

# 金融市場におけるハーディング

——理論と実験のサーベイを中心に——

劉 聖 図

## 要 約

金融市場に起きるハーディング現象を解明するために、近年、実験も数多く行われ、理論研究と実証研究では分析しにくい問題について、興味深い結果をもたらした。ただ、実験研究の成果を整理分析するサーベイ研究がまだ行われていない。本稿は近年ハーディングに関する代表的な実験研究をサーベイし、モデル別に各実験の方法と結果を整理し比較する。ハーディング行動に関する理論モデルは大きく分けて、基本モデルとなる BHW モデル、変動価格モデル、内生的取引モデル、複数資産モデル及び U 型シグナルモデルなどがある。本稿はそれぞれのモデルを紹介した上に、各モデルに関する実験研究をサーベイする。ハーディングに関する実験は新しい研究分野であり、理論的な枠組みも実験の手法もさまざまである。本稿はこのサーベイに通して、この研究分野の現状と動向を示し、さらなる発展に寄与することを目指す。

## 1. はじめに

ハーディング行動近年より多くの注目を集めている。投資家が株を取引する時、私的情報を無視し、大多数の投資家の行動に従うのが最適だと思われ、大多数の投資家と同じ行動を選択する。多くの投資家は同じ考えを持つなら、ハーディング行動が起こる。豊富な投資データが公開されるようになったここ数年、株式市場における投資家のハーディング行動が数多く報告されている。

ハーディング行動はファッション、証券投資など数多くの領域で観察されている。最も代表的なのは Banerjee (1992) によって考案されたレストランの選択例である。レストラン A と B が隣同士に並んでいる。どちらに入るかを決める前に、両レストランに関する評判を事前に調べた。レストラン A は 51% の確率でよりおいしい、レストラン B は 49% の確率でよりおいしい。顧客は順番にレストランに到着し、後に到着する顧客は先に到着した顧客の選択を見ることができる。そのほか、各自はレストランに来る前に、A と B どちらがよりおいしいかに関する私的情報を持っている。各自の私的情報は同質である。顧客は 2 つの情報に基づきどちらに入るかを決める。

例えば 100 人の顧客がいるとしたら、その中 99 人はレストラン B がよりおいしいという私的情報を持つとする。1 人だけ A がよりおいしいという情報を持っている。レストラン A がよりお

おいしいという私的情報を持っている顧客が最初にレストランに着くとする。この顧客は間違いなくレストラン A に入る。そして 2 番目の顧客は 1 番目の顧客の持っている情報は自分の情報と異なっていることに気づく。この場合、2 人の情報は同質のため相殺される。すると 2 番目の顧客は事前の公的評判に従いレストラン A に入る。そこで 2 番目の顧客の行動は次の顧客に対して何の情報も伝えられない。3 番目の顧客も 2 番目の顧客と同じように考え、レストラン A に入る。結局、1 番目の顧客以外みんなレストラン B がよりおいしいという情報を持っているにもかかわらず、全員がレストラン A を選ぶ。

上例は、情報の非対称性によってもたらされたハーディング行動、いわゆる情報カスケードを説明している。そのほか、ハーディング行動を導く要因がいくつか考えられる。よく議論されているのが名声によるハーディング及び評判によるハーディングである。以下では、情報カスケードを含め、名声によるハーディングや評判によるハーディングのメカニズムを簡単に述べる。

#### 情報カスケード

情報の非対称性によるハーディング、いわゆる情報カスケードに関する研究の中で Bikhchandani et al. (1992) (以下略称 BHW モデル) が最も代表的である。Bikhchandani たちはすべての参加者にとって投資機会が平等であると仮定する。不確実性が存在する状況下、参加者が同じ投資決定に直面し、ある行動の価値に関する私的情報を受けその行動を取るかどうかを決める。これらの参加者にとって、先に意思決定する取引者の取引行動を観察した上で、自分のシグナルを無視し、これらの取引者の行動に従うのが最適だと考え、情報カスケードが生じる。カスケードが一度起こったら、投資家の行動から彼らの私的情報が観察できなくなる。

BHW モデルはすべての投資家にとって取引コスト或いは株価が一定であることを仮定する。このような仮定は固定為替レートの国に対する直接投資は適用できるが、金融市場において、先に投資を行った取引者の意思決定は後の株価に織り込まれ、後の株価に影響を与えるため適用しにくい。このような投資コストに関する仮定は Avery and Zemsky (1998) によって解禁された。

Avery and Zemsky (1998) では当期における投資家の決定は来期の取引価格に影響すると仮定する。完全競争市場において、すべて利用可能な公的情報に基づき株価を調整する。したがって、公的情報だけ持っている投資家にとって、投資するかしないかは無差別である。一方、私的情報を持つ投資家は公的情報だけを持っている投資家より優れた情報が入手できるため、彼らはいつも私的情報に従い行動する。このような仮定の下、市場はいつも効率的であり、株価も株のファンダメンタルズ価値を的確に反映し、情報カスケードは永遠に発生しない。

#### 名声に基づくハーディング

Scharfstein and Stein (1990) は投資家のハーディング行動をもたらす要因について考察し、ファンドマネージャーやアナリストの名声に基づいたハーディング理論を提案した。具体的に言うと、投資マネージャーは自分の投資能力に自信がない時、投資の失敗から生じた名声に与える悪い影響を考慮した上、ほかのファンドマネージャーと同じ行動を取るのが最適な選択だと考え、ほかのファンドマネージャーの行動に追随する。さらに多くのファンドマネージャーが同じことを考えて行動する時に名声によるハーディング行動が生じてきた。

2 人の投資マネージャー A と B は同じ投資機会に直面するケースを考える。この 2 人の投資家の投資能力は高いか低いかという 2 つの可能性がある。投資能力の高い投資家は投資の収益に

関する私的情報をもらい、投資の意思決定を行うのに対して、投資能力の低い投資家は単純のノイズ投資家であり、ランダム的に投資の意思決定をする。2人のマネージャーの雇い主は自分が雇っているマネージャー能力の高低を知らないが、マネージャーの投資能力に関する事前確率を知っている。そして雇い主は2人の投資マネージャーの投資行動から生じた投資の損益を観察し、マネージャーに能力に対する評価を更新する。

投資マネージャー A から意思決定が始まるとする。A はまず入手できたすべての私的情報を分析し、投資するかしないかを決める。そして投資マネージャー B は私的情報及び A の行動から推測した A の私的情報両方に依存し意思決定を行う。しかし B は自分の能力に自信を持っていないため、A と全く違う行動を取る勇気がない。さらに自分の能力に対する評判を悪くさせるリスクも負いたくないため、B にとって、例えば私的情報が A の行動から推測した私的情報と反しても、A と同じ行動を取るのが最適である。すると例え 2 人の予測がすべて外れたとしても、ただ運が悪いことをせいにして、自分の能力に対する評価に影響を与えない。

以上の例を何人かのマネージャーに拡張すると、2番目の投資マネージャーからすべてのマネージャーが名声を重視するため、私的情報を無視し、前の参加者の行動を追従する。この時、ハーディング行動が普及する。このような名声によるハーディングは情報カスケードと類似し、一度発生したら市場に情報の非効率性をもたらすだけでなく、ハーディング行動自身もほんの少しの新しい情報の流入で崩れるという脆弱性を持っている。

Graham (1999) は投資会報を発行するアナリストのデータを使い、Scharfstein and Stein (1990) の名声によるハーディング理論を検証した。理論予測した通り、もしある投資会報のアナリストの名声が高い或いは能力が低いなら、彼はハーディング行動を取る確率が高い。

#### 調査に基づくハーディング

Froot, Scharfstein and Stein (1992), Hirshleifer, Subrahmanyam and Titman (1994) は調査によるハーディング行動を考察した。このようなハーディング行動は機関投資家の情報が強いクロスセクションの相関を持つ状況で起こる。ある投資家はほかの投資家より先に情報が入手でき、他の投資家を自分の予測通りに取引させることを望む場合、ハーディング行動が生じる。彼らの研究より、先に入手できた情報の価値は情報を入手できる投資家の数と正の相関関係を持っている。

Froot, Scharfstein and Stein (1992) では短期取引モデルに着目し、近視眼的な投資家が情報の非効率を引き起こすことを確かめた。新しい公的情報が公布される前に、近い将来に手持ちのポジションを清算する投資家を想定する。このような近視眼的な投資家が入手できた情報の価値は情報を入手できた投資家の数と正の相関を持っている。したがって、ほかの取引者がこの近視眼的な投資家と同じ情報に基づき行動してはじめて、近視眼的な投資家はより高い収益が得られる。Froot らの研究より、機関投資家は高度の一致性を保とうとしている。彼らは同じ市場情報に関心を傾け、類似した経済モデルを用いるため、収益情報や証券アナリストのアドバイスなどの公的情報に同じように反応している。したがって、取引でハーディング行動を取る可能性が高いと予測される。

それに対して、Hirshleifer, Subrahmanyam and Titman (1994) では、投資家が私的情報を受ける時順番があると想定している。いくつかの投資家はより先に情報を入手できる。このよう

な仮定下、投資家の投資行動を考察する。結果、投資家はある種の株を集中し取引する。さらに先により優れた情報が入手できる投資家集団が存在する場合、ハーディングが生じる。投資家たちが同じ時間で情報を受け意思決定をする先行研究と比べ、この研究はより現実のファイナンス市場に近い。

ファイナンス市場における投資家のハーディング行動に対して理論的な説明を試みた研究の中、BHW モデルが最も基本となるモデルである。BHW モデルの妥当性を検証するため、Anderson and Holt (1996) と Alevy, Michael and John (2007) はそれぞれ大学生とファイナンス専門家を対象に実験研究を行った。そして BHW モデルへの拡張として、変動価格モデル、内生的取引モデル、複数資産モデル及び U 型シグナルモデルなどが挙げられ、それぞれ違うアスペクトでハーディングが起こりうる情報の構造を検討している。各理論モデルの妥当性について、実験室における検証も行った。理論予測を確かめる一方、いくつかの研究で理論的予測できない現象も観察された。

本稿はアメリカを中心とした最近の理論研究と実験研究の成果をサーベイすることを目的としている。ファイナンス市場におけるハーディングの存在について、数多くの研究は違うモデルを用い、理論的な説明を試みた。理論的説明の妥当性を確かめるため、直近の株式市場のデータを用いる実証研究と大学生やファイナンス専門家を対象とし、実験室で理論予測を再現する実験研究が行われている。しかし、実証の手法は株価のファンダメンタル価値を把握しにくい<sup>1)</sup>ため、「ハーディング行動に対する理論的な議論とハーディング行動を検出する実証の手法の間に、直接的なつながりが欠けている」とよく指摘されている。一方、実験室において、理論設定のまま再現でき、公的情報及び私的情報がコントロールできるため、理論の予測をより明確に検証できる。

これまでのハーディング行動に関する既存サーベイの多くは理論及び実証の結果を中心に議論を展開した。それに対して理論予測と理論研究の設定通りに結果を確かめる実験の結果をまとめる研究が少ないのが現状である。このような現状を考慮し、本稿はハーディングに関する理論研究及び実験研究を中心に、研究の経緯をまとめる。その上、各モデル違いを一目瞭然にするため、理論と実験研究の結果を別々にまとめるより、本稿はモデル別に実験室における検証の結果を整理することに工夫している。モデルの妥当性を確かめる際に、学生を対象とした実験の結果だけでなく、ファイナンス専門家を対象とした実験結果も紹介する。両実験結果の相違を比較しながら、2つの投資家集団の投資行動の合理性を検討する。

本稿の構成は次の通りである。第2章で、ハーディング行動の基礎モデル——BHW モデルの仮定及び導いた結果を解説し、そしてファイナンス専門家及び大学生を対象に、実験室で BHW モデル再現の結果を紹介する。第3章で BHW モデルを拡張するモデルについて、おのおのの着目点と主な結果を概観し、各モデルが実験室で再現した結果をまとめる。第4章で、最新の理論研究の成果——U 型シグナルモデルについて解説し、実験室における検証の結果をサーベイする。第5章で、ハーディング行動は株価のバブルやマーケットクラッシュをもたらす議論の経緯を紹介する。最後は結びを付ける。

## 2. 情報カスケード——BHW モデル

前章でも述べたように、ファイナンス市場において、ハーディング行動をもたらす潜在的な誘因はいくつか考えられる。その中の1つは情報カスケードである。情報カスケードモデルを最初に提出したのは Bikhchandani et al. (1992) である。本章では Bikhchandani たちによって考案された合理的な情報カスケードモデルを回顧し、理論に対する実験検証の結果をサーベイする。

### 2.1 BHW モデル

Bikhchandani et al. (1992) では同じ投資機会、そして同じ投資コストに直面する投資家の投資行動について考察している。投資家はある投資の価値に関する私的情報を入手し、投資するかしないかを定める。これらの投資家は外生的な順番で逐次的に投資の決定を行う。後に意思決定する投資家は前の投資家の取引行動を観察することができるが、私的情報は観察できない。ただし投資家が他の投資家の行動から彼らの私的情報を推測できる。前の投資家の行動を観察できた個人投資家を考える。これらの投資家にとって、自分の私的情報を無視し、前の投資家の行動をまねするのが最適だと考える時、情報カスケードが生じる。

よく引用されている情報カスケードの例は雑誌社への投稿の例である。レフェリーは論文を読み、その論文の内容を評価し、投稿を受けるか或は拒否するかを決める。1番目の投稿は断られたとする。2番目のジャーナルはその論文が一回拒否されたことを知ったとする。投稿論文の内容はあまり良くないため拒否されたのではないかと推測し、2番目のジャーナルは同じように論文の投稿を拒否するだろう。そしてもしその論文は2番目のジャーナルによって拒否されたとしたら、3番目のジャーナルに投稿しなければならない。3番目のジャーナルはこの論文はすでに2つのジャーナルに断られたことを聞いたらおそらく同じように拒否するだろう。明らかに、これはさらに論文の投稿が拒否される確率を高める。

BHW モデルは観察的な勉強モデルにおける情報カスケードを考察する。一連の個人投資家決められた行動を取るか拒否するかを決める。投資家の取引順番は外生的であり、投資家たち全員がこの順番を知っている。投資行動を受けるコスト  $C$  はすべての投資家にとって同じ  $1/2$  である。得られた収益  $V$  も全員にとって同じであり、 $1/2$  の確率で  $1$  或いは  $0$  の値を取る。各投資家は投資決定する前に、すでに取引の意思決定を決めた投資家の行動を観察できる。そのほか、各自は行動の価値に関する条件付き互い独立したシグナル  $X_i$  を受ける。投資家の私的シグナルは各自研究調査の成果と考えられ、 $H$  と  $L$  二種類ある。 $H$  は行動の価値が確率  $p_i$  ( $p_i > 1/2$ ) で  $1$  になり、 $1-p_i$  の確率で  $0$  になることを意味する。表 2.1 でこの 2 進法シグナル示されている。投資家はシグナルを受け、投資行動を受ける時の期待価値が  $E[V] = \gamma \cdot 1 + (1-\gamma) \cdot 0 = \gamma$  と計算できる。ただし  $\gamma$  は行動の真の価値が  $1$  である事前確率を表す。

「行動は言葉より速い (action speak louder than words)」。すなわち個人投資家は互いの行動を観察できるが、他人のシグナルや私的情報を観察することができない。ただしほかの投資家の行動から彼らの私的情報を予測することができる。Bikhchandani たちは人がどうして他人の行動

表 2.1 二進法シグナルのケース

	$Pr(X_i=H V)$	$Pr(X_i=L V)$
$V=1$	$p_i$	$1-p_i$
$V=0$	$1-p_i$	$p_i$

をまねするかを分析し、さらになぜこのような行動は特異的で、壊れやすいかを解明した。

ここで注意してほしいのはシグナルの非対称性である。例えば  $i$  番目の投資家まで、 $M$  個のいいシグナル (Good Signal: G) が観察され、 $N$  個の悪いシグナル (Bad Signal: B) が観察されたとする。ベイズ定理より、もし  $M > N$  なら、 $i$  番目の投資家にとって、行動の価値  $V$  に関する  $M - N$  個のいいシグナルが観察されたことになる。逆にもし  $M < N$  なら、 $i$  番目の投資家にとって、行動の価値  $V$  に関する  $N - M$  個の悪いシグナルが観察されたことになる。もし  $M = N$  なら、 $i$  番目の投資家は最初取引決定をする一番目の投資家と同じ立場にあり、行動の価値が 1 である確率と  $-1$  である確率は同じ  $1/2$  である。

ベイズ定理より、いいシグナル  $G$  を受けた時株の真の価値が 1 である事前確率は

$$Prob[V=+1|G] = \frac{p \times 0.5}{p \times 0.5 + (1-p) \times 0.5} = p > 0.5 \tag{2.1}$$

と計算できる。同じように、悪いシグナルを受けた場合、株の真の価値が 1 である事前確率は

$$Prob[V=+1|B] = \frac{(1-p) \times 0.5}{p \times 0.5 + (1-p) \times 0.5} = 1-p < 0.5 \tag{2.2}$$

である。

以上の計算結果を用い、具体的に投資家の意思決定を見てみよう。1 番目の取引者 A さんは私的シグナルに従う。すなわち、もし G を観察したら投資を受け、B を観察したら投資を拒否する。2 番目の取引者 B さんはまず A さんの行動から A のシグナルを推測する。もし B さんのシグナルは G であり、そして A さんが投資決定をしたと観察したらベイズ定理より B さんも投資するだろう。逆に、もし B さんのシグナルは B であり、そして A さんが投資決定したと観察したら B さんにとって行動の価値が 1 と 0 となる確率は同じ  $1/2$  である。この場合 B さんはコイン投げで投資するかしないかを定める。もし B さんのシグナルは B であり、そして A さんが投資を拒否したと観察したら、ベイズ定理より B も投資を拒否するだろう。逆に、もし B さんのシグナルは G であり、そして A さんが投資を拒否したと観察したら B さんにとって行動の価値が 1 或いは 0 になる確率は同じ  $1/2$  である。この場合 B さんはコイン投げで投資するか拒否するかを決める。

したがって、3 番目の投資家 C さんにとって、3 つの状況に直面する。A さんと B さん 2 人とも投資する或いは拒否する場合と、1 人が投資し、もう 1 人が拒否する場合である。もし A さんと B さん 2 人とも投資 (拒否) するなら、C さんは A さんのシグナルが G (B) であり B さんのシグナル B (G) より G (B) である確率が高いと推測できる。一方、A さんは投資し、B さんは拒否するなら、3 番目の取引者 C さんは A さんと同じ立場に直面する。この場合 C さんの行動は私的シグナルに従う。そうすると 4 番目の投資家 D さんは 2 番目の投資家 B さんと同じ立場になる。

要するに、ある時点、投資を受けた参加者の数は投資をあきらめた参加者の数を越えた。このことを最初に観察した参加者から投資のカスケードをスタートする。この参加者からそれ以降全ての投資家は私的シグナルを無視し、前の参加者と同じように投資することを選択する。そして一度このようなカスケード行動が始まると、後の参加者の行動から彼らの私的シグナルを推測することができなくなる。

**命題 2.1.** ある投資家にとって、先に投資決定を行う投資家の数と投資をあきらめる投資家の数の差は 2 (-2) 或いは 2 以上 (-2 以下) の時だけ、この投資家は投資カスケード (投資拒否カスケード) に没頭する。

ある時点で、投資行動を受けた投資家の数が投資をあきらめる投資家の数を越えた。このことを最初に観察した投資家から投資カスケードが始まる。そして一度カスケードが始まると、その後の投資家の行動から彼らの私的情報を推測できなくなる。例えば、もし個人  $i$  がカスケードにいるなら、彼の行動は何の情報も伝わらない。そして個人  $i+1$  も前の取引者の行動を観察し、個人  $i$  と同じ行動を取る。したがって、 $i$  以降のすべての取引者はカスケードにいる。言い換えると、カスケードが一旦発生したら、たとえ間違っても永遠に続く。このような性質はカスケードの脆弱性を示唆している。

## 2.2 BHW モデルに基づく実験

前節で説明した通り、ファイナンス市場で、投資家は株の価値に関する私的情報を受け投資決定をする時、後で取引を行う投資者たちは 2 つのジレンマに直面する。すなわち、自分が受けた株価値に関するシグナルは先に投資決定する投資家の行動と正反対する状況である。後で取引決定をする投資家たちにとって、自分の私的シグナルを無視し、先に投資する投資家と同じ行動を取るのが最適だと考える場合、情報カスケードが発生する。すでに紹介した論文の投稿もそうであるし、食事する時人々がいつも人気の高いレストランに入るのも情報カスケードの一例である。

Bikhchandani et al. (1992) は情報カスケードのモデルを考案した。一連の個人投資家は決められた順番である投資行動を受けるかどうかを決める。この行動を採用するコストや投資から得られた収益は全員にとって同じである。各投資家が意思決定する前、すでに取引決定をしたすべての投資家の行動を観察できる。そのほか、各自は行動の価値に関する私的シグナルがもらえる。たとえ先に取引決定の投資家の行動は自分の私的シグナルと正反対であっても、投資家は自分の私的シグナルを無視し、前の投資家と同じ行動を取る。いわゆる情報カスケードに加入する。BHW モデル結果の妥当性を確かめるため、Anderson and Holt (1996) と Alevy, Michael and John (2007) がそれぞれ学生とファイナンス専門家を対象とし、実験室における検証を行った。

### 2.2.1 大学生を対象とした実験 — Anderson and Holt (1996)

イベント A と B があり、それぞれ  $1/2$  の確率で発生する。参加者はイベント A と B どちらが発生するかを予測する。参加者が予測する前に、イベント A と B に関する私的シグナルを受ける。各自の私的シグナルが互い独立であり、シグナルの精度は全員同じ  $2/3$  である。参加者は私的シグナルを観察し、事前にランダム的に決められた順番でイベントを予測する。2 番目以降の

図 2.1 容器情報

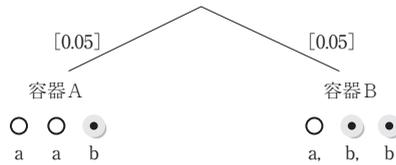


表 2.2 実験の設計

対称的な実験		非対称的な実験	
容器 A (サイコロ投げの結果は 1, 2, 3)	容器 B サイコロ投げの結果は 4, 5, 6	容器 A サイコロ投げの結果は 1, 2, 3	容器 B サイコロ投げの結果は 4, 5, 6
2a ボール	1a ボール	6a ボール	5a ボール
1b ボール	2b ボール	1b ボール	2b ボール

参加者は私的シグナルのほか、先に予測した参加者の予測結果も観測できる。ただし、先に予測した参加者の私的シグナルが観測できない。

次のようにモデルを再現する。A, B という 2 つの容器があり、それぞれイベント A と B を代表する。参加者が受ける私的シグナルは a と b とする。容器 A に a ボール 2 つと b ボール 1 つが入っている。容器 B には a ボール 1 つと b ボール 2 つが入っている。具体的に図 2.1 で示している通りである。実験を始める前に、サイコロ投げで容器 A と B どちらを使うかを決める。サイコロ投げの結果は 1, 2, 3 であるなら容器 A を使い、そうでなければ容器 B を使う。当然ながらサイコロ投げの結果は実験の参加者には知らせない。参加者がもし容器から a ボールを引いたら、実験で使われている容器は A である確率は  $2/3$  であると予測できる。逆に容器が B である確率は  $1/3$  になると推測できる。これでシグナルの精度は  $2/3$ 、すなわち容器から引いたボールに基づき、正しく容器を予測する確率は  $2/3$  である仮定と整合している。6 個のボールは外生的であり、引き出される確率は同じである。

図 2.1 で示したシグナルの組み合わせは対称的な実験と呼ばれている。シグナル a の重要性を低くするため、Anderson たちは非対称的な実験を考案した。対称的な実験と同じ、2 つの容器が用意された。容器 A に a ボール 6 つと b ボール 1 つが入っている。容器 B には a ボール 5 つと b ボール 2 つが入っている。表 2.2 は対称的な実験及び非対称的な実験に関連する容器の情報を表している。非対称的な実験で、b シグナルは a シグナルより多くの情報が含まれ、前の参加者の行動を数えるだけで正しい意思決定とはいえなくなる。

参加者 72 人を 12 グループに分け、6 人が 1 グループを組む。実験は 12 セッションによって構成され、セッションごとに同じグループに属する 6 人の参加者が出席する。1 セッションは 15 ラウンドまで繰り返される。同じセッションにいる 6 人の参加者全員が意思決定したら 1 ラウンドが終わり、15 ラウンドすべて終わると 1 セッションを終了する。カウンティングルールとペイズ更新ルールを区別するため、実験をセッション 1 ~ 6 の対称的な実験と 7 ~ 12 の非対称的な実験に分ける。各ラウンドの最初、リーダーはサイコロを投げ容器 A と B どちらを使うかを決める。毎時期にお

いて、参加者6人はランダム的に決められた順番で事前に決められた容器からボールを引き、容器AとBどちらからボールを引いたかを予測する。2番目以降の参加者は前の参加者の予測と自分のボール引きの結果を観察してから意思決定をする。参加者6人すべて意思決定終了後、コイン投げの結果を参加者に公布する。

BHWモデルの仮説と整合的で、情報カスケードが観察された。そして情報の非対称性を考慮した上でも、情報カスケードが生じる。例えば参加者私的シグナルは前の参加者と全く逆の場合でも、参加者は自分のシグナルを無視し、前の参加者と一致した行動を取る。先に予測する参加者がエラーする可能性があることを考慮に入れ、もう1回予測してもらう結果、一部分の参加者は私的情報を従うようになるが、依然として、情報カスケードに没頭するケースが観察された。

さらに理論的に予測できない現象——リバーサルカスケードが観察された。最初の何人の間違った予測がその後の私的情報に碎かれなく、そのまま後の参加者によって追従される。すなわち、参加者は自分の正しい情報を無視し、間違った行動に従う。このようなリバーサルカスケードは対称的な実験と非対称的な実験両方とも観察された。

### 2.2.2 ファイナンス専門家を対象とした実験——Alevy, Michael and John (2007)

世界に基本的な状態2つ  $\Omega = \{A, B\}$ ,  $\omega \in \Omega$  が存在する。参加者  $I = \{1, 2, \dots, n\}$  は世界の真の状態について予測する。各参加者は世界の真の状態に関する独立シグナル  $s_i \in \{a, b\}$  を受ける。シグナルの精度を  $Pr(s = \omega | \omega)$  と定義し、 $Pr(A|a) > Pr(B|a)$ ,  $Pr(A|b) < Pr(B|b)$  のように定める。ただし参加者全員が受けたシグナルの精度は同一である。意思決定する前に、各参加者は外生的に決められた順番で私的シグナルを受取る。そして私的シグナルのほか、先に意思決定をした参加者の決定も観察することができる。私的シグナル及び意思決定歴史を観察してから、参加者は世界の状態がA、Bどちらであるかを選択する。もし参加者の選択  $c_i = \omega$  なら、参加者は1の報酬をもらえる。もし  $c_i \neq \omega$  なら、参加者は何ももらえない。

世界の基本的な状態に関する事前確率は公的情報であり、 $Pr(\omega = A) = p$ ,  $Pr(\omega = B) = 1 - p$  とする。ここで実験を簡単にするため、事前確率を  $Pr(\omega = A) = Pr(\omega = B) = P = 1/2$  と仮定し、参加者各自シグナルの精度は非対称的で  $Pr(a|A) = Pr(b|B) = 2/3$ ,  $Pr(b|A) = Pr(a|B) = 1/3$  とおく。このような設定で、まず簡単な計算を用い参加者の行動を予測する。

1番目の参加者の私的シグナルを  $s_1 = a$  とすると、ベイズルールに従い、

$$Pr(\omega = A | s_1 = a) = \frac{Pr(a|A)Pr(A)}{Pr(a|A)Pr(A) + Pr(a|B)Pr(B)} = \frac{2}{3} \quad (2.3)$$

が成立する。効用最大化より状態Aの期待効用が状態Bの期待効用より大きいので、世界の状態をAと予測する。そして2番目の参加者もaシグナルをもらうなら、ベイズルールに従うと、世界の状態がAである確率は

$$Pr(\omega = A | H_2 = A, s_2 = a) = \frac{Pr(a|A)^2}{Pr(a|A)^2 + Pr(a|B)^2} = \frac{4}{5} \quad (2.4)$$

と計算できる。上式からわかるように、最初の2つの同じシグナルで、世界の真の状態はAである事前確率は0.8になる。すると3番目の参加者は自分のシグナルを無視し、ハーディング行動に従い、 $\omega = A$  を選ぶ。

実は、たとえ3番目の参加者のシグナルがbであっても、世界の状態がAである事前確率を

計算すると

$$Pr(\omega=A | H_3=A, s_3=b) = \frac{Pr(a|A)^2 Pr(b|A)}{Pr(a|A)^2 Pr(b|A) + Pr(a|B)^2 Pr(b|B)} = \frac{2}{3} \quad (2.5)$$

になる。したがって、3番目の参加者にとって、私的情報を無視し、カスケードに加入するのが最適である。

実験はファイナンス専門家55名と大学生54名によって構成される。実験には15ラウンドを含み、各ラウンドに5～6名の参加者が出席する。各ラウンドに意思決定をする参加者の順番は外生的に決められる。先行研究と同じ、容器AとBが用意され、それぞれボールaとbを入れている。容器の情報は図2.1のようになる。実験が始まる前に、モニターはコイン投げでどちらの容器を使うを決める。コイン投げの結果は参加者に知らせない。参加者は決められた順番で事前に決められた容器からボールを引き、そしてボール引きの結果に基づき世界の状態を予測する。ほかの参加者がこの参加者の私的情報を観察できないが、彼の行動から予測することができる。1番目の参加者は私的シグナルだけに基づき意思決定するが、2番目以降の参加者は私的シグナルのほか、先に意思決定した参加者の行動歴史も観察できる。すべての参加者が意思決定してから、コイン投げの結果、すなわち世界の真の状態が公布される。

ファイナンス専門家は学生と比べ、ベイズ均衡に従い行動する割合は少ない。それにもかかわらず、2つ参加者プールの最終的な収益には大きな差が見られない。この原因について、ファイナンス専門家はよりの確に公的情報を利用することと、彼らは意思決定のプロセスをよりはっきり把握できることが考えられる。

カスケードの形成率について、学生を対象とした実験と専門家を対象とした実験では大きな違いが観察されない。ただし、専門家はリバーサルカスケードに没頭する割合が学生より少ない結果が得られた。そしてリバーサルカスケードに注目すると、非対称の実験において学生の方がリバーサルカスケードに没頭する傾向がより顕著である。そのほか、ファイナンス専門家は学生より公的情報の質をより正確に把握できることが確認できた。

ファイナンス専門家の間でも行動の違いが観察された。これを確かめるため、日々取引の頻度、性別、取引経験、収入、そして2日以上取引変数という5つの変数を導入した。有意な結果が得られたのは取引の強度と2日以上取引変数である。具体的に、日々取引の強度が強ければ強いほど、カスケードは起こりにくくなる。一方、デイトレーダーはカスケードに没頭する割合が高い。

### 3. BHW モデルの拡張

BHW モデルは情報カスケードが起こりうる情報環境を論じたが、このような情報カスケードの形成は強い仮定が前提としている。例えば、参加者が利用可能な情報、意思決定の性質、意思決定のタイミング、均衡の対称性などである。数多くの先行研究は違うアスペクトでBHWモデルの頑健性について検証している。本研究は以下の3つの側面でBHWモデルの頑健性について議論を展開する。そして実験室でモデルを再現し、理論予測の妥当性を検証する結果を紹介する。

### 取引コスト

BHW モデルはある行動を取る際に、それによってもたらされたコストは事前に決められ、取引中オーダーフローと関係なく固定される場合、参加者が情報カスケードに没頭することを論じた。しかし実際のファイナンス市場において、先に投資の意思決定をする投資家の行動は必ず後の取引価格に影響するため、投資コスト一定の仮定はふさわしくない。したがって、Avery and Zemsky (1998) は変動コストモデルを考案した。参加者は外生的順番で取引し、取引価格はマーケットメーカーによって正しく設定する環境で、トレーダーは永遠にハーディングに没頭しない結果が得られた。なぜなら、参加者は投資収益に関する私的情報を受け、彼らの情報はマーケットメーカーより優れたため、合理的投資家は常に私的情報に従う。したがって、彼らの行動から新しい情報を推測できる。この場合、ハーディングは生じない。

### 内生的な取引順序

内生的なタイミングにおける投資家のハーディング行動を考察した理論的モデルは最初に Chamley and Gale (1994) によって提唱された。企業は投資の収益に関するシグナルを観察し、投資するかしないかを決める。ただし、このモデルにおいて企業は投資の意思決定を延期することが許される。このような取引を延期するインセンティブは投資の非効率及び投資の終止をもたらす。それに取引延期することによって情報カスケードが再び生じ、企業の富も減少する。

### 複数資産モデル

2株経済におけるハーディング行動を考察しているのが Cipriani and Guarino (2003) である。トレーダーは取引から収益をあげるなら情報カスケードが発生し、株価は情報を十分に反映できなくなる。カスケード期間中、すべて同じ選好を持っている情報に詳しい投資家は同じ行動を選択する。いわゆる、ハーディングが生じる。さらに、ファイナンス市場におけるハーディング行動は株の間で伝染をする。すなわち、情報カスケードやハーディングは1つの株からほかの株へ移り、ほかの株価をファンダメンタルズから乖離させる。

### 3.1 変動価格モデル

BHW モデルでは、ある行動を取るコストは事前的に固定され、取引中変化しないと仮定している。このような仮定はファイナンス市場におけるハーディング行動を検証するにあたってふさわしくないとよく指摘されている。なぜかという点、ファイナンス市場において、先に意思決定する投資家の投資決定は後の取引価格に影響することが考えられるからである。BHW モデルの欠点を補うため、Avery and Zenmky (1998) (以下略称 AZ モデル) は変動価格モデルを考案した。

AZ モデルはハーディングに関する3つのシナリオを考えた。取引者の私的情報はただ1つの側面で不確実性が存在する場合、価格調整はハーディング行動の発生を阻止する。一方、私的情報に2つの不確実要素が存在する場合、ハーディング行動が発生する。しかしハーディング期間、市場は取引の情報をディスカウントするから、この場合のハーディングは価格を歪めていない。また私的情報に3つの不確実性要素が存在する場合、ハーディング行動は有意な短期的なミスプライシングを導く。

市場に唯一の株が存在し、この株の真の価値を  $V[0, 1]$  と定義する。株価は無限連続の取引

者と取引する競争的なマーケットメーカーによって決められる。取引者はリスク中立的で、株を買うか売るか或いは取引するかしないかを定める。取引者に2種類が存在し、情報に詳しい取引者は私的情報を受け、期待収益最大化するように行動する。ノイズ取引者は外生的な誘因に駆使され、期待収益最大化を考えないで行動する。任意の時期に、情報に詳しい取引者が市場に着く確率を  $\mu$  と表し、 $1-\mu$  はノイズ取引者が市場に着く確率を表す。したがって、ノイズ取引者は買う、売る或いは取引しない確率は同じく  $\gamma=(1-\mu)/3$  である。

情報に詳しい取引者は株の真の価値に関する私的情報  $x_\theta \in [0, 1]$  を受け、 $\theta$  は取引者のタイプを表している。したがって、取引者は潜在的に2つの私的情報を持っている。それぞれ  $x_\theta \in [0, 1]$  と彼のタイプ  $\theta$  である。経済世界に有限の取引者が存在し、取引者はタイプ  $\theta$  である確率は  $\mu_\theta > 0$  と想定する。私的情報を受けた情報に詳しい取引者にとって、株の期待価値は  $V_\theta(x) = E[V|H_t, x_\theta=x]$  と定義する。公的情報下マーケットメーカーの株に対する期待価値は  $V_m^t = E[V|H_t]$  と定義する。ただし  $H_t$  は  $t$  時点まで観察された意思決定の歴史を表している。

市場にいつも最小限の価値のある情報が存在すると仮定する。すなわち、過去の取引者は正しく株の価値を確認しない限り、誰か1人の取引者はマーケットメーカーと違う価値を評価する可能性が正だということを仮定する。もっと正確に言えば、もし  $P(V=v|H_t)=1$  を満たす  $v$  が存在しないなら、せめて1つの  $\theta$  と実現されたシグナルセット  $R \subset [0, 1]$ ,  $P(x_\theta \in R|H_t) > 0$  は  $x_\theta \in R$  にとって、式  $V_\theta^t(x_\theta) \neq V_m^t(x)$  が成立する。さらに、もし  $|V_\theta^t - V| = \delta$  なら、いくつかの  $\varepsilon(\delta) > 0$  にとって、 $|V_\theta^t(x_\theta) - V_m^t| > \varepsilon(\delta)$  が成立する。

一方、マーケットメーカーは逆の選択をする。彼が買いたい価格と売りたい価格の間でビッド・アスク・スプレッドを設ける。マーケットメーカーは収益をゼロにするようにビッドとアスク価格を設定する。すなわち、 $t$  時点に取引する取引者が直面したビッド価格  $B^t$  とアスク価格  $A^t$  は式  $B^t = E[V|h_t=S, H_t]$  及び  $S^t = E[V|h_t=B, H_t]$  を満たす。ただし、 $h_t$  は  $t$  時点に到着する取引者の行動歴史と表し、 $h_t=B$ ,  $h_t=S$  及び  $h_t=NT$  それぞれ買う、売ると取引しないことを意味する。

マーケットメーカーの株の価値に関する評価の分布  $\pi_v^t = P(V=v|H_t)$  に従う。ベイズ定理より、事前確率は次式に従う。

$$\pi_v^{t+1} = \pi_v^t \frac{P(h_t|V=v, H_t)}{P(h_t, H_t)} \tag{3.1}$$

ただし  $P(h_t, H_t) = \sum_v \pi_v^t P(h_t|V=v, H_t)$  である。

Avery たちは情報カスケードやハーディング行動が起こりうる情報の構造を考案した。すなわち、 $P(h_t|V, H_t) = P(h_t|H_t)$  を満たす  $t$  時期に情報カスケードが発生する。そして私的情報  $x_\theta$  を持つ取引者は次の条件を満たしたらこの取引者はハーディング行動に没頭することがいえる。すなわち、 $V_\theta^o(x_\theta) < V_m^o < V_m^t$  の時買い、 $V_\theta^o(x_\theta) > V_m^o > V_m^t$  の時売る。

**命題 3.1.** マーケット均衡状態下、情報カスケードは永遠に発生しない。

取引ごとに、取引歴史及び新たに市場に流入した情報に基づき、株価が更新された。したがって、完全競争市場において、株価はすべての公的情報に基づいた期待値と等しい。この場合、公

の情報だけ入手できる投資家にとって、投資するかしないかは無差別である。一方、公的情報より優れた情報を持つ情報に詳しい投資家にとって、投資の収益に関する私的情報も入手できるため、彼らは必ず私的情報に依存し意思決定をする。すると彼らの行動からさらなる新たな私的情報を推測することができる。したがって、株価がすべて利用可能な情報により更新され、情報カスケードやハーディング行動は生じない。さらに株価を株のファインダメタルズ価値を的確に反映できるため、ミスプライシングも起こらない。

Avery たちはさらに上述のベーシックモデルに1つの不確実性要素を入れた。次のようなシナリオを考えよう。公的アナウンスメントが発表する前に、ある取引者は会社で働いている知り合いからその会社の経営戦略が近い将来で変わるというニュースを聞いたとする。経営戦略のシフトとは、例えば新商品の開発、或いは合併などと考えられる。すると、この取引者にとって、私的情報に2つの不確実的な要素が含まれている。すなわち株の価値に関する情報の非確実性とその合併はいいか悪いかに関する非確実性である。このようなシナリオで投資家はハーディング行動を取るだろう。

ここで BHW モデルの情報構造を拡張し、イベントの不確実性を入れ加える。もし情報イベントがあれば ( $V \neq V_m^0$ ) 取引者に知らせる。その場合、取引者たちは BHW で述べたようなシグナルを持っている。以下で述べた仮定は情報構造 I (IS I) と定義する。株の真の価値は  $V \in \{0, 1/2, 1\}$  と3種類が存在し、 $\pi_{1/2}^0 > 0$ ,  $\pi_1^0 = \pi_0^0 > 0$  とする。 $V_m^0 = 1/2$  の場合、イベント不確実性が存在する。単一タイプの情報に詳しい取引者が存在し、シグナル  $x$  を持っている。

**命題 3.2.** 情報構造 I において、正の確率でハーディング行動が発生する時の価格経路は  $p < 1$  である。 $p = 1$  の時はハーディング行動が発生しない。ハーディング行動は正の確率で間違った方向に向かう。 $\pi_t^0 = P(V = v | H_t)$  から生じた情報構造 I と取引歴史  $H_t$  を考える。 $\pi_1^0 = \pi_0^0$  の時、ハーディング行動が存在しない。

BHW で、前の投資家に選ばれたある圧倒的多数の行動パターンはほかの投資家にその行動を最適だと思わせ、自分の私的情報を無視させる。同じように、AZ モデルで買い手と売り手との顕著な不均衡は、投資家に自分の私的情報を無視させ、株価が下落するより上昇すると思わせる。しかし、情報に基づく効率的な価格の下で、合理的な投資家は自分と市場メーカーの間の情報非対称性に基づき行動する。イベント不確実性という付加条件より、情報に詳しい取引者は情報イベントが発生することを知っているが、マーケットメーカーは知らない。そして、彼らはマーケットメーカーより迅速に過去取引のトレンドに基づく株価を再評価する。一方、マーケットメーカーは株価の基礎価値は変わらないままで、このトレンドはただノイズ取引者の存在のせいだと考えている。したがって、短期的にイベントの非確実性は価格調整を鈍くする。

取引者は情報イベントを受けた時、彼の評価は株の価値に与える影響は正確の時でもあるし、間違った時でもある。もし市場は違うタイプの取引者の割合について確信できない時、3つの側面の不確実性が存在する。言い換えると、取引者は違うタイプである確率  $\mu_0$  はみんなに知られていないならば、構成の不確実性が存在する。

情報構造 II (IS II) は不確実性構造を構造 I に入れ加える。株の真の価値  $V \in \{0, 1/2, 1\}$  3

つの可能性がある。情報に詳しい取引者の私的シグナルは同じ分布に従う。市場に2タイプの取引者  $\theta \in \{H, L\}$  が存在する。2つのタイプの違いは情報イベントがある時私的情報の精度である。 $H$ タイプは完全に情報に詳しい ( $E[V|x_H]=V$ ) 投資家タイプであり、 $L$ タイプは株価値変化する時にノイズなシグナルを持っているノイズ投資家タイプである。市場にある情報のレベルは分布  $I \in \{W, P\}$  に従う。情報に詳しい市場  $W$  と情報のない市場  $P$  の違いは各タイプのトレーダーの割合の違いである。 $\mu_{\theta}^I$  はタイプ  $\theta$  の取引者はタイプ  $I$  市場にいる確率を表し、タイプ  $I$  市場に一定の確率で情報に詳しい取引者が存在すると仮定する。情報のない市場  $P$  より情報に詳しい市場  $W$  にいる  $H$ タイプの取引者が多いと仮定する。経済市場の状態は株式の基礎価値と利用可能な情報 ( $V, I$ ) のコンビネーションによって表される。マーケットメーカーは  $t$  時点前の取引履歴に基づいて確率  $\pi_{\theta, I}^t$  を評価する。

したがって、任意の時点  $t$  に株価は公的情報を反映するが、時点  $t$  まで意思決定したすべての投資家の私的情報を反映しているわけではない。意思決定した投資家の一致した行動は2つの可能性が考えられる。1つは情報に詳しい投資家  $H$  が数多く投資活動する情報に詳しいマーケット  $W$  において、情報に詳しい投資家は同じ私的シグナルを受けたから一致した行動を取る。或いは情報の少ないマーケット  $P$  において、ノイズ取引者のハーディングより一致した行動が観察された。参加者の私的情報の正確性に関する不確実性はハーディング行動をもたらし、さらに株価を株のファンダメンタルズから乖離させ、価格バブルやミスプライシングを導く。

### 3.2 変動価格モデルに関する実験

#### 3.2.1 Marco Cipriani and Antonio Guarino (2005)

参加者は株のファンダメンタル価値に関する私的情報を受け、逐次的にマーケットメーカーと取引する。マーケットメーカーは取引ごとに、更新された取引履歴に基づき株価をアップデートする。理論的には、参加者は永遠にハーディング行動に没頭しない。実験結果は理論の予測と一致しているにもかかわらず、理論的には説明できない現象も観察された。いくつかのケースにおいて、参加者は自分の私的情報を使わずに取引するのをあきらめる。いくつかのケースで、参加者は市場トレードと同じ方向の私的情報を無視し、市場トレンドと逆方向の取引をする。いわゆる逆行動が見られた。

Cipriani and Guarino (2005) では実験の方法を用い、Avery and Zemsky (1998) によって考案された価格変動モデルの妥当性を検証している。参加者が私的情報及び前の参加者の行動を見ることができ、この二つの情報に基づき逐次的に意思決定をする。この意思決定は1単位の株を買うか、売るか、或は取引しないかという3つの選択肢を含む。実験では2つの異なる設定におけるハーディング行動を比べてみた。価格が固定されているケースと価格がオーダーフローに更新されるケースである。価格がオーダーフローにつれ更新されるケースにおいて、2つの方法で変化可能な価格を実行する。1つはオーダーフローに基づくベイズ定理により更新された価格であり、もう1つは実験の参加者によって設定された価格である。

マーケットメーカーが互いに影響しあう一連のトレーダーと1つの株を取引する。株のファンダメンタル価値  $V$  はランダム変量であり、同じ確率  $1/2$  で分布  $\{0, 100\}$  に従う。任意の時期  $t$  に、トレーダーはマーケットメーカーと株を取引することができる。トレーダーは株を買うか、

売るか、或いは取引しないかを定める。取引とは1単位の株と現金と交換することである。トレーダーの行動の集合を  $A$ {買う, 売る, 取引しない} で表す。 $t$  時点にトレーダーの行動を  $h_t \in A$  で表す。時点  $t-1$  まですべてのトレーダーの行動歴史は  $H_t$  で表す。

任意の時点で、マーケットメーカーはトレーダーと取引する株の価格を設定する。実験を簡単にするため、買い価格と売り価格を同一とする。2つの実験手法を考える。それぞれ価格が固定された方法と固定されていない方法である。株価が固定される場合、マーケットメーカーは条件に基づかない期待価値により株の価格を決め、 $P_t = E(V) = 50$  である。株価が変動する場合、マーケットメーカーが  $t$  時点までの利用可能な情報に基づく期待価値と等しくするように価格を設定する。式  $P_t = E(v|H_t)$  を用い計算する。

トレーダーの集合は有限である。トレーダーは外生的に決められた順番で逐次的に行動する。各トレーダーは1回だけ取引できる。取引する前に、各自は株価に関する私的情報を受ける。私的情報はランダム変量  $X_t$  であり、分布  $\{0, 100\}$  に従う。実験を簡単にするため私的情報の精度を0.7とする。すなわち  $q(0|0) = q(100|100) = 0.7$  と仮定する。

トレーダーは  $t$  時点に前のトレーダーの行動歴史、価格の歴史及び現時点の価格が観察できる。したがって、彼の株価に関する期待価値は  $E(V|H_t, x_t)$  である。トレーダーが総額  $K > 0$  の現金が与えられる。ペイオフ関数  $U : \{0, 100\} \times A \times [0, 100] \rightarrow R^+$  は次のように定義される。

$$U(v, h_t, P_t) = \begin{cases} v - P_t + K & \text{もし } h_t = \text{買う} \\ K & \text{もし } h_t = \text{取引しない} \\ P_t - v + K & \text{もし } h_t = \text{売る} \end{cases}$$

トレーダーはリスク中立的であり、 $E(U(V, h_t, P_t)|H_t, x_t)$  を最大にするように行動する。したがって、トレーダーにとって  $E(V|H_t, x_t) < P_t$  の時買い、 $E(V|H_t, x_t) > P_t$  の時売るのが最適である。 $E(V|H_t, x_t) = P_t$  の時買うか、売るか、取引するか無差別である。任意の逐次的な取引で、 $t-1$  時点までの取引不均衡は買い注文と売り注文の差を表す。参加者にとって、私的情報を無視し現存の取引パターンにフォローするのが最適である時情報カスケードに没頭する。

**結論 3.1.** (Bikhchandani et al., 1992) : 株価が無条件に期待価値  $E(V) = 50$  に固定されるなら、取引不均衡が  $\geq 2$ , 或いは  $\leq -2$  の後、情報カスケードが発生する。

**結論 3.2.** (Avery and Zemsky, 1998) : マーケットメーカーはオーダーフローに基づき株価を設定するなら、参加者は常に私的情報に従い取引をする。情報カスケードが発生しない。

実験が始まる前に、参加者は説明を受ける。実験は16のセッションによって構成される。各セッションには10ランドを含む。実験の参加者は大学の新生216名であり、すべての参加者は意思決定実験に参加する経験はない。216名の参加者は16セッションに割り当て、各セッションに13名の参加者が出席する。1人が執行者、残り12人取引者とする。各ランドで、参加者は外生的に決められた順番で逐次的にマーケットメーカーと取引する。セッションの最初、参加者は番号0から12まで書かれた13枚カードから1枚を引く。引いたカードはセッションの最後まで持ち続く。0を引いた参加者は執行者として各ランドでカードを引き、参加者の順番を決める。カー

表 3.1 実験方法まとめ

	方法概述	構成	参加者人数
価格固定	$P_t = E(V) = 50$	セッション 1 ~ 4	52人
価格変動	$P_t = E(v H_t)$	セッション 5 ~ 8	52人
取引歴史なし	$P_t = E(v)$	セッション 9 ~ 12	52人
内生的価格	$\bar{P}_t = E(H_t)$	セッション 13 ~ 16	52人

ド引きの結果に対応する参加者が逐次的に取引をする。

各ランドが始まる前に、実験者はルームの外でコイン投げで株の真の価値を決める。コイン投げの結果は表なら、株の価値は100とし、裏なら株の価値は0とする。コイン投げの結果は参加者に知らせない。ランド期間中、同じ実験者はルームの外で2つの袋を持っている。2つの袋の外観は同じであり、1つは30個の青いチップ、70個の白いチップが入っている。もう1つは30個白いチップ、70個青いチップが入っている。これで私的情報の精度は0.7であること、すなわち、 $q(0|0) = q(100|100) = 0.7$  という仮定と整合している。各参加者は番号が呼ばれたら、ルームを出て決められた袋から1つのチップを引く。チップの色は株価値に関する私的情報シグナルである。各自が引いたチップ色を見てから、チップを袋に戻し、どちらの袋からチップを引いたかを予測する。ただし、ほかの参加者に自分が引いたチップの色を教えるはいけない。

実験室の中で、もう1人の実験者はマーケットメーカーとして、参加者は取引できる価格を設定する。参加者はチップの色を観察したら、ルームの中に戻る。彼は黒板に書いている取引価格を見て、大きな声で自分の決定—買うか、売るか或いは取引しないかはみんなに教える。執行者はすべての参加者の決定と取引価格は黒板に書く。したがって、各参加者意思決定する前に、私的シグナルだけでなく、取引の歴史や取引株価の歴史も参考として観察できる。各ランドの最後（12名参加者は1回取引終わった後）に、コイン投げで決められた株の真の価値が発表され、それに基づき各参加者は自分のペイオフを計算する。すべての価値は仮定の貨幣1リラで表す。<sup>2)</sup> ペイオフを次のように計算する。買い注文の場合、参加者は  $100 + v - P_t$  リラがもらえる。売り注文の場合、参加者は  $100 + P_t - v$  リラがもらえる。10ランドの後、参加者が各ランドでのペイオフの合計を計算し、1/65のレートでアメリカンドルに換算する。

全実験で4つの設定におけるハーディング行動を検証する。表3.1では実験手法をまとめた。設定1は価格が50に固定される。この場合、取引不均衡は2になると、情報カスケードが発生する。すなわち、参加者は私的情報を無視する。設定2において、取引ごとに株価が更新される。この場合、参加者の私的情報はマーケットメーカーより優れているため、マーケットメーカーとの取引で利益を上げることができるため、合理的参加者は常に私的情報に従う（ポジティブなシグナルなら買い、ネガティブなシグナルなら売る）。誰も取引することをやめない。したがって、もし参加者は買い注文を出す決めたら、マーケットメーカーはこの参加者がポジティブなシグナルを持っているだろうと予測し、株価を更新する。逆に、もし参加者は売り注文を出す決めたら、マーケットメーカーはこの参加者がネガティブなシグナルを持っているだろうと予測し、株価を更新する。取引をあきらめる場合、価格が変わらない。

設定3において、参加者は取引の歴史が観察できなくなる。取引歴史が参加者の行動に与える

影響を確かめるため、前の参加者の取引歴史が観察できない環境で参加者の行動を考察する。参加者が意思決定する時、紙で書いている取引価格が観察できるが、取引の歴史が観察できなくなる。参加者にマーケットメーカーの価格更新メカニズムを十分に了解することを確保するため、実験最初のオリエンテーションで価格の設定メカニズムを詳しく説明するほか、最初の3つのラウンドで設定2と同じ手順で実験を実行する。4番目のラウンドから、取引の歴史や価格が観察できなくなる環境で参加者の行動のパターンを考察する。

設定4ではマーケットメーカー2人が株価を設定する。このような環境で参加者の行動を考察する。2人のマーケットメーカーは互いの決定を見ずに、オーダーフローに基づき同時に価格を設定する。執行者は株価を黒板に書き、2人のマーケットメーカー及び参加者全員が観察できるようにする。執行者は1人の参加者を指定し、取引を開始する。参加者の意思決定を見て、マーケットメーカーが再び株の価格を更新する。残りの手順は設定2と同じである。参加者が取引する時に、2つの価格で取引することができる（例えば低い価格で買い、高い価格で売る）。参加者の期待ペイオフ計算方法も同じである。マーケットメーカーのペイオフは実現された株の価値と取引の価格の差に依存する。

価格は固定されている場合、取引不均衡の絶対値が2より大きい場合、参加者は頻繁に私的情報を無視し、ほかの参加者と同じ行動を取る傾向が顕著である。しかし、価格固定されない環境下、参加者に中の多くは私的情報に従い、他人の行動をまねしない。理論的予測通り、価格に関する不確実性は情報カスケードの発生を阻止する。そして例えば参加者は前の参加者の取引歴史が観察できない環境でも、私的シグナルに従うケースは圧倒的である。一方、価格固定しない場合、取引をあきらめる参加者も存在する。これは理論予測と反している。またこの実験は理論的に予測されていない現象——逆行動が観察された。この現象について、適当な解釈が見つからない。

### 3.2.2 Marco Cipriani and Antonio Guarino (2008)

ここで著者は二つの実験方法を使いハーディング行動のパターンを比較する。まず株価がオーダーフローに基づき調整される環境でハーディング行動を考察する。この場合ハーディングはめったに発生しない。この結果はこれまでの実験や理論研究と一致している。しかし、理論的に予測できない現象——少数の取引者は逆行動に没頭する傾向が観察された。さらに著者はノイズトレーダー存在が認める場合、ハーディング行動を考察する。この場合株価が的確に株のファンダメンタルズ価値を反映できなくなり、ハーディング行動が再び生じる。

この研究はファイナンスマーケットにおけるハーディングの先行研究と比べ、以下のような革新を導入する。まず、サンプルはファイナンスマーケットの専門家が含まれている。大学生より、専門家は違う年齢層、違う教育レベル、違う訓練を受け、毎日現実のファイナンスマーケットで練習、勉強するため、発見的な取引をする能力は素人より発達し、実験の結果に影響を及ぼすことが考えられる。さらに先行研究を拡張し、ノイズトレーダーが存在する環境における投資家のハーディング行動について考察している。そして参加者は1人ずつ外生的な順番で取引する設定と違い、ここで参加者が意思決定する前に、まず各自の違うシグナルをもらおうとどう決定するかを聞いてから参加者の順番を決め、意思決定してもらう。以下は実験の詳細について説明する。

一連のトレーダーはマーケットメーカーと1単位の株を取引する。取引は1単位の株を現金と交換することが含まれている。トレーダーの取引順序は外生的に決められる。各トレーダーは  $t$

期に、1回だけ取引できる。株のファンダメンタル価値は離散的なランダム変量  $v$  で表し、確率  $1/2$  で  $0$  或いは  $100$  の値を取る。トレーダーの行動  $x_t$  は買う、売る或は取引をあきらめるという3つのパターンが考えられる。 $t$  時点におけるトレーダーの行動は  $x_t$  として定義する。 $t-1$  時点までの取引歴史は  $h_t$  と定義する。任意の時点  $t$  に、マーケットメーカーはトレーダーが取引できる株価を設定する。彼らは利用可能なすべて公的情報  $p_t = E(v|h_t)$  に基づき株価を設定する。情報イベントは確率  $p$  で発生する。情報イベントが発生すると、株価が確率  $1/2$  で  $0$  或いは  $100$  の値を取る。一方、情報イベントが発生しないと、株の価値は  $50$  である。

市場に2種類のトレーダーが存在する。ノイズトレーダーと情報に詳しいトレーダーである。ノイズトレーダーが流動的或はほかの外生的な原因で行動するため、彼らは同じ確率  $1/3$  で買い、売り或は取引をあきらめる。任意の時期  $t$  において、取引をするトレーダーは情報に詳しいトレーダーである確率は  $\mu$  で、ノイズトレーダーである確率は  $1-\mu$  で表す。情報に詳しいトレーダーは株価に関する私的情報を受ける。シグナルの精度は  $0.7$  とする。式  $Pr(s_t=100|v=100) = Pr(s_t=0|v=0) = 0.7$  が成立する。

私的情報のほか、情報に詳しいトレーダーは時期  $t$  に取引の歴史、株価の歴史及び現在の株価が観察できる。したがって彼らの株に対する期待価値は  $E(v|h_t, s_t)$  である。情報に詳しいトレーダーのペイオフ関数は次のように定義する。

$$U(v, x_t, p_t) = \begin{cases} v - p_t & \text{もし } x_t = \text{買う} \\ 0 & \text{もし } x_t = \text{取引しない} \\ p_t - v & \text{もし } x_t = \text{売る} \end{cases}$$

情報に詳しいトレーダーはリスク中立的で、 $E(U(v, x_t, p_t)|h_t, s_t)$  を最大にするような  $x_t$  を選択する。 $E(v|h_t, s_t) > p_t$  の時、買い注文を出すのが最適で、逆に  $E(v|h_t, s_t) < p_t$  の時、売り注文を出すのが最適である。 $E(v|h_t, s_t) = p_t$  の時、買うか、売るか取引しないかは無差別である。

2つ違う設定における投資家のハーディングを考察するため、関連する2つのパラメーター  $p$  と  $\mu$  を導入する。 $p$  は情報イベントが発生する確率を表し、 $\mu$  は投資家が情報に詳しい投資家である確率を表している。設定1では  $p=1$ ,  $\mu=1$  と仮定する。すなわち情報イベントは確率  $100\%$  で発生し、すべてのトレーダーは情報に詳しい投資家である。設定2では  $p=0.15$ ,  $\mu=0.95$  と仮定する。すなわち情報イベントの発生確率ははるかに1より小さい。もし情報イベントが発生したら、市場に存在するトレーダーの中、 $95\%$  が情報に詳しいトレーダーであり、残り  $5\%$  がノイズトレーダーである。

Cipriani たちにより、もし情報に詳しいトレーダーは私的情報を無視し、ほかのトレーダーと同じ行動を取るなら、そのトレーダーはカスケード行動に没頭する。もしそのトレーダーの投資行動は過去大多数のトレーダーの行動と一致するなら、そのトレーダーはハーディング行動に没頭する。もしそのトレーダーの行動は過去大多数のトレーダーの行動と逆なら、そのトレーダーは逆行行動に没頭すると定義する。

実験の手順を紹介する前に、まず理論予測の結果を回顧する。Avery and Zemsky (1998) に従い、設定1では(すなわち情報イベントは確率1で発生する時)で、カスケード行動は起こらない。一方、設定2では(すなわちイベント不確実性が存在する場合)カスケード行動は正の確率で発生す

る。次のようにまとめる。

**結論 3.3.** (Avery and Zemsky, 1998) : もし情報イベントは確率  $p=1$  で発生するなら、均衡状態においてトレーダーはいつも私的シグナルに基づき行動し、永遠にカスケード行動に加入しない；イベント不確実性が存在する場合 ( $p<1$ )、均衡状態下正の確率でハーディング行動が発生する。

具体的に実験の手順を紹介する。実験に出席する参加者はロンドンのファイナンス機構で働いているファイナンス専門家32人である。実験は4セッションによって構成され、参加者は必ず1セッションに参加する。実験は2つの方法に分ける。方法1の最初2ラウンドは練習であり、残りの7ラウンドは報酬付き実験である。方法1が終わったら参加者が方法2の説明を受け、方法2に参加する。方法2も同じく7回報酬付きのラウンドに構成されている。参加者は情報に詳しいトレーダーとして行動し、コンピューター化したマーケットメーカーと取引をする。2つの方法とも、情報イベントが発生したという前提で実行する。ただしこれは参加者及びマーケットメーカーは知らない。

各ラウンドの最初、コンピューターはランダム的に株の真の価値を決める。株価値は1/2の確率で0或いは100である。参加者は株の真の価値を知らないが、株価値に関する私的情報のメカニズムを知っている。もし株価値は100であるなら、参加者は0.7の確率で白いシグナルを受け、0.3の確率で青いシグナルを受ける。もし株価値は0なら、確率は逆である。

各ラウンドに8回の取引時期に含まれる。最初の取引時期に、8人の参加者は2つのシグナルそれぞれ入手した場合、どう行動するかを考え、取引決定を選択する。言い換えると8人の参加者それぞれ白いと青いシグナルを受ける時に、1単位の株を買うか売るか(株価50で)、或は取引しないかを決める。8人すべて意思決定をしてから、コンピューターはランダム的に8人の1人を実際の取引者として選ぶ。その参加者は実際に私的シグナルを受け、それに基づき株の真の価値を予測し、株を買うか売るかを決める。ほかの参加者は1番目の参加者の取引決定、新しく更新された時期2において取引できる価格を観察する。しかし、1番目の意思決定者は誰であるかはほかの参加者に知らせない。

時期2に、残り7人の参加者はそれぞれシグナルを受けた時どう意思決定するかを考える。時期1と同じように、それぞれ白いと青いシグナルを観察した時に買うか売るか、取引しないかを決める。そしてコンピューターがランダム的に1人を選び、シグナルを与え、私的シグナル及び取引歴史に基づき意思決定をする。同じ手順を8回重複し、全員が実際1回ずつ行動する。すべての参加者は前の参加者の取引決定及び関連する価格の変動情報が観察できる。ラウンドの最後、8人がすべて意思決定終わってから、ランダム的に選ばれた株の真の価値が発表され、各参加者は当該ラウンドで自分のペイオフを計算する。ペイオフは次のように計算される：もし参加者は買い注文を出したら、参加者は  $v - p_t$  リラがもらえる。逆にもし参加者は売り注文を出したら、 $p_t - v$  リラがもらえる。参加者が取引をやめたら何ももらえない。

実験の最後、参加者のペイオフを事前に決めたレートで現金に換算する。その他、参加者全員は実験に参加する報酬として70ドルがもらえる。平均的に2.5時間が続く実験で、参加者1人当

たり134ドルがもらえる。各自が変える前に、参加者に簡潔なアンケートを書いてもらう。そこに個人的な特徴(性別、年齢、教育、職位、在職期間)、そして実験で取られた戦略及び考えたほかの参加者の戦略が聞かれる。そこで実験全部終了し、参加者は報酬をもらい各自帰ってもらう。

この実験はファイナンス専門家と大学生両方のデータを用い、ハーディングの検出を行った。またハーディングを検出する際に、イベント不確実性が存在しない場合とイベント不確実性が存在する場合2つの方法に分け研究を進めた。イベント不確実性が存在しない場合、参加者は私的情報に従い、情報カスケード行動に没頭しない。実験研究の結果、ハーディングに没頭する投資家の割合は非常に低い。オーダーフローに基づき株価を調整するメカニズムは投資家のハーディング行動の規模を減らすことが確認できた。この結果は理論予測と整合的である。ファイナンス専門家のデータを用い、理論の妥当性がさらに確かめられた。ただし、理論では予測できない現象も観察された。まず参加者はマーケットと逆方向の取引をする傾向がある。いわゆる逆行行動を取る傾向が見られた。またいくつかの参加者は私的情報を持っているにもかかわらず、取引をあきらめる傾向も観察された。以上の2つの異例は大学生を対象とした先行研究の結果と整合的である。

一方、イベント不確実性の存在で、株価は十分にオーダーフローに含まれる情報を反映できず、参加者にとって私的情報を無視し、前の参加者の行動をまねするのが最適である場合もある。実験分析の結果は理論的な予測よりハーディング行動に没頭する投資家の割合が低い。方法1で観察された逆行行動がなくなるが、取引をあきらめる参加者は相変わらず存在する。

### 3.3 内生的取引モデル

内生的なタイミングにおける投資家のハーディング行動を考察した理論モデルは最初 Chamley and Gale (1994) によって提唱された。企業は観察できない投資収益に関するシグナルを受け、投資するかしないかを定める。結果、取引を延期するインセンティブは投資の非効率及び投資の終止をもたらす。それに取引を延期することができるにもかかわらず、企業の富は増加しないことも確かめた。Chari and Kehoe (2004) は取引延期モデルを拡張し、参加者が連続的に取引する環境における延期モデルを考案した。このような行動は投資家のハーディング行動を導いたほか、投資家の私的情報が市場に流入することを阻止するため、非効率である指摘もある。

#### 3.3.1 取引延期モデル——Chamley and Gale (1994)

Chamley and Gale (1994) は投資の意思決定が延期できる仮定下のハーディング行動モデルを考案した。参加者は他の参加者の私的情報を十分に利用しようとするため意思決定を延期する。参加者のペイオフは彼らの意思決定及び世界の真の状態だけに依存し、他人の行動に依存しない。ただし、各参加者はより正確な意思決定をするため、他人の参加者の行動から推測された情報を考慮に入れるという情報の外部性も存在する。もし参加者はできる限り入手できる情報を増やそうとしたら、ほかの参加者が行動するまで待つしかない。すると誰も最初に行動したくない。

この場合参加者の行動パターンは2つの可能性が考えられる。1つは取引を延期する。しかしこの場合もし情報の開示が遅いなら、何人か気短な参加者は情報の利益がない状況でも動き始める。もう1つの可能性は参加者が投資をあきらめる。すると情報の開示が崩壊され、何の情報も流出できなくなる。取引を延期する行動はコストがかかるほか、情報の完全な開示も阻止するた

め、取引を延期する状況における均衡は非効率的である。

参加者  $N$  名の中からランダム的に  $n$  番目の参加者を抽出し、これらの参加者にあるリスクあり、収益に伴う投資のチャンスを与える。各参加者は投資機会或いは実物オプションに直面している。いわゆる私的情報である。参加者はオプションを実行して初めて参加者の私的情報はほかの参加者に明らかにする。各参加者は一定の確率で実物オプションが与えられ、参加者のタイプ  $t_i$  はランダム変数であり、投資オプションに直面したら  $t_i=1$ 、そうでなければ  $t_i=0$  となる。

ランダム変数 ( $t_1, \dots, t_N$ ) 互いの位置が交換できる。すなわち、次のような2段階が成り立つ。まず確率  $g_0(n)$  で実物投資オプション  $n$  を選ぶ。そしてランダム的に  $N$  名の参加者に割り当てる。したがって、 $i$  番目の参加者は投資オプションに直面する割合は  $n/N$  になり、条件なし期待値は  $\sum_{n=0}^N g_0(n)n/N$  となる。ベイズ定理より、 $i$  番目の参加者は実物オプションを選び、 $n$  の事後確率は  $g(n) = g_0(n)n(\sum_{n'=0}^N g_0(n')n')^{-1}$  である。

ここですべての投資オプションは同一かつ分割できないと仮定する。オプションを実行することによって得られた収益は不確定であるが、参加者各自の私的情報と関連している。交換できるという性質は参加者情報の総和はオプション  $n$  であることを示唆している。したがって、投資の期待収益は参加者の情報に関する関数  $v(n)$  である。オプションの数が大きければ大きいほど、投資のパフォーマンスの期待がよいため、 $v(n)$  は通増関数である。そのほか、投資の価値  $V = \sum_n g(n)v(n)$  は正であることを仮定する。ただし、 $v(n)$  はいくつかの  $n$  に対し負である可能性もある。したがって、 $v(n) \neq 0$  と仮定する。

このような意思決定を取り消しできない最適選択モデルにおいて、オプションの性質に関する私的情報を持っている参加者は投資を受けるか拒否するかを決める。これらの参加者にとって、取引を延期するのが最適であることが確認できた。これは他人の行動を観察することを通じて自分の情報が増やせるからである。もし参加者は情報をより早く開示することを望むなら、彼らは取引を延期することを選択し、誰もが最初に動きだしたくない。すると何の情報も開示できず、このメリットもなくなる。したがって、均衡状態において、参加者は最初に行動し始める意思決定者になる前に、どれぐらい取引を延期するかをランダムに決める。しかし市場の失敗で、我慢しづらい投資家は有益情報の開示を待たずに先に動き出す。誰か1人の参加者は動き始めると、ほかの投資家も次々と動き始まる。実に、制限された時間内、株価を急騰や暴落させる投資行動はめったにない。にもかかわらず、均衡状態において、情報カスケードは発生し、情報の収束の非効率性をもたらす。言い換えると、この場合観察された情報カスケードは非効率的である。

### 3.3.2 連続的取引延期モデル——Chari and Kehoe (2004)

すでに議論した通り、参加者は自由に取引するタイミングが選択できる内生的取引モデルにおいて、ハーディング行動が観察された。Lee (1993) は無限の参加者が私的情報と過去投資家の取引歴史に基づき連続的に投資の意思決定をする動的なハーディング行動モデルを提唱し、このような環境で投資家の意思決定は合理的な行動に収束し、ハーディング行動に没頭しないと議論した。これらの先行研究に基づき、Chari and Kehoe (2004) は、内生的取引モデルを拡張し、参加者が連続的に意思決定する内生的取引モデルにおけるハーディング行動について考察している。

無限の取引時期  $t=0, 1, \dots$  と無限数のリスク中立的投資家が存在する経済を考える。最初、

各投資家はリスクのないプロジェクトに投資する。同時にリスクある投資プロジェクトがあり、各投資家はこのリスクのあるプロジェクトに投資するかどうかを決める。各自は1回だけ投資することができ、投資する順番は決められていない。もし時期  $t$  に投資家はリスクのあるプロジェクトに投資しないなら、この投資家は時期  $t+1$  まで待つか、或いは  $x_t \in [0, 1]$  だけリスクのあるプロジェクトに投資し、残りはリスクのないプロジェクトに投資するかという2つの選択に直面する。

リスクのあるプロジェクトの収益は経済の状態  $y$  に依存し、 $H$  と  $L$  という2つの可能性がある。投資家は真の経済状態は知らない。真の経済状態は高い時 ( $H$ )、リスクのあるプロジェクトに  $x$  単位を投資することによって得られた収益の現在価値は  $f(x)$  と表し、経済状態が低い時 ( $L$ )、リスクのあるプロジェクトに  $x$  単位を投資することによって得られた収益の現在価値は0である。リスクのないプロジェクトに1単位投資すれば、四半期ごとに  $r$  配当がもらえる。したがって、リスクのないプロジェクト1単位の配当の現在価値は1である。配当は各時期の最初で支払われる。

収益の現在価値関数  $f(x)$  は凹関数と仮定し、 $f'(x)$  は有限であり、 $f(0)=0$  である。各時期  $t$  において、投資家が真の経済状態に関する私的シグナル  $s \in \{H, L\}$  がもらえる。シグナルは非対称的であり、式  $Pr(s=H|y=H) = Pr(s=L|y=L) = q > 1/2$  を満たす。1時期に1人の参加者だけシグナルがもらえる。ほかの参加者はこの参加者の私的シグナルを観察することができないが、この参加者の投資行動から彼のシグナルを推測することができる。そして私的シグナルのほか、時期  $t$  に、投資家は先に投資決定した投資家たちの取引歴史  $h_t = (X_0, X_1, \dots, X_{t-1})$  が観察できる。言い換えると、 $t$  番目投資決定する投資家にとって私的情報のほか、 $t-1$  番目まですべての投資家の取引決定も観察できる。投資家は1回だけシグナルを受けことができ、そして受けたシグナルと前の投資家の取引歴史に基づき、 $t$  期で取引するか、それとも取引を延期するかを決める。ただし、1人の投資家は1回だけの取引に限られている。

任意の時期  $t$  に、すべての投資家は以下の4種類にいずれかに属している。すでに投資の意思決定をした不活発な投資家、時期  $t$  の最初でシグナルを受ける新たな情報に詳しい投資家、時期  $t$  の前でシグナルを受けた情報に詳しい投資家及びまたシグナルを受けていない情報のない投資家である。時期  $t$  に意思決定歴史  $h_{it}$  の下で、意思決定をする投資家のペイオフは

$$V_t(h_{it}) = \max_{x \in [0, 1]} p_t(h_{it}) f(x) + (1-x) \tag{3.2}$$

である。時期  $t$  に取引を延期する投資家の次期配当のペイオフは

$$W_t(h_{it}) = \left[ r + \sum_{h_{it+1}} \frac{\mu_t(h_{it+1}|h_{it}) \max\{V_{t+1}(h_{it+1}), W_{t+1}(h_{it+1})\}}{1+r} \right] \tag{3.3}$$

である。

このような投資家が連続的に意思決定する外生的なモデルにおいて、投資家はリスクのあるプロジェクトとリスクのないプロジェクトをどう配分するかを決める必要がある。リスクのあるプロジェクトの収益は経済の真の状態に依存する。各時期に、参加者は私的シグナル及び公的取引歴史に基づき、当期で取引するか、或いは取引を延期するかを決める。取引を延期することによってより多くの投資家の行動が観察できる一方、割引の存在でコストも付いている。

ほんの少ない高いシグナルはすべての投資家にリスクのあるプロジェクトに投資させ、そして

ほんの少ない低いシグナルはすべての投資家にリスクのあるプロジェクトに投資を諦めさせる。割引価値の存在でさらなる情報を待つことによるコストは高いため、投資家は取引を延期し、さらなるシグナルを待つことをやめた。この場合の情報カスケードは、後の投資家の私的情報は市場に流入することを阻止するため、非効率的である。

### 3.4 複数資産モデル——Cipriani and Guarino (2003)

BHW モデルをはじめとして、数多くの先行研究はハーディングの存在を証明した。そのほか、BHW モデルの欠点を指摘している研究は少なくないが、いずれも BHW モデルの設定を変えてもハーディングや情報カスケードは依然として存在することを論じている。ここまで回顧してきた BHW モデルを指摘する研究の多くは、同じ共通点がある。すなわち、みんなは1株だけに対する取引を中心として議論を展開してきた。そのため本節では2株経済における情報カスケード及びハーディング行動に関する研究の結果を紹介する。

Cipriani and Guarino (2003) では2株経済におけるハーディング行動を考察している。株  $A$  と  $B$  2つが存在する。株の価値を  $V^A$  と  $V^B$  で表し、株価値は確率分布  $p(V^A, V^B)$  に従う。確率  $p$  が取る可能な値の範囲は  $[m, M]^2$ ,  $0 \leq m < M$  である。2つの株はそれぞれ2つの市場  $A$  と  $B$  で取引されている。任意の時点  $t$  において、連続的トレーダーの集合からランダムな1人の投資家を抽出し、市場  $A$  と  $B$  どちらかで取引させる。取引は買う、売る或は取引やめるといふ3つの形を含み、競争的なマーケットメーカーと1単位の株を現金と交換する。マーケットメーカー参加者の取引できる株価を設定する。任意の時点  $t$  において、 $t-1$  時点まで両市場の取引歴史  $H_t$  はマーケットメーカーやトレーダーにとって公的情報である。

2種類のトレーダーが両市場に存在する。情報に詳しいトレーダーと情報のないノイズトレーダーである。両市場とも情報に詳しいトレーダーの割合は  $\mu$  で表す。情報のないノイズトレーダーは流動性で株を取引する。彼らは同じ  $1/3$  の確率で買う、売る或は取引をあきらめる。情報に詳しいトレーダーは株の価値に関する私的シグナルを受け、シグナルに基づき収益を最大化するように行動する。情報に詳しいトレーダーは株  $J=A, B$  に関するシグナル  $x^J$  を観察し、シグナルは条件付き確率分布  $q_J(x^J|V^J)$  に従う。2つの株互いに独立しないため、1つの株価値に関するシグナルはもう1つの株価値に関する情報も少し含まれている。

2つ主な結果が得られた。まずは情報カスケードが観察された。カスケード期間中、同じ選好を持っているすべての情報に詳しい投資家は同じ行動を選択する。いわゆる、彼らはハーディングに没頭する。一度ハーディング行動や情報カスケードが発生したら、市場は株の真の価値を評価する際に、参加者各自の私的情報を推測できなくなる。したがって、株の価値はファンダメンタル価値から乖離しているままである。そして参加者の株価値に関する意思決定歴史はほかの株価値に影響する。ある株に対する情報カスケードやハーディング行動はほかの株にも伝染する。ほかの株に対する情報カスケードやハーディング行動をもたらし、ほかの株の価値をファンダメンタルズ価値から乖離させる。

#### 4. 単調的でないシグナルモデル

本章では違う形のシグナルを受けた参加者の行動パターンを考察する研究に着目する。Levin and Peck (2006) では投資収益に関するシグナルのほか、投資を引き受けるコストに関するシグナルを導入し、これまで観察されていない現象——リバーサルが観察された。Park and Sabourian (2008) は単調的でないシグナル構造を考案し、ハーディング及び逆行動の発生について合理的な解釈を与えた。

##### 4.1 複数シグナルの取引モデル

###### 4.1.1 Levin and Peck (2006) モデル

著者は複数シグナルを受ける投資家のハーディング行動について考案している。参加者は2つのシグナルを受け、あるプロジェクトに投資するかどうかを決める。2つシグナルの1つは全体的な経済状態に関するシグナルであり、これは投資収益の不確実性を意味し、全企業共通である。このシグナルは一定の確率で2つの値のどちらを取ると仮定する。いいシグナルを受けた企業はタイプ1企業と呼び、悪いシグナルを受ける企業はタイプ0企業と呼ぶ。もう1つは投資プロジェクトを引き受けるコストに関するシグナルである。これは企業特殊なシグナルであり、ほかの企業の投資コストと関係しない。ただしタイプ0企業の投資コストはタイプ1企業より低い。またほかの企業の投資決定を観察することによって世界の状態をより正確に把握できるため、ほかの企業の投資収益に関する投資決定をするのはいいシグナルを受けたからか或いは低いコストからかを見分ける必要がある。

2人以上のリスク中立な投資家が存在する。投資による収益は2つの可能性  $Z \in \{0, 10\}$  が考えられ、 $Pr(Z=0) = Pr(Z=10) = 1/2$  とする。各参加者  $i=1, \dots, n$  は経済の状態に関するシグナル  $X_i \in \{0, 1\}$  を観察し、これを共通価値シグナルと呼ぶ。各投資家が入手できる共通価値シグナル互いに独立している。いいシグナルを観察した企業をタイプ1企業と呼び、逆に悪いシグナルを観察した企業をタイプ0企業と呼ぶ。シグナルの精度に関するパラメーター  $\alpha \in [1/2, 1]$  であり、式  $Pr(Z=0 | X_i=0) = Pr(Z=10 | X_i=1) = \alpha$  を満たす。 $\alpha$  は1/2である場合、共通価値シグナルは何の情報も含まれていない。 $\alpha$  は1である場合、共通価値シグナルは完全に経済の状態を示している。したがって、パラメーター  $\alpha$  は共通価値シグナルの情報性を正確的に反映している。

そのほか、参加者  $i$  は個人的に投資のコストに関するシグナル  $c_i$  を受ける。これを投資コストシグナルと呼ぶ。世界の状態は  $Z$  であることを前提し、参加者  $i$  は投資コストシグナル  $c_i$  を観察する場合、ランド  $t$  において、もし彼は投資しないならゼロ収益がもらえ、もし投資するなら、 $\delta^{t-1}(Z - c_i)$  の収益がもらえる。ここでディスカウントファクター  $\delta < 1$  を用い参加者のせっかちさを測る。

このような複数シグナルモデルにおいて、先行研究と異なる均衡状態が導出された。先行研究では、小額の投資は社会の富を増やし、タイプ1企業の投資行動を刺激する。市場に正の情報の

外部性をもたらす。それに対して、ここでタイプ0とタイプ1企業による少額の投資は市場に情報の流入を減らし、社会富を低くする。しかし投資コストに関するシグナルを導入することによって、これまでの先行研究で議論されていない新しい現象—リバーサルが現れてきた。最初の取引ラウンドに投資する企業の数が大きければ大きいほど、各企業が高い収益をもらえる事後確率は高くなる。

はじめのうちは、タイプ1企業はタイプ0企業より投資する可能性が高いため、投資行動が多ければ多いほどいいことである。しかし、2番目の取引ラウンドから、また投資していない企業の中、タイプ1企業にとって可能な最低投資コストはタイプ0企業より高くなる。したがって、いくらかの取引歴史を観察した後、投資決定はタイプ0企業による可能性はタイプ1企業よりも高くなる。すると、投資する企業が多ければ多いほど、各企業が高い収益がもらえる事後確率は低くなる。この場合、より多い投資は悪いニュースとなり、リバーサルが観察される。

#### 4.1.2 複数シグナルモデルに基づいた実験——Ivanov, Levin and Peck (2006)

ここまで内生的意思決定におけるハーディング行動モデルを紹介した。このような理論の妥当性を確かめるため、実験の手法を用いて検証が行われた。直観的に、投資収益に関する詳しい情報を持っている参加者は取引延期することによって生じたオプションの価値を過小評価し、すぐに投資する傾向がある。したがって、市場により多くの情報が流入し、社会富増加すると予想される。しかし、理論予測の結果は逆である。この疑問は実験室で解明する。すでに述べた通り、本実験の理論的根拠はLevin and Peck (2006)の複数シグナルモデルである。参加者は投資コスト及び共通投資の収益に関する2つのシグナルを観察し、投資するかしないかを決める。参加者が過剰に投資する傾向が確認できた。その上、参加者がもらうシグナルの精度が高ければ高いほど、彼らはより積極的に投資する傾向がある。

次のような手順で理論モデルを再現する。参加者各自は投資決定する前に、2つのシグナルを観察する。それぞれ投資のコストに関するシグナルと参加者共通の投資収益に関するシグナルである。共通収益シグナルは最も有利でないシグナルから最も有利なシグナルまで格付けされている。可能な組み合わせは4組(0, H), (0, L), (1, H), (1, L)がある。構成要素0と1は共通収益シグナルを代表し、構成要素LとHは投資コストに関するシグナルを代表する。ゲームの最初、各参加者は私的シグナルを観察し、全員同時にラウンド1において投資するか、投資しないかを決める。投資すると決めた投資家は観察したシグナルに基づき、投資の意思決定をする。そしてラウンド1で投資しないと決めた参加者ラウンド1で投資する投資家の行動を観察し、そしてラウンド2で投資するかしないかを決める。同じ手順を繰り返す。参加者*i*にとって、私的シグナル及び先に意思決定する参加者の行動歴史を用い、投資するかどうかを判断する。ただし、各参加者が1回だけ取引することができる。

次は実験に関するいくつかのパラメーターを紹介する。各参加者*i*=1, ..., *n*は投資の収益に関するシグナル  $X_i \in \{0, 1\}$  を観察し、これを共通価値シグナルと呼ぶ。このシグナルは互いに独立し、*Z*に関して条件付きシグナルとする。いいシグナルを観察した企業をタイプ1企業と呼び、逆に悪いシグナルを観察した企業をタイプ0企業と呼ぶ。シグナルの精度に関するパラメーター  $\alpha \in [1/2, 1]$  であり、式  $Pr(Z=0|X_i=0) = Pr(Z=10|X_i=1) = \alpha$  を満たす。パラメーター  $\alpha$  は共通価値シグナルの情報性を正確的に反映している。そのほか、各参加者*i*は投資のコ

ストに関する私的シグナル  $c_i$  を受ける。任意のランド  $t$  に、参加者  $i$  は投資コストシグナル  $c_i$  を観察し、もし彼は投資しないと決めたら収益はゼロであり、もし投資すると決めたら、この参加者は  $\delta^{t-1}(Z - c_i)$  の収益がもらえる。ディスカウントファクター  $\delta < 1$  は参加者のせっかちさを測る。実験を簡単にするため、 $n=2$ ,  $\delta=0.9$ ,  $\alpha=0.7$  と定める。

実験には3つのゲームが含まれている。ゲーム1は投資コストに関するシグナル  $H$  と  $L$  2種類存在する。ゲーム2と3はそれぞれ低コストシグナルと高コストシグナルだけが存在する。以下では具体的に、違うゲームにおける参加者の行動を検討する。

#### ゲーム1（2コストシグナル）

投資コストに関する2種類のシグナル  $L=3.5$  と  $H=6.5$  は同じ確率で発生する。4タイプの参加者が存在し、それぞれ  $(0, H)$ ,  $(0, L)$ ,  $(1, H)$  と  $(1, L)$  である。4つのタイプの参加者は均衡における投資のパターンが互いに異なる。タイプ  $(0, H)$  の投資家は投資のコストに関する高精度のシグナルを持つにもかかわらず、彼らの投資収益の期待値はマイナスであるため、任意の環境において永遠に投資しないだろう。同じく、タイプ  $(1, L)$  の投資家にとって、投資のコストに関するシグナルの精度が低い、投資収益の期待に関するより精度の高いシグナルを受けたため、ランド1で投資するだろう。

一方、タイプ  $(0, L)$  の投資家の期待収益は3である ( $\alpha=0.7$ ) にもかかわらず、投資コストは3.5であるため、彼はランド1で投資しないだろう。しかし、ランド1では必ず高い共通収益シグナルを持っている投資家が出現するので、その場合  $(0, L)$  タイプの投資家はランド2における期待収益は5になるため、投資するだろう。残り  $(1, H)$  タイプの投資家の投資行動は最も興味深い。ランド1で投資するなら0.5の正の期待収益が得られるが、もしほかの投資家がランド1で投資したら、彼は取引を延期するメリットを利用し、ランド2で投資するならランド1より高い収益が得られる。もしすべての  $(1, H)$  タイプの投資家が取引延期を選ぶなら、延期による収益は0.5085である。もしほかの  $(1, H)$  タイプの投資家はランド1で投資するなら、延期による収益はもっと高くなる。

#### ゲーム2（低コストシグナル）

投資コストに関するシグナルは1種類だけ  $L=3.5$  存在する。したがって、2つのタイプの投資家  $(0, L)$ ,  $(1, L)$  が考えられる。タイプ  $(1, L)$  の投資家は投資することが簡単に想像できる。したがって、彼はランド1で投資することを決める。もう1つのタイプの投資家  $(0, L)$  はランド1で投資するのが不利益であるため、ランド1での投資は遠慮するだろう。しかし、ほかの投資家はランド1で投資するなら、この投資家もランド2で投資するだろう。

#### ゲーム3（高コストシグナル）

投資コストに関するシグナルは  $H=6.5$  という1種類だけ存在する。したがって、投資家のタイプはそれぞれ  $(0, H)$  と  $(1, H)$  である。タイプ  $(0, H)$  の投資家は絶対投資しないだろう。タイプ  $(1, H)$  の投資家はランド1での投資による収益と延期による収益を比べて見る。もしほかのタイプ  $(1, H)$  の投資家はランド1で投資するなら、ランド2まで延期することによってより多くの有利情報が得られるためランド2まで延期するのが最適である。もしほかのタイプ  $(1, H)$  の投資家もランド2まで延期すると決めると決めるなら、延期することはいかなる情報ももらえないため、ランド1で投資することを選ぶのが最適である。したがって、タイプ  $(1, H)$  の投資家は

0.4916の確率でランド1において投資し、0.5084の確率で取引を延期する。

実験は3つの方法に分け行われる。2種類のコストシグナルがともに存在する設定は2セッションによって構成され、各セッションに18名の参加者が出席する。シングルコストシグナル設定は1セッションずつに行われ、それぞれ26名と20名の参加者が出席する。ゲーム1では2つの投資コストシグナルが存在するため、実験開始する前に、各参加者の私的コストシグナルは3.5であるか6.5であるかをランダム的に決める。ゲーム2とゲーム3における参加者のコストは固定であるため、この場合全員同じコストに直面する。

各セッションに2つの練習ランドと24個収益と繋がるランドによって構成される。ゲームの最初、参加者はランダム的にペアを組む。互いに相手のすべては知らない。参加者は実験に参加する報酬のほか、実験でのパフォーマンスによって違うレベルの収益がもらえる。各セッション終了後、収益を小計し、現金と換算する。実験は最初のイントロダクションを含め1時間45分から2時間を続く。

総体的に、期待収益に関するシグナルの精度が高いタイプの投資家は投資する傾向がより顕著であり、実際に最終的に投資する割合も高い。ほかのタイプの参加者がランド1で投資する場合、ランド2で投資する投資家の割合はランド1で投資しない場合ランド2で投資する投資家の割合より高くなる。両方の結果は有意的である。投資タイプの意味決定が不顕著な場合、すなわち2種類コストシグナルゲームにおけるタイプ(0, L)とタイプ(1, H)及びシングルコストシグナルゲームにおけるタイプ(0, L)の投資家にとって、相当な割合の意味決定はナッシュ均衡から乖離している。2コストシグナルゲーム(ゲーム1)の方法において、ナッシュ均衡に従う意思決定の割合は時間のたつにつれ増加しているにもかかわらず、シングル方法で同じ傾向が見られない。

2コストシグナルゲームでもシングルコストシグナルゲームでも、実際全体の投資強度は顕著にナッシュ均衡に基づいた投資強度を超えている。2コストシグナルゲームにおいて、超過投資はより目立っている。試合ごとに、実際平均収益は期待ナッシュ均衡収益の73%であり、シングルコストシグナルゲームにおける実際の平均収益は期待ナッシュ均衡収益の69%である。2コストシグナルゲーム及びシングルコストシグナルゲームにおける投資家の行動は正の情報外部性をもたらしている。前者による外部性はナッシュ均衡による外部性と同等レベルであるが、後者による外部性はナッシュ均衡による外部性はより大きい。さらに以下の3つの帰無仮説が棄却できない。①違う方法は意思決定歴史と違う投資家タイプに影響しない。②違う方法は投資の集合に影響しない。③違う方法は同じ収益をもたらす。

## 4.2 単調でないシグナルモデル

### 4.2.1 Park and Sabourian (2008) モデル

著者はハーディング行動が起こりうる情報の構造について考察する。Avery and Zemsky (1998) で用いられたハーディングの定義と整合し、“群れに追随する行動”をハーディングと定義し、それに対して、“群れに反する行動”を逆行動と呼ぶ。投資家の受けた情報シグナルは単調である場合、彼らは永遠にハーディングや逆行動に没頭しないことが先行研究ですでに証明した。しかし、投資家の情報シグナルはU型或いは山形であるなら、ハーディングや逆行動が

起こりうる。また、投資家によるハーディング行動は株価に影響を与える。投資家がハーディングに没頭する場合、株価の変動はより激しい。さらに、ハーディングは長い間に渡って存在し続き、投資家の学習プロセスにも影響する。そのほか著者は逆行動の発生しうる環境、ノーハーディング及びノー逆行動が起こりうる情報環境を議論し、投資家の取引行動に関する完全な情報特徴を検討した。ハーディングや逆行動は思うより普及しているという結論を付けた。

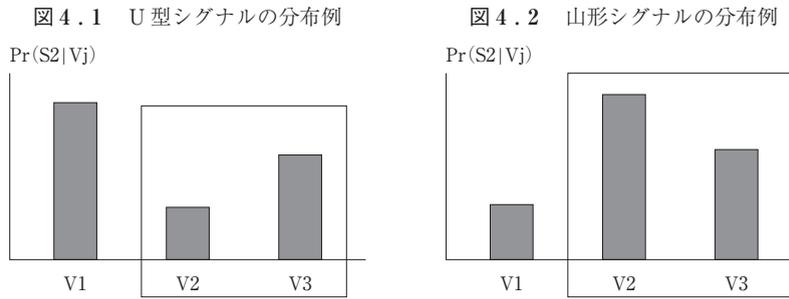
経済世界に1つのリスク株が存在し、トレーダーはランダムな順番で市場に到着し、情報のないマーケットメーカーと株の取引をする。マーケットメーカーはトレーダーが取引できる買い価格と売り価格を設定する。このリスク株の価値  $V$  について3つの可能性がある。 $V = \{V_1, V_2, V_3\}$  であり、そして  $V_1 < V_2 < V_3$  を満たす。株の価値  $V$  の事前分布は  $Pr(\cdot)$  として定義し、 $\{V_1, V_2, V_3\} = \{0, V, 2V\}$  とする。さらに事前分布は  $V_2$  に対し対称的だと仮定し、式  $Pr(V_1) = Pr(V_3)$  が成立する。

トレーダーは2種類存在し、株価値に関する条件付きシグナル情報を受ける情報に詳しいトレーダーと、条件付きシグナルを受けずにランダム的に行動するノイズトレーダーである。各時期  $t$  に、トレーダーは1人ずつランダム的な順番で市場に到着する。到着したトレーダーが情報に詳しいトレーダーである確率は  $\mu > 0$  であり、ノイズトレーダーである確率は  $1 - \mu > 0$  である。情報に詳しいトレーダーはリスク中立的であり、合理的に行動する。各自は株の真の価値  $V$  に関する条件付き私的シグナル  $S$  を受け、シグナルの分布は  $S \in \{S_1, S_2, S_3\}$  に従い、ただし  $S_1 < S_2 < S_3$  を満たす。一方、ノイズトレーダーは情報を持たずにランダム的に取引する。

マーケットメーカーは公的情報だけに基づき、各トレーダーが取引できる株価を設定する。彼は競争的で自分の収益をゼロにするように行動する。各時期  $t$  において、新たなトレーダーが取引する前に、マーケットメーカーが株の売り価格と買い価格を設定する。各トレーダーはマーケットメーカーによって設定された価格で株を取引する。トレーダーの行動パターンの集合  $A$  は  $A = \{\text{買う}, \text{パス (取引しない)}, \text{売る}\}$  を満たす。ノイズトレーダーは任意の時期において、同じ確率  $\gamma = (1 - \mu)/3$  で買う、売る或いは取引しない。

モデルの構造、時期  $t$  まですでに取引したトレーダーの過去行動歴史及び過去の価格変動歴史は公的情報である。トレーダーのタイプ及び各自のシグナルは私的情報である。任意の時期  $t$ 、情報に詳しいトレーダーはシグナル  $S_t$  と取引歴史  $H_t$  を観察する。このトレーダーにとって、株の価値は買い価格より高い  $E[V|H_t, S_t] > p_t^A$  なら買い注文を出し、株の価値は売り価格より低い  $E[V|H_t, S_t] > p_t^A$  なら売り注文を出すのが最適な選択である。

著者は Glosten and Milgrom (1985) によって考案されたモデルを基礎に、Avery and Zemsky (1998) で定義したハーディングを元に議論を進む。“群れに従う”行動をハーディングと、“群れから離れる”行動を逆行動と定義する。取引歴史  $H_t$  が観察され、 $t$  期にシグナル  $S$  を受けた投資家は以下の条件が成立する場合だけこの投資家がハーディング行動に没頭するといえる。 $(H1) E[V|S] < bid_t$ ,  $(H2) E[V|S, H_t] > ask_t$ ,  $(H3) E[V|H_t] > E[V]$ 。もし取引歴史  $H_t$  で、条件  $(H1)$ – $(H3)$  を満たすシグナルが存在するなら、歴史  $H_t$  は買いハーディングが発生するといえる。売りハーディングの定義は反対である。取引歴史  $H_t$  が観察され、 $t$  期にシグナル  $S$  を受けた投資家は以下の条件が成立する場合だけこの投資家が買い逆行動に没頭するといえる。 $(C1) E[V|S] < bid_t$ ,  $(C2) E[V|S, H_t] > ask_t$ ,  $(C3) E[V|H_t] < E[V]$ 。売り逆行動の定義は



反対である。

ここで情報に詳しいトレーダーはハーディング行動を取るかどうかにかかわる最も肝心となった要因は条件付き私的シグナル  $S$  に分布である。任意の条件付きシグナルの分布は以下の四つの形の1つに従う。

上昇  $\iff Pr(S|V_1) < Pr(S|V_2) < Pr(S|V_3)$ ; 下落  $\iff Pr(S|V_1) > Pr(S|V_2) > Pr(S|V_3)$

U型  $\iff Pr(S|V_i) > Pr(S|V_2) \quad i=1, 3$ ; 山型  $\iff Pr(S|V_i) < Pr(S|V_2) \quad i=1, 3$

ここで上昇や下落の形をしている条件付きシグナルを単調な条件付きシグナルと呼ぶ。Avery and Zemsky (1998) ですでに証明したように、単調なシグナルを受ける投資家は永遠にハーディングや逆行動に没頭しない。U型シグナルを受けたトレーダーは株の真の価値が真ん中より両方にウェイトを過重に評価するため、条件付きシグナルの分布はU型である場合、ハーディング行動が起こりうる。山型シグナルを受けたトレーダーは真ん中の経済状態が最も起こりうると予測し、両方極端な価値より真ん中の価値に多くウェイトをおくため、条件付きシグナルの分布は山型をしている場合、逆行動が起こりうる。図4.1と図4.2はそれぞれU型シグナルと山形シグナルを図示している。横軸はそれぞれ株の真の価値を表し、縦軸はシグナル  $S_2$  を受け、株の真の価値を予測する確率を示している。

条件付きシグナル  $S_2$  を受け、投資するかどうかを決める投資家を考えよう。株価が上昇し続く環境を確保するため、この参加者が直面している取引歴史はすでに買いハーディングが発生したとする。買いハーディングが起こる必要条件として、経済の状態いわゆる株の真の価値は  $V_1$  である確率は真の価値は  $V_3$  である確率より低いことである。さらに、現時点の経済状態が予想以上によく、株の真の価値は  $V_1$  である確率は非常に小さいと仮定する。そこでこの参加者にとって、株の真の価値は  $V_1$  である確率が低く、結局  $Pr(S|V_2)$  と  $Pr(S|V_3)$  の比較になる。

図4.1と4.2はそれぞれ  $Pr(S|V_2) < Pr(S|V_3)$  及び  $Pr(S|V_2) > Pr(S|V_3)$  である場合を図示している。もしこの参加者が受けたシグナル  $S_2$  はU型シグナルであるなら、株の真の価値は  $V_3$  である確率をより高く予測する。さらに、この参加者と同じ立場にあるほかのU型シグナルを受けた投資家が市場に取引するなら、これらの投資家は公的情報しか入手できないマーケットメーカーより早く株の真の価値に関する予測を更新する。言い換えると、もし意思決定歴史から株の真の価値が  $V_1$  である可能性が低いことを推測できるなら、U型のシグナルを受けた投資家は株の真の価値が  $V_3$  である予測によりウェイトを置き、取引行動も売り注文から買い注文にシフトする。もし参加者のシグナル  $S_2$  は山型であるなら、結果は逆になる。彼らは株の真の価値が  $V_2$  である確率をより高く予測する。言い換えると、もし株価が上昇しすぎるなら、彼らは

売り注文を出し、株価が低すぎるなら買い注文を出す。

#### 4.2.2 実験室における検証——Park and SgROI (2008)

この論文はすでに紹介した Park and Sabourian (2008) の結果に対する検証である。Park たちはハーディングや逆行動及びノーハーディングやノー逆行動が発生しうる十分な情報の構造について考察した。そして情報の構造は U 型である株式市場においてハーディングの発生は可能であり、情報の構造は山形である市場において逆行動の発生は可能である結論が得られた。ここで著者は実験の手法を用い、理論的な予測を確かめる。ただし既存の実験研究と違い、この実験で取引をパスする行動が許された。さらに著者はこのような取引をあきらめる行動に対する合理的な解釈を与えた。最後参加者の大多数は理論通りに行動しているという結果が確認できた。

ここでハーディングや逆行動に定義は Park and Sabourian (2008) で提出された定義を用いる。ハーディング行動は取引歴史に影響され、取引決定を変えさせる現象、いわゆる“群れに加入する”ことを意味している。それに対して、“群れに反する行動”を逆行動と定義する。

トレーダーはランダム的な順番で市場に到着し、公的情報だけ持っているマーケットメーカーと株の取引を行う。株の真の価値は同じ確率で 3 つの可能性があり、 $V_1 < V_2 < V_3$  を満たす。同時に、2 種類のトレーダーが市場に存在する。情報に詳しいトレーダーは株の真の価値に関する条件付き独立シグナルを受け、ノイズトレーダーはモデル以外の理由で取引する。各トレーダーが取引する前に、マーケットメーカーはトレーダーが取引できる株の価格を設定する。

取引歴史及び価格歴史は公的情報であり、マーケットメーカーは株価を公的情報及び過去情報に基づいた期待価値と等しくするように株価を設定する。取引ごとに、トレーダーがノイズトレーダーである確率は 25% である。情報に詳しいトレーダーが取引する前に、株の真の価値に関するシグナル  $S_1, S_2, S_3$  の中の 1 つを受ける。トレーダーがこの私的情報に基づいた期待価値はマーケットメーカーが設定する株価より高いなら買う；逆に株価より低いなら売る。シグナル  $S_1$  は株の真の価値は  $V_2$  より  $V_1$  である確率が高いことを意味している。 $V_2$  と  $V_3$  も同様である。言い換えると  $V_1 > V_2 > V_3$  を満たす。シグナル  $S_3$  は逆で、 $V_1 < V_2 < V_3$  である。言い換えると、シグナル  $S_1$  を受けた参加者は最も低い株の価値を予測するほうに意思決定を傾け、シグナル  $S_3$  を受けた参加者は最も高い株の価値を予測するほうに意思決定を傾ける。しかしシグナル  $S_2$  はいくつか違う形を取っている。

上昇  $\iff Pr(S|V_1) < Pr(S|V_2) < Pr(S|V_3)$ ; 下落  $\iff Pr(S|V_1) > Pr(S|V_2) > Pr(S|V_3)$

U 型  $\iff Pr(S|V_i) > Pr(S|V_2) \quad i=1, 3$ ; 山型  $\iff Pr(S|V_i) < Pr(S|V_2) \quad i=1, 3$

単純に上昇或いは下落する条件付きシグナルは単調的な条件付きシグナルと呼ばれる。 $Pr(S|V_1) > Pr(S|V_3)$  或いは  $Pr(S|V_1) < Pr(S|V_3)$  が成立する場合、シグナルはネガティブ的に或いはポジティブ的に  $V_2$  に対して偏っている。それぞれ U-型と山形と名付けている。理論的分析の結果、シグナルタイプ  $S_1$  とタイプ  $S_3$  を受けた参加者は永遠にハーディング行動に没頭しない。シグナル  $S_2$  がネガティブな U-型をしている時だけ参加者は買いハーディングに没頭する；逆に  $S_2$  がポジティブな U-型をしている時だけ参加者は売りハーディングに没頭する。シグナル  $S_2$  がネガティブな山型をしている時だけ参加者は買い逆行動に没頭する；逆に  $S_2$  がポジティブな山型をしている時だけ参加者は売り逆行動に没頭する。

実験で使われる株の真の価値  $V \in \{75, 100, 125\}$  という 3 つの可能性がある。15—25 の参加

者が出席し、その中の25%はノイズトレーダーである。コンピューターはマーケットメーカーの役割を果たす。参加者は情報に詳しいが、参加者の情報に基づいた意思決定は直前の株価に影響する。実験を開始する前に、参加者各自  $S_1$ ,  $S_2$ ,  $S_3$  の中1つのシグナルを受ける。ただし  $S_1$  = 悪いニュース,  $S_3$  = いいニュースとする。そのほか、参加者にシグナルの分布及びシグナルを受けてから株の真の価値に関する条件つき確率の情報を公開する。ただし、各参加者に理論予測の結果は公開しない。各ラウンド、参加者は自分の収益を最大にするように行動する。実験最初のオリエンテーションで、ノイズトレーダーの存在及び割合はすべての参加者に公開し、ノイズトレーダーが50%の割合で買い注文や売り注文を出すこともすべての参加者に説明する。

実験は2つの違う設定における参加者のハーディング行動を比較する。設定1では参加者が1回だけ取引でき、設定2では参加者が2回取引できる。各参加者が取引する前に、先に意思決定をした参加者の取引歴史及び取引価格歴史が観察できる。そしてマーケットメーカーが設定した当ラウンドで取引できる価格を見て意思決定する。マーケットメーカーが取引価格を設定する時に、 $P_t = E[V|H_t]$  に従う。ただし、 $P_1 = 100$  である。参加者が行動の集合は  $a = \{\text{買う, パス, 売る}\}$  である。参加者の収益は彼らが取引する価格と株の真の価値との差額として計算される。実験は13セッションによって構成され、参加者の中49%が女性であり、73%が経済を専攻し、53%がファイナンスマーケットに投資する経験がある。

実験は6の方法によって構成される。最初の3つの方法で、参加者は1回だけ取引できる。残りの3つの方法で、参加者は2回取引できる。各方法は特定な情報構造でハーディング行動を検出する。方法1で、ネガティブな山形シグナル構造は買い逆行動を可能にする。方法2で、上昇するシグナルはハーディングや逆行動を不可能にする。方法3で、ネガティブなU型シグナル構造は買いハーディングを可能にする。方法4で、下落するシグナルはハーディングや逆行動を不可能にする。方法5でポジティブなU型シグナル構造は売りハーディングを可能にする。方法6で、ポジティブな山形シグナル構造は売り逆行動を可能にする。

まず理論研究の結果より、すぐに判断できるのが、シグナルタイプ  $S_1$  を受けた参加者は常に売り注文を出し、これらの参加者は永遠にハーディング行動や逆行動に没頭しない。逆にシグナルタイプ  $S_3$  を受けた参加者は常に買い注文を出し、これらの参加者も永遠にハーディングや逆行動に没頭しない。シグナルタイプ  $S_2$  を受けた参加者の行動は方法と取引歴史  $H_t$  に関する関数である。さらにシグナル  $S_2$  について、以下の予測が成立するだろう。方法3及び5ではハーディング行動が起こりうる。方法1と6では逆行動が起こりうる。方法2或いは4ではハーディングや逆行動が起こりかねる。そのほか、任意のタイプを受けた参加者は取引をパスしない。実験の結果、参加者は大体理論通りに行動している。参加者行動に関するさらなる研究で、リスク回避や損失回避或いはエラー相関などの特徴は実験の結果にあまり影響しないことが確認できた。さらに価格の効率性に関する検証において、非効率的な価格変動が観察された。これはノイズトレーダーの取引行動は株価に影響を与えることを示唆している。

#### 4.2.3 実験室における検証——Park and SgROI (2009)

すでに紹介したU型・山型シグナル構造におけるハーディングや逆行動に関する理論研究において、参加者は自由に取引のタイミング或いは取引する株の単位が選べない。そこで著者はこの2つの制限を考慮した上で、新たに実験を行った。先行研究と比べ、参加者が自由に取引のタ

イミングを選択できる設定でハーディングや逆行動がより顕著に現れる。優れた情報を持っている参加者は最初取引することを選択し、続いて行動するのが逆方向の情報の持っている参加者であり、ハーディングに没頭しそうな参加者は最も取引を延期する。

先行研究におけるハーディングの定義と違い、著者は株価の上昇と下落を考慮したうえでハーディングや逆行動を定義する。上昇する株価に直面する場合、参加者が売り行動から買い行動に変更すると、また下落する株価に直面する場合、参加者が買い行動から売り行動に変更するところの参加者はハーディングに没頭するといえる。それに対して、もし株価が上昇する環境に直面する参加者は買い行動から売り行動に変更するなら、或いはもし株価が下落する環境に直面する参加者は売り行動から買い行動に変更するなら、この参加者が逆行動に没頭するといえる。

取引歴史  $H_t$  を観察した参加者は以下の仮定を満たす場合だけこの参加者が買いハーディングに没頭するといえる。(H1) 最初の歴史  $H_1$  で売る, (H2) 歴史  $H_t$  で買う, (H3) 歴史  $H_t$  での株価は  $H_1$  での株価より高い。取引歴史  $H_t$  を観察した参加者は以下の仮定を満たす場合だけこの参加者が買い逆行動に没頭するといえる。(H1) 最初の歴史  $H_1$  で売る, (H2) 歴史  $H_t$  で買う, (H3) 歴史  $H_t$  での株価は  $H_1$  での株価より低い。

実験の参加者はマーケットメーカーと株の取引をする。株の真の価値は同じ確率で3つの可能性  $V_1 < V_2 < V_3$  がある。参加者は取引のタイミング及び取引の方向（買う, 売る, 取引をあきらめる）を決める。参加者は2タイプが存在し、それぞれ株の真の価値に関する情報をもらえる情報に詳しいトレーダーと情報のないノイズトレーダーである。マーケットメーカーはすべて利用可能な公的情報に基づき、トレーダーと株を売買できる価格を設定する。各トレーダーがノイズトレーダーである確率は25%であり、彼らは50%の確率で株を買う或いは売る。

情報に詳しいトレーダーは3つのシグナル  $S_1, S_2, S_3$  の中の1つを受ける。シグナル  $S_1$  が株の価値に関する可能性は  $V_1 > V_2 > V_3$  であることを意味している。シグナル  $S_3$  は全く逆であり、株の価値に関する可能性は  $V_1 < V_2 < V_3$  であることを意味している。言い換えると、シグナル  $S_1$  を受けた参加者は株の真の価値を一番低く予測する。一方、シグナル  $S_3$  を受けた参加者は株の真の価値を一番高く予測する。シグナル  $S_2$  はいくつか違う形をしている。もしシグナル  $S_2$  は山形でしたら、参加者は株の真の価値が状態  $V_2$  である可能性が一番高いと予測する。逆にもしシグナル  $S_2$  はU型なら、株の真の価値は  $V_1$  或いは  $V_3$  である可能性が高いと推測できる。

実験で使われる株の真の価値  $V \in \{75, 100, 125\}$  という3つの可能性がある。15—25の参加者が出席し、その中の25%はノイズトレーダーである。コンピューターはマーケットメーカーの役割を果たす。参加者は情報に詳しいが、参加者の情報に基づいた意思決定は直前の株価に影響する。実験が開始する前に、参加者各自  $S_1, S_2, S_3$  の中1つのシグナルを受ける。参加者にシグナルの分布及びシグナルを受けてから株の真の価値に関する条件つき確率の情報を公開する。ただし、各参加者に理論予測の結果は公開しない。各ラウンド、参加者は自分の収益を最大にするように行動する。実験最初のオリエンテーションで、ノイズトレーダーの存在及び割合はすべての参加者に公開し、ノイズトレーダーが50%の割合で買い注文や売り注文を出すこともすべての参加者に説明する。

参加者が自由に意思決定のタイミングが決められる。彼らの行動パターンには3つの可能性が考えられ、 $a = \{\text{買う, パス, 売る}\}$  がある。3分間の間、彼らはその中の1つや2つが選択でき

る。各セッションにおける参加者の収益は彼らが取引する価格と株の真の価値との差額として計算される。実験は6種方法によって構成される。最初の3つの方法で、参加者は1回だけ取引できる。残りの3つの方法で、参加者は2回取引できる。各方法は特定な情報構造でハーディング行動を検出する。方法1でネガティブなU型シグナル構造はハーディングを可能にする。方法2でネガティブな山形シグナル構造は買い逆行動を可能にする。方法3でポジティブなU型シグナル構造は売りハーディングを可能にする。方法4は方法2と同じであるが、参加者は2回取引できる。方法5は方法3と同じであるが、参加者は2回取引できる。方法6は方法1と同じであるが、参加者は2回取引できる。

次は理論的に参加者が違うシグナルの直面する場合どんな行動を取るかを予測する。シングル取引の場合、 $S_1$  タイプのシグナルをもらった参加者は実験が始まるとすぐ売り注文を出し、 $S_3$  タイプはすぐ買い注文を出す。 $S_2$  タイプはハーディング行動や逆行動が形成している場合だけハーディング行動や逆行動に加入する。それに  $S_2$  タイプは  $S_1$ 、 $S_3$  の後に行動する。 $S_2$  タイプの中、山形の参加者はU型の参加者より早く行動する。2回取引できる場合、 $S_1$  タイプのシグナルを受けた参加者は実験が始まるとすぐ2回売り注文を出し、 $S_3$  タイプはすぐ2回買い注文を出す。最初の取引で、 $S_2$  タイプは  $S_1$ 、 $S_3$  の後に行動する。そして  $S_2$  タイプの中、山形の参加者はU型の参加者より早く行動する。

参加者が自由に取引のタイミングを選択できる環境で、行動はどう変化するかを考察する。2000個近くの取引を持って、参加者はどう意思決定するかを見るだけでなく、いつ行動するかも確認できる。既存の先行研究と違い、著者は価格が変動できるファイナンス市場環境における合理的なハーディング行動や逆行動が許される理論的なフレームワークを用いる。実験の結果、理論予測通り、ハーディング行動を取る参加者は意思決定を簡単に変える参加者である。彼らは株価の上昇や下落を過剰に評価するため、株価上昇する時最適行動を買い注文からいる注文に変換し、或いは株価下落する時売り注文から買い注文に変換する。そのため、彼らにとって、極端な価値ウェイトを変えさせるシグナル、いわゆるU型のシグナルが必要とされる。それに対して、逆行動を取る参加者は意思決定を変わりにくい参加者である。株価下落するときに買い、上昇する時に買う。彼らは株価の上昇や下落を過小に評価するため、株の真の価値は真ん中に位置することを思わせるシグナル、いわゆる山形のシグナルが必要とされる。

## 5. ハーディング、情報カスケードとクラッシュ

ファイナンス市場における投資家のハーディング行動は株価のバブルや経済のクラッシュに関連していると指摘されている。本章は株式市場における投資家のハーディング行動は株価バブルをもたらす潜在的可能性について検討している。

### 5.1 情報収束の失敗によるクラッシュ——Lee (1998)

この研究は取引コスト及び連続的取引構造が存在する株式市場を考察している。連続的取引モデルにおいて、取引コストはトレーダーの私的情報の開示を阻止する。このような情報収束の失

敗は、ほんの少しの誘因で隠された情報が市場に現れることを導き、株価を動揺させる。

著者は2つの株——現金とリスク株が存在する経済を考案する。リスク株の真の価値  $Y$  は経済世界の状態に依存する。一連のリスク中立的な投資家は意思決定する時点まですべて利用可能な情報を用い、期待効用を最大にするように行動する。効用  $u$  は最終的な富及び全期間中の取引によって決められ、 $u(W, z)$  として定義される。ただし  $W$  は最終的な富であり、 $z$  は全取引期間中すべての取引オーダーファクターである。最初、各投資家  $i$  に同じ金額の現金及びリスク株の真の価値に関する違う私的情報を与える。彼らは私的情報に基づき、各時期  $t=1, \dots, T+1$  において、マーケットメーカーとリスク株を取引する。取引終了後、確率  $\beta$  で株の真の価値は公的情報になり、取引ラウンド  $T+1$  すべて終了後、リスク株の真の価値は確率 1 で投資家に知らせる。

取引ごとに、新たな投資家は市場に参入し、ほかにすでに市場に存在する投資家は依然として活躍し、彼らは自分のポジションを再調整することができる。投資家の取引順序及び各自が受けた私的情報はランダム的に決められる。投資家がマーケットメーカーとの取引を行って初めて取引コスト  $c$  が徴収される。ただし、取引コスト  $c$  はオーダーサイズ及び富の効用から独立する。

以上の設定のほか、さらにいくつかの仮定が置かれている。まず、投資家は戦略的な行動を取ることが禁止されている。言い換えると、投資家たちは受けていないシグナルにより取引することが許さない。また各投資家が取引オーダーを出すときに、取引しない時の価格経路を考える必要がない。そして最初に、現金とリスク株は所持していない。投資家の効用関数は

$$u(W, z) = -\exp[-W] - c\phi_{\{z \neq 0\}} \quad (5.1)$$

で表す。ただし  $\phi_{\{z \neq 0\}}$  は尺度関数である。そのほか、経済状態は  $G$  と  $B$  と 2 種あるが存在し、 $Y = \{G, B\}$  である。状態  $G$  は株の真の価値が 1、状態  $B$  は株の真の価値が 0 を意味している。

マーケットメーカーはリスクのある株の期待価値と等しくするように株の価格を設定する。そして参加者は各時点において、参加者はすべて利用可能な情報に基づき収益を最大にする。マーケットクラッシュを議論する前に、情報のなだれは情報カスケードで集められたモメンタムをいかにリバーサルするのかを考える必要がある。情報カスケードが起ると、株の価格はファンダメンタル価値から離れて、隠れている情報もたまっている。情報のなだれは情報カスケードの壊れやすさという弱点を利用し、情報カスケードに含まれていないシグナル情報を誘因とする。特に、情報カスケードに含まれていないシグナル情報は情報カスケードと正反対の状態を暗示している。一度こういうシグナルに含む行動は市場に現れると、情報カスケードと一致する経済状態のウェイトは低くなり、公的考えも混乱に陥る。このような状況下、情報カスケード中隠されている情報は公的に現れる。

著者は取引コストが存在する株式市場における情報収束の失敗によるマーケットクラッシュについて考察している。このモデルは関連する重大ニュースがない環境においても大きな株価の変動が起こることが確認できた。そしてより効率的な資本市場を構成するため必要な方針を提示した。すなわち、同時により多くのオーダーを実行することである。たくさんのオーダーを同時に実行すると、情報のない取引歴史による個人投資家投資決定のゆがみを避けることができる。そして取引歴史に関する少ない情報を提供する取引メカニズムは投資家をより自分の私的情報を重視させる。

## 5.2 ハーディングとバブル——Hott (2008)

株価バブルがハーディング行動によって解釈できる。著者は株式市場におけるハーディング行動の存在を検証し、ハーディング行動はどうかのバブルを導くかを考察した。主な研究結果を紹介する前に、著者によるハーディング及び株価バブルの定義について説明する。Hottにより、あるプレイヤーの意思決定はほかのプレイヤーの意思決定によって影響されるなら、このプレイヤーはハーディングに没頭するといえる。株の価格は長期間に渡ってファンダメンタルズ価値から乖離しているなら株価のバブルが発生するといえる。

Avery and Zemsky (1998) では、違うレベルの不確実性の存在が株価バブルを導くことを議論した。ここで言った違うレベルの不確実性とは株の真の価値に関する不確実性のほか、ある特定のイベントは発生するかどうかに関する不確実性、いわゆる構成の不確実性などを意味している。構成の不確実性が存在する場合、参加者が市場で取引する投資家の中情報に詳しい投資家の割合が知らない。先行研究の考え方と違い、ここで著者は新たな要素を入れた。もし株の真の価値に関するポジティブなシグナルが市場に届いたら、投資家のムードが上昇する。このような増強しつつあるムードは情報シグナルのない投資家に株の価値をポジティブに評価する方向に誘導し、投資を増やさせる。そして次の時期において、投資家は前期のいくつかの投資家のシグナルは正であったことを予測し、さらに上昇したムードを上昇させ、株価も上昇させる。このプロセスは繰り返し、株価をだんだん押し上げていく。投資家はこのムードは情報のないシグナルによるということを気づき、バブルが崩壊する。

モデルの基本的なデザインは Avery and Zemsky (1998) と整合している。時間は離散的であり、違う投資家はある株を取引する。株の真の価値はそれぞれ50%の確率で1 或いは0 を取る。投資家は2つのグループに分けられ、情報のある私的情報を持っている情報に詳しい投資家と情報のないノイズ投資家である。そのほか、投資家はほかの投資家の行動から彼らの持っている株の価値に関する私的情報を予測する。もし彼らがほかの投資家の中情報の詳しい投資家の割合が過剰に評価し、同じ行動に従うなら、ハーディング行動に没頭し、株価のバブルを引き起こす。

次はモデルの各構成要素を分析する。世界で2つの違う株——完全株とリスク株が存在する。安全資産の供給は完全弾力的で、収益はゼロである。危険資産はゼロクーポンとして考えられる。時期  $T$  における危険資産の収益は確率  $\pi$  で1 であり、確率  $1-\pi$  で0 である。債券の供給は完全弾力的である。 $N$  の投資家は危険資産を持つとする。彼らは各時期で所持する債券を市場価格  $V_t$  で売買することができる。情報に詳しい投資家は割合  $\gamma$  で私的情報がもらえ、さらに情報に詳しい投資家の中の  $\frac{\alpha_t}{\gamma}$  は情報シグナル “+” を受け、 $\frac{\beta_t}{\gamma}$  は情報シグナル “-” を受ける。そして割合  $1-\gamma$  のノイズ投資家はマーケットムードとも呼ぶ。

時期  $\tau$  ではじめて正の割合  $\alpha_\tau$  で投資家はシグナル “+” を受けたなら、時期  $\tau+1$  でマーケットムード上昇し、そして正の割合  $x_{\tau+1}$  のムード投資家は時期  $\tau$  で取引する投資家はシグナル “+” を受けたと信じる。そして時期  $\tau+2$  において、投資家は時期  $\tau+1$  での取引からシグナルを推測する。彼らはシグナル “+” に従い行動する投資家の数を観察するが、その中どのぐらいの投資家はムード投資家であるかは知らない。そのため確率変数を用い予測を行う。時期  $\tau+2$  でマーケットムードは上昇し続ける。上昇する結果、すべての投資家は株へ投資することを好む。

これは株価のさらなる上昇をもたらす。時期  $t+2$  において、いくつかのムード投資家はシグナル “+” を受けたように行動するため、これは投資家たちを市場のシグナル情報を過剰に評価させる。したがって、時期  $t+3$  で、マーケットムードはさらに上昇し、そしてこのプロセスは繰り返し、株価をより高く引き上げられる。

市場に存在する情報が少ない経済環境で、もし時期  $t$  に何の情報も市場に流入しなかったなら、 $t+1$  期における市場ムードは正の割合  $x_t$  で上昇する。そしてもし正の割合  $\alpha_t$  を持っている投資家はシグナル “+” を受けるなら、マーケットムードは時期の立つにつれ増加する。ただし、増加率は逡減している。

このモデルで、投資家は市場にある情報のレベルと過剰に予測し、ムード投資家グループに加入する。この追従行動を通じて、投資家たちは市場のムードを引き上げ、ポジティブなフィードバック取引に没頭し、株価のバブルを導く。そして時間のたつにつれ、投資家たちは市場に存在する情報が少ないことを気付く。すると株価のバブルが崩壊される。このモデルから2つのことを導く。まず、株価のバブルは必ずしも投機に帰因するわけでない。そして、情報が流入しやすい環境は公理的な市場にとってとても重要である。より情報の詳しい投資家は市場に到着することは市場全体の環境をよくすることができる。

## 6. 結 語

ハーディング行動は投資家が株投資をする時に、互いに影響しあい、自分の私的情報を無視し、ほかの投資家の投資行動に追従する現象である。ファイナンス市場において、ハーディング行動に関する研究は90年代から数多くされ、より多くの注目を集めている。実験に関するサーベイが少ない現状から、本稿はハーディング行動に関する理論及び実験研究を回顧し、ハーディング行動が起こりうる情報構造を検討する。

合理的ハーディングの形成原因として、情報の非対称性による情報カスケード、名声によるハーディング及び調査に基づくハーディングという3種類に分けることができる。Bikhchandani たちは情報カスケードに着目し、同じ投資機会、同じ投資コストに直面する投資家の投資行動を考察する。投資家はある投資の価値に関する私的情報を入手し、投資を受けるか拒否するかを決める。これらの投資家は外生的な順番で逐次的に投資決定をする。後で意思決定投資家は自分の私的情報のほか、すでに意思決定した投資家の投資決定も観察することができる。このような一般的な設定のもとで、情報カスケードが起こる。

情報カスケード理論の妥当性を検証するため、大学生とファイナンス専門家両方ともを対象に、実験室で BHW モデルを再現した。実験の結果は理論的予測と整合的で、BHW によって定義された一般的なセットアップで情報カスケードが観察された。しかしこのような情報カスケードはすべて合理的であるわけでない。リバーサルカスケードも観察された。つまり、参加者は自分の正しい情報を無視し、間違った行動に従う。学生と専門家を比較した結果、専門家はより正確に情報の質を判断できるが、両グループの収益には大きな差が見られない。

BHW モデルはいくつかの仮定を前提に議論を展開したが、BHW モデルを拡張し、ハーディ

ング行動を考察する研究も行われた。まず BHW モデルでは参加者 1 人 1 人の投資決定は離散的であると仮定している。もしこの投資決定は連続的であるなら、情報カスケードが観察できなくなる。次は投資コストが一定である BHW モデルの設定を変え、投資を受けるコストは意思決定ごとに更新されるシナリオを考える。この場合、参加者の私的情報は常にマーケットメーカーより優れているため、合理的な投資家は永遠にハーディング行動に没頭しない。この議論も実験の手法で再現し、さらに予測の妥当性が確かめられた。理論通りにハーディング行動を検出したほか、理論的予測できない逆行動も観察された。BHW モデルにおいて、参加者の取引順番は外生的である。もし参加者が自由に投資決定するタイミングが決められるとどうなるだろう。短期間内、ハーディング行動が観察されたが、期間が長くなるにつれ、ハーディング行動が消える。

Park たちはハーディング行動と逆行動両方が起こりうる情報の構造を考案した。先行研究で用いられた 2 つ単調的なシグナルの上に、U 型及び山型の分布に従うシグナルを分析に加える。もしシグナルの分布は単調的であるなら、参加者は永遠にハーディングや逆行動に没頭しない。それに対もしシグナルの分布は U 型に従う場合、参加者はハーディング行動没頭し、シグナルの分布は山型の場合、参加者は逆行動に没頭する傾向が確認できた。実験室における検証の結果、参加者の大多数は理論通りに行動している。

投資家のハーディング行動市場の大暴落や急騰と関連している。これは大きな株価の変動がない場合や重大なニュースが発表されない場合でも観察される。一時的な情報閉鎖より、投資家のカスケード行動は株価の急騰を導く。この時、ほんのわずかな誘因イベントで大量の私的情報が市場に現れ、投資家はどんどん売り注文に変え、市場の大暴落をもたらす。或いは投資家が情報の質を過剰に評価し、ノイズなムード投資家に従うことにより、株価を引き上げる。そこで一旦投資家は株価の上昇はムード投資家によることを気付いたら株価のバブルが崩壊する。

#### 注

- 1) 出所：Fama (1998) は実証の結果を非合理的行動の証拠とする時にこう語った。
- 2) リラが仮定の貨幣で、実験終了後、1/65 のレートでドル現金と換算する。
- 3) 先行研究では買い価格と売り価格両方を設定しているが、ここでは簡単のため買い価格と売り価格を統一する。

#### 参考文献

- [1] Alevy, Jonathan E., Michael S. Haigh, and John A. List, 2007, "Information cascade: Evidence from a field experiment with financial market professionals," *Journal of Finance* LXII, pp. 151-180.
- [2] Anderson, Lisa, Charles A. Holt, 1997, "Information cascades in the laboratory," *American Economic Review*, Vol. 87, pp. 847-862.
- [3] Avery, Christopher and Peter Zemsky, 1998, "Multi-dimensional uncertainty and herd behavior in financial markets," *American Economic Review*, Vol. 46, pp. 343-346.
- [4] Banerjee, Abhijit V., 1992, "A simple model of herd behavior," *Quarterly Journal of Economics*, Vol. 107, pp. 797-817.
- [5] Bikhchandani, Sushil, David Hirshleifer, and Ivo Welch, 1992, "A theory of fads, fashion custom and cultural change as informational cascade," *Journal of Political Economy*, Vol. 100, pp. 992-1026.

- [6] Bikhchandani, Sushil and Sharma Sunil, 2000, "Herd behavior in financial markets: A review," *IMF Staff Papers*, Vol. 47, pp. 279-310.
- [7] Bloomfield, Robert, Maureen O'Hara and Gideon Saar, 2005, "The make or take decision in an electronic market: Evidence on the evolution of liquidity," *Journal of Financial Economics*, Vol. 75, pp. 165-199.
- [8] Celen, Bogachan and Shachar Kariv, 2004a, "Observational learning under imperfect information," *Games and Economic Behavior*, Vol. 47(1), pp. 72-86.
- [9] Celen, Bogachan and Shachar Kariv, 2004b, "Distinguishing informational cascade from herd behavior in the laboratory," *The American Economic Review*, Vol. 94, pp. 484-498.
- [10] Cipriani, Marco and Antonio Guarino, 2005a, "Herd behavior in a laboratory financial market," *American Economic Review*, Vol. 95(5), pp. 1427-1443.
- [11] Cipriani, Marco and Antonio Guarino, 2005b, "Noise trading in a laboratory financial market: A maximum likelihood approach," *Journal of the European Economic Association*, Vol. 3, pp. 315-321.
- [12] Cipriani, Marco and Antonio Guarino, 2009, "Herd behavior in financial markets: An experiment with financial professionals," *Journal of the European Economic Association*, Vol. 7, pp. 206-233.
- [13] Chamley, Christophe and Douglas Gale, 1994, "Information revelation and strategic delay in a model of investment," *Econometrica*, Vol. 62, pp. 1065-1085.
- [14] Chari, V. V and Patrick Kehoe, 2004, "Financial crises as herds: Overturning the critiques," *Journal of Economic Theory*, pp. 128-150.
- [15] Drehmann, Mathias, Jorg Oechssler and Andreas Roeder, 2005, "Herding and contrarian behavior in financial markets-An internet experiment," *American Economic Review*, Vol. 95(5), pp. 1403-1426.
- [16] Fama, Eugene, 1998, "Market efficiency, long-term returns, and behavior finance," *Journal of Financial Economics*, Vol. 49, pp. 283-306.
- [17] Froot, Kenneth, David Scharfstein and Jeremy Stein, 1992, "Herd on the street: Informational inefficiencies in a market with short-term speculation," *Journal of Finance*, Vol. 47, pp. 1461-1484.
- [18] Hirshleifer, David, and Siew Hong Teoh, 2003, "Herd behavior and cascading in capital market: A review and synthesis," *European Financial Management*, Vol. 9, No. 1, pp. 25-66.
- [19] Hirshleifer, David, Avanidhar Subrahmanyam and Sheridan Titman, 1994, "Security analysis and trading patterns when some investors receive information before others," *Journal of Finance*, Vol. 49, pp. 1665-1698.
- [20] Ivanov, Asen, Dan Levin and James Peck, 2008, "Hindsight, foresight and insight: An experiment study of a small-market investment game with common and private values," *American Economic Review*, Vol. 99(4), pp. 1484-1507.
- [21] Glosten, Lawrence and Paul R. Milgrom, 1985, "Bid, ask and transaction prices in a specialist market with heterogeneously informed traders," *Journal of Financial Economics*, Vol. 14, pp. 71-100.
- [22] Lee, In Ho, 1993, "On the convergence of informational cascade," *Journal of Economic Theory*, Vol. 61, pp. 395-411.
- [23] Lee, In Ho, 1998, "Market crashes and informational avalanches," *Review of Economic Studies*, Vol. 65, pp. 741-759.
- [24] Levin, Dan and James Peck, 2008, "Investment dynamics with common and private values,"

- Journal of Economic Theory, Vol.143, pp.114-139.
- [25] Park, Andreas and Daniel Sgtoi, 2008, "When herding and contrarianism foster market efficiency: Financial trading experiment," Working paper Universities of Toronto and Warwick Economic Research Papers.
- [26] Park, Andreas and Daniel Sgtoi, 2009, "Herding, contrarianism and delay in financial market trading," Cambridge Working Papers in Economics.
- [27] Park, Andreas and Hamid Sabourian, 2011, "Herding and contrarian behavior in financial markets," *Econometrica*, Vol. 79, pp.973-1026.
- [28] Scharfstein, David and Jeremy Stein, 1990, "Herd behavior and investment," *American Economic Review*, Vol. 80, pp.465-479.
- [30] Trueman, Brett, 1994, "Analyst forecasts and herding behavior," *Review of Financial Studies*, Vol. 7, pp.97-124.
- [31] 加藤英明, 2003, 行動ファイナンス——理論と実証。朝倉書店, 東京。