初歩から学ぶ
クールノー競争とベルトラン競争

渡辺隆裕　首都大学東京

構成

- ベンチマーク　独占企業の行動
- 同質財の市場とクールノー競争
- クールノー競争下でのコストダウン
- 製品差別化とベルトラン競争
- ベルトラン競争下でのコストダウン
- 戦略的代替と戦略的補完

ベンチマーク:
独占企業の行動

線形モデルによる分析

市場構造の分類とゲーム理論

- 完全競争市場 (perfectly competitive market)
  - 古典的な経済理論
  - 消費者や企業は多数で，価格受容者（その行動によって価格が変化しない）
  - 企業は価格を所与とし，生産量を決めて，利益を最大化する
  - 企業は限界費用と価格が等しくなるように生産量を決める
  - 分析道具→需要曲線と供給曲線（部分均衡）
- 不完全競争市場(imperfect ly cometitive market)
  - 独占市場
    - 市場に企業が1社で，企業は利益を最大化
  - 寡占市場
    - 市場には少数の企業，利益を最大にするように競争する
  - 消費者や企業（の少なくとも一方）は価格決定者
  - 分析道具→ゲーム理論

寡占市場の競争：モデルの分類

- 1．生産量競争か，価格競争か？
  - 各企業は生産量を決定する（生産量競争）⇒クールノー競争
  - 各企業は価格を決定する（価格競争）⇒ベルトラン競争
- 2．同質財か，異質財（製品差別化）か？
  - すべての企業の生産財は同質と考える（同質財）
    - 市場の価格と需要の関係は単一の需要曲線で表される
  - 各企業の生産財は差別化されているとする（異質財）

	生産量競争	価格競争
同質財	クールノー競争 各企業の生産量の合計で財の価格が決定される.	同質財のベルトラン競争 最も価格が安い企業がすべての需要を獲得 ⇒その結果，各企業は限界費用まで価格を下げ，利潤が0になる.
異質財（製品差別化）	異質財のクールノー競争 （今回は扱わない）	ベルトラン競争 各企業は，自社の価格と他社の価格で，自社の製品の需要が決まる

モデル：独占企業のモデル

- 企業Aが，ある商品を独占的に販売している
  - ここでは，生産量＝需要量（販売量）となるように価格が決定されるとする．在庫や不確実性を考えない．
  - 生産量を少なくする：高価で売れるが，販売量は少ない
  - 生産量を多くする　：販売量は多いが，価格が下がる
  - 価格と生産量の間にトレードオフがある，そのもとで企業Aは生産量xを決定すると考える
- 生産量をx，その価格をpとすると，その需要は $x = a - bp$ （線形需要関数）であるとする．
- ここでは商品を1台売る費用（限界費用）は c とし一定とする．（線形費用関数）簡単にするため固定費は考えない．
- 利益を最大にするために，企業Aはこの商品をどれだけ生産すれば良いか．

需要関数の単純化

- ここで需要関数は単純化して1次関数を仮定する
  - $x = a - bp$
  - 価格が上昇すると，需要が減少する
  - 計量モデルにする場合は，もう少し複雑に
- さらに，ここでは簡単な表現にするため$b = 1$とする.
  - 生産量の単位を$1/b$(単位)と置き直して考えれば，一般性を失わない.
  - ここでは具体的な数値を扱わないので，これで十分

以降，需要関数は　$x = a - p$

独占企業の利益最大化

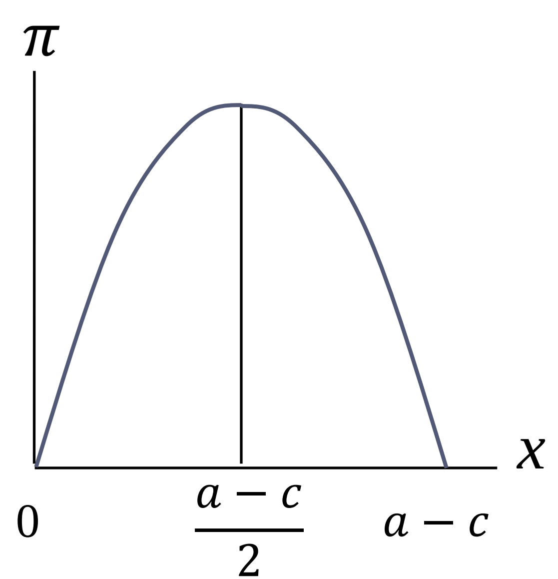
- 生産量をxとする．価格は$p = a - x$で決まる　　（逆需要関数）
- 利益を$\pi(x)$，収入を$R(x)$，総費用を$C(x)$とする
- $\pi(x) = R(x) - C(x)$
- $R(x) = px = (a - x)x \qquad C(x) = cx$
- $\pi(x) = (a - x)x - cx = -x^2 + (a - c)x$

利益＝収入－費用
生産量＝需要量
収入＝価格×生産量

- 線形モデル（線形需要関数，限界費用一定）では，利益は生産量の2次関数になる．
- 生産量を増やすと価格が下落．そのトレードオフで最適な生産量が決定されることを表す，もっとも単純なモデルとなっている．

企業が利益を最大にする生産量x^*は？

$$\pi(x^*) = \max_x \pi(x)$$



独占企業の利益最大化

- 生産量をxとする．価格は$p = a - x$で決まる　（逆需要関数）
- 利益をπ，収入をR，総費用をCとする
- $\pi = R - C$
- $R = px = (a - x)x$　　　$C = cx$
- $\pi = (a - x)x - cx = -x^2 + (a - c)x$

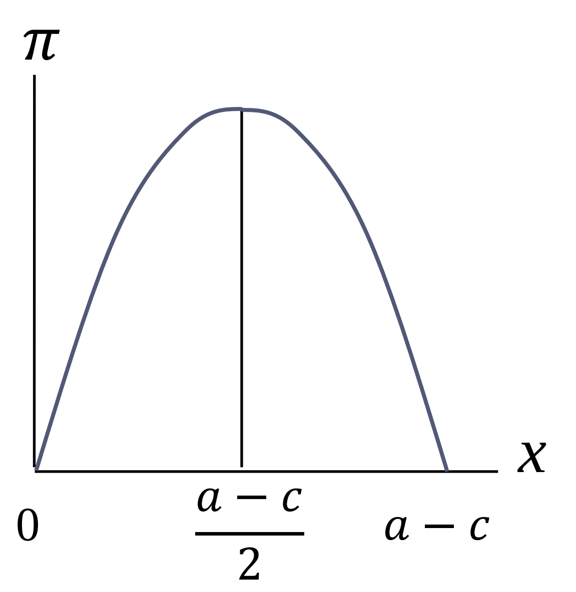
利益＝収入－費用
生産量＝需要量
収入＝価格×生産量

- 利益が最大になる生産量は，２次関数の頂点となる $x^* = (a - c)/2$ であることが分かる

$$\pi = -x^2 + (a - c)x$$

$$\pi' = -2x + (a - c)$$

$$\pi' = 0 \Rightarrow \boxed{x^* = \frac{a - c}{2}} \quad \boxed{p = \frac{a + c}{2}}$$



まとめ：市場の分類と独占市場での企業行動

- 完全競争市場は，古典的な需要曲線と供給曲線による分析が行われ，寡占市場などの不完全競争市場ではゲーム理論が用いられる．
- 寡占市場では，(1)生産量を決定するクールノー競争と価格を決定するベルトラン競争か，(2)同質財か異質財か，の2つの要因によっておおまかにモデルが分類される．
- 独占市場のモデルでは，所与の需要関数と費用関数のもとで，企業が利益を最大化するように生産量を求める．
- 需要関数は，企業が生産量を増やすと価格が下落するため，そのトレードオフを考慮して生産量が決定される．線形の需要関数と費用関数のモデルは，これをもっとも単純に表現できるモデルである．

- なお（ここでは触れなかったが），独占市場では企業は価格を戦略変数として変化させても，まったく同等のモデルとなる．

同質財の市場とクールノー競争

クールノー競争

- 先のモデルの状況で，今度は企業Aと企業Bの2企業が競争しているとする
- 各企業は，同時に生産量を決定する（数量競争）
- 企業Aの生産量をx_A，企業Bの生産量をx_Bとする
- 両企業の生産量の合計を $x = x_A + x_B$ で表す
- 価格を p とすると

$$p = a - x \ (= a - (x_A + x_B))$$（逆需要関数）

の関係があるとする
- 財を1単位生産する費用（限界費用）は，企業Aと企業Bともにc
- 利益を最大にするために，企業Aと企業Bはどれだけの商品を生産するか？

クールノー均衡：クールノー競争の解

- 同時の生産量決定⇒クールノー競争
- 企業Aの利益を$\pi_A(x_A, x_B)$，企業Bの利益を$\pi_B(x_A, x_B)$とすると

$$
\begin{aligned}
\pi_A(x_A, x_B) &= px_A - cx_A \\
&= (a - x)x_A - cx_A \\
&= \{a - (x_A + x_B)\}x_A - cx_A \\
&= -x_A^2 - x_A x_B + (a - c)x_A
\end{aligned}
$$

- 企業Aの利益は，自社の生産量だけではなく，相手企業の生産量にも依存する（企業Bも同じ） →戦略形ゲーム

クールノー均衡 (x_A^*, x_B^*)

$$\pi_A(x_A^*, x_B^*) = \max_{x_A} \pi_A(x_A, x_B^*) \qquad \pi_B(x_A^*, x_B^*) = \max_{x_B} \pi_A(x_A^*, x_B)$$

- クールノー均衡：お互いに最適反応戦略を選び合う生産量の組合せ
- クールノー均衡は，クールノー競争という戦略形ゲームにおけるナッシュ均衡である

クールノー均衡を求める

- クールノー均衡を求めるには？
- 各企業の**最適反応戦略**を求める.
  - 企業Aにとって，相手企業Bの戦略x_Bを所与として，利益を最大化する戦略（x_Bの関数）を求める
  - $\pi_A(x_A^*, x_B) = \max_{x_A} \pi_A(x_A, x_B)$となる$x_A^*$を**企業Aの$x_B$に対する最適反応戦略**と呼ぶ

- 企業Aの利益 $\pi_A(x_A, x_B) = -x_A^2 - x_A x_B + (a-c)x_A$

$$\frac{\partial \pi_A}{\partial x_A} = 0 \quad \Rightarrow \quad -2x_A - x_B + (a-c) = 0$$

$$\Rightarrow \quad x_A = -\frac{1}{2}x_B + \frac{a-c}{2}$$

企業Aの**最適反応戦略**

企業Aの最適生産量は，企業Bの生産量に依存して決まる

クールノー競争のナッシュ均衡を求める

- 同様に企業Bの利益を$\pi_B(x_A, x_B)$とすると.
- $\pi_B(x_A, x_B) = px_B - cx_B = -x_B^2 - x_A x_B + (a-c)x_B$

$$\frac{\partial \pi_B}{\partial x_B} = 0 \quad \Rightarrow \quad -2x_B - x_A + (a-c) = 0$$

$$\Rightarrow \quad x_B = -\frac{1}{2}x_A + \frac{a-c}{2}$$

- 企業Bの**最適反応戦略**

クールノー競争

- 同時の生産量決定⇒クールノー競争
- 企業Aの利益を$\pi_A(x_A, x_B)$，企業Bの利益を$\pi_B(x_A, x_B)$とする.

$$
\begin{aligned}
\pi_A &= px_A - cx_A \\
&= (a - x)x_A - cx_A \\
&= \{a - (x_A + x_B)\}x_A - cx_A \\
&= -x_A^2 - x_A x_B + (a - c)x_A
\end{aligned}
$$

同様に
$$
\begin{aligned}
\pi_B &= px_B - cx_B \\
&= (a - x)x_B - cx_B \\
&= \{a - (x_A + x_B)\}x_B - cx_B \\
&= -x_B^2 - x_A x_B + (a - c)x_B
\end{aligned}
$$

- 各企業の利益は，自分の生産量だけではなく，相手の生産量にも依存する→戦略形ゲーム

最適反応戦略からクールノー均衡を求める

- 両企業の最適反応戦略を求め，連立方程式を解く

- 企業Aの最適反応戦略
  $$x_A = -\frac{1}{2}x_B + \frac{a-c}{2} \quad \text{—— ①}$$
- 企業Bの最適反応戦略
  $$x_B = -\frac{1}{2}x_A + \frac{a-c}{2} \quad \text{—— ②}$$

連立方程式を解く

②を①に代入

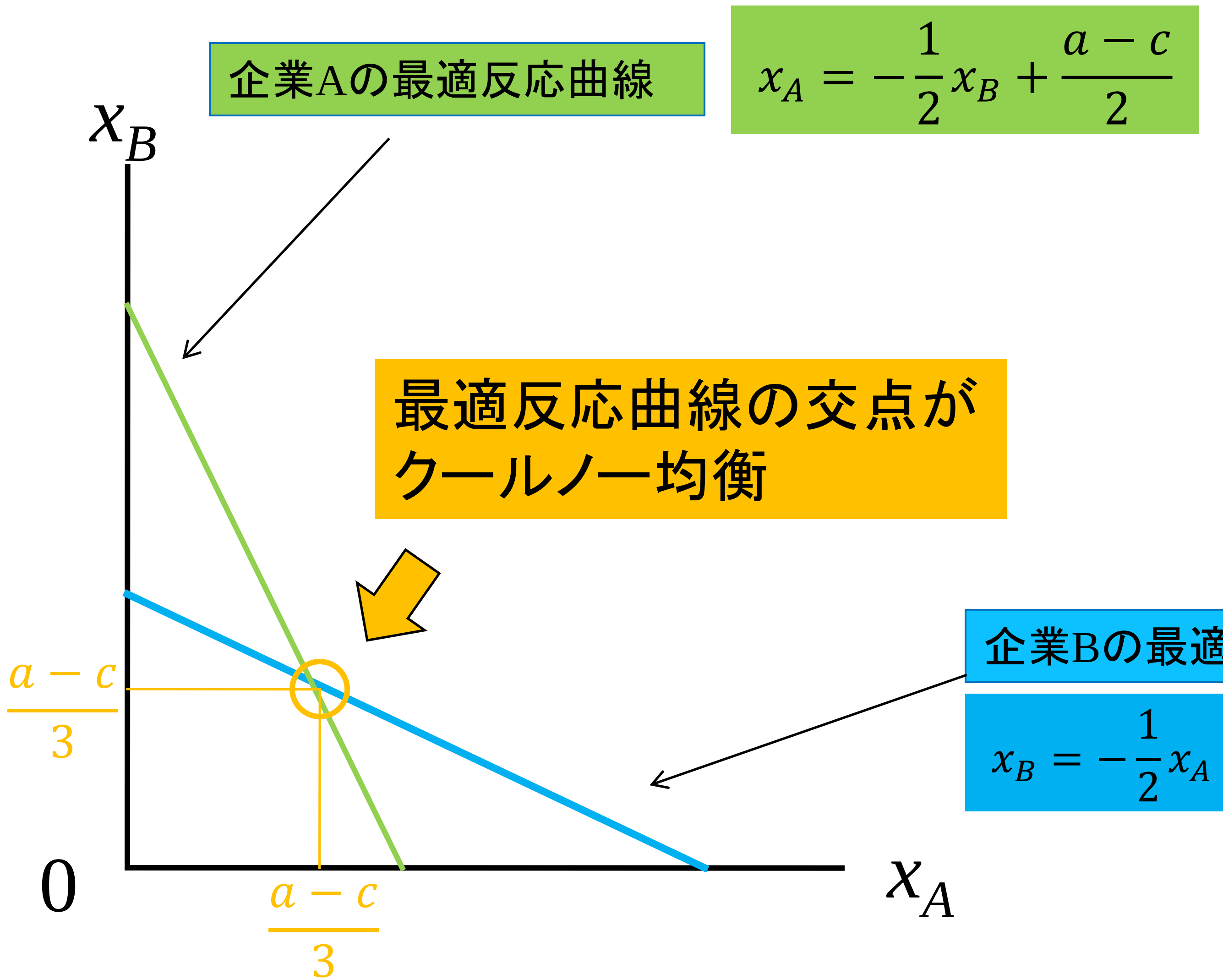
$$x_A = -\frac{1}{2}\left(-\frac{1}{2}x_A + \frac{a-c}{2}\right) + \frac{a-c}{2}$$

$$\frac{3}{4}x_A = \frac{a-c}{4}$$

- クールノー均衡は
  $$x_A = x_B = \frac{a-c}{3}$$
- クールノー＝ナッシュ均衡とも呼ばれる

$$x_A = \frac{a-c}{3}$$ $$x_B = \frac{a-c}{3}$$ $$p = \frac{a+2c}{3} = c + \frac{a-c}{3}$$

最適反応曲線図とクールノー均衡



独占・複占における価格と利益

- 独占時の生産量，価格，利益
  - $x = \frac{a-c}{2}$ $p = \frac{a+c}{2} = c + \frac{a-c}{2}$ $\pi = \frac{(a-c)^2}{4}$
- クールノー競争時の生産量，価格，利益
  - $x_i = \frac{a-c}{3}$ $(i = A, B)$ ※市場全体の生産量 $x = \frac{2(a-c)}{3}$
  - $p = c + \frac{a-c}{3}$ $\pi_i = \frac{(a-c)^2}{9}(i = A, B)$

- 独占市場より複占市場の方が，市場の総生産量は大きくなり，価格は低くなる（⇒競争の激化により，企業には厳しく，消費者には優しい）
- 複占市場では，各企業の利益は独占時の半分になるわけではない（半分以下）
  - 市場規模××の独占市場へ参入して，その利益の半分が取れるわけではない．そもそも市場規模って何？

クールノー均衡：均衡と最適化の違い

- クールノー均衡は「企業の利益が最大になっている」と考えられるか？
- 企業は生産量を「最適化」しているのか？

➢ 各企業は最適な生産量を選んでいるから，利益は最大にであると思えるが？

競争・囚人のジレンマ・カルテル

- クールノー均衡は「各企業の利益が最大になっている」と単純に言えない！
  - ゲーム理論の解は「最適」ではなく，あくまでも「均衡」
  - 各企業の利益は，お互いの生産量の合計を独占市場の生産量に近づけることで，もっと大きくできる！

- （例）: $a = 27 \quad c = 3$
  - 独占時の生産量と利益 $x = \frac{a-c}{2} = 12 \qquad \pi = \frac{(a-c)^2}{4} = 144$
  - 企業A, Bは 生産量を6にすれば，利益は72になる.
  - クールノー競争の生産量と利益 $x_i = \frac{a-c}{3} = 8 \qquad \pi_i = \frac{(a-c)^2}{9} = 64 \ (i = A, B)$
  - 生産量を 6 にするより利益は小さい.　⇒なぜお互い6にしないのか？

各企業の最適反応関数は

$$x_i = -\frac{1}{2}x_j + \frac{a-c}{2} = -\frac{1}{2}x_j + 12$$

相手が生産量6なら，自分は9にする方が良い！

A \ B	$x_A = 6$	$x_A = 9$
$x_A = 6$	(72,72)	(54,81)
$x_A = 9$	(81,54)	

相手が9なら，自分は8.5が良い

囚人のジレンマと同様に均衡はお互いの利益を最大にしていない

n社の対称企業へ拡張

- 企業を$1,2,3,\ldots,n$ として考えてみる.
- 各企業の生産量をx_iとする．限界費用はcで同じとする，固定費は考えない.
- 価格pと生産量の関係： $p = a - (x_1 + x_2 + \cdots + x_n)$ （逆需要関数）
- 企業1の利益 $\pi_1 = px_1 - cx_1 = -x_1^2 + (a-c)x_1 - (x_2 + \cdots + x_n)x_1$
- 利益を最大にする企業1の生産量：

$$\frac{\partial \pi_1}{\partial x_1} = 0 \Rightarrow -2x_1 + (a-c) - (x_2 + \cdots + x_n) = 0$$

- 企業1の最適反応関数 $x_1 = -\frac{1}{2}(x_2 + \cdots + x_n) + \frac{a-c}{2}$

- ここでクールノー均衡の生産量をx_1^*とすると，均衡で各企業の生産量は同じになると考えられるので $x_1^* = -\frac{1}{2}(x_1^* + \cdots + x_1^*) + \frac{a-c}{2}$ となるはず.

- $x_1^* = -\frac{n-1}{2}x_1^* + \frac{a-c}{2} \Rightarrow \frac{n+1}{2}x_1^* = \frac{a-c}{2}$ ⇒ $\boxed{x_1^* = \frac{a-c}{n+1}}$ $\boxed{x_i^* = \frac{a-c}{n+1}}$

- 市場全体の生産量 $x^* = \frac{n(a-c)}{n+1}$ 価格 $p = c + \frac{a-c}{n+1}$ 利益 $\pi_i = \left(\frac{a-c}{n+1}\right)^2$

独占・複占における価格と利益

- 独占時の生産量，価格，利益
  - $x = \frac{a-c}{2}$　　$p = \frac{a+c}{2} = c + \frac{a-c}{2}$　　$\pi = \frac{(a-c)^2}{4}$
- 2社のクールノー競争（複占）時の生産量，価格，利益
  - $x_i = \frac{a-c}{3}$　　※市場全体の生産量　$x = \frac{2(a-c)}{3}$
  - $p = c + \frac{a-c}{3}$　　$\pi_i = \frac{(a-c)^2}{9}$
- n社のクールノー競争時の生産量，価格，利益
  - $x_i = \frac{a-c}{n+1}$　　※市場全体の生産量　$x = \frac{n(a-c)}{n+1}$
  - $p = c + \frac{a-c}{n+1}$　　$\pi_i = \left(\frac{a-c}{n+1}\right)^2$

- 企業数が増えるほど市場の総生産量は大きくなり，価格は低くなる（⇒競争の激化により，企業には厳しく，消費者には優しい）
- $n \to \infty$ とすると，価格は限界費用に，利益は0に近づき，完全競争と同じになることが分かります（クールノー極限定理）.

まとめ:独占とクールノー競争

- クールノー競争では，企業は相手の生産量によって，自分の利益を最大にする生産量が異なる.
- 相手の生産量に対して，利益を最大にする生産量を決める関数を最適反応戦略と呼ぶ．お互いに最適反応戦略を選び合う生産量の組合せをクールノー均衡と呼び，それをクールノー競争の解と考える.
- クールノー均衡は，クールノー競争のゲームにおけるナッシュ均衡.
- 最適反応戦略を図示したグラフは最適反応曲線と呼ばれ，最適反応曲線の交点がクールノー均衡である.
- クールノー均衡よりも，独占時の生産量の半分を生産したほうが各企業の利益は高くなるが，囚人のジレンマと同じようにそうはできない（均衡と最適の違い，カルテルの意味）
- 企業数が増えるほど市場の総生産量は大きくなり，価格は低くなる（⇒競争の激化により，企業には厳しく，消費者には優しい）
- $n \to \infty$ とすると，価格は限界費用に，利益は0に近づき，完全競争と同じになることが分かります（クールノー極限定理）.

クールノー競争下でのコストダウン

費用変化による競争への影響

■ A社とB社のクールノー競争

- クールノー均衡では，生産量 $x_A = \frac{a-c}{3}$ 価格 $p = c + \frac{a-c}{3}$
- A社の限界費用はc 利益は$(p-c) \times x_A = \left(\frac{a-c}{3}\right)^2$
- ここでA社は限界費用を$c - \Delta c$ とするコストダウンに成功したとする

➢ コストダウンの効果　ナイーブな予想

- ➢ (1) A社の利益は，費用が1単位あたりΔc 下がった．

  利益は$\Delta c \times x_A = \frac{a-c}{3} \Delta c$ 増加する

- ➢ (2) B社の利益は変化しない．

➢ (1)と(２)は正しいか？

クールノー競争：A社の費用削減の影響

- 企業Aの限界費用： $c \Rightarrow c - \Delta c$
- 企業Aの利益： $\pi_A(x_A, x_B)$, $\pi_B(x_A, x_B)$

$$\pi_A(x_A, x_B) = p x_A - c x_A = -x_A^2 - x_A x_B + (a-c)x_A$$

$$\Downarrow$$

$$\pi_A(x_A, x_B) = -x_A^2 - x_A x_B + (a - c + \Delta c)x_A$$

- 企業Aの最適反応戦略の変化

$$x_A = -\frac{1}{2}x_B + \frac{a-c}{2} \Rightarrow x_A = -\frac{1}{2}x_B + \frac{a-c+\Delta c}{2}$$

$$x_B = -\frac{1}{2}x_A + \frac{a-c}{2}$$

- 企業Bの最適反応関数は同じ

グラフで見るクールノー均衡の変化

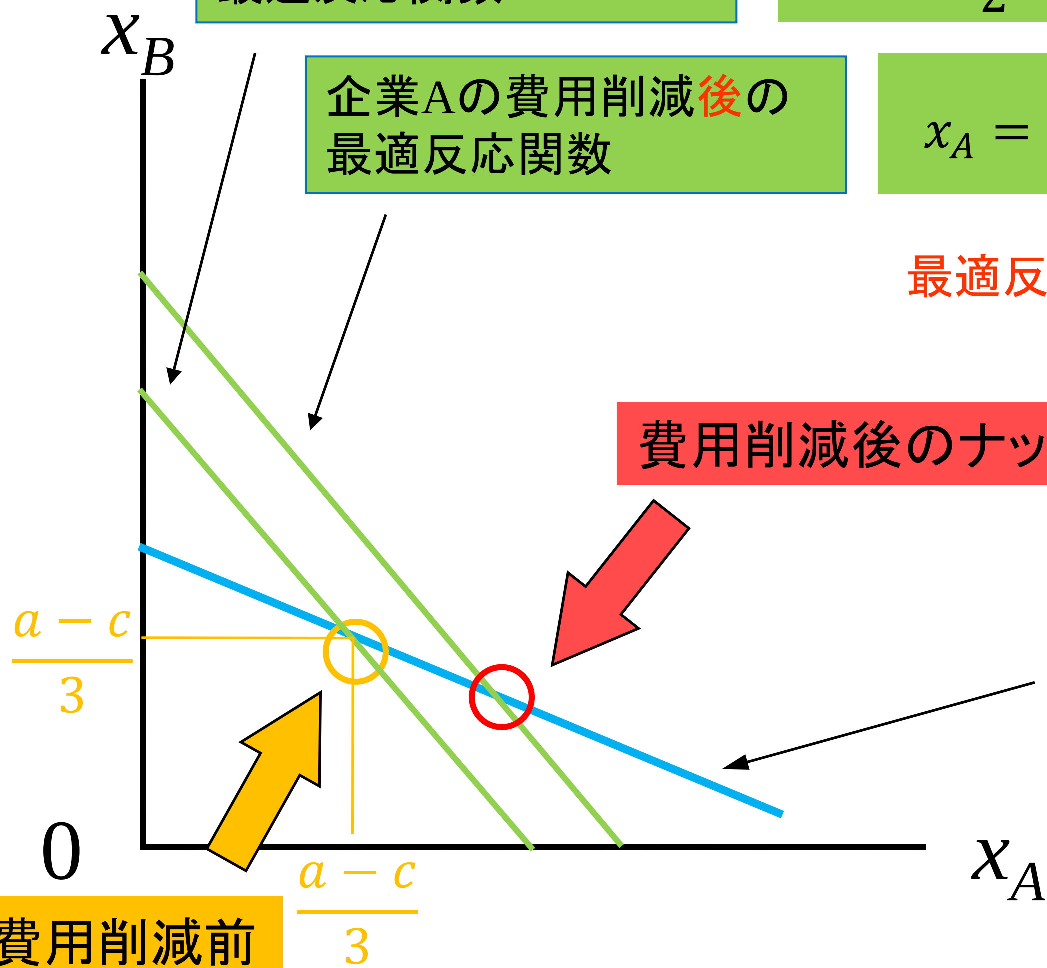
企業Aの費用削減前の最適反応関数

$$x_A = -\frac{1}{2}x_B + \frac{a-c}{2}$$

企業Aの費用削減後の最適反応関数

$$x_A = -\frac{1}{2}x_B + \frac{a-c}{2} + \frac{\Delta c}{2}$$

最適反応関数は右に移動



費用削減後のナッシュ均衡

企業Bの最適反応関数

$$x_B = -\frac{1}{2}x_A + \frac{a-c}{2}$$

費用削減前のナッシュ均衡

費用削減後のナッシュ均衡を求める

- 両企業の最適反応戦略を求め，連立方程式を解く

- 企業Aの最適反応関数 $x_A = -\frac{1}{2}x_B + \frac{a-c+\Delta c}{2}$ ―― 1
- 企業Bの最適反応関数 $x_B = -\frac{1}{2}x_A + \frac{a-c}{2}$ ―― 2

連立方程式を解く

2を1に代入

$$x_A = -\frac{1}{2}\left(-\frac{1}{2}x_A + \frac{a-c}{2}\right) + \frac{a-c+\Delta c}{2}$$

$$\frac{3}{4}x_A = \frac{a-c+2\Delta c}{4}$$

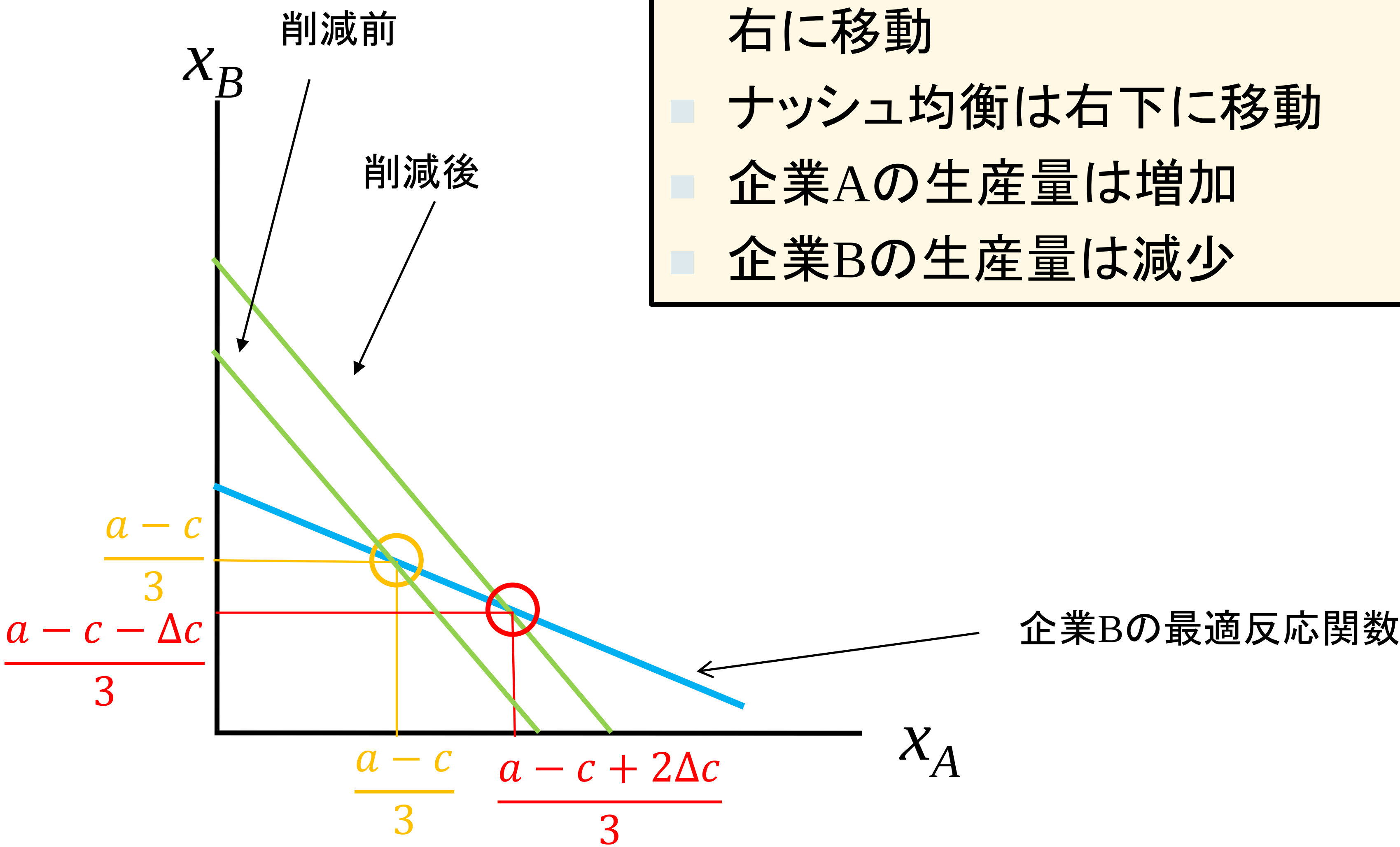
$$x_A = \frac{a-c+2\Delta c}{3}$$

$$x_B = \frac{a-c-\Delta c}{3}$$

$$p = \frac{a+2c-\Delta c}{3} = \mathrm{c} + \frac{\mathrm{a}-\mathrm{c}-\Delta c}{3}$$

グラフで見るクールノー均衡の変化

- 企業Aの最適反応関数は右に移動
- ナッシュ均衡は右下に移動
- 企業Aの生産量は増加
- 企業Bの生産量は減少



費用変化による競争への影響

- A社のコストダウンはA社だけではなく，B社の行動も変化させる.
  - A社の生産量 $x_A = \frac{a-c+2\Delta c}{3}$ $\left(+\frac{2\Delta c}{3}\right)$
  - B社の生産量 $x_B = \frac{a-c-\Delta c}{3}$ $\left(-\frac{\Delta c}{3}\right)$
  - 価格 $p = \frac{a+2c-\Delta c}{3} = \mathrm{c} + \frac{\mathrm{a-c-\Delta c}}{3}$ $\left(-\frac{\Delta c}{3}\right)$
  - A社の利益 $\pi_A = \frac{(a-c+2\Delta c)^2}{9}$ $\pi_B = \frac{(a-c-\Delta c)^2}{9}$

- 企業のコストダウンは，自企業だけではなく相手企業にも影響を及ぼす
- コストダウンした企業は生産量を増加させ，相手企業は従来の生産量を減少させることが最適反応（利益を最大化すること）となる
- これにより，相手企業の生産量が不変と考えた場合より，自企業の利益の増加は大きい（ゲーム理論による分析の特徴）
  - 自社のコストダウンによる利益増加の効果（直接効果）
  - 相手企業の生産量減少による効果（間接効果，戦略効果）
- 一方，コストダウンにより相手企業の利益は減少する（ライバル効果）.

製品差別化の市場とベルトラン競争

製品差別化の市場

- 同質財の市場（これまで）
  - 安い価格の企業がすべての需要を獲得⇒結果として，企業間に価格差はない．
- 異質財（製品差別化）の市場
  - 企業間で価格差がある⇒他企業の価格は自企業の需要に影響を及ぼすが，安い価格の企業がすべての需要を獲得するわけではない．

2企業の価格競争（製品差別化市場）

- 企業Aと企業Bの2企業が競争，各企業は同時に価格を決定（価格競争）
- 企業Aの価格をp_A，企業Bの価格をp_Bとする
- 相手の価格は，自分の企業の需要量に影響する．
- 企業A，Bの販売する財の需要をそれぞれx_A，x_Bとすると価格と需要の関係は以下の式（需要関数）
  $$x_A = \alpha - \beta p_A + \gamma p_B \qquad x_B = \alpha - \beta p_B + \gamma p_A$$
  で与えられる．
  - 今回は正規化（単純化）しない（理由はこの後のスライドで）．
- $\beta \geq \gamma \geq 0$ を仮定
  - 自財の価格が上がれば需要は減少する（$\beta \geq 0$）．
  - 他財の価格が上昇するとき，需要が増加する競合状態(代替財：$\gamma \geq 0$)を仮定する．
  - 実は$\gamma \leq 0$ (補完財）の場合も扱える，後述．
  - 他財の価格の影響は自財の価格の影響より小さい（$\beta \geq \gamma$）．
- 財を1単位生産する費用（限界費用）は，企業Aと企業Bともにc
- 利益を最大にするために，企業Aと企業Bは価格をいくらにするだろうか？

モデル化：逆需要関数か？需要関数か？

- 同質財の市場（これまで）
  - 逆需要関数 $p = a - x$ を考えた（線形モデル）
- 異質財（製品差別化）の市場
  - 今回は需要関数を与えている．

- 逆需要関数を以下のように設定するとこれまでと整合的（比較可能）になる．

$$p_A = a - x_A - bx_B$$
$$p_B = a - x_B - bx_A$$

- bは差別化の程度を表す（ b が小さいほど差別化されている）
  - $0 \leq b < 1$ とする（自財の価格に対する影響は，自財の生産量のほうが多財より大きい）
  - $b \to 1$のとき，同質財と一致．
  - $b = 0$のとき，独占（完全差別化）
  - （実は補完財（$b < 0$）も扱える，後述）

- 需要関数への変換

$$x_A = \alpha - \beta p_A + \gamma p_B$$
$$x_B = \alpha - \beta p_B + \gamma p_A$$

  - $\alpha = \frac{a(1-b)}{1-b^2}$
  - $\beta = \frac{1}{1-b^2}$
  - $\gamma = \frac{b}{1-b^2}$
  - $0 \leq b < 1 \quad \Leftrightarrow \quad \beta \geq \gamma \geq 0$

ベルトラン均衡：ベルトラン競争の解

- 同時の価格決定⇒ベルトラン競争
- 企業Aの利益を$\pi_A(p_A, p_B)$，企業Bの利益を$\pi_B(p_A, p_B)$とすると

$$\begin{aligned}\pi_A(p_A, p_B) &= p_A x_A - c x_A \\ &= (p_A - c) x_A \\ &= (p_A - c)(\alpha - \beta p_A + \gamma p_B)\end{aligned}$$

$$x_A = \alpha - \beta p_A + \gamma p_B$$
$$x_B = \alpha - \beta p_B + \gamma p_A$$

- クールノー競争と同様に，企業Aの利益は，自社の価格だけではなく，相手企業の価格にも依存する（企業Bも同じ） →戦略形ゲーム

ベルトラン均衡 (p_A^*, p_B^*)

$$\pi_A(p_A^*, p_B^*) = \max_{p_A} \pi_A(p_A, p_B^*) \qquad \pi_B(p_A^*, p_B^*) = \max_{p_B} \pi_A(p_A^*, p_B)$$

ベルトラン均衡を求める

- ベルトラン均衡の求め方は，クールノー均衡と同じ
- まず，各企業の最適反応戦略を求める．
  - 企業Aに対して，相手企業の戦略p_Bを所与として，利益を最大化する戦略（p_Bの関数）を求める
  - すなわち$\pi_A(p_A^*, p_B) = \max_{p_A} \pi_A(p_A, p_B)$となる$p_A^*$を，$p_B$に対する企業Aの最適反応戦略と呼ぶ
- 企業Aの利益　$\pi_A(p_A, p_B) = (p_A - c)(\alpha - \beta p_A + \gamma p_B)$

$$\frac{\partial \pi_A}{\partial p_A} = 0 \quad \Rightarrow \quad -2\beta p_A + \gamma p_B + (\alpha + \beta c) = 0$$

$$\Rightarrow \quad p_A = \frac{\gamma}{2\beta} p_B + \frac{\alpha + \beta c}{2}$$

企業Aの最適反応戦略

企業Aの最適価格は，企業Bの価格に依存して決まる

同様に企業Bの最適反応戦略も求める

$$\Rightarrow \quad p_B = \frac{\gamma}{2\beta} p_A + \frac{\alpha + \beta c}{2}$$

企業Bの最適反応戦略

最適反応戦略からベルトラン均衡を求める

- 両企業の最適反応戦略を求め，連立方程式を解く
- 企業Aの最適反応戦略 $p_A = \frac{\gamma}{2\beta} p_B + \frac{\alpha + \beta c}{2}$ —— ①
- 企業Bの最適反応戦略 $p_B = \frac{\gamma}{2\beta} p_A + \frac{\alpha + \beta c}{2}$ —— ②

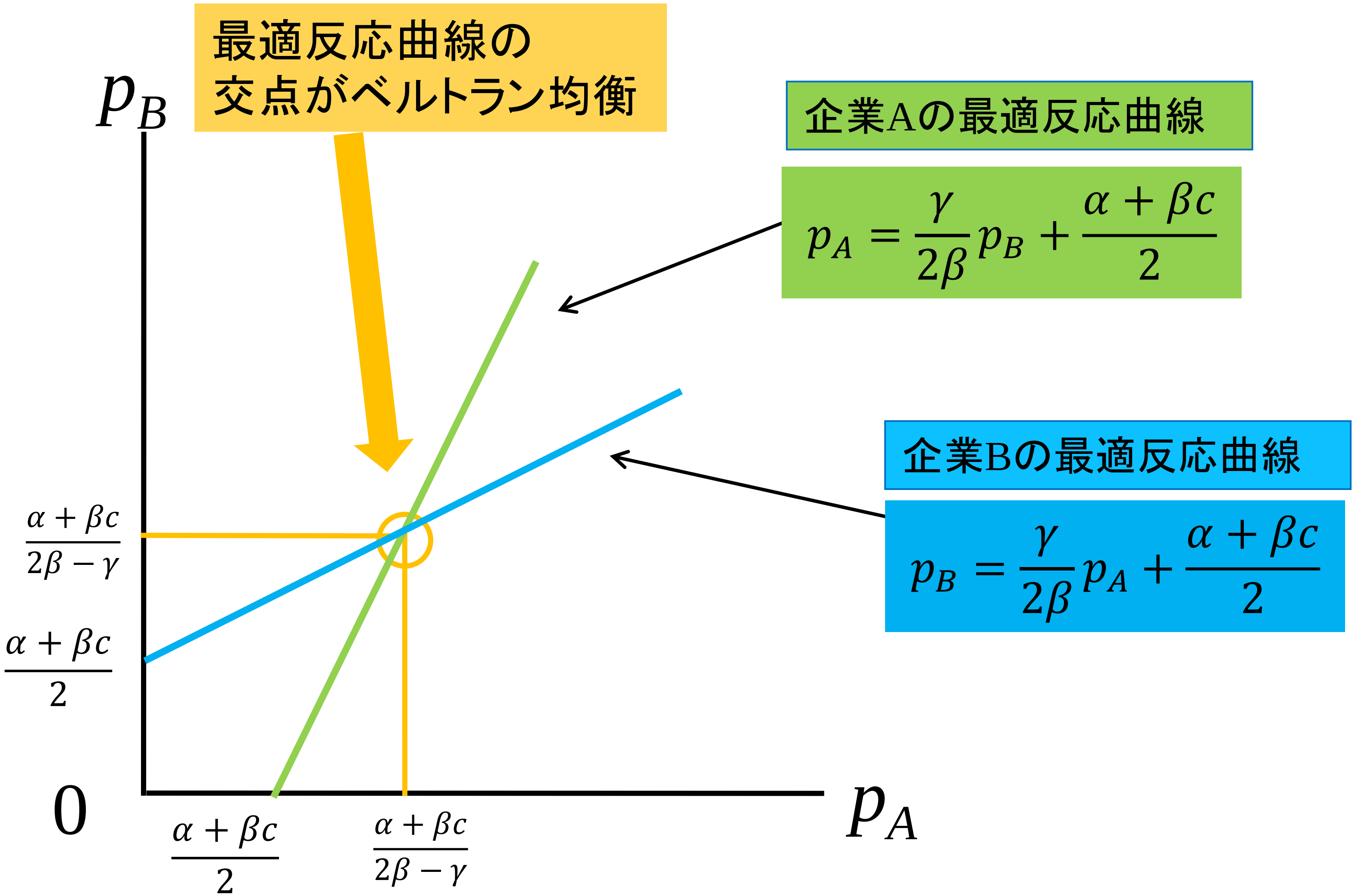
連立方程式を解く（今回は結果のみ）

$$p_A = p_B = \frac{\alpha + \beta c}{2\beta - \gamma}$$

$$x_A = x_B = \frac{\beta(\alpha + c(\gamma - \beta))}{2\beta - \gamma}$$

$$\pi_A = \pi_B = \beta\left(\frac{\alpha + c(\gamma - \beta)}{2\beta - \gamma}\right)^2$$

グラフで見るベルトラン均衡



逆需要関数のパラメータに変換

- ベルトラン均衡
  - 価格 $p_A = p_B = \frac{\alpha+\beta c}{2\beta-\gamma}$ 生産量 $x_A = x_B = \frac{\beta(\alpha+c(\gamma-\beta))}{2\beta-\gamma}$
  - 利益 $\pi_A = \pi_B = \beta\left(\frac{\alpha+c(\gamma-\beta)}{2\beta-\gamma}\right)^2$

- 逆需要関数のパラメータに変換すると解釈がしやすい
- $$\begin{aligned} x_A &= \alpha - \beta p_A + \gamma p_B \\ x_B &= \alpha - \beta p_B + \gamma p_A \end{aligned} \Leftrightarrow \begin{aligned} p_A &= a - x_A - b x_B \\ p_B &= a - x_B - b x_A \end{aligned}$$
  - $\alpha = \frac{a(1-b)}{1-b^2} \beta = \frac{1}{1-b^2} \gamma = \frac{b}{1-b^2}$

- 価格 $p_A = p_B = c + \frac{(1-b)(a-c)}{2-b}$
- 生産量 $x_A = x_B = \frac{a-c}{(1+b)(2-b)}$
- 利益 $\pi_A = \pi_B = \frac{1-b}{1+b}\left(\frac{a-c}{2-b}\right)^2$

ベルトラン均衡：差別化の程度と価格・利益

- 逆需要関数　$p_A = a - x_A - bx_B$　　$p_B = a - x_B - bx_A$
- b は差別化の程度 $b < 1$ （ b が小さいほど差別化されている）
  - $b \to 1$のとき，同質財と一致．
  - $b = 0$のとき，独占（完全差別化）

- 価格 $p_A = p_B = c + \frac{(1-b)(a-c)}{2-b}$
- 生産量 $x_A = x_B = \frac{a-c}{(1+b)(2-b)}$
- 利益 $\pi_A = \pi_B = \frac{1-b}{1+b}\left(\frac{a-c}{2-b}\right)^2$

- b の増加と共に，価格は下降，利益は増加．
- $b = 0$ (完全差別化＝独占市場)では，価格・利益は独占市場に一致
- $b \to 1$ (同質財)では，価格は限界費用に一致し，利益は0になる．
- 差別化が大きいほど，価格は上昇し，双方の利益は増加する．
- 含意：製品差別化が価格競争を緩和し，利益を増加させる．

ベルトラン競争下でのコストダウン

ベルトラン競争下でのコストダウン

- ベルトラン競争下でのコストダウン
  - A社が限界費用をcから$c-\Delta c$へコストダウンに成功したとする

- クールノー競争では，コストダウンした企業は生産量を増加させ，相手企業は従来の生産量を減少させる
- クールノー競争では，相手企業の生産量が不変と考えた場合より，自企業の利益の増加は大きい
  - 自社のコストダウンによる利益増加の効果（直接効果）
  - 相手企業の生産量減少による効果（間接効果，戦略効果）
- 相手企業の利益は減少する（ライバル効果）
- ベルトラン競争ではどうか？

最適反応戦略の変化

- 両企業の最適反応戦略
  - 企業A $p_A = \frac{\gamma}{2\beta} p_B + \frac{\alpha + \beta c}{2}$
  - 企業B $p_B = \frac{\gamma}{2\beta} p_A + \frac{\alpha + \beta c}{2}$

均衡の計算結果は少し複雑なので，最適反応関数の図で考察してみる．

$$p_A = \frac{\gamma}{2\beta} p_B + \frac{\alpha + \beta c}{2} - \frac{\beta \Delta c}{2}$$

企業Bの最適反応関数は同じ

$$p_A = \frac{\alpha+\beta c}{2\beta-\gamma} - \frac{2\beta^2}{4\beta^2-\gamma^2}\Delta c$$
$$p_B = \frac{\alpha+\beta c}{2\beta-\gamma} - \frac{\beta\gamma}{4\beta^2-\gamma^2}\Delta c$$

グラフで見るベルトラン均衡

費用削減後の
企業Aの最適反応曲線

$$p_A = \frac{\gamma}{2\beta} p_B + \frac{\alpha + \beta c}{2} - \frac{\beta \Delta c}{2}$$

企業Bの最適反応曲線

$$p_B = \frac{\gamma}{2\beta} p_A + \frac{\alpha + \beta c}{2}$$

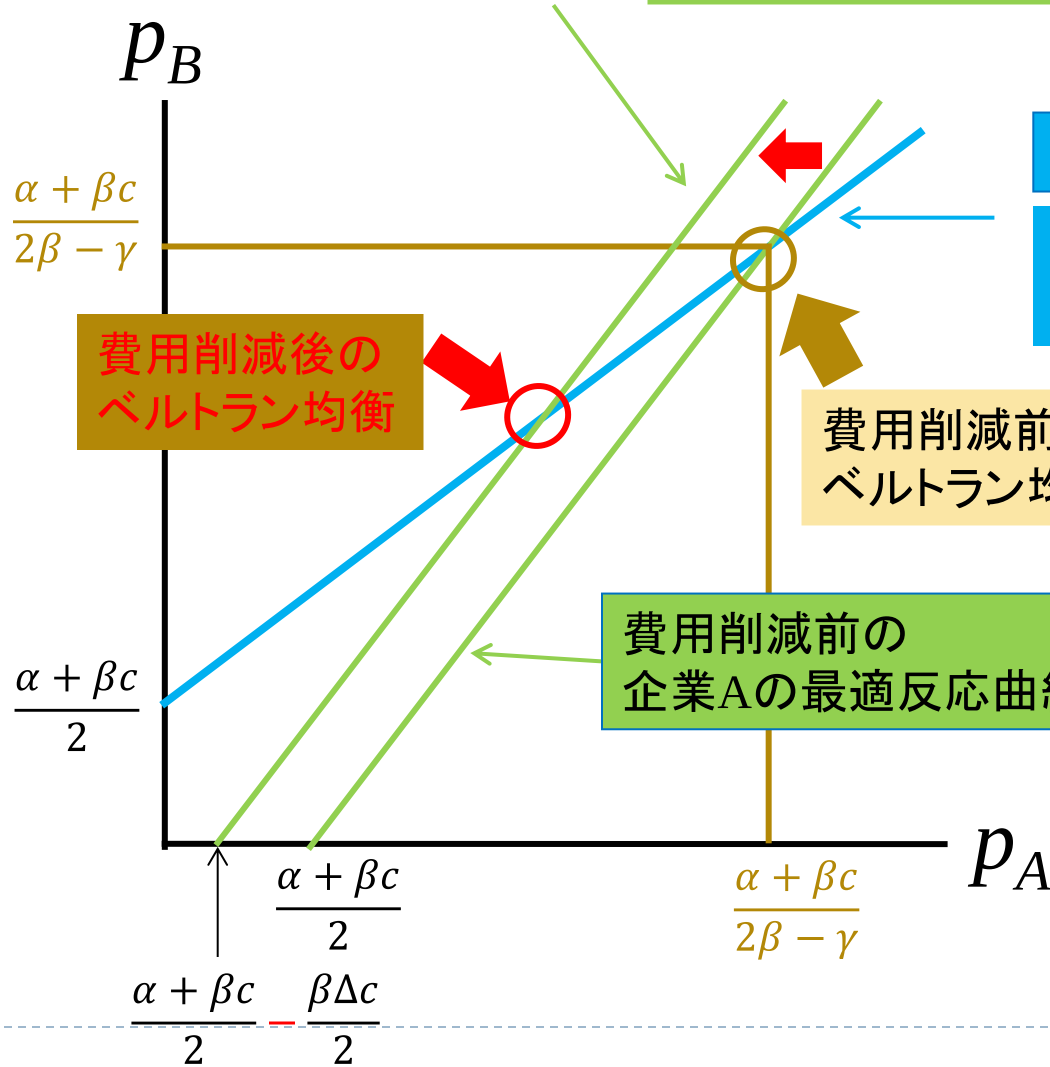
費用削減後の
ベルトラン均衡

費用削減前の
ベルトラン均衡

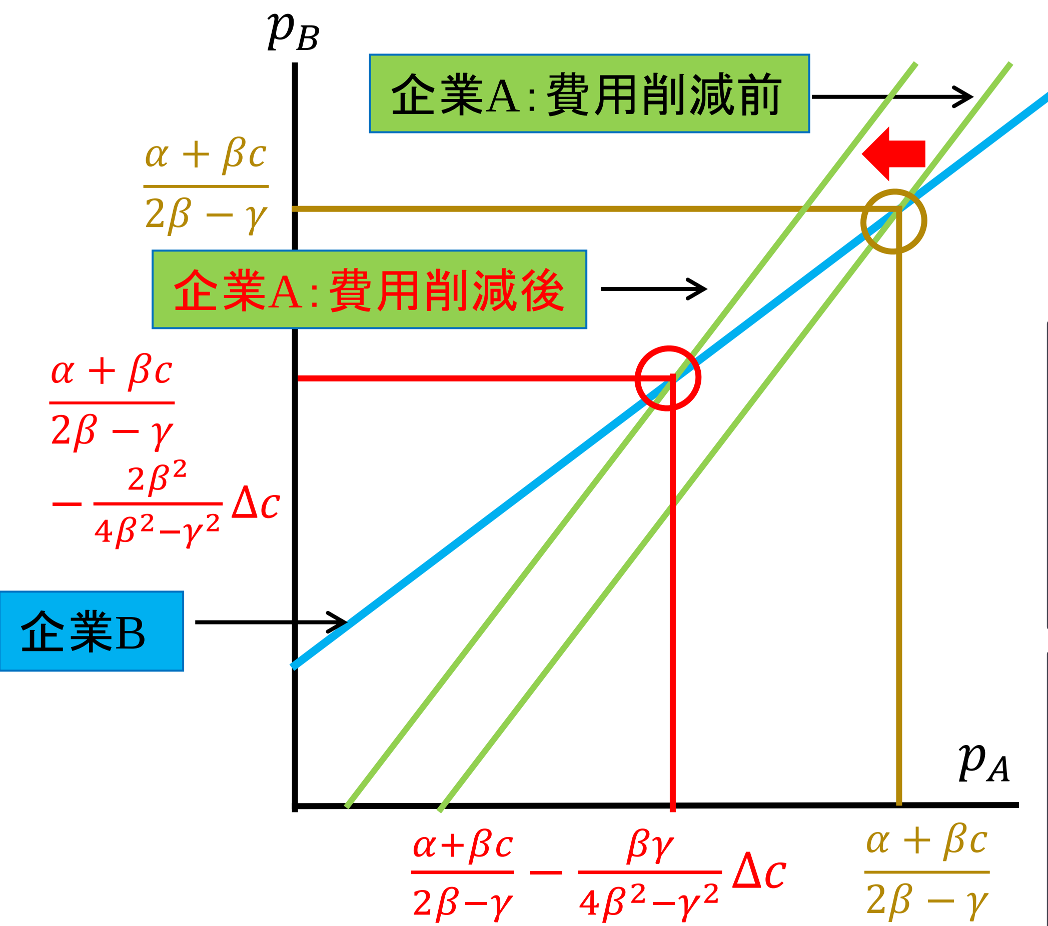
- 企業Aの最適反応曲線は左に移動

費用削減前の
企業Aの最適反応曲線

$$p_A = \frac{\gamma}{2\beta} p_B + \frac{\alpha + \beta c}{2}$$



グラフで見るベルトラン均衡



- コストダウンにより，企業Aの最適反応曲線は左に移動
- 均衡は左下に移動
- 企業Aの価格は減少
- 企業Bの価格も減少

逆需要関数のパラメータ表現

$$p_A = c + \frac{(1-b)(a-c)}{2-b} - \frac{2}{4-\mathrm{b}^2}\Delta c$$
$$p_B = c + \frac{(1-b)(a-c)}{2-b} - \frac{b}{4-\mathrm{b}^2}\Delta c$$

差別化の程度と均衡

- 企業A，Bは，bが大きいほど（差別化の程度が小さいほど）価格を下げる（競争の激化）．
- $b=0$では企業Bは，企業Aのコストダウンの影響を受けない（完全差別＝独占市場）

費用変化による競争への影響：ベルトラン競争

- 企業のコストダウンは，自企業だけではなく相手企業にも影響を及ぼす
- コストダウンした企業は価格を下げ，相手企業も価格を下げることが最適反応（利益を最大化すること）となる
- これにより，相手企業の価格が不変と考えた場合より，自企業の利益の増加は小さい
  - 自社のコストダウンによる利益増加の効果（直接効果）
  - 相手企業の価格の下落による効果は利益を減少（間接効果，戦略効果）
- 一方，コストダウンにより相手企業の利益は減少する（ライバル効果）
- 自企業，相手企業，共に差別化の程度が大きいほど，利益の減少分は小さくなる．
  - 完全差別化＝独占市場では，自企業は独占市場と同じ利益増で，相手企業は利益の変化はない．

- 利益と生産量の式は複雑になるので省略．

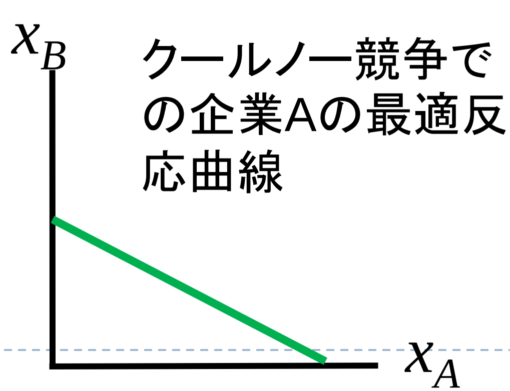
戦略的代替と戦略的補完

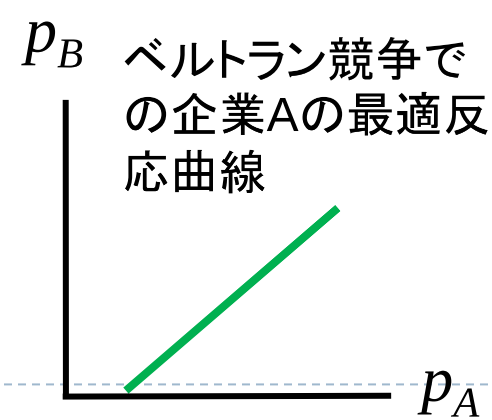
クールノー vs ベルトラン： まとめ

- 技術開発による自社のコストダウン：戦略効果
  - クールノー：生産量や利益の増加は，相手企業の影響を考えない時と比較して大きくなる．
  - ベルトラン：生産量や利益の増加は，相手企業の影響を考えない時と比較して小さくなる．財が同質的になるほど，コストダウンの効果は小さい．
  - 含意：コストダウンへの技術投資は，クールノーの時はより積極的にすべき，ベルトランの時は（差別化してないほど）消極的にすべき．
- 相手企業の利益への影響にも注目
  - クールノー・ベルトラン，共に相手の利益を減少させる．
- 競争形態の違いによる戦略の違いは，様々な状況で現れる
  - 参入企業に対する参入阻止戦略，撤退戦略
  - 広告やマーケティングに対する投資と戦略
  - 特許や知的財産戦略
  - 最低価格保証などの暗黙的な価格カルテル
- ２つの競争の違いを生み出す理由は何か？

クールノー VS ベルトラン：戦略的代替と戦略的補完

- クールノー競争では，企業Aが生産量を増加させると，企業Bは生産量を減少させることが最適反応．
  - 相手の戦略に対し，自分の最適戦略は逆方向に動く
  - 戦略的代替性と呼ばれる
- ベルトラン競争では，企業Aが価格を下げると，企業Bも下げることが最適反応．
  - 企業Aが価格を上げると，企業Bも上げることが最適反応．
  - 相手の戦略に対し，自分の最適戦略は逆方向に動く
  - 戦略的補完性と呼ばれる



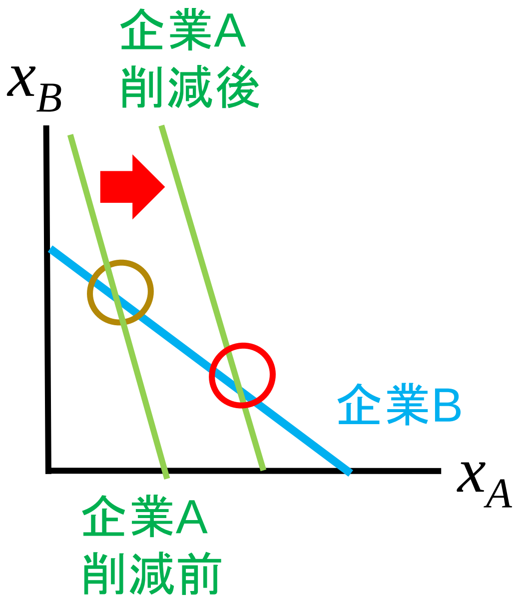


戦略的代替と戦略的補完の差は，最適反応曲線の傾きの正負で決まっている

クールノーvsベルトラン　：代替性と補完性

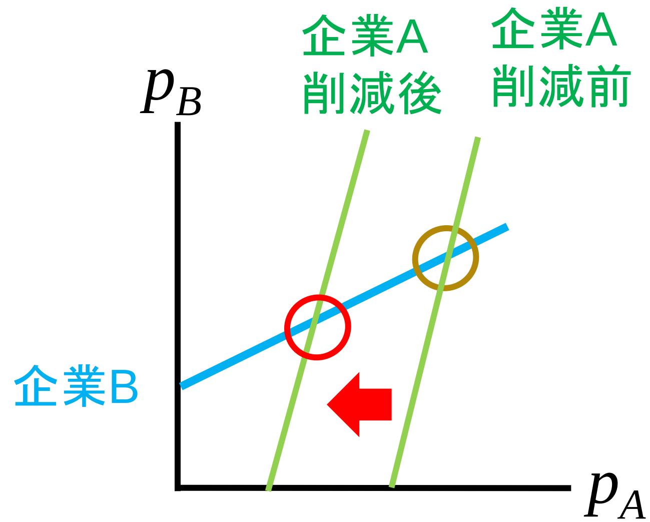
- 費用削減の効果を比較

クールノー競争（生産量競争）



費用削減は，戦略的代替性により相手の生産量を減少させ利益を一層増加させる

ベルトラン競争（価格競争）



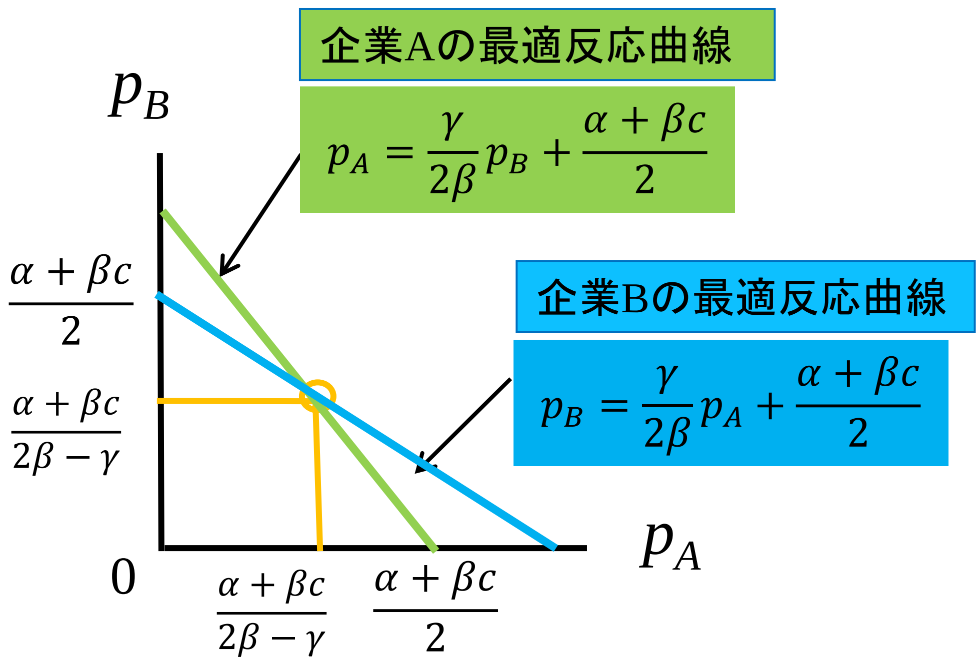
費用削減は，戦略的補完性により相手の生産量を減少させ利益の増加を鈍化させる

ベルトラン競争：補完財の場合

- ここまでのベルトラン競争では差別化の程度を表すbは$0 \le b < 1$とした.

$$p_A = a - q_A - bq_B \quad p_B = a - q_B - bq_A$$

- ここで$b < 0$の場合を許すと，補完財関係の企業を扱える（$|b| < 1$）
  - パソコンとソフトウエア・周辺機器，レコーダと記録ディスク，ネット通販と物流etc…



- $\alpha = \frac{a(1-b)}{1-b^2}$ $\beta = \frac{1}{1-b^2}$ $\gamma = \frac{b}{1-b^2}$
- $0 \le b < 1 \quad \Leftrightarrow \quad \beta \ge \gamma \ge 0$

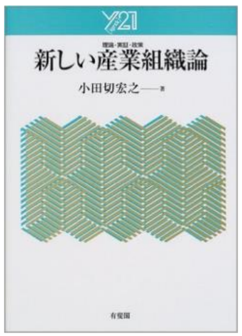
- 最適反応戦略は戦略的代替の関係になる.
- 自社のコストダウンは，自企業の価格を下げ，相手企業の価格を上げる.
- 自企業の利益が一層増す（戦略効果）と共に，相手企業の利益（ライバル効果）も増す.

全体のまとめ

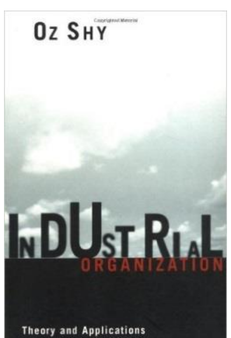
- 不完全市場の競争形態
  - 生産量競争（クールノー）か，価格競争（ベルトラン）か？
  - 同質財か？製品差別化か？
- 企業の与件の変化は，相手企業の行動も変化させる（ライバル効果）．さらにそれが自企業にフィードバックされる（競争効果）
⇒ゲーム理論による分析の意味
- 競争効果とライバル効果の影響がどのように現れるかは，戦略的代替性と戦略的補完性が鍵になる．
- 企業数の増加は競争を激化させ(n企業寡占のモデル)，製品差別化は競争を緩和する．
- 技術開発によるコスト削減，広告やマーケティング効果，特許戦略，投資戦略，参入と撤退などは，上記の要因に左右される．

さらなる学習

経営の経済学 新版--BUSINESS ECONOMICS
- 丸山 雅祥 (著)
- 有斐閣 (2011)
- 経営的な視点から多く書かれていて，さまざまな経営戦略のキーワードや例も豊富にある．モデルの解説については少しラフである．



新しい産業組織論:理論・実証・政策
- 小田切 宏之 (著)
- 有斐閣 (2001)
- モデルの解説については和書で最も詳しく書かれている．経済政策のための産業組織論．



Industrial Organization: Theory and Applications
- Oz Shy (著)
- The MIT Press (1996)
- さまざまなTopicを解説しており，これを勉強すれば産業組織論の理論論文は読解できるようになる良いテキスト．