

인구변화를 고려한 자동차보험 요율 최적화*

Generating an Optimal Auto Insurance Rate with the Consideration of Population Change

장 봉 규** · 최 창 희***

Bong-Gyu Jang · Changhui Choi

현재 국내 자동차보험회사들은 수지상등 이하의 요율을 이용할 수밖에 없는 환경하에서 세계에서 가장 빠른 인구 고령화에 대응해야 하는 어려움에 직면해 있다. 일반적으로 타 손해보험 종목의 경우 추세를 고려한 수지상등 요율을 이용하는 것이 허용되어 있으나 자동차보험의 경우 금융당국의 규제와 치열한 시장 경쟁으로 인해 수지상등 이하의 요율이 이용되고 있고 자동차보험회사들이 연령별 손해율 변화 추세를 요율 산출에 그대로 적용하는 것이 현실적으로 어렵다. 본 연구는 이러한 환경하에서 자동차보험회사들이 인구변화를 고려해 최적화된 연령대별 요율을 산출하는 방법을 소개한다. 이를 위해 먼저 본고는 인구 변화가 연령 구간별 자동차보험 손해율에 미치는 영향을 추정하고 자동차보험회사가 보험료를 제한적으로 인상하는 것이 허용된 경우 인구변화를 고려해 자동차 보험의 영업손해(이익)를 최소화(극대화)하는 연령대별 자동차보험 요율(상대도)을 정하는 방법을 제안한다.

국문 색인어: 자동차보험 요율, 인구 고령화, 최적화

한국연구재단 분류 연구분야 코드: B051603

* 이 논문은 2014년 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행되었습니다.
(NRF-2014S1A3A 2036037)

** 포항공과대학교 산업경영공학과 부교수(bonggyujang@postech.ac.kr), 주저자

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

논문 투고일: 2015. 09. 01, 논문 최종 수정일: 2016. 04. 26, 논문 게재 확정일: 2016. 05. 12

I. 서론

1990년대 이후 보험상품 요율 자유화가 꾸준히 진행되어 손해보험회사들¹⁾의 요율에 대한 운영상 자율성이 제고되었다. 그러나 이러한 변화에도 불구하고 자동차보험회사들은 치열한 시장경쟁과 금융당국의 그림자 규제²⁾로 인해 실제 비용(지급보험금 및 비용 등)에도 미치지 못하는 수준의 보험료를 이용하고 있는 형편이다(〈Table 1〉 참조).

자동차보험 시장 악화는 최근 자동차보험 영업실적에서 여실히 드러난다. 2004~2013년 사이 자동차보험 10년 평균 합산비율³⁾은 107%로 손해보험사업 전체의 합산비율 101%를 크게 상회한다⁴⁾. 합산비율은 보험영업의 수입 대비 비용이므로 자동차보험의 높은 합산비율은 보험회사가 자동차보험영업에서 지속적으로 적자를 보고 있다는 것을 나타낸다. 특히 최근 자동차보험에서 발생하는 손해는 빠르게 증가해 2014년에는 1조 1,310억 원을 기록했고,⁵⁾ 보험개발원 보험통계 포털에 따르면 1988년부터 2013년까지 누적 적자는 11조 5천억 원에 이른다.

2014년 현재 자동차보험은 원수보험료 기준으로 일반손해보험시장⁶⁾의 60% 이상을 차지하고 있어 동 보험시장의 환경 악화는 손해보험회사들에게 있어 민감한 이슈일 수밖에 없다.

이와 같은 환경하에서 손해보험회사들은 자동차보험에서의 손해를 다른 종목에 높은 요율을 적용해 만회할 수밖에 없고 자동차보험 전업사들은 손해를 그대로 감내할 수밖에 없다. 손해보험회사들은 기업들이 경제활동을 위해 필요로 하

1) 일반손해보험 종목을 취급하는 종합 손해보험회사.

2) 현재 자동차보험(의무, 임의)은 소비자물가지수를 산출하는 기초 품목에 포함돼 있다. 통계청 소비자물가지수 페이지(<http://kostat.go.kr/incomeNcpi/cpi/index.action>)를 참조. 금융당국은 물가안정을 이유로 법에서 정해지지 않은 방법으로 우회적으로 자동차보험 요율 인상을 억제하고 있다. 중앙일보(2015. 6. 16), “그림자 규제 그만두겠다지만 문제는 관행” 참조.

3) 합산비율=(발생손해액(지급보험금 포함 손해)+순사업비)/경과보험료.

4) 〈Table 1〉 참조.

5) 기승도·이규훈(2015), “자동차보험료 증가억제를 위한 보상제도 개선 방안”, 보험연구원 세미나 자료 참조.

6) 장기보험 제외.

는 다양한 보험을 제공하므로 자동차보험에서 큰 손해가 발생할 경우 손해보험회사들은 부득이하게 자동차보험의 손해를 타 보험에 전가할 수밖에 없고 이러한 관행은 타 손해보험 종목의 요율을 인상시켜 경제효율을 저하시킬 수 있다.

〈Table 1〉 Korean auto insurance statistics

2013's figures include data from April to December as accounting standard changed from FY(fiscal year) to CY(calender year). 1) Losses include paid claims, 2) Profit from sales = Accrued premium-losses-operational cost, 3) Operational cost ratio = Operational cost/Accrued premium, 4) Combined ratio=(Losses+Operational cost)/Accrued premium. Since the announcement of "Auto Insurance Improvement Plans for Fair Society" by Financial Supervisory Service in 2010, operational costs of auto insurance have been maintained around 21% from 2011.

(Unit: 100 Million KRW)

Year	Accrued premium	Losses ¹⁾	Operational costs	Profit from sales ²⁾	Operational cost ratio ³⁾	Combined ratio ⁴⁾
2004	76,012	55,277	24,443	-4,483	32%	105%
2005	79,801	61,144	25,417	-8,202	32%	108%
2006	84,741	66,910	26,912	-10,065	32%	111%
2007	95,332	69,547	29,742	-5,352	31%	104%
2008	102,792	71,596	31,917	-2,195	31%	101%
2009	103,868	78,627	33,007	-9,521	32%	107%
2010	111,490	89,577	35,893	-15,696	32%	113%
2011	121,918	100,269	25,810	-4,162	21%	103%
2012	122,479	102,826	26,086	-6,432	21%	105%
2013	91,304	80,270	19,197	-8,162	21%	109%
Avg.	98,974	77,604	27,842	-7,427	29%	107%

Source: KID Insurance Statistics Portal Service.

이렇게 합리적인 자동차보험 요율을 활용하지 못하는 환경하에서 보험회사들은 인구변화에 따른 연령 구간별 손해율 변화에 대응해야 하는 어려움에 직면해 있다. 현재 한국은 세계에서 가장 빠른 고령화 속도를 보이고 있으며⁷⁾ 이러한 변화는 연령대별 교통사고 발생 패턴의 변화에도 큰 영향을 미친다⁸⁾.

본 연구가 II장에서 수치로 보인 바와 같이 현재 국내에서는 급격한 인구변화가 나타나고 있고 이와 함께 연령대별 운전면허 소지자당 교통사고 유발 건수도 빠르게 변화하고 있다. 현재 『보험업감독규정』⁹⁾은 손해보험회사가 보험료 산출에 추세를 반영하는 것을 허용하고 있고 보험개발원이 제공하는 자동차보험 참조준보험요율¹⁰⁾도 현재 기본보험료 산출에 추세를 반영하고 있으며 과거 일부 상대도에 추세가 반영되었던 것을 고려하면 최근 빠른 인구변화에 따른 연령대별 손해율 변화를 고려해 연령대별 상대도에 추세를 반영하는 것도 충분히 가능할 것으로 보인다.

현재 각 보험회사들이 자동차보험 요율을 자율적인 방법으로 산출하고 있고 대부분의 보험회사들이 주기적으로 요율을 업데이트하고 있으므로 보험회사들은 필요한 경우 연령대를 세분화하거나 각 연령대에 손해율 추세를 어느 정도 반영해 요율을 구하는 것을 고려할 수 있다¹¹⁾.

위에서 기술한 바와 같이 자동차보험은 수지상등¹²⁾ 조건을 만족하는 수준보다 낮은 요율을 적용할 수밖에 없는 시장 상황과 빠른 인구변화에 따른 급격한 연령대별 손해율 변화를 경험하고 있다. 본 연구는 자동차보험회사가 점진적으로 높은 자동차요율을 사용할 수 있게 되는 경우를 가정해 자동차보험회사가 인구변화를 고려해 손해를 최소화(또는 이익을 극대화)하는 요율을 산출하는 방법을 제안한다¹³⁾.

- 7) 한국의 고령인구 비중이 7%에서 14%, 14%에서 20%가 되는데 걸리는 시간은 각각 19년과 8년으로 세계에서 가장 빠르게 인구 고령화가 진행되고 있다. 일본 국립사회보장인 구문제연구소(2015), **인구통계자료집**, <http://www.ipss.go.jp/> 참조.
- 8) 최창희(2015), “해외 고령운전자 관리의 시사점”, 주간이슈, 보험연구원.
- 9) 현재 『보험업감독규정』은 손해보험의 손해액 발생 수준에 추세가 존재할 경우 이를 추정해 보험료에 반영하는 것을 허용하고 있다. 『보험업감독업무시행세칙』 [별표 7] 참조.
- 10) 보통 ‘참조요율’이라 한다.
- 11) 보험회사가 자체적으로 산출한 요율을 ‘자사율’ 또는 ‘자사요율’이라 한다.
- 12) 영업보험료 총액과 지급보험금 및 운영경비 총액의 현가가 일치하여야 한다는 원칙.
- 13) 실무적인 관점에서 볼 때 자동차보험 요율은 가입자의 연령 이외에 특약요율, 가입자 특성요율(교통법규위반경력요율, 차량등급요율, 우량할인, 불량할증, 물적사고 할증기준요율, 특별요율, 단체업체특성요율) 등 가입자와 가입자 차량의 특징에 관련된 요소에 따라 복잡한 구조로 산출된다. 본 연구는 인구변화의 영향을 자동차보험계약자들의 연령 구간별 손해율에 영향을 미치는 주요 인자로 보고 다른 요소들은 평균적인 상태인 것으로 가정하고 연구를 진행한다. 상세한 내용은 보험개발원 『자동차보험 참

현재 자동차보험은 원수보험료 기준으로 일반손해보험 시장의 과반 이상을 차지하고 있고 높은 손해율을 보이고 있어 자동차보험 시장을 효율 제고를 위한 학술 연구가 절실한 상황이다. 그럼에도 최근에 이러한 목적을 위해 수행된 연구가 많지 않다는 사실은 아쉬운 일이다. 최근 수년간 자동차보험 요율을 연구한 논문에는 다음과 같은 것들이 있다.

먼저 최우석·한상일(2008)은 손실함수가 Tweedie's Compound 포아송 분포를 따른다고 가정하고 DGLM을 이용해 손해의 평균과 분산을 고려해 보험요율 추정의 정확도를 향상시키는 방안을 제안했다. 김명준(2013)은 손해의 심도와 빈도의 추세를 고려해 자동차보험 보험료를 산정하는 기법을 소개했다. 김영화(2013)는 오차항 분포에 대해 다양한 가정을 고려한 일반선형모형을 자동차보험 보험요율 산출에 적용하는 방법을 제안했다. 조재린·이기형·강중철(2012)은 변동제한법 신뢰도와 경험적 베이지안 신뢰도 등을 자동차보험 요율 산출에 적용하는 방법을 실증 분석을 통해 소개했다.

이와 같이 지금까지 수행된 대부분의 학술연구들은 기존의 요율 산출 방법을 고도화하는 방안을 제시하는 데 초점을 맞추고 있다. 이에 반해 본 연구는 인구변화가 자동차보험 시장에 미치는 영향을 추정하고 이를 고려해 연령대별 요율을 최적화하는 방안을 처음으로 제안해 자동차보험 시장의 효율을 제고하고자 했는데 의의가 있다.

해외에서는 최적화 방법을 이용해 보험료를 정하는 방법이 흔히 사용된다. 예를 들어 Taylor(1986)는 경쟁 시장에서 최적의 요율을 산정하는 이산 시간 모형과 동 모형에서 최적해를 구하는 방법을 제시했고 Emms and Haberman(2005)은 Taylor(1986)가 제시한 방법이 보험자의 입장에서 최적이지 아닌 해를 생성한다는 것을 보이고 선형 수요함수를 가정해 이를 개선하는 요율 산출방법을 제시했다. Emms(2007)는 Taylor(1986)를 일반화해 경쟁시장에서 동적계획법(dynamic programming)을 이용해 최적의 보험요율을 구하는 방법을 제시했다. Hofmann, Nell, and Pohl(2007)은 보험계약자의 위험회피도가 확률모형인 경우 최적의 요율을 결정하는 방법을

조순보험요율 신고서』를 참고하기 바란다.

제시했고 Hofmann, Nell, and Pohl(2009)은 독점 보험시장에서 보험자가 보험계약자의 위험회피계수를 정확히 알지 못할 때 최적의 요율을 정하는 방법을 제시했다.

이와 같이 해외에서 최적화 방법이 보험요율을 결정하는 데 널리 활용되는 데에 반해 저자들은 국내에서 최적화 방법을 이용해 보험요율을 산출하는 방법을 제시한 연구를 발견하지 못했다.

요율이 완전히 자유화되어 있는 경우 보험회사들은 손해의 기댓값과 변동성 및 추세를 고려해 수지상등의 조건을 만족하는 요율을 산출해 이를 활용할 수 있다. 그러나 현재 보험회사들은 자동차보험 시장의 치열한 경쟁과 금융당국의 요율 규제로 요율을 수지상등을 만족하는 수준으로 운영할 수 없고 기본보험료를 큰 폭으로 인상할 수 없다. 이러한 상황에서 보험회사들이 취할 수 있는 전략 중에 하나는 기본보험료를 주어진 한도 내에서 인상하고 연령별 요율을 조정해 손해를 최소화하거나 이익을 극대화하는 것이다. 본 연구는 이와 같은 문제를 수학적으로 정의하고 이 문제를 풀어 보험회사의 손해를 최소화하거나 이익을 극대화하는 기법을 제안한다.

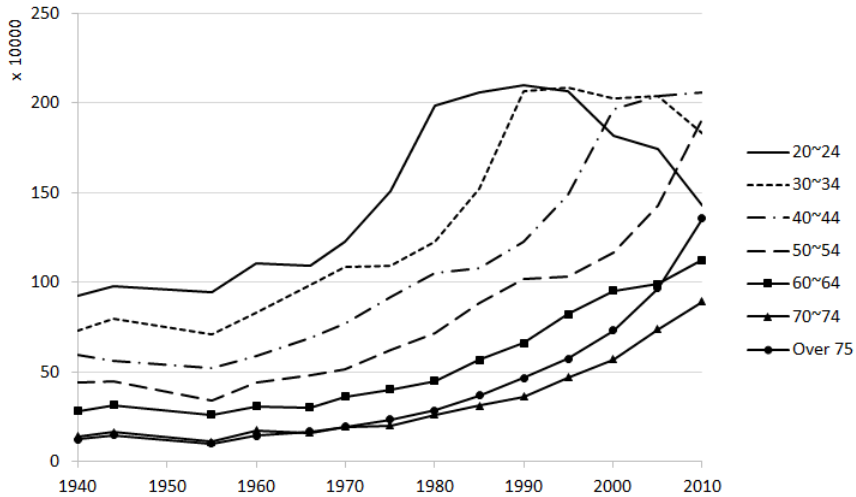
II. 인구변화와 자동차보험 요율 분석

현재 한국의 세계에서 가장 빠른 인구 고령화는 사회 전반에 걸쳐 영향을 미치고 있으며¹⁴⁾ 자동차보험도 예외일 수는 없다. 〈Figure 1〉은 통계청 조사에 따른 20세 이상 연령대별 인구 변화 추이이다. 〈Figure 1〉에 따르면 한국의 20~39세 인구는 빠르게 감소하고 있고 40세 이상 인구는 빠르게 증가하고 있다.

이와 같은 인구변화에도 불구하고 자동차보험 연령 구간별 손해율에 변화가 없다면 인구변화가 보험요율에 미치는 영향이 적다고 볼 수 있다. 그러나 저자들이 수집한 자료에 따르면 특정 연령대에서 운전면허 소지자당 교통사고 유발 건수는 빠르게 변화하고 있다.

14) 이진면 외(2013) 참조.

〈Figure 1〉 Each age-group's population change in Korea



Note: This table includes only certain age-groups for better readability.

Source: Census Bureau(<http://kostat.go.kr/>).

〈Table 2〉 Number of driver's license I · II holders by year/age-group

(Unit: thousand)

Year	19-	20-29	30-39	40-49	50-59	60-64	65+
2010	227	4,317	6,617	6,511	4,347	1,035	1,028
2011	311	4,291	6,615	6,648	4,768	1,096	1,160
2012	376	4,390	6,658	6,784	5,091	1,217	1,338
2013	314	4,359	6,589	6,938	5,363	1,311	1,523
2014	401	4,498	6,517	7,060	5,630	1,451	1,709
CAGR	15,22%	1,03%	-0,38%	2,05%	6,68%	8,82%	13,55%

Note: '19-' and '65+' mean 'below 19' and 'over 65', respectively. Data as of July 10, 2015. CAGR: (last year's data/first year's data)^{1/(n-1)}-1.

Source: <http://www.police.go.kr/portal/main/contents.do?menuNo=200193#a017>

〈Table 2〉는 경찰청 연령대별 운전면허 소지자 수 전수자료 통계이다. 〈Table 2〉에 따르면 20~49세 사이의 운전면허 소지자 수에는 큰 변화가 없으나 19세 이하

운전면허 소지자 수와 50세 이상 운전면허 소지자 수에는 큰 변화가 있는 것으로 나타났다. 구체적으로 19세 운전면허 소지자 수는 2010년 22만 7천 명에서 2014년 40만 1천 명으로 연평균 15.22% 증가했고, 50~59세, 60~64세, 65세 이상 연령대 운전면허 소지자 수는 각각 연평균 6.68%, 8.82%, 그리고 13.55%로 빠르게 증가했다¹⁵⁾.

〈Table 3〉 Traffic accidents causations of age-groups

(Unit: 1)

Year	20-	21-30	31-40	41-50	51-60	61-64	65+
2007	17,422	165,016	231,089	228,389	119,853	21,082	25,946
2008	20,825	160,469	225,824	231,628	130,337	23,062	30,913
2009	19,788	160,654	227,418	239,855	142,064	26,517	33,980
2010	20,153	155,672	226,605	244,298	152,039	28,912	36,595
2011	19,310	139,174	208,846	230,357	157,698	31,017	37,606
2012	34,850	165,559	248,523	270,265	212,361	39,764	60,141
2013	30,659	148,317	235,827	257,239	217,829	42,592	66,654
2014	31,533	146,238	236,266	256,185	224,941	46,438	73,691
CAGR	8.85%	-1.71%	0.32%	1.65%	9.41%	11.94%	16.08%

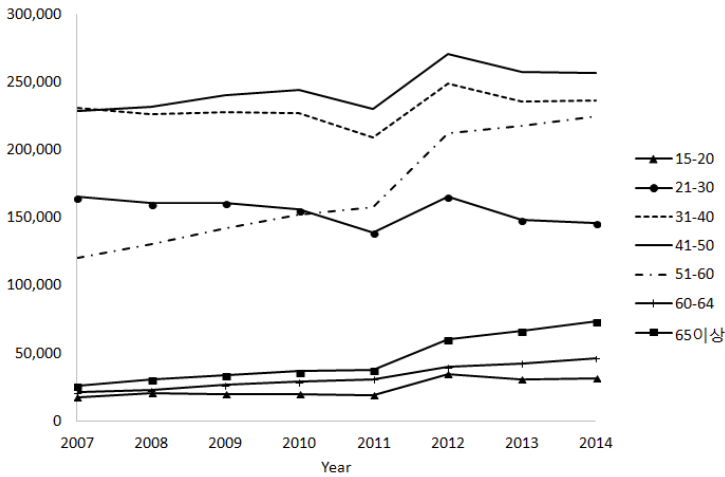
Note: '65+' means 'over 65'. As of July 10, 2015.

Source: http://taas.koroad.or.kr/reportSearch.sv?s_flag=05

〈Table 3〉은 도로교통공단의 연령대별 교통사고 유발 건수 전수자료이다. 〈Table 3〉에 따르면 20세 이하 운전자들에 의한 교통사고 유발 건수가 연평균 8.85%로 빠르게 증가하고 있고 20~50세 구간의 교통사고 건수에는 큰 변화가 없으나 51~60세, 61~64세, 65세 이상 구간의 연령별 교통사고 유발 건수는 각각 연간 9.41%, 11.94%, 16.08%로 빠르게 증가하고 있는 것으로 나타났다(〈Figure 2〉 참조).

15) 연령대별로 실제로 운전을 하는 운전면허소지자와 그렇지 않은 경우의 비율이 다를 수 있으나 현재 실제로 운전을 하고 있는 운전면허소지자의 비율 통계는 집계되고 있지 않다. 보험가입 통계를 이용해 이를 추정할 수 있으나 보험개발원은 이러한 자료를 제공하지 않고 있다.

〈Figure 2〉 Traffic accident causations of age-groups



Source: 〈Table 3〉.

우리는 연령대별 운전자당 교통사고 유발 건수와 연령대별 자동차보험 손해율에 높은 상관관계가 있다고 가정하고 연구를 수행했다. 연령대별 운전면허소지자당 교통사고 유발률(〈Table 4〉)은 〈Table 3〉의 각 셀(교통사고 유발 건수)을 〈Table 2〉의 같은 위치의 셀(운전면허소지자 수)로 나누어 추정되었다. 현재 연령대별 자동차보험 보험료·보험금 자료가 부재해 이와 같이 교통사고 유발률로 연령대별 자동차보험 손해율 변화를 추정한 것이다.

〈Table 4〉에 따르면 연령별 운전면허 소지자당 교통사고 유발 건수는 30~49세 구간에서 1% 내외의 작은 변화를 보이거나 19세 이하, 50~59세, 60~64세, 65세 이상 구간에서 각각 연간 4.34%, 3.38%, 3.45%, 4.90% 증가하는 추세를 보였고 29세 이하 구간에서는 오히려 교통사고 유발률이 감소하는 추세를 보였다. 특히, 65세 이상 구간에서 4% 이상의 높은 손해율 증가 추세를 보였다. 19세 이하에서 연평균 변화율이 음수로 나온 이유는 2014년 사고 유발률이 급격히 감소했기 때문이다. 2012년과 2013년에 증가한 교통사고 유발률을 고려하면 19세 이하 구간의 사고 유발률은 실제로 증가하는 추세를 보이고 있다.

〈Table 4〉 Percentages of traffic accident causations of driver's license holders
by year/age-group

There exists one-year gap between 〈Table 2〉 and 〈Table 3〉. We estimated traffic accident causations of age-groups with an assumption that one-year time gap is negligible. Since we used the entire data set for the analysis, our estimates would be highly accurate.

(Unit: %)

Year	19-	20-29	30-39	40-49	50-59	60-64	65+
2010	8.86	3.61	3.42	3.75	3.50	2.79	3.56
2011	6.21	3.24	3.16	3.47	3.31	2.83	3.24
2012	9.26	3.77	3.73	3.98	4.17	3.27	4.50
2013	9.78	3.40	3.58	3.71	4.06	3.25	4.38
2014	7.87	3.25	3.63	3.63	4.00	3.20	4.31
CAGR	-2.93%	-2.56%	1.44%	-0.83%	3.38%	3.45%	4.90%

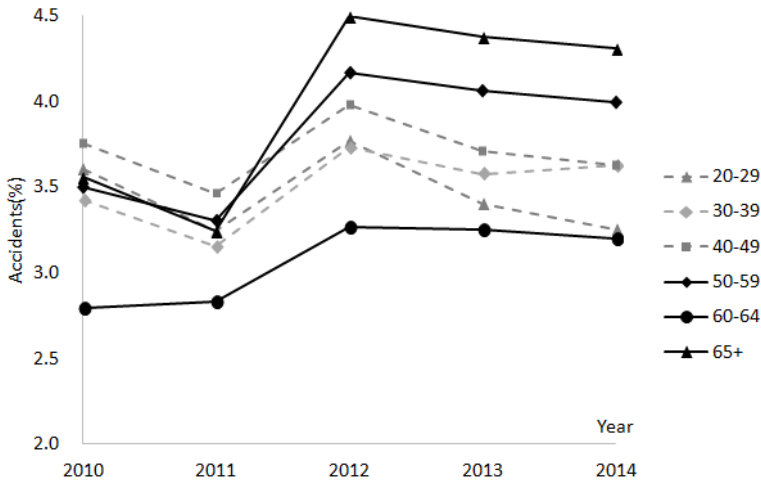
Source: Estimated from 〈Table 2〉 and 〈Table 3〉.

연령별 운전면허소지자당 교통사고 유발 건수 변화가 자동차보험 손해율에 직접적인 영향을 미친다고 볼 때, 〈Figure 3〉은 특정 연령대에 뚜렷한 손해율 변화 추세가 존재함을 보여준다. 〈Figure 3〉과 같이 50세 이상 연령대에서 교통사고 유발률이 증가하는 이유를 설명하고 있는 국내 연구에는 정연식 외 2인(2011)이 있다. 동 보고서에 따르면 고령운전자들¹⁶⁾은 낮은 정지시력(최소 운전자 시력 0.5, 고령 운전자 평균 시력 0.29)과 동체시력(원근조절능력이 청소년의 1/10 수준), 야간 주행 시 물체식별 능력 저하(75세 운전자는 야간에 운전엔 필요한 정보를 얻기 위해 25세 운전자보다 32배 더 많은 빛 필요), 섬광에 노출 후 긴 회복 시간(15세에 비해 9.5배 수준), 시야 감소, 집중력 저하, 사물 인식 능력 저하, 청력 감퇴, 반사 신경 저하, 근력 저하 등으로 운전능력이 비고령자에 비해 현격히 저하된다. 또한 최근 인구 고령화와 함께 경증·중증 치매 환자 수가 빠르게 증가하고 있는 것도 고령운전자의 운전능력 저하에 영향을 미치고 있다¹⁷⁾.

16) 일반적으로 국내외에서 65세 이상 운전자를 '고령운전자'라 한다.

17) 보건복지부(2013. 3. 5), "2012년 치매 유병률 9.18%, 치매환자 수 20년마다 2배씩 증가" 참조.

〈Figure 3〉 Percentages of traffic accident causations of driver's license holders by year/age-group



Note: Visualization of 〈Table 4〉. The graph of age-group '19-' is not drawn for a better readability.

고령운전자 수의 증가에 따른 운전면허소지자당 교통사고 유발률 증가는 비고령운전자로서 운전을 시작한 운전자들이 신체 노화에 의해 자신들의 운전능력이 감퇴된다는 것을 인식하지 못하고 기존의 운전 습관대로 운전을 계속하면서 고령운전자들의 교통사고 유발률이 증가하는 것으로 볼 수 있다. 박혜원(2014)은 이러한 추세가 베이비부머들이 고령층에 편입되기 시작하면서 점차 심화될 것이라 지적했다.

본 연구는 경과보험료 기준으로 자동차보험에서 가장 큰 비중을 차지하는 개인용자동차보험을 중심으로 분석을 수행했다¹⁸⁾. 〈Table 3〉의 자료는 1·2종 보통운전면허 소지자 통계이고 〈Table 4〉는 차종에 상관없이 집계된 전체 교통사고 통계이므로 개인용자동차보험 가입자의 통계로 분석을 수행할 경우 본 논문의 결과와 다소간의 차이가 발생할 수 있다.

18) 2014년 현재 경과보험료 기준으로 개인용자동차보험이 전체 자동차보험 시장에서 차지하는 비중은 66%이다. 보험개발원 보험통계포털 서비스 참조.

연령별 운전면허 소지자당 사고 건수가 연령별 손해율과 높은 상관관계를 가진다고 가정할 경우, <Table 4>와 <Figure 3>과 같이 보험에 가입한 각 연령대에서 조금씩 다른 손해율 추세가 나타날 수 있다. 현재 보험개발원의 개인자동차보험 참조요율은 상대도 적용을 위한 연령구간을 20세 이하, 21~23세, 24~25세, 26~35세, 36~40세, 41~45세, 46~65세, 66세 이상으로 하고 있다. 충분한 자사 통계를 보유하고 있는 자동차보험회사들은 상대적으로 구간이 폭이 넓은 '46~65세' 구간과 '66세 이상' 구간을 세분화해 자동차보험 요율을 최적화할 수 있다.

<Table 5> Statistics of personal auto insurance premiums and policy holders

Figures in this table are annual (fiscal year) estimates of personal auto insurance contracts. Note that some of the accrued premium data from KIID include operational costs whereas others do not. 'Mandatory' insurance is Personal injury liability I, and 'Non-mandatory' include Personal injury auto liability II and other non-mandatory auto insurance clauses. '# of cars' include both 'Mandatory' and 'Non-mandatory' auto insurance contracts.

Year	Category	# of cars	Accrued premium (1,000 KRW)	Premium per car (KRW)
2009	Mandatory	11,528,922	2,067,749,476	179,353
	Non-mandatory	11,474,513	4,872,007,879	424,594
2010	Mandatory	12,022,586	2,082,547,029	173,220
	Non-mandatory	11,978,199	5,415,331,507	452,099
2011	Mandatory	11,906,946	2,076,439,343	174,389
	Non-mandatory	12,364,744	6,190,089,199	500,624
2012	Mandatory	12,982,013	1,954,960,933	150,590
	Non-mandatory	12,899,383	6,298,013,509	488,241
2013	Mandatory	13,169,781	1,931,424,841	146,656
	Non-mandatory	13,074,273	6,247,083,983	477,815
2014	Mandatory	13,344,897	1,895,702,285	142,054
	Non-mandatory	13,305,424	6,439,300,749	483,961
CAGR	Mandatory	2.97%	-1.72%	-4.56%
	Non-mandatory	3.01%	5.74%	2.65%

Source: KIID insurance statistics portal service.

〈Table 5〉는 보험개발원 개인자동차보험의 의무보험¹⁹⁾과 임의보험 통계이다. 〈Table 5〉에 따르면 2009년부터 2014년까지 의무보험과 임의보험 유효 자동 수는 연평균 약 3% 가량 증가했고 임의보험 총 보험료와 대당 보험료는 각각 연평균 5.74%, 2.65% 증가했으나 의무보험 총 보험료와 대당 보험료는 각각 1.72%와 4.56% 감소해 자동차보험 보험요율이 빠른 손해를 증가를 반영하지 못하고 있는 것으로 나타났다. 〈Table 5〉에 따르면 의무보험의 가입자 수가 임의보험 가입자 수보다 약간 많아 의무보험만을 가입하는 운전자가 소수 존재하나 대부분의 운전자가 의무보험과 임의보험을 동시에 가입하고 있음을 할 수 있다. 〈Table 5〉의 유효대수는 대인배상 I 과 대인배상 II 를 기준으로 한 것이다. 따라서 〈Table 5〉의 식으로 자동차보험 보험료를 산정할 경우 평균 보험료가 실제보다 과다하게 산정될 소지가 있다.

〈Table 6〉 Personal auto insurance reference rates of age-groups

Age-group rates in this table are applied to personal auto vehicles size-categories such as small A · B, medium, and large.

(Unit: %)

2012	20-	21-23	24-25	26-35	36-40	41-45	46-65	66+
Mandatory	261.8	175.6	122.9	88.3	87.8	100	114.1	109.8
Non-mand.	110.7	104.9	92.6	94.4	100	105	107	110.1
2014	20-	21-23	24-25	26-35	36-40	41-45	46-65	66+
Mandatory	266.8	184.4	135.2	94.9	87.2	100	123.2	120.7
Non-mand.	105.7	90	97	90.3	88.2	100	112.2	115.4

Source: 2012 KID auto insurance reference rates.

〈Table 6〉은 보험개발원의 2012 · 2014년도 『자동차보험 참조준보험요율 신고서』의 연령별 상대도이다. 전술한 바와 같이 특정 개인의 자동차보험 보험료는

19) 보험개발원은 이를 ‘책임보험’이라 한다. 대인·대물 배상책임보험과의 혼동을 방지하기 위해 본 논문은 자동차보험은 가입의 강제성 여부에 따라 의무보험과 임의보험으로 구분한다.

기본보험료에 운전자와 운전자 차량의 특성을 고려한 상대도를 곱해 산출된다. 〈Table 6〉에 따르면 2014년 보험개발원의 자동차보험 참조요율은 41~45세 구간을 기준(100%)으로 하고 26~40세 구간에는 낮은 요율을 20세 이하와 66세 이상 구간에는 상대적으로 높은 요율을 적용하고 있다. 이와 같은 결과는 〈Table 4〉의 연령별 운전면허 소지자당 교통사고 유발률에 부합하는 결과이다.

〈Table 7〉은 〈Table 5〉의 대당보험료에 〈Table 6〉의 연령별 상대도를 곱해 연령 구간별 평균 자동차보험 보험료를 구한 것이다. 예를 들어 2014년 20세 이하의 평균 자동차보험 보험료는 2014년도 평균 개인자동차보험 보험료의 의무보험(142,054원)과 임의보험(483,961원)에 각각 2014년도 20세 이하 연령 구간의 의무보험 상대도(266.8)와 임의보험 상대도(105.7)를 곱해 구해진 것이다²⁰⁾.

〈Table 7〉 Average personal auto insurance premiums of age-groups

Figures are calculated by 'multiplying premiums per car' in 〈Table 5〉 to 'age-group's rates' in 〈Table 6〉.

(Units: KRW, %)

Year	20-	21-23	24-25	26-35	36-40	41-45	46-65	66+
2012	934,728	776,601	637,187	593,871	620,459	663,243	694,242	702,902
2014	890,548	697,513	661,499	571,826	550,725	626,015	718,015	729,950
Change	-4.73	-10.18	3.82	-3.71	-11.24	-5.61	3.42	3.85

〈Table 7〉에 따르면 자동차보험 순보험료가 연령대별 운전면허 소지자당 교통사고 유발 건수와 유사한 추세로 변화되고 있다는 것을 보여준다. 예를 들어 〈Table 4〉에 따르면 29세 이하 연령 구간의 교통사고 유발률이 감소하고 있는 것으로 나타났고 〈Table 7〉도 23세 이하의 보험료를 인하한 것으로 나타났다. 〈Table 4〉에 따르면 50세 이상에서 교통사고 유발률이 증가하고 있는 것으로 나타났는데 〈Table 7〉도 46세 이상의 보험료를 인상했다. 〈Table 4〉가 30~49세 구간에서 큰 변화를 보이지 않은 데 비해 〈Table 7〉은 26~45세 구간의 보험료를 인하한 것으로 나

20) $890,548 = 142,054 \times 266.8 + 483,961 \times 105.7$, 임의보험과 의무보험의 비율을 같다고 보았다.

타난다. 이는 타 구간의 요율을 인상하면서 기본요율을 고정하기 위해 부득이하게 나타난 현상일 수 있다. 현재 보험개발원은 기본요율에 추세를 반영하고 연령별 상대도에 추세를 반영하고 있지 않으므로 연령 구간별 상대도 변화는 추세를 후행해 반영된 것으로 볼 수 있다.

현재 보험요율 체계는 교통법규위반경력과 불량할증 등 가입자 특성을 고려해 자동차보험요율을 산출하도록 하고 있으므로 과거에 교통사고를 발생시켰거나 교통법규를 위반한 경력이 있는 계약자에게 상대적으로 높은 요율이 적용될 수 있으나 <Table 4>에서 보인 바와 같이 특정 연령대에서 손해율이 연간 3~4% 정도 변화하고 있는 현 상황에서 이러한 변화가 손해율에 미치는 영향을 고려하지 않고 보험료를 산출할 경우 특정 연령 그룹에 불공정한 요율이 부과되거나 보험회사가 전체적인 순보험료 수준을 낮게 책정해 보험회사에 손해가 발생할 소지가 있으므로 보험회사들은 인구변화에 따른 연령 그룹별 손해율 추세를 고려해 보험료를 산정하는 방안을 검토할 필요가 있다.

III. 인구변화를 고려한 자동차보험 요율 최적화

본 장은 자동차보험회사들이 요율을 충분히 인상할 수 없는 상황에서 연령별 손해율²¹⁾ 변화를 고려해 최적의 연령대별 보험료를 산출하는 방법을 제시한다.

2013년 현재 자동차보험 상위 4개사의 경과보험료는 각각 삼성화재(25,884억 원), 동부화재(14,927억 원) 현재해상(14,238억 원), LIG손해보험(10,935억 원)이고 삼성화재가 전체에서 자동차보험에서 차지하는 비중은 28%이다. 우리는 삼성화재와 같이 자동차보험 시장의 28%를 차지하는 회사 A를 가정하고 A가 기본요율을 δ 만큼 인상할 수 있다고 가정할 시 A의 손해(이익)를 최소화(극대화)하는 연령대별 보험요율을 정하는 문제를 가정하고 이 문제의 최적해를 구하는 방법을 제시한다.

21) 손해율 변화를 사고 유발률로 추정할 수 있다고 가정했다.

타 보험의 경우 원수보험료 대비 준비금 비중이 높아 높은 투자 수익률을 기대할 수 있으나 자동차보험의 경우 원수보험료 대비 준비금 규모가 104.91% 수준이므로 원수보험료 대비 투자 수익률이 타 보험에 비해 높지 않다. 본 연구는 보험회사의 보험영업이익만을 고려하고 투자수익을 고려하지 않았다²²⁾.

〈Table 8〉 Variables and constants

Notation	Explanation
n	Number of age-groups, $n = 8$
i	age-group index, $i \in \{1, 2, \dots, 8\}$
ϕ	Auto insurance loss ratio=combined ratio-100%=currently at 7%.
w_i^0	Number of 2014 policy owners within age-group i .
w_i^1	Estimated number of 2015 policy owners within age-group i .
x_i^0	age-group- i 's rate in year 2014(See 〈Table 7〉.)
x_i^1	Rate of age-group i in the consideration of loss ratio change.
x_i^+	age-group i 's break-even rate, $x_i^+ = x_i^1(1 + \phi)$
x_i	age-group i 's rate (decision variable)
θ	Rate change in the consideration of age-groups' loss ratio, now at 5.41%. $\theta = \left[\left(\sum_{i=1}^n x_i^1 w_i^1 \right) / \left(\sum_{i=1}^n w_i^1 \right) \right] / \left[\left(\sum_{i=1}^n x_i^0 w_i^0 \right) / \left(\sum_{i=1}^n w_i^0 \right) \right]$
δ	Possible premium raise. Insurance company can strategically set this constant.
X^*	Base premium in consideration of loss ratio change by age-group. Currently at 704,240 KRW.
x_i^c	Average industry rates by age-group. $x_i^c = x_i^0(1 + \theta)(1 + \delta)$

〈Table 8〉은 보험회사 A가 인구변화를 고려해 연령대별 보험요율을 결정하는 최적화 문제를 정하는 데 필요한 상수와 변수에 대한 설명이다. 먼저 n 은 연령 구

22) 2013년 현재 손해보험 전체의 투자영업 수익률은 경과보험료 대비 7.58%이다. 보험종목별 계약준비금/경과보험료 비율은 화재(184.96%), 해상(558.98%), 자동차(104.91%), 보증(256.14%), 특종(191.23%), 장기(279.56%), 개인연금(612.42%) 등으로 자동차보험은 타 종목에 비해 매우 낮은 수준의 계약준비금/경과보험료 비율을 보이고 있어 자동차보험에서 높은 수준의 투자 수익을 기대하기 어려운 형편이다.

간의 수이다. 본고는 보험개발원의 참조요율과 같이 20세 이하, 21~23세, 24~25세, 26~35세, 36~40세, 41~45세, 46~65, 66세 이상의 8개 구간으로 연령대를 정했다. w_i^0 는 2014년도 연령 구간별 전체 개인자동차보험 가입자 수이다. w_i^1 는 2009~2014년의 연도별 · 연령대별 가입자 수를 이용해 2015년 연령대별 가입자 수를 추정한 것이다. x_i^0 는 2014년의 연령대별 요율이다(〈Table 7〉 참조). x_i^1 는 자동차보험 손해를 변화를 고려해 2015년에 인상이 필요할 것으로 예상되는 자동차보험 요율이다. 예를 들어 연령구간 i 의 2015년 손해율이 2014년 대비 12% 인상될 것이라고 예상되면 $x_i^1 = (1 + 0.12)x_i^0$ 가 된다. x_i^+ 는 특정 연령대에서 수지상등을 이루기 위해 필요한 보험요율이다. 최근 10년간 자동차보험 보험영업수지가 경과보험료 대비 7% 정도의 손해가 발생하고 있으므로 보험료를 7% 인상할 경우 수지상등이 이루어 질 수 있을 것으로 예상된다. 본 연구는 각 연령구간의 손해율이 동일한 것으로 보고 x_i^1 를 7% 인상한 요율 x_i^+ 를 각 연령 구간에서 수지상등이 이루는 요율이라 가정한다. x_i 는 보험회사가 결정하는 연령 구간별 보험료이다. 본 연구는 보험회사가 자동차보험 기본요율을 정해진 수준으로 유지하는 한 연령별 요율을 합리적인 구간에서 조정할 수 있다고 가정한다. θ 는 2015년도에 연령별 손해율 변화와 예상 가입자 수를 고려해 -7% 수준의 손해율을 유지하기 위해 필요한 자동차보험 기본요율 변화량이다.

〈Table 9〉 Constants used in tests

Age group	Accident causation ratio per driver(%) ¹⁾			Target customers ²⁾		Premiums per contracts(KRW) ³⁾	
	2014	2015	Changes(a)	2014(w^0)	2015(w^1)	2014(x^0)	2015(x^1)
20-	6.41	7.35	14.68	169,870	186,981	890,548	1,021,281
21-23	3.25	3.29	1.19	161,459	156,632	697,513	705,804
24-25	3.25	3.29	1.19	107,640	104,422	661,499	669,362
26-35	3.52	3.61	2.79	736,996	729,902	571,826	587,801
36-40	3.63	3.74	3.18	442,095	441,938	550,725	568,256
41-45	3.63	3.71	2.13	471,418	472,824	626,015	639,362
46-65	3.80	4.04	6.34	1,375,888	1,477,271	718,015	763,534
66+	4.31	4.79	11.06	271,204	310,125	729,950	810,659

Note: 1) See 〈Appendix Table 5〉. 2) See 〈Appendix Table 3〉. 3) See 〈Appendix Table 7〉.

〈Table 9〉는 실험에 사용된 가입대상자 및 계약당 보험요율이다. 〈Table 9〉에서 2015년 가입대상자자료는 도로교통공단과 경찰청의 자료를 보험개발원 참조요율과 같은 연령대로 재합산한 후 합산된 자료의 추세를 고려해 추정된 것이고 2015년 운전면허 소지자당 교통사고 유발률도 동일한 방법으로 도출된 것이다. 〈Table 9〉에서 2015년 계약당 보험료는 2014년 연령대별 보험료에 운전면허 소지자당 교통사고 유발률 증가분을 곱해 구해졌다. 본 논문은 이렇게 구해진 연령대별 요율이 이용될 경우 현재와 같이 -7% 보험영업 손해율이 유지될 것이라 가정했다. 〈Table 9〉에서 2014년과 2015년 추정 가입대상자는 최적화모델에서 각각 w^0 와 w^1 로 쓰이고 2014년 연령대별 요율과 2015년 추정 요율은 각각 x^0 와 x^1 로 쓰인다. 〈Table 9〉에서 2015년 추정값은 연령대별 5년 자료에 선형회귀분석을 적용해 추정됐다²³⁾. 추세 적용에 사용된 기간이 다를 경우 분석 결과가 달라질 수 있다. 〈Table 9〉의 수치에 대한 자세한 내용은 부록을 참조하기 바란다.

본 논문은 손해보험회사 A가 기본요율을 δ 만큼 인상할 수 있다고 가정할 때 A의 손해(이익)를 최소화(극대화)하는 연령대별 보험요율을 정하는 문제를 가정하고 이 문제의 최적해를 구하는 방법을 제시한다.

현재 요율 수준을 x^0 라 할 때, 연령별 손해율 변화 추세(〈Table 9〉의 'a')를 고려한 요율은 x^1 이고 본 논문은 x^1 가 사용될 경우 손해율이 경과보험료의 7% 수준인 것으로 가정한다. 또한 본 논문은 추정 경과보험료에 사업비가 포함되어 있다고 가정한다. 이와 같은 가정하에서 우리는 2015년 기본요율 X^* 를 다음과 같이 구했다.

$$X^* = \left(\sum_{i=1}^n w_i^1 x_i^1 \right) / \left(\sum_{i=1}^n w_i^1 \right) \quad (1)$$

A사의 기본요율을 X^* 라 할 때 우리는 각각의 보험료 인상 수준 $\delta = 1, 2, \dots$,

23) 보험개발원은 기본요율 추세를 추정하기 위해 회귀식 $Y=a \times b^X$ 를 사용하고 있다. 본고는 추정치를 구하기 위해 선형 추세를 활용했다(부록 참조). 보험개발원(2014), **자동차보험 참조준보험요율 신고서** 참조.

20%를 적용해 기본요율을 $(1 + \delta)X^*$ 까지 인상하는 것이 가능하다고 가정하고 각각의 δ 에 대해 최적화 문제를 풀었다.

〈Table 8〉에서 설명한 바와 같이 x_i 는 연령대 i 의 보험료로 문제의 결정변수이다. 현재 A의 연령대 i 의 요율을 x_i^0 라 할 때 타 손해보험회사는 대부분 연령대 요율을 δ 만큼 인상해 $x_i^c = x_i^1(1 + \delta)$ 를 각 연령대의 요율로 사용하고 A사는 이러한 점들을 감안해 요율을 정한다고 가정했다. 우리는 x_i^+ 를 각 연령대의 손해율 변화를 고려해 수치상등을 만족하도록 하는 보험료로 정의했다. 〈Table 8〉에서 설명한 바와 같이 x_i^+ 는 $x_i^+ = x_i^1(1 + \phi)$ 를 이용해 구해질 수 있다. 예를 들어 연령대 i 의 보험료 x_i 가 x_i^+ 이하로 정해질 경우 A사는 연령대 i 에서 보험 판매를 통해 영업 손해를 본다. 반대로 x_i 가 x_i^+ 보다 큰 경우 A사는 연령대 i 에서 보험 판매를 통해 이익을 남길 수 있게 된다. w_i 는 A사가 보험요율을 x_i^c 로 정할 경우의 보험수요이다. A사의 보험수요는 x_i 가 x_i^c 보다 커질 경우 w_i^1 보다 감소하고 반대인 경우는 w_i^1 보다 커진다. 우리는 이러한 상황을 고려한 아래와 같은 선형 수요함수를 가정했다. 본 연구는 구체적으로 자동차보험의 가격 탄력성에 대한 연구의 부재로 수학적으로 가장 단순한 선형 수요함수를 가정했다. 선형 수요함수는 경제학(예를 들어 Jacques(2012), Mankiw(2014) 등)에서 널리 활용된다. 앞에서 언급한 Emms and Haberman(2005)도 모형의 단순성을 위해 선형 수요를 가정했다. 자동차보험 수요와 가격의 관계에 대한 기초 자료가 있는 경우 자동차보험회사들은 자동차보험 수요 가격 탄력성을 반영한 비선형 모델이나 구간 선형 모형 등을 이용해 본 연구의 결과를 확장할 수 있다.

$$d_i(x_i) = w_i^1 \left[1 - \frac{x_i - x_i^c}{x_i^c} \right] = w_i^1 (2 - x_i/x_i^c) \quad (2)$$

위 식에서 $d_i(x_i)$ 는 연령대 i 의 요율이 x_i 인 경우 연령대 i 의 수요이다. (2)에서 x_i 가 x_i^c 와 같은 경우 수요는 w_i^1 가 되고 $x_i = 0.9x_i^c$ 인 경우 수요는 10% 증가하고 반대로 $x_i = 1.1x_i^c$ 인 경우 수요는 10% 감소한다.

$$\min \left[\sum_{i=1}^n w_i^1 \left[1 - \frac{x_i - x_i^c}{x_i^c} \right] (x_i^+ - x_i) \right] \quad (3.1)$$

$$\text{s.t. } x_i \geq x_i^0 \quad (3.2)$$

$$\left(\sum_{i=1}^n x_i w_i^1 \right) / \left(\sum_{i=1}^n w_i^1 \right) \leq [(1 + \delta) X^*] \quad (3.3)$$

편의를 위해 위에서 정의된 최적화 문제를 (3)이라 하자. (3)의 목적함수인 (3.1)에서 $w_i(2 - x_i/x_i^c)$ 는 보험요율 x_i 에 따라 정해지는 연령대 i 의 수요이고 $x_i^+ - x_i$ 는 x_i 가 x_i^+ 보다 작을 경우에는 손해(양수)이고 반대의 경우 $x_i^+ - x_i$ 는 이익(음수)이다. 따라서 (3.1)은 ‘연령대별 수요 $\times$ 계약당 손해(또는 수익)’의 총합이고 (3.2)는 x_i 가 2014년도 요율보다 높아야 한다는 조건이다. (3.3)은 결정된 요율의 가중평균, 즉 기본요율이 δ 이상 인상될 수 없다는 조건이다.

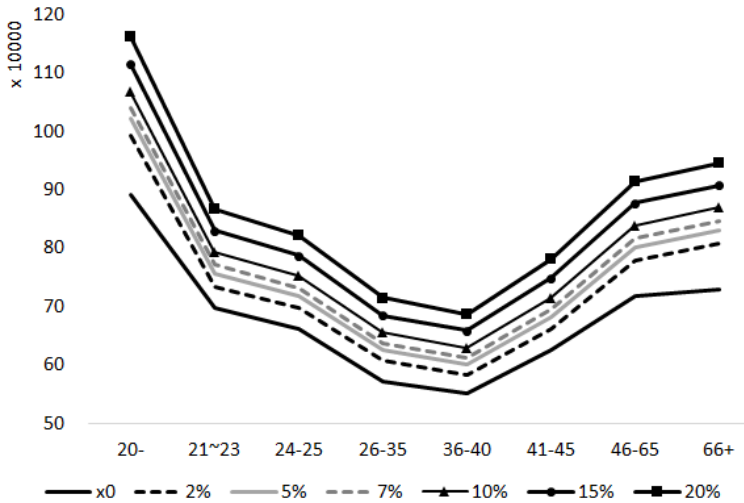
Nocedal and Wright(2006)에 따르면 컨벡스(convex) 선형조건하에서 컨벡스(convex) 목적함수를 최적화하는 문제는 컨벡스 최적화 문제이다. Nesterov and Nemirovskii(1994)는 이러한 문제의 최적해가 내부해 방법(interior-point method)에 의해 다항시간²⁴⁾에 찾아질 수 있다는 것을 보였다. (3)은 컨벡스 함수를 목적함수로 가지고 선형 조건을 가지고 있으므로 (3)은 컨벡스 문제이다. 우리는 인상폭 δ 가 1, 2, 3, ..., 20%인 각각의 문제의 해를 내부해 방법(interior-point algorithm)을 사용하는 MATLAB의 fmincon 함수를 이용해 찾았다.

〈Figure 4〉는 δ 가 1~20%인 경우 (3)의 해를 보여준다. 〈Figure 4〉에 따르면 최적해는 손해율(교통사고 사고 유발률)이 크게 상승할 것으로 예상되는 20세 이상과 66세 이상 연령의 보험료를 δ 이상 인상하고 타 구간의 보험료를 δ 보다 작은 수준에서 인상하는 것이 최적이라는 것을 보여준다. 이와 같은 결과는 보험회사들이 보험료를 한정적으로 인상할 수 있는 상황에서 최적의 전략은 손해율이 나쁜 구간에서 보험료를 높여 동 구간의 계약자들의 보험수요를 억제하는 것이다. 보험

24) 다항시간에 풀리는 문제의 경우 문제의 규모가 커져도 문제의 최적해를 찾는 데 걸리는 시간은 기하급수적으로 증가하지 않는다.

료 인상 수준이 정해진 상황에서 특정 구간의 보험료를 기본요율 인상폭(δ) 보다 더 인상하기 위해서 보험회사들은 손해율이 나쁘지 않은 구간에서 요율을 기본요율 인상폭(δ) 보다 낮게 인상할 수밖에 없는 것이다.

〈Figure 4〉 Optimal auto insurance rates for different values of δ between 1% and 20%



우리는 모든 구간의 요율을 일률적으로 인상해 $x^c = x^0(1+\theta)(1+\delta)$ 를 연령대 별 요율로 사용하는 경우와 (3)의 최적해 x^* 를 요율로 사용하는 경우의 손해(이익)의 차이를 〈Table 10〉과 같이 계산했다. 〈Table 10〉에 따르면 일률적인 요율인상 x^c 를 적용할 경우 δ 가 2~7%일 때에는 손해가 발생하고 요율이 8% 이상 인상될 경우에는 보험영업 이익이 발생한다. 〈Table 10〉에서 (3)의 최적해 x^* 가 적용될 경우 δ 가 7%일 때 8억 원 정도의 이익이 발생했다. δ 가 1~20%일 때 최적해를 이용할 경우 일률적으로 전체 연령대 요율을 조정하는 경우보다 손해가 50억 원 정도 작거나 이익이 50억 원 정도 큰 것으로 나타났다.

〈Table 10〉 Comparison of using optimal rates(b) and age-group rates that are multiplied by a constant(b)

(Unit: 100 Million KRW, %)

Rate increase(δ)	Profit(Loss)		Relative diff. (b-a)/a	Difference b-a
	Proportional increase applied(a)	Optimal rates applied(b)		
1%	-1,678	-1,629	2.91%	49
2%	-1,405	-1,356	3.47%	49
5%	-586	-538	8.27%	48
7%	-41	8	119.14%	48
8%	232	281	20.77%	48
10%	778	826	6.18%	48
15%	2,142	2,190	2.23%	48
20%	3,507	3,554	1.35%	47

Note: (a) and (b) are calculated by applying x^c and x^* in (3.1).

〈Table 10〉의 결과는 보험관련 통계량의 추정과 선형 수요함수에 의존하고 있으므로 실제 보험 통계와 좀 더 현실적인 수요 모델이 적용될 경우 다소 달라질 수 있다. 그러나 본 논문의 연구는 연령대별 손해율 추세를 고려할 때 최적의 요율을 사용하는 것이 보험회사의 손해를 최소화하고 이익을 극대화하는 데 기여할 수 있다는 것을 보였다.

IV. 결론

본 연구는 자동차보험의 연령대 손해율에 추세가 존재하며 보험회사들이 이를 고려해 자동차보험 요율을 산출해 손해를 최소화하고 이익을 극대화할 수 있다는 것을 보였다. 저자들은 이러한 본고의 노력이 높은 보험영업손해를 보이고 있는 자동차보험 산업에 조금이나마 도움이 되기를 기대하며 연구를 수행했다.

자동차보험 연령대별 보험료·보험금 자료가 부재해 이를 교통안전공단과 경찰청 전수자료로 추정할 수밖에 없었다는 점은 아쉬움으로 남으나 본 연구는 현

재 수준에서 수집 가능한 가장 정확한 자료를 활용했으므로 실제 보험업계의 현황을 추정을 통해 충분히 반영했다고 생각한다. 추후에 연령별 자동차보험 관련 자료가 수집될 수 있다면 연구의 정확도를 높여 실제 자동차보험 업계 현황을 더욱 잘 반영하는 연구가 수행될 수 있을 것이다.

본 연구의 한계점 중에 하나는 본고가 제시하는 방법을 이용해 요율산출서를 작성할 경우 이를 금융당국자가 수용하지 않을 수 있다는 것이다. 자동차보험은 국내에서 판매된 기간이 길고 금융당국자들은 보수적으로 자동차보험 요율 산출 방법을 고수하는 경향이 있다. 따라서 자동차보험 실무자들은 최적의 요율 산정 전략을 고려해 이를 기존의 방법에 유연하게 적용해 금융당국자들이 수긍할 수 있는 수준에서 본 논문의 연구 결과를 적용하는 방안을 모색할 필요가 있다.

본고는 최근 일어나고 있는 연령대별 손해율 변화를 고려해 자동차보험 요율을 산출하는 방법을 (3.1)~(3.3)과 같이 간단한 최적화 모델을 이용해 구하는 방법을 제안했다. 그러나 앞에서 기술한 바와 같이 실제 자동차보험 보험료는 다양한 인자들을 이용해 산출된다. 본고가 제시한 모델 (3)의 장점은 동 모델이 다양한 인자를 고려한 요율 최적화 문제로 확장될 수 있다는 것이다. 저자들은 추후에 본고의 모델을 확장해 다양한 상황을 고려한 자동차보험이나 타 보험에 이를 적용할 기회가 있을 것으로 예상된다.

물가 상승률 지수를 안정시키기 위해 자동차보험 요율을 억제하는 금융당국의 노력이 이해가 가지 않는 것은 아니나 강제적인 자동차보험 요율 억제는 손해보험 회사들의 수익성을 악화시키고 타 손해보험의 요율을 인상시켜 결과적으로 국가 경제의 효율을 낮추고 보험회사의 재무 건전성에 좋지 않은 영향을 미칠 수 있다. 이러한 점들을 고려해 금융당국은 보험회사들이 자율적으로 자동차보험 요율을 정하도록 허용해 시장에서의 정당한 경쟁을 통해 합리적인 시장 성장이 이루어질 수 있는 환경을 조성할 필요가 있다.

참고문헌

- 김명준, “적정 보험료 수준 예측을 위한 심도 빈도의 추세 분석에 관한 연구: 자동차보험을 중심으로”, **계리학연구**, 5(2), 한국계리학회, 2013, pp. 1~17.
- 김명준 · 김영화, “자동차보험 신뢰도 적용에 대한 베이지안 추론 방식 연구”, **한국데이터정보과학회지**, 24(4), 한국데이터정보과학회, 2013, pp. 689-699.
- 김영화, “다양한 모형화를 통한 자동차 보험가격 산출”, **한국데이터정보과학회지**, 24(3), 한국데이터정보과학회, 2013, pp. 515-526.
- 박혜원, “고령운전자 교통사고 특성에 따른 사고 예방대책에 관한 연구”, 교통안전교육논문, 도로교통공단, 2014.
- 보건복지부, “2012년 치매 유병률 9.18%, 치매환자 수 20년마다 2배씩 증가”, 보건복지부 보도자료, 2013. 3. 5.
- 이경주, “자동차보험 요율 개별할인할증제도의 개선방향”, 주요이슈, 524, 손해보험협회, 2014, pp. 11-26.
- 이진면 · 한정민 · 김재진 · 이용호 · 김바우, **인구고령화가 소비구조 및 산업생산에 미치는 영향 연구**, 연구보고서, 한국보건사회연구원, 2013.
- 정연식 · 오세창 · 채찬들, **고령운전자 교통사고 감소방안**, 연구보고서, 한국교통연구원, 2011.
- 조재린 · 이기형 · 강중철, “신뢰도를 적용한 자동차보험요율산출 연구”, *Journal of the Korean Data Analysis Society*, 14(4B), 한국자료분석학회, 2012, pp. 2267-2276.
- 최우석 · 한상일, “이중일반선형모형(DGLM)을 이용한 자동차 보험요율 추정”, **보험개발연구**, 19(3), 보험개발원, 2008, pp. 37-57.
- Babbel, David F. and Nicholas S. Economides, “The Pareto-optimal Design of Term Life Insurance Contracts”, *Scandinavian Actuarial Journal*, 1985, pp. 49-63.

- Emms, P., "Dynamic Pricing of General Insurance in a Competitive Market", *Astin Bulletin*, 37(1), 2007, pp. 1-34.
- Emms, P. and S. Haberman, "Pricing General Insurance Using Optimal Control", *Astin Bulletin*, 35(2), 2005, pp. 427-453.
- Hofmann, A., M. Nell and S. Pohl, "The Optimal Pricing Strategy for an Insurer when Risk Preferences are Stochastically Distributed", working paper, 2007.
- _____, "On Monopoly Insurance Pricing when Differ in Risk Aversion", *Journal of Insurance Issues*, 32(2), 2009.
- Jacques, I., "Mathematics for Economics and Business", Pearson, ISBN: 0273763563, 2012.
- Mankiw, N. G., "Principles of Economics, 7th Edition", South-Western College Pub., ISBN: 978-1285165875, 2014.
- Nesterov, Y. and A. Nemirovskii, "Interior Point Polynomial Algorithms in Convex Programming", *SIAM*, ISBN: 978-0-89871-319-0, 1994.
- Nocedal, J. and S. Wright, "Numerical Optimization", Springer, ISBN: 978-0-387-40065-5, 2006.
- Taylor, G. C., "Underwriting strategy in a competitive insurance environment", *Insurance: Mathematics and Economics*, 5(1), 1986, pp. 5-77.

Abstract

Currently, Korean auto insurers have to cope with the world-fastest population ageing under the environments that force them to use premiums that are below break-even points. Unlike other property-casualty insurance lines, Korean auto insurers cannot apply break-even insurance premiums, calculated with the consideration of trend, due to financial authorities' interference and severe market competition. Therefore, it is practically impossible for auto insurers to apply break-even premiums with the consideration of trends in loss ratios of age-groups. This research was conducted to show that auto insurers can improve their profit by using optimal age-group rates, which are calculated with the consideration of population change. To pursue this purpose, we demonstrate that age-groups of auto insurance have distinct loss-ratio trends. Then we explain how insurers can maximize(minimize) their profits(losses) by taking these trends into consideration in calculating age-groups' auto insurance rates.

※ **Key words:** auto insurance premium, population ageing, optimization

【부록】

〈Appendix Table 1〉 Percentages of driver's license holders by age-group

(Unit: %)

Year	19-	20-29	30-39	40-49	50-59	60-64	65+
2010	2.33	18.01	26.22	28.27	17.59	3.35	4.23
2011	2.34	16.89	25.35	27.96	19.14	3.76	4.56
2012	3.38	16.05	24.09	26.20	20.59	3.86	5.83
2013	3.07	14.84	23.60	25.75	21.80	4.26	6.67
2014	3.11	14.40	23.27	25.23	22.16	4.57	7.26

Note: Calculated using 〈Table 2〉.

〈Appendix Table 2〉 Estimates of driver's license holders ratios aggregated according to the groupings of auto insurance reference rates

Estimates of drivers in each age-group based on 〈Appendix Table 1〉. For example, the number of drivers in age-group '20-' is calculated by adding 1/10 of the number of drivers in age-group '20-29' to the number of drivers in '19-'. The number of drivers in age-group '65+' is used to account for the number of drivers in age-group '66+'.

(Unit: %)

Year	20-	21-23	24-25	26-35	36-40	41-45	46-65	66+
2010	4.13	5.40	3.60	22.94	13.31	14.13	32.24	4.23
2011	4.03	5.07	3.38	21.96	12.93	13.98	34.08	4.56
2012	4.98	4.82	3.21	20.88	12.26	13.10	34.92	5.83
2013	4.55	4.45	2.97	20.10	12.02	12.87	36.36	6.67
2014	4.55	4.32	2.88	19.72	11.83	12.62	36.82	7.26

〈Appendix Table 3〉 Estimates of personal auto insurance policy holders
by age-group

These number are obtained by multiplying each cell in 〈Appendix table 2〉 to the number of mandatory auto insurance policy holders in 〈Table 5〉. 2015's figures are projected by using simple linear regressions. See 〈Appendix table 4〉.

(Unit: %)

Year	20-	21-23	24-25	26-35	36-40	41-45	46-65	66+
2010	497	650	433	2,758	1,601	1,699	3,876	509
2011	480	603	402	2,615	1,540	1,664	4,058	543
2012	647	625	417	2,710	1,591	1,701	4,534	757
2013	600	587	391	2,647	1,582	1,695	4,789	879
2014	607	577	384	2,632	1,579	1,684	4,914	969
2015*	668	559	373	2,607	1,578	1,689	5,276	1,108

〈Appendix Table 4〉 Estimates of 2015 personal auto insurance policy holders
by age-group by using simple linear regression

$Y(\# \text{ of policy holders}) = a(Y\text{-intercept}) + b(\text{slope})X(\text{year}-2009)$, R^2 's by age-group within '26-45' are small because their slopes are close to zero.

(Unit: %)

Age group	Estimates		R^2	2015's $\hat{Y}$
	Y-Intercept(a)	Slope(b)		
20-	464344.5	33907.5	0.53	667,790
21-23	657095.4	-16282.6	0.76	559,400
24-25	438063.6	-10855	0.76	372,934
26-35	2738068.5	-21879.1	0.34	2,606,794
36-40	1579027.3	-112.9	0.00	1,578,350
41-45	1688664.6	-1.2	0.00	1,688,657
46-65	3592700.1	280544.7	0.96	5,275,968
66+	355044.2	125424.2	0.96	1,107,589

〈Appendix table 5〉 Aggregation of traffic accident causations according to the groupings of auto insurance reference rates by age-group and their 2015 estimates

This table has been created by aggregating numbers according to the age-group groupings by KID. 2015's figures are projections of simple linear regressions. Same method is used in 〈Appendix table 4〉. See 〈Appendix table 6〉 for regression models.

(Unit: %)

Year	20-	21-23	24-25	26-35	36-40	41-45	46-65	66+
2010	6.57	3.61	3.61	3.48	3.49	3.75	3.51	3.56
2011	4.97	3.24	3.24	3.18	3.22	3.47	3.31	3.24
2012	7.49	3.77	3.77	3.74	3.79	3.98	4.02	4.50
2013	7.70	3.40	3.40	3.53	3.61	3.71	3.87	4.38
2014	6.41	3.25	3.25	3.52	3.63	3.63	3.80	4.31
2015*	7.35	3.29	3.29	3.61	3.74	3.71	4.04	4.79

〈Appendix table 6〉 Traffic accident causations by age-group and their 2015 estimates

Y (# of accident causations) = a (Y-intercept)+ b (slope) X (year-2009). R^2 of age-group '41~45' is small because its slope is close to zero. Although some groups have small R^2 , they show certain linear trends(See 〈Figure 3〉.). Note that it is possible to consider non-linear regression lines, use more than 5 years' data for regression, or take legal policy changes into consideration.

(Unit: %)

age-group	Estimates		R^2	2015's $\hat{Y}$
	Y-Intercept(a)	Slope(b)		
20-	5.9085	0.2397	0.12	7.34
21-23	3.62	-0.0551	0.14	3.28
24-25	3.62	-0.0551	0.14	3.28
26-35	3.3668	0.0413	0.10	3.61
36-40	3.3532	0.0647	0.23	3.74
41-45	3.7089	-0.0005	0	3.70
46-65	3.3626	0.1123	0.38	4.03
66+	3.2056	0.2636	0.55	4.78

