

効果的な取引時間延長の検証

Effective Trading Hours Extension

三輪 宏太郎¹ 植田 一博²

KOTARO MIWA¹, and KAZUHIRO UEDA²

¹東京海上アセットマネジメント

¹Tokio Marine Asset Management Co., Ltd

²東京大学

² The University of Tokyo

Abstract: We examine whether extension of trading hours can create increased trading activity and price efficiency by utilizing an agent-based market model. Specifically, we examine whether the partial extension of trading hours—that is, implementing the pre-market session and the after-hours session—and what duration of the session is effective. The simulation result reveals that the implementation of both sessions could have a negative impact on trading activity and price efficiency if investors' participation during the session is limited; it could result in more concentrated trading in the opening session, wider divergence between market prices and the fundamental value, and lower price stability. In addition, longer sessions are less beneficial (or more harmful). However, we find that the implementation of the pre-market session is far more beneficial than that of the after-hours session; specifically, the implementation of the short-term pre-market session could induce higher price efficiency and higher price stability regardless of the number of market participants during the session.

1. はじめに

証券取引所における休場(取引時間の限定)は、資産価格の効率性を下げ、取引に歪みを生じさせていることが指摘されてきた。例えば、[Kyle 85]、[Glosten and Milgrom 85] や [Easley and O'Hara 92] は、資産価格の情報の折込の遅延を指摘している。[Wood et al. 85]、[Harris 86]や[Jain and Joh 88]は、取引時間の開始及び終了間際の不安定な価格挙動、取引集中傾向の発生を指摘している。

このことから、株式を中心に、取引時間の延長の議論が活発になされ、実際に米国を中心に取引時間の延長がなされてきた。一見、取引時間を延長すれば、これら問題は解決できそうに見えるが、それほど問題は単純ではない。[Miwa and Ueda 16]は、実際の時間外取引において見られる不十分な流動性、及び、不安定な価格挙動を問題視した。そして、時間外取引を行う市場参加者が少なく、彼らの投資行動が不安定な価格挙動に影響されてしまう場合、取引

時間延長は、価格を不安定化させ、効率性を低下させる可能性が高いことを、人工市場シミュレーションにより示した。

問題が単純でない以上、次の議論として挙げてくるのは、どのような取引時間の延長を行った場合、効果的な延長となりうるかの議論であろう。[Miwa and Ueda 16]においては、閉場時間がある場合と、不完全な流動性ながら通常時間帯以外も取引できる場合の比較のみであった。これは、24時間取引可能にした場合の効果の検証である。一方で、実際の取引時間延長においては、通常取引時間帯後の延長セッションの導入(取引終了時間の後ろ倒し)か、通常取引時間帯前のセッションを導入(取引終了時間の前倒し)など部分的な取引時間の延長が議論されることがほとんどである。

そこで、取引時間延長の議論に資する為に本研究では、どのような部分的取引時間延長が、価格効率性や価格安定性などの向上に効果的となるのか検証を行う。

2. モデル

本研究では、[Miwa and Ueda 16]のモデルを拡張したものを使用する。

* 本稿は、論文“Effective Trading Hours Extension”の日本語要約版である。分析の詳細については、フルペーパー(<http://ssrn.com/abstract=2839631>)を参照されたい

2.1. 価格決定プロセス

投資家は、無リスク資産、一種類のリスク資産に投資できるものとする。無リスク資産は無限に供給されるものとする。短期間の価格プロセスの検証のため、配当及び金利は考慮しない。 P_t を t 時点での一単位当たりのリスク資産の価格とする。投資家 i は以下のように、単一期間 t の投資の効用（期待収益率/分散で定義）を最大化するように、投資行動を決定する。投資家 i のリスク資産への需要 $z_{i,t}$ は、以下のように求めることができる：

$$z_{i,t} = \frac{E_{i,t}[p_{t+1}/p_t - 1]}{a_i V_{i,t}[p_{t+1}/p_t - 1]} \quad (1)$$

$E_{i,t}$ は $V_{i,t}$ 投資家 i の期待収益率と推定分散であり a_i はリスク回避度である。ここでは、単純化のため、推定分散は、各投資家・各時間で同一・一定であるとする ($V_{i,t} = \sigma^2$)。

ただし、 t 時点が休場時間帯もしくは、 t 時点で投資家 i が取引しない場合、リスク資産への需要 $z_{i,t}$ は、 $z_{i,t-1}$ と同一であるとする（従って取引しない）。

リスク資産の外部からの供給がなく、合計量を 0 とすると：

$$\sum_{i \in X_{trade,t}} \frac{E_{i,t}[p_{t+1}/p_t - 1]}{a_i \sigma^2} + \sum_{i \in X_{trade,t}} z_{i,t-1} = 0$$

ここで $X_{trade,t}$ は t 時点で取引を行う投資家を表す。したがって、平衡価格 p_t は以下の様与えられる

$$p_t = \frac{\sum_{i \in X_{trade,t}} \frac{E_{i,t}[p_{t+1}]}{a_i}}{\sum_{i \in X_{trade,t}} \frac{1}{a_i} - \sigma^2 \sum_{i \in X_{trade,t}} z_{i,t-1}} \quad (2)$$

t 時点の出来高 TV は以下の様与えられる：

$$TV_t \equiv \frac{1}{2} \sum_i |z_{i,t} - z_{i,t-1}|$$

2.2. オーバーナイトリスク

[Brock and Kleidon 92] や [Hong and Wang 00] で議論されている様に、投資家は、取引しない時間帯直前に非流動性（オーバーナイトリスク）を懸念し、ポジションに対するリスク回避度は一時的に上昇する。本モデルにおいても、彼らのリスク回避度はその日の最終取引時点において、上昇すると仮定する。リスク回避度 a_i は以下のように定義する。

$$a_i = \begin{cases} b \cdot B_i & i \in X_{overnight} \\ b & i \notin X_{overnight} \end{cases} \quad (3)$$

$X_{overnight}$ は、オーバーナイトリスクを懸念する投資家を意味する。オーバーナイトリスクを意識しない場合、リスク回避度は、 $a_i = b$ となる。 B_i は

$(B_i - 1) * (1 - NT_{regular}) / NT_{overnight}$ が、指数分布 $Exp(1/\lambda)$ に従う乱数である ($NT_{overnight}$ は、通常取引時間帯以外の期間の長さ)。

2.3. 投資家の種類と信念の更新

すべての投資は、リスク資産のファンダメンタル価値を知っているものとする。ファンダメンタル価値はニュースを反映し変動する。

$$p_{t+1}^* = p_t^* e^{W_{t+1}} \quad (4)$$

W_t は $N(0, \sigma_f)$ に従う正規乱数である。投資家は、必ずしもリスク資産の市場価格はファンダメンタル価値に一致するとは考えない。ただし、その乖離度合い、乖離の仕方に関しては投資家によって違いがあり、しかも、個々の信念（戦略）は時間によって変動（更新）する。本モデルでは、[Brock and Hommes 98] に従い投資家は以下の 4 種類の信念を持つ投資家が存在すると仮定する。第一は、ファンダメンタル投資家であり、市場価格はファンダメンタル価値へ収束すると考える。第二は、トレンド追随投資家であり、現在の価格とファンダメンタル価値の乖離傾向を許容する。第三は、楽観投資家であり、彼らは、リスク資産の価格は常にファンダメンタル価値を上回ると考える。最後は、悲観投資家で、彼らは、価格は常にファンダメンタル価値を下回ると考える。各投資家の、次期の価格予想は以下のように表される。

$$\begin{aligned} E_{i,t}[p_{t+1}] &= p_{t+1}^* & i \in X_1 \text{ ファンダメンタル投資家} \\ E_{i,t}[p_{t+1}] &= p_{t+1}^* (p_t/p_t^*)^g & i \in X_2 \text{ トレンド追随投資家} \\ E_{i,t}[p_{t+1}] &= p_{t+1}^* (1+d) & i \in X_3 \text{ 楽観投資家} \\ E_{i,t}[p_{t+1}] &= p_{t+1}^* (1-d) & i \in X_4 \text{ 悲観投資家} \end{aligned}$$

ただし、 $d \geq 0$ 、 $g \geq 0$

投資家の信念は、以下のように定義される各信念（戦略）の選択確率 $\Pr_t\{i \in X_s\}$ を基に選択される：

$$\Pr_t\{i \in X_s\}$$

$$= \begin{cases} \left(Pr_{upd} \frac{\exp(\beta U_{s,t-1})}{\sum_s \exp(\beta U_{s,t-1})} + (1 - Pr_{upd}) \right) & i \in X_s \text{ at } t-1 \\ Pr_{upd} \frac{\exp(\beta U_{s,t-1})}{\sum_s \exp(\beta U_{s,t-1})} & i \notin X_s \text{ at } t-1 \end{cases}$$

ただし、 $0 \leq Pr_{upd} \leq 1$ 。 $U_{s,t}$ は各戦略（信念）の適合度であり、[Brock and Hommes 98] に従い、以下のような過去 1 期間の適合度を使用した：

$$U_{s,t} \equiv \left(\frac{p_t}{p_{t-1}} - 1 \right) \left(\frac{E_s[p_t/p_{t-1} - 1]}{b\sigma^2} \right)$$

2.4. 時間外取引時間

すべての投資家は、通常取引時間帯において取引を行う。しかし、プレマーケット、アフターアワー

セッションでは、一部の投資家しか取引を行わない。その参加比率を R_e とする。

通常取引時間帯においては、引け（通常取引時間帯の最終取引時点）を除いて、(2)の式は以下のように単純化できる：

$$p_t = \frac{1}{N} \sum_i E_{i,t}[p_{t+1}] \quad (5)$$

N は、投資家の数である。通常取引時間帯の引けにおいては、一部の投資家がオーバーナイトリスクを懸念ので (2)の式は以下の通り表せる：

$$p_t = \sum_i \frac{E_{i,t}[p_{t+1}]}{a_i} / \sum_i \frac{1}{a_i} \quad (6)$$

時間外取引時間帯においては、アフターアワーセッションの引け時点以外では、一部の投資家が取引しないので(2)の式は以下のように表せる：

$$p_t = \frac{\sum_{i \in X_{trade,t}} E_{i,t}[p_{t+1}]}{N \cdot R_e - b \sigma^2 \sum_{i \in X_{trade,t}} z_{i,t-1}} \quad (7)$$

3. 効果の評価

本研究においては、[Miwa and Ueda 16]に従い、以下の基準で、取引時間延長の効果の評価を行った。

3.1. 価格効率性

本検証においては、価格効率性を市場価格とファンダメンタル価値との乖離度 $|\log(P_t/P_t^*)|$ で定義する。取引時間延長の価格効率性に関する有効性の分析においては、特に、通常取引時間帯の市場効率性に注目する。時間外取引（プレマーケットセッション、アフターアワーセッション）の導入が、通常取引時間帯の価格効率性にどのような影響を与えるか分析を行う。

3.2. 価格安定性

価格安定性の評価として、価格変化率（リターン）のボラティリティで評価を行う。時間外取引の導入によって、通常取引時間帯のボラティリティが低下しうるかどうかが分析を行う。

加えて、通常取引時間帯の寄り（引け）においてみられる、価格の不安定性が、時間外取引の導入によって軽減されるか検証を行う。寄り（引け）の価格不安定性の評価には、寄り（引け）における平均ボラティリティをその通常取引時間帯¹のボラティリティで割ったもので評価を行う。

¹その他時点とは、通常取引時間帯において、寄り、その次の時点、引けの3時点を除いた時点で定義する。

3.3. 取引集中傾向

通常取引時間帯の寄り（引け）に見られる取引集中傾向が、時間外取引の導入によって軽減されるか検証を行う。寄り（引け）の取引集中傾向は、寄り（引け）の平均売買高をその通常取引時間帯の平均売買高で割ったもので定義を行う。この値が1より大きければ取引集中傾向が認められると判断される。

4. パラメータの設定

本検証においては、一日を24時点（1時点移行で1時間経過に相当）で構成されると定義する。各々のステップを $T_1, T_2 \dots T_{24}$ と定義する。最初の6時点（ $T_1, T_2 \dots T_6$ ）を通常取引時間帯と定義する。続く NT_{after} 時点（ $T_7, \dots, T_{6+NT_{after}}$ ；ただし $NT_{after} \leq 9$ ）をアフターアワーセッションと定義する。一日の内、最後の NT_{pre} 時点（ $T_{24-NT_{pre}+1}, \dots, T_{24}$ ）を（次の日の通常取引時間帯に対する）プレマーケットセッションとする。アフターアワーセッションとプレマーケットセッションに挟まれた時間帯（ $T_{7+NT_{after}} \dots T_{24-NT_{pre}}$ ）を取引が完全に行われない休場時間帯とする。なお、通常取引時間帯のうち、最初の時点（ T_1 ）を寄り、最後の時間帯（ T_6 ）を引けと呼ぶ。

投資家の数（ N ）は100（人）とする。オーバーナイトリスクを意識しないときの通常の投資家のリスク回避度（ b ）を1とする。式(4)におけるファンダメンタル価値のボラティリティ（ σ_f ）は0.01、式(2)における投資家の共通の推定リスク（ σ^2 ）を1とする。時間外取引を行う投資家の比率 R_e は{0.1, 0.2, 0.3, 0.5, 0.7}のケースでシミュレーションを行った。

その他、楽観投資家、悲観投資家のバイアス度（ d ）、トレンド追随（ g ）、各投資家の信念の更新に関するパラメータ（ β, P_{upd} ）オーバーナイトリスクの評価のばらつきに関するパラメータ（ λ ）が存在する。これらのパラメータの設定に関しては、①モデルが通常取引時間帯における寄り（引け）での取引集中傾向および価格の不安定性②ファンダメンタル情報の段階的な折り込み（通常取引時間帯における価格効率性の段階的な上昇傾向）及び③2つのスタイルズドファクト（ファットテールとボラティリティクラスタリング）の三点が再現できるパラメータを使用した。紙面の問題で詳細な結果は省くが、以下の条件を満たすとき、上記傾向が再現されることが分かった

(1) トレント投資家が存在（少なくとも $g > 0.5$ ）

- (2) 楽観・悲観的投資家の存在 ($d > 0$)
- (3) 投資家がある程度信念を変える ($0.5 > P_{upd} > 0$)
- (4) オーバーナイトリスクを意識する

シミュレーションは上記条件を満たすパラメータ設定下で行うべきと考えられる。本研究では、そのようなパラメータセットとして、 $d = 0.2$ 、 $g = 1.25$ 、 $\lambda = 5$ 、 $\beta = 1$ 、 $P_{upd} = 0.2$ という条件下でのシミュレーション結果を示す。ただし、ほかのパラメータセットにしても、(1)-(4)の条件を満たせば、最終的なインプリケーションは変わらない。すべてのシミュレーション結果は100試行の平均値で評価する。

5. 分析結果

5.1. プレマーケットセッション

最初にプレマーケットセッションの導入が、通常取引時間帯における価格効率性、価格安定性を上昇させ、寄りと引けにおける取引集中傾向を軽減させることができるか検証を行った。そして、プレマーケットセッションの長さを1時点から9時点まで変化させ、どのような長さのセッションの導入が高い効果を有するか検証を行った。

図1は、価格効率性の結果を時間外取引の参加率別に表したものである。縦軸は市場価格とファンダメンタル価値の乖離率（高いほど価格効率性が低い）、横軸はプレマーケットセッションの長さを表す（0は時間外取引を導入していないときの結果を表す）。図から、まず、時間外取引時間帯において十分な投資家を確保できていれば、($R_e \geq 50\%$; 図においては水色の線、紫の線の結果)プレマーケットセッションの長さがかわらず、市場効率性を上昇させることができる（ただし、長ければ効果が高いわけではない）。ところが、時間外取引の市場参加者が不十分の場合 ($R_e \leq 20\%$; 図においては青い線、赤い線)、長いプレマーケットセッションを導入した場合、ファンダメンタル価値からの乖離率が広がっている。ただし、逆に言えば、短いプレマーケットセッションの導入であれば、時間外取引の参加者が不十分であろうと乖離率を下げられる（価格効率性を上昇させられる）ことが分かる。

図2(a)は通常取引時間帯の価格安定性図2(b)は寄りにおける相対的な価格不安定性の結果を表す。(a)の縦軸はリターンのボラティリティ、(b)の縦軸は寄り(T1)ボラティリティをその他通常取引時間帯(T3, T4, T5)のボラティリティで割ったものを表す。時間外取引の参加者が少ない場合($R_e = 10\%$)、価格安定性は、導入前より悪化し、特に寄りの価格不安定性が増している。セッションが長くすることは価格安定性上昇には寄与しない（むしろ参加率が

低ければ悪化する)。一方で、価格効率性の結果と同様、短いプレマーケットセッションの導入は、市場参加者が少なくとも、価格安定性上昇に寄与し、寄りにおける相対的な安定性も増している。

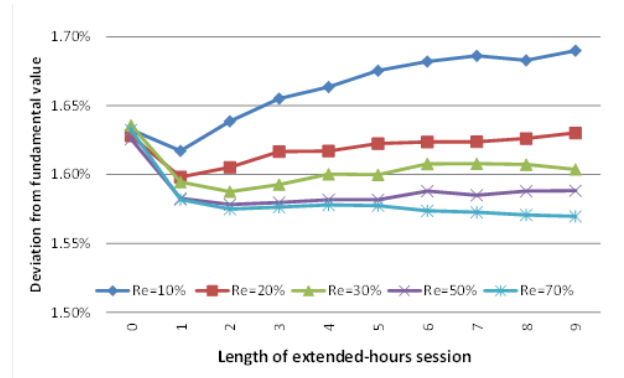
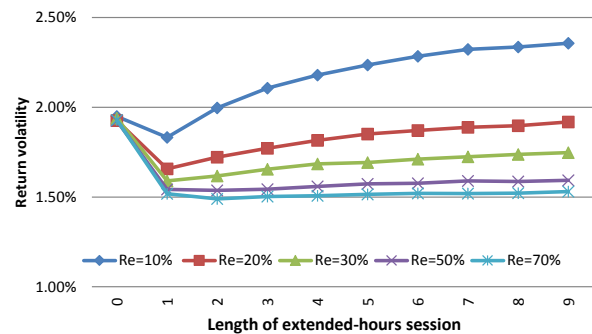
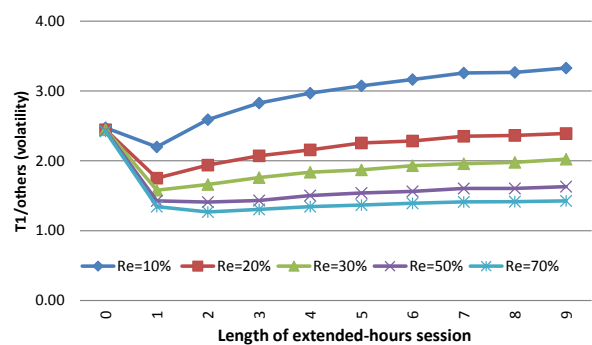


図1 価格効率性（プレマーケット）



(a) 通常取引時間帯平均



(b) 寄りの価格不安定性

図2 価格変動性（プレマーケット）

図3は寄りにおける取引の集中傾向の結果を表している。縦軸は寄り(T1)の出来高をその他時間帯(T3, T4, T5)の平均出来高で割った値である。寄りの取引集中度は、セッション中の取引参加者が十分であれば、プレマーケットセッション導入によって軽減することができる。ただし、プレマーケットが長いと、寄りの集中度は悪化する。特に、取引参加者が少ない場合、導入によって集中度は悪化する。

なお、引けの価格安定性、取引集中傾向については、プレマーケットセッション導入による変化は認められなかった。

まとめると、プレマーケットセッションは、価格効率性、価格安定性は、時間外取引の参加率が低い場合、悪化させる可能性が高いことが分かった。ただし、短いプレマーケットセッションの導入の場合に限り、価格効率性、安定性も向上しうることが分かった。逆に言えば、プレマーケットセッションの時間が長いことにメリットはなく、導入するなら短いセッションに限るべきであることが分かる。

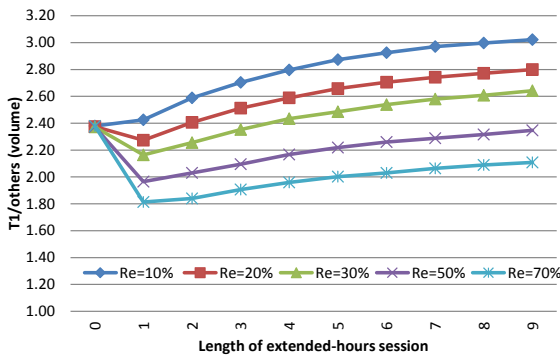


図3 寄りの取引集中傾向（プレマーケット）

5.2. アフターアワーセッション

次にアフターアワーセッションの導入の効果について分析を行った。図4は、価格効率性の結果を表したものである。アフターアワーセッションの市場参加者が十分である場合でも、通常取引時間帯での価格効率性の上昇（ファンダメンタル価値との乖離の縮小）はほとんど見られない。参加率が低い場合は、価格効率性は低下し、セッションが長ければ長いほど、悪影響は深刻である。価格効率性の意味では、アフターアワーセッションを導入するメリットはないことが分かる。

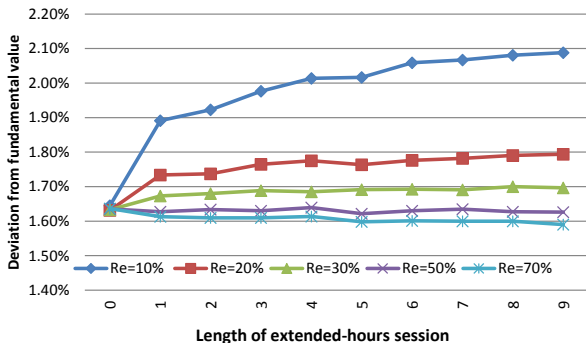
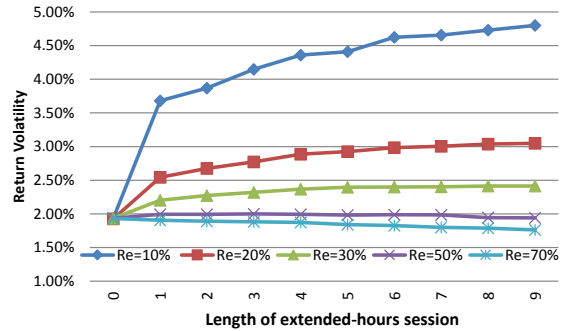


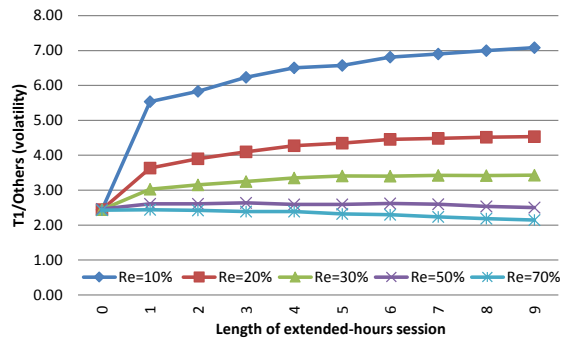
図4 価格効率性（アフターアワー）

図5 (a) は通常取引時間帯の価格安定性 (b) は寄りにおける相対的な価格不安定性を表す。

時間外取引の参加者が少ない場合、特に長いアフターアワーセッションの導入は、通常取引時間帯の価格安定性を大きく棄損し、特に寄りにおける不安定性が増大する。時間外取引の参加者が多い場合、わずかながら価格安定性は上昇するが、影響度は非常に軽微である。



(a) 通常取引時間帯



(b) 寄りの価格不安定性

図5 価格変動性（アフターアワー）

図6は寄りにおける取引の集中傾向の結果をあらわしている。寄りの取引集中度は、投資家の時間外取引参加率が低い場合、アフターアワーが長いほど増加する。一方で、時間外取引の参加率が高い場合、わずかながら集中度を低下させることができるが、その影響度はわずかである。

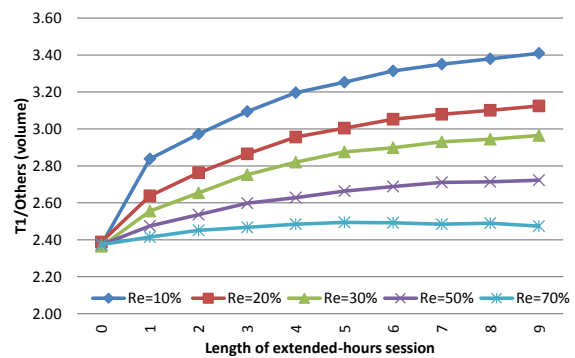


図6 寄りの取引集中傾向（アフターアワー）

なお、引けの価格安定性、取引集中傾向について

は、アフターアワーセッション導入によよって、夜間取引参加者がいる状況で改善が認められた。

まとめると、アフターアワー導入は、特に時間外取引の参加者が少ない場合、価格効率性、価格安定性、取引集中度を悪化させる。アフターアワーのセッションが長い場合、悪化が更に顕著である。取引参加者が十分であった場合に、寄り、引けでの価格安定性上昇、取引集中度軽減の効果が認められる。ただし、アフターアワーセッションの取引は大変限られている現況を鑑みると、アフターアワーセッションの導入はリスクがメリットを凌駕している状態と言えよう。

5.3.同時導入の場合

本研究では、プレマーケットセッションとアフターアワーセッションを同時に導入した場合の効果についても検証した。紙面の関係で、詳細な結果の説明は省くが、短いセッションの導入時に価格効率性・価格安定性上昇、寄り取引集中低減が見られた²。ただし、その効果はプレマーケットセッション単独の導入時と比べると限られており、アフターアワーセッションの導入のデメリットが確認される結果となった（両者同時導入の複合効果は特に認められなかった）。

6. 結論

取引時間延長に関する議論に資するため、部分的取引時間の延長の効果の分析を行った。特に、プレマーケットセッション、アフターアワーセッションの導入の効果を分析し、どのような長さのセッションの導入が効果的か分析を行った。

シミュレーションの結果、以下のようなことが分かった。まず、プレマーケットセッションの導入は、セッションの時間が長くかつ、時間外取引の市場参加者が少ない場合、価格効率性、価格安定性、寄りの取引集中傾向の点で悪影響を及ぼしうることが分かった。ただし短いプレマーケットセッションの場合は、時間外取引の参加者が少なからうと、価格効率性、価格安定性を上昇させることが分かった（取引集中度に関しては悪影響はない）。

一方で、アフターアワーセッションの導入に関しては、メリットが少ないことが分かった。特に、時間外取引参加者が少なく、長いセッションを導入した場合、価格効率性、価格安定性、寄りの取引集

中傾向を大幅に悪化させうることが分かった。

いうまでもなく、これら分析結果は、取引時間の延長の議論に関して重大な示唆を与えている。現実の時間外取引は、直近の日本株式の先物の取引時間延長の例のように、取引時間の後ずれ、つまりアフターアワーセッションの導入に重きをおかれ、しかも、大胆に時間延長がなされることが多い。ところが、我々の検証結果は、このような傾向が価格効率性、安定性において、悪影響をもたらしている可能性を示唆している。通常取引時間帯と比べれば、流動性が十分とは言えない時間外取引の現状を鑑みると、大胆な取引時間延長は避けるべきであり、しかも、取引時間の後ずれよりは取引時間の前倒し（プレマーケットセッションの導入）に重きを置くべきことを、本研究は示唆している。

留意事項

本研究内容は、著者の個人見解を表すものであり、東京海上アセットマネジメント株式会社の公式見解を表すものではありません。

参考文献

- [Brock and Hommes 98] Brock, W. A., and Hommes, C. H. Heterogeneous beliefs and routes to chaos in a simple asset pricing model, *Journal of Economic Dynamics and Control*, Vol.22, pp.1235–1274 (1998).
- [Brock and Kleidon 92] Brock, W. A., and Kleidon, A.: Periodic market closure and trading volume. *Journal of Economic Dynamics and Control*, Vol.16, pp.451-489 (1992).
- [Easley and O'Hara 92] Easley, D., and O'Hara, M.: Time and the process of security price adjustment. *Journal of Finance*, Vol.47, pp.576-605 (1992).
- [Glosten and Milgrom 85] Glosten, L., and Milgrom, P.: Bid, ask and transaction prices in a specialist market with heterogeneously informed traders, *Journal of Financial Economics*, Vol.14, pp.71-100 (1985).
- [Harris 86] Harris, L.: A transaction data study of weekly and intra daily patterns in stock returns, *Journal of Financial Economics*, Vol.16, pp.99-118 (1986).
- [Hong and Wang 00] Hong, H., and Wang, J.: Trading and returns under periodic market closures, *Journal of Finance*, Vol.55, pp.297-354 (2000).
- [Jain and Joh 88] Jain, P.C., and Joh, G.H. (1988). The dependence between hourly prices and trading volume. *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, Vol. 23, pp.269-283 (1988).
- [Kyle 85] Kyle, A.: Continuous auctions and insider trading. *Econometrica*, Vol.53, pp.1315-1336 (1985).

² 本モデルにおいては簡単のため、プレマーケットセッションで取引を行う投資家とアフターアワーセッションで取引を行う投資家は同じと仮定している。ただし、異なるとした場合も同様の結果が得られている。

[Miwa and Ueda 16] Miwa, K., and Ueda, K.,: Is the Extension of Trading Hours Always Beneficial? An Artificial Agent-Based Analysis, *Computational Economics*. (in press).

[Wood et al. 85] Wood, R.A., McInish, T.H., and Ord, J.K.: An investigation of transactions data for NYSE stocks. *Journal of Finance*, Vol.40, pp.723-739 (1985).