

環境公共政策論

Theory of Environmental Public Policies

投票の理論

土木・環境工学科 5学期

教授 屋井鉄雄

前週までの講義

○地球温暖化対策における国家や個人の取り組み、地域単位での取り組みの必要性を学んだ

○環境公共政策に深く関わる「地域計画」や「交通計画」の基礎を学んだ

○環境ディレンマ(個人と社会)について学んだ

○期待効用、プロスペクト、ランダム効用など個人の効用理論を学んだ

⇒今度は集団での決め方、選好の集計の仕方を学ぼう



東工大すずかけ台キャンパス
(長期計画に基づき整備継続)

講義の内容

環境政策

- 1: 地球温暖化対策と地域計画の方向
- 2: 土木事業と地域公共政策
- 3: 環境公共政策の全体像(環境政策と都市環境政策)

環境ディレンマ

- 1: 基本構図とゲーム論
- 2: ディレンマ解消の方策

選好・効用・集団決定

- 1: 選好と効用の考え方
- 2: 効用理論の展開
- 3: 社会的決定の理論1
- 4: 社会的決定の理論2

環境公共政策の実現

- 1: 政策・計画決定のプロセス
- 2: 住民参加とPI
- 3: 政策・計画策定の実践

前回の補足: 最尤推定法

(効用関数の係数の推定方法)

- ・最尤法: “未知数を持つ確率”(尤度)の同時生起確率を最大化することで、未知数を求める推定方法
- ・重回帰: 線形式で誤差が正規分布に従う場合の最尤推定に一致

未知のパラメータ β , 個人 i の選択結果 y_{ij} ($j=1, \dots, J$) と、
選択確率 P_{ij} ($j=1, \dots, J$) を用いて次のような積をつくる。

$$P_{i1}^{y_{i1}} \cdot P_{i2}^{y_{i2}} \cdot \dots \cdot P_{iJ}^{y_{iJ}} = \prod_{j=1}^J P_{ij}^{y_{ij}}$$

よって、全サンプル n 人の同時生起確率は、

$$L = \prod_{1 \leq i \leq n} \prod_{1 \leq j \leq J} P_{ij}^{y_{ij}}$$

によって表される(同時生起確率最大化)

→これが尤度関数であり、これを対数変換した上で、未知なパラメータに関して最大化(ニュートン法等)することで解を得られる

囚人のディレンマから投票の理論まで

・環境ディレンマの一般構図

個人の利益追求(非協力行動)が社会の不利益(環境の悪化)をもたらす(共有地の悲劇)(囚人のディレンマ)
社会心理学的な解釈による対処法
心理方略と構造方略、倫理フレームと取引フレーム...

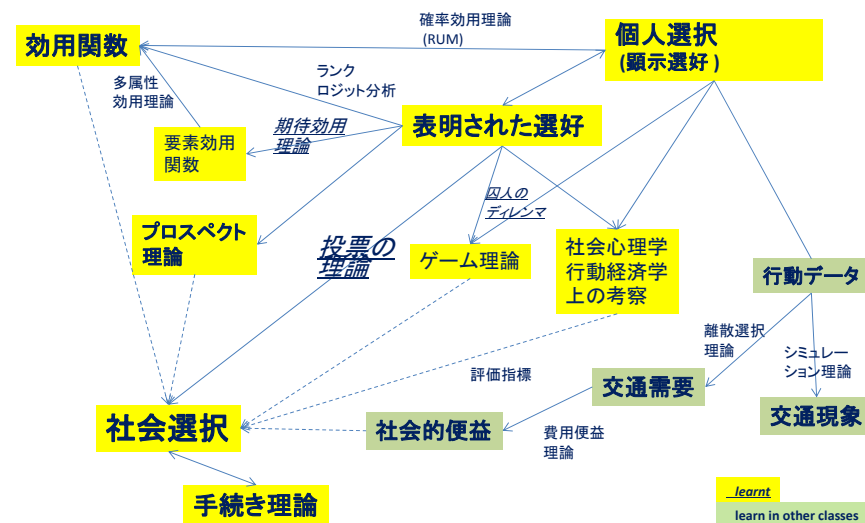
・個々人の効用や選好の理解とディレンマへの対処

期待効用理論(確率による効用の期待値計算)
要素効用関数(確実同値とくじの効用)と多属性効用関数
プロスペクト理論(参照点と他者の影響、利得と損失の非対称性)
ランダム効用理論(離散選択、確率項、環境・交通計画等での実践)

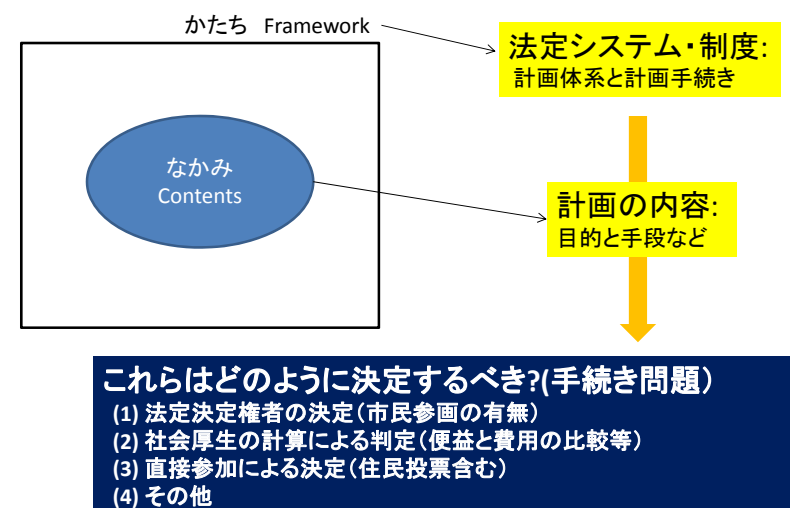
・集団の意思決定と環境ディレンマの克服

投票の理論とその限界
手続き的正義、手続き正当性、対話的合理性

環境ディレンマ論で関わる理論の全体像



計画システムと社会的決定



環境公共政策論

計画システムのかたちとなかみ 決め方の種類

目的と手段が曖昧な状況下での社会的決定のありさまについて(1959)

手段 目的	明確	不明確
明確	計算	判定
不明確	妥協	直感 または混沌

J. Thompson & A. Tuden (1959)

環境公共政策論

選好関係の表現方法

選好データについて

“選好データ(Preference data)”

- 好き嫌いを直接表明するデータであり、
 - 旅行者の選好は交通需要予測モデル(ランダム効用理論)に活用されている
 - 人々の選好は社会的選択に利用可能であるが論点もある

論点

- 選好を計測することは効用を計測することよりも容易にみえる
- もし人が安定で完全な選好順位を持っているなら、選好データを活用すれば事足りるが？
→ しかしながら、我々の選好はときに変化し固定していない
- どのようにして人々の選好を抽出し、社会の選好関係を明らかにできるか？ これは実は大きな課題である

選好関係とは(再掲)

- $A \succ B$: AをBよりも好む
- $A \sim B$: AとBは無差別

集合Aの二値関係 $\succeq$

推移律: for $\forall x, y, z \in A, x \succeq y \succeq z \rightarrow x \succeq z$.

反射律: for $\forall x \in A, x \succeq x$.

完全律 : for $\forall x, y \in A$, either $x \succeq y$ or $y \succeq x$

反対称律 : for $\forall x, y \in A, x \succeq y \text{ AND } y \succeq x \rightarrow x \sim y$.

集合Aの二値関係 $\succ$

これは推移律、完全律を満たすが、反射律を満たさない。

また、下記の性質を満たす。

非対称律 : for $\forall x, y \in A, x \succ y \rightarrow \text{NOT } y \succ x$.

集合Aの二値関係 $\sim$

この関係は推移律、反射律を満たすが、完全ではない。

また、以下の性質を満たす。

対称律: for $\forall x, y \in A, x \sim y \rightarrow y \sim x$.

環境公共政策論

投票ゲーム(演習)

投票ゲーム

もし、あなたがA市の環境委員会の委員で、以下の事項を決定する立場であるとして、各案をどの順で(個人的に)選好しますか？

ゲーム1: 都心部の道路交通混雑を軽減する対策として、どれを選好するか？

オプションA: 道路拡幅によって道路容量を増やすこと

オプションB: 規制によって都心部への自動車流入を減らすこと

オプションC: 自動車から公共交通機関や自転車への転換を誘導すること

順位: () $\succ$ () $\succ$ ()



ゲーム2: A市(あなたの住むまち)の今後の政策方針として、あなたは下記の3つのオプションをどの順序で選好しますか？

オプションA: 人々の生活や自然環境の重視

オプションB: 国際競争力や雇用の重視

オプションC: 災害に対する強さや安全の重視

選好順位: () $\succ$ () $\succ$ ()



環境公共政策論

投票の理論の基礎

投票の理論の基礎: 投票の方法(その1)

- (a) 多数決 (Majority Voting): Condorcet method
 - ...強いもの勝ちの思想、
 - 「他を制する力」が求められる場合
- (b) 単記投票 (Plurality Voting):
 - Relative majority voting, Single ballot
(勝者がすべてを取る)
 - ...適者選別方式、他のものと異なる
特別のものを選び出す場合

多数決における完全勝者と循環順序

(a) 多数決 (Majority Voting) とは

もし、3つのオプション(A, B, C)があつて、AがBに勝ち、同時にAがCに勝つとき、Aは多数決方式による完全な勝者である。
($A > B > C$ or $A > C > B$)

コンドルセは、すべての他者との対決で過半数を集める候補者が最高の勝者であると考えた。
この決定方式は、コンドルセ基準と呼ばれる。

なお、AがBに勝ち、BがCに勝つが、CがAに勝つ場合は？
 $A > B$ & $B > C$ & $C > A$ = $A > B > C > A$
⇒これを循環順序と呼ぶ(絶対的な勝者がいない状態)

投票の理論の基礎: 投票の方法(その2)

- (c) 決選投票 (Runoff Voting):
 - 2ラウンド方式 (Two-round system)
(単記投票を行い過半数を占めるものがないときは、上位2者の多数決)
 - 簡易決選投票 (Instant runoff voting: Preferential voting)
(選好順位を用いた1ラウンドの決選投票方式)
 - 網羅的決選投票 (Exhaustive ballot: Repeated balloting)
(オリンピック開催地の決定等に用いられる方式で、単記投票を繰り返し、得票数の最下位のものを1つずつ消去して行く方法) など

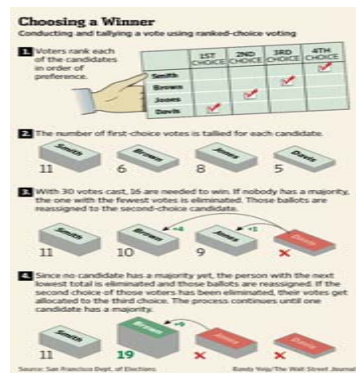
SFO市長選における簡易決戦投票

- 2011年11月の市長選挙でInstant Runoff voting(上位3名までの名前を明記)を採用(2002年の住民投票で方式採用後、初の本格的な競争状況での選挙であった)

候補者16人(過半数を占めるまで1人ずつ減らして行く。減らされた候補者の2位あるいは3位に票を加える)

Ed Lee候補: 44451票(31.3%)⇒68721票(61.2%) 第11フェイズで決着。次点のJohn Avalos候補: 26447(18.6%)⇒43554票(38.8%)
投票総数157026票のうち、44751票は2者以外の票、投票率は33.4%

有権者(投票者)の一部(21%)は投票方式を理解せずに3名書かずに投票している(2番、3番で勝者が決まっている可能性ある)



参考: SFO選挙局より

投票の理論の基礎: 投票の方法(その3)

- (d) 範囲投票 (Range Voting): ボルダ方式など
(最上位から最下位まで点数を付けて集計する方法、持ち点10点を候補者に配分する方式など、あるいはボルダ方式では最下位0点、最下位より1つ上に1点、...のように配分する。)
...八方美人的なものを選ぶ場合、無難で敵のいないもの
これといって難点のない全体的に良いものを選出したい場合
- (e) 認定投票 (Approval voting): 範囲投票の特殊形とみなせるが、認定できるものに1、認定できないものに0を割り当てる投票方式(最高裁判事の投票等)
...最適集団の選別に適する(委員会委員、議員)

コンドルセのパラドックスの実例

もし、循環順序が存在していると、多数決の勝者はいない

例題

米国における州際高速道路網の建設計画
(1955年上院における法案審議)

X: 修正案
(高速道路建設案 + 労働者賃金を国が査定)

Y: 原案 (高速道路建設案)

Z: 廃案



環境公共政策論

コンドルセのパラドックスの実例

議長(南部出身の民主党)リンドン・ジョンソンは、まず、修正案か廃案かの多数決を取った。その結果、廃案が可決された。さらに、本当に廃案で良いのか、残された原案か廃案かで多数決を取った。その結果、原案が採択された。

Fargaharson (1969)によって後日推察された選好順位

A: 北部民主党 $X > Y > Z$

B: 南部民主党 $Y > Z > X$

C: 共和党 $Z > X > Y$

A,B,Cが同数程度なら循環順序が発生していたと考えられる

もし、そうなら、最後に登場した候補が常に勝利する。
ジョンソン(南部民主党)はおそらくそれを知っていて
最初に修正案を投票の対象にしたのではないか？



環境公共政策論

決選投票方式の問題 オリンピック候補地選定を例に

2013年9月の投票結果

特に問題のない投票結果

	1回目	2回目	3回目
• 東京	42		60
• イスタンブール	26	49	36
• マドリード	26	45	



2020オリンピック、パラリンピック
開催決定！



BRIDGE TOGETHER



決選投票方式の問題(2005年投票)

オリンピック開催地は網羅的決選投票で決定

3回目の投票で1人がMadridと書かずに(間違っ?) Parisと書いたことで最終勝者がLondonに決着した？と一説には言われる。

⇒3回目がMadridのままならMadridが2012年会場になった？



2012 夏のオリンピックの投票結果

City	Round 1	Round 2	Round 3	Round 4
London	22	27	39	54
Paris	21	25	33	50
Madrid	20	32	31	—
New York City	19	16	—	—
Moscow	15	—	—	—

投票結果から推察できる諸点

2012 Summer Olympic Voting results					
City	R1	R2	R3	R4	
London	22	27	39	54	
Paris	21	25	33	50	
Madrid	20	32	31	—	
New York City	19	16	—	—	
Moscow	15	—	—	—	

- (0) 投票前からロンドンとパリが有力候補とみなされていた。
モスクワは最も弱いとの予想で、NYは施設の問題があった。
- (1) 第2ラウンドで、新たに3名が投票に加わった(総数97 → 100)。
- (2) 第2ラウンドで、NYCが脱落する前に、3名がNYCから他に変えた。
- (3) 第3ラウンドで、新たに3名が投票に加わった(総数100→103)。
- (4) 第3ラウンドで、1名がMadrid から他の都市に変更した。
- (5) 第4ラウンドで、新たに1名が投票に加わった(総数103→104)。

2012 夏のオリンピックの投票結果

City	Round 1	Round 2	Round 3	Round 4
London	22	27	39	54
Paris	21	25	33	50
Madrid	20	32	→ 31	—
New York City	19	→ 16	—	—
Moscow	15	—	—	—

投票結果からの考察

2012 Summer Olympic Voting results					
City	R1	R2	R3	R4	
London	22	27	39	54	
Paris	21	25	33	50	
Madrid	20	32	31	—	
New York City	19	16	—	—	
Moscow	15	—	—	—	

- (1) 第2ラウンドで3名が加わった理由
→ 彼らはMoscowと他のいずれかの都市とで無差別な選好(あるいは他都市をより強く選好していたかも知れない)を有していたが、Moscowが脱落したので気兼ねなく投票に加わることができた。
- (2) 第3ラウンドで3名が加わった理由
→ 彼らはNYCと他のいずれかの都市 (London or Paris or Madrid)とで無差別な選好を有していたが、NYCが脱落したので気兼ねなく投票に加わることができた。
- (3) 第4ラウンドで1名が加わった理由
→ 彼はMadridと他の都市 (London or Paris)との間で無差別な選好を有していたが、Madridが脱落したので気兼ねなく投票に加わることができた。

City	R1	R2	R3	R4
London	22	27	39	54
Paris	21	25	33	50
Madrid	20	32	31	—
New York City	19	16	—	—
Moscow	15	—	—	—

(4) 第2ラウンドで、3名がNYCから他都市に変えた理由(NYCが脱落する前に)

→ 彼らはNYCと他のいずれかの都市 (London or Paris or Madrid) との間でほぼ無差別な選好順位を有していたのではない。
NYCを諦めたのはセカンドベストに回らないとそちらも脱落すると思ったからではないか。

(5) 第3ラウンドで、1名がMadridから他の都市に変えた理由

→ これは説明が付かない変更と考えられている。
第2ラウンドで、相対的に1位になっている。
IOCメンバーがBBC newsに語ったことによると、1名の委員が間違えてMadridに投票すべきところを Paris に投票してしまったと話している。
もちろん、推測に過ぎないが。(2005.12.23)

以上から推測したIOC委員の選好順位

(L: London, P: Paris, M: Madrid, N: NYC, R: Moscow)

City	R1	R2	R3	R4
London	22	27	39	54
Paris	21	25	33	50
Madrid	20	32	31	—
New York City	19	16	—	—
Moscow	15	—	—	—

22 L > N > M > R > P
 21 P > N > M > R > L
 09 M > L > P > R > N
 11 M > P > L > R > N
 01 M = P > L > R > N (第4ラウンドから参加)
 09 N > L > P > M > R
 07 N > P > L > M > R
 03 N = L > P > M > R (第2ラウンドで変更)
 03 N = L > P > M > R (第3ラウンドから参加)
 05 R > M > L > P > N
 03 R > M > P > L > N
 01 R > M = P > L > N (第3ラウンドで変更)
 01 R = M > L > P > N (第2ラウンドから参加)
 02 R = M > P > L > N (第2ラウンドから参加)
 02 R > L > P > M > N
 04 R > P > L > M > N

(冒頭の数字は人数)

もし、第3ラウンドで、1名が都市を変えずにMadridに留まったらどうなっただろうか？

03 R > M > P > L > N
 → 04 R > M > P > L > N

第3ラウンドでの投票結果は以下になる。

→ London: 39, Paris 32, Madrid 32

Paris と Madrid が同数になるので2者の投票が行われるが、結果は次のようになる。

→ Paris 49 vs. Madrid 57

ここでMadrid がParisに対して勝利することになる。

次の投票はMadridとLondonとの最終決選投票であるが、結果は、以下の通りである。

Madrid 54 vs. London 50!

したがって、オリンピック開催地が変わっていた。(たった1名が第3ラウンドで変えただけで...)

City	R1	R2	R3	R4
London	22	27	39	54
Paris	21	25	33	50
Madrid	20	32	31	—
New York City	19	16	—	—
Moscow	15	—	—	—



他の投票方式を適用した場合のオリンピック開催地の推測

(L: London, P: Paris, M: Madrid, N: NYC, R: Moscow)

(a) 多数決: M > L > P > N > R and N > M → cyclical majority

勝者なし!

(b) 単記投票:

→ London! (by 22 in 1st round)

(c) 決選投票:

- 2ラウンド方式:

第1ラウンド: London and Paris

第2ラウンド: London: 54, Paris: 50

→ London!

- 簡易決選投票:

1st: N drops, 2nd: R drops,

3rd: P drops, 4th: L drops

→ Madrid!

- 網羅的決選投票:

→ London!

22 L > N > M > R > P
 21 P > N > M > R > L
 09 M > L > P > R > N
 11 M > P > L > R > N
 01 M = P > L > R > N (4th join)
 09 N > L > P > M > R
 07 N > P > L > M > R
 03 N = L > P > M > R (2nd change)
 03 N = L > P > M > R (3rd join)
 05 R > M > L > P > N
 03 R > M > P > L > N
 01 R > M = P > L > N (3rd changed)
 01 R = M > L > P > N (2nd join)
 02 R = M > P > L > N (2nd join)
 02 R > L > P > M > N
 04 R > P > L > M > N

選好を集計する社会的決定方式の 限界

アローの不可能性定理 (Arrow's Theorem)

社会が2人以上の構成員からなり、少なくとも3つ以上の選択肢がある場合に、民主的決定の持つべき幾つかの条件を満たす社会的厚生関数(社会的な選好順位)は存在しない*

社会的厚生関数 $D = f(D1, D2, D3, \dots)$

D : 社会の順序付け、 $D1$: 構成員1の順序付け、...

→ 例外は選択肢が2つの場合の多数決方式

民主的決定の持つべき条件

1. 各投票者は合理的な選好集合(推移律等を満たす)を有する
2. もし、各投票者がAをBより好むなら、その集団もAをBより好む。
3. もし、各投票者がAをBより好むなら、この関係に影響しない選好の変更は、AをBより好むと言う集団の選好に影響を及ぼさないはずである(IIA特性)
4. 独裁者は存在しない。

アローの定理は3つ以上の選択肢がある場合には、循環順序の発生によって、一般的には上記の4つの条件を同時に満たすことができない場合があることを示している。最初の3つの条件を満たす決定方式が4番目の独裁者を導く可能性すらあるとされる。

投票の理論の限界



(a) 完璧な社会的選択の方式はおそらく存在しない

→ 手続き問題に踏み込んで社会が納得する方法をそれぞれ確立するほかない

(cf. 手続的正義、手続き正当性、対話的合理性など)

(b) 個人の選好は必ずしも自己完結的ではなく、環境や状況で変化する

→ 選好や行動を左右する要因を分析することが必要

(cf. 確率効用理論、期待効用理論、プロスペクト理論など)

コンドルセの陪審定理

- コンドルセの陪審定理: 全員が「正しい物事を選択できる確率0.5以上」を有するなら、参加人数が多いほど正しい物事が選ばれる確率は1に近づくだろう
⇒ 正邪の判断では当てはまるかもしれない
- 一方、善悪の判断では、社会に様々な価値が併存していることから、相対的に多数の価値が支持されるに過ぎないだろう
- そもそも正邪と善悪を鋭利に分離できるか? という課題があり、手続き問題が正邪に属するというなら、物事をどのように決めるかの社会的手続きを選択する際に当てはまるのではないか?

まとめ（環境公共政策論として）



(a) 異なる投票方式は異なる勝者を導く可能性がある
→ 誰が選ばれたか(結果)ではなく、どのように選ぶべきか
(かたち:プロセス、手続き)に一層の関心を持つべきである。

(b) 個人の選好から社会の選好を導く際に完璧な方法は存在しない
→ 社会にとって何が最も重大な目的でありその達成のための手段であるのか(なかみ:価値の選択)に一層の関心を持つべきである。

(c) 社会における投票はときに最終決定に用いられる
→ 決断に至るまでにどれほど十分なコミュニケーションが行われたかに関心を持つべきである。コミュニケーションは選好投票ではない。安易な投票は誤った方向を選ばせることもある。