

마코프체인을 이용한 자동차보험료의 할인·할증시스템에 관한 탐색적 연구*

An Exploratory Study on the Bonus-Malus System of Automobile Insurance Premium through the Method of Markov Chain

김진한·민재형
서강대학교 경영대학

초 록

자동차종합보험의 할인·할증시스템은 개별계약자의 위험수준에 따라 보험요율을 차별화하여 보험료부담의 형평을 기하고 계약자로 하여금 사고예방의 효과를 내도록 하는데 그 목적이 있다. 우리나라 자동차종합보험의 적용보험료 산정에 있어서 할인·할증요율이 차지하는 역할을 고려할 때 할인·할증시스템이 보험회사와 보험계약자에게 미치는 영향은 크다고 할 수 있다.

자동차보험료의 할인·할증시스템이 사고건수에 의해 영향을 받을 때 마코프체인으로 모형화하는 연구가 수행되어 왔다. 본 연구에서는 보험계약 양당사자의 욕구인 전체적 충분성과 개별 공정성을 만족시키는 할인·할증시스템을 최적의 시스템으로 정의하고 마코프체인 분석을 이용하여 최적 시스템으로의 접근방향을 모색한다.

구체적으로, 본 연구에서는 이러한 두가지 목표를 만족시키는 할인·할증시스템을 구하기 위해서 할인·할증시스템을 마코프체인으로 모형화하고 이에 대한 안정상태확률과 계약자수를 계산하여 보험료수입을 구한다. 그리고 차량용도별로 다른 사고율하에서 보험료수입을 비교하는 연구를 바탕으로 우리나라 자동차종합보험의 할인·할증시스템은 개별계약자의 위험수준을 적정하게 반영하고 있는 제도인지를 분석하고 최적의 시스템으로 접근하기 위해서는 할인·할증보험요율이 어떻게 조정이 되어야 하는지, 그리고 마코프체인 모형의 한계점은 무엇인지를 분석해 보았다.

* 본 논문은 초고임.

I. 서론

1.1 문제의 제기 및 연구의 목적

자동차보험료의 할인·할증시스템은 사고실적이 많은 계약자의 보험료는 할증하고 반대로 무사고인 계약자의 경우는 보험료를 할인해주도록 하여 보험료의 부과를 공정히 하고, 보험계약자의 사고예방의식을 고취시켜 손해실적을 줄이고 보험회사의 영업실적을 개선하는데 그 목적이 있다. 할인·할증요율이 적용보험료의 산정에 미치는 영향을 고려할 때 이 제도는 보험회사와 보험계약자에게 매우 큰 의미를 갖고 있다. 특히 할인·할증시스템은 보험회사의 보험료수입 변화에 중대한 영향을 미쳐서 적절하지 못한 시스템이 보험회사의 적자요인이 되기도 한다.¹⁾ 따라서 현행 할인·할증시스템이 과연 보험회사와 보험계약자 모두에게 공정한 제도인지를 분석하고 이에 대한 개선방안을 모색하는 연구가 필요하다고 할 수 있다. 본 연구에서는 할인·할증시스템을 마코프체인 모형으로 구축한 후, 이 모형이 보험회사와 보험계약자 양자의 욕구를 만족시켜주기 위해서 어떻게 적용될 수 있으며, 적용상의 한계점으로는 어떤 것이 있는지를 알아보려고 한다.

보험요율이 합리적으로 책정되기 위해서는 다음의 네가지 요건을 충족시켜야 한다. 첫째, 충분해야 한다. 둘째, 과도하지 않아야 한다. 셋째, 지나치게 차별적이지 않아야 한다. 넷째, 사고예방적 역할을 하여야 한다. 이러한 보험요율의 요건은 할인·할증시스템의 요율에 있어서도 만족되어야 할 것이다. 그러나 지나치게 차별적이지 않아야 한다는 세번째 요건은 그 정도를 설정하기가 어렵기 때문에 본 연구의 고려대상에서 제외한다. 그리고 사고예방적 역할을 하여야 한다는 네번째 요건은 공정한 할인·할증시스템의 효과에 해당된다고 할 수 있다. 따라서 본 연구에서 다루고자 하는 최적 할인·할증시스템의 두가지 목표는 전체적 충분성(global sufficiency)과 개별 공정성(individual fairness)으로 설정한다. 전체적 충분성이란 보험회사가 영업의 유지를 위해 받아들여야 하는 수입보험료의 개념이고 개별 공정성은 개인들의 위험수준에 따라 공정하게 부과되는 보험료의 개념이다. 이러한 두가지 목표를 달성함으로써 해서 보험회사는 영업수지를 개선시킬 수 있으며 개별계약자는 공정한 보험료를 부담하게 된다.

1) 투자수익을 반영하기 이전의 자동차보험 영업수지를 보면 적자폭이 계속 증가하여 1992 회계년도에 3,159(억원)의 적자를 보이고 있다. 자료원: 보험개발원, 「자동차보험 개황 및 분석: 92사업년도」, 조사연구자료 17, 1993, p.21.

1.2 이론적 배경

경영과학기법의 보험문제에 대한 응용은 매우 다양하게 이루어지고 있다 [12,21]. 그 중에서 자동차보험료의 할인·할증시스템은 자동차보험의 요율결정에 중요한 영향을 미치는 요소로 파악되어 다양한 측면에서 연구되어져 왔다. 이와 관련하여 먼저 할인·할증시스템의 효과에 관한 연구[6,9,15]를 고려할 수 있다. Ferreira의 연구[6]에서는 할인·할증시스템의 시행전과 시행후를 비교하였는데 시행전에는 낮은 위험을 갖는 운전자들이 높은 위험을 갖는 운전자들을 보조(subsidize)해주는 역할을 하는 것으로 나타났으나, 시행후에는 보조의 효과가 감소되는 결과를 보여주었다. 즉, 위험수준에 따라 보험료가 차등부과되어 낮은 위험을 갖는 운전자와 높은 위험을 갖는 운전자간에 보험료의 불공평성이 감소되는 것으로 나타났다. 또한 Freifelder의 연구[9]에서는 할인·할증시스템의 경제적 효과로서 이 시스템은 자가운전자들의 위험을 감소시키며 보험업자는 계약도구으로써 할인·할증시스템을 이용하여 영업이익을 얻을 수 있는 것으로 나타났다. 비경제적인 효과로서는 계약자들이 위험을 감소시키기 위해 노력을 함으로써 생기는 교통상황개선, 안전운전촉진 등의 사회적 비용감소의 효과가 나타난 것으로 조사됐다.

이러한 효과를 갖는 할인·할증시스템이 얼마나 효율적인가 하는 효율성 측정을 위해서 효율성의 척도를 개발하는 연구가 수행되었다. 할인·할증시스템에서의 효율성이란 개념은 위험에 비례하는 공정한 보험료의 부과를 의미한다. 즉, 본 연구의 개별 공정성을 강조한 개념이다. 이와 관련하여 Lemaire[14]는 보험계약자가 사고건수에 따라 부담하는 보험료의 기대치(현재가치로 할인된 기대치)를 동적계획법(dynamic programming)을 통해 구하고 이 할인된 기대치의 증가분을 사고건수의 증가분으로 나누어서 효율성의 척도로 사용하였다. 또한 Loimaranta[16]는 사고건수의 증가분을 기간당 평균보험료의 증가분으로 나누어서 효율성 척도로 사용하였다. 이와 같은 효율성 척도의 개념은 계산방법에서는 약간의 차이가 있지만 위험이 증가할수록 부담하는 보험료도 같은 비율로 증가해야 한다는 개념에서는 동일하다.

이외에도 할인·할증시스템이 얼마나 효율적으로 설계되었는가에 대한 연구가 마코프체인과 시뮬레이션기법을 이용하여 수행되었다. 이와 관련해서는 미래의 사고건수는 평가대상기간의 사고건수에만 영향을 받고 평가대상기간 이전에 발생한 사고건수의 함수가 아니라는 가정하에 할증시스템을 마코프체인으로 모형화하는 연구가 미래의 계약자수를 예측하는데 효율적으로 이용되어 왔다. 이와 같이 사고건수에 근거한 할인·할증시스템을 유한 마코프체인 모형을 이용하여 응용하

고자 하는 생각은 Fréchet[8]에 의해서 처음으로 예시되었으며, 이론은 Franckx[7]에 의해서 다시 정리되었다. 또한 마코프체인에 의한 미래예측확률이 실제의 확률과 동일한지에 대한 실증적 연구도 Molnar와 Rockwell[17]에 의해 수행되었다. 이 연구에서는 미국 오하이오주 콜롬버스에 있는 한 보험회사의 자동차보험 계약자를 대상으로 일년간의 경험을 통해 사고건수에 기초한 전이확률을 구한 후 미래의 확률을 예측하였다. 이러한 마코프체인 결과는 실제의 결과와 거의 일치하는 것으로 나타났다. 또한 모든 계약자들의 사고발생확률이 동일하고 기대 보험료소득과 기대 보험금지출이 균형상태에 있다는 가정하에 보험료소득과 보험금지출의 기대값과 사고확률간의 관계를 분석한 Grenander의 연구[10]가 있다. 이 연구에서는 모든 사고확률에 대해서 이 두 기대값이 일치하지 않는 것으로 나타났다. 이와 같이 마코프체인을 이용한 할인·할증시스템에 대한 기존의 연구들은 마코프체인 모형이 어떻게 할인·할증시스템을 설명할 수 있는지를 보여주고 있다.

1.3 연구의 방법 및 범위

본 연구에서는 할인·할증시스템의 특징을 마코프체인 모형으로 구축하고, 이를 이용하여 최적의 할인·할증시스템으로 접근하기 위해서 보험요율의 차이가 어떻게 설정되어야 하는지를 제시한다. 구체적으로, 본 연구에서는 우리나라의 할인·할증시스템을 단순화시킨 마코프체인 모형을 구축한 후, 마코프체인 이론을 적용하여 분석을 수행한다. 분석을 통하여 마코프체인의 상태를 규정한 후에 안정상태(steady-state) 확률분포를 찾아내고 이 확률분포를 기초로 각 할인·할증상태에 해당되는 미래의 계약자수를 예측하여 안정상태하의 보험료수입과 보험금지출을 추정한다. 이를 통해 현재의 시스템이 전체적 충분성과 개별 공정성의 측면에서 어떠한 위치에 있는지를 알아보고 이러한 연구를 바탕으로 현 시스템은 앞으로 어떻게 발전해 나가야 할지에 대한 방향을 제시한다.

현재 우리나라의 할인·할증시스템은 자동차종합보험에 적용되므로 본 연구의 분석자료로는 보험개발원에서 산출한 자동차종합보험 관련자료를 이용하였다. 또한 자동차종합보험의 할인과 할증은 크게 개별할인·할증과 단체할인·할증으로 구분할 수 있는데 본 연구에서는 개별할인·할증만 다루게 된다. 최적 할인·할증시스템의 구성을 위해 먼저 세가지 차량용도별 종합보험 즉, 개인용, 업무용, 영업용 종합보험을 모두 포함한 전체 자동차종합보험시장을 대상으로 분석하고, 이를 사고율이 동일한 다수의 집단으로 세분화하여 보다 일반화시킬 수 있는 체계를 제시한다. 한편, 분석의 복잡성을 고려하여 사고액(claim amounts)과 사

고건수(claim frequency)는 독립적이라는 가정을 한다. 즉, 사고액과 사고건수는 상호관련성이 없으며 사고액이 고정되어 있을 때 사고건수만이 할인·할증시스템에 영향을 미치는 것으로 가정한다.

II. 모형의 구축

할인·할증요율이 평가대상기간중 발생한 사고건수의 함수이고, 미래 상태들간의 전이확률은 평가대상기간의 전이확률에 의해서 결정된다고 가정을 하여 마코프체인 모형을 구축한다.

2.1 모형의 가정

첫째, 갱신계약의 할인과 할증에 영향을 미치는 요소는 사고건수이다. 즉, 할증에 영향을 미치는 사고점수는 사고내용 및 원인에 관계없이 건당 1점으로 고정된다.

둘째, 사고건수는 포아송분포를 하며 시간에 대해서 안정적(stationary)이다. 따라서 여기서 고려하는 마코프체인은 homogeneous하다.

셋째, 마코프체인의 상태는 할인·할증 보험료로 나타낸다.

넷째, 평가대상기간과 계약기간은 각각 1년이다.

다섯째, 최고할인율은 60%이고 최고할증율은 120%이다. 최고할인율이 60%이므로 60%의 할인율에서 사고가 발생하지 않더라도 계속 60%를 적용한다. 또한 최고할증율이 120%이므로 120%의 할증율에서 사고가 발생하더라도 120%를 적용한다.

여섯째, 할인은 평가대상기간에서 무사고시에 10%씩으로 하고 할증 또한 사고 건당 사고점수가 1점으로 고정되어 있으므로 사고 1건당 10%씩으로 한다.

2.2 마코프체인 모형의 구축

마코프체인의 상태를 할인·할증보험료로 하였으므로 <표 1>과 같이 상태를 정의할 수 있다.

<표 1> 할인·할증시스템 상태의 정의

상태	정 의
1	60%를 할인한 보험료
2	50%를 할인한 보험료
3	40%를 할인한 보험료
⋮	⋮
7	기본보험료
8	10%를 할증한 보험료
⋮	⋮
19	120%를 할증한 보험료

이러한 상태의 정의하에 <그림 1>과 같은 마코프체인 모형을 구축할 수 있다.

<그림 1> 할인·할증시스템의 마코프체인 모형

$$P = \begin{matrix} & \begin{matrix} 1 & 2 & 3 & 4 & \cdots & 16 & 17 & 18 & 19 \end{matrix} \\ \begin{matrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ \vdots \\ 16 \\ 17 \\ 18 \\ 19 \end{matrix} & \left(\begin{matrix} P_0 & P_1 & P_2 & P_3 & \cdots & 0 & 0 & 0 & 0 \\ P_0 & 0 & P_1 & P_2 & \cdots & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & P_0 & 0 & P_1 & \cdots & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & P_0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & P_1 & P_2 & 1-P_0-P_1-P_2 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \cdots & P_0 & 0 & P_1 & 1-P_0-P_1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & P_0 & 0 & 1-P_0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 & P_0 & 1-P_0 \end{matrix} \right) \end{matrix}$$

여기서 전이확률 P_0 는 평가대상기간중 사고가 나지 않을 확률, P_1 는 사고가 한번 일어날 확률, P_2 는 사고가 두번 일어날 확률, P_3 는 사고가 세번 이상 일어날 확률²⁾을 의미한다.

체인 P 의 전이확률은 평가대상기간중 발생한 사고건수에 따라 특정 할인·할증보험료가 다음 갱신계약시에 어떠한 할인·할증보험료로 전이될 확률을 나타낸다. 예를 들어 체인 P 의 첫번째 행을 보면 상태 1에서 상태 1로 가는 전이확률은 P_0 로서 이미 60%의 할인혜택을 받고 있는 보험계약자가 더 이상 사고가 나지

2) 본 분석에서 평가대상기간중 사고가 네번 이상이 날 확률은 매우 작으므로 편의상 이 확률은 사고가 세번 이상 일어날 확률에 포함시킨다.

않더라도 최고할인을 60%이상으로 할인되지 않는 것을 의미한다. 또한 상태 1에서 상태 2로 가는 전이확률은 P_1 으로 한번의 사고가 발생하여 다음 갱신계약시에 10%의 할증이 이루어졌음을 의미하고, 상태 0에서 상태 2로 가는 전이확률은 사고가 두번 발생한 경우이므로 P_2 가 된다. 나머지 요소들도 마찬가지로 방법으로 해석될 수 있다. 체인 P 의 마지막 열은 마코프체인의 각행의 합이 1이 되는 것을 만족시키기 위한 전이확률이다.

다음으로 마코프체인 모형을 이용하여 안정상태확률을 구하기 위해서는 먼저 체인의 상태를 분류하여야 한다. 우선, 모든 상태들이 상호교류가능하므로 본 연구의 마코프체인은 비기약적(irreducible)이다. 또한 <그림 1>에서 (i, i) 번째 요소가 0이외의 값을 갖는 것이 있으므로 비주기적(aperiodic)이다. 따라서 본 모형의 형태는 비주기성을 갖는 양재귀적(positive recurrent aperiodic) 상태들로 구성된 비기약적(irreducible) 마코프체인으로서 에르고딕 확률과정(ergodic stochastic process)에 속한다. 그러므로 <그림 1>의 마코프체인 모형을 이용하여 미래의 전이확률을 예측하기 위해서 채프만-콜모고로프 방정식(Chapman-Kolmogorov equation)을 이용할 수 있다. 또한 이 마코프체인은 에르고딕이므로 유일한 안정상태확률 $[\lim_{n \rightarrow \infty} P_{ij}^{(n)} = \pi_j, (j = 0, 1, 2, \dots)]$ 이 존재하고 이 안정상태확률은 <식 1>에 의해서 구할 수 있다.

$$\text{모든 } j \text{에 대하여 } \pi_j = \sum_i \pi_i p_{ij}, \quad \sum_j \pi_j = 1 \quad \text{----- <식 1>}$$

III. 전체적 충분성과 개별 공정성

본 연구에서는 사고율 자료로서 <표 2>의 자료를 이용한다. 모형에서 가장 중요한 요소는 사고율이다. 사고율에 따라서 미래의 전이확률이 차이가 있으므로 정확한 사고율 자료를 필요로 한다. 그러나 우리나라의 할인·할증시스템의 적용은 보험증권별로 이루어지며 개인용, 업무용, 영업용 자동차종합보험별로 네 가지 담보종목(대인배상, 대물배상, 자기신체사고, 자기차량손해)을 계약자가 하나의 증권으로 선택할 수 있으므로 보험개발원에서 작성한 자료는 본 연구에서 사용해야 할 정확한 사고율 자료는 아니나 근사치로서 사용할 수 있을 것이다.

<표 2> 93회계년도의 사고율자료

구 분	평균유효대수	사고건수	평균사고율(q)
개인용	3,038,030	577,342	19.0%
업무용	1,473,131	321,469	21.8%
영업용	248,569	95,334	38.4%
합계	4,759,730	994,662	20.9%

자료원: 보험개발원 내부자료

3.1 마코프체인 모형의 안정상태확률과 계약자수

사고건수는 포아송분포를 한다고 가정하였으므로 평가대상기간이 1년인 경우에 <표 2>의 차량용도별 평균사고율 q 를 이용하여 <식 2>와 같이 향후 1년간의 사고확률 각각을 구할 수 있다.

$$\begin{aligned}
 \text{무사고}(P_0) &= e^{-q} \\
 \text{한번사고}(P_1) &= qe^{-q} \\
 \text{두번사고}(P_2) &= (q^2 e^{-q}) / 2 \\
 \text{세번사고이상}(P_3) &= 1 - P_0 - P_1 - P_2
 \end{aligned}
 \quad \text{----- <식 2>}$$

<식 2>에 의해 구한 향후 1년동안의 차량용도별 사고확률을 정리하면 <표 3>과 같다. 본 연구의 마코프체인 모형이 단위기간(평가대상기간)을 1년으로 가정하였으므로 1년동안의 사고확률을 사용한다.

<표 3> 1년동안의 차량용도별 사고확률

용도 \ 사고	평균사고율 (q)	무사고 (P ₀)	한번 사고 (P ₁)	두번 사고 (P ₂)	세번이상 사고 (P ₃)
개인용	0.19	0.82696	0.15712	0.01493	0.00099
업무용	0.218	0.80413	0.17530	0.01911	0.00146
영업용	0.384	0.68113	0.26155	0.05022	0.00710

<표 3>의 차량용도별 사고확률 자료를 마코프체인 모형에 적용시켜서 <식 1>에 의해서 구한 차량용도별 안정상태확률과 계약자수는 <표 4>와 같다.

<표 4> 사고점수가 1점일 경우 차량용도별 안정상태확률과 계약자수

사고율(q)	개인용		업무용		영업용	
	0.19		0.218		0.384	
상태	안정상태 확률	계약자수	안정상태 확률	계약자수	안정상태 확률	계약자수
1 (60%할인보험료)	0.77030	2340204	0.72902	1073948	0.43733	108707
2 (50%할인보험료)	0.16118	489684	0.17758	261592	0.20474	50891
3 (40%할인보험료)	0.04856	147517	0.06190	91191	0.13265	32973
4 (30%할인보험료)	0.01419	43096	0.02094	30854	0.08389	20852
5 (20%할인보험료)	0.00410	12444	0.00701	10323	0.05257	13067
6 (10%할인보험료)	0.00119	3610	0.00236	3469	0.03305	8216
7 (기본보험료)	0.00034	1047	0.00079	1165	0.02077	5163
8 (10%할증보험료)	0.00010	303	0.00027	391	0.01305	3245
9 (20%할증보험료)	0.00003	88	0.00009	131	0.00820	2039
10 (30%할증보험료)	0.00001	26	0.00003	44	0.00516	1282
11 (40%할증보험료)		7	0.00001	15	0.00324	805
12 (50%할증보험료)		2		5	0.00204	506
13 (60%할증보험료)		1		2	0.00128	318
14 (70%할증보험료)				1	0.00080	200
15 (80%할증보험료)					0.00051	126
16 (90%할증보험료)					0.00032	79
17 (100%할증보험료)					0.00020	50
18 (110%할증보험료)					0.00013	31
19 (120%할증보험료)					0.00008	20

<표 4>에서 안정상태의 계약자수를 보면 대부분의 계약자가 기본보험료보다 낮은 할인보험료를 부담하게 될 것으로 예측할 수 있다. 그리고 사고율이 높을수록 할증에 해당하는 계약자수가 증가하는 것을 알 수 있다. 또한 사고점수의 변화도 사고율과 동일한 결과를 발생시킴을 실험을 통해 알 수 있다.

3.2 전체적 충분성과 개별공정성을 고려한 자동차종합보험의 균형식

차량용도별로 각기 다른 위험을 갖고 있는 전체 자동차종합보험을 대상으로 전체적 충분성과 개별 공정성을 만족시키는 할인·할증시스템은 안정상태확률과

계약자수에 기초하여 다음과 같이 구할 수 있다.

먼저, 평균보험료와 모든 사고에 대한 평균보험금이 동일하다고 가정을 하자.³⁾ 그러면 전체적 충분성을 만족시키기 위해서는 각 상태에 해당되는 차량용도별 계약자수를 종합하여 전체계약자가 부담해야 하는 평균보험료와 보험회사가 지급해야 하는 평균보험금이 동일하면 된다. 그러므로 전체적 충분성을 고려할 경우 <식 3>과 같이 평균 수입보험료와 평균 지급보험금의 균형식을 작성할 수 있다. 여기서 R_i 는 상태 i 의 할인·할증된 보험료를 나타낸다.

<전체적 충분성>

$$\begin{aligned}
 & 3522859R_1 + 802167R_2 + 271681R_3 + 94802R_4 + 35834R_5 + 15295R_6 + 7375R_7 \\
 & + 3939R_8 + 2258R_9 + 1352R_{10} + 827R_{11} + 513R_{12} + 321R_{13} + 201R_{14} + 126R_{15} \\
 & + 79R_{16} + 50R_{17} + 31R_{18} + 20R_{19} \\
 & = 994662 \qquad \qquad \qquad \text{----- <식 3>}
 \end{aligned}$$

<식 3>의 좌변의 계수는 <표 4>의 각 상태에 해당되는 계약자수를 차량용도별로 모두 더한 것이고 우변은 자동차종합보험 전체 평균사고율과 총부보대수를 곱하여서 나온 수치이다. 즉, 평균보험료와 평균보험금이 동일하다고 가정하였으므로 좌변은 할인·할증시스템을 통하여 계약자가 부담하여야 하는 평균보험료이고 우변은 보험회사가 지급해야 하는 평균보험금을 나타낸다. <식 3>에서는 보험회사의 이익과 부대비용은 고려하지 않았다. 만약, 이들을 고려할 경우에는 보험회사의 이익에 관련되는 항목은 좌변에, 비용에 관련되는 항목은 우변에 첨가한다.

다음으로 개별공정성과 관련된 식은 할인·할증시스템을 통해서 각 차량용도별 계약자가 부담해야 하는 평균보험료와 보험회사가 지급해야 하는 평균보험금이 균형을 이루어야 한다는 측면에서 전체적 충분성의 계산식과 동일한 방법에 의해서 다음의 <식 4>와 같이 작성될 수 있다.

3) 우리나라에서는 93회계년도에 수입보험료가 지급보험금보다 약 6%정도 더 높은 것으로 나타났다(자료원: 보험개발원). 그러나 본 연구에서는 안정상태의 계약자수를 기초로 할인·할증요율의 분석을 수행하므로 평균보험료와 평균보험금이 동일하다는 가정을 한다.

〈개별 공정성〉

- 개인용 -

$$\begin{aligned}
 &0.77030R_1 + 0.16118R_2 + 0.04856R_3 + 0.01419R_4 + 0.00410R_5 + 0.00119R_6 \\
 &+ 0.00034R_7 + 0.00010R_8 + 0.00003R_9 + 0.00001R_{10} \\
 &= 0.19
 \end{aligned}$$

- 업무용 -

$$\begin{aligned}
 &0.72902R_1 + 0.17758R_2 + 0.06190R_3 + 0.02094R_4 + 0.00701R_5 + 0.00236R_6 \\
 &+ 0.00079R_7 + 0.00027R_8 + 0.00009R_9 + 0.00003R_{10} + 0.00001R_{11} \\
 &= 0.218
 \end{aligned}$$

- 영업용 -

$$\begin{aligned}
 &0.43733R_1 + 0.20474R_2 + 0.13265R_3 + 0.08389R_4 + 0.05257R_5 + 0.03305R_6 \\
 &+ 0.02077R_7 + 0.01305R_8 + 0.00820R_9 + 0.00516R_{10} + 0.00324R_{11} \\
 &+ 0.00204R_{12} + 0.00128R_{13} + 0.00080R_{14} + 0.00051R_{15} + 0.00032R_{16} \\
 &+ 0.00020R_{17} + 0.00013R_{18} + 0.00008R_{19} \\
 &= 0.19
 \end{aligned}$$

----- <식 4>

따라서 전체적 충분성과 개별 공정성을 만족시키는 R_i 값은 <식 3>과 <식 4>를 만족시키는 값이 된다. 먼저 할인·할증보험료 R_i 가 현재의 할인·할증시스템처럼 각각 10%의 차이를 보이고 최대 할증보험료(120%)는 평균보험금을 넘지 않는다고 가정하였을 경우, 두 식에 의해서 구한 사고점수별 전체적 충분성과 개별 공정성의 계산결과는 <표 5>와 같다.

<표 5> 각 상태의 보험요율 차이가 10%일 경우 전체적 충분성과 개별 공정성

전체적 충분성과 개별공정성 측면에서의 평균 수입보험료		각 사고점수에서의 평균 지급보험금			
		1점(10%)	3점(10%)	5점(10%)	
전체적 충분성	994662	750237.60000	364019.30000	795072.10000	
개별 공정성	개인용	0.19	0.15580	0.04254	0.13443
	업무용	0.218	0.15738	0.08151	0.18826
	영업용	0.384	0.18133	0.46148	0.43983

〈표 5〉는 할인·할증시스템의 상태(할인·할증보험료)가 10%씩의 차이를 보인다고 가정하였을 경우 1점, 3점, 5점의 사고점수하에서 전체적 충분성과 개별 공정성의 만족여부를 보여준다. 전체적 충분성 측면에서 보게 되면 모든 사고점수하에서 보험회사가 적자를 보게 됨을 알 수 있다. 또한 개별 공정성 측면에서도 모든 점수하에서 이를 현저히 만족시키지 못하고 있음을 알 수 있다.

이제는 각 상태들간의 보험을 차이를 변화시켜 전체적 충분성과 개별 공정성을 최대한 만족시키기 위해서는 할인·할증보험요율의 차이는 얼마가 적절한지를 살펴본다. 전체적 충분성에 근접하는 할인·할증시스템을 동일한 방법에 의해서 분석한 결과는 〈표 6〉과 같다.

〈표 6〉 전체적 충분성을 만족시키는 할인·할증보험요율

전체적 충분성과 개별공정성 측면에서의 평균 수입보험료		각 사고점수에서의 평균 지급보험금				
		1점 (8.52%)	3점 (14.00%)	5점 (38.20%)	7점 (59.5%)	
전체적 충분성	994662	997894	996623	993993	994803	
개별 공정성	개인용	0.19	0.20768	0.16529	0.17186	0.18274
	업무용	0.218	0.20942	0.22599	0.23480	0.22703
	영업용	0.384	0.23519	0.64956	0.50689	0.42385

〈표 6〉은 사고점수가 1점일 경우 상태별 보험료간의 차이가 약 8.52%, 3점일 경우에 약 14%, 5점일 경우에 약 38.20%, 그리고 7점일 경우에 약 59.%가 유지되면 전체적 충분성을 만족시킬 수 있다는 것을 보여준다. 그러나 각 할증요율하에서 개별 공정성은 정확히 만족시키지 못하는 것으로 나타났다.⁴⁾ 즉, 보험요율 차이를 일정하게 할 경우, 전체적 충분성과 개별 공정성을 동시에 만족시키는 최적의 할인·할증시스템은 구할 수가 없었다. 또한 실제의 보험계약자의 사고점수는 동일하지 않고 사고내용 및 원인에 따라 1점부터 7점까지 매우 다양하게 나타날 것이므로 보험요율의 차이만을 변경하는 방법으로는 복잡한 할인·할증시스템을 효과적으로 분석할 수 없게 된다. 따라서 최적의 할인·할증시스템을 구축하기 위해서는 보험요율의 차이만을 변화시키는 방법보다는 다음과 같은 요소를 동시에 고려하는 방법이 연구되어야 할 것이다. 할인·할증시스템에 영향을

4) 동일한 실험방법을 사용하여 개별 공정성을 만족시키도록 요율을 조정하게 되면 수입보험료가 지급보험금보다 크게 되어 보험계약자가 피해를 보게 되고 결국 전체적 충분성이 만족되지 않는다.

주는 요소로서는 상태수의 변화, 사고점수의 변화, 상태들간의 보험요율 차이의 변화 등을 들 수 있다. 그러나 마코프체인 모형을 이용하여 여러 요소들의 효과를 동시에 고려하는 것은 어려운 일로, 이는 마코프체인 모형이 다른 요소들의 고정화에 단순히 한 요소의 변화효과만을 고려할 수 있기 때문이다. 이러한 문제점을 극복하기 위해 할인·할증시스템의 여러 변화를 동시에 고려할 수 있는 기법이 필요해진다. 예를 들어, 시뮬레이션을 고려할 수 있다. 시뮬레이션은 현실의 할인·할증시스템을 적절하게 모형화하여서 다양한 실험을 효과적이고 빠르게 수행할 수 있기 때문이다[5,6,19]. 따라서 앞으로 마코프체인 기법과 시뮬레이션 기법을 병행하여 보다 세밀한 분석을 할 수 있는 체계적인 연구가 필요할 것이다.

3.3 분석절차의 일반화

지금까지는 계약자 집단을 차량용도별로 개인용, 업무용, 영업용의 세가지로 분류하여 분석을 하였다. 그러나 실제의 보험계약자들은 위험수준에 따라 수많은 세부집단으로 분류될 수 있으며 보다 정확한 분석을 하기 위해서는 이같이 각기 다른 위험을 가진 계약자 집단들에 대한 표본조사 및 분석이 선행되어야 할 것이다. 이와 같이 계약자들에 대한 분류가 이루어진 후, 다음과 같은 일반화된 절차에 의해서 체계적인 분석을 수행할 수 있을 것이다. 이 절차는 모든 계약자의 사고점수가 동일하다는 가정하에 마코프체인 모형을 이용하여 할인·할증시스템이 전체적 충분성과 개별 공정성을 만족시키는지를 알아보는 절차이다.

- i : 할인·할증시스템의 상태($i = 1, \dots, k$)
- j : 사고율이 동일한 계약자 집단($j = 1, \dots, l$)
- N : 총계약자수
- n_j : 사고율이 동일한 집단 j 의 계약자수
- P : 총 평균사고율
- P_j : 집단 j 의 사고율
- R_i : 각 상태 i 의 할인·할증보험료
- $\pi_{i(j)}$: 사고율이 동일한 집단 j 의 상태 i 에서의 안정상태확률

이와 같은 자료를 이용하여 다음의 절차를 수행한다.

<단계 1> 전체 계약자의 평균 사고점수를 구한다.

<단계 2> 마코프체인 모형을 이용하여 사고율이 P_j 로 동일한 집단 j 의 상태 i 에

서의 안정상태확률($\pi_{i(j)}$)을 구한다.

<단계 3> 다음의 식에 의해서 각 상태별 총계약자수를 계산한다.

$$\sum_{j=1}^l \pi_{i(j)} n_j = H_i \quad (i = 1, 2, \dots, k)$$

여기서, H_i 는 사고율이 동일한 집단 j 의 상태 i 에서의 총계약자수를 나타낸다.

<단계 4> 다음의 식에 의해서 전체적 충분성과 개별 공정성을 만족시키는 R_i 를 계산한다.

$$\sum_{i=1}^k H_i R_i = NP \quad \text{----- 전체적 충분성}$$

$$\sum_{i=1}^k \pi_{i(j)} R_i = P_j \quad (j = 1, \dots, l) \quad \text{----- 개별 공정성}$$

위의 전체적 충분성과 개별 공정성을 동시에 만족시키는 각 R_i 값이 바로 본 연구에서 규정한 각 상태에서의 최적 할인·할증요율이 된다.⁵⁾

IV. 결론

4.1 연구의 결과

자동차보험의 할인·할증요율은 서론에서 언급한 보험요율의 네가지 요소를 만족시켜야 한다. 그러나 지나치게 차별적이지 않아야 한다는 요소는 그 기준이 확실하지 않고 과거의 사고경력에 따른 보험요율의 차별화를 목표로 하고 있는 할인·할증시스템과 모순이 될 수 있다. 그러나 이러한 점에도 불구하고 할인·할증시스템은 많은 장점으로 인해서 유럽과 일본 등의 보험선진국에서 나름대로의 형태를 유지하며 사용되고 있다. 그러나 이중에서 어떠한 할인·할증시스템

5) 만약 할인·할증보험료 R_i 가 $q\%$ 씩 일정하게 차이가 난다면 다음의 식을 조건으로 첨가하여야 한다.

$$R_i = R_{i-1} \cdot \left(1 + \frac{q}{100}\right)$$

이 가장 효율적인 시스템인지는 효율성의 설정기준에 따라서 다를 것이다. 일반적으로 효율성의 기준으로서 가장 많이 사용되고 있는 것이 개별계약자의 과거 사고위험정도에 따른 할인·할증보험요율의 부과이다. 따라서 본 연구에서는 보험요율의 두가지 중요한 요소인 전체적 충분성과 개별 공정성을 달성하는 것을 할인·할증시스템의 목표로 설정하고 이를 마코프체인 모형을 이용하여 설명하였다.

연구결과, 현재 우리나라의 할인·할증시스템은 계약자의 사고율에 비해서 너무 낮은 할증요율을 부과하고 있어서 전체적 충분성의 관점에서 보험회사의 적요인이 되고 있는 것으로 판단된다. 또한 개별 공정성의 측면에서도 개별 사고율에 따라서 적절한 보험료를 부담시키고 있지 못하는 것으로 판단된다. 따라서 모형을 이용하여 최적의 할인·할증시스템에 근접하는 할증요율을 탐색적 방법에 의해 구해보았다. 그 결과, 전체적 충분성을 만족시키는 할인·할증요율하에서 보험요율차이는 사고점수가 높을 수록 증가하였다. 1점의 평균사고점수하에서는 약 8.52%의 요율차이가 적정하나 가장 높은 사고점수인 7점의 평균사고점수하에서는 약 60%정도의 요율차이가 적정한 것으로 나타났다. 그렇지만 여러 평균사고점수하에서 개별 공정성은 만족시킬 수가 없었다. 반대로 개별 공정성을 만족시키게 되면 전체적 충분성이 만족되지 못하였다. 결국, 마코프체인 모형을 사용하여 최적 시스템을 구하는 것은 어려운 일로 보인다. 따라서 앞으로 마코프체인 기법과 시뮬레이션 등의 다른 기법을 병행하여 최적 할인·할증시스템에 관해 분석하는 지속적인 연구가 요청된다.

4.2 연구의 한계점

할인·할증시스템의 효율분석을 위해 마코프체인 모형을 이용하는 방법은 안정상태의 계약자수를 예측하는데 효과적인 도구가 될 수 있다. 그러나 보험요율의 두가지 요건(전체적 충분성과 개별 공정성)을 만족시키는 효율적인 할인·할증요율체계를 설명하는 데에는 여러가지 한계점을 가지고 있다. 그 한계점들을 기술하면 다음과 같다.

첫째, 할인·할증시스템을 모형화하기 위해서 사고건수를 포아송분포로 가정하였다. 그러나 포아송분포는 자동차보험 계약자가 차량용도별로 동질적인 위험을 갖는 것을 의미하는 분포로서 계약자의 위험수준에 따른 실제의 사고건수를 정확히 반영하지 못하는 단점이 있다. 따라서 실제의 사고건수를 보다 정확히 반영할 수 있도록 할인·할증계약자집단에 대한 표본조사 및 분석이 수행되어야 할 것이다.

둘째, 본 연구의 모형에서 사고건수와 사고점수는 독립적이라고 가정을 하였다. 그러나 할인·할증요율은 사고건수와 사고점수 두 요소의 복합적 함수이므로 보다 현실적인 분석을 위해서는 사고건수와 사고점수의 관계에 대한 연구가 선행되어야 할 것이다.

셋째, 할인·할증시스템에 영향을 미치는 다양한 요소, 예를 들어, 상태수의 변화, 사고점수의 변화, 상태들간의 보험요율차이 등의 변화효과를 동시에 복합적으로 고려할 수 없었다.

이와 같이 이론적 분석을 위해 현실을 단순화시킨 마코프체인 모형의 제약에도 불구하고 모형의 결과는 근사치로써 사용될 수 있을 것이다. 결국, 본 연구는 우리나라의 할인·할증시스템이 전체적 충분성과 개별 공정성을 만족시키는 시스템으로 접근하기 위해서 어떠한 방향으로 개선이 되어야 할 지를 근사치를 통해서 제시하였다는데 그 의의가 있다.

참 고 문 헌

- [1] 강우진, 이기환, 「자동차보험론」, 학문사, 1993.
- [2] 이명주, 「손해보험수학」, 경문사, 1989.
- [3] 보험개발원, 「자동차보험 개황 및 분석: 92사업년도」, 조사연구자료 17, 1993.
- [4] Borch, K.H., Economics of Insurance, North-Holland, 1990, pp.299-304.
- [5] Borgan, Ø., J. Hoem and R. Norberg, "A Non Asymptotic Criterion for the Evaluation of Automobile Bonus Systems", Scandinavian Actuarial Journal, 1981, pp.165-178.
- [6] Corlier, F., J. Lemaire and D. Muhokolo, "Simulation of an Automobile Portfolio", Geneva Papers on Risk and Insurance, 1979.
- [7] Ferreira, J., "The Long-Term Effects of Merit-Rating Plans on Individual Motorists", Operations Research, Vol.22, No.5, 1974, pp.954-977.
- [8] Franckx, E., "Théorie du bonus: Conséquences de l'étude de Mr.le Professeur Fréchet", ASTIN Bull., 1, 1961, pp.113-122.
- [9] Fréchet, M., "Essai d'une étude des successions de sinistres considérés comme processus stochastique." Bull.Trim.Inst.Actu.Franc., 58, 1959, pp.67-85.
- [10] Freifelder, L.R., "Measuring the Impact of Merit Rating on Ratemaking Efficiency", Journal of Risk and Insurance, Vol.LII, No.4, 1985, pp.607-626.
- [11] Grenander, U., "Some Remarks on Bonus Systems in Automobile Insurance", Skand.Aktu.Tidskr., Vol.40, 1957, pp.180-197.
- [12] Isaacson, D.L. and R.W. Madsen, Markov Chains: Theory and Applications, John Wiley & Sons Inc, 1976.
- [13] Jewell, W.S., "Operations Research in the Insurance Industry: I. A Survey of Applications", Operations Research, Vol.22, 1974, pp.917-928.
- [14] Kemeny, J.G. and J.L. Snell, Finite Markov Chains, D. Van Nostrand Co., 1960.
- [15] Lemaire, J., Automobile Insurance: Actuarial Models, Kluwer Nijhoff: Boston, 1985.
- [16] Lemaire, J., "Comparative Analysis of European And Japanese Bonus-malus Systems", Journal of Risk and Insurance, Vol.LV, No.4, 1988, pp.660-681.
- [17] Loimaranta, K., "Some Asymptotic Properties of Bonus Systems", ASTIN Bulletin, 1972, pp.233-245.
- [18] Molnar, D. and T. Rockwell, "Analysis of Policy Movement in a Merit-Rating Program", Journal of Risk and Insurance, Vol.33, No.2, 1966, pp.265-276.
- [19] Norberg, R., "A Credibility Theory for Automobile Bonus Systems", Scandinavian Actuarial Journal, 1976, pp.92-107.
- [20] Pitacco, E., "Simulation in Insurance", Insurance and Risk Theory: NATO ASI Series, Reidel Publishing, 1985, pp.37-77.
- [21] Seal, H.L., Stochastic Theory of Risk Business, John Wiley & Sons, 1969, pp.49-89.
- [22] Shapiro, A.F., "Applications of Operations Research Techniques in Insurance", Insurance and Risk Theory: NATO ASI Series, 1985, pp.129-143.