

日本商品先物振興協会 研究助成金制度 研究論文

ガソリン先物市場の日中の価格形成と流動性：
取引データに基づく実証研究

2007年2月

芹田 敏夫
青山学院大学経済学部

坂本 智幸
日本エネルギー経済研究所

山岡 博士
東京工業品取引所

1. はじめに

東京工業品取引所のガソリン先物市場は、1999年7月に上場されて以来、わが国の商品先物市場の中でも最も取引が活発な商品先物市場の一つとなっている。石油元売や流通業者など当業者のリスク管理の手段、様々な投機家が参加、あるいは、商品取引員の自己売買によるマーケットメーカー的な機能により、ガソリン先物市場は日中に活発な売買がなされ、高い流動性が維持されている。

マイクロストラクチャーの研究が進展することにより、日中の価格形成や流動性についての分析が株式市場を中心に進められてきた。米国の株式市場については、日次の始値・終値を用いた代表的な分析として **Stoll and Whaley(1990)**があり、ニューヨーク市場で始値に基づく日次リターンの分散が終値のものより低いことを示した。同様の分析を日本の株式市場に適用したものに **Amihud and Mendelson(1991)**、**宇野(1998)**があり、**Stall and Whaley**と同様の結果を導いている。日中の時間帯別のパターンについては、出来高は **Jain and Joh(1988)**、スプレッドは **McInish and Wood(1992)**、ボラティリティは **Gerety and Mulherin(1994)**が代表的な実証研究である。それらの研究では、時間帯別の出来高、スプレッド、ボラティリティについてU字型を示すことを明らかにしている。

これまでの日本の商品先物市場における実証分析は日次データに基づくものが中心であり、裁定機会が存在しないという意味での効率性の検証や日次での価格変動の統計的特性における分析が多数存在する。マーケット・マイクロストラクチャーの研究が注目するような、情報が日中の取引時間にどのように織り込まれるのか、あるいは、日中の価格形成や流動性がどのようになっているのかといった分析は少なく、**芹田他(2005)**が金先物市場について行った研究があるくらいである。それは商品先物市場について日中の取引データの利用が出来なかったことが大きいものと考えられる。日中取引データを用いたガソリン先物の分析については、取引メカニズムの異なる東京工業品取引所と中部商品取引所の価格形成の比較を行った**坂本他(2006)**があるのみである。

本研究の目的は、東京工業品取引所の日中の取引データを用いて、ガソリン先物市場における日中の価格形成がどのようになっているのかを実証的に明らかにすることである。分析内容は、**芹田他(2005)**に基づいたもので、以下の通りである。検証すべき具体的な仮説は、まず日次の4時点(前場、後場それぞれの始値、終値)データを用いて、4時点での価格形成における過剰反応や過小反応、あるいはノイズが含まれているかどうかを調べることから始める。また、すべての約定データを用いて、日中の時間帯ごとで取引パターン(出来高、ボラティリティ、実現スプレッド)にどのような違いがあるのかを明らかにする。

東京工業品取引所は、採用している取引システムが東京証券取引所のそれと類似している点がある一方、異なる点もいくつか存在する。第一に、金属や石油といった工業用商品はグローバルにほぼ24時間世界で取引が行われている。月曜日に日本市場が閉じた後、日本時間の夜間には欧米の商品先物市場で取引が行われている。前日の立会い終了後から当日の立

会開始前までの時間には、新しいイベントが発生するだけでなく、先に取引が行われた欧米市場の影響を直接受けることも考えられる。その結果として、東京工業品取引所における日次リターンの変動分のうち、夜間のリターン(前日後場終値から当日前場始値までの変化率)の変動が占める割合が大部分となると考えられる。第2に、東京と欧米では為替が異なることにより、為替レートの変動の影響を受ける。第3に、売買が最も不活発な期近の先物契約の取引からスタートし、順次2分ごとに次の限月における先物契約の取引が開始される。限月ごとに取引開始時間が異なる点が価格形成に影響を与えることが考えられる。第4に、市場参加者の違いがあげられる。ガソリン商品先物市場では会員の商品取引員、当業者(元売、流通業者)、投機家が主な主体であり、株式市場の参加者との行動に違いがあると考えられる。第5に、ガソリンは、現物の保管コストおよび受け渡し費用が金などの貴金属に比べても大きく、受け渡し可能な市場参加者が限定される点がある。これらの商品先物市場およびガソリン先物市場に特有な点が、価格形成や流動性のイントラデーパターンにどのような影響を与えるのかを明らかにすることも、本研究の目的である。

論文の構成は以下の通りである。第2節では市場制度における要点を整理する。第3節ではデータの説明を行い、第4節では始値と終値による日中リターンの分析を行う。第5節では、約定価格データを用いたイントラデーパターンの分析を行う。最後に主な結果と今後の残された課題を示し本稿を閉じることとする。

本研究助成金に基づく研究では、ガソリン先物市場だけではなく、灯油先物市場、及び原油先物市場について分析を進めた。しかし、本稿ではガソリン市場における分析のみを扱い、その他の石油先物市場における分析結果は付属の参考資料にまとめている。

2. ガソリン先物市場のマーケット・マイクロストラクチャー

東京工業品取引所のガソリン先物について概観する。取引の基本的なルールは表1に示した取引要綱にまとめた。以下では、分析に際して留意すべき点を中心に述べることとする。

表1 取引要項(ガソリン先物市場)

東京工業品取引所											
取引の種類	現物先物取引										
標準品	日本工業規格のK2202の2号の品質基準に適合し、かつ硫黄分が10ppm以下のレギュラーガソリン										
売買仕法	システム売買による個別競争売買(複数約定)										
限月	新甫発会日の属する月の翌々月から起算した6ヵ月以内の各限月										
当月限納会日	当月限の前月25日(当日が休業日に当たるときは、順次繰り上げる。)										
受渡日	当月限の1日から当月限の末日まで										
受渡供用品	(1)受渡供用品:標準品と同格の品質基準(日本工業規格のK2202の2号)を満たした、国内精製ガソリン又は輸入通関後の輸入ガソリン (2)ガソリン税の扱い:先物市場における取引は、ガソリン税抜きとするが、受渡代金にはガソリン税を付加する。										
受渡品の増減許容範囲	±2%(1回の引き取りごと)										
受渡場所	(1)海上出荷及び陸上出荷の両出荷設備を有する神奈川県、東京都及び千葉県に所在する製油所又は油槽所のうち、理事長が理事会の議を経て指定した場所。 (2)陸上出荷による受渡しを行う場合には、受方は渡方に対して理事会が定める格差を別途支払うものとする										
受渡方法	(1)受渡場所の選択権:渡方に帰属する。 (2)受渡方法:内航船若しくはタンクローリーによる受渡。 (3)受渡方法の選択権:受方に帰属する。 (4)受渡日の選択権:原則として、受方に帰属する。 (5)受渡当事者の決定:抽選により決定する。但し、納会日から抽選で決定するまでの間に、合意により受渡当事者の組み合わせが成立した場合には、この限りではない。 (6)分割受渡:受渡に当たっては、分割して受渡を行うことができる。										
立会時間	前場: 午前9時～11時 後場: 午後0時30分～3時30分 ※立会開始時は期近限月から順次2分ごと										
取引単位	100kl(1枚)										
受渡単位	100kl(1枚)										
呼値とその値段	10円/kl										
取引の提示価格と税金	東京湾沿海の製油所及び油槽所の海上出荷価格で、ガソリン税(揮発油税及び地方道路税)及び消費税を除いた価格										
制限値段幅	<table border="1"> <thead> <tr> <th>標準価格(円)</th> <th>制限値段(円)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>17,000未満</td> <td>400円</td> </tr> <tr> <td>17,000以上 22,000未満</td> <td>500円</td> </tr> <tr> <td>22,000以上 27,000未満</td> <td>600円</td> </tr> <tr> <td>27,000以上</td> <td>700円</td> </tr> </tbody> </table>	標準価格(円)	制限値段(円)	17,000未満	400円	17,000以上 22,000未満	500円	22,000以上 27,000未満	600円	27,000以上	700円
標準価格(円)	制限値段(円)										
17,000未満	400円										
17,000以上 22,000未満	500円										
22,000以上 27,000未満	600円										
27,000以上	700円										
委託本証拠金基準額	<table border="1"> <thead> <tr> <th>標準価格(円)</th> <th>取引本証拠金基準額(円)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>17,000未満</td> <td>60,000</td> </tr> <tr> <td>17,000以上 22,000未満</td> <td>75,000</td> </tr> <tr> <td>22,000以上 27,000未満</td> <td>90,000</td> </tr> <tr> <td>27,000以上</td> <td>105,000</td> </tr> </tbody> </table>	標準価格(円)	取引本証拠金基準額(円)	17,000未満	60,000	17,000以上 22,000未満	75,000	22,000以上 27,000未満	90,000	27,000以上	105,000
標準価格(円)	取引本証拠金基準額(円)										
17,000未満	60,000										
17,000以上 22,000未満	75,000										
22,000以上 27,000未満	90,000										
27,000以上	105,000										
建玉数量の制限 (一般委託者)	<table border="1"> <tbody> <tr> <td>当月限</td> <td>200枚</td> </tr> <tr> <td>翌月限</td> <td>400枚</td> </tr> <tr> <td>その他の限月</td> <td>各1,200枚</td> </tr> </tbody> </table>	当月限	200枚	翌月限	400枚	その他の限月	各1,200枚				
当月限	200枚										
翌月限	400枚										
その他の限月	各1,200枚										

2.1 ガソリン先物の取引の概要

ガソリン先物商品の取引期間は新甫発会日から納会日までの6ヶ月である。毎月の納会日に期近の先物契約の取引が終了し、その翌日には期先の先物契約の取引が開始される。従って、常時6つの先物契約が取引されている。納会日は当月限の受け渡し日から起算した4営業日前となっている。2004年2月限を例に考えると、2003年2月25日に取引が開始され、2004年2月24日に納会日を迎える。納会日の翌営業日である2月25日には2005年2月限が発会する。

ガソリン先物価格は1kl当たりで表示され、最小更新値幅は10円である。従って、最小のビッド・アスク・スプレッド(以下では、スプレッドと略す)は10円となる。取引単位は1枚あたり100klである。

ガソリン先物価格が1日で動ける価格幅は制限値幅として定められた範囲内に限定される。

この制限値幅はその時々ガソリン先物価格によって変更されるが、本分析で対象となったサンプル期間における先物価格の動きは円以上円未満であるため、制限値幅は 800 円となっている。前日終値を基準に上下 800 円の価格変化が生じるとストップ高・ストップ安となり、それ以上の価格変化は起こらず需給不一致のまま取引が停止される。ただし、期近の先物契約について、納会日の属する月に取引されているものについては制限値幅の適用を受けず、制限値幅以上の価格変化が可能になる。

ガソリン先物の市場の主な市場参加者は、会員商品取引会社、現物を扱う当業者、投機家に分類される。

2.2 ガソリン先物取引の取引メカニズム

東京工業品取引所で上場される全ての先物商品は、システム売買で行われており、注文の発注から約定まで電子的に処理される。ビッド・アスクを提示する義務を負うマーケットメーカーは存在せず、オーダードリブンの市場である。同取引所における取引メカニズムは、基本的に東京証券取引所と同様の取引メカニズムであると言える。

立ち会いは前場と後場に分かれ、前場は 9 時から 11 時まで、後場は 12 時 30 分から 15 時 30 分までとなっている。その間 1 時間 30 分は取引が一旦停止される。同取引所では、取引が開始される 9 時に期近から取引が開始され、順次 2 分ずつ遅れて次の限月の先物契約が取引される。従って、6 番限の取引開始時刻は 9 時 10 分となる。

注文の付け合わせは、板合わせとザラバ(競売買)手法を併用して行われる。前場の立会開始時刻は 9 時であるが、それよりも前の 8 時 30 分に注文受付を開始し、取引が開始されるまでの 30 分間で注文がプールされる。プールされた注文は、約定枚数が最大になる 1 本の価格で各限月の取引開始直後に一斉に約定される。これが「寄板合わせ」である。寄板合わせの後、「価格優先・時間優先」の原理に基づいて連続的に付け合わせが行なわれる「ザラバ」に移行する。立ち会終了時刻になると、取引が終了し、引け板合わせで約定される。寄せ板合わせと異なり、引け板合わせは必ず行われるとは限らず、行われない場合にはザラバのまま取引が終了する。引け板合わせが行われるのは、引け成り行き注文がある場合や終了時に特別気配状態であった場合などに限られる。後場についても前場と同様である。

3. データ、及び予備的考察

3.1 データ

本分析におけるサンプル期間は、2003 年 2 月 3 日から 2004 年 2 月 25 日の約 13 ヶ月である。サンプル期間を約 1 年に限定したのは、1 年を通じた季節変動をカバーしつつ、個別取引データが膨大な量であるためである。分析対象となる先物契約の限月はサンプル期間中の全ての月、すなわち、この間で取引された全ての限月の先物である。具体的には、2003 年 2 月限から 2004 年 7 月限までの 18 のガソリン先物である。上場されているガソリン先物

は全て新甫発会日から納会日まで(これを「1代」と呼ぶ)が6ヶ月間で、限月構成は連続する6限月である。このことから、データ採取期間を1年間とし次に述べる新しい系列を作成することで、ガソリン先物の1年を通した価格形成パターンの比較・検討が可能になる。

各ガソリン先物契約の取引は6ヶ月の取引期間の間で流動性が大きく変化するため、本分析では先物1代ごとの分析は行わず新しい系列を作成して行うことにした。ガソリン先物契約の取引は、期先で活発に取引が行われその後新たな限月の先物契約の取引がスタートするたびに取引の中心が期先に移行する。つまり、納会日までの期間が短くなると急速に出来高が減少し、1代の出来高推移をみると、納会日周辺では新甫発会日周辺に比べて数10分の1にまで減少することが観察される。そのため、本分析では出来高の活発度が同等の先物契約を組み合わせることで1つの新しい系列を作って分析を進める。

新しい系列とは、サンプル期間中の全ての先物を限月の古い順から並べた時、各日において取引された先物契約について、それぞれの納会日に近い先物から昇順で番号をふり、同一の番号のものを毎日つなぎ合わせて作った系列である。この新しい系列は、限月構成が連続する6限月であることから6つの系列が作成されることになる。これにより、1番は常に期近限月で繋がれた系列となり、一方6番は期先限月で繋がれた系列になる。この新しい系列を番号とあわせて「番限」と呼ぶことにする。つまり、期近限月で繋がれた系列を番限1と呼ぶが、これは先に述べた当限にほぼ近いものである¹。サンプル期間中における一代ごとの先物契約と新しい系列である各番限との関係をイメージ図にして示したものが表2である。

表2 限月と番限の対応表

¹ 表2にある通り、ガソリン先物の納会日が月の後半にあるため、番限1は納会日がある月の一月前の数日間を含むことになる。このため、厳密には当限の定義とは異なる。

	2003年												2004年	
	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	
0302月限	1													
0303月限	2	1												
0304月限	3	2	1											
0305月限	4	3	2	1										
0306月限	5	4	3	2	1									
0307月限	6	5	4	3	2	1								
0308月限		6	5	4	3	2	1							
0309月限			6	5	4	3	2	1						
0310月限				6	5	4	3	2	1					
0311月限					6	5	4	3	2	1				
0312月限						6	5	4	3	2	1			
0401月限							6	5	4	3	2	1		
0402月限								6	5	4	3	2	1	
0403月限									6	5	4	3	2	
0404月限										6	5	4	3	
0405月限											6	5	4	
0406月限												6	5	
0407月限													6	

(註)表の数値は番限を表し、1が期近、6が期先を意味する。

この新しい系列である番限は日によって用いる先物の限月が異なるが、納会日までの近さの順位が常に同一であるため、各番限で時間を通じて変動はあるものの、番限間の相対的な売買活発度は安定的と考えられる。また、取引の開始時刻も同一番限では同一となる。すなわち、番限1が9時からスタートし、次の番限からは2分間隔で逐次取引が開始される。最終の番限6では9時10分から開始される。

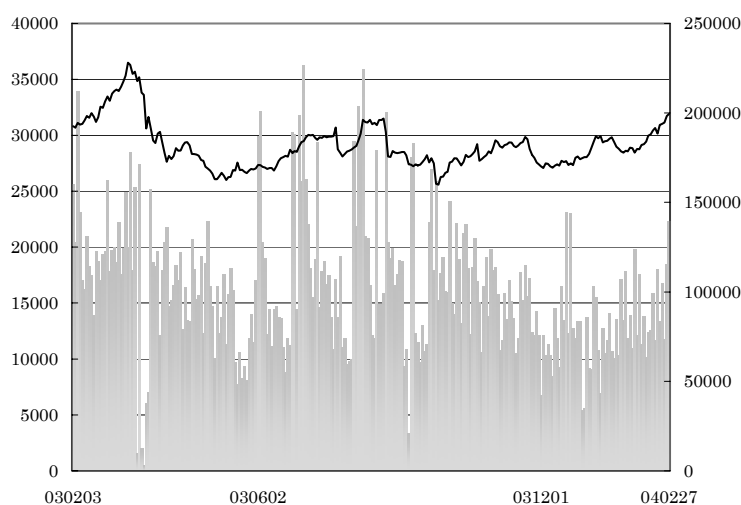
本分析において日中の価格形成や流動性に関連するものが分析対象であることから、出来高活発度など流動性に関連する特性が安定していることが望ましく、このように番限を定義することで、出来高の活発度が同じ状態で長期にわたってデータをとることができる。これにより実証分析の信頼性が高まることが期待される。なお、番限の系列における収益率(リターン)については、前日と当日の価格を用いて計算するものがあるため、予め各限月の先物において計算したもので新しい系列を作成した。

分析に用いた取引データは、東京工業品取引所が保有する市場原簿を原データとし、これからサンプル期間中の先物契約の取引における全約定データを収集した。日中の約定データから、第4節で用いる4つの時点の日次データと第5節の時間帯別分析で用いる取引データの2つのデータセットを作成した。約定データの1レコードには、約定の年月日および時刻(hh時mm分ss秒)、約定価格、約定枚数、売り買いの区別を示す数値、板合わせを示す数値、委託・自己区分の数値、を含んでいる。ただし、原データには最良気配値(ビッドおよびアスク)は含んでいない。それゆえ気配スプレッドは算出できず、データは今回の分析では利用できないため、後述する実現スプレッドを用いた。

3.2 予備的考察

サンプル期間全体のガソリン先物価格と出来高の推移を見る。図 1 は、サンプル期間の日次データを用いてグラフに示したものである。ガソリン先物価格として番限 1 の終値、出来高として全限月の出来高合計を示している。図からわかるように、売買の活発な時期とそうではない時期とでは、出来高は大きく異なっている。

図 1 サンプル期間中の価格と出来高の推移(ガソリン先物市場)



(註)先物価格は番限 1 の終値、売買高は全番限の売買高の合計 (枚)

表 3 基本統計量(ガソリン市場)

	終値(期近)	収益率	出来高	約定総代金
サンプル サイズ	262	261	262	262
平均	29,092	0.000	102,000	2,798,510,163
分散	2,060	0.017	37,862	1,075,326,987
最大値	36,490	0.040	226,854	6,565,185,270
最小値	25,600	-0.094	3,199	96,181,250

(註)終値は番限 1 の終値 (円)、出来高は全番限の出来高の合計 (枚)

表 3 は、サンプル期間での基本統計量を示している。先物価格は番限 1 の日次の終値、売買高は、全番限の日次の出来高合計(枚)を示している。先物価格は、25,600 円から 36,490 円の間で変化し、平均 29,092 円であった。したがって、この期間における制限値幅は 800 円で一定である。日次リターンを計算すると、平均 0.0%、標準偏差 0.13%(分散 0.017 の平

方根)であった。1日の売買高は、平均 102,000 枚、標準偏差 32,792 枚(分散 37,862 の平方根)となっている。

制限値幅(ストップ高/安)の発生頻度をみる。ストップ高/安の時の価格は均衡価格ではないため、ボラティリティ、系列相関に悪影響を与えると共に、出来高も価格変化が大きいかかわらず小さくなる。値幅制限の発生頻度は、表4の通りである。番限により差はあるが、サンプル期間では5から18日となっており、特に2003年3月に集中している。これは、同年月19日に米国によるイラク空爆開始に端を発したイラク戦争の影響によるものと考えられる。この月以外では、発生回数は月に1回から2回程度と安定的である。本分析では、データの連続性を維持してサンプル数を減らさないために、ストップ高・安も通常の価格と同じようにそのまま用いることにした。なお、東京工業品取引所では当限のみ値幅制限は撤廃されることになっている。

表4 月別のストップ高/安の発生頻度

	2003年												2004年		合計	営業日 日数
	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月			
番限1	0	3	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	5	262	
番限2	0	9	0	0	1	0	2	2	2	0	0	1	0	17	262	
番限3	2	9	0	0	1	0	2	2	0	0	0	1	1	18	262	
番限4	2	8	0	0	1	0	1	2	0	0	0	1	1	16	262	
番限5	2	7	0	0	1	0	1	2	0	0	0	1	1	15	262	
番限6	2	6	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	12	262	

(注)後場の立ち会い終了時点でストップ高あるいは安となった場合のみ

新しい系列の作成方法について言及した際にも述べた通り、先物一代ごとの出来高活況度は、取引された日が何番限に相当するかによって大きく異なる。そのことを、番限ごとに売買高シェアの月別推移を見たものが表5である。月ごとには多少の変化があるものの、各番限のシェアはほぼ安定的に推移していることがわかる。番限間の比較をすると、期近の番限1のシェアが最も低く、平均で1%程度ときわめて小さい、期先へ向かうにつれてシェアが高くなる傾向がはっきり示されている。番限5と番限6の平均シェアはそれぞれ20%台と50%台となっており、売買の中心が両番限であるとみなすことができよう。このように、番限により売買の活発度にきわめて大きな違いは、金先物などにも共通で、東京工業品取引所の上場商品先物の特徴のひとつであると言える。

表5 番限別出来高月次推移

(単位:%)

	2003年												2004年	
	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	
No. 1	0.6	2.7	0.8	1.2	0.9	0.9	0.9	1.3	1.2	1.1	1.3	2.3	1.2	
No. 2	1.5	3.4	1.8	2.2	1.8	1.8	1.7	1.5	2.5	2.7	2.4	3.6	2.1	
No. 3	3.6	5.7	4.6	4.6	3.6	4.1	3.3	3.9	4.2	5.0	4.5	6.7	5.0	
No. 4	7.9	10.3	12.0	11.3	9.6	10.0	9.7	11.0	9.9	11.5	11.4	12.2	9.6	
No. 5	23.1	23.2	27.4	24.8	26.4	26.3	26.8	29.0	25.4	24.3	26.2	23.2	22.4	
No. 6	63.2	54.8	53.4	55.8	57.7	57.0	57.6	53.3	56.8	55.3	54.3	52.0	59.8	

(註)日次データより各番限の売買高シェアを求め、月毎に平均を取った。

東京工業品取引所では、先物契約の売買時には2つの売買仕法を用いている。最初の取引における付け合せは板合わせ仕法、その後はザラバに移行する。これらの売買仕法別の取引割合について、番限ごとに見たものが表6である。取引開始時の板合わせの割合は、売買が活発な番限5、6で10%未満と低い。それに対して売買の活発度の低い番限ほど板合わせの割合が高くなり、番限1では21%となっている。前場と後場の板合わせの比率は前場の方が高く、引けの板合わせ(引板)の割合は後場の方がやや高いということが分かる。流動性の低い銘柄ほど板寄せ²の割合が高い傾向を示す東京証券取引所と同様の結果である。流動性が低いと、大口取引のマーケットインパクトが大きくなる。また、取引が不活発なザラバでの取引は、情報トレーダーとの取引による損失(逆選択コスト)が大きくなる。よって、流動性が低くなるにつれて、取引コストを節約するため、一緒に集まって取引をしようというインセンティブが働くという解釈と整合的な結果である。

表6 番限別板合、ザラバの出来高比率

(単位:%)

	日次			前場			後場		
	板合	ザラバ	引板合	板合	ザラバ	引板合	板合	ザラバ	引板合
No. 1	21.3	77.1	1.6	12.8	35.8	0.4	8.5	41.2	1.2
No. 2	12.4	86.2	1.4	6.3	39.7	0.4	6.1	46.5	1.0
No. 3	10.3	88.6	1.1	5.1	40.9	0.3	5.2	47.8	0.9
No. 4	8.0	91.2	0.8	4.2	43.3	0.2	3.8	47.9	0.6
No. 5	7.4	91.8	0.8	4.0	44.7	0.2	3.4	47.1	0.6
No. 6	7.2	91.5	1.3	4.2	42.5	0.2	3.1	49.0	1.0

(註)日次データから、前場、後場における板寄、ザラバ、引板の出来高シェアを求め、全サンプル期間で平均をとった

² 東京証券取引所において、東京工業品取引所の板合わせに相当する売買仕法を板寄せと呼ぶ。一方、商品先物取引セクターにおける板寄せは板合わせとは全く異なる売買仕法である。

次に、番限別に開始時刻と終了時刻を見る。先にも述べた通り、ガソリン先物では番限 1 が 9 時から取引が開始され、次の番限の取引開始は順次 2 分ずつ遅れて開始する。表 7 は、番限別に平均取引開始・終了時刻を示したものである。どの番限も、前場・後場とも取引開始から平均で 1 分以内に板合わせでの始値がついていることがわかる。システム売買であることによりきわめて迅速な執行が実現されていることがわかる。また、番限ごとの違いを見ると、期近で約 1 分ほど余計に時間がかかっている。売買が不活発によることに加え、流動性が低い取引が最初に開始されることから、流動性の高いその他の番限における取引の様子をうかがうことによるものと考えられる。終了時刻については番限によりわずかな違いが見られ、期近は終了時刻から 10 秒前後で取引が終了するが、期先に向かうにつれずれ込むことが分かる。平均開始時刻、及び終了時刻に加え、芹田他(2005)で得られた金先物市場における流動性が低い番限は取引終了時間よりも先に取引を終えるという異なった結果と考え合わせ、ガソリン市場は東京工業品取引所で上場される先物契約のなかでも流動性が高い商品であるということができる。

表 7 取引開始時刻、終了時刻

	(h:m:s)					
	前場			後場		
	開始*	終了	集計日数	開始*	終了	集計日数
No. 1	9:00:57	10:55:55	262	12:30:14	15:30:08	247
No. 2	9:02:13	10:59:55	262	12:32:15	15:30:14	259
No. 3	9:04:13	11:00:16	262	12:34:24	15:30:29	259
No. 4	9:06:16	11:00:27	262	12:36:13	15:30:36	259
No. 5	9:08:14	11:00:35	262	12:38:13	15:30:44	259
No. 6	9:10:15	11:00:44	262	12:40:13	15:30:53	259

(註)時刻は、全サンプル期間の平均値

4. オープニングとクロージングの考察

4.1 分析方法

前場後場の始値・終値を用いて、オープニングとクロージングの 4 時点での価格形成の比較を行う。具体的には、分散比を算出する Stoll-Whaley(1990)のアプローチを用いて、後場終値に比べて他の 3 時点での価格にノイズがより多く含まれているかを検証する。

前場始値では、それ以前に夜間の取引停止時間と取引方法として板合わせを用いるという特徴がある。そこでの価格形成は他の時点と異なるという可能性が考えられる。ガソリンを

はじめとする石油製品は、グローバルに取引される原油からの連産品であり、原油価格の推移に多分に影響を与える。日本の夜間において欧米市場で活発に取引が行われている原油先物市場の動きに対して、東京工業品取引所のガソリン先物市場の前場始値が過剰反応あるいは過小反応が生じていれば、始値は他の時点での価格形成と異なる特性を示す。このような価格形成の違いを、異なる時点の価格を用いたリターンを作成し、その分散および隣接する時間の系列相関を調べることによって明らかにする。

はじめに、本節で用いる Stoll-Whaley(1990)の分析方法を説明する。夜間の時間帯で生じた情報が前場始値の時点で完全に反映されているか。不十分に反映されていれば、夜間リターンと日中リターンに正の相関が期待される。それに対して、過剰に反映されているならば、マイナスの相関が期待される。また分散比は、前場始値ベースの方が後場終値より大きくなり、分散比は 1 より大きくなることが期待される。

$P_{o,t}$ を t 時点での前場始値、 $P_{c,t}$ を t 時点での後場終値として、前場始値に基づく日次リターン $R_{o,t}$ と後場終値に基づく日次リターン $R_{c,t}$ を以下のように定義する。

$$(1) \quad R_{o,t} \equiv \log\left(\frac{P_{o,t}}{P_{o,t-1}}\right), R_{c,t} \equiv \log\left(\frac{P_{c,t}}{P_{c,t-1}}\right)$$

また、 $R_{d,t}$ を t 時点での日中リターン、 $R_{d,t}$ を $R_{d,t}$ の直前の夜間リターンとして、2 つの日次リターン $R_{o,t}$ と $R_{c,t}$ は、それぞれ以下のように日中リターンと夜間リターンに分解される。

$$(2) \quad R_{o,t} \equiv R_{d,t-1} + R_{n,t-1}, R_{c,t} \equiv R_{n,t} + R_{d,t}$$

このように分解したリターンを用いて、2 つの日次リターンについて分散比をとると、以下のようになる。

$$(3) \quad VR_t = \frac{Var(R_{o,t})}{Var(R_{c,t})} = \frac{Var(R_{d,t-1}) + Var(R_{n,t-1}) + 2Cov(R_{d,t-1}, R_{n,t-1})}{Var(R_{d,t}) + Var(R_{n,t}) + 2Cov(R_{d,t}, R_{n,t})}$$

分散比が 1 より大きい、すなわち前場始値リターンの分散がより大きいための条件は、 $Var(R_{d,t-1}) \doteq Var(R_{d,t})$ より、 $Cov(R_{d,t-1}, R_{n,t-1}) > Cov(R_{d,t}, R_{n,t})$ である。

2 つの日次リターンに反映される情報は同じと考えられるから、前場始値と後場終値で価格形成に差がなければ分散比は 1 となるはずである。しかし、これまで、Stoll-Whaley(1990)によるニューヨーク株式市場や宇野(1998)による日本の株式市場の分析では、分散比が 1 より大きい、すなわち前場始値日次リターンの分散が後場終値分散よりも大きいという結果が示されている。

4.2 分析結果

分散比を検討する前に、ガソリン先物の時間帯別の分散を見してみる。表 8 は番限 1 について、前場始値の日次リターン、後場終値の日次リターン、夜間リターン、前場リターン、昼

休みリターン、後場リターンについて、全サンプル期間で算出した分散が示されている。日次の分散(×1,000)が0.196であるのに対して、夜間の分散が0.142と日次分散の7割の大ききで、日次リターンの変動のうち、夜間での海外市場で生じた価格変化が大部分を占めていることがわかる。この結果は、宇野(1998)の日本の株式市場における立会時間中の分散が夜間の分散の平均で約2.5倍であることと大きく異なる。立ち会い時間中の変動は、前場が後場より大きいものの、それらの値は日次リターンに比べて小さいことが分かる。

表8 番限1のリターンにおける分散

	(x1,000)
終値による日次収益率	0.1958
始値による日次収益率	0.2739
夜間の収益率	0.1422
前場の収益率	0.0516
昼休中の収益率	0.0032
後場の収益率	0.0327

(註)時間帯別の分散は、番限1について、全サンプル期間から算出したもの

ガソリン先物市場について分散比を計算した結果が表9である。各番限の分散比の算出方法はStoll-Whaley(1990)と同様に、サンプル期間の13ヶ月について毎月各番限に分散比を算出し、それらから13ヶ月の平均と標準偏差を算出した。全番限は、毎月の全番限の平均値について、平均、標準偏差をとったものである。

結果は表9に示した通りである。全番限の分散比の平均は1.349と全番限について分散比が1より大きいことがわかる。宇野(1998)の東京証券取引所における分析結果と同様、ガソリン先物市場においても分散比が1を超える傾向が確認できた。番限別に見ると、番限1の平均分散比が1.489と最も大きく、番限4が1.435と続き、番限6が1.189と最も小さい。この結果は、東京証券取引所において出来高が大きい銘柄ほど分散比も高くなるという結果と異なった結果を得た。これは番限1が最初取引が始まることによる点が大きいと考えられる。

分散比の平均が1に等しいかどうかについてt値を計算し検定を行うと、番限1、2、3において有意に1と異なることがわかる。その他の番限については、統計的に優位な結果を得られなかったが、求めた分散比はいずれも1を越えており、ニューヨークや日本の株式市場と同様の傾向にあるものと考えられる。

表9 オープニング、クロー징の分散

	平均分散比	標準誤差	t-値	平均標準偏差	平均分散差 (x 1,000)	サンプルサイズ
All	1.349	0.136	2.560 *	0.329	0.046	13
No. 1	1.489	0.160	3.059 **		0.077	13
No. 2	1.416	0.127	3.273 **		0.058	13
No. 3	1.301	0.123	2.458 *		0.045	13
No. 4	1.435	0.255	1.705 -		0.041	13
No. 5	1.265	0.150	1.772 -		0.039	13
No. 6	1.189	0.141	1.336 -		0.014	13

注)**,*は、t-検定において1%、5%の水準で有意であることを表している。

(註)平均分散比、標準偏差は、全サンプル期間（13ヶ月）から毎月の分散比を算出してから算出したもの

次に、夜間リターンと日中リターンの系列相関の有無について調べてみる。表 10 の通りである。同表左から 2 列までは番限ごとに前日日中リターン $R_{d,t-1}$ と前日夜間リターン $R_{n,t}$ との相関係数および、前日夜間リターン $R_{n,t}$ と当日日中リターン $R_{d,t}$ の相関係数を示している。前日日中リターンとその直後の夜間リターンとの相関は全ての番限において有意ではないものの、どの番限でもプラスである。一方、前日夜間リターンとその直後の日中リターンでは全ての番限でマイナスとなっている。したがって、前者の相関係数が後者のそれを上回っており、(3)式より、分散比が 1 より大きくなることがわかる。

表 10 日中リターンと夜間リターンの系列相関

	$\rho(R_{oc-1}, R_{co})$		$\rho(R_{co}, R_{oc})$		$\rho(R_{co}, R_{moc})$		$\rho(R_{moc}, R_{maco})$		$\rho(R_{maco}, R_{aoc})$	
	t-value	t-value	t-value	t-value	t-value	t-value	t-value	t-value	t-value	
No.1	0.164	2.682 **	-0.176	-2.875 **	-0.159	-2.588 *	0.203	3.246 **	0.056	0.878
No.2	0.226	3.740 **	-0.120	-1.953	-0.168	-2.738 **	0.175	2.855 **	-0.112	-1.805
No.3	0.142	2.302 *	-0.122	-1.986 *	-0.138	-2.238 *	0.012	0.186	-0.230	-3.788 **
No.4	0.092	1.487	-0.153	-2.500 *	-0.135	-2.187 *	0.190	3.103 **	-0.076	-1.220
No.5	0.099	1.595	-0.131	-2.120 *	-0.127	-2.066 *	0.072	1.151	0.025	0.394
No.6	0.063	0.994	-0.040	-0.625	-0.028	-0.443	0.131	2.115 *	-0.144	-2.332 *

注)**,*は、t-検定において1%、5%の水準で有意であることを表している。

(註) $R_{d,t-1}$: 前日の日中リターン、 $R_{n,t}$: 夜間リターン $R_{d,t}$: その日の日中リターン R_{moc} : 前場リターン、 R_{maco} : 昼休みリターン R_{aoc} : 後場リターン

東京工業品取引所のガソリン先物市場は、東京証券取引所と同様に昼の 11 時から 12 時 30 分まで取引休止時間があり、昼の休憩を挟んだ後場の始値にも板合わせが行われている。そこで、Amihud-Mendelson(1991)が東京証券取引所で分析したように、取引中断後の板合わせの取引メカニズム自体が分散を大きくするのか、取引中断の時間が関係するののかどうかを見るために、前場終値、後場始値に基づく日次リターンについて、後場終値の分散に対する分散比を算出した。取引メカニズムのみの問題であれば、後場始値の日次リターンについても、前場始値の日次リターンと同じような分散比が得られるはずである。前場始値および後

場始値の日次リターン分散が先の2つの分散と比較して差があるかどうかを見るために分散比を算出した。結果は表11の通りである。後場始値を用いた分散比はどの番限においてもプラスとなっており、そのうち統計的に優位に1と異なるという結果を得たのは番限2のみである。しかし、前場始値による分散比の大きさに比べると、後場始値の同比の方が小さく、Amihud-Mendelson(1990)の結果と同様に、夜間という取引中断時間の長いことが前場始値の日次リターンの分散を大きくしていると考えられる。特に、原油をはじめとする石油商品を扱う海外市場における価格形成に影響を受けるガソリン先物では、そのような傾向が生じるのは十分に予想される。また、前場始値についても同様に後場終値に対して分散比をとって見たが、結果は表11(上)の前場始値のケースと同様で、分散比はすべての番限で1より大きくなった。

表11 前場クロージング(上)／後場オープニング(下)と後場クロージング分散比

	平均分散比	標準誤差	t-値	平均標準偏差	平均分散差 (x 1,000)	サンプルサイズ
All	1.070	0.074	0.953 -	0.165	0.009	13
No. 1	1.070	0.050	1.421 -		0.008	13
No. 2	1.086	0.084	1.021 -		0.012	13
No. 3	1.026	0.080	0.322 -		0.006	13
No. 4	1.106	0.110	0.971 -		0.014	13
No. 5	1.072	0.086	0.838 -		0.010	13
No. 6	1.060	0.098	0.613 -		0.006	13

注) **, *は、t-検定において1%、5%の水準で有意であることを表している。

	平均分散比	標準誤差	t-値	平均標準偏差	平均分散差 (x 1,000)	サンプルサイズ
All	1.120	0.074	1.621 -	0.194	0.016	13
No. 1	1.188	0.072	2.602 *		0.018	13
No. 2	1.125	0.082	1.516 -		0.017	13
No. 3	1.091	0.089	1.023 -		0.018	13
No. 4	1.152	0.112	1.362 -		0.021	13
No. 5	1.103	0.096	1.074 -		0.015	13
No. 6	1.062	0.085	0.724 -		0.006	13

注) **, *は、t-検定において1%、5%の水準で有意であることを表している。

(注)数値の算出方法は表9と同じ

5. イントラデーパターン：日中取引データを用いた分析

前節は日中の4時点のみに注目した分析であった。本節では、すべての約定された取引データを用い、時間を30分間隔の10の時間帯に区切って、より詳しくイントラデーパターンを調べてみるによって、以下の基本的な疑問を明らかにする。前場終値ベースの日次リターンの分散が大きいことから、前場の取引開始時周辺での高いボラティリティが予想されるが、その後のザラバの時間帯でどのように減少していくのであろうか。株式市場ではボラティリティのイントラデーパターンとしてU字型がしばしば指摘されているが、ガソリン先物ではどのようなパターンを示すのであろうか、また、そのようなボラティリティのイントラデー

パターンが取引の集中度やビッド・アスク・スプレッドとどのような関係性があるのか、さらに、流動性が大きく異なる番限間でイントラデーパターンにどのような違いがあるのかについて検証を行うことにする。

取引関連変数として、売買高、売買金額、約定件数を用いた。また、ボラティリティとしては、全 30 分間の始値と終値から算出される対数リターンの時間帯別の分散および時間帯別のリターンの絶対値を用いた。スプレッドとしては、気配スプレッドのデータが利用できないため、約定レコードの系列から算出される実現スプレッドを用いる。

実現スプレッドの算出方法は以下の通りである。1 件の約定レコードには、約定の年月日および時刻、約定価格、売り買いの別が記録されている。売り買いの別は、その約定が売り指値とマッチングされたのであれば「買い」、買い指値とのマッチングであれば「売り」を示すとわれわれが判断して作成した変数である。約定レコードを時間順に並べ、「売り」(「買い」)の直後に「買い」(「売り」)が入ったとき、すなわち、連続する約定がビッド側とアスク側で交互に行われたとき、異なる両側の約定価格差の絶対値を実現スプレッドとして計測した。

5.1 売買関連変数のイントラデーパターン

表 12 と図 2 は、時間帯別の出来高(板合わせを含む)を示している。また、表 13 は番限間の出来高の違いを調整するため、各番限に 1 日の出来高に対する各時間帯の占める割合を示したものである。これらの表から、番限間に売買高の大きな差があるものの、どの番限でも「W 字型」を示すことがわかる。すなわち、最初の 30 分間の売買高が最も大きく、その後売買高は低下し、後場最初の 30 分で売買高が多くなり、その後売買高は減少し後場の終了間近になると再び売買高が増加するというものである。

番限 1 では前場始値での板合わせの割合が高いため、9 時から 30 分間の出来高シェアは 25.6%と他の番限に比べて飛び抜けて大きい特徴を示している。一方、最終の 30 分間における取引の割合は 9.2%と他の限月より低くなっている。番限 1 を除いた番限 2~6 では、最初の 30 分間のシェアが 14~18%、最終の 30 分間のシェアが 11~12%と時間帯ごとのシェアは類似している。

表 12 30 分間隔の平均約定枚数(板合わせを含む)

(単位:枚)

	900	930	10:00	10:30	12:30	13:00	13:30	14:00	14:30	15:00
No1	202	110	80	82	159	71	61	58	62	90
No2	403	226	180	198	321	160	146	142	152	229
No3	834	504	418	415	691	369	326	314	343	490
No4	2,066	1,307	1,125	1,095	1,549	919	842	824	893	1,219
No5	5,599	3,390	2,857	2,810	3,899	2,237	2,087	2,117	2,295	3,001
No6	12,300	7,033	6,080	6,182	8,403	5,023	4,682	4,812	5,534	7,289

図 2 30 分間隔の平均約定枚数(板合わせ含む、表 12 のグラフ)

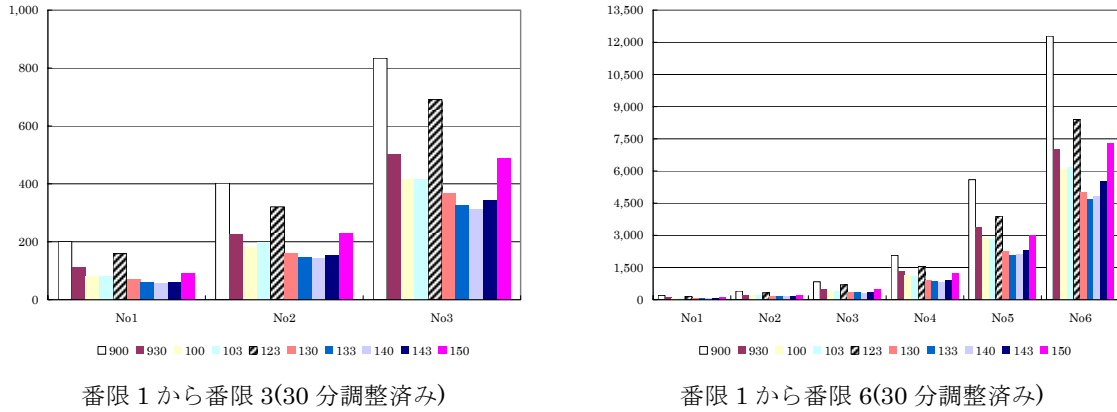


表 13 30 分間隔の平均約定枚数シェア(板合わせを含む)

(単位:%)

	900	930	10:00	10:30	12:30	13:00	13:30	14:00	14:30	15:00
No1	25.6	11.2	7.4	7.4	15.7	6.8	5.8	5.3	5.6	9.2
No2	17.7	11.1	8.7	9.0	14.0	7.5	6.7	6.8	7.1	11.3
No3	16.1	11.5	9.3	9.1	13.0	8.1	7.2	6.9	7.6	11.2
No4	15.0	12.0	10.2	10.0	11.0	8.0	7.3	7.3	8.1	11.1
No5	15.2	12.5	10.4	10.2	10.2	7.9	7.3	7.4	8.2	10.7
No6	13.9	11.9	10.1	10.2	9.3	8.2	7.6	7.7	9.0	12.1

(註)シェアは、各限月の 1 日分を 100%とした時の各時間帯の占める割合を日次で算出し、全サンプル期間での平均

表には示していないが、板寄せを除いた場合にはよりなだらかな「U 字型」を示すこともわかった。また、売買金額、売買件数でも同様の分析を行ったが、売買高と同様の W 字型 (売買件数では U 字型) を示していることがわかったが類似の結果のため表にしていない。

5.2 ボラティリティのイントラデーパターン

30 分間隔の各時間帯に、始値と終値をピックアップして時間帯の対数リターンを算出し、全サンプル期間で同一時間帯のリターン系列から、分散を求めた³。表 14 と図 3 の通りである。

どの番限でも、立ち会い開始 30 分間のボラティリティが時間帯より大きいことがわかる。また、日中全体では流動性が低い番限 1、2、3 では、U 字型を示すことがわかる。取引開始後及び前場終了 1 時間前からのボラティリティが高く、午後取引開始後しばらくの時間、特

³ 番限 2~6 は、立ち会い開始時刻が 2 分ずつ遅れるため、9 時から最初の 30 分間の分散は、30 分当たりに変換して算出している。

に 13 時から 14 時のボラティリティが他の時間帯に比べて小さくなっている。期先になるにつれ、後場の最終 1 時間でボラティリティが増大する傾向にある。番限 5、6 では前場最初 1 時間とほぼ同じ水準にまで高まるのに対して、番限 1、2 では後場最終近くではボラティリティが少し上昇するに過ぎない。

表 14 30 分間隔における収益率のボラティリティ

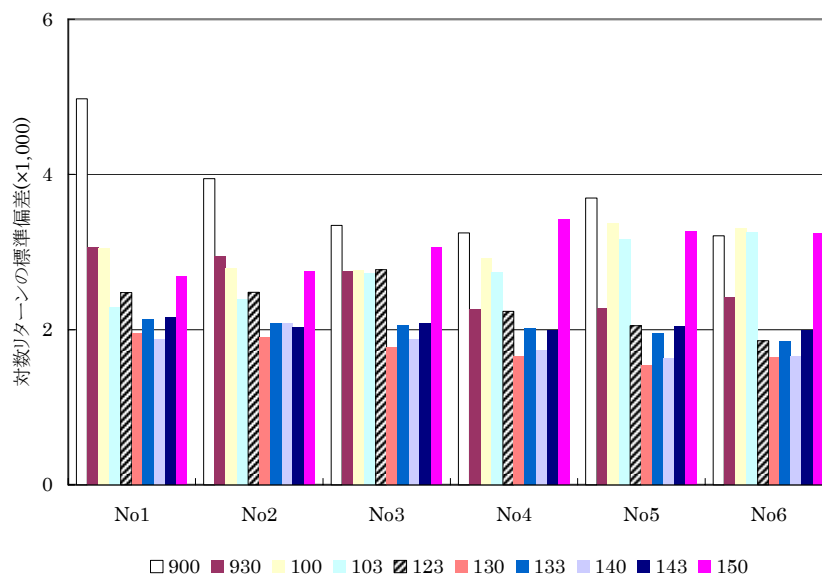
(単位: x1,000)

	900	930	10:00	10:30	12:30	13:00	13:30	14:00	14:30	15:00
No1	4.974	3.062	3.048	2.292	2.478	1.953	2.139	1.870	2.159	2.688
No2	3.946	2.950	2.795	2.393	2.482	1.898	2.076	2.080	2.027	2.752
No3	3.343	2.752	2.764	2.732	2.771	1.775	2.050	1.868	2.080	3.059
No4	3.249	2.262	2.923	2.734	2.235	1.658	2.019	1.735	1.991	3.420
No5	3.696	2.279	3.378	3.170	2.052	1.535	1.956	1.630	2.040	3.265
No6	3.210	2.424	3.305	3.252	1.856	1.643	1.847	1.654	1.996	3.239

(註)ボラティリティは、同一番限で同一時間帯の対数リターンを全サンプル期間集めて算出した分散

(註)900 (9:00-9:29) のボラティリティの算出では、番限 2~6 は時間を 30 分当たりに変換している

図 3 30 分間隔における収益率のボラティリティ



ボラティリティの時間帯ごとの違いおよび曜日ごとに違いについて統計的検定を行うため、時間帯ダミー(13:00-13:30 を基準)および曜日ダミー(金曜日)を用いて各番限に以下の回帰分析を行った。なお、ボラティリティの定義として、時間帯リターンの絶対値 $|R_t|$ を用いている。

$$(4) \quad |R_t| = b_0 + \sum_{i=1}^4 c_i DW_{it} + \sum_{i=1}^9 d_i DT_{it} + u_t$$

回帰分析の結果は、表 15 にある。

表 15 曜日間及び日中ボラティリティ変動の差の検定

	番限					
	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6
Const.	0.0014 ** (7.628)	0.0013 ** (9.872)	0.0012 ** (9.178)	0.0012 ** (9.291)	0.0011 ** (7.950)	0.0011 ** (7.856)
Dum _{mon}	-0.0001 · (-0.641)	-0.0001 · (-0.693)	0.0000 · (0.053)	-0.0001 · (-0.553)	-0.0001 · (-0.509)	0.0001 · (0.698)
Dum _{tue}	0.0000 · (-0.006)	0.0002 · (1.584)	0.0003 ** (2.735)	0.0001 · (1.309)	0.0002 · (1.291)	0.0002 · (1.404)
Dum _{wed}	0.0000 · (-0.244)	0.0000 · (0.171)	0.0000 · (0.196)	-0.0001 · (-0.737)	-0.0002 · (-1.307)	0.0000 · (0.230)
Dum _{thu}	0.0001 · (0.585)	0.0001 · (0.488)	0.0001 · (1.084)	0.0000 · (0.177)	-0.0001 · (-0.774)	0.0000 · (0.312)
Dum ₉₀₀	0.0019 ** (9.192)	0.0015 ** (9.788)	0.0014 ** (8.994)	0.0013 ** (8.305)	0.0013 ** (7.788)	0.0010 ** (6.474)
Dum ₉₃₀	0.0008 ** (3.890)	0.0009 ** (5.534)	0.0008 ** (5.261)	0.0006 ** (3.776)	0.0006 ** (3.616)	0.0005 ** (3.271)
Dum ₁₀₀	0.0005 * (2.413)	0.0003 * (2.223)	0.0004 ** (2.588)	0.0004 ** (2.637)	0.0004 * (2.523)	0.0004 * (2.194)
Dum ₁₀₃	0.0005 * (2.440)	0.0004 * (2.263)	0.0005 ** (3.420)	0.0005 ** (3.067)	0.0005 ** (3.136)	0.0005 ** (3.051)
Dum ₁₂₃	0.0003 · (1.595)	0.0003 · (1.829)	0.0004 * (2.365)	0.0003 · (1.695)	0.0002 · (1.464)	0.0001 · (0.492)
Dum ₁₃₃	0.0000 · (0.225)	0.0000 · (0.086)	0.0001 · (0.331)	0.0001 · (0.340)	0.0001 · (0.586)	0.0000 · (0.257)
Dum ₁₄₀	-0.0001 · (-0.284)	0.0000 · (0.315)	0.0001 · (0.599)	0.0000 · (0.263)	0.0001 · (0.429)	0.0001 · (0.428)
Dum ₁₄₃	0.0001 · (0.631)	0.0001 · (0.520)	0.0002 · (1.194)	0.0002 · (1.367)	0.0003 · (1.735)	0.0003 · (1.746)
Dum ₁₅₀	0.0005 * (2.265)	0.0005 ** (3.156)	0.0007 ** (4.554)	0.0010 ** (6.565)	0.0010 ** (5.932)	0.0009 ** (5.564)
sample size	2497	2601	2600	2601	2602	2602
Adjusted · R ²	0.049	0.058	0.050	0.048	0.040	0.030
F-value	10.960 **	13.366 **	11.480 **	11.028 **	9.330 **	7.283 **

(註)Dum^{day} : 曜日ダミー (金曜日を基準) Dum^{time} : 時間帯ダミー (1300 を基準)

カッコ内は t 値を表す

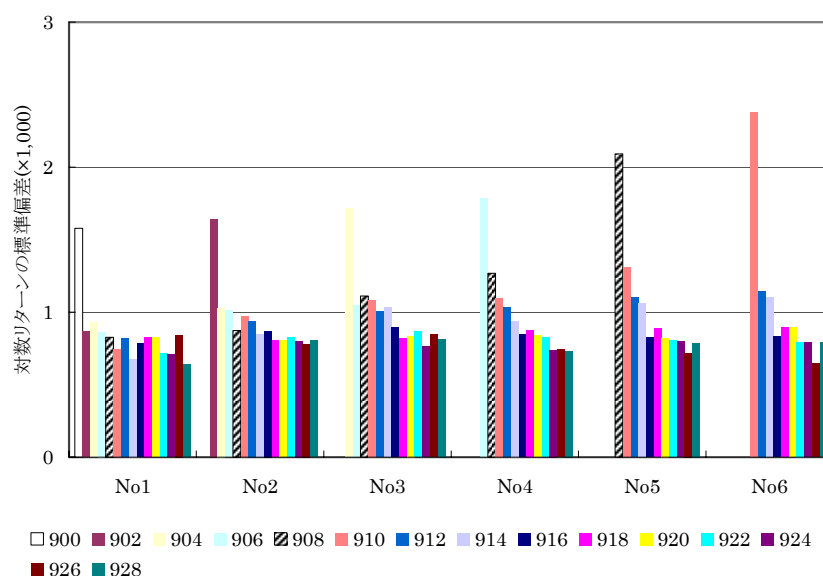
まず曜日間の違いについては、統計的に有意に差があるとは言えなかった。番限 1 を除くその他番限において火曜日のボラティリティが比較的高い推定結果を得たが、これは週明けの欧米市場の取引が日本市場に波及することとの関連性が考えられる。

時間帯間の違いでは、どの番限でも類似の結果となっている。9:00-9:30 で最も高く、つい

で 15:00-15:30、9:30-10:00 が高い。いずれも 13 時から 13 時 30 分の 30 分間に比べて有意な差がある。このような取引開始時周辺と終了時周辺でのボラティリティの増加は、出来高がこの時間帯に集中することと関連するものと考えられる。すなわち、取引が少ない昼周辺の時間帯ではそれまでの取引のプロセスで情報が価格に反映され、売買高とボラティリティが共に低水準となり、その後、取引終了時周辺ではポジションを調整する取引が活発になりボラティリティも上昇すると考えられる。

次に、取引開始の最初の 30 分間におけるボラティリティが他の時間帯よりも大きいため、最初の 30 分をさらに 2 分ごとに細分化して 2 分間の分散を算出し、最初の 30 分間におけるボラティリティがどの時点で高く発生するのかを示したものが図 4 である。

図 4 取引開始から 30 分間における収益率のボラティリティ(2 分間隔)



(註)ボラティリティは、同一番限で同一時間帯の対数リターンを全サンプル期間集めて算出した分散

(註)番限 2 以降は 2 分ずつ取引開始が遅れるため、取引されていない時間帯のボラティリティは未表示

いずれの番限も取引開始から 2 分間のボラティリティが最も高いことが分かる。番限別にみると、番限 1 は売買が最も少なく他の番限よりも速く取引されるため、最初の数分で大きなボラティリティが発生すると考えられる。しかし、その大きさは流動性が高まるにつれて大きくなっていることが分かった。全売買高の 50%以上を占める番限 6 の取引開始直後の時間帯である 9:10-9:12 において、ボラティリティが最大となる。どの番限においてもボラティリティが最大となった芹田他(2005)の金先物市場における分析結果と同様の結果であるが、9:10-9:12 において、番限 6 のボラティリティが最大となることは、金先物では見られないガソリン先物市場に特有の現象である。

以上の回帰分析の結果から、日中のボラティリティは U 字型を示し、時間帯ごとの差につ

いては統計的に有意であることがわかった。また、いずれの番限においても昼休みの中断にかけてボラティリティが増加するという傾向が有意に見られた。

5.3 実現スプレッドのイントラデーパターン

実現スプレッド（時間帯別平均値）のイントラデーパターンをしてみる。30分ごとの各時間帯の平均は、時間帯内で計測された実現スプレッドをその件数で割った単純平均である。表 16 及び図 5 の通りである。まず、番限間でスプレッドの大きさとイントラデーパターンが大きく異なることがわかる。

スプレッドの大きさについては、期近の番限ほどスプレッドが大きいことがわかる。特に、番限 1 のスプレッドが大きい。これは、期近になるほど出来高が小さくなることと対応していると考えられる。売買の最も不活発な番限 1 では、実現スプレッドも最大となる。番限 1、2 ではほとんどの時間帯で平均スプレッドが 10 円を超えている。これは、実現スプレッドが 20 円以上に開いていることがしばしば起こっているためである。それに対して、番限 3 では一部の例外を除きどの時間帯でも平均スプレッドは 10 円に近い。さらに番限 4、5、6 と流動性が高い番限になるとスプレッドは 10 円未満となる。スプレッドの最小値は 10 円であるから、ほとんどが最小更新値幅である 10 円に張り付いており、ゼロスプレッドがしばしば生じることを示している。

また、実現スプレッドが最小なのは、売買が最も活発な番限 6 ではなく、最小は番限 4 もしくは、番限 5 となっていることにも注意すべきである。番限 4、5 では板の厚みが薄く番限 6 よりもゼロスプレッドが相対的に多く発生するためではないかと考えられる。ゼロスプレッドが発生する場合は、成行注文で最良気配の板が消滅し、その直後に反対の指値注文が入りその直後にその指値に対応した成り行き注文が入る場合で、起こる頻度が小さいと考えられる。特に、売買が活発で板が厚い番限 6 ではそのような現象が起きにくいことを示している。

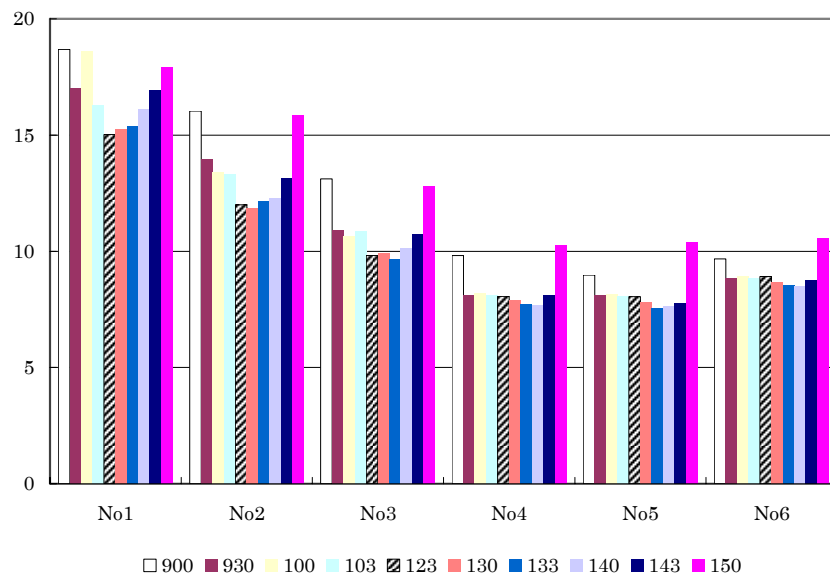
番限ごとのイントラデーパターンの違いについてみる。番限 1、2、3 では、立ち会い開始直後のスプレッドが最大でその後低下し、立ち会い終了直前にスプレッドが上昇するという U 字型を示している。それに対して、番限 4、5、6 については取引開始から 30 分、及び取引終了までの 30 分以外はフラットに推移している。これらの番限の流動性が高く、スプレッドが最小値の 10 円に張り付いてしまっているためと考えられる。もし、最小更新値幅が 10 円以下で設定されているのであれば、実現スプレッドのイントラデーパターンはどの番限でも U 字型を示すと思われる。立ち会い開始直後にスプレッドが高い水準を示すのは、番限 1、2、3 であることから、番限 1、2、3 のスプレッドに影響を与えたのは主に出来高の活況度であり、立ち会い開始直後の高いボラティリティがスプレッドに与える影響は小さいと考えられる。

表 16 実現スプレッド

(単位:円)

	900	930	10:00	10:30	12:30	13:00	13:30	14:00	14:30	15:00
No1	18.7	17.0	18.6	16.3	15.0	15.2	15.4	16.1	16.9	17.9
No2	16.0	13.9	13.4	13.3	12.0	11.8	12.1	12.3	13.1	15.9
No3	13.1	10.9	10.7	10.9	9.8	9.9	9.7	10.1	10.7	12.8
No4	9.8	8.1	8.2	8.1	8.1	7.9	7.7	7.7	8.1	10.3
No5	9.0	8.1	8.2	8.1	8.0	7.8	7.6	7.6	7.8	10.4
No6	9.7	8.9	8.9	8.8	8.9	8.6	8.5	8.5	8.8	10.6

図 5 実現スプレッド



次に、実現スプレッドが、曜日、時間帯で違いがあるかどうかを、ボラティリティと同様に回帰分析を行って検定を試みた。表 17 の通りである。曜日による違いは、ボラティリティと同様で、特に有意に推定される曜日が推定できなかった。一方、時間帯ごとの違いを見ると、いずれの番限においても図 5 から予想されるように、取引開始 30 分間、及び取引集までの 30 分間で有意に高いことが示されている。一方、番限 5、6 において、後場後半(14 時 30 分からの 30 分間)において有意にマイナスで推定されたが、この時間帯における板の厚みが相対的に薄いことでゼロスプレッドが生じやすくなったためと考えられる。

表 17 曜日間及び日中の実現スプレッドの検定

	番限					
	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6
Const.	15.3842 ** (4.880)	12.3719 ** (37.724)	9.9667 ** (43.502)	8.0311 ** (54.390)	7.8628 ** (80.870)	8.7881 ** (143.167)
Dum _{mon}	1.0913 [˘] (0.404)	-0.1729 [˘] (-0.611)	0.2001 [˘] (1.010)	0.1209 [˘] (0.946)	0.1643 [˘] (1.953)	0.0567 [˘] (1.075)
Dum _{tue}	0.3886 [˘] (0.146)	-0.3291 [˘] (-1.187)	0.1771 [˘] (0.913)	-0.0417 [˘] (-0.334)	0.0690 [˘] (0.838)	0.0291 [˘] (0.559)
Dum _{wed}	0.0531 [˘] (0.020)	-0.4019 [˘] (-1.458)	-0.2138 [˘] (-1.112)	0.0193 [˘] (0.156)	0.0852 [˘] (1.044)	0.0073 [˘] (0.141)
Dum _{thu}	3.4554 [˘] (1.321)	-0.2236 [˘] (-0.824)	0.2003 [˘] (1.052)	0.1512 [˘] (1.234)	0.0589 [˘] (0.730)	0.0617 [˘] (1.210)
Dum ₉₀₀	3.7386 [˘] (1.007)	4.2350 ** (10.792)	3.3435 ** (12.202)	1.9529 ** (11.043)	1.1625 ** (9.985)	0.9555 ** (13.008)
Dum ₉₃₀	1.8631 [˘] (0.501)	2.1445 ** (5.465)	1.0751 ** (3.920)	0.2130 [˘] (1.203)	0.3006 ** (2.582)	0.2024 ** (2.755)
Dum ₁₀₀	1.9231 [˘] (0.514)	1.2352 ** (3.142)	0.4780 [˘] (1.739)	-0.0376 [˘] (-0.212)	0.0804 [˘] (0.690)	0.0235 [˘] (0.319)
Dum ₁₀₃	9.5952 * (2.572)	1.5582 ** (3.955)	0.9483 ** (3.451)	0.0353 [˘] (0.199)	0.0668 [˘] (0.573)	-0.0155 [˘] (-0.211)
Dum ₁₂₃	0.1435 [˘] (0.038)	0.2584 [˘] (0.655)	-0.0863 [˘] (-0.314)	0.0831 [˘] (0.469)	0.2854 * (2.444)	0.2381 ** (3.232)
Dum ₁₃₃	0.1043 [˘] (0.028)	0.3797 [˘] (0.962)	-0.1408 [˘] (-0.511)	-0.1428 [˘] (-0.804)	-0.1939 [˘] (-1.661)	-0.0868 [˘] (-1.177)
Dum ₁₄₀	0.1736 [˘] (0.046)	0.4586 [˘] (1.159)	0.4077 [˘] (1.479)	-0.1352 [˘] (-0.762)	-0.1494 [˘] (-1.278)	-0.1175 [˘] (-1.594)
Dum ₁₄₃	-0.0578 [˘] (-0.016)	0.6616 [˘] (1.673)	0.5347 [˘] (1.940)	0.0253 [˘] (0.142)	-0.2860 * (-2.442)	-0.1496 * (-2.029)
Dum ₁₅₀	1.9166 [˘] (0.514)	3.8851 ** (9.823)	2.6315 ** (9.519)	1.4204 ** (7.992)	0.9105 ** (7.759)	0.6013 ** (8.130)
sample size	2426	2523	2539	2543	2541	2553
Adjusted - R ²	0.000	0.092	0.113	0.104	0.102	0.139
F-value	1.078 [˘]	20.572 **	25.828 **	23.655 **	23.198 **	32.721

(註)数値の算出方法、説明変数は表 15 と同じ、被説明変数は、各日・各時間帯の平均実現スプレッド

5.4 注文種別の推移

分析に用いたデータには、個々の発注売レコードに対応して自己・委託注文別の売買情報があるため、この全出来高に占める自己と委託の比率について見る事ができる。この区分は、日本の株式市場の取引データにはないもので、会員のマーケットメイク機能を分析する上で重要なデータである。自己と委託の比率は、約定時にマッチングされたすべての売りと買いの注文を集め、その中での自己と委託の割合を求めることによって算出している。1つの約定は、買い注文と売り注文のマッチングによるので、マッチングされたすべての買いと売りの注文数量を工芸すると出来高の2倍となる。

表 18 は自己・委託比率を番限ごとに月次の推移を示したものである。どの番限でも月ごとの比率は変化するものの安定的に推移している。また、自己の比率も多くの番限及び期間

で60%を超えており、自己の価格形成や流動性の提供に果たす役割が大きいことを示している。会員がマーケットメイク機能を十分に果たしているかどうかを判断するためにはさらに詳細な分析が必要とされる。

番限間の比較を比較すると、番限1の自己比率が最も低い。この結果は芹田他(2005)の金先物市場同様の結果であり、売買が最も不活発な番限1こそマーケットメイクの役割が最も必要とされ、自己の割合が高くなると予想されるが、逆の結果となった。これは、番限1において板合わせの割合が高く、板合わせでは会員によるマーケットメイクの必要性が低いためと考えられる。また、番限1から順次自己の割合が高くなることが分かった。

表 18 売買による自己・委託注文割合

	番限1		番限2		番限3		番限4		番限5		番限6	
	自己	委託	自己	委託	自己	委託	自己	委託	自己	委託	自己	委託
2003年 2月	45%	55%	46%	54%	46%	54%	56%	44%	66%	34%	64%	36%
3月	42%	58%	40%	60%	44%	56%	55%	45%	61%	39%	64%	36%
4月	33%	67%	43%	57%	49%	51%	59%	41%	61%	39%	64%	36%
5月	39%	61%	47%	53%	56%	44%	64%	36%	67%	33%	66%	34%
6月	37%	63%	48%	52%	53%	47%	64%	36%	66%	34%	62%	38%
7月	40%	60%	47%	53%	52%	48%	65%	35%	69%	31%	65%	35%
8月	37%	63%	45%	55%	52%	48%	61%	39%	65%	35%	64%	36%
9月	38%	62%	46%	54%	51%	49%	61%	39%	64%	36%	63%	37%
10月	40%	60%	48%	52%	54%	46%	67%	33%	71%	29%	68%	32%
11月	39%	61%	47%	53%	53%	47%	61%	39%	67%	33%	66%	34%
12月	38%	62%	47%	53%	55%	45%	62%	38%	66%	34%	64%	36%
2004年 1月	49%	51%	51%	49%	53%	47%	59%	41%	65%	35%	64%	36%
2月	44%	56%	50%	50%	54%	46%	63%	37%	69%	31%	67%	33%

(注)期間の取り方は、月末の第4営業日前が納会日に当たるので、その翌日から納会日までのほぼ1ヶ月間とした。

表 19 は番限ごとに時間帯別の自己注文比率を見たものである。まず、寄板合わせでの自己比率を見ると、ザラバよりも低く前場の板合わせでは10%前後である。番限間での自己比率の違いを見ると、寄り板合わせ、引け板合わせにおいて番限1がもっとも高く、順次その割合が低下するということがわかった。ザラバ取引では時間帯別における自己の比率に大きな差が見られない。また、番限別にみると番限6で最も大きく番限が小さくなるに従ってその割合も低下することがわかる。出来高が時間帯ごとに大きな差があることを考慮すると、自己の比率は出来高の変化とは関係なく、日中の時間帯でも安定的と考えることができる。

板合わせにおいては流動性の低い番限1での自己の割合が高く、ザラバでは流動性のある番限6において同割合が高い。板合わせにおいては自己によるマーケットメイク機能と整合的な結果となった。全体的には自己と委託の比率は番限ごとに比率に差はあるものの、時系列、及びイントラデーでみて安定的といえる。

表 19 時間帯別、出来高に占める自己の割合

	番限1	番限2	番限3	番限4	番限5	番限6
寄板合	14.0%	11.6%	10.2%	9.4%	8.2%	8.3%
900	22.9%	30.2%	37.2%	46.6%	51.7%	46.4%
930	41.1%	46.1%	52.2%	62.9%	68.0%	66.5%
1000	41.5%	46.9%	51.8%	64.3%	69.3%	67.5%
1030	42.6%	47.7%	52.8%	65.5%	70.1%	68.3%
引板合	58.1%	63.6%	62.9%	61.0%	55.3%	48.7%
寄板合	18.6%	16.5%	17.3%	14.2%	13.4%	11.4%
1230	21.7%	28.1%	32.5%	41.6%	44.9%	44.0%
1300	42.0%	48.1%	53.1%	65.2%	68.4%	67.7%
1330	42.9%	47.6%	53.8%	65.7%	69.8%	68.8%
1400	42.2%	47.0%	54.7%	66.6%	69.9%	68.9%
1430	41.6%	48.5%	54.2%	66.4%	71.0%	69.6%
1500	39.6%	44.5%	51.7%	61.7%	66.9%	65.6%
引板合	39.0%	34.6%	35.3%	36.9%	36.1%	28.6%

(註)900、1230 の数値は、寄り板合わせを除いたザラバのみの数値

6. おわりに

本研究では、取引データベースを用いて東京工業品取引所のガソリン先物市場における日中の価格形成と取引パターンについての実証分析を行った。本論文の主な結果は以下の通りである。

予備的な分析により、番限間で売買活況度に大きな差が存在していること、どの番限でも取引開始後平均で1分未満に板合わせによって速やかに約定されること、売買の不活発な番限ほど、板合わせの割合が高いことなどが明らかになった。

日次の4時点（前場・後場の始値と終値）のオープニングとクロージングの分析では、まず、株式市場とは異なり、ガソリン先物では夜間リターンのボラティリティが日次ボラティリティに占める割合が80%と支配的であることに大きな特徴がある。日次リターンから分散を算出し大きさを比較したところ、前場始値に基づく分散が後場終値に基づくものよりも大きいことがわかった。さらに、前場始めは取引中断時間が長いことによりノイズが大きいことが明らかになった。

個々の取引データを用いたイントラデーパターンの分析では、出来高はどの番限でも時間

帯別で W 字形を示すこと、ボラティリティはどの番限でも、立ち会い開始直後のボラティリティが飛び抜けて大きく、時間帯別では U 字型を示すことが明らかになった。立ち会い開始直後の高いボラティリティは売買が最も活発な番限 6 の取引開始の影響が大きい。

実現スプレッドの時間帯別においては、売買が相対的に多くない期近物で U 字型を示したが、売買の中心の期先物ではほぼフラットな形状であった。

以上の結果から、株式市場や芹田他(2005)による金先物市場での結果と類似の結果が多く見いだされた。他方、ガソリン先物に特徴的な結果もいくつか見つけることができた。それは、石油製品という特殊な商品であり、それを作る原料となる原油の主要な取引は欧米市場で行われること、商品では私的情報が限定されること、各番限が 2 分遅れで取引がスタートすることに大きな要因があると考えられる。それゆえ、今後は原油をはじめとする石油に関する諸性質を考慮した商品先物市場のマイクロストラクチャーの研究を進めていく意義は大きいといえよう。

本研究は、ガソリン先物市場におけるマイクロストラクチャーの初めての実証研究であるため、基本的な事実を示すにとどまっている。そのため残された課題は多い。今後は、日中取引データを用いて、気配スプレッドの分析、指値注文の板の分析、自己と委託の注文の違いが与える影響や海外における商品先物市場との情報伝達の仕組みなど、さらに多くの分析を積み重ねる必要がある。

参考文献

- [1] 宇野淳(1998), 「オープニングの価格形成」 大村・宇野・川北・俊野「株式市場のマイクロストラクチャー」第5章 日本経済新聞社
- [2] 宇野淳・大村敬一(1998), 「マーケット・マイクロストラクチャーによる実証分析第2回 スプレッド」 証券アナリストジャーナル、1998年10月号、95-119
- [3] 宇野淳・大村敬一(1999), 「マーケット・マイクロストラクチャーによる実証分析 第5回イントラデーパターン」 証券アナリストジャーナル、1999年1月号、125-145.
- [4] 坂本智幸・芹田敏夫・濱田隆道(2006), 「取引メカニズムが異なる異なる市場間競争が価格形成に与える影響 —二つのガソリン先物市場の比較分析—」市場構造研究所ワーキングペーパーシリーズ, No.06-1.
- [5] 芹田敏夫・濱田隆道・荒木浩介・坂本智幸(2005), 「金先物市場の日中の価格形成と流動性：取引データに基づく実証研究」 東京工業品取引所 市場構造研究所ワーキングペーパーシリーズ, No.05-1.
- [6] Amihud, Y. and H. Mendelson(1991), "Volatility, Efficiency, and Trading: Evidence from the Japanese Stock Market." *Journal of Finance*, vol.46, 1765-1789.
- [7] Gerety, M.S. and J.H. Mulherin(1994), "Price Formation on Stock Exchanges: The Evolution of Trading within the Day.", *Review of Financial Studies*, vol.7, 609-629.
- [8] Jain, P.C. and G. Jo(1988), "The Dependence between Hourly Prices and Trading Volume.", *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, vol.23, no.23, 269-283.
- [9] McNish, T.H. and R.A. Wood(1992), "An analysis of Intraday Patterns in Bid/Ask Spreads for NYSE Stocks." *Journal of Finance*, vol.47, 753-764.
- [10] Stoll, H.R. and R.E. Whaley(1990) "Stock Market Structure and Volatility.", *Review of Financial Studies*, vol.3, 37-71.