大学院講義　2025年度前期　交通経済学

交通費用

交通サービスのお値段、いくらですか？

大澤 実（経済研究所）

振り返りと動機づけ

- 交通需要分析の基礎である離散選択モデルの基礎を速習
  交通費用が選択行動で重要な変数であることを暗黙の前提とした

そもそも，交通費用とは何か？　どう決まるのか？

- 金銭費用・所要時間は **事業者** の費用構造に依存
  - どのような価格・サービス水準を設定するか？（今回）
- 消費者のみを見ても，混雑レベルは他の消費者の選択に依存
  - どのような選択が **均衡** として実現するか？（次回以降）

本日の目標

まずは，交通費用の成り立ちについて改めて検討する：

- 交通サービス事業者を念頭に置いて生産者理論を速習する
- 規模の経済を知る
- 併せて，関連概念を理解する

講義の底本とする文献：

- Small & Verhoef, Ch.3.1, 3.2
- Mohring, Ch.2, Ch.7
- 竹内 (2018), Ch. 4

交通費用の分類

底本：竹内健蔵 (2018)『新版　交通経済学入門』有斐閣.

費用把握の目的による分類

- **会計学的費用**：財務諸表 (financial statements) に載る費用
  - 計測が簡単だが，税・補助金・規制の影響を受ける
    $\Rightarrow$ 資源の「価値」の指標にはならない
- **経済学的費用**：**機会費用** (opportunity cost)
  - 他のものを諦めることの価値
  - 真の価値の計測を目指すならば機会費用を推定する必要

市場の有無による分類

- **貨幣的費用** (monetary costs)：市場で取引されている財・サービス
  - 市場で価格がつく = 金銭的価値と考えて差し支えない
- **非貨幣的費用** (non-monetary costs)：それ以外の財・サービスの価値
  - 時間, 人命, 安全, etc.
  - 環境に関する費用（例外：排出権取引）
  - 遺跡（工事中に出てくることがあるが……😩）

費用負担主体による分類

- **私的費用** (private costs)：
  - 主体が自ら負担するコスト．e.g., 高速道路の利用料金
  - しかし，交通行動は **外部性** (externality) を持つ：騒音, 振動, etc.
- **社会費用** (social costs)：
  - 私的費用と外部性（外部費用）とを足したもの.

私的費用と社会的費用は多くのケースで一致しない
$\Rightarrow$ **個人の動機のみでは社会的に望ましくない状況に陥る.**
これを解決することは,（交通）経済学の基本問題の一つ.

速習・生産者理論

交通サービス事業者の私的費用を念頭に

底本：Small & Verhoef (2007), Ch.3.1, 3.2 / Mohring (1976) Ch.7

生産関数

生産量 (output) q，投入物 (input) x．θ を様々な外的条件とする．

- q, x, θ は全てベクトルとする．e.g., $x = (\text{労働}, \text{資本}, \text{土地})$
- 交通サービスにおける q の具体例は何か？🤔

生産者 の技術を表す **変換関数** (transformation function) は

$$F(q, x \mid \theta) = 0$$

- この式は条件 θ・投入 x で生産可能な q の組み合わせを決める．
- 生産物が唯一なら解いて $q(x \mid \theta) \in \mathbb{R}$ などとできる（**生産関数**）．

費用関数 (cost function)

投入物 x の価格 w を供給者は操作できないと **仮定** する（**価格受容者**）

- どんなときこの仮定は妥当か？　交通分野ではどうか？🤔
- 価格受容者といえない場合 w の決定過程もまたモデル化される

生産者は生産量 q に応じて費用を最小化する x を選ぶとする：

$$C(q, w \mid \theta) = \min_{x \geq 0} \{ w \cdot x \quad \text{s.t.} \quad F(q, x \mid \theta) = 0 \}$$

このような C をこの供給者の **費用関数** と呼ぶ.

- C は生産量 q と投入物 x の市場価格 w（および θ）の関数.

長期・短期の費用関数

投入物 x は長い時間をかけないと増やせない場合もある（e.g., 資本）

短期 (short-run) 費用関数：一部の x のみ自由に変えられる場合

$$C(q, w \mid \theta, \bar{x}_l) = \min_{x_s \geq 0} \{w_s \cdot x_s \quad \text{s.t.} \quad F(q, (\bar{x}_l, x_s) \mid \theta) = 0\}$$

長期 (long-run) 費用関数：全ての x を自由に変えられる場合

$$\tilde{C}(q, w \mid \theta) = \min_{x_l \geq 0} C(q, w \mid \theta, x_l)$$

誤解のない範囲で $\tilde{C}(q)$, $C(q)$ などと略記する.

固定費用・可変費用

長期・短期費用関数のいずれについても，以下のように分類可能：

- **固定費用** (fixed cost)：$C(0) = c_0$ となる c_0
- **可変費用** (variable cost)：$C(q) - c_0$

短期費用関数について

- 必ず $c_0 > 0$ となる（e.g., 借入, 減価償却, 維持費）
- サービス運用に属する部分（車両維持費を含む）を特に **操業費用** (operating cost) と呼ぶことがある

※ 固定費用と **埋没費用** (sunk cost) との混同に注意（🧠？）

限界費用・平均費用

費用関数 C に対して，**限界費用** (marginal cost) は以下：

$$C_i'(q) \equiv \frac{\partial C}{\partial q_i}(q)$$

- 限界費用は供給量 q に依存する（🧠？）

平均費用 (average cost)：唯一の財を供給しているとき

$$\bar{C}(q) = \frac{C(q)}{q}$$

規模の経済性（単一財）

費用関数について **規模の経済性** (scale economies) s を以下で定義する：

$$s \equiv \frac{\bar{C}(q)}{C'(q)} = \frac{C(q)}{qC'(q)}$$

- 📝 生産量 q に対する費用 C の弾力性の逆数
- $s > 1$ のとき，**規模の経済** (economies of scale)
- $s < 1$ のとき，**規模の不経済** (diseconomies of scale)
- $s = 0$ のとき，**規模に関して中立** (constant returns to scale in cost)

限界費用・平均費用の例

- 📝 $\bar{C}'(q) = 0$ なら $\bar{C}(q) = C'(q)$
- 🧠 規模の経済性 s は？
- 🧠 費用関数の形状は？

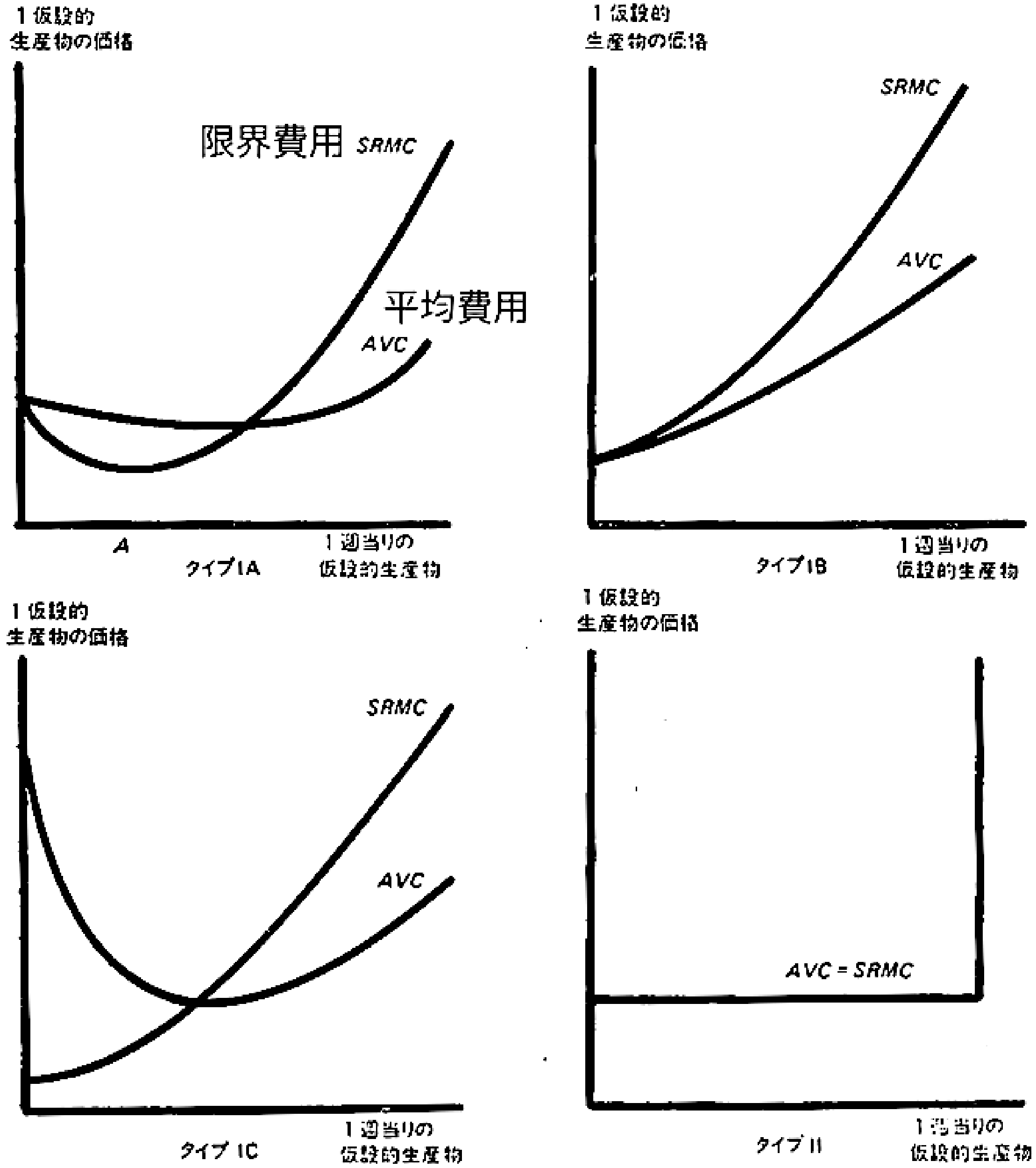


図 2-1　短期費用曲線のタイプ

Fig: Mohring (1976), Ch.2（和訳1987年）

規模の経済性のもとでの限界費用価格設定

- 財の価格を p とすると企業の利潤は $pq - C(q)$.
- 生産量 q に応じた限界費用 $C'(q)$ で価格設定する場合の利潤は

$$C'(q)q - C(q) = (1-s) \times C'(q)q$$

規模の経済があるとき $(s > 1)$ 限界費用価格設定では **赤字になる** 😩

👀 交通および多くの公益事業では規模の経済性が大きいことに注意：

- 固定費用が巨額：道路，鉄軌道，発電所，上下水道管，車両，……
- 限界費用が比較的小さい：バスに追加の利用者を乗せてもほぼタダ

複数財と範囲の経済

交通事業者において，複数の財（サービス）の場合とは？🤔

規模の経済性 s を *例えば* 以下のように定義できる：

$$s \equiv \frac{C(q)}{\sum_i q_i C_i(q)} \qquad \text{where} \quad C_i(q) \equiv \frac{\partial C(q)}{\partial q_i}$$

複数財の場合 **範囲の経済** (economies of scope) も混ざる指標になる

- 複数サービスをまとめて提供することで，個別に提供するより総費用を削減できる場合，その性質を範囲の経済という．

交通事業者における生産物とは

何を「生産物」と捉えるかは分析者の目的・問題に依存．答えはない．

- **最終生産物** (final/demand-related outputs)：
  交通需要分析で利用される集計量
  - 有料乗客数 (revenue passengers), 乗客キロ (passenger·km),
    自動車交通における走行台キロ (vehicle·km), 総トリップ, etc.
- **中間生産物** (intermediate/supply-related outputs)：
  例えば，需要を満足する前提となる **サービス容量** (capacity)
  - 公共交通における走行台キロ, 路線運営の業務委託による容量増強

密度とサイズ

- **密度**：例えば同一の交通ネットワークで運行頻度を上昇させた場合，設備の有効活用により限界費用を逓減させられる可能性がある
  → **密度の経済** (economies of density)
  - 例えば航空輸送におけるハブ・スポーク型の路線の形成
- **サイズ**：新たな地域へ運行範囲を拡大する場合．接続性の改善により旅客が増え，結果費用が逓減する可能性がある．
  → **サイズの経済** (economies of [network] size) と呼ぶ

示量 (extensive) 変数，**示強** (intensive) 変数と呼ぶこともある．

- extensive/intensive margin などと言う（e.g., 国際貿易）

事業者の費用構造の定量分析

- 会計学的アプローチ：個別事業者の財務諸表から推定する方法
- 工学的アプローチ　：例えば車両価格などの具体的コストから積算
- 統計学的アプローチ：複数の類似事業者のデータから費用構造を推定
  - 井口 (2020)：路面電車・LRT の範囲・規模の経済性について検討

■表—5　範囲の経済性と規模の経済性の計測結果

関数型	範囲の経済性	全事業の規模の経済性	路面電車・LRT事業の規模の経済性	鉄道事業の規模の経済性
コブ・ダグラス費用関数			−0.101	−0.309
トランスログ費用関数	−1.991	−0.109	−0.476	−0.633

注：数値がマイナスの場合，範囲の経済性および規模の経済性の存在が確認できる．

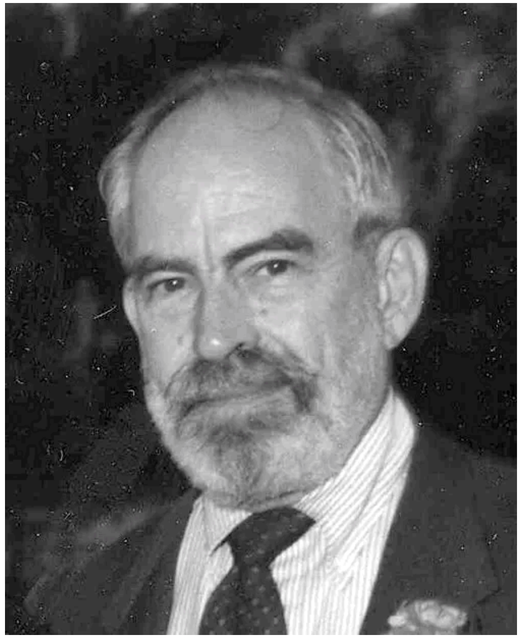
モーリング効果

公共交通における規模の経済

公共交通とモーリング効果

- 交通における最終「生産物」はトリップ.
- しかし，トリップ生成には移動主体の **時間** も投入されている.
- **モーリング効果** (Mohring effect)：
  公共交通の **待ち時間** (waiting time) は密度の経済を生む.

[Herbert Mohring (1928–2012)](#)



モデル　(1/2)

- ピーク時間帯の単一のバス路線を考える
- 最終生産物 q はピーク時間帯単位時間あたりの輸送旅客数
- 中間生産物は単位時間あたりのバス通過台数 V, バス1台の製造費用は c
- 利用者の投入物は単位時間あたりの待ち時間 W, 時間価値は α
- 利用者の平均待ち時間は W/q
- 一様 Poisson 到着であるとすると，待ち時間は $1/(2V)$ でもある：

$$\frac{W}{q} = \frac{1}{2V} \quad \Rightarrow \quad W = \frac{q}{2V}.$$

モデル (2/2)

- 事業者と利用者をあわせた総費用は

$$C = cV + \alpha W = cV + \frac{\alpha q}{2V}.$$

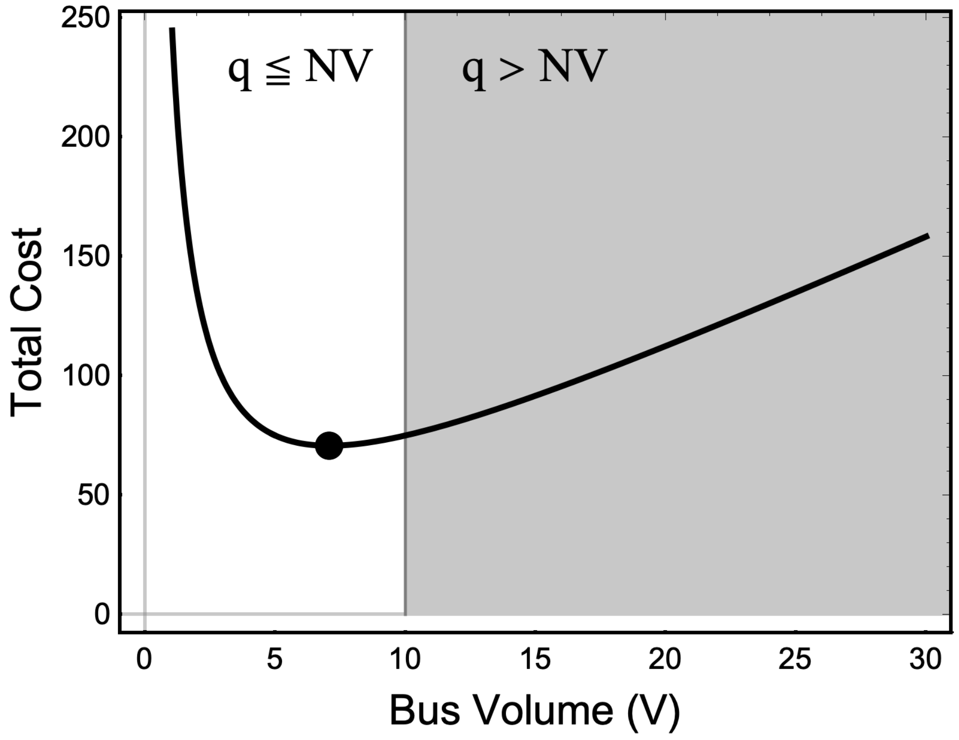
- 事業者はバスの容量による制約条件を満足しつつ運行本数 V を最適化

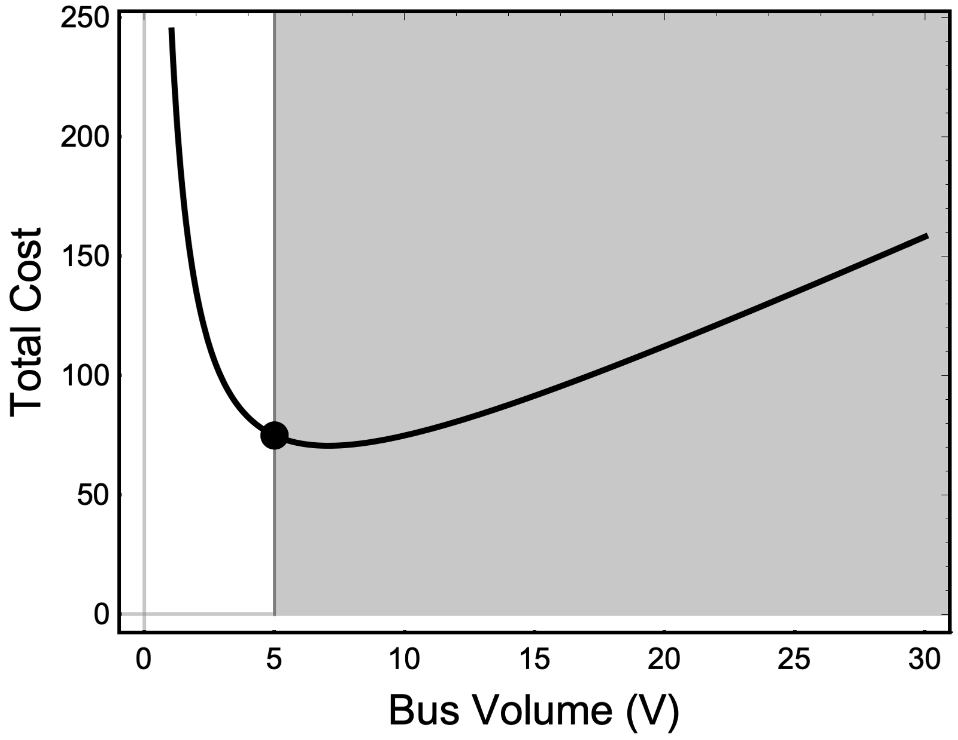
$$q \leq NV \quad (N = nL/d)$$

  - n：バスの物理容量, L：路線の長さ, d：平均トリップ長

費用最小化問題

- 制約条件 $q \leq NV$ が有効 (binding) になるかどうかで場合分け





ケース 1：バス容量が余るケース

- **平方根ルール** (square root rule)：総費用を最小化するバス運行本数は

$$V^* = \sqrt{\frac{\alpha}{2c}} \times \sqrt{q}$$

  - 2倍の乗客をさばくのに $\sqrt{2}$ 倍の本数で済む。

- 最小化された費用は

$$C^*(q) = cV^* + \alpha W^* = \sqrt{2\alpha c} \times \sqrt{q}$$

- この費用関数は規模の経済性をもつ：📝 $s = \frac{C(q)}{qC'(q)}$ を求めてみよ

ケース 2：バス容量が残らないケース

- $q = NV$ だから

$$V^* = \frac{q}{N}, W^* = \frac{q}{2V} = \frac{N}{2}, C^*(q) = \frac{c}{N}q + \frac{\alpha N}{2}.$$

- すなわち固定費用 $\frac{\alpha N}{2}$ のある費用関数 $\Rightarrow$ 規模の経済性
  - 📝 $s = \frac{C(q)}{qC'(q)}$ を求めてみよ

モデルの含意

- どちらのケースでも，総費用は規模の経済性を示す：
  運用費用または待ち時間のどちらかが q の増加に伴って非線形に減少
- 交通サービスは利用者が多いほど効率化しやすく，**外部便益** が生じる
- しかし，「競争」的な価格設定（限界費用）では赤字
  ⇒ 補助金（Mohring 補助金）が必要となる可能性も
  - 公共交通の価格設定については別講義で詳述する.
- 様々な拡張が可能.
- 意味づけは何でもよいが，低密度サービスの不効用は同様の含意.

まとめ

- 交通費用の定義と分類
- 生産者理論の復習
- 規模の経済と範囲の経済
- Mohring 効果と平方根ルール

混雑と渋滞：道路交通のパフォーマンス