

선형혼합효과모형을 이용한 자동차보험 사고유형별 손해액 탄력성 분석*

Analysis of the Elasticity of Loss Amount by Accident Types using Linear Mixed Effect Model

강 기 훈** · 기 승 도***

Kee-Hoon Kang · Seung-do Ki

자동차보험 손해액의 증가는 자동차보험사고로 인한 사회적 비용 증가로 이어져 국민후생에 부정적 영향을 미치며, 손해보험회사는 자동차보험료 인상압력에 직면하게 된다. 자동차보험의 사회보험적 성격으로 보험료 인상압력에 직면하더라도 손해보험회사가 보험료를 인상하기가 쉽지 않다. 따라서 보험료 인상에 대한 소비자의 불만을 줄이고, 자동차사고로 인한 사회적 비용을 경감시키는 가장 좋은 방법은 자동차사고를 줄이는 것이다. 자동차사고를 줄이기 위해서는 사고원인을 분석하거나, 사고를 줄이는 노력이 어느 부분에 집중되는 것이 효과적인가 등 다양한 측면의 분석이 선행되어야 한다. 본 논문에서는 이러한 여러 분석방향 중에서 자동차사고를 줄이는 노력을 어느 부분에 집중하는 것이 더 효율적인지에 관해 다루고자 한다. 즉, 사고유형별로 손해액의 증감에 미치는 영향에 차이가 있을 것이며, 그 차이를 규명함으로써 자동차사고를 줄일 수 있는 구체적인 방안을 찾아낼 수 있을 것이라는 것이 본 연구의 아이디어이다. 이를 위해서 선형혼합효과모형을 이용하여 사고유형과 손해액의 관계를 확인하였다. 분석결과 소형사고인 부상자수 및 분손사고 건수가 가장 탄력성이 높다는 것을 발견하였다. 따라서 자동차보험에서 소형사고를 줄이는 방안으로 '물적사고 할증기준' 과 '가해자불명 자기차량손해사고 할인할증제도' 의 개선을 제안하였다.

국문 색인어: 부상자수, 분손사고건수, 선형혼합효과모형

한국연구재단 분류 연구분야코드: B051605

* 이 논문은 2010년 한국외국어대학교 학술연구비 지원에 의해 이루어졌습니다.

** 한국외국어대학교 통계학과 교수(khkang@hufs.ac.kr), 주저자

*** 보험연구원 전문연구위원(kaebi@kiri.or.kr), 교신저자

논문 투고일: 2010. 09. 01, 논문 최종 수정일: 2011. 02. 14, 논문 게재 확정일: 2011. 02. 22

I. 서론¹⁾

자동차보험료 인상여부는 언제나 논란의 대상이 되고 있다. 이는 손해율이 악화될 만큼 보험료를 올리려는 보험회사와 자동차보험료를 어쩔 수 없이 내야 하는 조세²⁾로 생각하는 국민의 입장 차이가 충돌하기 때문이다. 손해율이 개선되어 자동차보험료가 유지되거나 인하되지 않는 한 자동차보험료를 둘러싼 이러한 논란은 향후에도 지속될 것으로 생각된다.

자동차보험료 인상여부가 사회적으로 논란거리가 되지 않기 위해서는 자동차보험료 인상여부에 대한 국민의 태도 변화, 자동차보험의 부가가치를 높일 수 있는 자동차보험상품개발, 자동차사고 감소를 유도하는 자동차보험제도 개선, 자동차사고 자체를 줄이기 위한 국가차원의 노력 등이 함께 이루어져야 할 것이다. 이러한 모든 노력 중에서 자동차사고율(또는 자동차사고건수)을 경감시키는 노력은 매우 중요한 문제이다. 사고가 있음(사고가 존재함)으로 해서 관련된 모든 문제들이 발생하기 때문이다.

자동차사고의 심각성을 살펴보기 위하여 <표 1>에 제시된 자동차사고로 인한 사회적 비용을 보면, FY2007 기준으로 연간 15조 수준의 사회적 비용이 발생하

1) 본 논문에서는 '자동차사고'라는 용어와 '자동차보험사고'라는 용어가 혼재되어 사용되고 있다. 일반적으로 자동차사고는 경찰청에 신고된 사고를 의미하는데 자동차보험사고는 보험회사에 신고된 사고를 의미한다. 경찰청에 신고된 사고 중에서 자동차보험사고가 아닌 경우가 없는 반면 자동차보험사고이면서 경찰청에 신고되지 않은 사고는 매우 많다. 왜냐하면 경미한 사고의 경우에는 경찰에 신고하지 않고 보험회사 보상직원을 통해서 모두 처리되기 때문이다. 반면에 경찰청에 신고된 자동차사고는 경찰청 신고없이 보험만으로 처리할 수 없는 사고, 즉 사고당사자간 분쟁이 발생한 자동차사고가 대부분이다. 경찰청에 신고된 사고는 주로 대형사고 또는 분쟁이 있는 사고이며 보험사고에서처럼 소형사고 및 대형사고가 모두 포함된 사고가 아니다. 따라서 실제 자동차사고로 인한 사회적 비용은 대형사고와 소형사고가 모두 포함된(또는 분쟁이 있는 사고와 분쟁이 없는 사고가 모두 포함된) 자동차보험사고를 기준으로 판단하여야 더 정확하다고 판단된다. 이에 본 논문에서 자동차사고라는 용어와 자동차보험사고라는 용어를 혼용하여 사용하지만 기본적으로 자동차보험사고를 의미한다. 본 논문에서 주안점을 둔 사고가 자동차보험사고이고, 실제 분석에 사용된 통계가 자동차보험사고 통계이므로 본 논문의 후반부분에서 검토한 자동차사고로 인한 사회적 비용을 야기할 수 있는 제도 검토 부분도 자동차보험제도로 한정하였다.

2) 자동차보험이 의무보험이므로 강제 가입하여야 한다는 인식에 따라 형성된 자동차 보험료의 이미지로 회자되는 표현이며, 자동차 보험료와 조세에는 실제 운영측면, 기능측면에서 큰 차이점이 있다.

였고, 이는 GDP의 1.61% 수준에 이르는 것으로 분석되었다. 자동차사고로 인한 사회적 비용 구성 항목에서는 직접비용이 전체 사회적 비용의 약 88%에 이르는 것으로 분석되었다.

〈표 1〉 자동차사고로 인한 사회적 비용

(단위: 10억원)

구 분	직접비용			간접비용	합계 (A)	GDP (B)	GDP 대비 사회비용
	사고 보상금	보험 운영비용	소계	국민생산 감소액			
개인용	5,523	1,832	7,355	1,138	8,493		
업무용	2,810	747	3,556	421	3,978		
영업용	953	167	1,120	106	1,226	-	-
기타	361	458	820	25	844		
합계	9,647	3,204	12,851	1,690	14,542	901,189	1.61%

자료: 기승도(2009), p.65

자동차사고로 인한 사회적 비용과 직접적 관계가 있는 자동차보험 손해액 증감 추이를 금융감독원의 통계정보시스템을 이용하여 확인해 본 결과가 〈표 2〉에 제시되어 있다. 자동차사고를 줄이기 위한 국가적 차원의 노력이 지속되었음에도 과거 5년간 연평균 7.3%씩 손해액이 증가한 것을 알 수 있다. 이는 자동차사고를 줄이기 위한 노력이 큰 효과가 없었다는 것을 보여주는 것이다. 손해보험회사의 손해액 증감률을 책임담보와 임의담보로 세분하여 살펴보면, 책임담보는 연평균 2.7%씩 증가하는데 그쳤지만, 임의담보는 연평균 9.7%씩 큰 폭으로 증가한 것으로 나타났다. 이를 통해서 인적사고의 사회적 비용(또는 손해액)은 증가율이 적지만 물적담보의 사회적 비용은 크게 늘어난다는 것을 알 수 있다.

〈표 2〉 자동차보험 연간 손해액 및 증가율 추이

(단위: 10억원)

구분		FY2005	FY2006	FY2007	FY2008	FY2009	평균
책임	손해액	2,304	2,411	2,371	2,288	2,294	2,333
	증가율	13.8%	4.6%	-1.7%	-3.5%	0.3%	2.7%
임의	손해액	3,811	4,280	4,584	4,870	5,559	4,621
	증가율	8.8%	12.3%	7.1%	6.2%	14.2%	9.7%
합계	손해액	6,115	6,691	6,955	7,158	7,853	6,954
	증가율	10.6%	9.4%	3.9%	2.9%	9.7%	7.3%

주: 현재 자동차손해배상보장법 상 의무 가입해야 하는 담보는 대인배상 I 과 대물배상(가입한도 1000만원)이지만, 통계자료의 과거와 일관성을 유지하기 위하여 과거 대인배상 I 만 의무 가입하던 때 처럼 책임담보에는 대인배상 I 실적만 포함시켰다. 대물배상의 경우 대인배상 I만큼 가입강제가 강하지 않고, 대물배상의 경우 의무가입한도가 1000만원이므로 대물배상 통계에서 가입한도 1000만원에 해당되는 손해액을 구분하기 곤란한 측면도 있다.

자료: 금융감독원 통계정보시스템(<http://fisis.fss.or.kr/>)

본 연구에서는 자동차사고로 인한 사회적 비용을 줄이기 위해서는 자동차사고에 영향을 주는 요인 또는 사회적 비용의 직접비용에 해당하는 손해액에 영향을 주는 사고유형들을 통계적으로 확인하고자 한다. 자동차사고 유형은 사고의 경중 및 피해자 대상에 따라 사망사고, 부상사고, 전손사고 및 분손사고로 분류할 수 있다. 이러한 사고유형이 손해액에 어느 정도 영향을 주는지 확인해 본다면 자동차사고로 인한 사회적 비용절감을 위해 투자해야 할 대상을 명확히 하거나, 자동차사고를 줄일 수 있는 효율적인 제도를 발굴하는 데 도움이 될 것으로 생각한다.

이러한 본 논문에 부합된 연구를 진행하기 위해 본 논문의 구성을 다음과 같이 정하였다. 즉, 2절에서는 선행연구를 통해서 자동차보험 사고유형과 손해액의 관계를 규명한 연구의 성과물을 간단히 살펴보고, 본 연구와 기존연구의 차이점 및 기여하는 바를 살펴보았다. 3절에서는 본 연구에서 사용한 선형혼합효과모형(Linear Mixed Effect Model)에 대하여 간단히 기술하였다. 4절에서는 자료의 기초분석 및 모형 적합결과를 제시하고, 손해액에 영향을 주는 사고유형별 영향정도 차이 원인을 분석하고, 분석결과를 토대로 자동차보험제도 중에서 자동차사고의 사회적 비용을 줄일 수 있는 제도개선 사항을 제안 하였다. 5절

에서는 앞에서 분석한 결과에 대한 정리요약과 제약점 및 향후 연구과제를 제시하였다.

II. 선행연구

자동차사고 관련 연구는 교통공학, 심리학, 보험학 등에서 널리 연구되고 있다. 교통공학은 교통시설과 관련하여 교통시설이 자동차사고(교통사고) 어떠한 영향을 주는지 또는 고령운전자의 사고위험도가 어느 정도 높은지에 대한 연구가 주로 이루어지고 있다. 심리학에서는 자동차사고운전자의 심리적상태, 운전자의 법규위반 준수에 대한 태도에 따라 교통사고위험에 어떠한 차이가 있는지 여부 등이 연구되고 있다. 보험학에서는 자동차보험 분야에서 운전자의 어떠한 특성이 자동차보험사고발생률에 영향을 주는지 또는 운전자의 특성별로 위험도 차이가 얼마나 있는지 등에 대한 연구가 주로 이루어져 왔다.

본 논문은 자동차사고와 관련된 연구분야 중에서 보험분야 특히 자동차보험 분야에 대한 연구이다. 자동차보험 자료가 우리나라 전체 자동차사고를 대표할 수 있는 자료이므로 본 논문의 분석결과는 교통관련 정책 수립에도 도움이 될 것으로 기대된다. 본 논문과 관련된 선행연구에서는 자동차보험 분야에서 자동차사고 또는 자동차보험사고와 관련한 내용을 우선 살펴보기로 한다.

채범석(2003)은 우리나라에서 보험요율과 교통안전 시설투자가 교통사고 감소에 어떠한 영향을 미치는 지를 주제로 연구하였다. 채범석(2003)은 전북지역 운전자를 대상으로 한 설문조사 자료를 이용하여 1) 자동차운전자 요인(성, 연령, 운전면허 취득연수 등)과 2) 자동차요인(주행거리, 안전관련 장비 유무), 3) 자동차보험요인(연령, 성별, 지역별 등)과 자동차사고의 관계를 확인하였다. 분석방법은 요인유형별 t통계량을 이용하여 차이를 분석한 것이다. 분석결과 이들 요인은 자동차사고와 밀접한 관계가 있다는 것을 확인하였다. 채범석(2003)의 연구와 유사한 연구로는 기승도·김대환(2010)의 연구가 있다. 기승도·김대환(2010)의 연구에서는 일반화선형모형을 이용하여 자동차보험 전체자료를 이용하여 채범석이 연구한 관계를 변수들의 대부분을 확인하였다. 이들 연구는 요율

에 영향을 주는 요인(인적요인 등)들과 자동차사고의 관계를 확인한 연구이며, 본 연구에서 살펴보고자 하는 사고유형과 손해액의 관계를 확인한 연구가 아니다.

김광국(2002)은 자동차사고유형 분류와 자동차사고를 보상해주는 자동차보험 위험담보를 분류하는 연구를 하였다. 김광국(2002)은 자동차사고를 손해 형태에 따라 물적위험, 인적위험, 배상책임위험, 비용손해위험으로 나눌 수 있다고 하였다. 그리고 보험의 부보여부에 따라 담보위험, 면책위험, 부담보위험으로 나눌 수 있다고 하였다. 그리고 이들 위험과 자동차보험 담보제도의 관계를 규명하고 있다. 김광국(2002)이 분류한 자동차보험사고 위험은 자동차보험 사고 피해자의 권리관계 및 보장범위와 관련한 것이다. 김광국(2002)의 자동차사고 분류 방식은 본 연구에서 분석하고자 하는 사고의 규모에 따른 사고유형 분류와 차이가 있다. 또한 본 논문에서는 자동차사고의 법률관계 및 보장과 관련된 것을 연구하는 것이 아니라, 자동차사고 형태와 손해액 규모의 관계를 규명하고자 한다는 점에서 김광국(2002)의 연구와 차이가 있다. 이외에도 김대환·기승도(2010)는 일반화선형모형(Generalized Linear Model)을 사용하여 자동차사고와 주행거리와 관계를 규명하였다. 이들은 주행거리가 늘어나면 자동차사고 위험도 증가하지만, 그 정도는 점차적으로 감소하는 관계가 있다는 것을 밝혔다.

이상에서 우리나라 보험분야, 특히 자동차보험 분야에서 자동차사고와 관련된 선행연구를 살펴보았는데, 본 논문에서 규명하고자 하는 주제와 동일한 분야에 대한 연구가 우리나라 자동차보험 학계에서 아직 이루어지지 않은 것으로 조사되었다.

추가적으로 교통공학분야에서 자동차사고와 관련된 연구를 간단히 살펴보면, 강경우·권정태·국우각(2007)은 고령화 사회와 고령자 교통사고의 재고찰이라는 주제로 고령운전자가 자동차사고 위험이 기타 운전자보다 더 큰지 여부를 회귀모형(선형회귀 및 포아송 회귀모형)으로 살펴보았다. 그리고 고령자의 사고 위험이 더 낮다는 연구결과를 제시하였다. 그런데 강경우·권정태·국우각(2007)이 사용한 통계모형(선형회귀 및 포아송 회귀모형)은 분석하고자 하는 통계의 특성을 적절하지 반영하지 못한 모형일 가능성이 있고, 사용통계도 도로교통안전관리공단의 통계로 한정하고 있다. 모형의 경우 자동차사고 건수는 포아송 분포보다는 음이항 분포가 더 적합하다는 연구결과가 있고, 도로교통안전

관리공단의 교통사고 통계는 경찰청에 신고된 교통사고로 한정된 것이다. 이에 기승도·김대환(2010)은 음이항 일반화선형모형을 이용하여 강경우·권정태·국우각(2007)의 연구결과를 확인하였다. 즉, 자동차보험 통계로 고령자의 운전 위험도를 분석해본 결과, 고령자의 사고위험도가 높은 것으로 나타났다. 이외에도 교통공학에서는 한주성(2007)이 도시유형특성에 따른 자동차교통사고 연구를 실시하였고, 유두선·오상진·김태영·박병호(2008)가 주·야간 교통사고 특성과 사고모형을 비교분석한 연구를 실시하였다. 이상에서 살펴본 바와 같이 교통공학 분야에서도 본 연구에서 확인하고자 하는 사고유형별 손해액 차이를 연구한 것은 없는 것으로 조사되었다.

선행연구를 조사해본 결과 본 연구에서 규명하고자 하는 자동차사고 유형이 손해액에 미치는 탄력성을 연구한 것은 우리나라에 없는 것으로 나타났다. 분석통계모형 측면에서 본 논문과 선행연구의 차이점은 본 연구가 패널자료를 사용하여 선형혼합효과모형(Linear Mixed Effect Model)을 이용하고 있다는 점이다. 반면에 사고위험에 영향을 주는 요인들을 규명한 통계모형으로 선행연구에서는 횡단면자료(Cross-sectional Data)를 사용하여 선형회귀모형 또는 일반화선형회귀 모형으로 그 관계를 규명하고 있다. 일반적으로 패널자료를 이용한 분석(패널자료 분석 및 선형혼합효과모형 분석)이 횡단면자료를 사용한 분석보다 더 의미 있는 결과를 제시하는 것으로 알려져 있다.

Ⅲ. 통계모형

선형혼합효과모형(Linear Mixed Effect Model)은 실험계획법에서 출발하여 개발된 것이다. 선형혼합효과모형은 의학, 공학, 심리학, 경제학 및 경영학 등에서 여러 학문분야에 광범위하게 사용되고 있다. 특히 실험계획법이 필요한 분석에 동 모델이 유용하게 사용되고 있다.

선형혼합효과모형을 이용하면 횡단면자료 (Cross-sectional data) 뿐만 아니라 반복 측정된 실험계획자료 및 경제학의 패널자료 분석에서 많이 사용되는 경시적자료 (Longitudinal data)도 분석할 수 있다. 종속변수가 연속형자료 이외의 지

수분포로 설명할 수 있는 자료(연속형자료 및 건수자료 포함) 여부에 따라 선형 혼합효과모형은 일반화선형혼합효과모형으로 확장된다. 그리고 독립변수 또는 고정효과 및 확률효과 변수를 모수식이 아닌 비모수식으로 표현하고자 하는 경우에는 일반화선형혼합효과모형은 일반화가법혼합모형으로 확장될 수 있다.

본 논문에서는 앞에서 언급한 여러 통계모형들 중에서 선형혼합효과모형에 대하여 설명하고, 동 모형을 분석에 활용하고자 한다. 선형혼합효과모형이 일반화가법혼합효과모형 보다 모형적합성 측면에서 다소 떨어지지만, 종속변수와 고정효과변수와의 인과관계 또는 상관관계를 설명하는데 더 유리하기 때문이다. 즉, 설명의 용이성 측면에서 선형혼합효과모형이 비선형 또는 비모수모형보다 다소 유리하기 때문이다.

우선 선형혼합효과모형의 일반적인 형태를 보면, 식(3.1)과 같다. 동 식은 선형혼합효과모형의 이해를 돕기 위해서 그리고 본 논문의 연구목적에 부합한 모형이기 때문에 단일수준 그룹모형으로 표시한 것이다.

$$y_i = \mathbf{X}_i\boldsymbol{\beta} + \mathbf{Z}_i\mathbf{b}_i + \epsilon_i, \quad i = 1, \dots, M \quad (3.1)$$

$$\mathbf{b}_i \sim N(\mathbf{0}, \boldsymbol{\Sigma}), \quad \epsilon_i \sim N(0, \sigma^2\mathbf{I}),$$

여기서, $\boldsymbol{\beta}$ 는 p 차원의 고정효과 벡터이고, \mathbf{b}_i 는 q 차원의 확률효과의 벡터이며, $\mathbf{X}_i(n_i \times p)$ 와 $\mathbf{Z}_i(n_i \times q)$ 는 각각 고정효과와 확률효과에 대응되는 회귀행렬(regressor matrices)이며, ϵ_i 는 그룹내 오차 (within-group error) 벡터이다.

식 (3.1)의 모형식에 따라 본 논문에서는 종속변수로는 손해액 변수를 사용하였고, 고정효과변수(fixed effect variable)로는 사망자수, 부상자수, 전손사고건수, 분손사고건수, 사고심도(1사고당 손해액) 및 연도를 사용하였다. 확률효과 변수로는 사용된 자료가 14개 손해보험회사에 표본추출한 10개 회사($i=1, \dots, 10$)의 자료이므로, 회사변수를 확률효과 변수(random effect variable)로 하였다.

이렇게 설정된 선형혼합효과모형식 (3.1)의 모수 값은 EM 알고리즘으로 일반적으로 최대가능도(Maximum Likelihood) 또는 제한최대가능도(Restricted Maximum Likelihood; REML)함수를 최대화 하여 추정된다. 선형혼합모형의 추정 값을 계산하는 방법은 Searle et al.(1992), Vonesh와 Chinchilli(1997)에 잘 설명되어 있다. 다음에서는 Searle et al.(1992), Vonesh와 Chinchilli(1997)이 제시한 ML,

REML을 사용하여 선형혼합효과모형의 추정값을 구하는 절차를 간단히 살펴 보았다.

우선 식(3.1)의 추정값을 구하기 위해 θ 를 Σ 에 관련된 모수집합을 나타내는 것으로 하고 가능도함수로 나타내면 식 (3.2)과 같이 표현할 수 있다.

$$L(\beta, \theta, \sigma^2 | \mathbf{y}) = \prod_{i=1}^M p(\mathbf{y}_i | \beta, \theta, \sigma^2) \\ = \prod_{i=1}^M \int p(\mathbf{y}_i | \mathbf{b}_i, \beta, \sigma^2) p(\mathbf{b}_i | \theta, \sigma^2) d\mathbf{b}_i \quad (3.2)$$

여기서 $p(\mathbf{y}_i | \mathbf{b}_i, \beta, \sigma^2) = \frac{\exp(-\|\mathbf{y}_i - \mathbf{X}_i\beta - \mathbf{Z}_i\mathbf{b}_i\|^2 / 2\sigma^2)}{(2\pi\sigma^2)^{n_i/2}}$ 이고,

$$p(\mathbf{b}_i | \theta, \sigma^2) = \frac{\exp(-\mathbf{b}_i^T \Sigma^{-1} \mathbf{b}_i)}{(2\pi)^{q/2} \sqrt{|\Sigma|}} = \frac{\exp(-\|\Delta \mathbf{b}_i\|^2 / 2\sigma^2)}{(2\pi\sigma^2)^{q/2} \text{abs}|\Delta|^{-1}},$$

Δ 는 $\frac{\Sigma^{-1}}{1/\sigma^2} = \Delta^T \Delta$ 를 만족하는 행렬이다.

식(3.2)에 위의 식을 대입하고 계산하면, 다음 식(3.3)과 같이 되고, 식(3.3)을 최대로 하는 $\hat{\beta}, \hat{\theta}, \hat{\sigma}^2$ 을 구하는 것이 ML방법으로 해를 구하는 방법이다.

$$L(\beta, \theta, \sigma^2 | \mathbf{y}) = \frac{1}{(2\pi\sigma^2)^{M/2}} \exp\left(\frac{-\sum_{i=1}^M \|\tilde{\mathbf{y}}_i - \tilde{\mathbf{X}}_i\beta - \tilde{\mathbf{Z}}_i\hat{\mathbf{b}}_i\|^2}{2\sigma^2}\right) \prod_{i=1}^M \frac{\text{abs}|\Delta|}{\sqrt{|\tilde{\mathbf{Z}}_i^T \tilde{\mathbf{Z}}_i|}} \quad (3.3)$$

여기서,

$$\tilde{\mathbf{y}}_i = \begin{bmatrix} \mathbf{y}_i \\ \mathbf{0} \end{bmatrix}, \tilde{\mathbf{X}}_i = \begin{bmatrix} \mathbf{X}_i \\ \mathbf{0} \end{bmatrix}, \tilde{\mathbf{Z}}_i = \begin{bmatrix} \mathbf{Z}_i \\ \mathbf{0} \end{bmatrix}$$

이고, $\hat{\mathbf{b}}_i = (\tilde{\mathbf{Z}}_i^T \tilde{\mathbf{Z}}_i)^{-1} \tilde{\mathbf{Z}}_i^T (\tilde{\mathbf{y}}_i - \tilde{\mathbf{X}}_i\beta)$ 이다.

그런데 식 (3.3)을 이용하여 모수 $\hat{\beta}, \hat{\theta}, \hat{\sigma}^2$ 을 계산하는 것은 매우 어려운 작업이다. 따라서 쉽게 계산할 수 있도록 식 (3.3)을 프로파일링가능도(Profiling Likelihood)로 단순화시켜 구하기도 한다. 최대가능도추정량(Maximum Likelihood Estimator)은 고정모수의 수가 증가할수록 모수 추정값이 왜곡되는

경향이 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해서 제한최대가능도방법(REML)이 사용된다. REML 가능도함수 계산, 프로파일링 REML 계산 등 추가적인 세부적인 내용은 Searle et al.(1992), Vonesh와 Chindhilli(1997), Pinheiro와 Bates(2000)를 참조하기 바란다.

선형혼합효과모형에서 모수 β , θ , σ^2 의 추정값을 구하는 방법으로 Newton method가 많이 사용된다. 그러나 동 방법은 어느 위치에서 해를 찾아가는가에 따라 최적해를 구할 수도 있고, 그렇지 않을 수도 있는 단점이 있다. 이러한 문제를 일부 완화한 방법이 EM 알고리즘이다. 선형혼합효과모형에서 모수의 해를 구하는 방법인 EM알고리즘과 보다 세부적인 내용을 확인하기 위해서는 Pinheiro와 Bates(2000)를 참조하기 바란다. 본 논문에서는 공개 통계언어인 R을 이용하여, 특히 Pinheiro와 Bates(2000)가 개발한 'nlme' 패키지를 이용하여 앞에서 설명한 선형혼합효과모형의 분석 프로그램을 작성하였다.

IV. 통계자료 및 실증분석 결과

1. 통계자료

본 연구에서 사용된 통계자료는 2004년 4월부터 2010년 3월의 총 6년 동안의 것을 보험개발원에서 제공받은 것이다. 본 논문의 목적에 부합한 분석을 위해서 6년간의 통계기간 자료를 4월을 기준으로 매3개월 단위의 분기자료로 나누어 총 24개의 분기별/회사별 패널자료를 만들었다. 현재 우리나라에서 자동차보험 영업을 하는 손해보험회사는 총 14개사이지만, 14개 전체회사 자료를 사용하지 않고 10개회사의 표본만 사용하였다. 이는 2000년대 초반 이후 직판전업사로 출발한 4개 회사들의 설립기간이 서로 상이하여 14개 회사 전체자료를 사용할 경우 일부 기간의 통계자료가 결손되는 문제가 발생하기 때문이다. 그리고 10개의 보험회사 패널자료를 사용하여 분석하더라도 선형혼합효과모형을 이용하여 분석할 경우, 표본추출된 보험회사의 특성을 확률효과로 처리함으로써 분석결과가 전체를 대표할 수 있기 때문이다.

분석에 사용된 통계자료의 변수 종류는 손해액, 사망자수, 부상자수, 전손사고건수, 분손사고건수, 1사고당손해액(사고심도)이다. 다른 자료들은 연도별·회사별 실제자료이지만, 1사고당 손해액 자료는 손해액을 증권별 사고건수로 나눈 값으로 산출한 값이다. 1사고당 손해액 변수를 포함시킨 이유는 첫째로 전체 손해액이 사고발생건수와 사고당 손해액으로 결정되기 때문이다. 다음으로 1사고당 손해액은 보험금 원가에 해당되며, 보험금 원가는 인플레이션이 반영되어 매년 증가되는 특성도 가지고 있기 때문이다. 또한, 1사고당 손해액 변수를 통제변수로 사용함으로써 본 논문에서 확인하고자 하는 사고유형별 사고건수(사망자수, 부상자수, 전손사고건수 및 분손사고건수)가 손해액에 미치는 탄력성을 보다 정밀하게 산출할 수 있을 것으로 판단하였기 때문이다. 손해액과 사고건수는 자동차대수와 밀접한 관계가 있는데 본 분석에서는 자동차대수 변수를 제외하였다. 자동차대수는 종속변수에 해당되는 손해액과 고정효과변수인 사고건수 변수에 모두 영향을 주기 때문에 별도로 자동차대수를 고정효과변수에 포함시키지 않더라도 모형에서 통제가 되기 때문에 동 변수를 추가할 경우 유사한 특성을 가진 변수를 추가함으로써 모형의 왜곡이 발생할 개연성이 있기 때문이다. 또한 연도변수 등을 모형에 포함시킬 경우 자동차대수 증가효과의 일부가 연도변수 효과로 흡수되는 등 변수설정을 통하여 자동차대수 증가효과를 통제할 수도 있다.

분석대상 보험종목은 개인용자동차보험(플러스 개인용 포함)으로 하였다. 개인용 및 플러스 개인용자동차보험이 전체 자동차보험에서 차지하는 비율이 평균유효대수 기준으로 70.4%로 매우 높아서 동 자료를 분석한 결과가 전체를 대표한다고 볼 수 있기 때문이다.

〈표 3〉 통계자료의 내용

기준		세부내용
독립 변수	사망자수 : samang	6년간 분기별/회사별 사망자수, 연속형 자료
	부상건수 : bsang	6년간 분기별/회사별 부상자수, 연속형 자료
	전손건수 : json	6년간 분기별/회사별 전손건수, 연속형 자료
	분손건수 : bson	6년간 분기별/회사별 분손건수, 연속형 자료
종속 변수	손해액 : loss	6년간 분기별/회사별 손해액
1사고당손해액 : sloss		총 손해액을 증권별 사고건수로 나눈 값
통계기간 : cyear		2004년 4월~ 2010년 3월의 분기별
보험종목		개인용자동차보험(플러스 개인용 포함)

2. 기술통계량

분석에 사용된 변수들의 특성은 〈표 4〉와 같다. 우선 관측치는 239개로 하였다. 원래 분석용으로 생성한 패널자료는 총 240개였으나 실제 분석에 사용된 자료는 239개이다. 이것은 자료를 분류 하는 과정에서 논리에 부합되지 않은 자료가 1건 발견되어, 해당 자료를 오류자료로 처리하여 자료에서 제외하였기 때문이다.

손해액 평균은 약 천억원 수준인 것으로 나타났다. 손해액의 단위가 큰 것은 동자료가 회사 수준에서 집계된 것이기 때문이다. 다른 변수의 단위가 큰 것도 손해액에서와 같이 분석 자료가 회사 수준에서 집계된 자료이기 때문이다. 사망자수는 최소가 3명이며, 최대 52명인 것으로 나타났다. 부상자 수는 사고의 크기를 고려하면 소형사고³⁾에 해당하는 경우이다. 소형사고가 대형사고보다 더

3) 본 연구에서는 매우 심각한 사고인 사망사고와 전손사고에 대한 상대적 개념으로 부상사고와 분손사고를 소형사고로 정의하였다. 연구자에 따라서는 부상사고 또는 분손사고 중 사망사고 또는 전손사고에 버금가는 사고가 존재하므로 부상사고와 분손사고 중 일부도 대형사고로 정의하는 것이 적합하다고 주장할 수 있다. 그러나 이러한 주장이 있을 수 있음에도 불구하고 어느 정도 사고를 소형사고와 대형사고로 구분하여야 하는 지에 대한 학계의 합의가 되지 않은 상태인 점, 분손사고와 부상사고를 세부적으로 구분한 자료를 확보하기 곤란한 점 및 건당 사고액 분포 등을 종합적으로

자주 발생하기 때문에 대형사고에 해당하는 사망자 수보다 소형사고의 부상자 수가 현저히 많은 것으로 나타났다. 물적사고에 해당하는 전손사고와 분손사고의 경우도 사망사고와 유사한 형태이다. 즉, 대형사고에 해당하는 전손사고 건수가 분손사고 건수보다 현저히 적은 것으로 나타났다. 인적사고(사망 및 부상 사고) 건수가 물적사고의 건수보다 더 적은 것은 사고의 크기로 판단할 때 물적사고가 인적사고보다 소형사고의 특성을 많이 가지고 있기 때문이다. 그리고, 물적사고의 경우에 더 적극적으로 자동차보험을 이용하여 자동차를 수리하려는 경향도 작용한 것으로 판단된다.

〈표 4〉 종속변수 및 독립변수 기술통계량

(단위: 명, 건, 천원)

변수명	관측건	평균(Mean)	표준편차	최소(Min)	최대(Max)
손해액	239	100,100,000	75,357,128	18,050,000	334,800,000
사망자수	239	52	41.77	3	203
부상자수	239	21,480	15402.61	3,722	67,750
전손건수	239	1,042	921.57	131	6,469
분손건수	239	61,970	46548.67	10,640	215,100
1사고당손해액	239	1,474	86.65	1,235	1,768

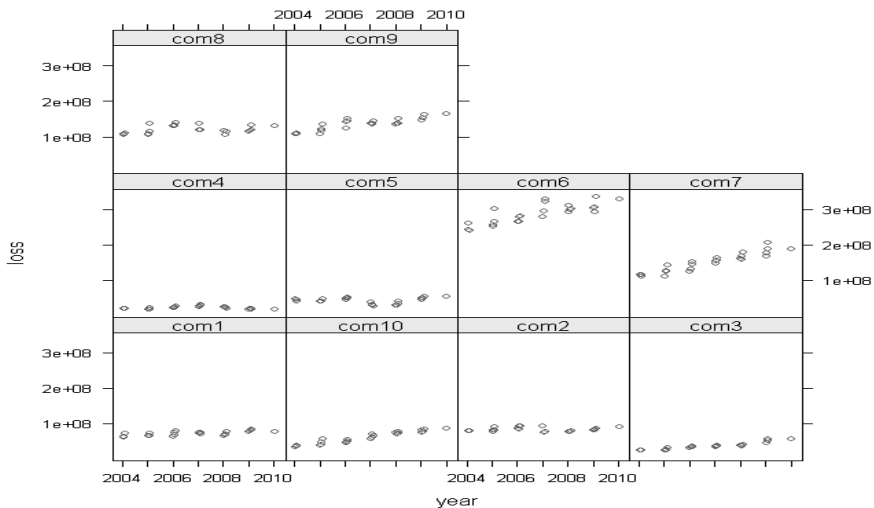
분석에 사용된 변수들이 시간의 변화에 따라 어떻게 변하는 지를 회사별·기간별 그림을 통해 분석해보았다. 즉, 회사별·기간별로 각 변수(종속변수 및 고정효과 변수)가 변하는 추세를 세부적으로 살펴보았다. 이들 추세를 살펴봄으로

감안하여 분손사고와 부상사고를 소형사고로 정의하였다. 물적사고의 경우를 보면, FY2006기준으로 자기차량손해담보 분손사고 건의 91.6%, 대물배상 사고 건의 92.1%가 손해액 200만원이하의 소액사고이다. 인적사고의 경우를 보면, 대인배상 부상 등급을 1등급부터 14등급으로 나눌 경우 중간등급인 8등급부터 최하등급인 14등급에 해당되는 부상사고가 전체의 96.1%를 차지하고 금액기준으로는 300만원 이하 사고가 90.1%로 소액사고가 대인배상사고의 대부분을 차지한다(보험개발원, 통계자료집). 이상의 이유로 사망사고와 전손사고의 상대적 개념으로 부상사고와 분손사고를 소액사고로 정의하였고, 이러한 정의에 따라 분석을 하더라도 본 연구에서 목적으로 하는 시사점(사고유형별 탄력성 분석 및 자동차보험제도에서 모럴해저드 가능성 검토 등)을 도출하는데 논리적 오류가 없을 것으로 판단된다.

써 시간의 경과에 따라 각 변수 값이 어떻게 변하는지, 각 변수의 절편 및 기울기에 고정효과가 있는지 변동효과가 있는지를 확인할 수 있다. 이를 통해 선형혼합효과모형 중에서 어떠한 모형이 가장 적합한지를 판단할 수 있다.

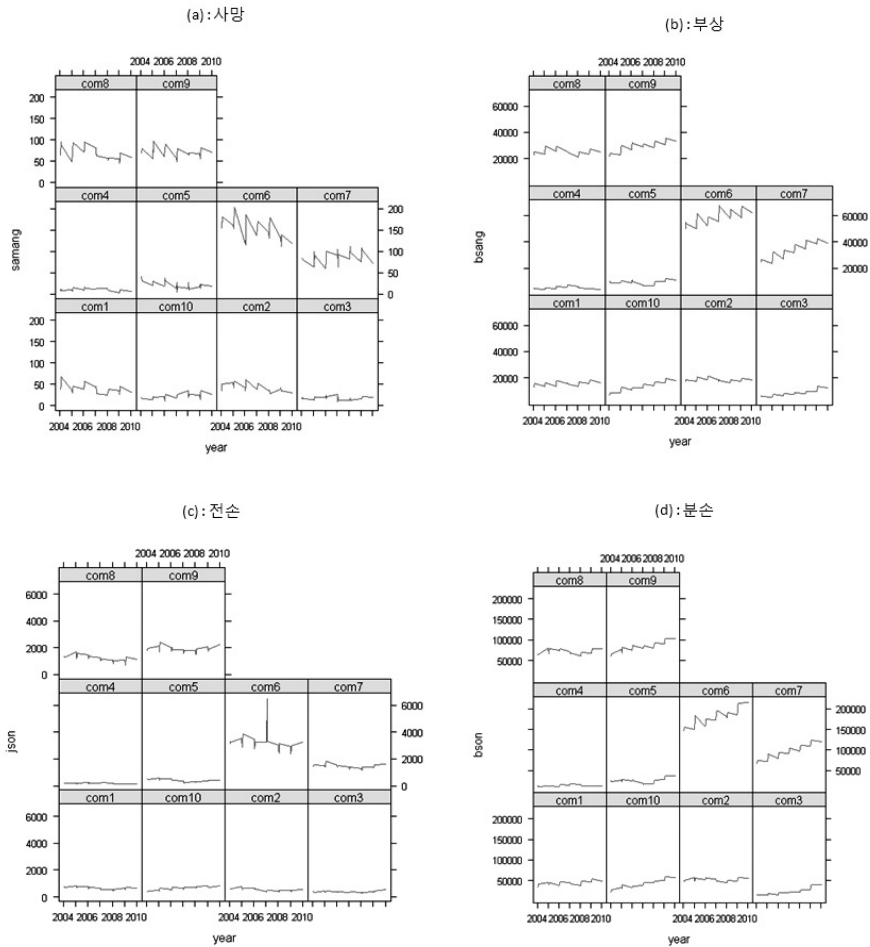
우선 종속변수에 해당하는 손해액의 변화를 <그림 1>에 제시하였다. 손해액의 변화는 대부분의 그림에서와 같이 매년 증가하는 추세를 보이고 있다. 회사별로 분기별 추세는 대부분 시간의 경과에 따라 손해액이 증가되는 것으로 나타났으나 일부 회사는 정체상태인 것으로 나타났다. 이는 일부 손해보험회사의 자동차보험 시장점유율이 정체되거나 감소하였기 때문으로 판단된다. 2000년 초반 이후 직판전업사가 자동차보험 시장에 진출하기 시작한 이후, 중소형사의 시장점유율이 정체되거나 줄어든 현상이 발생하였는데, 그 결과가 회사별/분기별 손해액 변화에 반영된 것으로 판단된다. 따라서 시장점유율이 줄어든 회사 이외의 대부분 회사들은 손해액이 시간의 경과에 따라 늘어나는 것으로 판단할 수 있다. 손해액의 절편을 보면, 회사별로 심한 차이가 있다는 것을 알 수 있다. 본 논문의 관심사는 회사별로 손해액에 차이가 있는지 여부를 아는 것이 아니고, 회사변수는 14개 회사 중에서 10개의 회사를 표본추출한 것이므로, 회사변수를 확률효과변수로 선택하는 것이 타당하다는 것을 <그림 1>을 통해서 확인할 수 있다.

<그림 1> 회사별/분기별 종속변수(손해액) 추이



(그림 2)에서 분석모형의 독립변수에 해당되는 사망자수, 부상자수, 전손사고건수 및 분손사고건수의 회사별/분기별 추이를 살펴보면, 대형사고 유형에 해당되는 사망자수 및 전손사고건수는 감소 또는 정체되는 추이를 보이고 있으나, 소형사고에 해당되는 부상자수와 분손사고건수는 점진적으로 증가되는 추이를 보이는 것으로 나타났다. 이는 시간이 경과할수록 소형사고인 부상자수와 분손 사고건수가 전체손해액 증가에 영향을 주는 정도가 늘어난 다는 것을 의미한다.

(그림 2) 회사별/분기별 독립변수 추이



분석자료의 사고유형별 사고발생건수가 어떠한 영향을 줄 수 있는지 개괄적으로 알아보기 위하여 분석에 사용된 통계자료 중에서 FY2007부터 FY2009(최근년도)까지 3개년 간 사고유형별 총괄 사고건수 변화를 살펴보았다(〈표 5〉 참조). 총괄 자료에 따르면, 대형사고에 해당하는 사망의 사고건수는 연도별로 큰 변화가 없는 것으로 보이지만, 소형사고에 해당하는 부상사고와 분손사고는 매년 증가하고 있는 것으로 파악된다. 대형사고에 해당하는 전손사고의 경우도 연도별 변화는 있으나 크게 증가하고 있는 것으로 나타났다. 대형사고인 전손사고가 증가하는데 사망사고가 감소하는 것은 자동차의 안전성이 개선된데 기인하는 것으로 판단된다. 소형사고의 건수가 증가되는데 대형사고 건수 증가는 크지 않은 이상의 상황이 지속된다는 것은 자동차사고 감소의 중심이 소형사고 감소에 있다는 것을 개괄적으로 시사하는 것이라 할 수 있다. 그리고 인적사고와 물적사고로 분류하여 보더라도 인적사고에 해당하는 사망 및 부상의 사고건수 증가보다는 전손 및 분손사고 건수의 증가가 큰 점을 볼 때 사고감소를 위한 노력은 물적사고에 집중되어야 한다는 점을 알 수 있다.

〈표 5〉 개인용자동차보험 연도별-사고유형별 사고건수 변화

(단위: 건)

	사망사고	부상사고	전손사고	분손사고
FY2008	2,156	1,046,321	42,245	2,770,035
FY2009	2,152	1,074,242	40,535	2,906,932
FY2010	2,151	1,178,096	44,311	3,373,388

주 : 전손사고와 분손사고건수는 중권별 사고건수이며, 사망사고는 대인배상 I 기준, 부상사고는 대인배상 I 과 자손사고를 합산한 것이다.

자료 : 보험개발원, 월말보고서

3. 분석절차 및 결과

가. 분석절차

본 장에서는 선형혼합효과모형을 사용하여 사고유형별 사고건수의 증감이 손

해액 증감에 어느 정도 영향을 주는 지를 분석하고자 한다. 최적 선형혼합효과모형을 선택하는 과정은 일반적인 통계분석 절차에 따라 이루어졌다. 일반적인 통계분석절차를 간단히 제시하면, 다음의 세단계이다. 즉, 첫째는 확률효과가 있을 것으로 판단되는 그룹(회사)별 절편과 기울기의 확률효과를 그림을 통해서 확인하였다. 둘째는 탄력성을 확인하기 위하여 로그-로그(log-log) 고정효과 회귀모형을 설정하였다. 셋째는 모형의 제 가정(즉, 동분산성, 정규성 등)을 확인하였다.

일반적인 모형적합과정 이외에 본 논문의 목적에 부합한 결론을 도출하기 위하여, 모형의 신뢰성을 확보하기 위하여 다음의 추가적인 세 가지 통계분석, 모형해석과정을 거쳤다.

첫째는 다양한 모형을 만들어 모형내 변수들의 설명일관성을 확인하는 과정을 거쳤다. 즉, 본 분석에 사용되는 모든 변수를 포함한 전체모형(Full Model)에서 사고심도와 연도변수를 하나씩 제거하여 총 세 개의 모형을 만들었다. 연도변수와 사고심도 변수를 포함시킨 모형과 제외시킨 모형 등 모형을 변화시키더라도 사고유형 별 사고건수변수가 손해액에 어떻게 미치는 영향이 일관성이 있는지 확인하여 보기 위해서이다. 만일 사고심도 변수 및 연도변수를 제외하든지 포함시키든지 상관없이 사고유형별 사고건수 변수와 손해액의 상관관계 및 계수 값에 큰 변화가 없다면 사고유형별 사고건수 변수가 손해액을 설명하는 유의한 변수라는 것을 일관되게 설명하는 것이기 때문이다.

둘째는 앞서 분석한 세 개의 모형을 ANOVA 분석을 통해 비교함으로써 상대적으로 가장 적합한 모형을 선택하고, 선택된 모형을 통해 사고유형별 사고건수 변수와 손해액의 관계의 의미를 도출하였다. 이를 통해 첫 번째 단계에서 모형간 비교를 통해 얻은 의미를 재확인하는 효과도 얻을 수 있기 때문이다.

마지막으로 최종 선택된 모형들에서 사고유형변수의 계수 값을 이용하여 사고유형변수별 사고건수 변수가 손해액 주는 영향정도를 확인하였다. 본 모형의 고정효과가 로그-로그 회귀식이므로 사고유형별 사고건수변수의 계수값이 탄력성을 의미하기 때문에 각 사고유형별 사고건수 변수가 손해액에 어느 정도 영향을 주는 지 분석할 수 있기 때문이다.

나. 분석결과

본 분석에 사용한 세 가지 모형식을 <표 6>에 제시하였다. 첫 번째 모형은 사망, 부상, 전손, 분손 사고건수 등 사고유형별 사고건수 변수만 포함된 모형이며, 두 번째 모형은 첫 번째 모형에서 연도변수가 추가된 모형이다. 세 번째 모형은 첫 번째 모형에 사고심도 및 연도변수를 추가한 모형이다. 이들 모형에서 회사변수는 확률효과가 있는 것으로 판단되므로, 확률효과변수로 처리하였고 나머지 변수는 고정효과변수로 처리하였다. 이들 모형식을 실제 분석에 적용할 때에는 사고유형별 사고건수 변수가 손해액에 어느 정도 영향을 주는 지, 즉 탄력성을 구할 수 있도록 동 모형식의 각 변수 값에 로그(log)를 취하였다. 다만 연도변수의 경우는 탄력성을 구할 필요가 없으므로 연도변수 값에 로그(log)를 취하지 않았다.

<표 6> 분석 모형식

$$\begin{aligned}
 \text{모형 I: } y_{ij} &= \beta_{00} + \beta_{01}(\text{사망사고})_j + \beta_{02}(\text{부상사고})_j + \beta_{03}(\text{전손사고})_j \\
 &\quad + \beta_{04}(\text{분손사고})_j + z_{01}(\text{회사})(x_{ij} - \overline{x_{.j}}) + \epsilon_{ij} \\
 \text{모형 II: } y_{ij} &= \beta_{00} + \beta_{01}(\text{사망사고})_j + \beta_{02}(\text{부상사고})_j + \beta_{03}(\text{전손사고})_j \\
 &\quad + \beta_{04}(\text{분손사고})_j + \beta_{05}(\text{연도})_j + z_{01}(\text{회사})(x_{ij} - \overline{x_{.j}}) + \epsilon_{ij} \\
 \text{모형 III: } y_{ij} &= \beta_{00} + \beta_{01}(\text{사망사고})_j + \beta_{02}(\text{부상사고})_j + \beta_{03}(\text{전손사고})_j \\
 &\quad + \beta_{04}(\text{분손사고})_j + \beta_{05}(\text{사고심도})_j + \beta_{06}(\text{연도})_j \\
 &\quad + z_{01}(\text{회사})(x_{ij} - \overline{x_{.j}}) + \epsilon_{ij}
 \end{aligned}$$

이상의 모형식에 따라 선형혼합효과모형을 적합 시킨 결과, 즉, 변수의 계수 및 표준오차, 그리고 변수의 유의성 등에 대한 세부 내용은 <표 6>과 같다. 표 안의 내용은 고정효과변수와 종속변수의 관계를 설명하는 것이다. 그리고 <표 6>의 주석에는 최종모형식, 확률효과 값 및 통계모형을 적합시키는 과정에서 고려했던 사항 등에 대한 내용을 기술하였다.

이 세 가지 모형의 최적 적합결과를 보면, 모형 I에서는 모든 사고유형의 사고건수 변수들이 손해액에 유의한 영향을 주는 것으로 분석되었다. 각 사고유

형별 계수 값을 비교해보면, 부상자수 및 분손사고건수 변수의 계수가 사망자수 및 전손사고건수 변수의 계수보다 큰 것을 알 수 있다. 이를 통해 부상자수 및 분손사고건수와 같이 소형사고건수의 변화가 손해액 증감에 더 큰 영향을 준다는 것을 알 수 있다.

모형 II는 연도별 손해액 증감효과를 통제하기 위해 모형 I에서 연도변수를 포함시킨 것이다. 분석결과, 모형 I에서와 같이 모든 사고유형이 손해액의 증감에 영향을 주는 것으로 분석되었다. 연도별 손해액 증감효과도 통계적으로 유의하게 정(+)의 상관관계를 가지는 것으로 분석되었다

〈표 7〉 사고유형별 손해액에 미치는 영향정도 분석결과

구분	고정효과(Fixed Effect)					
	모형 I		모형 II		모형 III	
	추정 계수	표준 오차	추정 계수	표준 오차	추정 계수	표준 오차
(Intercept)	8.4522***	0.1519	8.6921***	0.1783	1.2143***	0.3133
log(samang):사망	0.0395***	0.0121	0.0447***	0.0123	0.0099	0.0072
log(bsang):부상	0.4458***	0.0518	0.4580***	0.0516	0.5260***	0.0281
log(json):전손	0.0705***	0.0191	0.0968***	0.0217	0.0113	0.0121
log(bson):분손	0.4417***	0.0502	0.3877***	0.0534	0.4576***	0.0288
cyear:연도			0.0003***	0.0001	0.0001***	0.0000
log(sloss):심도					0.9287***	0.0367

주 : 1) *는 10%, **는 5%, ***는 1% 유의수준에서 통계적으로 유의하다.

2) 동 분석결과는 REML(Restricted Maximum Likelihood)로 산출한 것이다.

3) 최종 모형식:

$$\text{모형 I : } \log(\text{loss}) = 8.4522 + 0.0395 * \log(\text{samang}) + 0.4458 * \log(\text{bsang}) + 0.0705 * \log(\text{json}) + 0.4417 * \log(\text{bson})$$

$$\text{모형 II : } \log(\text{loss}) = 8.6921 + 0.0447 * \log(\text{samang}) + 0.4580 * \log(\text{bsang}) + 0.0968 * \log(\text{json}) + 0.3877 * \log(\text{bson}) + 0.0003 * \text{cyear}$$

$$\text{모형 III : } \log(\text{loss}) = 1.2143 + 0.0099 * \log(\text{samang}) + 0.5260 * \log(\text{bsang}) + 0.0113 * \log(\text{json}) + 0.4576 * \log(\text{bson}) + 0.0001 * \text{cyear} + 0.9287 * \log(\text{sloss})$$

4) 모형별 확률효과는 다음과 같다.

구분	확률효과(Random Effect)	
	절편	잔차
모형 I	0.0111	0.0254
모형 II	0.0225	0.0497
모형 III	0.0099	0.0536

모형Ⅲ은 모형Ⅱ에 사고심도를 포함시킨 것이다. 손해액은 사고빈도(사고건수 또는 사고발생률)와 사고심도(1사고당 손해액)로 결정된다. 따라서 모형Ⅲ에서는 손해액 결정 속성을 반영하여 모형Ⅱ에 사고심도 변수를 포함시킨 것이다. 모형Ⅲ의 경우는 앞의 모형Ⅰ 및 모형Ⅱ과 달리 사고심도 변수가 포함되면서 사망자수변수와 전손사고건수변수의 값이 통계적으로 유의하지 않게 되었다. 이는 사망사고변수, 부상사고변수, 분손사고변수 및 전손사고의 심도에 해당되는 효과가 심도변수로 전이되었기 때문으로 판단된다. 하지만, 부상사고 및 분손사고는 통계적으로 유의한 것으로 분석되었다. 이는 사고심도와 연관이 큰 변수가 사망사고와 전손사고와 같이 대형사고라는 측면에서 이해될 수 있고, 부상사고 및 분손사고 변수는 소형사고로 사고심도 변수의 영향을 상대적으로 덜 받은 것으로 설명될 수 있다.

모형Ⅰ부터 모형Ⅲ까지 각 변수의 변화를 보면, 부상자수 및 분손사고건수 변수는 모형이 변하더라도 일관되게 손해액에 정(+)의 영향을 주면서 통계적으로 유의한 변수인 것으로 분석되었다. 반면에 사망자수 변수 및 전손사고 변수는 손해액과의 관계가 정(+)인 현상이 모든 모형에서 나타났지만 사고심도 변수가 포함된 모형Ⅲ에서는 이들 변수가 통계적으로 유의하지 않은 것으로 판명되었다. 이상의 분석결과를 볼 때, 전체 손해액을 줄이기 위해서는 부상사고와 분손사고와 같이 소형사고의 사고건수를 줄이는 노력이 필요하다. 이와 더불어 모형Ⅲ을 볼 때 사고유형에 관계없이 사고심도를 줄이는 노력이 필요하다는 것도 알 수 있다

다음으로 최적모형을 선택하는 방법을 이용하여 앞서 살펴본 사고유형별 사고건수 변수와 사고심도 변수와 손해액의 관계를 파악하여 보았다. 즉, 제시된 3가지 모형 중에서 가장 나은 모형을 선택하고, 선택한 모형으로 고정효과변수와 종속변수의 관계를 파악하고자 하였다. 모형의 비교를 위해서 최대가능도방법(Maximum Likelihood Method)로 선형혼합모형의 해를 다시 구하였다. 그리고 ANOVA분석으로 세가지 모형을 비교하고, 각 모형의 AIC값 및 BIC 값을 비교하여 최적 모형을 선택하였다. 최종모형 선택기준은 AIC값 및 BIC값이다. 즉 AIC값 및 BIC값이 가장 작은 모형을 최종모형으로 선택하였다. 이상의 ANOVA 분석절차에 따라 분석한 ANOVA분석 결과는 <표 8>과 같다.

〈표 8〉 모형 비교

모형	df	AIC	BIC	logLik	Test	L.Ratio	p-value
모형 I	9	-787.46	-756.17	402.73			
모형 II	10	-791.10	-756.34	405.55	1 vs 2	5.64	0.0175
모형 III	11	-1,087.64	-1,049.40	554.82	2 vs 3	298.53	<.0001

ANOVA 분석결과를 보면, 모형 I, 모형 II 및 모형 III은 통계적으로 유의하게 서로 다른 모형인 것으로 분석되었다. 그리고 세 가지 모형의 AIC값 및 BIC값을 볼 때 모형 III이 상대적으로 적합한 모형인 것으로 분석되었다. 이는 부상자수, 분손사고건수 변수 및 사고심도변수가 손해액과 통계적으로 유의한 정(+)의 상관관계에 있다는 것을 최종 통계모형 선택과정을 통해서 확인할 수 있다는 것을 의미한다. 따라서 자동차보험 전체 손해액을 줄이기 위해서는 소형사고의 사고건수를 줄이고, 사고심도를 줄이는 정책을 동시에 검토하는 것이 효과적이라는 결론을 도출할 수 있겠다.

다음으로는 사고유형별 사고건수 변수들이 손해액에 어느 정도 영향을 미치는지 확인해보기 위하여 각 변수의 계수를 살펴보았다. 모형별 각 자동차사고 유형이 손해액의 변화에 어느 정도 영향을 주는 지를 확인하기 위해서는 〈표 7〉의 계수 값을 보면 된다. 동 모형이 로그-로그(log-log)모형이므로 계수 값이 탄력도⁴⁾를 의미한다. 탄력도 개념으로 모형의 계수값을 분석하여 보면, 사고유형 중에서 부상자수, 분손사고건수 및 심도 변수의 탄력도가 가장 큰 것으로 나타났다. 모형적합도가 가장 큰 모형 III의 경우를 보면, 사망사고 건수를 10% 줄이면 손해액이 0.9%감소하고 전손사고건수를 10%줄이면 전체손해액이 1.1% 감소하는 것으로 분석되었다. 즉, 사망자수 및 전손사고건수와 같이 대형사고의 건수를 줄이려고 노력하는 것은 전체손해액 감소에 큰 영향을 주지 못하는 것으로 분석되었다⁵⁾. 더군다나 대형사고에 해당되는 사망자수 및 전손사고건수

4) $\frac{\partial \ln y}{\partial \ln x} = \frac{\partial y}{y} / \frac{\partial x}{x} = a$ 이므로, $a=0.1$ 이고 $\frac{\partial x}{x}=0.01$ 이라면, $\frac{\partial y}{y}=0.001$ 이 된다. 따라서, 로그-로그(log-log)모형의 계수 값은 x값이 10%변한다면, y값은 $a \times 10\%$ 만큼 변하는 것을 의미하는 탄력도이다.

5) 이러한 분석 결과가 사망사고 및 전손사고와 같이 대형교통사고를 줄이기 위한 국가

변수는 통계적으로 유의하지 않은 것으로 분석되었다. 사고심도의 탄력도와 감안하여 대형사고를 분석하여 보면, 사고심도의 증가능도 10%정도 심도를 줄일 경우 사회적 비용이 약 9.3% 감소하는 것으로 분석되었는데, 이것을 대형사고와 연관하여 해석하여 보면 대형사고는 건수 감소보다는 심도감소를 유도하는 정책이 자동차사고로 인한 사회적 비용 또는 손해액을 줄이는데 효과가 크다는 것을 의미한다⁶⁾. 반면에 부상사고의 경우 10%의 부상자수를 줄일 경우 손해액이 약 5.2%정도 감소하고, 분손사고의 경우는 분손사고건수를 10%줄이면 손해액이 약 4.6%정도 감소하는 것으로 나타났다. 즉 부상자수와 분손사고건수와 같이 소형사고건수를 줄이는 노력이 손해액(사회적 비용) 감소에 가장 효과가 크다는 것을 알 수 있다. 부상사고와 분손사고의 건수를 줄이는 노력이 전체 손해액 감소를 통한 사회적 비용을 줄이는데 효율적인 방법이라는 것은 모형Ⅲ뿐 아니라 모형Ⅰ과 모형Ⅱ에서도 일관되게 확인할 수 있었다.

다음은 현재 자동차보험제도 중에서 소형사고를 유도할 개연성이 있고 사고심도를 증가시킬 수 있는 제도를 살펴보고, 개선 필요성을 제기하고자 한다. 본 논문에서 자동차사고를 줄이는 제도를 자동차보험제도 측면에서 살펴본 이유는 자동차사고 건수를 줄이는 방법은 도로교통, 보험제도, 교통법규 등 다양한 분야에서 검토될 수 있지만, 본 논문의 분석자료가 자동차보험 자료이기 때문에 본 논문의 분석결과와 제안제도를 일치시킬 필요가 있기 때문이다. 그 외에도 자동차보험제도 이외의 도로교통측면에서 제도 개선 측면은 너무 광범위하므로 본 논문의 연구한계를 초과할 수 있다는 측면도 고려되었다.

자동차보험제도 중에서 자동차사고와 연계된 제도는 대표적으로 할인할증제도, 법규위반제도가 있다. 이 중에서 자동차사고가 날 경우 보험료를 할증하고,

차원의 노력이 필요 없다는 것을 의미하지는 않는다. 통계분석결과 사망사고 및 전손사고를 줄이기 위한 노력이 전체 사회적 비용 줄이는데 부상자수 및 분손사고건수를 줄이려는 노력보다 효율성이 낮은 것으로 분석되었지만, 이는 피해자와 피해자 및 가족의 심리적 고통 등을 감안하지 않은 것이다. 따라서 연구결과와 상관없이 국가차원에서는 대형사고 및 소형사고 여부를 떠나 전체 사고가 감소되도록 노력해야 할 것이 바람직한 것으로 판단된다.

- 6) <표 7>에서 모형식을 변화시키면서 각 변수의 계수 변화를 볼 때, 사고심도변수가 추가됨으로써 대형사고에 해당되는 사망자 및 전손사고건수가 통계적으로 유의하지 않은 것으로 변화된 것을 알 수 있다. 반면에 부상자 및 분손사고는 큰 변화가 없었다. 이는 대형사고의 경우 사고심도와 밀접한 관계가 있다는 것으로 해석할 수 있다는 것을 의미한다.

사고가 나지 않을 경우 보험료를 할인해주는 할인할증제도가 대표적인 자동차 보험 사고를 억제하는 제도이다. 하지만 할인할증 제도의 순기능을 저해하는 요인이 있다면 개선해야 할 것이라고 생각된다. 할인할증제도를 구성하는 여러 제도 중에서 자동차보험 사고를 억제하는 기능을 약화시킬 수 있는 대표적인 것들이 ‘물적사고시 보험료 할증기준에 관한 것’과 ‘자기차량손해담보의 보유불명사고의 할증기준’이라고 생각된다⁷⁾. 동제도가 할인할증제도를 실제로 약화시켰는지 여부를 추가적인 통계모형을 이용하여 분석할 필요가 있지만, 본 논문에서는 이들 제도의 역기능에 대한 통계분석부분을 추후 연구과제로 남겨놓고 동제도가 왜 할인할증제도의 순기능을 약화시키는 제도인지에 대한 논리적인 검토를 해보고자 한다.

첫째, 물적사고 할증기준을 살펴보도록 하자. 이 제도는 물적사고로 보험금이 지급(과거에는 50만원 한도였으나, 2010년 9월부터 200만원 한도로 기준 다양화)되었어도 일정한 한도를 초과하지 않으면, 할인도 할증도 되지 않은 제도이다. 예를 들면, 50만원 미만의 물적사고가 나서 정비소에 자동차 수리를 맞길 경우, 50만원 한도 내에서 수리비가 결정되면 보험료가 할증되지 않으므로 50만원 한도 내에서 자동차사고와 관련없는 부분까지 추가적으로 수리하고자 하는 욕구를 유도할 수 있다. 이것을 자동차보험 실무차원에서는 편승수리라고 한다. 동 제도는 소액사고가 발생하면 편승수리를 부추기는 역할을 할 가능성이 높다. 그러면 실제 물적사고에서 편승수리가 있었는지를 간접적으로 확인해 보기 위해 FY2006년 보험개발원에서 발간한 자동차보험 통계자료집Ⅱ에 있는 대물배상과 자기차량손해담보의 손해액기준별 사고건수 자료를 이용하여 보험금 분포를 그려보았다(그림 3) 참조).

동 분포를 보면, 사고건수 분포의 최고점에 해당되는 보험금 기준이 50만원

7) 할인할증제도, 교통법규위반 경력요율제도 등이 자동차사고를 줄이도록 유도하는 대표적인 자동차보험 제도이다. 기타 나머지 자동차보험 제도는 교통을 줄이도록 운전자의 행동을 유도하는 제도라기보다는 형평성에 부합한 자동차보험료를 적용하기 위한 제도라는 것이 본 연구자의 생각이다. 따라서 자동차사고발생을 줄이는 제도 중에서 대표적인 할인할증제도의 효율성을 높이는 측면에서 사고율을 감소시킬 수 있는 방법을 검토해보았다. 교통법규위반 경력요율제도의 경우에는 음주운전 등 대형사고(사고심도가 큰 자료)를 일으킬 가능성이 큰 교통법규위반자에 대하여 할증을 강화하는 방안이 있다. 교통법규위반자에 대한 할증강화 필요성에 대하여는 여러 연구결과가 있기 때문에 본 연구에서는 추가적인 검토를 하지 않았다.

인 것으로 나타났다. 50만원을 기준으로 왼쪽 분포가 급격하게 상승하고 오른쪽도 급격하게 하락하고 다시 200만원 수준⁸⁾에서 급격히 상승한 후 하락하는 모습이다. 이것은 자동차사고가 날 경우 가급적 보험료 할증이 되지 않은 50만원 수준에서 사고처리를 하는 경향이 있기 때문인 것을 개괄적으로 보여주는 것이다. 그리고 50만원을 기준으로 분포가 좌우로 비대칭 형태를 나타내고 있는 것은 50만원 기준에 따라 사고수리 분포가 결정되고 있다는 것을 간접적으로 암시하는 것이다.

이러한 사실을 볼 때, 물적사고 할증기준이 50만원을 초과할 수 있도록 제도가 변경된다면 물적사고 보험금 분포가 50만원 초과 점을 최대점으로 하는 모양으로 변경될 개연성이 크다. 이는 자동차사고건수가 동일하게 유지된다고 할 때 물적사고의 심도증가로 자동차사고의 사회적 비용증가의 원인이 될 수 있다는 것을 의미한다. 사고건수 측면에서도 물적사고 할증기준 한도가 증가될 경우 사고로 인한 보험료할증 부담이 없으므로 사소한 물적사고를 쉽게 일으킬 개연성도 있다고 판단된다⁹⁾.

〈그림 3〉 물적담보 손해액규모별 사고건수 분포

(단위: 만원)



자료: 보험개발원, 통계자료집 II, FY2006

8) 200만원 수준에서 급격히 상승 후 하락하는 분포의 모습은 특별할증 할증대상사고 그룹 중 C그룹의 기준이 200만원인 점이 영향을 미친 것으로 판단된다. 이는 보험가입자가 자동차사고시 보험금 처리기준을 자동차보험제도의 할증 기준금액으로 판단하는 경향을 보이는데 따른 것으로 판단된다.

9) 소형물적사고 증가는 모럴해저드에 관련된 부분 이므로 추가적인 통계분석이 필요하다고 판단된다.

이상의 물적사고 담보 사고건수 분포를 볼 때, 2010년 9월부터 실시된 대물 사고 할증기준 변경은 소형사고의 사고빈도와 사고심도를 모두 증가시키는 제도가 될 개연성이 있다. 추가적인 통계분석이 필요하지만, 논리적 측면 및 동 제도의 과거 실제운영현황 등을 볼 때 동 제도가 역선택(사고위험이 큰 운전자가 물적사고기준을 200만원 수준으로 선택) 또는 모럴해저드(편승수리, 50만원 사고가 났는데 물적사고 수리기준 한도 내에서 사고로 실제 파손된 부분 이외의 부분까지 수리하는 행위)를 유발하는 제도가 될 수 있다고 본다¹⁰⁾. 이상과 같은 문제점에서 동 제도를 보완할 필요가 있는데, 물적사고 할증기준 변경 제도가 실시된 지 얼마 되지 않으므로, 제도개선이 어렵다면 언더라이팅을 강화하는 방법을 통해 역선택 및 일부 모럴해저드 가능성을 차단하는 것도 한 방안이라 여겨진다¹¹⁾.

둘째, 소형사고를 유발할 수 있는 다른 제도로 자기차량손해담보의 보유불명 사고가 있다. 보험개발원에서 발간한 자동차보험 요율서를 보면, 가해불명 자기차량손해사고를 ‘주차가 허용된 장소에 주차 중 발생한 관리상 과실이 없는 자기차량손해사고(이하 “가해자불명 자기차량손해사고”라고 한다.)¹²⁾’라고 정의하고 있으며, 가해자불명 자기차량손해사고로 보험금이 30만 원 이하가 지급된

10) 물적사고 할증기준이 있기 때문에 물적사고시 보험료 할증을 적용받지 않기 위하여 자비로 50만원 초과 금액을 자비로 처리하는 경우가 있을 수 있다. 물적사고 피해자가 자비로 보험금일부를 처리할 경우 이는 전체 손해를 개선효과로 이어져 보험료를 인하할 수 있는 여지가 있는 긍정적인 효과이다. 반면에 물적사고 할증기준을 50만원 이상으로 인상할 경우, 할증기준 증가로 보험료 인상효과 이상의 모럴해저드(편승수리 등)가 발생할 개연성이 있다. 물적사고 할증기준 인상으로 얻을 수 있는 편익보다, 추가로 증가되는 사회적 비용측면이 더 커지므로 물적사고할증기준 증가 제도가 국민에게 더 도움이 되는 제도라고 보기 어려운 것으로 판단된다.

11) 2010년 12월 29일 금융위원회의 보도자료에 따르면, 금융위원회(이하 “금융위”라고 한다)는 물적담보의 모럴해저드를 방지하는 방안의 일환으로 자기차량손해담보의 자기부담금을 정률제로 전환하는 정책을 실시하는 방안을 발표하였다. 동 제도는 본 논문에서 제안한 물적담보할증기준 개선의 대상인 대물배상과 자기차량손해담보 중에서 자기차량손해담보의 역선택 개선을 통해 자기차량손해담보의 모럴해저드의 유발 가능성을 줄이려는 제도의 일환으로 판단된다. 따라서 금융위원회 발표 자료는 대물배상의 모럴해저드를 방지 측면의 정책적 대안은 제시하지 않았다고 볼 수 있다. 따라서 향후 물적담보할증기준이 대물배상에서 모럴해저드를 유발하고 있는지 추가적인 분석을 하여 모럴해저드를 유발하는 요인이 존재한다면 대물배상의 물적담보할증기준에 대한 제도개선이 필요할 것으로 보인다.

12) 보험개발원(2007), p.12

경우 1년간 할인이 유예되고, 30만원 초과 50만원 사고의 경우에는 3년간 할인이 유예되며, 가해불명 자기차량손해사고가 평가대상기간 중 2건 이상인 경우 1점 할증을 하는 것으로 되어 있다. 이러한 가해자불명 자기차량손해 사고에 대한 할증기준은 운전자가 크게 부담을 느끼지 않는 수준이다. 따라서 동 제도는 운전자가 자동차보험료 할증을 피하기 위하여 가해불명 자기차량손해사고가 아닌데도 가해불명 자기차량손해사고로 자동차의 파손된 부분을 수리하는 경향을 유도할 개연성이 있는 제도라고 판단된다. 그리고 할인적용을 최대로 받은 계약자의 경우 가해불명 자기차량손해사고로 자동차를 수리할 경우 보험료를 할증받지 않을 수 있으므로, 자동차를 수리하지 않아도 될 부분을 자동차가 오래 되었다는 이유로 수리를 하는 모럴해저드가 유발될 수 있다. 따라서 가해자불명 자기차량손해사고의 경우 실제 보험금이 계약자에게 지급되었기 때문에 무과실 여부를 떠나 모럴해저드를 방지할 수 있는 수준으로 제도를 강화할 필요가 있다고 판단된다¹³⁾.

마지막으로 현행 자동차보험 제도에서 사고심도를 줄임으로써 손해액을 효과적으로 줄이는 방법이 있는지 살펴보고 하자. 사고심도는 자동차보험 약관상 지급기준에 해당된다. 그런데 배상책임사고인 대인배상 및 대물배상사고의 경우에는 보상받을 대상이 가해자가 아닌 피해자 이므로 피해자 보호를 해치는 약관상 지급기준 조정(지급기준 감소)은 사회적으로 용인되기 어렵다. 즉, 사고심도를 줄이는 것이 손해액 절감의 가장 효율적인 방법이라는 이유로 약관상 지급기준을 무조건 줄이는 것은 바람직 한 방법이 아니라고 생각된다. 따라서 약관상 지급기준 중에서 피해자 보호측면이 아닌 불필요하게 추가로 지급되는 규정이

13) 2010년 12월 29일 금융위의 보도자료에 따르면, 금융위에서는 할인할증구간 확대를 언급하였다. 할인할증 구간 확대는 자기차량손해담보의 보유불명사고를 간접적으로 줄이는 효과가 있다고 판단됩니다. 예를 들면, 최저할인율에 도달한 사람이 사고를 내지 않을 경우 추가로 보험료를 할인받을 수 있다는 생각 때문에 보유불명사고를 내지 않도록 유도할 수 있다. 그러나 할인할증 제도의 최저할인 도달구간이 정해져 있고, 최저할인구간에 속한 사람들은 보유불명사고를 이용하려는 욕구를 다시 가지게 된다. 즉, 모럴해저드가 발생할 수 있는 여지가 있다. 따라서 할인할증구간 확대는 보유불명사고자의 모럴해저드를 몇 년간 지연시키는 것이지 근본적으로 억제하는 제도가 되지 못한다고 판단된다. 따라서 보유불명사고자의 모럴해저드를 근본적으로 억제하기 위해서는 보유불명사고자에 대한 할증을 강화하는 등의 방법을 검토해야 할 것이다.

있는지 살펴볼 필요가 있다. 추가적으로 불필요하게 보험금이 지급되는 제도 중 시급히 검토해야할 사항중 하나로 물적사고시 지급금액을 결정하는 수리비 및 공임관련 사항이라고 생각한다. 현재 자동차손해배상보장법에 따르면 수리비 및 공임의 경우 정부에서 개입하여 적정 수리비 및 공임을 결정하도록 하고 있다. 동 제도는 피해자보호와 관련이 없는 보험회사와 정비업자의 관계에 관한 사항 이면서 사고심도 특히 물적사고의 사고심도에 관련된 부분이다. 따라서 피해자 보호와 관련 없는 동 제도는 보험회사와 정비업자의 협상에 따라 결정되도록 하는 것이 시장 기능에 부합하다고 생각되며, 이를 통해서 불합리하게 물적담보의 사고심도가 증가되는 문제가 해소될 수 있을 것으로 생각된다.

이상에서 살펴본 내용을 요약하면, 자동차보험의 여러 제도 중에서 할인할증 제도의 ‘물적사고 할증기준’과 ‘자기차량손해담보의 가해자불명 사고의 할인할증 제도개선’이 자동차사고, 특히 소액사고를 유도하는 자동차보험제도라고 판단된다. 그리고 사고심도 감소를 통해 사회적 비용을 줄이는 방법은 피해자보호를 해치지 않으면서 불합리하게 심도를 증가시키는 제도를 개선해야 하는데, 이는 자동차손해배상보장법에서 수리비 및 공임 증가율을 결정하는데 정부가 개입하도록 하는 규정에 관련이 있다고 판단된다.

V. 결 론

본 논문에서는 FY2004부터 FY2009까지 6년간 개인용자동차보험(플러스개인용 자동차보험 포함)의 회사별/분기별 손해액, 사고유형에 따른 사고건수 자료로 어느 유형의 사고가 전체 손해액을 경감시키는데 효율적인지 선형혼합효과모형을 이용하여 분석하였다.

그 결과, 사고유형 중에서 부상자수와 분손사고건수와 같이 소형사고건수를 줄이는 노력이 가장 효율적인 방향이라는 결론을 얻었다. 이에 따라 보험제도 측면에서는 소형사고건수 증가를 유도하는 제도가 있는지 확인이 필요하였다. 그 결과 ‘물적사고로 할증기준제도’와 ‘보유불명사고에 따른 자기차량손해사고 제도할증제도’가 소형사고를 유발할 수 있는 제도로 판단되었다. 또한 동 제도

는 자동차보험 가입자의 역선택 또는 모럴해저드를 유도할 수 있는 여지가 있는 제도라고 판단되었다. 이에 본 논문에서는 소형사고를 줄이고, 역선택 및 모럴해저드를 없앨 수 있도록 물적사고 할증기준과 보유불명사고의 자기차량손해 사고 할증제도를 개선함으로써 전체 손해액 절감 또는 자동차사고로 인한 사회적 비용 절감이 가능하다고 판단하였다. 그리고 사고심도를 줄이기 위해서 물적사고의 공임 및 수리비를 결정하는 현행 구조를 시장에 맡기도록 개선할 필요가 있다고 생각한다.

본 논문에서 살펴본 자동차보험 제도개선방향은 주로 소형사고에 집중되었고, 사망사고 및 전손사고와 같이 대형사고를 줄이는 문제는 다루지 않았으며, 사고심도를 줄이는 방법 중 일부만 다루었다. 따라서 본 논문에서 다루지 않은 부분은 향후 추가 연구에서 검토할 필요가 있다고 생각한다. 이와 더불어 대물 사고 할증기준 확대(50만원→200만원)제도가 자동차보험가입자의 역선택을 유발하는 제도인지 또는 모럴해저드를 유발하는 제도(편승수리)인지 여부를 본 논문에서 통계모형을 통해서 확인하지 않았는데 추후 연구를 통해 확인해볼 필요가 있다고 생각한다.

자동차사고를 줄이기 위한 광범위한 제도를 발굴하기 위해서는 추가적인 연구가 필요하고, 사고심도를 줄일 수 있는 제도가 있는 지에 대해서도 다양한 추가 연구가 필요하다. 예를 들어, 소형사고가 늘어난 도로교통 측면의 원인 분석, 자동차보험 제도에서 본 논문에서 제시한 이외의 제도개선이 필요한 사항에 대한 분석이 그러한 연구에 해당된다.

참고문헌

- 강경우 · 권정태 · 국우각, 「고령화 사회와 고령자 교통사고의 재고찰」, 대한토목학회논문집, 27(1D), 2007, pp.19-26.
- 금융감독원 통계정보시스템(<http://fisis.fss.or.kr/>).
- 기승도, 『자동차사고의 사회적 비용 최소화 방안』, 보험연구원, 연구보고서, 2009.
- 기승도 · 김대환, 『일반화선형모형(GLM)을 이용한 자동차보험 요율상대도 산출 방법 연구』, 보험연구원, 연구보고서, 2010.
- 김광국, 「자동차사고의 위험과 담보」, 사회과학논총, 18, 2002, pp.51-84.
- 김대환 · 기승도, 「주행거리와 자동차사고 위험도의 관계」, 『보험학회지』, 한국보험학회, 85, 2010, pp.109-132.
- 보험개발원, 자동차보험 공동인수계약 요율서, 2007.
- _____, 통계자료집Ⅱ, 2006.
- 유두선 · 오상진 · 김태영 · 박병호, 「주·야간 교통사고의 특성 및 사고모형 비교 - 청주시 4지 신호교차로를 중심으로-」, 대한토목공학논문집, 28(2), 2008, pp.181-189.
- 채범석, 「보험요율과 교통안전 시설투자에 의한 교통사고 감소에 관한 연구」, 로지스틱연구, 11(1), 2003, pp.125-148.
- 한주성, 「자동차 교통사고에 의한 도시유형의 특성」, 한국경제지리학회지, 20(2), 2007, pp.137-152.
- Diggle, P. Liang, K-Y and Zeger, S. *Analysis of Longitudinal Data*, Oxford University Press, 1994, p.88.
- Jose C. Pinheiro, Douglas M. Bates, *Mixed-Effects Models in S and S-Plus*, Springer, 2000.
- Searle, S. R., Casella, G. and McCulloch, C. E. *Variance Components*, Wiley, New York, 1992.
- Vonesh, E. F. and Chinchilli, V. M. *Linear and Nonlinear Models for the Analysis of Repeated Measures*, Marcel Dekker, New York, 1997.

Abstract

The increase in insurance losses due to vehicle accidents leads to increased social costs and negatively affects public welfare. Accordingly, the auto insurance company may face pressure to raise premiums. However, auto insurance has social aspects and it is not so easy to raise premiums even if company faces a serious pressure to do so. Thus, the best way to decrease consumer complaints about premium increases and reduce the social costs due to motor vehicle accidents is to reduce the number of motor vehicle accidents. In order to achieve this, it is important to analyze the causes of accidents and to find effective ways to reduce accidents. In this paper, we analyze the direction of many of these efforts to reduce motor vehicle accidents and find a better way to achieve this. We think one can reduce auto accidents by identifying and concretely measuring different factors which affect damage level in each type of accident. To do this, we use a linear mixed-effects model to identify the relationship between accident types and losses. Analysis tells that the number of wounded person and partial loss in small accidents show the highest elasticity. Therefore, in order to reduce the number of small accidents, we propose ways to improve 'premium based on physical accidents' and 'systems on unknown perpetrator damage accident'.

※ **Key words:** auto insurance, linear mixed effect model, premiums