

국내 선물시장의 장기기억과 시장의 효율성에 관한 연구*

조대형
국립순천대학교 경제학전공 조교수

Long Memory and Market Efficiency in Korean Futures Markets

Dae-Hyoung Cho^a

^aDepartment of Economics, Suncheon National University, South Korea

Received 30 November 2020, Revised 16 December 2020, Accepted 21 December 2020

Abstract

Purpose - This paper analyzes the market efficiency focusing on the long memory properties of the domestic futures market. By decomposing futures prices into yield and volatility and looking at the long memory properties of the time series, this study aims to understand the futures market pricing and change behavior and risks, specifically and in detail.

Design/methodology/approach - This study analyzes KOSPI 200 futures, KOSDAQ 150 futures, 3 and 10-year government bond futures, US dollar futures, yen futures, and euro futures, which are among the most actively traded on the Korea Exchange. To analyze the long memory and market efficiency, we used the Variance Ratio, Rescaled-Range(R/S), Geweke and Porter-Hudak(GPH) tests as semi-parametric methods, and ARFIMA-FIGARCH model as the parametric method.

Findings - It was found that all seven futures supported the efficiency market hypothesis because the property of long memory turned out not to exist in their yield curves. On the other hand, in futures volatility, all 7 futures showed long memory properties in the analysis, which means that if new information is generated in the domestic futures market and the market volatility once expanded due to the impact, it does not decrease or shrink for a long period of time, but continues to affect the volatility.

Research implications or Originality - The results of this paper suggest that it can be useful information for predicting changes and risks of volatility in the domestic futures market. In particular, it was found that the long memory properties would be further strengthened in the currency futures and bond rate futures markets after the global financial crisis if the regime changes of the domestic financial market are taken into account in the analysis.

Keywords: Long Memory, Variance Ratio, Rescaled-Range(R/S), Geweke and Porter-Hudak(GPH), ARFIMA-FIGARCH

JEL Classifications: C32, F30, G15

* 이 논문은 2019년 국립순천대학교 학술연구비(과제번호: 2019-0219) 공모과제로 연구되었음.

^a First Author, E-mail: dhcho@sncu.ac.kr

© 2020 The Institute of Management and Economy Research, All rights reserved.

I. 서론

효율시장가설(Efficient Market Hypothesis)은 주식시장이나 금융시장에서 자산가격을 설명하는 가장 널리 알려져 있는 이론 중의 하나이다.¹⁾ 효율시장가설에 따르면 현재의 자산가격은 과거정보와 현재 이용이 가능한 모든 정보를 신속하게 그리고 정확하게 반영하고 있다. Osborne(1959), Fama(1965)가 효율시장가설 중의 하나인 랜덤워크가설(Random Walk Hypothesis)을 이론으로 정립하였다. 이에 따르면 모든 과거정보는 현재 가격(P_t)에 반영되어 있지만, 미래 가격을 예상하는 경우 예측의 정확성을 높이는 추가적인 정보를 포함하지 않는다는 것이다($E[P_{t+1}|P_t, P_{t-1}, \dots] = P_t$). 랜덤워크가설이 성립한다면 자산가격은 일정한 패턴을 가지고 움직이지 않으며 과거의 정보와 미래의 자산가격 사이에는 아무런 관련이 없어야 한다. 이러한 랜덤워크과정은 금융시장에서 자산가격이 정상적인 시계열 변수이고 $ARMA(m, d, n)$, $d=0$ 으로 설명될 수 있다는 것을 의미한다(Nagayasu, 2003).

장기기억(long memory)이란 시계열에 충격이 발생하는 경우 자기상관함수가 천천히 감소하여 그 변화가 장기간 계속되는 것을 의미한다. 이러한 장기기억 속성은 자산가격의 결정과 변화 행태에 대한 중요한 이론적인 기초를 제공해 준다. 금융시장의 자산가격에 장기기억의 특성이 있다면($d \neq 0$), 시장의 비효율성(market inefficiency)을 보여주는 증거라고 볼 수 있다. 만약 주식 수익률이 장기기억 속성을 가진다면 주식 수익률을 예측할 수 있다는 것을 의미하기 때문이다(Henry, 2002). Qian and Rasheed(2007)는 장기기억의 특성을 많이 가지고 있는 시장일수록 미래의 가격을 보다 잘 예측할 수 있다는 것을 발견했다.

그동안 금융시장의 장기기억 속성에 대한 연구는 주로 선진 금융시장, 특히 미국의 주식시장과 외환시장을 중심으로 실증분석이 이루어져 왔다(Ding et al., 1993; Crato and Lima, 1994; Ding and Granger, 1996; Andersen and Bollerslev, 1997; Andersen et al., 2003 etc.). 최근 들어 신흥 주식시장에 대한 장기기억 속성에 대한 실증분석 연구결과들이 제시되고 있다. Tolvi(2003)는 시장규모가 작고 덜 발전된 신흥시장일수록 장기기억 속성이 발견되는데 이는 선진시장보다 더 비효율적인 시장을 의미한다고 주장하였다. Cajueiro and Tabak(2004a, 2004b)은 신흥 주식시장에서 효율시장가설을 부정하는 장기기억 속성의 증거를 발견하였다. Hull and Mcgroarty(2014)는 신흥 주식시장에서 장기기억 속성을 발견하고 선진(advanced) 신흥시장이 다른 일반(secondary) 신흥시장보다 시장효율성이 더 높다는 결과를 제시하고 있다. 노형승·강상훈(2014)의 연구에서도 일본, 한국, 중국 등 아시아 주식시장의 변동성에 장기기억 속성이 존재하는 것으로 분석되었다.

국내 주식시장의 장기속성을 연구한 문헌들도 많이 있는데, 주식 수익률에는 대체로 장기기억 속성이 나타나지 않았지만, 변동성에는 장기기억 속성이 뚜렷하게 존재한다는 실증분석 결과들이 제시되고 있다(홍정훈, 1998; 이지현 외, 2002; Kang et al., 2006; 엄철준 외, 2007; 박재곤·이필상, 2007; 윤성민, 2011; 최상규, 2014). 이에 반해 국내 선물시장에 대한 장기기억 속성과 시장효율성을 분석하고 있는 연구들은 이정형 외(2004), 강태훈·이명월(2015), 강태훈·이상식(2015) 등이 대표적인데, 주식시장에 비해 상대적으로 선물시장에 대한 연구가 부족한 상황이다. 이에 따라 국내 선물시장에 상장되어 활발하게 거래되고 있는 주가지수선물, 장단기 채권금리선물, 각종 통화선물 등에 대한 시계열적인 속성과 가격변화 행태 등에 대해서는 주식시장에 비해 상대적으로 현재 자세히 알려져 있지 않은 상황이라고 할 수 있다.

이러한 점에 착안하여 논문에서는 국내에서 활발하게 거래되고 있는 주가지수선물(코스피200선물, 코스닥150선물), 국채금리선물(3년국채선물, 10년국채선물), 통화선물(미국달러선물, 엔선물, 유로선물)에 대한 장기기억의 속성과 시장효율성을 분석하고자 한다. 만약 국내선물시장이 장기기억의 속성을 가지지 않는다면 정보의 효율성 측면에서 효율적인 시장으로 평가할 수 있을 것이다. 반대로 국내 선물시장이 장기기억의 속성을 가지고 있다면 과거의 정보를 이용하여 미래의 선물가격 변화를 예측하는 정확성을

1) 효율시장가설은 약형(weak form), 준강형(semi-strong form), 강형(strong form) 효율시장가설로 크게 3가지로 구분된다. 기존 문헌을 보면 일반적으로 대부분 약형 효율시장가설을 실증분석하고 있으며, 본 논문에서도 국내 선물시장의 효율성에 대한 분석은 약형 효율시장가설을 검증한다. 여기서 시장의 효율성은 시장에 어떤 정보가 유입되었을 때 그 정보가 자산가격에 정확하고 신속하게 반영되는 것을 의미하는 정보의 효율성(informational efficiency)을 말한다.

높일 수 있다는 것을 의미한다. 본 논문은 현재 잘 알려져 있지 않은 국내 선물시장의 선물 수익률과 변동성의 시계열적인 특징을 이해하기 위해 다양한 준모수적 분석방법과 모수적 분석방법을 이용하여 분석하고 분석결과의 강건성을 확인한다. 특히 국내 선물시장의 선물상품내(intra-products) 그리고 선물 상품 간의(inter-products) 장기기억의 속성을 비교·분석하는 한편, 금융시장의 구조변화(regime changes) 시점을 전후로 선물시장의 장기기억 속성의 변화를 분석하고 있다. 이러한 분석을 통해서 국내 선물시장의 가격결정 및 변화 행태와 리스크를 구체적으로 이해하고 예측하는데 보다 유용한 정보를 제공할 수 있다는 점에서 본 연구의 의미가 있다.

이후 본 논문의 구성은 다음과 같다. 먼저 II장에서 본 연구에서 이용하고 있는 분석방법론을 살펴보고, III장에서 분석자료를 설명하고, IV장에서 국내 선물시장의 수익률과 변동성의 시계열적인 특성과 장기기억 속성을 검증하고 그 분석결과를 논의한다. 마지막으로 V장에서 연구의 결론과 시사점을 제시한다.

II. 연구방법론

장기기억은 일반적으로 시계열의 고차상관구조(higher order correlation structure)로 설명될 수 있다. 이를 보다 구체적으로 살펴보면 장기기억이란 정상성을 보이는 일반적인 시계열과는 다르게 시차(k)에 해당하는 자기상관(autocorrelation) $\rho(k)$ 가 매우 천천히 감소하는 지속성(persistence)을 가지는 현상을 의미한다. 이는 식(1)과 같이 설명될 수 있다.

$$\sum_{k=-n}^n |\rho(k)| \rightarrow \infty, n \rightarrow \infty \tag{1}$$

또한 시계열이 차분연산자 $(1 - L)^d$ 에 따라 ARMA 모형으로 설명되면, d 차수로 적분되었다고 표현하며 이를 $I(d)$ 과정이라고 한다. 장기기억의 속성을 가지는 시계열은 자기상관함수의 지속성이 분수적분 과정인 $I(d)$ 를 따른다. 이러한 분수적분 과정은 정상적인 시계열 과정으로 전환하기 위해 식 (2)와 같이 ARFIMA(fractionally integrated ARMA) 모형으로 설명할 수 있다. L 은 시차 연산자를 나타내며, d 는 분수차분 모수이며 e_t 는 오차항을 의미한다. 이항전개를 통해서 분수차분 모수는 아래 식(3)과 같이 표현할 수 있다.

$$\phi(L)(1 - L)^d(y_t - \mu) = \theta(L)e_t, \quad e_t \sim iid N(0, \sigma_e^2) \tag{2}$$

$$(1 - L)^d = \sum_{j=0}^{\infty} \binom{d}{j} (-L)^j = \sum_{j=0}^{\infty} b_j L^j \tag{3}$$

여기서 장기기억 과정은 분수차분 모수 d 가 1과 같은 정수가 아닌 분수로 표현되는 경우를 말한다. 만약 $d = 1$ 이면 단위근 과정으로 평균회귀성향이 없으며, $d = 0$ 이면 정상적인 단기기억(short memory) 과정으로 설명된다. 분수차분 모수 d 가 $0 < d < 0.5$ 인 경우가 정상적인(stationary) 장기기억 과정인데, 이때 정상적인 시계열의 특성과 장기기억 속성을 함께 가지고 있다고 할 수 있다. 한편, $0.5 < d < 1$ 범위에 있으며 비정상적(non-stationary) 장기기억 과정으로 정의되며, 자기상관함수의 감소 형태가 정상적인 단기기억 과정보다 느리지만 장기적으로 평균회귀 모습을 가진다. $-0.5 < d < 0$ 인 경우에는 역지속성(anti-persistent)을 보이는 장기기억 과정인데, 정상적 단기기억 과정보다 자기상관함수의 반응이 크게 나타나지만 충격에 대한 변화가 한쪽에서만 나타나지 않고 반대 방향에서도 발생한다.²⁾

이러한 금융시계열의 장기기억 속성을 분석하는 가장 일반적인 방법 중의 하나는 준모수적 추정방법(se-

2) 이러한 장기기억 과정에 대한 보다 구체적인 설명과 증명 과정은 Beran(1994), Baillie(1996), Choi and Hammoudeh(2009) 등을 참고할 수 있다.

mi-parametric method)을 이용하는 것이다. 본 연구에서는 준모수적 분석방법으로 Variance Ratio, Rescaled-Range(R/S), Geweke and Porter-Hudak(GPH) 검정 방법을 이용하고 있는데, 이에 대한 분석방법을 간단히 소개하면 다음과 같다.

먼저 Variance Ratio 테스트는 Lo and MacLinlay(1988)가 제안한 방법으로 시계열의 상관관계가 없다는 귀무가설을 검정하는 것이다. 검정에 이용되는 분산비율 $VR(q)$ 는 1기간 수익률 분산에 q 기간에 대한 수익률에 q 를 곱한 분산비율로 다음 식(4)와 같다.

$$VR(q) = \frac{\sigma^2(q)}{q\sigma^2(1)} \tag{4}$$

만약 시계열의 평균과 분산이 서로 독립적이면서 동일한 분산을 보이는 분포를 가진다면, 분산비율인 $VR(q) = 1$ 이 되어야 한다. 이러한 경우 귀무가설인 시계열의 상관관계가 없다는 귀무가설이 채택되고 장기기억의 속성을 가지지 않는다고 해석할 수 있다. 반면, $VR(q) < 1$ 인 경우에는 음의 시계열 상관관계, $VR(q) > 1$ 인 경우에는 양의 상관관계를 가지고 있다는 것을 의미한다(Darrat and Zhong 2000).

Rescaled-Range(R/S) 검정은 가장 일반적인 분석방법 중의 하나인 Hurst-Mandelbrot -Wallis 테스트를 이용한다. Mandelbrot(1971, 1997)는 R/S 검정이 자기상관분석, 분산비율 분석 등 보다 우월한 시계열의 장기기억 분석방법이라고 설명하고 있다. R/S 통계량은 다음 식(5)와 같다.

$$(R/S)_n = \frac{1}{\sigma_n} \left[\underset{1 \leq k \leq n}{Max} \sum_{t=1}^k (r_j - \bar{r}_n) - \underset{1 \leq k \leq n}{Min} \sum_{t=1}^k (r_t - \bar{r}_n) \right] \tag{5}$$

여기서 σ_n 은 표준편차를 의미하며 다음 식(6)으로 표현할 수 있다.

$$\sigma_n = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (r_t - \bar{r}_n)^2 \tag{6}$$

식(5)에서 괄호 안의 첫 번째 항은 평균에서부터의 첫 번째 k 표준편차에 대한 부분 합(partial sums)의 최대치를 의미하고, 두 번째 항은 이 부분 합의 최소치를 의미한다. 이 두 값의 차이를 소위 '범위(range)'라고 부르며, 이러한 방법으로 계산되는 Rescaled-Range 값인 $(R/S)_n$ 은 양수의 값은 갖는다. Rescaled-Range(R/S) 검정방법은 시계열의 정규분포를 가정하지 않으며 시계열의 분포가 알려져 있지 않는 경우에도 분석이 가능하다는 장점이 있다. 하지만, 단기기억 과정에 민감하고 불안정한 시계열에 편이가 발생하여 단기기억과 장기기억 과정을 구별하지 못한다는 비판이 있다. 이에 따라 전통적인 R/S 검정방법에서 나타나는 문제점을 수정한 Lo(1991)가 제안한 Modified R/S 검정을 시행하여 결과를 비교해 볼 필요가 있다.

한편, GPH 검정은 로그-피리어드그램 회귀모형을 이용하여 장기기억 모수 d 를 추정하는 Geweke and Porter-Hudak(1983)이 개발한 준모수적 분석방법이다. GPH 추정량은 다음 (7a)로 표현되는 로그-피리어드그램 회귀모형을 이용하여 계산된다.

$$\ln I_x(w_x) = \beta_0 = -d \times \ln 4 \sin^2(w_\lambda / 2) + \epsilon \tag{7a}$$

$$I_x(w_x) = \frac{1}{2\pi} \left[\gamma_0 + 2 \sum_{j=1}^{t-1} \gamma_j \cos(w_\lambda \times j) \right] \tag{7b}$$

$$w_\lambda = \frac{2\pi\lambda}{T}, \lambda = 1, 2, 3, \dots, g(T) \tag{7c}$$

$$\lambda_j = E[x_t - x] [x_{t-j} - x] \tag{7d}$$

GPH 분석 시에는 피리어드그램(periodogram) T^α 를 적절히 결정해야 하는데, 일반적으로 $\alpha=0.5$ 에서 가장 좋은 결과가 나타나는 것으로 알려져 있다. 본 연구에서는 대역폭(bandwidth) 값에 따른 비교를 위해서 $\alpha=0.6$, $\alpha=0.7$ 의 경우도 함께 추정하여 제시한다.

시계열 자료의 장기기억을 검정하는 준모수적 추정방법은 시계열 자료가 단기기억의 속성을 나타내는 경우 편의를 가져올 수 있다. 이에 따라 국내 선물시장의 수익률과 변동성에 대한 장기기억의 속성을 동시에 분석할 수 있는 모수적인 추정방법(parametric method)으로 ARFIMA-FIGARCH 모형을 이용한다. Baillie, Bollerslev and Mikkelsen(1996)은 GARCH 모형을 확장하여 FIGARCH(fractionally integrated GARCH) 모형을 제안하였다. FIGARCH(p, d, q) 모형은 다음 식(8), (9)와 같이 표현할 수 있다.

$$r_t = u + \varepsilon_t, \text{ where } \varepsilon_t \sim N(0, \sigma_t^2) \tag{8}$$

$$\beta(L)\sigma_t^2 = a + [\beta(L) - \phi(L)(1-L)^d]\varepsilon_t^2 \tag{9}$$

여기서 σ_t^2 는 분산을 의미하고 $\phi(L)$, $\beta(L)$ 는 시차 p, q 의 다항식이며, ε_t 는 잔차이다. 식(9)에서 $d=1$ 이면 $I(0)$ 인 GARCH(p, q), $d=0$ 이면 $I(0)$ 인 IGARCH(p, q) 모형과 같은 형태가 된다. 한편 변동성에 대한 장기기억 검정방법인 FIGARCH(p, d, q) 모형을 시계열 평균에 대한 장기기억 분석방법으로 적용한 모형이 ARFIMA라고 할 수 있다.

III. 분석자료

본 논문은 한국거래소(Korea Exchange)에 상장되어 있는 선물상품(futures products) 중에서 거래가 활발하게 이루어지고 있는 코스피200선물, 코스닥150선물, 3년 국채선물, 10년 국채선물, 미국달러선물, 엔선물, 유로선물을 대상으로 분석하였다. 본 논문에서 이용된 분석자료와 분석기간이 (Table 1)에 제시되어 있다. 국내 선물시장의 효율성에 대한 보다 면밀한 실증분석을 위해서 분석 대상기간은 해당 선물상품이 신규 상장한 날로부터 2019년 12월 30일까지 전체기간을 대상으로 하였으며, 분석자료는 한국거래소에서 발표하는 일일 선물 종가가격이다. 주가, 채권가격 등 금융시계열은 일반적으로 단위근(unit root)이 존재하는 불안정한 시계열을 특징을 가지므로 일별 자료(P_t)는 로그 수익률(logarithmic return)을 이용하여 계산하였다($y_t = \ln(P_t/P_{t-1}) * 100$). 한편, 선물상품이 거래소에 상장된 초기에는 일반적으로 유동성이 부족하여 거래가 이루어지지 않는 경우가 종종 발생한다. 이처럼 거래가 1계약도 거래되지 않는 경우에는 선물종가가 전일 종가와 동일하게 나타나게 되므로 분석결과에 가성적인(spurious) 장기기억의 문제가 발생할 수 있다. 따라서 선물거래가 이루어지지 않아 선물종가가 변동되지 않은 경우에는 해당 거래일의 관측치를 제거하여 자료를 구축하였다.³⁾

Table 1. Data Sample

| Classification | Products | Time Period | Observations |
|------------------------|---------------------|-------------------------|--------------|
| Stock Index Products | KOSPI200 Futures | 05/03/1996 ~ 12/30/2019 | 5964 |
| | KOSDAQ150 Futures | 11/20/2015 ~ 12/30/2019 | 1007 |
| Interest Rate Products | 3-year KTB Futures | 09/29/1999 ~ 12/30/2019 | 5001 |
| | 10-year KTB Futures | 02/25/2008 ~ 12/30/2019 | 2308 |
| Currency Products | USD Futures | 11/11/2002 ~ 12/30/2019 | 4245 |
| | JPY Futures | 05/26/2006 ~ 12/30/2019 | 3285 |
| | EUR Futures | 05/26/2006 ~ 12/30/2019 | 3270 |

3) 10년국채선물 624거래일, 엔선물 77거래일, 유로선물 92거래일이 각각 관측치에서 제거되었다.

(Table 2)에 분석대상 국내 선물시장의 수익률에 대한 기초통계량이 제시되어 있다. 먼저 수익률 평균값을 보면 모두 0%에 가까우며, 코스피200선물, 3년국채선물, 10년국채선물, 엔선물, 유로선물은 양의 수익률을 보이고, 코스닥150선물과 미국달러선물은 음의 수익률을 나타내고 있다. 또한 수익률의 표준편차는 주가지수상품이 코스피200선물, 코스닥150선물이 높고, 채권금리상품인 3년국채선물과 10년국채선물은 상대적으로 변동성이 낮은 것으로 관찰되었다. 왜도의 경우에는 코스피200선물, 코스닥150선물, 3년국채선물, 유로선물이 음의 값을 보였다. 특히 3년국채선물 경우 평균이 양의 값이지만 음의 왜도 값이 가장 큰 것으로 나타나 분포의 중심이 정규분포보다 오른쪽 방향으로 크게 치우친 왼쪽 꼬리를 가지고 있는 분포를 보이고 있다. 이는 글로벌 금융위기로 급격한 금리하락이 발생한 이후 저금리 상황이 이어지면서 채권가격 상승이 지속되어 왔다는 것을 암시하고 있다. 한편, 모두 자료에서 첩도 값이 높게 나타나고 있으며, Jarque-Bera 검정 결과 국내 선물 수익률 자료는 모두 정규분포 형태를 보이지 않는다.

Table 2. Summary Statistics of Futures Returns

| | Mean | Max | Min | SD | Skewness | Kurtosis | Jarque-Bera |
|-------------|---------|--------|---------|--------|----------|----------|-------------|
| KOSPI200 | 0.0155 | 9.5311 | -14.871 | 1.9191 | -0.2198 | 4.8723 | 5834.6** |
| KOSDAQ150 | -0.0373 | 5.6935 | -23.155 | 1.7707 | -2.6392 | 33.029 | 41395** |
| 3-year KTB | 0.0028 | 1.2755 | -7.9865 | 0.2168 | -10.829 | 382.81 | 29942000** |
| 10-year KTB | 0.0135 | 13.656 | -2.6473 | 0.4321 | 14.089 | 452.01 | 18767000** |
| USD | -0.0004 | 4.8786 | -5.1281 | 0.6443 | 0.1621 | 10.138 | 17712** |
| JPY | 0.0079 | 11.426 | -7.3425 | 1.0036 | 0.7963 | 11.381 | 17879** |
| EUR | 0.0001 | 8.9122 | -15.201 | 0.8578 | -1.5686 | 45.593 | 282750** |

Notes: 1. Kurtosis means excess Kurtosis statistic.

2. Jarque-Bera test show logarithmic returns are non-normal.

3. p: **<0.01 and *<0.05.

IV. 실증분석 결과

본 장에서는 국내 선물시장의 가격결정과 변화 행태를 보다 세부적으로 살펴보기 위해 선물가격을 수익률과 변동성으로 구분하여 분석한다. 선물가격은 앞서 분석자료에서 설명한 것처럼 로그 수익률을 이용하고, 변동성은 금융시계열의 변동성 지표의 대용값으로 일반적으로 사용되는 로그 수익률의 제곱값(the square of logarithmic return)을 사용하였다.⁴⁾ 먼저 시계열자료의 장기기억의 속성을 이해하기 위해 시계열자료의 자기상관분석을 통해 자기상관함수를 살펴본다. 국내 선물시장의 장기기억과 시장효율성 분석을 위해 준모수적 추정방법으로 Variance Ratio, Rescaled-Range(R/S), Geweke and Porter-Hudak(GPH) 검정 방법을 이용하고, 모수적인 추정방법으로는 ARFIMA-FIGARCH 모형을 사용하여 분석한다.

1. 시계열의 장기기억 특성 분석

1) 단위근 검정

가장 먼저 국내 선물시장의 수익률과 변동성의 시계열적 특징으로 장기기억 속성을 분석하기 위해

4) 많은 문헌에서 일반적으로 수익률 변동성의 추정치로 수익률 제곱값(squared return), 수익률 절대값(absolute return) 등이 사용되는데, 수익률 제곱값이 자산가격의 실제 변동성의 추정치로 가장 적절하다고 알려져 있는데 자세한 설명과 이에 대한 증명은 Andersen et al. (2001)을 참조하기 바란다. 본 연구의 강건성 검증을 위해 수익률 절대값에 대해서도 동일한 실증분석 방법론을 이용하여 분석한 결과 수익률 제곱값에 대한 분석결과와 크게 달라지지 않았음을 확인하였다.

단위근 검정을 하였다. 단위근의 존재 여부를 확인하기 위해 ADF(Augmented Dickey Fuller) 검정과 KPSS(Kwiatkowski, Phillips, Schmidt, and Shin, 1992) 검정을 실시하였다. ADF는 단위근이 있다는 귀무가설을 검정하는 가장 일반적인 방법이며, KPSS는 시계열의 안정성을 검정하는 법이다. 특히, KPSS 검정방법은 시계열 자료가 안정적이라는 귀무가설을 검정하므로, 만약 ADF 검정과 KPSS 검정 결과가 모두 귀무가설을 거부하는 결과가 나오면 경우에는 시계열 자료가 장기기억의 속성을 가진다는 것을 시사한다. 이러한 이유는 KPSS 검정방법이 단기기억(short memory) 과정을 가정하고 있기 때문이다(Su, 2003). 이에 따라 단위근 검정과 안정성 검정은 시계열 자료의 장기기억 속성을 살펴볼 수 있는 유용한 기초적인 분석이 될 수 있다.

〈Table 3〉에 국내 선물시장의 수익률 및 변동성에 대한 ADF 및 KPSS 검정결과가 제시되어 있다. 우선 선물 수익률에 대한 ADF 검정결과를 보면 1% 유의수준에서 모두 귀무가설이 거부되어 단위근이 존재하지 않은 것으로 나타났다. KPSS 검정결과에서도 모두 귀무가설이 채택되어 ADF 결과와 동일하게 시계열 자료가 안정적인 것으로 나타났다. 하지만, 선물 변동성에 대한 ADF 검정결과는 1% 유의수준에서 단위근이 존재하지 않은 것으로 나타났지만, KPSS 결과에서는 1% 유의수준에서 귀무가설인 시계열 자료의 안정성이 모두 거부되었다. 이러한 ADF 및 KPSS 검정결과를 함께 해석하면, 선물 수익률은 단위근을 가지고 있지 않은 안정적인 시계열 자료라고 볼 수 있지만, 선물 변동성의 경우 단위근을 가지고 있지만 동시에 시계열 자료가 불안정하면서 장기기억의 속성을 가지고 있다고 볼 수 있다.

Table 3. ADF and KPSS Tests

| | ADF | KPSS |
|--------------------------|-----------|---------|
| Panel A. Returns | | |
| KOSPI200 | -45.086** | 0.065 |
| KOSDAQ150 | -24.166** | 0.121 |
| 3-year KTB | -39.604** | 0.069 |
| 10-year KTB | -27.806** | 0.044 |
| USD | -36.890** | 0.045 |
| JPY | -34.301** | 0.098 |
| EUR | -37.039** | 0.045 |
| Panel B. Squared returns | | |
| KOSPI200 | -33.275** | 1.608** |
| KOSDAQ150 | -12.894** | 0.571** |
| 3-year KTB | -33.912** | 0.990** |
| 10-year KTB | -23.663** | 0.359** |
| USD | -20.998** | 2.333** |
| JPY | -23.124** | 0.839** |
| EUR | -26.398** | 0.501** |

Notes: 1. ADF indicates the Dickey and Fuller (1982) unit root test.
 2. KPSS indicates Kwiatkowski, Phillips, Schmidt and Shin (1992) stationarity test.
 3. p: **<0.01 and *<0.05.

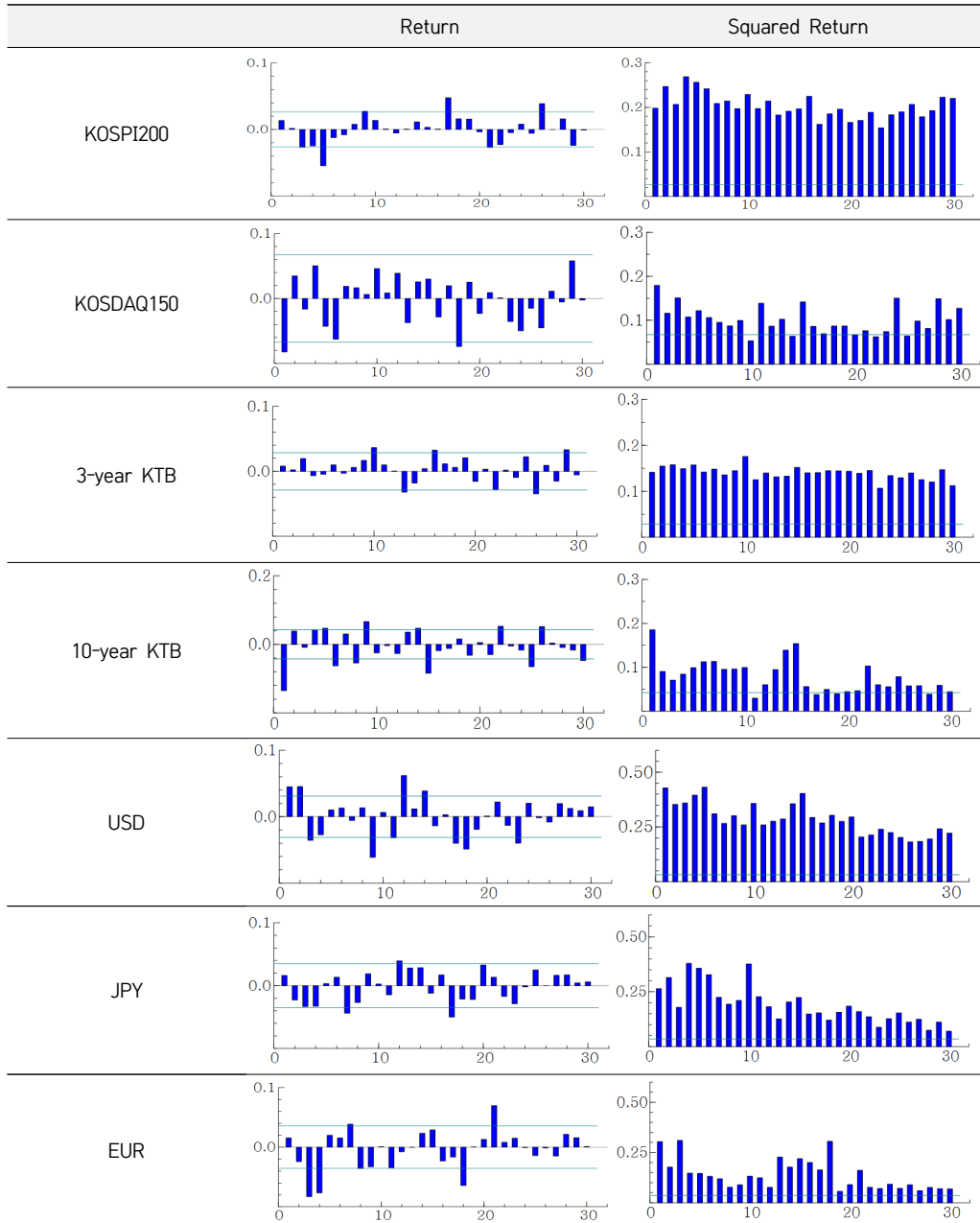
2) 자기상관함수

국내 선물시장의 장기기억의 속성은 자기상관함수(autocorrelation function)를 통해서도 확인할 수 있다. 이를 살펴보는 것은 국내 선물시장의 수익률과 변동성의 특성을 보다 정확하게 이해하는 데에 도움이 될 수 있다. 〈Fig. 1〉은 국내 선물 수익률과 변동성에 대한 자기상관함수를 보여주고 있다. 먼저 선물 수익률의 자기상관함수를 보면 모든 선물이 시차 1~3차에서 자기상관의 관계가 급속하게 사라지고 있다. 하지만 선물 변동성을 보여주는 수익률 제곱값에 대한 자기상관함수를 보면 10차 이후에도 자기상관의 관계가 지속되는 장기기억의 속성이 나타나고 있다. 주식지수선물을 보면 코스피200선물의 자기상관관계가 코스닥50선물보다 더 크게 그리고 오랫동안 지속되고 있으며, 채권금리선물에서는 3년국채선물이 10년

국채선물보다 큰 자기상관 관계가 더 오랫동안 나타나고 있다. 한편, 통화선물에서는 미국달러선물의 장기기억 특성이 가장 크게 나타나고 있다.

이러한 결과는 주식시장에서 리스크의 지표로 변동성이 중요한 의미가 있는 것과 동일하게 국내 선물시장에 있어서도 선물의 변동성을 이용하거나 추정할 때, 특히 장기기억이라는 시계열적인 특성을 감안할 필요가 있다는 것을 시사하고 있다.

Fig. 1. Autocorrelation Functions for Returns and Squared Returns



2. 수익률 및 변동성 장기기억 분석

1) Variance Ratio 검정

국내 선물시장의 수익률 및 변동성에 대한 장기기억 분석을 위해 준모수적 추정방법으로 Lo-Mackinlay Variance Ratio 검정을 하였으며, <Table 4>에 검정결과가 제시되어 있다. 준모수적 분석방법으로 장기기억을 분석하는 경우 bandwidth 값에 따라 일반적으로 편의가 존재할 수 있기 때문에 다양한 bandwidth(n=5, n=10, b=30)를 사용하였다. 먼저 수익률에 대한 Variance Ratio 검정결과는 7개 선물 모두 상관관계가 존재하지 않는다는 귀무가설을 기각하지 않았다. 즉 선물 수익률의 상관관계가 없어 장기기억이 속성을 가지지 않는다고 할 수 있다. 앞에서 분석한 ADF 및 KPSS 검정과 자기상관함수 분석결과와 일치하는 결과이며 선물 수익률에는 대체로 장기기억 속성이 나타나지 않는 것으로 볼 수 있다.

하지만 변동성에 대한 Variance Ratio 검정결과에서는 1% 유의수준에서 7개 선물 모두 상관관계가 없다는 귀무가설을 기각하고 있는데, 여러 bandwidth를 고려한 상황에서도 동일한 결과가 나타났다. 이러한 결과는 선물 변동성에 대한 ADF 및 KPSS 검정과 자기상관함수 분석결과를 지지하고 있으며, 국내 선물시장의 변동성에는 장기기억의 속성이 있다는 것을 보여주고 있다.

Table 4. Lo-Mackinlay Variance Ratio Statistics

| | Number of Period | | |
|---------------------------------|------------------|----------|----------|
| | n=5 | n=10 | n=30 |
| Panel A. Returns | | | |
| KOSPI200 | 0.9936 | 0.9019 | 0.9471 |
| KOSDAQ150 | 0.7691 | 0.7818 | 0.6848 |
| 3-year KTB | 1.0247 | 1.0293 | 1.0976 |
| 10-year KTB | 0.8429 | 0.8706 | 0.8208 |
| USD | 0.9123 | 0.8207 | 0.7073 |
| JPY | 0.9613 | 0.8927 | 0.8757 |
| EUR | 0.9012 | 0.8207 | 0.7073 |
| Panel B. Squared returns | | | |
| KOSPI200 | 1.8893** | 3.0739** | 7.1901** |
| KOSDAQ150 | 1.3741** | 1.9837** | 4.0871** |
| 3-year KTB | 1.0058** | 1.0150** | 1.0446** |
| 10-year KTB | 1.5018** | 2.0106** | 3.6809** |
| USD | 2.0114** | 2.8294** | 5.7554** |
| JPY | 2.1002** | 3.5768** | 7.8326** |
| EUR | 2.0114 | 2.8295** | 5.7554** |

Notes: 1. H0: Lo-Mackinlay Variance Ratio = no autocorrelation.
 2. p: **<0.01 and *<0.05.

2) Rescaled-Range(R/S) 검정

시계열 자료의 장기기억 검정을 위한 다른 준모수적 방법으로 Rescaled-Range(R/S) 검정을 하였으며, <Table 5>에 Hurst-Mandelbrot-Wallis R/S 검정결과와 Lo R/S 검정결과가 제시되어 있다. Hurst-Mandelbrot-Wallis R/S는 시계열이 장기기억을 가지지 않는다는 귀무가설을 검정하는 방법이다. 먼저 수익률에 대한 R/S 검정결과는 7개 선물 모두 귀무가설을 기각하지 못하고 있어 장기기억이 속성을 가지지 않는다고 할 수 있다. Variance Ratio 검정과 일치하는 결과로 선물 수익률에는 장기기억 속성이 없다는 것을 지지하고 있다. 하지만 변동성에 대한 R/S 검정결과에서는 1% 유의수준에서 7개 선물 모두 장기기억을 가지고 있는 것으로 나타났다. 이는 Variance Ratio 검정과 일치하는 결과로 국내 선물시장의 변동성에는 장기기억의 속성이 있다는 것을 의미하고 있다. 다만 Hurst-Mandelbrot-Wallis R/S 검정은

단기기억 과정에 민감하고 불안정한 시계열에서 편의가 나타날 수 있다(Lo, 1991). 이에 따라 <Table 5>에 일반적인 R/S 검정에서 나타나는 문제점을 수정한 Lo(1991)가 제안한 Modified R/S 테스트를 이용한 분석결과를 비교하여 제시하고 있다. Modified R/S 검정은 다양한 bandwidth($q=2, q=4, q=8$)를 사용하여 추정되었으며, 분석결과 7개 선물 모두 일반적인 R/S 검정과 동일한 결과를 얻었다.

Table 5. Hurst-Mandelbrot's R/S Statistics and Modified R/S Statistics

| | Hurst-Mandelbrot-Wallis R/S | Modified R/S | | |
|--------------------------|-----------------------------|--------------|----------|----------|
| | | q=2 | q=4 | q=8 |
| Panel A. Returns | | | | |
| KOSPI200 | 1.2184 | 1.2069 | 1.2231 | 1.2807 |
| KOSDAQ150 | 1.4988 | 1.5682 | 1.5650 | 1.6029 |
| 3-year KTB | 0.9993 | 0.9932 | 0.9851 | 0.9801 |
| 10-year KTB | 0.9238 | 1.0045 | 1.0079 | 0.9978 |
| USD | 1.3521 | 1.2951 | 1.2971 | 1.2948 |
| JPY | 1.3132 | 1.3089 | 1.3409 | 1.3847 |
| EUR | 1.3583 | 1.3551 | 1.4325 | 1.4892 |
| Panel B. Squared returns | | | | |
| KOSPI200 | 10.811** | 9.0445** | 7.8714** | 6.4146** |
| KOSDAQ150 | 4.2091** | 3.6678** | 3.3377** | 2.9331** |
| 3-year KTB | 8.7066** | 7.6601** | 6.8865** | 5.8695** |
| 10-year KTB | 2.7646** | 2.4174** | 2.2595** | 2.0079** |
| USD | 7.2441** | 5.3896** | 4.5319** | 3.6195** |
| JPY | 5.7411** | 4.5932** | 3.9659** | 3.1612** |
| EUR | 4.6315** | 3.7518** | 3.2696** | 2.8282** |

Notes: 1. H_0 : Hurst-Mandelbrot = no autocorrelation and Modified R/S = no long-term dependence.
2. p: **<0.01 and *<0.05.

3) GPH 검정

준모수적 검정방법에서 나타나 분석결과의 강건성(robustness)을 확인하기 위해 추가적으로 Geweke and Porter-Hudak(GPH) 검정을 하였다. GPH 검정은 시계열자료의 장기기억을 검정하는 일반적인 검정방법 중의 하나이며 분석결과가 <Table 6>에 제시되어 있다. GPH 분석 시에는 피리어드그램(periodogram) T^α 를 적절하게 결정해야 하는데, $\alpha=0.5$ 에서 일반적으로 좋은 결과가 나타나는 것으로 알려져 있다. 본 연구에서는 bandwidth 값에 따른 비교를 위해서 $\alpha=0.6, \alpha=0.7$ 의 경우도 함께 추정결과를 제시하였다. 먼저 선물 수익률에 대한 GPH 검정결과는 7개 선물 모두 장기기억이 발견되지 않았다. 앞서 다른 준모수적 검정과 일치하는 결과를 확인하였다. 또한 선물 변동성의 경우에는 1% 유의수준과 모든 bandwidth 값에서 장기기억의 속성이 발견되었다.

국내 선물시장의 시계열적인 특징과 준모수적 검정방법에서 나타난 결과의 의미를 다음과 같이 요약할 수 있다. 국내 선물시장의 수익률에는 장기기억의 나타나지 않지만, 변동성에는 장기기억의 속성을 가지고 있다. 따라서 국내 선물시장에서 선물 수익률의 변화는 효율시장가설을 지지하는 반면, 선물 변동성의 변화는 정보의 효율성 측면에서 효율적이지 않다는 증거를 발견하였다. 이는 국내 선물시장에서 새로운 정보가 발생하여 그 충격으로 변동성이 한번 확대되면 장기간 동안 감소하지 않고 변동성에 지속적으로 영향을 주는 특성이 있다는 것을 시사하고 있다.

Table 6. Geweke and Porter-Hudak(GPH) Statistics

| | GPH | | |
|--------------------------|-----------|-----------|-----------|
| | $T^{0.5}$ | $T^{0.6}$ | $T^{0.7}$ |
| Panel A. Returns | | | |
| KOSPI200 | 0.0012 | 0.0036 | 0.0052 |
| KOSDAQ150 | 0.0173 | 0.0211 | 0.0374 |
| 3-year KTB | 0.0105 | 0.0214 | 0.0218 |
| 10-year KTB | 0.0008 | 0.0346 | 0.0357 |
| USD | 0.0141 | 0.0317 | 0.0342 |
| JPY | 0.0104 | 0.0313 | 0.0377 |
| EUR | 0.0167 | 0.0435 | 0.0863 |
| Panel B. Squared returns | | | |
| KOSPI200 | 0.1495** | 0.1632** | 0.2106** |
| KOSDAQ150 | 0.1474** | 0.1514** | 0.1555** |
| 3-year KTB | 0.1235** | 0.1475** | 0.1884** |
| 10-year KTB | 0.1691** | 0.1701** | 0.1996** |
| USD | 0.3496** | 0.4266** | 0.4717** |
| JPY | 0.2186** | 0.2744** | 0.2822** |
| EUR | 0.1188** | 0.1209** | 0.1218** |

Notes: 1. GPH indicates the long memory test of the Geweke and Porte-Hudak(1983).
 2. p: **<0.01 and *<0.05.

3. ARFIMA-FIGARCH 모형 분석

앞에서 분석한 Variance Ratio, Rescaled-Range(R/S), GPH 검정 등은 시계열 자료의 장기기역 속성을 분석하는 일반적인 방법이라고 할 수 있지만, 이러한 준모수적 추정방법의 문제는 시계열이 단기기역의 속성을 가지고 있는 경우 편의를 가질 수 있다는 것이다. 이에 따라 국내 선물시장의 수익률과 변동성에 대한 장기기역 속성을 동시에 살펴볼 수 있는 모수적 검정방법으로 FIGARCH 모형을 이용하였다. 본 연구에서는 선물 수익률과 변동성에 대한 장기기역을 함께 살펴보기 위해 FIGARCH의 평균방정식에 ARFIMA 모형을 포함하는 ARFIMA-FIGARCH 모형으로 분석하였다.⁵⁾ 한편, 모형 분석은 Baillie, Bollerslev, and Mikkelsen (1996)의 방법론에 따라 student t 분포를 가정하여 준최우추정방법(QMLE)을 통해서 검정하였다.

(Table 7)에 ARFIMA-FIGARCH 모형의 분석결과가 제시되어 있다. 추정치에서 중요한 부분은 선물 수익률에 대한 장기기역을 보여주는 d-Arfima 계수와 선물 변동성에 대한 장기기역을 나타내는 d-Garch의 계수이다. 먼저 d-Arfima 계수를 보면 7개 선물 모두 통계적으로 의미가 없어 시계열의 장기기역 속성이 나타나지 않았다. 반면, d-Garch의 계수는 분석대상 7개 선물 모두 1% 유의수준에서 통계적으로 의미가 있는 것으로 나타나 선물 변동성에는 장기기역 과정이 나타나고 있다는 것을 확인할 수 있다. 이러한 결과는 앞에서 분석한 준모수적 검정방법인 Variance Ratio 검정, R/S 검정, GPH 검정의 결과와 일치하고 있다. 또한 7개 선물 중에서 코스닥150선물, 미국달러선물, 엔선물, 유로선물은 d-Garch 계수가

5) 우선 분석을 위해서는 AIC, BIC 정보 기준을 이용하여 모형의 시차를 선택해야 하는데, 본 논문에서는 가장 일반적인 모형인 ARFIMA(1,d,1)-FIGARCH(1,d,1)를 선택하였다. 이와 같이 분석한 이유는 본 논문의 연구목적이 장기기역을 가장 잘 포착하는 모형을 찾는 것이 아니고 국내 선물시장에서 장기기역의 존재를 확인하고 시장 효율성을 살펴보는 것에 있기 때문이다.

$0 < d < 0.5$ 사이에 있는 정상적인 장기기억 과정에 있는 것으로 나타났다. 이는 정상적인 시계열의 성격을 가지지만 동시에 장기기억 속성도 가지고 있다고 할 수 있다. 반면, 코스피200선물, 3년국채선물, 10년국채선물은 d-Garch 계수가 $0.5 < d < 1$ 에 있는 비정상적인 장기기억 과정으로 나타났다. 비정상적인 장기기억 과정은 정상적인 단기기억 과정($d=0$)보다 매우 느리게 자기상관함수가 감소하는 모습을 나타내지만 장기적으로는 평균회귀성향을 보인다. 한편, d-Figarch 계수의 값이 가장 높은 선물은 3년국채선물로 0.876이며, 10년국채선물(0.752), 코스피200선물(0.561)의 경우에도 높은 수치를 보이고 있어 변동성 충격이 발생하면 미국달러선물(0.452), 엔선물(0.377), 유로선물(0.373), 코스닥150선물(0.353) 보다 그 충격이 상대적으로 오랫동안 지속된다는 것을 의미한다.

Table 7. ARFIMA-FIGARCH Models Statistics

| | KOSPI200 | KOSDAQ150 | 3-year KTB | 10-year KTB | USD | JPY | EUR |
|----------------|----------|-----------|------------|-------------|----------|----------|---------|
| μ | 0.055** | 0.048 | 0.006** | 0.014** | -0.201** | -0.035** | -0.015 |
| d-Arfima | -0.005 | -0.007 | -0.011 | -0.016 | -0.005 | -0.015 | 0.006 |
| AR(1) | -0.388 | 0.023** | 0.601** | -0.003 | -0.458 | -0.063 | -0.447* |
| MA(1) | 0.371 | -0.138* | -0.684** | -0.072 | 0.433 | 0.019 | 0.431* |
| ω | 3.196* | 2.155* | 1.185* | 1.398 | 0.243** | 0.371 | 0.418** |
| d-Figarch | 0.561** | 0.353** | 0.786** | 0.752** | 0.452** | 0.377** | 0.373** |
| ARCH | 0.105** | 0.234 | 0.070 | 0.126 | 0.278** | 0.326* | 0.208** |
| GARCH | 0.667** | 0.431** | 0.781** | 0.777** | 0.598** | 0.533** | 0.718** |
| Student | 6.808** | 5.964** | 6.651** | 14.085** | 6.794** | 6.601** | 4.893** |
| Log-likelihood | -10421.5 | -1561.6 | -1562.1 | -349.1 | -2945.7 | -3752.7 | -2859.6 |

Note. 1. The table reports the ARFIMA(1,d,1)-FIGARCH(1,d,1) model.
 2. p: **<0.01 and *<0.05.

추가적으로 선물 수익률과 변동성의 장기기억 속성이 국내 선물시장의 구조변화 시점을 전후로 변화가 있었는지를 분석하였다. 국내 금융시장의 구조변화(regime changes) 시점은 분석방법에 따라서 달라질 수 있겠지만, 일반적으로 많은 문헌에서 금융시장의 시계열 분석에서 변화의 비교 시점으로 선택하는 글로벌 금융위기를 기준으로 하였다.⁶⁾ 따라서 본 연구에서는 글로벌 금융위기 이전 기간은 개별 선물상품의 거래소 상장일로부터 2009년 2월 27일까지로 하고, 글로벌 금융위기 이후 기간은 2009년 3월 2일부터 2019년 12월 31일까지로 구분하였다.⁷⁾

〈Table 8〉에 글로벌 금융위기를 전후로 코스피200선물, 3년국채선물, 미국달러선물에 대한 ARFIMA-FIGARCH 모형의 분석결과가 제시되어 있다. 코스닥150선물은 글로벌 금융위기 이후인 2015년 11월에 상장되었고, 엔선물과 유로선물은 금융위기 이전인 2006년 5월에 상장되었지만 상장 초기 상당기간 동안 거래가 활발하게 이루어지지 않아 표본의 크기가 작아 분석대상에서 제외하였다. 분석결과를 보면 글로벌 금융위기 이전과 이후 모두 선물 수익률에 대한 장기기억을 보여주는 d-Arfima 계수는 통계적으로 의미가 없어 장기기억 속성을 발견할 수 없었다. 반면, d-Garch의 계수는 분석대상 3개 선물 모두 1% 유의수준에서 통계적으로 의미가 있는 것으로 나타나 선물 변동성에는 장기기억 과정이 있다는 것을 확인할 수 있다. 특히 글로벌 금융위기 이후 미국달러선물과 3년국채선물은 d-Figarch 계수의 수치가 크게 증가한 것으로 나타났다. 이는 글로벌 금융위기 이후 통화선물시장과 채권금리선물시장에서 장기기억 속성이 보다 강화되고 있다는 점을 보여주고 있다.

6) 글로벌 금융위기를 기준으로 표본을 나누어 비교하는 것은 엄밀한 통계적 검정은 아니지만, 글로벌 금융위기는 경제 환경과 정책의 구조적인 변화를 가져온 사건이기 때문에 표본을 나누기 위한 자연스러운 기준이라고 할 수 있다(김남중 외, 2020).
 7) 2007년 글로벌 금융위기가 발생한 이후 한국은행과 통계청에서는 국내 경기가 2009년 2월 저점을 통과하고 2009년 3월부터 확장기가 시작한 것으로 판단하고 있다는 점에서 국내에 글로벌 금융위기가 종료된 시점을 2009년 2월말로 볼 수 있다.

Table 8. ARFIMA-FIGARCH Models Statistics: Regime Switching Test

| | Before Global Financial Crisis | | | After Global Financial Crisis | | |
|----------------|--------------------------------|------------|---------|-------------------------------|------------|---------|
| | KOSPI200 | 3-year KTB | USD | KOSPI200 | 3-year KTB | USD |
| μ | 0.069* | 0.008** | -0.024* | 0.053** | 0.005** | -0.019 |
| d-Arfima | -0.008 | -0.007 | 0.023 | -0.019 | -0.034 | 0.005 |
| AR(1) | -0.035 | -0.391* | -0.501* | -0.902** | -0.145 | 0.021 |
| MA(1) | 0.037 | 0.435** | 0.460 | 0.888** | 0.098 | -0.071 |
| ω | 3.152** | 0.161 | 0.331* | 6.001 | 1.627 | 8.761 |
| d-Figarch | 0.523** | 0.581** | 0.441** | 0.561** | 0.798** | 0.868** |
| ARCH | 0.079* | 0.174** | 0.183** | 0.145** | 0.134** | 0.106** |
| GARCH | 0.621** | 0.683** | 0.743** | 0.691** | 0.727** | 0.808** |
| Student | 10.003** | 4.183** | 5.059** | 4.231** | 2.934** | 9.301** |
| Log-likelihood | -6919.7 | 620.18 | -922.3 | -3482.2 | 2351.5 | -2004.4 |

Note. 1. The period before global financial crisis is from the day is listed on KRX to February 27, 2019.
 2. The period after global financial crisis is from March 3, 2009 to December 30, 2019.
 3. The table reports the ARFIMA(1,d,1)-FIGARCH(1,d,1) model.
 4. p: **<0.01 and *<0.05.

이러한 분석결과를 정보의 효율성 측면에서 요약해보면 분석대상 7개 선물 모두 수익률 변화에는 장기기억의 속성이 존재하지 않아 효율시장가설을 지지하고 있다고 볼 수 있다. 즉, 분석대상 선물의 수익률에는 과거 정보를 포함하여 현재 이용할 수 있는 정보를 신속하게 반영하고 있다는 것을 의미한다. 반면, 선물 변동성에는 분석대상 7개 선물 모두 장기기억 속성이 나타났는데, 이러한 결과는 국내 선물시장의 변동성의 변화와 리스크를 예측하는 데에 유용한 정보로 활용할 수 있다 것을 시사하고 있다. 특히 글로벌 금융위기 이후 통화선물과 채권금리선물시장에서 장기기억 속성이 더욱 강화되고 있다는 점을 발견하였다.

V. 결론

본 논문은 국내 선물시장의 장기기억 속성과 시장의 효율성을 분석하고 있다. 한국거래소에 상장되어 있는 선물상품 중에서 거래가 활발하게 이루어지고 있는 코스피200선물, 코스닥150선물, 3년 국채선물, 10년 국채선물, 미국달러선물, 엔선물, 유로선물을 대상으로 분석하였으며, 분석결과를 요약하면 다음과 같다.

먼저 국내 선물시장의 장기기억 속성을 보다 정확하게 이해하기 위해 시계열자료의 특성을 분석하였는데, ADF 검정과 KPSS 검정을 통해서 선물 변동성에 대한 장기기억의 존재 가능성을 확인하였다. 자기상관함수 분석결과 선물 수익률의 경우에는 시차 1~3차에서 자기상관관계가 급속하게 사라진 반면, 선물 변동성은 10차 이후에도 자기상관관계가 지속되는 장기기억의 속성을 발견하였다.

이러한 국내 선물시장의 시계열 특성에 대한 이해를 기초로 국내 선물시장의 장기기억과 시장효율성 분석을 하였다. 우선 준모수적 방법으로 Variance Ratio, Rescaled-Range(R/S), Geweke and Porter-Hudak 검정방법을 이용한 분석하였다. 분석결과 7개 선물 모두 수익률 변화에는 장기기억의 속성이 존재하지 않았으나, 선물 변동성에는 분석대상 7개 선물 모두 장기기억 속성을 발견하였다. 이후 모수적인 방법으로는 ARFIMA-FIGARCH 모형을 사용하여 분석하였는데 준모수적 방법과 일치하는 결과가 나타났다. 보다 구체적으로 보면 코스닥150선물, 미국달러선물, 엔선물, 유로선물은 정상적인 시계열의 성격을 가지지만 이와 동시에 장기기억의 속성도 보이고 있다는 것을 발견하였다. 반면, 코스피200선물, 3년국채선물, 10년국채선물은 매우 느리게 자기상관함수가 감소하는 비정상적인 장기기억 과정을 보인다

는 것을 확인하였다. 마지막으로 글로벌 금융위기 이후 통화선물시장과 채권금리선물시장에서 장기기억의 속성이 보다 강화되고 있다는 증거를 발견하였다. 이러한 결과는 국내 선물시장의 가격결정 및 변화 형태와 리스크를 구체적으로 이해하고 활용하는데 보다 유용한 정보를 제공한다는 점에서 그 의미가 있다고 할 수 있다.

향후 국내 선물시장의 장기기억 속성의 변화 요인을 보다 구체적으로 확인하기 위해 표본이동방법(rolling sample approach) 등을 이용하여 장기기억의 시변하는(time-varying) 속성을 분석하거나 장기기억 속성의 고려한 다양한 통제모형(filtered model)을 활용하여 발생원인을 추가적으로 규명하는 것도 매우 의미있는 연구과제가 될 것으로 생각된다.

References

- 강태훈, 이명월 (2015), “기초자산시장과 옵션시장의 장기기억속성 비교에 관한 연구”, *Journal of The Korean Data Analysis Society*, 17(3), 1379-1408.
- 강태훈, 이상식 (2015), “KOSPI200 지수 옵션가격에 내재된 Hurst 지수”, *Journal of The Korean Data Analysis Society*, 17(4), 2055-2067.
- 김남중, 박성욱, 박춘성 (2020), “우리나라 금융시장 변동요인 분석”, *금융연구원 KIF VIP 리포트*.
- 노현승, 강상훈 (2014), “아시아 이머징 주식시장에서의 변동성 장기기억모형 예측력 분석”, *금융공학연구*, 13(3), 27-49.
- 박재곤, 이필상 (2009), “장기기억 속성을 이용한 주가 변동성 예측에 관한 연구”, *금융연구*, 23(4), 33-62.
- 엄철준, 오갑진, 김승환, 김태혁 (2007), “주식가격변화의 장기기억 속성 존재 및 영향요인에 대한 실증연구”, *재무관리연구*, 24(3), 63-89.
- 윤성민 (2011), “한국 금융시장 장기기억 특성의 시간가변성”, *Journal of The Korean Data Analysis Society*, 13(5), 2561-2572.
- 이정형, 강관중, 조신섭 (2004), “한국선물시장의 수익률과 변동성에 대한 장기기억 특성”, *Journal of The Korean Data Analysis Society*, 6(4), 1063-1072.
- 이지현, 김동석, 이회경 (2002), “FIGARCH 모형을 이용한 주가 수익률 변동성의 장기기억에 관한 연구”, *선물연구*, 10(2), 95-114.
- 최상규 (2014), “KOSPI 200 수익률 변동성의 장기기억과정 탐색”, *Journal of The Korean Data Analysis Society*, 15(12), 7018-7024.
- 홍정훈 (1998), “우리나라 주식수익률에 있어서의 장기적 기억에 관한 연구”, *금융연구*, 12(2), 57-76.
- Andersen, T., G. Torben and T. Bollerslev (1997), “Intraday Periodicity and Volatility Persistence in Financial Markets”, *Journal of Empirical Finance*, 4, 115-158.
- Andersen, T., G. Torben and T. Bollerslev, F. Diebold and P. Labys (2001), “The Distribution of Realized Exchange Rate Volatility”, *Journal of the American Statistical Association*, 96(453), 42-55.
- Andersen, T., G. Torben and T. Bollerslev, F. Diebold and P. Labys (2003), “Modeling and Forecasting Realized Volatility”, *Econometrica*, 71, 579-625.
- Baillie, T. R. (1996), “Long Memory Processes and Fractional Integration in Econometrics”, *Journal of Econometrics*, 73, 5-59.
- Baillie, R. T., T. Bollerslev and H. O. Mikkelsen (1996), “Fractionally Integrated Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity”, *Journal of Econometrics*, 74, 3-30.
- Beran, J. (2000), “Statistics for Long-memory Processes”, *Journal of the Royal Statistical Society*, 49(3), 434-436
- Cajueiro, D. and B. Tabak, (2004a), “Ranking Efficiency for Emerging Markets”. *Chaos, Solitons & Fractals*, 22(2), 349-352.

- Cajueiro, D. and B. Tabak (2004b), "The Hurst Exponent Over Time: Testing the Assertion that Emerging Markets Are Becoming More Efficient", *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 336(3-4), 521-537.
- Choi, K. and S. Hammoudeh (2009), "Long Memory in Oil and Refined Product Markets", *The Energy Journal*, 30, 97-116.
- Crato, N. and P. de Lima (1994), "Long Range Dependence in the Conditional Variance of Stock Returns", *Economic Letters*, 45, 281-285.
- Darrat, A. F. and M. Zhong, (2000): "On Testing the Random-Walk Hypothesis: A Model Comparison Approach", *The Financial Review*, 35(3), 105-124.
- Ding, Z., C. W. J. Granger and R. F. Engle (1993), "A Long Memory Property of Stock Returns and A New Model", *Journal of Empirical Finance*, 1, 83-106.
- Ding, Z. and C. W. J. Granger (1996), "Modeling Volatility Persistence of Speculative Returns; A New Approach", *Journal of Econometrics*, 73, 185-215.
- Fama, E. F. (1965), "The Behavior of Stock Market Prices," *Journal of Business*, 38(1), 34-105.
- Geweke, J. and S. Porter-Hudak (1983), "The Estimation and Application of Long Memory Time Series Models", *The Journal of Time Series Analysis*, 4(4), 221-238,
- Henry, T. (2002), "Long Memory in Stock Returns: Some International Evidence", *Journal Applied Financial Economics*, 12(10), 725-729.
- Hull, M. and F. McGroarty (2014), "Do Emerging Markets Become More Efficient as They Develop? Long Memory Persistence in Equity Indices", *Emerging Markets Review*, 18, 45-61.
- Kang, Sang-Hoon, Kyung-Sik Kim and Seong-Min Yoon (2006), "Dual Long Memory Properties in the Korean Stock Market," *Journal of Economic Studies*, 24(2), 259-286
- Lo, A. W. (1991), "Long-Term Memory in Stock Market Prices", *Econometrica*, 59(5), 1279-1313.
- Lo, A. W. and A. C. MacKinlay (1988), "Stock Market Prices Do Not Follow Random Walks: Evidence from A Simple Specification Test", *Review of Financial Studies*, 1(1), 41-66.
- Mandelbrot, B. B. (1971), "A Fast Fractional Gaussian Noise Generator", *Water Resources Research*, 7(3), 543-553.
- Mandelbrot, B. B. (1997), "Fractals and Scaling in Finance: Discontinuity, Concentration, Risk", New York: Springer Publishing Company. 1-551.
- Nagayasu, J. (2003), "The Efficiency of the Japanese Equity Market," *IMF Working Paper*, WP/03/142, 1-23.
- Osborne, M. F. M. (1959), "Brownian Motion in the Stock Market," *Operations Research*, 7, 145-173.
- Qian, B. and K. Rasheed (2007), "Stock Market Prediction with Multiple Classifiers", *Applied Intelligence*, 26, 25-33.
- Su, J. J. (2003), "On the Power of the Multivariate KPSS Test of Stationarity Against Fractionally Integrated Alternatives," *Applied Economics Letters*, 10, 637-641.
- Tolvi, J. (2003), "Long Memory and Outliers in Stock Market Return", *Applied Financial Economics*, 13, 495-502.