

大学院講義 2025年度前期 交通経済学

# 交通需要予測

**なぜ人は動き、なぜそれを予測するか？**

大澤 実（経済研究所）

# 暫定ロードマップ

- 第1～3回：交通需要予測と離散選択の基礎理論
  - 第1回：交通需要予測 🖱️
  - 第2回：ランダム効用理論
  - 第3回：多項ロジット [Multinomial Logit (MNL)] モデル
- 第4～6回：MNLの限界と選択肢相関
- 第7～9回：異質性と推定
- 第10～12回：政策設計・データ・予測
- 第13～15回：実践と批判的視点

# 参考文献

日本語の文献追加で紹介する。いずれもこの講義でカバーする予定の範囲より幅広いトピックを取り扱っており、図書館で借りるなどして眺めてみるとよい。

- [1] Small, K. A., & Verhoef, E. T. (2007). **The Economics of Urban Transportation** (2nd Eds.). Routledge. (第3版もある。講義中に引用する場合セクション番号は第2版)
- [2] Mohring, H. (1976). **Transportation Economics**. Cambridge.
- [3] de Palma, A., Lindsey, R., Quinet, E., & Vickerman, R. (2011). **Handbook of Transport Economics**. Edward Elgar.
- [4] [Train, K. E. \(2009\)](#). **Discrete Choice Methods with Simulation**. Cambridge.
- [5] 山内・竹内 (2002). **交通経済学**. 有斐閣アルマ.
- [6] 田邊 (2017). **交通経済のエッセンス**. 有斐閣ストゥディア.
- [7] 竹内 (2018). **交通経済学入門 新版**. 有斐閣ブックス.

※ 講義はこのほか多様な文献から総合して構成するため、いずれも購入は必須ではない。

# 今日のゴール

以下の点について理解する：

- 交通需要とは何か
- なぜ交通需要を予測したいのか
- なぜ経済学モデルの意義があるのか
- 具体的にどのように予測するか

# ❄ Icebreak

今朝、どの手段・ルートで大学に来たか？ それはなぜか？

- 交通選択行動の具体例
- 近くの人と少し話そう

# 交通需要とは

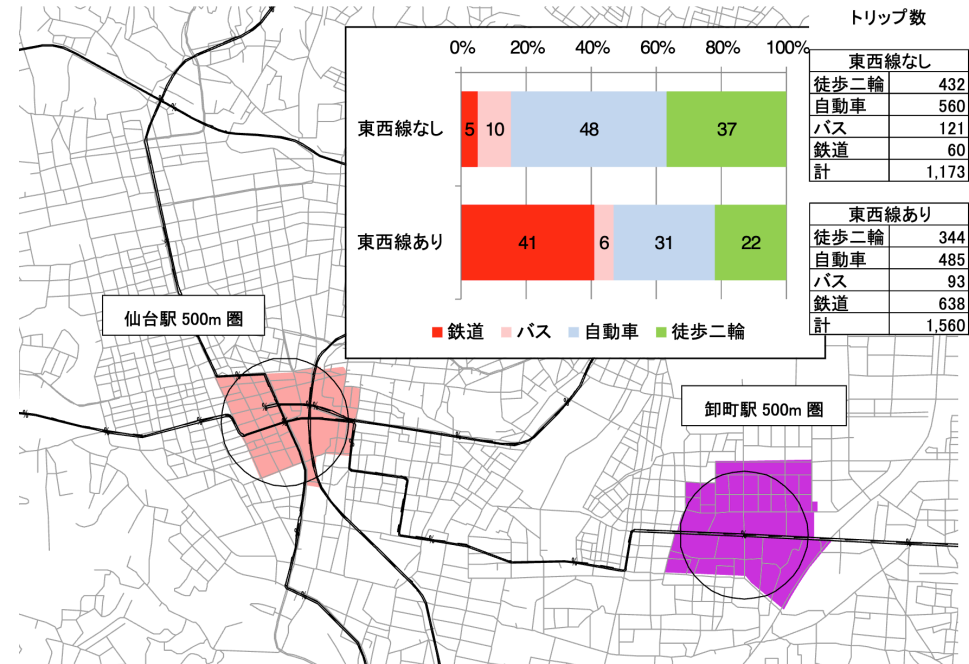
- 終点ごとに：どこに？（・誰が・どの時間に？）
  - [RESAS - 観光地分析 - 京都・2024年4月・13時台](#)
- 起点から終点へ：どこからどこへ？
- 点と点とを繋ぐ線ごとに：どの程度の人が、どこを通って？
  - [令和3年度 一般交通量調査結果WEBマップ](#)
- 手段ごとに：どの交通機関を使う？
- 時間帯ごとに：いつ？
- etc., etc.

# なぜ交通需要を予測するのか？

- 交通需要予測は**交通政策**に関わる**社会的意思決定**に不可欠
  - 例①：新しい地下鉄を作るべきか？
  - 例②：料金徴収で混雑を緩和できるか？
  - 例③：道路拡張 vs. ソフト施策？

# 例①：新しい地下鉄を作るべきか？

- 利用状況の予測 → 収益・費用の予測 → 資本投資判断の根拠
  - 巨額の投資ゆえに，需要予測の妥当性が問われる





## 例②：料金徴収で混雑を緩和できるか？

- 適切な料金設定のため、料金変化に需要がどう反応するか予測したい



トップ > 経済

### アクアライン最高1600円、最低400円に料金差拡大...きょうから

2025/04/05 17:56

🔖 保存して後で読む



土日祝日に時間帯によって通行料金を変動させる「ロードプライシング」の社会実験を行っている東京湾アクアライン（千葉県木更津市－川崎市、全長15・1キロ）で、5日に新たな料金制度がスタートする。普通車で上り線（川崎方面行き）は400～1600円と、従来の600～1200円から料金差を大きくする。下り線（木更津方面行き）でも時間別料金を新たに導入する。



東京湾アクアライン（読売ヘリから）

社会実験は自動料金収受システム（ETC）の搭載車を対象に2023年7月から実施している。2年目に入って渋滞を緩和させる効果が鈍化しているため、料金差を拡大して分散させる狙いがある。

# 例③：ハード施策 vs. ソフト施策

- 渋滞緩和：道路容量を拡張すべきか？ 需要を制御すべきか？



# 交通プロジェクト評価の実際と交通需要予測

結果として何が起こるか？（=交通需要予測）は最も基本的な部品

- **財務分析**：特に持続可能性の分析（[例](#)）
  - 交通需要予測 = 収入・費用の予測
- **費用便益分析** (cost-benefit analysis)：厚生を加味した分析
  - プロジェクトが投入される費用に対してどれだけ「嬉しい」か
    - 「嬉しさ」は分析者が定義する必要（**価値判断**；[例1](#), [例2](#)）

両者により**総合判断**するのが交通プロジェクト評価の実務

# 交通需要予測の切り口

- **短期 vs. 長期**

- 人口分布・土地利用パターン等の変化から切り離せるか？

- **巨視的 vs. 微視的**

- 都市間，都市全体，特定の道路区間，特定の街区の人流パターン

- **集計 (aggregate) vs. 非集計 (disaggregate) 的取り扱い**

- 空間単位レベル vs. 個人レベル

- **統計学理論 vs. 経済学理論**

- 予測性能か？ 「説明」可能性を重視するか？（融合は進んでいる）

# 交通需要予測の単位

- **トリップ (trip)** : 単一の移動
  - 通勤 (家 → 会社), 通学 (家 → 学校), 業務 (会社 → 取引先)
- **トリップチェーン (trip chain)** : 一連の移動
  - 家 → 保育園 → 職場 → 買い物 → 帰宅

集計レベルの予測が従来行われてきた (観測の限界)

- **ゾーン (zone)** レベルでの観測 (調査) と推計
  - 調査 : 国土交通省. "[パーソントリップ調査](#)"
  - 推計 : **四段階推定法** (Four Step Method)

# 四段階推定法

1. 生成交通量 / 発生・集中交通量予測 (Trip Generation)
2. 分布交通量予測 (Trip Distribution)
3. 機関分担 (Mode Choice)
4. 経路配分 (Route Assignment)

- **現在でも実務でひろく使用**されている交通需要予測の基本手法：[例](#)
  - 国交省 (2015). [将来人口の設定と需要推計モデルの構築](#). (p.13–)
  - 国交省 (2022). [地域公共交通計画等の作成と運用の手引き](#) (p.117)
  - 芝原 (2013). [4段階推定法](#). 東京大学羽藤研究室ゼミ資料.



# 古典的な四段階推定法の限界

データ要求が少なく，観測の表現（**現況再現**）は可能だが限界がある：

- 論理整合性の弱さ：各ステップにおける様々な場当たりの仮定
  - 例：下位の配分において上位の配分が所与． **なぜ？？？**
    - 同時方程式バイアスなどの統計学的懸念もある
- 個人の**行動原理**は不明：ゾーン属性による推定など
  - 個人の異質性が表現できていない
  - 交通政策に対する個人の行動変化を表現できない

# 個人の行動からの交通需要

- 🖐️ 個人の選択を基礎とする**非集計予測**へ
- 交通需要は主として**派生需要** (derived demand) と解釈される
  - 除く：「この電車に乗りたい！ 🚆」「常に移動していきたい！ 🏃≡」
- 交通需要 = 各人の選択が導くトリップ・チェーンの**ある断面**
  - 発展：現在は GPS 移動履歴など詳細なデータも活用も可能
- 「人の選択」の原理をどう記述するかが鍵



# どう選択をモデル化するか？

- 人の行動をどう数式で表現するか？
- 経済学が大前提とする考え方：人は一番「嬉しい」ものを選ぶ
  - あるいは、少なくともそうであるかのように振る舞う
  - 現象記述的（何が起こるか – **positive**）分析，  
規範的（どうあるべきか – **normative**）分析を可能にする
- 余談：モデル = 世界の構造への仮説
  - *"Every model is wrong, but some are useful"* (Box, 1976)

# 経済学における選択と「効用」の最大化

- 嬉しさ：序数的 vs. 基数的な**選好** (ordinal vs. cardinal **preference**)

1. **序数的選好**： $a, b \in A$  があるとき  $a \succ b, a \sim b, a \succsim b$ , etc.

- (, ) について  $a = (0.7\text{合}, 180\text{ml})$  vs.  $b = (0.5\text{合}, 150\text{ml})$

2. 基数的選好 or **効用 (utility) 関数**： $U(a) > U(b) \Leftrightarrow a \succ b$ , etc.

- 本源である 1 が "整合的" であればそのような関数  $U$  が存在
- $U$  があれば選択は  $\max_{a \in A} U(a)$  と**モデル化可能** (👉 認める)
  - $\max_a U(a) = U(a^*), a^* = (1.5\text{合}, 250\text{ml})$

- 政策介入の影響を整合的にモデル内で扱える

# 離散選択 (Discrete Choice)

- 連続的 (continuous) vs. 離散的 (discrete) 選択
  - 学部ミクロ経済学で学ぶのは連続的選択（除くゲーム理論）
- **離散選択**とは有限個の**選択肢集合** (alternatives)  $A$  から1つを選ぶ状況
  - 個人レベルからの交通需要予測で重要
  - 例：昼ごはんのレストラン, 通学ルート, 移動手段
  - レストラン  $X$  を少し **増やし** (!?) てもレストラン  $Y$  にはならない
- 通学に使用する交通モード選択を考えてみよう
  - $\text{mode} \in A \equiv \{ \text{徒歩}, \text{自転車}, \text{バス} \}$

# 例：通学モード選択

各モードの特徴が次のように**数値化**されているとする

モード	所要時間 $T$	費用 $C$	快適性 $Q$
徒歩	45分	0円	3 = (のんびり, 混雑なし)
自転車	25分	0円	1 = (疲れる, 混雑なし)
バス	15分	230円	0 = (普通, 混雑)

効用関数が**例えば**次のように表現できるとしよう：

$$U(\text{mode}) = \beta^{\text{time}} T + \beta^{\text{cost}} C + \beta^{\text{quality}} Q$$

色々な人の特徴を捉えることができる, が.....

	せっかち	のんびりや	中間
$\beta$	$(-20,-0.5,50)$	$(-10., -1., 150.)$	$(-10,-0.5,50)$
徒歩	-750	0 	-300
自転車	-450	-100	-200 
バス	-415 	-380	-265

- **挙動が不連続的**：少しの状況の変化で同じ人の選択がガクンと変わる
- **効用関数が常に不完全**：選択行動のばらつき, 観測できていない情報, 線形であるという仮定のエラー, 考慮できていない選択肢, etc., etc.

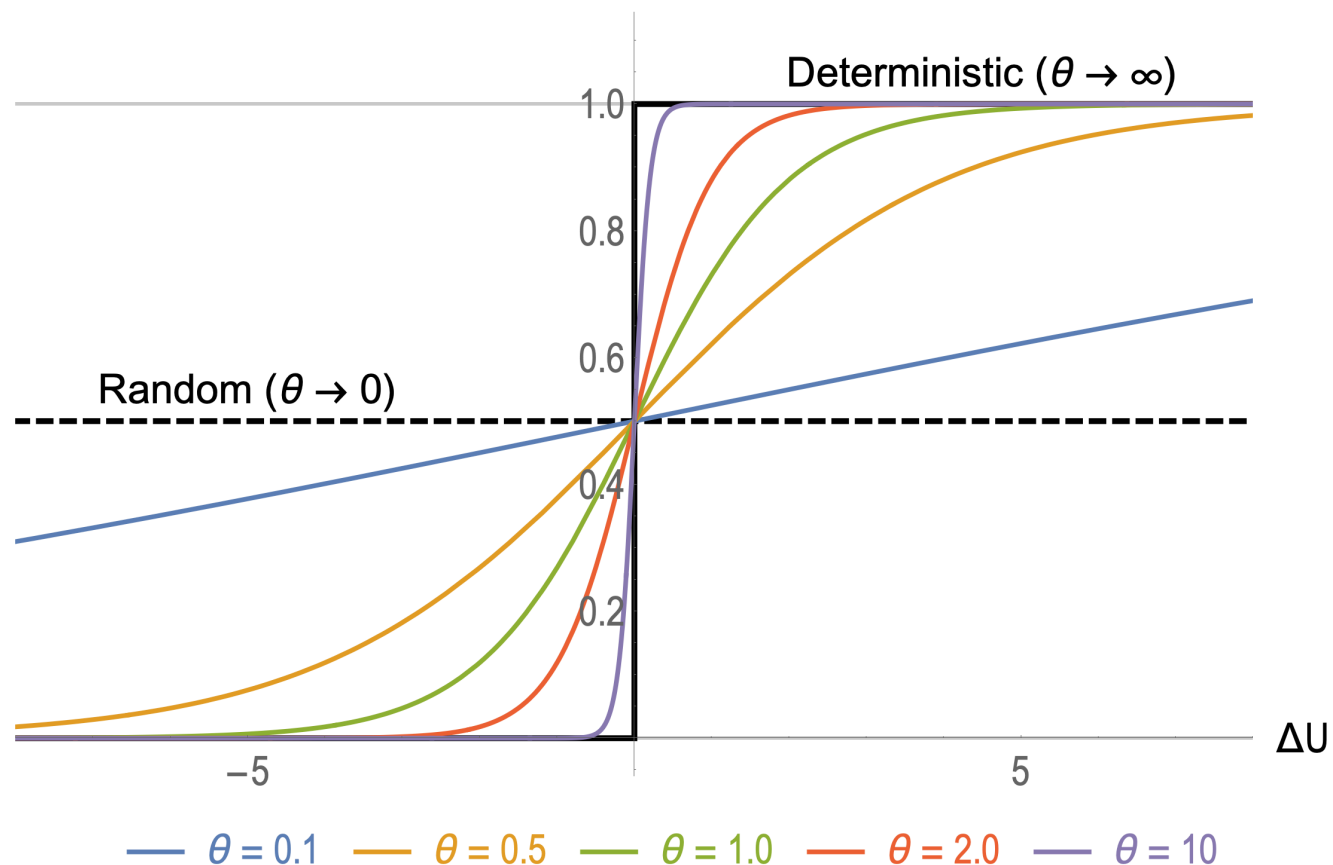
# ランダム効用モデル (Random Utility Model)

- 確率項の導入：  $V(a) = U(a) + \varepsilon_a$ 
  - $U(a)$ ：選択肢  $a$  の観測可能な効用（決定論的効用）
  - $\varepsilon_a$ ：観測・特定不能な**ゆらぎ**（確率的効用）。 **その確率分布は仮定**
- ゆらぎの源泉：モデルの不完全性（観測不能な属性・計測誤差），個人間での異質性，繰り返される選択における個人内のばらつき
- 選択する個人は，  $V(a)$  を最大化するように  $a$  を選択肢集合から選ぶ
- $\varepsilon$  の確率分布が与えられれば  $a \in A$  が選ばれる確率を**計算可能**

$$P_a = \mathbb{P}(V(a) \geq V(b), \forall b \in A) = \mathbb{P}(U(a) + \varepsilon_a \geq U(b) + \varepsilon_b, \forall b \in A)$$

## 2選択枝の場合の選択確率 $P_1$

ある確率分布を仮定すると  $P_1 = 1/(1 + \exp(-\theta\Delta U))$ ,  $\Delta U \equiv U_1 - U_2$   
特に,  $\theta$  は確率的ゆらぎ  $\varepsilon$  の大きさ.



# 交通政策と選択行動

例：バスの料金を規制により下げるとどうなるか？

- 古典的な四段階推定法：機関分担率を**集計的**に回帰により求める
  - ゾーン属性によって分担率が変わる
    - 例：ゾーン間距離等を説明変数として回帰
  - 背景メカニズムは.....？
- 個人行動に基づくモード選択モデル
  - 効用が上がると選ばれやすく：**明快な行動原理**に基づく変化
- ※ 現在の実務では非集計アプローチも活用



# 離散選択モデルの強み

- 決定論的な効用関数を**柔軟に設計可能**
- 個人レベルでの**異質性**の分析が可能
- **政策**の影響を行動論的に予測可能
- 実務的有用性：
  - 選択パターンの非現実的不連続性を回避可能
  - 観測データにフィットしやすい

ただし、複雑な**相関構造**を取り扱うには工夫が必要

- 例：IIA特性（次回解説）

# まとめ

- 交通需要予測は，交通政策評価に関わる社会的意思決定の前提
- 実務において広く用いられてきた集計モデル  
しかし，個人行動・政策反応の理解には限界
- 個人の選択行動に基づく非集計モデルは，経済学的整合性と行動予測力・操作性を実現する有力なアプローチ
- 交通行動の多様性や不確実性を理論的に表現可能



RUMについてより詳しく

# 基礎の再確認

1. なぜ交通需要を予測する必要があるのか？
2. 離散選択モデルにおける効用関数とは何か？
3. RUMにおいて確率項  $\varepsilon$  が意味するものは何か？

# 演習

**Q. 今朝のあなたの通学をモデル化してみよ.**

1. その交通行動の選択肢を列挙せよ.
2. 選択基準 (e.g., 時間, 費用, 快適性) は何か?
3. 簡単な効用関数を作ってみよ.

# 課題 1

1. 自分の休日の交通行動について選択ツリーを具体的に書いてみよ.
  - 選択の階層構造を表現してみよう.
2. 各段階の選択に影響すると思われる要因を書き出してみよ.
3. それらの要因をどう直接的・間接的に計測すればよいか考えてみよ.
4. 表現されていない構造や捉えられていない要因がないか考えよ.

# 交通需要予測の副読本

Train (2009) は交通への応用にとどまらない離散選択モデルに関する定本. 和書としては

- [1] 北村・森川 (編) (2002). **交通行動の分析とモデリング**. 技報堂出版.
- [2] 土木計画学研究委員会 (編) (1996). **非集計行動モデルの理論と実際**. 土木学会.