

IMES DISCUSSION PAPER SERIES

取引停止措置が市場機能に及ぼす影響：
人為的シャットダウンを備えた市場の
挙動に関するシミュレーション分析

清水 季子・村永 淳

Discussion Paper No. 99-J-1

IMES

INSTITUTE FOR MONETARY AND ECONOMIC STUDIES

BANK OF JAPAN

日本銀行金融研究所

〒100-8630 東京中央郵便局私書箱 203 号

備考： 日本銀行金融研究所ディスカッション・ペーパー・シリーズは、金融研究所スタッフおよび外部研究者による研究成果をとりまとめたもので、学界、研究機関等、関連する方々から幅広くコメントを頂戴することを意図している。ただし、論文の内容や意見は、執筆者個人に属し、日本銀行あるいは金融研究所の公式見解を示すものではない。

取引停止措置が市場機能に及ぼす影響：
人為的シャットダウンを備えた市場の挙動
に関するシミュレーション分析

清水 季子・村永 淳*

要 旨

本稿の目的は、取引停止措置を発動させるべき市場の危機的状況を判断する基準について考察し、市場参加者の取引機会をなるべく奪うことなく危機を回避するための制度デザインを検討することである。我々は、Muranaga and Shimizu [1999a] が示した人工市場モデルを用い、クラッシュの発生メカニズムと取引停止措置の効果について分析した。その結果、市場参加者が市場情報を基に資産価格の期待値を修正するプロセスを通じてクラッシュが発生すること、外部からの情報の伝達範囲が限定されている場合や、価格の変化率のみに基づいて取引するトレーダーの比率が高い場合にクラッシュが発生しやすいこと、取引停止後、取引を再開させる際には、市場参加者の期待値の下落スピードが十分に小さくなってから取引を再開させることが重要であることが分かった。

キーワード：人工市場モデル、フィードバック・メカニズム、クラッシュ、
取引停止措置

JEL Classification: G18

* 日本銀行 金融研究所 研究第1課
(E-mail: tokiko.shimizu@boj.or.jp, jun.muranaga@boj.or.jp)

本稿は、1998年11月に日本銀行において開催された Second Joint Central Bank Research Conference on Risk Measurement and Systemic Risk への提出論文を修正・邦訳したものである。

目 次

1 . はじめに	1
2 . 分析の枠組み	3
3 . クラッシュに関する分析	5
3 - 1 . バリュー・トレーダーのみの市場	5
3 - 2 . モメンタム・トレーダーを加えた市場	8
4 . 取引停止措置の発動	9
5 . 結論および今後の課題	11
補論 1 シミュレーションに用いたモデル	45
補論 2 フィードバック・メカニズム	53
参 考 文 献	55

1. はじめに

市場価格が急落した場合に、取引注文の約定を停止することにより価格下落に歯止めをかけるという取引停止措置は、1987年の米国株価クラッシュに関する Presidential Task Force の報告 (Presidential Task Force on Market Mechanism [1998]) の中で示された4つの提言のひとつ(サーキットブレーカー・システムの導入)として提唱され、その後、実際にニューヨーク証券取引所(NYSE)を始めとする各国証券取引所に導入された¹。取引停止措置に対する市場参加者および理論家からの評価は、これまでも幾つかなされているものの、制度としての実効性、すなわち取引停止措置の導入によって急落が回避された、もしくは急落の度合いが軽減されたという分析結果は出ていない。この理由としては、NYSEの取引停止措置であるサーキットブレーカー Rule 80Bの発動機会が昨年秋までなかったことが第一に挙げられるが、理論面からも幾つかの制度設計上の問題が指摘されている。Greenwald and Stein [1991] は、取引中断によって取引の執行可能性にかかる不確実性が増加することにより、むしろ市場の安定性を低下させる可能性がある」と指摘している。Brennan [1986] は、取引停止が価格に関する情報量を低下させる問題を指摘している。また市場参加者からも、昨秋の株価急落時における同措置の発動を巡り、「中断によって投資家の不安心理が高まり、混乱に拍車をかけた」といった批判も出されている。

Brennan [1986]も指摘しているように、取引停止措置は、市場参加者にとって相互に有益な取引機会を奪うことによりコストを課すシステムである。従って、そのコストに見合った効果が明らかでない以上、極力発動されるべきではないという指摘を背景に、NYSEは本年2月、サーキットブレーカー Rule 80Bの見直しを決定した²。新ルールはダウ工業株30種平均の「基準値³」を設け、基準

¹ サーキットブレーカーには、取引停止(trading halts)、値幅制限(price limits)、カラー(collars)、取引税(transaction costs)、マージン・コール(margin requirements)および持高規制(position limits)がある。これらはいずれも、何らかのかたちで取引活動を制限するものである。このうち、本稿では取引停止措置を分析対象としている。

² 取引停止措置には、投資判断に重要な影響を及ぼす情報が流れた場合に発動されるものもある。東京証券取引所では、1998年4月より同売買停止制度の取引停止期間を終日から情報開示後90分間に短縮することを発表した。

値に対する一日の「下げ率⁴」に応じて取引を停止するというもの。具体的には1日で基準値比10%、20%下落した時点でそれぞれ取引を一時中断し⁵、30%安になったらその日の取引は打ち切られる。これは現在の株価水準を前提にすれば、現行比大幅な緩和を意味し、極力発動されないことが望ましいとする市場からの指摘に応えた措置といえる。また、取引再開後についても、ダウ平均がさらに20%安を付けた場合には午後1時までなら2時間、1時から2時までなら1時間にわたり取引を改めて停止し、午後2時以降に20%安となった場合は、その日の取引を打ち切ることとされた。

こうしたNYSEにおけるサーキットブレーカー制度の見直しは、取引停止措置が抱える幾つかの重要な問題を浮き彫りにした。第1の問題は、取引を停止させるべきタイミングの設定である。「株価急落」と一言でいっても、これが市場参加者の合理的な行動の帰結として、単に平時よりも速いスピードで取引が成立し、しかもその価格がたまたま連続的に下落する現象が発生している場合には、敢えてこれらの取引行動を人為的に停止させる必要はないとも考えられる（Greenwald and Stein [1988]）。取引を人為的に停止させるに値する局面とは、市場にどのような現象が観察されたときなのか、十分に考察する必要がある。また第2の問題は、停止後にさらなる急落を招かずに取引を再開するためにはどのようなシステム・デザインが必要かという問題である。取引を止めてはみたものの安定化効果がなかったもしくはさらに状況を悪化させたということのないような実効性のあるシステム・デザインを考える必要がある。

本稿ではNYSEの見直しによって浮き彫りとなった以上の2つの問題に対する答えを探る。具体的には以下の問題を解決すべき課題として位置づける。

観測される株価の急落が、合理的取引行動の帰結として実現される価格水準の修正局面ではなく、人為的に取引を停止させるべき「危機的」状況に

³ 基準値は年4回定期的に見直しを行う。

⁴ 現在のサーキットブレーカーは、ダウ平均が前日比350ドル、550ドル安となった時点で30分から1時間、米市場の株式取引を中断する「下げ幅」規制となっている。

⁵ 10%下落した場合、それが取引開始から午後2時までの間なら1時間、2時から2時半までなら30分間取引を中断する。2時半以降は発動の対象外となり取引は続行される。

あることをどのように判断するか。

仮に市場が「危機的」状況にあることが見極められたとして、取引停止に伴うコストに見合うだけの効用をもたらすようなシステムの設計とはどのようなものか。具体的には、取引を停止させることによってクラッシュを先送りしたり、むしろ下押し圧力を溜めることによって急落度合いを強めることなく、発動後に平常どおりの取引が復活するような制度デザインについて検討する。

本稿の構成は、以下の通りである。まず、2．では分析に用いた枠組みについて解説する。続く、3．でクラッシュの発生メカニズムについて考察した後、4．でクラッシュが発生する状況において取引停止措置を発動させた場合の市場の挙動を観察する。最後に、5．で本稿の分析結果をまとめ、今後の課題を示す。

2．分析の枠組み

本稿では、前節で述べたような取引停止措置の功罪について考察するために、Muranaga and Shimizu [1999a] が示した人工市場モデルを用いたモンテカルロ・シミュレーションによる分析を行う。このモデルは、各トレーダーの意思決定および注文発出を記述するミクロ・ステージと、取引執行システムにおける取引執行とその後の情報配信を記述するマクロ・ステージで構成されている。基礎となるシミュレーションの流れとトレーダーの意思決定モデルについては、補論1に記した。本節では、本稿の目的であるクラッシュを発生させるメカニズムと取引停止措置の発動について説明する。

トレーダーたちは、市場価格情報をベースに資産価格の期待値およびそれに対するコンフィデンスに照らし合わせて取引を行うが、実際には、得られる市場情報をさまざまなかたちで自分自身の意思決定プロセスにフィードバックさせていると考えられる。このフィードバック効果は多様かつ複雑なメカニズム

であると考えられるが、本稿では、Muranaga and Shimizu [1999a,b] と同様に、資産価格の期待値へのフィードバックと、資産価格の期待値に関するコンフィデンスへのフィードバック、という最も単純な 2 つのメカニズムについて例証し、こうしたフィードバック効果が市場の挙動に及ぼす影響について考察する。これらのフィードバック・メカニズムの詳細については、補論 2 に記した。

市場におけるクラッシュは、必ずしも外生的なショックにより発生するとは限らないが、本稿では、クラッシュが発生した場合の措置を分析対象としていることから、明示的に一定の外生的ショックを与えた場合の市場の挙動に焦点を当てて分析する。具体的には、Muranaga and Shimizu [1999a]の人工市場モデルを用いたシミュレーション中に外生的なショックを与え、クラッシュが発生するか否か、また、クラッシュが発生するような状況下において取引停止措置がどのような役割を果たすかといった点について分析する。ストロング・フォームの意味で効率的な市場に外生的なショックを加えた場合、ショックは瞬時に市場価格に反映されるため、モンテカルロ・シミュレーションで描かれる市場価格のパスは、図 1 のようになると予想される。一方、実際の金融市場においては、様々なマーケット・マイクロストラクチャーが市場の価格形成に影響を与えるため、必ずしも図 1 のようなパスにはならず、図 2 の のように長い時間をかけて市場価格に反映されていったり、 のように市場価格が下がり続けたり、また、 のように取引が成立しなくなる、といった現象が観測される。

本稿では、外生的ショックのタイプや市場のコンディションの設定を変えてシミュレーションを行うことにより、各種の設定条件とクラッシュの発生しやすさとの関係について探る。ショックのインパクトについては、バリュー・トレーダーたちが持っている資産価格の期待値に 2.5%、5.0%、7.5% および 10.0% という 4 通りの下方ショックを加える。また、ショックの伝達範囲については、ショックを直接受けるトレーダーたちがバリュー・トレーダーのうちの 20%、40%、60%、80% および 100% という 5 通りの設定を置く。これら 20 通りのショック（表 1）を様々なタイプの市場に与え、その後の市場の挙動を観察する。

表 1 外生的ショックの与え方

		ショックのインパクト*			
		2.5%	5.0%	7.5%	10.0%
ショックを 直接受ける トレーダー の比率	20%	Case 1	Case 2	Case 3	Case 4
	40%	Case 5	Case 6	Case 7	Case 8
	60%	Case 9	Case 10	Case 11	Case 12
	80%	Case 13	Case 14	Case 15	Case 16
	100%	Case 17	Case 18	Case 19	Case 20

* ショックを受けた際に、トレーダーが資産価格に関する各自の期待値を下方に修正する率。

3. クラッシュに関する分析

3-1. バリューストレーダーのみの市場

(1) 期待値へのフィードバック

まず、大幅な市場価格の変動に対してトレーダーが資産価格の期待値を修正するかたちでフィードバックが働く市場を想定する。フィードバックが発生するのは、トレーダーが予想している市場参加者全体の期待値の分布のうち 90 パーセント点を超える市場価格変動が起こった場合とする（トリガーレベル = 10%）。市場参加者はすべてバリューストレーダー⁶（50人）で構成される。この市場に対し上述した異なる 20 タイプの外生的ショックを与え、その後の市場の挙動を観察する。

図 3 および図 4 は、市場価格の変動および資産価格に関するトレーダーたち

⁶ バリューストレーダーの取引戦略の詳細については、補論 1 および 2 を参照されたい。

の期待値の推移を例示したものである。細線はそれぞれトレーダー 1 人の期待値の推移を、黒の太線は全トレーダーの期待値を平均した値の推移を、灰色の太線は市場価格（仲値）の推移を表している。2 つの図ではそれぞれ 26 期目に外生的なショックを与えているが、図 3 のケースでは市場価格が新たな均衡点に達している一方、図 4 のケースではトレーダーたちの期待値の修正が連鎖的に起こり、クラッシュが発生している。

インパクトの大きさおよび伝達範囲が異なる 20 通りのショックそれぞれについて 20 回ずつシミュレーションを行った際の市場価格（仲値）を示したのが、図 5 である。平時の価格の分散（約 5%）と比較して大きなインパクトのショック（7.5%以上）が 40～60%の参加者に伝わった場合に（図 5-7、5-8、5-11、5-12）、クラッシュが発生しやすいことがわかる。また、ショックが少数（20%）にしか伝わっていない場合、インパクトが大きいショック（10%）であってもほとんど吸収されてしまう（図 5-4）。一方、ショックが広く市場に伝わっている場合（80%以上）、市場価格はインパクトの大きさに抛らずショックを適切に反映した新たな均衡に到達する（図 5-13～20）。

各トレーダーが持つ資産価格の期待値について、全トレーダー分の平均の推移を記したのが、図 6 である。これをみると、ショックが全員に伝わっている場合を除き、トレーダーたちは、ショック発生後も内生的に発生する市場価格の変動を受けて、期待値の調整を行っている様子が観察される。

次に、上記の図 5 および図 6 で示した市場価格と市場参加者の期待値の平均との乖離、すなわちオーバーシュート率を示したものが、図 7 である⁷。26 期目にオーバーシュート率が正の方向へジャンプしているのは、外的ショックを受

⁷ 本稿では、オーバーシュート率（ O_t ）を以下のように定義する。

$$O_t = \frac{P_t}{\sum_{i=1}^N V_{i,t} / N} - 1$$

ここで、 P_t は t 期における仲値、 $V_{i,t}$ は t 期におけるトレーダー i の資産価格の期待値、 N はバリュー・トレーダーの数である。

けてトレーダーが資産価格の期待値を切り下げる一方で、市場価格がこれに追従しきれずに期待値の平均を大きく上回っている状態を表している。ショックの伝達範囲が 80～100%の場合には、トレーダー全員の取引が一巡する 10 期程度の中に市場価格は新たな均衡に達しているとみられる。一方、伝達範囲が 40～60%の場合、7.5%以上のショックが加わると、価格のオーバーシュートが発生している。

市場に蓄積される指値注文量の推移を示したものが図 8 である。縦軸城野プラス・サイドにプロットされているのが買い注文の量、マイナス・サイドにプロットされているのが売り注文の量である。大きなショックが加わるほど、オーダー・インバランス（売り注文と買い注文のボリュームの差）が拡大する様子が観察される。また、クラッシュが生じたケース（インパクト：7.5～10.0%、伝達範囲：40～60%）では、ショック後、需給不均衡の程度が大きく、期間も長いことが分かる。

（2）コンフィデンスへのフィードバック

次に、トレーダーたちが期待値に関するコンフィデンスへのフィードバックを行う場合について分析する。すなわち、資産価格の期待値そのものは変化させないが、自分の予想に関するコンフィデンスを修正する、すなわちリスク量推計値を変更するというものである⁸。このリスク量が大きくなる場合、リスク調整後の期待リターンが小さくなるため、トレーダーたちは、取引注文を出さなくなる。3 - 1 . (1) と同様に、市場価格（仲値）、トレーダーたちの期待値の平均、オーバーシュート率、オーダー・インバランスの推移を示したのが、図 9～12 である。図 9 および 10 をみると、外生的ショックの大きさおよび伝達範囲に拠らず、クラッシュは起こらない。また、図 11 をみても、オーバーシュートはほとんど起こっていない。

⁸ バリュース・トレーダーたちは、市場参加者全体の期待値を集計した分布の標準偏差を予想しており、その大きさをリスクとして認識している。我々は、この標準偏差の逆数をトレーダー自身の期待値に対する自信（コンフィデンス）と定義している。詳細は、補論 1 を参照されたい。

3 - 2 . モメンタム・トレーダーを加えた市場

3 - 1 . では市場価格と資産価格に関するトレーダーたちの期待値を比較し、裁定取引を行うバリュー・トレーダーたちだけで構成される市場について分析した。ここでは、市場価格のレベルそのものには無関心で、市場価格のトレンドおよびボラティリティのみを勘案して成行注文を出すモメンタム・トレーダーを加える。彼らは、市場価格上昇時には買い上がり、下落時には売り下がるので、市場価格をボラティリティにさせる方向へ寄与すると考えられる。

(1) 期待値へのフィードバック

3 - 1 . (1) で用いた期待値へのフィードバックを行うバリュー・トレーダー50人の市場に、モメンタム・トレーダー10人を加えた場合の市場価格、トレーダーたちの期待値の平均、オーバーシュート率およびオーダー・インバランスの推移 (図 13 ~ 16) を、モメンタム・トレーダーがいなかった場合 (図 5 ~ 8) と比較すると、以下の2つの特徴が観察される。

- a) ショックのインパクトが7.5%以上で伝達範囲が40~60%の場合、モメンタム・トレーダーを加えていない場合と同様にクラッシュが発生しており、その確率が上昇している。
- b) モメンタム・トレーダーがいなかった場合にはクラッシュが起きていなかったショック・パターンでも、モメンタム・トレーダーを加えるとクラッシュが発生する。具体的には、ショック10.0%で伝達範囲20% (図 13-4) 、ショック5.0%で伝達範囲60% (図 13-10) 、およびショック10.0%で伝達範囲80% (図 13-16) でクラッシュが発生している。

(2) コンフィデンスへのフィードバック

3 - 1 . (2) で用いたコンフィデンスへのフィードバックを行うバリュー・

トレーダー50人の市場に、モメンタム・トレーダー10人を加えた場合の市場価格、トレーダーたちの期待値の平均、オーバーシュート率およびオーダー・インバランスの推移を観察した。モメンタム・トレーダーがいなかった場合(図9~12)と比較すると、モメンタム・トレーダー数の増加に伴い、トレーダーたちの資産価格に関する期待値がばらつき、コンフィデンスが低下する(リスクを大きく見積もる)結果、市場価格のボラティリティは増大するものの、クラッシュや価格のオーバーシュートといった現象は観察されなかった。

以上の結果をまとめると、以下の通りである。

- a) 期待値へのフィードバックでは、外生的ショックが市場参加者の期待のばらつきに比べて大きく、その伝達範囲が限定的である場合にクラッシュや価格のオーバーシュートが発生する。モメンタム・トレーダーは価格のオーバーシュートの要因であり、彼らの構成比が大きいほど、市場価格がオーバーシュートしやすいことが分かった。
- b) コンフィデンスへのフィードバックでは、モメンタム・トレーダーを加えた場合でも、クラッシュやオーバーシュートは発生しない。ただし、このことは、期待値へのフィードバックと比較して、コンフィデンスへのフィードバックが市場の価格発見機能にとって好ましいということをも必ずしも意味しない。コンフィデンスへのフィードバックの場合、市場流動性が枯渇し、市場機能そのものが停止するという別の問題が発生する⁹。

4. 取引停止措置の発動

1. の中でも述べたとおり、市場価格のオーバーシュートは市場参加者間での所得移転を起こすに過ぎない。したがって、これを人為的に止めることが必ずしも望ましいシステムデザインとはいえない点には留意する必要があるが、

⁹詳しくは、Muranaga and Shimizu [1999b]を参照。

ここでは、市場価格のオーバーシュート、あるいはクラッシュを経済の不安定化に繋がるものと位置づけ、これらを防ぐためのシステムとしての取引停止措置の有効性について検討する。具体的には、クラッシュの発生に繋がりやすい期待値へのフィードバックのケースを対象に、取引停止措置を発動する価格水準および取引を停止する期間を変えてシミュレーションを行い、これらの設定と取引再開後の市場の挙動との関係について分析する。

期待値へのフィードバックに関するシミュレーションのうち、クラッシュが最も多く起こった図 13-8 の設定を用いて分析を行う。具体的には、トリガー・レベル 10% で資産価格の期待値を改訂するバリュウ・トレーダー 50 人、モメンタム・トレーダー 10 人で構成された市場に、10.0% の外生的な下方ショックを伝達範囲 40% (= 20 人のバリュウ・トレーダー) に加える。取引停止措置の発動レベルを市場価格が取引開始価格 (1,000 円) より 10% 下落したとき (900 円) および 20% 下落したとき (800 円) の 2 通りとし、取引停止期間を 5、10、15 および 20 ピリオドの 4 通りとした場合の市場価格、資産価格に関するトレーダーたちの期待値の平均、オーバーシュート率およびオーダー・インバランスを示したのが、図 17 ~ 20 である。

シミュレーションの結果をみると、取引停止期間がトレーダーのメモリーの長さ (10 ピリオド) より十分に長い場合、取引再開後の市場価格の変動は安定している。一方、取引停止期間がメモリーの長さ以下の場合 (5 ~ 10 ピリオド)、クラッシュの発生を防ぎきれない。これらのシミュレーションのパスを 1 本ずつ観察すると、取引停止後、取引が再開される時点におけるトレーダーたちの期待値平均の下落速度が、その後の市場価格の挙動に大きな影響を与えることが分かる。図 21 は、取引再開時点におけるトレーダーたちの期待値平均の下落速度と取引再開後の市場の挙動を表している。この図をみると、取引再開後、クラッシュに至ってしまうケースでは、取引再開時点における期待値平均の下落速度が大きいのにに対し、市場が安定的に推移するケースは、いずれも取引停止の間に期待値平均の下落速度がゼロに近づいていることが分かる。トレーダーたちの期待値平均の下落速度がゼロになるまでに要する時間は、市場参加者が個々の期待値を調整する際にどれくらい過去の市場価格変動まで織り込むか

(メモリー・ホライズン)に依存する。従って、そのメモリー・ホライズンの長さに応じて十分な取引停止期間を設けることにより、システムの有効性が高まる可能性があると考えられる。また、このファインディングスを現実の市場制度設計に応用するためには、市場参加者の期待値の下落速度を観察する必要がある。この下落速度自体は直接観測できないが、何らかの代理変数を見つけることができれば、安定的に取引を再開できるタイミングを見極めることも可能であろう¹⁰。

我々のシミュレーションでは、取引停止期間 15 ピリオドの場合に、市場価格が反騰し、上方に発散しているケースが存在した。このケースについて詳細にみると、市場参加者の期待値の平均が反転上昇してきたタイミングで取引が再開されたために市場価格の急上昇が起きていることが分かる。こうした現象は、必ずしも現実の市場では観察されないかもしれないが、取引停止措置の再開タイミングの設定如何により、市場のディスターションが発生する可能性を示唆していると考えられる。

5 . 結論および今後の課題

本稿では、Muranaga and Shimizu [1999a] で示された人工市場モデルを用いたシミュレーションにより、クラッシュの発生メカニズムと取引停止措置の効果について分析した。市場情報がトレーダーたちの取引行動へフィードバックするメカニズムとしては、資産価格の期待値へのフィードバックと、資産価格の期待値に関するコンフィデンスへのフィードバックという 2 種類を検討した。外生的ショックとしては、インパクトと伝達範囲が異なる 20 通りのショックを加え、その後の市場の挙動を観察した。

¹⁰ 代理変数としては、例えば、指値注文量を観察する方法が考えられる。我々は、トレーダーたちの指値注文量の推移を期待値の変化率の代理変数とし、最適な取引再開のタイミングを推定することを試みたが、有効な結果は得られなかった。

分析の結果、クラッシュすなわち価格の大幅下落が観察されるのは、資産価格の期待値へのフィードバックが働いている場合であることが確認された。また、外生的ショックの伝達範囲が限定されている場合や、価格の変化率のみに基づいて取引するモメンタム・トレーダーの比率が高い場合に、クラッシュの発生確率が上昇することが分かった。これらの結果は、市場における情報伝達の重要性を示している。

次に、取引停止措置が発動される価格レベルと取引が停止される期間を変えた場合に、市場の挙動がどのように異なるかを観察した。その結果、取引再開後に市場が安定的に推移するためには、市場参加者たちの期待値の下落速度が十分に小さくなってから取引を再開させることが重要であることが分かった。この期待値の下落速度は、直接観測することができないので、入手可能な市場価格やオーダーフロー情報を基に何らかの代理変数をみつけることが必要となる。

上記の結果は、あくまでも一定の単純化を行った仮想的な市場におけるシミュレーションから得られる帰結であり、本来は市場で実際に観測されたデータによってモデルの妥当性を検証する必要がある。ただし、クラッシュに関するデータ蓄積の難しさを前提とすれば、ミクロの行動レベルをシミュレーションによって集約する作業を通じて市場メカニズムを理解するというアプローチは妥当なものと考えられる。

現実の市場において起こっているメカニズムを探っていく上では、本稿で用いたモデルをさらに現実に近いかたちで拡張していく必要がある。主なポイントとしては、以下の4点が挙げられる。

a) トレーダーのポジションおよびその市場価値の取り込み

我々のモデルでは、トレーダーたちは取引を行うに当たり、自分のポジションとその市場価値を勘案していない。現実の市場においては、トレーダーたちは自分のポジションや損益を踏まえて取引行動を変化させていると考えられる(例えば、ロスカット・ルール等)。また、Muranaga and Shimizu

[1999a]で取り上げたボリューム情報の影響を取り込むことも今後の課題である。

b) メモリー効果（ルックバック）に関する考察

1 .でも述べたとおり、取引停止措置を始めとするサーキットブレーカー・システムの役割は、「市場参加者が市場の変化にキャッチアップする時間を与える」という認識が一般的なものとなりつつある（Brady [1998]）。本稿の分析でも、外生的なショックに対して市場がオーバーシュートを起こすような状況において、取引停止措置を発動することにより市場価格のオーバーシュートが抑止されることが確認された。こうしたメカニズムの背後には、市場参加者の行動が過去の価格変動の影響を受けていることがある。本稿では、過去 10 期の価格変化の平均と分散に基づいて取引する極めて単純なトレーダーを用いたが、この「メモリー効果」の部分について考察を深めることにより、市場のダイナミクス、特に再帰的なプロセスについて洞察を得ることが可能となるだろう。

c) 取引停止措置の発動レベル

今回の我々の分析においては、取引停止期間の長さによる影響は観察されたが、取引停止措置を発動させる価格レベルの影響については、明らかな相違が観察されなかった。発動レベルが及ぼす影響としては、市場参加者の期待値が大幅に下落しているにも拘わらず、その調整が十分進まないうちに取引を停止させた場合に、かえって取引停止措置の存在がクラッシュを惹起してしまう可能性が考えられる。こうした取引停止措置の発動レベルに関する検討は、今後の課題である。

d) 価格下落速度に基づく取引停止措置の発動

モメンタム・トレーダーの取引行動は、文字通り市場のモメンタムによって規定されるので、モメンタム・トレーダーの影響が大きい市場においては、取引停止措置の発動基準として、レベル以外に市場価格の下落速度の要素も検討する必要があるだろう。

図1 外生的ショック：完全市場

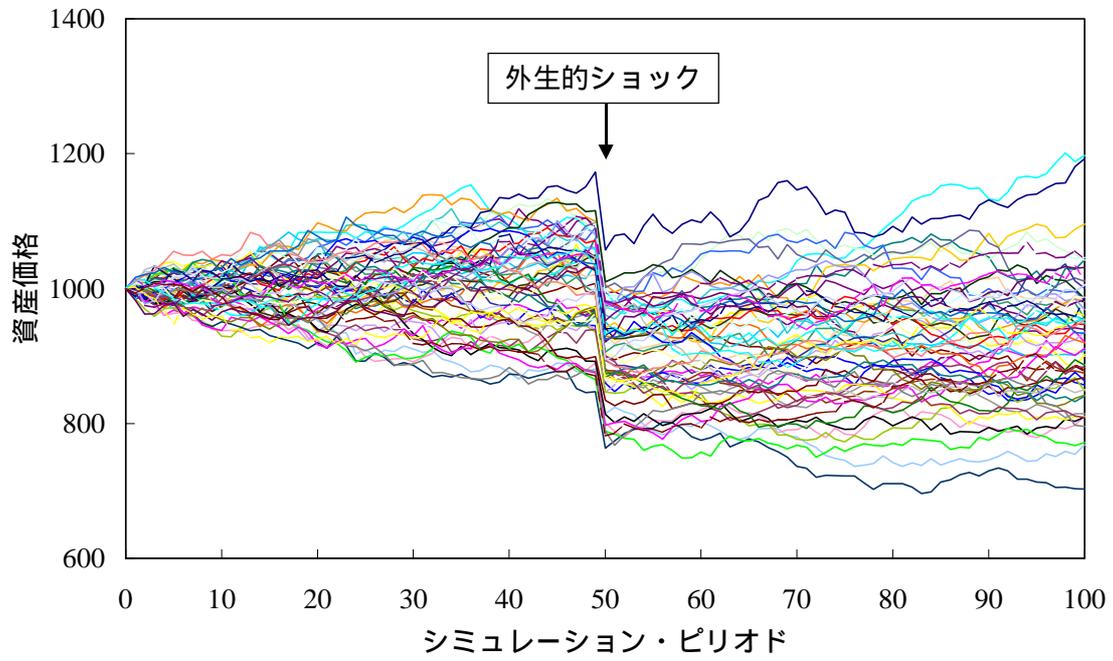


図2 外生的ショック：不完全市場

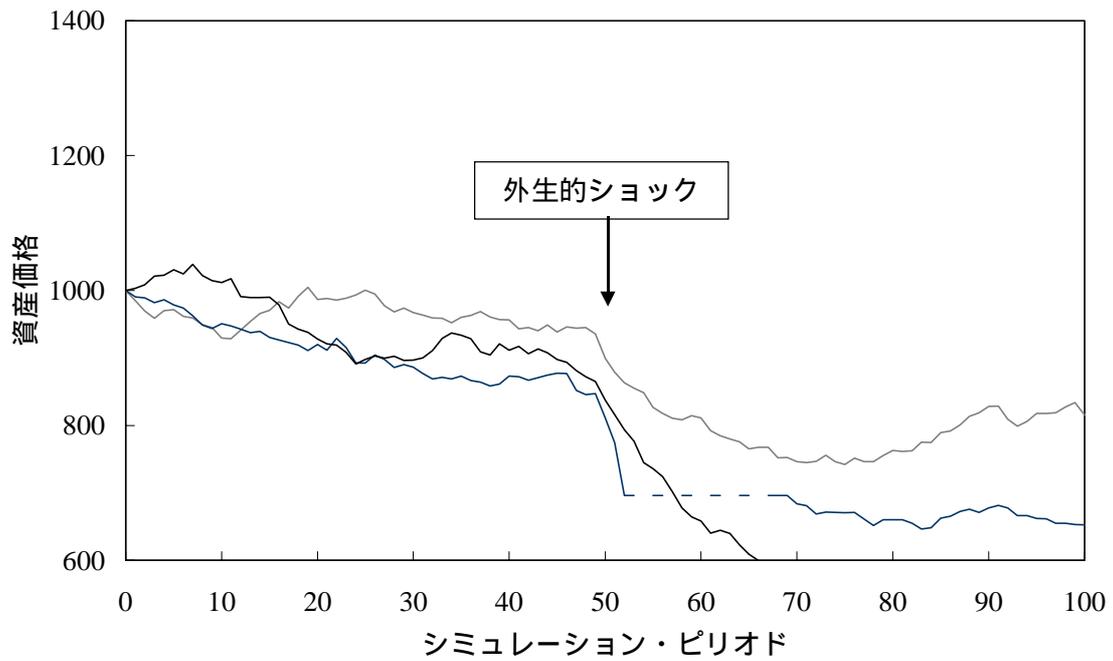


図3 シミュレーション結果の例：新たな均衡

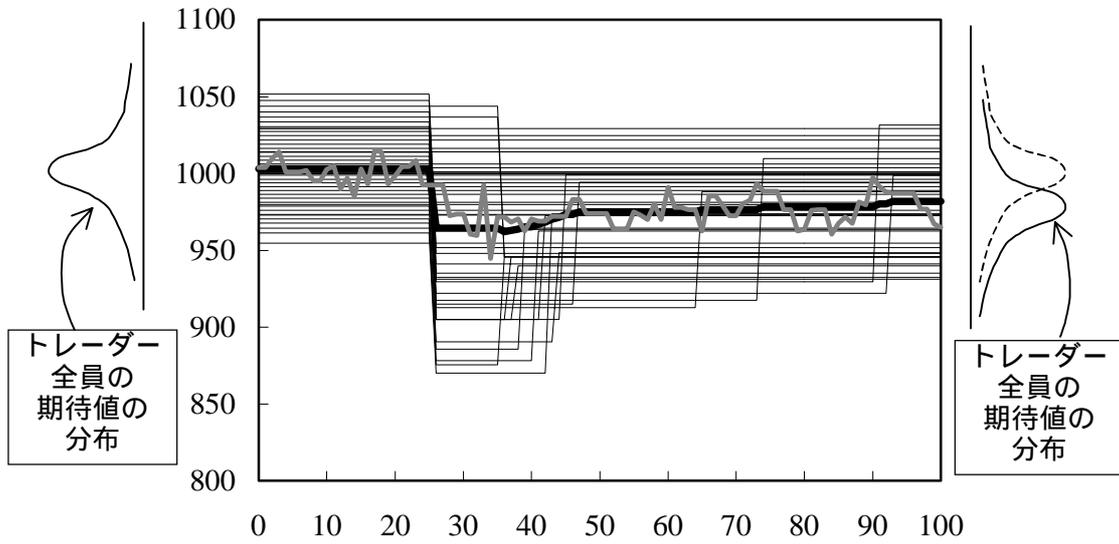


図4 シミュレーション結果の例：クラッシュ

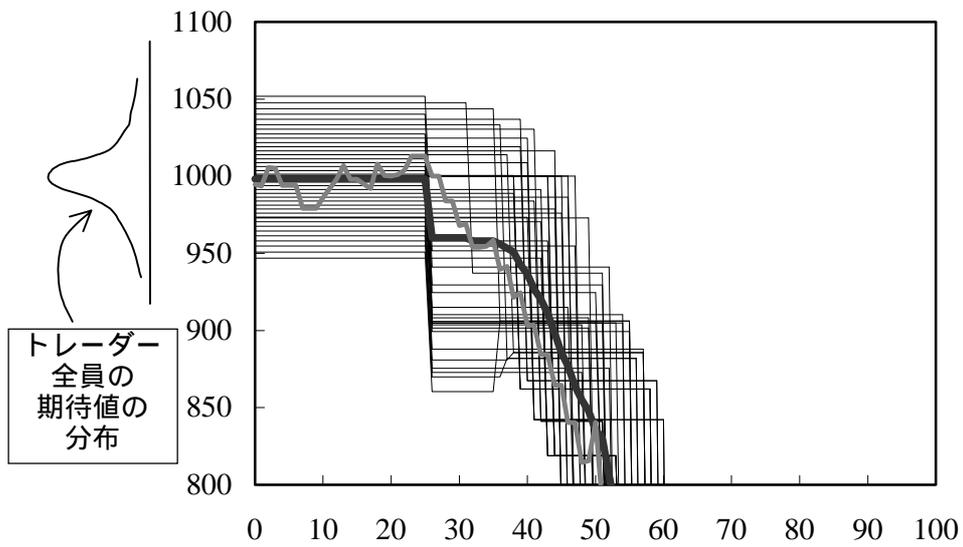


図5 市場価格の推移（期待値へのフィードバック）

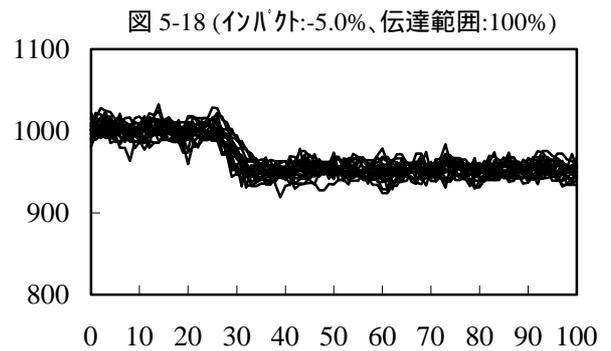
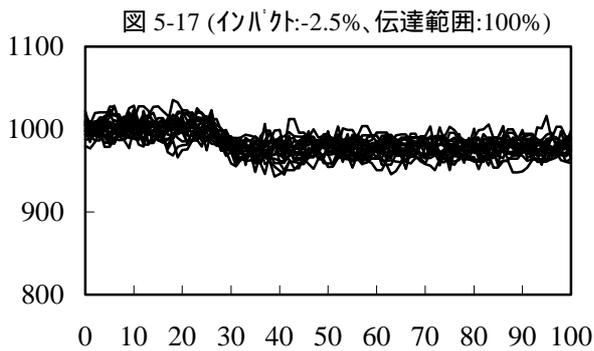
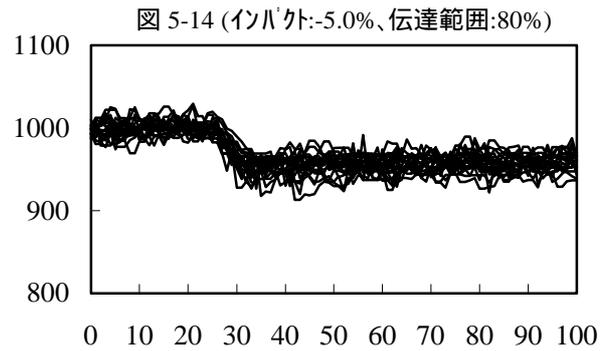
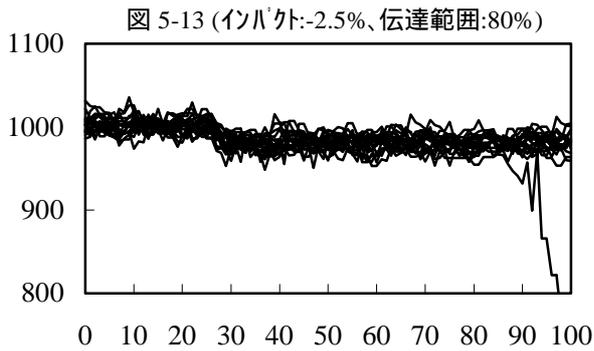
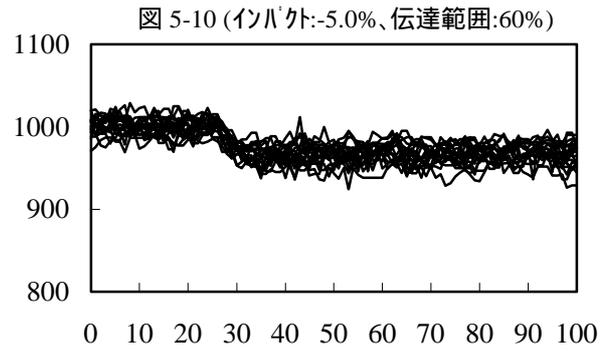
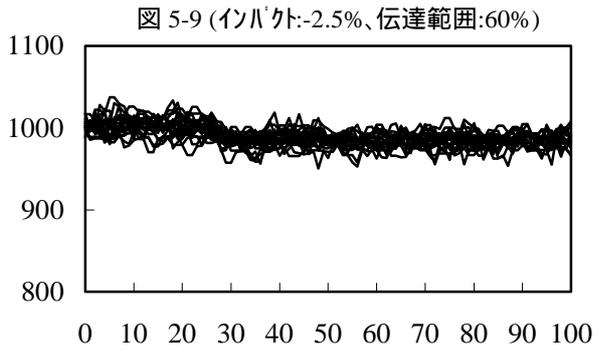
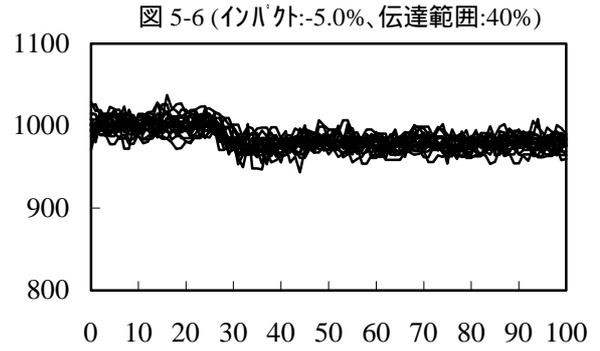
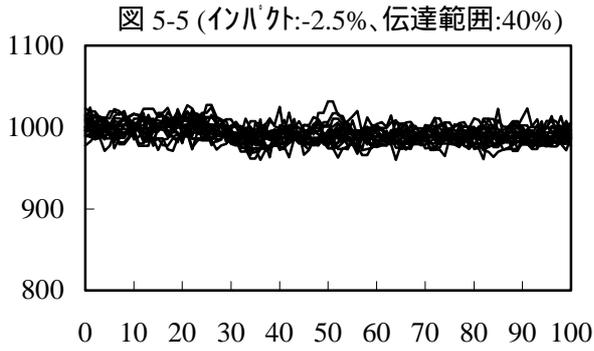
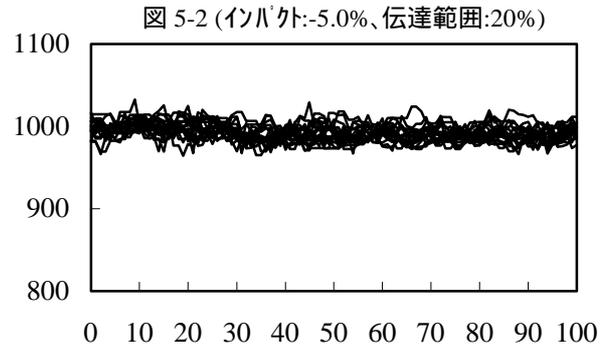
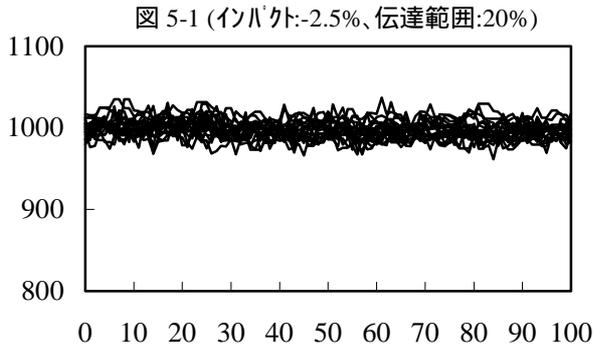


図5 市場価格の推移（続き）

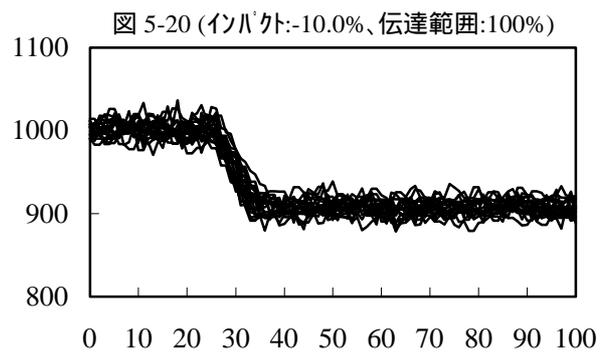
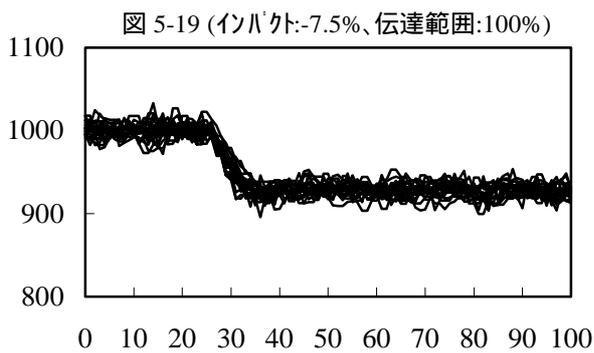
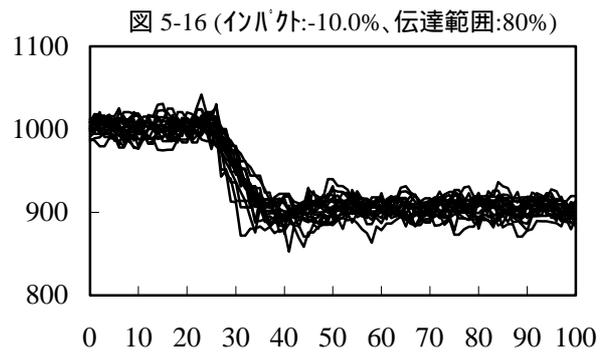
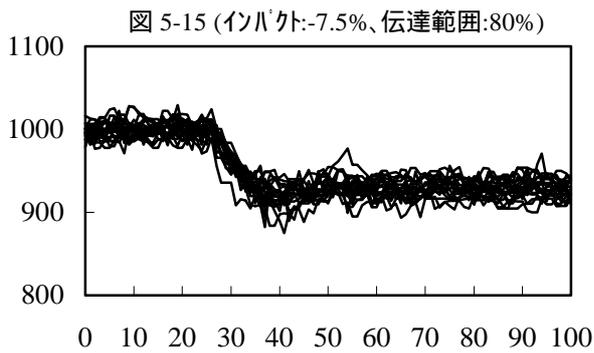
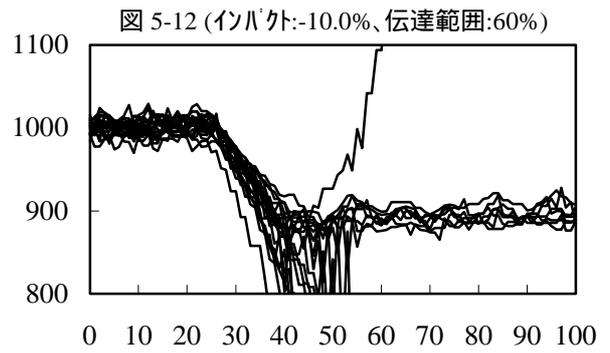
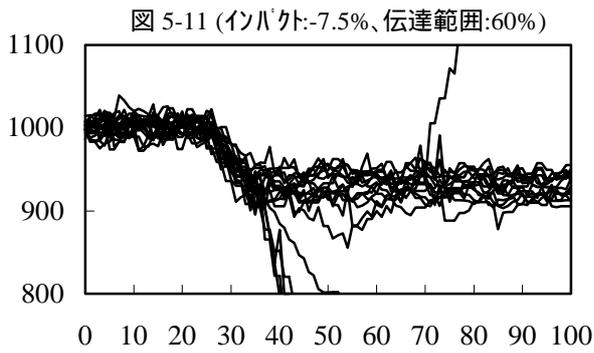
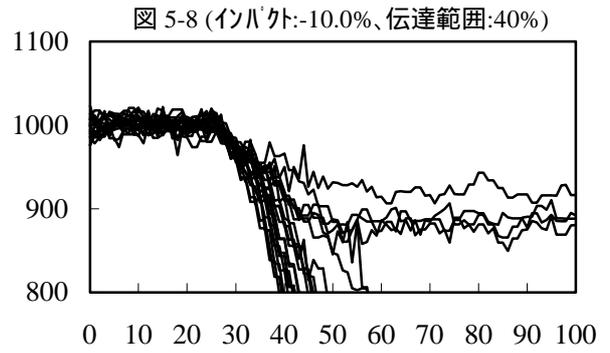
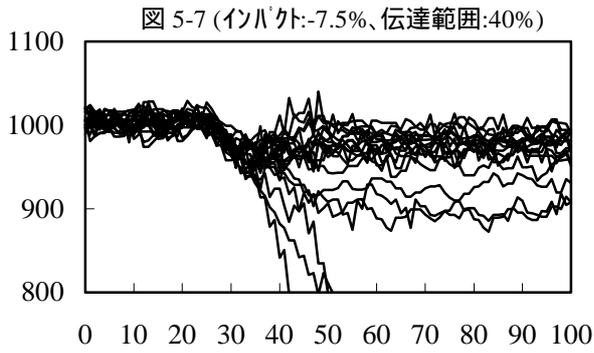
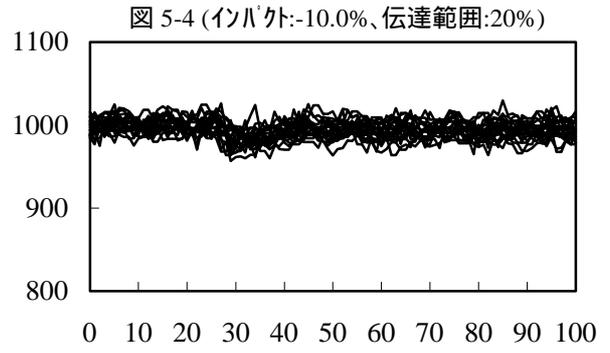
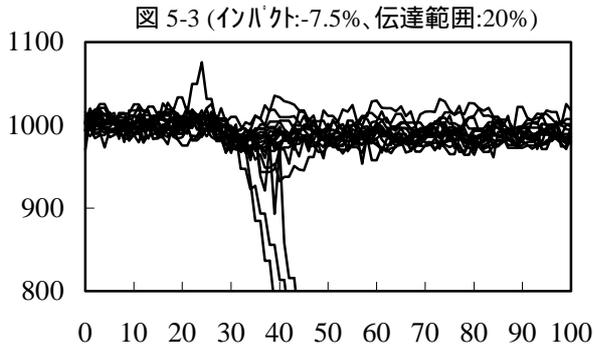


図6 トレーダーたちの期待値の平均の推移 (期待値へのフィードバック)

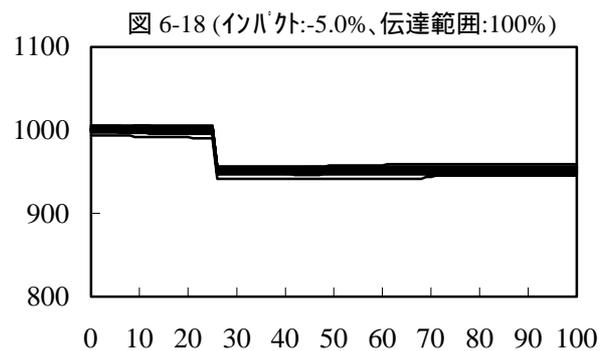
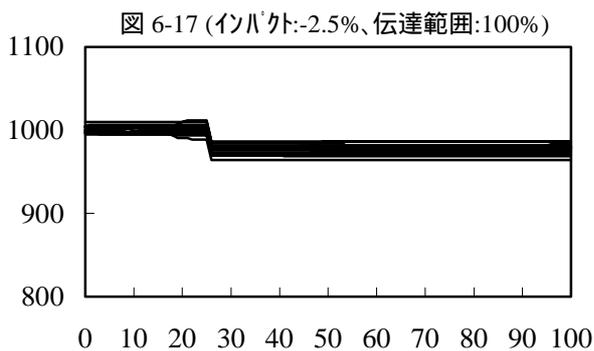
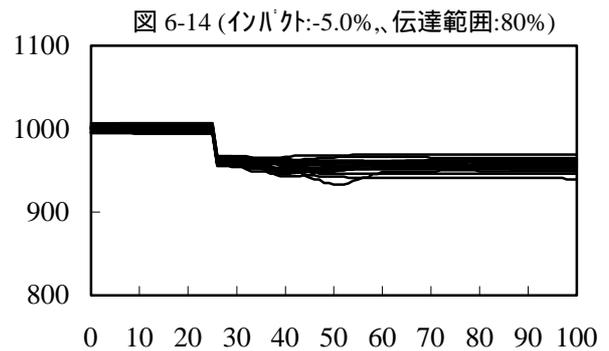
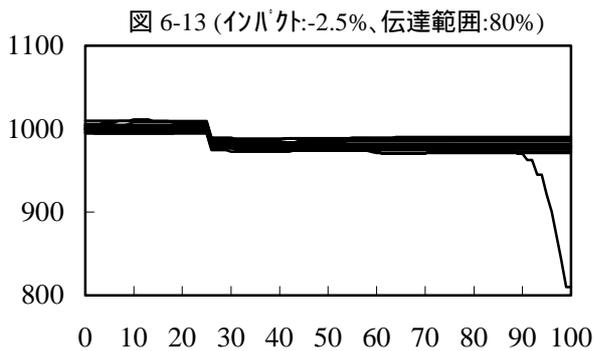
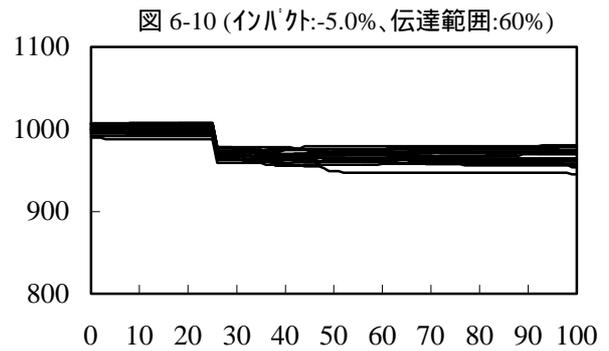
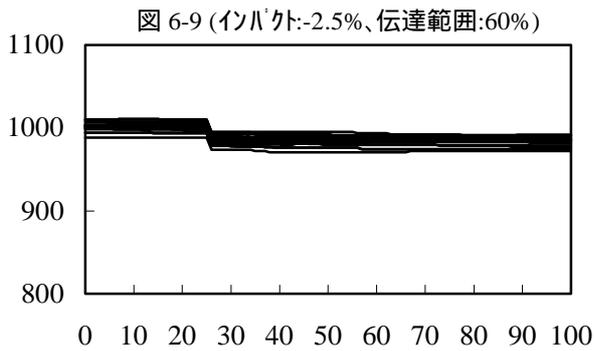
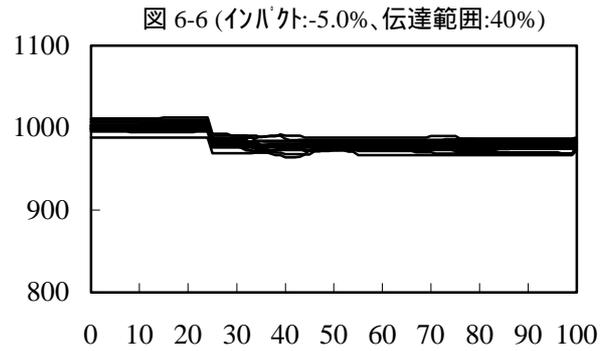
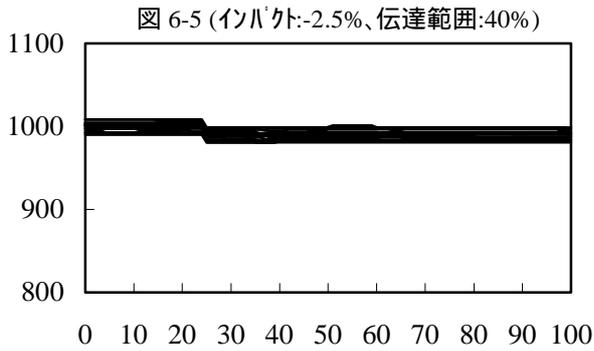
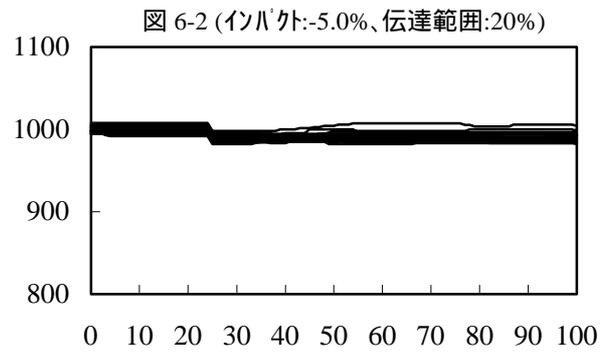
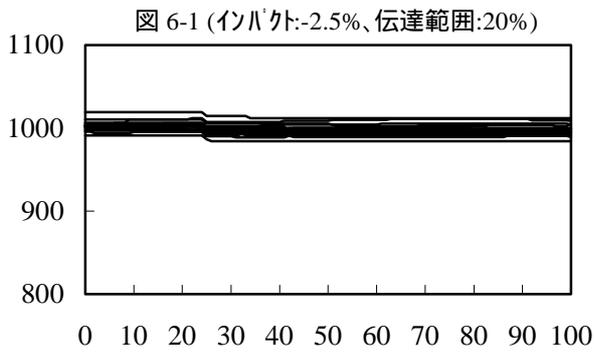


図6 トレーダーたちの期待値の平均の推移 (続き)

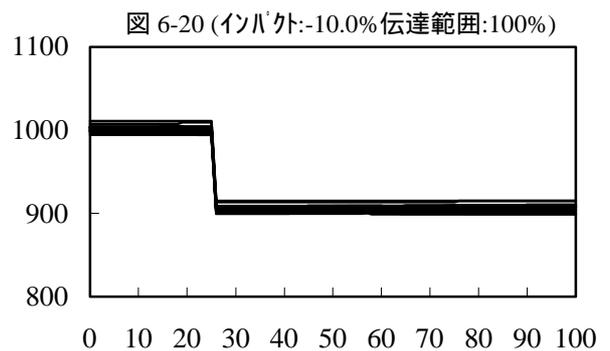
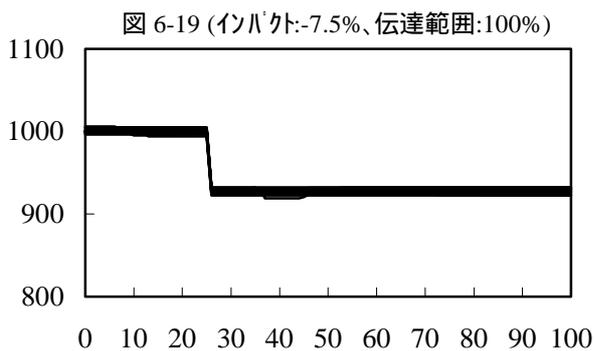
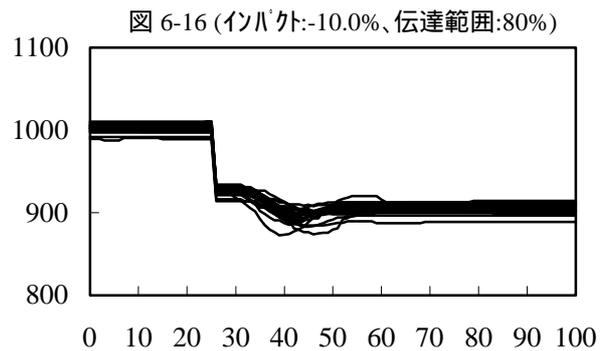
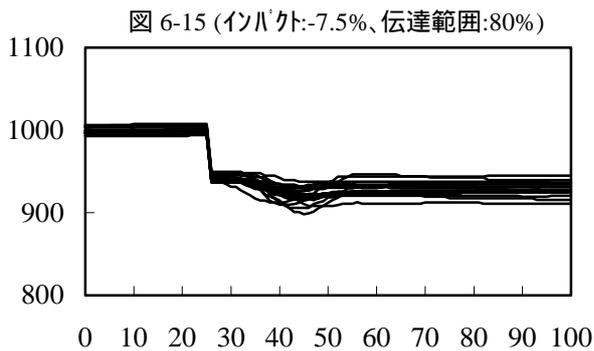
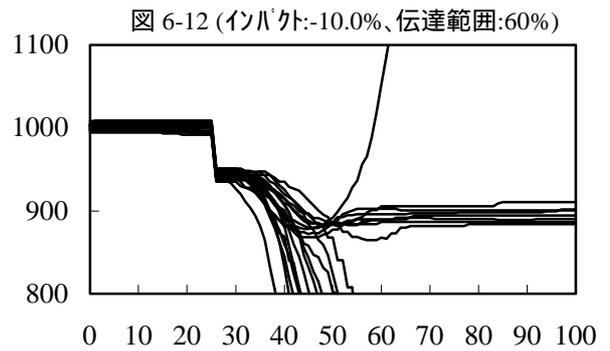
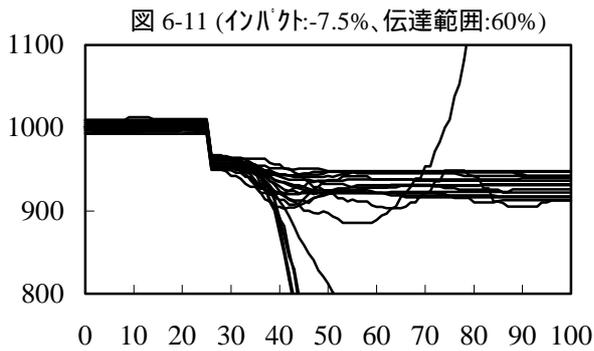
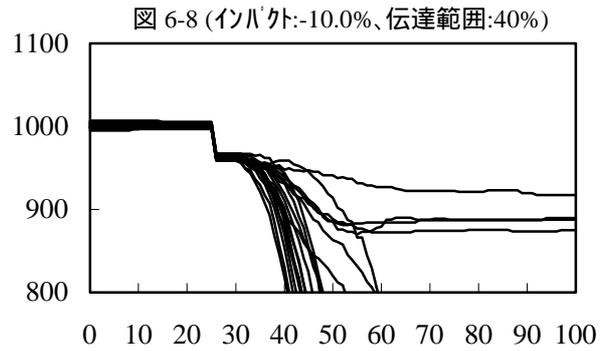
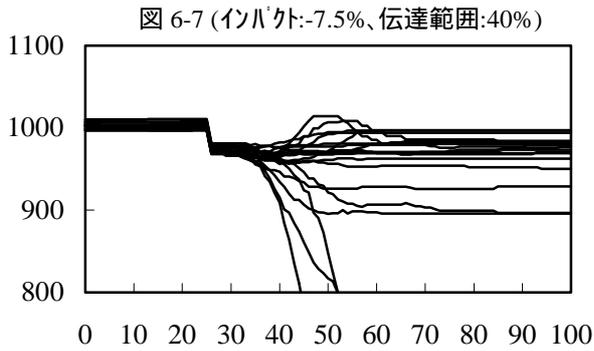
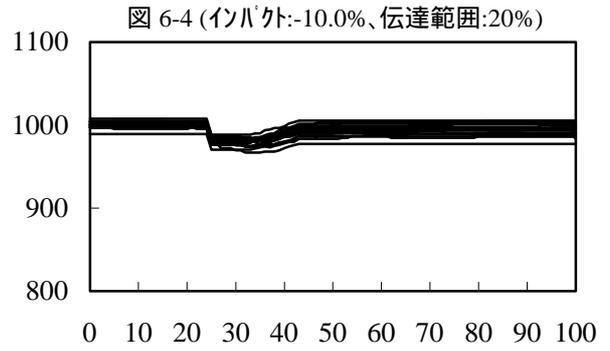
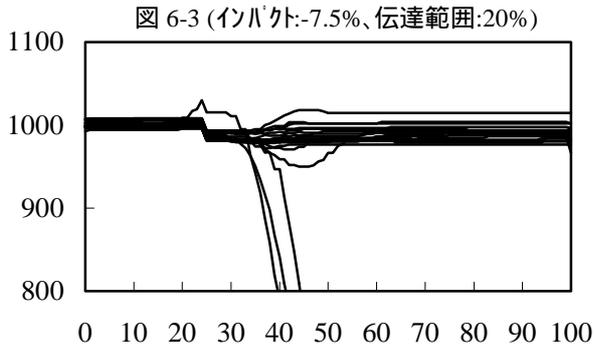


図7 オーバーシュート率の推移 (期待値へのフィードバック)

図 7-1 (インパ外:-2.5%、伝達範囲:20%)

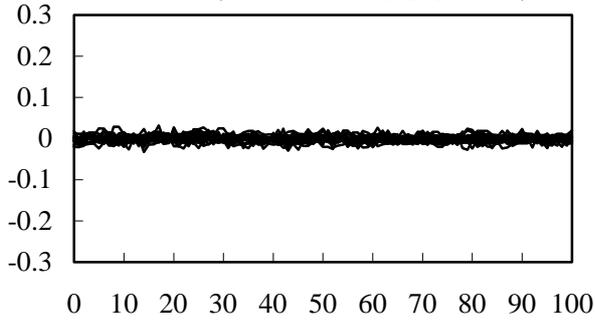


図 7-2 (インパ外:-5.0%、伝達範囲:20%)

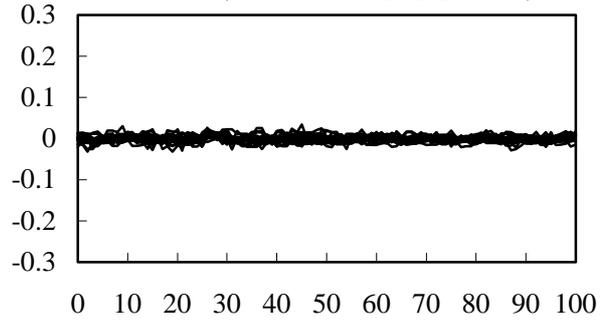


図 7-5 (インパ外:-2.5%、伝達範囲:40%)

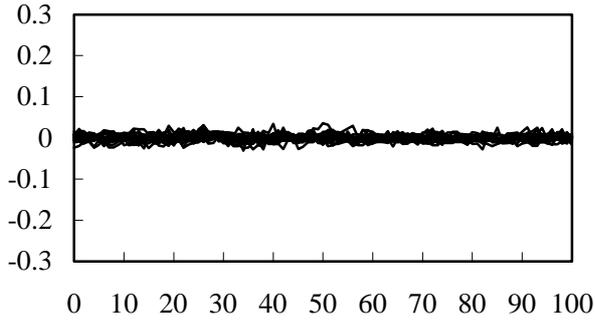


図 7-6 (インパ外:-5.0%、伝達範囲:40%)

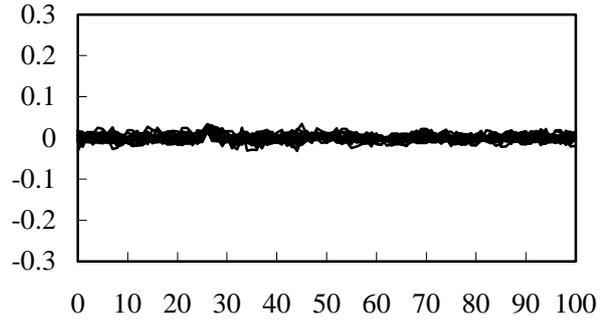


図 7-9 (インパ外:-2.5%、伝達範囲:60%)

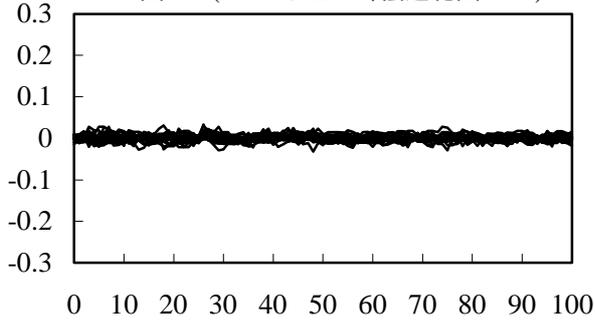


図 7-10 (インパ外:-5.0%、伝達範囲:60%)

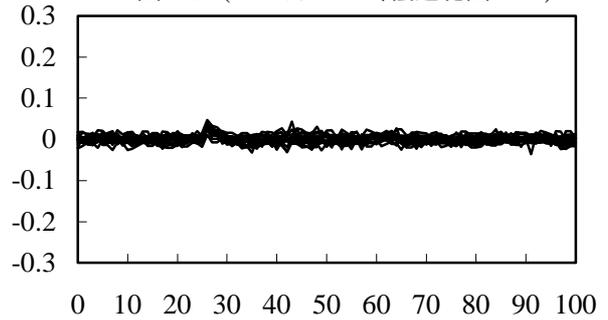


図 7-13 (インパ外:-2.5%、伝達範囲:80%)

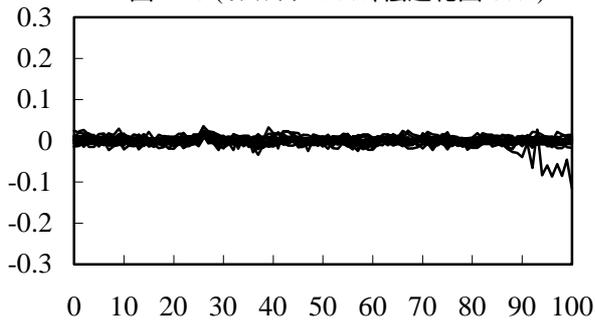


図 7-14 (インパ外:-5.0%、伝達範囲:80%)

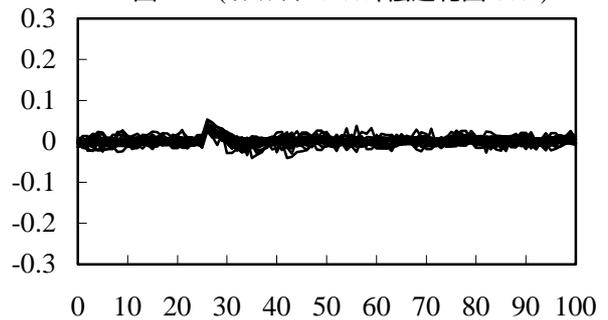


図 7-17 (インパ外:-2.5%、伝達範囲:100%)

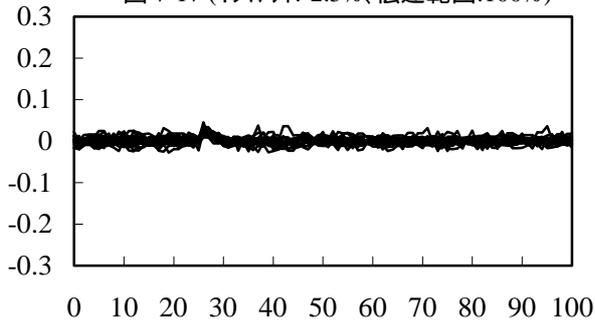


図 7-18 (インパ外:-5.0%、伝達範囲:100%)

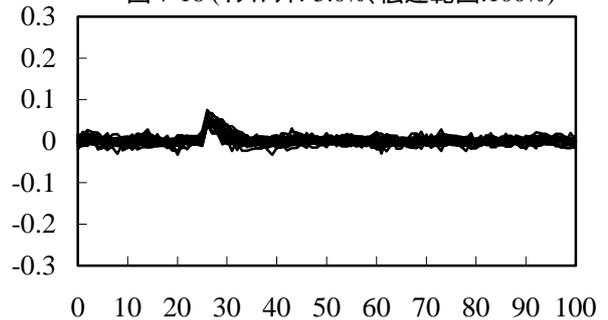


図7 オーバーシュート率の推移 (続き)

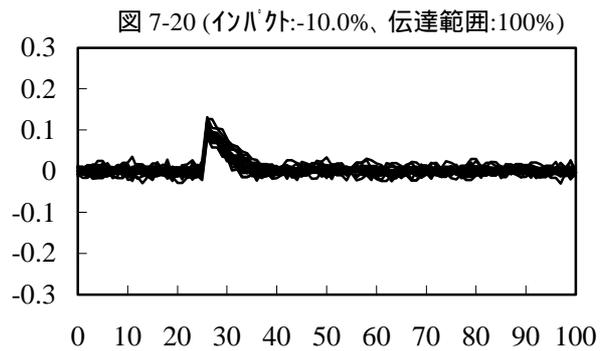
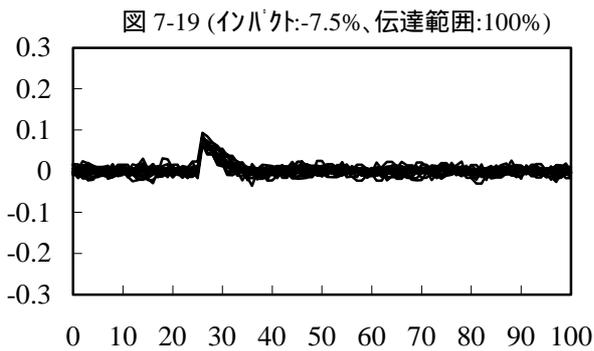
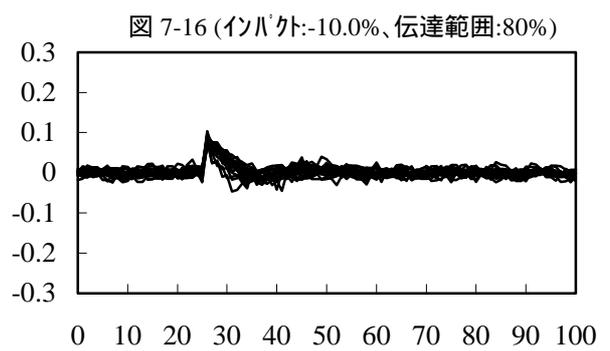
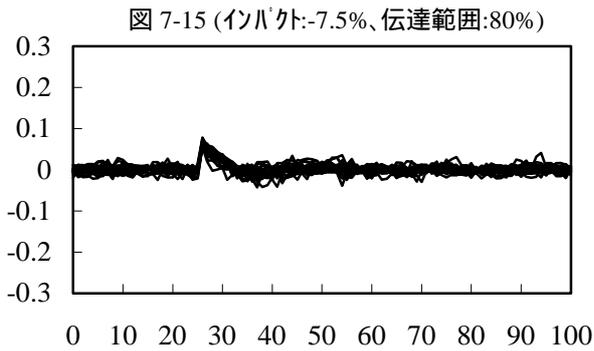
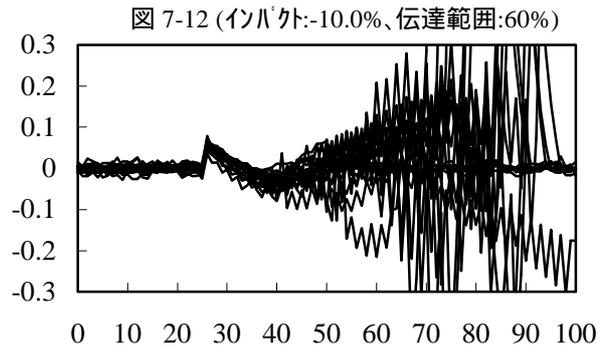
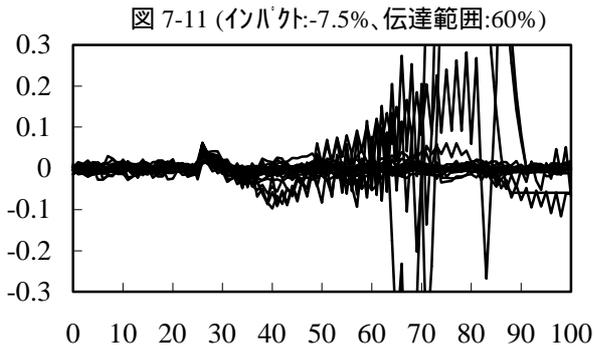
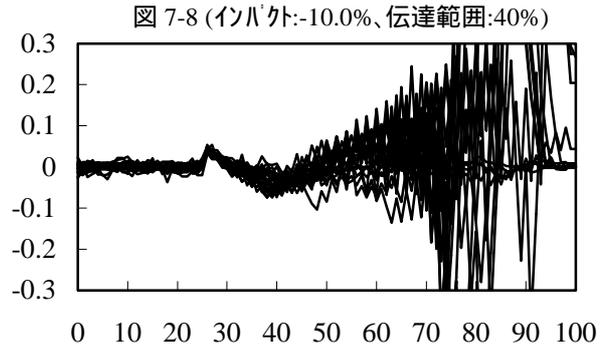
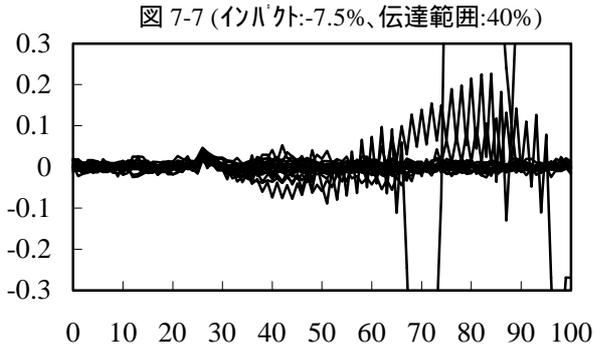
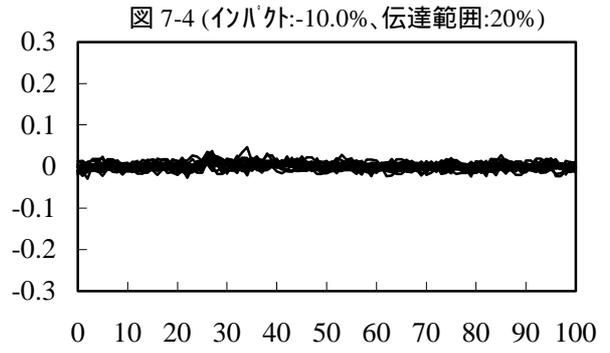
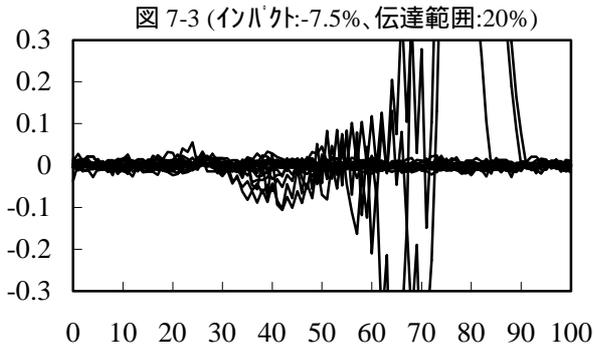
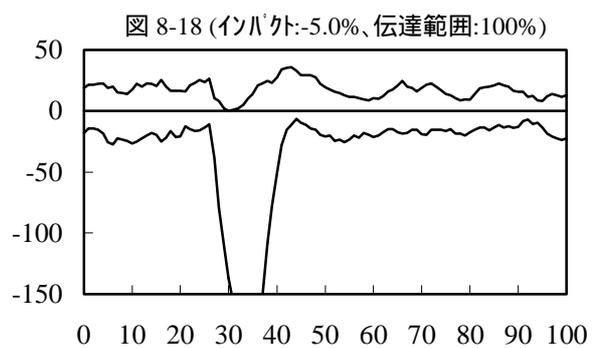
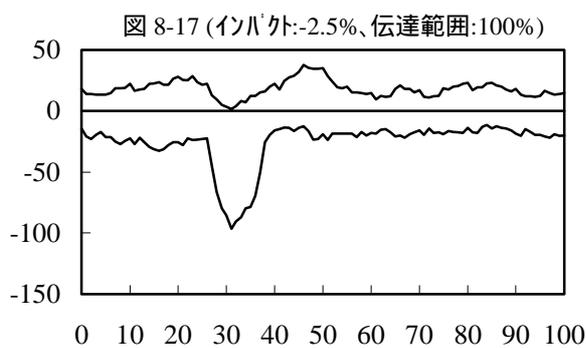
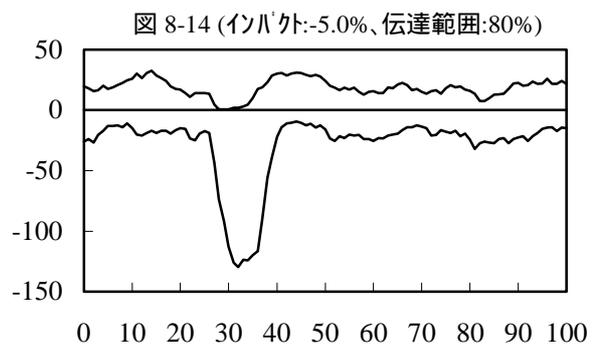
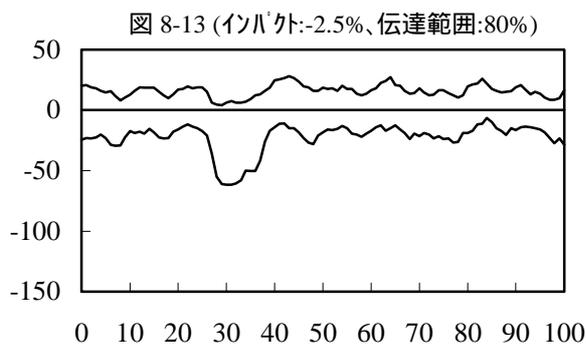
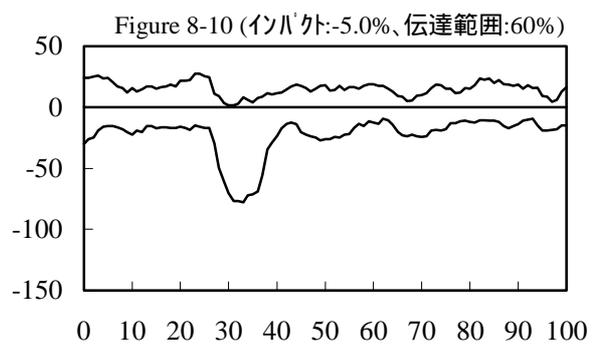
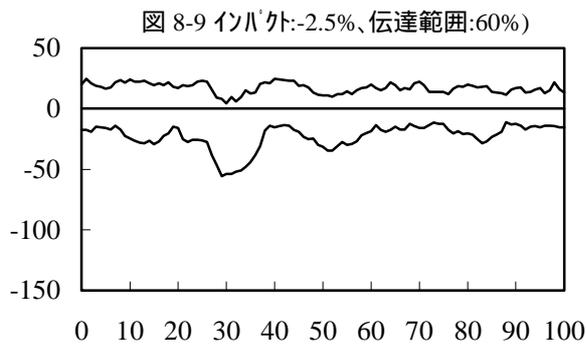
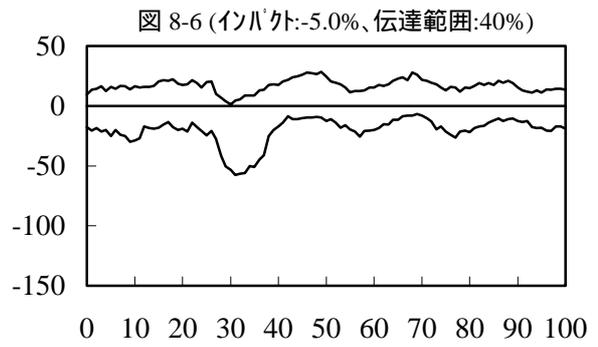
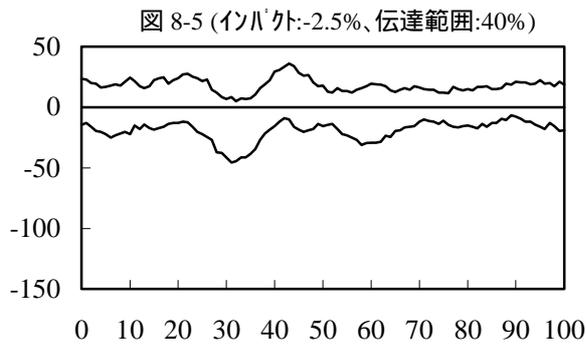
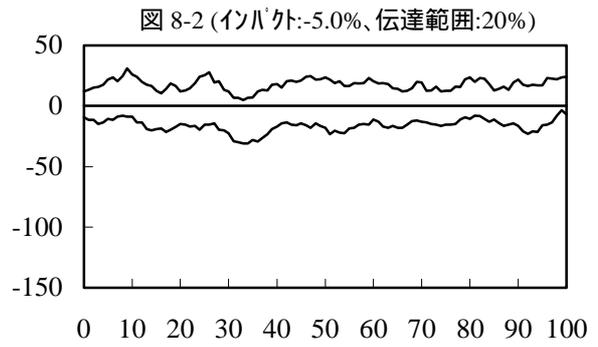
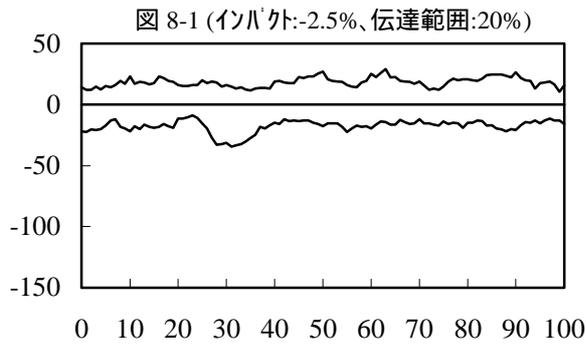
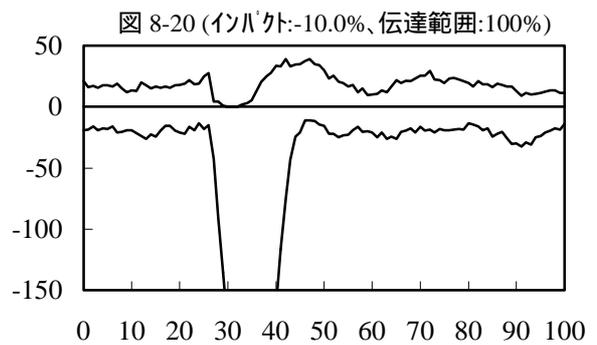
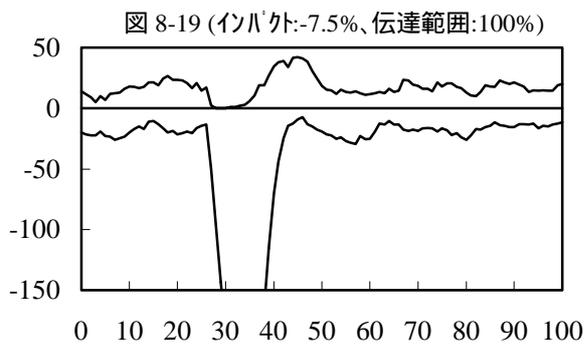
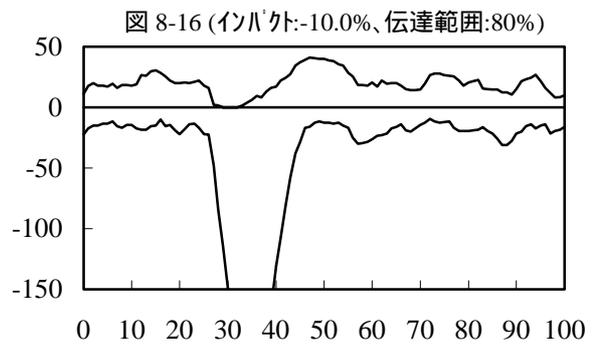
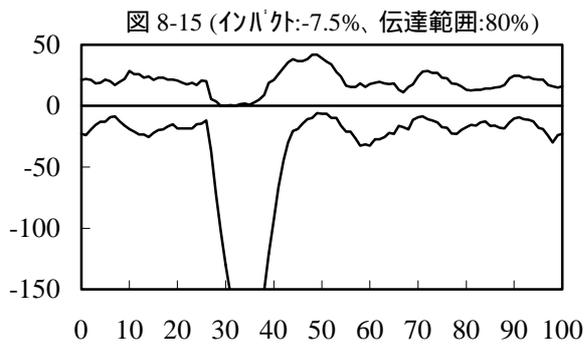
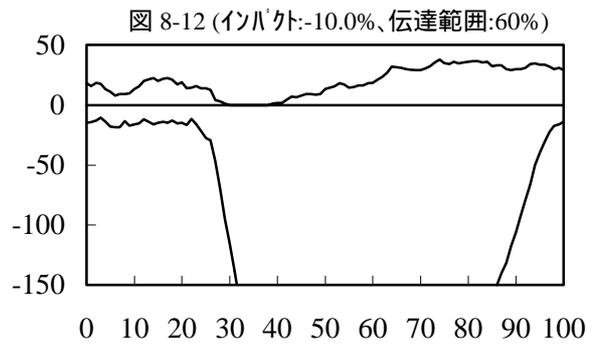
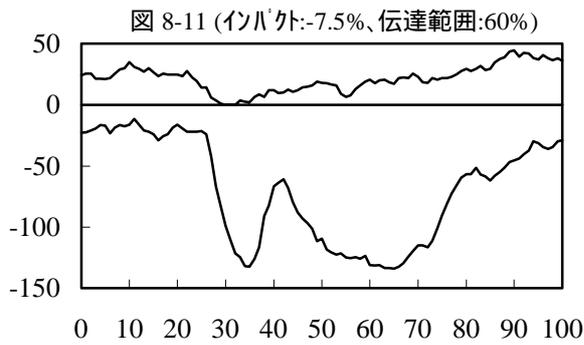
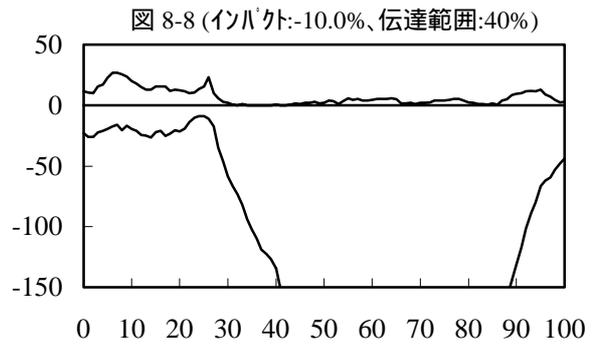
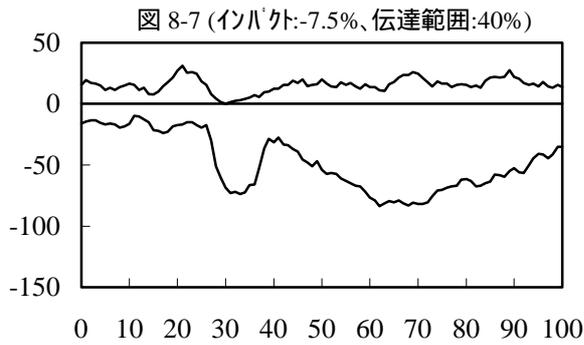
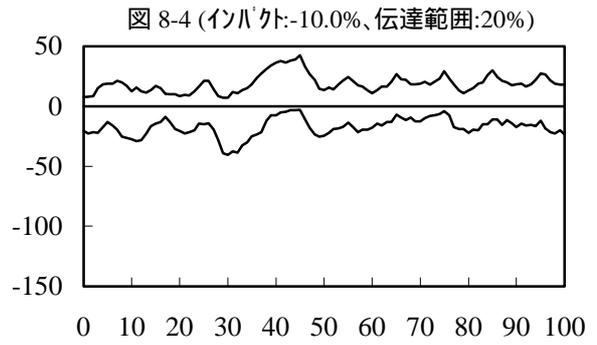
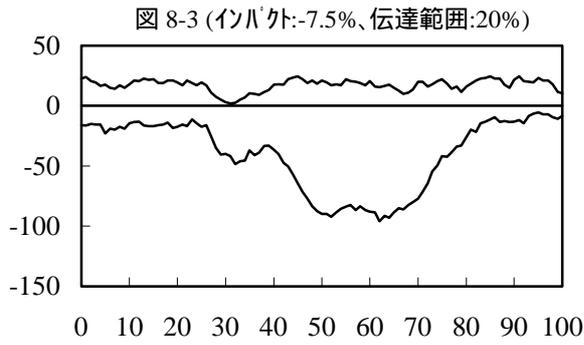


図8 オーダー・インバランスの推移（期待値へのフィードバック）*



* : 縦軸上のプラス・サイドにプロットされているのが買い注文量、マイナス・サイドにプロットされているのが売り注文量。

図8 オーダー・インバランスの推移（続き）*



* : 縦軸上のプラス・サイドにプロットされているのが買い注文量、マイナス・サイドにプロットされているのが売り注文量。

図9 市場価格の推移 (コンフィデンスへのフィードバック)

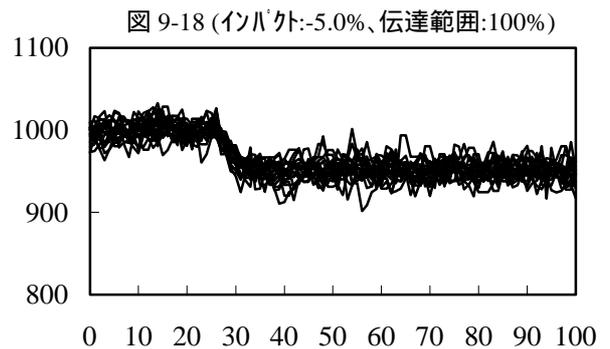
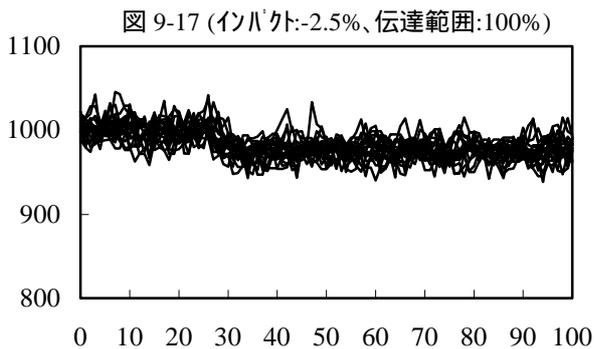
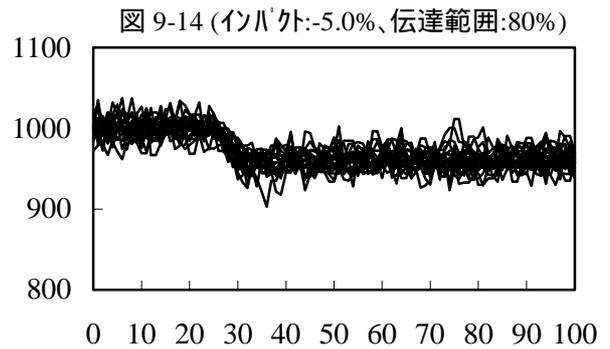
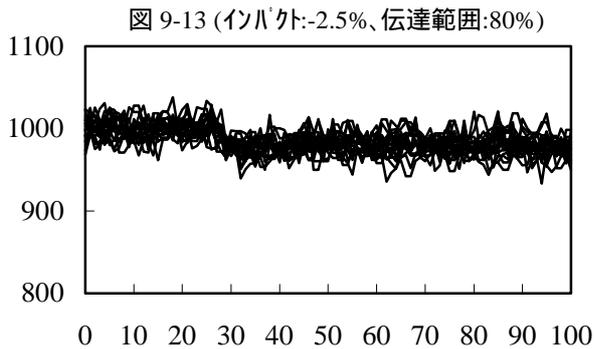
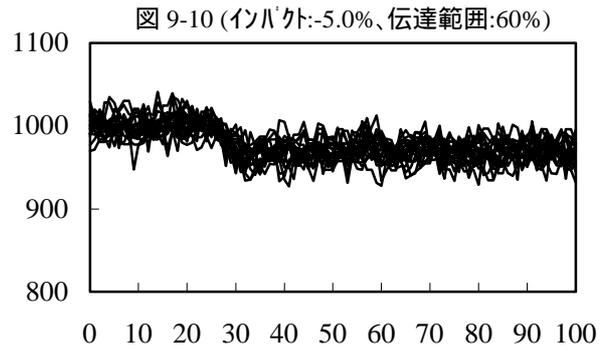
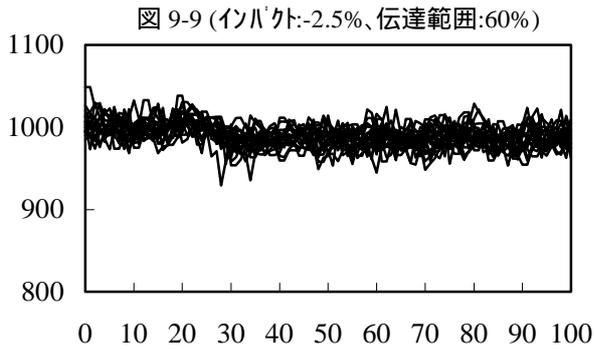
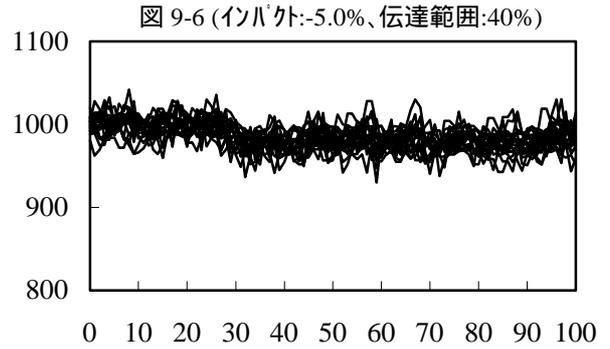
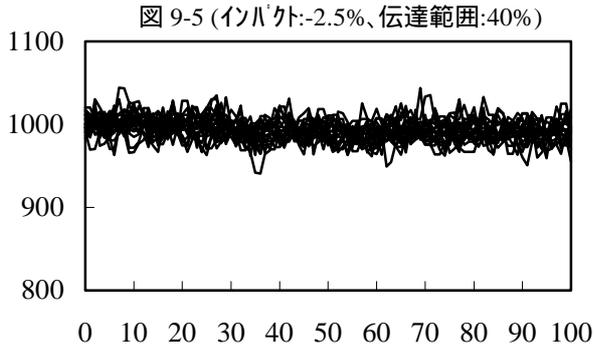
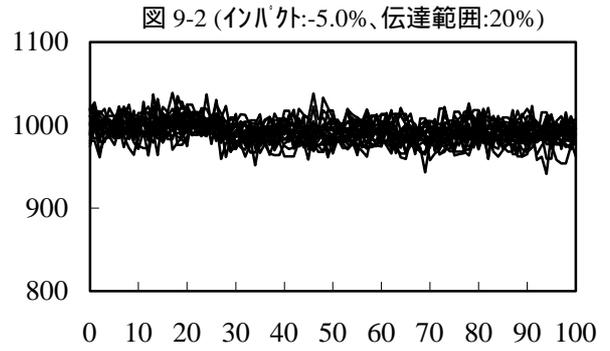
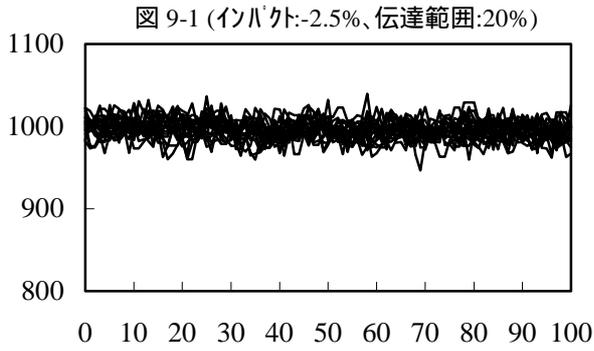


図9 市場価格の推移 (続き)

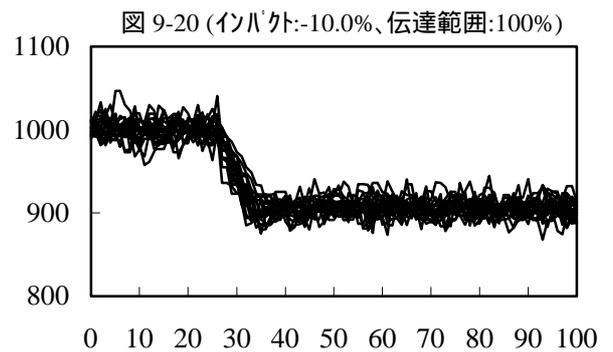
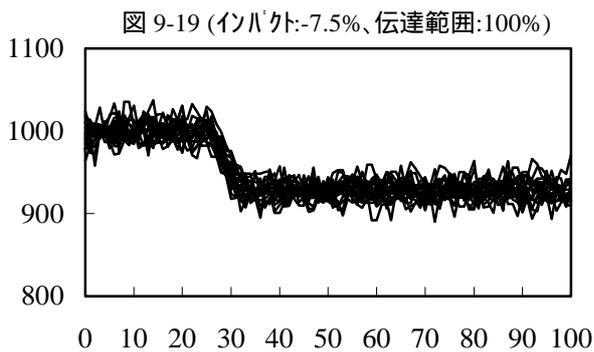
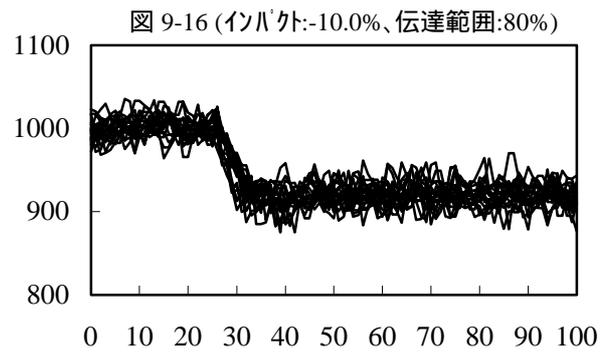
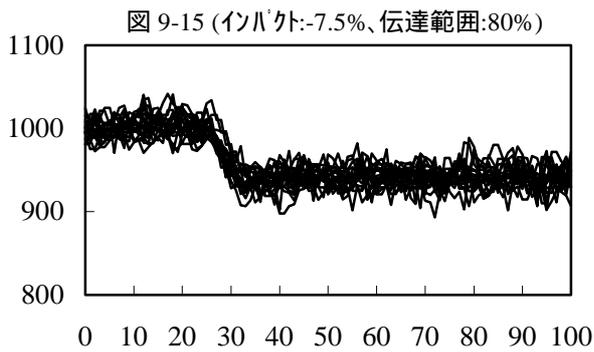
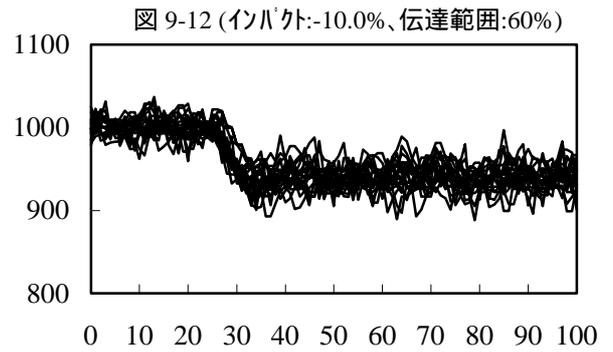
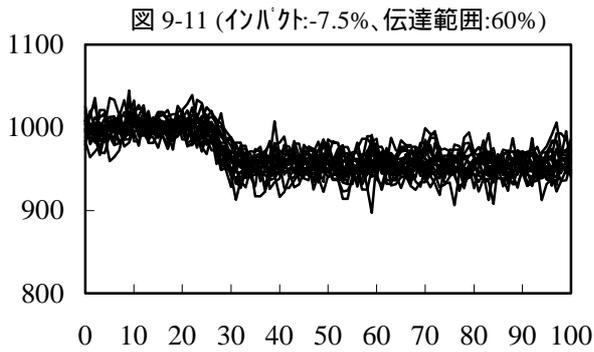
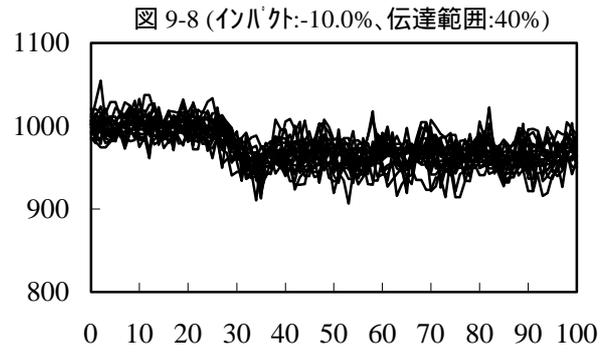
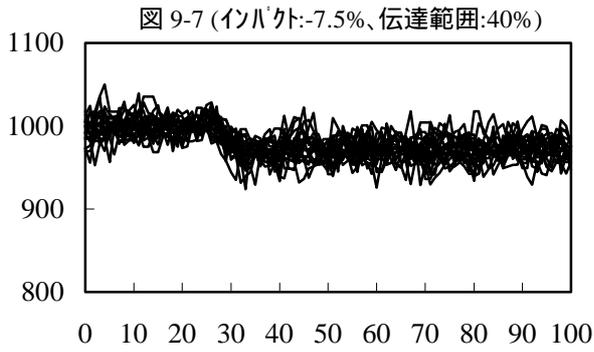
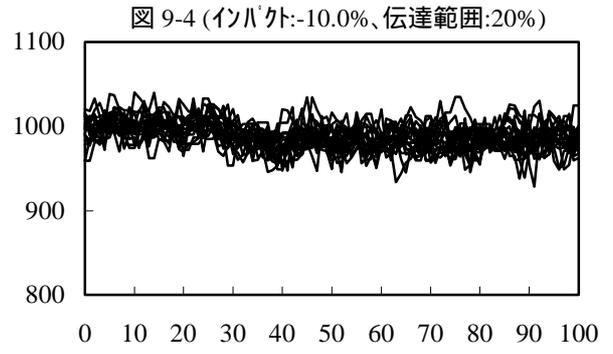
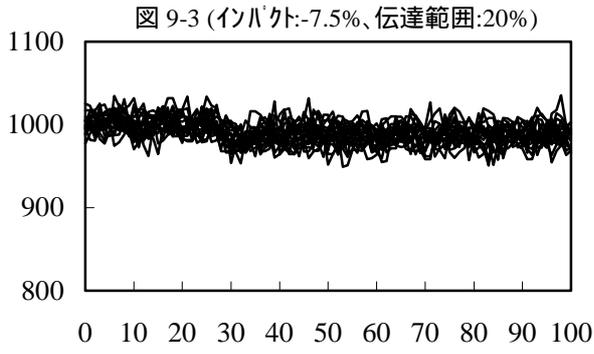


図 10 トレーダーたちの期待値の平均の推移 (コンフィデンスへのフィードバック)

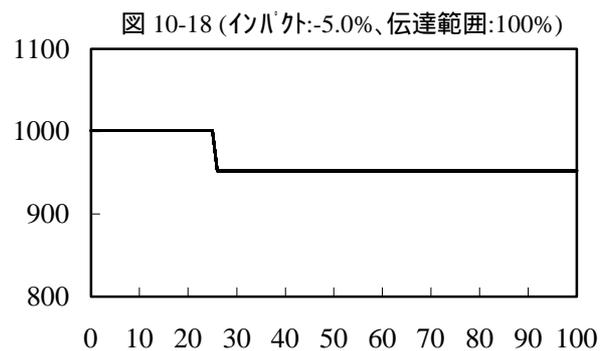
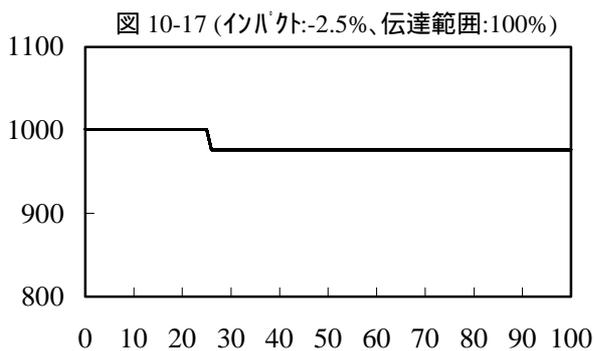
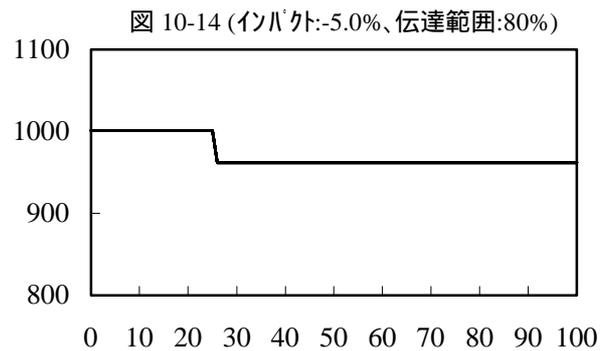
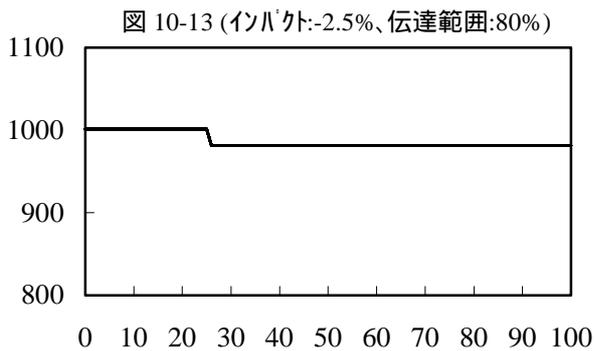
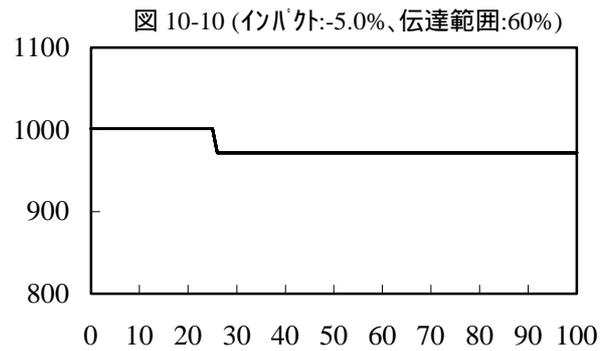
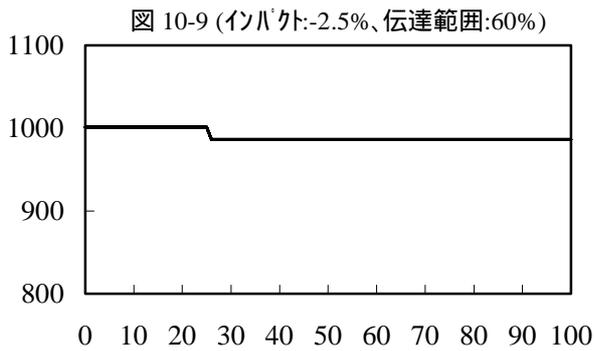
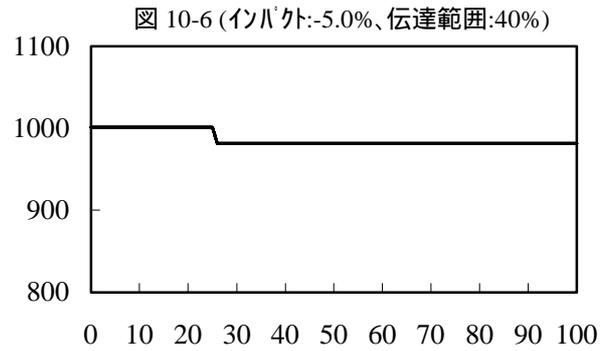
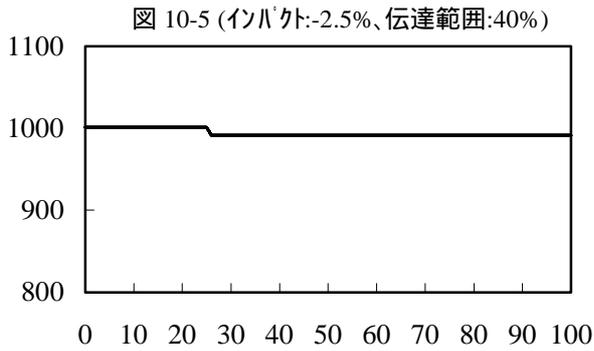
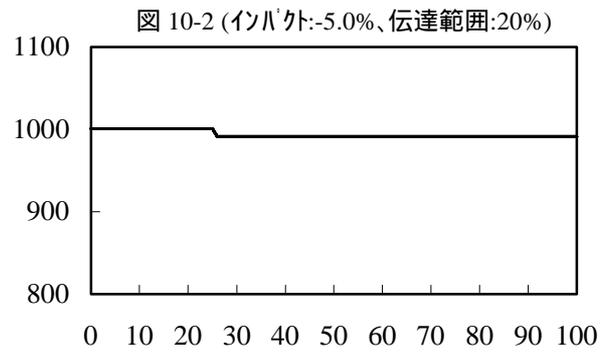
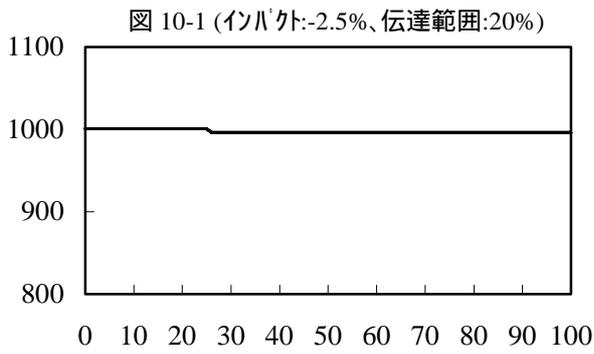


図 10 トレーダーたちの期待値の平均の推移 (続き)

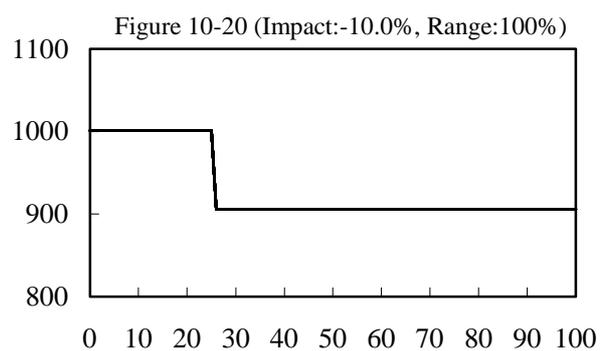
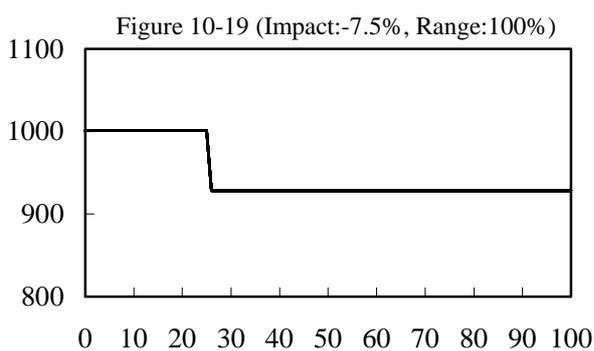
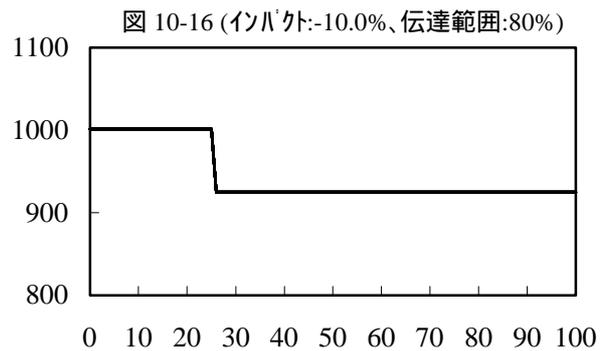
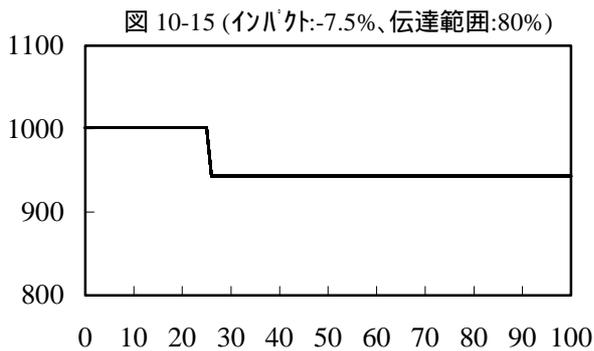
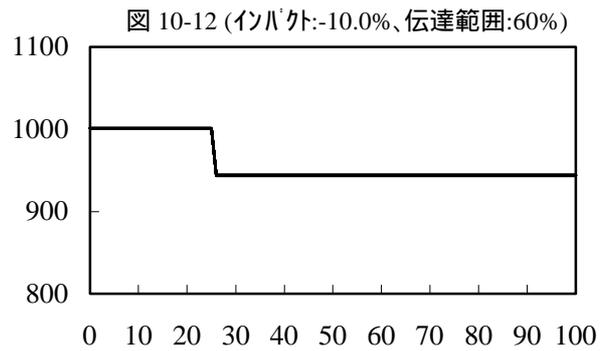
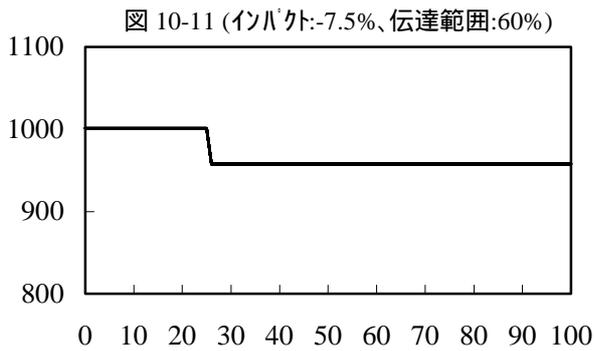
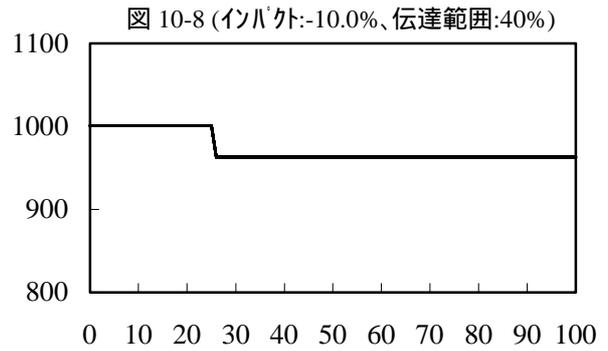
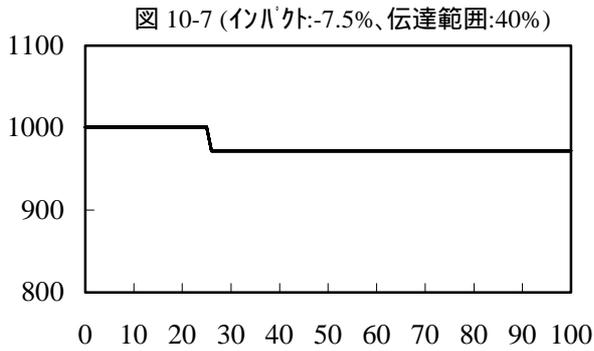
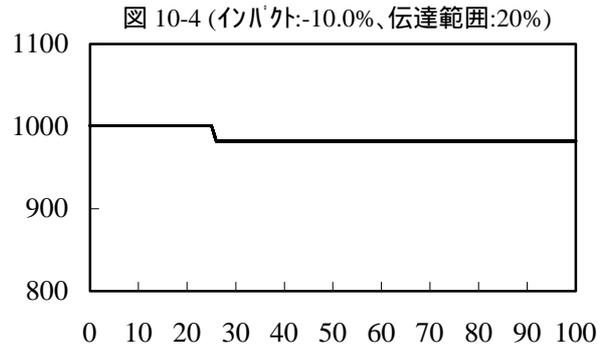
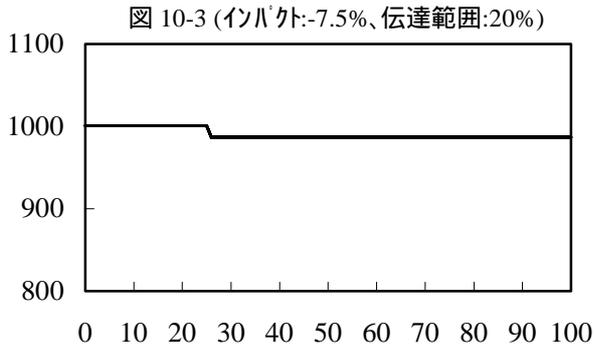


図 11 オーバーシュート率の推移 (コンフィデンスへのフィードバック)

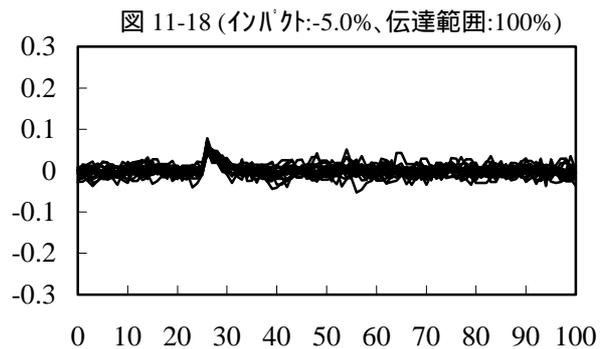
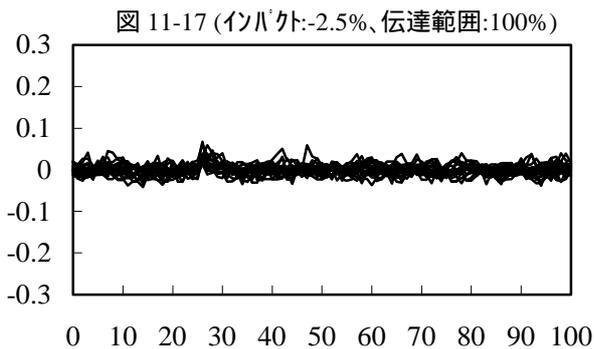
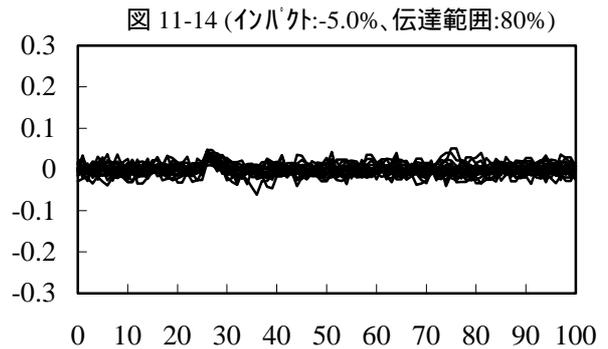
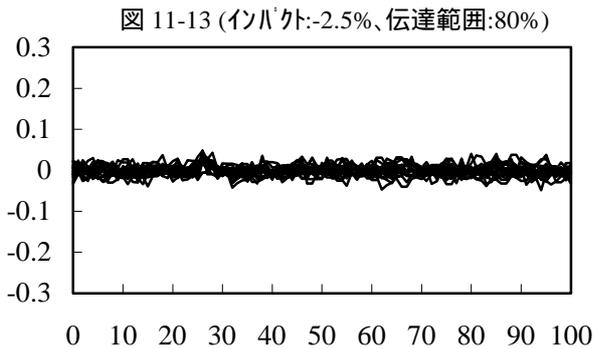
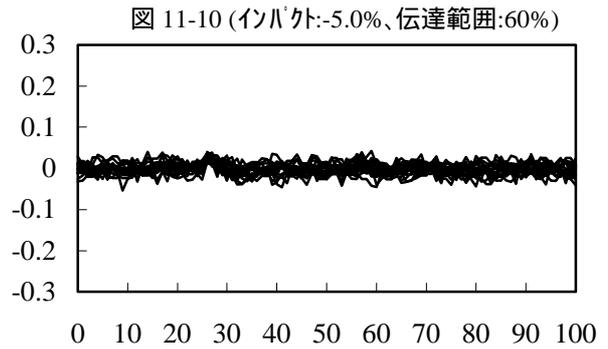
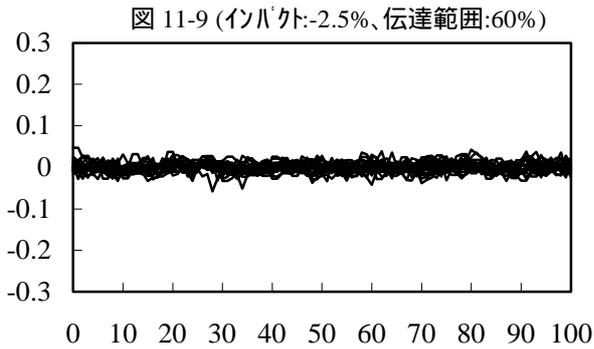
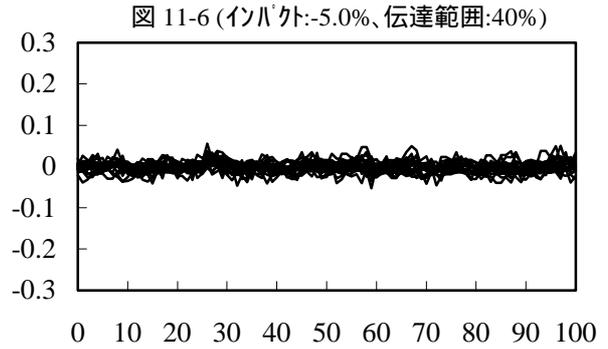
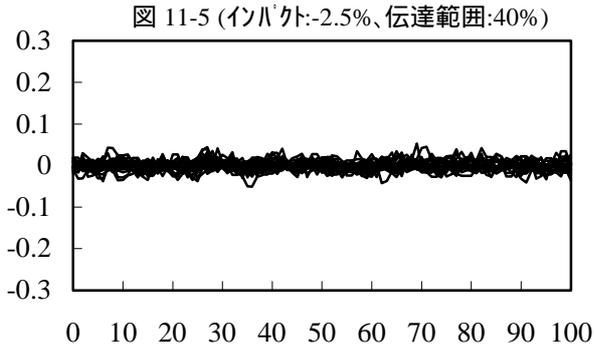
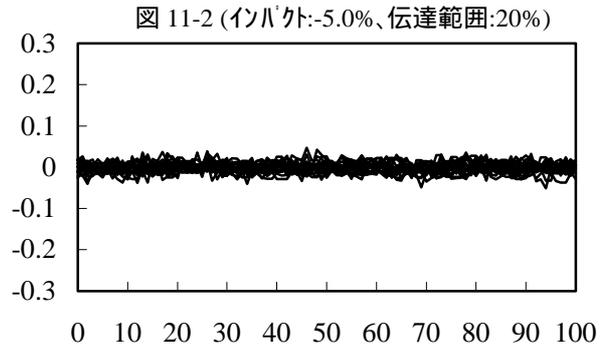
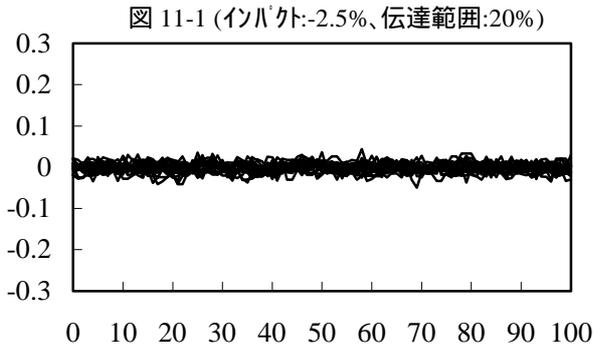


図 11 オーバーシュート率の推移 (続き)

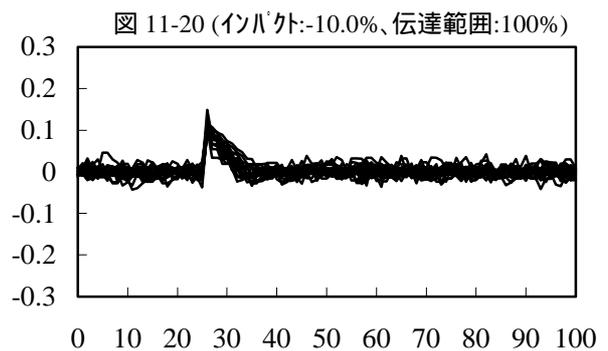
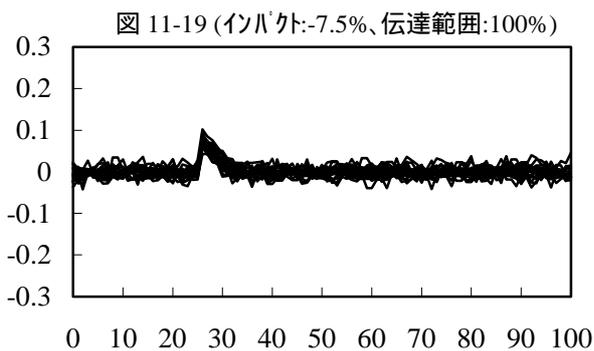
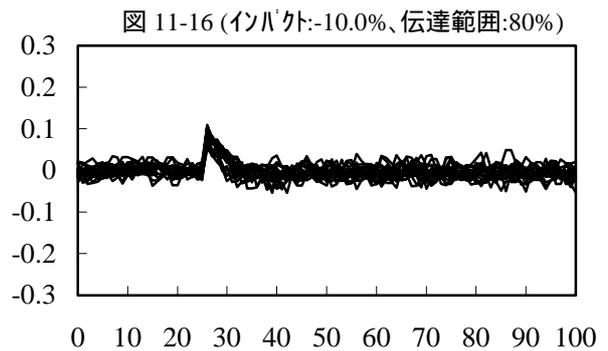
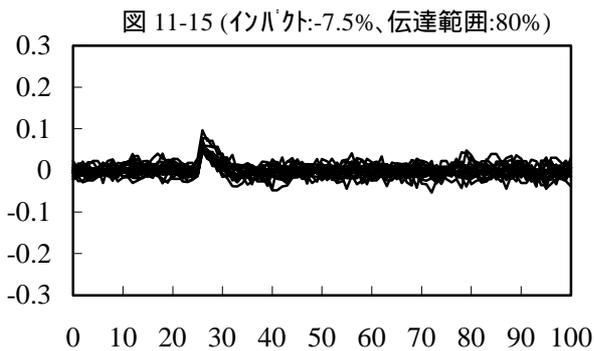
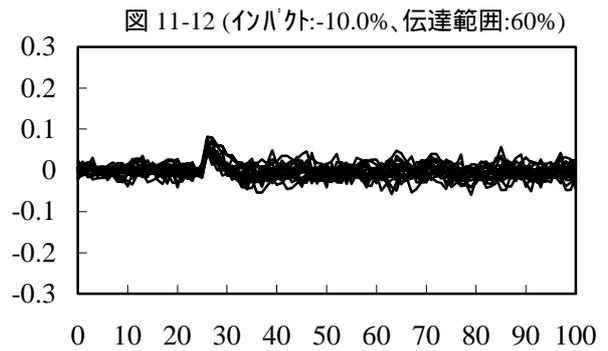
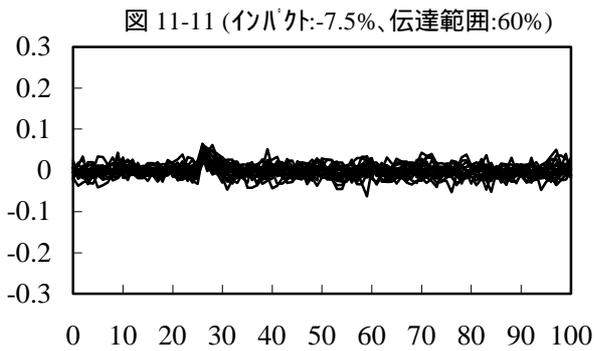
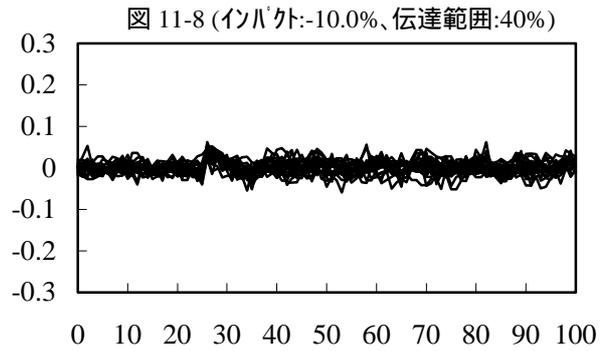
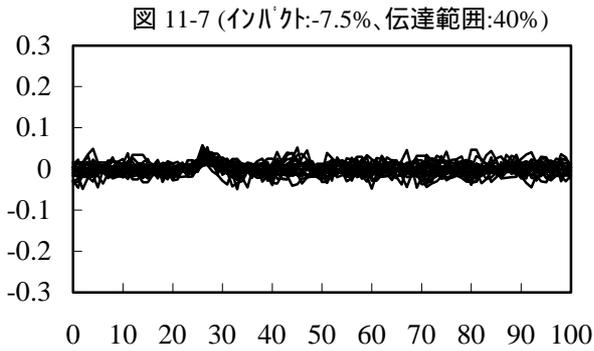
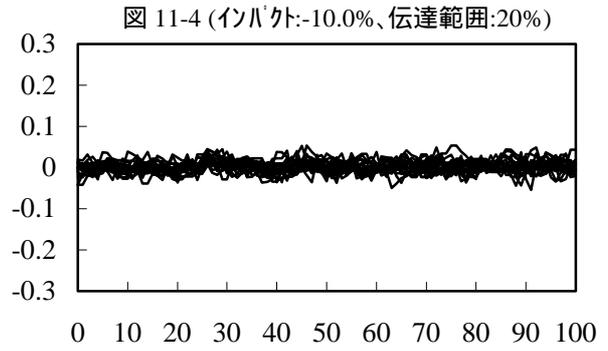
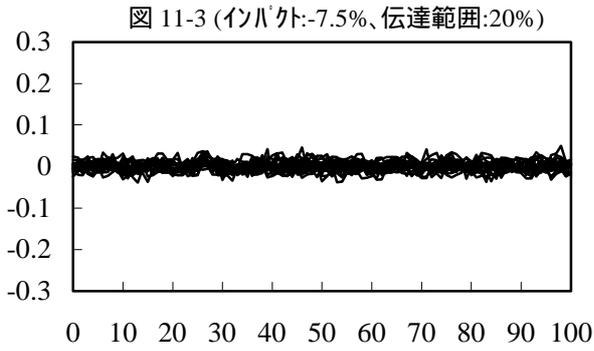
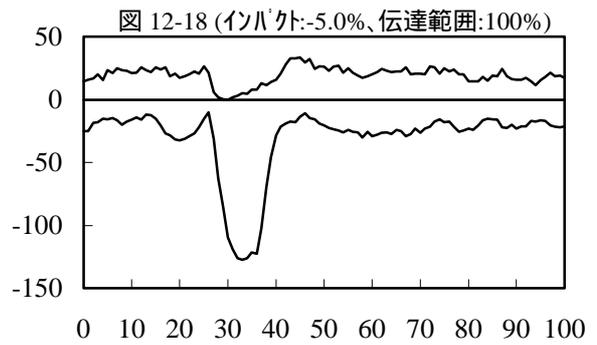
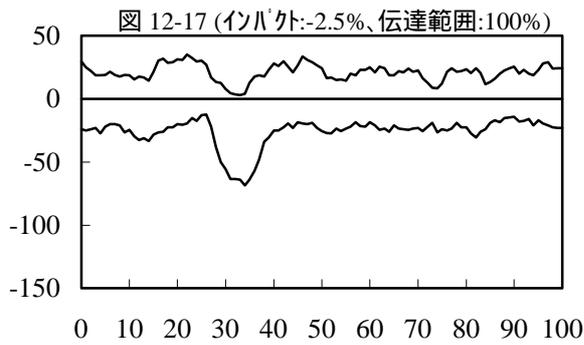
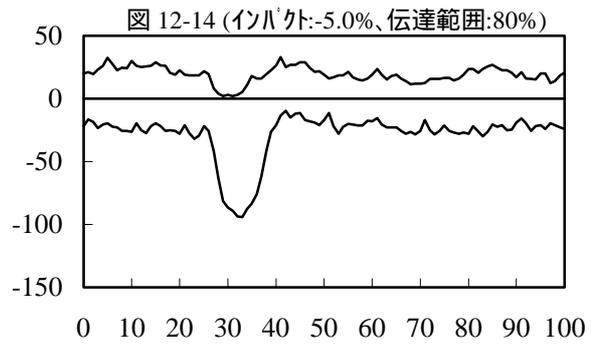
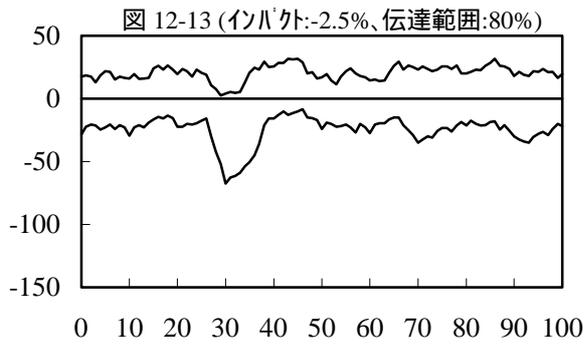
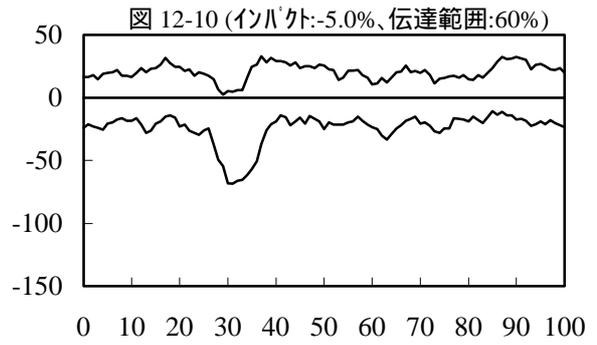
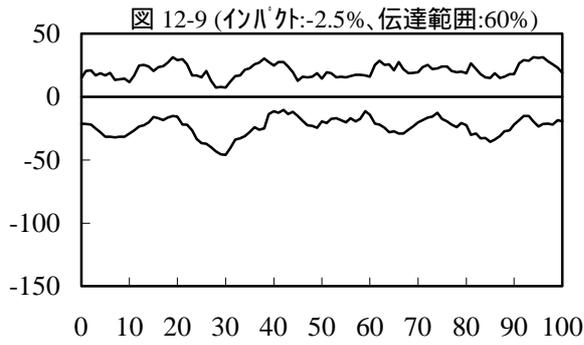
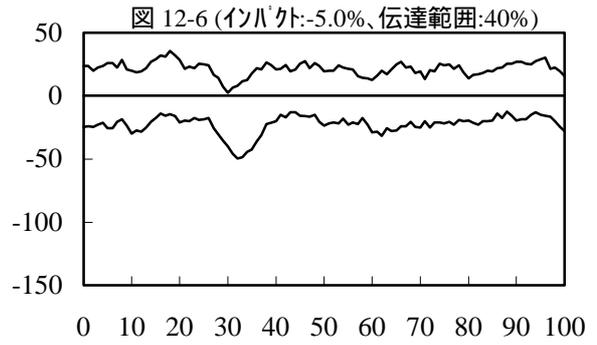
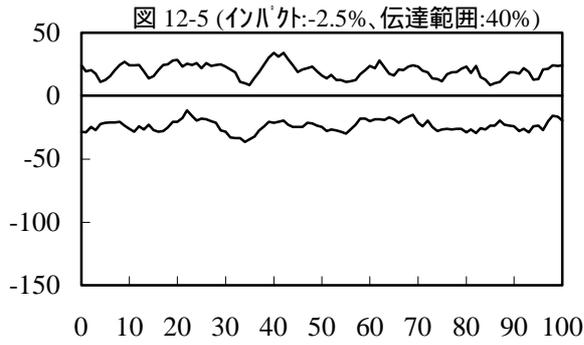
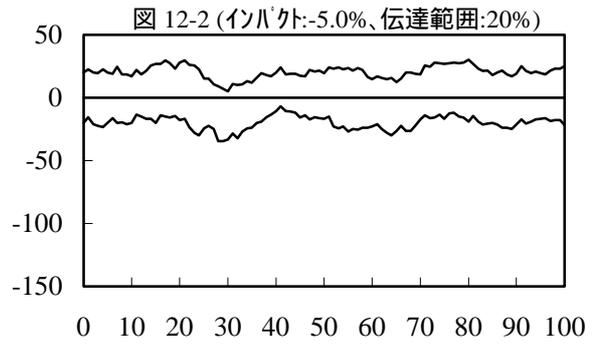
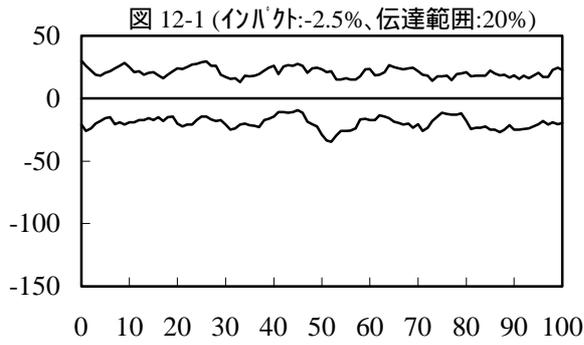
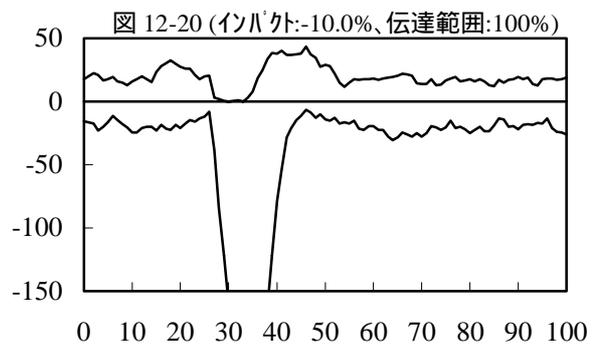
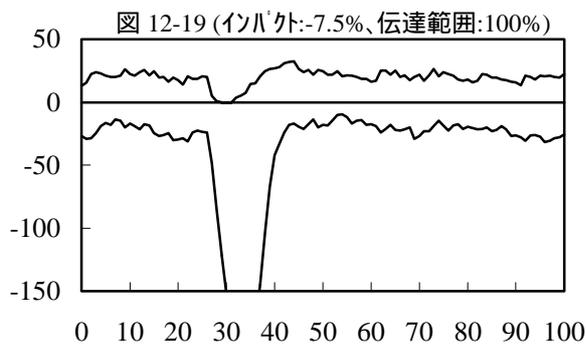
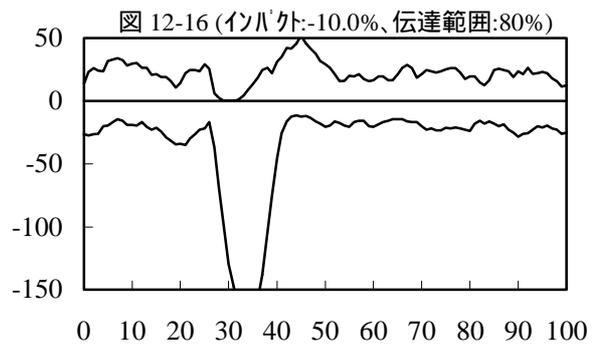
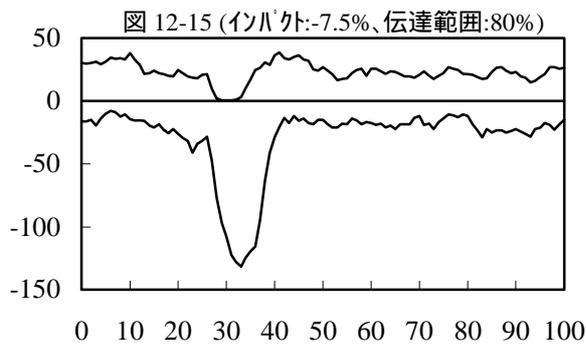
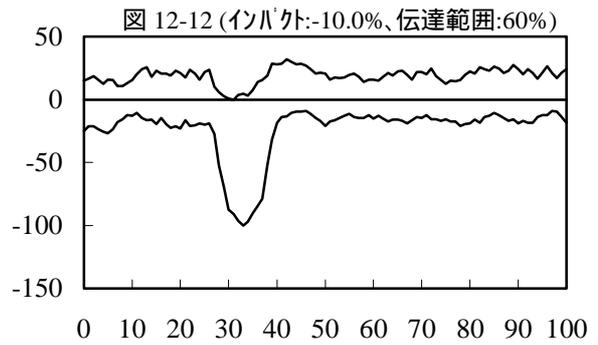
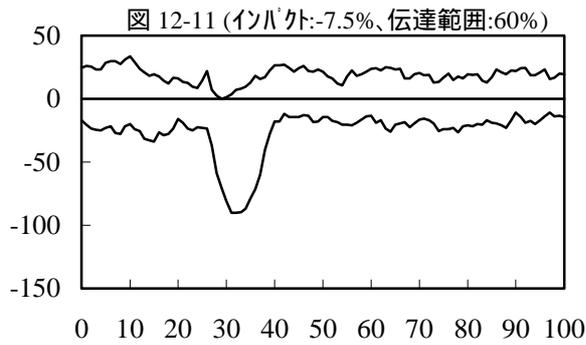
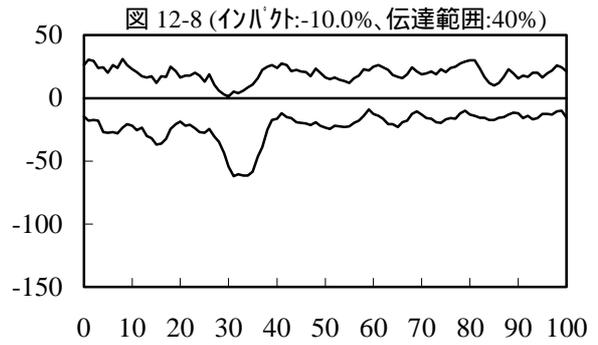
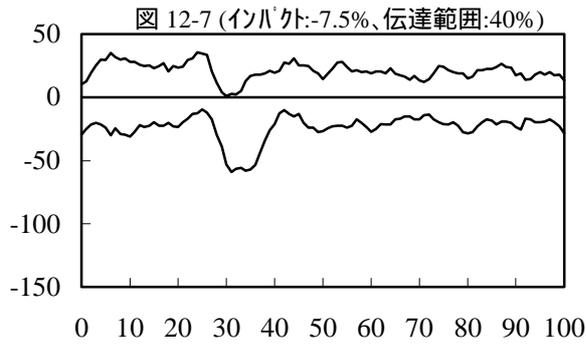
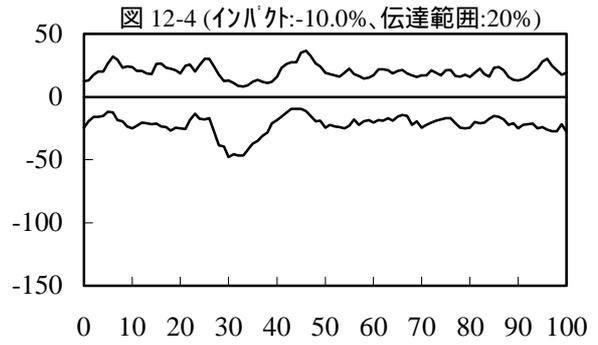
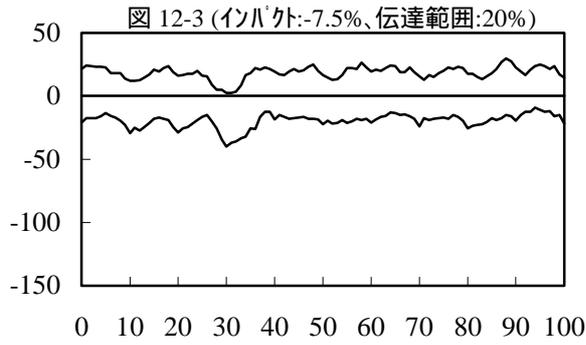


図 12 オーダー・インバランスの推移 (コンフィデンスへのフィードバック) *



* : 縦軸上のプラス・サイドにプロットされているのが買い注文量、マイナス・サイドにプロットされているのが売り注文量。

図 12 オーダー・インバランスの推移 (続き) *



* : 縦軸上のプラス・サイドにプロットされているのが買い注文量、マイナス・サイドにプロットされているのが売り注文量。

図 13 市場価格の推移
 (期待値へのフィードバック、含むモメンタム・トレーダー)

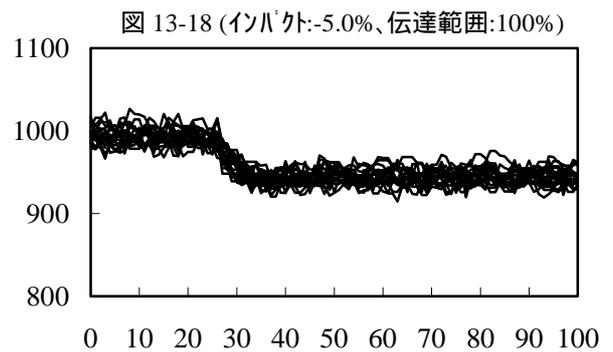
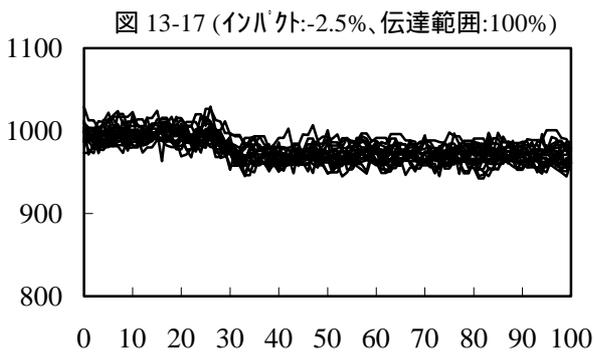
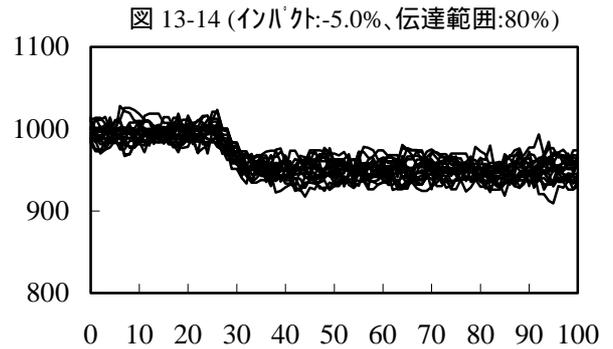
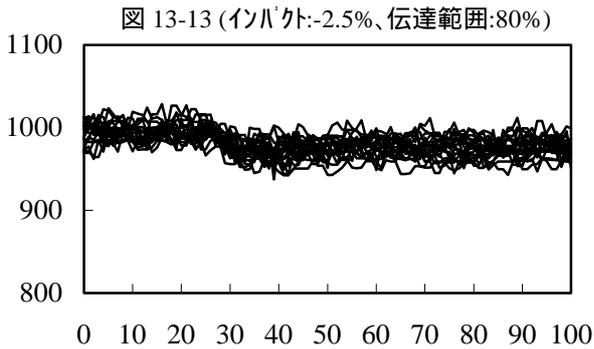
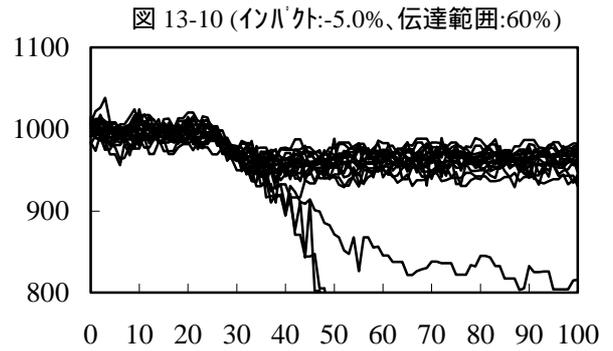
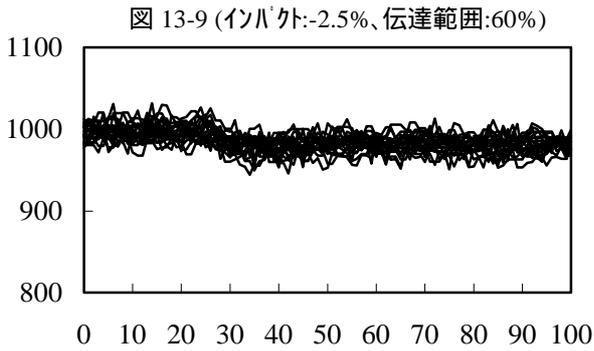
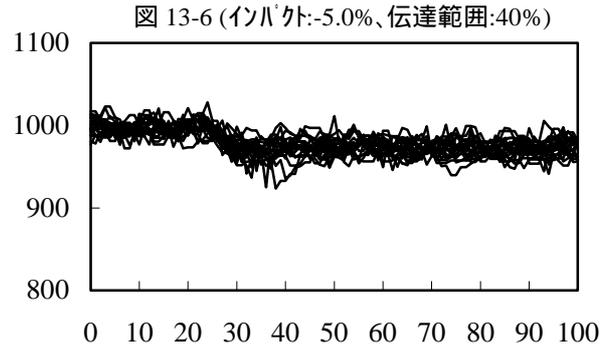
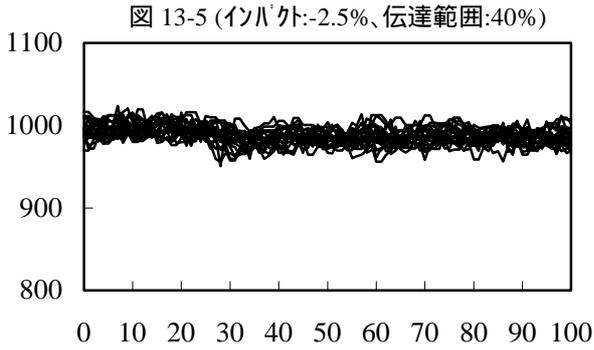
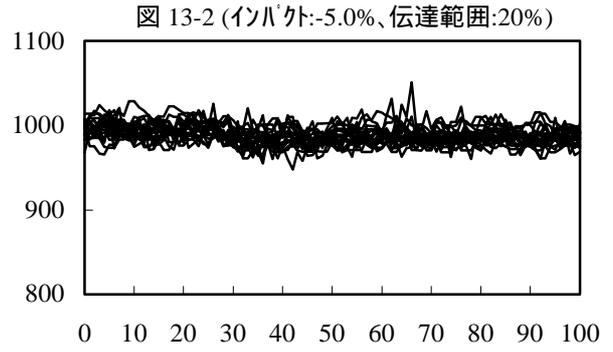
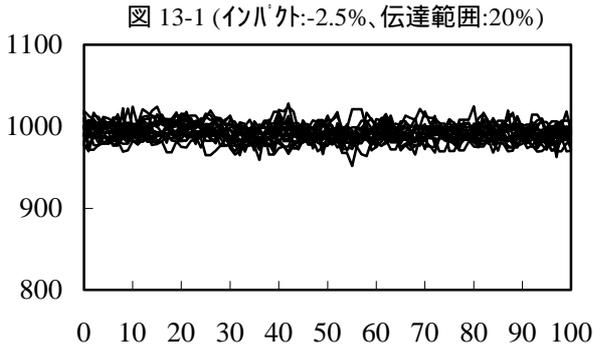


図 13 市場価格の推移 (続き)

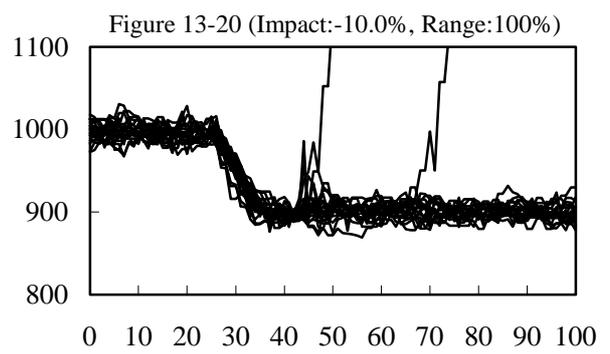
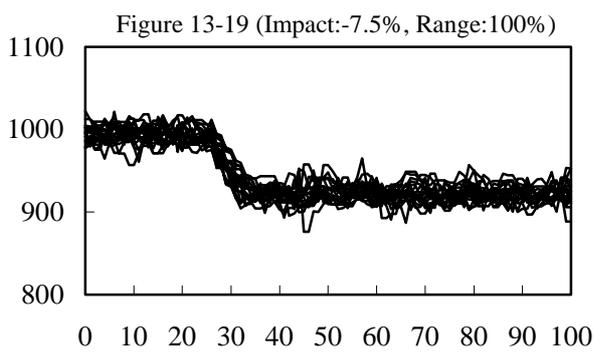
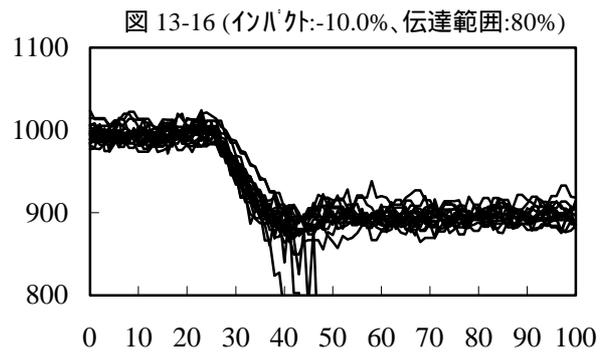
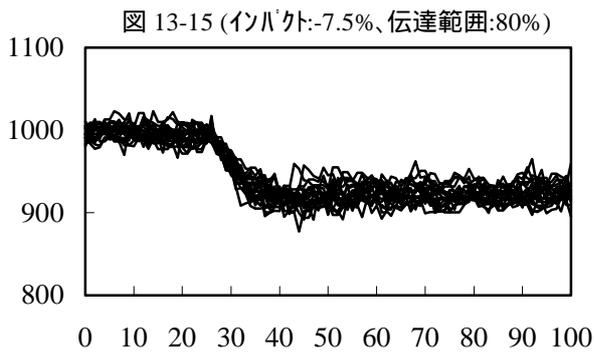
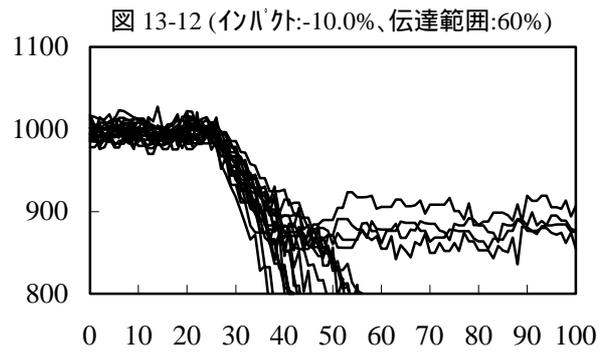
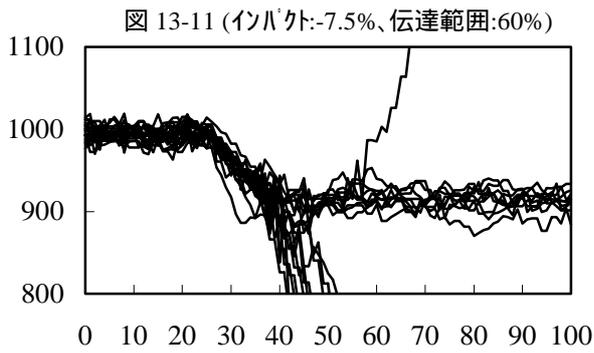
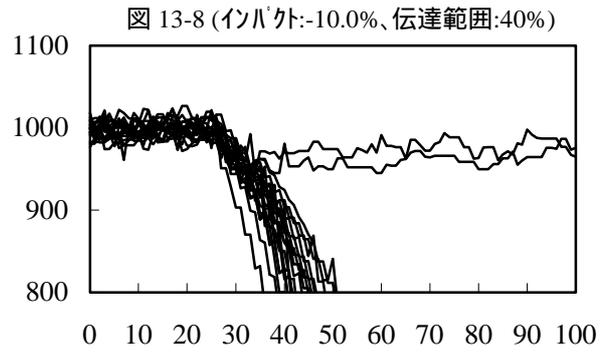
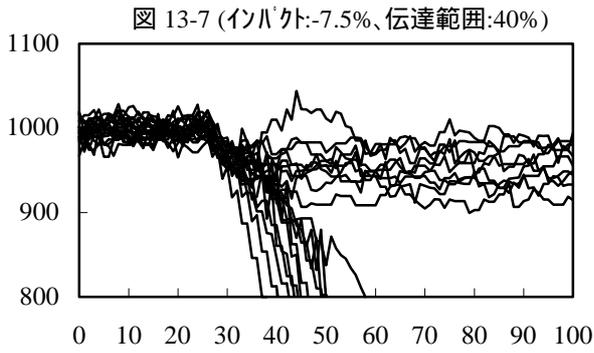
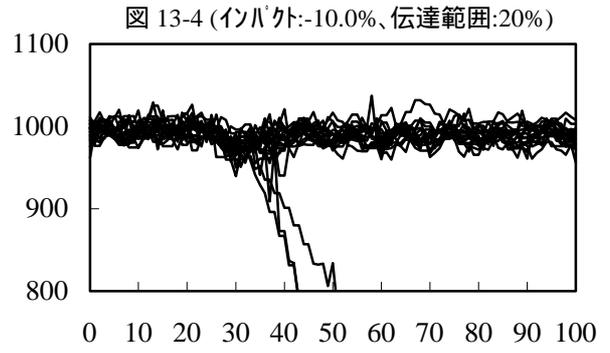
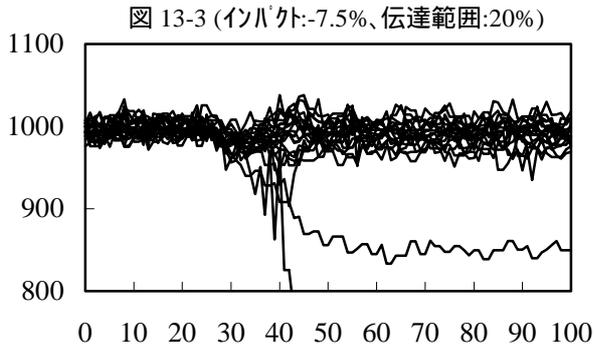


図 14 トレーダーたちの期待値の平均の推移
 (期待値へのフィードバック、含むモメンタム・トレーダー)

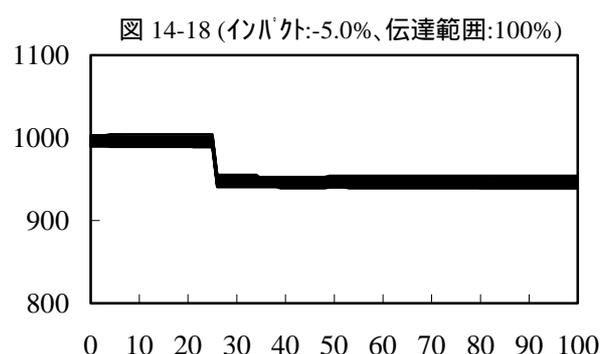
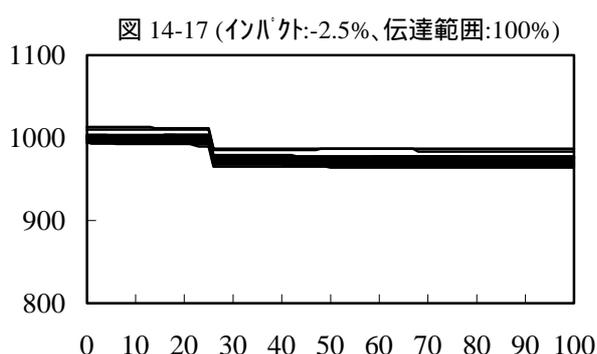
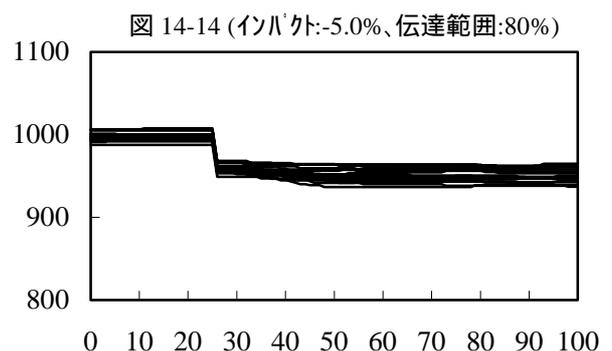
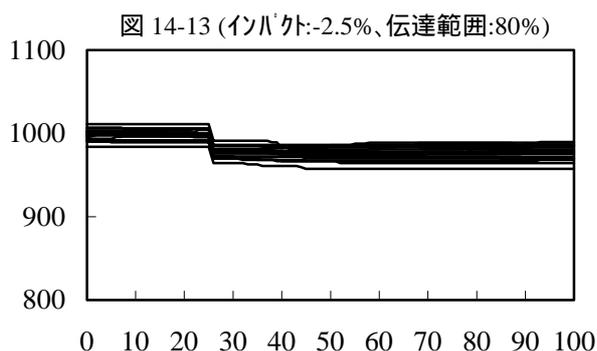
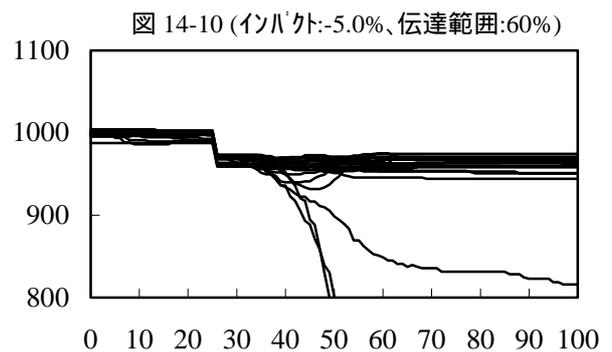
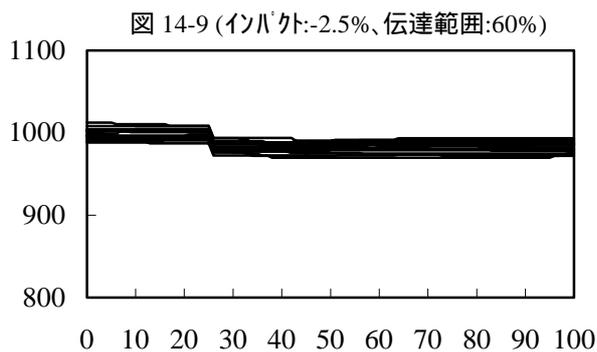
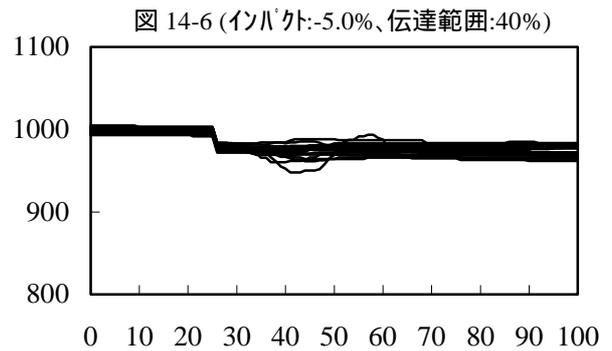
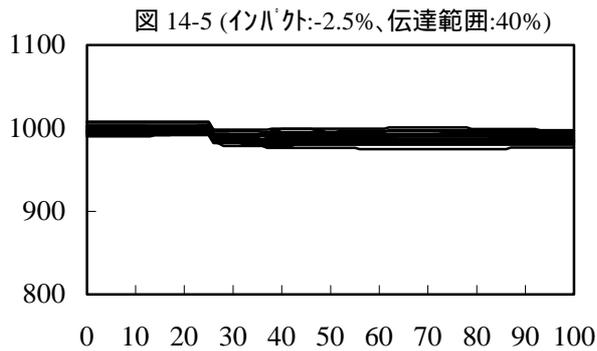
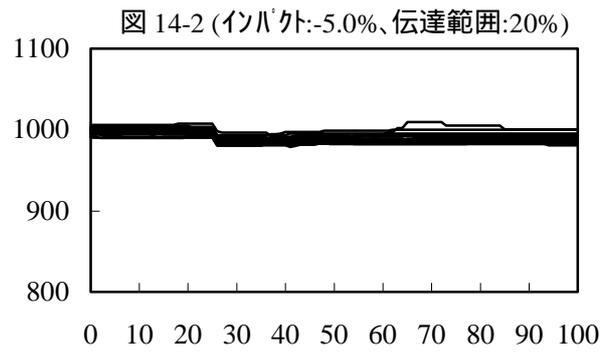
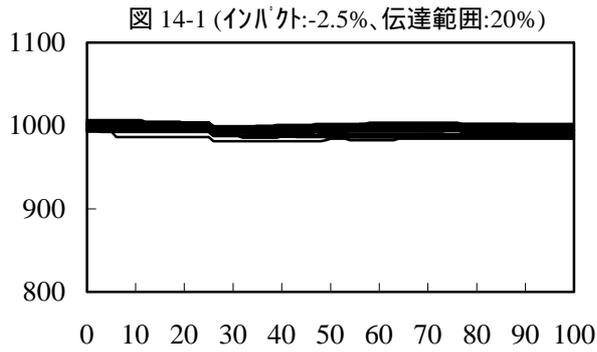


図 14 トレーダーたちの期待値の平均の推移 (続き)

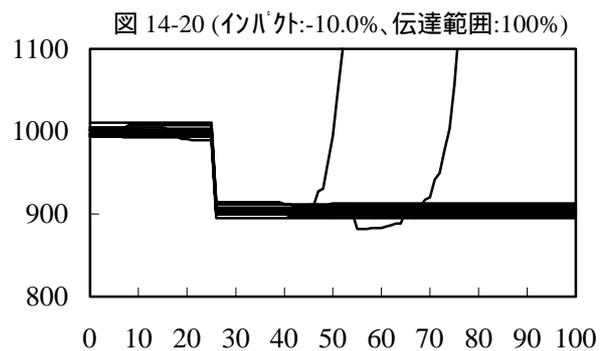
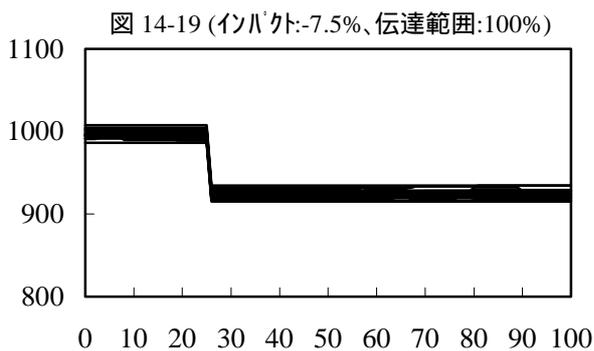
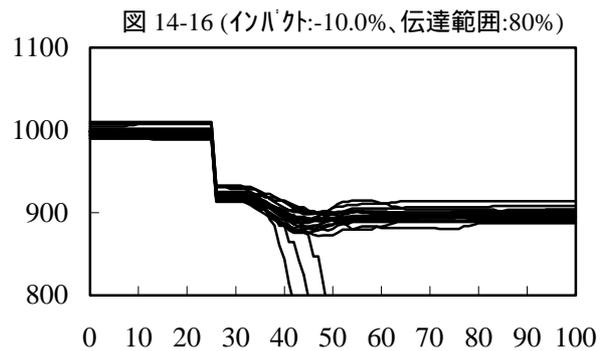
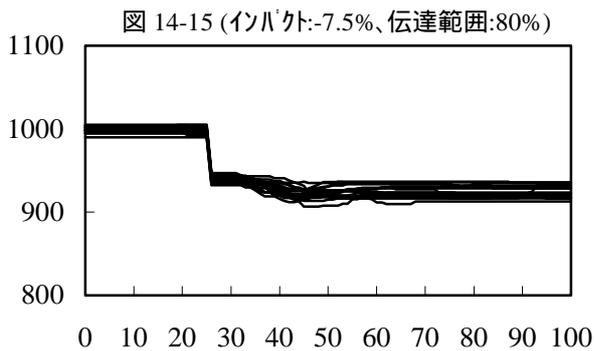
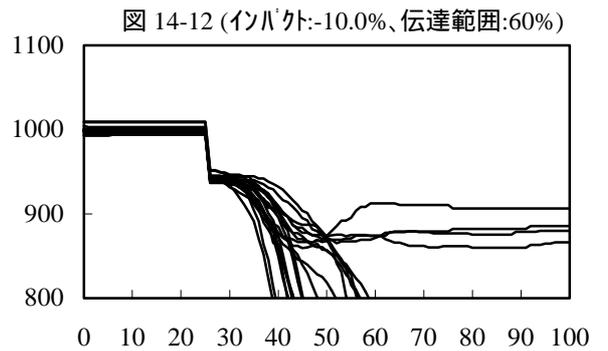
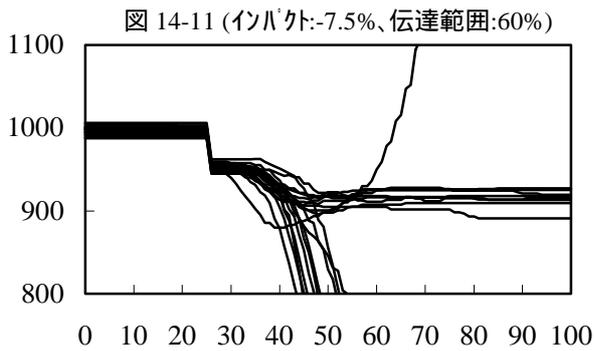
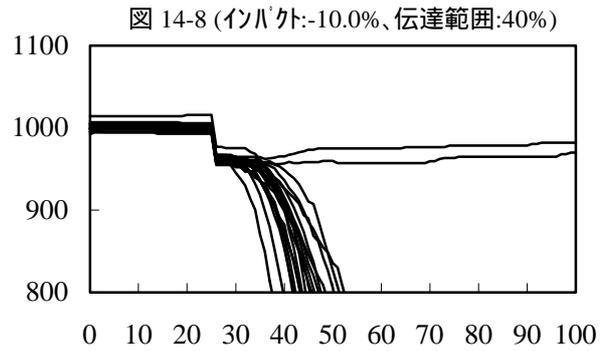
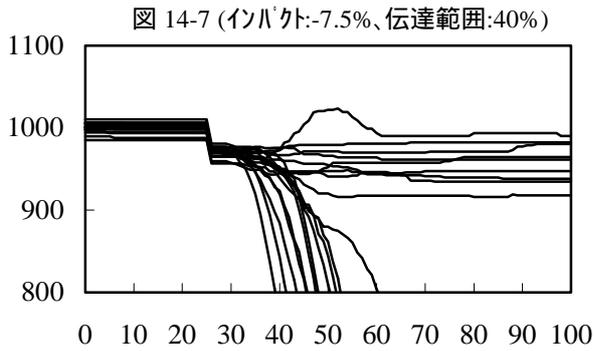
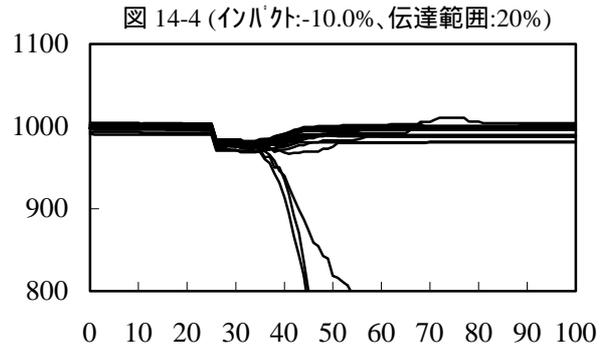
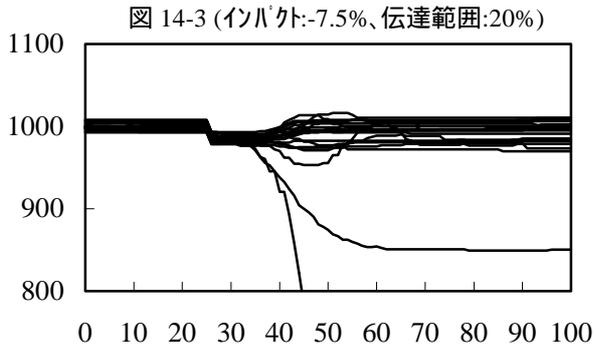


図15 オーバーシュート率の推移
 (期待値へのフィードバック、含むモメンタム・トレーダー)

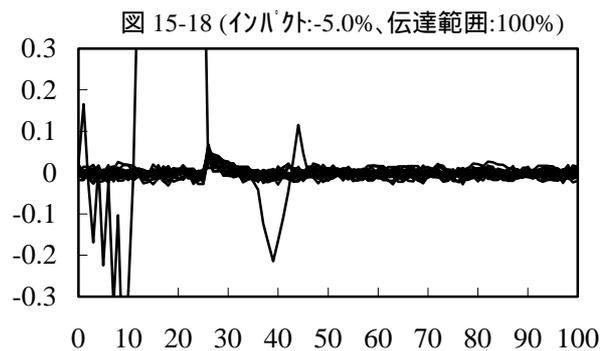
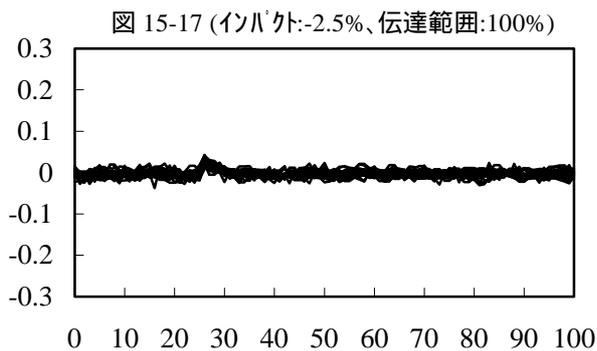
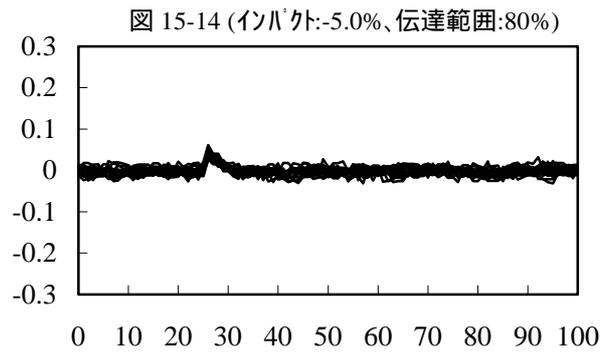
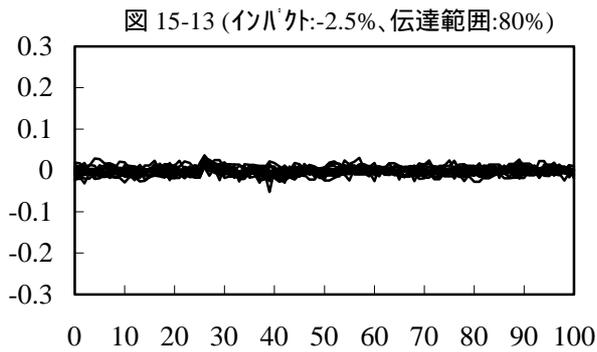
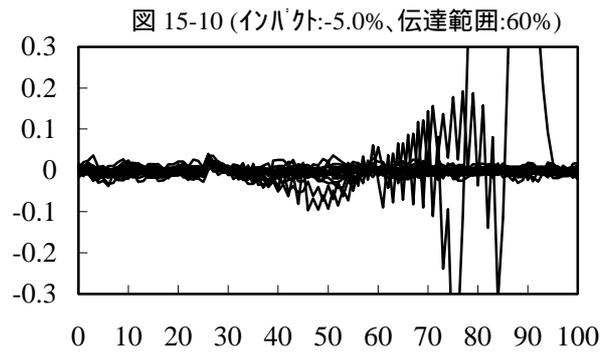
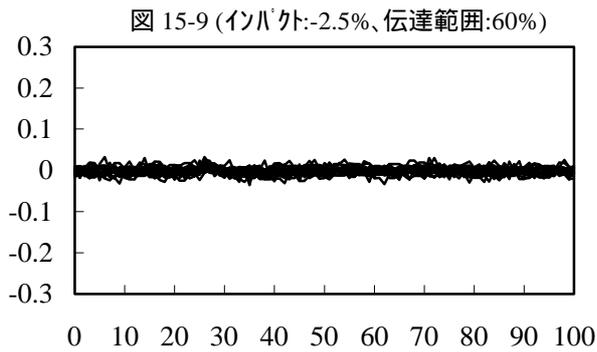
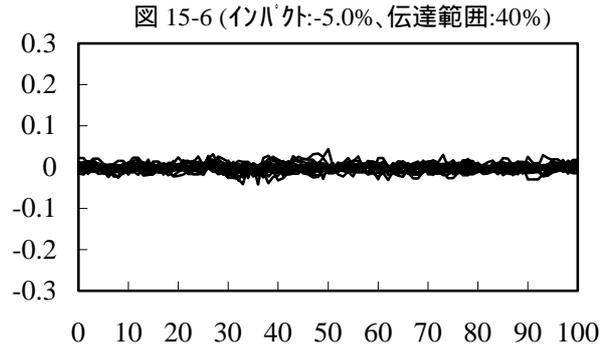
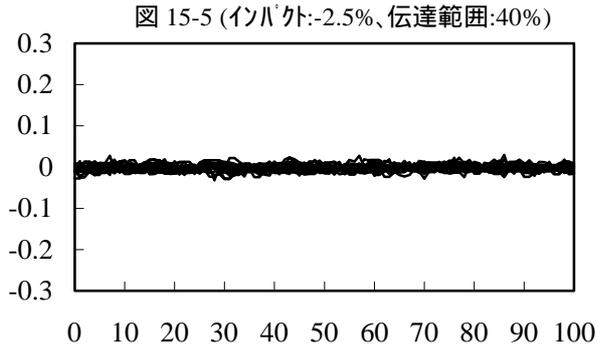
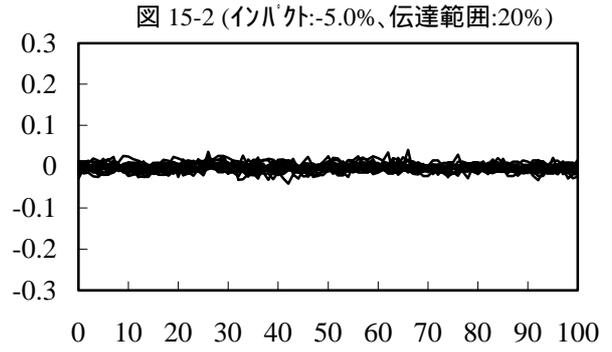
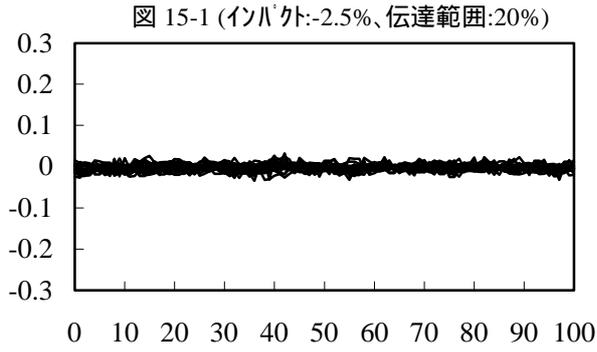


図 15 オーバースhoot率の推移 (続き)

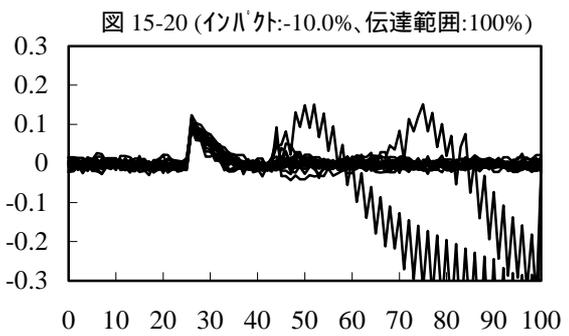
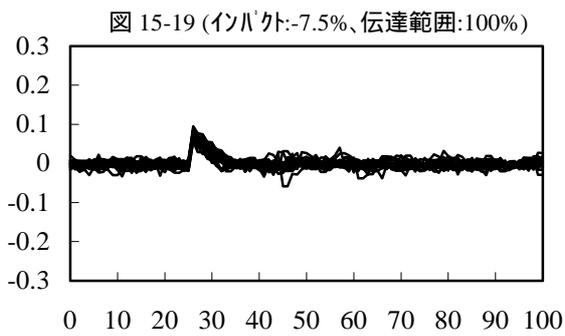
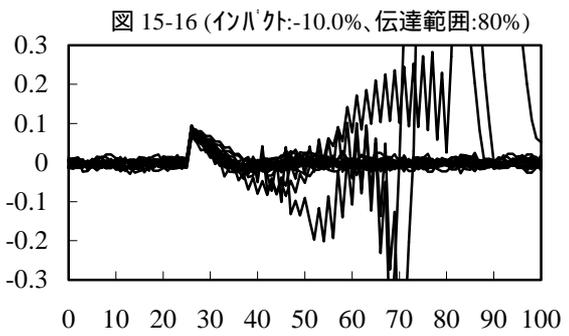
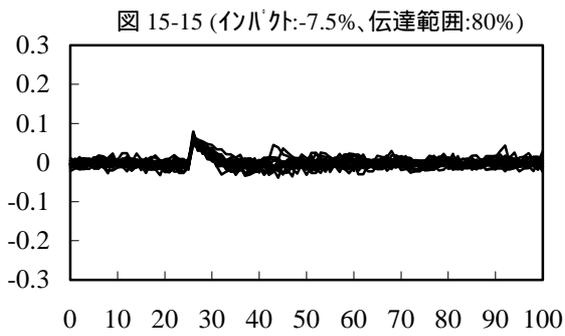
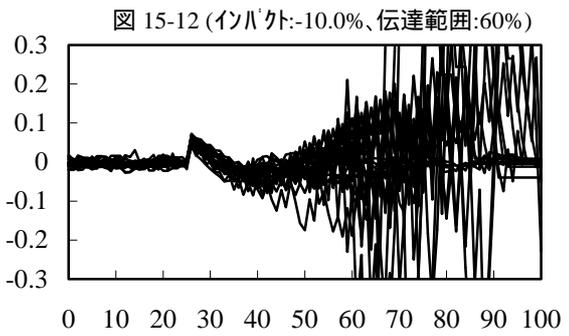
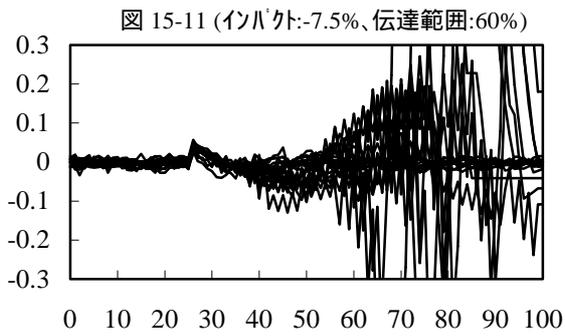
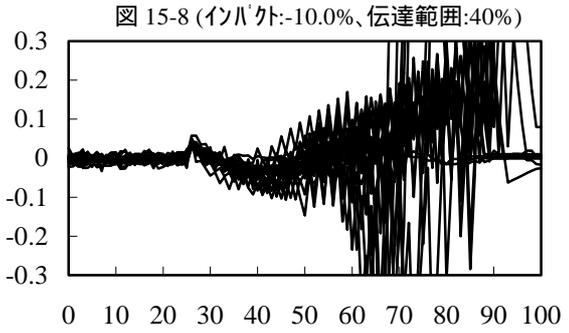
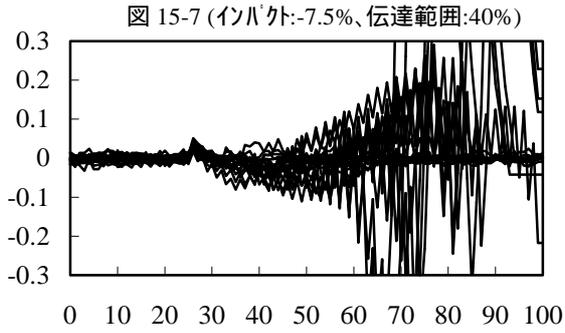
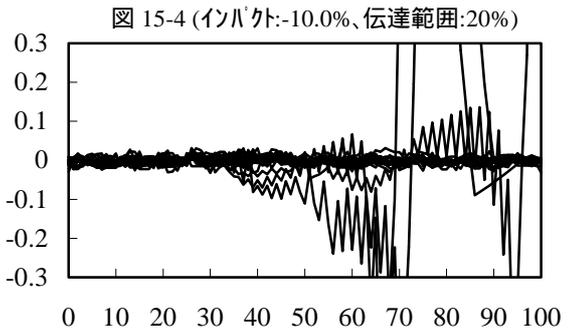
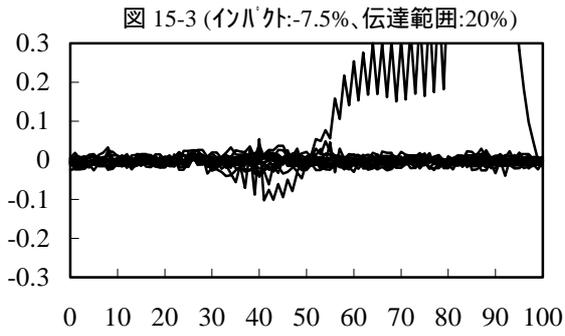
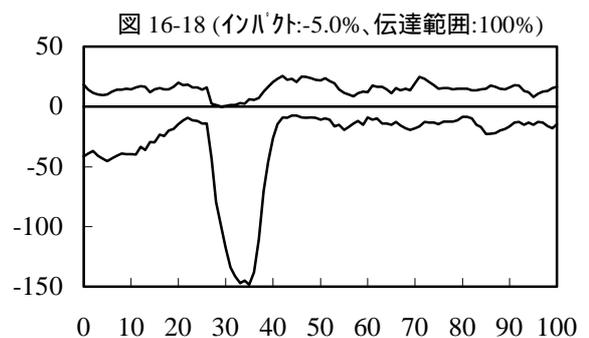
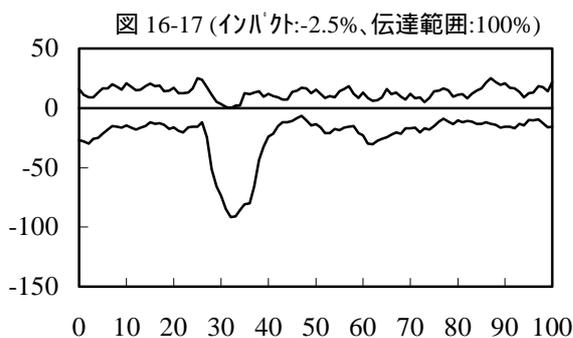
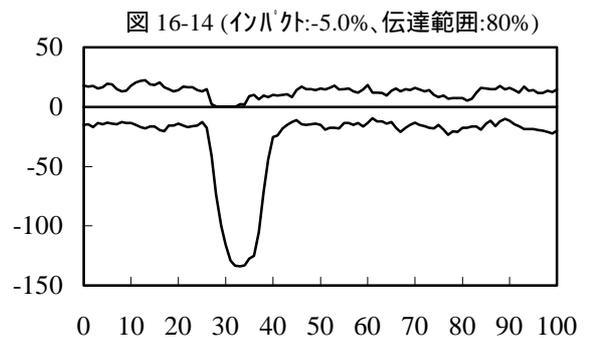
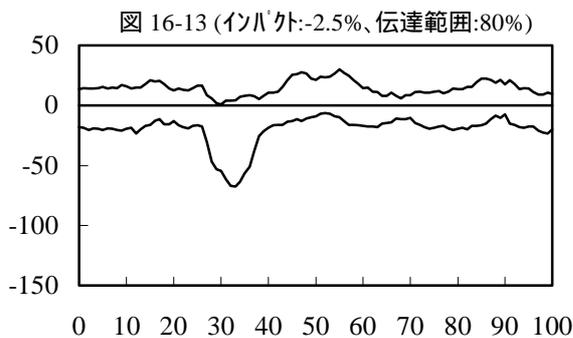
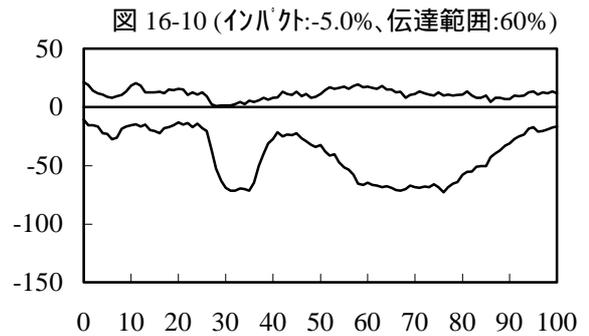
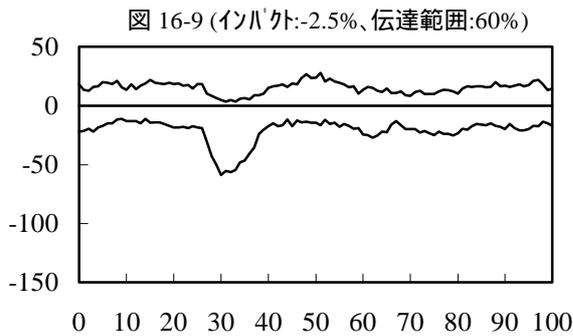
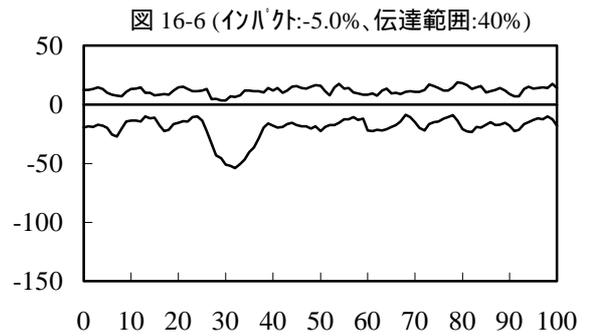
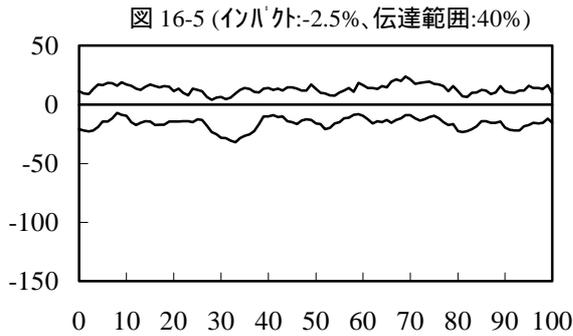
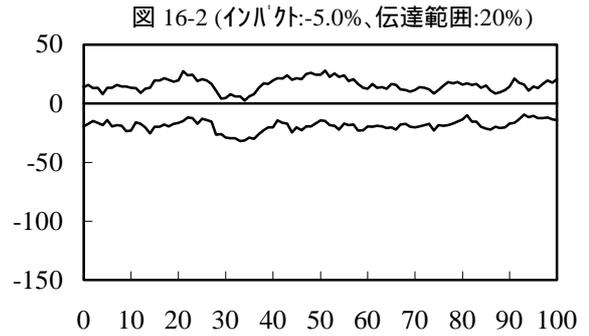
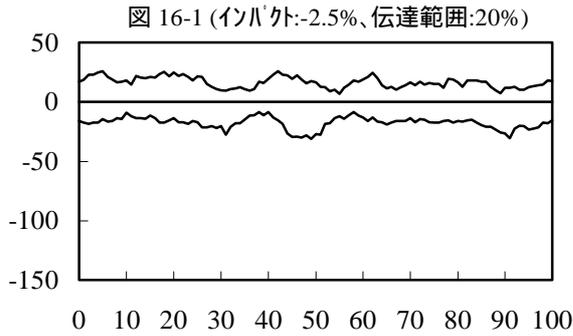
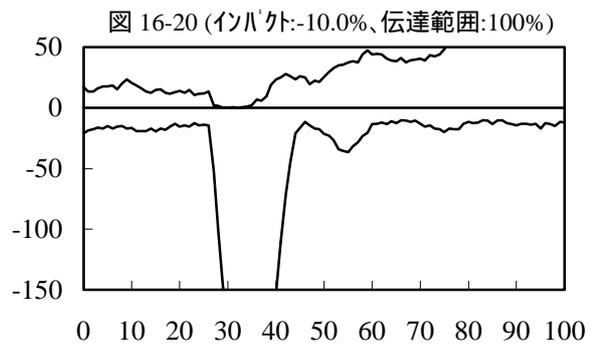
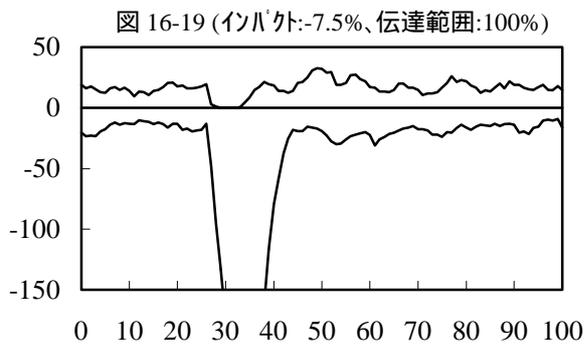
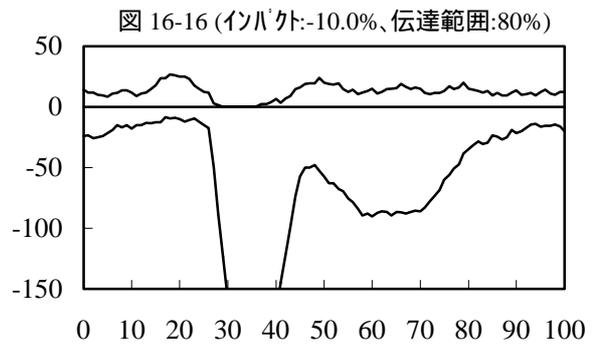
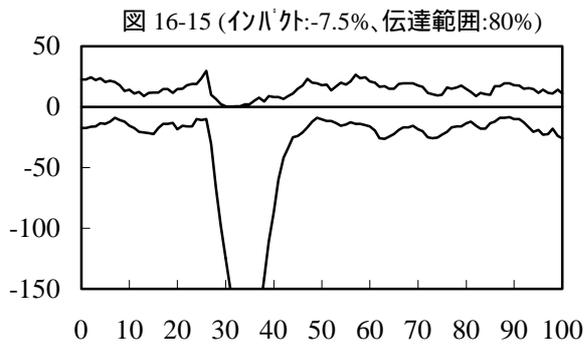
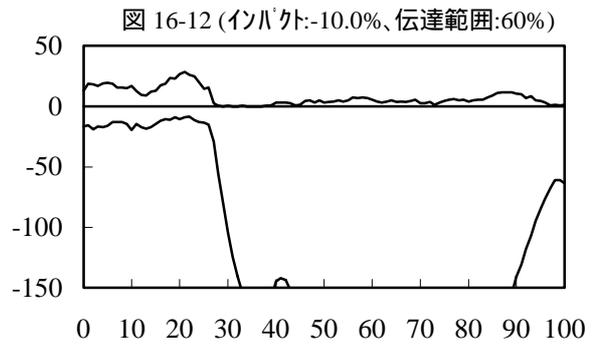
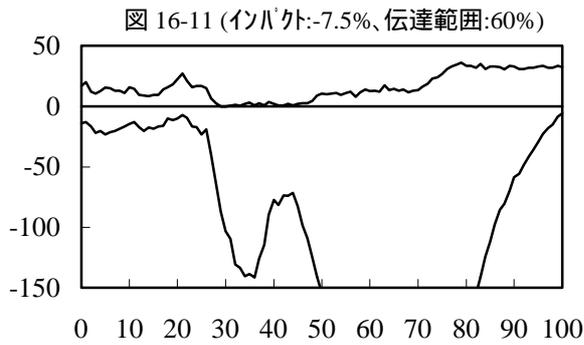
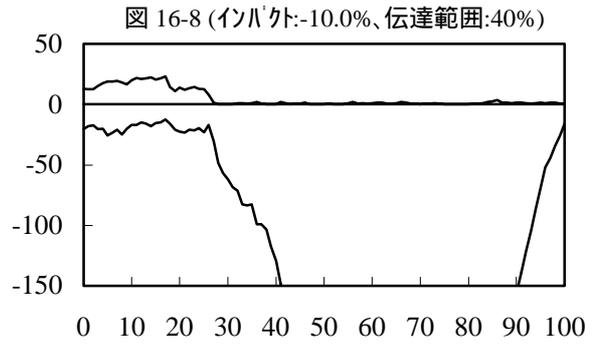
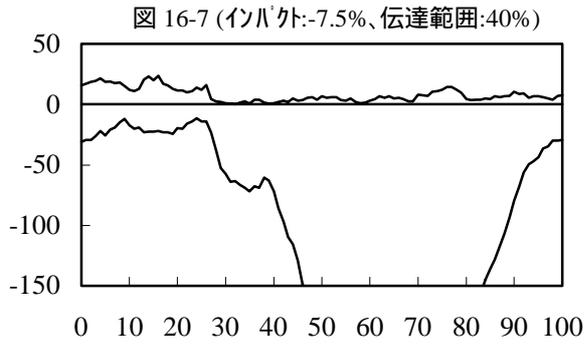
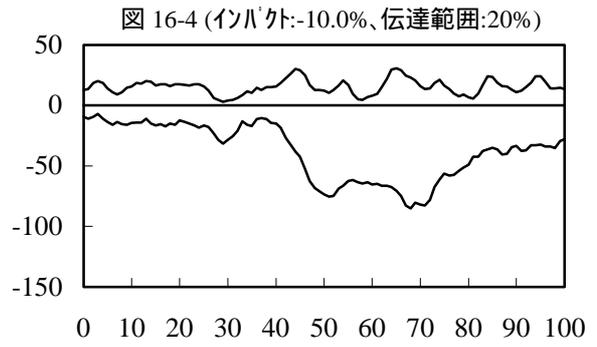
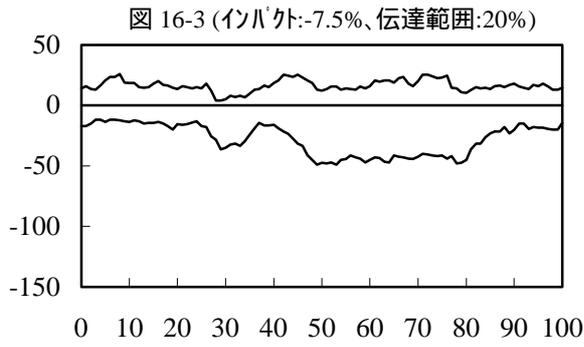


図 16 オーダー・インバランスの推移*
 (期待値へのフィードバック、含むモメンタム・トレーダー)



* : 縦軸上のプラス・サイドにプロットされているのが買い注文量、マイナス・サイドにプロットされているのが売り注文量。

図 16 オーダー・インバランスの推移 (続き) *



* : 縦軸上のプラス・サイドにプロットされているのが買い注文量、マイナス・サイドにプロットされているのが売り注文量。

図 17 市場価格の推移

(期待値へのフィードバック、含むモメンタム・トレーダー、取引停止発動)

図 17-1 (取引停止なし)

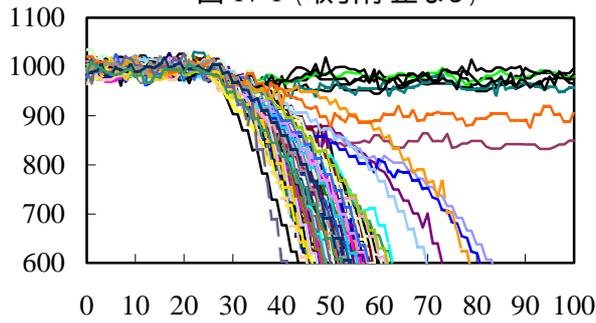


図 17-2

(停止レベル: 900円、停止期間: 5期)

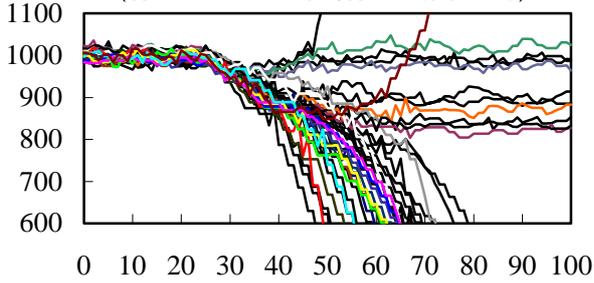


図 17-3

(停止レベル: 900円、停止期間: 10期)

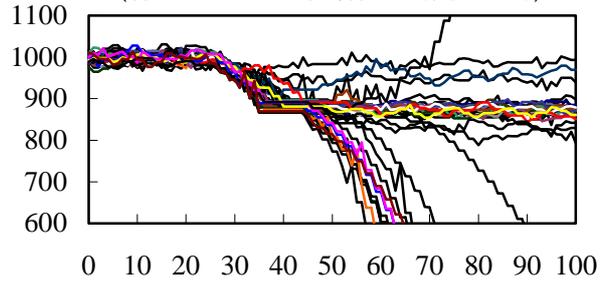


図 17-4

(停止レベル: 900円、停止期間: 15期)

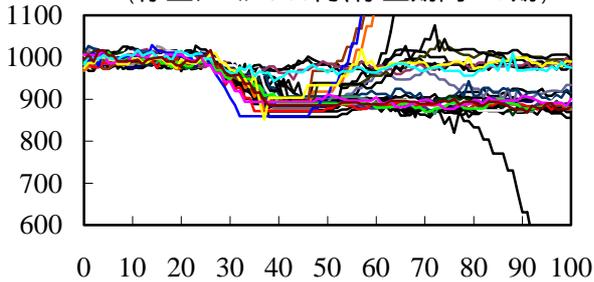


Figure 17-5

(停止レベル: 900円、停止期間: 20期)

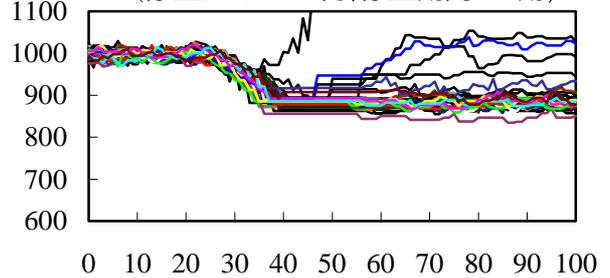


図 17-6

(停止レベル: 800円、停止期間: 5期)

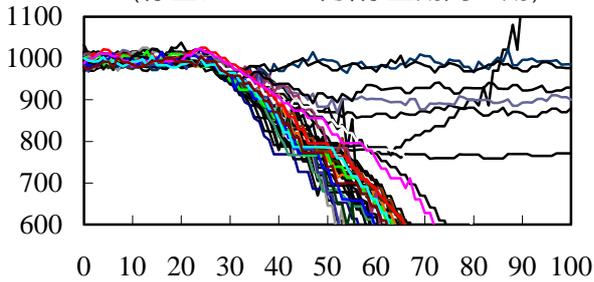


図 17-7

(停止レベル: 800円、停止期間: 10期)

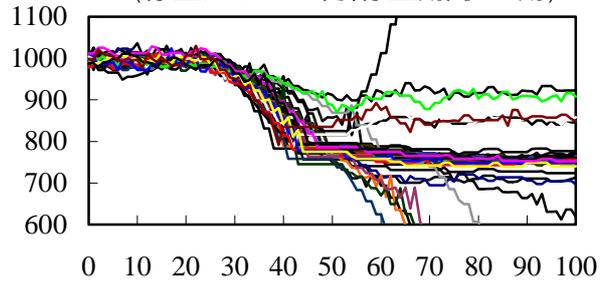


図 17-8

(停止レベル: 800円、停止期間: 15期)

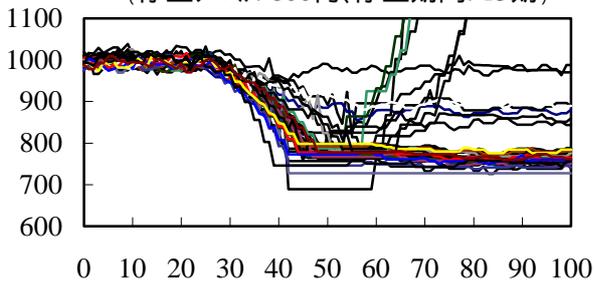


図 17-9

(停止レベル: 800円、停止期間: 20期)

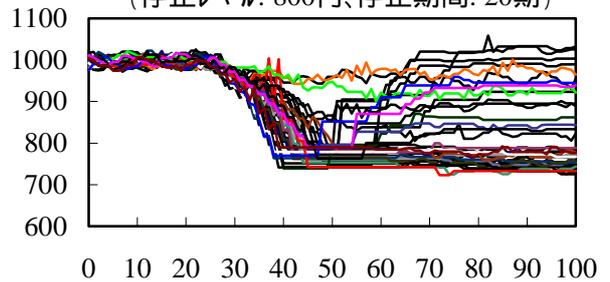


図 18 トレーダーたちの期待値の平均の推移
 (期待値へのフィードバック、含むモメンタム・トレーダー、取引停止発動)

図 18-1 (取引停止なし)

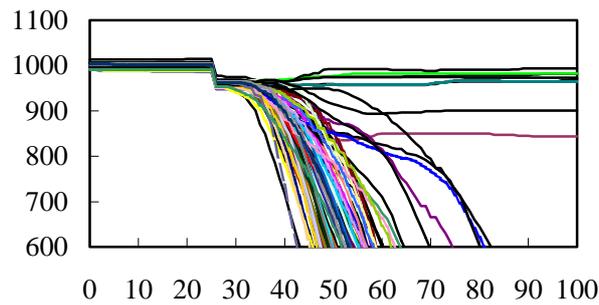


図 18-2

(停止レベル: 900円、停止期間: 5期)

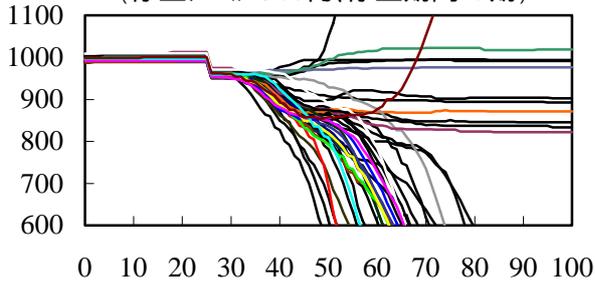


図 18-3

(停止レベル: 900円、停止期間: 10期)

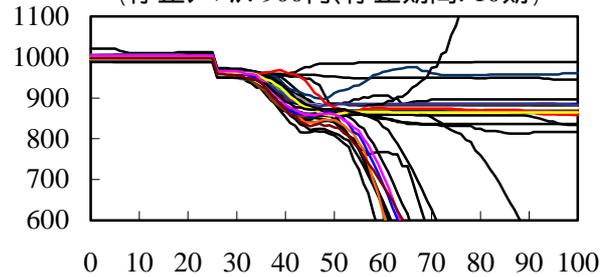


図 18-4

(停止レベル: 900円、停止期間: 15期)

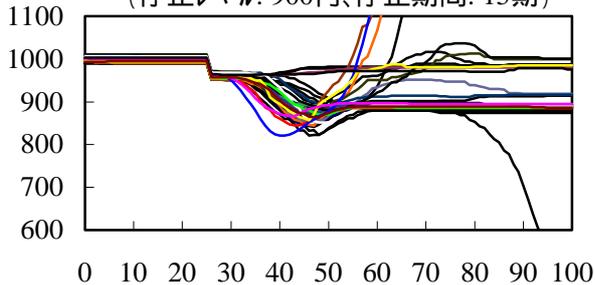


図 18-5

(停止レベル: 900円、停止期間: 20期)

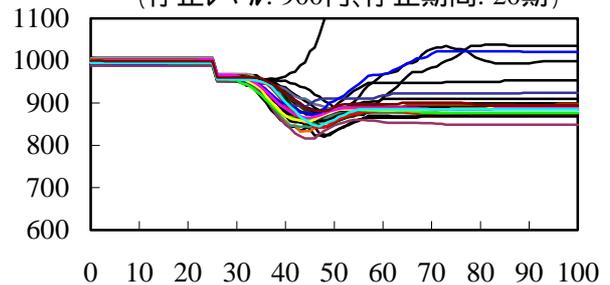


図 18-6

(停止レベル: 800円、停止期間: 5期)

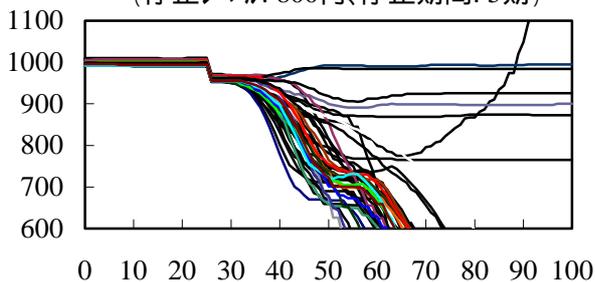


図 18-7

(停止レベル: 800円、停止期間: 10期)

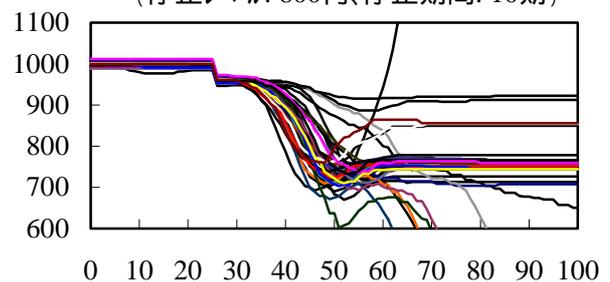


図 18-8

(停止レベル: 800円、停止期間: 15期)

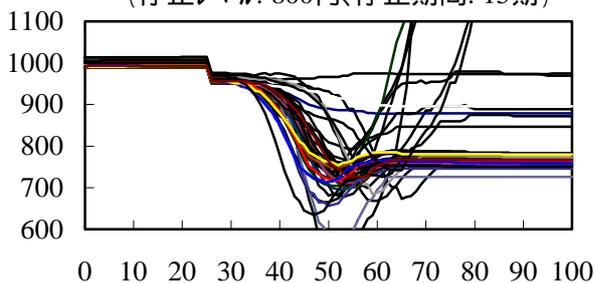


図 18-9

(停止レベル: 800円、停止期間: 20期)

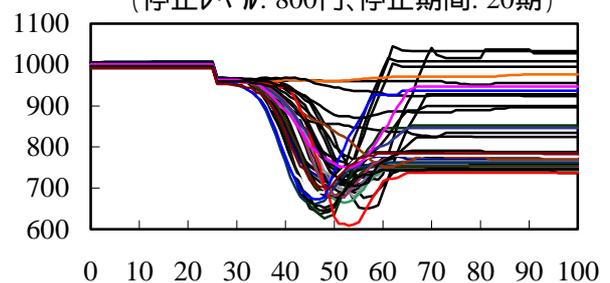


図 19 オーバーシュート率の推移
 (期待値へのフィードバック、含むモメンタム・トレーダー、取引停止措置)

図 19-1 (取引停止なし)

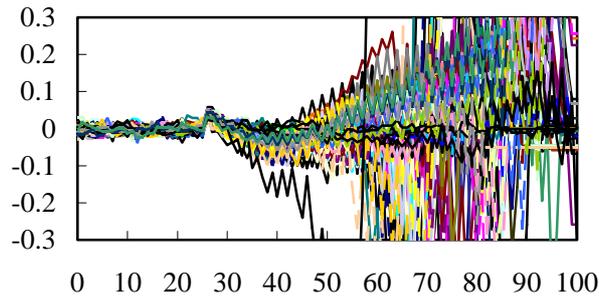


図 19-2
 (停止レベル: 900円、停止期間: 5期)

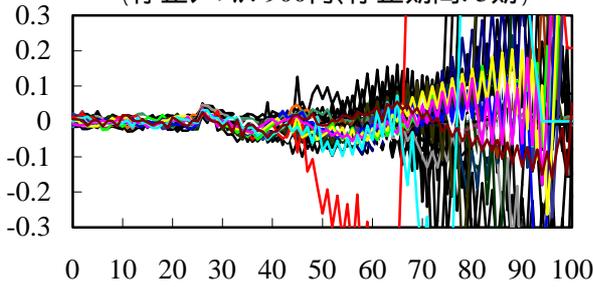


図 19-3
 (停止レベル: 900円、停止期間: 10期)

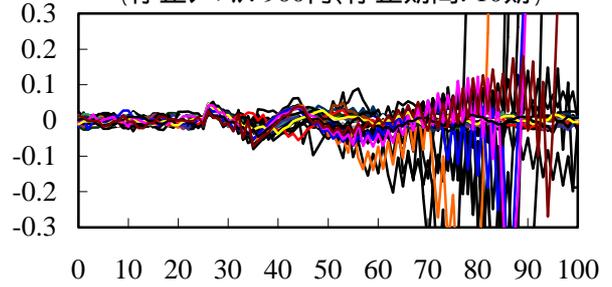


図 19-4
 (停止レベル: 900円、停止期間: 15期)

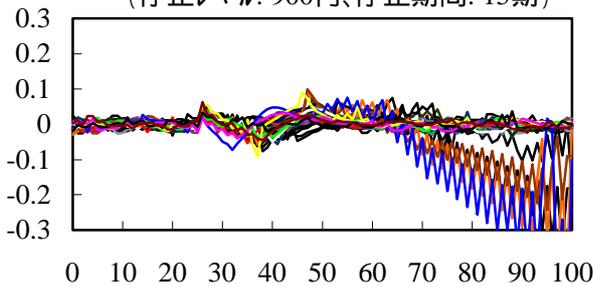


図 19-5
 (停止レベル: 900円、停止期間: 20期)

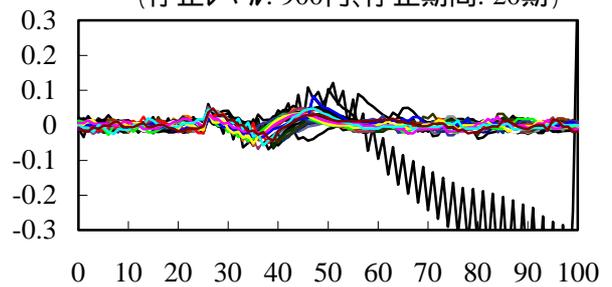


図 19-6
 (停止レベル: 800円、停止期間: 5期)

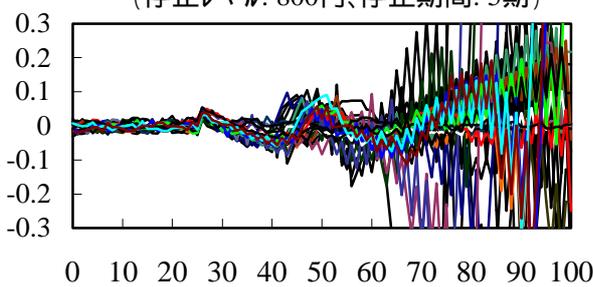


図 19-7
 (停止レベル: 800円、停止期間: 10期)

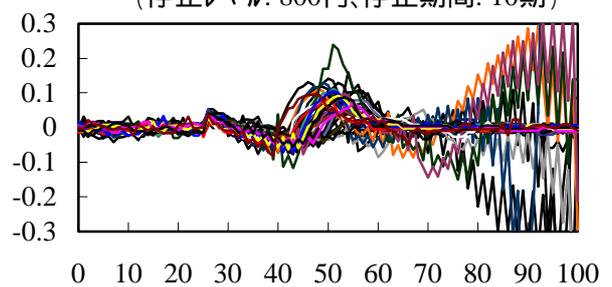


図 19-8
 (停止レベル: 800円、停止期間: 15期)

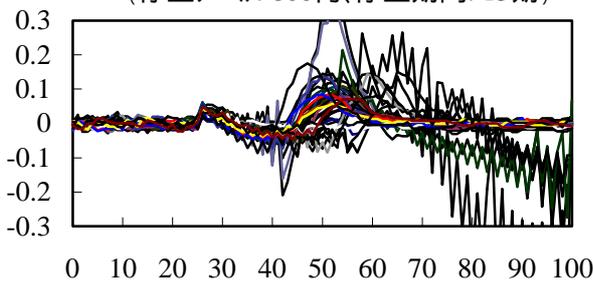


図 19-9
 (停止レベル: 800円、停止期間: 20期)

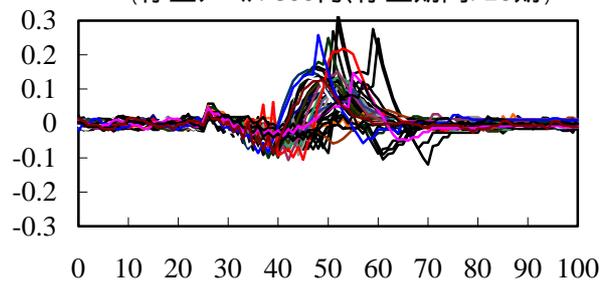
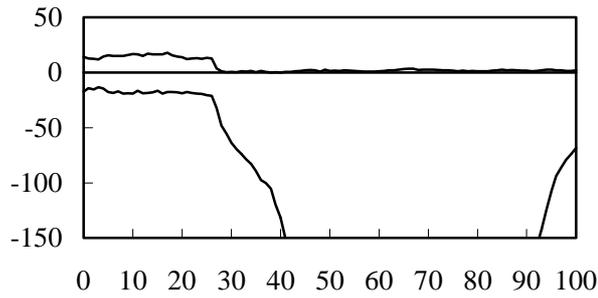


図 20 オーダー・インバランスの推移*

(期待値へのフィードバック、含むモメンタム・トレーダー、取引停止措置)

図 20-1 (取引停止なし)



* : 縦軸上のプラス・サイドにプロットされているのが買い注文量、マイナス・サイドにプロットされているのが売り注文量。

図 20-2

(停止レベル: 900円、停止期間: 5期)

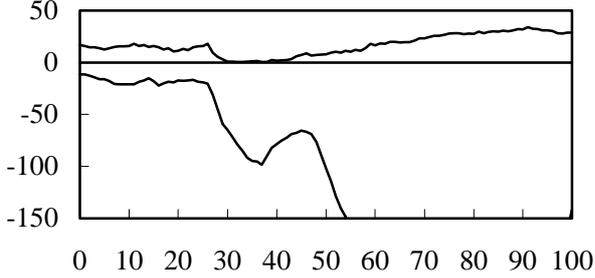


図 20-3

(停止レベル: 900円、停止期間: 10期)

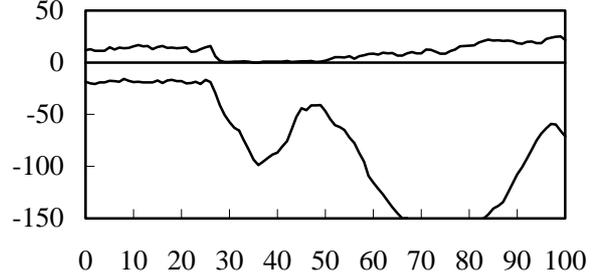


図 20-4

(停止レベル: 900円、停止期間: 15期)

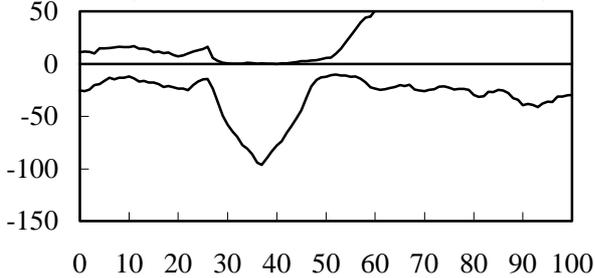


図 20-5

(停止レベル: 900円、停止期間: 20期)

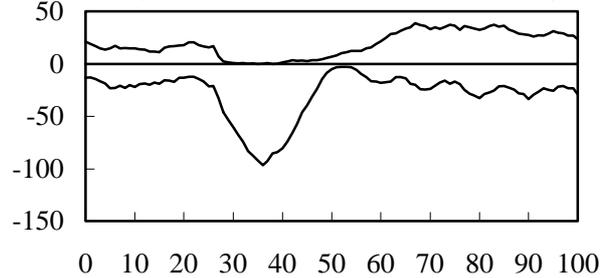


図 20-6

(停止レベル: 800円、停止期間: 5期)

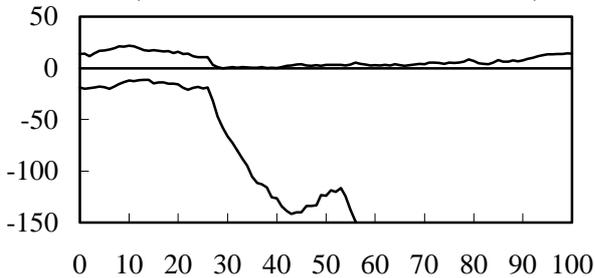


図 20-7

(停止レベル: 800円、停止期間: 10期)

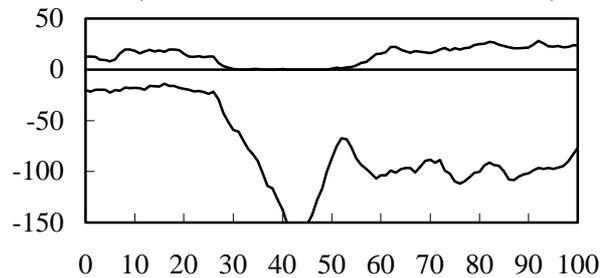


図 20-8

(停止レベル: 800円、停止期間: 15期)

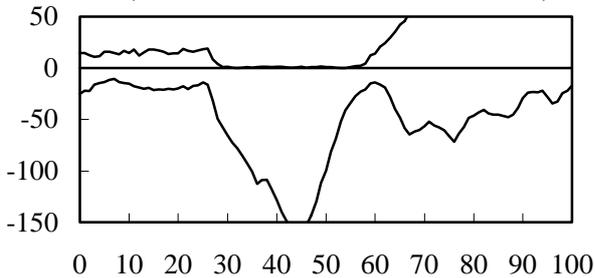


図 20-9

(停止レベル: 800円、停止期間: 20期)

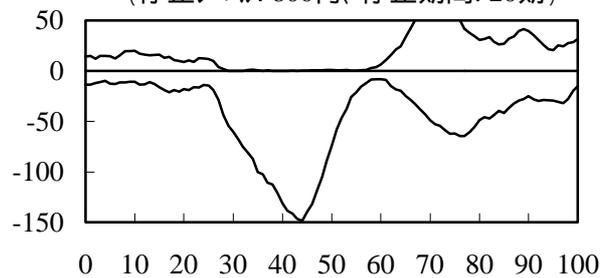
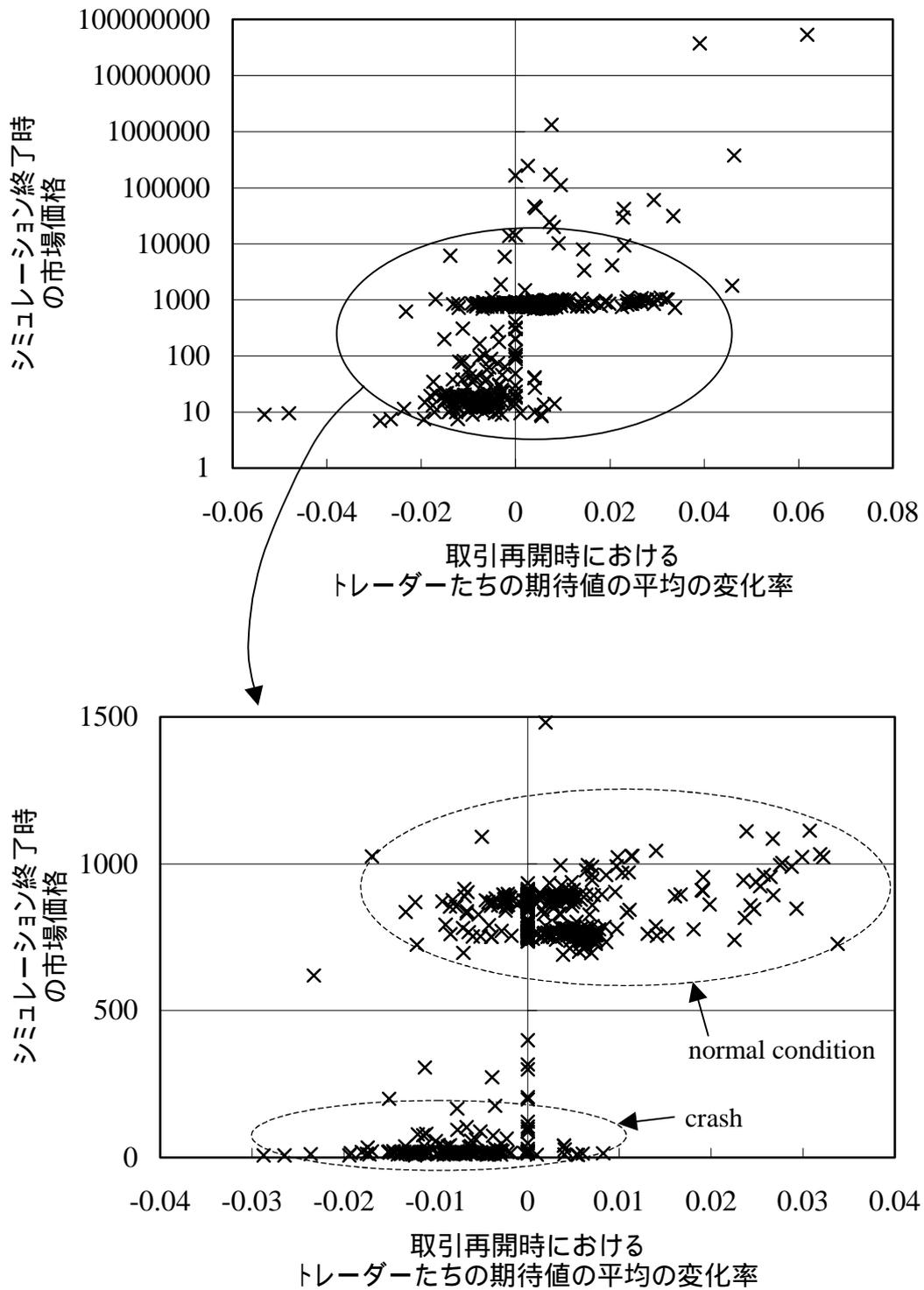


図 21 取引再開時におけるトレーダーたちの期待値の平均の変化率
と取引再開後の市場挙動の関係



シミュレーションに用いたモデル

我々は、市場流動性の決定メカニズムを例証し、定量的分析の可能性を探る分析ツールとして、モンテカルロ・シミュレーションを採用する。マーケット・マイクロストラクチャー・セオリーの分野においては、市場参加者のミクロ・レベルでの取引行動を定式化し、それらが集約された結果としての市場の挙動が分析対象となる。解析的なアプローチを採用した場合、解が得られるのは、現実の市場と比較して極めてシンプルな設定に限られてしまうことが多い。ファイナンス理論の世界で急速な発展を遂げたモンテカルロ・シミュレーションを用いることにより、複雑な意思決定関数や制約条件を持つトレーダーたちをモデルに取り込んだうえで、市場の挙動パターンを分析することが可能となる。

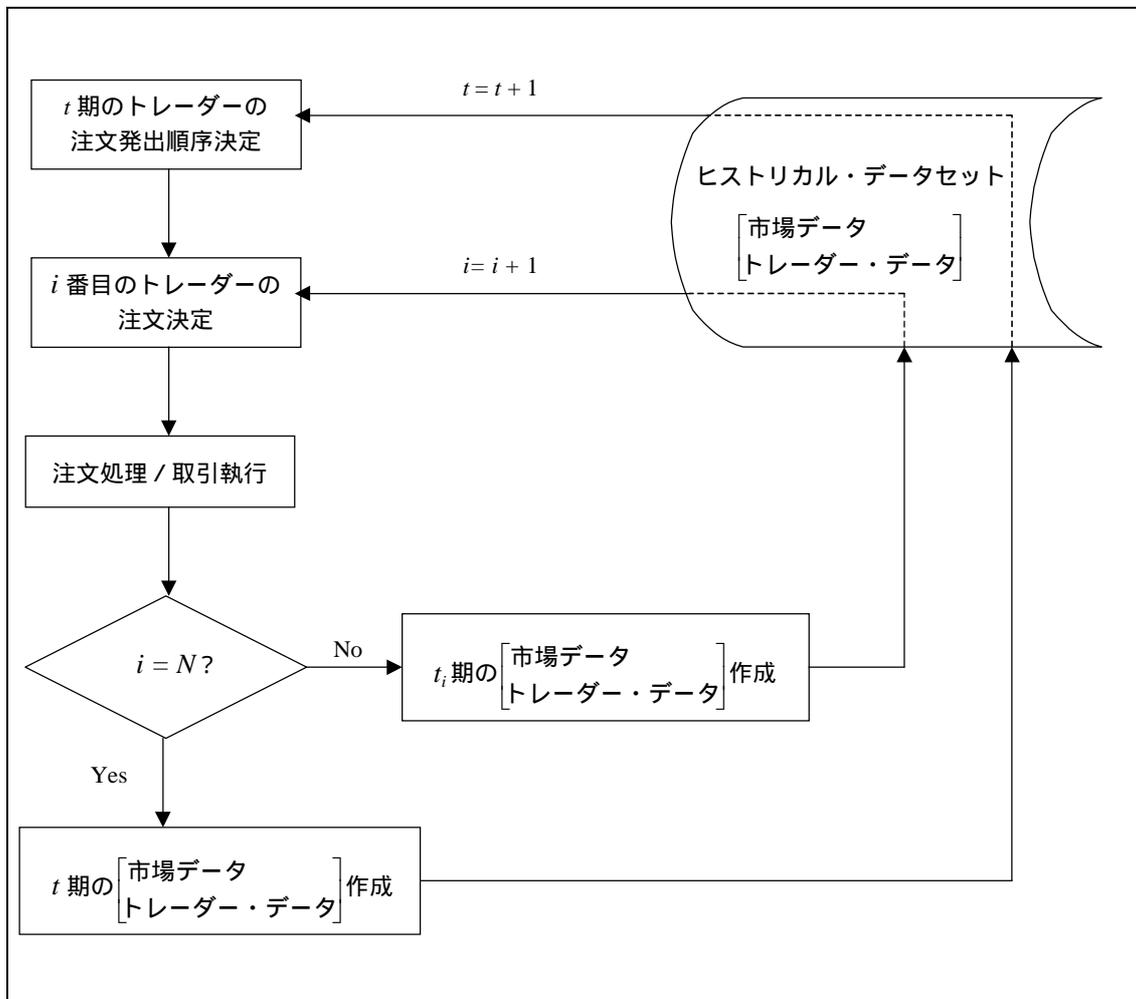
モデルは、大きく分けて2つのパートで構成されている。ひとつは、個々のトレーダーの意思決定および注文発出をモデル化した部分（ミクロ・ステージ）であり、もうひとつは、取引執行システムにおける注文フローの集約をモデル化した部分（マクロ・ステージ）である。モデルでパラメータとして取り込むものは、市場参加者が独自に持つ 資産価格の期待値、 資産価格の期待値に関するコンフィデンス、 リスク回避度、 マクロ・ステージから得られるフィードバック情報に対する反応度などである。これらのパラメータおよび市場情報を基に、トレーダーたちは各取引毎のリターンとコスト（リスク）を比較の上、ネット便益を最大化する取引を選択し、これがリスク回避度の許す範囲であれば、注文を出すという行動をとる。なお、取引行動に影響を及ぼす要素のうち、取引手数料はゼロとみなしている。また、マクロ・ステージについては、東証と同様の連続競争売買型の取引執行システムをモデル化する¹¹。

¹¹ 取引執行システムのモデル化にあたっては、マーケット・メーカー・システムを始め多様なモデル化が考えられるほか、1つの商品について複数の執行システムが存在する市場をモデル化することも考えられる。ただし、本稿では、マーケット・マイクロストラクチャーが個々のトレーダーたちの意思決定に及ぼす影響、すなわちミクロ・ステージに焦点

A 1 - 1 . シミュレーションの流れ

シミュレーションの流れについて概要を示したのが、図 A1-1 である。N 人のトレーダーで構成される東証型の連続競争売買市場において、M 期のシミュレーションを行うものとする。t 期 ($t = 1, 2, \dots, M$) において、N 人のトレーダー全員が 1 度ずつ注文を出すことができる。注文を出す順序は期初に乱数で決定され、各トレーダーの注文は価格優先・時間優先原則に基づいて処理される。

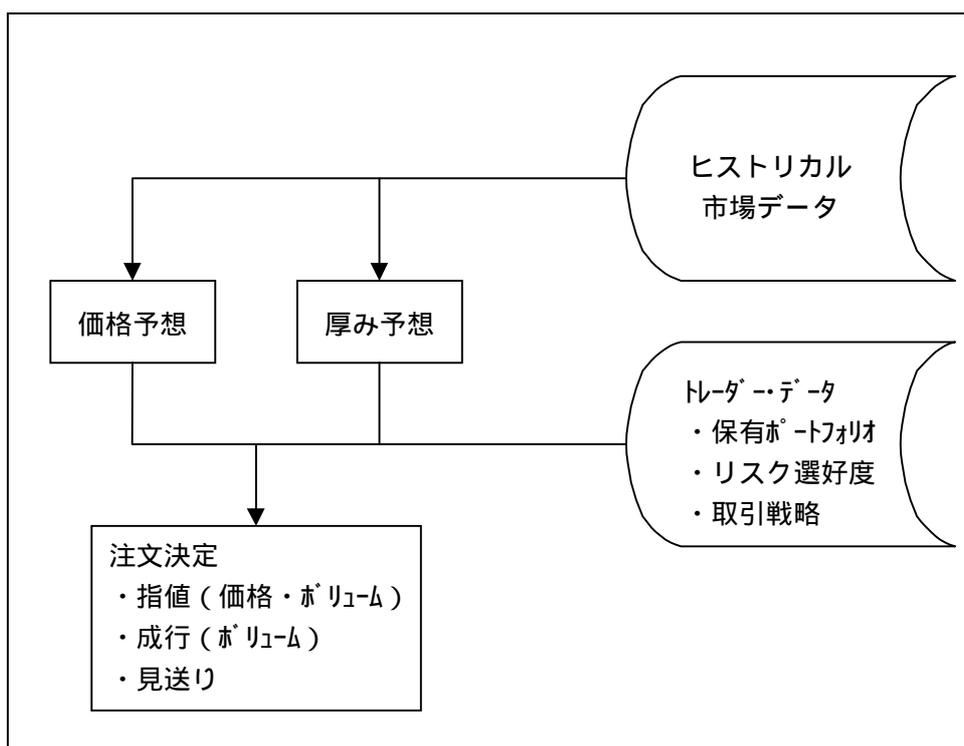
図 A1-1 シミュレーションの流れ



を当てているため、執行システムについて多様なモデル化は試みない。

図 A1-1 におけるトレーダーの注文決定プロセスをやや詳しく示したのが、図 A1-2 である。トレーダーは、ヒストリカル・データ（価格、板、気配等）を基に、将来の市場価格および市場流動性（厚み）に関する予測を行い、自身のポートフォリオ構成やリスク選好度を勘案したうえで、注文に関する意思決定（注文する / しない、指値 / 成行、注文量、指値の場合の注文価格）を行う。トレーダーたちは資産の真の価格について情報を持たないので、外生的なショック¹²を加える場合を除き、市場の挙動は全て内生的なものと言える。

図 A1-2 トレーダーの注文決定



¹² シミュレーションにおける外生的ショックの与え方としては、各トレーダーが市場情報に基づき予想している将来の市場価格や市場の厚みに関し、何らかのシグナルを与える方法等が考えられる。

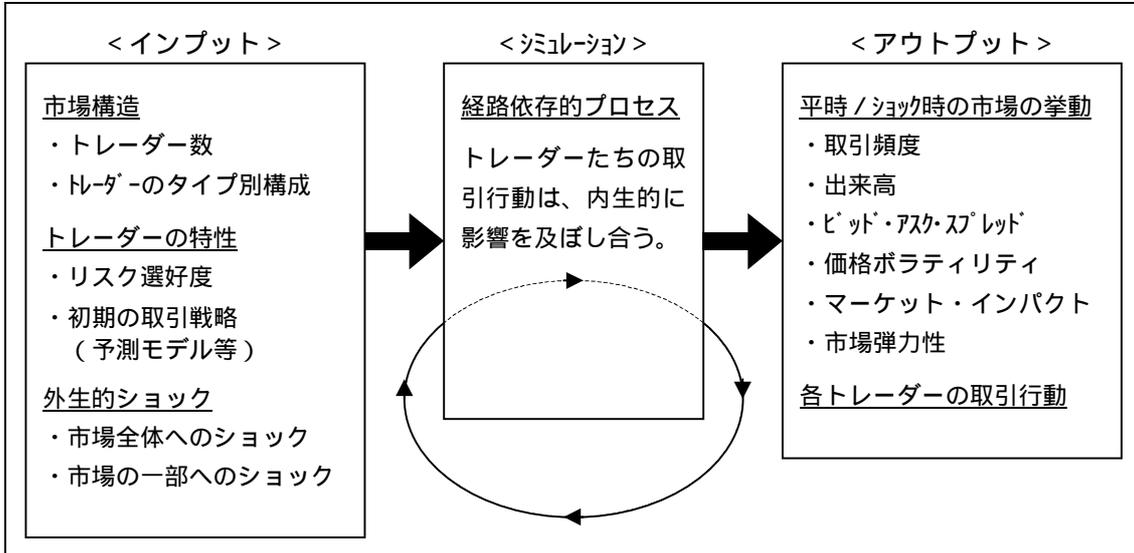
蓄積されていく市場データのフォーマットは図 A1-3 である。 t 期において i 番目のトレーダーが注文を出し、取引執行システムで処理された後、アウトプットとして出される市場データは、 N 行 8 列の行列である。1~4 列には、今回 ($=t_i$ 期) 約定された指値ないし成行注文のトレーダー番号、出来値、出来高、注文時点が入り、5~8 列には、執行されずに残っている指値注文、いわゆる「板」のトレーダー番号、売り/買い呼び値、注文量、注文時点が価格順 (高 低)、時点順 (先 後) に入る。

図 A1-3 t_i 期の市場データ (板情報)

	列 1	列 2	列 3	列 4	列 5	列 6	列 7	列 8
行 1	トレーダー 番号	出来値	出来高	注文 時点	トレーダー 番号	売り 指値	同 ボリューム	注文 時点
行 2
.
.
.	トレーダー 番号	買い 指値	同 ボリューム	注文 時点
.
.
.

シミュレーションのインプット (初期設定) およびアウトプット (得られる結果) は、図 A1-4 のように整理できる。

図 A1-4 シミュレーションの入出力



A 1 - 2 . トレーダーの意思決定モデル

本稿でシミュレーションに用いたモデルは、東証になって、連続競争売買方式の執行システムを採用している。そこでは、流動性供給義務を負った取引主体は存在せず、市場の流動性は市場参加者からの取引注文によってのみ供給される。市場で取引するトレーダーたちのタイプとしては、主観的なファンダメンタル・バリューを基に指値注文を出す「バリュー・トレーダー」と短期的なトレンドに沿って成行注文を出す「モメンタム・トレーダー」の2通りを用意した¹³。前者は、ファンダメンタルズに関する市場以外からの情報や中心回帰

¹³ 本稿では、市場の変動に反応するトレーダーのうち、最もシンプルな2種類を採用した。現実には、これら2つのタイプ以外に、オプション・ポジションのデルタ・ヘッジを行う「ガンマ・トレーダー」や市場変動とは全く無関係な取引動機を有する「流動性トレーダー(ノイズ・トレーダー)」など、さまざまなタイプの取引戦略が存在し得る。また、こうした2種類のトレーダーの設定は、現実のトレーダーが必ずいずれかのタイプに明確に二分されることを意味しない。現実には、おそらく、ひとりのトレーダーの中にバリュー・トレーダーの要素とモメンタム・トレーダーの要素が併存していると考えられるべきだろう。

性など長期的な予測に基づき主観的なファンダメンタル・バリューを持っており、市場価格とファンダメンタル・バリューの乖離幅に応じて指値注文を出す。一方、後者は、短期的な市場価格のトレンドに則して成行注文を出す¹⁴。結果として、価格が上昇傾向にあるときは買い上がり、下落傾向にあるときは売り下がろうとする。以下では、まず、両方のトレーダーに共通する短期的な価格予想モデルについて説明した後、バリュー・トレーダーおよびモメンタム・トレーダーの取引行動パターンについて説明する。

(1) トレーダーの短期的価格予想

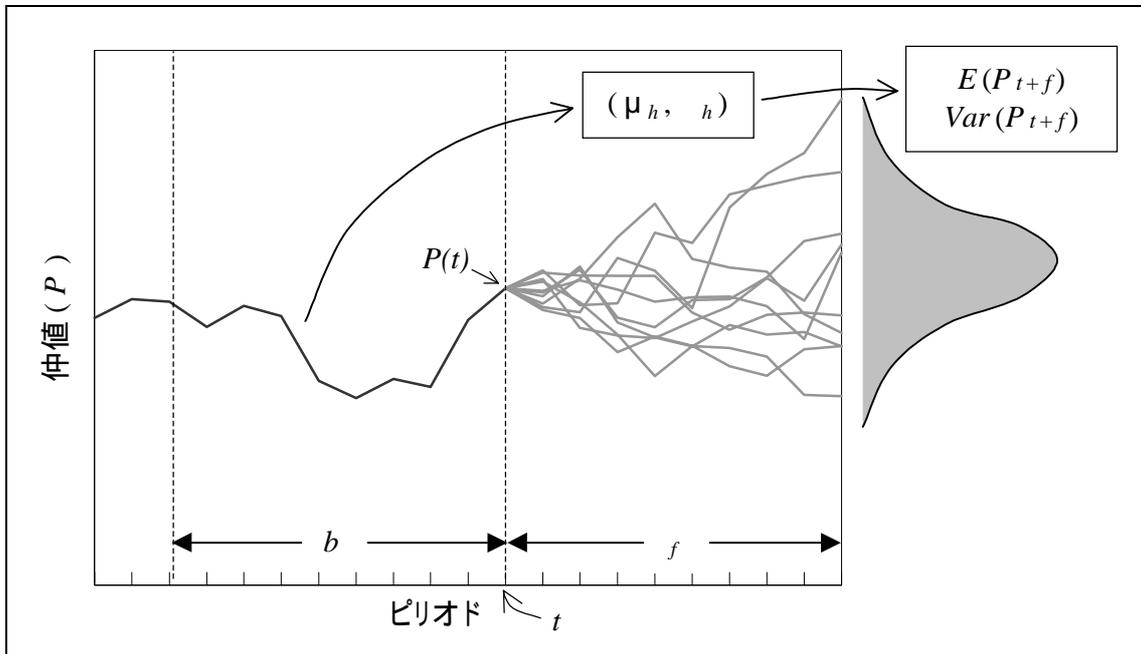
トレーダーは、取引注文を決定するにあたり、ヒストリカルな市場データを基に将来の市場価格について短期的な予想を行う¹⁵。最も単純なパターンを想定したのが下の図 A1-5 である。トレーダーは t 期において、直前 b 期間の仲値(ビッドとアスクの平均値)の変動を観察し、市場価格のトレンド (μ_h) およびボラティリティ (σ_h) を計測し、それらのデータを基に次の取引機会である f 期先の市場価格の期待値 $E(P_{t+f})$ と分散 $Var(P_{t+f})$ を予想する¹⁶。

¹⁴ シミュレーションにおいて、各トレーダーが出す取引注文のサイズは一定としている。

¹⁵ ここでいう「短期」とは、トレーダーが市場にアクセスし取引発注に関する意思決定を行う間隔を意味している。

¹⁶ 我々のモデルでは、上述のようなヒストリカルな価格情報のみを参照する最も単純なパターンのほか、ボリューム情報も勘案するトレーダーも設定し得る。こうした設定における分析結果については、Muranaga and Shimizu [1999a]を参照。

図 A1-5 トレーダーの価格予想



(2) バリューストレーダーの取引行動

バリューストレーダーは、上記の短期的予想価格とは別に、資産のファンダメンタル・バリューについて主観的な期待値 V を持っている。各トレーダーの資産価格の期待値は、集約すると標準偏差 σ_v の対数正規分布になるものと仮定する。資産価格の期待値は、各トレーダーが独自に形成した期待価格であり、必ずしも当該資産の真の価値を意味するものではない。バリューストレーダーは、自分が有する期待値 V と、(1) で示された短期的な市場価格 P_{t+f} の期待分布に基づいて注文を決定する。まず、売り指値注文および買い指値注文を出す際の注文価格（売り： P_{ask} 、買い： P_{bid} ）は、注文が次の注文発出機会までの間 ($t \sim t+f$) に執行される確率とその際の利益率を乗じた期待収益率 $E(R | P_{ask})$ 、 $E(R | P_{bid})$ を最大化するよう設定される。

売り指値注文 Maximize $E(R | P_{ask}) = \Pr(P_{t+f} \geq P_{ask}) \cdot (P_{ask} - V)$

買い指値注文 Maximize $E(R | P_{bid}) = \Pr(P_{t+f} \leq P_{bid}) \cdot (V - P_{bid})$

また、バリュー・トレーダーは、市場参加者全員の期待値を集約した分布の標準偏差 (σ_v) を予想する。この予想値を γ とすると、 γ の大きさは、トレーダーが予想する市場参加者全員の期待値の分布の大きさ、すなわち、トレーダー自身の資産価格予想が外れるリスクの大きさを表している¹⁷。バリュー・トレーダーは、このリスク対比でみた期待収益率が十分大きい場合に、売り注文と買い注文のうち期待収益率が大きい方の注文を出す。

$$E(R|P_{ask}) > E(R|P_{bid}) \text{ かつ } \frac{E(R|P_{ask})}{\gamma} > A \quad \text{売り指値注文 (} P_{ask} \text{)}$$

$$E(R|P_{ask}) < E(R|P_{bid}) \text{ かつ } \frac{E(R|P_{bid})}{\gamma} > A \quad \text{買い指値注文 (} P_{bid} \text{)}$$

このとき、 A はトレーダーのリスク回避度を反映しており、正の定数である。

(3) モメンタム・トレーダーの取引行動

モメンタム・トレーダーは、市場価格の水準そのものには無関心であり、市場価格のトレンドおよびボラティリティに基づき取引を行う。モメンタム・トレーダーの注文は、以下の式で表される。

$$\mu_h / \sigma_h < -B \quad \text{売り成行注文}$$

$$\mu_h / \sigma_h > B \quad \text{買い成行注文}$$

このとき、 μ_h および σ_h は上述の市場価格 (仲値) のトレンドとボラティリティである。また、 B は正の定数であり、トレーダーのリスク回避度を反映して決定される。

¹⁷ $1/\gamma$ は、自分の資産価格の期待値に対する自信 (コンフィデンス) を表していると解釈することもできる。

フィードバック・メカニズム

現実の市場において、市場参加者は市場データを観察し、資産価格に関する期待形成にフィードバックさせていると考えられる。こうしたフィードバック効果は、多様かつ複雑なメカニズムを有すると考えられるが、本稿では、資産価格の期待値へのフィードバックと、資産価格の期待値に関するコンフィデンスへのフィードバック、という最も単純な2つのメカニズムを考える。

A 2 - 1 . 期待値へのフィードバック

資産価格の期待値へのフィードバックは、図 A2-1 で示したように、市場価格情報を受けて、トレーダーが資産価格に関する期待値を修正するというものである。具体的には、当初 $V_{i,0}$ という期待値を持っていたトレーダー i は、注文を出す直前に観察された市場価格が、自分が予想していた V の分布（標準偏差： $\gamma_{i,0}$ ）の一定の信頼水準を下回る価格である場合に、市場価格のトレンドに基づいて市場の均衡価格を予想し、自分の期待値 $V_{i,t}$ をそのレベルに修正する。この見直しを行う一定の信頼水準を「トリガー」と呼ぶ。

A 2 - 2 . コンフィデンスへのフィードバック

資産価格の期待値に関するコンフィデンスへのフィードバック・メカニズムは、図 A2-2 に示したように、市場価格情報を受けて、トレーダーが自分のコンフィデンス、すなわち、トレーダー全員の期待値の分布の標準偏差に関する予想を見直すというものである。具体的には、当初 $\gamma_{i,0}$ という標準偏差を予想していたトレーダー i が、注文を出す直前に観察された市場価格が自分の予想していた分布の一定の信頼水準を下回っている場合に、同価格がその水準以内に入るように t 期における標準偏差の予想値 $\gamma_{i,t}$ を修正する。

図 A2-1 期待値へのフィードバック

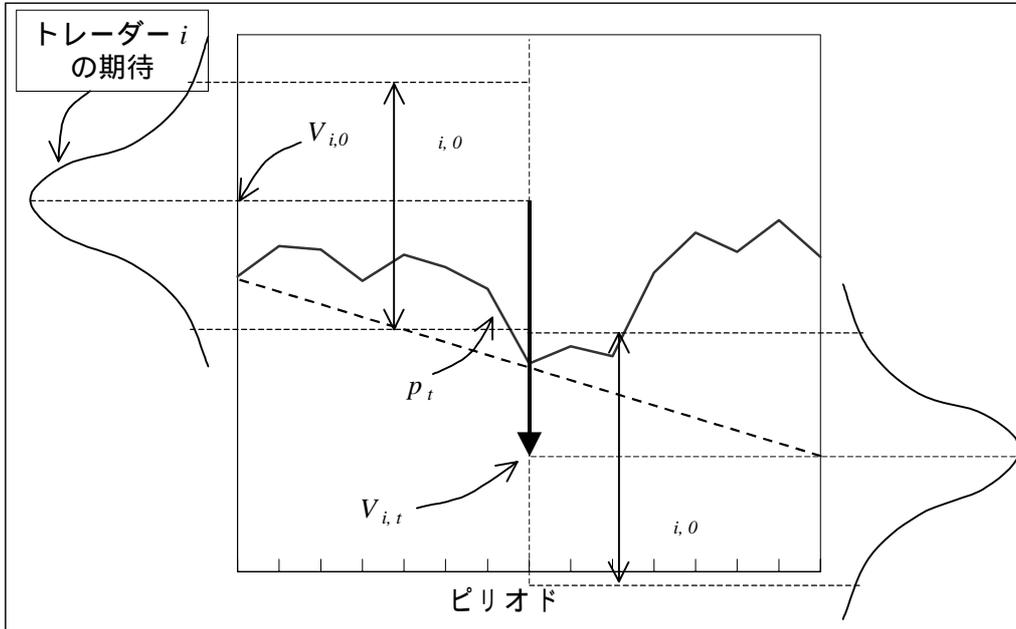
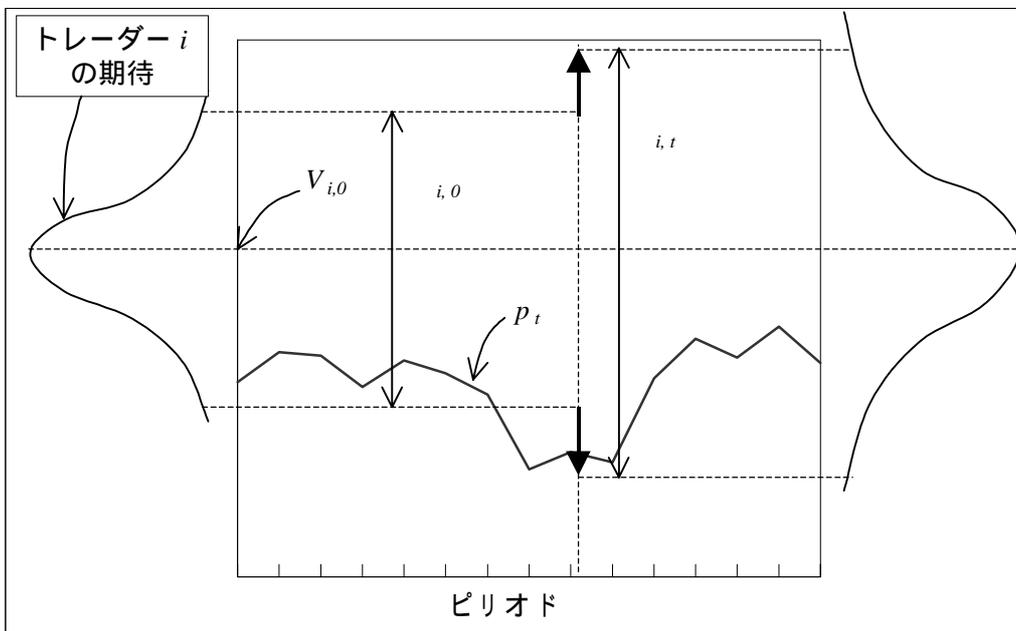


図 A2-2 コンフィデンスへのフィードバック



参 考 文 献

- Brady, N. F., "The Crash, the Problems Exposed, and the Remedies," *Brookings-Wharton Papers on Financial Services* Edited by R. E. Litan and A. M. Santomero, Brookings Institution Press, 1998.
- Brennan, M. J., "Theory of Price Limits in Futures Markets," *Journal of Financial Economics* Vol. 16, 1986.
- Gerety, M. S. and J. H. Mulherin, "Trading Halts and Market Activity: An Analysis of Volume at the Open and the Close," *Journal of Finance* Vol. XLVII, No. 5, December 1992.
- Greenwald, B. and J. Stein, "The Task Force Report: The Reasoning Behind the Recommendations", *Journal of Economic Perspectives* Vol. 2, No. 3, Summer 1988.
- , "Transaction Risk, Market Crashes, and the Role of Circuit Breakers," *Journal of Business* Vol. 64, No. 4, 1991.
- Lauterbach, B., and U. Ben-Zion, "Stock Market Crashes and the Performance of Circuit Breakers: Empirical Evidence", *Journal of Finance* Vol. XLVIII, No. 5, December 1993.
- Muranaga, J., and T. Shimizu, "Market Microstructure and Market Liquidity," *mimeo*, 1999a.
- Muranaga, J., and T. Shimizu, "Expectations and Market Microstructure when Liquidity is Lost," *mimeo*, 1999b.
- Presidential Task Force on Market Mechanism: Report Submitted January 1988.
- Roll, R., "The International Crash of October 1987", *Financial Analysts Journal*, September 1988.
- Subrahmanyam, A., "Circuit Breakers and Market Volatility: A Theoretical Perspective", *Journal of Finance* Vol. XLIX, No. 1, March 1994.