

## 원유가격에 대한 환율의 인과관계 : 비모수 분위수검정 접근<sup>†</sup>

정기호<sup>1</sup>

<sup>1</sup>경북대학교 경제통상학부

접수 2017년 2월 22일, 수정 2017년 3월 16일, 게재확정 2017년 3월 23일

### 요약

본 논문은 국제원유가격에 대한 환율의 인과관계를 분석하였다. 두 변수의 인과관계에 대해서는 많은 선행연구들이 있지만 인과관계의 유무에 대해서는 결과들이 일치하지 않고 있다. 본 연구는 이러한 상반된 결과들이 경제상황에 따라 각기 다른 인과관계가 분석되었을 가능성에 착안해서 분위수별로 인과관계를 분석하며 이 점에서 지금까지 평균 인과관계를 분석한 선행연구들과 차별화된다. 자료는 Brent 원유의 국제가격과 미국의 주요국 환율의 가중평균 (major currencies dollar index; MCDI)의 1987년 5월부터 2013년 7월까지 기간의 월별자료를 이용하였다. 분석방법으로서 분위수 인과관계 개념에 대해 비모수 커널방법을 적용한 Jeong 등 (2012) 방법을 사용하였다. 분석결과, 전통적인 평균 인과관계에서는 달러 환율이 원인이고 Brent 원유가격이 결과인 인과관계가 존재하는 반면에, 비모수분위수검정에서는 중앙값인 0.5 분위수 근방의 분위수에서는 인과관계가 존재하고 대부분 분위수에서 인과관계는 존재하지 않는 것으로 나타나서 평균인과 검정결과를 해석할 때 주의가 필요한 것으로 나타났다.

주요용어: 분위수, 비모수 검정, 원유가격, 인과관계, 환율.

### 1. 머리말

경제 분석에서 인과관계는 가장 많이 분석되는 경험적 관계들 중의 하나이다. 경제정책의 결정에서 목표가 되는 변수와 수단 변수를 구분할 때 그리고 금융투자 결정에서 선행지표를 고려할 때 원인에 해당하는 변수와 결과 변수의 구분이 중요하기 때문이다. 원유가격은 경제에서 가장 중요한 기초 가격 중의 하나이므로 환율, 주가, 경제성장 등 다양한 경제변수와의 인과관계가 분석되어져 왔다.

미국 환율은 글로벌 경제에서 차지하는 중요성 때문에 원유가격에 못지않게 많은 인과분석 연구의 대상이 되어 왔다. 특히 달러는 국제원유시장의 주요 결제수단이기 때문에 미국 환율의 변동은 원유가격에 영향을 미치는 것으로 알려져 왔다. 그러나 두 변수 간의 인과관계에 대한 경험적 분석 결과는 문헌마다 다르다. 예컨대 환율이 원인이고 원유가격이 결과인 인과관계가 존재하는 것으로 분석된 연구들이 있는 반면에 (Sadorsky, 2000; Zhang과 Wei, 2010), 그러한 인과관계가 존재하지 않는 것으로 분석된 연구들도 있다 (Amano와 van Norden, 1998; Benassy-Quere 등, 2007; Chaudhuri와 Daniel, 1998; Chen과 Chen, 2007; Coudert 등, 2008).

경제 및 경영 분야에서 보편적으로 사용되는 인과분석 방법은 Granger (1969)가 제시한 평균인과 (causality in mean) 분석방법이다.  $x$ 가 원인이고  $y$ 가 결과인 인과관계의 분석에서 현재  $y$ 에 대한  $x$ 와  $y$ 의 과거 정보가 주어진 조건부 평균이  $y$ 의 과거 정보만이 주어진 조건부 평균과 같으면 ' $x$ '은 ' $y$ '를 평균

<sup>†</sup> 이 논문은 2015학년도 경북대학교 복원학술연구비에 의하여 연구되었음.

<sup>1</sup> (41566) 대구광역시 북구 대학로 80, 경북대학교 경제통상학부, 교수. Email: khjeong@knu.ac.kr

에서 인과하지 않는다 ( $x$  does not cause  $y$  in mean)'라고 정의한다 (Granger, 1969). 이때 실제 분석에서는 평균 회귀분석 (mean regression analysis)이 이용된다. 그러나 ① 평균은 확률변수의 분포에 대한 중심경향 (central tendency)의 정보를 제공하는 장점을 갖지만 분포의 다른 특징들에 대해서는 정보를 제공하지 못하고, ② 자료의 형태가 정규분포가 아닌 경우, 산포가 매우 큰 경우, 상하위 부분에 위치한 극단값이 중요한 의미를 지니는 경우 등에는 분포의 특징으로서 중심경향의 중요성은 감소하며 이러한 경우에는 분위수의 보완적 사용이 필요하다.

이러한 측면에서 평균 회귀분석 대신에 Koenker와 Bassett (1978)이 제안한 분위수 회귀분석 (quantile regression analysis)을 이용하는 분위수 인과 (causality in quantile)가 평균 인과검정을 보완할 수 있다. 분포의 다른 분위수마다 다양한 인과관계가 존재할 수 있지만, Granger의 평균인과검정은 이러한 다양한 인과관계를 대표해서 분포의 중심경향에서의 인과관계만을 검정할 뿐이다. 그러나 자료의 형태가 정규분포가 아닌 경우, 산포가 매우 큰 경우, 상하위 부분에 위치한 극단값이 중요한 의미를 지니는 경우 등에는 이러한 결론은 잘못된 의사결정을 유도할 수 있다. Granger 평균인과검정을 이용하는 모든 선행연구들은 이러한 점을 고려하지 않고 검정결과에 기초해서 변수들 간에 인과관계가 있다 혹은 없다 등으로 단정적으로 결론을 내리고 있기 때문에, 분위수인과 검정을 함께 사용하면 평균인과의 검정 결과를 해석할 때 주의가 필요하다는 경각심을 연구자들에게 줄 수 있을 것이다.

한편 Granger 인과 개념은 결과 변수를 예측할 때 원인 변수의 과거정보가 도움이 되는지 여부에 기초하고 있기 때문에 검정 결과는 결과 변수의 예측 모형을 설계할 때 도움이 된다. 그런데 금융과 같이 불확실성이 큰 분야에서는 예측을 할 때 다양한 시나리오를 고려할 필요가 있는데, 평균인과의 검정 결과는 중심경향에서의 예측에만 활용될 수 있으므로 다양한 시나리오를 반영할 수 없는 반면에, 분위수 인과의 검정 결과는 여러 분위수에 상응하는 다양한 시나리오의 예측을 반영할 수 있는 장점을 갖는다 (Lee와 Yang, 2012).

본 연구는 분위수 회귀함수에 비모수 추정방법을 이용하여 인과검정 방법을 제시한 Jeong 등 (2012)의 방법을 적용하여 미국 환율과 국제원유가격 간의 인과관계를 분석한다. 다만 Jeong 등 (2012)의 방법은 특정 분위수에서의 인과검정을 수행할 뿐이며 분위수 구간에서의 검정을 할 수 없기 때문에 분위수마다 검정결과가 다르게 나올 경우 종합적으로 검정의 결론을 내릴 수 없다. 이런 측면에서 본 연구의 결과는 Granger 평균인과검정에 따른 분석결과를 대체하기 보다는 보완하는 관점에서 해석될 필요가 있다. 참고로 Lee와 Yang (2012)은 분위수 회귀함수의 함수형태를 모수적으로 가정하고 추정하는 분위수 인과검정 방법을 제시한 바 있다.

이후 논문의 구성은 다음과 같다. 2절에서는 분석에 이용되는 단위근 검정과 고차 적률 인과검정 방법을 설명한다. 3절에서는 분석에 사용된 자료 및 분석결과를 제시하고 마지막으로 4절은 요약 및 결론을 제시한다.

## 2. 분석 방법

연구의 완결성을 위해 Jeong 등 (2012)의 분위수인과 검정방법을 간략히 소개한다. Granger (1969)가 제시한 평균인과 (causality in mean) 개념은 조건부 평균에 기초한다. 약정상적인 2변량 시계열 과정  $\{(x_t, y_t)\}$ 의 상황에서  $y_t$ 를 예측할 때 아래 식 (2.1)과 같이  $y$ 의 과거 정보뿐만 아니라  $x$ 의 과거 정보를 이용하는 조건부 평균 예측이  $y$ 의 과거 정보만을 이용하는 조건부 평균 예측과 다르면  $x$ 가 원인이고  $y$ 가 결과인 평균인과가 존재한다 (Granger, 1969).

$$E(y_t|y_{t-1}, \dots, y_1) \neq E(y_t|y_{t-1}, \dots, y_1, x_{t-1}, \dots, x_1). \quad (2.1)$$

응용연구에서는 선형 평균회귀함수를 가정하고 유한한 차수의 과거 변수만을 고려하여 평균인과를 검정하게 된다. 이 경우 식 (2.1)의 우변은 다음과 같은 회귀함수가 되고

$$y_t = \alpha_1 y_{t-1} + \dots + \alpha_p y_{t-p} + \beta_1 x_{t-1} + \dots + \beta_q x_{t-q} + \epsilon_t, \tag{2.2}$$

식 (2.1)의 부등호가 성립하는지 여부는 식 (2.2)에서  $x$ 의 과거 변수들이 모두 설명력을 갖지 못하는지 여부를 통상적인 F통계량을 이용하여 검정하면 된다.

Jeong 등 (2012)의 분위수 인과관계는 과거 시차의 차수를 유한하게 절단하고 식 (2.1)에서 평균 대신에 분위수를 이용한 것이다. 즉,  $\theta$ 를 0과 1사이의 확률 값이라고 할 때,

$$Q_\theta(y_t|y_{t-1}, \dots, y_p) \neq Q_\theta(y_t|y_{t-1}, \dots, y_p, x_{t-1}, \dots, x_q) \tag{2.3}$$

이면  $x$ 는  $y$ 를  $\theta$ -분위수에서 인과한다 ( $x$  causes  $y$  in  $\theta$ -quantile). 이때  $Q_\theta$ 는  $y$ 의 조건부 분포의  $\theta$ -분위수를 나타내며,  $z$ 가 주어진  $y$ 의 조건부 분포함수를  $F_{y|z}(y|z)$ 로 표기하면  $Q_\theta(y|z) = \inf\{y \in R : \theta \leq F_{y|z}(y|z)\}$ 이다.

$z_t = (y_{t-1}, \dots, y_p, x_{t-1}, \dots, x_{t-q})$ ,  $w_t = (y_{t-1}, \dots, y_p)$ ,  $Q_\theta(w_t) = Q_\theta(y_t|w_t)$  등의 표기를 이용하면, 특정한 확률 값  $\theta$ 에서 분위수 인과관계의 존재 여부에 대한 귀무가설과 대립가설은 각각 다음과 같게 된다.

$$H_o : P \{F_{y|z}(Q_\theta(w_t)|z_t) = \theta\} = 1, \tag{2.4}$$

$$H_1 : P \{F_{y|z}(Q_\theta(w_t)|z_t) = \theta\} < 1. \tag{2.5}$$

다음으로 분위수 제약조건을 평균 제약조건으로 변환시킨 Zheng (1998)의 아이디어를 이용하면 식 (2.4)의 귀무가설에 대한 필요충분조건은 다음과 같다.

$$E[1\{y_t \leq Q_\theta(w_t)\} | z_t] = \theta, \tag{2.6}$$

이때 1(.)는 괄호 안의 내용이 참일 때 1의 값을 갖는 지시함수 (indicator function)이다. 식 (2.6)의 양변 간의 차이에 대해 다양한 거리 척도가 이용될 수 있는데 (Li와 Wang, 1998; Zheng, 1998), Jeong 등 (2012)은 다음 척도를 이용하였다.

$$J = E \left[ \{F_{y|z}(Q_\theta(w_t)|z_t) - \theta\}^2 f_z(z_t) \right]. \tag{2.7}$$

식 (2.7)에서  $f_z$ 는  $z$ 의 확률밀도함수이다.  $\epsilon = 1\{y \leq Q_\theta(x)\} - \theta$ 로 표기하면  $E(\epsilon|z) = F_{y|z}(Q_\theta(x)|z) - \theta$ 의 관계가 성립하므로 식 (2.7)의  $J$ 는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$J = E \{ \epsilon_t E(\epsilon_t | z_t) f_z(z_t) \}. \tag{2.8}$$

이제 식 (2.8)에 있는 확률함수들과 조건부 분위수 함수를 비모수 커널 방법에 의해 추정하면,  $J$ 은 다음과 같이 추정될 수 있다.

$$\hat{J}_T = \frac{1}{T(T-1)h^m} \sum_{t=1}^T \sum_{s \neq t}^T K_{ts} \hat{\epsilon}_t \hat{\epsilon}_s, \tag{2.9}$$

위에서  $T$ 는 시계열자료 크기,  $m = p + q$ 는  $z$ 의 차원,  $h$ 는 평활계수 (bandwidth parameter),  $K_{ts} = K\{(z_t - z_s)/h\}$ 는 커널함수,  $\hat{\epsilon}_t = 1\{y_t \leq \hat{Q}_\theta(w_t)\} - \theta$ ,  $\hat{Q}_\theta$ 는 비모수 커널 분위수 추정량이다.

Jeong 등 (2012)은 기술적인 가정들이 충족될 때  $\hat{J}_T$ 의 다양한 대표본 성질들이 성립함을 보였으며 특히 다음의 대표본 분포와 분산의 일치 추정량을 도출하였다.

$$Th^{m/2} \hat{J}_T \xrightarrow{d} N(0, \sigma^2) \tag{2.10}$$

$$\sigma^2 = 2E \{ \theta^2 (1 - \theta)^2 f_z(z) \} \int K^2(u) du \tag{2.11}$$

$$\hat{\sigma}^2 = 2\theta^2 (1 - \theta)^2 \{1/T(T-1)h^m\} \sum_{s \neq t} K_{ts}^2 = \sigma^2 + o_p(1). \tag{2.12}$$

식 (2.10)은 대표본 분포, 식 (2.11)은 대표본 분산 그리고 식 (2.12)는 대표본 분산의 일치 추정량을 제시한다. 위의 대표본 성질들이 성립하는데 필요한 기술적인 가정에는 시계열  $\{(x_t, y_t)\}$ 의 확률밀도함수 및 조건부 분포함수의 미분가능성과 정상성 (stationarity) 등이 포함된다 (Jeong 등, 2012). 위 결과를 이용하면 분위수 인과관계에 사용되는 검정통계량과 대표본 분포는 아래와 같다.

$$Th^{m/2} \hat{J}_T / \hat{\sigma}_T \xrightarrow{d} N(0, 1). \quad (2.13)$$

식 (2.13)의 검정통계량이 표준정규분포에서 각 유의수준의 임계값보다 크면 귀무가설이 기각되고 분위수 인과관계가 존재하게 될 것이다.

### 3. 경험적 분석

분석에서 국제원유가격은 Brent 원유가격을 이용한다. Brent 원유는 영국 북해에서 생산되는 경질 (API 38도), 저유황 (0.35%)의 혼합 (Blending) 원유로서, 1980년대 초부터 유럽지역의 기준원유가 되어 왔으며 Dubai와 WTI와 더불어 세계 3대 기준 원유 중 하나이다. 특히 Dubai와 WTI와는 달리 기준 원유시장 간의 연관성이 높으며 유동성이나 공급 안정성, 판매자의 다양성 등에서 가장 주요한 기준 원유이다. 미국 환율로는 미국의 주요 교역국 통화와의 환율들의 가중평균 (major currencies dollar index; MCDI)을 이용한다. 가중치는 교역국과의 수출과 수입 비중이 사용된다. 자료는 1987년 5월부터 2013년 7월까지 기간의 월별자료이다. Brent 원유가격은 미국 에너지정보부의 자료 ([http://www.eia.gov/dnav/pet/pet\\_pri\\_spt\\_s1\\_m.htm](http://www.eia.gov/dnav/pet/pet_pri_spt_s1_m.htm))를 이용하였고, MCDI는 연방준비제도이사회 자료 ([http://www.federalreserve.gov/releases/h10/summary/indexnc\\_m.htm](http://www.federalreserve.gov/releases/h10/summary/indexnc_m.htm)) 중 실질값을 이용하였다. Brent 원유가격은 각 시점의 시장가격인데 이 경우에 인플레이션에 따른 인과관계가 잘못 반영될 수 있으므로 물가지수로 나누어 실질화시킬 필요가 있다. 물가 지수로는 미국 전 도시 소비자물가지수 (consumer price index, all urban consumers of US)가 사용되었으며 미국 노동부의 노동통계청 자료 (<http://www.bls.gov/data>)를 이용하였다. 각 변수 시계열 그림은 Figure 3.1에 제시되어 있다.

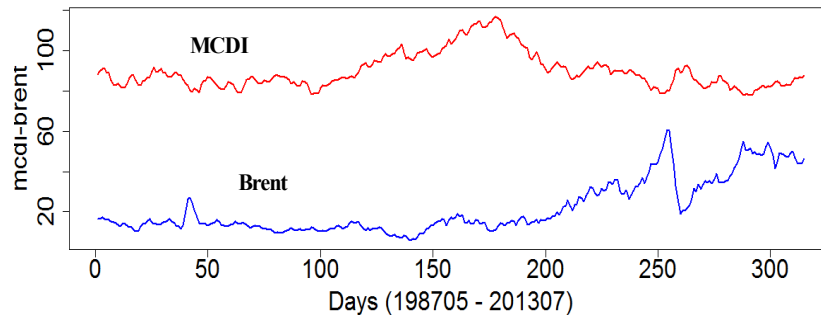


Figure 3.1 Time plots of MCDI and Brent

경제변수를 로그 변환을 하면 변수의 규모 (scale)가 축소함으로써 비선형성이나 비정규성 정도가 감소하고 또한 분산 비정상성 (nonstationarity in variance)을 줄일 수 있는 장점 때문에 경제변수의 모형화에 자주 사용된다. 본 연구에서도 시계열자료를 로그 변환하여 분석하며 Figure 3.2은 로그 변환한 시계열의 그림을 보여준다.

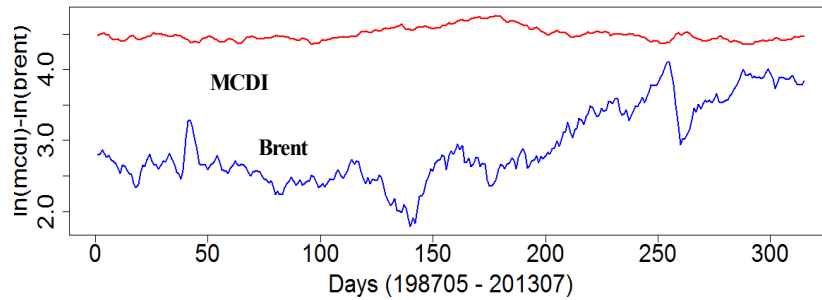


Figure 3.2 Time plots of ln(MCDI) and ln(Brent)

시계열의 정상성 여부를 확인하기 위해 단위근 검정을 할 필요가 있다. 단위근 검정에 많이 사용되는 ADF (augmented Dickey-Fuller, Dickey와 Fuller, 1979, 1981) 검정은 단위근 존재를 귀무가설로 갖기 때문에 검정력이 낮아서 실제보다 더 빈번하게 단위근 가설을 채택하는 것으로 알려져 있다 (Schwert, 1989). 따라서 단위근 존재가 대립가설로 표현되는 검정을 보완할 필요가 있으며 본 연구는 ADF검정에 추가하여 단위근 존재를 대립가설로 갖는 KPSS검정 (Kwiatkowski 등, 1992)을 수행했다. 차수는 AIC에 기초하여 결정하였다.

Table 3.1 Statistics of unit root test

Variable	ADF			KPSS	
	no intercept and trend	intercept	intercept and trend	level	trend
ln(Brent)	0.25	-1.44	-3.09	10.64 ***	2.61 ***
ln(MCDI)	0.11	-1.61	-1.58	0.66 **	0.65 ***

\*\* and \*\*\* indicate level of significance at 5% and 1%, respectively.

ADF검정과 KPSS검정을 이용한 각 변수의 단위근 검정 결과는 Table 3.1에 제시되어 있다. ADF검정은 절편과 시간 추세항이 모두 없는 경우, 절편만 있는 경우, 절편과 추세항 모두 있는 경우에 대해 각각 검정을 수행하였고 KPSS는 시간 추세항이 존재하는 않는 경우와 존재하는 경우 모두에 대해 수행하였다. 검정 결과, 두 변수 모두 ADF검정에서는 단위근 존재의 귀무가설이 기각되지 못하고 KPSS검정에서는 단위근이 존재하지 않는 귀무가설이 기각되고 있어서 단위근이 존재하는 것으로 보인다. 단위근 검정결과에 따라 본 연구에서 모든 변수들을 1차 차분하고 분석한다. 모든 변수에 로그 변환이 적용되었으므로 1차 차분하면 로그 수익률이 되며 Figure 3.3은 각 변수의 로그 수익률 시계열을 보여주고 있다.

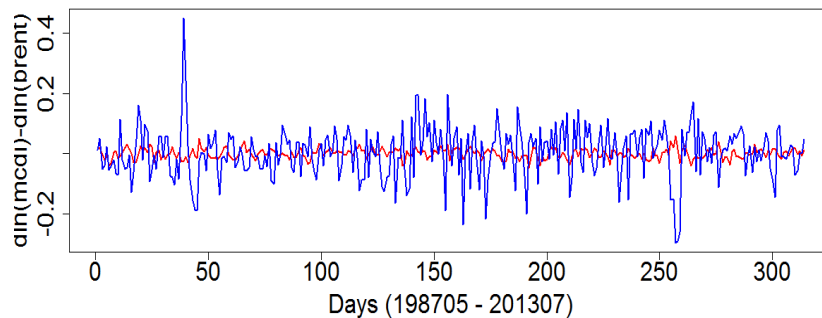


Figure 3.3 Time plots of the 1st difference of ln(MCDI) and ln(Brent)

국제원유가격에 대한 MCDI의 Granger 평균 인과관계를 먼저 검정하였다. 실증분석에서 식 (2.2)의 과거변수들의 시차 크기  $p$ 와  $q$ 는 AIC를 기준으로 결정하였다.  $x$ 가 원인이고  $y$ 가 결과인 평균 적률 인과는 식 (2.2)에 대해 아래 귀무가설이 기각될 때 존재하게 된다.

$$H_o : \beta_1 = \dots = \beta_q = 0. \tag{3.1}$$

검정에 이용되는 F통계량은 다음과 같다.

$$F = \frac{(SSE_R - SSE_{UR})/q}{SSE_{UR}/\{T - (p + q)\}} \sim F(q, T - (p + q)). \tag{3.2}$$

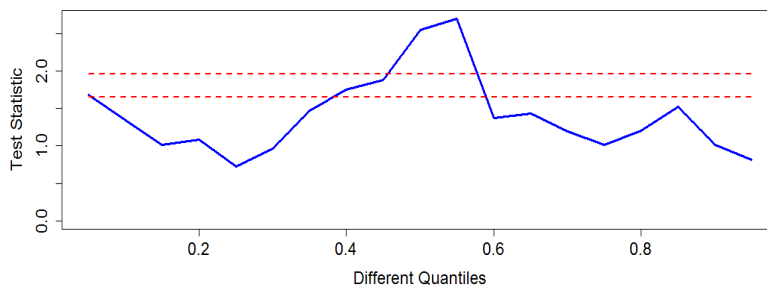
여기서  $SSE_R$ 은 식 (2.2)에 식 (3.1)의 조건을 제약조건으로 부과한 제약 회귀함수식에 대한 최소자승 추정의 오차항 제곱 합 (sum of squared errors, SSE)이며  $SSE_{UR}$ 은 식 (2.2)에 대한 최소자승추정의 오차항 제곱 합이고  $T$ 은 식 (2.2)의 추정에 이용된 관측 자료의 크기가 된다. 평균 인과관계 검정 결과는 Table 3.2에 제시되어 있으며, MCDI로 측정되는 달러 환율은 Brent 원유가격에 대해 10% 유의수준에서는 평균 인과관계를 가지며 5% 유의수준에서는 평균 인과관계를 가지지 않는 것으로 나타났다. Granger 인과검정에서 귀무가설은 인과관계가 존재하지 않는 것이며 일반적인 경험적 분석에서 유의수준 10%까지의 귀무가설 기각은 타당한 주장으로 받아들여지기 때문에, 만약 Granger 인과검정을 이용한 연구라면 위 분석 결과에 기초해서 달러 환율이 원인이고 Brent 원유가격이 결과인 인과관계가 존재하는 것으로 결론을 내릴 것이다.

**Table 3.2** Statistics of mean causality test

cause	result	$p, q$	F
MCDI	Brent	2	2.35*

\* indicates level of significance at 10%.

다음으로는 0.05에서 0.95까지 0.05 간격으로 확률을 증가시키면서 비모수 분위수인과 검정을 각 분위수에서 수행하였다. 검정 결과는 Figure 3.4에 제시되어 있다. 높은 빨간 점선은 표준정규분포에서 5% 유의수준의 임계값인 1.96을 나타내고 낮은 빨간 점선은 10% 유의수준에서의 임계값인 1.645를 나타낸다.



**Figure 3.4** Quantile causality test statistic and critical values at 5% and 10%

검정결과, 중위수인 0.5 주변의 각 확률에서 식 (2.10)의 검정통계량  $\hat{J}_T$ 는 임계값을 넘어서기 때문에 달러 환율은 Brent 원유가격에 대해 분위수 인과관계를 갖는 것으로 나타나는 반면에 그 밖의 확률 값에서는 분위수 인과관계가 존재하지 않는 것으로 나타났다. 이것은 Granger 평균 인과검정 결과가 단

지 분포 중앙 부분에서의 인과관계만을 반영했을 뿐이며, 이 때문에 10% 유의수준에서 약한 인과관계 존재의 검정결과가 도출되었을 가능성을 시사하므로 평균 인과검정 결과를 해석할 때 주의를 필요로 한다. 다만 본 연구에서 사용된 Jeong 등 (2012)의 분위수 인과검정은 특정한 분위수에서의 인과관계를 검정하는 방법이며 분위수 구간에 걸친 인과관계를 종합적으로 추론할 수 있는 방법은 아니다. 따라서 분포의 전체 혹은 일부 구간에서 분위수 인과관계의 존재 여부를 종합적으로 판단을 내리기 위해서는 추가적인 인과검정 방법의 개발이 요구된다.

#### 4. 결론

본 연구는 미국 달러 환율이 국제원유가격에 인과관계를 갖는지 여부를 분석하였다. 분석에는 지금까지 인과관계 선행연구들에서 보편적으로 사용되어온 평균 인과관계 대신에 각 분위수에서 세부적으로 인과관계를 검정할 수 있는 분위수인과 검정방법을 적용하였다. 이러한 접근은 분포의 중심에서의 인과관계만을 검정할 수 있는 기존의 Granger 인과검정에 비해 분포의 다양한 위치마다 달라질 수 있는 인과관계를 분석할 수 있는 장점을 갖는다.

분석 결과, 전통적인 평균 인과관계 검정에서는 달러 환율은 국제원유가격에 대해 인과관계를 갖지만 분위수 인과관계 검정에서는 분포의 중앙 구간을 제외한 대부분의 분위수에서 인과관계를 갖지 못하며, 따라서 달러 환율과 국제원유가격 간의 인과관계를 추론할 때 주의를 필요로 하는 것으로 나타났다.

추후 가능한 연구주제는 분위수 구간에서의 인과관계를 검정하는 새로운 방법을 개발하는 것과 분위수 인과검정 결과를 활용해서 분위수 회귀분석을 통해 예측력을 분석하는 것이다. 후자 주제에 대해서는 예측에서 우수한 성과를 갖는 것으로 알려진 서포트 벡터 회귀 (support vector regression; Hwang, 2014, 2015; Hwang과 Shim, 2016)의 접근을 고려할 수 있다.

#### References

- Amano, R. and van Norden, S. (1998). Oil price and the rise and fall of the U.S. real exchange rate. *Journal of International Money and Finance*, **17**, 299-316.
- Benassy-Quere, A., Mignon, V. and Penot, A. (2007). China and the relationship between the oil price and the dollar. *Energy Policy*, **35**, 5795-5805.
- Chaudhuri, K. and Daniel, B. (1998). Long run equilibrium real exchange rates and oil price. *Economics Letters*, **58**, 231-238.
- Chen, S. and Chen, H. (2007). Oil price and real exchange rates. *Energy Economics*, **29**, 390-404.
- Coudert, V., Mignon, V. and Penot, A. (2008). Oil price and the dollar. *Energy Studies Review*, **18**, 1-18.
- Dickey, D. and Fuller, W. (1979). Distribution of the estimators for ar time series with a unit root. *Journal of American Statistical Association*, **74**, 427-431.
- Dickey, D. and Fuller, W. (1981). Likelihood ratio statistics for autoregressive time series with a unit root. *Econometrica*, **49**, 1057-1072.
- Granger, C. (1969). Investigating causal relations by econometric models and cross-spectral methods. *Econometrica*, **37**, 424-438.
- Hwang, C. (2014). Support vector quantile regression for autoregressive data. *Journal of the Korean Data & Information Science Society*, **25**, 1539-1547.
- Hwang, C. (2015). Partially linear support vector orthogonal quantile regression with measurement errors. *Journal of the Korean Data & Information Science Society*, **26**, 209-216.
- Hwang, C. and Shim, J. (2016). Deep LS-SVM for regression. *Journal of the Korean Data & Information Science Society*, **27**, 827-833.
- Jeong, K., Haerdle, W. and Song, S. (2012). A consistent nonparametric test for causality in quantile. *Econometric Theory*, **28**, 861-887.
- Koenker, R. and Bassett, B. (1978). Regression quantiles. *Econometrica*, **46**, 33-50.

- Kwiatkowski, D., Phillips, P., Schmidt, P. and Shin, Y. (1992). Testing the null hypothesis of stationarity against the alternative of a unit root: How sure are we that economic time series have a unit root? *Journal of Econometrics*, **54**, 159-178.
- Lee, T. and Yang, W. (2012). Money-income Granger causality in quantiles. *Advances in Econometrics*, **30**, 385-409.
- Sadorsky, P. (2000). The empirical relationship between energy futures prices and exchange rates. *Energy Economics*, **22**, 253-266.
- Schwert, G. (1989). Tests for unit roots: A Monte Carlo investigation. *Journal of Business & Economic Statistics*, **7**, 147-159.
- Zhang, Y. and Wei, Y. (2010). The crude oil market and the gold market: Evidence for cointegration, causality and price discovery. *Resources Policy*, **35**, 168-177.



## Quantile causality from dollar exchange rate to international oil price<sup>†</sup>

Kiho Jeong<sup>1</sup>

<sup>1</sup>School of Economics and Trade, Kyungpook National University

Received 22 February 2017, revised 16 March 2017, accepted 23 March 2017

### Abstract

This paper analyzes the causal relationship between dollar exchange rate and international oil price. Although large literature on the relationship has accumulated, results are not unique but diversified. Based on the idea that such diversified results may be due to different causality at different economic status, we consider an approach to test the causal relationship at each quantile. This approach is different from the mean causality analysis widely employed by the existing literature of the causal relationship. In this paper, monthly data from May 1987 to 2013 is used for the causal analysis in which Brent oil price and Major Currencies Dollar Index (MCDI) are considered. The test method is the nonparametric test for causality in quantile suggested by Jeong et al. (2012). The results show that although dollar exchange rate causes oil price in mean, the causal relationship does not exist at most quantiles.

*Keywords:* Causality, exchange rate, nonparametric test, oil price, quantile.

---

<sup>†</sup> This research was supported by Kyungpook National University Bokhyeon Research Fund, 2015.

<sup>1</sup> Professor, School of Economics and Trade, Kyungpook National University, Daegu 41566, Korea.  
Email: khjeong@knu.ac.kr