

KOSPI수익률의 평활전이회귀모형 추정*

유 일 성**

요 약

한국증권시장을 포함한 대부분의 지역증권시장이 미국 뉴욕증권시장의 움직임에 반응하거나 동조현상을 보인다는 사실은 이미 경험적으로 혹은 통계적으로 널리 수용되고 있다. 본 연구는 그러한 반응에 비선형성이 존재하는가를 일별 주가수익률을 데이터로 활용하여 우선적으로 검정한다. 그러한 검정결과에 입각하여 비선형성을 내재화시킨 계량분석모형이 주가수익률을 설명하고 예측하는데 도움을 줄 수 있는가를 확인한다. 본 연구에서는 이러한 비선형성에 관련된 정보를 유도하기 위하여 평활전이(자기)회귀분석모형(STR)을 이용한다. STR모형은 국면전환을 야기하는 전이변수를 명시적으로 확인할 수 있고 다양한 국면전환형태를 모형에 수용할 수 있는 장점을 가지고 있다. KOSPI수익률의 비선형성에 대한 검정결과는 귀무가설인 선형성이 기각되는 것으로 나타났으며, 그러한 비선형성의 형태는 미국증권시장이 하강기에 처한 경우에 상승기에 처한 상태보다 민감한 동조현상을 보이는 것으로 나타났다. 하지만 추정된 STR모형이 주가의 변동을 설명하거나 예측하는데 여타의 모형보다 나은 능력을 가지는가에 대해서는 긍정적인 결과를 얻지 못하였다.

I. 서 론

한국증권시장에 관심을 갖는 기관투자자나 개인투자자가 매일 매일의 투자의 사결정을 하기 위하여 동원하는 구체적인 분석방법과 정보내용은 다를 수 있겠

* 본 연구는 부경대학교 2005~2006 안식년 지원에 의하여 수행되었음.

** 부경대학교 경영대학 교수

지만, 적어도 한 가지 정보내용면에 있어서는 공통점을 가지고 있다. 대부분 투자자가 한국시간으로 오전 다섯시 정도에 마감되는 뉴욕증권시장의 움직임을 참조하여 당일의 투자방향과 규모를 조정하게 된다. 이미 세계화된 투자환경에서 한국증권시장뿐만 아니라 전세계의 증권시장이 뉴욕증시의 움직임에 반응하는 것으로 확인되고 있다.

본 연구는 그러한 반응을 재확인하고자 하는 노력이며, 특히 그러한 반응에서 비선형성이 존재하고 있는가에 초점을 맞추고 있다. 예컨대 한국증시가 뉴욕증시에 반응하는 행태가 대칭적이지 아니하고 미국 증시가 상승하는 경우보다 가라앉는 경우에 보다 민감하게 반응할 가능성이 있다. 본 연구에서는 이러한 의문에 대하여 평활전이분석모형(smooth transition (autoregressive) regression, STAR 혹은 STR)을 이용하여 설명을 제시하고자 한다. ST(A)R모형은 국면구조를 결정짓는 상태변수의 실체를 확정지을 수 있고 그러한 구조변화의 속도를 일순간으로 한정시키지 않아도 되는 융통성을 가지고 있다. STAR모형의 방법론과 이를 이용한 실증연구는 1990년대에 이미 상당히 축적되었으나(Teresvirta, 1994; Eitrheim and Terasvirta, 1996), 일별 시계열자료를 이용하여 뉴욕증시와 한국증시의 비대칭적 반응을 연구한 논문결과는 아직 제시되어 있지 않다. 그 이유는 공휴일이 국가마다 동일하지 않기 때문에 매일 매일 국가 간 서로 상응하는 시계열 자료가 자연스럽게 형성되지 못하기 때문이라고 생각된다. 하지만 한국시장 개장 수시간 전에 종료되는 미국시장의 일별 변화는 실제 투자의사결정에 큰 비중을 차지하기 때문에 일별자료에 입각한 분석은 월별자료에 입각한 분석(Sarantis, 2001; Schaller et al., 1997)보다 오히려 더 중요한 의미가 있다고 볼 수 있다. 본 연구에서는 두 시장이 한국시간의 기준에서 동시에 개장되지 아니하는 일별자료는 삭제하고 두 시장이 동시에 개장된 시계열자료만을 추출하는 다소 투박한 접근을 취함으로써 연구질문에 대한 답을 얻고자 노력하였다.

미국시장의 주가움직임을 대표하는 지수로서 가장 널리 알려진 지수는 다우존스산업지수, 나스닥 지수와 S&P500이다. 본 연구에서는 이들 세 지수들에 한국증시의 종합지수 KOSPI가 반응하는 데 비선형성 혹은 비대칭성이 존재하는지를 확인하고 비교해 보고자 한다. 이러한 비선형성이 확인된다면, 한국증시에

참여하는 투자자는 미국시장의 모든 움직임을 참조하는 것이 아니라 한국시장에 보다 강력하게 미치는 변화에만 주의를 집중함으로써 보다 효율적인 투자의 사결정이 가능하게 될 것이다.

본 논문의 전개 구조를 살펴보면, 다음 II장에서 연구목적을 기술하고 STR모형의 이론적 특성 및 비선형성 검정방법에 대하여 언급한다. III장 본문에서는 분석대상이 되는 한국시장과 미국시장 둘을 결합시키기 위하여 가공을 거친 시계열 자료의 기초 통계적 특성을 제시한다. 그 다음에는 한국 시장의 선형적 반응을 전제한 상태에서 그 둘의 관계를 추정하고 두 시장에 존재하는 의존성의 깊이를 측정한다. 그 둘의 의존성 관계를 확인하고 난 후에는 이들 관계에 비선형성이 존재하는가를 통계적으로 검정한다. 통계적인 검정결과가 비선형성을 배제할 수 없게 나온 경우에 STR모형을 추정하여 그 결과를 보이고 이를 해석하고자 한다. 결론에서는 본 연구에서 관찰된 몇 가지 사실들을 요약하고 본 연구에서 보다 개선될 여지가 있는 부족한 부분을 언급하고자 한다.

II. 수익률의 비선형성 검정과 STAR모형

한국증권시장에서 주가수익률을 종속변수로 하고 미국증권시장의 수익률을 설명변수로 설정한 경우 이 둘의 관계가 선형적이지 아니할 수 있다. 다시 말해서 미국증권시장이 상승세를 보이는 경우에는 한국증권시장이 이에 뚜렷한 반응을 하지 않지만, 하락세를 보이는 경우에는 동조현상을 보일 수 있다. 혹은 미국증시가 일정 범위 내에서 움직일 때는 한국증시가 따르지 아니하고 독립적으로 움직이지만, 일정 범위를 벗어나 큰 폭으로 상승 혹은 하락할 때는 한국증시도 같은 방향으로 밀접한 움직임을 보일 수 있다. 이러한 비선형적 움직임을 모형에 반영하는 대표적인 접근방식으로서 마프코프 전이모형(Markov transition model), 임계값 자기회귀모형(Threshold Autoregressive model), 평활전이자기회귀분석모형(smooth transition autoregressive regression model) 등 여러 국면전환모형이 개발되어 있다. 본 연구에서는 한국증시의 국면전환을 야기하는

변수에 대하여 명시적인 확인을 전제하고, 그러한 국면전환이 급작스럽게 이루어질 수도 있지만 완만하게 이루어지는 경우도 함께 모형화할 수 있는 평활전이회귀분석모형(이하 STR : smooth transition regression)을 활용하여 한국 주가수익률이 보이는 비선형성을 검정하고자 한다. 본 연구는 이러한 비선형성의 검정을 통하여 이에 입각한 모형이 주가수익률을 설명하고 예측함에 있어서 일반적인 선형모형보다 우월한 능력을 가질 수 있는가를 실증적으로 탐색하고자 하는 데 연구목적은 두고 있다. 실증모형추정에 증권시장의 특징인 변동성의 밀집현상 혹은 변동성의 비대칭성 등을 모두 포함하는 것이 바람직하겠지만 본 연구에서 그러한 ARCH류의 조건부 변동성에 관련된 방정식은 연구범위에 포함시키지 않는다. 본 연구의 모형은 수익률 변화를 설명하고 예측하는 조건부 평균방정식에 국한되어 있으며, 이는 변동성이 비대칭적이지만 않다면 조건부 평균방정식은 조건부 변동성 방정식과 분리되어 추정되더라도 모수추정치의 일관성(consistency)이 유지될 수 있기 때문에 큰 무리가 없다고 본다(Engle, 1982).

본 연구에서는 STR모형을 van Dijk et al.(2002)에 따라서 아래와 같이 설정한다.

$$\begin{aligned}
 EY_t = & (bE0 + bE1 x_{1t} + bE2 x_{2t} + bE3 x_{3t})(1 - G(z_t; g, c)) \\
 & + (bU0 + bU1 x_{1t} + bU2 x_{2t} + bU3 x_{3t}) G(z_t; g, c)
 \end{aligned} \tag{1}$$

여기서 Y_t 는 한국증권시장의 주가수익률을 나타내며, 한국종합주가지수(KOSPI)로써 이를 대표한다. 모형에서 x_{1t} , x_{2t} , x_{3t} 는 설명변수를 의미한다. 그것이 어떤 변수일지라도 일별주가수익률을 충분히 설명하는 데에는 한계가 있음이 이미 시장효율성 검정연구들을 통하여 제시되었다. 본 연구에서는 전날의 주가수익률, 당일 이자율의 변동, 한국시간으로 새벽에 마감되는 뉴욕증권시장의 일별 주가움직임을 설명변수로 설정하였다. 이러한 설정은 이론상으로나 실무상으로 큰 무리가 없는 변수선정으로 수용될 수 있을 것이다.

모형방정식 (1)에서 KOSPI 기대수익률 EY_t 는 두 선형방정식의 결합으로서 표현되고 있다. 논의의 편의를 위하여 $(bE0 + bE1 x_{1t} + bE2 x_{2t} + bE3 x_{3t})$ 는 극단적인 하락시장(bear market)에서 지배하는 모형구조라고 명명하고, $(bU0 +$

$bU1 x_{1t} + bU2 x_{2t} + bU3 x_{3t}$)는 극단적인 상승시장(bull market)에서 지배하는 관계식이라고 명명하자. 식 (1)에서 $G(z_t; g, c)$ 가 만일 0과 1에 둘 중에서 하나의 값만 가질 수 있도록 허용된다면, EY_t 는 두 국면, 극단적인 하락국면과 극단적인 상승국면만을 건너뛰게 된다. STR모형에서는 $G(z_t; g, c)$ 가 0에서 1사이의 어떤 중간값도 취할 수 있게끔 허용한다. 국면을 결정하는 가중치를 나타내는 함수 $G(z_t; g, c)$ 는 전환변수(transition variable) z_t 의 연속함수이기 때문에 z_t 의 움직임에 따라 Y_t 가 처한 국면이 부드럽게 전환된다.

연속함수 $G(z_t; g, c)$ 는 주로 Logistic 함수를 연결시키게 되는 데, 여러 가능한 구체적 형태 중에서 다음과 같은 두 가지를 많이 활용하게 된다.

$$G = 1 / \{1 + \exp[-g(z_t - c)]\} \quad (2-1)$$

$$G = 1 / \{1 + \exp[-g(z_t - c1)(z_t - c2)]\} \quad (2-2)$$

본 연구에서 z_t 는 미국증권시장의 움직임을 나타내는데, 이 전환변수는 국면을 결정할 뿐만 아니라 그 스스로 설명변수로서의 역할을 수행한다. 다시 말해서 $z_t = x_{3t}$ 의 관계를 설정한다. 식 (2-1)에서 z_t 의 증가로 인하여 G 는 단조 증가를 보이다가, z_t 가 위치를 나타내는 상수 c 를 넘어설 때 G 는 $\frac{1}{2}$ 을 초과하게 됨으로써, Y_t 가 처한 국면은 극단적 하강국면에서 설정되는 변수간 관계보다 극단적 상승국면의 모형구조에 보다 의존하게 된다. g 는 전환속도를 의미하는데, g 가 크면 클수록 Y_t 는 두 극단적 국면사이를 연속적이지만 급격하게 오가게 된다. 함수 식 (2-1)은 미국시장이 하락기에 있는 경우와 상승기에 있는 경우에 우리 시장이 다른 반응행태를 보이는 경우에 적절하게 이용할 수 있는 형태라고 볼 수 있다.

한편 함수식 (2-2)에서 G 는 z_t 의 증가에 따라서 단조 증가를 보이는 것이 아니라 z_t 가 $(c1 + c2)/2$ 에 이르기까지는 감소하다가 그 지점을 넘어서게 되면 다시 증가하게 된다. 이 함수의 최소값은 0에서 1/2 사이의 어느 한 값이 되며, 최대값은 1이 된다. 함수 식 (2-2)에서 두 극단적 국면은 z_t 가 $(c1 + c2)/2$ 의 값을 가질 때 형성되는 내부국면과 z_t 의 절대값이 큰 경우에 형성되는 외부국면으로

해석할 수 있다. 이러한 함수는 미국시장이 큰 폭으로 상승 혹은 하락하는 경우와 미약하게 상승 혹은 하락하는 경우에 우리 시장이 반응하는 행태가 차이를 보이는 경우 적절하게 이용할 수 있는 형태라고 볼 수 있다.

STR모형 식 (1)은 모형에서 가정하는 두 극단적 국면이 어떠한 구조를 갖는지를 명시적으로 보여주고, 현재 처한 상황이 두 극단적 국면의 결합에 의하여 이루어짐을 보여주는 데 도움이 되는 형태이다. 반면 이를 약간 변형한 아래의 STR모형 방정식 (3)에서는 종속변수 Y_t 에 대한 설명변수의 영향력 혹은 회귀계수가 상수로 일정하지 아니하고 G 의 값에 따라서 무수한 값을 가질 수 있음을 잘 나타내고 있다. 다시 말해서 Y_t 는 연속적인 무수한 국면에 놓일 수 있으므로, 만일 선형회귀방정식을 설정하여 Y_t 를 설명하고자 시도하는 경우 추정기간의 z_t 값이 변화하게 되면 회귀계수 역시 안정성을 상실하고 하부 표본기간에 따라서 다른 값으로 나타날 수 있다.

$$EY_t = (bE0 + bE1 x_{1t} + bE2 x_{2t} + bE3 x_{3t}) + \{(bU0 - bE0) + (bU1 - bE1)x_{1t} + (bU2 - bE2)x_{2t} + (bU3 - bE3)x_{3t}\}G(z_t; g, c) \quad (3)$$

이하 STR모형에 관련된 서술은 상기 식 (3)에 근거하고 식 (2-1)에서의 G 를 반영한 회귀방정식 (3)'에 입각하고자 한다.

$$Y_t = (bE0 + bE1 x_{1t} + bE2 x_{2t} + bE3 x_{3t}) + \{(bU0 - bE0) + (bU1 - bE1)x_{1t} + (bU2 - bE2)x_{2t} + (bU3 - bE3)x_{3t}\} \times \{1 + \exp[-g(z_t - c)]^{-1} + u_t\} \quad (3)'$$

시계열자료를 설명하기 위하여 STR모형을 추정하려면, 먼저 그 추정작업의 수고를 들여야 할 만한 비선형성의 근거가 있는지의 여부를 검정하는 것이 바람직하다. 그리고 추정을 하기 위하여 투입되어야 하는 국면전환함수 G 의 구체적 형태와 전환변수의 정체가 무엇인지에 대한 검정이 이루어지는 것이 필요하다. 본 연구에서 전환변수는 미국증권시장의 움직임으로 이미 가정하고 있으므로 이와 관련된 사전 정지작업은 생략할 수 있으며, 다만 비선형성의 존재유무와 함수 G 의 구체적 형태를 확인할 필요가 있다.

변수 간에 존재하는 비선형성을 확인하는 검증방법으로서 Ramsey의 RESET 검증이 있는데 이는 특정 대립가설을 설정하지 않는 검정이기 때문에 검정능력 (test power)이 크지 않다. 따라서 STR모형을 대립가설로 특정화하고 선형 모형을 귀무가설로 하여 검정하는 방법이 Terasvirta(1994) 등에 의하여 제안되었다. 비선형성 검정을 위해서는 회귀방정식 (3)'에서 $g=0$ 의 제약유무를 검정하여야 한다. 하지만 귀무가설이 성립하면 모형에서 일관성있는 추정이 어려운 염증모수(nuisance parameter)가 발생하기 때문에 식 (3)'을 비선형성 검정에 원형 그대로 이용하기가 어렵게 되어있다. 다시 말해서 $g=0$ 이 성립하게 되면 $(bU0-bE0)$, $(bU1-bE1)$, $(bU2-bE2)$, $(bU3-bE3)$ 와 c 는 추정이 어려운 염증모수가 되며, 이는 식 (3)'에서 함수 G 를 약간 수정하여 $G-1/2$ 로 대체하면 귀무가설에서 $(bU0-bE0)$, $(bU1-bE1)$, $(bU2-bE2)$, $(bU3-bE3)$ 와 c 는 아예 사라지는 것을 보면 쉽게 이해할 수 있다. 통계가설검정에서 이러한 염증모수를 다루는 방법은 Davis(1987)등에 의하여 제안되었는데, 함수 G 에 일차테일러 급수 확장을 적용하여 아래와 같은 보완적 회귀방정식 (4)를 설정하고 비선형성을 가진 변수의 회귀계수들이 모두 0이 되는가를 검정하게 된다.

$$Y_t = (b_0 + b_1 x_{1t} + b_2 x_{2t} + b_3 x_{3t}) + (b_4 z_t + b_5 x_{1t} z_t + b_6 x_{2t} z_t + b_7 x_{3t} z_t) + e_t \quad (4)$$

회귀방정식 (4)를 추정하고 귀무가설 ' $b_4 = b_5 = b_6 = b_7 = 0$ '이 기각되면 상기 모형은 선형성이 기각된다. 선형성이 기각되면 비선형성을 나타내는 함수 G 의 구체적 형태를 식 (2-1)과 식 (2-2)의 두 가지 중에서 선택해야 하는데, 이에 필요한 검정절차는 다음과 같다. 함수 G 에 삼차 테일러급수 확장을 적용하게 되면 아래와 같이 표현할 수 있다.

$$Y_t = B_0' X_t + B_1' X_t z_t + B_2' X_t z_t^2 + B_3' X_t z_t^3 + e_t \quad (5)$$

여기서 $B_0 = [b_0, b_1, b_2, b_3]$, $B_1 = [b_4, b_5, b_6, b_7]$, $B_2 = [b_8, b_9, \dots]$, $B_3 = [\dots]$,

$$X_t = [1, x_{1t}, x_{2t}, x_{3t}].$$

상기 식 (5)의 회귀방정식에서 다음 3가지의 제약조건 가설을 잇달아 검정한다.

$$H03 : B3 = 0$$

$$H02 : B2 = 0 | B3 = 0 (B3 = 0 \text{를 조건부로 한 상황에서 } B2 = 0)$$

$$H01 : B1 = 0 | B2 = B3 = 0 (B2 = B3 = 0 \text{를 조건부로 한 상황에서 } B1 = 0)$$

Terasvirta(1994)에 따르면 상기 세 가지 가설을 검정하여 가장 낮은 P값을 갖는 가설에 입각하여 함수 G 의 형태를 선택하는 것이 바람직하다. H02의 P값이 가장 낮아 가장 강력하게 H02를 기각한다면 함수 G 의 형태는 식 (2-2)가 적합하며, 다른 경우에는 식 (2-1)이 적절하다.

Ⅲ. 비선형성 검정과 STR모형 추정

1. 시계열자료의 기초 통계적 특성

본 연구에서 투입되는 데이터는 모두 일별 시계열자료로 구성되어 있다. 우선 종속변수인 한국증권시장의 주가수익률은 한국종합주가지수(KOSPI)의 자연대수 값들을 일별 차이로서 구하였으며, 이는 미국시장의 주가수익률도 마찬가지로이다. 설명변수이자 전환변수로서 투입되는 미국시장 일별 주가수익률은 한국 주식시장이 개장하기 네 시간 전에 마감되는 뉴욕증권시장의 종가에 입각하고 있다. 미국시장을 대표하는 여러 주가지수 중에서 투자자들이 가장 쉽게 접근할 수 있는 지수는 다우존스 산업지수, 나스닥 지수, S&P500지수 등이다. 이들 중 구체적으로 어떠한 주가지수를 사용해야 하는가는 임의성을 완전히 배제하기 어렵지만 선형회귀식에서 가장 높은 설명력을 가지는 주가지수를 우선적으로 고려하기로 하였다.

본 연구의 유효성과 신뢰성에 적지 않은 한계를 지우는 요소가 두 나라 시장의 일별 시계열자료의 대응성 문제이다. 두 나라의 공휴일이 일치하지 않기 때문에 미국시장의 일별 주가지수가 한국의 모든 일별 자료에 대응하지 못한다.

이를 처리하는 방식으로서 여러가지 인위적인 가공을 고려할 수 있겠지만 본 연구에서는 단순하게 일별 시계열자료가 대응하는 데이터만을 선택하여 이를 대상으로 분석을 진행한다. 데이터의 출발시점은 1999년 1월 1일로 설정하였다. 이는 그 이전에는 한국증권시장이 토요일에도 개장을 하였기 때문에 미국증권 시장과의 자료 대응성에서 적합성이 떨어진다고 판단하였기 때문이다. 데이터의 종료시점은 2006년 12월말까지로 설정하였는데, 두 국가 간에 대응되지 않는 데이터들을 제거하고 난 다음 분석대상이 되는 관찰치의 수는 1910개이다.

KOSPI 일별수익률을 설명하는 변수로서 미국시장지수 이외에도 전날의 KOSPI 수익률과 당일 이자율의 전날 대비 변화를 포함하였다. 일별 이자율 변화는 신용등급 A에 속하는 3년 회사채 수익률을 기준으로 계산하였다.

〈표 1〉 주가수익률 기초통계특성

	KOSPI	DJIA	NASDAQ	S&P500	
최저값	-0.123675	-0.0739625	-0.101684	-0.0600451	
최대값	0.0769718	0.0615472	0.132546	0.0557443	
평균	0.00045958	0.00018134	0.000148034	0.000101715	
표준편차	0.0194001	0.0109539	0.0190577	0.0113281	
왜도	-0.275795	-0.0428972	0.179777	0.104272	
첨도	5.29244	6.59848	6.60567	5.3098	
Jarque-Bera	442.446	1031.12	1044.94	428.051	
상관계수	1.0000				
		0.32180	1.0000		
		0.35628	0.69723	1.0000	
		0.35843	0.93752	0.85359	1.0000

시계열자료의 통계적 특성은 위 <표 1>에서 요약되고 있으며, KOSPI 수익률과 세 가지 미국시장지수 수익률과의 상관계수도 함께 나열되었다. 1999년부터 2006년까지 8년간의 경험에서 KOSPI는 좌측방향 왜도가 상당히 크고 과잉첨도를 보이는 것으로 나타났다. 미국시장지수들도 모두 과잉첨도를 보이고 있지만 좌측방향 왜도를 보이는 것은 DJIA가 유일하다. 최대수익률과 최저수익률의 차이를 이용하여 변동성을 측정하는 경우 KOSPI가 가장 변덕스러운 수준이며

NASDAQ지수가 거의 비슷한 수준이며 나머지 미국시장지수는 상대적으로 작은 변동범위를 보이고 있다. 이는 수익률 표준편차에서도 동일한 관찰을 할 수 있다. 네 시장지수의 수익률 분포 모두가 정규분포와는 같지 않음을 Jarque-Bera 통계치를 통하여 확인할 수 있으며, 이들 간 수익률 상관계수를 살펴보면 세 미국시장지수중 DJIA가 상대적으로 KOSPI와의 상관성이 약한 것으로 나타나고 있다.

2. 추가수익률의 비선형성 검정과 STsR모형의 추정

(1) 단순선형회귀모형 추정과 전환변수의 선택

본 절에서 KOSPI수익률과 그 설명변수들 간에 STR모형을 추정하기 이전에 우선 그들 사이에 비선형적 관계가 존재하는지를 검정하고자 한다. 이러한 검정과 추정 이전에 국면전환을 야기하는 전환변수를 세 가지 미국시장 지수중에서 결정해야 하는 데, 본 연구에서는 선형회귀모형을 추정하여 가장 설명력이 우수한 지수를 우선협상대상 지수로서 선택하고자 한다. 상당한 인위성이 개입되어 있고 이론적으로도 기반이 충분한 접근은 아니지만 연구목적에 비추어 큰 무리가 따르지 않는다고 생각된다.

〈표 2〉 KOSPI추가수익률 단순선형회귀모형 추정

	DJIA		NASDAQ		S&P500	
	계수추정	t값	계수추정	t값	계수추정	t값
상수	0.00032	0.772	0.00038	0.916	0.00037	0.88
수익률시차	0.02613	0.996	0.01256	0.491	0.02129	0.826
이자율변화	0.00338	0.38	0.00322	0.353	0.0035	0.389
미국시장	0.56788	10.472	0.36041	12.205	0.61074	12.543
SBIC	-7.98703		-8.01151		-8.01439	
AIC	-7.99576		-8.02024		-8.02312	
결정계수	0.1054		0.1271		0.1296	
잔차제곱합	0.6411		0.6256		0.6238	

미국시장지수 각각을 설명변수로 설정하고 단순선형회귀분석을 한 추정 결과가 <표 2>에 정리되어 있다. 모든 회귀분석에서 미국시장지수 수익률만이 유의

한 회귀계수를 가진 설명변수이며 어제의 주가수익률 및 당일 이자율변화의 회귀계수는 유의하지 못한 것으로 나타났다. 더구나 회귀분석 설명계수는 0.1을 조금 상회하는 수준에 머물러 있어서 일별 주식수익률의 설명과 예측이 결코 쉬운 작업이 될 수 없음을 시사하고 있다. 회귀분석 잔차의 분산이나 AIC 및 SBIC기준에 비추어 볼 때 NASDAQ과 S&P500는 거의 동일한 수준의 추정성과를 보여주고 있으나 DJIA는 약간 낙후되어 있기 때문에 이후 비선형성 검정 및 STR모형 추정은 NASDAQ과 S&P500에 한정하고자 한다.

(2) KOSPI 주가수익률의 비선형성 검정과 STR모형 추정

2장에서 논의한 비선형성 검정방법에 입각하여 추정한 검정통계량은 아래 <표 3>에서 정리되었다. 우선 NASDAQ지수를 전환변수로 설정한 경우 H0에서 보듯이 1% 유의수준에서 선형성은 기각되고 있다. 그리고 그 아래에 나타난 H03, H02, H01의 가설에 대한 일련의 검정통계치를 보면 H01이 가장 강력하게 기각되고 있는데, 이는 비선형성을 표현하는 함수 G 가 식 (2-1) 형태를 가질 것을 권고하고 있는 것이다. 이러한 내용은 S&P500지수를 전환변수로 사용한 경우에도 동일하게 나타나고 있다. 이미 STR방법론을 개략적으로 설명하면서 언급하였듯이 식 (2-1) 형태의 G 함수는 극단적 하강국면과 극단적 상승국면이 별개의 다른 모형구조를 가지는 것으로 해석될 수 있다. 예컨대 극단적 하강국면에서는 한국 주가수익률이 미국시장에 민감한 반응을 보이거나 극단적 상승국면에서는 그다지 민감하지 않게 된다는 하는 경우를 생각할 수 있다.

<표 3> 주가수익률의 비선형성 검정

	S&P500		NASDAQ	
	F값	P값	F값	P값
H0	2.41	0.0252	3.05	0.00568
H03	5.4	0.00459	6.93	0.001
H02	0.783	0.457	0.845	0.43
H01	1.04	0.353	1.36	0.256

아래 <표 4>에 STR모형을 추정한 결과를 제시하고 있다. STR모형을 구성함

에 있어서 극단적 하강국면과 극단적 상승국면에서 모든 설명변수들의 영향력이 달라진다고 설정할 수도 있고 그 중 일부만 대상으로 추정할 수도 있다. 상수와 변수들의 어떠한 하위집합에 비선형성을 부여하는가에 따라서 추정결과가 달라지게 되는 데, 객관적인 선택기준이 쉽지 않은 데 문제가 있다. 상수와 변수의 모든 가능한 조합에 대하여 모형을 추정하고 AIC나 SBIC와 같은 기준에 입각하여 추정결과가 가장 우수한 모형을 제시하는 것도 하나의 방법이 될 수 있을 것이다. 본 연구에서는 일단 모든 상수와 변수에 비선형성을 부여하고 STR모형을 추정하고자 시도하였다. 그 결과 NASDAQ지수가 전환변수로 작용하는 경우에는 최적값 수렴이 이루어지고 추정결과가 도출되었지만, S&P500지수의 경우에는 수렴이 이루어지지 못하였다. 따라서 후자의 경우에는 여러 변수들의 조합을 비선형성 집단으로 구분하여 STR모형의 추정을 시도하였다. 그러한 경우에도 모든 모수에 대하여 수렴은 쉽게 이루어지지 못하였고, 설사 수렴이 이루어진다고 하더라도 모든 모수가 비유의적인 결과가 도출되었다. 따라서 본 연구에서는 NASDAQ지수가 전환변수인 경우만을 대상으로 추정결과를 제시하고 이를 해석하고자 한다.

〈표 4〉 NASDAQ지수를 전환변수로 사용한 경우의 STR모형 추정결과

	선형모수 추정치		비선형모수 추정치	
	계수추정	t값	계수추정	t값
상수	0.2845	2.775	-0.2841	-2.771
수익률시차	0.1348	0.3009	-0.1263	-0.2813
이자율변화	-0.4079	-0.627	0.4121	0.633
미국시장	3.804	3.03	-3.44	-2.748
속도모수	8.521(t값 : 1.23)			
위치모수	-0.06726(t값 : -13.55)			
SBIC	-8.00424			
AIC	-8.03334			
결정계수	0.14466			
잔차제곱합	0.612947			

상기 STR모형 추정결과에서 보듯이 한국시장에 미국시장의 움직임은 유의적

인 영향력을 행사하게 된다. 함수 G 의 위치모수는 -0.06726 로서 유의적인 추정
이 이루어졌으며, 이는 미국시장이 6.7% 이하로 하락하게 되면 현재의 국면을
결정하는 결합에서 극단적인 하강국면의 모형구조가 극단적인 상승국면의 구조
보다 더 큰 가중치를 부여받게 되는 것을 의미한다. 이 경우 한국시장은 강력한
동조현상과 민감한 반응을 보이게 된다. 이러한 민감한 반응은 전환변수 값이
 -6.7% 이상으로 증가함에 따라서 점차 완화되어 가며, 미국시장이 높은 상승세
를 보이는 경우 한국시장이 함께 동조현상을 보이기는 하지만 극단적인 하강국
면에서와 같은 민감한 반응을 나타내지는 않는 것으로 해석될 수 있다. 그러나
미국시장이 실제로 하루만에 -6.7% 이하로 떨어지는 경우는 그다지 흔하지 않
기 때문에 한국시장에서 그러한 극단적인 민감성을 관찰하는 것이 일반적이지
아니함을 유추할 수 있다. 따라서 미국시장이 평상적인 경우 한국시장은 동조현
상은 보이되 그다지 민감하지는 않은 비선형성을 확인할 수 있다.

국면전환속도모수 g 는 8.521 로 추정되었다. 이는 국면전환속도가 매우 빠르지
는 아니함을 시사하고 있다. 그러나 이 수치가 t 값에서 보듯이 그다지 유의적이
지는 않으며, STR모형 추정에서 g 의 추정이 쉽지 않음을 확인해 주고 있다.

추정된 STR모형의 적합성을 단순선형회귀모형과 비교해 보면, 우선 결정계수
 R^2 의 값은 개선되었다. 그러나 잔차의 표준편차, AIC, SBIC 등의 여타 기준에
서 STR모형이 더 열악해지지 않는 않았지만 개선된 느낌을 거의 주지 못하고 있
다. 이는 한국시장 추가수익률 변화를 질적으로 설명함에 있어서 STR모형이 어
느 정도 기여할 수 있을지는 모르나, 적어도 양적인 설명이나 예측을 함에 있어
서는 단순선형모형보다 큰 개선을 기대하기 어렵다는 점을 시사하고 있다. 이는
한국주식시장의 단기 수익률예측이 매우 어렵다는 시장효율성 측면에서의 기존
인식을 다시 한번 확인해 주는 결과로도 해석할 수 있을 것이다.

IV. 결 론

본 연구는 STR모형을 이용하여 한국주식시장의 단기 수익률의 행태를 분석

하였다. 우선 미국시장의 움직임이 한국시장의 국면전환을 야기시킨다는 전제 하에서 한국시장의 일별주가수익률에 존재할 수 있는 비선형성을 검정하였다. 그러한 비선형성 검정에 입각하여 국면전환함수의 형태를 결정하였는데 이는 하강국면과 상승국면에 각기 다른 행태를 부여하는 단조증가함수 형태로서 나타났다.

한국시장에 영향을 행사하는 미국시장의 정체를 구체적인 지수로 변환시키는 과정에서 NASDAQ지수가 S&P500지수보다 오히려 적합할 수 있다는 결과를 본 연구가 시사하고 있다. NASDAQ지수를 전환변수로 투입한 경우 STR모형의 추정이 어렵지 않게 이루어지는데 반해서 S&P500지수는 추정과정에서 추정치의 수렴 자체가 어렵고 설사 수렴이 이루어진다고 하더라도 유의한 수치를 얻기가 어려웠다. 어쨌든 NASDAQ지수를 이용한 추정결과에 따르면 미국시장이 6.7% 하락했을 때 극단적 하강국면구조가 우세한 역할을 하게 되며, 극단적 하강국면구조에서 한국시장은 민감한 동조현상을 보이게 된다. 미국시장이 상승하는 경우, 한국시장은 동조현상은 보이지만 그 반응민감도는 많이 떨어지는 비선형적인 행태를 보이고 있다.

모형의 적합성을 나타내는 AIC, SBIC 등의 기준에서 STR모형은 단순선형회귀모형보다 열등하지는 아니하지만 그다지 개선된 수준으로 평가되기 어렵다. 따라서 STAR모형을 이용한 단기수익률 예측이 그다지 성공적이지 못하리라는 것을 짐작할 수 있다. 이는 시장효율성 가설과 일관성을 갖는 결과로 수용될 수도 있을 것이다.

본 연구의 목적은 일별주식가격 변화의 모든 현상을 설명하고 예측할 수 있는 완벽한 모형을 설정하는 데 있지는 아니하다. 그러한 야심보다는 미국시장에 의존하고 있는 한국증권시장의 특성에 비선형성을 명시적으로 고려함으로써 주가 변화를 설명하고 예측하는 능력이 과연 개선될 가능성이 있겠는가를 일차적으로 탐색하고자 하는 평범한 목적을 가지고 있다. 이러한 측면에서 볼 때 본 연구가 가진 부족한 점으로서 우선 한국시장의 일별수익률에 존재하는 비선형성 검정과 STR모형의 표본내 추정에서 본 연구가 그친 점을 들 수 있다. 보다 연장시켜 실제 표본외 예측 결과도 함께 포함되는 것이 바람직할 것이다. 둘째

STR모형을 정교화시켜 조건부 변동성까지도 함께 다루는 것이 보다 설득력이 있을 것이다. 본 연구에서 결여된 여러 부분에 대한 보완은 다음 연구에서 깊게 다루고자 한다.

참 고 문 헌

- 김세완 · 박기정, “주택가격의 동태적 특성과 지역 인과성에 관한 연구 - STAR모형을 통한 비선형 추정을 중심으로”, *지역연구*, 제22권 2호, 2006, 55-78.
- Chan, F. and M. McAleer, “Estimating smooth transition autoregressive models with GARCH errors in the presence of extreme observations and outliers,” *Applied Financial Economics*, 13, 2003, 581-592.
- Chan, F. and M. McAleer, “Maximum likelihood estimation of STAR and STAR-GARCH models : theory and Monte Carlo evidence,” *Journal of Applied Econometrics*, 17, 509-34.
- Davis, R., “Hypothesis testing when a nuisance parameter is present only under the alternative,” *Biometrika*, 64, 1987, 33-44.
- Eitrheim, O. and T. Terasvirta, “Testing the adequacy of smooth transition autoregressive models,” *Journal of Econometrics*, 74, 1996, 59-76.
- Engle, R., “Autoregressive conditional heteroskedasticity with estimates of the variance of United Kingdom inflation,” *Econometrica*, 50, 1982, 987-1007.
- Hendry, D., *Dynamic Econometrics*, Oxford University Press, Oxford, 1995.
- Luukkonen, R., P. Saikkonen, and T. Terasvirta, “Testing linearity against smooth transition autoregressive models,” *Biometrika*, 75, 1988, 491-499.
- Sarantis, N., “Nonlinearities, cyclical behaviour and predictability in stock markets: international evidence,” *International Journal of Forecasting*,

17, 2001, 459–482.

Schaller, H. and S. Norden, “Regime switching in stock market returns,” *Applied Financial Economics*, 7, 1997, 177–191.

Terasvirta, T., “Specification, estimation, and evaluation of smooth transition autoregressive models,” *Journal of the American Statistical Association*, 89, 1994, 1289–1306.

van Dijk, D., T. Terasvirta, and P. Franses, “Smooth transition autoregressive models - a survey of recent developments,” *Econometric Reviews*, 21, 2002, 1–47.