

英国HFTの実情

「注文データに基づくFCAの分析」

吉川 真裕

二〇二〇年一月二七日、イギリスの証券取引監督機関である金融行為規制機構（FCA）が「HFTによる軍拡競争の数量化・新たな方法と推計」と題するオケージョナル・ペーパーを公表した。⁽¹⁾ この文書はロンドン証券取引所の注文データを用いて高頻度取引（HFT）による注文執行競争を分析したものであるが、公表されている取引情報や注文板変更情報ではなく、取引所が保有する注文受け取り記録と注文処理返信記録に基づいてHFTによる注文執行競争の実態を分析しており、当事者であるHFTでさえ入手できないデータを用いて注文執行競争を分析しており、非常に興味深い。分析結果によればHFTは全体で分析期間の取引金額の〇・五四ペーシス・ポイントの収入を得ており、この値を外挿すると二〇一八年一年間に世界全体の株式取引で四八億ドルの収入を得ていることになるという。なお、この文書は正式な報告書ではなく、FCAの職員が加わって行なった調査結果であって、分析結果に対する解釈はFCAの規制方針を表わすものではないと明記されている。

本稿ではFCAのオケージョナル・ペーパーに基づいてロンドン証券取引所における株式注文執行競争に関する分析結果を紹介するが、ほとんど公表されたことのない注文データに基づく分析であるという点で興味深く、HFTの実像を理解する上で有益なものであるとも考えられる。

1 分析データ

分析に用いられたデータは二〇一五年八月一七日から一〇月一六日までの四四営業日のうち（一部のデータに問題があった）九月七日を除く四三営業日においてロンドン証券取引所が受け取った三五〇銘柄の株式に対する注文メッセージと発注者に返された注文処理メッセージであり、合計二億メッセージ（各銘柄で一日平均一五万メッセージ）に及ぶ（ただし、寄り・引け等のオークションにかかわる注文については時間を競う競争にはそぐわないので除外されている）。三五〇銘柄の株式は取引の多いFTSE一〇〇株価指数とFTSE二五〇株価指数の構成銘柄であるが、後で明らかになるようにメッセージ量にはかなりのバラツキがみられる。

ロンドン証券取引所に到着した注文メッセージはファイアウォールの外で一〇〇ナノ秒（ 10^{-9} ）一マイクロ秒（ 10^{-6} ）一ミリ秒（ 10^{-3} ）刻みで受取スタンプが押される。そして、ファイアウォールの内側で複数のゲートウェイによって注文情報チェックが並列して行なわれた後、シークエンサーによって一列に並べられ、マッチング・エンジンで処理され、ディストリビューション・サーバーからチェックを行なったゲートウェイを通じて発注者に処理情報メッセージが返されるが、その際にファイアウォールの外で再びタイムスタンプが記録される（同時にディストリビューション・サーバーからマーケット・データ・プロセッサを通じてパブリック・データ・フィードが公表される）。分析データはこの受取スタンプと返信スタンプのついた情報に基づいており、通常用いられるパブリック・データ・フィードのデータではない。パブリック・データ・フィードのデータの場合、約定や注文執行（指値や取り消し）が行なわれなかった注文は配信が行なわれず、発注者に対する返信メッセージよりもわずかに遅延する傾向がある。そのため、HFTはパブリック・データ・フィードよりも早く情報を得るためにIOC（イミディエート・オア・キャンセル）注文を多用するとも言われている。

2 注文執行競争

時間の速さを競う注文執行競争の実態を明らかにするため、執行された買い注文（売り注文）または指値注文板にある売り指値注文（買い指値注文）の取り消しに対して五〇〇マイクロ秒以内に返信された同一価格で成立しなかった買い注文（売り注文）または売り指値注文（買い指値注文）の取り消し注文を対応させ、注文執行競争の勝者と敗者を特定した後、勝者の買いポジション（売りポジション）または売り指値注文（買い指値注文）の取り消しが直後の売り気配と買い気配の仲値に比べてどれだけ安いか（高いか）によって勝者の収入を推計する方法が採用されている。

図表1は一日当たりの平均注文執行競争数（パネルA）と一日当たりの平均注文執行競争総数（パネルB）を、図表2は平均注文執行競争の長さを、図表3は注文執行競争の長さの分布（五マイクロ秒刻み）をそれぞれ表わしている。図表1のパネルAでは平均値が中央値（メディアン）よりもかなり大きく、注文執行競争が盛んな銘柄（FTSE一〇〇株価指数の構成銘柄では上位一銘柄で平均二〇六七回、上位一〇銘柄では平均一一三四回）が平均値を大幅に引き上げていることがわかる。なお、図表2は図表3の分布を数値化したものであるが、ここでも平均値が中央値よりもかなり大きく、注文執行競争時間が長い少数が平均値を大幅に引き上げていることがわかる。図表3の分布図でマイナスの分布が確認され、図表2の一分パーセントイルの値がマイナスになっているのはランダムに発生したゲートウェイでのチェックの遅れ（全体の四％）によるものと説明されている。

他方、注文執行競争による取引金額が当日の全取引金額に占める比率はFTSE一〇〇構成銘柄で平均二二・一五％（標準偏差一・九〇％）、FTSE二五〇構成銘柄で平均一六・九〇％（標準偏差一・七八％）、全三五〇銘柄で平均二一・四六％（標準偏差一・七五％）であり、一日当たりの平均注文執行競争総数（図表1のパネル

図表 1 1日当たりの注文執行競争

Panel A: Number of races across symbols

Description	Mean	sd	Pct01	Pct10	Pct25	Median	Pct75	Pct90	Pct99
FTSE 100	537.24	473.26	132	184	240	352	619	1,134	2,067
FTSE 250	70.05	93.53	0	0	2	44	104	166	404
Full Sample	206.03	340.73	0	1	14	87	239	511	1,814

Panel B: Number of races across dates

Description	Mean	sd	Min	Pct10	Pct25	Median	Pct75	Pct90	Max
FTSE 100	54,261	15,660	35,174	40,490	44,036	51,361	60,632	70,588	117,370
FTSE 250	17,232	3,856	11,536	13,444	14,800	16,125	19,404	23,326	26,613
Full Sample	71,493	19,223	48,175	54,264	58,698	64,516	79,429	93,914	143,752

図表 2 注文執行競争の長さ

Time from S1 to F1 (microseconds)

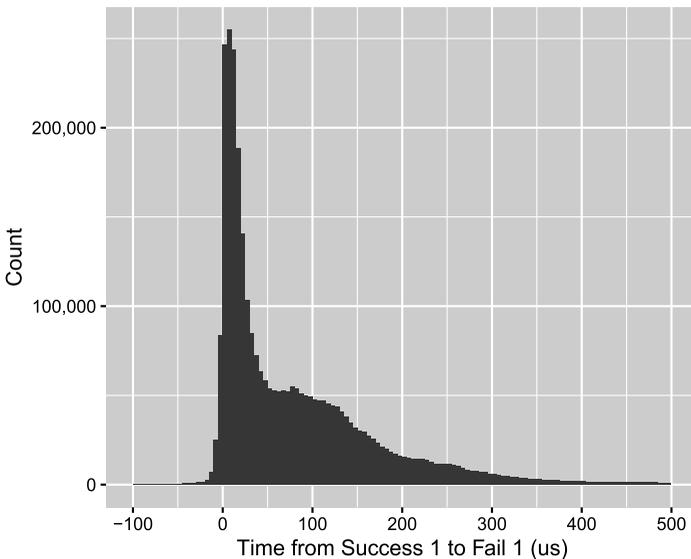
Description	Mean	sd	Pct01	Pct10	Pct25	Median	Pct75	Pct90	Pct99
FTSE 100	80.81	92.14	-9.00	3.70	12.60	48.50	123.70	207.50	402.80
FTSE 250	71.85	80.84	-4.40	4.30	12.80	37.10	111.70	185.60	338.00
Full Sample	78.65	89.63	-7.90	3.80	12.70	45.60	120.90	201.90	390.20

B)よりも変動が小さく、安定していたことが確認されている。また、注文執行競争による取引件数が当日の全取引件数に占める比率はFTSE一〇〇構成銘柄で平均二〇・六九% (標準偏差一・五九%)・FTSE二五〇構成銘柄で平均一六・九六% (標準偏差一・五〇%)・全三五〇銘柄で平均一九・七〇% (標準偏差一・四二%)であり、安定していたことも確認されている。

3 注文執行競争参加者

分析では注文執行競争の参加者(HFT)の特徴を知ることができる興味深いグラフが掲載されている。図表4はFTSE一〇〇構成銘柄での注文執行競争における勝率の高い参加者順に勝率と負率が表示されている。なお、ここでの勝者は注文執行競争において約定が成立または注文の取り消しに成功した参加者を、敗者は勝者の次に注文を出して約定または注文取消しに成功しなかった者を指しており、勝率は勝者となった比率を、負率は敗者となった比率(二位率)を表わしている。

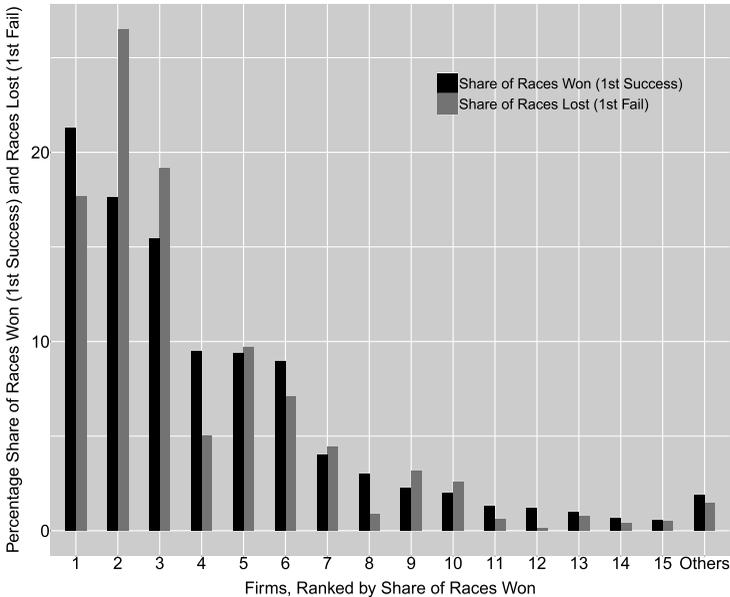
図表3 注文執行競争の長さ(5マイクロ秒刻み)の分布



図表4を見てわかるように、勝率が一五%を超える上位三社と勝率が一〇%に近い中位三社、その他で勝率が大きく異なっていることがわかる。また、多くの参加者で勝率と負率に大きな差はなく、注文執行競争で一位になるか、二位になるかはランダムのようなこともある。そして、このことは図表2や図表3でマイナスの値をもたらしたランダムなゲートウェイでのチェックの遅れ（全体の四%）に対応しているものとも考えられる。

上位三社の勝率合計五四%・負率（二位率）合計六三%、上位六社の勝率合計八二%・負率（二位率）合計八五%は注文執行競争が少数の参加者による寡占競争となっており、少数の参加者が速さを競って資金を投じる軍拡競争をもたらしていると解説されている。また、脚注ではアメリカのあるHFTの最高経営責任者（CEO）が当時アメリカでは七社のHFTがスピード競争でトップ争いしていると述べていたことが紹介されており、ここでの上位六社と重なっている可能性が高いと考えられる。

図表4 注文執行競争における勝者と敗者の比率



4 注文執行競争による収入

注文執行競争の勝者が得る収入はその後の価格の変動によって異なる。勝者の買いポジションまたは売り指値注文の取り消し（売りポジションまたは買い指値注文の取り消し）が直後の売り気配と買い気配の仲値に比べてどれだけ安いか（高いか）によって勝者の収入は推計されており、図表5は1ミリ秒（ $\parallel \cdot \circ \circ$ 一秒）から100秒までの八時点で評価した勝者の収入の一取引当たり平均値が表わされている。本文ではFTSE100構成銘柄では10秒後に、FTSE250構成銘柄では60秒後に勝者の収入は伸び悩んでいると評価されているが、10秒後を勝者の収入の評価基準とする根拠は明確ではない。

図表6は10秒後の時点で評価した勝者の収入の一日当たり平均金額が表わされている。銘柄ごとに見たパネルAでも営業日ごとに見たパネルBでも平均値が中央値よりも大きく、特定銘柄や特定日の大きな値が平均値を引き上げることがわかる。図表7は10秒後の時点で評価した勝者の収入の平均値を全取引金額で割って基準化した値が表わされている。こちらの値でも平均値が中央値を上回るものの、図表6よりも差は小さくなっていく。この値は1ポンドの取引と比べた注文執行競争に伴う収入を示しており、レイテンシー・アービトラージ・タックスと命名されている。銘柄ごとに見たパネルAではFTSE100構成銘柄で0・四九ベシス・ポイント、FTSE250構成銘柄で0・五六ベシス・ポイント、営業日ごとに見たパネルBではFTSE100構成銘柄で0・三八ベシス・ポイント、FTSE250構成銘柄で0・六八ベシス・ポイントとなっており、金額ベースではFTSE100構成銘柄から得る注文執行競争による収入がFTSE250構成銘柄から得る注文執行競争による収入を上回るものの、取引金額あたりではFTSE100構成銘柄から得る注文執行競争による収入比率はFTSE250構成銘柄から得る注文執行競争による収入比率を下回っており、取引の少ない日で

もFTSE一〇〇構成銘柄の取引はさほど減らずに注文執行競争による収入の比率は下がり、FTSE二五〇構成銘柄の取引は大きく減って注文執行競争による収入の比率が上がっていることも明らかになっている。

ほとんど公表されたことのない注文データに基づいて分析し、注文執行競争の実態解明を試みた本分析結果は興味深く、高く評価されるべきものと考えられるが、注文執行競争による収入の取引金額に占める比率をレイテンシー・アービトラージ・タックスと名付けていることは分析結果の解釈にバイアスを与える可能性があり、同意できない。注文執行競争による収入は不労所得ではなく、取引を成立させ、流動性を高めるとともに、売り気配と買い気配の差であるスプレッドを縮小させており、スプレッドの縮小という外部効果を第三者に与えていることを忘れるべきではないだろう。注文執行競争に伴う収入はHFTだけが得るものではなく、かつては取引所で取引できる証券業者が得ていた収入であり、バッチ取引（時点オークション）に取引方法を変更しない限り、なくなりほしくない。しかもアメリカの証券取引委員会（SEC）がかつて報告書で示唆した一秒刻みのバッチ取引を導入したとしても一秒以内に反応できる者が優位に立つことは間違いない。レーダー光線通信塔やファイバー通信回線の敷設は資源の有効利用とは思えないが、世間に溢れる宣伝広告は何の制限も受けてはいない。資源の無駄遣いを予防できる取引方法の開発が望まれるところである。

注

- (1) Matteo Aquilina, Eric Budish and Peter O'Neill, "Quantifying the High-Frequency Trading "Arms Race": A Simple New Methodology and Estimates," Financial Conduct Authority, Occasional Paper No. 50, January 2020 (<https://www.fca.org.uk/publications/occasional-papers/occasional-paper-no-50-quantifying-high-frequency-trading-arms-race-new-methodology>).

図表 5 勝者の収入の1取引当たり平均値

Panel A: FTSE 100

Description	1ms	10ms	100ms	1s	10s	30s	60s	100s
Mean per-share profits (ticks)	0.08	0.24	0.31	0.39	0.48	0.49	0.50	0.51
Mean per-share profits (GBX)	0.05	0.09	0.11	0.14	0.16	0.16	0.16	0.16
Mean per-share profits (basis points)	0.31	0.68	0.83	1.01	1.20	1.23	1.24	1.25
Mean per-race profits displayed depth (GBP)	0.40	1.14	1.42	1.72	1.95	1.89	1.86	1.82
Mean per-race profits qty trade/cancel (GBP)	0.43	1.10	1.35	1.62	1.84	1.78	1.74	1.70

Panel B: FTSE 250

Description	1ms	10ms	100ms	1s	10s	30s	60s	100s
Mean per-share profits (ticks)	-0.10	0.12	0.24	0.43	0.77	0.94	1.04	1.06
Mean per-share profits (GBX)	-0.01	0.05	0.08	0.12	0.20	0.24	0.26	0.26
Mean per-share profits (basis points)	-0.26	0.64	1.09	1.78	3.09	3.74	4.14	4.24
Mean per-race profits displayed depth (GBP)	-0.09	0.41	0.65	0.97	1.55	1.79	1.92	1.93
Mean per-race profits qty trade/cancel (GBP)	-0.06	0.41	0.64	0.93	1.48	1.71	1.84	1.85

Panel C: Full Sample

Description	1ms	10ms	100ms	1s	10s	30s	60s	100s
Mean per-share profits (ticks)	0.03	0.21	0.29	0.40	0.55	0.59	0.63	0.64
Mean per-share profits (GBX)	0.03	0.08	0.10	0.13	0.17	0.18	0.18	0.18
Mean per-share profits (basis points)	0.18	0.67	0.89	1.20	1.66	1.83	1.94	1.97
Mean per-race profits displayed depth (GBP)	0.28	0.96	1.24	1.54	1.85	1.86	1.88	1.84
Mean per-race profits qty trade/cancel (GBP)	0.31	0.94	1.18	1.45	1.76	1.76	1.77	1.74

図表 6 10秒後の時点で評価した勝者の収入の1日当たり平均金額
Panel A: Daily Profits by Symbol

Description	Mean	sd	Pct01	Pct10	Pct25	Median	Pct75	Pct90	Pct99
FTSE 100	1,046.9	729.6	199.7	340.5	526.6	909.3	1,410.5	1,967.2	3,431.8
FTSE 250	108.3	134.1	-0.7	0.5	7.6	67.1	160.8	257.2	606.3
Full Sample	381.5	590.7	-0.6	1.5	26.7	135.1	466.2	1,184.5	2,273.8

Panel B: Daily Profits by Date

Description	Mean	sd	Min	Pct10	Pct25	Median	Pct75	Pct90	Max
FTSE 100	105,734	32,852	62,980	78,777	87,038	93,074	117,979	153,712	223,187
FTSE 250	26,643	8,592	14,667	19,501	21,376	23,100	30,392	40,100	49,066
Full Sample	132,378	40,266	82,391	99,363	108,706	116,636	147,814	183,227	272,253

図表 7 10秒後の時点で評価した勝者の収入の平均値を取引金額で割って基準化した値
Panel A: Distribution Across Symbols

Sub-Panel (i): Measure 1, Latency Arbitrage Tax based on All Trading Volume (basis points)

Description	Mean	sd	Pct01	Pct10	Pct25	Median	Pct75	Pct90	Pct99
FTSE 100	0.492	0.235	0.163	0.236	0.292	0.454	0.627	0.827	1.035
FTSE 250	0.562	0.393	-0.022	0.022	0.267	0.565	0.817	1.043	1.540
Full Sample	0.542	0.356	-0.014	0.054	0.283	0.519	0.774	0.960	1.508

Sub-Panel (ii) : Measure 2, Latency Arbitrage Tax based on Non-Race Trading Volume (basis points)

Description	Mean	sd	Pct01	Pct10	Pct25	Median	Pct75	Pct90	Pct99
FTSE 100	0.675	0.362	0.200	0.303	0.387	0.587	0.870	1.180	1.595
FTSE 250	0.692	0.504	-0.028	0.024	0.287	0.678	1.029	1.304	2.042
Full Sample	0.687	0.466	-0.020	0.057	0.345	0.651	0.995	1.275	2.032

Panel B: Distribution Across Dates

Sub-Panel (i) : Measure 1, Latency Arbitrage Tax based on All Trading Volume (basis points)

Description	Mean	sd	Min	Pct10	Pct25	Median	Pct75	Pct90	Max
FTSE 100	0.383	0.053	0.286	0.329	0.345	0.381	0.415	0.456	0.516
FTSE 250	0.663	0.099	0.495	0.552	0.591	0.653	0.725	0.790	0.912
Full Sample	0.419	0.053	0.313	0.360	0.382	0.416	0.450	0.495	0.537

Sub-Panel (ii) : Measure 2, Latency Arbitrage Tax based on Non-Race Trading Volume (basis points)

Description	Mean	sd	Min	Pct10	Pct25	Median	Pct75	Pct90	Max
FTSE 100	0.493	0.075	0.351	0.418	0.443	0.487	0.533	0.603	0.656
FTSE 250	0.800	0.133	0.577	0.653	0.712	0.788	0.899	0.969	1.136
Full Sample	0.534	0.076	0.384	0.454	0.481	0.531	0.581	0.652	0.680