# 第2回　交通システム分析

朝倉康夫
東工大_土木・環境工学科
asakura@plan.cv.titech.ac.jp

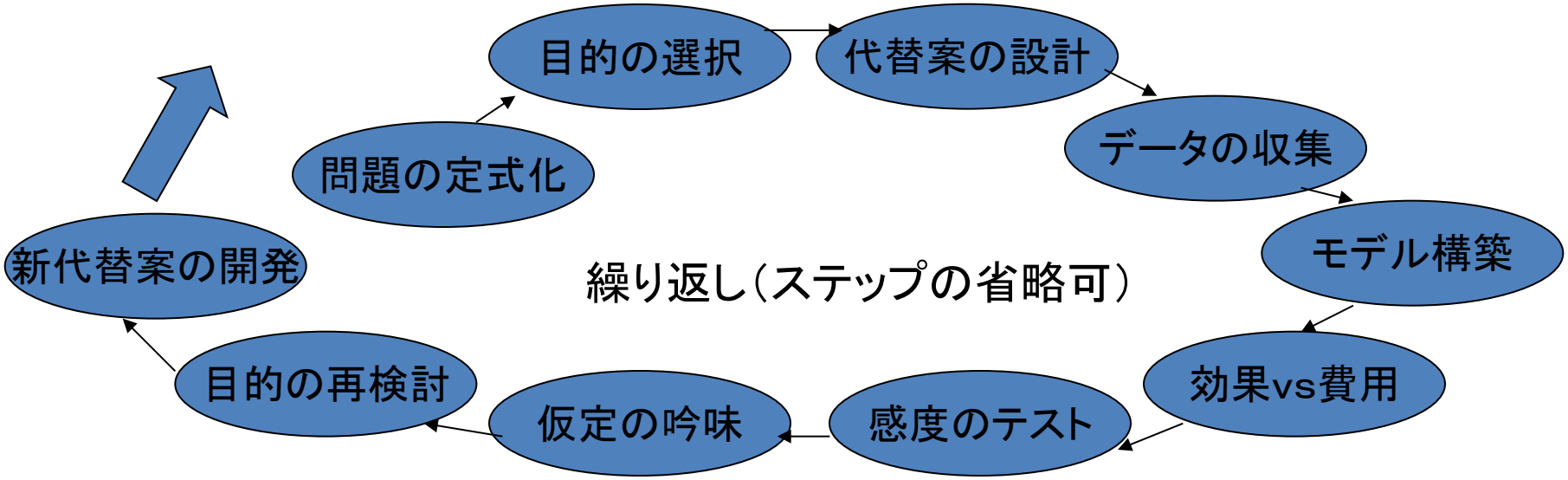
# システム分析

- システム分析の定義：複雑な問題を解決するために，意思決定者の目的を的確に定義し，代替案を体系的に比較・検討し，必要なら，新しく代替案を開発することによって，意思決定者が最善の代替案を選択するための助けとなるよう設計された体系的な方法

- システムの構造の捉え方：着目しているシステムは相互に連結した部分の一組．個々の部分もそれぞれがひとつのシステム．全体のシステムはさらに大きなシステムの部分．

# システム分析の基本的要素

- 意思決定者が達成しようとしている目的
- 目的達成手段としての代替案（複数）
- 代替案の効果と費用を分析するモデル
- 各代替案の実施による効果（＋）の計測
- 各代替案の実施による費用（－）の計測
- 代替案の順位に関する評価基準



# 交通計画へのシステム分析適用の有用性

(1)交通問題の認識に有用：総合交通システムは多くの要素から構成される複雑なシステム.

(2)合理的アプローチ：多くの主体が関連している中で目的を明確にし，複数の代替案の比較・検討が可能.

# 交通システム分析の基本的前提（1）

- トータル交通システム：対象地域の交通システムは複数の交通手段から構成される単一のシステムとみなすこと.

- 分析の対象範囲：

(1)すべての交通手段

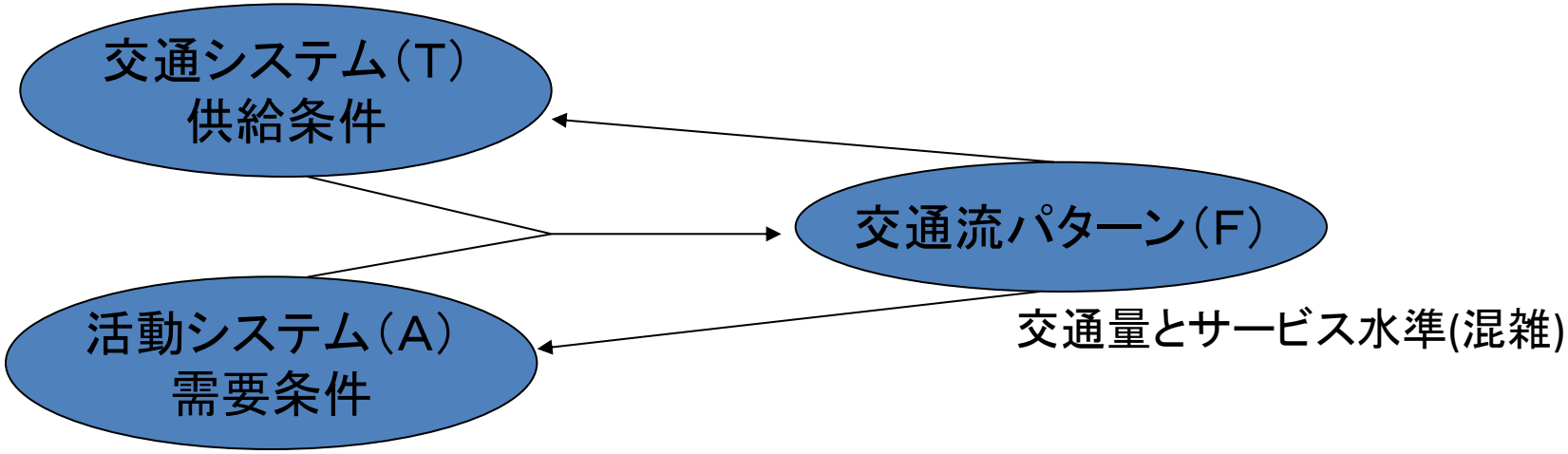
(2)交通システムのすべての構成要素（すべての移動主体，交通具，交通路，運用システム）

(3)すべての移動（すべての起終点間の移動）

# 交通システム分析の基本的前提（2）

- 交通システムの検討は，対象地域の社会，経済，政治システムの検討と不可分であること.

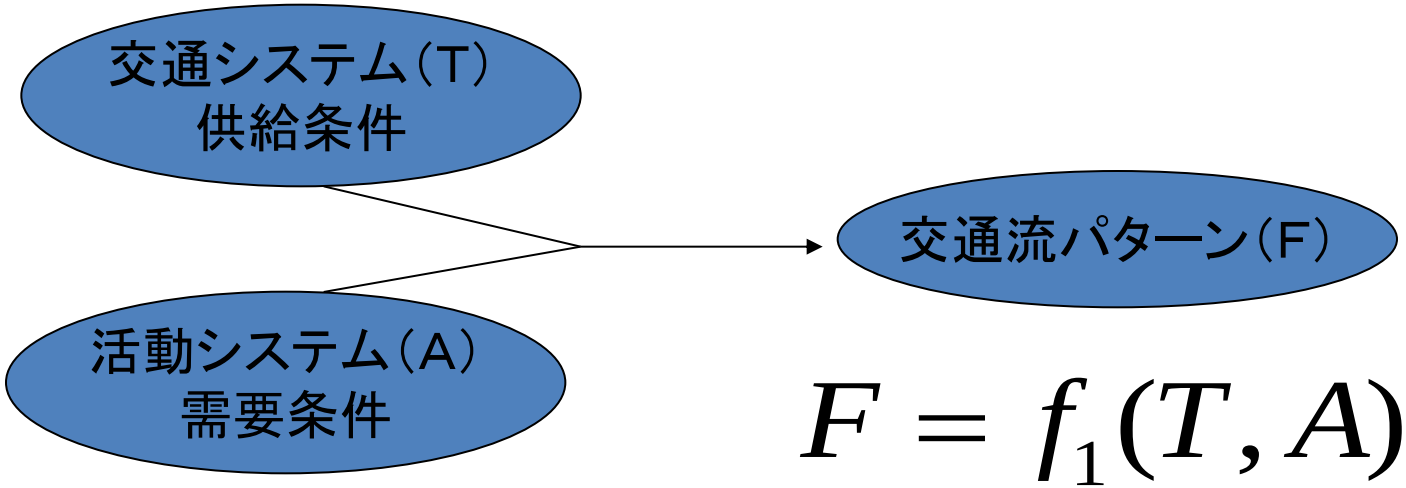
- 3つのサブシステム：交通システム（T），社会・経済活動システム（A），交通流パターン（F）



# サブシステム間の関係（1）

- 交通流パターン（F）は，交通システムの供給条件（T）と社会・活動システム（A）によって決まる.

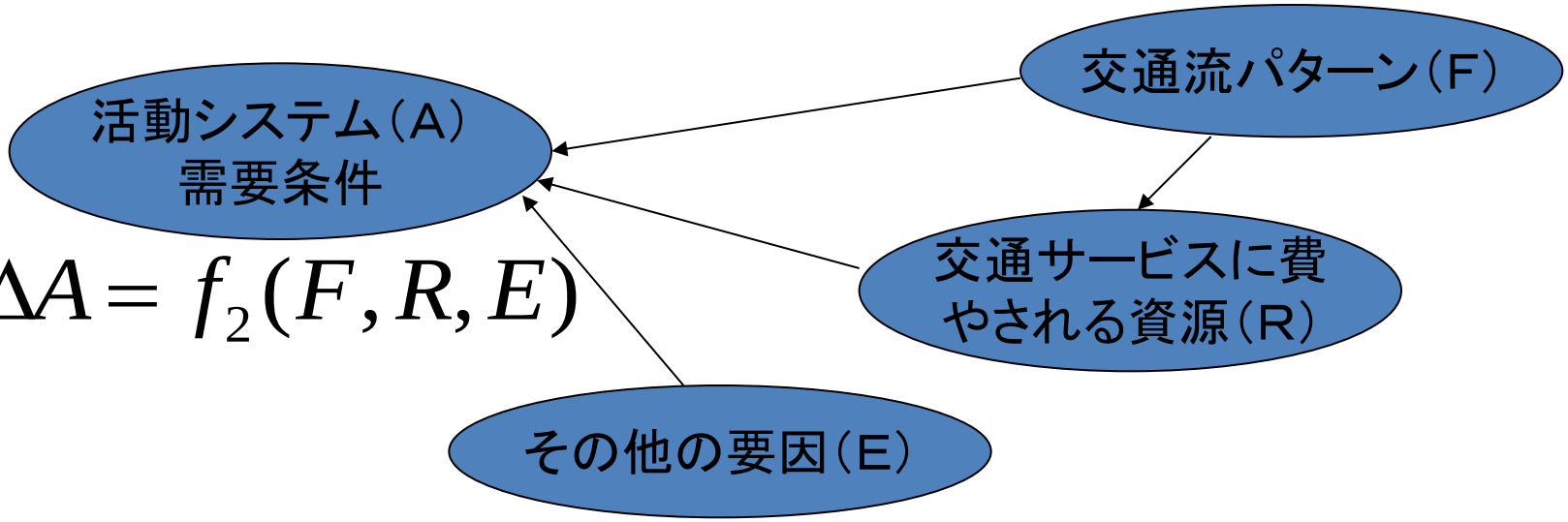
- 交通サービスの需要と供給についての短期市場均衡.




$$F = f_1(T, A)$$

# サブシステム間の関係(2)

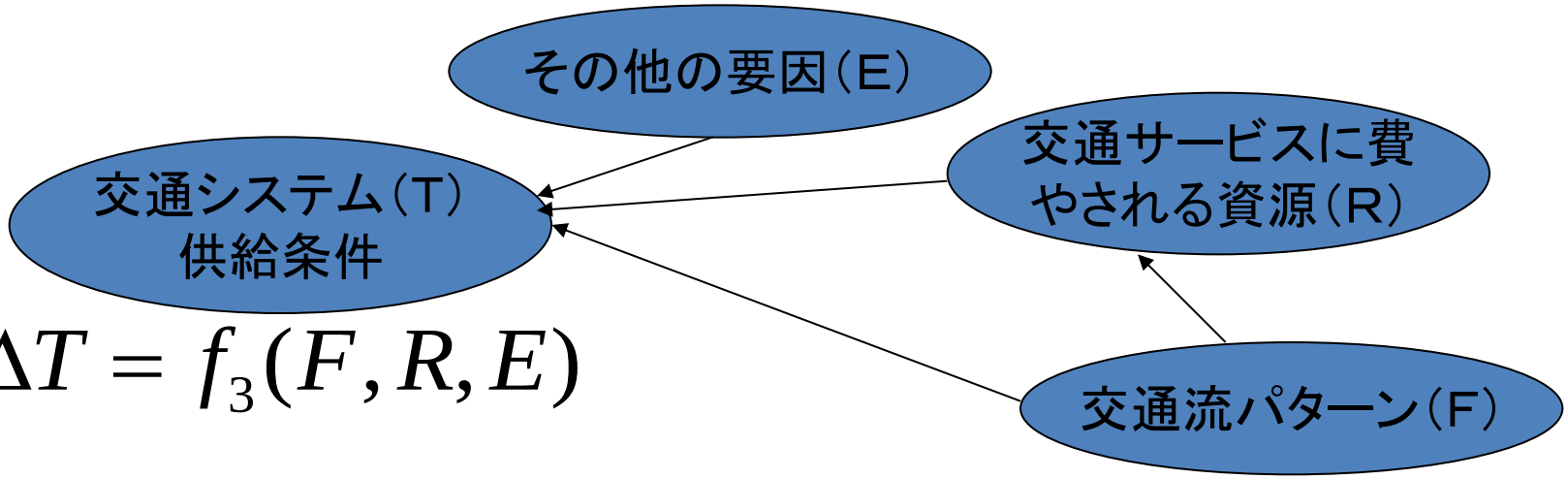
- 交通流パターン(F)は，提供される交通サービス(交通費用や時間)とサービスを提供するために消費される資源(R)を通して，活動システム(A)を変化させる.
- 交通から見た社会経済システムの長期的均衡.




$$\Delta A = f_2(F, R, E)$$

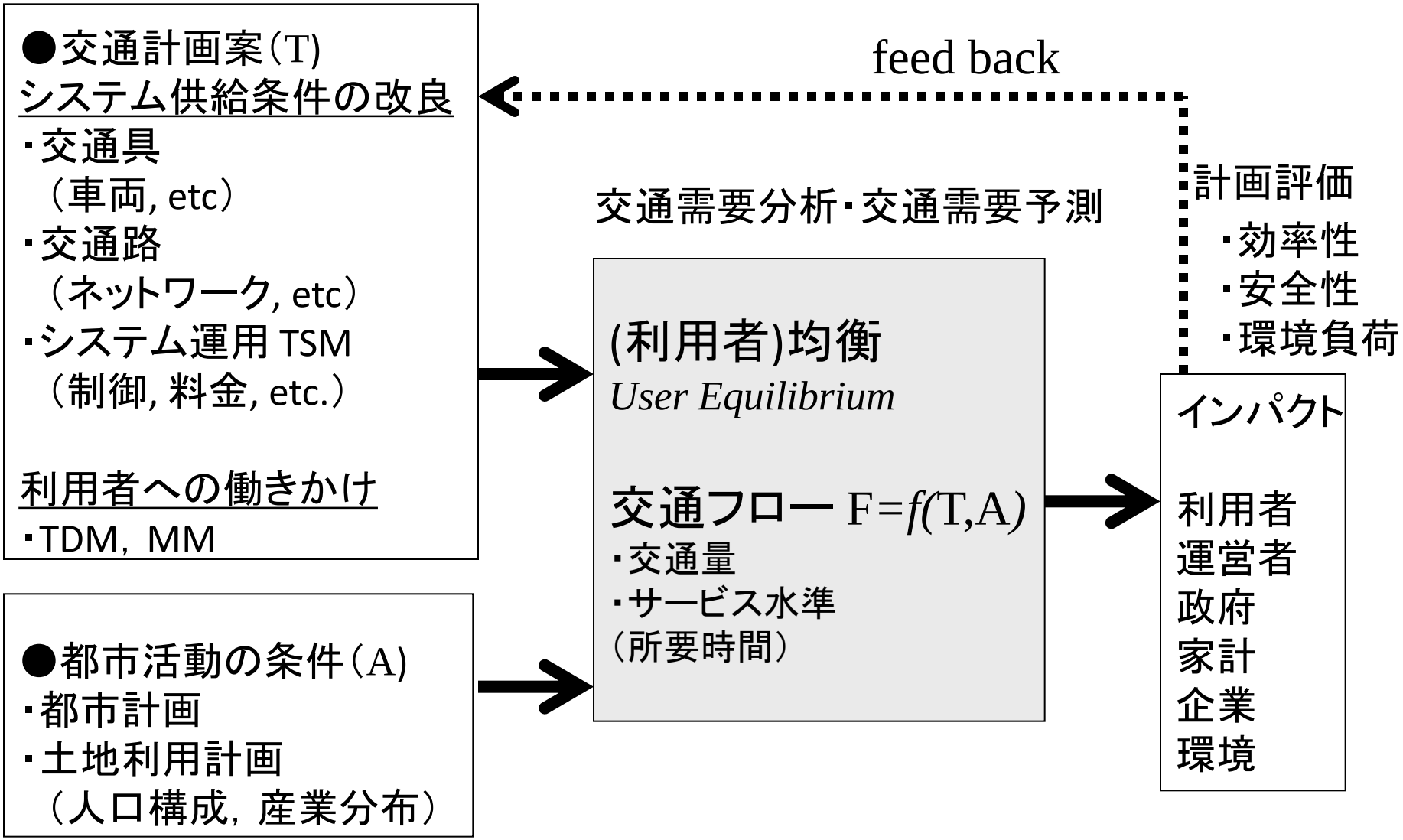
# サブシステム間の関係（3）

- 交通事業者や政府は，現在または将来の交通流パターン（F）を見て，新たな資源（R）を投資し，交通システム（T）を整備・改良する.
- 交通事業者や政府の意思決定プロセス.




$$\Delta T = f_3(F, R, E)$$

# 交通計画のシステム構成



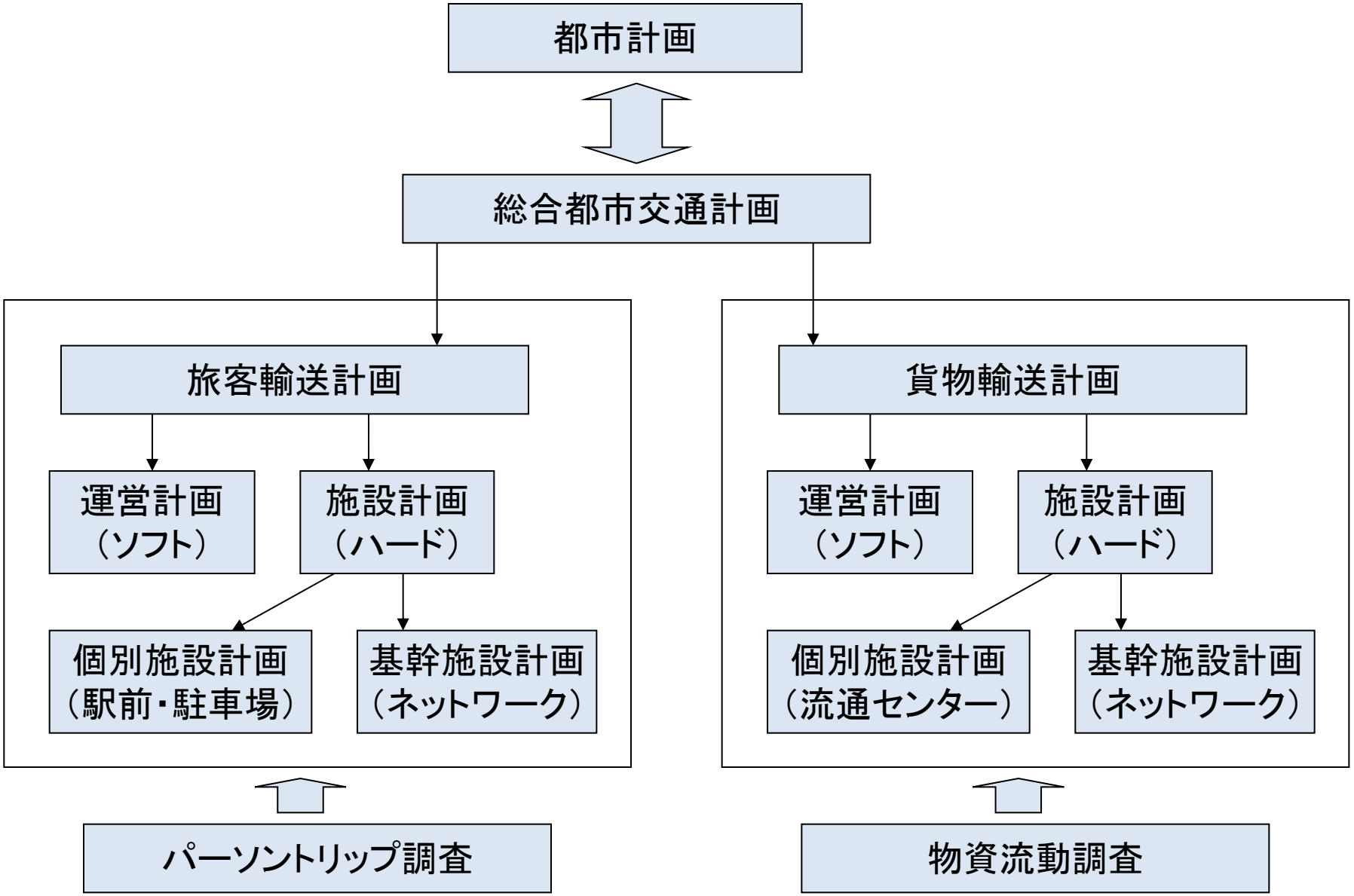
# 都市圏総合交通計画
## Comprehensive Urban Transportation Planning

- 都市内のすべての交通手段が対象.
  （道路計画＋公共交通計画）
- 都市計画や土地利用計画との整合性.
  （交通計画＋都市計画/土地利用計画）

- 1967年～　パーソントリップ調査（人の動き）
- 1971年～　物資流動調査（物の）

- 交通需要予測手法の開発と定着

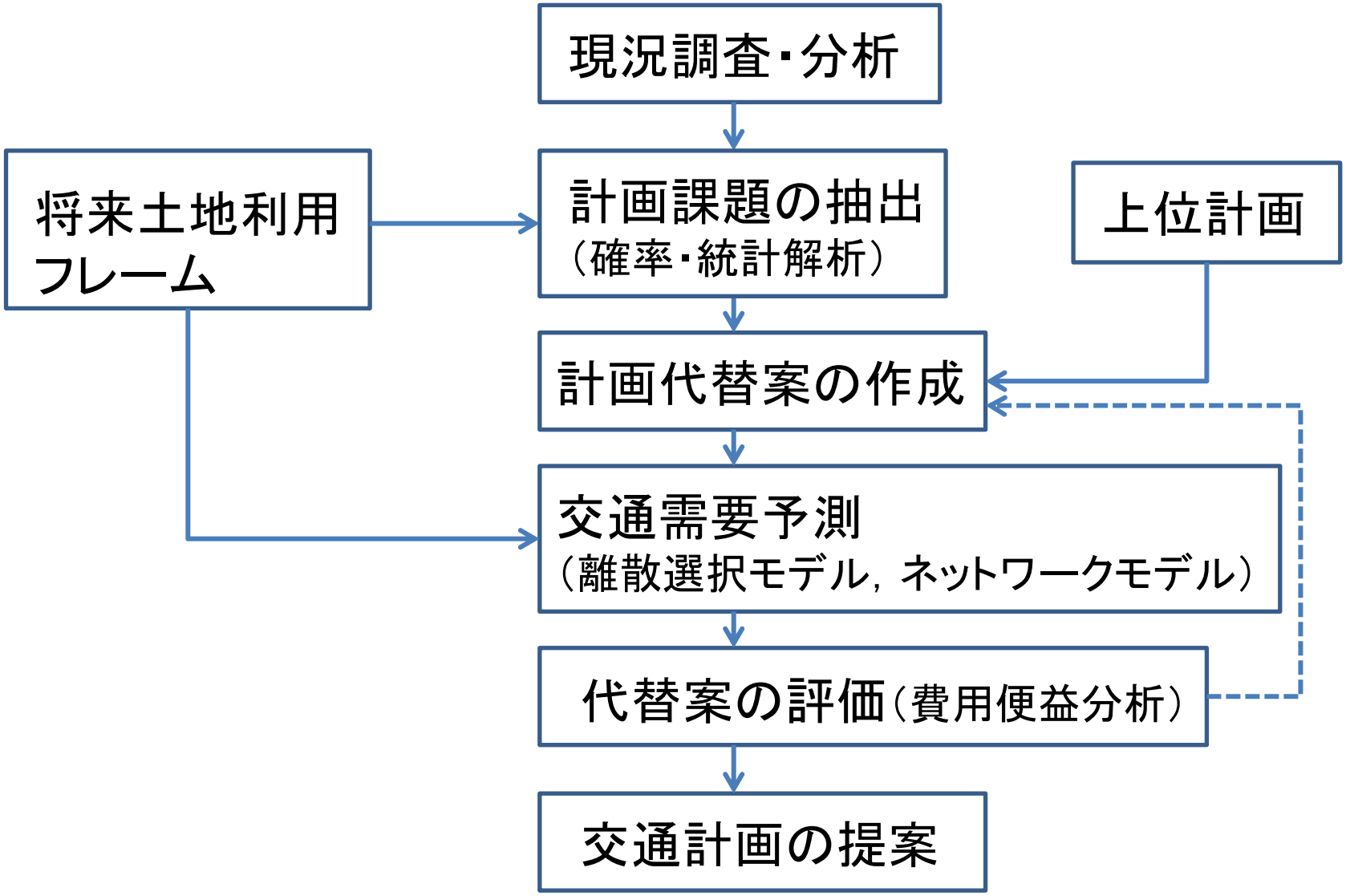
参考. パーソントリップ調査からみた東京都市圏の都市交通に関する課題と対応の方向性
http://www.tokyo-pt.jp/data/120201.htm



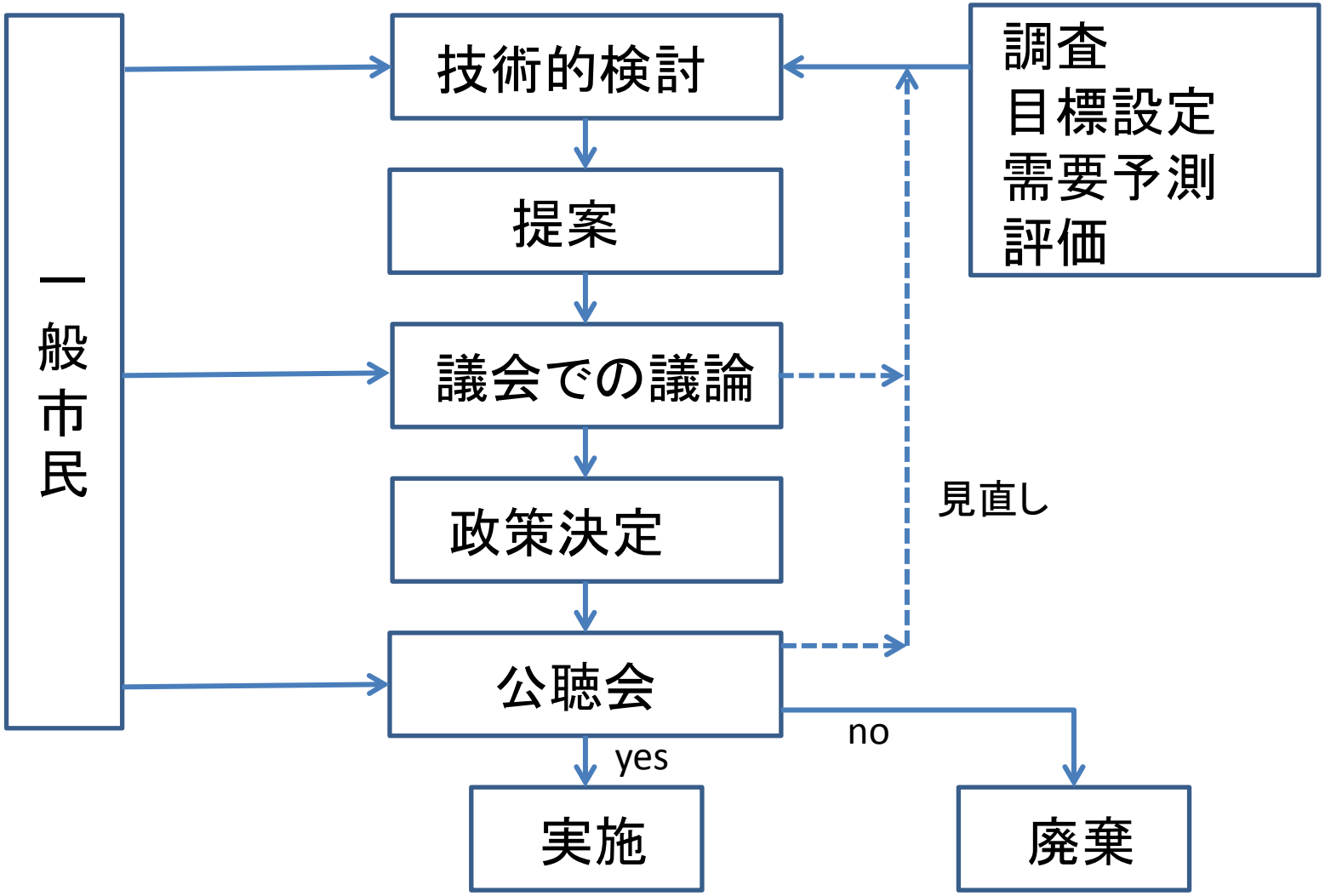

総合都市交通計画の概念図

# 計画プロセス

# （技術的）交通計画プロセス



# (制度的)交通計画決定プロセス



需要，サービス，均衡，便益

# 需要関数

- 交通需要：ある条件の下で交通サービスを購入したいと考える人の数（物の量）.

- 交通需要量Qを社会経済システムの活動水準A（たとえば人口）と交通サービス水準S（たとえば所要時間）の関数で表現したもの.

$$Q = D(A, S)$$

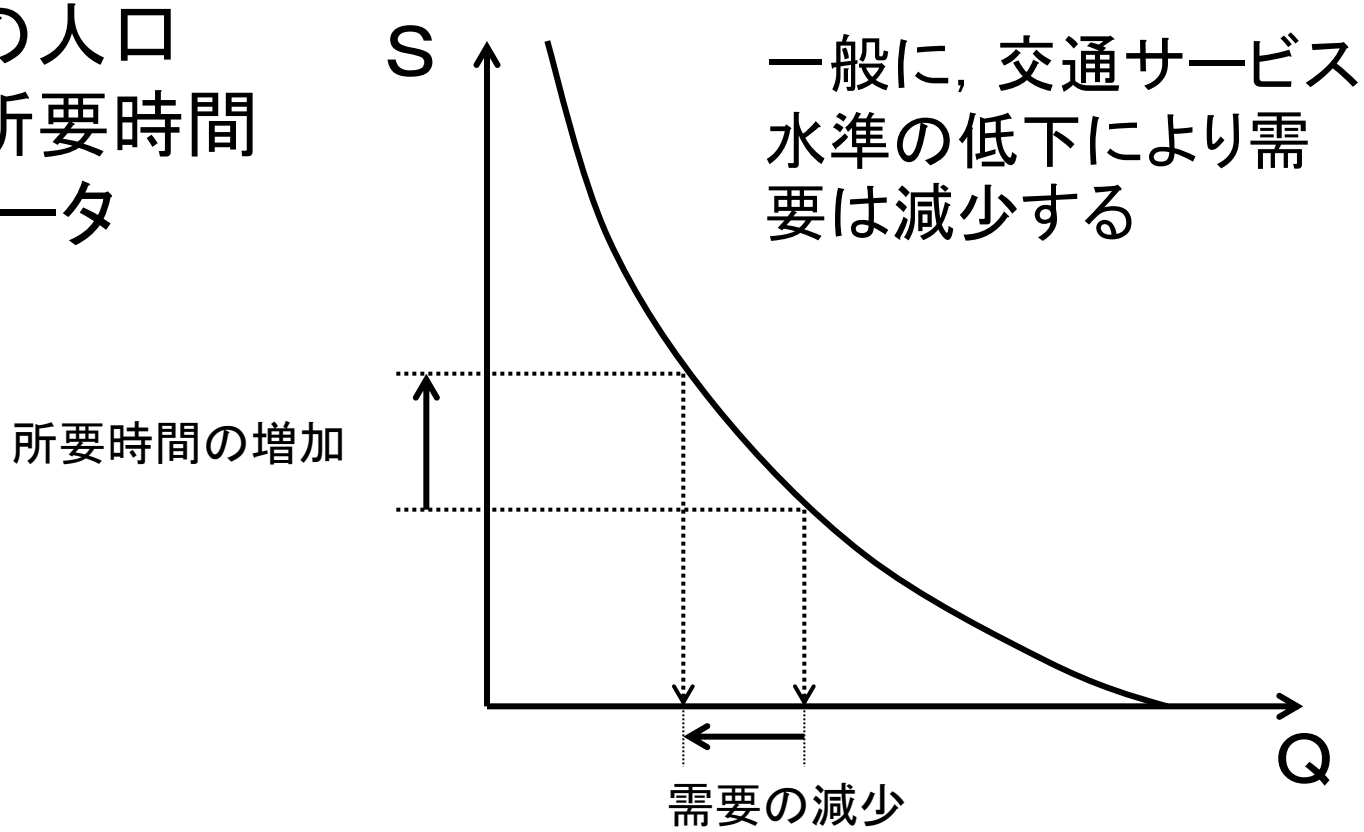
- 経済学の「需要関数」と同じ. 交通行動の意思決定者の行動を反映.
- 交通量：顕在化した交通需要.

# 需要関数：conti.

需要関数の例

$$Q = D(A, S) = A\exp(-\alpha S)$$

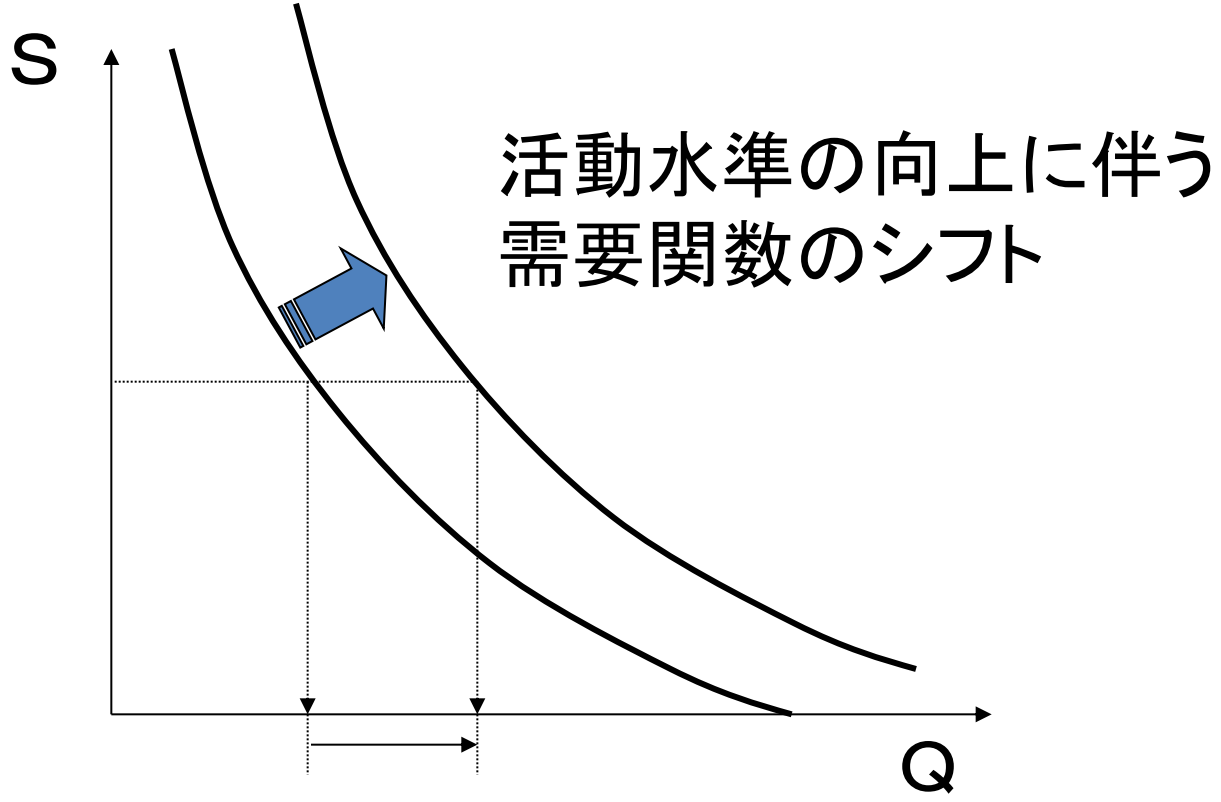
A：地域の人口
S：交通所要時間
α：パラメータ




一般に，交通サービス水準の低下により需要は減少する

# 需要関数：conti.

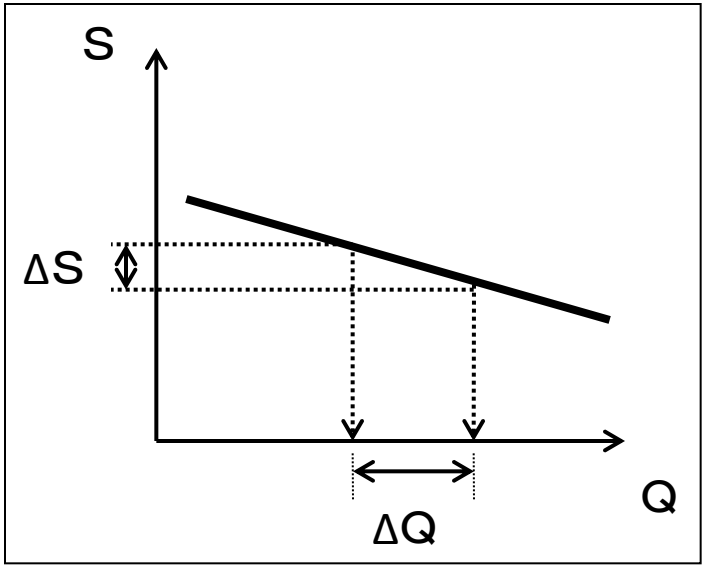
- 社会経済システムの活動水準の向上（人口の増加）により，需要関数は右上にシフトする.



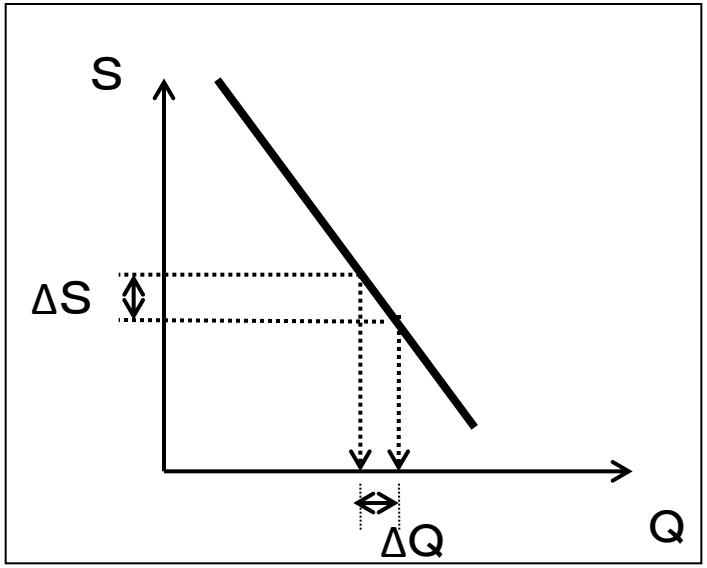
# 需要の弾力性

- 交通サービス水準Sの単位変化率による需要Vの変化率.

$$\varepsilon = \frac{-(\Delta Q/Q)}{\Delta S/S} = \frac{-\partial Q/\partial S}{Q/S}$$




弾力的な需要関数




非弾力的な需要関数

# セグメンテーション
# (market segmentation)

- 交通を行う人の集団（trip maker）を，個人の属性や交通行動の類似したいくつかのサブ集団に分けること.
- サブ集団の中では需要関数は共通と考える.
- セグメンテーションにより需要予測の精度向上を狙う.

$$Q_1 = A_1 \exp(-\alpha_1 S)$$ :グループ1の需要関数

$$Q_2 = A_2 \exp(-\alpha_2 S)$$ :グループ2の需要関数

# 考えよう

- 交通費用に対して弾力的な交通需要の例をあげ，その理由を説明すること.

- 逆に，交通費用に対して非弾力的な交通需要の例にはどのようなものがあるか？

- Hint: 交通を行う人の属性（ex.高所得か否か），交通の目的（ex.業務か私用か）を考えてみよう.

# サービス関数

- 交通システムのサービス水準S（たとえば所要時間）をシステムの供給条件T（たとえば容量）とシステムの利用者数Q（＝顕在化した需要）で表現した関数.

$$S = C(T, Q)$$

- 物理的関係を表現したもので，需要関数のように意思決定者の行動を表現するものではない.
- 経済学の「供給関数」（供給者の意思決定を表現）とは別もの.
- パフォーマンス関数，コスト関数と呼ぶこともある.

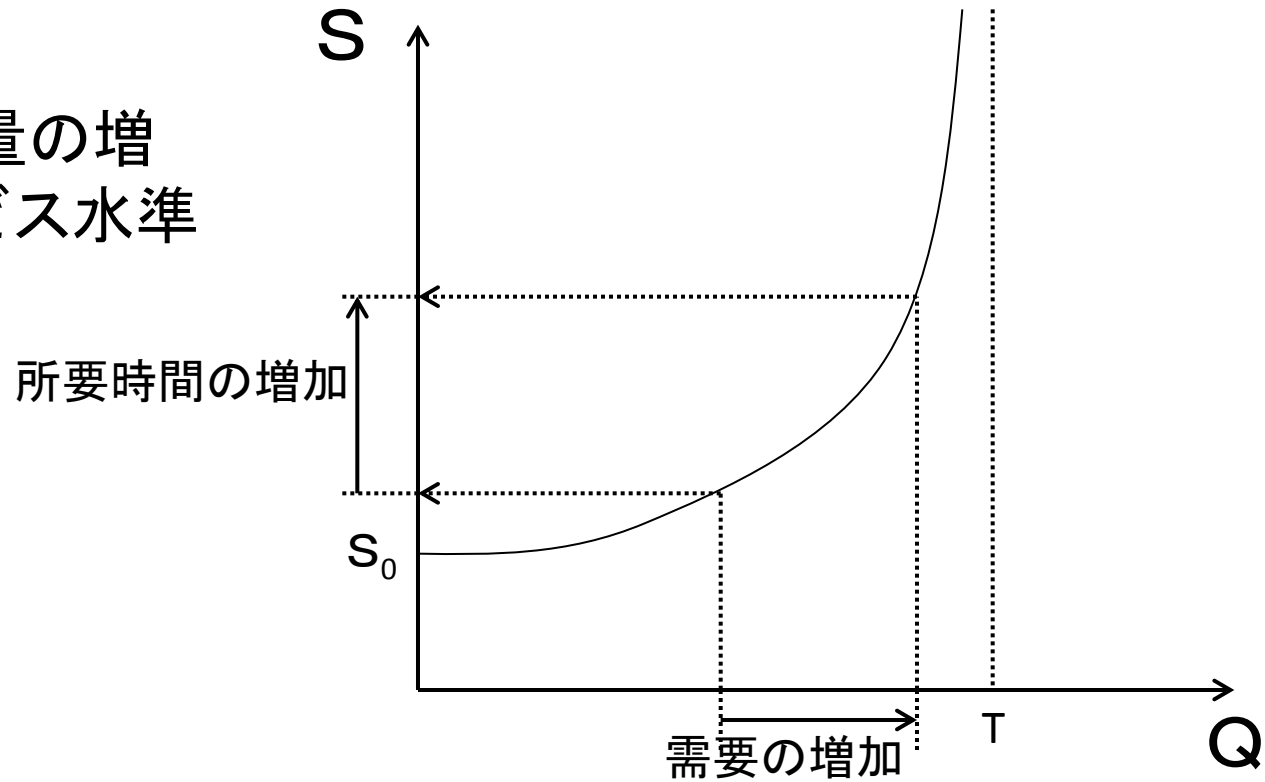
# サービス関数：conti.

サービス関数の例

$$S = C(T, Q) = \frac{S_0}{1-(Q/T)}$$

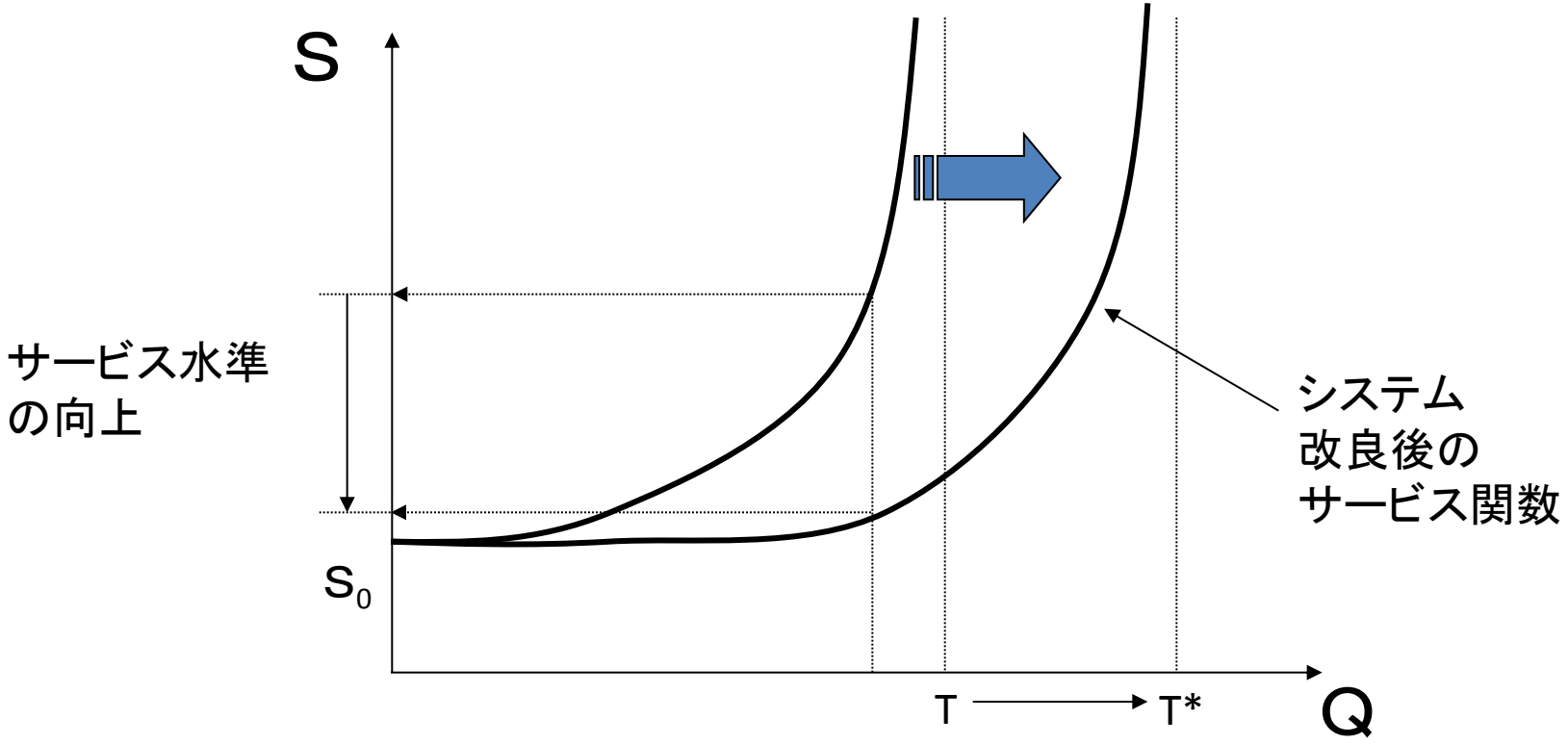
T：交通容量
$S_0$：パラメータ

一般に，交通量の増加によりサービス水準は低下する



# サービス関数：conti.

- 交通システムTを改良すると，サービス関数は右下にシフトする.（容量を増強すると，同量の交通量に対する所要時間は減少する）

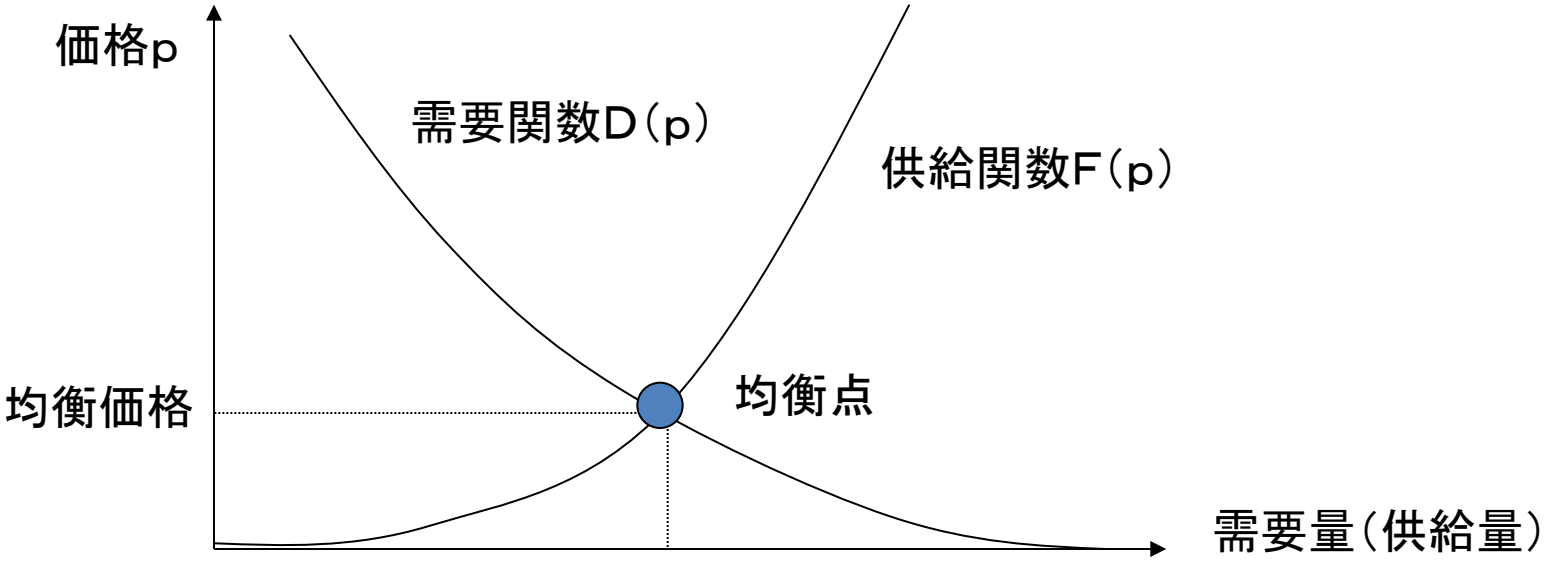


# 交通均衡（Equilibrium）

- 経済活動水準Aと交通システムの供給条件Tは所与とする.
- 需要関数とサービス関数を同時に満足する交通フローパターン（交通量Qとサービス水準S）を均衡フロー（Q*, S*）と呼ぶ.
- この均衡を「利用者均衡(User Equilibrium)」または「需要・パフォーマンス均衡」と呼ぶ.
- 経済学の「需要・供給均衡」とは異なる.

# 比較：経済市場の需給均衡

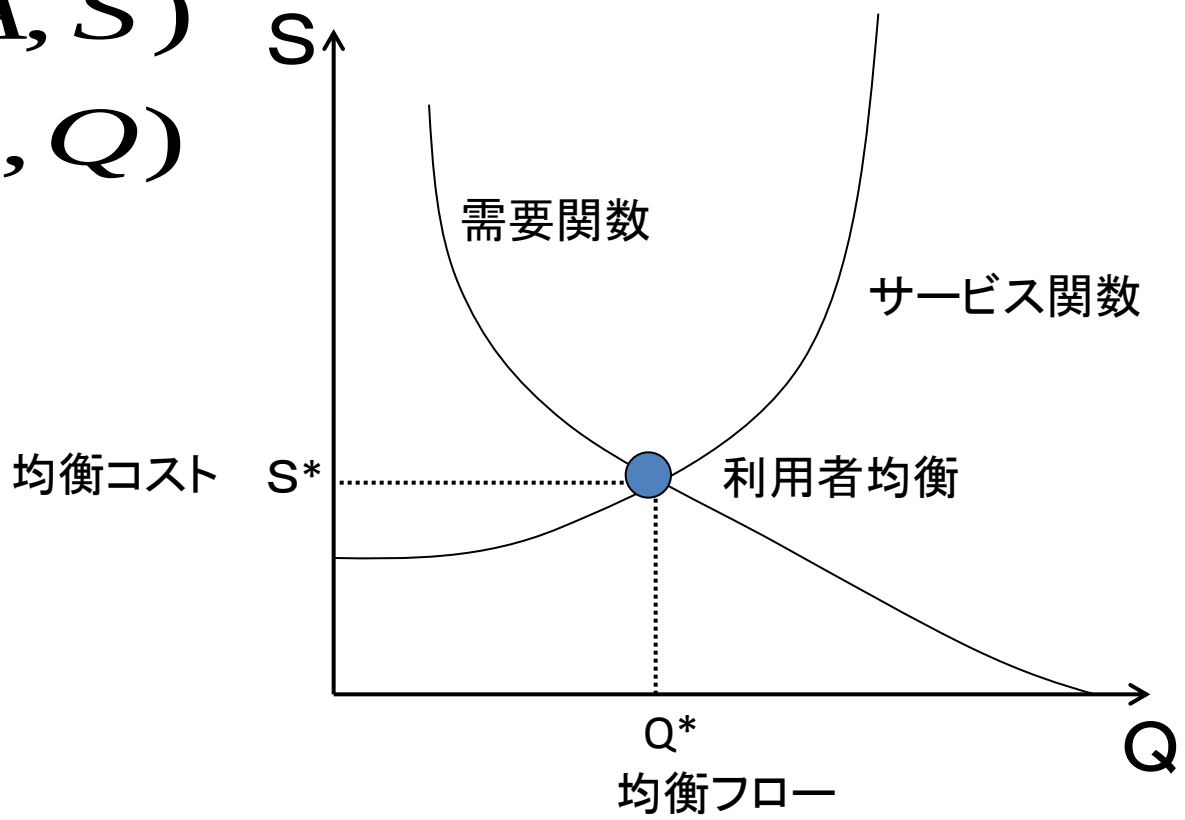
- 価格がpのときに財を買いたいヒトの数：需要関数　D（p）
- 同　　売りたいヒトの数：供給関数　F（p）
- 需要と供給がバランスするように市場で財が取り引きされる



# 交通均衡：conti.

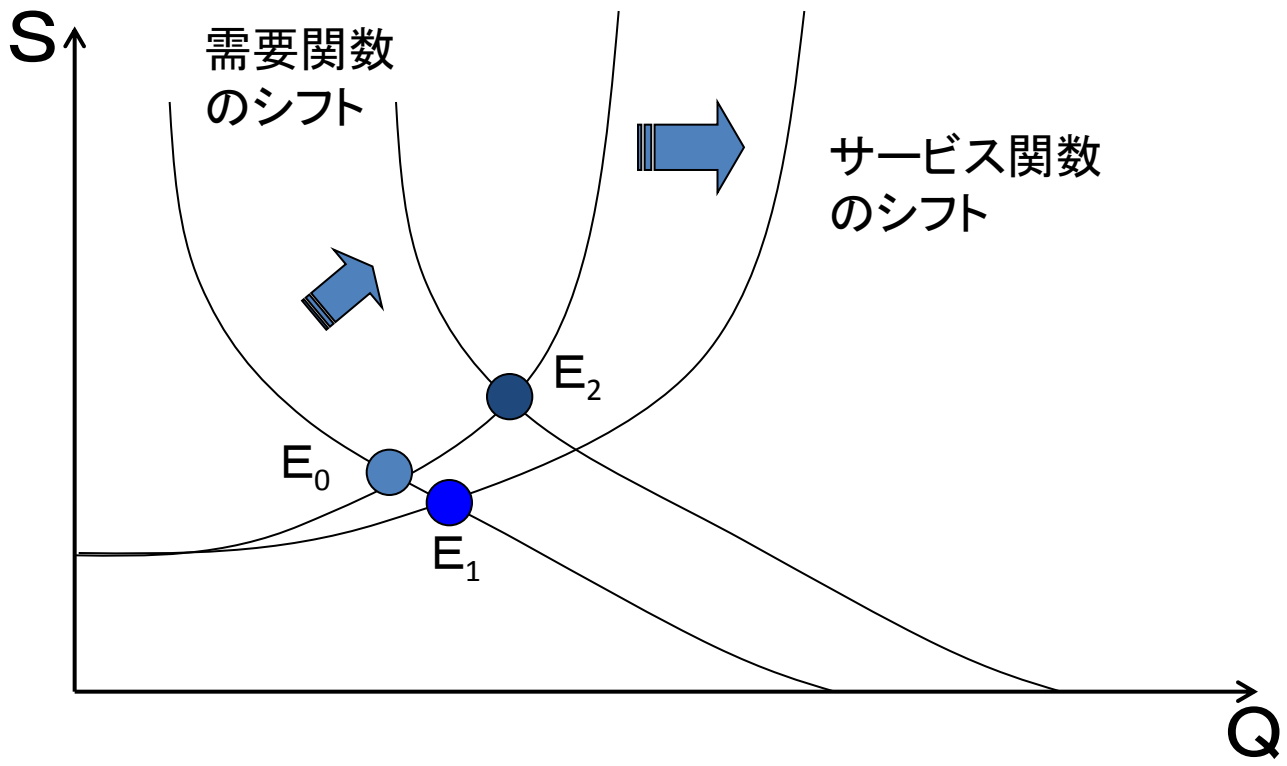
利用者均衡フロー：与えられたA，Tに対して，
2式を同時に満足するQ，Sの組.

$$\begin{cases} Q = D(A, S) \\ S = C(T, Q) \end{cases}$$



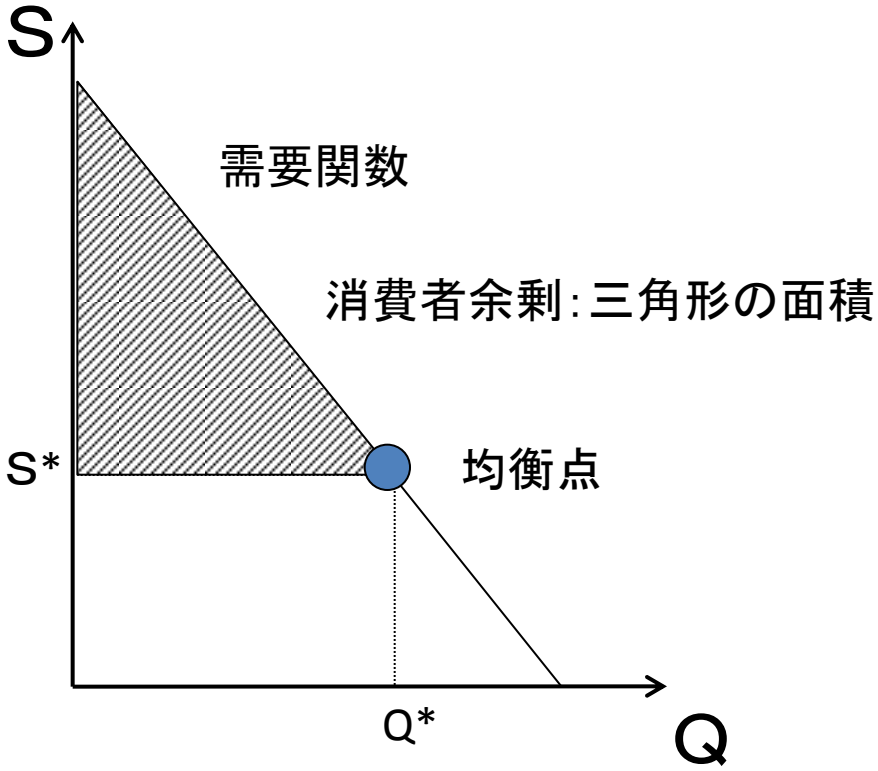
# 均衡：conti.

- サービス関数のシフトによる均衡点の移動 $E_0 \rightarrow E_1$
- 需要関数のシフトによる均衡点の移動　$E_0 \rightarrow E_2$



# 利用者の便益:消費者余剰

- 需要量Q＝D（A，S）は交通サービスの価格がSのときにそれを購入してもよいと考える利用者の数.
- Sより安価な価格（S*）でサービスが提供されたとき，S－S*だけの余剰が発生する.
- 顕在化した利用者全体での余剰の総和＝消費者余剰(Consumer’s Surplus)

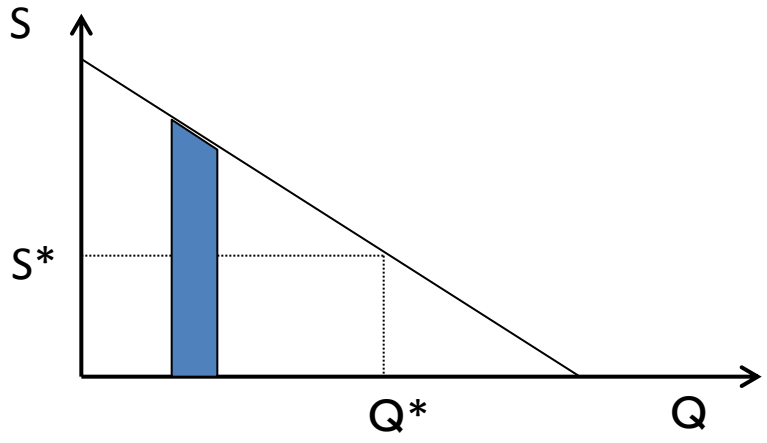


# 消費者余剰：conti.

- 数式表現

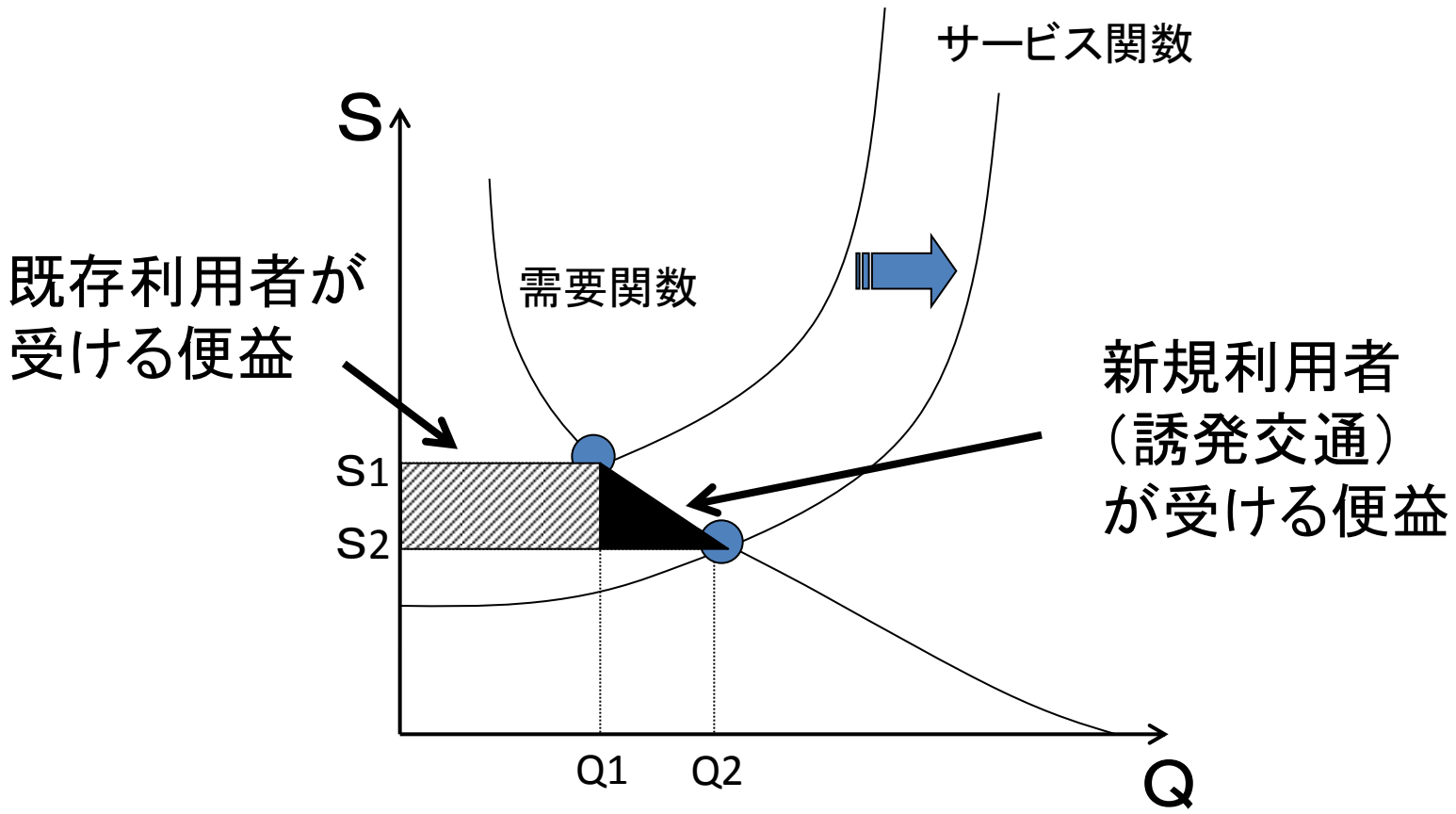
$$CS = \int_0^{Q^*} D^{-1}(x)dx - Q^* S^*$$

$D^{-1}(x)$ ：需要関数の逆関数



# 交通施設整備の便益

- 消費者余剰の増分で評価



# Questions

需要関数

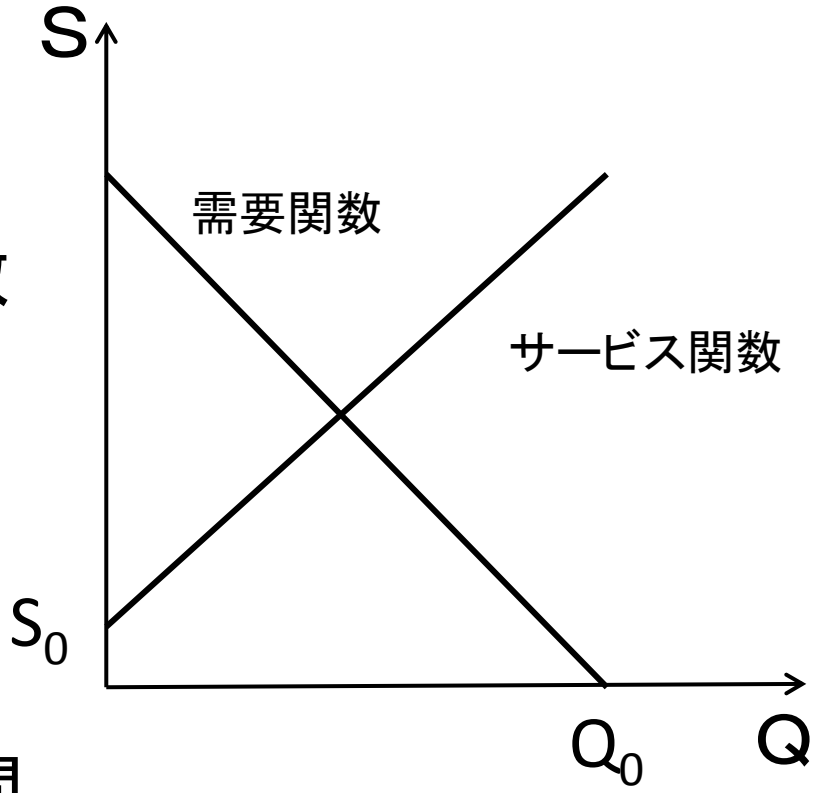
$$Q(S) = Q_0 - S$$

$Q_0$ : $S=0$のときのトリップ数

サービス関数（旅行時間関数）

$$S(Q) = S_0 + Q$$

$S_0$ : $Q=0$のときの所要時間

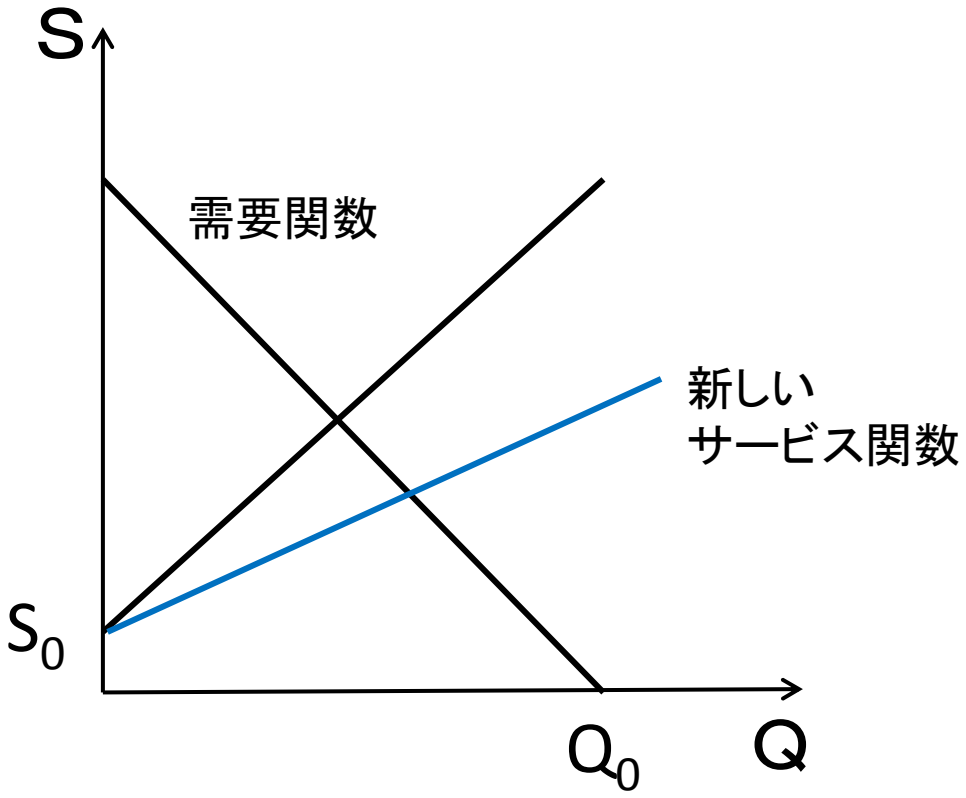


- Q1. 利用者均衡条件を満たす交通需要量とサービス水準を求めること.（式で表すこと）
- Q2. 均衡時の総交通所要時間を求めること.
- Q3. 均衡時の消費者余剰を求めること.

交通システムが改善され，サービス関数が

$$S(Q) = S_0 + Q/2$$

となったとする.



- Q4. このときの新しい均衡点を求めること.
- Q5. 誘発された交通需要を求めること.
- Q6. 誘発需要による消費者余剰の増分を求めること.
- Q7. 既存利用者の消費者余剰の増分を含む，消費者余剰の増分を求めること.
- discussion 道路に課金(P)して需要を削減する政策を評価するには，どのようにすればよいか.