＜参考資料＞

ラグランジュの未定乗数法を用いた火力発電所の経済負荷配分の初歩

上智大学 理工学部 機能創造理工学科
宮武 昌史

火力発電所の経済負荷配分

- 火力発電所の燃料費特性
  - 火力発電所 i の出力 P_i [kW]
  - 火力発電所 i の燃料費 $F_i(P_i)$ [円/h]
    - 下に凸な関数であるとする
  - 火力発電所 i の燃料消費率 $C_i(P_i) = F_i(P_i)/P_i$ [円/kWh]
    - 効率に相当し，原動機の性質上最も効率良く動く出力がある

火力発電所の経済負荷配分

- N 台の火力機を考えて定式化
  - ある時刻の単位時間あたり燃料費
    - $$F_1(P_1) + F_2(P_2) + \cdots + F_N(P_N) = \sum_{i=1}^{N} F_i(P_i)$$
      - 最小にしたい（**目的関数**）
  - 需要P_Dに見合った電力を供給
    - $$P_D = P_1 + P_2 + \cdots + P_N = \sum_{i=1}^{N} P_i$$
      - 守りたい（**制約条件**）

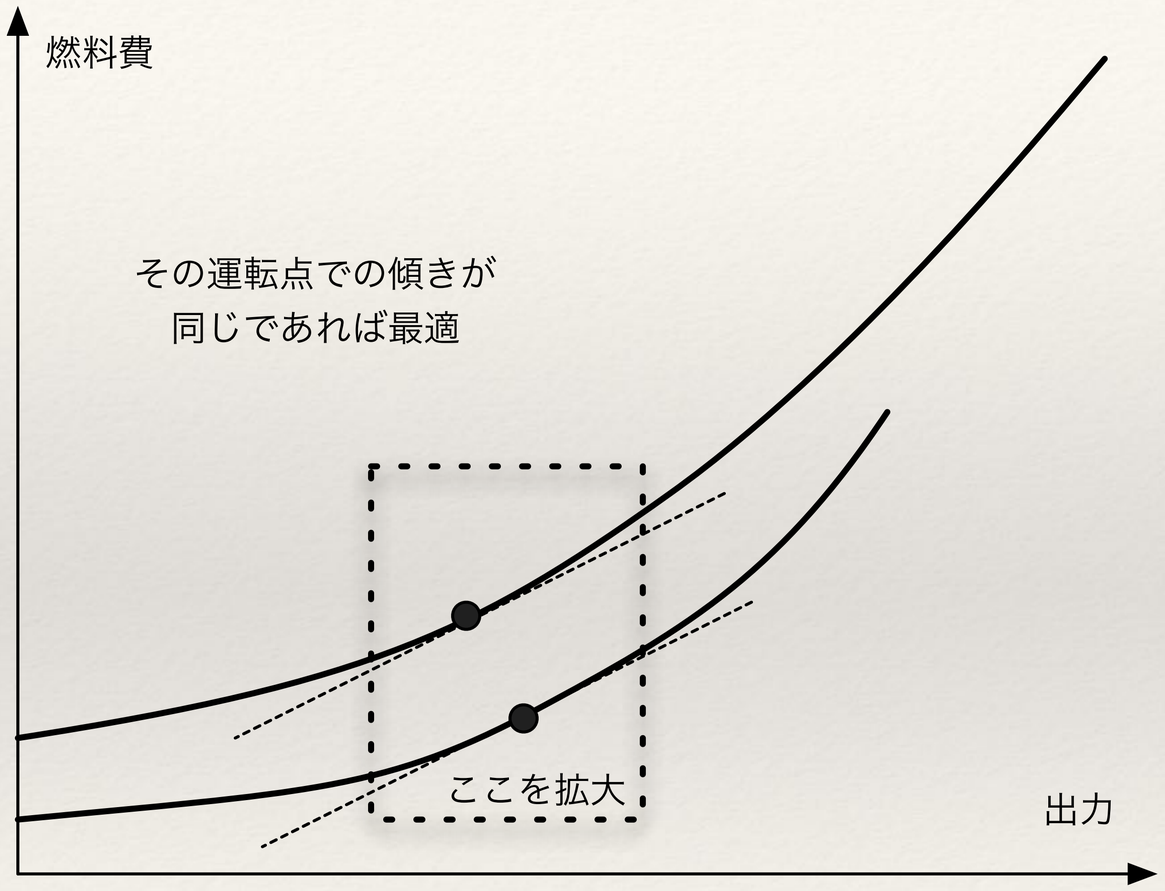
火力発電所の経済負荷配分

- 等号制約条件付非線形最適化問題
  - ラグランジュの未定乗数法で最適条件が簡単に求まる！
  - $$L(P_1, P_2, \cdots, P_N, \lambda) = \sum_{i=1}^{N} F_i(P_i) + \lambda \left(P_D - \sum_{i=1}^{N} P_i \right) \to \min$$
    - 等号制約のない非線形最適化問題に変換された
    - 最適条件（数学的には必要条件に過ぎないが，工学的に最小値を持つことは明らか）
      - $\partial L / \partial P_i = 0 \quad (i = 1, \cdots, N)$
      - $\partial L / \partial \lambda = 0 \quad P_D = \sum_{i=1}^{N} P_i$（元の制約条件と同じ）

火力発電所の経済負荷配分

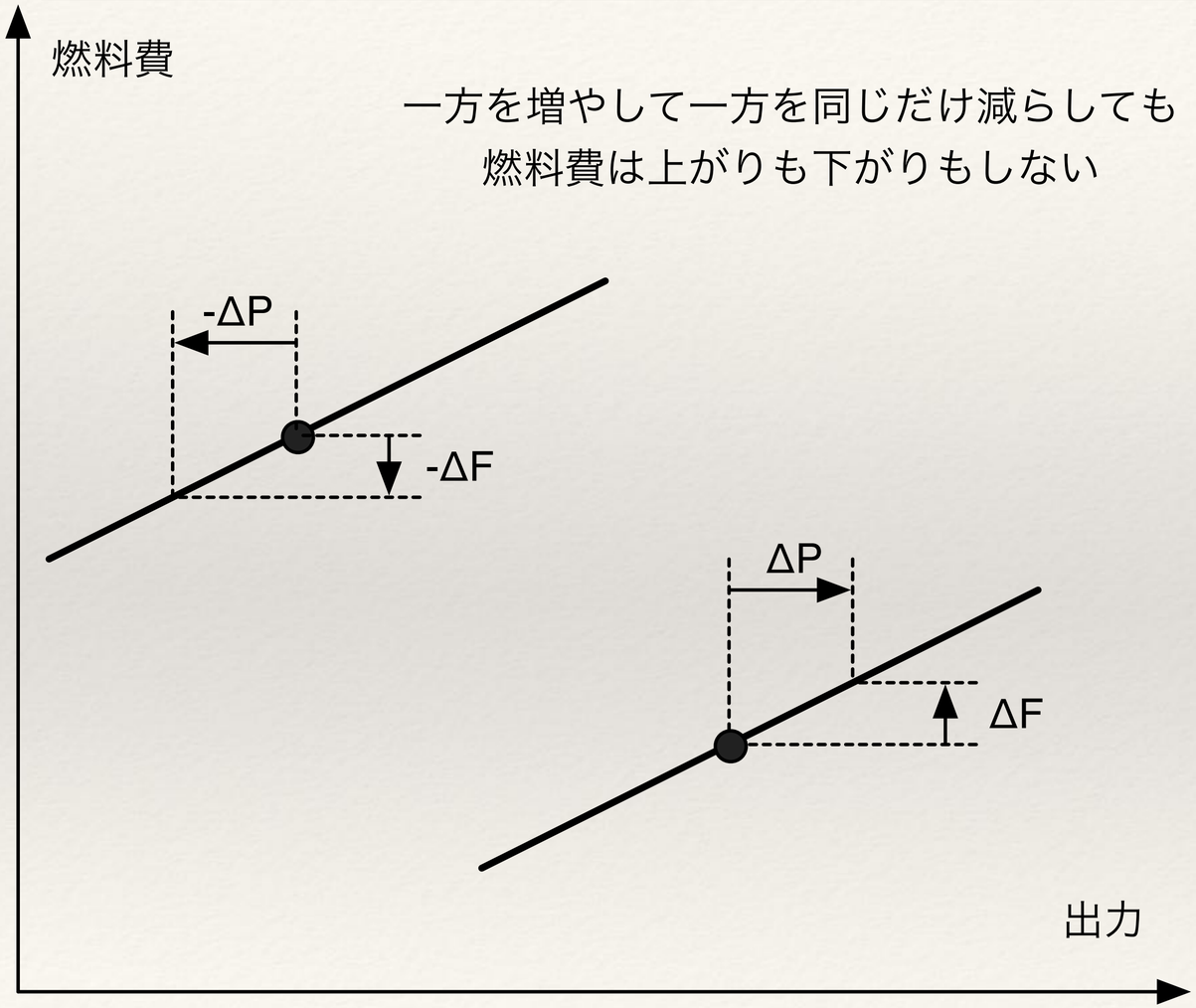
- これを解くと
  - $\partial F_i(P_i)/\partial P_i - \lambda = 0 \quad \therefore \partial F_i(P_i)/\partial P_i = \lambda$
- この式の意味するもの
  - $\partial F_i(P_i)/\partial P_i$：発電機の出力を微増させた時に燃料費がどの程度増加するかを示す**増分燃料費**
  - 増分燃料費が全ての発電機で同じであれば，最も経済的であることを示す
    - **等増分燃料費の原則**（等λ則）

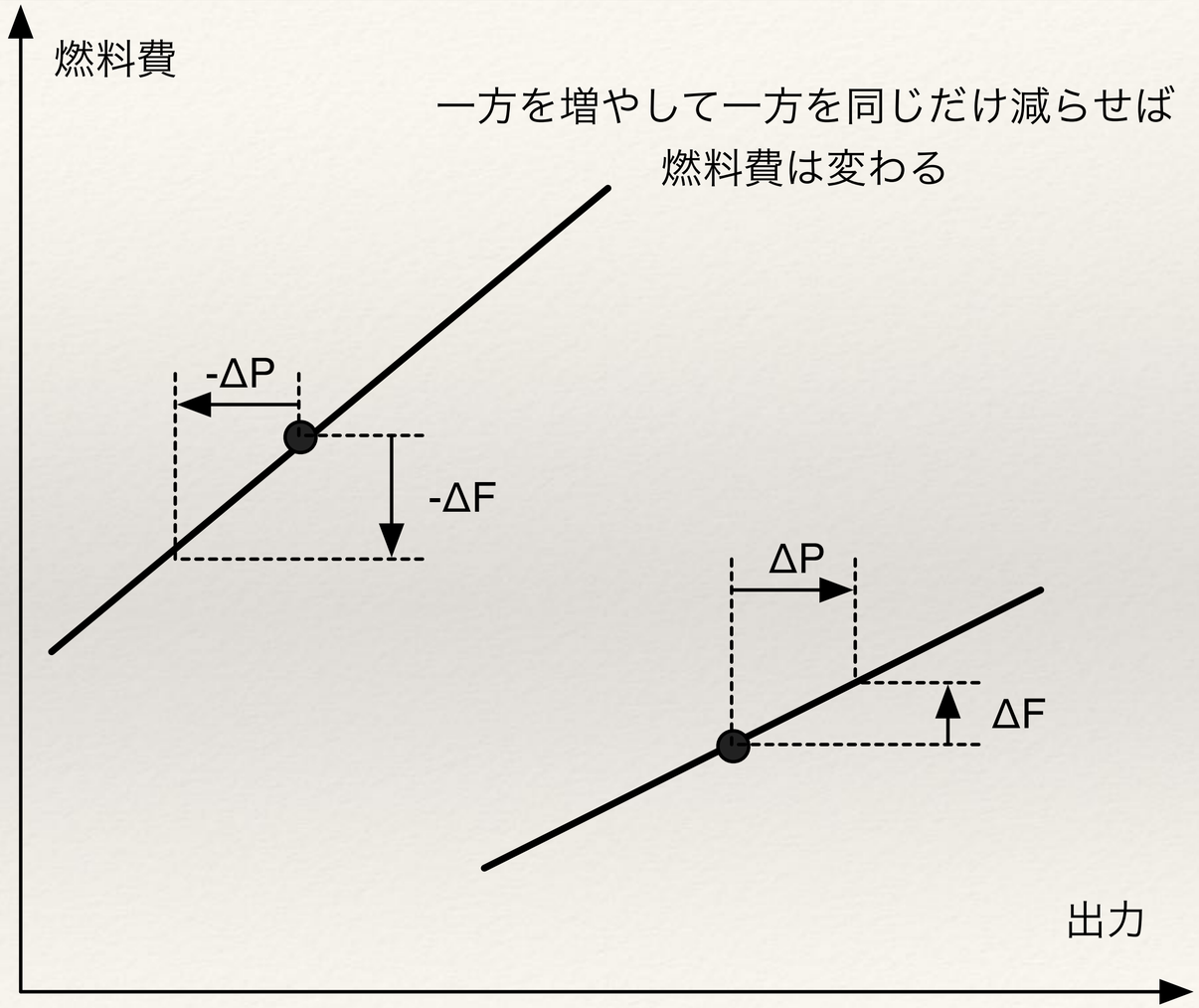
火力発電所の経済負荷配分



どれかの発電機の出力を微増(減)させ，別の発電機の出力を微減(増)させても燃料費が減らない状態を示す

火力発電所の経済負荷配分





改善の方向性：増分燃料費が大きい（小さい）発電機の出力を下げる（上げる）

火力発電所の経済負荷配分

- λの意味
  - 次元：円/kWh
    - 負荷が ΔP_D 微増した時に増える燃料費が $\Delta P_D \lambda$
      - **系統増分費**ともいう
      - 経済学的には**シャドウプライス**とも言う
    - 負荷が増すほどλは増える，即ち燃料費が加速度的に増加する