

자동차보험의 확률론적 통합보험리스크 실증분석

A Study on Measuring Aggregate Auto Insurance Risk with Stochastic Loss Model

조 용 운* · 조 재 린**

Yongwoon Cho · Jaerin Cho

본 연구는 보험년도 기준으로 2002년부터 2007년까지 9개 자동차보험회사(대형 4개사, 중소형 4개사, 온라인 1개사) 피보험자 중 10%의 가입 및 지급 내역을 표본 추출하여 감독지침에 따라 리스크 계수를 개인용 대인, 비개인용 대인, 기타로 나누어 추정한다. 그리고 세 가지를 통합하여 하나의 리스크 계수를 추정하였다. CRM(Collective Risk Model)에 체계적 리스크와 시스템 리스크를 반영하는 확률론적 시뮬레이션 알고리즘을 적용하여 리스크의 분산효과가 추정 리스크양에 반영되도록 하였다. 산업 전체를 볼 때 분리추정 후 합한 TVaR값이 8,393억 원, 통합 추정된 값이 8,221억 원으로 나타나고 있어 172억 원의 차이를 보이고 있다. 이것은 통합 추정을 하면 분산효과(diversification effect)가 반영되어 리스크양이 줄어들기 때문이다. 감독지침과 같이 세 가지로 분리 추정하면 보험회사들은 걱정수준을 넘는 요구자본량을 보유하여야 하기 때문에 통합추정방법을 이용하여 하나의 리스크 계수를 제시하여야 할 것이다.

국문 색인어: 리스크 계수, 리스크양의 통합추정, 모수불확실성, 자동차보험, 확률론적 시뮬레이션, CRM(Collective Risk Model)

한국연구재단 분류 연구분야 코드: B051606

* 보험연구원 연구위원(ywcho@kiri.or.kr), 주저자

** 보험연구원 연구위원(jrincho@kiri.or.kr), 교신저자

논문 투고일: 2011. 12. 09, 논문 최종 수정일: 2012. 01. 17, 논문 게재 확정일: 2012. 02. 29

I. 서 론

최근 우리나라가 자기자본규제를 위해서 RBC 내부모형승인제도를 도입하면서 적정 리스크양의 추정에 대한 필요성이 증가하고 있다. 특히, 확률론적 리스크양 추정의 필요성은 증가하고 있지만 우리나라에서는 그 실체가 명확히 드러나 있지 않은 상태에 있다. 결정론적인 시나리오 방식과는 다르게 확률론적인 접근은 리스크 풀의 규모효과와 다양화에 의한 리스크의 분산효과가 명시적으로 나타나기 때문에 해외에서도 많은 연구가 이루어지고 있는 것에 비하면 우리나라는 이에 대해 소홀한 면이 있어왔던 것이다.

확률론적 리스크양 추정 방법 중에서도 리스크 종류별 혹은 보험 종목별 리스크양의 통합추정은 집중적인 조명을 받고 있다. 통합추정법이 추정과정의 임의성을 줄이고 확률론적 접근의 장점을 최대한 살릴 수 있기 때문이다. 리스크 종류별 통합 추정은 코플라(copula)를 적용하는 것이 대표적인 방법이라면, 보험 종목별 혹은 보장내용별(coverages) 통합추정법의 대표적인 방법으로 CRM(Collective Risk Model)을 들 수 있다(Heckman and Meyers, 1983; Meyers, 1999; Meyers et al., 2003; Robertson, 1992; Wang, 1998). CRM은 여러 보험 종목별 혹은 보장내용별 리스크 노출액을 하나의 행렬로 통합하여 리스크 요인(risk factors)에 의한 보험 종목 혹은 보장내용들 사이의 상호의존성이 객관적으로 반영되도록 하는 방법이다. 보험 종목 혹은 보장내용들 사이에는 상호의존성이 있는 경우가 많은데 이를 리스크양의 추정과정에서 반영하고자 하는 것이다.

일반적으로 보험회사는 각기 다른 유형의 보험 종목 혹은 보장내용에 대한 리스크양을 개별적으로 측정한다. 그 후 각기 다른 보험 종목 혹은 보장내용들에 대한 상호의존성(co-dependencies)을 전문가의 판단에 의존하여 고려해 준다. 이렇게 개별 보험 종목 혹은 보장내용을 각각 분석하는 것은 리스크의 분산효과를 반영한 결과를 얻을 수 없을 뿐만 아니라 상호의존성에 대해서는 전문가의 판단에 의존할 수밖에 없다.

그러나 우리나라 금융감독자는 자동차보험의 경우 요구자본량 산출을 위한 보

험리스크 계수(RCM: Risk Capital Multiplier)¹⁾를 개인용 대인, 비개인용 대인, 기타로 나누어 산출하여 발표하고 있다. 이것은 세 개의 상품 간에 발생하는 상호의존성을 고려하고 있지 않은 것이며, 분산효과도 반영될 수 없는 것이다. 본 연구는 그와 동일한 보장내용 분류를 하여 보험회사별로 CRM을 이용하여 세 개의 리스크 계수를 추정한다. 동시에 CRM을 확대 적용하는 방법으로 세 개의 분류를 통합하여 하나의 리스크 계수를 추정한다.

본 연구는 통합추정을 위해 리스크 요인에 의해 발생하는 리스크양을 추정하기 위하여 CRM에 동화적이면서 확률론적인 시뮬레이션(historical stochastic simulation) 알고리즘을 적용한다. 그리고 시뮬레이션법과 더불어 공분산행렬(covariance matrix)을 이용하여 추정한 결과도 함께 제시한다. 다양한 결과를 비교하여 리스크양 추정모형의 특성 및 신뢰성을 평가하고자 함이다.

본 연구는 통합추정 결과를 세 개의 보장내용별 추정 결과의 합과 비교하여 통합 추정의 필요성을 실증하고자 한다. 이 결과는 보험회사가 자동차보험의 자기 자본량과 요구자본량을 관리하는 데 참고가 될 수 있을 것으로 기대되며, 금융감독자가 자기자본규제제도를 개선하는데 도움이 될 것으로 기대된다.

본 연구의 구성은 다음과 같다. II장에서는 본 연구에 필요한 자동차보험의 현황 즉, 보험종목, 보험종목별 보험금 지급기준, 실적현황을 조사한다. III장에서는 리스크양의 확률론적 추정모형을 상세히 설명하고, IV장에서는 리스크양의 실증 추정 결과를 제시하면서, 회사별로 리스크양의 크기는 다르다는 점, 통합리스크 추정은 리스크양을 줄인다는 점, 시스템 리스크와 체계적 리스크의 분리 추정 결과를 통한 자본량 관리방법을 제안한다. V장에서는 결론을 내리면서 향후과제를 제안한다.

1) 리스크계수 = $\frac{TVaR_{\alpha} - m}{m}$ 여기서 m 은 총손해액들의 평균이다. 경제적 자본량 혹은 요구자본량은 리스크계수를 산출한 뒤에 각 리스크의 노출액(위험보험료 등)을 곱하여 산출한다(Artzner, et al., 1999).

$$TVaR_{\alpha} = E\{x|x \geq VaR_{\alpha}\}$$

$$VaR_{\alpha} = Mn\{x|F(x) \geq \alpha\}$$

여기서 x 는 총손해액 등 리스크에 노출되어 있는 금액을 나타내고, α 는 신뢰수준으로 본 연구는 국제기구(IAIS 등)의 권고에 따라 0.99를 적용한다.

II. 자동차보험 현황

본 장에서는 자동차보험 리스크양을 추정하기 앞서 자동차보험 산업의 보험종목과 보장내용 및 지급기준을 살펴보고자 한다. 이것은 손해액 확률분포가 연속형인지를 명확히 하여 리스크양 추정을 위한 적절한 모형을 구축하기 위해 필요하다. 본 장의 구성은 자동차보험 상품내용에 대한 설명, 자동차보험 사고 시 지급되는 보험금 지급 기준에 대한 설명 그리고 리스크양의 근간이 되는 사고발생률 및 손해액 변화를 연도별, 상품별, 보장내용별로 살펴본다.

1. 보험종목

자동차보험 상품은 개인용(플러스개인용), 업무용(플러스업무용), 영업용 자동차보험, 이륜자동차보험, 농기계보험과 그 외 운전자보험, 외화표시 자동차보험 및 자동차 취급업자종합보험으로 구분되어 있다.

개인용(플러스개인용), 업무용(플러스업무용), 영업용자동차보험, 이륜자동차보험과 농기계보험 상품에서 보장하고 있는 보장내용은 대인배상 I(책임보험), 대인배상 II, 대물배상, 자기신체사고(플러스보험의 경우 자동차상해), 자기차량손해, 무보험차상해(영업용, 농기계보험 제외) 보장으로 나누어진다. 그리고 손해보험회사가 판매하고 있는 자동차보험 상품의 이들 보장내용은 모두 동일하다. 다만, 각 회사에서 판매하고 있는 상품의 명칭에만 차이가 있을 뿐이다(기승도, 2009).

따라서 모든 손해보험회사가 동일한 보장내용의 자동차보험 상품을 판매하고 있으므로, 보험종목 및 보장내용에 따라 리스크양을 측정하고 회사별 리스크양을 비교할 수 있는 것으로 판단된다.

2. 보장내용별 지급기준

리스크양을 측정하는데 사용되는 통계자료는 손해액(loss) 자료이며, 손해액 자

료는 어떠한 확률분포를 가지고 있는 지를 파악하는 것이 본 분석에서 중요하다. 따라서 본 절에서는 손해보험협회에서 발간한 자동차보험 표준약관집(2010.4)의 내용을 기준으로 각 자동차보험 보장내용을 본 연구의 목적에 맞추어 살펴본다. 이하에서 설명하는 보장내용별 지급기준은 개인용자동차보험, 업무용자동차보험 및 영업용자동차보험 모두 동일하다(〈표 1〉 참조).

우선 대인배상 I 및 대인배상 II의 경우를 보면, 두 보장내용 모두 사망, 부상, 후유장애 별로 지급기준이 마련되어 있다. 사망의 경우는 “장례비”, “위자료”, “상실수익액”, “구조 수색비”로 구성되어 있고, 부상의 경우는 “치료비”, “위자료”, “휴업손해액”, “구조수색비”, “기타손배금”으로 구성되어 있으며, 후유장애는 “위자료”, “상실수익액”, “개호비”로 구성되어 있다. 이들 보험금 지급항목 이외에도 비용이 있는데 주로 손해방지 및 경감비용 등과 같은 것으로, 실제 손해액에서 차지하는 비중은 미미한 수준²⁾이다.

각 피해자 유형별 보장내용별 지급기준을 구체적으로 살펴보면, 사망의 경우 장례비는 정액으로 3백만 원을 지급한다. 위자료도 사망의 경우처럼 약 4천만 원 수준에서 정액으로 지급한다. 반면에 상실수익액은 월평균소득액과 생활비 및 취업가능월수 등을 감안하여 실손으로 지급한다. 사망의 지급항목별 구성비를 보면, 대인배상 I 과 대인배상 II를 합산 할 경우, 실손개념으로 지급되고 연속형 자료인 상실수익액이 60%를 초과한 것으로 나타났다. 위자료의 경우에는 정액형으로 지급되지만, 자동차사고가 발생할 때 사망자의 유형에 따라 정액금액에는 차이가 있고, 사망자 유형이 확률적(Random)으로 발생하므로 개별 사고의 위자료 총액은 연속형 자료의 특성을 갖는 것으로 간주해도 될 것으로 판단된다. 사망에서 장례비의 경우 동일하게 3백만 원이 지급되므로, 정액형 자료이지만 전체 대인배상 사망보험금에서 지급되는 보험금 중에 FY2006에 3.0%에 그치므로(보험개발원, 2007), 사망보험금은 연속형 분포를 따르는 것으로 가정한다.

부상의 경우 적극손해항목인 “구조수색비”는 사회통념상으로 보아 필요 타당한

2) 보험개발원의 자동차보험통계자료집 II (FY2006)에 따르면, FY2006의 대인배상 손해액에서 비용이 차지하는 비중은 0.8%수준이다.

실비가 지급되고, “치료관계비”는 의사의 진단에 따라 실비가 지급된다. 따라서 부상의 적극손해항목은 정액형이면서 이산형 분포의 특성을 가진다. 위자료 항목은 부상의 급수(1급부터 14급)에 따라 각 급수별 정액이 지급된다. 급수의 지급항목은 정액형이지만 자동차사고가 날 때 부상피해자 수 및 피해급수가 확률적으로 발생하므로, 사고당 위자료 총금액은 연속형 분포로 간주할 수 있다. 휴업손해액은 1일당 수입감소액과 휴업일수를 감안하여 실손으로 지급된다. 따라서 휴업손해액의 자료특성도 연속형 분포로 간주할 수 있다.

〈표 1〉 대인배상 보장내용 및 지급기준

보장내용		지급기준
사 망	장례비	3백만 원
	위자료	사망자 본인 및 유족의 위자료 (1) 사망자 연령 20세 이상 60세 미만 : 4500만 원 (2) 사망자 연령 20세 미만 60세 이상 : 4000만 원
	상실수익액	(월평균현실소득액-생활비) × 취업가능월수에 해당하는 라이프넷즈 계수
부 상	적극손해	가. 구조비: 실비 나. 치료관계비: 입원비, 응급치료, 치아보철비 등 비용
	위자료	등급별로 200만원(0(1급)~15만원(14급))
	휴업손해	1일 수입감소액 × 휴업일수 × 80/100
	기타손해 배상금	적극손해, 위자료 및 휴업손해 이외의 손해배상금액(입원 : 1일당 13,110원, 통원 : 1일 8,000원)
후유장해	위자료	노동능력상실률에 따라 장애자 연령을 감안하여 지급
	상실수익액	월평균현실소득액×노동능력상실률×노동능력상실 기간에 해당하는 라이프넷즈계수
	개호비	1일 1인으로 한하여 일용노동자 임금(일시금 또는 퇴원일부터 향후 생존기간까지 매월 정기금)
비 용	대인배상Ⅰ	손해방지·경감비용, 권리보전 행사비용
	대인배상Ⅱ	손해방지·경감비용, 권리보전행사비용, 긴급조치비용, 합의·절충비용, 소송·화해·중재비용 등

주: 본 내용은 자동차보험 표준약관에 있는 것을 요약한 것이므로 세부내용은 본문을 참고하기 바람.

후유장해에서 위자료는 노동능력상실률을 감안하여 사망 시 위자료 기준으로 일정비율로 지급된다. 예를 들면, 노동능력 상실률이 50%인 경우이면서 장애자 연령이 20세 이상 60세 미만이라면, 4천5백만 원의 기본 위자료에 장애율 및 70%를 곱한 금액을 지급한다. 여기서 위자료 산출에 사용되는 장애율은 확률적으로 결정되므로 사고시 지급된 최종위자료액은 연속형 분포의 특성을 갖는다고 간주할 수 있다. 후유장해의 상실수익액의 경우는 월평균현실소득액, 노동능력상실기간 등을 감안한 실손으로 지급된다. 따라서 상실수익액도 연속형 분포의 특성을 갖는다.

대물배상의 손해액 항목은 크게 직접손해, 간접손해 및 비용으로 구성된다. 그리고 직접손해는 “수리비”와 “교환가액”으로, 간접손해는 “대차료”, “휴차료”, “영업손실”, “자동차시세하락손해”로 구성된다.

대물배상 손실항목 중에서 직접손해액이 전체 대물배상 손해액에서 대부분(2006년 98.3%)을 차지한다. 대물배상 보장내용의 지급기준을 살펴보고, 지급기준에 따른 보험금의 분포를 살펴보면, 우선 수리비의 경우 수리에 사용되는 실제비용, 열처리 도장에 들어가는 실제 비용 등을 지급한다. 따라서 지급기준에 따른 수리비의 분포 특성은 실손이면서 연속형자료이다. 교환가액의 경우에도 자동차 사고직전 가액을 기준으로 피해물의 가액을 교환하는데 소요되는 필요한 비용이 지급되므로 역시 실손이면서 연속형 분포의 특성을 갖는다. 대차료의 경우는 인정기간(수리가 가능한 경우 30일 한도, 수리가 불가능한 경우 10일 한도)로 자동차를 대여하는데 소요되는 실경비가 지급되므로, 이 항목도 실손이면서 연속형 분포이다. 휴차료의 경우에는 사업용자동차가 파손되어 수리기간동안 발생하는 타당한 영업손해를 지급하는 것으로, 실손영업손해액이 지급되므로 지급기준 상 실손이면서 연속형 분포이다. 이외에 영업손실 및 자동차 시세하락 손해도 실손금액이 지급되므로 연속형 분포이다. 이상에서 살펴본 바와 같이 대물배상 항목별 지급기준은 모두 실손형이면서 연속형 분포라는 것을 알 수 있다.

자기신체사고보장내용의 경우 보험금 항목은 사망보험금, 부상보험금 및 후유장해보험금으로 구성된다. 이중 사망보험금, 부상보험금 및 후유장해보험금은 모

두 가입금액 한도의 정액이다. 사고 시 가입금액을 지급하지만, 사고건당 기준으로 1가지의 사고에는 피해자수가 다르고, 부상 또는 후유장애의 급수도도 확률적으로 결정되므로 사고기준으로 자기신체사고보장의 자료는 연속형 분포를 따른다고 할 수 있다.

자기차량손해보장은 피보험자가 피보험자동차를 소유, 사용, 관리하는 동안에 피보험자동차가 충돌 등의 사고로 파손된 경우, 피보험자동차에 생긴 손해액을 실손으로 보상하는 것이다. 따라서 자기차량손해보장내용의 경우도 자료의 특성은 실손형이면서 연속형이다.

무보험차상해는 피보험자가 무보험자동차에 의하여 생긴 사고로 죽거나 다친 때, 그로 인한 손해액을 앞서 설명한 보험금지급기준에 따라 산출한 금액을 기준으로 보상해주는 것이다. 따라서 앞서 살펴본 바와 같이 피보험자의 사상으로 인한 손해액 산출 기준이 실손형의 특성이 강하므로, 무보험차상해 자료도 실손형이면서 연속형 특성을 갖는다.

3. 데이터

본 연구의 리스크양 산출에 사용되는 기초자료는 손해액 자료이다. 손해액 자료는 3가지 유형의 자료가 있다. 즉, 사고년도 기준 자료(Accident Year Basis Data), 보험년도기준 자료(Policy Year Basis Data) 및 역년기준 자료(Calendar Year Basis Data)가 그것이다.

사고년도 기준 자료는 통계추출기간 중에 계약이 체결되고 통계추출기간 중 보험사고가 발생한 경우와 통계추출기간 이전에 계약이 체결되어 통계추출기간 중에 유효한 계약 중 사고가 발생한 실적을 포함한다. 2007년 12월에 계약이 체결되고 2008년 1월에 보험사고가 발생했다면 이 보험사고는 2008년 통계에 포함된다. 이 자료는 보험료 산출에 널리 사용된다.

보험년도 기준 자료는 통계추출기간 중에 계약이 체결되고 통계추출기간 중 그 계약의 보험사고가 발생한 경우와 통계추출기간 중에 계약이 체결된 건이 통계추

출기간 이후에 보험사고가 발생한 실적을 포함한다. 즉, 보험계약이 성사된 시점을 기준으로 통계를 추출하는 방법이다. 2007년 12월에 계약이 체결되고 2008년 1월에 보험사고가 발생했다면 이 보험사고는 2007년 통계에 포함된다.

역년기준 자료는 통계추출기간 중에서 지급된 보험금과 준비금을 의미하므로, 통계추출기간에 발생한 사고 및 통계추출기간 이전 몇 년 전에 난 사고로 통계추출기간 중에 보험금이 지급된 경우도 포함된다. 즉, 역년기준 자료에는 과거 수년 전의 사고로 발생한 보험금이 통계추출기간 중에 지급되었다면, 동 자료도 포함되는 것이다.

사고년도 혹은 역년기준 자료와 보험년도 기준 자료를 보험료와 연계하여 볼 때, 계약자료와 사고 자료의 일치성 부분에서 보험년도 기준 자료가 더 뛰어나다. 보험년도 자료는 통계추출기간 중에 체결된 계약자료와 그 계약으로부터 발생한 사고자료로 구성되기 때문이다. 반면에 사고년도 혹은 역년기준 자료는 통계추출기간 중에 발생한 사고자료이므로, 통계추출기간 직전 1년 전 혹은 통계추출기간 여러 해 이전 계약자료의 보험료를 시간의 경과에 따라 추정한 보험료(경과보험료)와 사고자료를 일치시킨다. 계약자료 계산을 위해 추정과정이 필요한 것이다. 사고년도 혹은 역년기준 자료는 계약자료와 사고자료의 일치성 측면에서 보험년도 자료보다는 정교성이 떨어진다는 단점이 있다.

본 연구는 보험료 산출이 목적이 아니고, 사고 자료를 바탕으로 리스크양을 파악하는 것이 목적이므로 보험료 산출기준에 부합한 통계추출방법을 사용할 필요는 없다. 이상의 이유로 본 연구에서는 리스크양 산출에 보험년도 기준 자료 추출 방법을 사용한다.

이 논문에 사용된 데이터는 2002년부터 2007년까지 9개 자동차보험사(상위 4사, 하위 4사, 직판 1사) 가입자 중 10%의 가입 및 지급 내역을 표본 추출한 것이다. 이 데이터를 이용하여 회사별로 보험종목별, 보장내용별, 보험가입건수, 보험료, 보험금지급건수, 평균손해액, 손해액의 분산과 손해율을 구하였다. 금융감독원(2011)은 자동차보험의 경우 리스크 계수를 개인용 대인, 비개인용 대인, 기타로 나누어 산출하여 발표하고 있다. 본 연구는 그와 동일한 상품 분류를 하여 보험회

사별로 리스크 계수를 추정한다. 이때 지급건수가 2건 이상인 해가 5개년 미만인 담보는 분석에서 제외한다. 지급내역이 2건 이상인 조건을 준 이유는 지급건수가 0 또는 1건인 경우 해당 해의 손해액의 분산이 0이어서 시뮬레이션 모수 추정 시 오류를 만들기 때문이며, 유효한 자료가 5년 미만인 담보를 제외한 이유는 모수 추정 시 적어도 5년 이상의 자료를 사용하는 것을 권장하기 때문이다(Meyers and Schenker, 1982). 참고로 2건 이상의 지급내역이 있는 해가 5년 미만인 보장내용의 보험금 지급 규모가 매우 작아 회사 전체 손해액의 변화에 영향을 미치지 못하므로 회사 차원의 리스크 계수에는 변화가 없다. 사용된 데이터의 기술통계는 [부록]의 <부록 표 1>부터 <부록 표 3>에 실어 두었다.

III. 리스크양 추정방법

리스크는 크게 변동성 리스크와 모수불확실성 리스크(parameter uncertainty risk)로 분류할 수 있다. 변동성 리스크(고유 리스크)의 측정은 개별 보험사고가 독립적인 것으로 가정한다. 그리고 보험사고 건수의 확률분포, 건당보험금의 확률분포에 대한 평균과 분산 등 모수가 변하지 않을 것으로 가정한다. 따라서 표본을 이용하여 보험사고 건수, 건당보험금의 분포에 대한 표본평균과 표본분산 등을 추정한 값은 정확하다고 가정한다. 이러한 경우 표본 수가 충분히 크다면 변동성 리스크는 대수의 법칙에 따라 매우 작다.

그런데 확률분포의 모수는 보험사고가 독립적이라는 가정이 충족되지 않을 경우, 외부의 충격이 있을 경우, 시간의 흐름에 따라 변화할 가능성이 있다. 따라서 추정된 모수는 정확하지 않을 가능성이 있다. 이러한 변화가능성을 모수불확실성 리스크라고 하고 본 연구는 이것의 추정에 집중한다.

각 보장내용별 보험사고(claims)의 건수와 건당보험금 분포 각각의 모수추정치 가 불확실하다는 모수불확실성 리스크(parameter uncertainty risk)를 유발하는 요인은 여러 가지가 있다.

첫째, 표본의 불완전성에서 기인하는 보험사고의 모수 리스크(parameter risk)가 발생하는 경우이다. 모수 리스크는 관찰기간이 너무 짧아 사용된 관찰 수가 제한되는 경우나 관찰치들이 오염된 데이터를 포함하는 경우에 발생한다. 본 연구는 2002년 가격자유화 이후 연도를 대상으로 하고, 보험개발원의 검증절차를 거친 자동차보험 산업의 전수조사 자료 중 표본을 10개 중의 하나를 추출하였기 때문에 보험사고의 모수 리스크는 최소화되었다고 가정한다.

둘째, 각 보장내용(coverage) 내의 보험사고 사이에 상호의존성(co-dependency)이 발생하는 경우이다(Heckman and Meyers, 1983). 한 보험사고가 다른 보험사고를 유발하여 보험사고 사이에 독립성의 가정이 충족되지 않을 수 있다. 전염성(contagion)에 의한 시스템 리스크(systemic risk)로 인해서 각 보장내용의 보험사고는 관찰 기간 사이에 혹은 한 기간 내에서 초반부와 후반부에 독립적이지 않을 수 있다. 본 연구는 이러한 상호의존성(co-dependency)을 반영하여 보험사고의 모수 불확실성 리스크를 반영한다.

셋째, 외부 충격에 의해서 보험사고 건당 보험금 분포의 모수에 불확실성이 발생할 수 있다. 모수불확실성 리스크의 주요 원인 중의 하나는 인플레이션에 있다고 할 수 있다. 인플레이션으로 인하여 체계적 리스크(systematic risk)(혹은, 구조적 리스크(structural risk))가 발생하여 보험사고 건당 보험금 분포의 모수가 달라지기 때문이다. 대인보장의 경우 의료물가가 상승하였다면 개인용 대인보장, 비개인용 대인보장, 기타 자기신체 보장 등의 의료비가 동시에 상승할 것이다. 대물보장의 경우 개인용 대물, 업무용 대물보장 등의 정비가격이 동시에 상승할 것이다. 이러한 동시적인 상승으로 인하여 각 보장내용별 손해액이 상호의존성을 가지게 된다. 본 연구는 이러한 건당 보험금 분포의 모수불확실성을 반영한다.

1. 확률론적 시뮬레이션 알고리즘

가. 선행연구

몬테칼로 시뮬레이션법은 사전에 보장내용별 손해액 분포를 가정하고 추정된

불확실성모수가 분포에 반영되도록 지급보험금을 반복적으로 생성시켜 새로운 분포를 생성시키는 방법이다. 시뮬레이션 방법으로 여러 가지가 제안되고 있다.

초기 시뮬레이션법은 한 가지 보험종목 혹은 보장내용에만 국한된 것이기 때문에 각 보험종목 혹은 보장내용들 사이의 상호의존성(co-dependency)을 반영하지 못하여 현실적합성이 부족하였다.

이후 각 보험종목 혹은 보장내용 사이의 체계적 리스크와 시스템 리스크에 의해서 생성된 상호의존성을 반영하고자 하는 노력은 계속되어왔다. 대표적인 성과의 하나는 여러 보험종목의 모수불확실성 리스크(parameter uncertainty risk)를 반영하기 위하여 CRM(Collective Risk Model)을 적용하는 방법을 고안한 것이다. CRM은 한 시뮬레이션 알고리즘 내에서 여러 보험종목 사이에 리스크요인으로 인한 상호의존성을 반영하여 보험종목별 지급보험금을 산출한 뒤에 합산하여 총지급보험금을 산출하는 방법이다.

Meyers(1980)는 모수불확실성 리스크를 반영하기 위하여 처음으로 확률론적 시뮬레이션에 CRM을 적용하였다. 그러나 보험사고건수 분포와 건당보험금 분포를 분리하지 않고 총지급보험금 분포를 근사하였다. Russel and Gary(1980)는 CRM을 이용하면서 보험사고건수 분포와 건당보험금 분포를 나누어서 모수불확실성 리스크 문제를 다루었다. Meyers and Schenker(1982)는 표본으로부터 구체적인 불확실성모수를 추정할 수 있는 방법을 제시하였다. 이를 이용하여 Heckman and Meyers(1983)는 시뮬레이션 알고리즘에 CRM을 적용하면서 불확실성 리스크의 발생 원인을 구체화하였다. 보험사고의 건수 분포에 전염성(contagion)에 의한 시스템 리스크(systemic risk)를 반영하고, 건당보험금 분포에 구조적 리스크(structural risk)를 반영하고자 하였다. 그러나 구체적인 불확실성모수 추정법을 제시하지는 않았다. Wang(1998)은 여러 보험종목의 보험사고 건수의 결합확률분포가 비독립적인 모형을 도입하고 푸리에 변환을 통해 총손실 분포를 도출하는 방법을 제안하였다. 그러나 보험사고 건당보험금에 발생하는 모수불확실성은 고려하지 않아 현실 적합성 면에서 한계점이 있다. Meyers(1999)와 Meyers et al.(2003)는 Wang의 영향을 받아 보험종목에 따라 공분산 그룹(covariance group)으로 묶어 모수불확

실성을 적용함으로써 특정 공분산 그룹 내 지급보험금 간의 상관관계를 고려한 시뮬레이션 알고리즘을 제시하였다. 그리고 Meyers et al.(2003)은 분석중인 데이터의 적합과정을 통해서가 아니라 손해율(loss ratio)과 인플레이션을 이용하여 불확실성모수를 추정하였다. IAA(IAA 2004, Appendix B, p. 111)는 Heckman and Meyers(1983)의 모형을 적용하면서 Meyers et al.(2003)의 불확실성모수 추정법을 적용하고 있다. 우리나라에서는 조용운 외 2인(2011)이 민영의료보험의 리스크양을 추정하기 위하여 적용한 바가 있다.

나. 시뮬레이션 알고리즘

시뮬레이션 알고리즘은 다양한 접근이 가능하다는 장점이 있지만, 정확한 불확실성모수의 추정이 선행되어야 한다는 것이 단점이다. 불확실성모수의 추정은 가능하면 현실을 반영해야 하고 정확할 수 있도록 해야 한다. 본 연구는 Heckman and Meyers(1983)의 시뮬레이션 알고리즘을 적용하면서 불확실성 리스크를 반영하는 모수는 Meyers and Schenker(1982)를 적용한다.

선행 연구들은 여러 보험종목(insurance lines)의 통합에 집중하였으나 본 연구는 한 보험종목의 여러 보장내용(insurance coverages)의 통합을 위해 선행연구의 방법을 적용한다. 본 연구에서 적용하는 확률론적 시뮬레이션 알고리즘은 다음과 같다.

첫 번째 단계로 경험데이터에 대해서 각 보장내용에 대한 관찰기간 동안(본 연구는 6년) i 번째 보장내용(coverage i)의 보험사고(claims)의 건당손해액에 대한 기댓값과 CV(coefficient of variation: τ_i/v_i)를 결정해야 한다. 이 때 건당손해액의 기댓값(v_i)과 표준편차(τ_i)는 로그정규분포를 따른다. 로그정규분포를 가정한 것은 선행연구가 로그정규분포를 가정하지 않은 것을 찾아볼 수 없기 때문이다. 그리고 로그정규분포는 오른쪽 꼬리가 정규분포보다 길게 늘어나 있어서 간혹 발생하는 대형사고를 설명하는 데 적합하다. 따라서 본 연구는 복잡하기는 하지만 로그정규분포를 적용한다.

두 번째 단계로 불확실성 모수 b_i 와 c_i 를 결정해야 한다. 이를 결정하는 방법은 뒤에서 별도로 다룬다.

세 번째 단계로 각 보장내용에 대해서 관찰기간 동안 기대보험사고 건수 (expected claim count)의 추정치($\hat{\lambda}_i$)를 계산한다. 이 추정치는 각 보장내용의 기대총손해액 추정치(\hat{X}_i)를 기대보험사고건당손해액 추정치(\hat{v}_i)로 나누어서 산출한다.

$$\hat{\lambda}_i = \hat{X}_i / \hat{v}_i$$

여기서 \hat{X}_i 와 \hat{v}_i 는 데이터가 연도별로 통계적으로 유의한 추세를 보이지 않고 있기 때문에 관찰기간 동안의 평균을 이용한다. 추세를 보이고 있다면 이를 고려한 방법이 적절할 것이다.

마지막으로 모수불확실성을 반영하는 총손해액 분포를 생성한다.

① 각 보장내용(insurance coverage) i 에 대해서 Gamma($1, c_i$)로부터 하나의 수(a random number) χ_i 를 선택한다. $c_i > 0$ 는 기대 보험사고건수의 시스템 리스크(systemic risk)를 반영하는 모수이고, 보험종목 i 에 대한 양(+의) 전염모수(positive contagion parameter)라고 부른다(Heckman and Meyers, 1983). c_i 를 추정하는 방법은 뒤에서 별도로 다룬다.

- 평균(mean = variance)이 $\chi_i \lambda_i$ 인 포아송분포로부터 한 보장내용 i 에 해당하는 하나의 클레임 건수(a random claim count) K_i 를 선택한다. 여기서 χ_i 는 확률적 보험사고빈도승수(a random claim frequency multiplier)라고 한다.
- 각 보장내용 i 에 대해서 K_i 에 해당하는 하나의 건당손해액(a random claim size) Z_{ik} 을 선택한다. Z_{ik} 는 평균(mean)이 v_i , 그리고 표준편차가 τ_i 인 로그 정규분포를 따른다.

② $X_i = \sum_{k=1}^{K_i} Z_{ik}$: 보장내용 i 의 손해액

이제까지 과정에서 보장내용 i 에 대한 하나의 총손해액이 생성된다.

- ③ 균일분포(a uniform distribution: (0, 1))로부터 임의의 수(a random number) p 를 하나 선택한다. 각 보장내용 i 에 대해서 p^{th} 퍼센타일이 되도록 β_i 를 선택한다. 여기서 β_i 는 $E[\beta_i] = 1$ 그리고 $Var[\beta_i] = b_i$ 인 감마분포를 갖으며, b_i 는 체계적 리스크를 반영하는 혼재모수(mixing parameter)라 하고 건당보험금 분포의 모수불확실성의 척도이다. b_i 를 추정하는 방법은 뒤에서 별도로 다룬다.
- ④ $X = \sum_i \beta_i X_i$
 시스템 리스크가 보험사고 건수에 반영되고 구조적 리스크가 건당보험금에 반영된 보험회사의 총손해액이다.
 이러한 과정을 계획된 반복횟수(예: 10,000회) 만큼 반복하면 반복 횟수만큼의 총손해액 X 가 생성된다.
- ⑤ 최종적으로 X 의 분포가 생성되면 VaR_α 혹은 $TVaR_\alpha$ 을 측정한다.

2. 공분산 행렬

위 시뮬레이션 모형으로부터 생성된 총손해액 분포는 어느 분포를 따르는지 알 수 없다. $\beta_i X_i$ 와 $\beta_j X_j$ 가 독립적이라면 정규분포를 따른다고 할 수 있다. 그러나 β_i 와 β_j 사이의 상관계수(ρ_{ij})가 1이 되도록 생성되어 $\beta_i X_i$ 와 $\beta_j X_j$ 사이에 상호의존성($|\delta_{ij}| \leq 1$) 생성으로 서로 독립적이지 않다.

그런데 기댓값 $E[X]$ 과 분산($Var[X]$)을 취하는 총손해액이 로그정규분포를 따른다고 가정하면 공분산 행렬을 이용하여 $TVaR_\alpha$ 을 추정할 수가 있다.

첫 번째 단계는 총손해액 분포의 $E[X]$ 과 $Var[X]$ 을 계산한다. CRM으로부터 생성된 분포의 기댓값과 분산은 다음과 같다(IAA 2004, p. 111)³⁾.

3) 이하 각 단계별 자세한 유도과정은 조용운 외 2인(2011)에서 다루었다.

$$E[X_i] = E[E(X_i|K_i)] = E[K_i v_i] = E[E(K_i|\chi_i)] \cdot v_i = \lambda_i v_i$$

$$E[X] = \sum_i E[X_i]$$

$$E[K_i] = E(K_i|\chi_i) \cdot E(\chi_i) = \lambda_i$$

$$Var[K_i] = \lambda_i + c_i \lambda_i^2$$

$$Var[X_i] = \lambda_i v_i^2 + v_i^2 (\lambda_i + c_i \lambda_i^2)$$

$$Cov[X_i, X_j] = 0 \text{ for } i \neq j$$

$$Var[\beta_i X_i] = (1 + b_i) [\lambda_i T_i^2 + v_i^2 (\lambda_i + c_i \lambda_i^2)] + b_i v_i^2 \lambda_i^2$$

$$Cov[\beta_i X_i, \beta_j X_j] = (\rho_{ij} \sqrt{b_i b_j}) \lambda_i v_i \lambda_j v_j, \text{ 여기서, } \rho_{ij} = 1$$

$$Var[X] = \sum_i \sum_j Cov[\beta_i X_i, \beta_j X_j]$$

두 번째 단계, α^{th} 퍼센타일에서 VaR_α 를 계산한다. 이 과정을 위해서는 총손해액 분포가 μ' 과 σ' 를 모수로 하는 로그정규분포를 따른다고 가정한다.

세 번째 단계, 로그정규분포의 Limited Expected Value, $E[X \wedge VaR_\alpha]$ 를 계산한다 (Klugman et al, 2004, Appendix A).

$$E[(X \wedge y)] = \exp(\mu' + \frac{1}{2} \sigma'^2) \Phi\left(\frac{\ln y - \mu' - \sigma'^2}{\sigma'}\right) + y[1 - F(y)]$$

마지막 단계, $TVaR_\alpha = VaR_\alpha + \frac{E[X] - E[X \wedge VaR_\alpha]}{1 - \alpha}$ 을 계산한다(Klugman et al, 2004, p. 668).

3. 불확실성모수 추정

CRM을 이용하여 리스크양을 추정하기 위해 시뮬레이션 알고리즘을 구축하는 과정에서 두 개의 불확실성 모수 b_i 와 c_i 가 등장하였다. 그 두 개의 불확실성 모수를 추정하는 방법으로 실제 데이터의 변화정도를 이용하여 모수를 추정하고 있는 Meyers and Schenker(1982)의 방법을 적용하고자 한다.

가. 보험사고건수의 불확실성모수

각 보장내용 i 에 대해서 보험사고건수의 불확실성을 반영하는 모수 $c_i (i = 1, \dots, k)$ 는 기본적으로 관찰기간 동안 보험사고건수의 다 기간 표본분산을 구하는 것이다. 보험회사가 하나이며 총 관찰 기간이 T 인 경우 $t = 1, \dots, T$ 에 대해 N_{it} 를 t 번째 해에 표본으로부터 관찰된 사고건수, e_{it} 를 위험노출(exposure)을 나타내는 표본으로부터 관찰된 위험보험료(risk premium)라고 하자. 이때 $\hat{\eta}_i = (1/T) \sum_{t=1}^T N_{it} \cdot (e_{i1}/e_{it})$ 라고 하자. 여기서 e_{i1} 은 최근 연도에 관찰된 보험료이다. 위험노출액(exposure)이 성장하는 산업에서 e_{i1} 을 사용하는 것은 1보다 큰 값을 가중치로 사용하는 것이 된다. 즉, $\hat{\eta}_i$ 는 위험노출액(exposure)의 성장성이 가중치로 고려된 연간 평균보험사고 건수이다. 이것은 위험노출액이 증가하면서 보험사고 건수가 같이 늘어나는 것을 고려하여 보험사고건수가 랜덤하게 되도록 보정하고 있는 것이다. $V_i = \sum_{t=1}^T [(e_{i1}/e_{it}) \cdot N_{it} - \hat{\eta}_i]^2$ 라고 하자. 이는 연간 평균보험사고 건수로부터 해당 연도의 편차를 자승한 것이다. 이때 보험사고 건수의 변화 정도를 나타내는 다기간 분산 c_i 는 아래와 같이 추정될 수 있다(Meyers and Schenker, 1982).

$$\hat{c}_i = \frac{V_i - [(T-1)/T] \sum_{t=1}^T (e_{i1}/e_{it}) \cdot \hat{\eta}_i}{(T-1) \cdot \hat{\eta}_i^2}$$

여기서 분모의 $\hat{\eta}_i$ 은 건수 규모로 인한 효과를 제거하기 위한 것이다. 분자의 두 번째 항은 추정값이 불편추정치(unbiased)로 되도록 보정하기 위해 포함된 항이다. \hat{c}_i 는 작은 T 와 작은 N_{it} 에 대해서도 (예: $T = 5, N_{it} = 250,000$) 상당히 정확한 추정치를 보인다.

나. 보험사고건당 손해액의 불확실성모수

보험사고건당 손해액의 불확실성을 반영하는 모수 b_i 는 기본적으로 관찰기간 동안 건당보험금의 다 기간 표본분산을 나타낸다. X_{i1}, \dots, X_{iT} 를 보장내용 i 에 대해서 T 개의 독립적으로 관찰된 손해액이라고 하자. $A_{it} = X_{it}/N_{it}$ 를 보장내용 i 의 t 번째 해에 관찰된 건당손해액(average claim costs)이라고 하자. i 번째 보장내용의 건당손해액에 대한 T 기간 동안 기댓값과 분산의 추정치는 다음과 같다.

$$\hat{v}_i = \sum_{t=1}^T X_{it}/N_i, \text{ 여기서 } N_i = \sum_{t=1}^T N_{it}$$

$$\hat{\tau}_i^2 = \sum_{t=1}^T \hat{\tau}_{it}^2 N_{it}/N_i$$

그리고 $W_i = \sum_{t=1}^T N_{it} \cdot (A_{it} - \hat{v}_i)^2$ 로 정의하면 이는 T 년 간 평균보험사고 건당

손해액으로부터 해당 연도의 편차를 자승한 것이다. 이때 보험사고 건당손해액의 변화가능성 정도를 나타내는 분산 b_i 의 불편추정치는 다음과 같다.

$$\hat{b}_i = [W_i - (T-1) \cdot \hat{\tau}_i^2] / [(T-1) \cdot \hat{\tau}_i^2 + \hat{v}_i^2 \cdot (N_i - (1/N_i) \sum_{t=1}^T N_{it}^2)]$$

\hat{b}_i 는 작은 T 에 대해서는 N_{it} 가 클수록 (예: $N_{it} = 1,000,000$) 정확도가 향상되는 것으로 알려져 있다.

위 식에서 본 바와 같이 \hat{b}_i 는 사고건당손해액의 추세적 변화를 고려하지 않고 있다. 추세적 변화가 있다면 \hat{b}_i 는 크게 추정되는 경향이 있다. 관찰기간 동안의 평균으로부터의 변화가 크게 추정되기 때문이다. 그런데 자동차보험의 사고건당손해액의 추세적 변화는 관찰되지 않고 있어 본 연구는 추가적인 보정작업 없이 위 방법을 그대로 적용한다.

IV. 리스크양 추정 결과

1. 불확실성모수 추정 결과

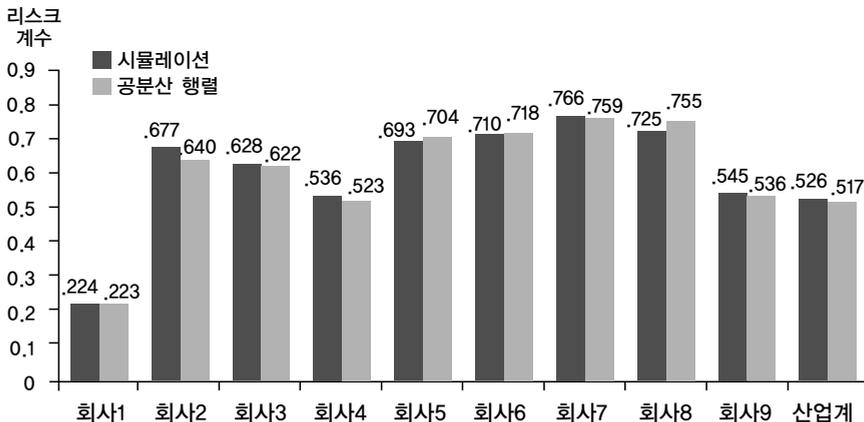
CRM에 시뮬레이션 알고리즘을 적합시키는 과정에서 건당손해액의 분포를 로그정규분포로 가정하였다. 그래서 보장내용 i 의 건당손해액의 표본평균(\hat{u}_i)과 표본분산($\hat{\tau}_i^2$)은 로그정규분포로부터 계산되었다고 가정하였다. \hat{c}_i 는 보험사고건수의 불확실성모수 추정치, \hat{b}_i 는 건당손해액의 불확실성모수 추정치이다. $\hat{\lambda}_i$ 는 보험사고건수 추정치이다. 각 회사별 불확실성모수 추정결과는 <부록 표 1>부터 <부록 표 9>에 담아 두었다.

2. 회사별 리스크 계수

흔히 리스크 풀의 규모가 크면 리스크는 작다고 한다. 자동차보험 회사별로 규모는 상이하다. 그러면 피보험자가 많은 회사일수록 리스크양이 적을 것인가?

<그림 1>과 <표 2>는 회사별 리스크 계수를 보여주고 있다. 회사1이 가장 큰 회사이고 회사8이 가장 작은 회사이다. 회사9는 온라인 전업회사이다.

<그림 1> 시뮬레이션과 공분산 행렬을 이용한 회사별 통합리스크계수 비교

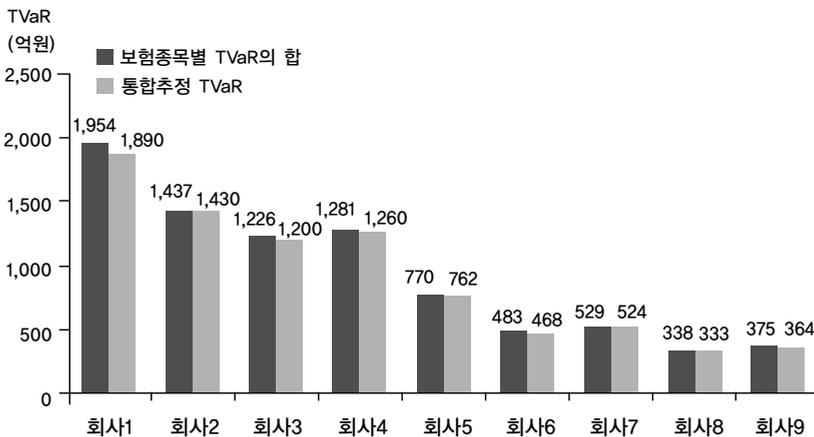


시뮬레이션 결과를 보면, 종합보험회사 중 상위 4개회사의 평균 리스크 계수는 0.517, 나머지 4개 중소형회사는 0.724로 나타나고 있고, 1개 온라인 전업회사는 0.545로 나타나고 있다. 공분산 행렬을 이용한 경우에도 결과는 다르지 않다. 대형회사의 리스크 계수가 작게 나타나고 있는 것이다. 대형 4개사의 피보험자 집단과 중소형 4개사의 피보험자 집단이 동질적이라면 규모가 클수록 리스크양은 적다고 할 수 있는 것이다. 이는 피보험자 규모의 확대를 통해서 총리스크양을 효과적으로 줄일 수 있음을 시사한다. 물론 회사별 피보험자 집단이 동질적이지 않다면 이와 같은 평가는 의미를 상실한다. 동질성 여부를 평가할 수 없다는 점은 본 연구의 한계점 중의 하나임을 밝혀둔다.

3. 리스크양 통합추정 효과

금융감독원(2011)은 자동차보험의 경우 자기자본 규제를 위한 리스크 계수를 개인용 대인, 비개인용 대인, 기타로 나누어 산출하여 발표하고 있다. 자기자본 규제의 목적 중의 하나가 보험회사 차원에서 소비자를 보호하는 것이라면 보험회사 차원의 리스크 계수를 산출하여야 할 것이다. 자동차보험의 통합리스크 계수를 산출하여야 하는 것이다.

〈그림 2〉 보험종목별 추정 TVaR의 합과 모든 보험종목의 통합추정 TVaR의 시뮬레이션 결과 비교



〈그림 2〉와 〈표 2〉는 리스크 계수를 개인용 대인, 비개인용 대인, 기타로 나누어 산출한 후 합한 TVaR값과 통합 추정한 값을 보여주고 있다. 회사1의 경우 분리 추정 후 합한 값이 1,954억 원, 통합 추정한 값이 1,880억 원으로 나타나고 있어 74억 원의 차이를 보이고 있다. 이 같은 현상은 분석 대상 모든 회사에서 일관되게 나타나고 있다. 산업 전체를 볼 때 분리추정 후 합한 값이 8,393억 원, 통합 추정한 값이 8,221억 원으로 나타나고 있어 172억 원의 차이를 보이고 있다. 이러한 차이가 나타나는 것은 통합 추정을 하면 분산효과(diversification effect)가 반영되어 리스크양이 줄어들기 때문이다. 분리 추정하면 보험회사들은 적정수준을 넘는 요구 자본량을 보유하여야 하는 것이다.

〈표 2〉 리스크 계수 추정결과(\hat{c}_i, \hat{b}_i)

(단위: 억 원)

회사	구분 모형	개인용 대인		비개인용 대인		기타		TVaR 계	통합추정	
		TVaR	리스크 계수	TVaR	리스크 계수	TVaR	리스크 계수		TVaR	리스크 계수
회사1	시뮬레이션	545	0.1991	369	0.2613	1,040	0.3168	1,954	1,880	0.2247
	공분산 행렬	545	0.1986	370	0.2594	1,030	0.3070	1,945	1,880	0.2232
회사2	시뮬레이션	276	0.2264	193	0.4577	968	0.9754	1,437	1,430	0.6778
	공분산 행렬	276	0.2221	189	0.4320	967	0.9628	1,432	1,400	0.6409
회사3	시뮬레이션	260	0.3456	180	0.4990	786	0.8593	1,226	1,200	0.6283
	공분산 행렬	258	0.3390	178	0.4935	784	0.8525	1,220	1,190	0.6229
회사4	시뮬레이션	255	0.2000	207	0.4772	819	0.7553	1,281	1,260	0.5367
	공분산 행렬	254	0.1962	209	0.4929	813	0.7462	1,276	1,250	0.5234
회사5	시뮬레이션	180	0.5845	132	0.5817	458	0.8139	770	762	0.6939
	공분산 행렬	177	0.5607	133	0.5926	466	0.8490	776	766	0.7047
회사6	시뮬레이션	102	0.3841	87	0.9465	294	0.8948	483	468	0.7101
	공분산 행렬	102	0.3796	89	0.9742	291	0.8736	482	471	0.7188
회사7	시뮬레이션	131	0.5172	82	0.5539	316	1.0061	529	524	0.7663
	공분산 행렬	130	0.5057	83	0.5744	322	1.0443	535	522	0.7598
회사8	시뮬레이션	80	0.4989	67	0.9459	191	0.8043	338	333	0.7253
	공분산 행렬	80	0.4903	68	0.9812	195	0.8574	343	339	0.7555
회사9	시뮬레이션	95	0.3350	26	0.5829	254	0.7141	375	364	0.5458
	공분산 행렬	95	0.3437	26	0.5993	258	0.7396	379	362	0.5365
산업 계	시뮬레이션	1,924	0.2959	1,343	0.4651	5,126	0.7161	8,393	8,221	0.5263
	공분산 행렬	1,917	0.2904	1,345	0.4682	5,126	0.7161	8,388	8,180	0.5173

주: 시뮬레이션 반복 횟수는 10,000회임.

4. 시스템 리스크와 체계적 리스크의 영향

시스템 리스크는 피보험자 개체 사이의 독립성이 무너져 보험사고 건수가 불확실하게 될 가능성이다. 개체 사이의 상호의존성은 정도의 차이는 있지만 수시로 발생한다. 자동차들이 연쇄적으로 추돌사고가 나는 경우 등이 좋은 예라고 할 수 있다. 이러한 가능성 정도를 반영하기 위하여 본 연구가 적용하고 있는 리스크양 추정 모형에서는 전염모수 \hat{c}_i 를 추정하여 적용하였다. 그리고 체계적 리스크는 한 모집단 내의 전체 개체에 대한 동시적 외부 충격으로 인하여 그 모집단의 보험사고 건당 손해액이 변화할 가능성이다. 이러한 가능성 정도를 반영하기 위하여 혼재모수 \hat{b}_i 를 추정하여 적용하였다.

여기서 $\hat{c}_i=0$ 로 설정하고 리스크 계수를 추정(모형 $(\hat{b}_i, \hat{c}_i=0)$)하여 \hat{c}_i 와 \hat{b}_i 를 모두 고려한 것(모형 (\hat{b}_i, \hat{c}_i))과 비교하여 \hat{b}_i 가 기여하는 비중을 알아보았다. 반대로 $\hat{b}_i=0$ 로 설정하면 \hat{c}_i 가 기여하는 비중을 알 수 있을 것이다. 이 결과를 통해서 보험사고건수 관리가 리스크양을 줄이기 위해 효과적인지, 사고건당손해액의 관리가 효과적인지 판단할 수 있을 것이다.

본 연구가 적용하고 있는 시뮬레이션 알고리즘에서는 통합하여 리스크 계수를 추정하는 경우, $(\hat{b}_i=0, \hat{c}_i)$ 로 설정한 결과는 불확실성 모수 모두를 고려하기 위하여 (\hat{b}_i, \hat{c}_i) 로 설정한 결과의 80.375%에 해당하였고, $(\hat{b}_i, \hat{c}_i=0)$ 로 설정한 결과는 5.855%를 차지하였다(〈표 3〉 참조). 즉, 보험사고건수의 불확실성이 리스크양 증가에 대한 기여도가 큰 것으로 나타나고 있는 것이다. $(\hat{b}_i=0, \hat{c}_i)$ 로 설정한 결과와 $(\hat{b}_i, \hat{c}_i=0)$ 로 설정한 결과는 [부록]의 〈부록 표 10〉과 〈부록 표 11〉에 담아 두었다.

이 결과에 따르면 보험사고의 상호의존성을 줄일 수 있도록 관리하는 것이 리스크양을 줄이는 데 효과적임을 알 수 있다. 그러나 본 연구가 적용하고 있는 불확실성 모수 추정법이 절대적으로 현실 적합한 것인지는 합의된 바가 없다. 불확실성 모수 추정 방법을 달리하면 다른 결과가 나올 수도 있는 것이다.

5. 모형의 검증

시뮬레이션을 이용한 분석 결과와 공분산 행렬의 결과에는 차이가 나지 않고 있다. 모형의 비교검증(benchmark modeling)은 모형오류 리스크(model error risk)를 관리하는 방법 중의 하나이다. 본 연구의 두 가지 방법에 의한 결과에 차이가 실질적으로 없는 것으로 보아 모형의 오류는 무시할 만하다고 할 수 있는 것이다. 모형의 부정확한 실행, 컴퓨터 프로그래밍의 오류, 시뮬레이션 반복 횟수의 부족 등에서 발생하는 오류는 무시할 만한 것이다.

두 가지 방법에 동일한 불확실성 모수를 적용하고 있다는 사실에 주목해야 한다. 이런 경우는 모형의 비교검증을 통해 모형오류 리스크를 검증하는 데 어려움이 크지 않다. 그러나 상이한 불확실성 모수를 적용했다면 추정결과는 사뭇 다를 수 있고, 이때는 모형오류 리스크를 검증하는 데 어려움 발생하게 된다. 리스크양

〈표 3〉 시뮬레이션을 이용한 체계적 리스크와 시스템 리스크의 영향

(단위: %)

구분	개인용 대인		비개인용 대인		기타		통합추정	
회사	$\hat{b}_i=0, \hat{c}_i$	$\hat{b}_i, \hat{c}_i=0$						
회사1	17.598	45.860	56.576	13.936	40.848	28.626	50.901	15.104
회사2	55.435	11.302	69.577	5.730	84.361	7.660	86.204	8.480
회사3	54.406	13.683	68.542	6.490	82.595	6.381	84.075	3.907
회사4	34.467	28.804	75.874	3.167	85.768	2.665	86.096	2.760
회사5	65.057	10.640	74.701	-0.653	88.511	1.198	89.406	0.389
회사6	66.295	7.680	82.807	4.032	70.612	11.987	78.776	-1.209
회사7	73.718	2.351	61.898	6.601	72.108	5.701	79.796	3.517
회사8	71.211	4.466	83.730	0.669	85.724	-3.058	89.612	-3.390
회사9	14.351	50.209	59.690	9.984	68.609	6.893	70.152	8.564
산업계	48.305	20.790	70.242	5.891	77.100	8.088	80.375	5.855

주: 표에서 ($\hat{b}_i=0, \hat{c}_i$)는 체계적 리스크를 나타내는 모수 \hat{b}_i 는 '0'으로 설정하고 시스템 리스크를 나타내는 모수 \hat{c}_i 는 반영하여 시뮬레이션을 한 리스크계수를 두 모수 모두를 고려(\hat{b}_i, \hat{c}_i)한 시뮬레이션 리스크 계수로 나눈 값을 %로 나타낸 것임.

을 추정하기 위해 서로 상이한 모수를 적용한 방법들 중에서 어느 것이 더 적절한지를 판단할 수 있는 통계학적 방법은 사실상 없다. 단지 정성적으로 판단할 수 있을 뿐이다. 즉, 본 검증 절차는 주어진 추정과정을 오류 없이 수행했다는 것을 의미하는 것이지 추정결과 자체가 적절하다는 것을 의미한다는 것은 아니라는 점을 주의해야 한다.

V. 결론

최근 금융위기 이후 각국이 금융시스템의 안정화를 위하여 금융시장에 대한 모니터링을 강화하고 금융안정위원회를 두는 등 시스템 리스크의 관리를 위하여 애쓰고 있다. 파생상품을 통하여 리스크를 헤지할 수 있는 체계적 리스크와는 달리 시스템 리스크는 파생상품화 되어 시장에서 거래되기 어려워 규제와 감독을 통해 위기상황의 발생을 억제하고 금융시스템의 안정을 유지할 수 있도록 하기 위함이다. 위기상황이 발생한 후에는 위기상황을 효과적으로 해결하기 위한 제도적 장치를 마련해 두고 있다. 자본량을 보유하도록 하는 자본적정성(capital adequacy) 규제, 사후적 소비자보호를 위한 예금보험(deposit insurance) 규제, 책임준비금 규제(reserve requirements) 등이 그것이다.

본 연구는 자본적정성 규제에 관한 연구 중의 하나이다. 자본적정성 규제를 위해서는 리스크양의 추정이 선결되어야 하는 데 본 연구는 이를 위해 최근에 권장되고 있는 방법론인 확률론적 접근을 하였으며 시스템 리스크와 체계적 리스크를 불확실성 모수를 통하여 명시적으로 고려하는 방법론을 적용하였다. 그리고 자동차보험의 보장내용을 세 가지로 분류하여 리스크양을 추정함과 동시에 세 가지를 통합 리스크양을 추정하여 비교 평가함으로써 통합추정의 필요성을 강조하고자 하였다.

그리고 시스템 리스크와 체계적 리스크 중에서 어느 것이 리스크양 증가에 어느 정도 기여하는지를 추정하였다. 이 결과를 통해서 사고건당손해액을 줄이려는

노력보다는 시스템 리스크 즉, 보험사고건수의 변화를 줄이는 노력이 리스크양을 감축시키는데 효과적임을 제안하였다.

본 연구는 리스크 계수의 절대적 크기에 의의를 두기보다는 확률론적 통합추정을 통해 적정자본량의 산출을 위해 리스크의 분산효과를 반영할 필요가 있다는 데에 역점을 두고 있다. 체계적 리스크와 시스템리스크를 반영하는 불확실성 모수의 추정방법이 다르면 리스크 계수의 절대적 크기는 달라질 수 있는데 본 연구에서 채택한 불확실성 모수추정 방법이 현실을 반영하고 있는지는 학계에서 합의된 바가 없기 때문이다. 하지만 리스크양을 확률론적으로 통합추정하면 분산효과를 통해서 리스크양이 줄어드는 것은 합의된 바이고 분명하다.

감독자는 RBC표준모형의 리스크계수 산출 시 통합 측정 결과를 제시할 필요가 있고, 각 보험사가 적용할 경우 이러한 통합 측정방법은 자본적정성 확보, 리스크 관리 능력 제고에 도움이 되므로 'RBC내부모형'으로 승인해 줄 필요가 있다.

시뮬레이션 알고리즘은 다양한 접근이 가능하다는 장점이 있지만, 정확한 불확실성모수의 추정이 선행되어야한다는 것이 단점이다. 불확실성모수의 추정은 가능하면 현실을 반영해야 하고 정확할 수 있도록 해야 한다. 본 연구는 분석중인 데이터의 적합과정을 통해서 불확실성 모수를 추정하는 Meyers and Schenker(1982)의 방법을 적용하였지만, Meyers et al.(2003)은 손해율(loss ratio)과 외부적 충격의 하나인 인플레이션율을 이용하여 불확실성모수를 추정하였다. IAA(IAA 2004, Appendix B, p. 111)는 Heckman and Meyers(1983)의 시뮬레이션 알고리즘을 적용하면서 Meyers et al.(2003)의 불확실성모수 추정법을 적용하고 있다. 이렇게 다양한 불확실성 모수추정법을 적용하여 리스크양의 실증추정 결과를 비교 평가하는 것이 필요하며 이는 다음 과제로 남겨 둔다.

참고문헌

- 금융감독원, 『보험회사 위험기준 자기자본제도 해설서』, 업무참고자료, 2011.
- 기승도, 『자동차사고의 사회적 비용 최소화 방안』, 보험연구원, 2009, p. 42.
- 보험개발원, 자동차보험통계자료집 II (FY 2006), 2007, p. 26.
- 조용운·황진태·김미화, 『민영의료보험의 보험리스크 관리방안』, 보험연구원, 2011.
- Artzner, P., F. Delbaen, J-M. Eber, and D. Heath, “Coherent Measures of Risk”, *Mathematical Finance* 9, No. 3, 1999.
- Heckman, Philip E. and Glenn G. Meyers, “The Calculation of Aggregate Loss Distributions Form Claim Severity And Claim Count Distributions”, PCAS LXX, 1983.
- IAA, A Global Framework for Insurer Solvency Assessment, 2004.
- Klugman, Stuart A., Harry H. Panjer, and Gordon E. Willmot, *Loss Models From Data to Decisions*, Second Edition, A JOHN WILEY & SONS Ltd, 2004.
- Meyers Glenn G., “An Analysis of Retrospective Rating”, To appear in the CAS Forum, 1980.
- _____, “Estimating Between Line Correlations Generated by Parameter Uncertainty”, To appear in the CAS Forum., 1999.
- Meyers, Glenn G., Fredrick L. Klinker, and David A. Lalonde, “The Aggregation and Correlation of Insurance Exposure”, To appear in the CAS Forum, 2003.
- Meyers Glenn G., Schenker Nathaniel, “Parameter Uncertainty in the Collective Risk Model”, PCAS LXX, 1982.
- Robertson, John P., “The Computation of Aggregate Loss Distributions”, Proceedings of the CAS, LXXIX, 1992.

- Russell, John T. and Gary S. Patrik, “Pricing Excess-of-Loss Casualty Working Cover Reinsurance Treaties”, Pricing Property and Casualty Insurance Products, Casualty Actuarial Society Discussion Paper Program, 1980.
- Stefan Jaschke, Gerhard Stahl, Richard Stehle, “Value at Risk Forecast under Scrutiny”-The German Experience, 2006.
- Wang, Shaun S., “Aggregation of Correlated Risk Portfolios: Models & Algorithms”, Work Performed under a Research Contract with the CAS Committee on Theory of Risk, PCAS, Vol. LXXXV, 1998.

Abstract

This paper measures risks(TVaR) for three auto insurance coverages - individual, non-individual liabilities, and others - depending upon the guidelines of the Korea Financial Supervisory Service(FSS). To do this, we use Heckman and Meyers CRM with a dataset containing insurance policies and claim settlements of 9 auto insurance companies. In addition, we measure an aggregated risks of all coverages using Heckman and Meyers CRM.

We show that at the industry level, aggregated risks of all coverages amount to 839.3 billion KRW with the guidelines of the FSS. FSS requires to linearly add the risks for the three insurance coverages in measuring aggregated risks. However, the aggregated risks of the Heckman and Meyers CRM are measured to 822.1 billion KRW, down by 17.2 billion KRW in risks, as a result of a diversification effect. As such, We suggest our method in measuring aggregated risks of all coverages as insurers' optimal level of capital may be lower than the regulatory capital requirements required by the FSS.

※ **Key words:** CRM (collective risk model), RCM (risk capital multiplier), diversification effect, regulatory capital requirements

【부 록】

〈부록 표 1〉 연도별 보험사고건수 및 사고율(산업 전체)

(단위: 천 건)

보장내용		2002		2003		2004		2005		2006		2007			
		사고건수	사고율	사고건수	사고율	사고건수	사고율	사고건수	사고율	사고건수	사고율	사고건수	사고율		
개인용 대인	개인용	대인 I	33,819	0,04126	32,451	0,04250	36,527	0,04245	42,044	0,04558	45,081	0,04696	43,801	0,04660	
		대인 II	8,744	0,01226	8,362	0,01257	4,770	0,00951	6,457	0,00794	7,311	0,00865	7,859	0,00955	
	플러스 개인용	대인 I	3,343	0,04059	6,458	0,04254	3,533	0,04324	2,698	0,04610	1,804	0,04609	2,725	0,04361	
		대인 II	857	0,01054	1,671	0,01192	773	0,00945	440	0,00751	328	0,00837	520	0,00832	
비 개 인 용 대 인	업무용	대인 I	13,722	0,04415	14,181	0,04482	14,648	0,04310	16,048	0,04598	16,709	0,04670	16,281	0,04563	
		대인 II	3,828	0,01526	4,119	0,01599	2,255	0,01168	2,791	0,00966	3,023	0,01014	3,084	0,01034	
	영업용	대인 I	2,791	0,07962	2,873	0,07833	2,974	0,07939	3,300	0,08266	4,017	0,08842	4,068	0,08288	
		대인 II	1,064	0,03054	1,051	0,02889	598	0,02640	784	0,02002	940	0,02109	1,013	0,02107	
	이륜차	대인 I	767	0,01677	853	0,01966	1,125	0,02552	1,421	0,03090	1,632	0,03348	1,940	0,03648	
		대인 II	55	0,01230	75	0,01567	39	0,01186	57	0,01186	54	0,01109	66	0,01429	
	플러스 업무용	대인 I	571	0,04434	596	0,04427	528	0,04121	450	0,04535	275	0,04518	332	0,04209	
		대인 II	118	0,01420	138	0,01478	104	0,01139	55	0,00754	35	0,00864	72	0,00977	
	개 인 용	개인용	자기신체	4,320	0,00621	3,765	0,00576	2,807	0,00569	4,835	0,00601	5,027	0,00599	4,365	0,00535
			대물	63,208	0,08912	60,915	0,09154	47,094	0,08804	84,596	0,09149	90,808	0,09442	91,394	0,09693
자기차량			68,589	0,15205	61,198	0,14596	43,616	0,14632	79,264	0,15524	85,413	0,15992	83,070	0,16209	
무보험차			530	0,00078	573	0,00089	401	0,00082	572	0,00072	548	0,00066	574	0,00071	
플러스 개인용		자기신체	602	0,00742	932	0,00670	554	0,00679	390	0,00668	295	0,00753	477	0,00763	
		대물	7,055	0,08674	12,777	0,09108	7,204	0,08706	5,771	0,09724	3,896	0,09824	5,977	0,09506	
		자기차량	10,032	0,16337	15,030	0,15416	8,843	0,14726	6,435	0,15473	4,436	0,15654	6,782	0,15610	
		무보험차	42	0,00083	54	0,00085	47	0,00076	38	0,00094	26	0,00079	27	0,00064	
업무용		자기신체	1,401	0,00613	1,412	0,00597	903	0,00512	1,579	0,00586	1,524	0,00542	1,374	0,00488	
		대물	28,830	0,11568	29,351	0,11412	21,955	0,10071	36,706	0,10484	38,691	0,10791	39,652	0,11082	
		자기차량	15,719	0,11718	16,432	0,11787	11,475	0,11327	19,426	0,12315	19,885	0,12167	20,233	0,12536	
		무보험차	95	0,00047	118	0,00056	83	0,00055	103	0,00042	113	0,00045	108	0,00043	
플러스 업무용		자기신체	55	0,00722	58	0,00719	54	0,00729	46	0,00875	41	0,01108	36	0,00526	
		대물	1,367	0,10630	1,381	0,10232	1,016	0,10048	1,098	0,10986	679	0,11053	889	0,11041	
		자기차량	877	0,11318	852	0,10571	583	0,10228	631	0,10543	414	0,11399	546	0,11175	
		무보험차	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
영업용	자기신체	178	0,00794	222	0,00928	103	0,00652	212	0,00740	287	0,00856	293	0,00801		
	대물	5,268	0,15921	5,399	0,15682	3,389	0,15005	6,633	0,16776	7,796	0,17281	8,479	0,17450		
	자기차량	407	0,08153	527	0,08717	402	0,07542	712	0,08806	794	0,09088	780	0,10802		
	무보험차	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
이륜차	자기신체	6	0,05769	14	0,05109	26	0,07761	58	0,09077	34	0,04670	21	0,04357		
	대물	381	0,07079	492	0,08132	1,000	0,03335	2,661	0,05822	3,404	0,06978	4,105	0,07702		
	자기차량	-	-	27	0,18367	7	0,12281	24	0,12565	24	0,14546	51	0,26842		
	무보험차	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		

주: 사고율 = 보험사고건수 ÷ 보험계약건수

〈부록 표 2〉 연도별 보험사고 건당 손해액(산업 전체)

(단위: 원)

			2002	2003	2004	2005	2006	2007
개인용 대인	개인용	대인 I	2,690,795	2,588,518	2,600,815	2,616,306	2,440,052	2,511,358
		대인 II	4,574,565	4,663,955	4,402,515	5,110,732	5,060,867	4,707,978
	플러스 개인용	대인 I	2,393,060	2,477,547	2,490,801	2,446,256	2,549,889	2,495,412
		대인 II	4,200,700	4,368,641	4,398,447	4,090,909	3,963,414	4,038,461
비 개인용 대인	업무용	대인 I	3,279,405	3,102,743	3,003,823	3,240,279	3,052,247	2,886,800
		대인 II	5,747,126	4,855,547	5,321,507	6,449,301	5,954,349	5,512,321
	영업용	대인 I	4,299,534	4,176,818	4,034,969	3,939,393	3,734,129	3,687,315
		대인 II	7,706,766	7,802,093	7,859,531	7,397,959	7,021,276	6,120,434
	이륜차	대인 I	2,868,318	2,696,365	2,222,222	2,251,935	2,205,882	2,371,134
		대인 II	3,636,363	3,866,666	4,358,974	4,035,087	2,962,962	2,878,787
	플러스 업무용	대인 I	3,327,495	2,684,563	2,840,909	2,200,000	2,909,090	3,012,048
		대인 II	4,322,033	3,623,188	5,192,307	4,727,272	4,000,000	8,194,444
기 타	개인용	자기신체	1,967,592	2,071,713	1,959,387	2,275,077	2,586,035	2,268,041
		대물	743,576	738,734	1,082,940	1,418,506	1,431,591	1,531,829
		자기차량	1,035,151	1,045,785	1,008,804	1,059,749	1,065,411	1,095,461
		무보험차	6,415,094	6,806,282	7,730,673	6,468,531	9,306,569	6,445,993
	플러스 개인용	자기신체	2,990,033	3,648,068	3,429,602	4,102,564	2,677,966	3,354,297
		대물	722,891	696,564	1,041,088	1,507,537	1,591,375	1,656,349
		자기차량	996,810	1,064,537	972,520	963,480	1,014,427	1,105,868
		무보험차	6,190,476	7,407,407	4,255,319	7,631,578	15,769,230	6,666,666
	업무용	자기신체	2,426,837	2,691,218	2,325,581	2,533,248	3,149,606	2,983,988
		대물	867,152	885,830	1,275,335	1,661,853	1,705,823	1,765,358
		자기차량	1,208,728	1,277,994	1,220,043	1,338,412	1,307,518	1,383,877
		무보험차	12,631,578	16,949,152	6,867,469	8,058,252	5,132,743	12,037,037
	플러스 업무용	자기신체	4,909,090	5,344,827	2,962,962	8,478,260	7,560,975	4,722,222
		대물	731,528	796,524	1,181,102	1,457,194	1,620,029	1,799,775
		자기차량	1,014,823	1,056,338	1,029,159	1,156,893	1,207,729	1,245,421
	영업용	자기신체	3,932,584	2,702,702	1,844,660	3,066,037	2,160,278	2,286,689
		대물	1,404,707	1,444,711	2,065,506	2,412,181	2,437,147	2,476,707
		자기차량	2,407,862	1,366,223	1,592,039	1,334,269	1,511,335	1,282,051
		무보험차	-	-	-	-	-	-
	이륜차	자기신체	1,116,666	550,000	923,076	1,103,448	529,411	1,285,714
대물		498,687	589,430	720,000	864,336	998,824	1,096,224	
자기차량			366,666	314,285	350,000	408,333	411,764	
무보험차		-	-	-	-	-	-	

주: 건당 손해액 = 손해액 ÷ 보험사고건수

〈부록 표 3〉 연도별 손해율 및 손해율의 분산(산업 전체)

			2002	2003	2004	2005	2006	2007	Var [loss ratio] _i
개인용 대인	개인용	대인 I	0.73	0.74	0.71	0.77	0.70	0.66	0.00118
		대인 II	0.61	0.75	0.63	0.64	0.73	0.74	0.00332
	플러스 개인용	대인 I	0.71	0.76	0.73	0.75	0.74	0.60	0.00289
		대인 II	0.61	0.80	0.75	0.57	0.60	0.55	0.00882
비개인용 대인	업무용	대인 I	0.71	0.72	0.65	0.75	0.69	0.60	0.00242
		대인 II	0.71	0.69	0.63	0.68	0.67	0.63	0.00088
	영업용	대인 I	0.70	0.73	0.69	0.73	0.75	0.68	0.00062
		대인 II	0.72	0.71	0.75	0.55	0.62	0.56	0.00624
	이륜차	대인 I	0.69	0.75	0.86	0.98	0.92	0.88	0.00972
		대인 II	0.64	1.05	1.04	0.85	0.55	0.69	0.03712
	플러스 업무용	대인 I	0.89	0.72	0.67	0.54	0.68	0.59	0.01224
		대인 II	0.62	0.54	0.68	0.43	0.41	0.85	0.02284
기 타	개인용	자기신체	0.54	0.54	0.52	0.67	0.74	0.58	0.00641
		대물	0.85	0.83	1.07	1.39	1.36	1.26	0.05155
		자기차량	0.79	0.71	0.68	0.78	0.72	0.67	0.00209
		무보험차	0.51	0.70	0.81	0.61	0.82	0.60	0.01282
	플러스 개인용	자기신체	0.48	0.74	0.64	0.77	0.49	0.58	0.01255
		대물	0.86	0.79	1.06	1.75	1.71	1.36	0.14555
		자기차량	0.81	0.77	0.69	0.77	0.74	0.65	0.00288
		무보험차	0.51	0.76	0.48	1.15	1.97	0.53	0.28206
	업무용	자기신체	0.49	0.54	0.41	0.56	0.63	0.53	0.00448
		대물	0.87	0.82	1.04	1.26	1.31	1.24	0.03726
		자기차량	0.71	0.72	0.70	0.78	0.66	0.65	0.00182
		무보험차	0.66	1.38	0.61	0.59	0.38	0.83	0.09884
	플러스 업무용	자기신체	0.51	0.55	0.32	0.95	1.06	0.35	0.08038
		대물	0.90	0.81	1.13	1.36	1.43	1.34	0.05604
		자기차량	0.79	0.71	0.69	0.74	0.76	0.56	0.00544
	영업용	자기신체	0.69	0.65	0.32	0.67	0.58	0.57	0.01546
		대물	0.83	0.83	1.15	1.37	1.44	1.30	0.05995
		자기차량	0.68	0.63	0.85	0.73	0.82	0.60	0.00851
		무보험차	-	-	-	-	-	-	-
	이륜차	자기신체	0.58	0.18	0.40	0.57	0.17	0.44	0.02726
대물		0.93	1.08	0.62	0.76	2.27	2.23	0.45729	
자기차량			0.64	0.34	0.17	0.19	0.24	0.02970	
무보험차		-	-	-	-	-	-	-	

주: 1) 손해율 = 손해액 ÷ 수입보험료
 2) Var[loss ratio]_i은 연도별 손해율의 분산임.

〈부록 표 4〉 모수 추정 결과(보험회사1)

(단위: 건)

보장내용		연평균 사고율	\hat{v}_i	$\hat{\tau}_i$	$\hat{\lambda}_i$ (건)	\hat{c}_i	\hat{b}_i	
개인용 대인	개인용	대인 I	0.044818	2574679	6,767,570	126018.3	0.002412	0.001091
		대인 II	0.010448	4888542	24,657,656	26680	0.023599	0.002579
	플러스 개인용	대인 I						
		대인 II						
비개 인용 대인	업무용	대인 I	0.04784	3065529	8,774,964	46701.67	0.002774	0.002619
		대인 II	0.013024	5765109	25,219,040	10720	0.012948	0.019015
	영업용	대인 I	0.078903	4115890	11,090,537	12041.67	0.002792	0.000911
		대인 II	0.025133	6996933	26,191,602	3740	0.016701	0.009355
	이륜차	대인 I	0.028984	2334846	6,058,052	4086.667	0.046476	0.05019
		대인 II	0.020154	3369203	7,321,202	296	0.020352	0.167334
	플러스 업무용	대인 I	0.037802	2513833	4,732,864	868.3333	0.164316	0.031047
		대인 II						
기 타	개인용	자기신체	0.005853	2582644	9,224,966	14832	0.008611	0.026575
		대물	0.093833	813452.7	1,288,410	253336	0.029255	0.008452
		자기차량	0.153174	1054520	1,603,122	265892	0.013422	0.001634
		무보험차	0.000701	7560826	20,248,457	1750	0.009225	0.045212
	플러스 개인용	자기신체						
		대물						
		자기차량						
		무보험차						
	업무용	자기신체	0.005759	2751766	6,992,853	4578	0.012579	0.016528
		대물	0.115919	973000.1	1,555,635	104554	0.027872	0.007692
		자기차량	0.121069	1340370	2,477,902	59800	0.018951	0.004212
		무보험차	0.000492	9545946	23,853,721	376	0.062075	0.20398
	플러스 업무용	자기신체						
		대물	0.10641	789676.9	1,174,734	2062	0.070353	0.005681
		자기차량	0.10462	1080307	1,341,641	1408	0.033743	0.018098
	영업용	자기신체	0.007658	3445239	9,005,554	794	0.030949	0.067006
		대물	0.167456	1516779	2,619,160	25108	0.005828	0.002822
		자기차량	0.10446	1688947	2,984,962	2216	0.028197	0.08558
		무보험차						
	이륜차	자기신체	0.035975	770976.6	892,188	54	0.095408	0.075381
대물		0.081975	602268.8	839,047	6758	0.07027	0.014445	
자기차량								
무보험차								

- 주: 1) \hat{v}_i , $\hat{\tau}_i^2$, $\hat{\lambda}_i$ 는 연도별 평균을 이용하였음.
 2) $Var[loss\ ratio]_i$ 는 관찰기간 동안 연도별 손해율의 분산을 의미함.
 3) 보장내용 i 의 건당손해액의 표본평균(\hat{v}_i)과 표본분산($\hat{\tau}_i^2$)은 표본이 로그정규분포를 따른다는 가정 하에 계산되었음.
 4) \hat{c}_i 는 보험사고 건수의 불확실성모수 추정치, \hat{b}_i 는 건당보험금의 불확실성모수 추정치, $\hat{\lambda}_i$ 는 보험사고건수 추정치임.

〈부록 표 5〉 모수 추정 결과(보험회사2)

(단위: 건)

보장내용		연평균 사고율	\hat{v}_i	$\hat{\tau}_i$	$\hat{\lambda}_i(\text{건})$	\hat{c}_i	\hat{b}_i	
개인용 대인	개인용	대인 I	0.044601	2472781	6,457,554	61996.67	0.000664	0.00174
		대인 II	0.009327	5060593	24,979,992	10923.33	0.01126	0.012919
	플러스 개인용	대인 I	0.039614	2542745	6,300,794	4748.333	0.014786	0.005886
		대인 II	0.00835	4778996	13,527,749	1023.333	0.012603	0.115325
비개 인용 대인	업무용	대인 I	0.045402	2979279	9,316,652	24303.33	0.002327	0.001586
		대인 II	0.011542	6063530	24,637,370	4871.667	0.022569	0.035661
	영업용	대인 I	0.079132	3716791	11,445,523	3468.333	0.015749	0.026333
		대인 II	0.021478	9311310	32,403,703	920	0.015446	0.293244
	이륜차	대인 I	0.027647	2655021	8,567,380	2423.333	0.046553	0.01327
		대인 II						
	플러스 업무용	대인 I	0.046798	2496835	4,074,310	625	0.022406	0.067228
		대인 II	0.011299	5547424	11,224,972	156.6667	0.07462	0.605204
기 타	개인용	자기신체	0.006074	1997437	5,366,563	7140	0.012097	0.021576
		대물	0.092598	1332492	2,068,816	122520	0.018332	0.151216
		자기차량	0.15812	1040055	1,618,641	116250	0.004321	0.001712
		무보험차	0.000764	9134801	27,784,888	886.6667	0.018281	0.339786
	플러스 개인용	자기신체	0.007429	3781181	8,461,678	883.3333	0.018069	0.214365
		대물	0.087375	1127453	1,860,108	10413.33	0.062743	0.221978
		자기차량	0.156982	1014280	1,621,727	13550	0.031144	0.006793
		무보험차	0.000758	5951668	11,832,160	93.33334	0.066808	0.587434
	업무용	자기신체	0.005657	3020348	7,874,008	2361.667	0.016372	0.027682
		대물	0.109937	1567796	2,366,432	54776.67	0.013593	0.143388
		자기차량	0.122987	1255476	1,997,498	29788.33	0.006378	0.00112
		무보험차	0.000468	1.31E+07	29,325,757	188.3333	0.007535	1.323377
	플러스 업무용	자기신체	0.009334	5515494	8,252,272	125	0.06012	0.574511
		대물	0.107033	1151997	1,503,330	1418.333	0.036568	0.14445
		자기차량	0.113865	1078712	1,555,635	955	0.049935	0.010154
	영업용	자기신체	0.007831	2892811	5,630,275	263.3333	0.053007	0.214241
대물		0.157098	2005871	3,209,361	6723.333	0.001542	0.129783	
자기차량		0.149384	1055644	1,600,000	1415	0.07667	0.010258	
무보험차								
이륜차	자기신체							
	대물	0.078817	1142001	1,516,575	4340	0.199831	0.094864	
	자기차량							
무보험차								

(부록 표 6) 모수 추정 결과(보험회사3)

(단위: 건)

보장내용		연평균 사고율	\hat{v}_i	$\hat{\tau}_i$	$\hat{\lambda}_i$ (건)	\hat{c}_i	\hat{b}_i	
개인용 대인	개인용	대인 I	0.0441	2617574	6,774,954	52320	0.003076	0.002724
		대인 II	0.009679	4462695	15,937,377	10040	0.028198	0.044052
	플러스 개인용	대인 I	0.039161	2304207	4,816,638	3536	0.010016	0.013079
		대인 II	0.007709	4097707	11,135,529	704	0.073715	0.123262
비개 인용 대인	업무용	대인 I	0.045445	3291107	9,528,903	20911.67	0.003271	0.004962
		대인 II	0.012238	6054642	22,715,633	4505	0.025921	0.036919
	영업용	대인 I	0.081568	4089504	10,583,005	2431,667	0.029067	0.045771
		대인 II	0.025482	8174218	23,727,621	708,3333	0.004534	0.32044
	이륜차	대인 I	0.03287	2163706	4,837,355	2180	0.052546	0.019562
		대인 II	0.015228	3507851	4,774,935	155	0.03734	0.019012
	플러스 업무용	대인 I	0.042108	3099617	6,648,308	523,3333	0.015928	0.087774
		대인 II	0.00973	6080821	15,748,016	125	0.052006	0.599465
기 타	개인용	자기신체	0.006241	2179951	7,641,989	6418,333	0.007935	0.021418
		대물	0.090824	1326573	2,051,828	102298.3	0.014435	0.13107
		자기차량	0.156716	1079938	1,603,122	98225	0.00832	0.001503
		무보험차	0.000958	7490935	23,388,031	968,3333	0.016815	0.057071
	플러스 개인용	자기신체	0.007288	4872505	16,492,423	716	0.109504	0.17471
		대물	0.085169	1269273	1,949,359	7576	0.03438	0.197904
		자기차량	0.156314	1088430	1,732,051	9486	0.019579	0.012455
		무보험차	0.000933	5532144	10,049,876	60	0.400694	1.4498
	업무용	자기신체	0.005524	2849484	7,661,593	1961,667	0.021803	0.025831
		대물	0.110458	1621175	2,433,105	46861.67	0.024565	0.119149
		자기차량	0.121367	1340350	2,227,106	24196.67	0.012822	0.004804
		무보험차	0.000501	9290105	19,974,984	171,6667	0.078605	0.411767
	플러스 업무용	자기신체	0.008889	3673991	5,890,671	100	0.079097	0.825707
		대물	0.105532	1491283	2,345,208	1301,667	0.034167	0.149932
		자기차량	0.114104	1159401	1,584,298	881,6667	0.036178	0.035006
	영업용	자기신체	0.010135	1598767	2,473,863	203,3333	0.119438	0.195722
		대물	0.161923	2625710	4,404,543	4716,667	0.020915	0.080291
		자기차량	0.097495	1816481	3,143,247	326,6667	0.073181	0.057213
		무보험차						
	이륜차	자기신체	0.075287	955233.8	2,056,696	264	0.038737	0.155858
대물		0.077258	1045152	1,466,288	3628,333	0.163841	0.042157	
자기차량		0.169202	387693.3	368,782	266	0.399211	0.006075	
무보험차								

(부록 표 7) 모수 추정 결과(보험회사4)

(단위: 건)

보장내용		연평균 사고율	\hat{v}_i	$\hat{\tau}_i$	$\hat{\lambda}_i(\text{건})$	\hat{c}_i	\hat{b}_i	
개인용 대인	개인용	대인 I	0.044102	2588807	6,774,954	46788.33	0.00254	0.000706
		대인 II	0.010286	4882423	18,220,867	9151.667	0.016869	0.011153
	플러스 개인용	대인 I	0.045294	2549004	6,024,948	13505	0.012772	0.000826
		대인 II	0.009784	4107179	15,033,296	3013.333	0.040523	0.01564
비 개 인 용 대 인	업무용	대인 I	0.040957	2982131	7,874,008	22196.67	0.00345	0.009808
		대인 II	0.010914	5093561	17,204,651	4876.667	0.006731	0.040513
	영업용	대인 I	0.093234	3649647	8,843,076	7236.667	0.007265	0.028469
		대인 II	0.024758	6535217	24,083,189	1823.333	0.025062	0.03916
	이륜차	대인 I	0.022438	2335881	5,974,948	1913.333	0.033085	0.012984
		대인 II	0.006509	3976079	6,496,153	128.3333	0.06216	0.43421
	플러스 업무용	대인 I	0.043535	2806971	5,291,503	1316.667	0.023561	0.016176
		대인 II	0.010802	5412355	11,575,837	356.6667	0.074123	0.403816
기 타	개인용	자기신체	0.005834	2082665	6,074,537	5185	0.013996	0.008451
		대물	0.091952	1361438	2,179,449	93325	0.009992	0.097601
		자기차량	0.155321	1041841	1,794,436	80161.66	0.007286	0.000632
		무보험차	0.000896	6273508	15,198,684	785	0.068971	0.124049
		플러스 개인용	자기신체	0.007074	3400024	10,862,780	2116.667	0.012672
	플러스 개인용	대물	0.095097	1095432	1,652,271	28053.33	0.011734	0.118397
		자기차량	0.156475	991136.8	1,469,694	35903.33	0.00773	0.000364
		무보험차	0.000775	8339495	19,364,917	246.6667	0.135683	0.394211
	업무용	자기신체	0.005324	2824314	7,042,727	1998.333	0.023059	0.018041
		대물	0.101889	1544546	2,236,068	51806.67	0.012407	0.111808
		자기차량	0.117878	1235282	1,923,538	26323.33	0.005384	0.001149
		무보험차	0.00046	1.08E+07	16,733,201	161.6667	0.088395	0.415175
	플러스 업무용	자기신체	0.006528	7005687	14,560,220	195	0.113207	0.265501
		대물	0.106366	1175793	1,523,155	3175	0.033661	0.192455
	영업용	자기차량	0.105765	1031256	1,208,305	1731.667	0.019906	0.009683
		자기신체	0.009319	1928032	4,582,576	565	0.063314	0.025444
		대물	0.172391	2323516	3,535,534	13280	0.006934	0.07187
		자기차량	0.082221	1541245	2,698,148	1228.333	0.054632	0.039256
	이륜차	무보험차						
		자기신체						
		대물	0.050576	991910.6	1,195,826	3156.667	0.161515	0.061372
		자기차량						
	무보험차							

(부록 표 8) 모수 추정 결과(보험회사5)

(단위: 건)

보장내용		연평균 사고율	\hat{v}_i	$\hat{\tau}_i$	$\hat{\lambda}_i$ (건)	\hat{c}_i	\hat{b}_i	
개인용 대인	개인용	대인 I	0.040702	2534592	6,496,153	26046.67	0.007495	0.005314
		대인 II	0.010562	4621462	18,439,089	4666.667	0.0132	0.189204
	플러스 개인용	대인 I	0.041004	2514431	7,375,636	7421.667	0.060465	0.004089
		대인 II	0.010512	4090491	17,776,389	1781.667	0.035528	0.116221
비 개 인 용 대 인	업무용	대인 I	0.040967	3216660	10,246,951	12176.67	0.003774	0.006831
		대인 II	0.012553	6467244	33,466,401	2773.333	0.008228	0.138015
	영업용	대인 I	0.0796	4542685	11,224,972	3375	0.002432	0.017355
		대인 II	0.026473	6503613	19,544,820	1121.667	0.015655	0.064164
	이륜차	대인 I	0.027278	2257516	5,848,077	1118.333	0.065291	0.040707
		대인 II						
	플러스 업무용	대인 I	0.044347	2903796	6,066,300	416.6667	0.021822	0.012821
		대인 II	0.010374	2161103	3,435,113	124	0.123008	0.675005
기 타	개인용	자기신체	0.006731	2859913	13,747,727	3013.333	0.022603	0.18084
		대물	0.090409	1417571	2,102,380	50966.67	0.002924	0.067683
		자기차량	0.153674	1082803	1,827,567	45233.33	0.007667	0.002805
		무보험차	0.00076	6613506	16,031,220	321.6667	0.050765	0.509404
	플러스 개인용	자기신체	0.006886	2469176	7,661,593	1005	0.077269	0.093876
		대물	0.089054	867423.1	1,280,625	14843.33	0.025079	0.325383
		자기차량	0.149345	1066756	1,618,641	16015	0.017143	0.000954
		무보험차						
	업무용	자기신체	0.005753	2502712	6,473,021	1193.333	0.013068	0.054163
		대물	0.104618	1546851	2,273,763	27440	0.012183	0.119485
		자기차량	0.117448	1338292	2,601,922	13136.67	0.007031	0.004022
		무보험차	0.000431	1.27E+07	21,977,261	83.33334	0.193348	0.523548
	플러스 업무용	자기신체	0.011995	3965030	4,560,702	63.33333	0.954238	0.539317
		대물	0.121239	1351845	1,881,489	1070	0.051542	0.123909
		자기차량	0.10975	1132949	1,326,650	655	0.028447	0.046698
	영업용	자기신체	0.005923	2902515	5,157,519	145	0.193632	0.197947
		대물	0.158178	2691183	4,086,563	6541.667	0.003881	0.115345
		자기차량	0.105368	2019900	3,492,850	565	0.047168	0.54103
		무보험차						
	이륜차	자기신체						
대물		0.072008	1093010	1,590,597	1706.667	0.124181	0.067022	
자기차량								
무보험차								

〈부록 표 9〉 모수 추정 결과(보험회사6)

(단위: 건)

보장내용		연평균 사고율	\hat{v}_i	$\hat{\tau}_i$	$\hat{\lambda}_i$ (건)	\hat{c}_i	\hat{b}_i	
개인용 대인	개인용	대인 I	0.043169	2492103	6,292,853	20386.67	0.001223	0.004145
		대인 II	0.009491	4989421	21,702,534	3986.667	0.010667	0.049412
	플러스 개인용	대인 I	0.043261	2162844	3,478,505	1128.333	0.019695	0.035174
		대인 II	0.009359	3097700	8,209,750	255	0.089688	0.241121
비 개 인 용 대 인	업무용	대인 I	0.044572	3066037	9,332,738	6813.333	0.00127	0.031315
		대인 II	0.0121	5541732	20,074,860	1523.333	0.015094	0.117683
	영업용	대인 I	0.070311	4029065	10,148,892	1871.667	0.01436	0.026089
		대인 II	0.021149	9804529	27,404,379	543.3333	0.054788	0.389932
	이륜차	대인 I	0.020912	2595495	6,041,523	748.3333	0.091959	0.032028
		대인 II	0.017115	3653452	4,806,246	46.66667	0.078615	0.317173
	플러스 업무용	대인 I	0.034113	3247956	5,744,563	151.6667	0.044208	0.368454
		대인 II						
기 타	개인용	자기신체	0.005177	1777472	4,939,636	2150	0.038309	0.03045
		대물	0.090062	1345954	2,014,944	40456.67	0.045305	0.114199
		자기차량	0.143799	1042114	1,503,330	38490	0.007122	0.000183
		무보험차	0.000548	6209261	10,954,451	226.6667	0.080471	0.104756
	플러스 개인용	자기신체	0.007991	2368737	4,582,576	225	0.007901	0.237139
		대물	0.091515	1091908	1,805,547	2421.667	0.048485	0.121905
		자기차량	0.155269	1013861	1,606,238	3245	0.005171	0.004396
		무보험차						
	업무용	자기신체	0.005282	1857162	3,255,764	611.6667	0.032487	0.006202
		대물	0.10699	1564248	2,402,082	14988.33	0.053321	0.126081
		자기차량	0.111647	1324074	2,111,871	7643.333	0.00609	0.002268
		무보험차	0.000565	7199831	10,295,630	61.66667	0.309918	0.500635
	플러스 업무용	자기신체						
		대물	0.105412	1111318	1,183,216	458.3333	0.103727	0.176959
		자기차량	0.10175	1292620	1,688,194	276.6667	0.026181	0.055652
	영업용	자기신체	0.005826	4605376	7,655,064	105	0.102044	0.589547
대물		0.152473	2767584	4,098,780	3936.667	0.039087	0.122194	
자기차량		0.107631	2582701	3,376,389	208.3333	0.210712	1.372328	
무보험차								
이륜차	자기신체							
	대물	0.052472	1161640	1,749,286	1055	0.152956	0.054449	
	자기차량							
무보험차								

〈부록 표 10〉 모수 추정 결과(보험회사)

(단위: 건)

보장내용		연평균 사고율	\hat{v}_i	$\hat{\tau}_i$	$\hat{\lambda}_i$ (건)	\hat{c}_i	\hat{b}_i	
개인용 대인	개인용	대인 I	0.045583	2763146	7,867,655	20468.33	0.001937	0.005955
		대인 II	0.011538	5674294	25,903,668	4365	0.008607	0.070812
	플러스 개인용	대인 I	0.039407	2752571	5,639,149	1053.333	0.009043	0.086758
		대인 II	0.006873	9191497	25,298,221	216.6667	0.156415	0.369694
비 개인용 대인	업무용	대인 I	0.045368	3265656	12,409,674	9861.667	0.006894	0.014097
		대인 II	0.012043	5696452	25,632,011	2088.333	0.019145	0.043883
	영업용	대인 I	0.084613	3954783	8,706,320	1258.333	0.064473	0.013969
		대인 II	0.025051	5959782	14,035,669	346.6667	0.02754	0.170742
	이륜차	대인 I	0.022852	2533847	4,301,163	231.6667	0.121968	0.099119
		대인 II						
	플러스 업무용	대인 I	0.043336	4041451	6,603,030	224	0.010744	0.312666
		대인 II						
기 타	개인용	자기신체	0.005925	1693371	4,701,064	2110	0.028871	0.06507
		대물	0.093056	1310691	1,979,899	37973.33	0.05222	0.150658
		자기차량	0.15687	1139807	1,667,333	34026.67	0.00607	0.001475
		무보험차	0.000718	7150204	14,422,205	258.3333	0.017951	0.516469
	플러스 개인용	자기신체	0.006899	6066364	10,862,780	188.3333	0	0.758927
		대물	0.083485	1108051	1,649,242	2211.667	0.062127	0.19605
		자기차량	0.142144	1124966	2,100,000	2788.333	0.018319	0.012451
		무보험차						
	업무용	자기신체	0.005965	2355633	5,787,918	898.3333	0.080516	0.03539
		대물	0.106299	1607277	2,258,318	20848.33	0.063689	0.144897
		자기차량	0.119088	1372705	2,174,856	9905	0.003772	0.004192
		무보험차	0.000374	8859575	12,806,248	53.33333	0.048471	2.066455
	플러스 업무용	자기신체						
		대물	0.096422	1168730	1,352,775	441.6667	0.10325	0.08724
		자기차량	0.080513	1245618	1,280,625	245	0.236912	0.099278
	영업용	자기신체	0.009014	2164693	4,242,641	115	0.189908	1.130964
대물		0.157965	2370611	3,646,917	2321.667	0.02872	0.081655	
자기차량		0.052267	1167534	1,783,255	166.6667	0.0333	0.103269	
무보험차								
이륜차	자기신체							
	대물	0.050952	948936.1	1,019,804	328.3333	0.463342	0.174637	
	자기차량							
	무보험차							

<부록 표 11> 모수 추정 결과(보험회사8)

(단위: 건)

보장내용		연평균 사고율	\hat{v}_i	$\hat{\tau}_i$	$\hat{\lambda}_i(\text{건})$	\hat{c}_i	\hat{b}_i	
개인용 대인	개인용	대인 I	0.044743	2596777	6,442,049	11845	0.001384	0.009683
		대인 II	0.01134	4766270	18,493,242	2463,333	0.024507	0.046919
	플러스 개인용	대인 I	0.046375	2383451	5,272,571	3465	0.007666	0.00598
		대인 II	0.010992	3652083	11,489,125	771,6667	0	0.334613
비 개인용 대인	업무용	대인 I	0.042908	3384479	8,508,819	4758,333	0.001488	0.027962
		대인 II	0.013955	5009806	16,763,055	1183,333	0.010066	0.033751
	영업용	대인 I	0.080268	3724853	10,000,000	1688,333	0.022628	0.089357
		대인 II	0.02548	6837146	20,124,612	503,3333	0.035624	0.32351
	이륜차	대인 I	0.019534	2504485	3,847,077	195	0.090648	0.280089
		대인 II						
플러스 업무용	대인 I	0.044204	2977653	4,878,524	498,3333	0.010356	0.503548	
	대인 II	0.012176	3720638	6,016,644	128,3333	0.070299	0.232442	
기 타	개인용	자기신체	0.006005	1668728	4,159,327	1270	0.018257	0.046408
		대물	0.090089	1386257	2,076,054	22255	0.006055	0.111586
		자기차량	0.153998	1097465	1,519,868	19270	0.005461	0.000823
		무보험차	0.000596	4042033	7,183,314	125	0.167371	0.467573
	플러스 개인용	자기신체	0.006204	1974476	3,492,850	401,6667	0.068279	0.091362
		대물	0.09442	1263625	1,808,314	6876,667	0.022986	0.119308
		자기차량	0.145995	1013084	1,428,286	6523,333	0.009871	0.010024
		무보험차						
	업무용	자기신체	0.005282	2456410	4,219,005	425	0.028262	0.135039
		대물	0.104381	1623594	2,500,000	10436,67	0.018715	0.114327
		자기차량	0.115486	1274353	1,667,333	4795	0.003846	0.004044
		무보험차						
	플러스 업무용	자기신체						
		대물	0.099513	1330157	1,757,840	1133,333	0.044419	0.237413
		자기차량	0.101597	1129189	1,307,670	586,6667	0.055603	0.03233
	영업용	자기신체	0.007284	1123967	1,157,584	100	0.125232	2.098814
대물		0.162596	2370103	3,674,235	3163,333	0.022333	0.081309	
자기차량		0.028834	922231,4	1,637,071	280	0.234528	0.165352	
무보험차								
이륜차	자기신체							
	대물	0.051236	1139028	1,435,270	225	0.261153	0.085624	
	자기차량							
	무보험차							

〈부록 표 12〉 모수 추정 결과(보험회사9)

(단위: 건)

보장내용		연평균 사고율	\hat{v}_i	$\hat{\tau}_i$	$\hat{\lambda}_i(\text{건})$	\hat{c}_i	\hat{b}_i	
개인용 대인	개인용	대인 I	0.043701	2389418	5,403,702	23668.33	0.013658	0.002611
		대인 II	0.009923	3028201	9,449,868	4675	0.014802	0.006444
	플러스 개인용	대인 I						
		대인 II						
비개 인용 대인	업무용	대인 I	0.052274	2623839	5,890,671	4925	0.005229	0.015689
		대인 II	0.013415	3319546	9,607,289	1078.333	0.046381	0.091018
	영업용	대인 I						
		대인 II						
	이륜차	대인 I						
		대인 II						
	플러스 업무용	대인 I						
		대인 II						
기 타	개인용	자기신체	0.004448	1572870	3,924,283	2218.333	0.076925	0.032974
		대물	0.091991	1404170	2,116,601	49116.67	0.022502	0.091481
		자기차량	0.145999	999210.6	1,493,318	48683.33	0.00508	0.002429
		무보험차	0.000656	4188508	8,384,510	300	0.092273	0.052386
	플러스 개인용	자기신체						
		대물						
		자기차량						
		무보험차						
	업무용	자기신체	0.005067	1993524	4,427,189	390	0.029377	0.06806
		대물	0.120303	1561478	2,227,106	11021.67	0.032817	0.088899
		자기차량	0.125455	1252833	1,811,077	6328.333	0.009319	0.004904
		무보험차						
	플러스 업무용	자기신체						
		대물						
	영업용	자기신체						
		대물						
자기차량								
무보험차								
이륜차	자기신체							
	대물							
	자기차량							
	무보험차							

〈부록 표 13〉 리스크 계수 추정결과($\hat{c}_i = 0, \hat{b}_i$)

(단위: 억 원)

구분		개인용 대인		비개인용 대인		기타		TVaR 계	통합추정	
회사	모형	TVaR	리스크 계수	TVaR	리스크 계수	TVaR	리스크 계수		TVaR	리스크 계수
회사1	시뮬레이션	504	0.10783	360	0.22496	966	0.22614	1,830	1,830	0.19079
	공분산 행렬	505	0.11043	361	0.23023	967	0.22710	1,833	1,830	0.19044
회사2	시뮬레이션	271	0.20089	190	0.43150	935	0.90075	1,396	1,370	0.62032
	공분산 행렬	271	0.19970	186	0.40260	954	0.93579	1,411	1,390	0.62851
회사3	시뮬레이션	250	0.29831	175	0.46668	763	0.80455	1,188	1,180	0.60384
	공분산 행렬	248	0.28800	174	0.45938	772	0.82334	1,194	1,180	0.60851
회사4	시뮬레이션	243	0.14243	205	0.46208	809	0.73523	1,257	1,240	0.52197
	공분산 행렬	243	0.14366	206	0.47450	806	0.73036	1,255	1,240	0.51511
회사5	시뮬레이션	173	0.52237	133	0.58552	455	0.80418	761	760	0.69128
	공분산 행렬	171	0.50476	132	0.57605	463	0.83818	766	763	0.69740
회사6	시뮬레이션	100	0.35462	86	0.90834	279	0.78761	464	472	0.71877
	공분산 행렬	100	0.35921	88	0.95269	280	0.79880	468	464	0.9094
회사7	시뮬레이션	130	0.50510	80	0.51740	307	0.94875	517	513	0.73938
	공분산 행렬	128	0.48521	80	0.52644	309	0.96368	517	513	0.73094
회사8	시뮬레이션	79	0.47665	66	0.93966	192	0.82899	337	337	0.74998
	공분산 행렬	79	0.46758	67	0.96425	194	0.84202	340	337	0.74876
회사9	시뮬레이션	83	0.16682	25	0.52473	247	0.66491	355	353	0.49906
	공분산 행렬	83	0.16880	25	0.53744	249	0.67715	357	352	0.49689
산업 계	시뮬레이션	1,832	0.23444	1,320	0.43769	4,953	0.65819	8,105	8,055	0.49554
	공분산 행렬	1,827	0.23011	1,319	0.44071	4,994	0.67191	8,141	8,069	0.49675

주: 시뮬레이션 반복 횟수는 10,000회임.

〈부록 표 14〉 리스크 계수 추정결과($\hat{c}_i, \hat{b}_i = 0$)

(단위: 억 원)

구분		개인용 대인		비개인용 대인		기타		TVaR 계	통합추정	
회사	모형	TVaR	리스크 계수	TVaR	리스크 계수	TVaR	리스크 계수		TVaR	리스크 계수
회사1	시뮬레이션	530	0.16411	327	0.11350	935	0.18742	1,792	1,710	0.11034
	공분산 행렬	529	0.16306	327	0.11489	938	0.19114	1,794	1,700	0.10835
회사2	시뮬레이션	248	0.10093	151	0.13925	568	0.15255	967	930	0.09351
	공분산 행렬	248	0.09766	151	0.14319	567	0.15097	966	929	0.09193
회사3	시뮬레이션	223	0.15757	138	0.15699	487	0.14958	848	809	0.10007
	공분산 행렬	224	0.16260	138	0.15881	489	0.15495	851	809	0.09992
회사4	시뮬레이션	241	0.13111	156	0.11513	516	0.10750	913	879	0.07463
	공분산 행렬	241	0.13187	156	0.11705	517	0.10978	914	878	0.07278
회사5	시뮬레이션	137	0.20426	96	0.14717	275	0.09351	508	482	0.07352
	공분산 행렬	137	0.20661	95	0.13444	276	0.09438	508	484	0.07634
회사6	시뮬레이션	84	0.12947	52	0.16274	196	0.26298	332	316	0.15073
	공분산 행렬	83	0.12290	52	0.16065	195	0.25606	330	314	0.14577
회사7	시뮬레이션	98	0.13595	64	0.21108	202	0.28063	364	342	0.15483
	공분산 행렬	98	0.13412	64	0.21266	201	0.27521	363	341	0.14982
회사8	시뮬레이션	61	0.14364	40	0.15392	117	0.11483	218	207	0.07536
	공분산 행렬	61	0.13837	39	0.15105	117	0.11271	217	208	0.07579
회사9	시뮬레이션	91	0.28695	20	0.23498	182	0.22417	294	274	0.16291
	공분산 행렬	91	0.29181	20	0.23665	182	0.22488	294	274	0.16254
산업 계	시뮬레이션	1,713	0.15300	1,044	0.13840	3,478	0.16399	6,235	5,949	0.10330
	공분산 행렬	1,712	0.15262	1,043	0.13846	3,482	0.16572	6,237	5,937	0.10128