

私的情報と価格形成：ファイナンス実験 －情報を累積しても配当を一意に予測できない場合－

青山学院大学大学院国際マネジメント研究科 中里宗敬（報告者）

ニッセイ基礎研究所金融研究部門 北村智紀・中嶋邦夫

早稲田大学大学院ファイナンス研究科 米澤康博

要旨：私的情報が各トレーダーに分散されていても、情報を累積すると証券の配当を一意に予測できる場合、株価は REE 価格に収束する。しかし、情報を累積しても配当を予測できない場合、トレーダーが自己の私的情報に加え、価格の変動を観察し、他のトレーダーが持つ情報を推察して、REE 価格を発見しようとする行動が、ミスプライスの要因になる。

キーワード：合理的期待均衡価格， ミスプライス， 実験ファイナンス

1. はじめに

本稿は、私的情報がトレーダー間に分散して存在し、その分布があいまい(Ambiguous)な場合に、予測可能なミスプライシングが生じることを検証する。Plott and Sunder (1982), Plott and Sunder (1988), Sunder (1992)は、私的情報は市場における取引を通じて、市場に情報が累積され、情報を持たないトレーダーへも伝播し、取引価格は私的情報を全て反映した合理的期待均衡価格（以下、REE 価格：rational expectation equilibrium 価格）へ収束することを示した。特に、情報が各トレーダーに分散されていても、情報を累積すると証券のペイオフを一意に予測できる場合、株価は REE 価格に収束する。しかし、実際の証券市場は、どのような私的情報を持つかについてはわからず、私的情報を累積しても、将来のペイオフを一意に予測できることはありえない。このような場合、価格形成の誤り（ミスプライス）が生じる。このミスプライスは、誤った情報が市場に累積するために生じるのではなく、トレーダーが自分の持つ私的情報に加え、他のトレーダーが持つ私的情報を、市場価格の変動より推察して REE 価格を発見しようとする合理的取引戦略が要因となる。

2. 実験フレームワーク

被験者（以下、トレーダーと呼ぶ）は毎試行の初期時に株式 20 株と現金 2000 ドルを得る。試行は 2 期間あり、期間 1 では市場構造として A, B, C（各確率 1/3）が生じ、期間 2 では状態 X, Y, Z（各確率 1/3）が生じる。各市場構造と状態に応じて表 1 のような配当が支払われる。配当は各期間末に各トレーダーの持つ現金に加算される。実現する市場構造、

状態は全トレーダーに共通である。

[ここに表 1 を挿入]

トレーダーは期間 1 及び期間 2 で株式を取引できる。株価は内生的に決まる。トレーダーは市場に Bid, Ask, Sell, Buy することができる。取引時間は各期間 300 秒で、取引時間内であれば、株数・回数に制限なく取引できる。空売り、現金の借入に対する制限はない。実験は異なるトレーダーに対して 2007 年 1 月と 2 月の 2 日間行った。実験 1 は 8 試行、実験 2 は 9 試行を行った。実験説明書は著者へのリクエストにより入手できる。賞金は、参加報酬として 1000 円、成功報酬として 2 回目以降の各試行に対して、配当清算後の期間 2 末で保有する現金を累積し、累積額の 1/10 を支払った。賞金の最高額を、予算の都合上 21000 円、最低額は 0 円とし、予めトレーダーに通知した。平均賞金額は、参加報酬を含めて 5023 円であった。トレーダー数は、実験 1 は 26 名、実験 2 は 27 名であり、青山学院大学及び大学院の学生であった。

私的情報の伝播と株価形成を検証するために、各トレーダーに以下のうち 1 つの私的情報を提供した。期間 2 において、[XY]: 状態 X か Y が生じる、[YZ]: 状態 Y か Z が生じる、[ZX]: 状態 Z か X が生じる、[NO]: 私的情報はない。各トレーダーには、これらの私的情報の存在を説明したが、どの情報が、どれだけのトレーダーに伝えられるか、は明示しなかった。私的情報は、実験 1 では試行 2 の後、実験 2 では試行 3 の後に説明した。つまり、それ以前では、私的情報の存在は説明せず、存在さえも知らない場合での価格形成を見た。

トレーダーは株式を安く買うほど、高く売るほど高い賞金を獲得できるため取引動機がある。トレーダーの行う取引は、以下の 4 種類の取引に定義できる。(A) 私的情報に基づく裁定取引、(B) 私的情報と市場の値動きを利用した推察取引、(C) 調査取引、(D) 流動性取引、の 4 種類である。(D) は、トレーダーがスプレッド分の利益を目的として Ask と Bid を提示し売買に応じる取引である。本稿では、私的情報が完全に市場に伝播するまで、(D) は存在すると仮定する。(A) はトレーダーが持つ私的情報により、リスクなしで利益を得られる取引である。例えば、市場構造が A の時、[XY]を持つトレーダーは、配当が 0 と既知なので、市場の $Bid^* > 0$ に対して Sell で応じるか、市場に既にある Ask^* より低い Ask を提示し、応じるトレーダーがいれば無リスクで利益を得る (*はベスト Bid/Ask を表す)。

(B) は、情報が市場に伝播する過程で、トレーダーが自己の持つ私的情報に加え、市場の値動きを観察し、他のトレーダーが持つ私的情報を推察して、状態(配当)を予測し、利益を得ようとする取引である。例えば、市場構造が A の時、[YZ]を持つトレーダーは、他のトレーダーが市場にある Bid^* に Sell 応じる取引が続き、 Bid^* が低下していることが観察できるならば、市場には、[XY]が存在すると推察でき、配当は 0 と予測できる。このような場合、市場に存在する $Bid^* > 0$ に対して Sell で応じるか、市場に既にある Ask^* より低い

Ask を提示し、これに応じるトレーダーがいれば利益を得る。逆に、市場にある Bid*に Sell で応じる取引が続くわけではなく、Bid*や Ask*の低下が観察できないのであれば、市場には [XY]を持つトレーダーは存在せず、その代わり、[ZX]を持つトレーダーが存在するものと推察し、自己の持つ[YZ]と、この推察した[ZX]で、状態 Z が起きるものと予測し、利益を上げることができる。

市場構造 B で $Bid^* < Y < Ask^*$ の場合で、各トレーダーに私的情報があっても、(A) や (B) はできない。(C) は、この場合に一定のコストを支払って、市場の私的情報を調査し、配当を推察する積極的な取引である。例えば、[XY]を持つトレーダーは、市場にある最善の Ask*を下回り、かつ、Y も下回る Ask を提示する。この時、この Ask に対して Buy で応じるトレーダーが続けば、市場には[YZ]が存在し、裁定取引によりこの Ask に応じたものと推察できる。逆に、Buy で応じるトレーダーがいなければ、市場には[YZ]はなく、代わりに [ZX]が存在すると推察し、自己の持つ[XY]と推察した[ZX]より配当は X と予測する。

市場に存在する私的情報の構造により、価格形成の違いを分析するために、(ア) 無私的情報市場、(イ) 完全私的情報市場、(ウ) 不完全私的情報市場を定義する。(ア) は、トレーダーは私的情報の存在も知らない市場である。(イ) は、市場にある全情報を累積すれば、配当が一意に予測可能な市場とする。(ウ) は、私的情報は存在するが、全情報を累積しても配当が予測できない市場とする。各情報市場における価格形成を検討する。(ア) 無私的情報市場では、トレーダーが知りうる情報は表 1 だけであり、取引価格は、

予測 1 : (ア)無私的情報市場では、株価はリスク中立価格か、トレーダーのリスク回避度に応じて、それを下回る価格に収束する。

これに対して、(イ) 完全私的情報市場では、私的情報が完全に伝播し、

予測 2 : (イ)完全私的情報市場では、株価は事前実現値 (REE 価格) に収束する。

最後に、(ウ) 不完全私的市場では、価格変動の観察をすることで、実際には存在しない私的情報が、あたかも存在するように推察され、(イ) では REE 価格を導出する取引戦略により、

予測 3 : (ウ)不完全私的情報市場では、予測可能なミスプライスが起ころうる。

本稿の設定の市場構造と私的情報での具体的なミスプライスとしては、

予測 3.1 : 市場構造 A で、トレーダー全員に[YZ], [ZX], あるいは、[NO]のいずれかの私的情報を与える時、実現値が Z 以外であっても、株価は Z に収束する。

予測 3.2 : 市場構造 B で、トレーダー全員に[XY]の私的情報を与える時、実現値が Y であっても、株価は X に収束する。

予測 3.3 : 市場構造 B で、トレーダー全員に[YZ]の私的情報を与える時、実現値が Y であっても、株価は Z に収束する。

予測 3.4 : 市場構造 B で、トレーダー全員に[XZ]の私的情報を与える時、実現値が Z

であっても、株価は X に収束する場合がある。この場合とは、取引開始時に $Ask^* < Y$ であるか、 $Bid^* < Y < Ask^*$ である時に、 $Ask < Y$ を提示する調査取引が行われる場合である。また、実現値が X であっても、 Z に収束する場合がある。この場合とは、取引開始時に $Y < Bid^*$ であるか、 $Bid^* < Y < Ask^*$ である時に、 $Y < Bid$ を提示する調査取引が行われる場合である。

予測 3.5 : (今回の実験で検証) 市場構造 B で、トレーダー全員に $[NO]$ の私的情報を与える時、実現値が Y であっても、株価は X か Z に収束する。 X に収束する場合は、取引開始時に $Ask^* < Y$ であるか、 $Bid^* < Y < Ask^*$ である時に、 $Ask < Y$ を提示する調査取引が行われる場合であり、 Z に収束する場合は、取引開始時に $Y < Bid^*$ であるか、 $Bid^* < Y < Ask^*$ である時に、 $Y < Bid$ を提示する調査取引が行われる場合である。

理由 : トレーダーは $[NO]$ であるが、 $[XY]$, $[YZ]$, $[ZX]$ が在り得ることは知っている。取引開始当初、(1) $Y < Bid^*$ である場合、 $[XY]$ は存在しないため、この Bid^* に対する Buy を行う裁定取引はない。そのため、トレーダーも $[XY]$ は存在しないと認識する。流動性取引や期待値を志向するトレーダーの取引で生じる価格変動を観察することにより、 REE 価格発見に熟練したトレーダーの中には、推察取引により、本来は存在しない $[YZ]$ と $[XZ]$ が存在すると認識(**)するようになり、配当を Z と予測するトレーダーが生じる。一旦、株価が Z に向かうと、これを戻す新たな情報はないため、株価は Z に収束する。(2) $Ask^* < Y$ である場合、(1) と対称に、株価は X に収束する。(3) $X < Bid^* < Y < Ask^* < Z$ の場合、推察取引はできないので、市場のある私的情報を推察するため調査取引を行う。 $Y < Bid$ を提示した場合、(1) と同様、株価は Z に収束する。 $Ask < Y$ を提示した場合、(2) と同様、株価は X に収束する。

予測 3.6 : 市場構造 C で、トレーダー全員に $[XY]$, $[ZX]$, あるいは、 $[NO]$ のいずれかの私的情報を与えた時、実現値が X 以外であっても、株価は X に収束する。

表 5 は以上の予測をまとめたものである。(**)の理由としては、過去の取引 (特に (i) の場合) 時の記憶や、私的情報の分布が *Ambiguous* であるため、 $[YZ]$ と $[ZX]$ の割合がゼロと認識できず、この私的情報を持つ者が少しは存在すると考えるためだと思われる。

[ここに表 5 を挿入]

3. 実験結果

予測 1,2 及び予測 3.5 が成立するか実験を行って検証した。表 6 は実験の設定と結果のサマリーである (太枠が予測 3.5 の検証)。予測 1,2 では、過去の研究を同じく、株価は概ね REE 価格に収束した。予測 3.5 では、試行 4 回のうち 3 回が予測どおりとなった。予測どおりにならなかった試行は、市場が *informative* ではなかったのが理由と考えられる。

[ここに表 6 を挿入]

4. 結論

(ア)無私的情報市場, (イ)完全私的情報市場の場合には, 過去の研究と同様, 取引価格は REE 価格となった. これに対して, (ウ)不完全情報市場 (予測 3.5) の場合, REE 価格の導出に熟練したトレーダーは, REE 価格を導く取引により, 市場に存在しない私的情報まで考慮してしまうことにより, ミスプライスが生じる可能性があることについて確認した.

表 1 : 市場構造と状態 (配当)

		期間1 での配当	状態(期間2での配当)		
			X	Y	Z
市場 構造	A	0	0	0	100
	B	25	0	100	200
	C	50	100	200	200

(注) 期間 1 末の配当により市場構造が決まる. それぞれの市場構造に応じて期間 2 における各状態での配当が異なる. 例えば, 期間 1 での配当が 25 ドルであった場合, 市場構造 B が実現し, 状態 X での配当は 0 ドル, 状態 Y での配当 100 ドル, 状態 Z での配当は 200 ドルである. 各市場構造, 状態が生じる確率は等確率であり, 各トレーダーにも既知である. 各トレーダーは実験時間中, 表 1 は常に参照できた.

表 5 : 情報構造と私的情報の構成による REE とミスプライス予測

情報構造	市場構造	私的情報	REE	実現値	予測	
無私的情報市場	Any	N/A	$(X+Y+Z)/3$	Any	$(X+Y+Z)/3$	
完全私的情報市場	Any	[XY]と[YZ]	Y	Y	Y	
		[YZ]と[ZX]	Z	Z	Z	
		[ZX]と[XY]	X	X	X	
不完全私的情報市場	A ($X=Y=0,$ $Z=100$)	[YZ]	$(Y+Z)/2$	(Yであっても)	Z	
		[ZX]	$(Z+X)/2$	(Xであっても)	Z	
		[NO]	$(X+Y+Z)/3$	Any	Z	
	B ($X=0,$ $Y=100,$ $Z=200$)	[XY]	$(X+Y)/2$	(Yであっても)	X	
		[YZ]	$(Y+Z)/2$	(Yであっても)	Z	
		[XZ]	$(Z+X)/2$	X Z	Zがありうる Xがありうる	
			[NO]	$(X+Y+Z)/3$	Any	XかZ
	C ($X=100,$ $Y=Z=200$)	[XY]	$(X+Y)/2$	(Yであっても)	X	
		[ZX]	$(Z+X)/2$	(Zであっても)	X	
[NO]		$(X+Y+Z)/3$	Any	X		

(注) 「Any」とは, 任意の市場構造, あるいは, 実現値を指す. 私的情報で[XY]とは配当が X か Y が実現すること示す私的情報である. [YZ]と[ZX]は同様. [NO]は私的情報を得られなかったことを示す. 各情報のコストはゼロである. 「REE」は Rational Expectation Equilibrium Price (合理的期待均衡株価) の略. 「実現値」は実験で設定する配当, 「予測」は実験での予測取引価格を表す. 影のついた部分は, 実験により検証を行った予測を示す (影以外の部分は現在のところ実験していない).

表 6 : 実験の設定, 予測と実験結果のサマリー

実験	試行 (Trial)	情報 構造	市場 構造	私的情報	実現値	REE	予測	実験結果				
								平均Bid	平均Ask	Bidと Ask の平均	平均 LAST	
1	1.1	練習										
	1.2	無情報	A	N/A	X 0	33	33	16.7	62.3	39.5	37.8	
	1.3	完全	C	[XY], [YZ]	Y 200	200	200	190.6	200.0	195.3	200.0	
	1.4	完全	A	[YZ], [ZX]	Z 100	100	100	99.9	100.5	100.2	100.0	
	1.5	完全	B	[XY], [YZ]	Y 100	100	100	99.1	103.3	101.2	100.1	
	1.6	不完全	B	[NO]	X 0	100	0か200	100.0	100.1	100.0	99.9	
	1.7	完全	C	[XY], [ZX]	X 100	100	100	170.0	198.5	184.2	194.2	
	1.8	不完全	B	[NO]	Y 100	100	0か200	122.0	132.1	127.0	132.8	
2	2.1	練習										
	2.2	無情報	B	N/A	Z 200	100	100	123.8	124.8	124.3	123.6	
	2.3	無情報	A	N/A	X 0	33	33	32.1	33.3	32.7	32.6	
	2.4	完全	C	[XY], [ZX]	X 100	100	100	169.8	179.6	174.7	177.1	
	2.5	完全	B	[XY], [YZ]	Y 100	100	100	99.9	115.5	107.7	104.9	
	2.6	完全	A	[XY], [ZX]	X 0	0	0	0.0	0.9	0.5	0.1	
	2.7	不完全	B	[NO]	X 0	100	0か200	170.2	189.3	179.8	184.1	
	2.8	完全	C	[YZ], [ZX]	Z 200	200	200	175.0	200.3	187.6	200.0	
	2.9	不完全	B	[NO]	Y 100	100	0か200	184.7	197.8	191.2	194.2	

(注) 平均 Bid とは, 平均 Ask は, 平均 LAST とは, それぞれ, 取引終了前の 60 秒間に提示された Bid の平均値, Ask の平均値, 取引価格の平均値であり, Bid と Ask の平均とは, 前記, 平均 Bid と平均 Ask の平均値である. 影のついた部分は, 予測 3.5 の検証である.

参考文献

- [1] Grossman, Sanford J., and Joseph E. Stiglitz, 1980, "On the impossibility of informationally efficient markets", *American Economic Review* 70, 393-407.
- [2] O'Brien, John, and Sanjay Srivastava, 1991, "Dynamic stock market with multiple assets: an experimental analysis", *Journal of Finance* 46, 1811-1838.
- [3] Plott, Charles R. and Shyam Sunder, 1982, "Efficiency of experimental security markets with insider information: an application of rational-expectation models", *Journal of Political Economy* 90, 663-698.
- [4] Plott, Charles R. and Shyam Sunder, 1988, "Rational expectation and the aggregation of diverse information in laboratory security markets", *Econometrica* 56, 1085-1118.
- [5] Shyam Sunder, 1992, "Market for information: experimental evidence", *Econometrica* 60, 667-695.