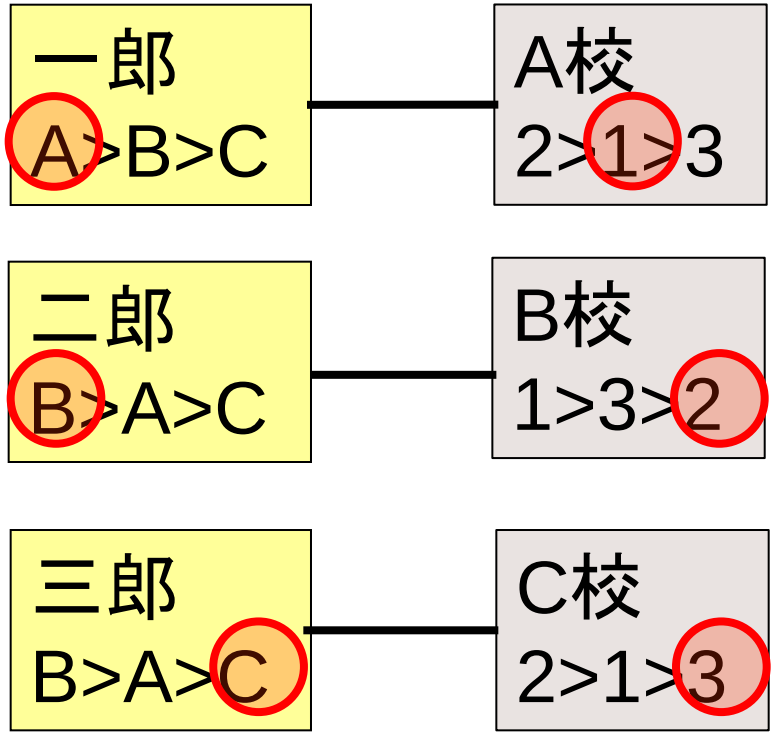
割り当て方を変えて，すべての学生の利得を下げずに，これ以上良くすることはできない

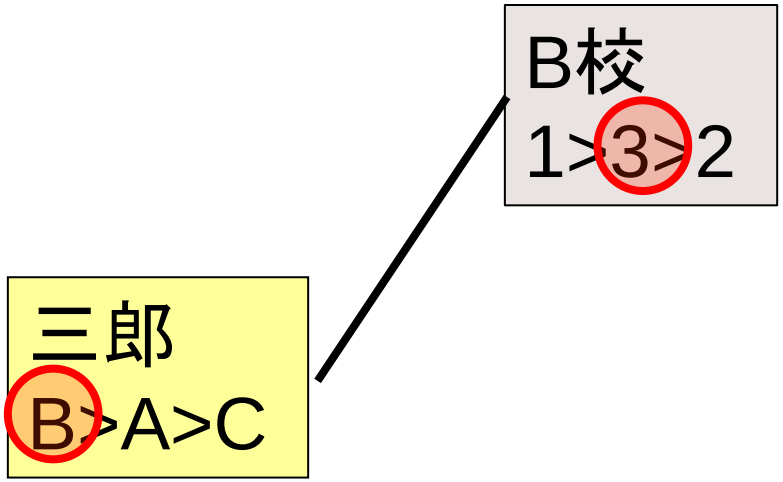
- マッチング１は，良い割り当て方か？

マッチングの安定性

- 三郎をA校に割り当てれば，生徒も学校も両方とも改善！

マッチング　1

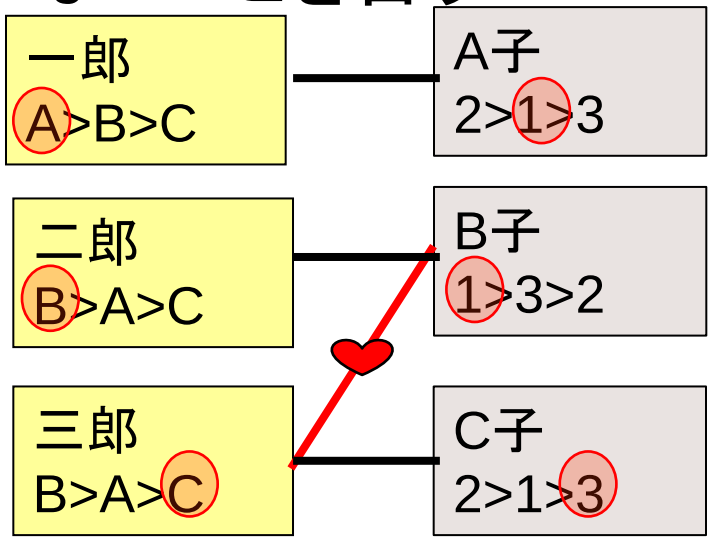




- マッチング1は，良い割り当て方か？

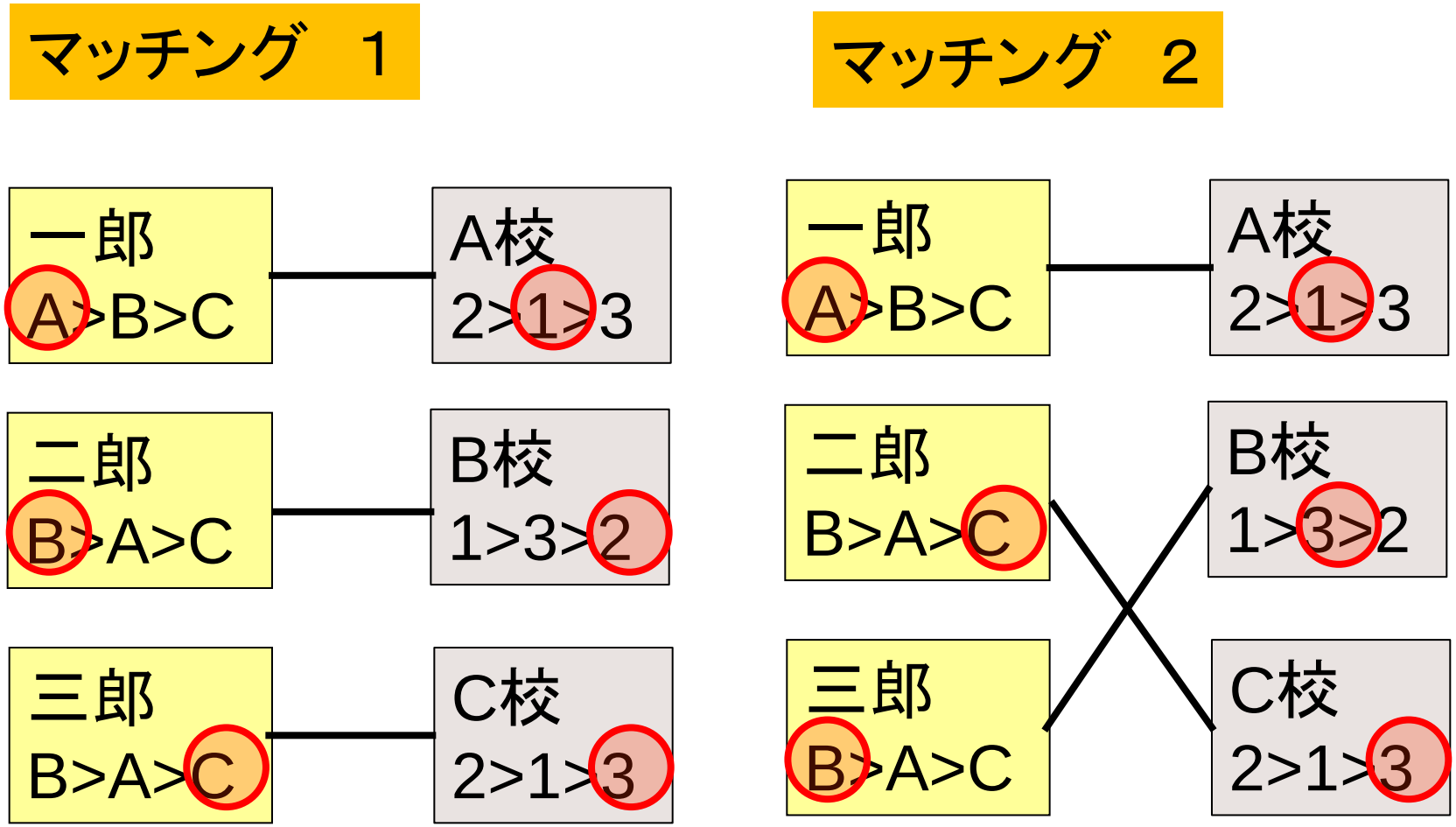
マッチングの評価基準 ： 安定性

- あるマッチングにおいて，ある生徒と学校の組合せを割り当て直して，生徒と学校の両方の好みが上がるならば，そのマッチングは不安定であるという．
- マッチングが安定であるとは，どの生徒と学校の組合せを割り当て直しても，生徒と学校の両方の好みが上がらないことを言う．



- 従来，この問題は安定結婚問題と呼ばれていた．
- 不倫・駆け落ちが起きない結婚が安定結婚

マッチングの安定性



- マッチング2は，安定なマッチング

安定なマッチングを実現する割当て方法

- いかに割り当てを実施するか？
- 各生徒の第1希望，第2希望．．．を聞く
- ボストン方式（通常，行われる割り当て方法）
  - まず生徒の第1志望を優先し，割り当てる．
  - 学校が定員以内であったら，受け入れを決定．
  - 定員を超えていたら学校の優先順に従って生徒を選ぶ．
  - 定員超過で，割り当てが決まらなかった生徒を第2志望に割り当て．
  - 定員に空きがあれば，学校の優先順に従って生徒を選ぶ．
  - 定員超過で，割当が決まらなかった生徒を第3志望に．．．
  - 以下，決まるまで繰り返す．

ボストン方式：最初に志望順位を提出

一郎
A>B>C

第1志望：A
第2志望：B
第3志望：C

A校
2>1>3

二郎
B>A>C

第1志望：B
第2志望：A
第3志望：C

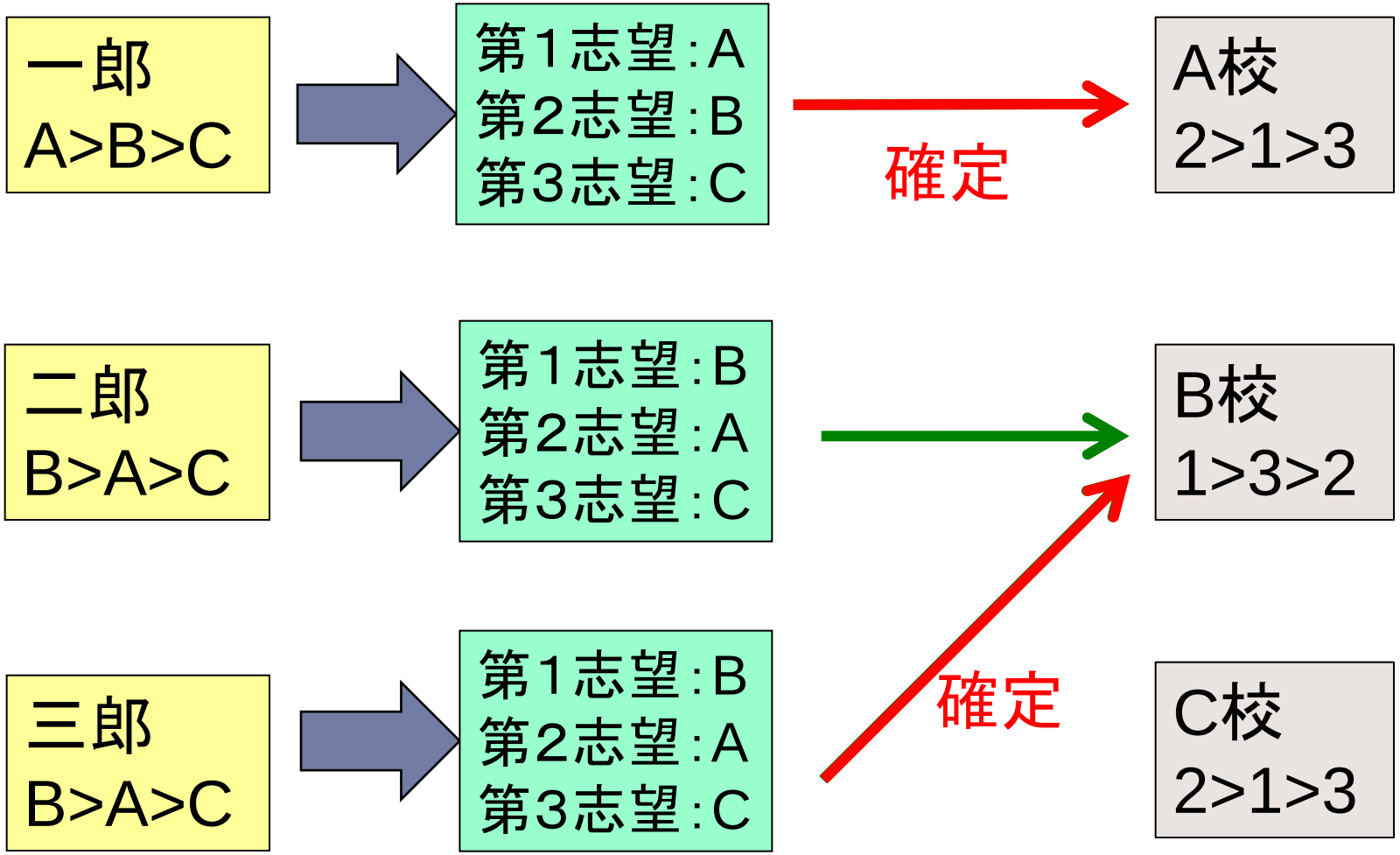
B校
1>3>2

三郎
B>A>C

第1志望：B
第2志望：A
第3志望：C

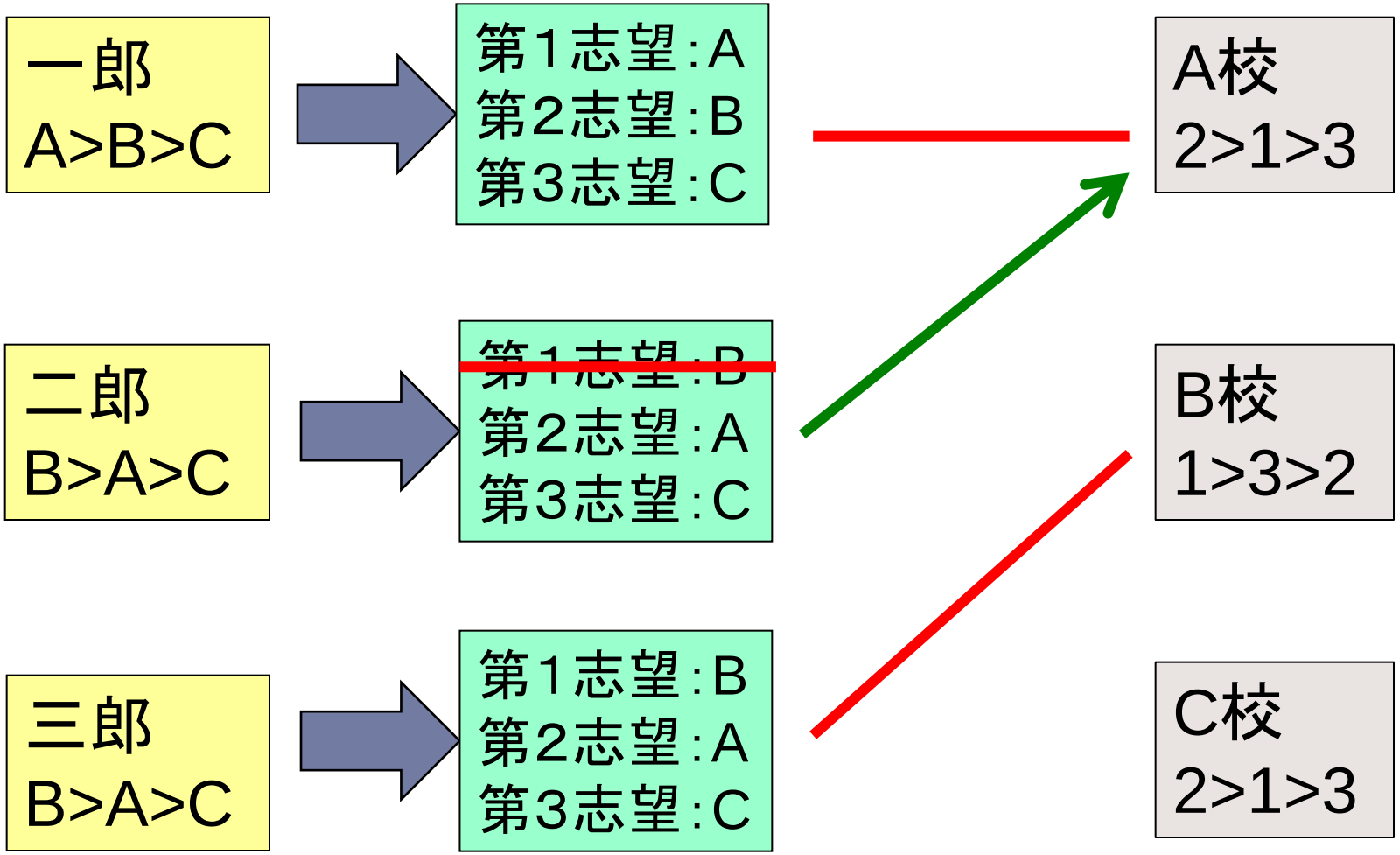
C校
2>1>3

ボストン方式：最初に志望順位を提出



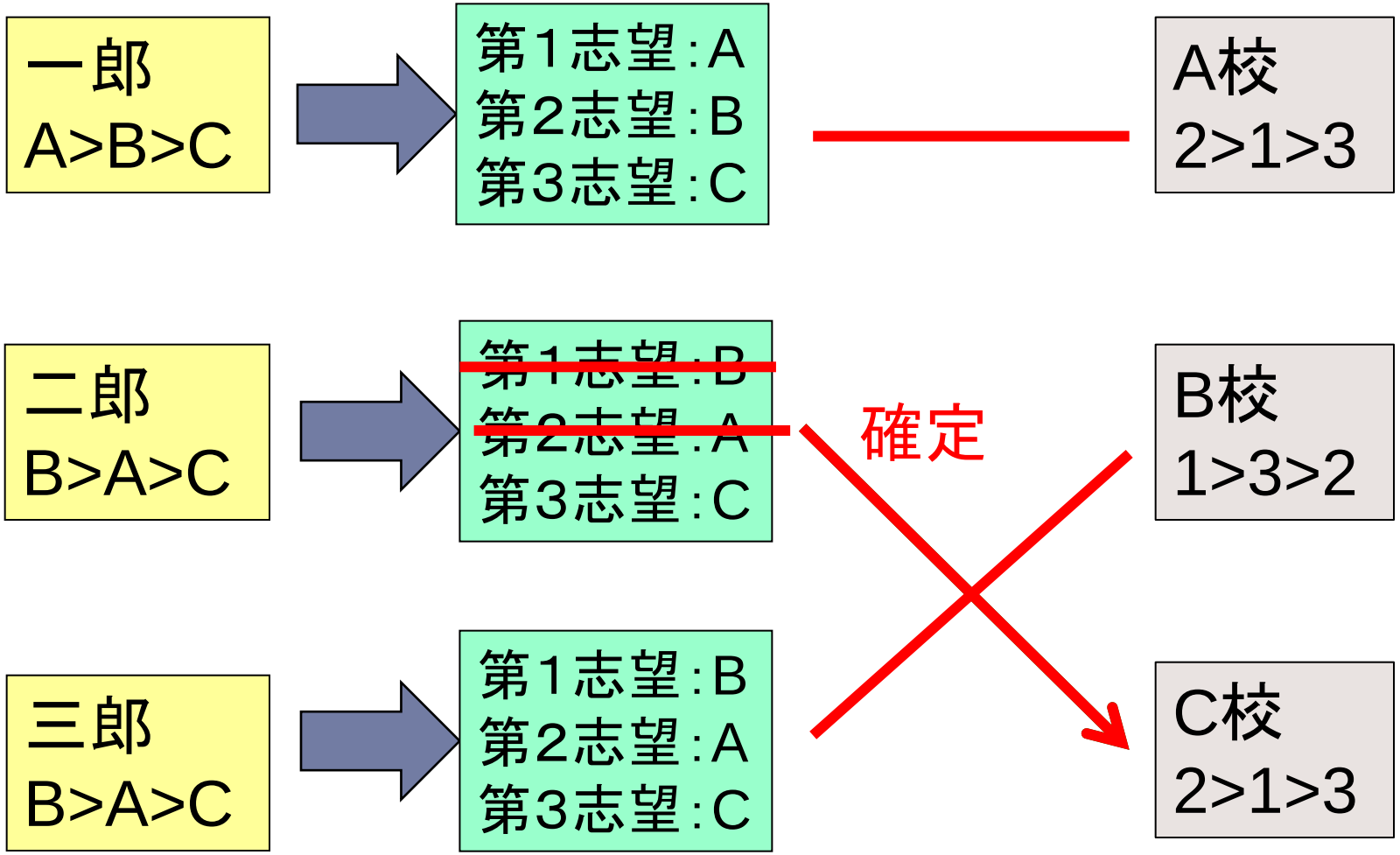
定員を超えた場合は，学校の希望を優先

ボストン方式：第2志望による割り当て



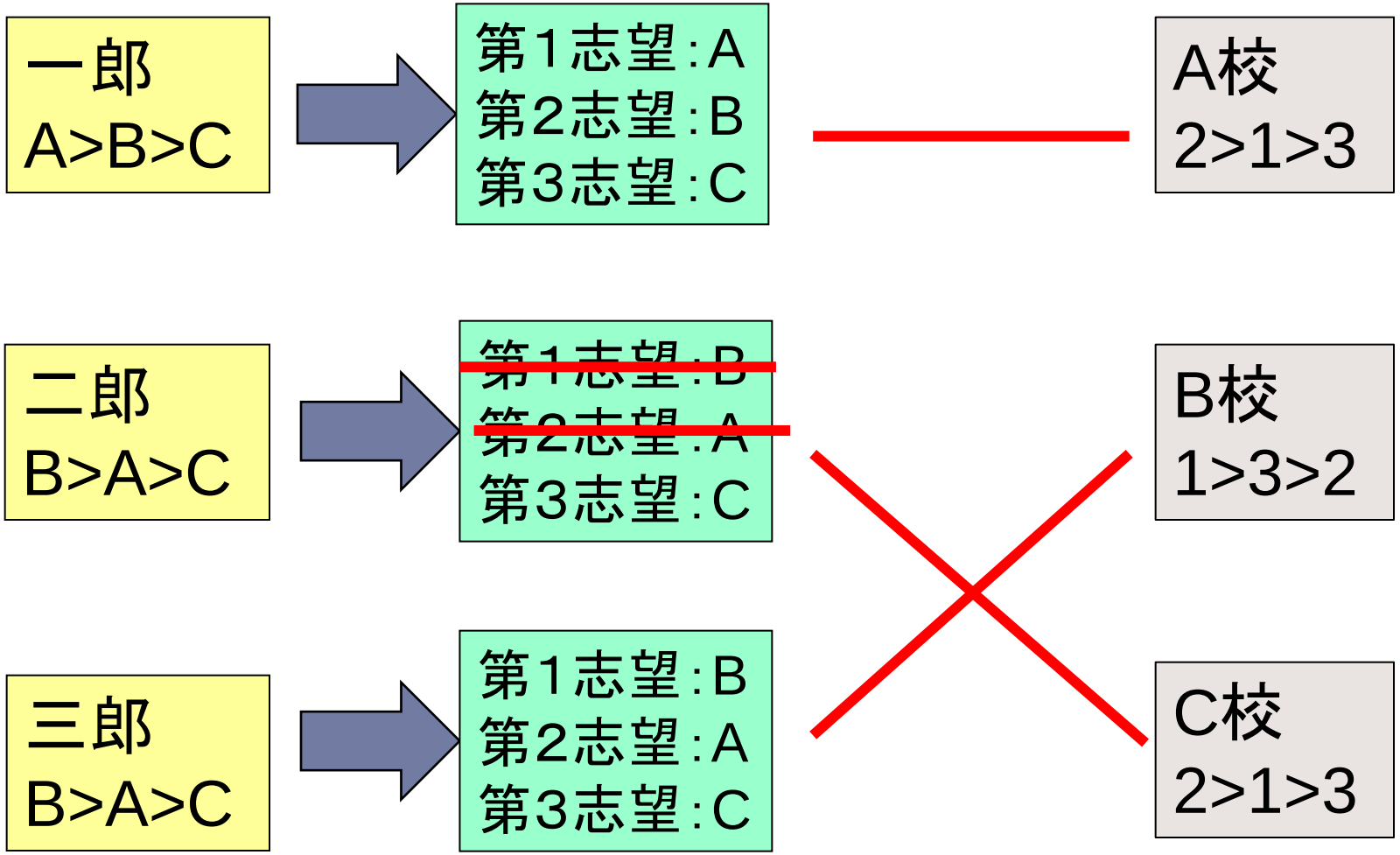
既に定員が埋まっている場合はダメ

ボストン方式：第3志望による割り当て



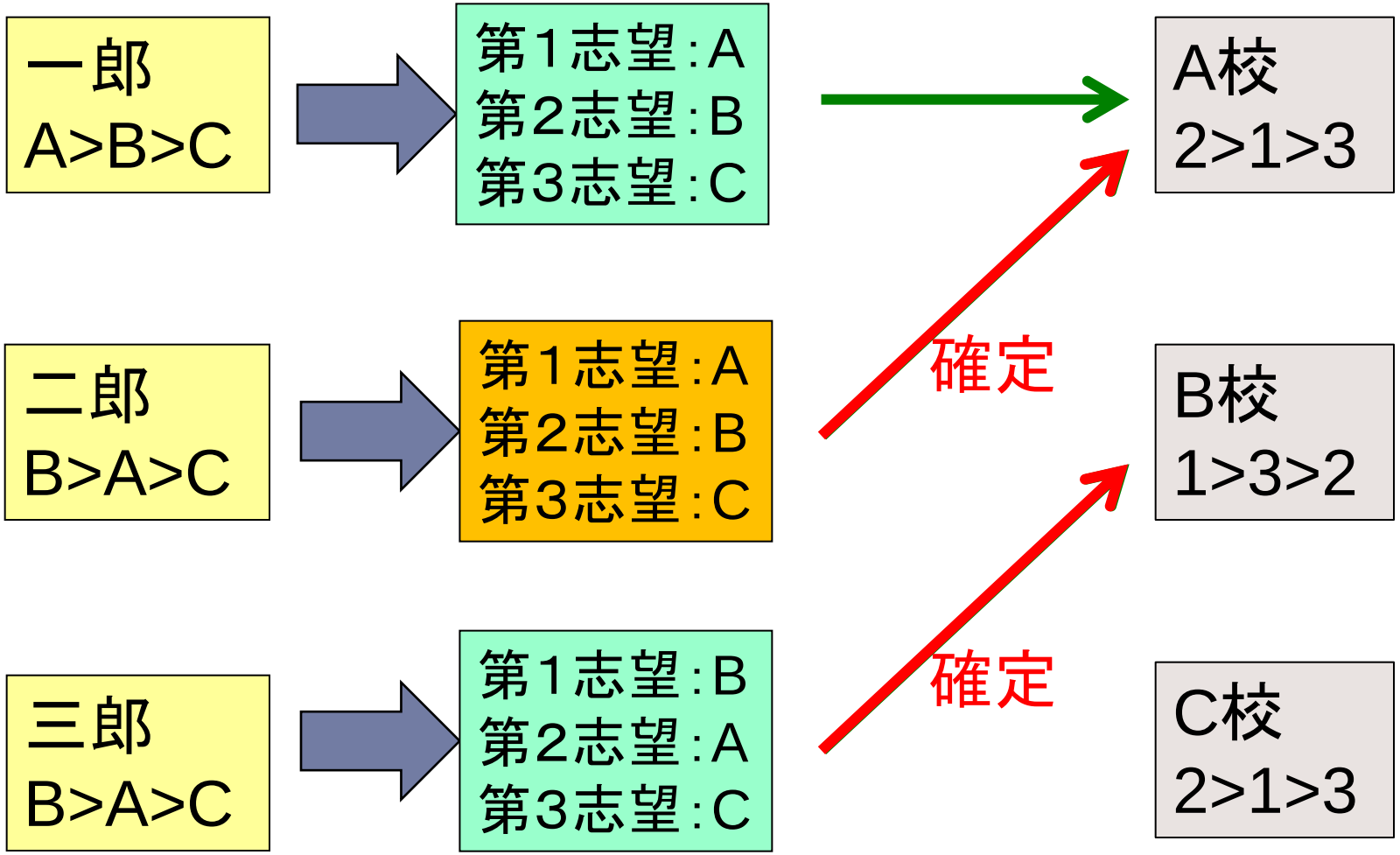
二郎は第3志望に

ボストン方式：第3志望による割り当て

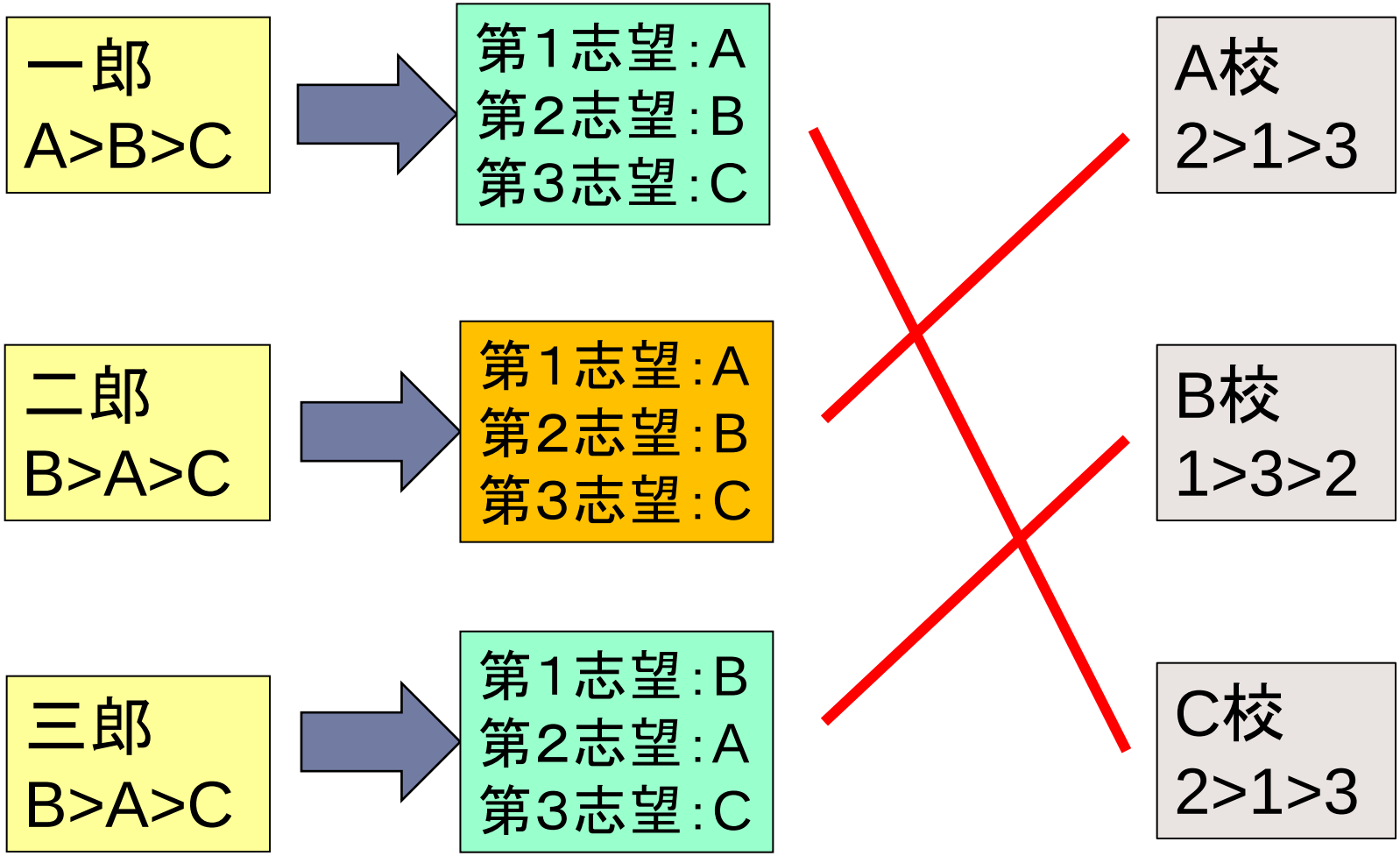


結果はマッチング２（安定的なマッチング）が実現してはいるが．．．

ボストン方式：二郎による戦略的操作



ボストン方式：二郎による戦略的操作



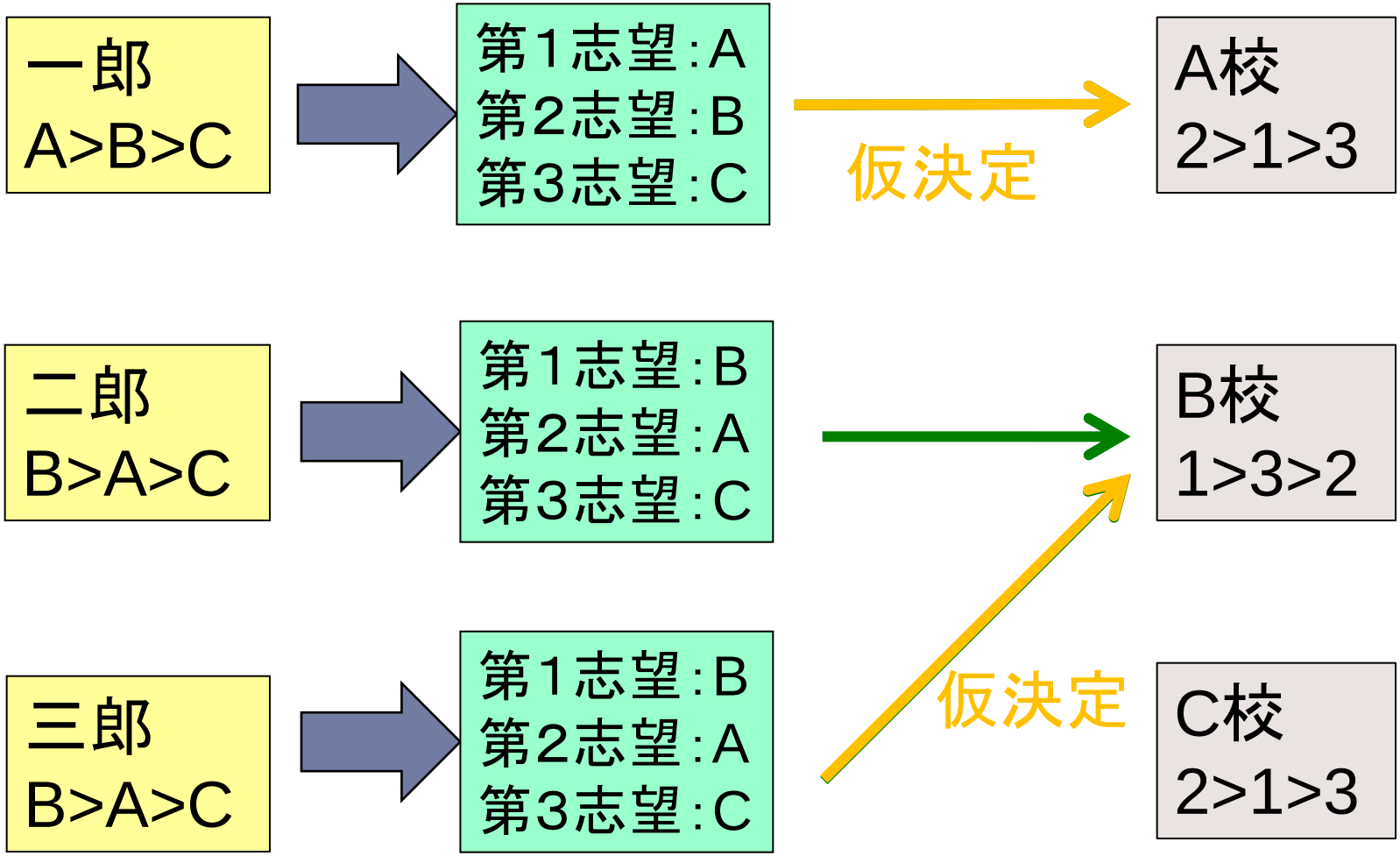
- 戦略的操作により，二郎の利得は増加
- 不安定なマッチング（一郎⇔B校で両者改善）

戦略的操作と割当方法の耐戦略性

- ボストン方式：自分の優先順位を偽って申告したほうが良い場合がある（戦略的操作）
- 戦略的操作が良くない結果を導く可能性もある
  - 不安定なマッチング
  - 情報の誤りによる集団的なミス
- 耐戦略性（strategy-proof） 戦略的操作が得にならない割当方法の性質
  - 正直に志望順位を申告することが，支配戦略になる方法

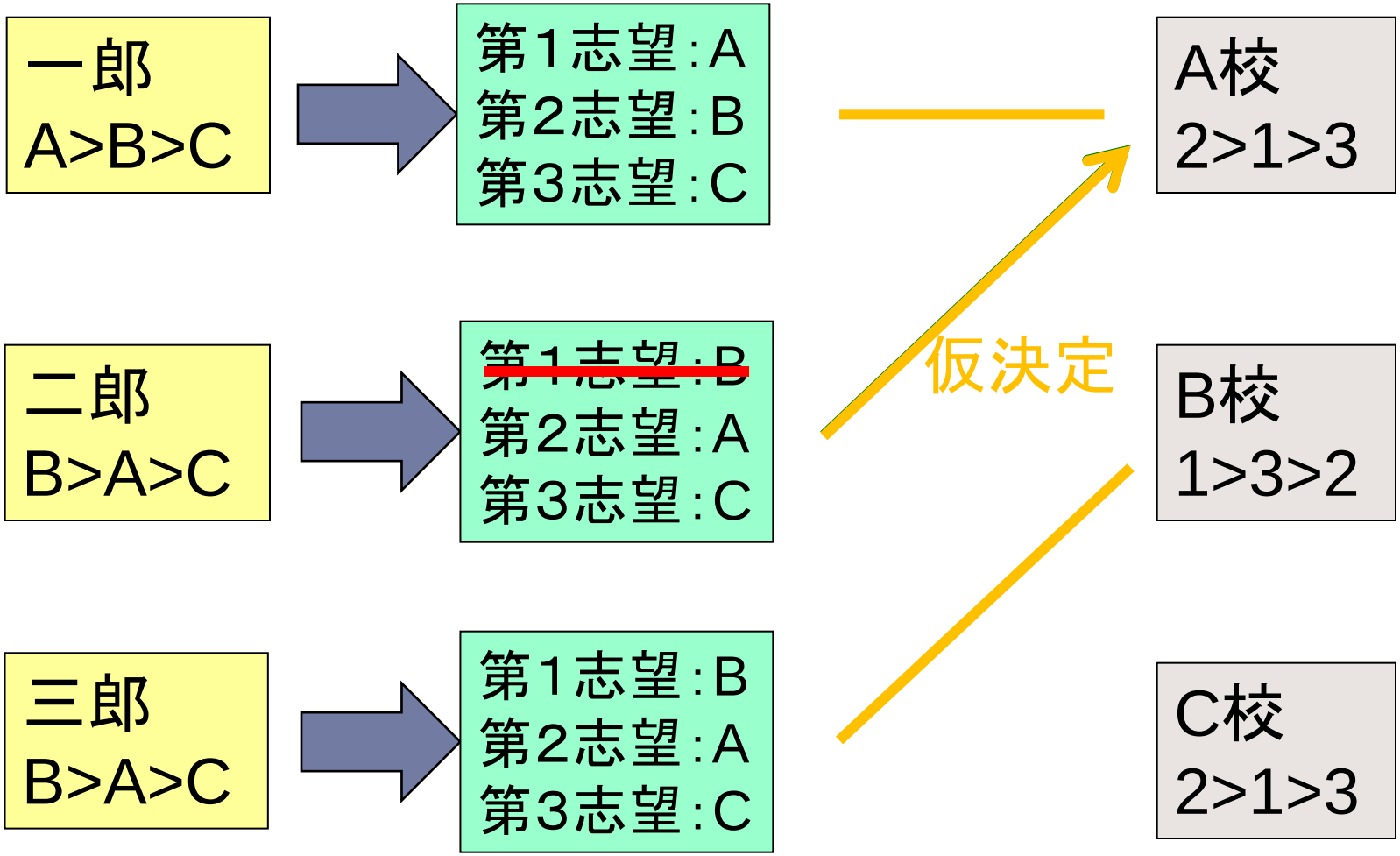
- 受入保留方式（Gale-Shapley アルゴリズム）
  - 一旦マッチングしても，次の志望順位で更に優先順位が高い生徒が来れば，そちらの生徒を優先しマッチング
  - 耐戦略性があり，安定なマッチングを実現する方法

受入保留方式：第1ラウンド



定員を超えた場合は，学校の希望を優先するが仮決定

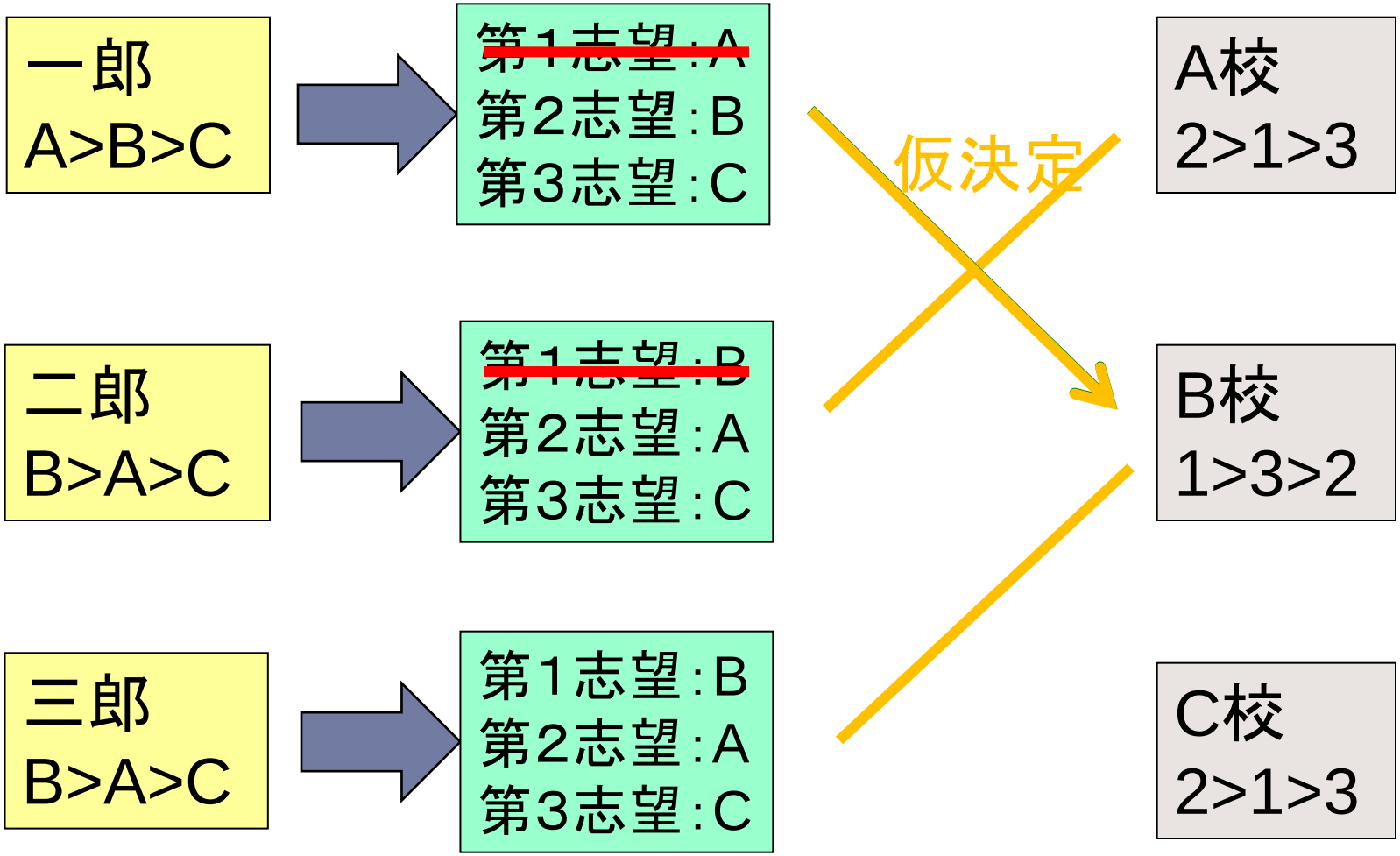
受入保留方式：第2ラウンド



既に仮決定していても，学校の優先順位が高い学生がいれば，
仮決定を取り消し，優先順位の高い学生を割り当てる

受入保留方式：第3ラウンド

未決定の生徒は，次の志望順位を申告



既に仮決定していても，学校の優先順位が高い学生がいれば，
仮決定を取り消し，優先順位の高い学生を割り当てる

受入保留方式：第4ラウンド

一郎
A>B>C

~~第1志望：A~~
第2志望：B
第3志望：C

二郎
B>A>C

~~第1志望：B~~
第2志望：A
第3志望：C

未決定の生徒は，次の志望順位を申告

三郎
B>A>C

~~第1志望：B~~
第2志望：A
第3志望：C

A校
2>1>3

B校
1>3>2

C校
2>1>3

仮決定と新しい志望とで学校の優先順を尊重する

受入保留方式：第4ラウンド

一郎
A>B>C

~~第1志望：A~~
第2志望：B
第3志望：C

A校
2>1>3

二郎
B>A>C

~~第1志望：B~~
第2志望：A
第3志望：C

B校
1>3>2

未決定の生徒は，次の志望順位を申告

三郎
B>A>C

~~第1志望：B~~
第2志望：A
第3志望：C

C校
2>1>3

仮決定と新しい志望とで学校の優先順を尊重する

受入保留方式：第5ラウンド

一郎
A>B>C

~~第1志望：A~~
第2志望：B
第3志望：C

A校
2>1>3

二郎
B>A>C

~~第1志望：B~~
第2志望：A
第3志望：C

B校
1>3>2

未決定の生徒は，次の志望順位を申告

三郎
B>A>C

~~第1志望：B~~
~~第2志望：A~~
第3志望：C

C校
2>1>3

すべての学生の受入先が終われば確定

受入保留方式：第5ラウンド

一郎
A>B>C

二郎
B>A>C

三郎
B>A>C

~~第1志望：A~~
第2志望：B
第3志望：C

~~第1志望：B~~
第2志望：A
第3志望：C

~~第1志望：B~~
~~第2志望：A~~
第3志望：C

A校
2>1>3

B校
1>3>2

C校
2>1>3

すべての学生の受入先が終われば確定

まとめ：割当の設計

- 学校選択制度とマッチング
  - どのような基準が，良い組合せを与えるか
  - パレート最適，生徒側パレート最適
  - 安定性
  - 生徒側パレート最適と安定性は必ずしも一致しない
- 戦略的操作と耐戦略性
  - 耐戦略性：正直に自分の好みを提出することが支配戦略
  - 受入保留方式は耐戦略性があり，安定なマッチングを実現する（生徒側パレート最適とは限らない）
- 他の制度への応用
  - 研修医の病院への割当，ゼミや部署への割当
  - 腎移植患者の優先順位（少し考え方が違う）

NABENAVI .net

5. 長期的関係と囚人のジレンマ

囚人のジレンマを回避する

長期的関係と繰り返しゲーム

- 囚人のジレンマにおける協調は達成できるのか？
- 囚人のジレンマは1度きりではない
  - 同じ会社の仲間との協力，外交，近所づきあい
- 同じゲームを何度も繰り返す「繰り返しゲーム」
  - 1回きりではない場合，裏切った相手に罰則を与えるという戦略を与えることで，協力が達成できるのではないか？
- 理論的成果
  - 有限の繰り返し
  - 無限の繰り返しとフォーク定理
- 実験結果
  - 初期の頃の実験
  - アクセルロッドの実験

もういちど囚人のジレンマ

- X社に勤めるA君，B君．仲良く協力するか，相手を出し抜くかは，毎日の課題だ．
- 成果主義を導入したX社では，個人の営業成績は，その個人の報酬に影響する．
- ただし，会社全体では協力が不可欠だ．
  - 個人のノウハウを相手に教えて，会社のネームバリューを挙げられるか
  - 部内共通の仕事を，自分が率先してやるか，相手に押し付けるか

実験しよう！
囚人のジレンマの長期的関係

A君＼B君	協力	非協力
協力	(2, 2)	(-1, 3)
非協力	(3, -1)	(0, 0)

ワークショップ　1

隣の人と30回繰り返して実験してみよう

NABENAVI .net

囚人のジレンマの長期的関係　PART1

ゲーム理論の理論的成果を知る

囚人のジレンマは1回だけではない！

- 長期的な関係で何度も囚人のジレンマを繰り返すことがあるはず
- 「完全に合理的な人間」を考えるゲーム理論では，どう考えるのか？
- 繰り返しゲームの理論
  - 同じゲームを何度も繰り返すと，違った結果になる
- 囚人のジレンマを繰り返すと，協力が達成できる？
  - たとえば協力する人には，一緒に協力し，そうでない人には罰則を与えるようにするといいのでは？

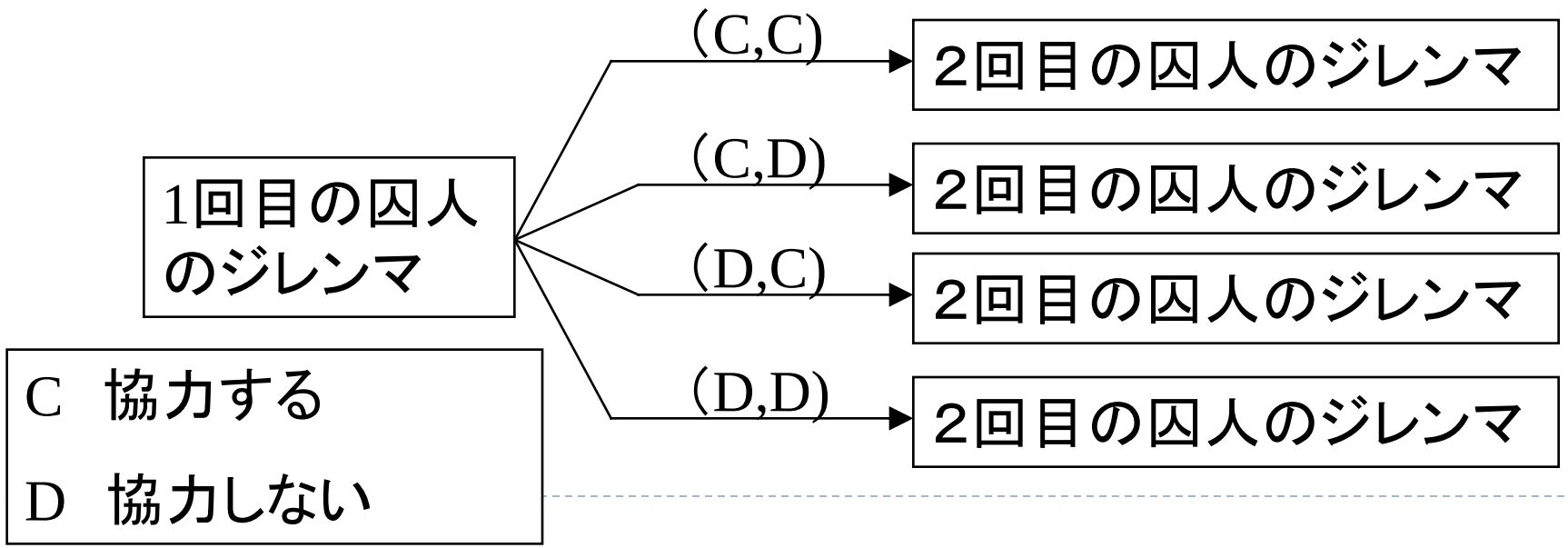
NABENAVI .net

理論的には，何度繰り返しても協力は達成できない？

- 「完全に合理的な人間どうし」を考えるゲーム理論では，2回，3回，100回．．．何度繰り返しても有限回の繰り返しでは協力は達成できない．
- 完全に合理的な人間は「すべての回のすべての場合にどうするか」を考える
- 最終回にどうするかを考えると…？
- ２回の繰り返しで，どうなるか，考えてみよう

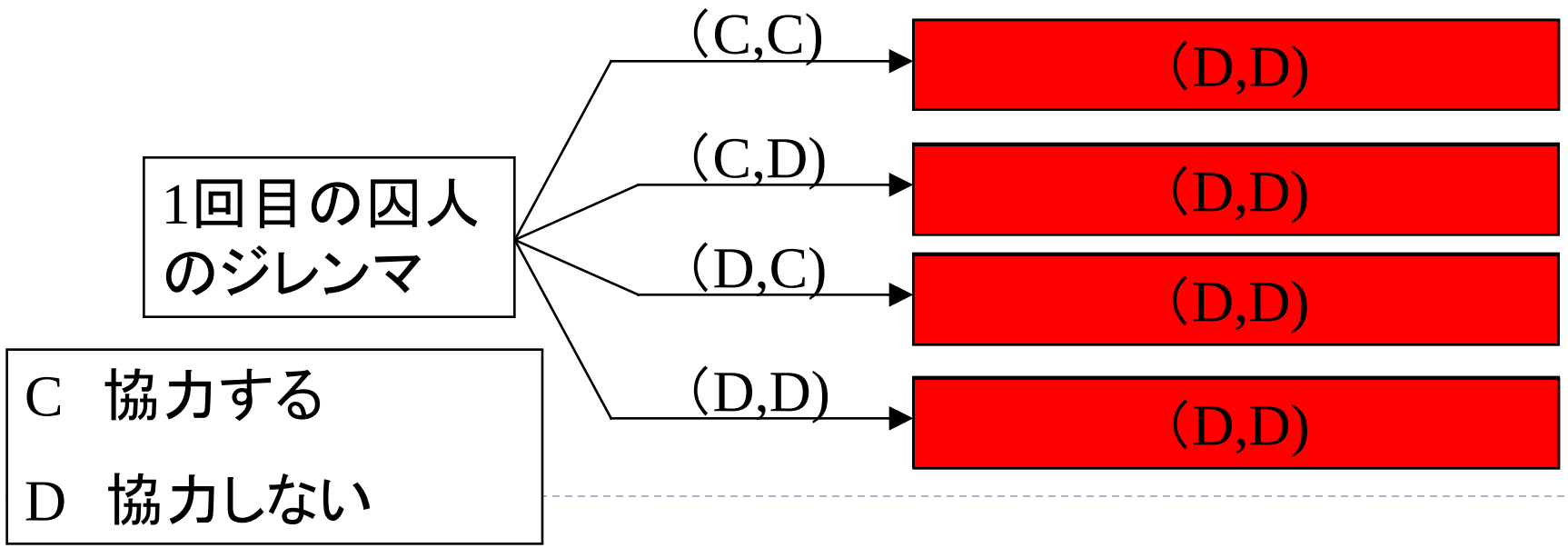
理論的成果：ゲームを2回繰り返す

- 2回の繰り返しゲームでは？
  - 1回目の4つの結果に応じて，各プレイヤーは戦略を選ぶ



2回目の結果はどうなる？

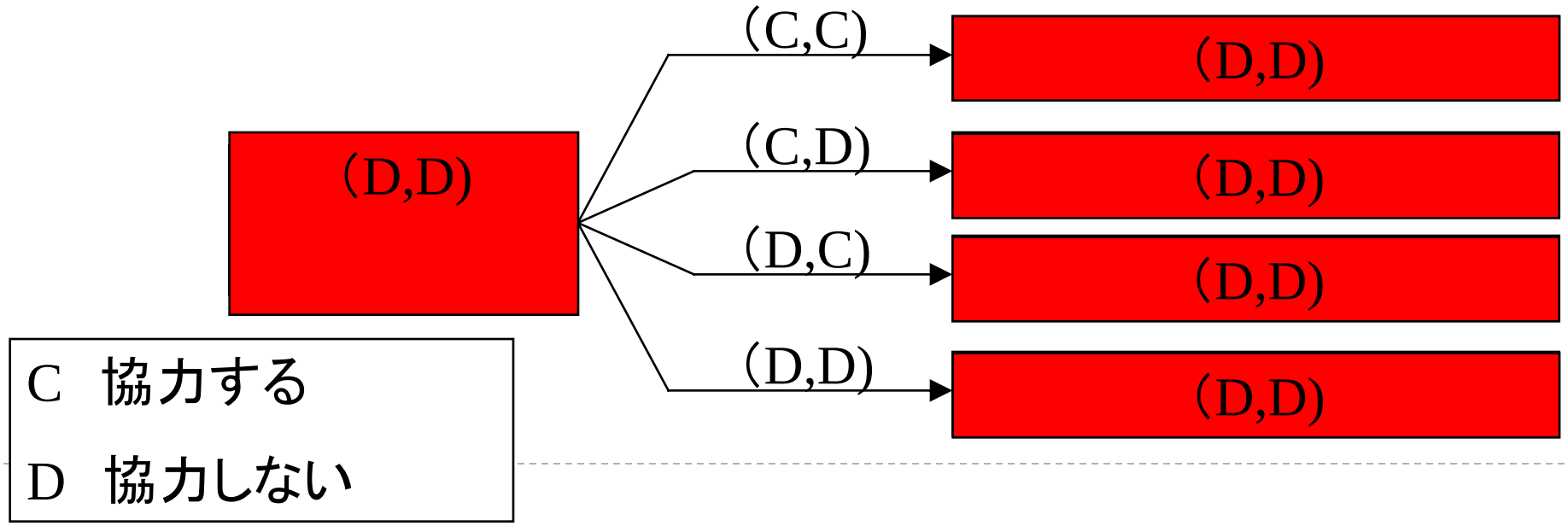
- 先読みで2回目の結果を考える
- 2回目のゲームは，独立で1回目の結果に依存しない
- 2回目＝最終回で，プレイヤーは（1回目の結果が何であっても）通常の囚人のジレンマに直面する
- 結果は，どの場合も協力しない



1回目はどうする？

- 2回目のゲームはどちらも協力しない－必ず裏切りあう
- 2回目のゲームを先読みして1回目の戦略を決定する
- しかし，1回目に何を選択しても2回目は同じ
- 1回目に，通常の（1回きりの）囚人のジレンマに直面

- 1回目も協力しない



理論的成果：ゲームを有限回繰り返す

- 有限の繰り返しゲームでは，まず最終回に何が起きるかを先読みする
- 最終回では，1回きりの囚人のジレンマに直面
  - 最終回は，それまで何があっても協力しない
- 最終回の1回前のゲーム－最後の回を先読み
- しかし最終回のゲームは，今回何を選んでもすべて「協力しない」という結果になることが分かっている
- そこでこの回でも，1回きりの囚人のジレンマに直面していることになる－協力しない
- これを遡って続けていくと....
- すべての回で「協力しない」という結果になる

先読みとゲーム理論，無限期間の繰り返し

- ゲーム理論において合理的な人間は，最終回から遡って計算
  - バックワードインダクション－ゲーム理論の基本
- 終わりがあると，そこから遡って推論する
- 実際には？
  - 人間には終わりから遡って考えないほどの長い期間がある
- 終わりから遡らないくらいの「長い時間」を数学的表現できれば，合理的な人間も協力するのでは？
- 無限回の繰り返しゲームを考える
- 結果は？
  - お互いが協力することが，1つのナッシュ均衡になる
  - フォーク定理
  - その他にも様々なナッシュ均衡がある

協力を達成するための重要な戦略

- トリガー戦略
  - 最初は協力する
  - 相手が協力し続ける限りは協力する
  - 一度でも相手が裏切ったら(トリガーを引いたら)2度と協力しない
- オウム返し戦略
  - 相手が協力したら，次の回も協力する．協力しなかったら，次の回は協力しない
  - 相手の行動をオウム返しする
  - 相手が協力しなかったら，自分も協力しないで罰則を与えていることが重要
    - しっぺ返しの名も

トリガー戦略は協力を達成する

- 無限期間の繰り返しゲームだと？
- トリガー戦略を2人が選ぶのはゲーム理論の解になる
  - 正確にはゲーム理論の解「ナッシュ均衡」になる
  - 自分がその戦略を選んでいると知っていたら，相手は裏切らないだろう（自分も裏切らない）

- 考えてみようー有限回ではどうだろうか？
  - 自分がトリガー戦略を選んでいると知っていれば，相手は裏切らないで，協力が達成できるだろうか？

NABENAVI .net

囚人のジレンマの長期的関係　PART2

実験した結果を知る

囚人のジレンマを実験する

- 合理的な人間を考えたゲーム理論では？
- 有限回では，全ての回で裏切る
- 無限期間だと，トリガー戦略で協力が達成される

  - 現実には？
  - ゲーム理論ほど人間は合理的ではない
  - 有限回でも協力は達成できる？
  - 協力を達成できる要因は何？
  - トリガー戦略は有効？
  - 実験による研究が盛んに行われているので，それを見てみよう

実験例1：初期の頃の実験

- フラッド，ドレッシャーの実験
- 2人の被験者　A. アルキアン　(AA)　J. ウィリアムス (JW)

(JW) JW / AA	C(協力)	D(非協力)
C(協力)	(1/2, 1)	(-1, 2)
D(非協力)	(2, -1)	(0, -1/2)

アルキアンとウイリアムスのコメント #1

A：JWはDで来るだろう，間違いなく勝てるから．と，
いうことは，こちらがCにすると．．．負ける

J：ものわかりのいい相手でありますように

1回目：	D（非協力）	C（協力）

A：何やってるんだ！？

J：まだわかってないようだが，そのうち分かってくるだろう

2回目：	D（非協力）	C（協力）

アルキアンとウイリアムスのコメント #2

A：両方まぜてくるつもりか？
J：そうくるんだな，ばかやろう

3回目：	D（非協力）	D（非協力）

A：Dに決めたのかな？
J：そうくるんだな，ばかやろう

4回目：	D（非協力）	D（非協力）

A：ちょっとはずしてやれ
J：それがいちばんいい手なわけじゃないのに

5回目：	C（協力）	D（非協力）

アルキアンとウイリアムスのコメント #3

A：向こうはあと4回は混ぜてくるだろうから，Dを続けよう

J：ほう，そう来ましたね．もう1度チャンスを与えてやらなきゃ

6回目：	D（非協力）	C（協力）

J：なかなか抜け目がないね．んー・・・

7回目：	D（非協力）	C（協力）

J：そのうち気がつくだろうけど，10回位じゃ無理だな．

8回目：	D（非協力）	D（非協力）

アルキアンとウイリアムスのコメント #4

9回目：	D（非協力）	D（非協力）

（2人とも長いコメント）

10回目：	D（非協力）	D（非協力）

J：たぶん，もう分かっただろう

11回目：	D（非協力）	C（協力）
12回目：	C（協力）	C（協力）
13回目：	C（協力）	C（協力）
14回目：	C（協力）	C（協力）
15回目：	C（協力）	C（協力）

アルキアンとウイリアムスのコメント #5

16回目： D（非協力） C（協力）

J：やな奴

17回目： C（協力） D（非協力）

J：ばかじゃないか，痛い目に合わせてやらなきゃ

18回目： C（協力） D（非協力）

A：わからなくなってきた．向こうは何かメッセージを送ろうとしているんだろうか

19回目： D（非協力） D（非協力）

アルキアンとウイリアムスのコメント #6

20回目：	D（非協力）	D（非協力）

J：たぶん，今度はいい子になるだろう

21回目：	D（非協力）	C（協力）

J：何か覚えるには時間がかかるもんだ

22回目：	C（協力）	C（協力）
23回目：	C（協力）	C（協力）
24回目：	C（協力）	C（協力）
25回目：	C（協力）	C（協力）

アルキンとウイリアムスのコメント　#7

- 以下，ほとんどCC（双方協力）が続く
- たまにAが裏切り，Jに仕返しされる

98回目：	C（協力）	C（協力）
99回目：	D（非協力）	C（協力）
100回目：	D（非協力）	D（非協力）

実験例２：アクセルロッドの実験

- ロバート・アクセルロッド
- 1983年に，様々な分野の研究者を集めて囚人のジレンマを対戦させる「コンピュータプログラム選手権」を実行
- 14人の参加者＋「ランダムプログラム」
- 総当たり戦の合計得点を競う
- 1回の対戦で200回の繰り返し
- 予備実験を行い，その結果と分析をあらかじめ参加者に通知

アクセルロッドの実験結果と参加者

- 複雑なプログラムが点が高いわけではない.（チェスの選手権とは違う）
- たくさんある中で，1位はRapoportのオウム返し！

順位	氏名	所属（学部）	プログラムの長さ	得点
1	Anatol Rapoport	心理学	4	504.5
2	Nicholas Tideman & Paula Chieruzzi	経済学	41	500.4
3	Rudy Nydegger	心理学	23	485.5
4	Bernard Grofman	政治学	8	481.9
5	Martin Shubik	経済学	16	480.7
6	William Stein & Amnon Rapoport	数学 心理学	50	477.8
7	James W. Friedman	経済学	13	473.4
8	Morton Davis	数学	6	471.8
9	James Graaskamp		63	400.7
10	Leslie Downing	心理学	33	390.6
11	Scott Feld	社会学	6	327.6
12	Johann Joss	数学	5	304.4
13	Gordon Tullock	経済学	18	300.5
14	（匿名）		77	282.2
15	『でたらめ』		5	276.3

表2　第1回選手権の競技参加者

様々なプログラム　＃1

- DOWNING
  - 前の回に相手の行動（CかDか）から，次に何を出してくるかを，今までの履歴から確率的に推測する
  - 相手がCを出しそうならC,DならD（オウム返しに似ている）
  - ただし最初は1/2でCかDを出す（異なる部分）
- FRIEDMAN
  - トリガー戦略・・・一度裏切ったら，報復し続ける

様々なプログラム　＃２

- オウム返し（Tit for Tat)
  - 心理学者ラパポートが提出
  - 前の回に相手が協力したら協力，裏切ったら裏切り
- JOSS（ヨッス）
  - オウム返しを少し「こずるい」やつ
  - 相手が裏切ったら，次は裏切り
  - 相手が協力したら，次は90%の確率で協力する．しかし，10%の確率で裏切り，少しよい利得を「かすめとる」

勝敗のポイント

- 先に相手を裏切らないような,「上品な戦略」(nice strategy)が上位を占める
- ダウニングが，そのキーパーソン！
  - ダウニングは，相手が最初に裏切ってくると，そいつを裏切るタイプと認識し，裏切り続ける方に仕向ける
  - 最初に協力すると，互いに協力する方へ
- 「上品な戦略」の中での最下位はトリガー（Freedman）

ヨッス(JOSS)の失敗

1-10	11-20	21-30
(C,C)	(D,C)	(D,C)
(C,C)	(C,D)	(C,D)
(C,C)	(D,C)	(D,C)
(C,C)	(C,D)	(C,D)
(C,C)	(D,C)	(D,D)
(C,D)	(C,D)	(D,D)
(D,C)	(D,C)	(D,D)
(C,D)	(C,D)	(D,D)
(D,C)	(D,C)	(D,D)
(C,D)	(C,D)	(D,D)

- オウム返しとの対戦
- 前者がオウム返し，後者がヨッス
- 5回目までは協調
- 6回目にヨッスが下心で裏切る
- (C,D)(D,C)が交互に続く
- 25回目は，ヨッスは本当はCだが，また下心でDに
- 以降，永遠に(D,D)

第2回選手権

- 1回目の選手権の結果を克明に記して，次の年に再度，大会を開催
- 6カ国から62名の参加
- 皆，オウム返しの対抗戦略も研究
- 第1位は？

- やはり「オウム返し」戦略
- 作ってきたのはやはりRapoport　！

まとめ

- 長期的関係で囚人のジレンマを克服するには？
  - 理論的な戦略
    - トリガー戦略とオウム返し戦略
  - 実際にはオウム返しが重要
    - やられたら，やり返す
    - 昔のこと（恩・遺恨）は忘れるトリガーはダメ
    - 相手が協力したら，こちらも寛容に協力する（罰則を与えるだけではダメ）
  - 上品な戦略，試行錯誤とノイズ
    - 最初は協力からはじめる

もう一度実験！
囚人のジレンマの長期的関係

A君＼B君	協力	非協力
協力	(2, 2)	(-1, 3)
非協力	(3, -1)	(0, 0)

ワークショップ　２　皆さんは協力上手になったのか？

隣の人と30回繰り返して実験し，得点を競う

END