

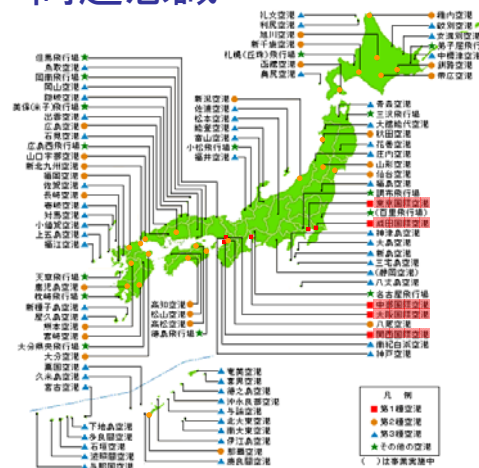
# 空間における公共財の分布と社会的選択 —空港分布の事例—

呉 逸良  
日本大学経済学部

2008年7月19日 日本国際経済学会頭部会 於日本大学経済学部

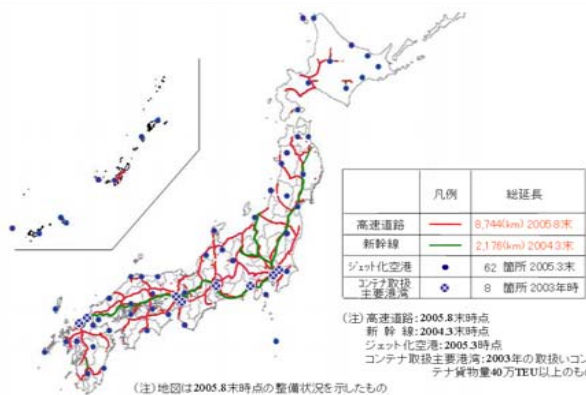
## 問題意識

1. 第1種空港  
成田国際空港、中部国際空港、関西国際空港及び国際航空路線に必要な飛行場であって政令で定めるもの
  2. 第2種空港  
主要な国内航空路線に必要な飛行場であって、政令で定めるもの
  3. 第3種空港  
地方的な航空運送を確保するため必要な飛行場であって、政令で定めるもの
- 出所:『空港整備法』



## 問題意識

交通関係社会資本整備の状況



(出典): 平成18年度国土交通関係予算概算算定資料、数字で見ると鉄道004、数字で見ると港湾006、数字で見ると航空2005をもとに国土交通省国土計画局作成

## 問題意識

いくつかのトレードオフの関係  
空港建設の費用と利便性  
格差と衡平性

分析に扱う経済学的主要分野

- 公共財の問題:  
公共財の供給(空間的な要素を含めた)
- 厚生経済学的主要分野:  
社会的選択(不確実性を伴う個人の選択行動)

## 既存研究

### 航空関係

#### エアライン

ネットワーク: O' Kelly 1986, 1987 Fujita and Mori 1996  
Bryan and O' Kelly 1999  
佐々木2000 佐々木・古田・鈴木2006 など

#### エアポート

空港分布: 大橋・安藤 1999 Mun and Yoshida 2007 など

### 分析に扱う経済学の主な分野

#### 公共財の問題:

公共財の供給(空間的な要素を含めた)

#### 厚生経済学の分野:

社会的選択(不確実性の下での意志決定問題): Harsanyi 1955  
依田1997

行動経済学: Kahneman and Tversky 1979, Tversky and  
Kahneman 1992, 多田2003

5

## 発表の構成

- 均一線型空間モデルの枠組
- 消費量と輸送手段の選択
- 所与の空港分布の下での市場均衡  
および個別家計の効用
- 最適空港分布および社会的選択
- まとめおよび示唆
- 今後課題

6

## 均一線型空間モデルの枠組

- 均質な直線空間において、人口が均等に分布している。1単位空間距離間隔に1つの家計が居住し移動しない。



- 各家計は1単位の労働を提供して1単位の他の家計と差別化した同種類の財を生産する。(収穫一定の生産関数)
- 各消費者が同一のCES型の効用関数を持つ。

$$U = \left( \sum_{i=1}^{\infty} q_i^{\rho} \right)^{1/\rho} \quad (0 < \rho < 1, i \in 1, 2, \dots, \infty)$$

$i$ : 空間上連続している各家計の番号

$q_i$ : 第*i*番家計が生産した財の消費量

$\rho$ : 消費者の多様性嗜好の度合いを表すパラメータ

7

## 均一線型空間モデルの枠組

- 「冰山」型時間コスト:  $C_t = t^{1/\alpha}$

1単位の財を*t*単位時間を使って輸送する場合、 $t^{1/\alpha}$ 割が時間コストとして消耗され、実際に $(1 - t^{1/\alpha})$ 単位しか目的地に届かない。

$0 < \alpha \leq 1, 1/\alpha \geq 1 \Rightarrow$  時間コストが増加することを意味する。



- 陸上輸送は輸送の時間コストのみがかかる。

$t_L$ は陸上輸送の速度である。(但し、 $0 < t_L \leq 1$ )

1単位の財を*d*単位距離まで輸送するには $(t_L d)^{1/\alpha}$ 割が時間コストとして消耗され、実際に $(1 - (t_L d)^{1/\alpha})$ 単位しか目的地に届かない。

8

## 均一線型空間モデルの枠組

- 航空輸送: 輸送費, 時間コスト, 空港使用料。
- 「冰山」型輸送費:  
1単位の財を $d$ 単位距離まで輸送する場合,  $md$ 割が航空輸送費として消費される。  
 $m$ : 単位距離の平均費用,  $0 < m < 1$   
航空輸送費の存在は航空輸送が陸上輸送より高価であることを意味する。
- 「冰山」型輸送の時間コスト: 発送量の  $(t_A d)^{1/\alpha}$  割が消費される。  
 $t_A$ : 航空輸送の速度,  $0 < t_A < 1$
- 空港使用料は輸送距離に独立し, 発送空港 $i$ と送達空港 $j$ にそれぞれ発送量の $l_i$ 割と $l_j$ 割が徴収される。

9

## 均一線型空間モデルの枠組

- 空港の費用関数

$$C_A = f + m_A q_A$$

$f$ : 空港建設のための固定費用

$m_A$ : 輸送生産の限界費用

$q_A$ : 空港の取扱量

固定費用は各家計から税金として平均的に徴収される。空港間の平均間隔は $D$ であれば, 各家計の平均税負担は $1/D$ となる。

限界費用は空港利用料として各利用者に負担させると仮定する。

したがって,  $l_i = m_{Ai}$  となる。

10

## 均一線型空間モデルの枠組

このモデルの枠組で, 消費者は2つの選択問題に直面する。

- 各財の消費量の選択
- 財の(輸送ルートを含めて)輸送手段の選択

もし空港の立地あるいは分布が外生的に与えられれば, 消費者の選択問題は内生的に決定される。

11

## 消費量と輸送手段の選択

- 各財の消費量の選択

$$\text{MAX } U_i = \left( \sum_{j=1}^{n_i} q_{ij}^\rho \right)^{1/\rho} \quad \text{s.t. } Y_i = \sum_{j=1}^{n_i} p_{ij} q_{ij}$$

$p_{ij} = p_j / (1 - C_{ij})$      $p_j$ : f.o.b. price,  $p_{ij}$ : c.i.f. price

$Y_i = (1 - c)p_i$      $c$ : 家計あたりの税金

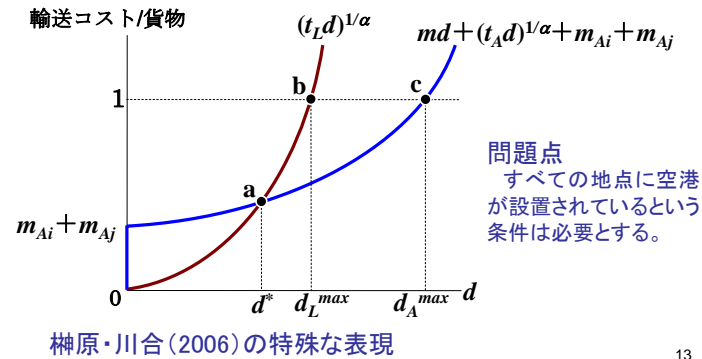
- $i$ 番財の需要関数

$$q_{ij} = Y_i p_{ij}^{-\frac{1}{1-\rho}} G_i^{-\frac{\rho}{1-\rho}} \quad G_i = \left( \sum_j p_{ij}^{\frac{\rho}{1-\rho}} \right)^{\frac{1-\rho}{\rho}}$$

12

## 消費量と輸送手段の選択

### 財の輸送手段の選択

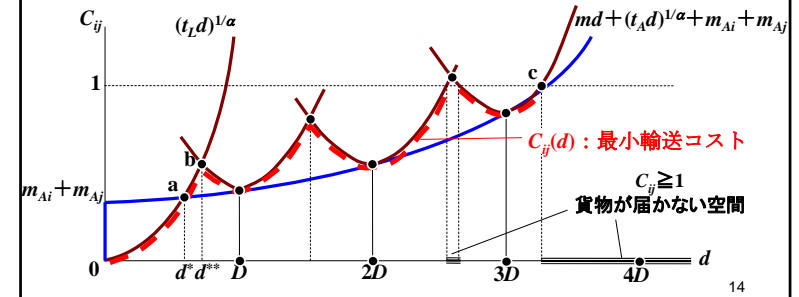


13

## 消費量と輸送手段の選択

### 財の輸送手段の選択

発送地にちょうど空港が設置されている場合

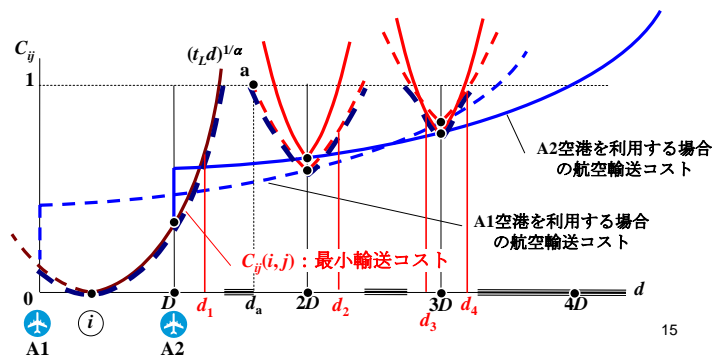


14

## 消費量と輸送手段の選択

### 財の輸送手段の選択

発送地に空港が位置されていない場合



15

## 消費量と輸送手段の選択

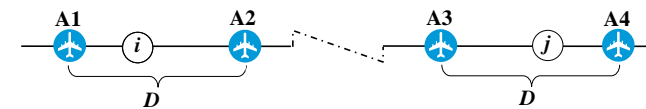
### 財の輸送手段の選択

発送地に空港が位置されていない場合

$$C_{ij} = \min \{ (t_L d_{ij})^{1/\alpha}, md_A + m_{Ai} + m_{Aj} + [t_L(d_{Li} + d_{Lj}) + t_A d_{Aij}]^{1/\alpha} \} < 1$$

可能な輸送ルート:

- (i)  $i \rightarrow A1 \rightarrow A3 \rightarrow j$
- (ii)  $i \rightarrow A1 \rightarrow A4 \rightarrow j$
- (iii)  $i \rightarrow A2 \rightarrow A3 \rightarrow j$
- (iv)  $i \rightarrow A2 \rightarrow A4 \rightarrow j$
- (v) 陸上輸送



16

## 消費量と輸送手段の選択

$$p_{ij} = p_j / (1 - C_{ij})$$

$$Y_i = (1 - c)p_i$$

$$C_{ij} = \min \{ (t_L d_{ij})^{1/\alpha}, md_A + m_{A_i} + m_{A_j} + [t_L(d_{L_i} + d_{L_j}) + t_A d_{A_{ij}}]^{1/\alpha} \} < 1$$

$$c = 1/D$$

$$q_{ij} = Y_i p_{ij}^{\frac{1}{1-\rho}} G_i^{\frac{\rho}{1-\rho}} \quad G_i = \left( \sum_j p_{ij}^{\rho-1} \right)^{\frac{\rho-1}{\rho}}$$

空港の分布と空港利用料が外生的に与えられた場合、すべての輸送コストが決定される。すべての $p_i$ 、 $G_i$ と $q_{ij}$ および $Y_i$ を求めることができる。

17

## 消費量と輸送手段の選択

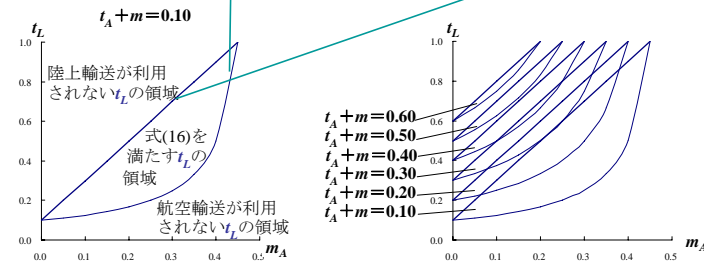
線形的時間コスト( $\alpha=1$ )の場合

陸上輸送と航空輸送の両方が利用される条件

$$0 \leq (t_A + m) / (1 - 2m_A) \leq t_L \leq (t_A + m) + 2m_A \leq 1$$

下限条件

上限条件



## 所与の空港分布の下での市場均衡 および個別家計の効用

各地点の財の産出量は1単位で、また税金は均等に各家計に分担させるとすると、

$$\sum_{j=1}^{n_i} \frac{q_{ij}}{1 - C_{ij}} = 1 - c \quad \rightarrow \quad \begin{cases} \sum_{j=1}^{n_i} q_{ij} p_{ij} = (1 - c)p_i \\ p_{ij} = p_j / (1 - C_{ij}) \\ q_{ij} = Y_i p_{ij}^{\frac{1}{1-\rho}} G_i^{\frac{\rho}{1-\rho}} \\ G_i = \left( \sum_j p_{ij}^{\rho-1} \right)^{\frac{\rho-1}{\rho}} \\ Y_i = (1 - c)p_i \end{cases}$$

$n_i \times 4$ の連立方程式から、すべての $p_i$ 、 $G_i$ と $q_{ij}$ および $Y_i$ を求めることができる。

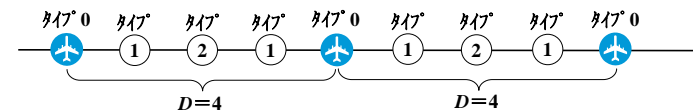
19

## 所与の空港分布の下での市場均衡 および個別家計の効用

数値例( $D=4$ の場合)

$$a=1, t_A=0.02, m=0.04, m_A=0.12, t_L=0.15$$

各タイプの家計の輸送コスト $C_{ij}$



20

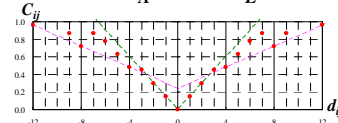
## 所与の空港分布の下での市場均衡 および個別家計の効用

数値例 ( $D=4$ の場合)

$$a=1, t_A=0.02, m=0.04, m_A=0.12, t_L=0.15$$

各タイプの家計の輸送コスト  $C_{ij}$

タイプ0



$f=0.20, \rho=0.5$ の場合、

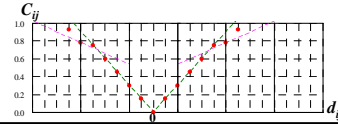
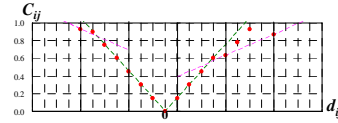
市場均衡において

$$p_0=1 \text{ (ユメレール)}$$

$$p_1=0.9293$$

$$p_2=0.8879$$

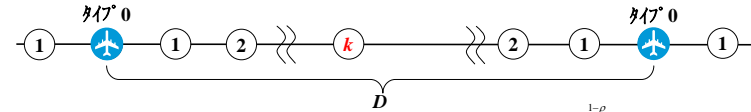
タイプ2



21

## 所与の空港分布の下での市場均衡 および個別家計の効用

空港地点から  $k$  距離 (但し,  $k \leq D/2$ ) に位置するタイプ  $k$  の家計が空港分布に対する評価



$$\text{タイプ } k \text{ の家計の間接効用関数 } U_k = \left(1 - \frac{f}{D}\right) p_k \left( \sum_{i=1}^{n_k} \left(\frac{1-C_{ki}}{p_i}\right)^{\frac{\rho}{1-\rho}} \right)^{\frac{1-\rho}{\rho}}$$

$$\text{変換すると } u_k = \ln\left(1 - \frac{f}{D}\right) + \ln p_k + \frac{1-\rho}{\rho} \ln \sum_{i=1}^{n_k} \left(\frac{1-C_{ki}}{p_i}\right)^{\frac{\rho}{1-\rho}} = u_k^C + u_k^P + u_k^B$$

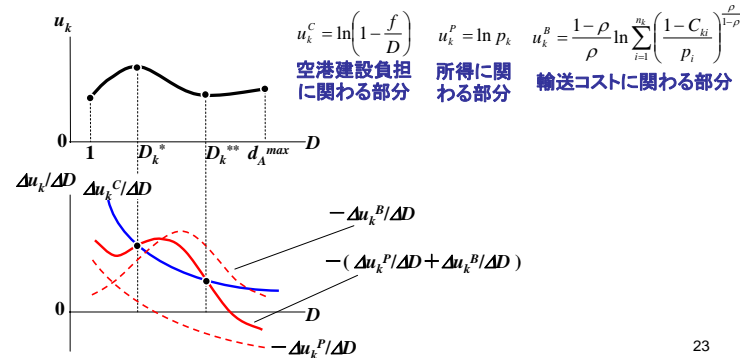
$$\text{但し, } u_k = \ln U_k \quad u_k^C = \ln\left(1 - \frac{f}{D}\right) \quad u_k^P = \ln p_k \quad u_k^B = \frac{1-\rho}{\rho} \ln \sum_{i=1}^{n_k} \left(\frac{1-C_{ki}}{p_i}\right)^{\frac{\rho}{1-\rho}}$$

空港建設負担  
に関わる部分
所得に関  
わる部分
輸送コストに関わる部分

22

## 所与の空港分布の下での市場均衡 および個別家計の効用

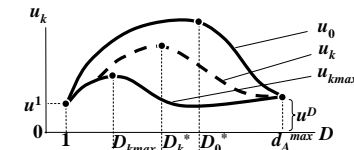
$$u_k = \ln\left(1 - \frac{f}{D}\right) + \ln p_k + \frac{1-\rho}{\rho} \ln \sum_{i=1}^{n_k} \left(\frac{1-C_{ki}}{p_i}\right)^{\frac{\rho}{1-\rho}} = u_k^C + u_k^P + u_k^B$$



23

## 所与の空港分布の下での市場均衡 および個別家計の効用

$$u_k = \ln\left(1 - \frac{f}{D}\right) + \ln p_k + \frac{1-\rho}{\rho} \ln \sum_{i=1}^{n_k} \left(\frac{1-C_{ki}}{p_i}\right)^{\frac{\rho}{1-\rho}} = u_k^C + u_k^P + u_k^B$$

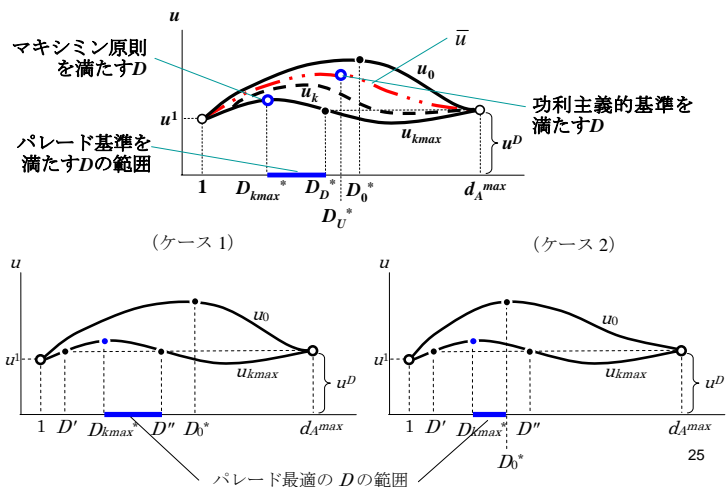


注意

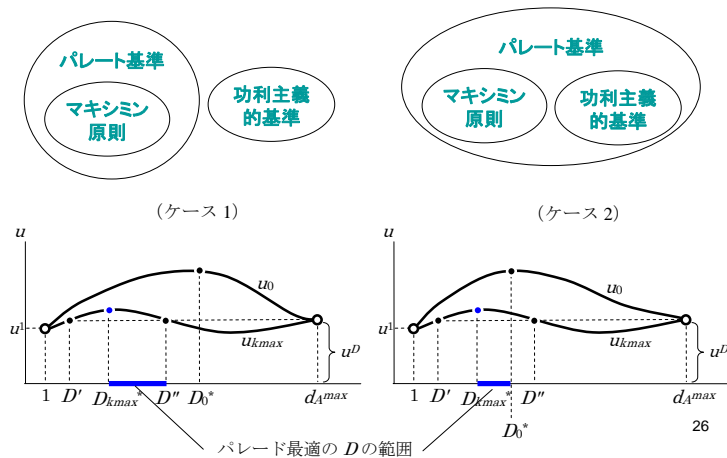
- ①  $u_0, u_1, \dots, u_k, \dots, u_{kmax}$  はあくまでも所与の  $D$  の下で、市場均衡の結果としての各タイプの家計の効用であり、特定の個別家計の効用ではない。しかし、特定の家計は必ずいずれかのタイプに属する。
- ②  $D$  が所与されたとしても、具体的な空港配置が決まれば、特定の個別家計はどのタイプになるかは分からない。
- ③  $u^1$  と  $u^D$  については、 $u^1 < u^D$  と考えるのは現実的であろう。

24

## 最適空港分布および社会的選択



## 最適空港分布および社会的選択



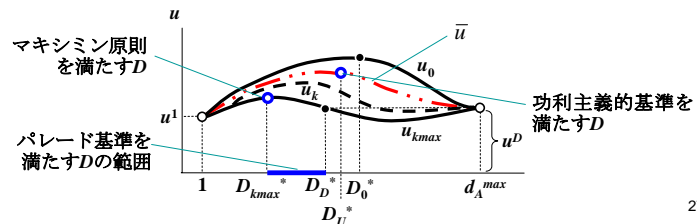
## 最適空港分布および社会的選択

最適空港分布と社会的選択 (純粋に民主的な投票で決定)

空港分布の立案者から見れば、空間上のすべての地点は一律的で無差別であるので、どの地点に空港を設置するか重要ではなく、空港分布Dのみを決定する。

しかし、 $D_{kmax}^*$ 、 $D_D^*$ 、 $D_V^*$ と $D_0^*$ は直接に観測することができない。

では、空港分布の立案者が1から $d_A^{max}$ までの間のすべての $D_i$ を提示し、すべての家計に投票させ、もっとも多く投票された $D_i$ を決定することによって、望ましいDが選択されるのか？



## 最適空港分布および社会的選択

最適空港分布と社会的選択 (純粋に民主的な投票で決定)

空港分布の立案者から見れば、空間上のすべての地点は一律的で無差別であるので、どの地点に空港を設置するか重要ではなく、空港分布Dのみを決定する。

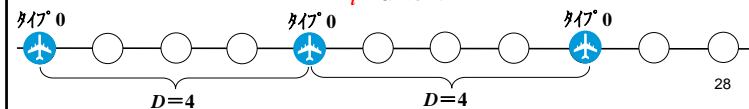
しかし、 $D_{kmax}^*$ 、 $D_D^*$ 、 $D_V^*$ と $D_0^*$ は直接に観測することができない。

では、空港分布の立案者が1から $d_A^{max}$ までの間のすべての $D_i$ を提示し、すべての家計に投票させ、もっとも多く投票された $D_i$ を決定することによって、望ましいDが選択されるのか？

各家計は空港の設置地点に関する情報を何も持たず、どんなDが決定されても、どのタイプの家計になるかも分からない。

所与の $D_i$ の下で、あるタイプ家計になる確率： $2/(d_{Amax}-1)D_i$  or  $1/(d_{Amax}-1)D_i$

どの $D_i$ に投票するか？





## 最適空港分布および社会的選択

最適空港分布と社会的選択 (純粋に民主的な投票で決定)

すべての投票者から見れば、

任意の  $D_i$  が決定される確率 =  $1/(d_A^{max}-1)$  (注:  $D_i$  に独立)

$$k\text{タイプ家計になる確率 } P(k) \begin{cases} = 2/D_i & (k \neq 0, k_{max}) \\ = 1/D_i & (k=0) \\ = 1/D_i & (k=k_{max}, \text{但し } D_i \text{ は偶数}) \\ = 2/D_i & (k=k_{max}, \text{但し } D_i \text{ は奇数}) \end{cases}$$

(注:  $D_i$  の減少関数)

任意の  $D_i$  の下での  $k$ タイプ家計になる確率  $P(k, D_i)$  (注:  $D_i$  の減少関数)

$$P(k, D_i) \begin{cases} = 2/(d_A^{max}-1)D_i & (k \neq 0, k_{max}) \\ = 1/(d_A^{max}-1)D_i & (k=0) \\ = 1/(d_A^{max}-1)D_i & (k=k_{max}, \text{但し } D_i \text{ は偶数}) \\ = 2/(d_A^{max}-1)D_i & (k=k_{max}, \text{但し } D_i \text{ は奇数}) \end{cases}$$

投票者は  $D_i$  を選択する。

29

## 最適空港分布および社会的選択

最適空港分布と社会的選択 (純粋に民主的な投票で決定)

① 期待効用仮説に基づく意思決定

それぞれの  $D_i$  に対する期待効用

$$EU(D_i) = \bar{u}(D_i)$$

功利主義的な基準を満たす  $D_U^*$  が投票される。

問題点: リスクに対する態度を十分説明しきれていない。

アレーの反例: Allais 1953

エルスバークの反例: Ellsberg 1961

プロスペクト理論: Kahneman and Tversky 1979, 1992

## 最適空港分布および社会的選択

最適空港分布と社会的選択 (純粋に民主的な投票で決定)

② プロスペクト理論 (Prospect Theory) に基づく意思決定

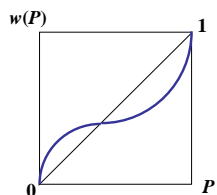
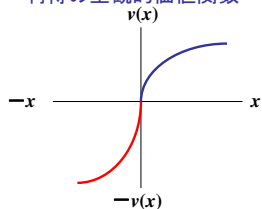
タイプ  $k$  を参照値として、 $D_i$  のもとでの期待価値:

$$\begin{aligned} v(D_i, k) &= w(P^i_0)v^i(0-k) + w(P^i_1)v^i(1-k) + \dots + w(P^i_k)v^i((k-1)-k) \\ &\quad + w(P^i_{k+1})v^i(k-(k+1)) + \dots + w(P^i_{k_{max}})v^i(k-k_{max}) \\ &= w(P^i_0)v^i(0-k) + w(P^i_k)\{v^i(1-k) + \dots + v^i((k-1)-k) \\ &\quad + v^i(k-(k+1)) + \dots + v^i(k-k_{max+1})\} + w(P^i_{k_{max}})v^i(k-k_{max}) \end{aligned}$$

投票者の参照値 (見込みタイプ) によって選択する  $D_i$  が異なる。

利得の主観的価値関数

意思決定加重値 (確率ウェイト関数)



31

## 最適空港分布および社会的選択

最適空港分布と社会的選択 (純粋に民主的な投票で決定)

③ 本稿の仮説 (付録の調査を参照)

最慎重家計: リスクに対してもっとも回避しようとして、もっとも低いリスクの下で利得を最大化するような  $D_i$  を選択する。  $D_{k_{max}}^*$  に投票する。

最冒険家計: どんな高いリスクでも、最大の利得を求めて行動する。リスクを気にせず、0タイプ家計の効用が最大となるような  $D_0^*$  に投票する。

リスクに対する態度が最慎重と最冒険の間にある家計は、  $D_{k_{max}}^*$  と  $D_0^*$  の間のいずれかの  $D_i$  に投票する。

これによって、それぞれの  $D_i$  の得票数は、それぞれのリスクに対する態度の家計の分布に依存することになる。

最大得票の  $D_i$  が得られる保証はない。仮に最大得票の  $D_i$  が出たとしても、それが **いずれかの基準を満たすという保証はまたもない。**



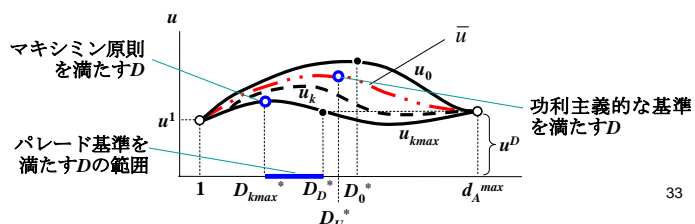
## 最適空港分布および社会的選択

### 最適空港分布と社会的選択

純粹の民主的な投票では、最大得票の $D_i$ が得られる保証はない。仮に最大得票の $D_i$ が出たとしても、それが**いずれかの基準を満たすという保証はまたもないのである。**

しかし、民主的な方法でパレード基準を満たす $D$ の幅( $D_{kmax}^*$ と $D_D^*$ )を割り出すことが可能である。

最終決定は賢明な立案者の判断に委ねるしかない。但し、空港分布の立案者は民主的な選択からの情報に基づいて、**将来の輸送条件の変化を考慮した上で判断しなければならない。**



33

## 最適空港分布および社会的選択

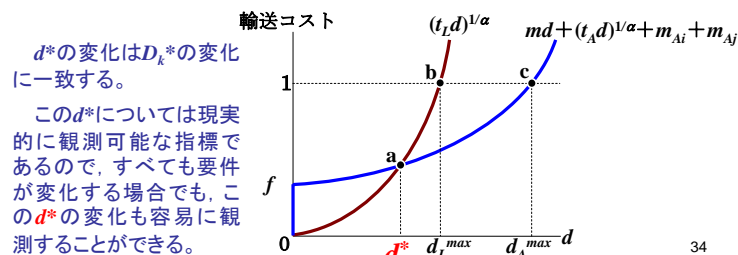
### 輸送コストの変化と社会的最適空港分布

$D_k^*$ を直接に知るのは困難である。

その他の条件が一定の下で、 $f \downarrow \Rightarrow D_k^* \downarrow$   
 その他の条件が一定の下で、 $t_L \downarrow \Rightarrow D_k^* \uparrow$   
 その他の条件が一定の下で、 $m \downarrow \Rightarrow D_k^* \downarrow$   
 その他の条件が一定の下で、 $t_A \downarrow \Rightarrow D_k^* \downarrow$

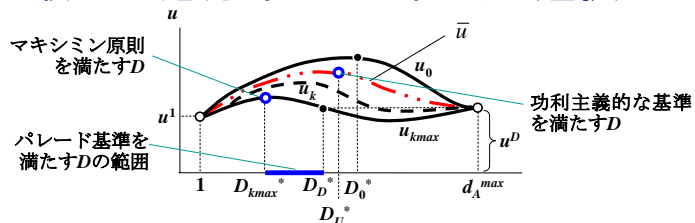
$f \downarrow \Rightarrow d^* \downarrow$   
 $t_L \downarrow \Rightarrow d^* \uparrow$   
 $m \downarrow \Rightarrow d^* \downarrow$   
 $t_A \downarrow \Rightarrow d^* \downarrow$

注)  $D_k^*$ : 各家計の最も評価する $D$ の大きさ



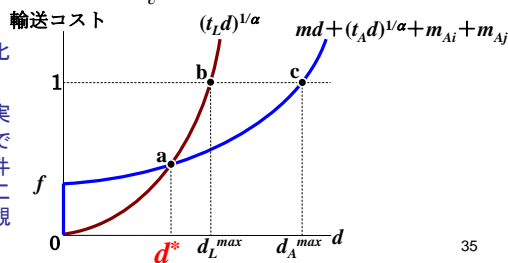
34

## 最適空港分布および社会的選択



$d^*$ の変化は $D_k^*$ の変化に一致する。

この $d^*$ については現実的に観測可能な指標であるので、すべても要件が変化する場合でも、この $d^*$ の変化も容易に観測することができる。



35

## まとめおよび示唆

### まとめ

純粹の民主的な投票の下では、最大得票の $D_i$ が得られる保証はない。仮に最大得票の $D_i$ が出たとしても、それが**いずれかの社会的厚生基準を満たすという保証はまたもないのである。**

民主的な方法では少なくともパレード基準を満たす $D$ の幅を割り出すことが可能である。しかし、最終決定は賢明な立案者の判断に委ねるしかない。但し、賢明な立案者は民主的な選択からの情報に基づいて、**将来の輸送条件の変化を考慮した上で判断しなければならない。**

### 示唆すること

期待効用仮説の限界

不確実性の下で、明示的な価値判断が与えられても、純粹の民主的な投票によって、最善の結果を得る保証はない。

賢明な立案者による決断も、情報を得るためには民主的な手段が必要である。

36

## 今後の課題

### 空港分布について

空間における人口分布が非均一の場合

空間における人口移動が可能な場合

### 社会選択について

不遇者への補償を考慮する場合

不確実性の下で、戦略的な選択行動がある場合

不確実性の下で、意志決定理論の再検討

37

## 付録

| 利得 | 選択肢 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|    | D1  | D2  | D3  | D4  | D5  | D6  | D7  | D8  | D9  | D10 |
| 0  | 100 | 105 | 115 | 130 | 120 | 100 | 70  | 50  | 80  | 100 |
| 1  |     | 110 | 115 | 135 | 120 | 120 | 70  | 75  | 80  | 100 |
| 2  |     |     | 125 | 135 | 145 | 120 | 100 | 75  | 90  | 100 |
| 3  |     |     |     | 145 | 145 | 150 | 100 | 95  | 90  | 100 |
| 4  |     |     |     |     | 165 | 150 | 145 | 95  | 100 | 100 |
| 5  |     |     |     |     |     | 175 | 145 | 120 | 100 | 100 |
| 6  |     |     |     |     |     |     | 185 | 120 | 110 | 100 |
| 7  |     |     |     |     |     |     |     | 150 | 110 | 100 |
| 8  |     |     |     |     |     |     |     |     | 120 | 100 |
| 9  |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 100 |

### 調査方法説明

- 本調査は無記名である。
- 参加者間の相談は禁止とする。
- 参加者全員が100単位の金額を持っているものとする。
- 選択肢D1～D10のいずれかの1つを選択する。選択された選択肢によってそれぞれの抽選が行われる。選択された選択肢の抽選で当たった番号に書かれた賞金が貰える。(例えば、D9を選択した場合、抽選番号0～8の中から、クジ引きで6番が当れば、賞金110単位が貰える。)
- 抽選するためには100単位の金額を支払わなければならない。
- 選択する選択肢を塗りつぶしてください。

## 付録

調査結果の示唆  
(サンプル数=60)

① 期待利得最大仮説が検証されたいとは言えない。

② D1, D2, D8とD9が選択されることについて、既存の理論による解釈はできない。(ヒューリスティックな行動)

③ 調査時の環境条件などを再確認することがあるではないか？またサンプル数を増やして調査する必要がある。

