個人情報は外国為替レートにどのように反映されるか？—2人非協力ゲームによるアプローチ—*)

江口　　潜

要　旨

本稿では将来の為替レートがプロセス・スイッチする可能性のある外国為替市場のモデルを作成し、プロセス・スイッチの起きる確率について個人情報が存在する場合、その情報がどのように為替レートに反映されるかを調べる。主要な結果は以下の通りである。「個人情報を持っていない市場参加者」が個人情報を受け取った市場参加者の売買行動を観察して正の相関をもつ追随的な外国為替売買を行うならば、個人情報を受け取った市場参加者は市場で外国為替の売買を行い、そのことによって個人情報を持つことを表明する。しかしその際、個人情報を正しくは表明せず、それよりも小さな値を表明する。また、その結果市場では個人情報の内容を過小に反映した値が形成される。

1.　はじめに

一口に国際金融論と呼ばれる分野には、為替レートの中・長期の決定理論（購買力平価やポートフォリオ・バランス・モデルなど）、短期の決定理論（アセット・アプローチと情報効率的市場仮説の検証など）、国際通貨体制論、マクロ政策協調の問題など、様々な研究分野がある。溝江義郎教授はその長く豊富な実務経験を背景に、しばしば我々若い教員に対して国際通貨体制の問題や通貨問題などについて、臨場感溢れる説明をして下さった。このような経験は私にとっては極めて得難い、貴重な勉強となった。そしてそのような御恩にお応えするためには、私は国際通貨体制あるいは為替レートとマクロ経済のパフォーマンスとの関連、といったテーマの論文をこの記念号に寄稿したいところではあったが、私が大学院生時代から主に注目しているテーマは、冒頭述べたいくつかの分野の中では短期の為替レートの決定に関わる諸問題であったこと、また最近でもそのようなテーマに対する関心は継続していることから、本稿ではそのような短期の理論、その中でも「市場の情報効率性」という問題への私なりのチャレンジを紹介することに致したい。

*) 本稿は、溝江義郎新潟産業大学教授の退職記念号のために用意しました。溝江教授からは在職中、多くの教えを賜り心から感謝申し上げます。なお、本稿を作成するに当たって堂前豊氏（新潟産業大学）から有益なコメントを頂きました。記して謝意を表します。なお、本稿に誤りがあるとすれば、それはすべて著者の責任であります。

外国為替市場を含む資産市場についての「情報効率的市場仮説」は、資産価格は市場参加者の持つ情報を効率的に反映しているというものである。そのため利潤を得ることのできる機会（チャンス）の情報は、その情報が市場参加者に伝わった時点で即座に、瞬時にして利用され、その結果資産価格に残るシステマティックな利潤獲得の機会はない、というものである。その中でも「強い効率性仮説」は最初は一部の市場参加者のみが獲得できる情報、すなわち個人情報 (private information) も資産価格に効率的に反映される、というものである。すなわち個人情報を持つ市場参加者がその個人情報を持っているために得ることのできる利潤機会はその市場参加者の売買行動を通じて他の市場参加者に知れるところとなり、そのため瞬時に去ってしまうというものである。[1]

資産市場における個人情報の存在については近年 Ito, Lyons and Melvin (1997) が東京外国為替市場のデータを用いて、個人情報が存在するという仮説を支持する証拠が得られる事を示した。しかしながらそれら個人情報が、市場参加者が持つ個人情報の一部であるのか全部であるのか、個人情報を持たない市場参加者が「情報を持っている振りをしている」という可能性はないのか、あるいはそれら個人情報がどの程度正確に市場の資産価格に反映されるか、といったことは実証的にも理論的にも解明されてはいない。本稿ではこれらの問題について理論的側面からの接近を試みる。

本稿では将来、為替レートがプロセス・スイッチする可能性のある外国為替市場のモデルを考察する。[2] そこではそのようなプロセス・スイッチの起きる確率について市場参加者の持つ情報は常には均一的・対称的ではないものとする。すなわち個人情報が存在すると想定する。そしてその場合、個人情報を最初に獲得した市場参加者が必ずその情報に基づいて売買を行うかどうか、また売買を行うならばそのような資産売買を観察することによって他の市場参加者はその個人情報を正確に知り得るかどうか、またそのような個人情報はどのように資産価格に反映されるか、ということを調べる。

到達する結論は次の通りである。すなわち「個人情報を持っていない市場参加者」が個人情報を受け取った市場参加者の売買行動を観察してそれと正の相関を持つ追随的な外国為替売買を行うならば、将来の為替レートが変動する確率について個人情報を受け取った市場参加者は市場で個人情報を持つことを資産の売買を行うことを通じて必ず表明するけれども、その際その個人情報を正しくは表明せず、それよりも小さな値を表明する。また、その結果市場では個人情報の内容を過小に反映した資産価格が形成される。

本稿の構成は次の通りである。第2節では外国為替市場において、投機的な外国為替取り引きが2人のディーラーによって行われる外国為替市場のモデルを示し、モデルの均衡およびそこでアウトカムとして成立する為替レートの性質等を示す。第3節と第4節で、第2節で提示したモデルを用いて、個人情報が到着した場合、その到着した個人情報がどのように市場参加者に伝達され、どのように外国為替レートに反映されるか調べる。その際、第4節では2段階ゲームを示し、個人情報を持つディーラーおよび持たないディーラーの最適行動ならびに均衡を記述する。そしてそのような均衡で成立する為替レートの性質等を示す。第5節で結論を述べる。

---

[1] より詳しい効率的市場仮説の内容については伊藤 (1992) を参照せよ。

[2] そのようなプロセス・スイッチが起きる可能性がある場合、市場に「ペソ問題」が存在するという。外国為替市場でペソ問題が存在しており、それが市場参加者にとって重要なリスクであり資産価格（特に先物為替レート）に影響を与えていることは Kaminsky and Peruga (1991) などによって示されている。

2. モデル

外国為替市場における2期ゲームを考える。外国為替市場は1期目と2期目とに分かれて開かれている。外国為替市場ではいずれの期にも円とドルという2種類の通貨が交換される。τ_1、τ_2を各々、第1期と第2期の時点を表すパラメーターとする。

外国為替市場では2人のディーラーが通貨の取り引きをしている。今、単純化のため、いずれのディーラーにとっても、母国通貨は円であるとする。[3]

外国為替市場では競売買方式で通貨がトレードされる。すなわち各期において、各ディーラーが発したドル買い注文（ドルに対する需要）とドル売り注文（ドルに対する供給）とが集計されて為替レートが決まり、各期の末に、その段階で集計された為替レートで実際に通貨の取り上きが行われる。なお、買い注文と売り注文の集計は随時に瞬間的に行われ、各期の途中の時点であっても、常にその時点での集計に基づいて決まる均衡為替レートがディーラーには観察できるものとする。

各期の経済ファンダメンタルを各々f_1およびf_2と書く。f_1およびf_2は0または1の値をとるスカラー確率変数である。各期の経済ファンダメンタルは、その期の冒頭(それを各々τ_1^0時点、τ_2^0時点と書く)に確定する。f_1およびf_2の値、すなわちファンダメンタルの実現値は同時点、すなわちτ_1^0時点およびτ_2^0時点に両ディーラーに公的情報（public information）として伝わる。いま、f_1の値は0であるとする。またf_2の確立分布は次のような2項分布をしているものとする。

$f_2 = 1$　　ただし確率p

$f_2 = 0$　　ただし確率$1-p$

ただし$p(0 \leq p \leq 1)$はパラメータである。

パラメータpはそれ自身が確率変数であり第1期にf_1の値が確定すると同時に（したがってτ_1^0時点に)、政府と呼ばれる主体がその値を決定する。パラメータpは平均p^eの確率変数であり、またパラメータpの確率密度関数$f(p)$は時間を通じて不変であり、各期の外国為替レートに依存しないものとする。[4] また$f(p)$は市場参加者であるディーラーは全員知っているものとする。

いま、政府が決定したpの実現値をp^+と書く。p^+の値は、公的情報としては公表されず、第1期の途中に、2人のディーラーの中の、ランダムに選ばれたいずれか1人のディーラーに対して政府から直接伝達されるものとする。[5] すなわちディーラーはpについて個人情報（private information）を持ち得る。この、pについて個人情報を持ち得る、という情報構造はいずれのディーラーも知っているものとする。

さてpについて個人情報が存在する時、pがどのような値をとっているものと想定して行動をとるかはディーラーによって必ずしも一致はしない。そこでτ_1時点でのディーラー$i(i = 1, 2)$の抱

---

[3] ここでディーラーの母国通貨がいずれも円である、と想定するのはあくまでも議論の単純化のためである。円を母国通貨とするディーラーの反応曲線は、ドルを母国通貨とするディーラーのそれとほぼ同じ形をすることは付録に示した。

[4] 第2期の経済ファンダメンタルが第1期および第2期の為替レートに対して外生的に決まるという想定は、短期の資産市場の価格形成の分析の際には妥当な想定であろう。

[5] なお政府は独自の目的関数を持たず、pの実現値p^+を決め、2人のディーラーの中の1人にp^+の値を伝達する以外の行動はとらないものとする。

く「$f_2=1$となる確率」の大きさを$p_i(\tau_1)$と書き、ディーラーiの抱く主観的確率と呼ぶことにする。するとディーラーiの抱く、第2期にファンダメンタルの値は変化しない主観的確率は$1-p_i(\tau_1)$となる。[6)]

さて各ディーラーは各期に、2つのタイプの動機に基づきドルを売買しようとする。1つは経済活動を遂行するのに応じて必要となる外国為替を需要しようとする実需である。もう1つは投機的な需要である。

外国為替に対する実需

各ディーラーは各期に、その期の経済ファンダメンタルの値を聞くと同時に(したがってτ_1^0時点およびτ_2^0時点に)その値に基づいて外国為替市場で、実需の、すなわちその期の経済ファンダメンタルの水準に依存したドルに対する需要（ドル買い注文）もしくはドルの供給（ドル売り注文）を発するものとする。それらファンダメンタルに基づく買い注文と売り注文は市場ドル超過需要曲線として集計される。この市場のドル超過需要量をゼロにさせる為替レートを「ファンダメンタルに基づく均衡為替レート」と呼ぶことにする。この「ファンダメンタルに基づく均衡為替レート」はその期の経済ファンダメンタルの実現値のみに依存して決まるものであり、第1期および第2期のそれを各々$FV_1(f_1)$(1ドル$FV_1(f_1)$円)、$FV_2(f_2)$(1ドル$FV_2(f_2)$円)と書く。$FV_1(f_1)$および$FV_2(f_2)$はいずれも

$FV_s(0)=100 \ (s=1,2)$、および
$FV_s(1)=101 \ (s=1,2)$

であるものとする。今、第1期のファンダメンタルf_1の値は0であるから、$FV_1(f_1)$は$FV_1(f_1)=100$、すなわち1ドル100円である。

投機的需要と各期の為替レート

ディーラーは第1期にファンダメンタルに基づくドルの需給を発するのみならず、投機的目的でもドルを保有しようとするものとする。すなわち第2期に売る（買う）目的で、第1期にドルを買おう（売ろう）とする。今、ディーラーi $(i=1,2)$が第1期のτ_1時点で投機的目的で保有しようとするドルの量を$s_i(\tau_1)$と書き、ディーラーiの「通貨ポジション」と呼ぶことにする。$s_i(\tau_1)>0$ならばショートポジション（ドルを売ろうとする）といい、$s_i(\tau_1)<0$ならばロングポジション（ドルを買って保有しようとする）と呼ぶことにする。[7)] 今、各ディーラーが第1期目の初期、すなわちτ_1^0時点に投機的目的で保有しているドルの量はゼロであるとする。するとディーラーi $(i=1,2)$が第1期のτ_1時点で投機的目的で保有するドルの量$s_i(\tau_1)$は、各ディーラーが市場で投機的目的で需要または供給するドルの量に等しい。なお、各ディーラーは、互いに他のディーラーの通貨ポジションを随時観察することができるものとする。

第1期に各ディーラーが$s_i(\tau_1)$という通貨ポジションを持とうとして市場にドルの買い注文あ

6) この主観的確率がどのように形成されるか、という問題は第4節で検討される。

7) ディーラーは通貨の「カラ売り」ができるものとする。

るいは売り注文を発する結果、為替レートは

$$EX(\tau_1) = FV_1(f_1) - \phi\cdot\{s_1(\tau_1) + s_2(\tau_1)\} \tag{1}$$

となるものとする。ただし ϕ はパラメータであり $\phi > 0$ であるものとする。[8)]

各期の期末の時点を各々 τ_1^c、τ_2^c と書く。ディーラー i が第1期の τ_1^c 時点で市場で発っしている投機的なドルの買い注文または売り注文の量が $s_i(\tau_1^c)$ であるとすると第1期には

$$EX(\tau_1^c) = FV_1(f_1) - \phi\cdot\{s_1(\tau_1^c) + s_2(\tau_1^c)\}$$

という為替レートで取り引きが行われ、また各ディーラーは、$s_i(\tau_1^c)$ だけのドルの投機的な売買を行う。第2期の為替レートも第1期と同種に決まるものとする。そして第1期末のトレードでディーラーが $s_i(\tau_1^c)$ という通貨ポジションを持っているので、第2期の最初の時点 τ_2^0 における外為市場の為替レート $EX(\tau_2^0)$ は

$$EX(\tau_2^0) = FV_2(f_2) - \phi_1\cdot\{s_1(\tau_1^c) + s_2(\tau_1^c)\} \tag{2}$$

となる。各ディーラーが第1期に投機的目的で買った（売った）ドルを全て第2期に売り戻す（買い戻す）ならば、第2期末の通貨ポジションはゼロに戻り、その場合(2)から第2期の為替レート $EX(\tau_2)$ は $FV_2(f_2)$ に等しくなることが分かる。

ディーラーの第1期の投機的行動

各ディーラーの第1期の投機的なドルの売買は、第1期に買った（売った）ドルは第2期に売り戻し(買い戻し)、第2期末の通貨ポジションはゼロに戻す目的で行われる。その際、各ディーラー i は第1期に、他のディーラーの注文量 $s_j(j \neq i)$ を所与として、第1期から第2期にかけて、外国為替の投機的取り引きから得ることのできる、(母国通貨である)円で測った資産の増加額 $\{(-s_i)\cdot(EX(\tau_2^c) - EX(\tau_1^c)\}$ の、各ディーラーの主観的確率で評価した期待値(それを以下では「期待資産増加額」と呼ぶ)、即ち

$$p_i\cdot(-s_i)\cdot\left\{1+\phi\left(\sum_{k=1}^{n} s_k\right)\right\} + (1-p_i)\cdot(-s_i)\cdot\left\{\phi\sum_{k=1}^{n} s_k\right)\right\} \tag{3}$$

が最大になるように s_i を選択するものとする。なお、ここで議論の簡単化のため将来時点の割引率は無視している。

反応曲線

いま $f_2 = 1$ となる確率についてディーラー i $(i = 1, 2)$ が各々 p_i という主観的確率を抱いている

---

8) このように s_i の大きさに比例して為替レートが変動するという仮定には2つの解釈が与えられ得る。1つは各ディーラーの発する s_i という取引量が市場全体の需要量または供給量に比べて十分に大きく、s_i という注文量が市場の需要曲線または供給曲線をシフトさせることによって市場の均衡為替レートを変化させるというものである。もう一方はディーラーが s_i という注文を発することにより、それを観察した他の市場参加者の将来の為替レートについての期待が変化し、そのために第1期の為替レートが変化する、というものである。後者の、市場参加者の期待というチャンネルの為替レートに及ぼす効果は、均衡アウトカムとして導出されるものであり、モデルの設定の中で初めから想定されるべきものではない。そのためここでは(1)の為替レートの変化は前者によると想定する。

場合の、各ディーラーの第1期の投機的行動を分析する。ディーラー i について(3)の問題を解くと s_i は次のように与えられる。

$$s_1 = \frac{1}{2\phi}\cdot p_1 - \frac{1}{2}\cdot s_2 \tag{4}$$

上式(4)はディーラー i の、$s_j\,(j \neq i)$ を所与とした反応関数を表している。

ディーラーの反応曲線と等期待資産増加額曲線(すなわち(3)の値を等しくするような s_1 と s_2 の組み合わせ）は図1に描かれている。図1の R_1 がディーラー1の反応曲線である（R_1 は $p_1 = 0$ の場合)。ディーラー2についても同様であり図1の中の R_2 がディーラー2の反応曲線である（R_2 は $p_2 = 0$ の場合)。

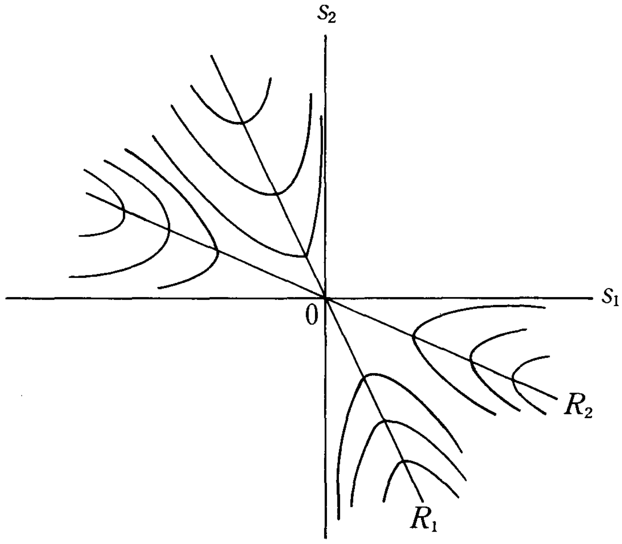

図1

均　衡

ゲームの均衡として、ナッシュ均衡を採用することにする。各ディーラーの反応曲線の交点がナッシュ均衡となる。図2では $(s_1, s_2) = (0, 0)$ がナッシュ均衡になっていることが分かる。

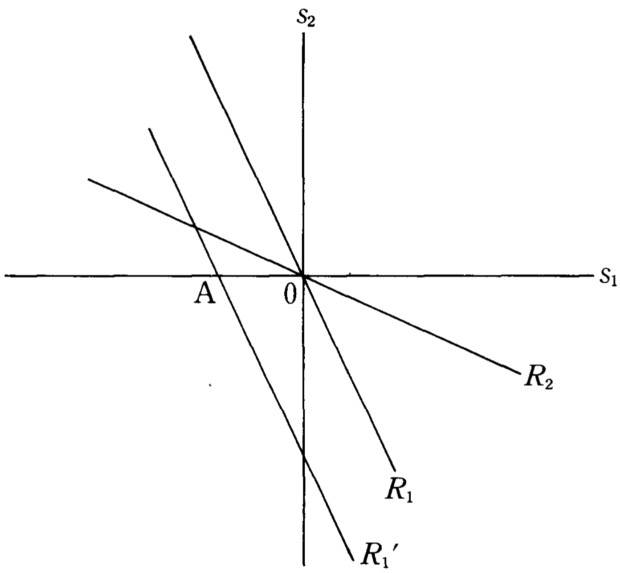

図2

一般に p_1 および p_2 が与えられている時、均衡での両ディーラーの通貨ポジションは

$$s_1 = -\frac{2}{3\cdot\phi}\cdot p_1 + \frac{1}{3\cdot\phi}\cdot p_2 \tag{5}$$

$$s_2 = -\frac{2}{3\cdot\phi}\cdot p_2 + \frac{1}{3\cdot\phi}\cdot p_1 \tag{5'}$$

となる。またこのとき第1期の為替レートは

$$EX(\tau_1) = FV_1(f_1) - \phi\cdot\{s_1 + s_2\}$$

$$= FV_1(f_1) + \frac{1}{3}(p_1 + p_2) \tag{6}$$

となる。

各ディーラーが(5)の行動を採る結果、各ディーラー i の目的関数(3)は

$$\left\{\frac{2}{3\phi}\,p_i - \frac{1}{3\phi}(p_j)\right\}\left\{-\frac{1}{3}(p_1 + p_2)\right\} + p_i\left\{\frac{2}{3\phi}\,p_i - \frac{1}{3\phi}(p_j)\right\} \tag{3'}$$

となる。

3.　個人情報の到着とその伝播

第2節では将来の経済ファンダメンタルに基づく均衡為替レート $FV_2(f_2)$ が1ドル101円になる確率についてディーラーが p_1 および p_2 という主観的確率を持っている場合の各ディーラーの投機的行動と、その際に成立する均衡を記述した。ところで第2節のように p^+ の値が第1期の途中に政府からいずれか1人のディーラー i にのみ到着するならば、そのような情報が到達した時点でディーラー i の抱く主観的確率 $p_i(\tau_1)$ の値は変化するであろう。また $p_i(\tau_1)$ が変化したことを他のディーラー j $(j \neq i)$ が（ディーラー i の行動を通じて）観察したならば、そのことによって $p_j(\tau_1)$ （ただし $j \neq i$）も変化し得るであろう。本節ではそのような情報伝達がどのように生じるか、そしてその結果、市場参加者はどのような情報を持つに至り、その結果市場ではどのような為替レートが成立するか、ということを調べる。

以下においてはモデルを簡単化し $p^e = 0$ であると想定する。$p^e = 0$ というのは「(政府の政策変更などの）ファンダメンタルの変化（プロセス・スイッチ）は近い将来には（2期以内には）起こらない（起きる確率はゼロである）と信じられている状態」と解釈される。そしてそのような場合に $p^+ > 0$、すなわち「ファンダメンタルの値が近い将来（第2期)、変化する可能性がある」という内容の個人情報を獲得するディーラーが第1期に現れた場合にその情報が市場参加者にどのような形で伝わるか、そしてその結果どのような資産価格が市場で成立するか、ということに分析する。

各ディーラー i が市場で行動を通じて（すなわち s_j を所与とした、反応曲線(4)の位置を通じて）表明する確率の値を $\hat{p}_i(\tau_1)$ $(i = 1, 2, \cdots, n)$ と書く。第1期の冒頭（τ_1^0 時点）においては $p_i(\tau_1^0) = p^e = 0$ $(i = 1, 2, \cdots, n)$ でり、したがって $\hat{p}_i(\tau_1^0) = 0$ であるものとする。τ_1^0 時点においては、すべてのディーラーは p^+ について、その平均値が $p^e = 0$ である、という情報しか持っておらず、その場合すべてのディーラーについて $p_i(\tau_1^0) = \hat{p}_i(\tau_1^0) = p^e = 0$ と想定することは自然であろう。

今、一般性を失うことなくディーラー1に、$f_2 = 1$ となる確率 p の実現値が個人情報として第1期途中の t_1 時点に政府から到着し、その結果 $p_1(t_1) = p_1^\dagger > 0$ になったとする(すなわちここでは p の実現値 p^+ は $p^+ = p_1^\dagger > 0$ であるものとする)。まず、個人情報が到着し $p_1(t_1) = p_1^\dagger > 0$ になった時、ディーラー1は $\hat{p}_1(\tau_1) = \hat{p}_1$ （ただし $0 \leq \hat{p}_1 \leq 1$）とし

$$s_1(t_1) = -\frac{1}{2\phi}\cdot\hat{p}_1 - \frac{S_j(t_1)}{2} \tag{7}$$

という行動をとるものとする。無論、$\hat{p}_1$ は必ずしも $\hat{p}_1 = p_1^\dagger$ であるとは限らない。[9] この時ディーラー1の反応関数はシフトする。図2の R_1' が(7)に対応する反応曲線であるとすると、この時ディーラー1の反応曲線は R_1 から R_1' にシフトする。

さて、上記のようなディーラー1の行動を観察することによって初めてディーラー2はディーラ

---

9) ここで $\hat{p}_1 = p_1^+$ となるかどうかという問題は第4節で検討する。

ー1に個人情報が届いたことを観察する。「ディーラー1の反応曲線のシフト」という「新しい情報」を獲得した場合、ディーラー2は何らかの追随行動をとることになる。すなわち観察された $\hat{p}_1$ の値に基づいて、ディーラー2の表明する $\hat{p}_2(\tau_1)$ を改めることになる。本稿ではディーラー $j\,(j \neq 1)$ は次のような適合的な追随の仕方で $\hat{p}_j(\tau_1)$ を改めディーラー1に追随するものと想定する。すなわち、

$$\hat{p}_2(\tau_1) = \theta_2 \cdot \hat{p}_1, \; if \; \theta_2 \cdot \hat{p}_1 < 1 \tag{8a}$$

$$\hat{p}_2(\tau_1) = 1, \; if \; \theta_2 \cdot \hat{p}_1 \geq 1 \tag{8b}$$

ただし $\theta_2 \geq 0$ とする。(8a)、(8b)の追随行動様式（行動スケジュール）は図3に示されている。また、ディーラー1が $p_1(t_1) = p_1^\dagger > 0$ となった場合に、$\hat{p}_1 > 0$ を表明しないならば(即ち誰も個人情報が到達したという素振りを見せないならば）ディーラー2は $\hat{p}_2(\tau_1) = p^e = 0$ とすると想定する。すなわち

$$\hat{p}_2(\tau_1) = 0\text{、もし個人情報の表明がない場合} \tag{8c}$$

上の(8a)、(8b)および(8c)によって示されるディーラー2の行動についての想定は、ディーラー2が $\hat{p}_1 > 0$ を観察した場合、

1. 全く追随しない、ということはなく、何らかの追随行動（即ち $\hat{p}_2(\tau_1)$ の変更）を行い、
2. その追随行動は、ディーラー1の行動（$\hat{p}_1 > 0$ の値）と非負の相関を持ち、
3. そのようなディーラー2の追随行動は単純な形の関数によって十分近似できる、

という想定を定式化したものである。[10] そして以下では、この(8a)、(8b)および(8c)で定式化された行動様式をディーラー2の strategy set（とり得る行動の集合）と考えて、その中から最適な行動（$\theta_2 \geq 0$ の選択）をディーラー2が行う場合に、個人情報がどのように為替レートに反映されるか、そして「強い情報効率性仮説」が成りたつかどうか、を調べる。

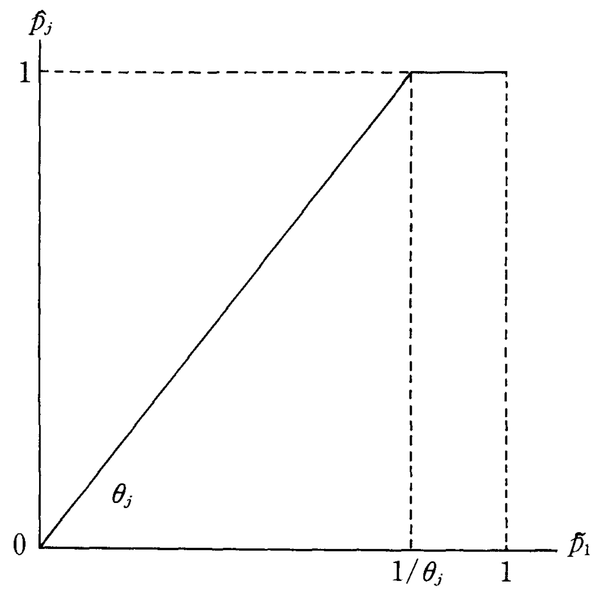

図3

以下、まずディーラー1の行動の分析を行う。まず、3―1節で(8a)の θ_2 の値が所与である場合、すなわちディーラー2の追随の仕方を所与とした場合に、ディーラー1が $\hat{p}_1$ を表明し「個人情報を持っている」ということを表明するとするならば、$\hat{p}_1$ の値としてどのよ

---

10) (8a)、(8b)および(8c)で示されたディーラー2の行動は、ディーラー2がいわばディーラー1の行動に対して適合的に反応する、と想定するものであり、ディーラー2の何らかの最適化行動から導出された反応曲線ではない。p の期待値 p^e のみを知っているディーラー2が $\hat{p}_1 > 0$ を観察した場合、それに対してどのように $\hat{p}_2(\tau_1)$ を形成するべきかを導出するような最適化行動を定義することは不可能であろう。

うな値を表明するか、ということを分析する。そしてその後、3—2節でディーラー1が $\hat{p}_1$ を表明せず、個人情報を持っているということを隠した場合のディーラー1の利得（すなわち期待資産増加額）を調べる。そしてそのことにより、ディーラー1が $\hat{p}_1$ を表明し「個人情報を持っている」ということを表明するための条件を調べる。3—3節で、ディーラー1が $\hat{p}_1$ を表明した場合と表明しない場合の、ディーラー2の利得（すなわち期待資産増加額）を求める。そしてそのようなディーラー1の θ_2 を所与とした場合の最適な行動を踏まえた上で、ディーラー2がどのような θ_2 を選ぶか、そしてその結果ディーラー1の持っていた個人情報はどのように表明され、どのように価格に反映されるか、ということを第4節で分析する。

3—1.　ディーラー1が個人情報を表明する場合

以下では、ディーラー2が(8a)および(8b)で示される追随行動をとる場合 $\theta_2\hat{p}_1 \geq 1$ となることはなく、したがってディーラー2は均衡においては(8a)で示される追随行動しか行わない、と想定して分析を行う。この想定が均衡では実際に満たされることは後の第4節で確認される。

まず、ディーラー1が $p_1(t_1) = p_1^\dagger > 0$ という個人情報を受け取り $\hat{p}_1$ を表明し、ディーラー2が(8a)の行動をとるならば、(3′)式で示されているディーラー1の目的関数は

$$\left(\frac{2}{3\phi}\hat{p}_1 - \frac{1}{3\phi}\cdot\theta_2\cdot\hat{p}_1\right)\left\{-\frac{1}{3}(\hat{p}_1+\theta_2\cdot\hat{p}_1)\right\} + p_1^\dagger\left(\frac{2}{3\phi}\hat{p}_1 - \frac{1}{3\phi}\cdot\theta_2\cdot\hat{p}_1\right) \tag{9}$$

となる。(9)を $\hat{p}_1$ で微分し、イコールゼロとおくと

$$2\cdot\hat{p}_1\cdot\left(\frac{2}{3\phi}-\frac{1}{3\phi}\cdot\theta_2\right)\cdot\left(-\frac{1}{3}-\frac{\theta_2}{3}\right)+p_1^\dagger\cdot\left(\frac{2}{3\phi}-\frac{1}{3\phi}\cdot\theta_2\right) = 0$$

となる。これを $\hat{p}_1$ について解くと

$$\hat{p}_1 = \frac{3}{2}\cdot\frac{1}{1+\theta_2}\cdot p_1^\dagger \tag{10}$$

$$p_2(\tau_1) = \frac{3}{2}\cdot\frac{\theta_2}{1+\theta_2}\cdot p_1^\dagger \tag{10′}$$

となる。またディーラー1とディーラー2が各々(10)と(10′)という行動をとるとき、ディーラー1の目的関数は(3′)より

$$\frac{1}{2\phi}\cdot\frac{1}{1+\theta_2}\cdot(2-\theta_2)\cdot\frac{1}{2}\cdot(p_1^\dagger)^2 \tag{11}$$

となる。

3—2.　ディーラー1が個人情報を持っていることを表明しない場合

ディーラー1は個人情報を受け取って $p_1(t_1) = p_1^\dagger > 0$ となった場合に、必ずしも $\hat{p}_1 > 0$ を表明するとは限らない。すなわちディーラー1は個人情報が到着したとしても、そのことを表明しない、という行動をとることもできる。ディーラー1がそのような「表明しない」という行動をとった場合、ディーラー2にとっては誰が個人情報を持っているか分からないし、当然ながら p の実現値 $p_1^\dagger$ の値も分からないことになる。そして $\hat{p}_1 > 0$ を表明し、ディーラー2に追随されるよりも、$\hat{p}_1 > 0$ を表明しない場合の方がディーラー1にとって有利であるならば、ディーラー1は $\hat{p}_1 > 0$ を表明し

ないであろう。

我々は個人情報が到着し $p_1(t_1) = p_1^\dagger > 0$ となったディーラー1が何ら行動を変えない（すなわち $\hat{p}_1 > 0$ を表明しない）ならば、他のディーラーは(8c)の行動をとると想定している。すなわちそのような場合すべてのディーラーは $\hat{p}_i(\tau_1) = p^e$ とすると想定している。その場合(3′)からディーラー1の期待資産増加額は

$$\left\{\frac{1}{3\phi}p^e\right\}\left\{p_1^\dagger - \frac{2}{3}p^e\right\} \tag{12}$$

となる。$p^e = 0$ の時、(12)の値はゼロになる。

さて(11)と(12)から、ディーラー1が $\hat{p}_1 > 0$ を表明し、自分が個人情報を持っていることを表明するのは

$$\frac{1}{2\phi}\cdot\frac{1}{1+\theta_2}\cdot(2-\theta_2)\cdot\frac{1}{2}\cdot(p_1^\dagger)^2 \geq \left\{\frac{1}{3\phi}p^e\right\}\left\{p_1^\dagger - \frac{2}{3}p^e\right\} \tag{13}$$

となる場合である。(13)を満たすような $p_1^\dagger$ の範囲を P^+ と書くことにする。P^+ は p^e の値および θ_2 の値に依存して決まる。そして $p^e = 0$ の時、(13)から、もし $2-\theta_2 \geq 0$ であるならば $P^+ = [0, 1]$ となり、もし $2-\theta_2 < 0$ であるならば $P^+ = \emptyset$ となることが分かる。

3—3. ディーラー2の利得

さてディーラー2の行動、すなわち θ_2 の選択を考察する。まず、個人情報が存在する場合のディーラー2の目的関数について考察する。$p_1^\dagger$ は、ディーラー2にとっては自分の利得関数(3)の中のパラメータである。したがって $p_1^\dagger$ の真の値を知ることができないならばディーラー2は自分の目的関数を正確に知ることができないことになる。その場合にディーラー2はどのような行動をとるであろうか。この、ディーラー2の目的関数および最適化行動については第4節で定義される。そのための準備として、以下、この小節ではディーラー2が $p_1^\dagger$ の真の値を知っていると仮定した場合のディーラー2の利得を調べる。

もし(3′)において、ディーラー2が $p_1^\dagger$ の値を知っていると想定するならば、ディーラー2の目的関数は

$$\left(\frac{2}{3\phi}\hat{p}_2 - \frac{1}{3\phi}\hat{p}_1\right)\left\{-\frac{1}{3}(\hat{p}_1+\hat{p}_2)\right\} + p_1^\dagger\left(\frac{2}{3\phi}\hat{p}_2 - \frac{1}{3\phi}\hat{p}_1\right) \tag{3″}$$

となる。(3″)は、ディーラー2自身は知っていないかもしれないが、しかしディーラー2にとって θ_2 の選択を通して最大化するべき「真の目的関数」ということになる。

以下ではディーラー2の、ディーラー1が $\hat{p}_1 > 0$, $\hat{p}_1 \neq p_1^\dagger$ を表明した場合の真の目的関数の値と、$\hat{p}_1 > 0$, $\hat{p}_1 \neq p_1^\dagger$ を表明しない場合の真の目的関数(3″)の値を考察する。

まず、ディーラー2が θ_2 を表明している場合の、ディーラー1が確率 $\hat{p}_1 > 0$ を表明し、それに各ディーラーが追随する場合の真の期待資産増加額(3″)を $E\pi_2(\hat{p}_1\,;\theta)$ と書く。この場合、ディーラーは(10)と(10′)という行動をとることになるので、したがって(3″)より $E\pi_2(\hat{p}_1\,;\theta)$ は

$$\left\{\frac{2}{3\phi}\cdot\left(\frac{3}{2}\cdot\frac{\theta_2}{1+\theta_2}\right)p_1^\dagger-\frac{1}{3\phi}\left(\frac{3}{2}\cdot\frac{1}{1+\theta_2}\right)p_1^\dagger\right\}\cdot\left\{-\frac{1}{3}\cdot\frac{3}{2}\frac{1+\theta_2}{1+\theta_2}p_1^\dagger\right\}$$

$$+p_1^\dagger\cdot\left\{\frac{2}{3\phi}\cdot\left(\frac{3}{2}\cdot\frac{\theta_2}{1+\theta_2}\right)p_1^\dagger-\frac{1}{3\phi}\left(\frac{3}{2}\cdot\frac{1}{1+\theta_2}\right)p_1^\dagger\right\} \tag{14}$$

となる。これを計算すると、次のようになる。すなわち

$$E\pi_2(\bar{p}_1\,;\theta)=\frac{1}{2\cdot\phi}\cdot\left\{\frac{2\cdot\theta_2}{1+\theta_2}-1\right\}\cdot\left(\frac{1}{2}\right)\cdot(p_1^\dagger)^2 \tag{14'}$$

この(14′)は θ_2 の単調増加関数である。

一方、ディーラー1が $p_1(t_1)=p_1^\dagger>0$ となった場合に、$\bar{p}_1>0$, $\bar{p}_1\neq p_1^\dagger$ を表明せず、すべてのディーラーは $p_i(\tau_1)=p^e$ とした場合のディーラー j $(j\neq 1)$ の、仮に $p_1^\dagger>0$ を知っているとした場合の、すなわちディーラー $j(j\neq 1)$ の真の期待資産増加額を $E\pi_2(p^e;\theta)$ と書く。すると $E\pi_2(p^e;\theta)$ はディーラー1の期待資産増加額と等しく

$$E\pi_2(p^e;\theta)=\left\{\frac{1}{(n+1)\phi}p^e\right\}\left\{p_1^\dagger-\frac{n}{n+1}p^e\right\} \tag{15}$$

となる。(15)から $p^e=0$ の時 $E\pi_2(p^e;\theta)=0$ であることが分かる。

4.　2段階ゲーム

我々は次のような2段階ゲームを考えることができる。すなわち第1段階(2期ゲームの始まる前の段階)ではディーラー2は θ_2 を選ぶ。そしてディーラー2が θ_2 を選ぶと、第2段階(2期ゲームの第1期)で、ディーラー1は $p^+=p_1^\dagger$ という個人情報を受け取った上で、θ_2 を所与として $\bar{p}_1>0$ を表明することが有利であれば $\bar{p}_1>0$ を表明する。もしそれが不利であれば $\bar{p}_1>0$ を表明しない。ディーラー1が $\bar{p}_1>0$ を表明した場合にはディーラー2は(8a)および(8b)で示された追随行動を行い第2節の(5)式で記述された均衡が成立する。その場合のディーラー2の期待資産額は $E\pi_2(\bar{p}_1;\theta)$ となる。ディーラー1が $\bar{p}_1>0$ を表明しない場合にはすべてのディーラーは $\bar{p}_i=p^e=0$ とし、そのもとで(5)で示された均衡が成立する。その場合のディーラー2の期待資産増加額は $E\pi_2(p^e;\theta)$ となる。第1段階でディーラー2は θ_2 を所与として期待資産増加額の期待値

$$\int_{p_1^\dagger\subset P^+}E\pi_2(\bar{p}_1\,;\theta)f(p_1^\dagger)\,dp_1^\dagger+\int_{p_1^\dagger\not\subset P^+}E\pi_2(p^e;\theta)f(p_1^\dagger)\,dp_1^\dagger \tag{16}$$

が最大になるように θ_2 を選択するものとする。[11)]

定義：均衡

すべての j $(j\neq 1)$ について、θ_j が $\{\theta_2,\theta_3,\cdots,\theta_{j-1},\theta_{j+1},\cdots,\theta_n\}$ を所与として(16)を最大にしているならば、そのような戦略のプロファイル $\{\theta_2,\theta_3,\cdots,\theta_{j-1},\theta_j,\theta_{j+1},\cdots,\theta_n\}$ でゲームは均衡してい

11) ディーラー2は θ_2 の値を選ぶ前に p_1^+ を観察することはできない。したがって p_1^+ がどのような値をとって、その結果 $E\pi_2(\bar{p}_1;\theta)$ および $E\pi_2(p^e;\theta)$ がどのような関数になるかということを、θ_2 の値を選ぶ前には観察することはできない。しかしディーラー2は(13)から θ_2 の値に応じて P^+ がどのように決まるか知ることができる。またディーラー2は p_1^+ の分布関数 $f(p)$ を知っている。したがってディーラー2は(16)は知っており、(16)を最大化するよう θ_2 を選ぶことは出来る。

るという。また $\{\theta_2, \theta_3, \cdots, \theta_{j-1}, \theta_j, \theta_{j+1}, \cdots, \theta_n\}$ を均衡戦略と呼ぶ。

一般の場合、すなわち $p^e > 0$ の場合について上に定義された均衡を求めること(あるいはその存在を証明すること)は計算の複雑さのため、容易ではない。しかしながら $p^e = 0$ の場合、均衡は比較的簡単に求めることが出来る。

均衡：$p^e = 0$ のとき

$p^e = 0$ のときディーラー1にとっては(13)から、$n - \theta_2 \geq 0$ であるならば $P^+ = [0, 1]$ となり、$n - \theta_2 < 0$ ならば $P^+ = \varnothing$ となる。

したがってディーラー j $(j \neq 1)$ が $n - \sum_{k \neq 1} \theta_k \geq 0$ となるよう θ_j を選ぶならば、$P^+ = [0, 1]$ となり、その時(16)は

$$\int_{p_1^\dagger \subset P^+} E\pi_2(\tilde{p}_1; \theta) f(p_1^\dagger) dp_1^\dagger + \int_{p_1^\dagger \not\subset P^+} E\pi_2(p^e; \theta) f(p_1^\dagger) dp_1^\dagger$$

$$= \int_{p_1^\dagger \subset P^+} E\pi_2(\tilde{p}_1; \theta) f(p_1^\dagger) dp_1^\dagger + \int_{p_1^\dagger \not\subset P^+} 0 f(p_1^\dagger) dp_1^\dagger$$

$$= \frac{1}{2 \cdot \phi} \cdot \left\{ \frac{2 \cdot \theta_2}{1 + \theta_2} - 1 \right\} \cdot \left(\frac{1}{2} \right) \cdot \int_{p_1^\dagger \in [0, 1]} (p_1^\dagger)^2 f(p_1^\dagger) dp_1^\dagger \tag{17}$$

となる。$\dfrac{2 \cdot \theta_2}{1 + \theta_2} - 1 \geq 0$ であるならば(17)はゼロまたは正の値をとる。一方、$2 - \theta_2 < 0$ とするならば $P^+ = \varnothing$ となり(16)は

$$\int_{p_1^\dagger \subset P^+} E\pi_2(\tilde{p}_1; \theta) f(p_1^\dagger) dp_1^\dagger + \int_{p_1^\dagger \not\subset P^+} E\pi_2(p^e; \theta) f(p_1^\dagger) dp_1^\dagger$$

$$= \int_{p_1^\dagger \not\subset P^+} 0 f(p_1^\dagger) dp_1^\dagger = 0$$

となる。したがってディーラー2は $2 - \theta_2 \geq 0$ という制約と、$\dfrac{2 \cdot \theta_2}{1 + \theta_2} - 1 \geq 0$ という制約を同時に満たしつつ

$$\frac{1}{2 \cdot \phi} \cdot \left\{ \frac{2 \cdot \theta_2}{1 + \theta_2} - 1 \right\} \cdot \left(\frac{1}{2} \right) \cdot \int_{P_1^\dagger \in [0, 1]} (p_1^\dagger)^2 f(p_1^\dagger) dp_1^\dagger \tag{17'}$$

を最大化するよう θ_2 を選ぶならば、目的関数(16)を最大化することになる。

この場合、ディーラー2が $\theta_2 = 2$ とすることは明らかであろう。

均衡における各ディーラーの行動および成立する価格

また $\theta_2 = 2$ の時、(10)および(10')より

$$\tilde{p}_1 = \frac{1}{2} \cdot p_1^\dagger \tag{18}$$

$$\tilde{p}_2 = p_1^\dagger \tag{18'}$$

となる。(18)および(18′)から $0 \leq \hat{p}_1 \leq \frac{1}{2}$ および $0 \leq \hat{p}_2 \leq 1$ となることは明らかである。このときの $\hat{p}_1$ および $\hat{p}_j$ の関係は図4に示されている。(18)は、$p_1^{\dagger} > 0$ ならば $\hat{p}_1 > 0$ となることを示しており、このことは個人情報が存在する場合にはその個人情報を持つ個人は「個人情報を持っている」ということ自体は必ず行動を通じて表明するということを意味する。言い換えるならば個人情報は「握り潰される」ということはない、ということを意味する。

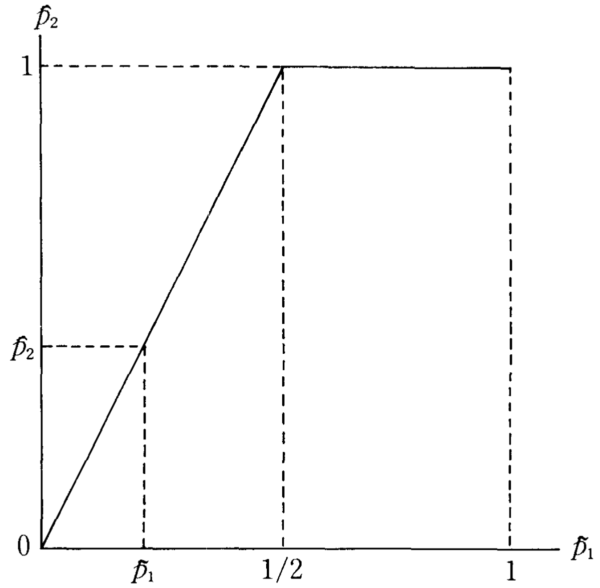

図4

また(18)および(18′)を(6)に代入すると、市場では

$$EX(\tau_1) = FV_1(f_1) + \frac{1}{2} \cdot p_1^{\dagger} \tag{19}$$

という価格が成立することが分かる。すなわち市場で成立する為替レートは(19)のように個人情報を過小に反映した値になることが分かる。

5. 結　　論

本稿ではプロセス・スイッチの起きる可能性のある外国為替市場において、そのような可能性について個人情報が到着した場合、その到着した個人情報がどのように市場参加者全体に伝達され、その結果その情報がどのように外国為替レートに反映されるかを調べた。言い換えるならば「強い情報効率性」が市場で成立するかどうかを調べた。

主要な結果は以下の通りにまとめられる。すなわち「個人情報を持っていない市場参加者」が個人情報を受け取った市場参加者の売買行動を観察してそれと正の相関を持つ追随的な外国為替売買を行うならば、将来の為替レートがプロセス・スイッチを起こす確率について個人情報を受け取った市場参加者は、市場で資産の売買を行うことを通じて個人情報を持つことを必ず表明する。しかしながらその際その個人情報を正しくは表明せず、それよりも小さな値を表明する。そしてその結果市場では個人情報の内容を過小に反映した値が形成される。

参　考　文　献

伊藤隆敏(1992),「為替レートの決定理論II」, 伊藤隆敏編「国際金融の現状」有斐閣.

Ito, T., Lyons, R., K., and M.T. Melvin (1997), "Is There Private Information in the FX Market? The Tokyo Experiment," NBER Working Paper No. 5936, 1997.

Kaminsky, G., and R. Peruga, (1991). "Credibility Crisis: the Dollar in the Early 1980s," *Journal of International Money and Finance* **10**, 170-192.

付録：外国人トレーダーの目的関数と行動

ディーラー j の母国通貨はドルであるものとする。その場合のディーラー j の目的関数を記述する。

ディーラー j は母国通貨であるドルで測った資産の増加額を最大にしようとする。その際、ディーラー j は次のような取り引きを経る。すなわち

1. 第1期には s_jだけドルを売って、$s_j \cdot EX(\tau_1^c)$ だけ円を手に入れる。
2. 次に、その $s_j \cdot EX(\tau_1^c)$ だけの円を、2期の末に1ドル $EX(\tau_2^c)$ 円（1円あたり $\frac{1}{EX(\tau_2^c)}$ ドル）で売って $\frac{s_j \cdot EX(\tau_1^c)}{EX(\tau_2^c)}$ ドルを手に入れる。

したがってディーラー j は $\frac{s_j \cdot EX(\tau_1^c)}{EX(\tau_1^c)} - s_j$ の期待値 $E_j\left(\frac{s_j \cdot EX(\tau_1^c)}{EX(\tau_2^c)} - s_j\right)$ が最大になるように s_j を選ぶことになる。この $E_j\left(\frac{s_j \cdot EX(\tau_1^c)}{EX(\tau_2^c)} - s_j\right)$ を計算すると

$$
\begin{aligned}
E_j\left(\frac{s_j \cdot EX(\tau_1^c)}{EX(\tau_2^c)} - s_j\right) &= E_j\left\{(-s_j) \cdot \left(1 - \frac{EX(\tau_1^c)}{EX(\tau_2^c)}\right)\right\} \\
&= p_i \cdot (-s_i) \cdot \left\{\frac{1 + \phi\left(\sum_{k=1}^{n} s_k\right)}{101}\right\} + (1 - p_i) \cdot (-s_i) \cdot \left\{\frac{\phi\left(\sum_{k=1}^{n} s_k\right)}{100}\right\} \\
&\approx \frac{1}{100} \cdot \left[p_i \cdot (-s_i) \cdot \left\{1 + \phi\left(\sum_{k=1}^{n} s_k\right)\right\} + (1 - p_i) \cdot (-s_i) \cdot \left\{\phi\left(\sum_{k=1}^{n} s_k\right)\right\}\right] \qquad \text{(3a)}
\end{aligned}
$$

となる。上の(3a)は、円を母国通貨とするディーラーの目的関数

$$
p_i \cdot (-s_i) \cdot \left\{1 + \phi\left(\sum_{k=1}^{n} s_k\right)\right\} + (1 - p_i) \cdot (-s_i) \cdot \left\{\phi\left(\sum_{k=1}^{n} s_k\right)\right\} \qquad (3)
$$

の値を100分の1倍したものになり、したがって(3)あるいは(3a)を最大化するような s_j はほぼ一致することが分かる。