危険回避企業と費用情報の交換*

酒　井　泰　弘
吉　住　昭　彦

On the Exchange of Cost Information between Risk-Averse Firms

目　　次

1．は じ め に

「五十歩百歩」という警句がある。紀元前4世紀，中国の戦国時代において，兵士たちは白兵戦におじけづき，すたこらすたこら逃げだしたとする。ある兵士は五十歩の所で立ち止まり，他の兵士は百歩の所で立ち止まった。五十歩も百歩も，逃げた事実に変わりはない。このことから，上の言葉は，違いが微差で，本質的に同じ状態であることを指す。

ところが，経済の世界では，「五十歩百歩」という表現が，文学の世界以上の意味を持つ。まず，逃げた歩兵は危険回避者とみなされよう。次に，百歩逃げた歩兵のほうが，五十歩逃げた歩兵よりも，危険回避の程度が大きい。逃げた距離の大小が，歩兵の生命に対して，決定的な影響をもたらすかもしれない。つまり，五十歩余分に走ったお陰で命が助かったのであれば，危険回避度の大小は，結果において重大な差異を生む。例えば，アロー［1971］は，経済生活における危険回避の役割について，次のように述べている。

「ベルヌーイの時代以降，人々の間で共通の認識となったことは，(a)各個人が危険負担を回避する傾向があるということ，および(b)危険回避を考えることによって，経済世界において観察される数多くの現象が説明可能になるということである」。

本稿の目的は，危険回避の観点から，寡占企業間の情報交換の問題を再検討することである。1970年代における不確実性と情報の経済学の発展を受けて，1980年代以降，伝統的な寡占理論や産業組織論は，飛躍的な発展を遂げつつある。とくに，寡占企業の間で，需要やコストに関する情報伝達・情報交換が行なわれた場合，それが企業や消費者や社会全体の厚生にどのようなインパクト

を与えるか，という点の見極めは，理論上のみならず，政策上からも非常に重要である。この方面の研究は，ポンサール［1979］やバサール＝ホー［1974］によって先鞭がつけられ，以後ヴィヴェス［1984］，ギャルオア［1985］，酒井［1985，89，90］などによって，多彩な展開が試みられている。だが，これら一連の研究には，1つの限界ないし欠点がある。それは，各企業の目的が期待利潤の極大化とされているため，危険回避行動の分析ができないことである。本稿ではこの欠陥を改めるため，各企業は下に凹なる効用関数を持ち，利潤の期待効用の極大化を図るものとする。

不確実性と情報の経済学においては，生産や費用の理論，および貯蓄や資産選択の理論を展開する場合，各主体の危険回避の程度は，分析結果に大きな影響を与えることが知られている。ところが，不確実性下の寡占理論や産業組織論の分野では，ほとんどすべての文献において，各企業が危険中立者であることが仮定されている。これは，明らかに不自然である。危険中立の仮定が置かれた最大の理由は，計算上の便宜という技術的理由であろう。本稿では，効用関数として指数関数をとり，対数正規分布の特性を最大限に利用することによって，計算上の困難を回避しようと努める。本稿が先例になって，危険回避と寡占的相互依存との関係に対して，研究の展開と深化が一層進めば，筆者たちにとって非常な喜びである。

話を簡単にするため，ある産業（例えば，ワイン産業）に，2つのメーカーがあるとする。ワイン産業は，さまざまな不確実性に直面している。一方において，人々の嗜好が移りやすいためと，景気の善しあしによって，ワインの需要は変動しがちである(需要不確実性)。他方において，ワインの主原料である葡萄の品質と数量は，お天道様のご都合次第である（費用不確実性)。

いま，2つのワインメーカーの間で，需要情報ないし費用情報を交換する協定が締結されたとしよう。このような情報交換協定は，各メーカーの利害にたいしてどのような影響を与えるであろうか。第1の効果として，情報交換は生

産上の効率を上げるだろう(効率効果)。なぜならば，需要情報の交換によってワインの売れ残りや在庫不足が減少し，また，費用情報の交換によって葡萄の作付量の調整が容易になるからである。だが，物事には，光と陰の両面があるのが通例である。第2の効果として，情報交換の結果，メーカーの対応策がルーティーンのものでなくなり，販売政策が情報の内容によって大きく変動せざるをえない(変動効果)。利潤関数の凹性を考えれば，販売調整の活発化は，むしろマイナスの効果を及ぼすだろう。

問題は，効率効果と変動効果の2つのうち，いずれが優勢となるかである。いま各企業が代替的な生産物を戦略変数とするクールノー型企業であり，費用不確実性に直面すると考える。このとき，もし各企業が危険中立者であるならば，第1の効率効果が第2の変動効果を凌駕するため，情報交換が各企業の利益になることが知られている[1)]。同様な結果は，危険回避的な企業の場合についても成り立つだろうか。ちょっと考えてみれば分かるように，危険回避の存在は，変動効果を拡大する役割を果たすのである。実際，危険回避者にとっては，慣例やお決まりの行動のほうが望ましく，状況に対応して動くことは面倒くさいことであろう。このことから，もし危険回避の程度が十分大きい場合には，マイナスの変動効果がプラスの効率効果を上回る事態の発生が予測される。すなわち，「知らぬが仏」の格言が成り立つわけである。そして，このことの確認こそ」本稿の最大の狙いに外ならない。

本稿の問題意識とよく似たものに，ニューベリー＝スティグリッツ［1982］による有名な研究がある.ニューベリーとスティグリッツは，「自由貿易は必ず利益をもたらすか」と問いかけ，生産者や消費者の危険回避行動を考慮に入れれば，「パレート劣位な貿易」が現に起こりうることを示した。ある意味では，情報の相互交換とは，「ソフト」なものの取引である。「情報交換が不利益となりうる」という本稿の指摘は，「ハード」なものの取引を扱った彼らの結論に似ていると言えよう。

本稿と前稿［1990］との関係について，一言述べる。前稿においては，製品差別化された市場で，（景気の善悪などの）「共通の需要不確実性」（common demand uncertainty）に直面する複占市場を取り上げた。そこでの中心問題は，ある1企業から他企業への情報の一方的伝達の厚生効果であった。本稿においては，2企業の製品が同質的であるものの，各企業は，それぞれ「独自の費用不確実性」（firm-specific uncertainty）に直面している。問題の核心は，いまや，企業相互間の情報交換がつねに利益となるのかどうかである。従って，前稿のモデルと本稿のモデルは，競争的というよりも，むしろ補完的である。2つのモデル分析を通じて，寡占市場における情報の役割に対して，新しい光が照射されることが期待される。

本稿の構成は次の通りである。次の第2節において，費用不確実性下のクールノー複占均衡の性格が，一般的枠組みの中で論じられる。第3節では，需要関数，費用関数，効用関数および確率密度関数をある特定なものに限定することによって，さまざまな情報構造下の均衡諸量を具体的に計算する。第4節では，企業間の費用情報の交換が産出量に及ぼすインパクトを解明する。第5節が本稿の核心部分であって，情報交換が企業の（利潤の）期待効用レベルに及ぼす効果が詳しく分析される。とくに，危険回避の度合が強い場合には，情報の価値がマイナスとなることを示す。そして，本稿の結論と今後の課題が，第6節で述べられる。均衡諸量の具体的導出プロセスについては，数学付録で詳しく論じる。

2．不確実性とクールノー複占均衡

われわれが取り扱うモデルは，費用不確実性を伴うクールノー型複占モデルである。本節ではまず，その分析の一般的枠組みから述べていくことにしよう。

当該産業には2企業，すなわち企業1と企業2が存在して，同質的な財を産

出している。企業 i の産出量を x_i とし（$i=1$，2），共通の価格を p とする。このとき，各企業の直面する（逆）需要関数は次のように表現されよう。

(1)　$p=F(x_1+x_2)$，$F'<0$.

企業が生産に要する費用には私的な不確実性が存在していると仮定する。すなわち，企業 i の費用関数 C_i は産出量 x_i と確率変数 $\tilde{c}_i$ との関数として，次式のように表わされるものとする。

(2)　$C_i=C_i(x_i;\ \tilde{c}_i)$　($i=1$，2).

2つの確率変数 $\tilde{c}_1$ と $\tilde{c}_2$ は，ある結合確率分布（joint distribution）にしたがっており，その分布は両企業にとって既知であるものとする。(1)と(2)の下で，企業 i の利潤 Π_i は次式で表わされる。

(3)　$\Pi_i=\Pi_i(x_1,\ x_2;\ c_i)=F(x_1+x_2)x_i-C_i(x_i;\ \tilde{c}_i)$　($i=1$，2).

各企業は期待効用理論の公準を満たし，利潤に関するフォン・ノイマン＝モルゲンシュテルン効用関数 U_i（Π_i）を持つ（$i=1$，2）。各 U_i が単調増加関数であり，凹関数であること，すなわち，各企業が危険回避者であることが想定される。

両企業が直面する情報構造としては，様々なものが考えられるが，本稿は特に以下の2つものに考察を限定したい[2)]。

①個人情報（private information）η^p：各企業 i は自分の平均費用の実現値 c_i のみを知る（$i=1$，2）。

②共有情報（shared information）η^s：各企業は両企業の平均費用の実現値 c_1 および c_2 を知る。

情報を得ることによって，それに応じた対応策をとることが可能になる。個人構造 η^p の下での企業の行動は，自己の費用の実現値 c_i に応じた関数 $x_i(c_i)$ として記述できる。同様に，共有情報 η^s の下では，企業の行動は c_1 と c_2 の関数として，$x_i(c_1,\ c_2)$ と記述できる。そして，情報構造 η^p と η^s の下におけるクールノー＝ナッシュ均衡 $(x_1{}^p(\tilde{c}_1),\ x_2{}^p(\tilde{c}_2))$ と $(x_1{}^s(\tilde{c}_1,\ \tilde{c}_2),\ x_2{}^s(\tilde{c}_1,\ \tilde{c}_2))$ はそれぞれ，以下のように定義することができる。

(4)　あらゆる c_i に対して，

$$x_i{}^p(c_i) = arg \max_{x_i \geqq 0} E\ [U_i(\Pi_i(x_i, x_j{}^p(\tilde{c}_j)\ ;\ c_i)) \,|\, c_i] \quad (i, j = 1, 2 ; i \neq j),$$

(5)　あらゆる c_i，c_2 に対して，

$$x_i{}^s(c_1,\ c_2) = arg \max_{x_i \geqq 0} U_i(\Pi_i(x_i, x_j{}^s(c_1, c_2)\ ;\ c_i)) \quad (i, j = 1, 2 ; i \neq j).$$

3．単純なモデル分析

前節において，費用不確実性を伴うクールノー複占市場について，一般的な枠組みが示された。しかし，そのままの形で分析を進めることには，計算上の困難が伴う。そのために，本節では，大胆に関数形および確率分布を特定化し，また対称性の仮定を導入して，分析を進めていきたい。まず，需要関数が線形であることを仮定する。すなわち，(1)式が次のようであると考える。

(1′)　$p = a - (x_1 + x_2).$

費用関数も次のごとく線形であるものとする。

(2′)　$C(x_i\ ;\ \tilde{c}_i) = \tilde{c}_i x_i \qquad\qquad (i = 1, 2).$

不確実なパラメータを表わす確率変数 $\tilde{c}_i$ は，一定の平均費用（もしくは限界

費用）を表わしている。そして，$\tilde{c}_1$と$\tilde{c}_2$が従う結合確率分布については，それが共通の平均$\mu=E\tilde{c}_1=E\tilde{c}_2$，共通の分散$\sigma^2=V\tilde{c}_1=V\tilde{c}_2$，および相関係数$\rho$をパラメータとする対称的な２項正規分布であると仮定する。

さらに，各企業の効用関数は次のような指数関数形をとると考える。

$$(6)\quad U_i(\Pi_i)=1-exp\ [-R\Pi_i] \qquad (R>0\ ;i=1,2).$$

そのとき，各効用関数は凹関数であるから，各企業は危険回避者である。(6)式で表わされる効用関数は，際立った特徴を有する。それは，絶対的危険回避度が利潤額Π_iにかかわらず一定（$=R$）であり，しかも，その一定値が両企業間で等しいことが仮定されていることである。

上に導入された単純化の仮定によって，われわれは各々の情報構造下においてクールノー＝ナッシュ均衡を具体的に計算することが可能となる。計算にあたっては，次のごとき２つの補助定理としてまとめられている数学的結果を利用する。ただし，その証明は省略する[3]。

補助定理１（ｉ）　$\tilde{\alpha}$を正規分布N（μ,σ^2）に従う確率変数とし，kを定数とする。このとき，次の性質が成り立つ。

(ia)　$Eexp[k\tilde{\alpha}]=exp[k\mu+(1/2)k^2\sigma^2]$

(ib)　$Eexp[-k\tilde{\alpha}^2]=\dfrac{1}{\sqrt{1+2k\sigma^2}}\quad exp[-\dfrac{k\mu^2}{1+2k\sigma^2}]$（$k>0$）

（ii）　$\tilde{\alpha}$，$\tilde{\beta}$を，平均μ_1，μ_2，分散$\sigma_1{}^2$，$\sigma_2{}^2$，相関係数ρをパラメータとする２変数正規分布に従う確率変数とする。このとき，以下の性質が成り立つ。

(iia)　a, bを定数とするとき，確率変数$a\tilde{\alpha}+b\tilde{\beta}$は正規分布$N(a\mu_1+b\mu_2,$ $a^2\sigma_2{}^2+2ab\rho\sigma_1\sigma_2+b^2\sigma_2{}^2)$に従う。

(iib)　$\tilde{\beta}=\beta$の条件の下で，確率変数$\tilde{\alpha}$は正規分布$N(\mu_1+\rho(\sigma_1/\sigma_2)(\beta-$

μ_2), $\sigma_1{}^2(1-\rho^2)$)に従う。

補助定理２（カルダノの解法）三次方程式 $x^3+3px+q=0$ の根は，以下のように与えられる。

$$u^3=(1/2)(-q+\sqrt{q^2+4p^3}),\ v^3=(1/2)(-q-\sqrt{q^2+4q^3})$$

の各１根を u_0，v_0とし、１の３乗根を１，ω，ω^2とすれば,

$$x=u_0+v_0,\quad u_0\omega+v_0\omega^2,\quad u_0\omega^2+v_0\omega.$$

均衡諸量の実際の算出方法は，末尾の数学付録に譲るとして，以下において計算結果をまとめてみよう。個人情報 η^{P}の下において，均衡算出量 $x_i^{\mathrm{P}}(\tilde{c}_i)$ は，以下のような $\tilde{c}_i$に関する線形の形態をとる。

(7)　$x_i^{\mathrm{P}}(\tilde{c}_i)=A(\mu-\tilde{c}_i)+B \qquad (i=1,\ 2).$

ただし，A と B は次式によって定まる実数である。

(8)　$R\sigma^2(1-\rho^2)A^3+(2+\rho)A-1=0$，$B=\dfrac{a-\mu}{3+R\sigma^2(1-\rho^2)A^2}$

(8)の第１式より，A は $0<A<1/(2+\rho)$ を満たす実数として一意的に定まり，それを第２式に代入すれば B の値が定まる。対称性の仮定から，両企業の c_iに反応する産出量政策は，両企業の間で同じとなる。補助定理２を用いて，(8)の第１式から A の値を具体的に求めてみると，次式のようになる。

$$A=\frac{1}{\sqrt[3]{2R\sigma^2(1-\rho^2)}}\left[\sqrt[3]{1+\sqrt{1+\frac{4(2+\rho)^3}{27R\sigma^2(1-\rho^2)}}}+\sqrt[3]{1-\sqrt{1+\frac{4(2+\rho)^3}{27R\sigma^2(1-\rho^2)}}}\right]$$

また，均衡において，両企業が獲得する期待効用は次式で与えられる。

(9)　$EU_i(\Pi_i(x_i^{\mathrm{P}}(\tilde{c}_i),\ x_j^{\mathrm{P}}(\tilde{c}_j)\ ;\ \tilde{c}_i))$

$$=1-\frac{1}{\sqrt{1+2R(1+(1/2)R\sigma^2A^2(1-\rho^2))\,Vx_i^{\mathrm{P}}(\tilde{c}_i)}}$$

$$\times exp\left(-\frac{R(1+(1/2)R\sigma^2A^2(1-\rho^2)(Ex_i^{\mathrm{P}}(\tilde{c}_i)))^2}{1+2R(1+(1/2)R\sigma^2A^2(1-\rho^2))\,Vx_i^{\mathrm{P}}(\tilde{c}_i)}\right)$$

$$(i,\ j=1,2\ ;\ i\neq j).$$

ただし，(7)式から $Ex_i^{\mathrm{P}}(\tilde{c}_i)=B$，$Vx_i^{\mathrm{P}}(\tilde{c}_i)=A^2\sigma^2$であることに注意しておく。

また，個人情報の下での反応方程式は次式で与えられる。

(10) $\sigma-u-(2+R\sigma^2A^2(1-\rho^2))Ex_i^{\mathrm{P}}(\tilde{c}_i)-Ex_j^{\mathrm{P}}(\tilde{c}_j)=0\quad(i,j=1,2\ ;\ i\neq j).$

上式は $Ex_1^{\mathrm{P}}(\tilde{c}_1)$ と $Ex_2^{\mathrm{P}}(\tilde{c}_2)$ の間の反応関係を表わす。それらを連立して解くことにより，$Ex_1^{\mathrm{P}}(\tilde{c}_1)$ と $Ex_2^{\mathrm{P}}(\tilde{c}_2)$ を具体的に求めることができる。

次に，共有情報の下での結果をまとめる。均衡産出量は次式で与えられる。

(11) $x_i^{\mathrm{S}}(c_1,c_2)=\dfrac{a-\mu-2(c_i-\mu)+(c_j-\mu)}{3}\qquad(i,j=1,2\ ;\ i\neq j).$

均衡において，企業 i が獲得する期待効用のレベルは次のようになる。

(12) $EU_i\ (\Pi_i(x_i^{\mathrm{S}}(\tilde{c}_1,\tilde{c}_2),\ x_j^{\mathrm{S}}(\tilde{c}_1,\ \tilde{c}_2)\ ;\ \tilde{c}_i)$

$$=1-\frac{1}{\sqrt{1+2RVx_i^{S}(\tilde{c}_1,\tilde{c}_2)}}\quad exp\left(-\frac{R(Ex_i^{\mathrm{S}}(\tilde{c}_1,\ \tilde{c}_2))^2}{1+2RVx_i^{\mathrm{S}}(\tilde{c}_1,\ \tilde{c}_2)}\right)$$

$$(i,\ j=1,\ 2\ ;\ i\neq j)$$

ただし，(11)式より，$Ex_1^{\mathrm{S}}(\tilde{c}_1,\tilde{c}_2)=(a-u)/3$，$Vx_1^{\mathrm{S}}(\tilde{c}_1,\tilde{c}_2)=(5-4\rho)\sigma^2/9$である。

また，この場合の反応方程式は次式のようになる。

(13) $a-\tilde{c}_i-2x_i^{\mathrm{S}}(\tilde{c}_1,\tilde{c}_2)-x_j^{\mathrm{S}}(\tilde{c}_1,\ \tilde{c}_2)=0\quad(i,\ j=1,2\ ;\ i\neq j)$

4．情報交換と産出量の変化

本節では，2つの情報構造η^Pとη^Sの下における平均産出量を比較することによって，情報構造の変化が産出量に及ぼす影響を分析したい。

従来の文献においてよく知られているように，両企業が危険中立的なときには，平均産出量は情報構造の変化によって影響を受けず，つねに一定である[4)]。しかし酒井＆吉住［1991］は，共通の需要不確実性を導入し，そこで企業の危険回避行動を考慮した場合，平均産出量が情報構造によって違い得ることを示した。企業独自の費用不確実性を考慮した本稿のモデルにおいても，(7)，(8)，(11)式より，直ちに次の定理を得ることができる。

定理　1　$Ex_i^S(\tilde{c}_1, \tilde{c}_2) > Ex_i^P(\tilde{c}_i)$, $Vx_i^S(\tilde{c}_1, \tilde{c}_2) > Vx_i^P(\tilde{c}_i)$　$(i=1, 2)$．

すなわち，共有情報下の産出量は，平均と分散において個人情報下の産出量を上回る。共有情報下においては，両企業が完全情報を入手しており，基本的に確実性下と違いがない。したがって，このケースでは，危険回避の影響は平均産出量に現われない。これに対して，個人情報下においては，相手側の事情が分からないので危険回避の影響が顕在化し，それが平均産出量を引き下げる働きをする。また，共有情報下においては，個人情報下と比べて，獲得した情報に一層即した行動をとることになり，産出量の分散が増えるのである。したがって，定理1のような大小関係が成立する。

上のような事情を図解すると，図1のようになる。2本の実線は個人情報η^Pの下での反応曲線であり，(10)式に対応する。他方，2本の点線は共有情報η^Sの下での反応曲線であって，(13)式に対応する。当然ながら，点Q^PとQ^Sはそれぞれ，η^S，η^Sの下でのクールノー＝ナッシュ均衡を表わす。対称性の仮定から，2つの均衡点は45度線の上にある。

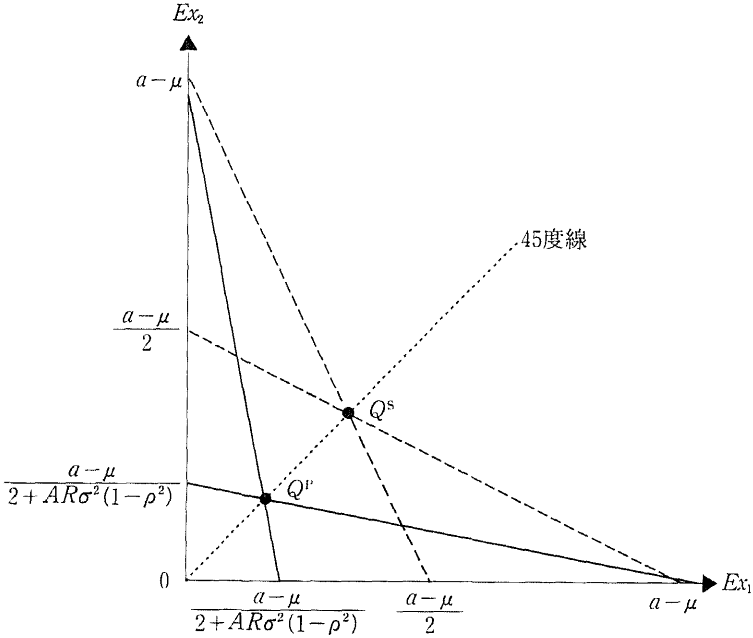

図1　情報交換と産出量：η^P対η^S

図1から，いくつかのことが見て取れる。まず，σ や R が大きいときには，$Ex_i{}^S$と $Ex_i{}^P$の差が大きくなる。なぜならば，危険や危険回避の程度が大きければ大きいほど，個人情報 η^Pの下における危険回避の影響がそれだけ強く現われて，平均産出量を押し下げる効果を持つからである。また，ρ の値が±1に近いときには，$Ex_i{}^S$と $Ex_i{}^P$はほぼ等しくなる。つまり，2つの確率変数 $\tilde{c}_1$と $\tilde{c}_2$の動きが完全相関に近いならば，自分の費用の実現値の観察から相手の費用の実現値の動きが十分予想できることから，個人情報の場合と共有情報の場合との差がなくなるわけである。

5．危険回避と情報の価値

本節では，企業の厚生レベルを均衡利潤の期待効用でもって測る。問題の関心は，情報構造の変化が企業厚生にどのような影響を及ぼすか，ということである。

両企業が個人情報を互いに交換するときに，両企業の厚生はどのように変化するだろうか。この問題を考えるさい，危険中立的な場合の結果が出発点となる。酒井［1985］は，同質的な財を生産する危険中立的な2企業から成るクールノー型複占市場を分析し，個人情報の交換が双方の企業の厚生を高めることを示している。これに対して，酒井＆吉住［1991］は，共通の需要不確実性のケースにおいて，企業の危険回避を考慮するときには，情報の獲得が必ずしも企業の厚生を高めるとは限らず，低める可能性があることを示している。

本稿においては，第3節ですでに各期待効用を計算してあるので，それを比較しよう。(9)と(12)式より，それぞれの情報構造下における期待効用(EU^SとEU^P)は，次式のような形をしている。

$$(14)\quad EU^S=1-\frac{1}{\sqrt{C}}\ exp[-D],\quad EU^P=1-\frac{1}{\sqrt{E}}\ exp[-F]$$

ただし，C，D，EおよびFは次のごとき数量を表す。

$$C=1+2RVx^S=1+2R\frac{5-4\rho}{9}\sigma^2$$

$$D=\frac{R(Ex^S)^2}{1+2RVx^S}=\frac{R(a-\mu)^2}{9+2(5-4\rho)R\sigma^2}$$

$$E=1+2R\left(1+\frac{1}{2}R\sigma^2(1-\rho^2)A^2\right)Vx^{\mathrm{P}}=1+2R\sigma^2A^2\left(1+\frac{1}{2}R\sigma^2(1-\rho^2)A^2\right)$$

$$F=\frac{R(1+(1/2)R\sigma^2(1-\rho^2)A^2)(Ex^{\mathrm{P}})^2}{1+2R(1+(1/2)M\sigma^2(1-\rho^2)A^2)Vx^{\mathrm{P}}}$$

$$=\frac{R(a-\mu)^2[2+R\sigma^2(1-\rho^2)A^2]}{2[3+R\sigma^2(1-\rho^2)A^2]^2[1+R\sigma^2A^2(2+R\sigma^2(1-\rho_2)A^2)]}.$$

このとき，

$$EU^{\mathrm{S}}\gtreqless EU^{\mathrm{P}} \iff \frac{1}{2}\,log\left(\frac{C}{E}\right)\gtreqless F-D=R(a-\mu)^2\Delta$$

の同値関係が成立することが直ちにわかる。ただし，

$$\Delta=\frac{2+R\sigma^2(1-\rho^2)A^2}{2[3+R\sigma^2(1-\rho^2)A^2]^2[1+R\sigma^2A^2(2+R\sigma^2(1-\rho^2)A^2)]}$$

$$-\frac{1}{9+2(5-4\rho)R\sigma^2}.$$

である。したがって問題となるのは，Δ の符号，およびと C と E の間の大小関係である。この点に関して，次の命題がなりたつことは注目に値する。

補助定理 3 （ i ） $\Delta>0$

（ii） $C>E$

証明(i) $y=R\sigma^2A^{\mathrm{b}}>0$ とおく。すると，(8)の第 1 式を変形すれば $(1-\rho^2)y+(2+\rho)=1/A$ となるから，$R\sigma^2=y/A^2=[(1-\rho^2)y+2+\rho]^2y$ を得る。これらを Δ の定義式に代入すると，次のようになる。

$$\Delta=\frac{2+(1-\rho^2)y}{[3+(1-\rho^2)y]^2[1+y(2+(1-\rho^2)y)]]}$$

$$-\frac{1}{9+2(5-4\rho)[1-\rho^2)y+2+\rho]^2y}$$

$$=\frac{G}{2[3+(1-\rho^2)y]^2[1+y(2+(1-\rho^2)y)]\ [9+2(5-4\rho)\ \{(1-\rho^2)y+2+\rho\}\ ^2y]},$$

ここで，上式の分子は次のごとき数量である。

$$\begin{aligned}G=&[2+(1-\rho^2)y][9+2(5-4\rho)((1-\rho^2)y+2+\rho)^2y]\\&-2[3+(1-\rho^2)y]^2[1+y(2+(1-\rho^2)y)]\\=&(1-\rho^2)[8(1-\rho^2)^2(1-\rho)y^4+4(1-\rho)^2(1+\rho)(11+4\rho)y^3\\&+2(1-\rho)(38+30\rho+4\rho^2)y^2+(41+16\rho)y]>0\ .\end{aligned}$$

これより，$\Delta>0$ であることが証明された。

(ii)実際の計算をすれば，次式が得られる。

$$C-E=\frac{2(5-4\rho)}{9}\ \{(1-\rho^2)y+2+\rho\}^2y-[2+(1-\rho^2)y]y$$

$$=\frac{y}{9}(1-\rho^2)[2(5-4\rho)(1-\rho^2)y^2+(31-12\rho-16\rho^2)y+2(11+4\rho)].$$

したがって，C は確かに E より大きい。(証明終わり)

上の補助定理3から，直ちに次の定理を樹立することができよう。

定理　2

$$EU^s \gtreqless EU^p \Longleftrightarrow \frac{1}{2R\Delta}\ log\left(\frac{\mathrm{C}}{\mathrm{E}}\right) \gtreqless (a-\mu)^2$$

定理2が示すように，EU^{P}とEU^{S}の大小は一概に言うことができず，$a-\mu$やR，σ^2，ρなどのパラメータに依存する。$a-\mu$が十分に大きいときには，EU^{P}がEU^{S}を上回ることになり，費用情報の交換は双方の企業の厚生を損なう。反対に，$a-\mu$が十分に小さいときには，EU^{S}がEU^{P}を上回り，費用情報の交換は企業の厚生を高める。というのは，両企業の製品に対する需要が十分に大きいときには，不確実な単位費用によって生じる経済の変動の幅も同様に大きいものとなり，危険回避の作用が強く現れることによって，情報交換の価値がマイナスに働くと考えられるからである。

また，ρが± 1に接近すると，EU^{S}とEU^{P}はほぼ等しくなる。なぜならば，2つの確立変数の動きが完全相関を示すようになると，各企業は自分の手持ちの情報から相手の情報を完全に推測することができるので，お互いに情報を交換し合う意味がなくなるからである。

定理2の経済的意味を明らかにするため，図解を試みよう。図2において，Rとσは$R=10$，$\sigma^2=1$に固定する。横軸に$a-\mu$を測り，縦軸に期待効用の差$EU^{S}-EU^{P}$を測る。そしてそこでは，様々なρの値(0.95，0.7，0，−0.7，−0.95）に対して，期待効用の差$EU^{S}-EU^{P}$への$a-\mu$の影響が図示されている。定理2が示すように，ρの値に関わらず，$a-\mu$が十分小さいとEU^{S}がEU^{P}を上回り($EU^{S}-EU^{P}$がプラスとなり)，$a-\mu$が十分大きいとEU^{P}がEU^{S}を上回る($EU^{S}-EU^{P}$がマイナスとなる)。また，ρの値が情報交換の価値に及ぼす影響も，図2から見てとれる。ρの値が大きくなるにつれて，各曲線と$EU^{S}-EU^{P}=0$との交点が左に移動していく。このことは，費用情報の正の相関が大きいほど，情報交換の価値はマイナスに転じやすく，費用情報の負の相関が大きいほど，情報交換の価値はプラスになりやすいことを示している。

他方，図3では，図2で見られた費用情報の相関度と情報の価値との関係が一層鮮明に示されている。図3では，R，σ^2，$a-\mu$はそれぞれ，$R=10$，$\sigma^2=$

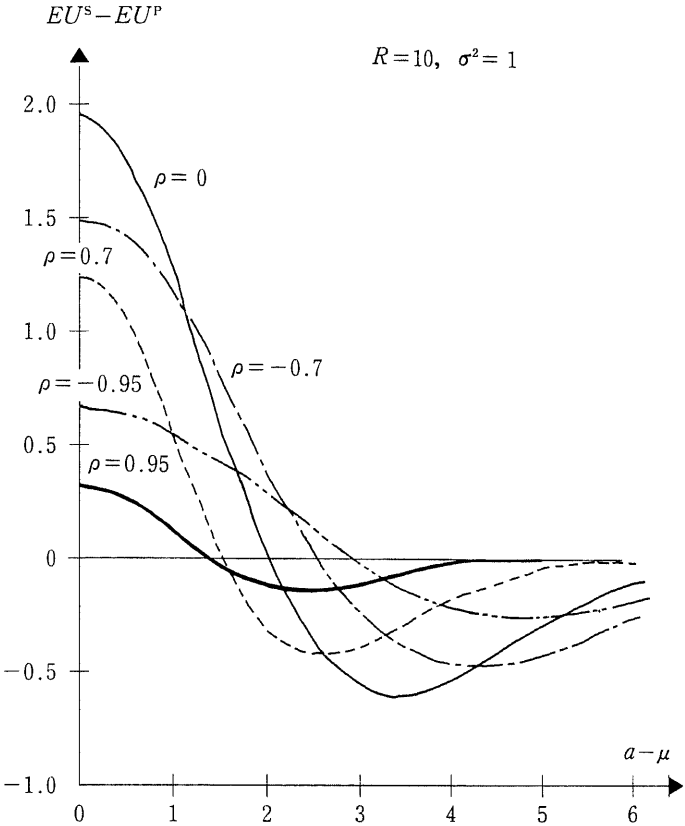

図 2　情報交換が企業の期待効用に及ぼす影響：a-μの変化

1，$a-\mu=2$ に固定されている。横軸に ρ を測り，また縦軸には図 2 と同様に期待効用の差 $EU^{\mathrm{S}}-EU^{\mathrm{P}}$を測る。相関度と情報の価値との関係が，グラフによって示されている。もし図 2 を $a—\mu=2$ の所で縦断的に切断すれば，われわれは図 3 を得ると考えてよい。図 3 を見ると，ρ の正の値が大きいほど情報交換はマイナスになりやすく，ρ の負の値が大きいほど情報交換はプラスになりやすい

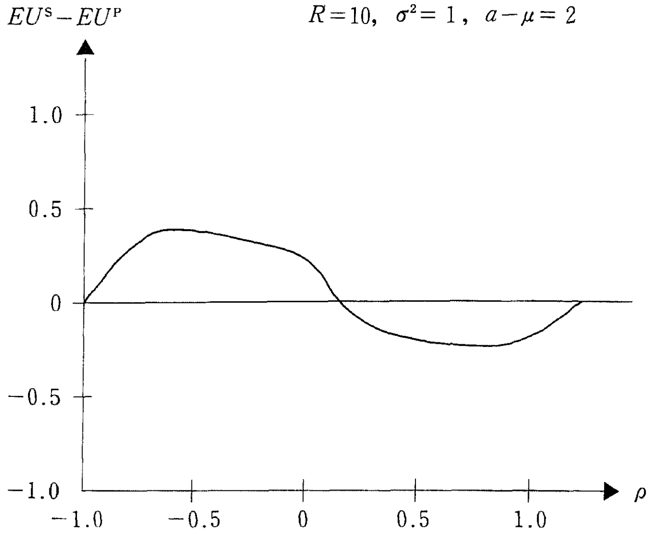

図 3　情報交換と企業の期待効用：ρの変化

ことが非常に鮮明に示されている。

また，図 4 においては，両企業の危険回避の程度 R と情報の価値の関係が示されている。縦軸には従来と同じく期待効用の差 $EU^{s}-EU^{p}$がとられているが，横軸には R がとられている。ここでは，他のパラメータは，$\sigma^2=0.8$，$\rho=0$，$a-\mu=1.9$に固定されている。R の値が小さいときには EU^{s}が EU^{p}を上回り，情報の価値はプラスとなる。このことは，両企業が危険中立的なときには情報交換の価値がプラスになるという従来の結果と整合的である。しかし，危険回避の程度が大きくなるにつれ，情報交換の価値は減じて，ついにはマイナスになる。すなわち，危険回避は総じて，情報の交換のさいマイナスに作用することが見て取れるのである。

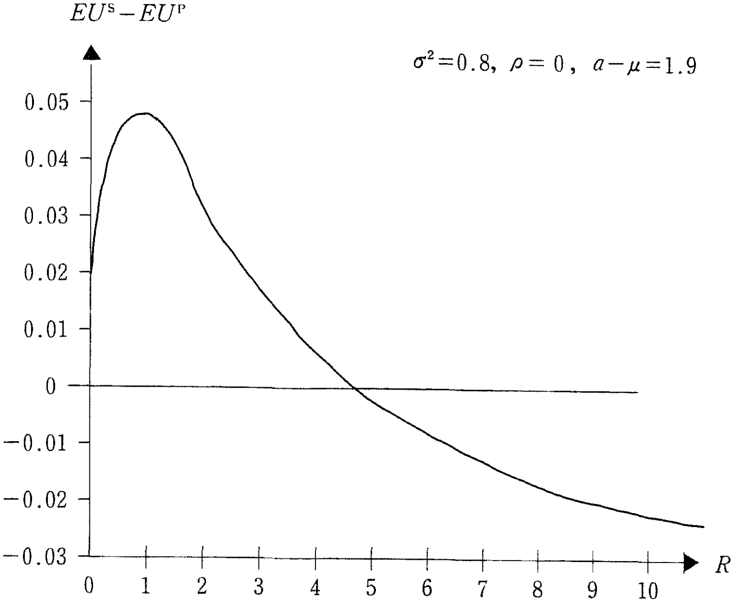

図4　情報交換と企業の期待効用：Rの変化

6．おわりに

本稿では，危険回避企業による情報の相互交換が，企業の行動と厚生にどのような影響を与えるかを考察してきた。以上の分析から得られた結果を列挙すれば，次のごとくである。

1）情報の相互交換は，産出量の平均と分散の両方を増やす働きがある。

2）これに対して，情報交換が企業の厚生に及ぼす効果は，ネットの平均需要切片 $a-\mu$，費用情報の相関度 ρ，危険回避度 R，共通の費用情報の分散 σ^2などのパラメータに依存する。とくに，$a-\sigma$ が十分に大きいと情報交換の価値はマイナスとなり，$a-\sigma$ が十分に小さいと情報交換の価値はプラスとなる。また，

相関度ρの正の値が大きいほど情報交換の価値はマイナスになりやすく，ρの負の値が大きいほど情報交換の価値はプラスになりやすい傾向がある。

上述の結果は，企業の情報を収集し伝播する働きをする産業政策に関して，一定の含意を持つと考えられる。すなわち，一国の産業政策において情報の収集・伝播をはかる場合に，企業の危険回避の傾向が強いならば，企業の生産活動にマイナスの影響が及び，さらに企業の厚生をも損なう可能性が高いのである。このような場合には，企業の直面するリスクを緩和するような別の政策によって，産業政策が補完されるべきであろう。

最後に，本稿の分析の限界と将来の課題に触れておきたい。

本稿では，計算の便宜のために，関数形を特定化して計算をした。費用関数と需要関数について線形性の仮定を採用したし，効用関数として指数形のものを用いたりした。これらの関数がより一般的な形をしている場合に，本稿の分析がなお妥当するかどうかは今後に残された課題である。

また，本稿では生産物が完全代替の場合のみを扱った。２つの生産物が弱い代替性を示す場合や，補完財である場合に，本稿の結果がどの様な変更を受けるのかは分析できなかった。

さらに，本稿では複占市場のみを取り扱った。しかし，企業数が２以上の一般の寡占市場においても，同様の問題を扱うことができる。この場合に，本稿の結果が果して成立するかどうかも興味ある問題点であろう。

本稿の分析には，上述のごとき限界がある。だが，より一般的な枠組においても，本稿の結果は基本的に「頑健」(robust) であると信じるものである。

数　学　付　録

１．個人情報η^{P}の場合

以下では，企業１の行動をとりあげる。対称性の仮定から，企業２についても同じことが言えるはずである。企業１の均衡産出量 $x_1{}^P(c_1)$ を以下のように推測してみよう。

(7′)　$x_1{}^P(c_1)=A(\mu-c_1)+B.$

すると，利潤の定義から，次式が成り立つ。

$$U_1(\Pi_1(x_1,\ x_2{}^P(\tilde{c}_2)\ ;\ c_1))=1-exp[-Rx_1(a-c_1-x_1-A(\mu-\tilde{c}_2)-B)]$$

いま条件 $\tilde{c}=c_1$ を所与とすると，補助定理(ii－b)により，$\mu-\tilde{c}_2$ は正規分布 $N(\rho(\mu-c_1),\ \sigma^2(1-\rho^2))$ に従うから，$a-c_1-x_1-A(\mu-\tilde{c}_2)-B$ は全体として正規分布 $N(a-c_1-x_1-A\rho(\mu-c_1)-B,\ A^2\sigma^2(1-\rho^2))$ に従う。したがって，補助定理１（ia）を用いれば，次式を得る。

$$E[U_1(\Pi(x_1,\ x_2{}^P(\tilde{c}_2)\ ;\ c_1))\mid c_1]$$

$$=1-exp[-Rx_1[-Rx_1(a-c_1-(1+\frac{1}{2}R\sigma^2A^2(1-\rho^2))x_1-A\rho(\mu-c_1)-B)]$$

上式を x_1 に関して偏微分してゼロとおくことにより，企業１の期待効用極大化のための一階の条件は次のようになる。

(A1)　$a-c_1-(2+R\sigma^2A^2(1-\rho^2))x_1{}^P(c_1)-A\rho(\mu-c_1)-B=0.$

これを書き換えることにより，

$$x_1{}^P(c_1)=\frac{1-A\rho}{2+R\sigma^2(1-\rho^2)A^2}(\mu-c_1)+\frac{a-\mu-B}{2+R\sigma^2(1-\rho^2)A^2}$$

を得る。上式と（７′）式を比較することから，次式が成立するはずである。

$$A=\frac{1-A\rho}{2+R\sigma^2(1-\rho^2)A^2},\quad B=\frac{a-\mu-B}{2+R\sigma^2(1-\rho^2)A^2}.$$

上式を解くことによって，本文中の式(8)が導かれよう。

次に，均衡において両企業が獲得する期待効用を求めてみよう。$\tilde{c}_1$の各実現値c_1に対して，$\phi(c_1)$を

$$\phi(c_1)=E[U_1(\Pi_1(x_1^{\mathrm{P}}(c_1),\ x_2^{\mathrm{P}}(\tilde{c}_2)\ ;\ c_1))\mid c_1]$$

と定義して，$E\phi(\tilde{c}_1)=EU_1(\Pi_1(\tilde{c}_1,\ x_1^{\mathrm{P}}(\tilde{c}_1),\ x_2^{\mathrm{P}}(\tilde{c}_2)))$を計算しよう。$\phi$ の定義から，次式を得る。

$$\begin{aligned}\phi(c_1)&=1-E[exp\ \{-Rx_1^{\mathrm{P}}(c_1)(a-c_1-x_1^{\mathrm{P}}(c_1)-x_2^{\mathrm{P}}(\tilde{c}_2))\}|c_1]\\&=1-E[exp\ \{-Rx_1^{\mathrm{P}}(c_1)(a-c_1-x_1^{\mathrm{P}}(c_1)-A(\mu-\tilde{c}_2)-B)\}\mid c_1]\end{aligned}$$

ここで条件 $\tilde{c}_1=c$ を所与とすると――補助定理 1 (iib) により――$a-c_1-x_1^{\mathrm{P}}(c_1)-A(\mu-\tilde{c}_2)-\mathrm{B}$ は正規分布 $N(a-c_1-x_1^{\mathrm{P}}(c_1)-A\rho(\mu-c_1)-B, A^2\sigma^2(1-\rho^2))$ に従う。したがって，補助定理 1 (ia) により，

$$\begin{aligned}\phi(c_1)=1-exp[-Rx_1^{\mathrm{P}}(c_1)\ \{&a-c_1-(1+(1/2)R\sigma^2(1-\rho^2)A^2)x_1^{\mathrm{P}}(c_1)\\&-A\rho(\mu-c_1)-B\}]\end{aligned}$$

を得る。一階の条件（A 1）より，

$$\begin{aligned}&a-c_1-(1+(1/2)R\sigma^2(1-\rho^2)A^2)x_1^{\mathrm{P}}(c_1)-A\rho(\mu-c_1)-B\\&\quad=(1+(1/2)R\sigma^2(1-\rho^2)A^2)x_1^{\mathrm{P}}(c_1)\end{aligned}$$

が成り立つから，補助定理 1 (ib) を用いれば(9)式が得られる。

次に，個人情報 η^{P}の場合の企業 1 の反応曲線を求めてみよう。条件付きの期

待値 $E[U_1(\Pi_1(x_1,\ x_2^{\mathrm{P}}(\tilde{c}_2)\ ;\ c_1))\ |\ c_1]$の計算を進めるためには，$x_2^{\mathrm{P}}(\tilde{c}_2)$と$\tilde{c}_1$の結合分布に関する知識を仮定しなければならない。そこで，相手企業の戦略$x_2^{\mathrm{P}}(\tilde{c}_2)$として，(7)式のごとき戦略を考慮するならば――一階の条件(A 1)式と同様にして――次式を導くことができる。

$$a-c_1-(2+R\sigma^2A^2(1-\rho^2))x_1^{\mathrm{P}}(c_1)-Ex_2^{\mathrm{P}}(\tilde{c}_2)-A\rho(\mu-c_1)=0\ .$$

上式において，両辺の平均をとれば，(10)式を得ることができる．

2．共有情報 η^{S}の場合

ここでも，企業1の行動について考えてみる。まず，利潤の定義から，次式が成立する。

$$U_1(\Pi_1(c_1,\ x_1,\ x_2^{\mathrm{S}}(c_1,\ c_2)))=1-exp[-Rx_1(a-c_1-x_1-x_2^{\mathrm{S}}(c_1,\ c_2))]$$

一階の条件は，上式をx_iに関して偏微分し，$x_i=x_i^{\mathrm{S}}(c_1,\ c_2)$で評価した値をゼロと置くことによって，次のように求められる．

$$\text{(A2)}\quad a-c_i-2x_i^{\mathrm{S}}(c_1,\ c_2)-x_j^{\mathrm{S}}(c_1,\ c_2)=0\qquad(i,\ j=1,\ 2\ ;\ i\neq j)$$

上式を連立させて解くことにより，均衡産出量が(11)のように求まる．

次に，期待効用について考えよう。$\tilde{c}_1$と$\tilde{c}_2$の各実現値c_1とc_2に対して，$\phi(c_1,\ c_2)$を

$$\phi(c_1,\ c_2)=U_1(\Pi_1(c_1,\ x_1^{\mathrm{S}}(c_2),\ x_2^{\mathrm{S}}(c_1,\ c_2)\ ;\ c_1))$$

と定義して，$E\phi(\tilde{c}_1,\ \tilde{c}_2)$を計算する。一階の条件(A2)を利用すれば，次式が成立することに注意する。

$$\phi(c_1, c_2)=exp[-R(x_1^S(c_1, c_2))^2]$$

ここで，(11)と補助定理１（ⅱa）により，$x_1^S(c_1, c_2)$は正規分布$N((a-\mu)/3, (5-4\rho)\sigma^2/9)$に従う。故に，補助定理１(ib) から(12)式を得る。

最後に，(A2)に照らしてみて，求める反応曲線が(13)式のように求まることは明らかである．

註

＊本稿の成るについては，計算上のお手伝いをしていただいた佐々木啓介氏（筑波大学大学院）に感謝したい。また，文部省科学研究費および東京経済センターから，本研究に対して資金援助をいただいていることを記しておく。

1）この点については，酒井泰弘［1985，1986，1990］を見られたい．

2）拙稿［1985，1990］で示したように，総計で16個の情報構造が存在しうる。例えば，「個人情報」と「共有情報」以外のケースとして，「１企業個人情報，他企業無情報のケース」，「１企業完全情報，他企業無情報のケース」，「１企業完全情報，他企業個人情報のケース」などの場合が考えられる。

3）補助定理１の性質（ｉ）の証明にあたっては，正規分布の積率母関数（moment-generating function）の性質を利用する。性質（ⅱ）は統計学の教科書によく出てくるものであり，補助定理２のほうも，代数学の分野で歴史上有名な解法である。

4）この点については，例えば酒井泰弘［1985］を参照せよ。

参　考　文　献

(1) K. J. Arrow (1971), Essays in the Theory of Risk-Bearing, Markham, Chicago.

(2) T. Basar and Y. Ho (1974), "Informational Properties of the Nash Solution of the Two Stochastic Nonzero-sum Games," *Journal of Economic Theory* 7： 370-384.

(3) E.Gal-Or (1985), "Information Sharing in Oligopoly," Econometrica 53： 329-343.

(4) J.P.Ponssard (1979), "The Strategic Role of Information on the Demand Function in an Oligopolistic Market," *Management, Science* 25： 243-250.

(5) J. W. Pratt (1964), "Risk Aversion in the Small and in the Large," *Econometrica* 32： 122-136.

(6) 酒井泰弘（1982),『不確実性の経済学』, 有斐閣, 東京.

(7) Y.Sakai (1985), "The Value of Information in a Simple Duopoly Model," *Journal of Economic Theory* 36： 36-54.

(8) Y.Sakai (1986), "Cournot and Bertrand Equilibria under Imperfect Information," *Journal of Economics* (*Zeitschrift für Nationalökonomie*) 46－3：213－232.

(9) Y.Sakai (1990), "Information Sharing in Oligopoly： Overview and Evaluation," Parts I and II, *Keio Economic Studies* 27, 28： 17-41.

(10) 酒井泰弘・吉住昭彦（1990),「危険回避と情報伝達――クールノー複占市場のケース」,『三田学会雑誌』第83巻 2 号：79-98頁.

(11) Y. Sakai and A.Yoshizumi (1991), "The Impact of Risk Aversion on Information Transmission between Firms," *Journal of Economics* (*Zeitschrift für Nationalökonomie*) 53： 51-73.

(12) X. Vives (1984), "Duopoly Information Equilibrium： Cournot and Bertrand," *Journal of Economic Theory* 34： 71-94.