

환율과 통화옵션(FX Option) 변동성곡면의 연계성에 관한 연구*

이은정** · 김영성***

〈요 약〉

본 연구에서는 원달러(USD/KRW) 현물환율(FX spot)과 외환시장의 변동성곡면(volatility surface)이 서로 어떠한 인과관계가 있는지를 실증적으로 분석하였다. 코로나 19 이전의 기간(Panel A: 2013년 1월에서 2019년 12월까지)과 코로나19 이후의 기간(Panel B: 2020년 1월에서 2023년 8월까지)으로 나누어 원달러 환율과 변동성곡면(ATM, RR, BF)간의 관계를 비교하여 살펴보았다.

분석결과를 정리하면 다음과 같다. 첫째, 코로나19 이전(Panel A)과 이후(Panel B) 시계열 모두에서 공격분 관계가 있는 것으로 나타났다. 둘째, 그랜저인과관계(granger causality) 검정에서 코로나19 이후(Panel B)부터 외환시장 변동의 비대칭성(skewness, RR)과 극단적편차(kurtosis, BF)정도가 ATM변동성을 선행하고, ATM변동성이 현물환율을 선행하는 것으로 나타났다. 셋째, 충격반응 분석에서 변동성의 왜도(skewness)지표인 RR과 첨도(kurtosis)지표인 BF의 충격에 대한 현물환율과 ATM변동성에 미치는 영향도 코로나19 이전(Panel A)에는 큰 영향이 없다가 이후(Panel B)부터 영향도가 훨씬 커졌다. 넷째, 분산분해 분석에서 RR과 BF지표의 현물환율과 ATM변동성에 대한 영향력이 코로나19 이전(Panel A)보다 코로나19 이후(Panel B)에 상당한 폭으로 증가한 것으로 나타났다. 이러한 결과는 그랜저인과관계 분석 뿐만 아니라 충격반응 분석결과와도 일관성을 갖는다.

결론적으로, 환율과 변동성곡면 정보들을 통하여 이들의 인과관계를 파악할 수 있으며, 특히 통화옵션시장과 현물환율 시장의 연계성이 코로나19 이후부터 더 유의해졌다는 것을 확인하였다.

주제어 : 환율, 변동성, 리스크리버설, 버터플라이, 그랜저인과관계, 충격반응, 분산분해

논문접수일 : 2023. 10. 09. 1차 수정일 : 2023. 11. 20. 2차 수정일 : 2023. 12. 29. 게재확정일 : 2024. 01. 04.

* 본 논문의 심사과정에서 유익한 조언을 해 주신 익명의 심사위원들께 감사드립니다.

** 제1저자, 숭실대학교 경영학부 초빙교수, 02-820-0560, E-mail: ooot80@naver.com

*** 교신저자, 성균관대학교 금융MBA 초빙교수, 02-3773-9160, E-mail: angelyskim@gmail.com

I. 서론

통화(currency)는 자산의 가격을 나타내는 가장 기본적인 단위이자, 경제활동의 가장 기본적인 수단이다. 특히, 재화의 가치를 측정할 때 유용하게 사용되며, 모든 채무와 경제활동에서 기준이 된다. 현대는 글로벌(global)한 세상이며 전 세계가 하나의 망으로 연결되어 빠른 소통과 편리한 무역활동이 가능해졌다. 국가 간의 재화를 교환하고, 경제활동과 무역활동을 할 때 기준이 되는 단위가 필요한데, 이때에도 통화(currency)를 사용해야 하며, 각 국가마다 사용하는 통화의 기준과 단위는 각각 다르다. 여기서 국가 간의 서로 다른 통화를 교환하는 기준이 되는 비율이 필요한데, 이 비율이 환율이며 시장에서 비교적 자유롭게 거래가 이루어진다. 코로나19의 팬데믹 시기를 겪으면서 전 세계의 정책당국은 유동성 공급을 통한 양적완화정책을 시행 하였고, 글로벌 금융시장 역시 동조화 현상이 나타났다. 하지만, 유동성공급으로 인하여 인플레이션 위험에 직면하게 되었고, 미국연준에서는 또 다시 금리인상정책을 실시하였다. 이러한 모든 정책들은 외환시장에 영향을 주게 되는데, 특히 한국 금융시장 및 원달러(USD/KRW)시장에서의 거래와 유동성에 많은 영향을 주었다. 글로벌 분산투자 측면에서 외환시장은 매우 중요한데, 한국은행의 통화정책은 미국연준에서의 금리정책에 자유롭지 못하고 긴밀한 관련성을 가지고 있다. 2022년부터 시작된 미국금리인상과 양적긴축의 기조 역시, 한국과 미국이 인플레이션이라는 공통의 이슈로 영향을 받고 대응하기 때문에 원달러(USD/KRW) 환율이라는 교환비율(현물환율)에도 많은 영향을 미치고 있다. 이렇듯, 환율은 국가간의 거래뿐만 아니라 금융시장에서 매우 중요한 경제변수이며, 외환시장의 변동성은 수많은 자산들에 직·간접적으로 많은 영향을 준다. 따라서 외환시장을 이해하고 분석하는 것은 국가간의 관계 뿐만 아니라 수출입, 내수경제 모두에 큰 의미가 있을 것이다.

외환시장의 변동성은 상승움직임과 하락움직임에 대해 대칭적으로 움직인다고 말하기는 어려울 것이다. 그리고 움직임의 분포도 가운데에 집중되어 움직인다고 하기도 어렵고 양쪽 끝 꼬리부근의 두꺼운 정도를 나타내는 극단적편차를 가지고 움직인다고 하기도 어려울 것이다. 결국, 표준정규분포(standard normal distribution)의 가정과는 다른 왜도(skewness)와 첨도(kurtosis)를 가지고 움직일 것이 자명하다. 통화옵션(FX Option) 시장에서는 왜도(skewness)와 첨도(kurtosis)를 고려한 변동성의 모양을 변동성곡면(volatility surface)이라고 하는데, 만약 시장의 변동성곡면 효과와 원달러 현물환율(FX spot)간의 관계를 분석하여 사전에 환율변동을 예측할 수 있다면, 통화정책 대응 및 시장변화에 대한 리스크관리에 매우 유용해 질 것이다. 특히, 금리를 결정하는 한국은행과 국제무역을 하는 수출업자와 수입업자들에게 많은 유용한 정보를 줄 수 있을 것이다.

글로벌 금융위기였던 2008년과 같이, 환율상승에 대한 압력이 하락압력보다 훨씬 더

강한 시기에는 현재의 환율이 상승하여 높은 가격에서 움직일 가능성이 높을 것이다. 이 경우에는 상승하는 방향의 변동성이 하락하는 방향보다 더 크게 나타날 것이고, 이는 가격변화의 비대칭성을 증가시킬 것이다. 반면, 방향성을 알 수는 없더라도, 한번 움직이기 시작한다면 양쪽 끝으로 편차를 가지고 극단적으로 움직일 가능성이 높아진다면, 이러한 움직임들은 환율 변동성을 증가시킬 유인이 될 것이다. 만약, 우리가 움직임을 조금이라도 미리 예측할 수 있다면 리스크관리에 많은 도움이 될 것이 자명하다.

따라서, 본 연구에서는 원달러(USD/KRW) 현물환율(FX spot)과 외환시장의 변동성곡면(volatility surface)이 서로 어떠한 인과관계가 있는지를 분석하고자 한다. Garman and Kohlhagen(1983)모형을 기반으로 공시되는 원달러 옵션시장의 내재변동성 정보들과 현물 환율간의 관계를 코로나19 이전과 이후의 기간을 구분하여 비교분석한다. 연구의 구성은 다음과 같다. 제Ⅱ장에서는 외환시장과 변동성과 관련한 이전의 문헌연구를 정리하였다. 제Ⅲ장에서는 시장에서 공시되는 변동성곡면(volatility surface)의 표기방법과 분석데이터를 소개하고 연구설계에 대해 설명한다. 제Ⅳ장에서 실증분석 연구결과를 제시하고, 제Ⅴ장에서 본 연구의 결론을 서술한다.

Ⅱ. 선행연구

외환시장에 대한 기존의 연구를 살펴보면, 환율과의 관계를 분석하는 논문과 시장변수나 상품간의 관계, 그리고 변동성이 미치는 영향들을 비교 분석하는 논문들로 구분할 수 있다. 우선 금융시장 변수에 관련된 연구를 살펴보자. 일반적으로 외환시장은 양국의 조달금리와 관련성이 매우 높다. Batten and Szilagyi(2007), Jeng(1999), 김홍배(2009) 등은 외환시장과 이자율평형구조에 대해 조달비용과 관련하여 연구를 하였다. 이들은 이자율평형이론에서 산출될 수 있는 내재 선도환율(implied FX forward)과 시장에서 거래가 이루어지는 선물환(FX forward)이 같아야 한다는 것을 기본적인 개념으로 출발한다. 만약 그렇지 않고 시장가격과 이자율이 크게 차이가 나타난다면 차익거래가 존재하게 된다는 것을 실증적으로 증명하였다. 이근영(2009)은 외환시장과, 주식시장, 그리고 채권시장의 관련성을 실증분석하였는데, 통화스왑(CRS)금리에 대한 플러스 충격은 이자율스왑(IRS)금리와 국고채금리를 하락시킨다는 것을 확인하였다. 그리고 원달러(USD/KRW)환율은 다른 시장에 영향을 미치지 못한다고 주장하였다. 이명중(2020)은 통화스왑, 이자율스왑, 국채금리, 스왑레이트 그리고 원달러(USD/KRW)의 일별시계열을 이용하여 상호 연계성을 실증분석하였다. 그는 이들 변수간에 공적분이 존재하며, 서로 장기균형관계가 회복되는 관계라고 주장하였는데 특히, 원달러 환율의 상승은 CRS금리를 하락시킨다고 했다.

외환시장내의 상품간의 연구도 있는데, Amatatsu and Baba(2008)는 통화스왑과 외환스왑

간의 연계성을 실증분석 하였다. 이들은 미달러화와 엔화간의 통화스왑시장과 외환스왑시장을 분석한 결과, 시장을 움직이게 하는 효율적인 가격에 대해 통화스왑시장이 더 크게 반응하며, 가격발견에 있어서도 더욱 주도적인 역할을 한다고 주장했다. 또한, 임상규(2007)는 한국 외환시장간의 관계를 분석하였는데, 통화스왑과 외환스왑을 이용하여 외부충격으로 인한 차이거래 발생 기회가 얼마나 지속되고 빨리 회복되는 지를 영국과 뉴질랜드 시장과 비교하여 분석하였다. 분석결과 국내 외환시장이 차이거래에 미치는 충격도 더 크게 나타나고, 균형으로 회귀하는 기간 역시 길게 유지되는 것으로 나타나서 시장 효율성이 상대적으로 떨어진다고 주장했다.

환율과 변동성(혹은 옵션가격)의 연관성을 분석한 연구들도 살펴보자. 김홍배·강상훈(2011)은 외환시장과 신용파생상품(credit default swap, 이하 CDS)시장 간의 변동성 전이효과를 실증분석 하였다. 이들은 신용파생상품(CDS)시장에서 원달러(USD/KRW) 외환시장으로 정보가 상호간에 서로 전이된다고 주장하였는데, 특히, 금융위기 이후에는 신용파생상품(CDS)에서 외환시장으로 일방적으로 이전되는 양상을 보인다고 주장하였다. 김영성·최종범(2013)은 통화(FX)옵션변동성, 이자율스왑선 그리고 국가CDS 스프레드와의 상호관계를 금융위기 이전과 이후를 비교하여 실증분석 하였다. 이들은 금융위기 이후부터 외환시장의 FX옵션변동성과 국가CDS과의 연관성이 특히 더 심화되었으며 이자율스왑선 시장과의 관계도 역시 심화되어 있다고 주장하였다. 이근영·장한익(2023)은 TVP-VARX모형을 사용하여 원달러 환율변동은 시간에 따라 국내물가에 미치는 영향이 서로 다르게 나타난다는 것을 보였다. 따라서 정책당국이 물가, 경상수지, 주택경기, 그리고 가계부채 등의 거시경제와 금융시장 상황 등을 종합적으로 잘 판단해서 대응전략을 시의적절하게 구사하여야 한다는 시사점을 제시하였다. 그리고, 최남진(2022)은 EGARCH모형을 이용하여 원달러환율의 변동성의 집중현상을 확인하고, SVAR모형을 이용하여 실물경제와의 관계를 분석하였다. 분석 결과, 주요 기축통화국들의 통화정책이 원달러 환율변동성을 확대시킬 수 있음을 시사하였다. Yoon(2016)은 다요인 확률변동성 모형(multi-factor stochastic volatility model)을 이용하여 외환시장의 변동성곡면에 대해 실증분석하였는데, 결합모형이 ATM옵션만을 기반으로 하는 전통적인 확률변동성 모형에 비해 실증적으로 더 우수하다고 주장하였다.

이외에도 기초자산가격 움직임의 분포에 대한 고차적률을 고려하여 Black and Scholes(1973) 옵션가격을 변형하여 확장한 연구가 있는데, Filho and Rosenfeld(2004)와 Li and Chen(2016)은 에지워드확장(edgeworth expansion)을 이용하여 옵션가격에 왜도(skewness)와 첨도(kurtosis)를 반영한 옵션가격식을 제안하였다. 특히, Li and Chen(2016)은 아시안옵션에 적용하여 헤징 성과를 분석하였는데, 이들은 왜도와 첨도를 고려한 확장분포가 가격을 더 잘 설명한다는 것을 주장하였다. 또한, 행사가격이 낮을수록 아시안옵션의 헤지에 대한

실용성은 더 높아진다는 점도 함께 시사하였다. 국내에서도 왜도와 첨도를 고려한 연구가 있었는데, 한재하 등(2003)은 KOSPI200지수옵션을 사용하여 왜도와 첨도를 고려한 위험중립확률 분포를 확장하여 추정해 보았다. 이들은 에지워드확장(edgeworth expansion)을 사용한 방법과 거래량 가중평균한 새로운 방법을 구분하여 비교분석하였는데, 내가격옵션(in the money)에서는 에지워드확장 방법이, 외가격옵션(out of the money)에서 거래량 가중평균한 확장분포가 더 잘 추정한다는 것을 입증하였다.

실물경제 관점에서 환율의 변동성은 외국인의 직접투자에 부정적인 영향을 줄 수 있기 때문에, 환율의 안정성이 자본의 유출입에 중요한 영향을 준다는 Ahn et al.(1998)의 연구에서처럼, 환율의 변동성은 국제 자본유출입에 영향을 주기도 하고 받기도 한다. 김종선(2017)은 국제자본 유출입이 환율의 변동성을 확대 시킨다고 주장하였고, 서현덕·강태수(2019)는 미국의 신용스프레드가 환율변동성과 국내의 자본유출입에 영향을 미친다고 주장하였다. 최경욱·박준서(2020)는 우리나라의 외환시장의 오퍼레이션이 환율변동성에 어떠한 영향을 미쳤는지를 분석하였다. 이들은 우리나라의 외환시장 오퍼레이션은 역풍정책(leaning against the wind) 방식으로 실행이 되었다는 것을 실증적으로 밝혔으며, 또한 환율변동성을 완화시키는 효과가 있다고 했다.

이렇듯 환율은 금융시장과 실물경제 모두에 직·간접적으로 많은 영향을 미치고 서로간의 인과를 형성하고 있다. 환율의 변동성은 시장의 현물환율의 움직임을 포착하여 변동성을 파악할 수도 있지만 옵션시장에서 거래가 이루어지는 가격을 확인함으로써 변동성을 판단할 수도 있다. 게다가, 외환시장에서는 직접 변동성을 거래할 수 있는데, 옵션거래의 형태로 가격을 주고받으며 거래가 이루어진다. 이때 주고받는 호가의 단위로 내재변동성(implied volatility)을 사용한다. 특히, 국내 통화옵션시장에서는 미국달러화로 결제가 이루어지므로, 옵션거래자는 직·간접적으로 기초자산이 되는 원달러 환율을 고려한 달러화(UDS)를 헤지하고 운용해야 한다. 하지만 시장가격으로서의 변동성과 환율과의 관계를 분석한 연구는 미흡한 실정이다. 따라서, 본 연구에서는 기존의 연구들의 결과를 활용하여, 통화옵션시장에서의 가격으로서의 변동성과 이러한 가격분포의 비대칭성(왜도)과 극단적편차(첨도) 정도가 환율에 어떠한 관련이 있는지 그랜저인과관계와 충격반응분석 등을 이용하여 실증분석하기로 한다.

Ⅲ. 분석자료와 연구방법

1. 통화옵션(FX Option) 시장가격

1.1 현물환과 선물환

지구상에 있는 많은 국가들은 각자의 화폐를 발행하고 유통하여 시장경제를 활성화하고

있다. 외환시장은 이러한 국가간의 통화를 서로 교환하고 거래 하는 시장이며, 이때의 교환비율을 환율(foreign exchange, FX)이라고 한다. 환율은 자국의 통화를 다른나라의 통화로 단순히 교환하는 환전시장이기도 하지만, 타국 통화 자체를 금융상품으로 보고 매매가 이루어지는 금융상품시장이기도 하다. 외환(FX)거래에서 대한민국 기준으로 오늘부터 2영업일 이전까지 결제가 이루어지는 거래는 현물환(FX spot)이라고 하며, 2일을 초과하는 만기에 결제가 이루어지는 거래는 선물환(FX forward)라고 한다.

$$F(t, T) = S_t e^{(r_D - r_f)(T-t)} \quad (1)$$

현물환(FX spot)은 국내(domestic)통화와 해외(foreign)통화 사이의 교환비율을 의미한다. 예를 들어 USD/KRW 환율이 1,300원이라고 고시되었다는 의미는, 미국통화(USD) 1달러를 한국통화(KRW) 1,300원으로 교환할 수 있다는 것을 의미한다. 여기서 표시되는 국내통화의 의미는 Castagna(2010)에서 설명한 것과 같이 지리적인 측면에서의 구분이 아니라 단위재(numeraire) 통화로서의 측면¹⁾에서 구분된다. 선물환(FX forward)거래는 현물환 거래보다 더 긴 만기를 가진 미래의 특정시점(영업일 보다 긴)에 미리 정한 환율로 교환하기로 하는 거래이다. 파생금융상품에서 이는 통화선도(forward) 계약을 의미한다. 외국환 시장에서는 특히하게도 선물보다 선도거래가 훨씬 더 활발하게 시장이 형성되어 있다. 선물환(FX forward)의 가격은 식 (1)에서와 같이 이자율패리티이론(interest rate parity theory)에 의해서 산출되는데, 이는 명목금리의 차이가 선물환율(FX forward)을 결정한다는 개념으로 산출이 된다. 식 (1)은 t 에서 평가와 거래가 이루어지는 T 만기의 선물환의 이론가격을 의미하며 r_D 는 국내이자율, r_f 는 해외이자율을 의미한다.

1.2 통화옵션(FX Option)

옵션이란 사전에 미리 정한 기초자산(underlying asset)의 가격움직임에 따라 매도 또는 매수하기로 계약에서 약정하는 상품을 말한다. 기초자산에 따라 통화옵션, 금리옵션, 주식옵션, 주가지수옵션 등으로 구분하며, 가장 기본적인 구조로 콜옵션과 풋옵션이 있다. 콜옵션은 매수자가 계약에서 정한 기초자산의 매수를 청구할 수 있으며, 풋옵션은 기초자산의 매도를 청구할 수 있는 행사(exercise)권리를 갖는다. 옵션을 행사하였을 때에는 옵션매도자(발행자)가 의무를 이행하여야 한다. 외환시장에서도 옵션거래가 활발하게 이루어지고 있으며, 통화옵션 가치평가 산식은 아래와 같이 Black and Scholes(1973)에서 제시한 방법을 기반으로 Garman and Kohlhagen(1983)이 확장하고 보완하여 완성한 식 (2)와 같다.

1) Castagna, A., FX Options and Smile Risk, Wiley, 2010.

$$\begin{aligned}
 c &= Se^{-r_f T} N(d_1) - Xe^{-r_D T} N(d_2) \\
 p &= Xe^{-r_D T} N(-d_2) - Se^{-r_f T} N(-d_1) \\
 \text{where } d_1 &= \frac{\ln(S/X) + (r_D - r_f + \sigma^2/2)T}{\sigma\sqrt{T}} \\
 d_2 &= d_1 - \sigma\sqrt{T}
 \end{aligned} \tag{2}$$

식 (2)와 식 (3)에서 S 는 기초자산가격, X 는 행사가격, r_D 는 국내이자율, r_f 는 해외이자율이고, T 는 옵션의 만기를 의미한다. 식에서 σ 에 해당하는 부분이 중요한데, 통화옵션(FX Option)시장에서는 변동성(σ)으로 호가를 공시하고 거래를 하며, σ 는 내재변동성이자 옵션가격 그 자체(김영성·최종범, 2013)가 된다. 특히, FX옵션시장은 Risk Reversal(이하 RR)거래와 Butterfly(이하 BF)를 통하여 시장변동성의 왜도(skewness)와 첨도(kurtosis)를 직접 호가하여 거래한다. 이러한 호가를 제공하는 데에 사용되는 기준이 옵션의 델타²⁾이며, 주로 델타가 25%인 상품과 10%인 상품으로 호가되어 공시 및 거래가 이루어진다. 옵션의 델타가 작을수록 심외가격(deep out of the money, deep OTM)이 되며, 기초자산의 현재가격과 행사가격 간의 차이도 더 커진다.

1.3 통화옵션 변동성(FX Option Volatility)

외환시장에서 호가하여 거래가 이루어지는 통화옵션(FX Option)은 Reisch and Wystup (2010)에서 설명한 바와 같이 크게 세 가지로 나누어진다. 첫 번째로는 등가격(at the money, ATM) 옵션인데, 이는 현재의 기초자산가격의 선도가격(forward)을 행사가격으로 하는 ATM콜옵션과 ATM풋옵션을 동시에 매매하는 양방향 옵션(straddle)거래를 통하여 이루어진다. 통화옵션 시장에서는 서로 주고받게 될 프리미엄을 Garman and Kohlhagen(1983)에서 제시한 산식을 기반으로 계산한다. 이때, 시장에 공시하는 가격은 프리미엄 대신에 Black and Scholes(1973)모형에서 내재변동성(σ)을 역산하는 방법과 동일한 방법으로 계산한 값을 시장에 호가하여 거래를 한다. 다시 말해, 결제는 프리미엄 값으로 이루어진 통화로 주고받는다 하더라도, 시장에서 호가(bid 혹은 ask)를 제시할 때에는 변동성으로 공시하여 거래한다는 의미이다. 즉, 식 (3)에서 콜옵션의 식과 풋옵션의 식을 합한 $c+p$ 의 프리미엄 가격(통화) 대신에 해당 프리미엄과 동일한 가격을 나오게 해주는 $\sigma(c+p)$ 의 내재변동성(implied volatility)으로 호가된다는 의미이다.

기초자산가격이 상승(하락)할 가능성이 높다고 예상하는 시장참여자가 있다면, ATM

2) 옵션의 델타는 옵션가격을 기초자산으로 나눈 민감도를 의미하며 $\Delta = \frac{\partial f}{\partial S}$ 형태로 표기 된다.

콜옵션(풋옵션)만을 매수하는 것이 유리할 것이다. 하지만, 방향성을 예측할 수 없거나 혹은 변동성에 대한 거래만 필요하다면 등가격(ATM)옵션거래를 통하여 변동성만을 매매할 수 있다. 등가격(ATM)옵션은 행사가격을 기초자산과 동일하게 하여 거래하는 상품이다. 따라서 현재의 기초자산 수준에서의 움직임에 대표하는 변동성(옵션)이 된다. 특히, 이 거래는 향후 기초자산의 움직임은 커질 것으로 예상하지만 방향성에 대한 편의(bias)나 선호도(preference)가 없을 경우 변동성만을 거래할 수 있는 장점을 가진다.

$$\sigma = \sigma(c+p) : \text{등가격 콜(Call)옵션과 등가격 풋(Put)옵션의 내재변동성} \quad (3)$$

$$\text{where } c+p = Se^{-r_f T} N(d_1) - Xe^{-r_D T} N(d_2) + Xe^{-r_D T} N(-d_2) - Se^{-r_f T} N(-d_1)$$

$$d_1 = \frac{\ln(S/X) + (r_D - r_f + \sigma^2/2)T}{\sigma\sqrt{T}}$$

$$d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{T}$$

두 번째로는 Risk Reversal(RR)거래인데, 식 (4)와 같이 콜옵션과 풋옵션의 민감도인 델타의 절대값이 동일한 옵션을 활용하여 콜옵션 매수(매도)와 풋옵션 매도(매수)를 동시에 거래하게 된다. 이때 콜옵션과 풋옵션은 모두 외가격(out of the money, OTM)옵션이며, 등가격으로 부터 멀어지는 정도를 행사가격이 아닌 델타로 호가하게 된다. 콜옵션의 경우 +25델타보다 +10델타에서 행사가격이 더 크게 나타날 것이며, 풋옵션의 경우라면 -25델타보다 -10델타에서 행사가격이 더 작게 나타날 것이다. 즉, 델타의 절대값 크기가 작아질수록 심외가격(deep OTM)이 된다.

$$RR(25D) = \sigma_{25C} - \sigma_{25P} \quad (4)$$

$$\text{where } RR_{premium} = Call\ Option(X_{25C}, \sigma_{25C}) - Put\ Option(X_{25P}, \sigma_{25P})$$

X_{25C} : 델타가 25%(0.25)인 Call옵션의 행사가격

X_{25P} : 델타가 -25%(-0.25)인 Put옵션의 행사가격

σ_{25C} : 델타가 25%(0.25)인 Call옵션의 내재변동성

σ_{25P} : 델타가 -25%(-0.25)인 Put옵션의 내재변동성

RR의 호가가 높아진다는 의미는, 통화옵션 시장에서 OTM콜옵션의 가격이 OTM풋옵션의 가격보다 더 높게 호가가 된다는 것을 의미하는데, 2008년 리만브라더스 상황 때 처럼, 원달러 환율이 갑자기 상승하게 된다면, 시장에서는 환율이 상승하는 쪽에 가능성을 더

높게 두고, 높은 가격(변동성)으로 거래할 유인이 생겨서 RR가격은 높아지게 된다. 즉, 현재의 환율이 하락할 가능성 보다 상승할 가능성이 더 높게 시장가격에 반영이 되기 때문에 OTM콜옵션의 가격변동성이 OTM풋옵션보다 더 크게 나타날 것이다.

이는 기초자산인 환율이 상승하는 부분의 가격과 하락하는 부분의 가격의 분포가 비대칭적인 상황이 발생할 때 더 심하게 나타나며, 외환시장에서는 이를 왜도(skewness) 효과라고 해석한다. 호가 역시 프리미엄이 아닌 변동성으로 호가가 되는데, 예를 들어 +25델타의 콜옵션의 내재변동성이 13%이고, -25델타의 풋옵션의 내재변동성이 9%라고 가정하면, 4%(13%-9%)로 RR의 가격이 공시가 된다.

$$BF(25D) = \frac{\sigma_{25C} + \sigma_{25P}}{2} - \sigma(c+p) \tag{5}$$

where $BF_{premium} = Call\ Option(X_{25C}, \sigma_{25C}) + Put\ Option(X_{25P}, \sigma_{25P})$

- X_{25C} : 델타가 25%(0.25)인 Call옵션의 행사가격
- X_{25P} : 델타가 -25%(-0.25)인 Put옵션의 행사가격
- σ_{25C} : 델타가 25%(0.25)인 Call옵션의 내재변동성
- σ_{25P} : 델타가 -25%(-0.25)인 Put옵션의 내재변동성
- $\sigma(c+p)$: 등가격옵션의 내재변동성

마지막으로 식 (5)에서 설명하고 있는 Butterfly(BF)거래이다. 이 거래 또한, 콜옵션과 풋옵션의 민감도인 델타를 활용하여 OTM콜옵션과 OTM풋옵션을 동시에 매수하거나 매도하는 거래(strangle)를 통하여 호가가 이루어진다. RR과 유사하게 BF거래도 콜옵션과 풋옵션은 모두 외가격(out of the money)옵션이며, 등가격으로 부터 멀어지는 정도를 행사가격이 아닌 델타의 절대값으로 호가하게 된다. 만약에 BF의 호가가 높아진다면 통화옵션 시장에서 등가격(ATM)옵션의 변동성보다 외가격(OTM)옵션의 변동성이 상대적으로 더 높아진다는 것을 의미한다. 즉, 변동성분포가 행사가격에서 멀어지면 멀어질수록 커지게 되는 두터운 꼬리모양을 나타내며, 시장에서는 이를 침도(kurtosis)효과라고 해석한다.

만약 25델타의 BF의 호가가 1%라고 가정할 경우, 시장에서 거래되는 +25델타의 콜옵션과 -25델타의 풋옵션을 동시에 거래하는 외가격 스트랭글(strangle)거래할 때, 등가격옵션의 변동성보다 평균적으로 +1%정도를 가산한 변동성을 넣어 계산된 프리미엄으로 거래를 하면 된다는 것을 의미한다. 예를 들어, 상기의 RR거래의 예제에서와 동일하게 절대값이 25델타인 OTM콜옵션의 내재변동성을 13%로 가정하고, OTM풋옵션의 내재변동성을 9%로

가정한다면, 평균은 약 11%로 나온다. 만약, ATM등가격옵션 가격(변동성)이 10%로 공시되었다고 가정한다면 이 가격은 ATM변동성인 10%보다 1%가 더 높은 11%이기 때문에 BF(25D)는 1%로 호가가 된다.

이 거래의 경우 방향성은 사전에 알 수 없더라도, 현재의 환율이 등가격부근 보다 양쪽 끝으로(OTM으로) 멀리 움직일수록 더 큰 편차를 가지고 극단적으로 움직일 가능성이 높아진다는 것을 의미하며 변동성미소(volatility smile)효과³⁾라고도 한다.

등가격(ATM) 내재변동성, 비대칭(skewness) 정도를 나타내는 RR, 그리고 극단적편차(kurtosis) 정도를 나타내는 BF 데이터를 활용한다면 변동성의 분포를 알 수 있다. [그림 1]은 블룸버그(Bloomberg)에서 실제로 공시된 호가정보 화면이다. 등가격(ATM), RR, BF가 25델타와 10델타를 기준으로 공시되어 있는 것을 확인할 수 있다. 본 연구에서는 이러한 변동성 정보들을 다 포괄하여 변동성곡면(ATM, RR, BF)이라고 칭한다.

Exp	등가격	25D RR	25D BF	10D RR	10D BF
	매수 / 매도	매수 / 매도	매수 / 매도	매수 / 매도	매수 / 매도
1D	7.760 / 11.960	-1.405 / 1.535	-0.865 / 1.235	-2.355 / 2.685	-1.080 / 2.280
1W	8.100 / 9.650	-0.165 / 0.920	-0.210 / 0.565	-0.250 / 1.610	-0.085 / 1.155
2W	8.330 / 9.330	0.070 / 0.770	-0.070 / 0.430	0.235 / 1.435	0.180 / 0.980
3W	7.845 / 9.445	-0.010 / 1.110	-0.215 / 0.585	0.040 / 1.960	-0.130 / 1.150
1M	8.660 / 9.260	0.350 / 0.770	0.065 / 0.365	0.690 / 1.410	0.425 / 0.905
2M	8.590 / 9.190	0.435 / 0.855	0.090 / 0.390	0.905 / 1.625	0.505 / 0.985
3M	8.540 / 9.140	0.550 / 0.970	0.100 / 0.400	1.130 / 1.850	0.590 / 1.070
4M	8.630 / 9.225	0.640 / 1.055	0.110 / 0.405	1.325 / 2.035	0.625 / 1.095
5M	8.682 / 9.276	0.730 / 1.146	0.119 / 0.415	1.550 / 2.261	0.702 / 1.174
6M	8.690 / 9.290	0.790 / 1.210	0.120 / 0.420	1.705 / 2.425	0.760 / 1.240
9M	8.805 / 9.405	0.960 / 1.380	0.140 / 0.440	2.095 / 2.815	0.910 / 1.390
1Y	8.875 / 9.475	1.120 / 1.540	0.165 / 0.465	2.315 / 3.035	0.960 / 1.440
18M	9.010 / 9.610	1.220 / 1.640	0.285 / 0.585	2.510 / 3.230	1.095 / 1.575
2Y	9.105 / 9.780	1.295 / 1.770	0.310 / 0.650	2.725 / 3.535	1.240 / 1.780
3Y	8.730 / 10.555	0.975 / 2.255	0.080 / 0.990	2.240 / 4.430	0.915 / 2.375
4Y	7.835 / 11.785	0.325 / 3.090	-0.390 / 1.585	1.125 / 5.865	0.220 / 3.380
5Y	6.950 / 13.000	-0.320 / 3.915	-0.865 / 2.160	0.055 / 7.315	-0.450 / 4.390
6Y	6.360 / 13.898	-0.769 / 4.507	-1.145 / 2.624	-0.650 / 8.395	-0.770 / 5.259
7Y	5.735 / 14.735	-1.190 / 5.110	-1.440 / 3.060	-1.455 / 9.345	-1.170 / 6.030
10Y	5.745 / 14.745	-1.145 / 5.155	-1.305 / 3.195	-1.315 / 9.485	-1.010 / 6.190
15Y	7.585 / 12.440	0.300 / 3.700	-0.195 / 2.230	1.090 / 6.910	0.820 / 4.700
20Y	7.371 / 12.633	-0.405 / 3.280	-0.516 / 2.112	0.953 / 7.261	0.696 / 4.902
25Y	7.136 / 12.852	-0.577 / 3.426	-0.631 / 2.224	0.772 / 7.624	0.546 / 5.114
30Y	6.872 / 13.105	-0.773 / 3.591	-0.764 / 2.349	0.543 / 8.015	0.366 / 5.347

[그림 1]은 블룸버그(Bloomberg) 2023년 9월 26일 기준 옵션(변동성) 호가정보. (단위 %)

[그림 1] USD/KRW옵션(변동성)시장 호가정보

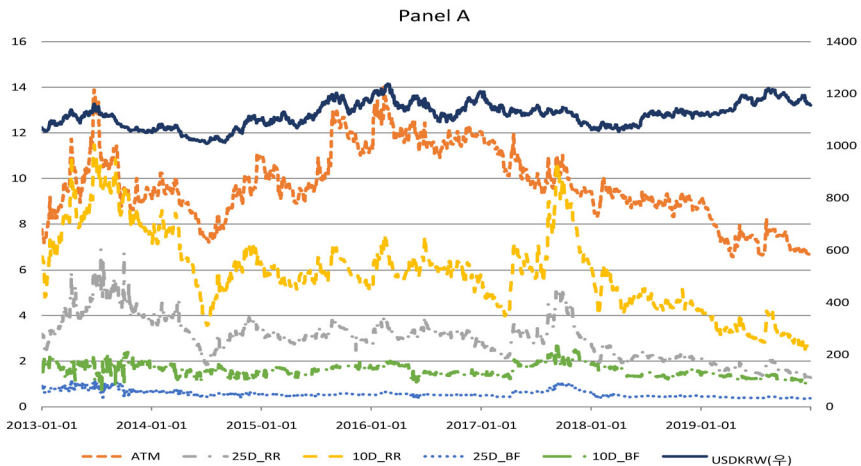
3) OTM으로 갈수록 변동성이 증가하는 모양을 변동성미소(volatility smile) 효과라고도 한다. Muck, M (2022), "Arbitrage-free smile construction on FX option markets using Garman-Kohlhagen deltas and implied volatilities," Review of Derivatives Research, 25, 293-314.

2. 분석자료와 연구방법

통화옵션(FX Option)은 미래시점에 사전에 미리 정해진 환율로 교환할 수 있는 권리를 사고파는 옵션을 의미한다. 외환시장에서는 Black and Scholes(1973)와 Garman and Kohlhagen(1983)이 제시한 모형을 사용하여 내재변동성으로 가격을 공시한다. 따라서 공시된 가격은 미래변동성의 향방을 예측하여 거래하는 내재변동성이 되면서 동시에 옵션의 시장가격이 되기도 한다. 더욱이, 통화옵션(FX Option)에서는 변동성의 비대칭성(skewness)인 Risk-Reversal(RR)거래와 극단적편차(kurtosis)정도인 Butterfly(BF)거래를 포함하여 호가하고 거래한다. 따라서 본 연구에서는 김영성·최종범(2013)과 최원석 등(2014)에서 사용한 것과 같이 외환시장에서 공시되는 통화옵션의 변동성데이터와 원달러환율(USD/KRW)의 현물환 증가기준 데이터를 사용한다.

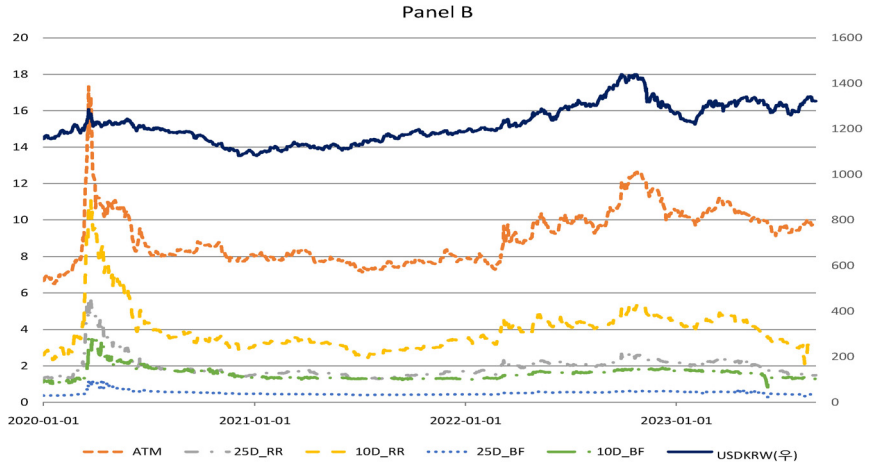
분석에 사용한 시계열은 2013년 1월부터 2023년 8월까지 시장에서 호가되어 관찰되는 일간 증가기준의 원달러(USD/KRW)환율과 통화옵션(FX Option) 변동성곡면(ATM, RR, BF) 데이터를 블룸버그(Bloomberg)에서 추출하였다. 옵션변동성 데이터는 유동성이 높아 비교적 거래가 활발하게 이루어지는 1년 만기를 기반으로 했다.

전체 분석기간 중에 2013년에서 2019년까지의 기간(Panel A)은 [그림 2]에 나타나 것처럼 코로나19 팬데믹 이전으로 분류하였다. [그림 3]은 2020년 이후인 코로나19를 포함한 이후의 기간(Panel B)으로 나눈 시계열 추이이며, 분석을 위해 두 개의 구간을 나누어 원달러(USD/KRW)환율과 변동성곡면(ATM, RR, BF)간의 관계를 기간별로 비교하여 살펴본다.



[그림 2]는 2013년 1월 1일부터 2019년 12월 31일 까지 Panel A의 시계열 가격 추이임. 눈금의 좌측은 % 단위, 눈금의 우측은 원 단위 (USD/KRW는 원달러 현물환율).

[그림 2] Panel A의 가격추이



[그림 3]은 2020년 1월 1일부터 2023년 8월 30일 까지 Panel B의 시계열 가격 추이임. 눈금의 좌측은 % 단위, 눈금의 우측은 원 단위 (USD/KRW는 원달러 현물환율)

[그림 3] Panel B의 가격추이

<표 1> Panel A의 일간 기초통계량

<표 1>은 2013.01.01.~2019.12.31. 까지의 시계열(Panel A)의 기초통계량 임. 단위근은 t 통계량을 의미, 1차분은 모두 1% 유의수준에서 임계치보다 낮아 귀무가설을 기각. Jarque-Bera 검정통계량이 유의적으로 나타남(수익률정규성 기각). **는 5%에서, ***은 1%에서 귀무가설을 기각한다는 의미.

	SPOT	ATM	RR_25	RR_10	BF_25	BF_10
평균	1,119.46	9.73	3.00	5.91	0.57	1.60
중앙값	1,121.80	9.53	3.04	5.86	0.53	1.56
최대값	1,238.65	14.02	6.91	11.49	1.21	2.68
최솟값	1,008.55	6.57	1.28	2.52	0.30	0.74
표준편차	47.82	1.60	0.95	1.77	0.16	0.27
왜도	-0.06	0.14	0.49	0.46	1.27	0.61
첨도	2.50	2.37	3.25	3.01	4.30	3.44
Jarque-Bera	19.90	36.24	78.67	65.26	619.05	127.23
단위근(Level)	-2.48	-2.47	-2.03	-1.80	-2.61	-3.99***
단위근(1차분)	-43.59***	-35.57***	-24.99***	-39.97***	-21.59***	-30.40***
표본수	1,826	1,826	1,826	1,826	1,826	1,826

시계열 데이터의 안정성여부를 검증하기 위해 Dickey and Fuller(1979)와 Dickey and Fuller(1981)의 단위근검정(unit root test)을 사용한다. 금융시장의 자산가격 시계열 데이터들의 경우 가격에 대한 고정된 가격 레벨(level)이 존재하지 않기 때문에 비정상성을 갖게 되는 경우가 많다. 이때 주어진 시계열이 정상성을 갖는지 비정상성을 갖는지에 대한 검정 방법으로 단위근 검정(unit root test)을 이용한다. 단위 근 검정에 대한 귀무가설은

$H_0: a_1 = 1$ 이 되고 대립가설은 $H_0: a_1 < 1$ 이 된다(Dickey and Fuller, 1979). 본 연구에서 사용한 시계열 데이터의 Augmented Dickey Fuller⁴⁾ 검정결과, 공시된 가격데이터(level) 중 일부는 불안정한 시계열을 가지고 있으며, 대부분의 데이터들이 1%유의수준에서 귀무가설을 기각하지 못하는 것을 알 수 있다. 하지만 1차 차분 시계열이 모든 데이터에서 안정적임을 확인하였다. 일간 시계열데이터의 기초통계량은 <표 1>과 <표 2>에 각각 정리했다.

<표 2> Panel B의 일간 기초통계량

<표 2>은 2020.01.01.~2023.08.30. 까지의 시계열(Panel B)의 기초통계량 임. 단위근은 t 통계량을 의미, 1차분은 모두 1% 유의수준에서 임계치보다 낮아 귀무가설을 기각. Jarque-Bera 검정통계량이 유의적으로 나타남(수익률정규성 기각). **는 5%에서, ***은 1%에서 귀무가설을 기각한다는 의미.

	SPOT	ATM	RR_25	RR_10	BF_25	BF_10
평균	1,222.03	9.03	1.93	3.92	0.52	1.57
중앙값	1,204.13	8.63	1.76	3.59	0.50	1.52
최대값	1,440.15	17.33	5.58	11.09	1.25	3.62
최솟값	1,081.90	6.51	1.19	2.11	0.28	0.83
표준편차	82.85	1.48	0.60	1.21	0.12	0.35
왜도	0.48	1.01	2.69	2.43	2.30	2.38
첨도	2.54	4.78	13.12	11.51	11.17	12.25
Jarque-Bera	44.88	286.54	5,237.75	3,825.13	3,500.41	4,312.38
단위근(Level)	-1.15	-3.16**	-3.69***	-2.69	-3.31**	-3.85***
단위근(1차분)	-20.67***	-12.82***	-10.58***	-26.61***	-45.07***	-33.63***
표본수	956	956	956	956	956	956

본 연구에서는 달러환율이 통화옵션의 변동성과 변동성의 왜도와 첨도효과와의 연관성을 살펴보기 위하여 원데이터(level)를 기반으로 공적분분석(cointegration)을 한뒤에, 차분 시계열 데이터를 기반으로 그랜저인과관계(granger causality), 충격반응분석(impulse response)과 분산분해(variance decomposition)을 시행한다.

IV. 분석결과

1. 공적분검정

공적분(cointegration)은 시계열변수 사이의 안정상태를 얻기 위한 적분차분 횟수를 파악하여 관계성을 파악한다. Engle and Granger(1987)가 공적분벡터를 통한 접근법을 이용하여

4) Phillips and Perron(1988) 검정법에서도 모두 단위근 검정이 유의하게 나타났다.

공식적으로 공적분이라는 개념을 체계화 시켰다. 이는 시계열 자료가 불안정할 경우 두 변수간에 아무런 관련성이 없음에도 불구하고 산점도상 상관성이 존재하는 것처럼 보이게 되는 것을 사전에 파악하기 위해서 검정한다. 분석 시계열변수들 사이에 공적분(cointegration)관계가 존재할 경우 Engle and Granger(1987)와 Johansen(1991)이 제시한 방법에 따르면 오차수정모형으로 해결할 수 있다고 했다. 공적분은 금융시장에서 Pair Trading의 방법론으로 사용되기도 하지만, 벡터자기회귀(vector autoregression) 분석을 더 정교하게 하기위해서 오차수정모형으로 사용되기도 한다.

<표 3> 공적분검정(cointegration)

<표 3>은 Panel A와 Panel B의 공적분검정 결과임. None, At most 1, At most 2, At most 3, At most 4, At most 5의 Trace 임계치는 각각 95.75, 69.82, 47.85, 29.80, 15.49, 3.84 이며 정규화된 공적분벡터는 오른쪽에 표기. t Value는 공적분벡터의 모수에 대한 t 통계량, **은 5%에서, ***은 1%에서 통계적으로 유의하다는 것을 의미.

	Trace Test	공적분벡터	Vector	t Value
Panel A				
None	227.556***	Spot	1.000	-
At most 1	130.849***	ATM	-52.237	-11.285
At most 2	67.594***	RR_25D	-64.304	-99.807
At most 3	20.103	RR_10D	193.656	-60.804
At most 4	7.220	BF_25D	-2190.092	-227.322
At most 5	1.443	BF_10D	414.662	-79.829
Panel B				
None	439.785***	Spot	1.000	-
At most 1	241.420***	ATM	-83.655	-13.099
At most 2	113.923***	RR_25D	1817.511	-227.461
At most 3	49.577***	RR_10D	-1208.976	-125.981
At most 4	12.500	BF_25D	8189.122	-629.239
At most 5	1.425	BF_10D	-1641.672	-172.632

본 연구에서도 시계열변수간의 공적분검정을 시행 하였는데, 이는 <표 3>에 정리하였다. 분석결과 코로나19 이전(Panel A)과 이후(Panel B) 시계열 모두에서 공적분 관계가 있는 것으로 나타났다. 즉, 원달러환율과 변동성곡면(ATM, RR, BF)간의 장기적 시계열의 균형관계를 가지고 있다는 것을 확인할 수 있다.

2. 그랜저인과관계

그랜저인과관계(granger causality) 검정에 대한 결과는 <표 4>에 정리하였다. 코로나19 이전(Panel A)과 이후(Panel B)의 차이를 살펴보면, 이전에는 현물환율이 ATM변동성을 선행하는 반면, 이후에는 그렇지 못하였다. 하지만 ATM변동성은 두기간 모두 현물환율을

선행한다.

<표 4> 그랜저인과관계(granger causality) 분석

<표 4>은 Panel A와 Panel B의 그랜저인과관계 분석 결과임. **는 5%에서, ***은 1%에서 귀무가설을 기각한다는 의미.

		Panel A		Panel B	
Lead	Lag	F-Statistic	Prob.	F-Statistic	Prob.
Spot	ATM	5.299***	0.005	0.175	0.840
Spot	RR_25D	41.856***	0.000	6.511***	0.002
Spot	RR_10D	14.711***	0.000	7.110***	0.001
Spot	BF_25D	2.876	0.057	9.113***	0.000
Spot	BF_10D	0.651	0.522	15.827***	0.000
ATM	Spot	4.260**	0.014	3.528**	0.030
ATM	RR_25D	137.056***	0.000	58.833***	0.000
ATM	RR_10D	58.489***	0.000	56.678***	0.000
ATM	BF_25D	10.134***	0.000	68.449***	0.000
ATM	BF_10D	1.524	0.218	66.381***	0.000
RR_25D	Spot	1.396	0.248	1.913	0.148
RR_25D	ATM	0.008	0.992	26.036***	0.000
RR_25D	RR_10D	7.410***	0.001	0.164	0.849
RR_25D	BF_25D	68.597***	0.000	8.308***	0.000
RR_25D	BF_10D	4.039**	0.018	13.708***	0.000
RR_10D	Spot	1.978	0.139	0.875	0.417
RR_10D	ATM	0.698	0.498	15.455***	0.000
RR_10D	RR_25D	188.317***	0.000	29.977***	0.000
RR_10D	BF_25D	12.039***	0.000	25.452***	0.000
RR_10D	BF_10D	3.833**	0.022	14.473***	0.000
BF_25D	Spot	0.321	0.725	1.144	0.319
BF_25D	ATM	0.008	0.992	26.036***	0.000
BF_25D	RR_25D	52.100***	0.000	14.631***	0.000
BF_25D	RR_10D	4.408**	0.012	15.086***	0.000
BF_25D	BF_10D	0.640	0.527	8.717***	0.000
BF_10D	Spot	0.563	0.569	0.742	0.476
BF_10D	ATM	2.081	0.125	18.623***	0.000
BF_10D	RR_25D	35.301***	0.000	5.136***	0.006
BF_10D	RR_10D	0.483	0.617	1.580	0.207
BF_10D	BF_25D	29.368***	0.000	14.581***	0.000

그리고 왜도지표인 RR(25D)과 RR(10D) 모두 Panel A에서는 ATM변동성을 모두 선행하지 못했지만, Panel B에서는 ATM변동성을 선행하는 것으로 나타났다. 뿐만 아니라 시장의 첨도지표라고 할 수 있는 BF(25D)와 BF(10D)도 Panel A에서는 ATM변동성을 선행하지 못하였지만, Panel B에서는 통계적으로 유의하게 선행하는 것으로 나타난다.

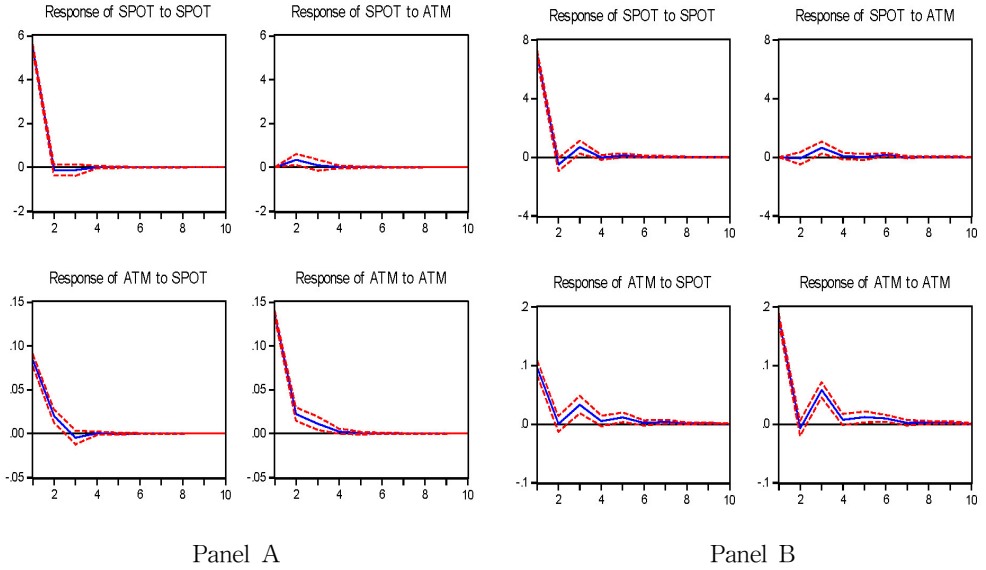
즉, 외환시장 변동성의 비대칭성과 극단적편차 정도인 RR과 BF거래가 모두 Panel A에는 ATM변동성을 선행하지 못하였으나, Panel B에서는 ATM변동성을 선행하여 변동성곡면의 가격발견 기능이 있는 것으로 변경되었다.

분석결과를 요약하면, 코로나 19이전(Panel A)에는 ATM변동성과 현물환율간의 관계가 밀접하게 서로간의 인과관계를 갖는 반면에, 외환시장 변동의 비대칭성(skewness)과 극단적편차(kurtosis)정도가 현물환율이나 ATM변동성에 직접적인 인과관계를 찾기가 어려웠다. 하지만 코로나19 이후(Panel B)부터는 외환시장 변동의 비대칭성(skewness)과 극단적편차(kurtosis)정도인 RR와 BF가 ATM변동성을 선행하고, ATM변동성이 현물환율을 선행하는 것으로 나타났다. 이렇듯, 코로나19 이전과 이후의 원달러환율과 변동성간의 인과관계가 서로 다르게 나타난 것을 확인할 수 있으며, 특히, 코로나19 이후에는 RR과 BF에서 ATM변동성으로 정보가 이전되고, 다시 ATM변동성이 현물환율에 이전되는 형태를 갖는다.

코로나 팬데믹이 발생하면서, 달러공급을 통한 통화정책에 따라 미국연준이 시장에 많은 유동성을 공급하였고, 한국에서도 유사한 양적완화정책을 시행하였다. 이때 많은 유동성이 시장에 공급되면서 금융시장의 자산가격이 상승하게 되었고, 외환시장 거래 역시 활발해지게 되는 유인이 되었다. 이후 미국과 한국 모두 인플레이션 문제가 발생하였고, 각국 모두 금리인상이라는 정책기조를 펼치게 된다. 이러한 시장의 유동성 및 금리인상의 기조는 가격정보 효과의 연계성을 높게 하는 유인이 된 것으로 보인다. 특히, 코로나19 이후에 변동성곡면(ATM, RR, BF)의 움직임이 환율의 움직임을 선행한다는 것은 시장참여자들의 예측과 기대감이 통화옵션시장에 미리 선반영되어 환율시장에 영향을 주고 있음을 시사한다. 즉, 코로나19이전에 비해 통화옵션시장 참여자들이 정책변화에 훨씬 더 민감해졌음을 알 수 있다.

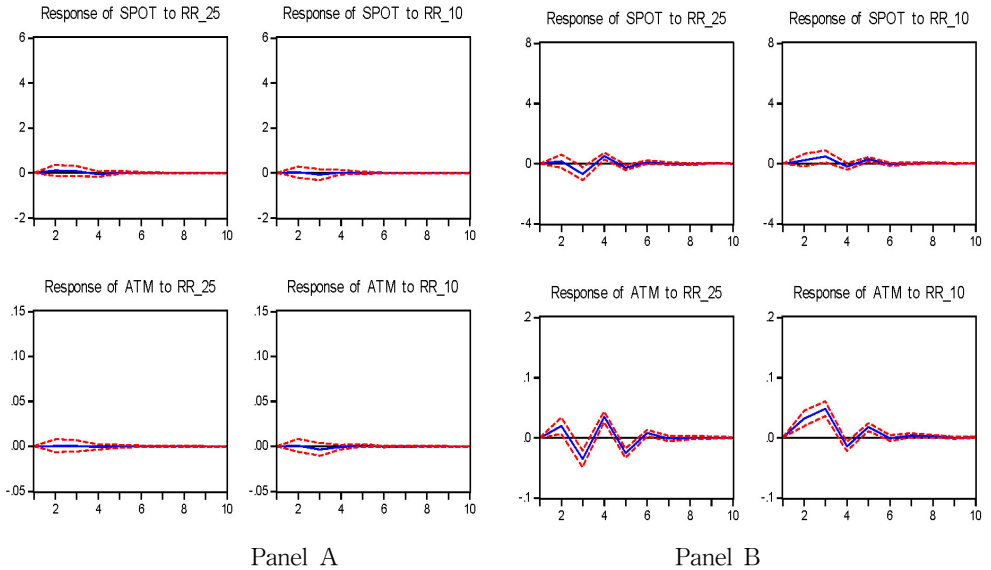
3. 충격반응 분석

본 연구에서는 특정 변수가 다른 변수에 대하여 예측력을 가질 경우 어느 정도 시차를 두고 영향을 미치는지를 알아보기 위해 충격반응분석을 하였으며 코로나19 이전(Panel A)과 코로나19 이후(Panel B)를 구분하여 [그림 4]에서부터 [그림 8]까지 정리하였다. [그림 4]는 현물환율과 ATM변동성간의 충격반응 분석결과이다. 현물환율의 충격은 ATM변동성에 두 기간 모두 큰 영향을 미치지 못한다. 하지만 ATM변동성의 충격은 현물환율에 영향을 주는데, Panel A에서는 2~4일 정도 후에 소멸하지만, Panel B에서는 6~7일 이후 소멸하는 것으로 나타나 코로나19 이후에 그 충격반응의 크기와 소멸기간이 증가하는 것으로 나타났다.



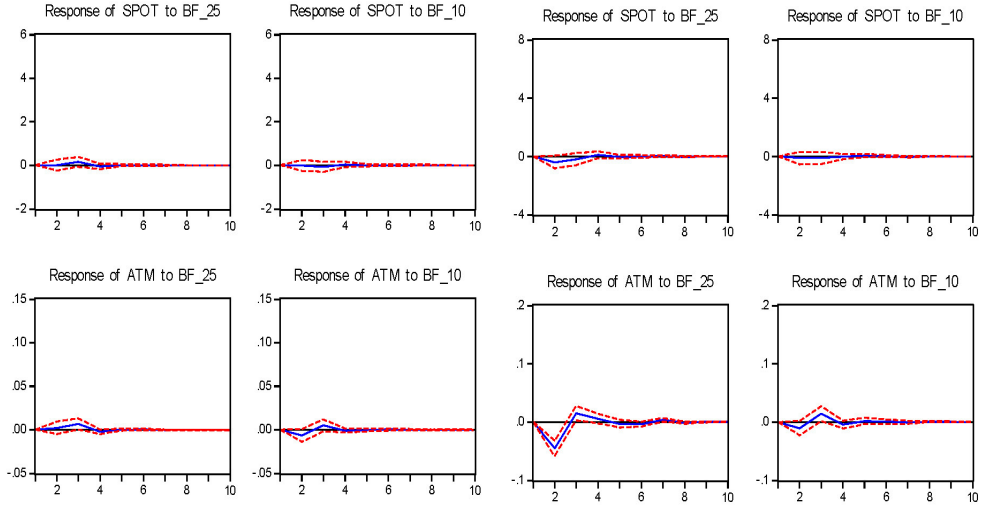
[그림 4]에서 Panel A는 2013년 1월 1일부터 2019년 12월 31일 까지, Panel B는 2020년 1월 1일부터 2023년 8월 30일 까지의 충격반응 분석결과 임.

[그림 4] 충격반응함수(Spot과 ATM)



[그림 5]에서 Panel A는 2013년 1월 1일부터 2019년 12월 31일 까지, Panel B는 2020년 1월 1일부터 2023년 8월 30일 까지의 충격반응 분석결과 임.

[그림 5] 충격반응함수(To Risk Reversal)

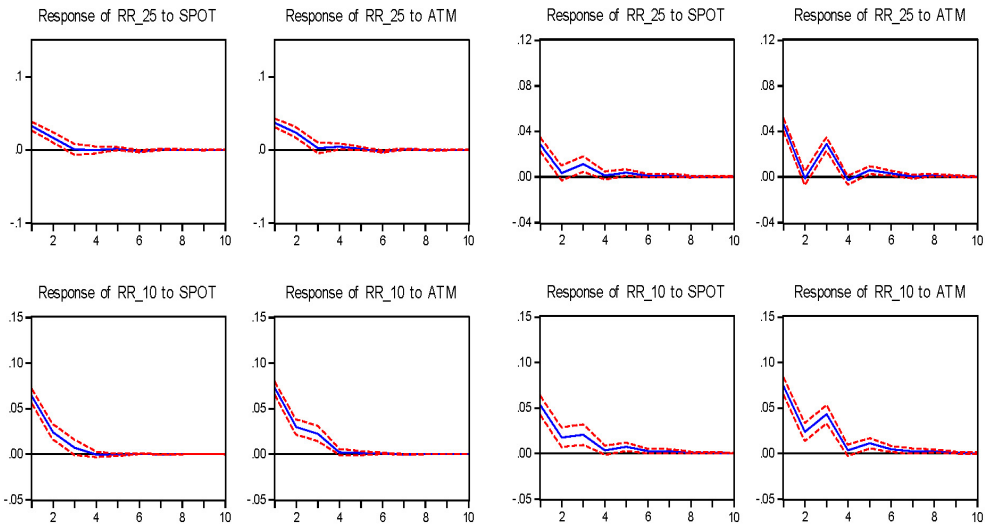


Panel A

Panel B

[그림 6]에서 Panel A는 2013년 1월 1일부터 2019년 12월 31일 까지, Panel B는 2020년 1월 1일부터 2023년 8월 30일 까지의 충격반응 분석결과 임.

[그림 6] 충격반응함수(To Butter Fly)



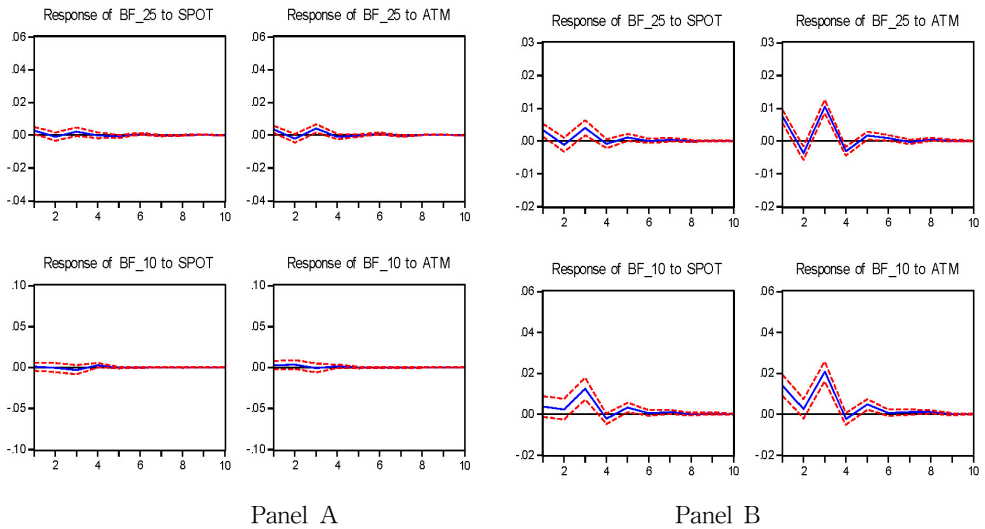
Panel A

Panel B

[그림 7]에서 Panel A는 2013년 1월 1일부터 2019년 12월 31일 까지, Panel B는 2020년 1월 1일부터 2023년 8월 30일 까지의 충격반응 분석결과 임.

[그림 7] 충격반응함수(Reponse of Risk Reversal)

[그림 5]와 [그림 6]은 현물환율과 ATM변동성의 충격이 각각 왜도(skewness)지표인 RR과 첨도(kurtosis)지표인 BF에 미치는 충격반응 분석결과를 정리하였다. 두 변수 모두 Panel A에서는 큰 영향을 미치지 못한다. 하지만 Panel B에서는 ATM변동성의 충격에 대해 RR과 BF에 모두 미치는 영향이 증가하였는데 RR에서는 6~7일까지, BF에서는 4~6일까지 지속되다가 소멸된다는 것을 확인할 수 있다.



[그림 8]에서 Panel A는 2013년 1월 1일부터 2019년 12월 31일 까지, Panel B는 2020년 1월 1일부터 2023년 8월 30일 까지의 충격반응 분석결과 임.

[그림 8] 충격반응함수(Reponse of Butter Fly)

왜도(skewness)지표인 RR의 충격이 현물환율에 미치는 영향은 Panel A에서의 4일정도 지속되다가 소멸되던 것이 Panel B에서는 7~8일로 증가한 것으로 나타났다. 또한 ATM변동성에 미치는 영향은 Panel B에서 큰폭으로 증가하였으며, 6~7기간 동안 등락을 반복하다가 소멸한다. 이는 [그림 7]에 정리되어 있다.

마지막으로 첨도(kurtosis)지표인 BF의 충격에 대한 현물환율과 ATM변동성에 미치는 영향은 [그림 8]에 정리했는데, Panel A에서는 큰 영향이 없다가 Panel B에서는 영향도가 훨씬 커졌고 6~8기간 까지 지속되다가 소멸된다.

결론적으로 코로나19 이전(Panel A)보다 이후(Panel B) 기간이 충격에 대한 반응의 크기와 소멸기간 모두 증가 하였다는 점을 일관적으로 확인할 수 있다. 또한, 영향력도 비대칭성(RR)과 극단적편차(BF)정도에서 ATM변동성으로 영향을 주고, ATM변동성에서 현물환율로 영향을 준다. 이러한 결과는 그랜저인과관계(granger causality)에서의 결과와도 일치한다.

4. 분산분해 분석

본 연구에서는 현물환율과 ATM변동성에 대한 예측오차 분산분해의 결과를 1, 3, 5, 10기간 동안의 영향력으로 구분하여 정리하였다.

<표 5>는 현물환율에 대한 영향력을 의미하는데 Panel A에서 Panel B로 넘어가면서 증가하는 모습을 보여준다. 왜도지표인 RR(25D)는 10기간 기준으로 0.0527(Panel A)에서 10기간에 0.1908(Panel B)로 증가하였고, RR(10D)는 0.0023(Panel A)에서 0.0887(Panel B)로 증가하였다.

<표 5> Variance Decomposition of SPOT

<표 5>은 Panel A와 Panel B의 현물환율(Spot)에 대한 분산분해 분석 결과 임.

Panel A						
Period	SPOT	ATM	RR_25	RR_10	BF_25	BF_10
1	100.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
3	99.5221	0.3816	0.0546	0.0039	0.0297	0.0082
5	99.3607	0.5414	0.0584	0.0030	0.0288	0.0078
10	99.2327	0.6746	0.0627	0.0023	0.0218	0.0059
Panel B						
Period	SPOT	ATM	RR_25	RR_10	BF_25	BF_10
1	100.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
3	99.2546	0.2745	0.0930	0.1848	0.1052	0.0878
5	98.7422	0.5726	0.1199	0.1665	0.0764	0.3224
10	97.6482	0.7175	0.1903	0.0887	0.2627	1.0926

<표 6> Variance Decomposition of ATM

<표 6>은 Panel A와 Panel B의 ATM변동성에 대한 분산분해 분석 결과 임.

Panel A						
Period	SPOT	ATM	RR_25	RR_10	BF_25	BF_10
1	27.7003	72.2997	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
3	27.7254	72.1493	0.0016	0.0063	0.0707	0.0467
5	26.5571	73.3337	0.0011	0.0105	0.0658	0.0319
10	25.7640	74.1614	0.0006	0.0112	0.0456	0.0172
Panel B						
Period	SPOT	ATM	RR_25	RR_10	BF_25	BF_10
1	21.8718	78.1283	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
3	21.3552	73.3095	0.4403	3.5905	1.2175	0.0871
5	21.6771	73.0250	0.7912	3.7269	0.5915	0.1883
10	21.7409	72.6649	0.9958	3.2234	0.4655	0.9095

<표 6>에서는 ATM변동성에 대한 영향력을 정리하였는데, Panel A에서 Panel B로 넘어가면서 RR과 BF지표 모두 상당한 폭으로 영향력이 증가한 것을 확인할 수 있다. 실제로 RR(25D)는 Panel A에서 0.0006에 불과하였던 값이 Panel B가 되면서 10기간까지 0.9958로 상승하는 등, 모든 변동성곡면(ATM, RR, BF)의 정보에 대한 영향력이 코로나19 이후(Panel B)에서 큰 폭으로 증가하게 된 것을 확인할 수 있다. 이러한 결과는 그랜저인과관계 분석 뿐만 아니라 충격반응 분석결과와도 일관성을 갖는다.

V. 결론

현대사회는 전 세계가 하나로 이어졌다고 표현할 수 있을 만큼 정보와 경제활동 등이 원활하고 빠르게 이루어지고 있다. 금융시장에서 가장 기본이 되는 통화에 대한 교환비율이 환율이며, 코로나19 팬데믹 시기를 겪으면서 외환시장의 중요성이 더 커졌다. 이에, 본 연구에서는 원달러(USD/KRW) 현물환율(spot)과 외환시장의 변동성곡면(volatility surface)이 서로 어떠한 인과관계가 있는지를 실증적으로 분석하였다. 2013년 1월에서 2019년 12월까지의 코로나 19 이전의 기간(Panel A)과 2020년 1월에서 2023년 8월까지 코로나19를 포함한 이후의 기간(Panel B)으로 나누어 원달러환율과 변동성곡면(ATM, RR, BF)간의 관계를 비교하여 살펴보았다.

분석결과를 정리하면 다음과 같다. 첫째, 본 연구에서 사용된 데이터는 코로나19 이전(Panel A)과 이후(Panel B) 시계열 모두에서 공적분 관계가 있는 것으로 나타났다. 즉, 원달러(USD/KRW)환율과 변동성곡면(ATM, RR, BF)간의 장기적 시계열의 균형관계를 가지고 있다는 것을 확인했다.

둘째, 그랜저인과관계(granger causality) 검정에서 코로나 19이전(Panel A)에는 외환시장 변동의 비대칭성(skewness, RR)과 극단적편차(kurtosis, BF)정도가 현물환율이나 ATM 변동성에 직접적인 인과관계를 찾기가 어려웠다. 하지만 코로나19 이후(Panel B)부터는 RR과 BF가 ATM변동성을 선행하고, ATM변동성이 현물환율을 선행하는 것으로 나타났다. 이는, 코로나 팬데믹이 발생하면서 미국연준의 달러공급을 통한 통화정책이 금융시장에 풍부한 유동성을 공급하였고, 이후 발생한 인플레이션과 금리인상정책 등이 가격정보 효과의 인과성을 더 높게 만드는 유인이 된 것으로 판단된다.

셋째, 충격반응 분석에서 변동성의 왜도(skewness)지표인 RR의 충격이 ATM변동성에 미치는 영향은 코로나19 이후(Panel B)부터 큰 폭으로 증가하였다. 또한, 첨도(kurtosis) 지표인 BF의 충격에 대한 현물환율과 ATM변동성에 미치는 영향도 코로나19 이전(Panel A)에는 큰 영향이 없다가 이후(Panel B)부터 영향도가 훨씬 커졌다.

넷째, 분산분해 분석에서도 코로나19 이전(Panel A)보다 코로나19 이후(Panel B)에 RR과

BF지표 모두 현물환율과 ATM변동성에 대한 영향력이 상당한 폭으로 증가한 것으로 나타났다. 이러한 결과는 그랜저인과관계 분석 뿐만 아니라 충격반응 분석결과와도 일관성을 갖는다.

시계열데이터 분석결과를 살펴보면, 시장참여자들의 매매행태와 가격향방에 대한 기대감이 통화옵션시장에 미리 선반영이 되어 현물환율에 영향을 미치는 것을 알 수 있다. Batten and Szilagyi(2007), Jeng(1999)의 연구에서 설명하는 것처럼 이자율평형구조에 따라 각국의 통화정책은 조달비용에 영향을 미치고, 이는 곧바로 현물환율(FX spot) 뿐만 아니라 파생상품시장(선도환율과 통화옵션 등)에도 영향을 미치게 된 것으로 보인다. 게다가 통화옵션시장의 현물환율 예측성에 대한 정보효과 뿐만 아니라 서로간의 영향력과 지속력이 코로나19 이후에 더 강해졌다. 이것은 코로나19 이전보다 통화옵션시장 참여자들에게서 통화정책의 방향과 금리결정 등의 거시적 지표가 코로나19 이후에 훨씬 더 민감해 졌다는 것을 의미한다. 다시말해, 옵션거래는 단지 변동성을 헤지하고 매매하는 시장이라는 전통적 사고에서 벗어나, 코로나19 이후부터는 거시적환경과 정책변화에도 훨씬 더 민감하게 반응하여 거래가 이루어지는 시장이 되었다고 볼 수 있다. 정책방향에 대한 참여자들의 예측이 왜도와 첨도효과로 선반영되어 통화옵션시장에서 호가되고, 현물환율에도 영향을 주게 되는 것이다.

분석결과를 요약하면, 시장의 비대칭성과 극단적편차정도를 나타내는 RR과 BF가 ATM 변동성을 선행하고, ATM변동성은 현물환율에 영향을 미친다. 이러한 연계성은 코로나19 이후 더 유의해졌는데, 이때 각국의 정부는 엄청난 경기부양책을 쏟아내기 시작하였고, 이는 완화된 통화정책으로 이어졌다. 위기를 극복하기 위한 정책이었지만, 자산가격 버블(bubble)의 가능성이라는 부작용과 인플레이션 위험도 내포하고 있었다. 최근 인플레이션에 대한 리스크요인이 여전히 사라지지 않으면서 금리인상정책 및 양적긴축 분위기가 고취되었고, 고금리시기가 비교적 오래 지속될 수 있다는 우려도 많다.

따라서, 국가간의 경제활동의 근간이 되는 환율과 외환시장의 환율변동성 거래 정보들을 통하여 이들의 인과관계를 파악하는 것은 파악하는 것은 수출업자 및 수입업자들의 리스크관리 뿐만 아니라, 통화정책을 시행하는 국가기관들에게도 유용한 정보가 될 것이다. 환율변동에 대한 사전 대응에 유용한 지표가 될 수 있도록 향후 양적긴축 이후의 상황을 비롯하여 보다 면밀하고 자세한 연구가 지속되길 희망한다.

참 고 문 헌

- 김영성·최종범 (2013), “한국 국가CDS 스프레드가 FX옵션 및 이자율 스왑선 시장에 미치는 영향,” 금융공학연구, 제12권 제1호, 1-29.
- 김중선 (2017), “미국의 출구전략이 원/달러 환율 및 환율변동성에 미친 영향 분석,” 무역보험연구, 제18권 제1호, 197-221.
- 김홍배 (2009), “무위험금리평형(CIP) 편차의 특성,” 금융공학연구, 제8권 제2호, 55-75.
- 김홍배·강상훈 (2011), “CDS 시장과 외환시장간 가격발견 및 변동성이전,” 선물연구, 제19권 제1호, 37-58.
- 서현덕·강태수 (2019), “미국 통화정책이 국내 금융시장 및 자금유출입에 미치는 영향: TVP-VAR 모형 분석,” 경제연구, 제25권 제2호, 132-176.
- 이근영 (2009), “외환, 주식, 화폐, 채권시장의 연계성 분석,” 한국경제연구, 제25권, 97-133.
- 이근영·장한익 (2023), “원/달러환율 변동이 국내물가에 미치는 영향,” 금융연구, 제37권 제2호, 1-41.
- 이명종 (2020), “CRS시장, IRS시장, KTB시장, 외환스왑시장, 외환시장 간 동적연계성에 대한 연구,” 금융공학연구, 제19권 제2호, 121-151.
- 임상규 (2007), “원달러 FX스왑 및 통화스왑 시장의 효율성: 영국 및 뉴질랜드와의 비교,” 금융공학연구, 제6권 제1호, 69-91.
- 최경옥·박준서 (2020), “우리나라 외환시장 오퍼레이션의 행태 및 환율변동성 완화 효과,” 한국경제연구, 제38권 제2호, 33-68.
- 최남진 (2022), “환율 변동성 요인 분석 및 환율변동성이 실물경제에 미치는 영향,” 동북아경제연구, 제34권 제2호, 71-99.
- 최원석·이은정·김영성 (2014), “원화 스왑이자율과 스왑선변동성에 관한 연구,” 경영연구, 제29권 제3호, 1-26.
- 한재하·김주철·이영훈 (2003), “옵션가격을 이용한 KOSPI200지수의 확률분포의 추정에 관한 연구,” 응용경제, 제5권 제3호, 107-128.
- Ahn, Young Seok, Slamet Seno Adji, and Thomas D. Willett (1998), “The Effect of Inflation and Exchange Rate Policies on Direct Investment to Developing Countries,” *International Economic Journal*, 12(1), 95-104.
- Amatatsu Y. and N. Baba (2008), “Price Discovery from Cross-Currency and FX Swaps: A Structural Analysis,” *BIS Working Papers*, No.264.
- Batten, J. A. and P. G. Szilagyi (2007), “Covered Interest Parity Arbitrage and Temporal Long-term Dependence between the US Dollar and the Yen,” *Physica A*, 376, 409-421.
- Black, F. and M. Scholes (1973), “The Valuation of Options and Corporate Liabilities,”

- Journal of Political Economy*, 81(3), 637-654.
- Castagna, A. (2010), "FX Options and Smile Risk," *Wiley*, 2010.
- Dickey, D. A. and W. A. Fuller (1979), "Distribution of The Estimators for Autoregressive Time Series with A Unit Root," *Journal of the American Statistical Association*, 74, 427-431.
- Dickey, D. A. and W. A. Fuller (1981), "Likelihood Ratio Statistics for Autoregressive Time Series with A Unit Root," *Econometrica*, 49, 157-1072.
- Engle, R. F. and C. Granger (1987), "Co-integration and Error Correction: Representation, Estimation and Testing," *Econometrica*, 55(2), 251-276.
- Filho, R. G. B. and R. Rosenfeld (2004), "Testing Option Pricing with the Edgeworth Expansion," *Physica A*, 344(3/4), 484-490.
- Garmen, M. B. and S. W. Kohlhagen (1983), "Foreign currency option values," *Journal of International Money and Finance*, 2(3), 231-237.
- Granger, C. and P. Newbold (1978), "Spurious Regressions in Econometrics," *Journal of Econometrics*, 2(2), 111-120.
- Jeng, J. (1999), "Interest Parity, Fractional Differencing, and The Strength of Attraction: A Reexamination of The Cost-of-carry Futures Pricing Model," *Global Finance Journal*, 10(1), 25-34.
- Johansen, S. (1988), "Statistical Analysis of Co-integration Vectors," *Journal of Economic Dynamics and Control*, 12, 231-254.
- Johansen, S. (1991), "Estimation and Hypothesis Testing of Cointegration Vectors in Gaussian Vector Autoregressive Models," *Econometrica*, Vol.59, No.6, 1551-1580.
- Li, W. and S. Chen (2016), "Pricing and hedging of arithmetic Asian options via the Edgeworth series expansion approach," *The Journal of Finance and Data Science*, 2(1), 1-25.
- Muck, M. (2022), "Arbitrage-free smile construction on FX option markets using Garman-Kohlhagen deltas and implied volatilities," *Review of Derivatives Research*, 25, 293-314.
- Phillips, P. C. B. and P. Perron (1988), "Testing for a Unit Root in Time Series Regression," *Biometrika*, 75(2), 335-346.
- Reiswich, D. and Wystup, U (2010), "FX Volatility Smile Construction," *CPOF Working Paper Series*, No.20.
- Yoon, J. (2016), "Constructing Volatility Surface for Cross FX Rates," *Asia-Pacific Journal of Financial Studies*, 45(4), 646-665.

Abstract

A Study on the Relationship between Foreign Exchange Rates and Currency Option(FX Option) Volatility Surface

Eun-Jung Lee and Young Sung Kim***

In this study, we empirically analyzed the causal relationship between the USD/KRW spot exchange rate(FX spot) and the volatility surface of the FX Option market. Divided into the pre-COVID-19 period(Panel A: 2013.01~2019.12) and the post-COVID-19 period(Panel B: 2020.01~2023.08), We compared and examined the relationship between the FX spot and the volatility surface. The analysis results are summarized as follows. First, it was found that there was a cointegration relationship in both the before and after COVID-19 time series. Second, the Granger causality test showed that since COVID-19, the degree of asymmetry(RR) and extreme deviation(BF) of foreign exchange market fluctuations precedes ATM volatility, and ATM volatility precedes the FX Spot. Third, in the impulse response analysis, the impact of RR(skewness), and BF(kurtosis), on the FX spot and ATM volatility in response to shocks did not have a significant impact before COVID-19. However, after COVID-19, the impact has become much greater. Fourth, the variance decomposition analysis showed that the influence of both RR and BF indicators on FX spot and ATM volatility increased significantly after COVID-19 compared to before COVID-19.

We conclude that causal relationships can be identified using exchange rate and volatility surface. In particular, it was confirmed that the linkage between the FX options market and the FX spot market has become more significant since COVID-19.

Key words: Foreign Exchange, Volatility, Risk Reversal, Butterfly, Granger Causality, Impulse Response, Variance Decomposition

* First Author, Adjunct Professor, Business Administration, Soongsil University, +82-2-820-0560, E-mail: oooot80@naver.com

** Corresponding Author, Adjunct Professor, MBA in Finance, Sungkyunkwan University, +82-2-3773-9160, E-mail: angelyskim@gmail.com