

How Does the Risk Management Affect
Demand Information Sharing under Cournot Competition
in the Regret Theory?*

「後悔理論においてリスクマネジメントはどのように
クールノー競争下の需要情報共有に影響するのか？」

大倉 真人 (同志社女子大学)
mokura@dwc.doshisha.ac.jp

日本保険学会 関西部会

2024年6月29日

A P 茶屋町

This work was supported by JSPS KAKENHI Grant Number JP22K01587.

(本研究はJSPS科研費 JP22K01587の助成を受けたものです。)

目次

1. 本研究の概要
2. はじめに
3. モデルのセッティング
4. クールノー競争
 - I. 需要情報の共有ありの場合
 - II. 需要情報の共有なしの場合
5. リスクマネジメントの水準
6. 需要情報の共有
7. 数値例
8. おわりに（1の再掲）

1. 本研究の概要：分析の枠組み

分析の枠組み：

- 需要情報を有する経営者（企業）と有さない経営者（企業）の間におけるクールノー競争について分析
- 需要情報を有さない経営者は、需要レベルが低いときに備えてリスクマネジメントを実施することができる状況を想定
- 後悔（regret）を感じる経営者の意思決定問題を検討（後悔理論（regret theory）を用いた検討）
- 需要情報を有する経営者は、需要情報を有さない経営者に対して需要情報の共有（demand information sharing）を実施することが可能

1. 本研究の概要：リサーチクエスチョン・主たる結論

リサーチクエスチョン：

- 経営者の後悔やリスクマネジメントの実施可能性が需要情報の共有に与える影響はどのようなものなのか？

主たる結論：

- 後悔の存在が需要情報を促進する可能性がある
- 需要情報を有さない経営者によるリスクマネジメントの実施は、後悔の大きさの変化を通じて、需要情報の共有を促進する可能性がある
- 経営者が危険中立者であっても、後悔の大きさの分散を小さくするために、リスクマネジメントを実施する可能性がある

2. はじめに：需要情報の重要性

- 需要情報があるとき：実際の需要レベルに応じた意思決定が可能
- 需要情報がないとき：平均的な需要レベル（期待需要レベル）に応じた意思決定のみが可能
 - 実際の需要レベルに関連付けた意思決定ができない
 - 不適切な意思決定によって企業の期待利潤が低下

2. はじめに：需要情報および需要不確実性にかかる先行研究

- Basar and Ho (1974), Ponsard (1979)：嚆矢となる研究
- Vives (1984)：クールノー競争とベルトラン競争との比較研究
- Gal-Or (1986)：需要情報の共有にかかる研究
- Sakai (1993), Asplund (2002), Okura (2014)：需要と生産コストの両方に不確実性がある場合の研究
- Okura (2021)：連産品市場 (joint products market) における需要不確実性下におけるクールノー競争の研究

2. はじめに：需要情報の共有

- 先行研究では、複占市場（2社モデル）を分析の対象としているケースが多く、一方は需要情報を有しており、他方は需要情報を有していない状況を検討している（ただし、他の情報構造についても検討している）
 - 「需要情報の非対称性」が存在する状況进行分析
- 多くの先行研究の結論：需要情報の共有は生じない
 - 需要情報の共有が需要情報を有する企業の期待利潤を低下させるため

2. はじめに：需要情報の共有（続き）

例外的研究：Sakai and Yoshizumi (1991)

- 企業は危険回避者であると仮定

（通常の研究：企業は危険中立者であると仮定）

- 需要情報の共有は、情報を有する企業の期待利潤を低下させると同時に、需要情報を有する企業の利潤の分散を低減させる効果がある
→ 需要情報を有さない企業における不適切な供給量の出現を回避することができるため（需要情報を有さない企業による不適切な供給量は需要情報を有する企業にとっても望ましくない）
- 分散低減効果が大きい場合あるいは企業の危険回避度が大きいとき、需要情報の共有が実現する

2. はじめに：本研究で新たに導入する2つの視点

I. （需要情報を有さない）経営者における後悔の導入

- 経営者が適切でない意思決定を行った場合、事後的に（結果が明らかになったときに）後悔を感じる可能性がある
- 後悔の存在が（より一層の）不適切な意思決定に繋がるかもしれない
- もしそうであれば、需要情報の共有の有利性が増加するかもしれない

→後悔の存在が需要情報の共有を促進する可能性？

2. はじめに：本研究で新たに導入する2つの視点（続き）

- 後悔理論にかかる先行研究：
 - Bell (1982), Loomes and Sugden (1982)：嚙矢となる研究
 - Braun and Muermann (2004), Huang et al. (2016), Fujii et al. (2016), Fujii et al. (2021)：後悔理論を保険・リスクマネジメント分野で展開した研究

2. はじめに：本研究で新たに導入する2つの視点（続き）

II. 需要不確実性に対する備えとしてのリスクマネジメントの導入

- 需要情報を有さない経営者はリスクマネジメントを実施することで後悔の大きさを変化させることができる
- 後悔の大きさの変化が需要情報の共有に影響するかもしれない

→リスクマネジメントの実施可能性が需要情報の共有を促進する可能性？

- リサーチクエスチョン（再掲）：経営者の後悔やリスクマネジメントの実施可能性が需要情報の共有に与える影響はどのようなものなのか？

3. モデルのセッティング：需要情報など

- 2人の経営者（企業）が市場に存在 ($i \in \{1, 2\}$)
 - 需要の不確実性が存在：
 - 線形の需要関数を想定し、その切片値（市場における潜在需要量）に不確実性があるとする
 - 切片値は「高い (H)」 (a_H) と「低い (L)」 (a_L) のいずれかが出現。ただし $a_H > a_L > 0$
- よって簡単に言えば、需要関数は以下のいずれかとなる状況を検討している（より詳細な定義等は後述）

$$p_H = a_H - q_1 - q_2$$

$$p_L = a_L - q_1 - q_2$$

3. モデルのセッティング：需要情報など（続き）

- $\theta \in (0, 1)$ ：「H」が生じる確率（よって「L」が生じる確率は $1 - \theta$ ）。
なお θ の値については両経営者にとって既知であるとする
- $\bar{a} = \theta a_H + (1 - \theta)a_L$ ：需要レベルの期待値
- 各経営者と需要情報について：
 - 経営者1：需要情報を有する
→実現した需要レベル（ a_H または a_L ）にあわせた意思決定ができる
 - 経営者2：経営者1からの需要情報の共有がない限り、
需要情報を有しない
→需要情報の共有がない場合、需要レベルの期待値（ \bar{a} ）にあわせた
意思決定しかできない

3. モデルのセッティング：経営者における後悔

- 後悔は、「理想的な結果」(ideal outcome) と「実際の結果」(actual outcome) との差によって生じる
 - このような差は不確実性のある状況においてのみ生じる
- モデルにおいて後悔が問題となるのは（需要情報の共有がない場合の）経営者2のみである（よって経営者1の後悔については検討する必要がない（後悔の生じる余地がないため））

3. モデルのセッティング：需要関数

$$p_j^k = a_j - q_{1j}^k - q_{2j}^k \quad \text{ただし } j \in \{H, L\} \text{ and } k \in \{RN, NN, NI\}$$

• $k \in \{RN, NN, NI\}$ について：

- RN ：経営者2が後悔を感じ (R)、需要情報を有さない (N)
- NN ：経営者2が後悔を感じず (N)、需要情報を有さない (N)
- NI ：経営者2が後悔を感じず (N)、需要情報を有する (I)

(注) RI は生じない (需要情報を有するときには後悔は生じない)

3. モデルのセッティング：需要関数（続き）

- $p_j^k \geq 0$: 状況 k において需要レベルが a_j のときの価格
- $q_{ij}^k \geq 0$: 状況 k において需要レベルが a_j のときの企業 i の供給量

ただし、需要情報を有しないときには需要レベルに応じた意思決定ができないことから、以下のようになる

- $q_2^{RN} = q_{2H}^{RN} = q_{2L}^{RN}$
- $q_2^{NN} = q_{2H}^{NN} = q_{2L}^{NN}$
- 両経営者はクールノー競争を行っており、自社の供給量を同時決定する
- $c \in (0, a_L)$: 単位あたり生産コスト（両企業において同一と仮定）

3. モデルのセッティング：リスクマネジメント

- 需要情報の共有がなかった場合（＝需要の不確実性下にある場合）
経営者2はリスクマネジメントを実施することができる
- 保険料 (premium) を支払い、 a_L が出現したときに給付 (benefit) を受けることができる
 - $x \geq 0$: 保険料水準
 - $y \geq 0$: 給付水準
 - $x = (1 + \lambda)(1 - \theta)y$ ただし $\lambda \geq 0$ は付加保険料率を示す
 - $x \leq y \Rightarrow \lambda \leq \theta / (1 - \theta)$ を仮定
- リスクマネジメントの実施は任意であり、実施しないことも可能であるとする（このとき $x = y = 0$ となる）

3. モデルのセッティング：利潤関数

$$\pi_{1j}^k = (p_j^k - c)q_{1j}^k,$$

$$\pi_{2H}^{RN} = (p_H^{RN} - c)q_2^{RN} - x,$$

$$\pi_{2L}^{RN} = (p_L^{RN} - c)q_2^{RN} - x + y,$$

$$\pi_{2H}^{NN} = (p_H^{NN} - c)q_2^{NN} - x,$$

$$\pi_{2L}^{NN} = (p_L^{NN} - c)q_2^{NN} - x + y,$$

$$\pi_{2j}^{NI} = (p_j^{NI} - c)q_{2j}^{NI}.$$

3. モデルのセッティング：効用関数

$$u_{1j}^k = u(\pi_{1j}^k),$$

$$u_{2j}^{RN} = u(\pi_{2j}^{RN}) - g\left(u(\pi_{2j}^{max}) - u(\pi_{2j}^{RN})\right), \quad (1)$$

$$u_{2j}^{NN} = u(\pi_{2j}^{NN}),$$

$$u_{2j}^{NI} = u(\pi_{2j}^{NI})$$

- 弱い意味での危険回避者（危険中立者を含む危険回避者）を仮定する
→ よって、 $u'(z) > 0$ および $u''(z) \leq 0$ となる。また $u(0) = 0$ も仮定する

3. モデルのセッティング：後悔関数

- (1)式第2項について：

- 後悔の大きさを示す項

- π_{2j}^{max} ：経営者2が需要レベル a_j を事前に知っていた場合における最大利潤

- よって π_{2j}^{max} は、後悔の大きさを測定する上での「理想的な結果」として解釈することが可能

- $g(z)$ ：後悔関数 (regret function) であり、単調増加かつ厳密に凸と仮定する (よって $g'(z) > 0$ および $g''(z) > 0$ となる)。また $g(0) = 0$ も仮定する

3. モデルのセッティング：ゲームの構造

以下の5段階ゲームを考える：

- 第1段階：経営者1が需要情報の共有を行うか否かを決定する
- 第2段階：経営者1が実現した需要レベルを知る。そして第1段階の意思決定に従い、需要情報の共有を行うまたは行わない
- 第3段階：経営者1が需要情報の共有を行わないとき、経営者2はリスクマネジメントの水準を決定する
- 第4段階：両経営者が供給量を同時決定する
- 第5段階：経営者1が需要情報の共有を行わないとき、経営者2はこの段階において実現した需要レベルを知る。そして、各経営者の効用が確定する

3. モデルのセッティング：ゲームの構造（続き）

- ゲームにおける第1段階と第2段階について
 - 本研究のモデル：経営者1は実現した需要レベルを「知る前に」需要情報の共有を行うか否かを決定する
 - 別のセッティング：経営者1は実現した需要レベルを「知った後に」需要情報の共有を行うか否かを決定する
 - 実現した需要レベルに応じて「共有する」「共有しない」を決めることができるセッティング
 - しかし「 a_L だと共有して、 a_H だと共有しない」などとすると、経営者2は「需要情報の共有がなかったので a_H が実現している」と完全に知ることができてしまう（需要情報を隠すことができない）
 - ゆえに「実現した需要レベルに関わらず情報共有する/しない」しか選択することができず、結果として、本研究のモデルと同じ構造になる

4. クールノー競争：ゲームの解法

- 5段階ゲームの中で、意思決定を伴うのは第1段階、第3段階、第4段階の3つ
- 後ろ向き帰納法 (backward induction) による解法
→ よって、第4段階⇒第3段階⇒第1段階の順に解く
- 第4段階の解き方：需要情報の共有ありの場合 (4-I) と共有なしの場合 (4-II) とに分けて分析を展開

4-I. 需要情報の共有ありの場合（最適解の導出）

- 需要情報が共有されていることから、 $k = NI$ となる
- 経営者の期待効用：

$$Eu_i^{NI} = \theta u(\pi_{iH}^{NI}) + (1 - \theta)u(\pi_{iL}^{NI}).$$

- 1階条件：

$$\frac{\partial Eu_{iH}^{NI}}{\partial q_{iH}^{NI}} = \theta(a_H - 2q_{iH}^{NI*} - q_{lH}^{NI*} - c)u'(\pi_{iH}^{NI*}) = 0$$

$$\frac{\partial Eu_{iL}^{NI}}{\partial q_{iL}^{NI}} = (1 - \theta)(a_L - 2q_{iL}^{NI*} - q_{lL}^{NI*} - c)u'(\pi_{iL}^{NI*}) = 0$$

ただし $l \in \{1, 2\}$ and $i \neq l$ であり、アスタリスクはそれが均衡値であることを示している

4-I. 需要情報の共有ありの場合（最適解の導出）（続き）

- 2階条件は常に満たされている

$$\frac{\partial^2 Eu_i^{IN}}{\partial (q_{iH}^{IN})^2} = -2\theta u'(\pi_{iH}^{IN*}) + \theta(a_H - 2q_{iH}^{IN*} - q_{iH}^{IN*} - c)^2 u''(\pi_{iH}^{IN*}) < 0,$$

$$\frac{\partial^2 Eu_i^{IN}}{\partial (q_{iL}^{IN})^2} = -2(1-\theta)u'(\pi_{iL}^{IN*}) + (1-\theta)(a_L - 2q_{iL}^{IN*} - q_{iL}^{IN*} - c)^2 u''(\pi_{iL}^{IN*}) < 0,$$

$$\frac{\partial^2 Eu_i^{IN}}{\partial q_{iL}^{IN} \partial q_{iH}^{IN}} = \frac{\partial^2 Eu_i^{IN}}{\partial q_{iH}^{IN} \partial q_{iL}^{IN}} = 0,$$

$$\left(\frac{\partial^2 Eu_i^{IN}}{\partial (q_{iH}^{IN})^2} \right) \left(\frac{\partial^2 Eu_i^{IN}}{\partial (q_{iL}^{IN})^2} \right) - \left(\frac{\partial^2 Eu_i^{IN}}{\partial q_{iL}^{IN} \partial q_{iH}^{IN}} \right) \left(\frac{\partial^2 Eu_i^{IN}}{\partial q_{iH}^{IN} \partial q_{iL}^{IN}} \right) > 0.$$

4-I. 需要情報の共有ありの場合（最適解の導出）（続き）

- 均衡解

$$q_{1j}^{k*} = \frac{a_j - q_{2j}^{k*} - c}{2}. \quad (2)$$

$$\pi_{1j}^{k*} = \left(\frac{a_j - q_{2j}^{k*} - c}{2} \right)^2.$$

$$q_{ij}^{NI*} = \frac{a_j - c}{3}.$$

$$\pi_{ij}^{NI*} = \left(\frac{a_j - c}{3} \right)^2. \quad (3)$$

4-II. 需要情報の共有なしの場合（期待効用）

- 需要情報が共有されていないことから、 $k = RN$ となる
- 経営者の期待効用：

$$Eu_1^{RN} = \theta u(\pi_{1H}^{RN}) + (1 - \theta)u(\pi_{1L}^{RN}),$$

$$\begin{aligned} & Eu_2^{RN} \\ &= \theta \left\{ u(\pi_{2H}^{RN}) - g \left(u(\pi_{2H}^{max}) - u(\pi_{2H}^{RN}) \right) \right\} \\ &+ (1 - \theta) \left\{ u(\pi_{2L}^{RN}) - g \left(u(\pi_{2L}^{max}) - u(\pi_{2L}^{RN}) \right) \right\}. \quad (4) \end{aligned}$$

4-II. 需要情報の共有なしの場合（期待効用）（続き）

- (4)式における π_{2H}^{max} および π_{2L}^{max} について：
 - a_H であることをあらかじめ知っているとき： $x = y = 0$ が最適となる（リスクマネジメントを実施しないことが最適となる）
 - a_L であることをあらかじめ知っているとき： $x = x^{max}$ および $y = y^{max}$ が最適となる（リスクマネジメントを最大限に実施することが最適となる）
 - x^{max} および y^{max} ：最大レベルのリスクマネジメントを実施したときの保険料水準および給付水準

4-II. 需要情報の共有なしの場合（期待効用）（続き）

- この場合におけるリスクマネジメントの部分を除いた期待利潤は(3)式で示されることから、以下が導出される

$$\pi_{2H}^{max} = \left(\frac{a_H - c}{3} \right)^2, \quad (5)$$

$$\pi_{2L}^{max} = \left(\frac{a_L - c}{3} \right)^2 - x^{max} + y^{max} \quad (6)$$

- π_{2H}^{max} と π_{2L}^{max} との大小関係は不定
- 1階条件の導出時において、 π_{2H}^{max} および π_{2L}^{max} は定数として取り扱うことができる（ q_{1j}^{RN} および q_2^{RN} の関数になっていないため）

4-II. 需要情報の共有なしの場合（1階条件）

- 経営者1の1階条件については先の4-Iのときと同じ
- 経営者2の1階条件：

$$\begin{aligned} & \frac{\partial E u_2^{RN}}{\partial q_2^{RN}} \\ &= \theta (a_H - q_{1H}^{RN*} - 2q_2^{RN*} - c) u'(\pi_{2H}^{RN*}) \left\{ 1 + g' \left(u(\pi_{2H}^{max}) - u(\pi_{2H}^{RN*}) \right) \right\} \\ &+ (1 - \theta) (a_L - q_{1L}^{RN*} - 2q_2^{RN*} - c) u'(\pi_{2L}^{RN*}) \\ &\quad \left\{ 1 + g' \left(u(\pi_{2L}^{max}) - u(\pi_{2L}^{RN*}) \right) \right\} = 0. \quad (7) \end{aligned}$$

4-II. 需要情報の共有なしの場合（2階条件）

- （経営者2における）2階条件は常に満たされている

$$\begin{aligned}
 & \frac{\partial^2 E u_2^{RN}}{\partial (q_2^{RN})^2} \\
 &= -2\theta u'(\pi_{2H}^{RN*}) \left\{ 1 + g' \left(u(\pi_{2H}^{max}) - u(\pi_{2H}^{RN*}) \right) \right\} \\
 &+ \theta (a_H - q_{1H}^{RN*} - 2q_2^{RN*} - c)^2 u''(\pi_{2H}^{RN*}) \left\{ 1 + g' \left(u(\pi_{2H}^{max}) - u(\pi_{2H}^{RN*}) \right) \right\} \\
 &- \theta (a_H - q_{1H}^{RN*} - 2q_2^{RN*} - c)^2 \left\{ u'(\pi_{2H}^{RN*}) \right\}^2 g'' \left(u(\pi_{2H}^{max}) - u(\pi_{2H}^{RN*}) \right) \\
 &- 2(1 - \theta) u'(\pi_{2L}^{RN*}) \left\{ 1 + g' \left(u(\pi_{2L}^{max}) - u(\pi_{2L}^{RN*}) \right) \right\} \\
 &+ (1 - \theta) (a_L - q_{1L}^{RN*} - 2q_2^{RN*} - c)^2 u''(\pi_{2L}^{RN*}) \left\{ 1 + g' \left(u(\pi_{2L}^{max}) - u(\pi_{2L}^{RN*}) \right) \right\} \\
 &- (1 - \theta) (a_L - q_{1L}^{RN*} - 2q_2^{RN*} - c)^2 \left\{ u'(\pi_{2L}^{RN*}) \right\}^2 g'' \left(u(\pi_{2L}^{max}) - u(\pi_{2L}^{RN*}) \right) < 0.
 \end{aligned}$$

4-II. 需要情報の共有なしの場合（1階条件の書き換え）

- 経営者2の1階条件である(7)式は以下のように書き換えることができる

$$\begin{aligned} & \frac{\partial Eu_2^{RN}}{\partial q_2^{RN}} \\ &= \left[\theta (a_H - q_{1H}^{RN*} - 2q_2^{RN*} - c) u'(\pi_{2H}^{RN*}) \right. \\ & \left. + (1 - \theta) (a_L - q_{1L}^{RN*} - 2q_2^{RN*} - c) u'(\pi_{2L}^{RN*}) \right] + G = 0 \quad (8) \end{aligned}$$

ただし、

$$\begin{aligned} & G \\ &= \theta (a_H - q_{1H}^{RN*} - 2q_2^{RN*} - c) u'(\pi_{2H}^{RN*}) g' \left(u(\pi_{2H}^{max}) - u(\pi_{2H}^{RN*}) \right) \\ &+ (1 - \theta) (a_L - q_{1L}^{RN*} - 2q_2^{RN*} - c) u'(\pi_{2L}^{RN*}) g' \left(u(\pi_{2L}^{max}) - u(\pi_{2L}^{RN*}) \right). \quad (9) \end{aligned}$$

4-II. 需要情報の共有なしの場合（1階条件の書き換え）（続き）

- (8)式の大カッコは、後悔を考慮しないときの1階条件を示している。

このことから、以下の式を導出することができる

$$\begin{aligned} & \frac{\partial Eu_2^{NN}}{\partial q_2^{NN}} \\ &= \theta(a_H - q_{1H}^{NN*} - 2q_2^{NN*} - c)u'(\pi_{2H}^{NN*}) \\ &+ (1 - \theta)(a_L - q_{1L}^{NN*} - 2q_2^{NN*} - c)u'(\pi_{2L}^{NN*}) = 0. \quad (10) \end{aligned}$$

- (10) 式を変形すると、

$$u'(\pi_{2H}^{NN*}) = -\frac{(1 - \theta)(a_L - q_{1L}^{NN*} - 2q_2^{NN*} - c)u'(\pi_{2L}^{NN*})}{\theta(a_H - q_{1H}^{NN*} - 2q_2^{NN*} - c)}. \quad (11)$$

4-II. 需要情報の共有なしの場合（関係式の導出）

- $q_{1j}^{RN^*} = q_{1j}^{NN^*}$, $q_2^{RN^*} = q_2^{NN^*}$, $\pi_{ij}^{RN^*} = \pi_{ij}^{NN^*}$ の状況について考えるべく、
(11) 式を (9) 式に代入し、そのときの G を \hat{G} と表記すれば、

$$\begin{aligned} & \hat{G} \\ &= -(1 - \theta)(a_L - q_{1L}^{NN^*} - 2q_2^{NN^*} - c)u'(\pi_{2L}^{NN^*}) \left\{ g' \left(u(\pi_{2H}^{max}) - u(\pi_{2H}^{NN^*}) \right) \right. \\ & \left. - g' \left(u(\pi_{2L}^{max}) - u(\pi_{2L}^{NN^*}) \right) \right\}. \quad (12) \end{aligned}$$

- \hat{G} は、後悔を考慮しないときの均衡供給量で評価した G を示している
- (8) 式および (10) 式より、以下の関係を明らかにすることができる

$$\hat{G} \geq 0 \Leftrightarrow q_2^{RN^*} \geq q_2^{NN^*}. \quad (13)$$

4-II. 需要情報の共有なしの場合（関係式の導出）（続き）

- (10)式より、 $a_H - q_{1H}^{NN^*} - 2q_2^{NN^*} - c$ と $a_L - q_{1L}^{NN^*} - 2q_2^{NN^*} - c$ とは異なる符号でなければならない。そして(2)式を用いることで、

$$a_H - q_{1H}^{NN^*} - 2q_2^{NN^*} - c = \frac{a_H - 3q_2^{NN^*} - c}{2},$$
$$a_L - q_{1L}^{NN^*} - 2q_2^{NN^*} - c = \frac{a_L - 3q_2^{NN^*} - c}{2}.$$

となることから、 $a_L - q_{1L}^{NN^*} - 2q_2^{NN^*} - c < 0$ となる

4-II. 需要情報の共有なしの場合（関係式の導出）（続き）

- (12)式、 $a_L - q_{1L}^{NN*} - 2q_2^{NN*} - c < 0$ 、 $g(z)$ が厳密に凸であることを組み合わせることによって、以下の関係を明らかにすることができる

$$\Phi \geq 0 \Leftrightarrow \hat{G} \geq 0 \quad (14)$$

ただし、

$$\Phi = \{u(\pi_{2H}^{max}) - u(\pi_{2H}^{NN*})\} - \{u(\pi_{2L}^{max}) - u(\pi_{2L}^{NN*})\}. \quad (15)$$

- Φ は、 a_H が出現したときの後悔の大きさと a_L が出現したときの後悔の大きさとの差を示している

4-II. 需要情報の共有なしの場合（関係式の導出）（続き）

- (13)および(14) より、

$$\Phi \geq 0 \Leftrightarrow q_2^{RN*} \geq q_2^{NN*}. \quad (16)$$

- Φ の符号を検討することで、後悔がどのように企業2の供給量を変化させるのかについて明らかにすることができる

4-II. 需要情報の共有なしの場合（ Φ の符号の検討）

- 以下の議論では両経営者が危険中立者の場合について考える
 - 経営者におけるリスク回避の影響を排除することができる
 - 後悔の観点から見たリスクマネジメントの効果をより明確に示すことができる
- 両経営者が危険中立者の場合：(12)式における $u'(\pi_{2j}^{NN*})$ が定数となる

4-II. 需要情報の共有なしの場合（ Φ の符号の検討）（続き）

- 計算すると、

$$\pi_{2H}^{NN*} = \frac{(\bar{a} - c)(3a_H - \bar{a} - 2c)}{18} - x, \quad (17)$$

$$\pi_{2L}^{NN*} = \frac{(\bar{a} - c)(3a_L - \bar{a} - 2c)}{18} - x + y. \quad (18)$$

となることから、(5) 式、(6)式、(17)式、(18) 式を(15) 式に代入すると、

$$\Phi = \frac{(a_H - a_L)(2a_H + 2a_L - 3\bar{a} - c)}{18} + \{\lambda(1 - \theta) - \theta\}y^{max} + y. \quad (19)$$

4-II. 需要情報の共有なしの場合（ Φ の符号の検討）（続き）

- (19)式について：
 - 第1項：符号不定
 - 第2項：非正 ($\lambda \leq \theta/(1-\theta) \Rightarrow \lambda(1-\theta) - \theta \leq 0$ なので)
 - 第3項：非負
 - リスクマネジメントの水準が大きくなると Φ も大きくなる

5. リスクマネジメントの水準（リスクマネジメント実施の可能性）

- 経営者2が危険中立者の場合における期待効用（(4)式を危険中立者の経営者の場合で示したもの）：

$$\begin{aligned} Eu_2^{RN} &= \theta \pi_{2H}^{RN} + (1 - \theta) (\pi_{2L}^{RN}) \\ &\quad - \left\{ \theta g(\pi_{2H}^{max} - \pi_{2H}^{RN}) + (1 - \theta) g(\pi_{2L}^{max} - \pi_{2L}^{RN}) \right\}. \end{aligned}$$

- 危険中立者における均衡リスクマネジメント水準：
 - 通常であればリスクマネジメントは実施されない
 - しかしながら後悔を考慮した本モデルの場合、後悔の大きさへの影響の観点からリスクマネジメントが実施されるかもしれない

5. リスクマネジメントの水準（均衡水準）

- 1階条件：

$$\begin{aligned} & \frac{\partial Eu_2^{RN}}{\partial y} \\ &= -\lambda(1-\theta) - \theta(1-\theta)(1+\lambda)g'(\pi_{2H}^{max} - \pi_{2H}^{RN*}) \\ & - (1-\theta)\{\lambda(1-\theta) - \theta\}g'(\pi_{2L}^{max} - \pi_{2L}^{RN*}) = 0. \quad (20) \end{aligned}$$

- 2階条件は常に満たされている

$$\begin{aligned} & \frac{\partial^2 Eu_2^{RN}}{\partial y^2} \\ &= -\theta\{(1-\theta)(1+\lambda)\}^2 g''(\pi_{2H}^{max} - \pi_{2H}^{RN*}) \\ & - (1-\theta)\{\lambda(1-\theta) - \theta\}^2 g''(\pi_{2L}^{max} - \pi_{2L}^{RN*}) < 0. \end{aligned}$$

5. リスクマネジメントの水準（均衡水準）（続き）

- (20)式の含意：

- 第1項：リスクマネジメントの水準を増やしたことによる付加保険料の増分（期待効用のマイナス項目）
- 第2項：リスクマネジメントの水準を増やしたことによる a_H 出現時における後悔の増分（期待効用のマイナス項目）
- 第3項：リスクマネジメントの水準を増やしたことによる a_L 出現時における後悔の減分（期待効用のプラス項目）

→(20)式の中にプラスとマイナスの項目が混在していることから、

(20)式に示した1階条件を満たす $0 < y^* < y^{max}$ が出現する可能性がある

(ただし端点解となって $y^* = 0$ や $y^* = y^{max}$ となる可能性もある)

5. リスクマネジメントの水準（均衡水準）（続き）

- 保険数理的に公平な場合（ $\lambda = 0$ の場合）：

$$\frac{\partial Eu_2^{RN}}{\partial y} = -g'(\pi_{2H}^{max} - \pi_{2H}^{RN*}) + g'(\pi_{2L}^{max} - \pi_{2L}^{RN*}) = 0$$
$$\Rightarrow g(\pi_{2H}^{max} - \pi_{2H}^{RN*}) = g(\pi_{2L}^{max} - \pi_{2L}^{RN*}). \quad (21)$$

- (21)式の含意：

- 経営者2は、各需要レベルにおける後悔の大きさが同じになるようにリスクマネジメントの水準を決定する

- 経営者2は、所得の分散を小さくするためではなく、後悔の分散を小さくするためにリスクマネジメントを行う

→経営者2は、後悔の大きさの期待値 $(\theta g(\pi_{2H}^{max} - \pi_{2H}^{RN*}) +$

$(1 - \theta)g(\pi_{2L}^{max} - \pi_{2L}^{RN*}))$ が最小となるようにリスクマネジメント

の水準を決定する

6. 需要情報の共有（期待効用）

- 需要情報を共有したときの経営者 I の期待効用（期待利潤）：

$$Eu_1^{NI*} = \theta \left(\frac{a_H - c}{3} \right)^2 + (1 - \theta) \left(\frac{a_L - c}{3} \right)^2 .$$

- 需要情報を共有しなかったときの経営者 I の期待効用（期待利潤）：

$$Eu_1^{RN*} = \theta \left(\frac{a_H - q_2^{RN*} - c}{3} \right)^2 + (1 - \theta) \left(\frac{a_L - q_2^{RN*} - c}{3} \right)^2 .$$

- 以下の式を定義する

$$\Delta Eu_1^* = Eu_1^{NI*} - Eu_1^{RN*} . \quad (22)$$

- $\Delta Eu_1^* > 0$ のとき：需要情報の共有を実施する
- $\Delta Eu_1^* < 0$ のとき：需要情報の共有を実施しない

6. 需要情報の共有（後悔を考慮しないとき）

- 後悔を考慮しないとき、 $q_2^{RN^*} = q_2^{NN^*}$ となる。このとき、

$$\Delta Eu_1^* = -\frac{5\theta(1-\theta)(a_H - a_L)^2}{36} < 0.$$

となることから、経営者Iは需要情報の共有を行わない

6. 需要情報の共有（後悔を考慮するとき）

- $\Phi \leq 0$ のとき： $q_2^{RN*} \leq q_2^{NN*}$ となる（(16)式より）
 - (22)式は q_2^{RN*} の単調増加関数である
 - $q_2^{RN*} = q_2^{NN*}$ のとき $\Delta Eu_1^* < 0$ である
→ $\Phi \leq 0$ のとき $\Delta Eu_1^* < 0$ となる
→ 需要情報の共有は実施されない
- $\Phi > 0$ のとき $q_2^{RN*} > q_2^{NN*}$ となるため、需要情報の共有が実施される可能性がある
 - ただしあくまで「可能性」であって、 $\Phi > 0$ であれば需要情報の共有が必ず実際されるという訳ではない（換言すれば $\Phi > 0$ は需要情報の共有が実施されるための必要条件に過ぎず十分条件ではない）

7. 数値例（後悔が必要情報の共有に与える影響）

- 以下のような数値例を考える（リスクマネジメントについては考えない）

$$a_H = 100, a_L = 60, c = 32, \theta = 0.5, u(z) = z, g(z) = z^2.$$

- 均衡値は以下のようになる

$$q_{1H}^{RN*} \doteq 23.964, \quad q_{1L}^{RN*} \doteq 3.964, \quad q_2^{RN*} \doteq 20.072,$$

$$q_{1H}^{NN*} = 26, \quad q_{1L}^{NN*} = 6, \quad q_2^{NN*} \doteq 16,$$

$$q_{1H}^{IN*} = \frac{68}{3}, \quad q_{1L}^{IN*} = \frac{28}{3}, \quad q_{2H}^{IN*} = \frac{68}{3}, \quad q_{2L}^{IN*} = \frac{28}{3}.$$

→ $q_{1H}^{RN*} < q_{1H}^{NN*}$, $q_{1L}^{RN*} < q_{1L}^{NN*}$, $q_2^{RN*} > q_2^{NN*}$ となることがわかる

→後悔の存在によって、経営者1の均衡供給量は減少し、経営者2の均衡供給量は増加する（後悔の存在は経営者2の供給量を押し上げる効果を有している）

7. 数値例（後悔が必要情報の共有に与える影響）（続き）

- 後悔がないとき：

$$\Delta Eu_1^* \doteq -55.556 < 0.$$

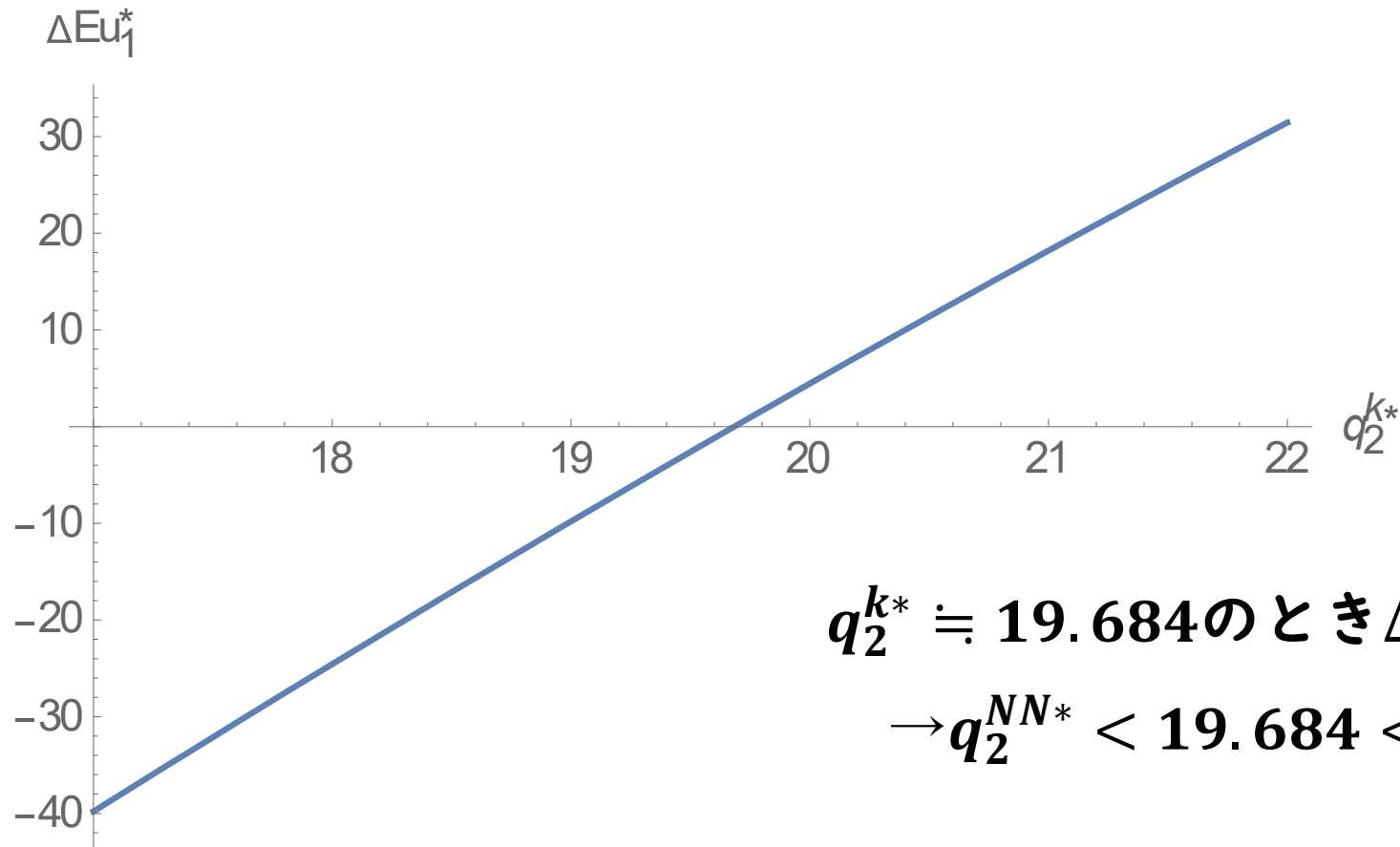
- 後悔があるとき：

$$\Delta Eu_1^* \doteq 5.444 > 0.$$

→ 経営者 2 の後悔の存在が必要情報の共有を促進させる

7. 数値例（後悔が必要情報の共有に与える影響）（続き）

- ΔEu_1^* と q_2^{k*} との関係：



$q_2^{k*} \doteq 19.684$ のとき $\Delta Eu_1^* = 0$ となる

$\rightarrow q_2^{NN*} < 19.684 < q_2^{RN*}$ となっている

7. 数値例（リスクマネジメントが需要情報の共有に与える影響）

- 先の数値例に以下のリスクマネジメント関連の設定を追加する

$$y^{max} = 120, \lambda = 0.$$

- 均衡値は以下のようになる

$$q_{1H}^{RN*} \doteq 23.708, \quad q_{1L}^{RN*} \doteq 3.708, \quad q_2^{RN*} \doteq 20.584, \quad y^* \doteq 112.094.$$

- $0 < y^* < y^{max}$ となる（均衡リスクマネジメントの水準は内点解）
 - 先の数値例（リスクマネジメントを考えなかった例）との比較：
 - リスクマネジメントの実施によって、経営者1の均衡供給量は減少し、経営者2の均衡供給量は増加する
- リスクマネジメントは、需要情報の共有を促進させる

8. おわりに（1の再掲）（分析の枠組み）

分析の枠組み：

- 需要情報を有する経営者（企業）と有さない経営者（企業）の間におけるクールノー競争について分析
- 需要情報を有さない経営者は、需要レベルが低いときに備えてリスクマネジメントを実施することができる状況を想定
- 後悔（regret）を感じる経営者の意思決定問題を検討（後悔理論（regret theory）を用いた検討）
- 需要情報を有する経営者は、需要情報を有さない経営者に対して需要情報の共有（demand information sharing）を実施することが可能

8. おわりに（1の再掲）（リサーチクエスチョン・主たる結論）

リサーチクエスチョン：

- 経営者の後悔やリスクマネジメントの実施可能性が需要情報の共有に与える影響はどのようなものなのか？

主たる結論：

- 後悔の存在が需要情報を促進する可能性がある
- 需要情報を有さない経営者によるリスクマネジメントの実施は、後悔の大きさの変化を通じて、需要情報の共有を促進する可能性がある
- 経営者が危険中立者であっても、後悔の大きさの分散を小さくするために、リスクマネジメントを実施する可能性がある

ご清聴ありがとうございました