

Verification for Liquidity of Real Estate Assets via Artificial Market Approach

曹 治平*1 水田孝信*2

Zhiping Cao Takanobu Mizuta

1 東京工業大学 環境・社会理工学院 技術経営専門職学位課程

Tokyo Institute of Technology

2 スパークス・アセット・マネジメント株式会社

SPARX Asset Management Co., Ltd.

Abstract: Asset Management Industry may experience a drastic change. The added value of the industry might be lower due to the improvement of technology (Fintech), Fiduciary duty and passive trend. Under such situation, the differentiation of traditional investment will be more and more difficult, and investor will favor alternative products. However, Asset Management companies face the big hurdle in providing alternative products to individual investors due to the Liquidity. Japan regulator tend to restrict the illiquidity assets from the perspective of investor protection. This study will focus on the Real Estate, one of the major alternative products. Real Estate itself is illiquidity asset, while equity Real Estate Investment Trusts (REIT), one of the Real Estate investment products, is liquidity asset and every investor can trade it every day, every time as equity. And regulator tend to restrict other less liquidity Real Estate investment products from the perspective of investor protection as many investors had painful experience in 90s.

There were many empirical researches for the liquidity issue of equity REIT. However, all there are using the historical data, and it is difficult the analysis without the market environmental change.

This study uses a financial market simulation (artificial market) constructed virtually on computer to assess the relationship between liquidity and market price. Artificial market method has been using for short selling rule and other regulation rule in Japan, but no trade frequency simulation has been conducted before.

Analysis results showed that

1. High liquidity might heighten the volatility of the marketable securities. And it will case the price divergence between market price and original value.
2. Fundamental investors and Technical investors should have the same trade frequency.
3. For real estate assets, due to the information disclosure frequency, the trade frequency which can make market efficiency might be once per monthly.

1. はじめに

近年インフレ率の低下、国債の低金利などによって、投資家は株式、債券などの伝統的資産において利益を獲得することが難しくなっており、不動産投資、インフラ投資、ヘッジファンド投資などに代表されるオルタナティブ資産に積極的に投資するようになった。機関投資家のみでなく、個人による小口少額の不動産投資に対するニーズも高まるようになってきており、ファンド型不動産投資が注目を集めている。

ファンド型不動産投資には REIT という形態の商品があるものの、株式ようにいつでも取引できるため、株式市場全体の影響(ベータ)を受けやすく、不動産本来の安定した値動きの特性を受けにくい傾向がある。

市場環境変化などその他の要因を排除するため、実証研究は難しいことから、本研究では、流動性のうち取引できる頻度フォーカスして、人工市場でシミュレーションを行い、取引頻度と価格の関係を検証する。

人工市場は、金融市場の分析手法の一つで、コンピューター上に仮想的に構築した金融市場マルチエージェントシステムである。エージェントにそれぞれ独自の売買手法を与え、それらに投資家として金融資産の取引をさせ、市場がどのようなふるまいをするかを確認することができる [1]。

しかし、これまでに人工市場を用いた取引頻度を制限した研究はなかった[2][3]。

そこで、本研究では、取引の頻度を制限した人工市場モデルを構築し、取引頻度と市場効率性の関係を調べた。

2. 手法—人工市場モデル

本研究では取引頻度の制限に最適なモデルを独自で構築する。本研究においては、上場 REIT(Equity REIT)を

想定したリスク資産 1つのみを売買対象とする。また、取引頻度によって、市場価格がどの程度資産(不動産)の本来の価値である価額から乖離するかを目的とするため、取引価格の決定に重きを置く。そのため、取引価格と頻度のみの関係を観測できるように、取引数量などその他の要因はできるだけ排除したモデルを構築している。具体的には、後述(2.2)の各市場参加者(エージェント)の初期の保有資産を 1 株もしくは初期株価に該当する金額に設定し、エージェントは、1 株保有者は売り、保有なしは買いの売買行動を取るとする。その結果、2 株以上の保有、および空売りは発生しないことになる。不動産の価格は、景気の変動の影響を受けるため、周期性の特性を持つ。[4]したがって本研究において、比較対象である不動産の本来価値については、 n 期を周期とし、平均 a 、振幅 A の \sin を外部から与えるとする。 t 期の本来価値 True Value は以下のように表現される。

$$TrueValue_t = a + A \sin 2\pi \frac{t}{n}$$

以下、本モデルにおける取引価格決定モデルと、本モデルに参加する各エージェントについて述べる。

2.1. 価格決定モデル

各エージェントは 2.2 で述べるそれぞれの手法を用いて発注価格を決定し、注文を出す。前述の通り、売買は株数を保有しているかどうかで決まる。市場では、第 t 期のすべてのエージェントの買い注文と売り注文を突き合わせて売買を成立させる。板寄せモデルを使用する。買い注文者は高い注文価格を発注したエージェントから、売り注文者は安い注文価格を発注したエージェントから、優先的に市場取引に参加し、買い手価格が売り手価格を上回るもしくは一致するときのみ売買が成立する。

2.2. エージェント

取引に参加するエージェントのタイプは、ファンダメンタルエージェント、テクニカルエージェント、ノイズエージェントの3種類である。実際の市場においては、ファンダメンタルエージェントは機関投資家および外国人投資家の一部、テクニカルエージェントは個人投資家および外国人投資家の一部、ノイズエージェントは一般的な金融市場と同様な流動性を得るために設定している。エージェントの種類は人口市場に関する先行研究で比較的に使われているものになっている。[5]

2.2.1. ファンダメンタルエージェント

本研究におけるファンダメンタルエージェントは資産の本来価値をある程度想定でき、かつその想定した価値をもとに取引を行う投資家とする。つまり、各エージェントは本来価値 True Value から少しだけずれた価格を独自の本来価値として認識し、買い手はその独自の本来価値よりもリスク許容度分だけ安い値段で買い注文を、売り手はその独自の本来価値よりもリスク許容度分だけ高い値段で売り注文をそれぞれ発注する。本来価値からのずれ、およびリスク許容度はエージェント毎、期毎に異なる。本来価値からのずれは標準分布乱数に従い、リスク許容度は一様な乱数に従う。t期のファンダメンタルエージェントの発注価格 Pf_t は以下の式で表現される。

$$Pf_t = TrueValue_t \times d\sigma_j \pm r(1 + \mu_j)$$

d: 本来価値からのずれの最大値

σ_j : 正規分布乱数

r: リスク許容度の最大値 μ_j : 0~1 の一様乱数

±: 買い手“-”、売り手“+”

2.2.2. テクニカルエージェント

本研究におけるテクニカルエージェントは過去の取引価格のトレンドのみに基づいた売買行動を行う。したがって、テクニカルエージェントは本来価値を考慮することはない。テクニカルエージェントは順張りとは逆張りの2種類存在する。以下それぞれの売買行動について説明する。

2.2.2.1. 順張りテクニカルエージェント

順張りテクニカルエージェントは、過去の取引価格のトレンドが続くと予想するエージェントである。つまり、過去の取引価格が上がると、今後も上がると予想し、下がると、今後も下がると予想する。また過去の取引価格を参照する期間はエージェント毎に異なり、一様乱数で参照期間が決定される。なお、テクニカルエージェントの価格の予想の個人差を表現するために、さらに予想された価格にずれを取り入れる。ずれは標準分布乱数に従う。t期の順張りテクニカルエージェントの発注価格 Pt_t は以下の式で表現される。

$$Pt_t = P_{t-1} \times \frac{P_{t-1}}{P_{t-m}} \times l\sigma_j$$

l: テクニカルエージェントのずれの最大値

σ_j : 正規分布乱数

m: 0~最大参照期間の一様乱数

P_t : t期の取引価格

2.2.2.2. 逆張りテクニカルエージェント

逆張りテクニカルエージェントは、順張りテクニカルエージェントとは逆で、過去の取引価格に対して懐疑的なエージェントである。過去の取引価格が上がると、今後は下がると予想し、下がると、今後は上がると予想する。また、順張りテクニカルエージェント同様、過去の取引価格の参照期間はエージェント毎に異なり、一様乱数で決定される。かつ、標準分布乱数に従い、ずれも発生する。t期の逆張りテクニカルエージェントの発注価格 Pt'_t は以下の式で表現される。

$$Pt'_t = P_{t-m} \times l\sigma_j$$

l: テクニカルエージェントのずれの最大値

σ_j : 正規分布乱数

m: 0~最大参照期間の一様乱数

P_t : t期の取引価格

2.2.3. ノイズエージェント

ノイズエージェントは本研究の人工市場に対して流動性を提供するために設定している。1期前の取引価格に対して、一定の幅を元に正規分布乱数に基づいて発注価

格を決定する。t 期の発注価格 Pn_t は以下の数式で表現される。

$$Pn_t = P_{t-1} \times S\sigma_j$$

S: 発注価格の分布の幅

σ_j : 正規分布乱数

P_t : t 期の取引価格

2.3. 取引頻度の制限

本研究では情報伝達および判断の差を取引頻度として表現し、取引頻度の制限を表 1 の通り、3 パターンで分析を行う。

シナリオ	取引制限		
	ファンダメンタルエージェント	テクニカルエージェント	ノイズエージェント
1(自由シナリオ)	制限なし	制限なし	制限なし
2(現実シナリオ)	制限あり	制限なし	制限なし
3(制限シナリオ)	制限あり	制限あり	制限なし

表 1 取引制限の種類

シナリオ 1 はすべての市場参加者が同じタイムスパンで情報を取得でき、最適な取引価格を分析し、発注を行う理想的な市場である。このような市場は効率的で、本来価値と取引価格にずれが生じても、乖離は修正されると考えられる。

一方、現実的な取引制限のない市場では、ファンダメンタルエージェントが発注価格を決定するにあたって必要とする情報と時間は、過去の取引価格のみで発注価格を決定するテクニカルエージェントよりも大幅に多いと考えられる。さらに、この傾向は HFT によって、テクニカルエージェントの意思決定の短縮化により、強くなった可能性がある [6] [7][8][9]。したがって、本研究では、表 1 の制限シナリオ 2 のようにファンダメンタルエージェントの取引頻度を制限することで、このような市場を表現する。

また、本研究目的である、テクニカルエージェントの取引頻度を規制などによって意図的に制限することで、取引価格に与える影響を調査するために、制限シナリオ 3 という現実ではない市場を構築する。制限シナリオ 3 は仮にファンダメンタルエージェントの意思決定速度に合わせて市場全体の取引頻度を制限した場合、取引価格と本来価値の乖離に与える影響を調べている。なお、制

限シナリオ 3 においては、時間軸の表現を行うために、あえてノイズエージェントの取引を制限していない。

3. シミュレーション

本研究では、本来価値の \sin の周期を 500 期とし、3000 期(6 周期)のシミュレーションを行う。また、シミュレーションを行う際に用いる変数を、エージェントの比率の説明と、その他の変数に分けて説明する。乱数をパラメーターに導入しているため、各種シミュレーションは全て 20 回以上行う。

3.1. エージェントの比率

人工市場モデルにおいて、ファンダメンタルエージェントの数とテクニカルエージェントの数バランスによって、結果が変わることは先行研究で証明されている [2][10]。本研究では、できるだけ現実の市場に近い比率でファンダメンタルエージェントとテクニカルエージェントの数を決定する。東証 REIT の売買取引参加者状況のデータがないため、ここでは東証 1 部の売買取引参加者状況を代替に使う。東京証券取引所が週次単位で発表している「投資部門別売買状況」を利用する。

本研究では「投資部門別売買状況」を参照し、エージェントの数を以下表 2 の通りに設定する。

エージェントタイプ	個数	比率
ファンダメンタルエージェント	1000	33%
順張りテクニカルエージェント	1500	50%
逆張りテクニカルエージェント	500	17%
ノイズエージェント	10000	-

表 2 本研究におけるエージェントタイプ別個数

3.2. その他の変数

エージェントタイプ別比率以外の変数は分析結果のスケールに影響はあるものの、結果の傾向そのものに対しては影響がないため、以下表 3 の通り、各変数を設定する。

変数名	定義	値
n	本来価値の周期	500
a	本来価値の平均	10000
A	本来価値の振幅	5000
d	本来価値からのずれの最大値	5%
r	リスク許容度の最大値	4%
l	テクニカルエージェントのずれの最大値	5%
m	最大参照期間	100
S	ノイズエージェント発注価格の分布幅	50%

表 3 各変数のパラメーター一覧

なお、取引制限については、下記表 4 の通りで行う。また、制限シナリオ 3 については、最適な取引制限の期間を探るために、表 5 のように、7 種類の制限頻度をシミュレーションする。

シナリオ	取引制限		
	ファンダメンタルエージェント	テクニカルエージェント	ノイズエージェント
1(自由シナリオ)	1	1	1
2(現実シナリオ)	10	1	1
3(制限シナリオ)	10	10	1

表 4 シミュレーションにおける取引制限

頻度パターン	1	2	3	4	5	6	7
取引制限頻度	3	5	10	15	20	25	30
本来価値の1周期との関係	3/500	1/100	1/50	3/100	2/50	1/20	3/50

表 5 取引制限シナリオ 3 の頻度

4. 結果と考察

20 回以上シミュレーション行っている結果は大きな差異がないため、任意の一つの結果をグラフでここに記載する。

本研究の結果の制限シナリオ 1 から 3 を同じ図 1、図 2 でまとめた。

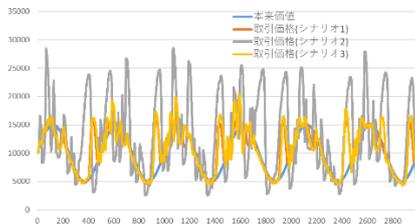


図 1 シナリオ 1 から 3 のまとめ

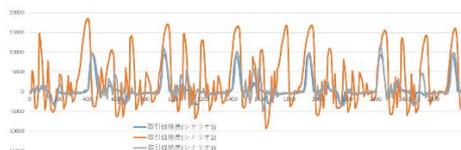


図 2 取引価格差(取引価格-本来価値)の推移

ファンダメンタルエージェントとテクニカルエージェントの取引頻度両方ともに制限した制限シナリオ 3 は両方ともに制限していない制限シナリオ 1 とほぼ近い結果となっており、本来価値からのずれも小さいという結果が得られている。取引頻度に一定の制限を加える方が、取引価格と本来価値をより近づける効果があるのではないかとシミュレーション結果が得られた。これは前述の REIT 上場によって日々のトレードが可能になったことに加え、HFT などによってテクニカルエージェントがファンダメンタルエージェントの取引可能な頻度を上回る頻度で取引するようになったことで、市場が却って不安定になったと言える。

今までの先行研究における、市場に規制を加えず、できるだけ流動性を供給することが市場価格の安定につながる研究結果[5][11]は一定の条件のもとでは、成り立たないことを示している。

5. まとめ

本研究では不動産業界にフォーカスし、取引頻度が取引価格に与える影響を人工市場モデルを用いて分析した。取引頻度を変更することで、取引価格と本来価値の差異の変化に注目した。

その結果、流動性の 1 要素である取引頻度が高いことは資産の本来価値に近い価格形成を必ずしもプラスの方向に寄与せず、一定の条件のもとではむしろマイナスになる可能性があることを、示唆した。これは不動産の REIT 化、株式の HFT 導入など今までの規制当局として、流動性を強化する方向とは異なる結果で、REIT に関する先行研究の一派の考えをサポートする内容となった。さらに、取引頻度が高いことは、本来価値に近い取引価格の形成に必ずしもプラスにならないこと、不動産市場においては、情報取得の頻度を考慮して、月 1 程度の頻度に取引頻度を制限した方が市場の効率性を高める可能性があることを示唆した。

留意事項

本論文はスパークス・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。すべては個人的見解であります。

参考文献

- [1] B. LeBaron, (2006), "Agent-based financial markets: Matching stylized facts with style.", *Post Walrasian Macroeconomics Beyond the Dynamic Stochastic General Equilibrium Model*, Chapter 3, pages 221-238, Cambridge University Press
- [2] Isao Yagi, Takanobu Mizuta, (2018), "Analysis of the Impact of Leveraged ETF Rebalancing Trades on the Underlying Asset Market Using Artificial Market Simulation", SIG-FIN-018
- [3] I. Yagi, T. Mizuta, (2016), "Analysis of the impact of leveraged etf rebalancing trades on the underlying asset market simulation.", *Social Simulation Conference 2016 (SSC2016)*, September 2016
- [4] 神崎清志「商業用不動産の定量的評価手法およびリスク管理手法の研究」首都大学東京 社会科学研究所 博士論文 2014
- [5] Mizuta, T., Izumi, K., Yagi, I., Yoshimura, S., (2013), "Design of Financial Market Regulations against Large Price Fluctuations using by Artificial Market Simulations", *Journal of Mathematical Finance, Scientific Research Publishing*, Vol.3, No. 2A, pp.15-22.
- [6] Mizuta, T., Horie, S., (2018), "Mechanism by which active funds make market efficient investigated with agent-based model", *Evolutionary and Institutional Economics Review*
- [7] Robert John Kauffman, Yuzhou Hu, Dan Ma, (2015), "Will High-Frequency Trading Practices Transform the Financial Markets in the Asia Pacific Region?", *Research Collection School Of Information Systems*

[8] 祝迫得夫「日本における高頻度取引(High Frequency Trading)の現状について」 日本証券業協会 Working Paper

[9] 雨宮卓史「株式等の高頻度取引—EU の法制度と我が国の制度案—」国立国会図書館 調査と情報—ISSUE BRIEF—No.960 (2017.4.21)

[10] 水田孝信, 八木勲, 和泉潔, 「現実の価格決定メカニズムを考慮した人工市場の設定評価手法の開発」, *人工知能学会論文誌*, Vol. 27, No. 6, pp.320-327, 2012.

[11] Mizuta, T., Kosugi, S., Kusumoto, T., Matsumoto, T., Izumi, (2015), "Effects of Dark Pools on Financial Markets' Efficiency and Price-Discovery Function: An Investigation by Multi-Agent Simulations", *Evolutionary and Institutional Economics Review*, Vol. 12, Issue 2, pp.375-394, 2015