基礎ゼミ　第1回目

-交通行動の分析とモデリング-

第1部　交通行動の理論

- 交通行動の分析スキーム(1)
- 行動の経済学的アプローチ(2)

2017/05/11

福田研究室　修士2年
都留　崇弘

はじめに

- 交通分析の理論と方法

トリップ、PT法、4段階推定法…

効用最大化とは何か

- 人々の意思決定方略

何を重要視して人々は選択行動をするのか

- マーケティングからの知見

選択行動は人に釣られる

活動と交通

交通分析の目的

① 道路や鉄道など交通路における課題解決

例) モビリティ確保、渋滞、快適性、沿道環境負荷、事故、交通バリア

② 住宅や商業施設など交通の出発地・目的地における課題解決

例)開発規模の決定、商業施設、テーマパーク、オフィスなどの施設計画

③ 都市構造、ライフスタイル、環境・エネルギーなど交通をその中に含むトータルシステムの理解と課題解決

例)自動車の保有やマーケティング

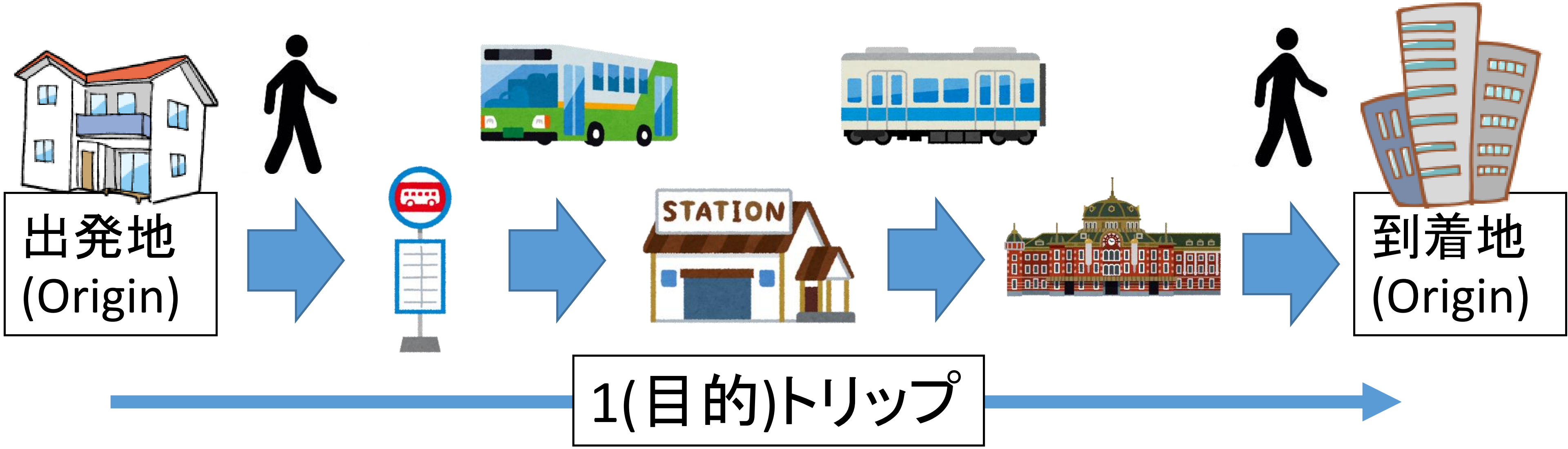
交通分析の基本的な方法:「観測」

→ 交通需要の構造を知ることは難しい

活動と交通

「パーソントリップ法」: ある1日の交通行動アンケート調査

出発地、目的地、移動手段と経路、所要時間や費用を調査し、
交通行動を定量的に把握

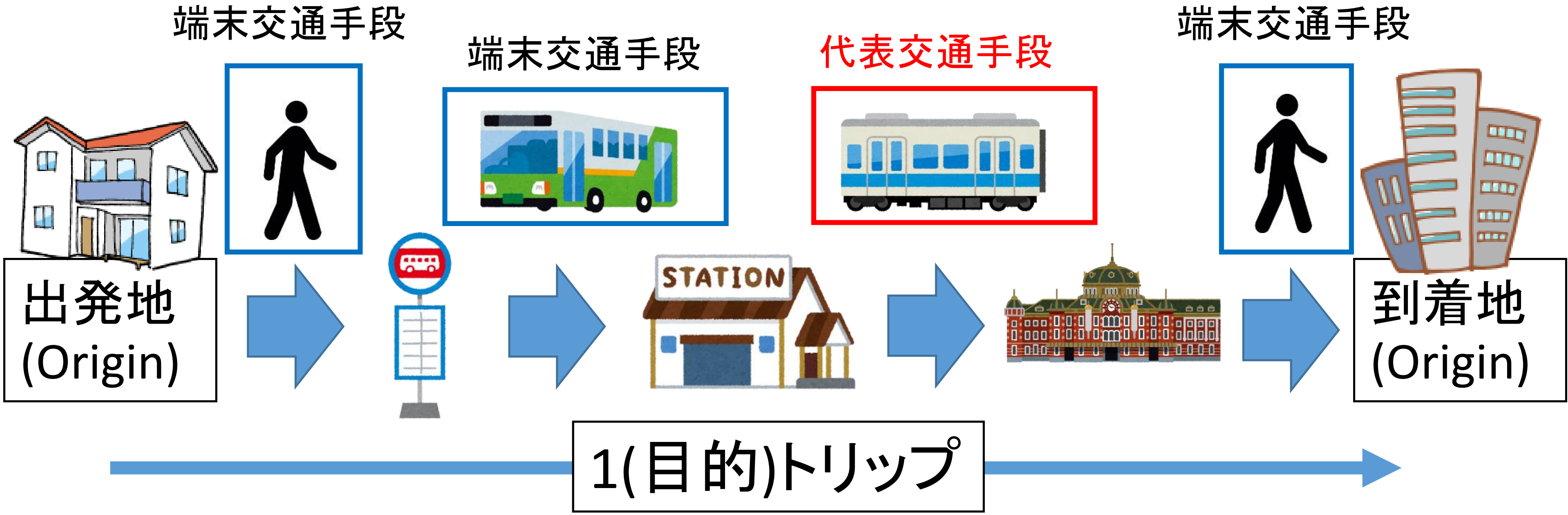


= 4手段トリップ(4アンリンクトリップ)

トリップ: 一貫した移動目的を持つ起点から終点までの移動

活動と交通

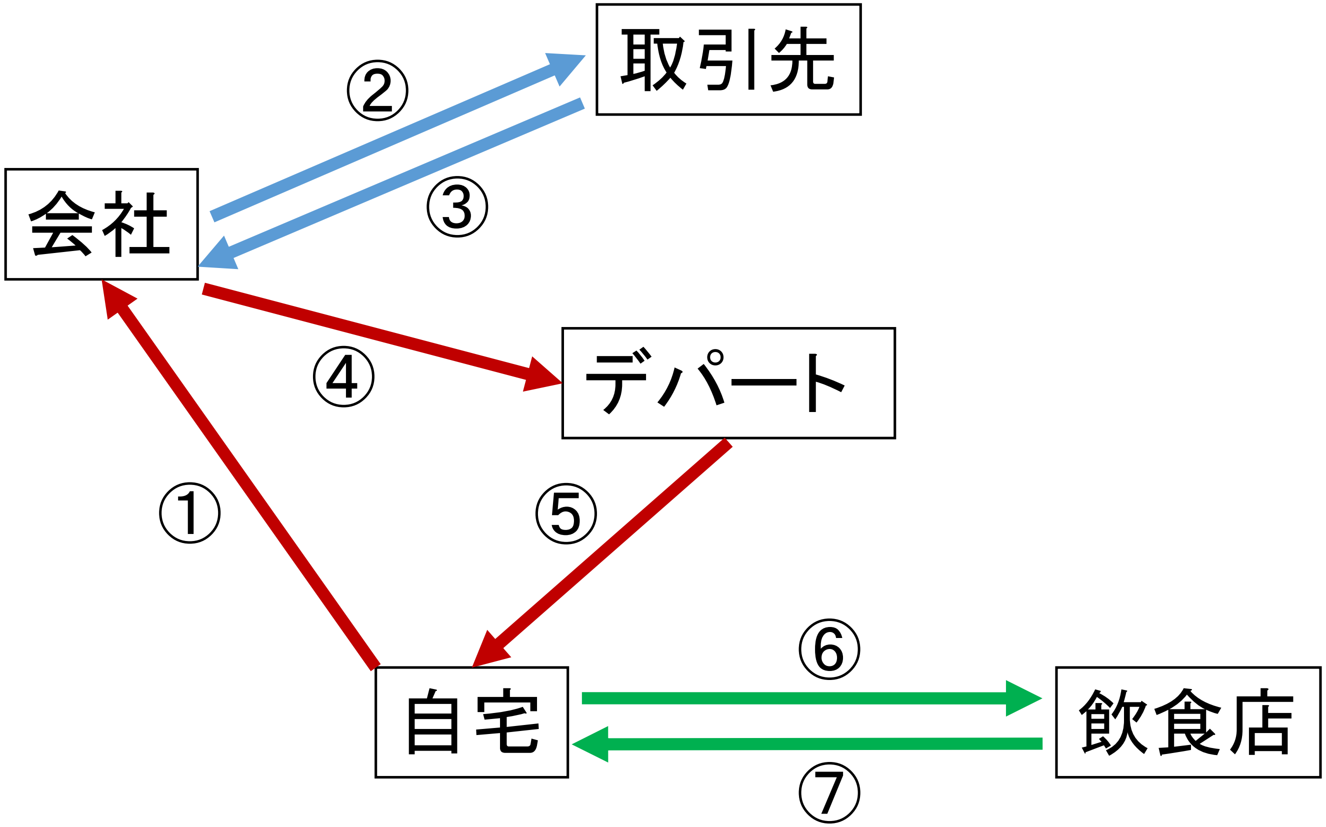
「パーソントリップ法」:交通行動を定量的に把握

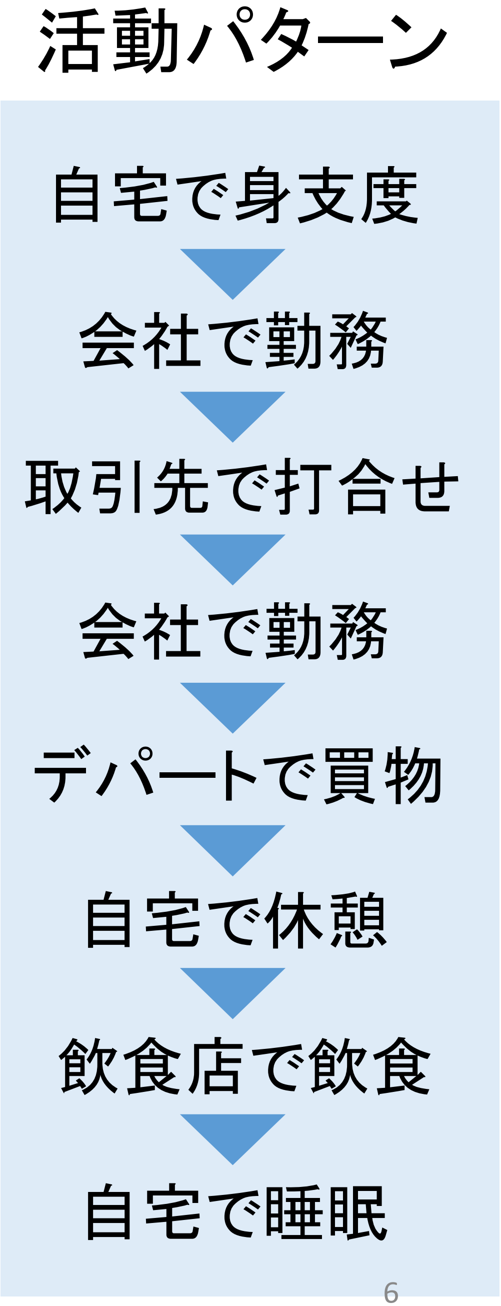


優先順位:①鉄道　②バス　③自動車　④二輪車　⑤徒歩

活動と交通

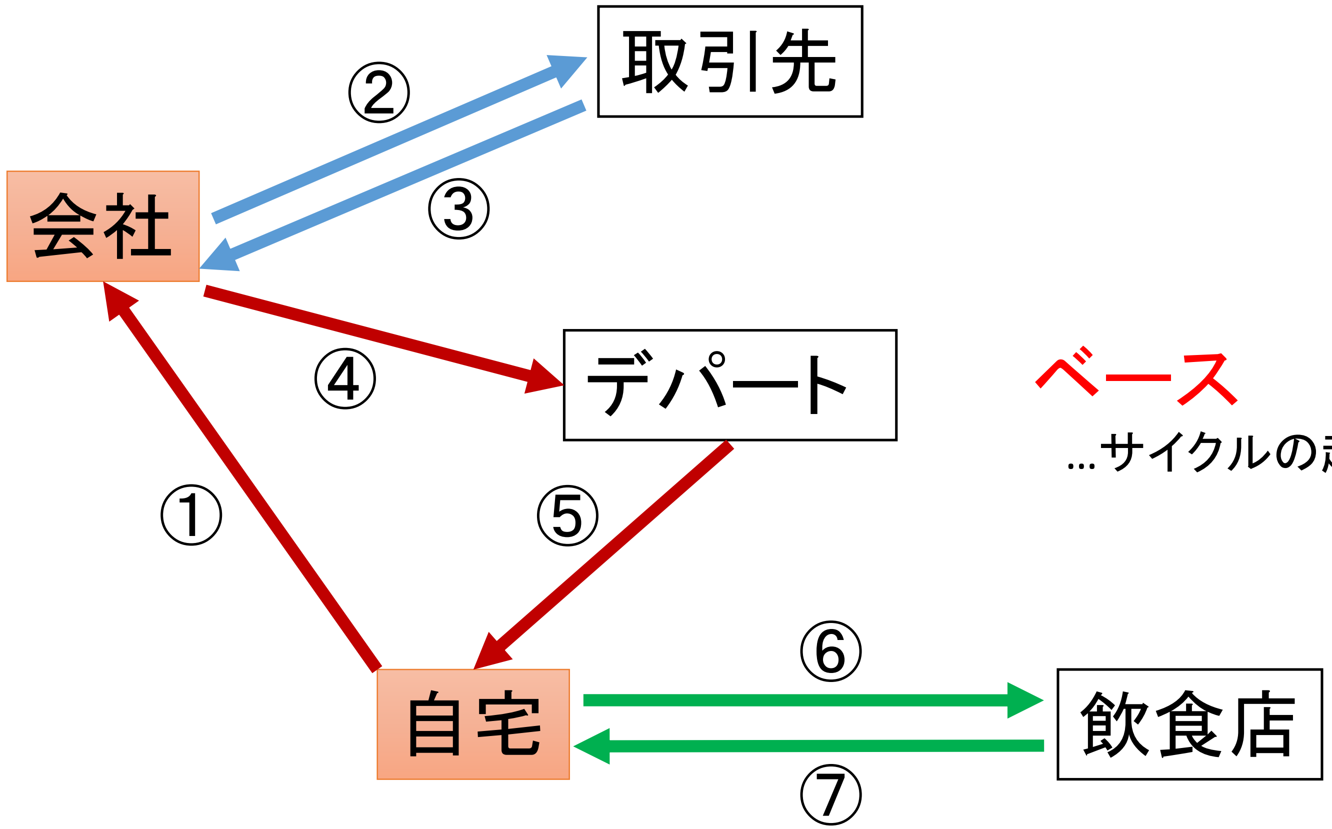
1日の活動パターンとトリップチェインの例





活動と交通

1日のトリップチェインの例



ベース

…サイクルの起点となる地点(主に自宅)

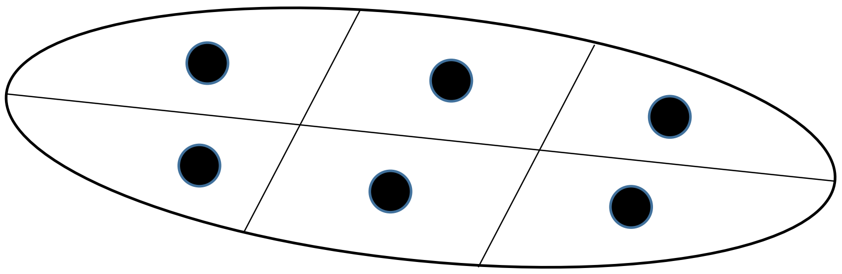
交通行動の分析フレーム

集計分析

ゾーン単位で集計された交通量をモデル化
代表例) 4段階推定法

非集計分析

個々のトリップの**属性**を直接モデル化



■ ゾーン間のトリップ
ゾーン内の中心点(セントロイド)
間のトリップとして表現

● :セントロイド

交通行動の分析フレーム

交通行動のモデル化

観測された交通行動やその集計値を、

それと因果関係のある他の要因との関係性を簡略な形で

表現し(多くの場合数式を用いる)

要素間の関係の理解や異なる入力要因に対する予測値を

算出すること

例)交通分担量予測モデル式

$$P_c = \frac{e^{U_C}}{e^{U_B} + e^{U_C}}$$

$$U_C = a_{c1} \times X_{c1} + a_{c2} \times X_{c2} + \cdots$$

P_C : 自動車の選択確率
U_C, U_B : 自動車及びバスの効用関数
X: 説明変数

$$U_C = a_{c1} \times X_{c1} + a_{c2} \times X_{c2} + \cdots$$

4段階推定法

- ✓ 将来の交通需要を、段階を踏んで推定するプロセス
- ✓ 前のプロセスで得られた推定結果を元に予測

発生集中交通量の予測 ← 人口データ、パーソントリップ

▼

分布交通量の予測

▼

交通手段別交通量予測

▼

配分交通量予測

（以上） 4段階

4段階推定法

- ✓ 将来の交通需要を、段階を踏んで推定するプロセス
- ✓ 前のプロセスで得られた推定結果を元に予測

発生集中交通量の予測	交通が、どこで発生し、どこへ集中するか
▼	
分布交通量の予測	発生した交通が、どこからどこへ向かうのか
▼	
交通手段別交通量予測	どの交通手段をどれくらいの割合で利用するか
▼	
配分交通量予測	どの路線・経路をどれくらいの割合で利用するか

交通行動の分析フレーム

交通政策の主眼

幹線交通網整備 → 既存の交通システムの有効利用
交通需要管理

交通需要は派生需要

活動は変化する(自家用車の相乗り、フレックスタイム制)

トリップベーストアプローチだけでは不十分

時空間上の活動との関係で交通を捉える

「アクティビティベーストアプローチ」

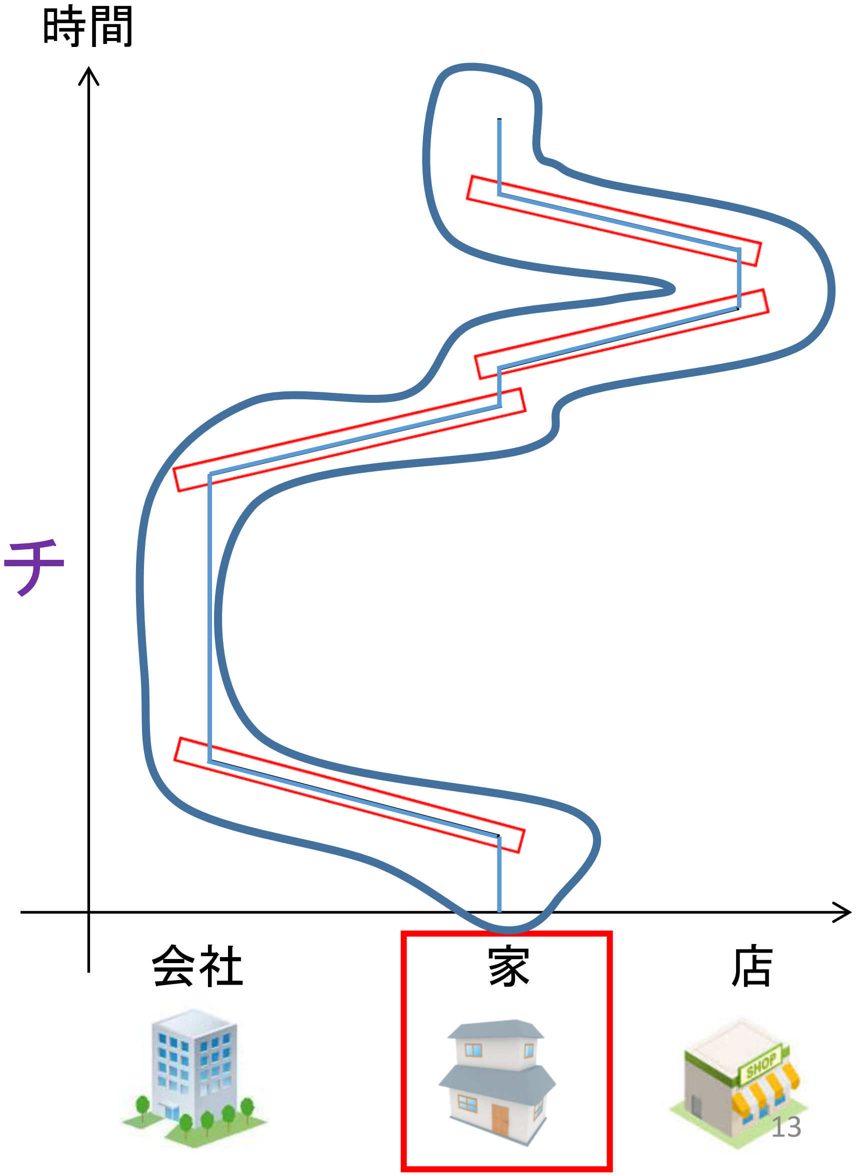
交通行動の分析フレーム

トリップベーストアプローチ

…個々のトリップを個別に分析

アクティビティベーストアプローチ

…時空間上の活動との関係を考慮



合理的個人と効用最大化

消費者行動理論の大前提:「人間の合理性」

個人は一連の目標を持ち、この目標を最もよく達成すると思われる行動を選択する
効用:目標達成の程度

近代経済学における合理性の定義

- 個人はいくつかの目標を持つ
- その多目標に照らして行動代替案を総合評価できる
- 代替案を選好の順序に並べることができる

・効用最大化人間
複数の代替案のうち最大の効用をもたらす案を選択する

制約条件下の最適行動

最適化問題：都心及び郊外に買い物に行くことができる家計

$$\max U(x_1, x_2)$$

$$s.t. \, p_1 x_1 + p_2 x_2 \leq Y$$

$$t_1 x_1 + t_2 x_2 \leq T$$

x_1, x_2：一定期間内にそれぞれ都心と郊外へ買い物に行く回数

p_1, p_2：それぞれ1回当たりのコスト

t_1, t_2：それぞれ1回当たりの所要時間

Y：一定期間内に買い物トリップに割ける費用

Y：一定期間内に買い物トリップに割ける費用

間接効用関数　$U(x_1^*, x_2^*) = V(p_1, p_2, t_1, t_2, Y, T)$

不確実性下の行動分析

目標の達成度は、多くの場合、意思決定時には不確実

例)雨が降りそうなとき、ごく限られた小遣いしか持っていない人が出先で雑誌を買うか傘を買うか

		Θ: 自然の状態	
		θ=1(雨が降る)	θ=2(雨が降らない)
A: 行動	a=1(傘を買う)	x_3	x_2
	a=2(雑誌を買う)	x_1	x_4

効用の期待値を考えて選択する(期待効用理論)

期待効用と不確実性に対する態度

仮定：利得は大きいほど望ましい

2点の利得$x-h, x+h (h>0)$がそれぞれ確率1/2で得られるくじを考える

$$\text{利得の期待値}:(x-h)\times\frac{1}{2}+(\mathrm{x}+\mathrm{h})\times\frac{1}{2}=x$$

<u>危険回避型</u>

期待利得xをもたらす行動(くじ) ＜ 確実にxを得られる行動

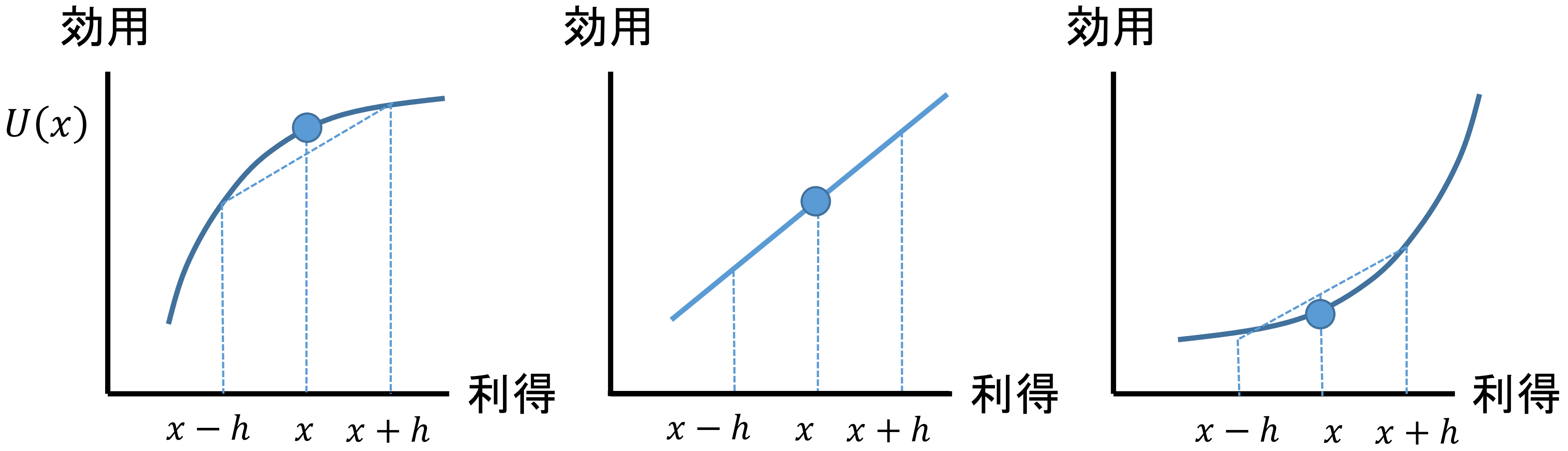
<u>危険志向型</u>

期待利得xをもたらす行動(くじ) ＞ 確実にxを得られる行動

<u>危険中立型</u>

期待利得xをもたらす行動(くじ) ＝ 確実にxを得られる行動

期待効用と不確実性に対する態度



危険回避型　危険中立型　危険志向型

$$U(x) > \frac{1}{2} \times U(x-h) + \frac{1}{2} \times U(x+h)$$

$$U(x) < \frac{1}{2} \times U(x-h) + \frac{1}{2} \times U(x+h)$$

$$U(x) = \frac{1}{2} \times U(x-h) + \frac{1}{2} \times U(x+h)$$

交通行動分析における不確実性

- 混雑現象によるサービスレベル変動

内生的な不確実性

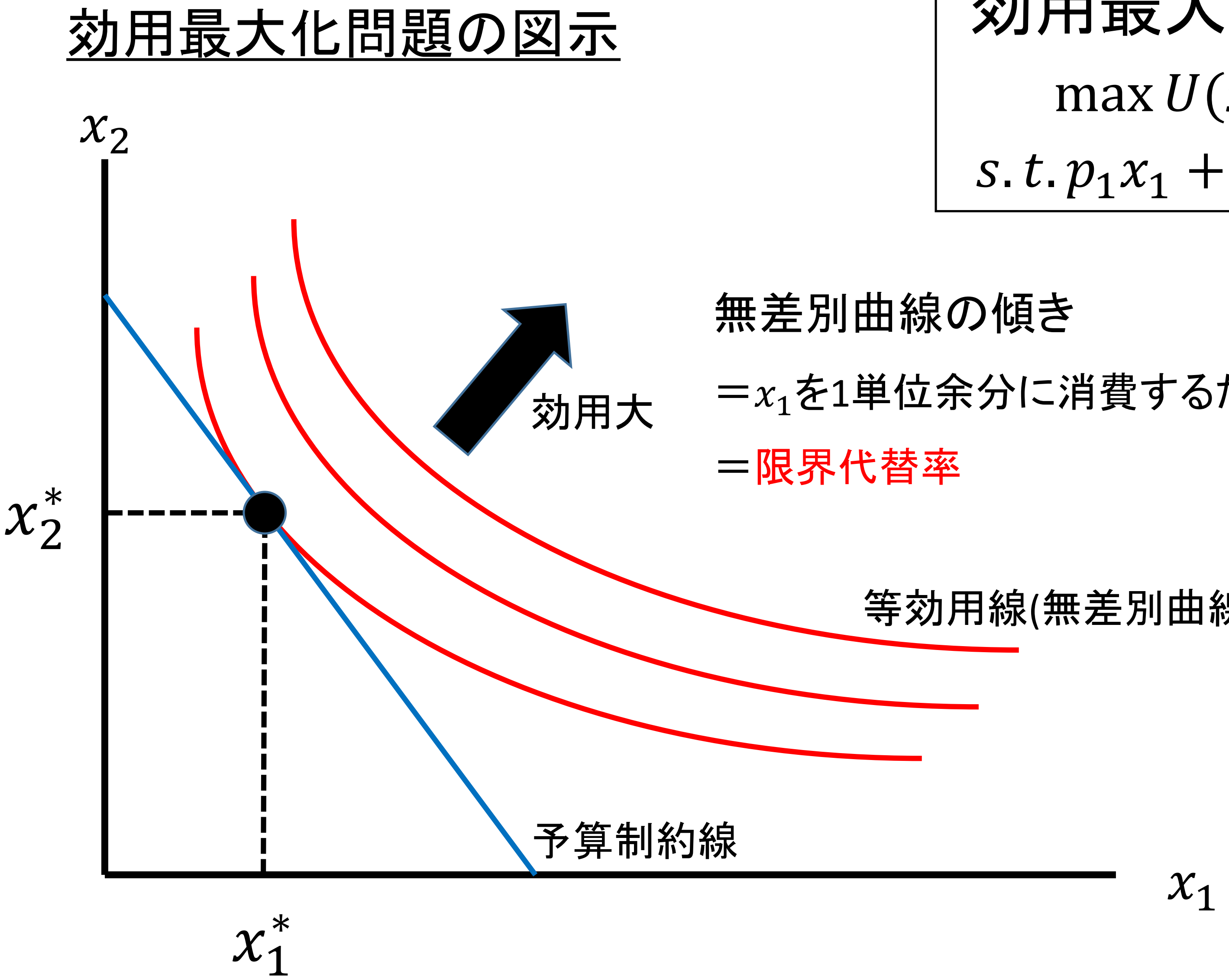
個人個人の交通行動によって交通需要が変化し、その結果混雑が発生

外生的な不確実性

天候に左右される余暇活動
道路混雑に影響を受けるバス利用

他者の行動との相互作用の影響の考慮が必要

効用最大化問題の図示



効用最大化原理

$$\max U(x_1, x_2)$$
$$s.t.\ p_1x_1 + p_2x_2 \leq Y$$

無差別曲線の傾き

＝x_1を1単位余分に消費するために諦めるx_2の量

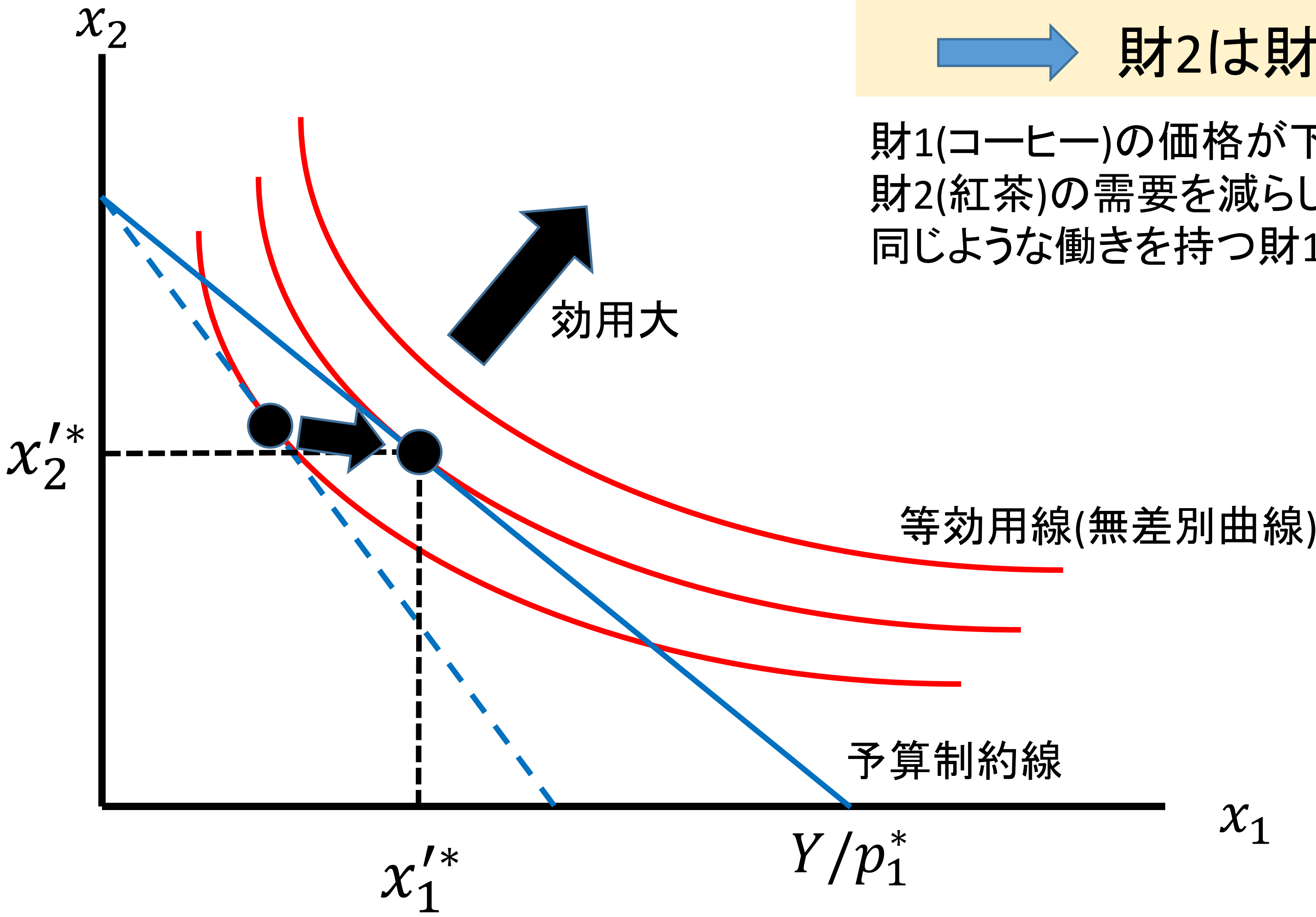
＝限界代替率

効用最大化問題の図示

財1の価格p_1が低下した場合

x_1の需要量は増加
x_2の需要量は減少
→ 財2は財1の代替財

財1(コーヒー)の価格が下がれば、
財2(紅茶)の需要を減らして、
同じような働きを持つ財1の需要を増やす



効用最大化問題の図示

無差別曲線の傾き

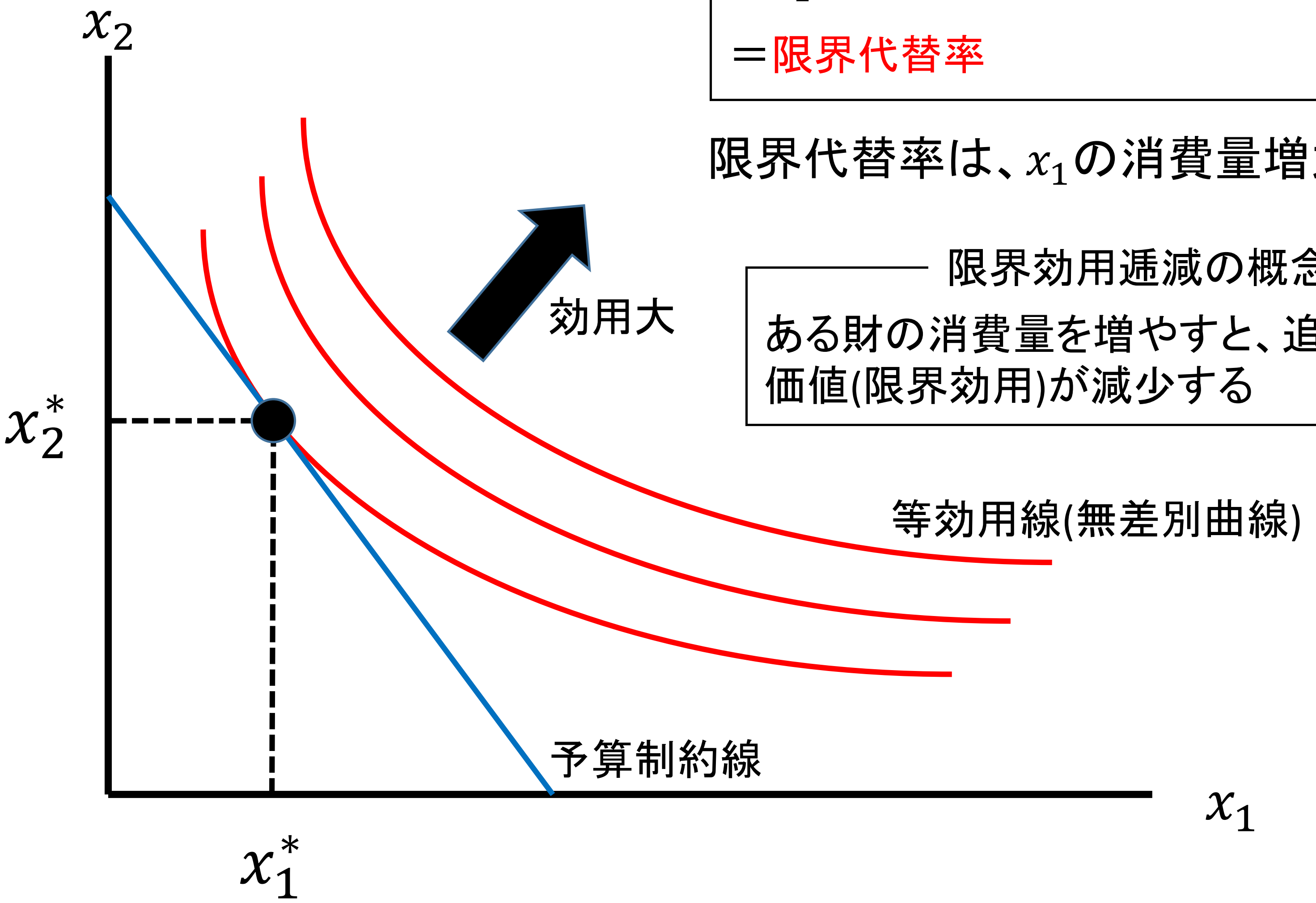
＝x_1を1単位余分に消費するために諦めるx_2の量

＝限界代替率

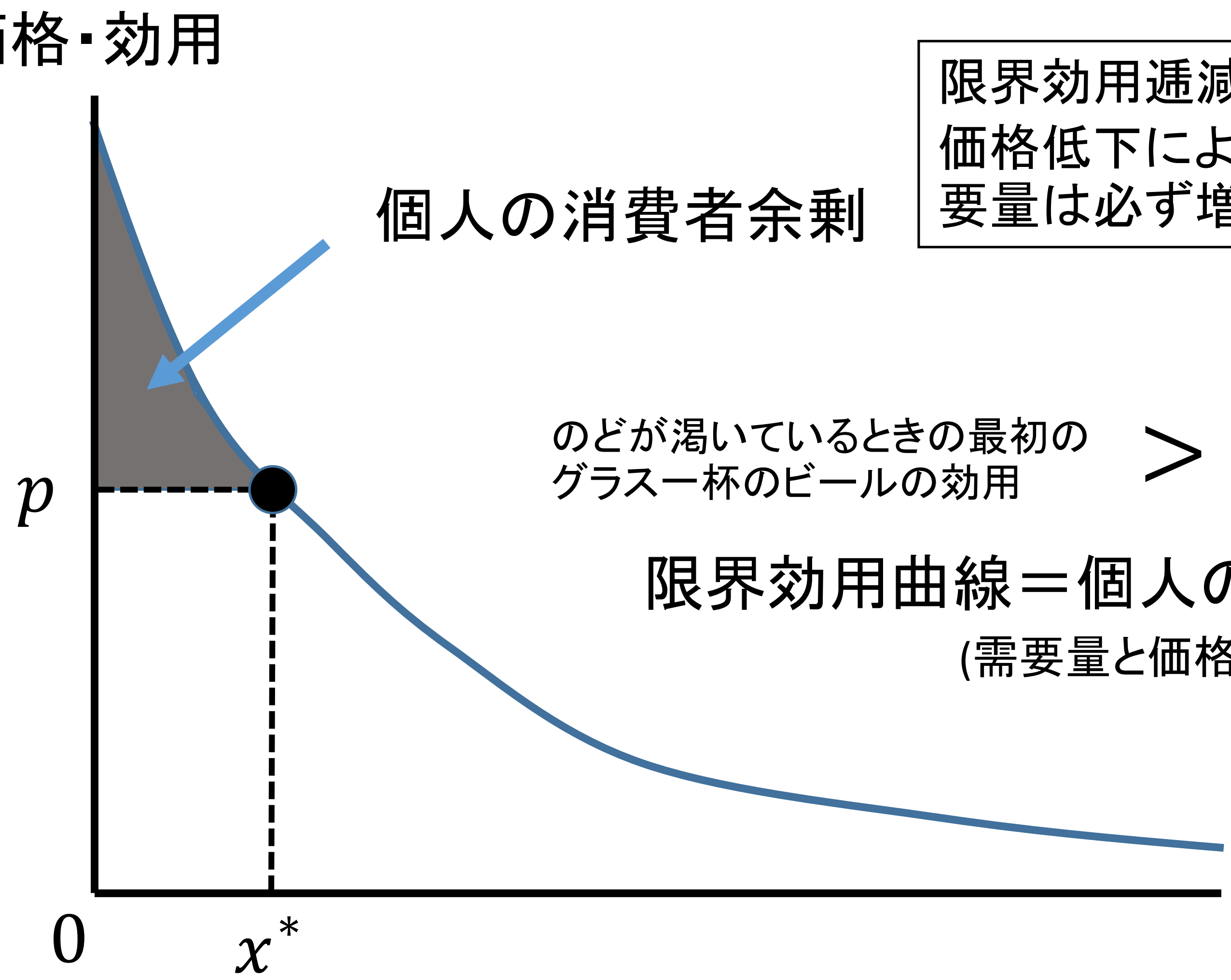
限界代替率は、x_1の消費量増大とともに減少

限界効用逓減の概念

ある財の消費量を増やすと、追加の1単位の価値(限界効用)が減少する



需要関数と消費者余剰



限界効用逓減を仮定すると、価格低下によってその財の需要量は必ず増加する

のどが渇いているときの最初のグラス一杯のビールの効用 ＞ 何杯も飲み進めた後の追加の1杯のビールの効用

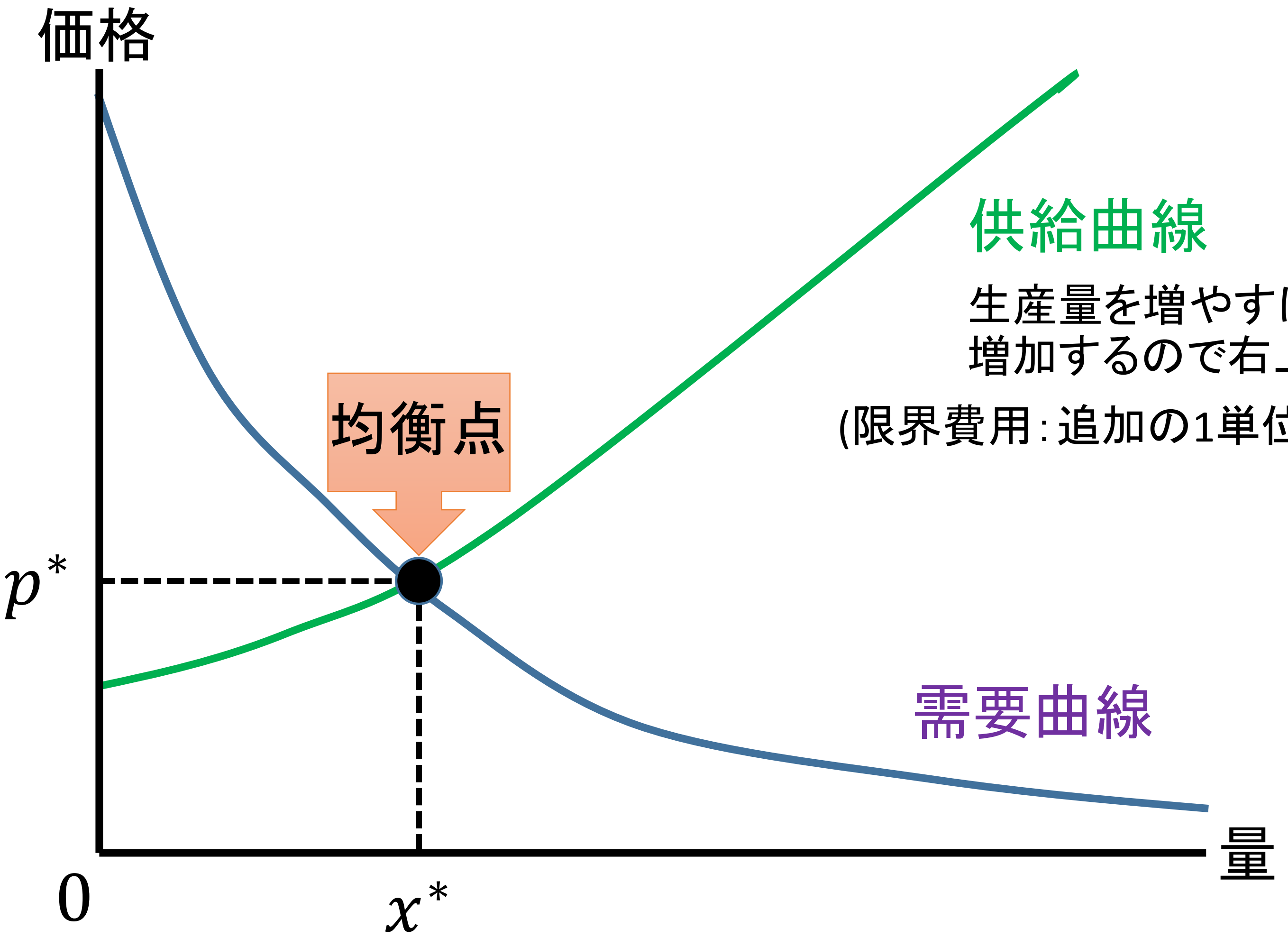
限界効用曲線＝個人の需要曲線

(需要量と価格の関係を表す曲線)

個人の需要曲線を横方向に集計したもの → 市場全体の需要曲線

供給関数と市場の需給均衡

供給関数も、市場価格をパラメータとして供給量が決まる

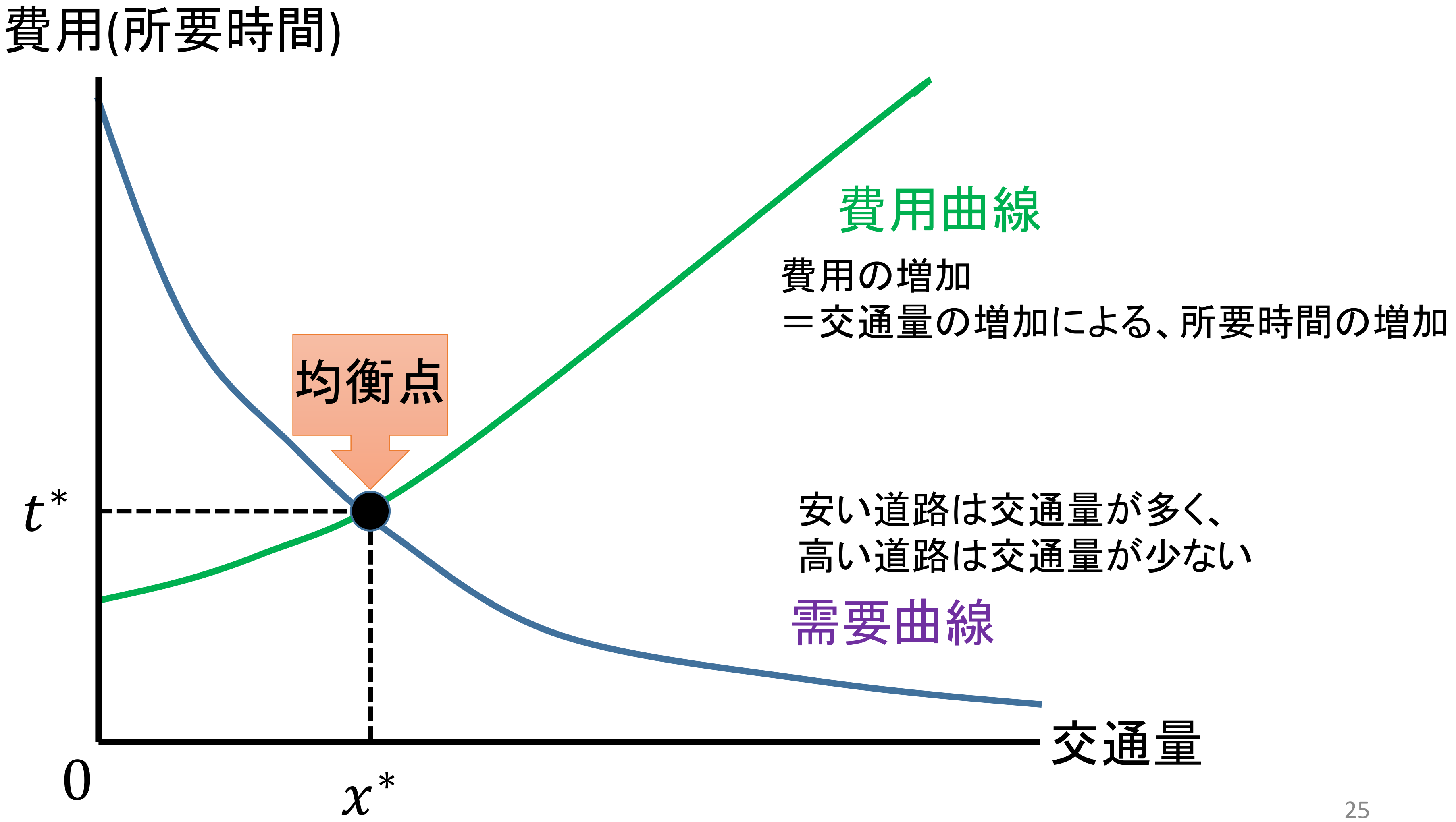


生産量を増やすほど、限界費用は
増加するので右上がり

(限界費用:追加の1単位の財を生産する費用)

混雑現象とネットワーク均衡分析

道路のネットワーク均衡分析



道具的合理性･手続的合理性

道具的合理性:効用最大化、目標最大化
(ある目標を達成するための道具としての選択)

- 人間がすべての情報を得て適確に処理すると仮定

手続的合理性:「最適化」よりは「満足化」を優先

- 人間の処理能力は限られているので、簡便なルールにより選択を決定(限定合理性)
- 社会的規範に基づいての選択決定

表現的合理性

表現的合理性:その選択自体が目標

例)認知的不協和の解消
人間は、互いに矛盾する認知を心の中に持っていることが不快
その不協和を解消しようとする

車を普段利用している人が意識調査を受けた場合

→ 不協和の解消のために、車利用に対して寛容な意見を述べて、車を使い続ける

自己の行動の正当化のための選択決定

限定合理性と意思決定方略

人間の情報処理能力の限界を考慮した決定方略

①加法型多属性効用理論
複数の目標のトレードオフを表現する効用関数で効用を比較して高いものを選択

②連結型
各属性について最低許容水準を設定し、全属性で上回った代替案を選択

③分離型
各属性で十分選択するに足る水準を設け、ひとつでもその水準を超える属性があれば選択

限定合理性と意思決定方略

人間の情報処理能力の限界を考慮した決定方略

④辞書編纂型
意思決定者にとって最も重要な属性について代替案を比較して選択

⑤EBA(Elimination By Aspects)
評価基準の順序付けを行う　切り捨て点を決める

⑥勝率最大化
属性ごとに勝ち負けをつけ、勝ち数の多い代替案を選択

限定合理性と意思決定方略

補償型意思決定ルール

ある属性に関してマイナスの評価でもほかの属性がプラスなら補うことができる意思決定 (完全代替性)

→ 加法型多属性効用理論、勝率最大化

非補償型意思決定ルール

他の属性がいかに望ましくても補償不可能 (不完全代替性)

→ 連結型、分離型、辞書編纂型、EBA

マーケティングリサーチからの知見

3千円の値札をつけてまったく売れなかったネクタイを1万円にしたところ、次の日にさっさと売れてしまった

実際の選択行動では、他人に釣られて選択する、
という個人間相互作用が働く場合がある

<u>他の個人間相互依存</u>

- ✓ 他人がその財を買えば買うほど、その財の効用が上がる場合(流行現象)
- ✓ 希少価値がなくなりその財の効用が下がる場合

マーケティングリサーチからの知見

- 普及過程分析

革新的普及:各消費者が独立に購入を決定する
模倣的普及:まわりの消費者を見ながら購入を決定する

Diffusion modelの基本式

$$\frac{\mathrm{dN(t)}}{\mathrm{dt}} = \mathrm{P(t)}\,(\mathrm{M} - \mathrm{N(t)})$$

未購入者
(潜在市場)

N(t): 時点tにおいて製品を購入した者の累積数(顕在市場)

M: 製品の普及が飽和状態に達した市場(飽和市場)

P(t): 普及係数(=未購入者がt期に製品を購入する確率)

$$\frac{\mathrm{dN(t)}}{\mathrm{dt}} = \mathrm{N(t+1)} - \mathrm{N(t)} \equiv n(t)$$

$n(t)$: t期に製品を購入する者の数

マーケティングリサーチからの知見

代表的なDiffusion model

$P(t) = p$　　潜在市場の一定の割合で購入が進む「外部影響モデル」

$P(t) = q\dfrac{N(t)}{M}$　　市場の飽和度に比例して購入確率上昇「内部影響モデル」

$P(t) = p + q\dfrac{N(t)}{M}$　　「外部影響モデル」と「内部影響モデル」の融合

p: 革新係数　　q: 模倣係数

模倣や流行といった人々の間の相互依存性を表すことができる

交通需要分析への適用:
流行現象を考慮した海外観光旅行客数の予測モデル

まとめ

- 交通分析の方法が、トリップベースから時系列の関係を考慮したアクティビティベースに変化

- 目標の達成度は、多くの場合、意思決定時には不確実

- 人の意思決定方略には
  - 道具的合理性(ある目標を達成するための道具としての選択)
  - 手続的合理性(社会的規範に則る、限定合理性)
  - 表現的合理性(その選択自体が目標)

  限定合理性：人間の処理能力の限界を考慮

- 選択行動には、個人間相互依存が存在する(模倣・流行)