

人工市場を用いた HFT がレバレッジド ETF の 原資産の価格形成に与える影響分析

新井雅人[†] 丸山隼矢[†] 八木勲[†]

神奈川工科大学[†]

1. まえがき

レバレッジド ETF とは、投資信託の 1 種であり、資産市場に上場するひとつの銘柄である ETF のひとつで、ファンドの日々の収益率が日経平均などの指数価格の変動率に一定の倍数を乗じた値動きをする ETF である。

レバレッジド ETF は、リバランス取引という売買を日々行うため原資産の価格を不安定にさせているのではないかとされている。先行研究¹⁾では、リバランス取引の最低注文数を小さくすると、リバランス取引の総注文数は増加する傾向がみられ、その結果、原資産の価格を不安定にすることが確認されている。

一方で、HFT と呼ばれる高度な情報通信技術を活用し、高頻度・高速で取引を行う取引手法は市場価格の不安定化を抑えることができるのではないかとされている。そこで本研究では、HFT がレバレッジド ETF の原資産市場に参入すると、その価格形成にどのような変化をもたらすかを調査した。

2. リバランス取引

レバレッジド ETF は原資産の収益率の L 倍を目指して運用される。つまり、指数値に変動があっても常にレバレッジド ETF の純資産総額と指数値の原資産の保有量の関係が L 倍になるように運用される。この関係調整のことをリバランス取引と呼ぶ。

3. 人工市場モデル

本研究では、丸山ら¹⁾の人工市場モデルを基に、草田ら²⁾の HFT エージェントを組み込んだ。

価格決定メカニズムは連続ダブルオークション方式(ザラ場方式)である。本市場に参加するエージェントは、通常エージェント、レバレッジド ETF エージェント、HFT エージェントの 3 種類である。通常エージェント、HFT エージェントの順に注文後、レバレッジド ETF エージェントがリバランス取引を行うか判定し、必要であ

れば注文を行う。通常エージェント又は、レバレッジド ETF エージェントが注文を行うごとに 1 ステップ進む。

3.1 通常エージェント

本市場における通常エージェントはファンダメンタル投資家、テクニカル投資家、ノイズの 3 種類の成分を基にリターンを予想し、取引を行う。

3.2 レバレッジド ETF エージェント

原資産価格が上昇もしくは下落するとき、レバレッジド ETF のレバレッジ率が変化する。そこで、指数値に変動があっても常にレバレッジド ETF の純資産総額と指数値の原資産の保有量の関係を L 倍に保つため、リバランス取引の注文数が 4 章で後述する注文数閾値を超えたとき注文を行う。

3.3 HFT エージェント

市場価格の変動を小さくするため、現在価格から一定間隔の間(スプレッド)に、買いと売りで 1 単位ずつ注文を出す。また、新たに注文を出す際に、約定しなかった前回の注文をキャンセルし、株式の保持数(ポジション)を常に 0 を保つように注文価格を決定する。

4. シミュレーション

本実験では、レバレッジの倍率 $L = 2$ とし、HFT が参入することでリバランス取引の総注文数がどう変化するか確認するため、レバレッジド ETF エージェントの運用資産を以下のように変化させる。初期キャッシュ $C^0 = 1,000,000 * C_{mag}$ とし、初期キャッシュの倍率 C_{mag} の値を大きくすることでレバレッジド ETF エージェントの運用資産の大小を表す。 C_{mag} の値は、10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100 の 10 パターンとする。注文数閾値 V_{thr} は C_{mag} が 10 のとき、1, 2, 3 の 3 パターンとし、これを基準に C_{mag} を変化させたときのそれぞれの注文数閾値を決めていく。つまり、注文数閾値を初期キャッシュ量に比例して大きくする。各パターンにおける注文数閾値を表 4.1 に示す。

表 4.1 を基に議論する際、便宜上 V_{nor} を用いる。

Analysis of the effect of HFT on the price formation of the underlying asset market of a leveraged ETF using an artificial market

[†]Kanagawa Institute of Technology

V_{nor} は、注文数閾値 V_{thr} を初期キャッシュの倍率 C_{mag} で規格化した値とする。以下に V_{nor} と V_{thr} の関係を式(1)に示す。

$$V_{thr} = V_{nor} * C_{mag} \quad (1)$$

これにより V_{nor} の値が同じであれば、 C_{mag} が大きくなったとしても、 V_{thr} も同様に大きくなるので、初期キャッシュ量の大小がリバランス取引に与える影響を考慮せずにすむ。以上から V_{nor} を0.1, 0.2, 0.3の3パターン、 C_{mag} を10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100の10パターンとし、それぞれの組み合わせでシミュレーションを行う。また、HFTが提示するスプレッド θ_{mm} は0.01, 0.02, 0.03の3種類とする。シミュレーションはHFTが参入していない場合、参入した場合を各条件の下でそれぞれ10回ずつ試行し、その結果をもとに議論を行う。ただし、数値未記入部分は取引価格が一方向的に偏り市場崩壊(価格が0になること)を起こしたため、値の取得が不可能であった。

表 4.1 各条件下における注文数閾値 V_{thr}

		V_{nor}		
		0.1	0.2	0.3
C_{mag}	10	1	2	3
	20	2	4	6
	30	3	6	9
	40	4	8	12
	50	5	10	15
	60	6	12	18
	70	7	14	21
	80	8	16	24
	90	9	18	27
	100	10	20	30

4.1 シミュレーション結果

各パターンの市場のリバランス取引の注文回数を表 4.2, 表 4.3 に示す。表 4.2, 表 4.3 から HFT が参入することでリバランス取引の注文回数が大きく減少することが確認できる。また HFT が提示するスプレッドが大きくなるにつれてリバランス取引の注文回数も増加することが確認できる。

表 4.2 リバランス取引の注文回数(1)

		V_{nor}					
		HFT 未参入			HFT 参入 ($\theta_{mm}=0.01$)		
		0.1	0.2	0.3	0.1	0.2	0.3
C_{mag}	10	6820	2186	703	60	14	5
	20	5389	1779	626	57	14	4
	30	4868	1537	537	61	15	3
	40		1396	495	64	15	3
	50		1276	479	70	12	3
	60		1242	452	72	16	4
	70			433	73	14	5
	80			411	84	21	4
	90			432	93	17	5
	100			422	101	23	6

表 4.3 リバランス取引の注文回数(2)

		V_{nor}					
		HFT 参入 ($\theta_{mm}=0.02$)			HFT 参入 ($\theta_{mm}=0.03$)		
		0.1	0.2	0.3	0.1	0.2	0.3
C_{mag}	10	107	21	6	199	25	7
	20	95	21	5	188	25	9
	30	90	20	6	182	26	9
	40	92	18	5	184	26	8
	50	97	20	7		27	8
	60	107	23	5		28	9
	70	107	23	6		32	10
	80		23	9		32	11
	90		26	5		36	10
	100		32	6		39	12

5. 考察

HFT の参入によって、価格変動が小さくなり、リバランス取引の注文回数が減少することで、市場の不安定化を抑制したと考えられる。また、HFT が提示するスプレッドは小さいほど効果があると考えられる。

HFT が参入し、リバランス取引の注文回数が減少したにもかかわらず、市場崩壊が起きる原因は短期間にリバランス取引が何度も起こることによってバタフライ効果が発生し、最終的に市場崩壊へとつながったと考えられる。

6. まとめ

本研究では、HFT がレバレッジド ETF の原資産市場に参入したとき、価格形成にどのような変化をもたらすかを調査した。その結果、HFT が参入することでリバランス取引の注文が減少し、市場の不安定化を抑制することが確認できた。

また、HFT の提示するスプレッドの値が小さいほどより効果があることも確認できた。

参考文献

- 丸山隼矢・水田孝信・八木勲：人工市場を用いたザラ場市場におけるレバレッジド ETF の取引手法の検討, 合同エージェントワークショップ&シンポジウム 2019(2019)。
- 草田裕紀・水田孝信・早川聡・和泉潔：保有資産を考慮したマーケットメイク戦略が市場間競争に与える影響：人工市場アプローチによる分析, JPX ワーキング・ペーパー, NO. 8, 日本取引所グループ(2015)。