

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

芹 田 敏 夫
坂 本 智 幸
山 岡 博 士

1. はじめに
 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
 3. データ、及び予備的考察
 4. オープニングとクロージングの考察
 5. イントラデーパターン：日中取引データを用いた分析
 6. おわりに
- 参考文献

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高いことを示した。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なっている。

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市場の効率性の検証や日次での価格変動の統計的

本研究は日本商品先物振興協会の研究調査助成金制度による助成を得て行った。この場を借りて感謝の意を表したい。なお、本稿で示されている内容および意見は筆者たち個人に属し、その所属する組織あるいは東京工業品取引所の公式見解を示すものではない。

特性に関する分析は多数存在する。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最近まで出来なかったことによるところ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時点の価格（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いて、過剰反応や過小反応が生じているか、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い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はなく、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きくなると考えられる。第2に、東京と欧米では表示する通貨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点がある。その結果、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特徴を整理する。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。

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市場のマーケット・マイクロストラクチャーについて概観する。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ている。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 取引要綱（ガソリン先物市場、2004年分析当時）

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 カ月以内の各限月	
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	100k(1 枚)	
受渡単位	100k(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	標準価格(円)	制限値段(円)
	45,000未満	800円
	45,000以上 55,000未満	1,000円
	55,000以上	1,200円
取引本証拠金基準額 (1 枚当たり)	標準価格(円)	取引本証拠金 基準額(円)
	45,000未満	120,000
	45,000以上 55,000未満	150,000
	55,000以上	180,000
建玉制限 (一般委託者)	当月限	200枚
	翌月限	400枚
	その他の限月	各1,200枚

2. 1 ガソリン先物取引の概要

ある限月のガソリン先物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限月の先物契約が取引されている。納会日は当月限の前月25日（当日が休業日に当たるときは順次繰上げ）となっている。2004年2月限を例に考えると、2003年7月25日に取引が開始され、2004年1月24日に納会日を迎える。納会日の翌営業日である1月26日には2004年8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日に動ける価格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45,000円未満であったため、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あるいはストップ安となり、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。この2分ずつ遅れた取引は後場の取引開始時も同様である。

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。寄板合わせの後には、「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。立ち会い終了時刻になると、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、行われなかった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3月限から2004年8月限までの18限月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年を通じた価格形成パターンの比較・検討が可能となるような工夫を行った。

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「番限」と呼ぶ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振り、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。

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。

表2 限月と番限の対応表

	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	
0303月限	1													
0304月限	2	1												
0305月限	3	2	1											
0306月限	4	3	2	1										
0307月限	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	1	
0404月限									6	5	4	3	2	
0405月限										6	5	4	3	
0406月限											6	5	4	
0407月限												6	5	
0408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により、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。

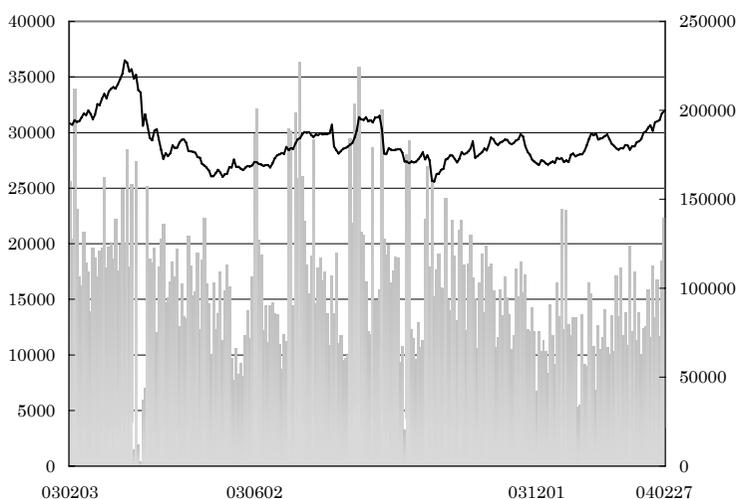
分析に用いた取引データは、東京工業品取引所が保有する市場原簿を原データとし、これからサンプル期間中の先物契約の取引における全約定データを収集した。日中の約定データから、第4節で用いる4つの時点の日次データと第5節の時間帯別分析で用いる取引データの2つのデータセットを作成した。約定データの1レコードには、約定の年月日および時刻(hh時mm分ss秒)、約定価格、約定枚数、売り買いの区別を示す数値、板合わせを示す数値、委託・自己区分の数値、を含んでいる。ただし、原データには約定時刻における最良

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、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）



(注) 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
標準偏差	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

(注) 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1.7%であった。1日の売買高は、平均102,000枚、標準偏差37,862枚となっている。

値幅制限（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。前述のように、東京工業品取引所では当限のみ値幅制限は適用されないことになっている。

表4 月別のストップ高／安の発生頻度

(単位：発生回数)

	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	

(註) 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があることは、金先物などにも共通で、東京工業品取引所に上場する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。取引開始時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 番限別板合わせ、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、後場における板合、ザラバ、引板合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出来る。

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が存在することと取引方法として板合わせを用いるという特徴がある。したがって、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に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

なる特性を示すことが考えられる。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 $R_{c,t}$ を対数リターンとして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、 $R_{n,t}$ 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。

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

このように分解され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。

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

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、

$Var(R_{d,t-1}) \equiv Var(R_{d,t})$ より、 $Cov(R_{d,t-1}, R_{n,t}) > Cov(R_{d,t}, R_{n,t})$ 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てみる。表 8 は番限 1 について、前場始値に基づく日次リターン、後場終値に基づく日次リターン、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 ($\times 1,000$) 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 割の大きさで、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約2.5倍（平均）であることと大きく異なる。また、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わかる。

表 8 番限 1 のリターンにおける分散

(×1,000)

終値に基づく日次リターン	0.1958
始値に基づく日次リターン	0.2739
夜間のリターン	0.1422
前場のリターン	0.0516
昼休中のリターン	0.0032
後場のリターン	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 が最初に取り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、統計的に有意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 前場始値と後場終値の目次リターン分散比

	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	1.349	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いるため、(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

	$\rho(R_{oc,t-1}, R_{co})$		$\rho(R_{co}, R_{oc})$		$\rho(R_{co}, R_{moc})$		$\rho(R_{moc}, R_{maco})$		$\rho(R_{maco}, R_{aoc})$	
	t-value		t-value		t-value		t-value		t-value	
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かわかるかを見るために、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後場終値の日次リターン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（表11（下））はどの番限においてもプラスとなっているものの、そのうち統計的に有意に1と異なるという結果を得たのは後場始値を用いた番限1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みたが、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）および後場オープニング（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%の水準で有意に1と異な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%の水準で有意に1と異なることを表している。

(註) 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ことによって、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

イ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であろうか。

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、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 取引関連変数のイントラデーパターン

まず、取引関連変数のイントラデーパターンを見てみる。表12と図2は、時間帯別の平均約定枚数（板合わせを含む）を示している。また、表13は番限間の売買活況度の違いを調整するため、各番限に1日の約定枚数に対する各時間帯の占める割合の平均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。

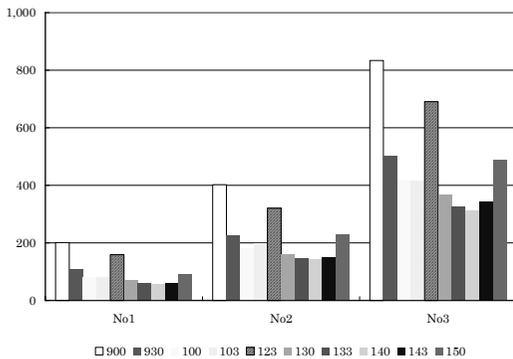
番限1では前場始値での板合わせの割合が高いため、9時から30分間の出来高シェアは25.6%と他の番限に比べて飛び抜けて大きい特徴を示している。一方、最終の30分間における取引の割合は9.2%と他の限月より低くなっている。番限1を除いた番限2～6では、最初の30分間のシェアが14～18%、最終の30分間のシェアが11～12%と時間帯ごとのシェアは類似している。

表12 30分間隔の平均約定枚数（板合わせを含む）

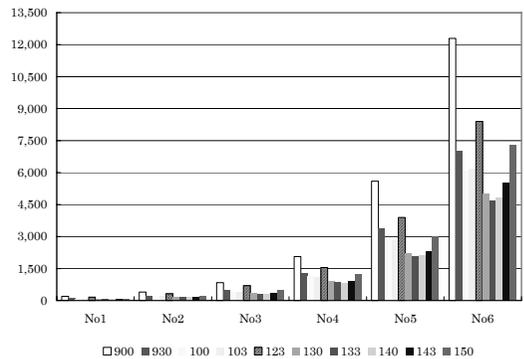
(単位:枚)

	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）



番限1から番限3（30分調整済み）



番限1から番限6（30分調整済み）

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

次に、ボラティリティのイントラデーパターンを調べる。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。

日中全体では流動性が低い番限1、2、3では、立ち会い開始30分間のボラティリティが他の時間帯より大きいことがわかる。また、どの番限でも、U字型を示すことがわかる。すなわち、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分間隔におけるリターンのボラティリティ

(単位:x1,000)

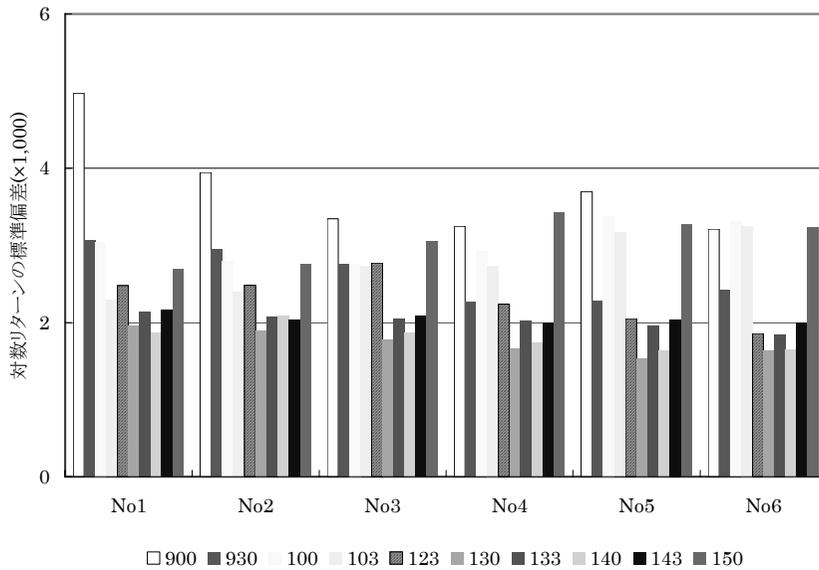
	900	930	10:00	10:30	12:30	13:00	13:30	14:00	14:30	15:00
No1	4.974	3.062	3.048	2.292	2.478	1.953	2.139	1.870	2.159	2.688
No2	3.946	2.950	2.795	2.393	2.482	1.898	2.076	2.080	2.027	2.752
No3	3.343	2.752	2.764	2.732	2.771	1.775	2.050	1.868	2.080	3.059
No4	3.249	2.262	2.923	2.734	2.235	1.658	2.019	1.735	1.991	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

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。

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 DT_i (13:00-13:30を基準) および曜日ダミー DW_i (金曜日を基準) を用いて各番限ごと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の通りである。

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
b _c	0.0014 ** (7.628)	0.0013 ** (9.872)	0.0012 ** (9.178)	0.0012 ** (9.291)	0.0011 ** (7.950)	0.0011 ** (7.856)
DW _{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)
DW _{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)
DW _{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)
DW _{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)
DT 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)
DT 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)
DT ₁₀₀₀	0.0005 * (2.413)	0.0003 * (2.223)	0.0004 ** (2.588)	0.0004 ** (2.637)	0.0004 * (2.523)	0.0004 * (2.194)
DT ₁₀₃₀	0.0005 * (2.440)	0.0004 * (2.263)	0.0005 ** (3.420)	0.0005 ** (3.067)	0.0005 ** (3.136)	0.0005 ** (3.051)
DT ₁₂₃₀	0.0003 (1.595)	0.0003 (1.829)	0.0004 * (2.365)	0.0003 (1.695)	0.0002 (1.464)	0.0001 (0.492)
DT ₁₃₃₀	0.0000 (0.225)	0.0000 (0.086)	0.0001 (0.331)	0.0001 (0.340)	0.0001 (0.586)	0.0000 (0.257)
DT ₁₄₀₀	-0.0001 (-0.284)	0.0000 (0.315)	0.0001 (0.599)	0.0000 (0.263)	0.0001 (0.429)	0.0001 (0.428)
DT ₁₄₃₀	0.0001 (0.631)	0.0001 (0.520)	0.0002 (1.194)	0.0002 (1.367)	0.0003 (1.735)	0.0003 (1.746)
DT ₁₅₀₀	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) DW_i : 曜日ダミー (金曜日を基準) DT_i : 時間帯ダミー (1300を基準)

カッコ内はt値を表す

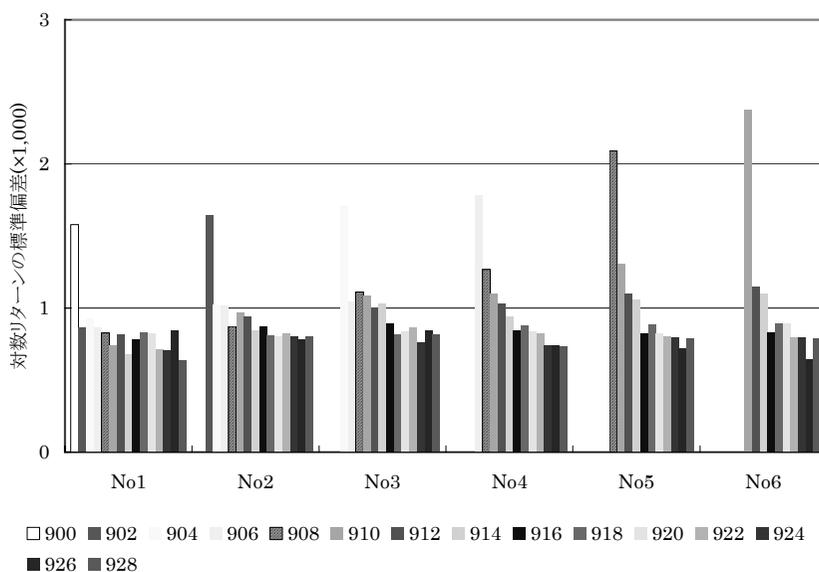
まず曜日間の違いについては、統計的に有意に差があるとは言えなかった。番限1を除くその他番限において火曜日のボラティリティが比較的高い推定結果を得たが、これは週明けの欧米市場の取引が火曜日の日本市場に波及することとの関連性が考えられる。

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早く取引されるため、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直後に比

べて前場のボラティリティが有意に高いという傾向が見られた。

5. 3 実現スプレッドのイントラデーパターン

つづいて、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見てみる。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。

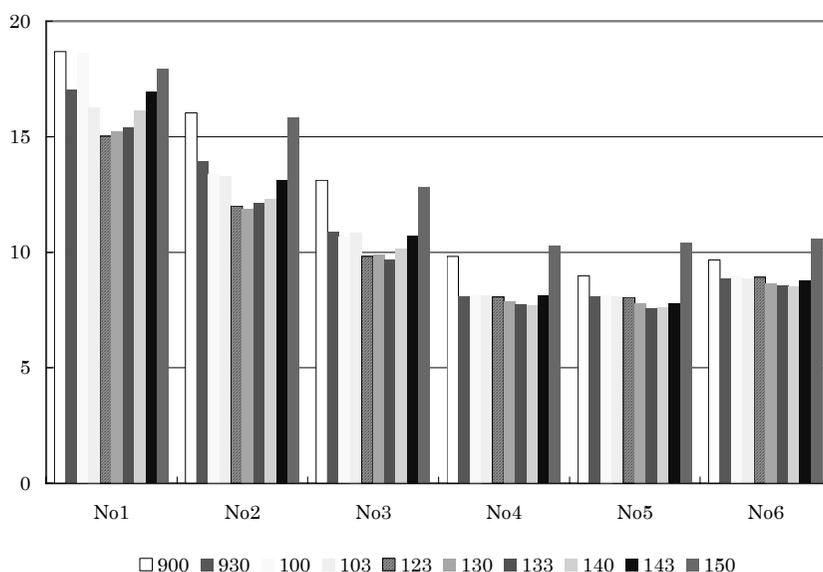
ゼロスプレッドが発生するのは、成行注文で最良気配の板が消滅し、その直後に反対の指値注文が入りその直後にその指値に対応した成り行き注文が入る場合で、起こる頻度は小さいと考えられる。特に、売買が活発で板が厚い番限6ではそのような現象が起きにくいことを示している。

次に、番限ごとのイントラデーパターンの違いについてみてみる。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、及び取引終了までの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
b _c	15.3842 ** (4.880)	12.3719 ** (37.724)	9.9667 ** (43.502)	8.0311 ** (54.390)	7.8628 ** (80.870)	8.7881 ** (143.167)
DW _{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)
DW _{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)
DW _{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)
DW _{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)
DT 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)
DT 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)
DT ₁₀₀₀	1.9231 (0.514)	1.2352 ** (3.142)	0.4780 (1.739)	-0.0376 (-0.212)	0.0804 (0.690)	0.0235 (0.319)
DT ₁₀₃₀	9.5952 * (2.572)	1.5582 ** (3.955)	0.9483 ** (3.451)	0.0353 (0.199)	0.0668 (0.573)	-0.0155 (-0.211)
DT ₁₂₃₀	0.1435 (0.038)	0.2584 (0.655)	-0.0863 (-0.314)	0.0831 (0.469)	0.2854 * (2.444)	0.2381 ** (3.232)
DT ₁₃₃₀	0.1043 (0.028)	0.3797 (0.962)	-0.1408 (-0.511)	-0.1428 (-0.804)	-0.1939 (-1.661)	-0.0868 (-1.177)
DT ₁₄₀₀	0.1736 (0.046)	0.4586 (1.159)	0.4077 (1.479)	-0.1352 (-0.762)	-0.1494 (-1.278)	-0.1175 (-1.594)
DT ₁₄₃₀	-0.0578 (-0.016)	0.6616 (1.673)	0.5347 (1.940)	0.0253 (0.142)	-0.2860 * (-2.442)	-0.1496 * (-2.029)
DT ₁₅₀₀	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ことにしよう。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合計すると出来高の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。ただし、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なる。

番限間の比較をすると、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傾向があることが分かった。

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										
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%
2月		44%	56%	50%	50%	54%	46%	63%	37%	69%	31%	67%	33%

(註) 期間の取り方は、前月の25日（休業日のときは繰上げ）が納会日に当たるので、その翌営業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、日中の取引データ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、前場始値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] McInish, 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.

