⊠ 연구논문

시장위험에 대한 금융자산의 종합적 위험관리(VaR모형 중심)

-A study on synthetic risk management on market risk of financial assets (focus on VaR model)-

김 종 권*
Kim, Jong Kwon

Abstract

The recent trend is that risk management has more and more its importance. Neverthless, Korea's risk management is not developed. Even most banks does gap, duration in ALM for risk management, development and operation of VaR stressed at BIS have elementary level.

In the case of Fallon and Pritsker, Marshall, gamma model is superior to delta model and Monte Carlo Simulation is improved at its result, as sample number is increased. And, nonparametric model is superior to parametric model.

In the case of Korea's stock portfolio, VaR of Monte Carlo Simulation and Full Variance Covariance Model is less than that of Diagonal Model. The reason is that VaR of Full Variance Covariance Model is more precise than that of Diagonal Model.

By the way, in the case of interest rate, result of monte carlo simulation is less than that of delta-gamma analysis on 95% confidence level. But, result of 99% is reversed. Therefore, result of which method is not dominated.

It means two fact at forecast on volatility of stock and interest rate portfolio. First, in Delta-gamma method and Monte Carlo Simulation, assumption of distribution affects Value at Risk. Second, Value at Risk depends on test method. And, if option price is included, test results will have difference between the two.

Therefore, If interest rate futures and option market is open, Korea's findings is supposed to like results of other advanced countries. And, every banks try to develop its internal model.

Ⅰ. 序論

Barings, Daiwa 등 많은 금융기관들이 금융시장에서 많은 손실을 보고 있는데 대부분의 경우는 감독기관의 시장위험(market risk)에 대한 감시가 제대로 이루어지지 않아서 발생되었다.

이러한 문제에 대응하기 위하여 세계 유수의 은행과 금융기관들은 이해하기

쉬우며 시장위험을 통제하고 계산이 간편한 危險價値(VAR: Value-at-Risk)에 의존하려 하고 있다.

특히 파생상품이 금융위험관리에 관한 중요한 동기를 제공하고 있다. 즉 파생상품이 큰 손실을 일으킬 수 있다는 견해이다. 그러나 다른 견해는 파생상품이 본질적으로 안전하며 위험이 배분

---

*대우경제연구소 선임연구원

(allocation)된다고 한다.
이러한 논쟁과는 달리 감독기관들은 단지 파생상품으로 위험을 헷지할 수 없고 따라서 금융기관들이 총포트폴리오를 감독할 수 있는 능력을 가져야 한다는 것이다. 즉 VAR과 같은 보다 정교한 위험관리수단을 개발하여야 한다는 것이다. 다시 말하면 현재 위험관리는 파생상품에서 시작되어 VAR에 까지 이르고 있다는 것이다.
그러면 VAR이란 무엇인가? VAR은 다양한 위험계량방법에 표준적인 통계기법을 가미하여 위험을 평가하는 방법이다. 보다 정확하게 말하면 VAR은 주어진 신뢰수준에서 정규분포의 가정하에 주어진 시간구간(time interval)에 걸쳐 발생할 수 있는 최악의 손실을 측정하는 것을 말한다.
한편 고급의 통계적기법이 사용되어지는 VAR은 시장위험을 측정방법중 가장 우수한 장점을 갖고 있다. 예를들어, "어떤 은행이 포트폴리오 거래에서 발생하는 일일VAR이 99% 신뢰수준을 갖는데 3천 5백만달러이다"라는 식으로 표현된다는 것이다. 다시 말하면 정규분포하에서 3천 5백만달러 이상의 손실이 발생할 수 확률이 1/100이라는 것이다.
따라서 주주나 은행 모두 그들이 갖는 포트폴리오의 위험수준을 스스로 평가할 수 있다는 것이다. 만일 포트폴리오 투자가 위험하다면 그 위험을 헷지하기 위한 행동을 하여야 할 것이다. 이렇게 편리한 방법을 갖고 있기 때문에 현재 감독기관이나 각 은행들이 VAR에 관련한 시스템을 갖추기 위하여 서둘러 많은 투자를 하고 있다.
1995년에 국제스왑·파생상품협회(ISDA)는 "금융시장에서 현상황을 파악하는데 가장 중요한 것은 시장위험을 정확하게 계측(measure)하는 것이다. 또한 이것에 가장 유용한 것이 VAR이다"라고 강조하고 있다.
따라서 본 논고는 2장에서 위험가치의 이론적 배경을 살펴보고 3장에서는 실증분석에 이용되는 방법에 대하여 검토한 후, 4장에서 실증분석을 하여 5장에서 결론을 내리기로 한다.

Ⅱ. 危險價値의 理論的 背景

1. 附加的인 資本 準備金(Additive Capital Requirements)

캐드(CAD, Capital Adequacy Directive)와 바젤(Basle)의 자본준비금 기준은 미국과 영국의 증권감독기구에서 제시하는 기준에 많은 영향을 받고 있는데, 이는 다양한 자산 중에서 일정비율의 자본준비금을 유지하여야 한다는 것이다.
그런데 캐드와 바젤의 표준화된 기준의 중요한 결점은 광범위한 자산항목중에서 필요한 자본준비금에 부가적인(additive) 특징을 갖고 있다는 것이다. 그 자본준비금은 먼저 주식과 외환(FX, foreign exchange) 및 이자율위험에 대하여 각각의 시장에서 별개로 계산된다. 그리고 계산된 값인 각각의 자본준비금은 합산된다. 예를들면, 영국 주식시장에서 롱포지션(long position)에 대한 자본준비금은 같은 영국시장에서에서의 헷지로 고려해야 된다는 것이다. 즉 미국 주식시장에서 숏포지션(short position)을 취하여 헷지하여 위험을 상쇄시키는 것은 고려하지 않고 있다. 또한 양쪽시장에서의 롱포지션 보유에 의한 투자 대상자산의 분산(diversification)에서의 이득도 고려하지 않는다.
따라서 세계시장에서 포트폴리오 자산을 운용하는 은행들은 바젤위원회(Basle Committee)가 제시하는 이 기준을 각각의 시장을 통한 분산의 이득도 고려하는 개념으로 바꾸어 줄 것을 유구하고 있다.
한편 은행들은 자본준비금에 대한 바젤의 표준화된 방식(Basle standardized approach)에 대하여 위험가치(VaR, Value at Risk)와 총포트폴리오에 대한 손실위험을 측정하는 방법들을 내부

개발하고 있다.

2. 바젤에 代案的인 方式(Basle Alternative Approach)

캐드(CAD)와 바젤의 표준화된 방식은 내부모형이 은행들의 자본준비금의 측면에서 요구되며 바젤에 대안적인 방식(Basle Alternative Approach)으로 내부모형이 필요하다는 것이다. 이와 같은 내부모형은 외환거래에서의 위험평가와 스왑거래를 통한 위험을 동일한 채권자산 노출위험으로 전환시키는 것 이외에 옵션거래까지 포함한다. 그리고 이러한 모형을 이용하여 99%까지 손실을 보상할 수 있는 자본준비금을 산출할 수 있어야 한다. 예를 들어 12개월의 데이터를 사용할 때 10일간 발생할 수 있는 손실의 분포를 계산할 수 있어야 한다.

한편 은행들 사이에는 일관성(consistency)이 있어야 하는데 감독기구에서 제시하는 모형과 내부모형 사이에 불일치성을 일으킬 수 있는 문제점을 가지고 있다. 즉 은행의 위험가치(VaR)모형은 95%의 신뢰구간과 24시간 보유기간을 원칙으로 하나 바젤은 모형의 유형에 대하여 규정하고 있지 않다.

3. 規定의 保護條項(Regulatory Safeguards)

바젤 감독기구는 실제 거래결과와 모형에서 산출된 위험 추정치를 비교하고 사후검증(backtesting)을 실시하게 될 것이다. 이것은 몇가지 문제점을 갖고 있다.

첫째, 거래결과는 종종 위험가치(VaR)를 계산하는 기간동안에 포트폴리오의 변화에 영향을 받는다는 것이다. 이러한 요인 때문에 바젤은 거래가 1일동안에 걸쳐 일정하게 이루어졌다면 1일동안 발생하는 손실로 측정하여야 한다고 권고한다.

둘째, 쿠피엑(Kupiec(1995))에 의하여 제시된 것으로 사후검증(backtesting)을 통하여 볼 때 확률분포에 대한 모형의 末端(tail) 추정치의 정확성을 높이기 위하여는 관측치 수를 증가시켜야 한다.

한편 바젤은 사후검증(backtesting)을 통한 모형의 정확성 제고가 필수적이라고 보며 만약 사후검증 기준을 충족시키지 못하였을 경우 부가적인 자본금 요구를 할 예정이다. 그리고 사후검증 뿐만 아니라 가장 중요한 보호조치(safeguards)로 승수(multiplier)를 포함하고 있다. 즉 바젤은 현재의 위험가치(VaR)모형에 추정치, 60일동안 평균 위험가치(VaR)모형 추정치의 3배승수보다 더 높은 수준의 자본준비금 요구를 제시하고 있다. 여기서 승수의 포함은 거래에 따른 다양한 위험을 왜곡시키지 않도록 한다. 한편 승수가 너무 크다면 은행들이 내부모형을 개발하려는 동기를 감소시킬 것이며 따라서 내부모형보다는 바젤의 표준화 방식에 의한 값을 그대로 사용하려고 할 것이다.

4. 危險價値 分析(Value at Risk Analysis)

내부 위험관리 목적을 위하여 개발된 위험가치(VaR)모형은 특정 기간(24시간)의 임계치(1% 또는 5%)를 초과하는 포트폴리오 손실로 측정된다. 이와 같은 위험가치(VaR)분석은 두 가지의 특징을 갖고 있다.

첫째, 파라메트릭 위험가치(Parametric VaR)분석에서 자산 수익률의 분포는 역사적 데이터로부터 추정된다. 여기서 가장 일반적인 가정은 수익률이 정태적(stationary)이고 결합 정규분포(joint normal)를 가지며 시간에 독립(independent)적이라는 것이다. 또한 수익률의 평균과 공분산의 추정치를 이용하여 주어진 확률분포에서 임계치를 초과하는 일별 손실을 계산할 수 있다.

둘째, 위험가치(VaR) 분석에서 시뮬레이션 방식은 오랜기간의 역사적 데이터로부터 표본에서

주어진 임계치를 초과한 손실 발생일수의 비율로 계산된다. 한편 비모수(non-parametric) 추정으로서 이 시뮬레이션 방식은 분포에 대한 가정을 하지 않는다.
바젤 수정안(Basle Accord Amendment)은 어느 방식을 사용하라는 의무조항을 갖지 않지만 모형이 손실발생의 확률예측에 실패할 경우 부가적인 자본금 요구를 할 것이다. 따라서 은행은 중요한 거래를 할 때 발생하는 주식과 이자율 및 환율에 대한 위험노출(exposure) 데이터를 사용하여 파라메트릭과 시뮬레이션 방식에 의한 결과치를 비교할 수 있다. 또한 내부모형은 적어도 1년동안의 수익률 데이터를 사용할 것을 의무화하고 있다.
위험가치(VaR) 모형의 다양한 방식에 의한 결과들은 예측된 값과 실제값 사이의 정확성에서 많은 차이점을 보이고 있는데 시뮬레이션에 의한 추정값이 파라메트릭에 의한 값보다 정확성이 높아지고 있다.
마지막으로 내부모형에 의하여 자본준비금을 계산한다. 자본준비금은 이전 기간동안의 위험가치(VaR)와 60일 평균 위험가치(VaR)의 3배를 초과하여야 한다.

5. 危險價値(Value at Risk)模型의 長點

위험가치(Value at Risk)모형에 의한 관리의 장점은 크게 두 가지로 요약된다. 첫째, 일일정산(mark-to-mark)이라는 특징을 갖는다. 여기서 일일정산은 매일의 거래에 따라 발생하는 손실과 이득에 대한 결산을 의미한다. 따라서 하루의 가격변동이 손실을 초래할 때 추가적인 담보나 채권 등을 필요로 하게 된다. 둘째, 시장 가격변수의 장기 예측보다는 단기 예측에 더 의존한다. 이것은 장기 예측보다는 단기 예측이 보다 정확하기 때문에 위험 추정치를 개선시킨다.

Ⅲ. 實證分析에 利用되는 方法

실증분석에 사용되는 방법은 델타분석법(분산공분산법), 시간가중평균법, 가치모형법(Garch Modeling)과 완전가치평가법중 역사적 시뮬레이션법, 몬테카를로 시뮬레이션법 등이 있다.

1. 델타-감마방법(Delta-Gamma Method)

수익률벡터의 평균과 분산이 각각 0, 非特異(non-singular) M×M 공분산행렬 인 정규분포를 갖는다고 가정하자. 다시말하면 $\Delta S \sim N(0, \Sigma\Delta t)$이다. 또한 δ는 개별시장이자율 $(\partial P/\partial S)$과 그 개별 시장이자율의 非特異行列(non-singular) γ, 대칭 감마 행렬 $(\partial^2 P/\partial S_i S_j)$의 관점에서 포트폴리오 M×1 델다 벡터로서 가정하자. 여기서, S는 시장이자율이고 P는 개별거래의 가격함수이다. P는 방정식 $P^{-1}\Sigma P^{-1}=I$을 만족하면서 $\Sigma=PP'$로서 정의된 Σ의 非特異 촐레스키 분해(Cholesky decomposition)로서 가정하자. 그리고 T는 방정식 $T'(P'\gamma P)T=\gamma^*$를 만족시키는 직교행렬(orthogonal matrix)이다. 여기서 γ^*는 행렬 $P'\gamma P$의 eigenvalue의 대각행렬이고 T는 $P'\gamma P$의 eigenvector행렬이다.
$\phi=\mathrm{Min}[\phi^-, \phi^+, 0]$이고 여기서 $\phi^-=(\delta' PTe-\alpha e'\gamma)$이며 $\phi^+=(\delta' PTe+\alpha e'\gamma)$의 M×1벡터라고 가정하자. 여기서 e는 1의 M×1벡터이고 α는 표준화된 단변량 정규분포에 이상적인 신뢰구간을 주는데 필요한 표준편차의 수이다. 한편 극소값 [ ]은 그 벡터에 대한 요소로서 정의된다.
마지막으로 $\sigma_{\delta\gamma}=\sqrt{\phi'\phi}$로 정의되고 그 포트폴리오의 위험가치는 $\mathrm{VaR}_{\delta\gamma}=\alpha\sigma_{\delta\gamma}\sqrt{\Delta t}$로 된다.

2. 몬테카를로 시뮬레이션(Monte Carlo Simulation)

몬테카를로 시뮬레이션방법은 3단계의 절차에 의하여 위험가치를 계산한다. 이 방법은 수익률 벡터의 역사적 시뮬레이션보다 상품보유의 기간동안의 수익률에 대한 특별한 모형에 기반을 둔다는 것을 제외하고는 실증 시뮬레이션방법과 같다.

2.1 가정과 의미

시뮬레이션모형의 복잡성 때문에 위험가치는 다양한 파생상품 포트폴리오의 위험관리와 자산가치(pricing)에 중점을 두고 있다.

대부분의 몬테카를로 시뮬레이션은 시장이자율이 $dp(t)=\mu(t)P(t)dt+\sigma(t)P(t)dZ$와 같은 geometric Brownian motion(GBM)과정을 따른다는 가정을 포함하고 있다. 이와 같은 GBM과정을 가정하는 몬테카를로 시뮬레이션방법은 다음과 같은 3가지 절차를 거치게 된다.

첫 번째, 시장이자율의 관측치의 자연로그의 1차미분을 취하여 새로운 데이터 列을 만들고 Garch모형을 사용하여 이 새로운 데이터 列의 상관계수 행렬(correlation matrix, Σ)과 표준편차(분산의 제곱근)를 측정한다.

두 번째, N×1의 시장이자율 벡터에 수익률 벡터를 모의실험(simulate)한다. 이와같은 수익률 벡터는 다음 식(1)과 같은 시장이자율 모형으로 추가적인 변화를 계산하는데 사용될 수 있다. 여기서 μ(t)는 랜덤워크(random walk)과정을 따르는 0으로 표현된다.

$$\begin{aligned}\Delta P(t)&=P(t+\Delta t)-P(t)\\&=P(t)\mu\Delta t+P(t)\sigma(t)\sqrt{\Delta t}\omega\end{aligned}\tag{1}$$

세 번째, 실제 거래 혹은 근사적인 이득함수를 사용하는 시뮬레이션 수행을 위한 포트폴리오를 再價値評價하여야 한다.

2.2 적용

몬테카를로 시뮬레이션은 그 모형화가 정확하게 이루어졌는지에 관계없이 많은 다양한 상품의 구조에 사용할 수 있는 가장 훌륭한 방법중의 하나이다. 더욱이 여기서 사용되는 방법과 시스템은 파생상품거래에서 각 은행들이 상품의 위험가치변동에 관하여 보다 정확한 값을 계산할 수 있도록 하고 있다.

3. Full Variance Covariance Model

포트폴리오는 위험요인(risk factor)의 포지션으로 특징된다. 포트폴리오 수익률(portfolio return)은 기초자산(underlying asset) 수익률의 선형조합이다. 여기서 가중치는 그 기간 초기에 투자된 상대적 금액으로 주어진다. 그러므로 포트폴리오의 VaR은 증권위험의 조합으로부터 재구성될 수 있다. t시점으로부터 t+1시점까지의 포트폴리오 수익률은 다음 식 (2)로 정의된다.

$$R_{p,t+1}=\sum_{i=1}^{N}w_{i,t}R_{i,t+1},\tag{2}$$

여기서 가중치 $w_{i,t}$의 합은 1이고 기간의 초기 값이다. 이는 단일 벡터(single vector)로 대체할 수 있다.

$$R_p = [\,w_1 w_2 \cdots w_N\,]\begin{bmatrix} R_1 \\ R_2 \\ \vdots \\ R_N \end{bmatrix} = w'R \tag{3}$$

여기서 w′은 가중치의 전치행렬이고 R은 개개의 자산수익률들을 포함하는 수직벡터(vertical vector)이다. 한편, 포트폴리오 기대수익률은 다음과 같이 다시 쓸 수 있다.

$$E(R_p) = \mu_p = \sum_{i=1}^{N} w_i \mu_i \tag{4}$$

그리고 분산은 다음 식 (5)과 표현된다.

$$V(R_p) = \sigma_p^2 = \sum_{i=1}^{N} w_i^2 \sigma_i^2 + \sum_{i=1}^{N} \sum_{j=1, j\neq 1}^{N} w_i w_j \sigma_{ij} \tag{5}$$

$$= \sum_{i=1}^{N} w_i^2 \sigma_i^2 + 2\sum_{i=1}^{N} \sum_{j<1}^{N} w_i w_j \sigma_{ij}$$

이를 좀 더 일반화하여 표현하면 다음 식(6)과 같다.

$$\sigma_p^2 = [\,w_1 w_2 \cdots w_N\,]\begin{bmatrix} \sigma_1^2 & \sigma_{12} & \sigma_{13} \cdots \sigma_{1N} \\ & \vdots & \\ \sigma_{N1} & \sigma_{N2} & \sigma_{N3} \cdots \sigma_N^2 \end{bmatrix}\begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_N \end{bmatrix} \tag{6}$$

공분산 행렬을 Σ로서 정의할 때 포트폴리오 분산은 $\sigma_p^2 = w'\Sigma w$와 같다. 정규분포를 가질 때 VaR은 초기투자에 $\alpha\sigma_p$배가 된다.

한편 포트폴리오 간의 상관관계가 낮고 자산의 수가 클 때 포트폴리오 위험이 낮아짐을 알 수 있다. 일반적으로 포트폴리오 위험은 다음 식(7)으로 표현된다.

$$\sigma_p = \sqrt{\sigma \frac{1}{N} + \left(1 - \frac{1}{N}\right)\rho} \tag{7}$$

이 식(7)은 N이 증가할 때 $\sigma\sqrt{\rho}$가 된다.

공분산은 다음 식(8)과 같고 두 변수가 선형적으로 함께 움직이는 범위를 나타낸다. 즉 두 변수가 독립이라면 그들의 공분산은 0이다. 정(+)의 공분산은 두 변 수가 같은 방향으로 움직이는 경향을 가짐을 의미하고 음(-)의 공분산은 두 변수가 반대방향으로 움직이는 경향을 가진다는 것을 나타낸다.

$$\widehat{\sigma_{ij}} = \frac{1}{(T-1)} \sum_{i=1}^{T} (x_{t,i} - \widehat{\mu_i})(x_{t,j} - \widehat{\mu_j}) \tag{8}$$

그러나 공분산의 규모(magnitude)는 개개의 요소의 분산에 의존하며 설명하기 가 어렵다. 그래서 상관계수(correlation coefficient)가 자주 사용되는 데, 선형 종속으로 측정된다. 즉 $\rho_{12} = \sigma_{12}/(\sigma_1\sigma_2)$이다. 여기서 상관계수 ρ는 -1과 +1사이에 놓인다. 그리고 1일 때 두 변수는 완전 상관관계를 갖고 0일 때 상관관계가 없음을 나타낸다.

이제 두 자산이 같은 변동성을 갖고 상관관계가 0이라고 가정할 때 포트폴리오는 다음 식(9)와 같이 각각의 자산위험보다 줄어들게 된다.

$$\sigma_p^2 = V(R_1 + R_2) = w_1^2\sigma_1^2 + w_2^2\sigma^2 = (w_1^2 + w_2^2)V(R) \tag{9}$$

상관관계가 1일 경우에는 다음 방정식 (10)과 같다.

$$V[w_1R_1 + w_2R_2] = w_1^2V[R] + w_2^2V[R] + 2w_1w_2V[R] \tag{10}$$

$$= (w_1 + w_2)^2 V[R]$$

$$= V[R]$$

이는 포트폴리오 가중치가 1이라 가정되었기 때문이다. 그리고 일반적으로 분산화되지 못한 (Undiversified) VaR은 각각의 VaR추정치의 합이된다.
한편 위에서 지적한 공분산 행렬을 간단히 할 때 여러 가지 방법이 있지만 여기서는 Diagonal Model을 알아보기로 한다.

3.1 Diagonal Model

자산의 수가 증가함에 따라 몇 개의 상관관계는 오차(error)로서 측정될 수 있다. 그래서 공분산 행렬에 대한 단순한 구조를 가지는 Diagonal Model이 나타나게 되었고 주식포트폴리오에 사용되고 있다.
가정은 모든 자산에서의 공통 움직임(common movement)이 한 가지의 공통요인인 시장에 기인한다는 것이다.

$$R_i = \alpha_i + \beta_i R_m + \varepsilon_i, \quad E[\varepsilon_i] = 0,$$

$$E[\varepsilon_i R_m] = 0, \quad E[\varepsilon_i \varepsilon_j] = 0, \quad E[\varepsilon_i^2] = \sigma_{\varepsilon,i}^2 \tag{11}$$

자산 i의 수익률은 시장수익률 R_m과 특이항(idiosyncratic term) ε_i에서 유도된다. 또한 시장과 자산간에 상관관계가 없다는 것을 가정한다. 그 결과로서 분산은 다음 식 (12)와 같이 표현된다.

$$\sigma_{i,j} = \beta_i \beta_j \sigma_m^2, \tag{12}$$

한편 전체공분산행렬(full covariance matrix)은 식 (13)의 형태를 가진다.

$$\Sigma = \begin{bmatrix} \beta_1 \\ \vdots \\ \beta_N \end{bmatrix} [\beta_1 \cdots \beta_N] \sigma_m^2 \begin{bmatrix} \sigma_{\varepsilon,1}^2 & \cdots & 0 \\ \vdots & & \vdots \\ 0 & \cdots & \sigma_{\varepsilon,N}^2 \end{bmatrix} \tag{13}$$

공분산행렬은 $\Sigma = \beta\beta' \sigma_m^2 + D_\varepsilon$이고 행렬 D_ε이 대각선(diagonal)이라 할 때 파라메타의 수는 N×(N+1)/2로부터 2N+1으로 축약된다.
분산화된 포트폴리오(Diversified portfolio)의 분산은 공통요인(common factor)에 위험이 반영되며 포트폴리오의 분산은 식 (14)에 나타나 있다.

$$VaR(R_p) = VaR(w'R) = w'\Sigma w = (w'\beta\beta' w)\sigma_m^2 + w' D_\varepsilon w \tag{14}$$

두 번째 항은 $\Sigma_{i=1}^N w_i^2 \sigma_{\varepsilon,i}^2$으로 구성된다. 그러나 이 항은 포트폴리오에서 주식의 수가 증가함에 따라 작아진다. 예를들어 만약 모든 잔차항 분산이 동일(identical)하고 같은 가중치를 가진다면 이 두 번째 항은 $[\Sigma_{i=1}^N (1/N)^2]\sigma_\varepsilon^2$이고 N이 증가할 때 0에 수렴한다. 그러므로 포트폴리오의 분산은 $VaR(R_p) \to (w'\beta\beta' w)\sigma_m^2$이 된다. 이 접근법은 많은 주식으로 구성되는 포트폴리오의 VaR을 평가할 때 특히 유용하다. 이것은 다양화된 포트폴리오의 시장위험을 반영하는 바젤위원회에서 채택되고 있다. 이 diagonal model은 상당히 단순하게 표현될 수 있음을 나타낸다.

Ⅳ. 實證分析

1. 外國文獻

1.1 팔론(Fallon, 1996)

팔론은 다우화학(Dow Chemical), 엑슨(Exxon), 유니온 카바이드(Union Carbide), 코카콜라(Coca-Cola), S&P 500지수의 5개에 의한 가격변수(상태변수, State Variable)로 1969년부터 1994년까지의 25년동안 1,356개 관찰치의 평균 주식수익률을 사용하여 분석하고 있다.

<표 1> 표본외 예측(Out-of-Sample) VaR결과의 비교

구 분	상태변수 모형	기대 α 수준(Expected α Level)					
		10%		5%		1%	
		C	A	C	A	C	A
P-1 - delta	X-1 - HOM	27	3.8%	12	1.7%	0	0.0%
P-1 - delta	X-2 - WTN	29	4.1	10	1.4	1	0.1
P-1 - delta	X-3 - GARCH	32	4.5	13	1.8	3	0.4
P-2 - gamma	X-1 - HOM	51	7.2	27	3.8	4	0.6
P-2 - gamma	X-2 - WTN	53	7.5	29	4.1	7	1.0
P-2 - gamma	X-3 - GARCH	60	8.5	33	4.7	10	1.4

주 : 1) P-1 - 델타(delta)는 포트폴리오가격함수(Portfolio pricing function)을 1차미분한 것이고 P-2 - 감마(gamma)는 포트폴리오가격함수(Portfolio pricing function)의 2차미분까지 고려한 것임
2) 분산에서 X-1 - HOM은 정규분포(normal) 또는 동분산(homoskedastic)성을 가정하고 X-2 - WTN은 가중된 정규분포방법(weighted-normal method)을 사용하고 X-3 - GARCH는 이분산성(heteroskedastic)을 고려한 것임

표본외 예측(Out-of-Sample)은 α수준(10%, 5%, 1%)하에서 1981년부터 1994년까지 706주의 VaR(C)를 초과하여 실제 포트폴리오 손실이 발생한 주(week)가 몇일인가로 분석하고 A=C/706이다.

<표 1>의 결과를 보면 gamma-GARCH모형의 결과가 나머지 두 모형보다 기대 α수준(10%, 5%, 1%)에서 대체로 우수한 결과를 보여주고 있다. 그리고 HOM모형은 모두 낮은 성과를 보여주고 있다. 즉 WTN과 GARCH모형이 보다 우수한 성과를 보여주고 있으며 이는 효율적인 회귀분석 결과임을 나타내어 준다. 또한 감마(gamma)모형이 델타(delta)모형보다 상당히 좋은 성과를 나타내고 있다.

1.2 프리트스커(Pritsker, 1996)

프리트스커는 현금통화(Currency)로서 벨기에 프랑(Belgian franc), 캐나다 달러(Canadian dollar), 스위스 프랑(Swiss franc), 독일 마르크(German deutschemark), 스페인 페세타(Spanish peseta), 프랑스 프랑(French franc), 영국 파운드(British pound), 이태리 리라(Italian lira), 일본 엔(Japanese yen), 네덜란드 길더(Netherlands guilder)를 사용하였고 그 결과는 <표 2>에 정리되어 있다.

신뢰수준은 5%, 1%로 하였고 우측에 몬테카를로 시뮬레이션의 가장 큰 포트폴리오 손실(Portfolio loss)과 가장 큰 손실중 10번째에 해당하는 값을 기록하고 있다.

<표 2> 몬테카를로 VaR에 대한 비모수적(Non-Parametric) 95% 신뢰구간 추정

(표본추출 갯수) Number of Draws	VaR(Value at Risk) 신뢰수준			
	1%		5%	
	下限	上限	下限	上限
100	- -	- -	1 (1%)	10 (10.0%)
300	1 (0.33%)	11 (3.67%)	8 (2.7%)	23 (7.7%)
500	1 (0.2%)	10 (2.0%)	15 (3.0%)	35 (7.0%)
1,000	4 (0.4%)	17 (1.7%)	37 (3.7%)	64 (6.4%)
10,000	81 (0.81%)	120 (1.2%)	457 (4.57%)	544 (5.44%)
50,000	456 (0.912%)	545 (1.09%)	2404 (4.81%)	2597 (5.19%)
100,000	938 (0.938%)	1063 (1.063%)	4865 (4.865%)	5136 (5.136%)
250,000	2402 (0.9680%)	2599 (1.0396%)	12286 (4.9144%)	12715 (5.086%)
500,000	4862 (0.9742%)	5139 (1.0278%)	24698 (4.9396%)	25303 (5.0606%)
1,000,000	9805 (0.9805%)	10196 (1.0196%)	49573 (4.9573%)	50428 (5.0428%)

임의 표본추출한 결과에서와 같이 표본추출한 갯수(Number of Draws)가 증가할수록 5%, 1%에서 대체로 성과(performance)가 좋아지고 있다.

1.3 마샬(Marshall, 1996)

마샬의 이자율 캡과 플로(Interest rate caps and floors)로 리스크메트릭스에 기초한 VaR(RiskMetrics-based VaR)과 시뮬레이션에 기초한VaR(Simulation-based VaR)을 계산한 결과가 <표 3>에 나타나 있다.

여기서 B부터 H는 매각인(vendor)을 나타내고 F는 전체가치평가법(Full Valuation), H.2는 역사적 시뮬레이션법(Historical Simulation), H.3는 몬테카를로 시뮬레이션법(Monte Carlo simulation)을 포함하는 비모수적 모형(non-parametric model)을 사용하고 있다. J.2는 95번째 백분위수(95th percentile)에 기초한Structured Monte Carlo simulation, J.3는 표준편차(standard deviation)의 승수(multiple(1.65))에 기초한 Structured Monte Carlo simulation을 활용하고 있다.

모수적 추정치(parametric estimate)에서 B, G, J.1의 결과를 보면 비슷함을 알 수 있다. 그러나 옵션과 이자율 만기구조(term structure) 등이 포함된 복잡한 이자율포트폴리오여서 몬테카를로 시뮬레이션을 포함한 비모수적 모형(non-parametric model)이 B, G, J.1에 의해 사용된 모수적 모형(parametric model)보다 우수한 성과(performance)를 나타내고 있다.

<표 3> 리스크메트릭스에 기초한 VaR과 시뮬레이션에 기초한 VaR결과

리스크메트릭스에 기초한 VaR		이자율 손실액(Interest rate Risk)
B		286,411
G		288,393
J.1		292,223
Mean(Median)		289,009(288,393)
Std Dev.(Std Dev/Median)		2,954(1%)
시뮬레이션에 기초한 VaR		
F	Full Valuation	4,429
H.2	Hist. Simuln.	438,426
H.3	MC 1mth	255,996
H.3	MC 3mth	354,898
H.3	MC 6mth	332,272
H.3	MC 1 yr	253,044
H.3	MC 2 yr	219,222
H.3	MC 5 yr	163,818
J.2	RM Stct MC%	615,177
J.3	RM Stct MCSD	618,431
	Mean(Median)	322,191(288,393)
	Std Dev.(Std Dev/Median)	183,097(63%)

주 : 리스크메트릭스에 기초한 VaR은 모수적 모형(Parametric model)에 의한 추정값임

2.實證分析

2.1 주식포트폴리오의 경우

<표 4> 추정방법에 따른 VaR의 결과

(단위 : %)

추정방법	VaR(Value at Risk) 신뢰수준	
	95%	99%
몬테카를로 시뮬레이션	-3.5812	-5.1101
Full Variance Covariance Model	-3.5654	-5.2131
Diagonal Model	-3.8227	-5.5990

주 : 1)주식가격(Price of Stock)은 97년 11월 29일 현재 제일제당이 24,000원이고 삼양사는 7,700원, 삼성전자가 49,000원임

2)VaR값의 -는 주식가격에 대한 1일 최대 손실액 비중을 의미함

3)몬테카를로 시뮬레이션의 난수생성은 5,000개임

분석자료는 제일제당과 삼양사 및 삼성전자의 일별에 의한 주식수익률로 기간은 96년 10월 17일부터 97년 11월 29일까지이다[1]. <표 4>의 결과를 볼 때 몬테카를로 시뮬레이션과 Full Variance Covariance Model의 VaR값은 비슷한 수준으로 Diagonal Model의 VaR값 보다 작음을 알 수 있다. 한편 모든 VaR값이 증권회사의 재무건전성 준칙(안)의 주식가격에 대한 1일 최대 손실액 비중 8%보다 작게 추정되고 있다.

1) 여기서 제일제당은 음식료업이고 삼양사는 섬유업, 삼성전자는 전자업종이며 주식 포트 폴리오의 구성을 위하여 이종(異種)업종을 선택함

2.2 이자율포트폴리오의 경우

<표 5> 추정방법에 따른 VaR의 결과

(단위 : 원)

추정방법	델타-감마 분석법		몬테카를로 시뮬레이션	
신뢰구간	95%	99%	95%	99%
VaR	-127.4912	-180.0042	-139.4321	-151.9001

주 : 1)채권가격(Price of Bond)은 97년 11월말 현재 10,087원임
2)VaR값의 -는 손실액을 의미함
3)몬테카를로 시뮬레이션의 난수생성은 5,000개임

여기서 이자율포트폴리오 자료는 92년 1월부터 97년 11월까지의 국민주택채 1종으로 기간구조(term structure)에 의하여 구한 현물이자율(spot rate)이다. 한편 채권가격과 이자율 산정방식은 회사채수익률(3년만기, 은행보증)을 사용하였고 잔존기간은 1년이내이다.

<표 5>에 나타난 결과는 델타-감마 분석법과 몬테카를로 시뮬레이션의 경우 95% 신뢰구간의 VaR는 델타-감마 분석법이 작지만 99% 신뢰구간에서의 VaR는 몬테카를로 시뮬레이션방법이 작다는 것을 알 수 있다. 그래서 어느 한 가지 방법에 의한 VaR추정치가 가장 좋은 것이라고 단정하기 어렵다.

한편 증권회사의 재무건전성 준칙(안)을 볼 때 잔존기간이 1년이내인 채권등의 위험액 허용치를 약간 상회하는 것을 볼 수 있다(<부록> 2 참조). 이것은 다음과 같은 세가지의 이유 때문이다. 첫째, 실제 적용되고 있는 이 기준치가 주식보다 채권등의 경우에 약간 낮은 경향이 있다는 점이다. 둘째, 표본자료의 신뢰성에 문제가 있을 수 있다. 현물이자율(spot rate)은 국민주택채 1종의 기간구조(term structure)에 의한 값이고 채권가격과 이자율 산정방식은 회사채수익률을 사용하였다는 것을 들 수 있다. 또한 국민주택채 1종의 경우 발행 및 거래량이 많지 않은 문제점을 내포하고 있다.

향후 이와같은 주식과 이자율 포트폴리오의 가치변동을 예측하는 데에 있어서 두 가지 시사점을 제공해준다는 것을 알 수 있다. 첫째, 델타-감마 분석법과 몬테카를로 시뮬레이션을 시행할 때 분포에 대한 가정도 VaR의 계산에 영향을 준다는 것이다. 둘째, 추정방법에 따라 VaR가 크게 달라질 수 있다는 점과 옵션이 포트폴리오에 포함되면 추정결과가 상이하게 나올 수 있다는 것이다.

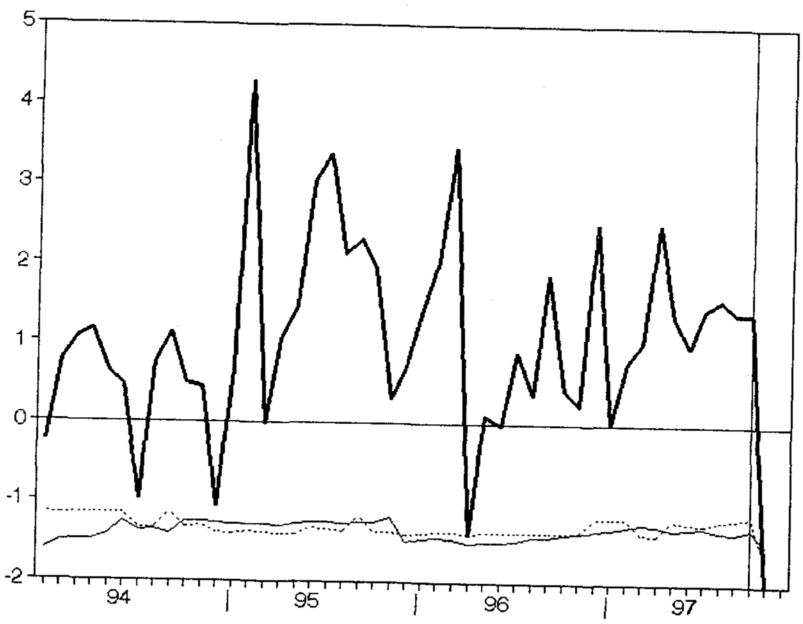
3. 측정방법간의 실증비교

3.1 이자율포트폴리오의 경우

여기서 각 방법간의 비교는 오차율[2)]을 사용하였고 신뢰도는 95%이었다. 오차율의 의미는 다음과 같다. 만일 95%의 신뢰도로 VaR를 계산하였다면 100번의 거래 일수중 5번 정도만이 VaR값 이상의 손실을 보아야 VaR기법을 통한 위험관리가 의미가 있을 것이다. 왜냐하면 확률적으로 정의된 VaR이 실제 상황에서도 그 확률을 유지할 수 있어야 위험의 정확한 측정이 이루어졌다고 할 수 있을 것이며 그래야만 이를 토대로한 위험의 실질적 통제가 가능할 것이기 때문

2) 1992년 1월부터 1997년 11월까지의 VaR를 매월의 월별 가격과 수익률 자료로서 구하였 다. 즉, 1997년 1월의 VaR은 1992년 1월~1996년 12월 까지의 자료로 구하고 1997년 2 월의 VaR은 1992년 1월~1997년 1월 까지의 자료로 구하는 식으로 하여 실제로 예측 하였다(One-step ahead forecast).

이다.



주 : 굵은 실선은 이자율포트폴리오의 수익이고 가는실선은 델타-감마 분석법, 점선은 몬테카를로 시뮬레이션에 의한 VaR결과 값임

<그림 1> 이자율포트폴리오 수익과 VaR의 비교그래프

<그림 1>은 VaR이 계산된 1994년 1월부터 1997년 11월까지의 실제 포트폴리오 손익을 나타내고 있다. 이 그림에서 이 기간중의 이자율은 경제순환상의 자금수급 상황 등이 반영되어 변동이 심하였음을 알 수 있다.

이 결과를 보면 금융위기가 시작된 97년 11월의 경우를 제외하고는 각 측정 기법에 따라 오차율에 큰 차이가 없고 낮음을 알 수 있다. 한편 위험관리의 목적이 위험을 정확히 측정하고 통제하는 것이기 때문에 이와 같은 결과는 우리나라의 현실에 유용성이 크다고 하겠다. 그리고 여기서 사용된 방법 중 몬테카를로 시뮬레이션의 경우 옵션이 포함된 포트폴리오라면 몬테카를로 시뮬레이션이 델타-감마 분석법보다 우수할 것이라 예상되나 우리나라에선 아직 옵션시장이 개설되지 않아 이 결과를 확인할 수 없었다.

Ⅴ. 要約 및 結論

최근의 추세를 볼 때 위험관리에 관한 중요성이 점점 증대하고 있다. 그럼에도 불구하고 우리나라 은행들의 위험관리 실태는 아직 미흡한 실정이다. 그리고 대부분의 은행들이 현재 위험관리에 대응하기 위하여 ALM의 갭관리, 듀레이션관리 등을 행하고 있지만 BIS에서 중요시하고 있는 VaR의 개발과 운용은 아직 초보단계에 머무르고 있다.

팔론과 프리스트커, 마샬의 경우를 보면 델타모형보다 감마모형이 보다 우수하고 몬테카를로

시뮬레이션의 경우 표본의 개수가 증가할수록 결과가 향상됨을 볼 수 있었다. 또한 비모수적모형이 모수적모형보다 우수한 결과를 보임을 알 수 있었다.

우리나라 주식포트폴리오의 경우 몬테카를로 시뮬레이션과 Full Variance Covariance Model의 VaR값은 비슷한 수준으로 Diagonal Model의 VaR값 보다 작음을 알 수 있다. 이는 좀 더 정교하고 복잡한 계산이 요구되는 Full Variance Covariance Model의 VaR값이 보다 단순한 Diagonal Model의 VaR값 보다 정확성면에서 우수하다는 것을 보여주고 있다.

한편 이자율포트폴리오의 경우에는 델타-감마 분석법과 몬테카를로 시뮬레이션의 경우 95% 신뢰구간의 VaR는 델타-감마 분석법이 작지만 99% 신뢰구간에서의 VaR는 몬테카를로 시뮬레이션방법이 작다는 것을 알 수 있다. 그래서 어느 한 가지 방법에 의한 VaR추정치가 가장 좋은 것이라고 단정하기 어려움을 알 수 있었다.

향후 이와같은 주식과 이자율 포트폴리오의 가치변동을 예측하는 데에 있어서 두 가지 시사점을 제공해준다는 것을 알 수 있다. 첫째, 델타-감마 분석법과 몬테카를로 시뮬레이션을 시행할 때 분포에 대한 가정도 VaR의 계산에 영향을 준다는 것이다. 둘째, 추정방법에 따라 VaR가 크게 달라질 수 있다는 점과 옵션이 포트폴리오에 포함되면 추정결과가 상이하게 나올 수 있다는 것이다. 따라서 금리선물과 옵션시장이 개설되는 등 파생상품의 도입이 본격적으로 이루어지면 우리나라도 외국의 경우와 비슷한 결과가 도출되리라 전망된다. 또한 앞으로 각 은행들의 보다 정교한 모형개발과 내부모형개발에 적극적인 노력이 필요하리라 예상된다.

참 고 문 헌

[1] Carol Alexander, The Handbook of Risk Management and Analysis, John Wiley & Dickinsons, ISBN.

[2] Basle Committee on Banking Supervision(1994), Risk Management Guidelines for Derivatives.

[3] ______________________(1996a), Supplement to The Capital Accord to Incorporate Market Risks.

[4] ______________________(1996b), Supervisory Framework for The Use of "Backtesting" in Conjunction with The Internal Models Approach to Market Risk Capital Requirements.

[5] Beder, Tanya(1995), "VaR : Seductive but Dangerous," Financial Analysts Journal(September-October), 12-24.

[6] Cedomir Crnkovic and Jordan Drachman(1996), Quality Control, Risk, September 1996, pp139-143

[7] Christopher Marshall(1996), "Value at Risk: Implementing a Risk Measurement standard," Financial Institutions Center, The Wharton School, University of Pennsylvania.

[8] Darryll Hendricks(1996), Evaluation of Value-at-Risk Models Using Historical Data, FRB NY Economics Policy Review, April 1996, pp39-69

[9] David Carse(1996), The Evolving International Approach to Supervising Risk Management, Journal of Lending and Credit Risk Management, March 1996, pp25-33

[10] Ezra Zask(1996), The Derivatives Risk-Management Audit, Derivatives Risk and Responsibility, Robert A. Klein and Jess Lederman Ed., Irwin, 1996

<附錄>

1. 위험가치계산모형의 비교

	역사적 위험가치	역사적 시뮬레이션	모수적 위험가치	추계적 시뮬레이션
자산가격에 대한 가정	정규분포	가정 없음	가정 없음	사용자 정의에 의한 가정
가격결정모형	현금흐름 대응	필요 없음	필요	필요
계산속도	자산 종류의 다양성과 분산-공분산행렬의 크기에 따라 결정됨	빠름	중간 정도	느림
요구자료	자산들의 역사적 가격 자료 혹은 리스크메트릭스	포트폴리오의 역사적 가치 자료	시장변수들의 역사적 자료	시뮬레이션을 위한 모수추정에 필요한 모든 시장요인들의 역사적 자료
리스크 측정치의 정확도	분산-공분산 행렬의 안정성, 정규분포 가정의 적정성, 비선형관계의 정도에 따라 다름	포트폴리오의 구성이 안정적이고 시간의 흐름에 따른 자산가격변화효과(aging effct)가 심하지 않은 경우에 유효	과거의 시장변수 움직임이 미래의 시장변수 움직임을 잘 대변한다고 인정되는 경우에 유효	시뮬레이션의 가정이 현실적이고 포트폴리오의 내용이 시장요인들에 영향받는 과정이 적절히 모형화된다면 보다 나은 정확성을 얻을 수 있음
적합한 경우	포트폴리오가 옵션특성을 갖지 않는 경우, 즉 주식, 환율, 실물현물 등의 포트폴리오	포트폴리오의 구성이 안정적이고 시간의 흐름에 따른 자산가격변화효과(aging effct)가 심하지 않은 경우	포트폴리오가 옵션특성을 갖고 있으나 시장요인의 과거자료가 미래에 대한 대표성을 갖고 있다고 인정되는 경우	포트폴리오가 상당한 정도의 옵션 특성을 갖고 있으며, 시장요인들의 변화 시나리오가 매우 다양한 경우
부적합한 경우	포트폴리오가 상당한 옵션특성을 가진 경우	포트폴리오의 구성이 자주 변화하는 경우	과거의 시장요인변동이 예외적인 경우	포트폴리오가 매우 많은 자산을 포함하고 있고 고려대상이 되는 시나리오가 매우 많은 경우 및 하드웨어 상의 제약이 있는 경우
대표적인 사용자	J.P. Morgan, 리스크 메트릭스에 근거한 독립회사 모형(third party vendors)	메릴린치(스트레스 테스팅과 겸용)	상업적 리스크관리 시스템 판매회사들(알고리드믹스, 세일휘시 등)의 소프트웨어 중 한 가지 기능으로 포함 ChaseManhattan	살로먼, 베어 스턴스, 엔론 등

자료 : Kenneth Leong(1996)

2. 채권등의 위험액 계산

2.1. 위험액 산정방법 : 대상증권의 시가 × 위험상당치

2.1.1. 대상증권

채권등 : 채권, 양도성 예금증서, 기업어음, 개발신탁수익증권, 은행인수어음, 채권선물 기타 이에 준하는 이자부증서)의 시가 × 위험상당치

2.1.2. 위험액

채권등의 시가액에 아래 표의 위험상당치를 곱한 금액

잔존기간	A그룹채권	B그룹채권	C그룹채권
0초과~3월이내	0.1%	0.25%	8%
3월초과~1년이내	0.5%	1.0%	16%
1년초과~3년이내	2.5%	4.0%	30%
3년초과~5년이내	4.0%	6.5%	30%
5년초과	7.0%	12.0%	30%

주 : 1) A그룹 채권 : 각국의 정부(중앙은행 포함) 및 지방자치 단체가 발행하거나 보증한 채권등, 특별법에 의하여 설립된 국내법인이 발행한 채권등 재경원장관의 허가를 받아 설립된 국내 금융기관이 발행하거나 보증한 채권등, 국제금융기구가 발행하거나 보증한 채권등

B그룹 채권 : 국내단기금융회사가 인수한 기업신용어음, 유가증권신고등에 관한 규정에 의한 유가증권분석 전문기관 및 국제적인 전문 신용평가기관에 의한 상위 4등급 이내의 채권등

C그룹 채권 : A, B그룹에 속하지 않는 기타 시장성있는 채권등

2) 전환사채권 및 신주인수권부사채는 채권으로서 시가를 평가한 경우에는 채권위험상당치를 적용하고 주식전환가치(전환프리미엄 포함)로 시가를 평가한 경우에는 주식위험상당치를 적용함. 다만, 주식전환가치로 시가를 평가한 경우에는 (주식전환가치-채권가치+채권으로서의 위험액)을 그 위험액으로 할 수 있음

3) 채권선물의 경우는 원증권의 시가에 원증권의 해당위험 상당치를 곱하여 산정하거나 결제기관에 예치하는 증거금으로 위험액을 산정함

자료 : 금융감독위원회, 증권회사의 재무건전성 준칙(안), 98.4