

고령자의 운전패턴 인식을 통한 운전면허증 갱신 및 반납 정책에 대한 연구

조면균

세명대학교 정보통신학부 부교수

A Study on the Driver's License Renewal and Return Policy through the Recognition of the Elderly's Driving Pattern

Myeon-gyun Cho

School of Information & Communication, Semyung University, Associate Professor

요 약 본 연구는 고령운전자의 교통사고율 감소를 위하여 고령자의 운전패턴 인식을 통해 교통사고위험지수를 도출하고 그에 따라 운전면허증의 갱신 및 반납 정책에 반영하고자 실시되었다. 먼저, 고령운전자의 행동특성을 분석하여 교통사고를 유발하는 주요요인을 도출하여 교통사고 위험지수를 정의한다. 둘째, 자동차에 부착된 카메라, 거리센서와 스마트폰을 통하여 고령자의 운전패턴으로부터 교통사고 위험지수를 측정하는 방법을 제시한다. 마지막으로 컴퓨터 시뮬레이션으로 3개의 문턱 값을 도출하여 측정된 교통사고 위험지수로부터 사고위험도를 4단계로 판별하고 고령 운전자의 안전운전을 보장하기 방안을 제시한다. 제안하는 방법에 따라 고령운전자의 운전능력을 객관적으로 평가하여 운전면허 갱신주기의 재설정 및 자진 반납을 유도함으로써, 고령운전자의 교통사고 증가로 인한 사회적 비용을 최소화하기 위한 운전면허증 관리정책 수립에 적극 활용 가능할 것이라 믿는다.

주제어 : 고령운전자, 사고유발 행동특성, 교통사고 위험지수, 교통사고율 감소, 운전면허갱신 및 반납

Abstract This study was conducted to derive the traffic accident risk index through the recognition of the elderly driver's driving pattern to reduce the traffic accident rate of elderly drivers and to reflect them in the renewal and return policy of driver's license accordingly. First, the traffic accident risk index is defined by analyzing the behavioral characteristics of older drivers to derive the major factors that lead to traffic accidents. Second, we present a method to measure the traffic accident risk index from the driving pattern of the elderly through the smart-phone, the camera and the distance sensor attached to the car. Finally, we derive three thresholds by computer simulation and determine the accident risk from the measured traffic accident risk index as four steps and suggest ways to ensure safe driving of older drivers. It is required to objectively assess the driving ability of an aged driver in accordance with the proposed method, and to induce the driver to reset the driver's license renewal cycle and voluntarily return the driver's license to minimize social costs due to increased traffic accidents.

Key Words : Elderly drivers, Accident characteristics, Traffic accident risk index, Traffic accident rate reduced, Driver's license renewal and return

* This paper was supported by the Semyung University Research Grant of 2016.

* Corresponding Author : Myeon-gyun Cho (mg_cho@semyung.ac.kr)

Received July 25, 2018

Revised September 28, 2018

Accepted October 20, 2018

Published October 28, 2018

1. 서론

우리나라는 2000년 전체인구에서 65세 이상 인구비율이 7.2%로 고령화 사회에 진입하였다. 그리고 2018년이면 고령사회, 2026년이면 초고령 사회에 도달할 것으로 전망된다[1].

이처럼 고령인구의 증가로 인해 고령운전자에 의한 교통사고도 늘어나고 있는데, 국내 65세 이상 고령운전자의 교통사고는 2002년도 3810건에서 2011년 13,583건으로 10년 새 356%로 급격히 증가했으며 고령운전자의 교통사고 점유율 역시 전체 교통사고의 1.6%에서 6.1%까지 높은 실정이다[2]. 고령운전자의 교통사고가 심각한 문제인 이유는 65세 이하의 사망자 수가 11.9% 감소한 반면, 신체적인 약점이 있는 고령운전자의 사망자 수는 559명에서 718명으로 28.4% 증가했다는 데 있다[3].

고령운전자의 교통행동 특성을 살펴보면, 첫째로 노화에 따른 시력과 청력의 감퇴로 인해 운전행동에 필수적인 동체시력과 대비민감성 및 접근인식력의 저하를 들 수 있다. 둘째로 감각기능의 약화로 인한 주의력, 시공간 지각능력, 정보처리속도, 반응속도 등의 인지력 저하로 교통사고 발생 가능성을 높인다. 셋째 각종 심혈관 질환, 당뇨, 류마티스성 관절염 및 치매 등의 노인성 질환으로 인해 행동유연성이 저하되어 실수를 유발하게 된다[2-4]. 특히, 고령자의 운전 시 가장 큰 영향을 미치는 지표로는 시공간 능력을 들 수 있으며 이는 교통 상황인식과 밀접한 관계가 있음이 조사 되었다[5,6].

고령운전자의 도로사정별 교통사고 특성을 분석해 보면, 곡선로, 교차로(특히 좌회전)에서의 교통사고가 일반인 대비 유의하게 사고율이 높게 나타났는데 이는 전방 신호등의 분석, 조향능력과 전방차량과의 거리유지 등이 동시에 필요한 복합 운전부하일 때 불리한 것을 알 수 있다[7-9]. 또한 범규위반별 사고건수를 분석해 보면, 신호위반, 안전거리 미확보, 교차로 운행방법 위반으로 인한 고령자의 교통사고 빈도가 높았다[8,10].

고령운전자의 안전대책은 고령운전자가 정신/신체적 인 기능부족으로 교통사로에 더 취약한 집단이라는 가정 하에 통행과 관련된 권리를 한정하는 배제적 접근과 고령운전자의 문제를 교통환경 및 안전운전지원 기술을 통해 해결하는 보정적 접근이 있다[4]. 하지만 배제적 접근은 고령자의 독립성, 자율성 및 이동의 자유를 제한하는 것이므로 이에 대한 고령자의 저항은 매우 강하다[11,12].

그러므로 고령 운전자 자신의 충분한 수궁 및 자각에 따른 자의적 동의를 바탕으로 해야 할 것이다.

최근 고령운전자의 교통사고를 예방을 위한 배제적 접근 방안으로 면허갱신주기의 조정, 적성검사의 정밀화, 운전면허 조건의 변경, 자발적 운전면허 반납 및 교통안전 이수 프로그램의 의무화 등이 제안되고 있다[13-15]. 추가로 운전적성검사기법을 고도화하여 고령운전자의 운전능력을 평가하고 이에 따른 행정처분을 요구하고 있다[16,17]. 현재 우리나라는 운전면허 취득 후 10년 주기로 운전면허를 갱신하지만 65세 이후 취득자는 5년 마다 갱신, 70세 이상인 경우 정기 적성검사를 의무화 하고 있는 상황이다[15].

고령운전자의 기존 운전능력 판단기준은 사람마다 다른 신체적 지적능력이 있음을 고려하지 않고 운전능력의 이상 유무를 정확하고 객관적인 평가가 아닌 단지 나이로만 판단하는 한계가 있다. 또한, 운전자의 운전능력을 평가하기 위해서는 설문지 작성, 적성검사, 자동차 시뮬레이션 테스트 실시 등의 복잡하고 오랜 시간이 소요되는 검사를 직접 방문하여 진행해야 했다. 한편 본인의 자동차가 아닌 타인이 실시하는 테스트의 결과에 대해서 고령운전자가 그 결과를 수궁하고 결과에 따른 적성검사 주기조정 및 운전면허증 반납의 요구에 자발적으로 협조할지는 의문시 되며 관련 정책 강행 시 집단반발의 여지도 존재하였다.

그러므로 고령자 자신의 자동차로 운전에 필요한 기능적, 인지적 능력에 대한 누적된 평가를 통해 자신의 운전행위에 대한 막연한 자신감이 아닌 타인의 위험요소가 될 수 있음을 자각시키는 방법이 필요하다. 본 논문에서는 고령운전자 자신이 수궁가능한 객관적인 운전위험지수 도출 방법을 제시하고 이를 통해 자발적인 주의운전 실행, 운전의 빈도 낮춤 및 더 나아가 운전면허증 반납을 실천 할 수 있도록 유도한다.

2. 고령 운전자 관련 선행연구

2.1 고령 운전자의 교통행동 특성

2.1.1 신체적, 인지적 능력의 변화

운전에 필요한 정보의 90% 이상이 시각정보이며 운전 에 필요한 시각성은 정지시력, 동체시력, 명도대비 능력, 시야의 너비 및 빛에 대한 반응 등을 포함한다. 노화

에 따라 60대 고령자의 표준시력 평균치는 30대에 비해 20% 이하 저하되며, 빨리 움직이는 대상에 대한 추적 및 지각에 관련된 동체시력은 30%나 낮으며 70대에는 0.1 수준으로 떨어진다[2,3]. 또한 야간 주행 시 대형차량의 전조등에 의한 섬광 대응능력 및 밝은 곳에서 어두운 곳으로 진행시 사물을 감식하는 능력이 고령화에 따라 지속적으로 감소하는 경향이 있다[3]. 추가적으로 50대 이후부터 점진적인 청각상실을 느끼게 되고 발목이나 무릎을 움직이는 힘이 젊은 시절 대비 현저하게 떨어져 1/2배로 감소하게 되며 운동의 정확성 및 조정능력도 60세가 되면 크게 저하된다[4].

고령화에 따라 근육의 굵기와 신축성이 저하되어 험들 또는 페달의 민첩하고 원활한 조작이 어려워진다. 추가적으로 심혈관 질환, 당뇨병 및 류마티스성 관절염 등의 노인성 만성질환으로 인해 행동유연성은 더욱 떨어지게 되어 적절한 동적반응을 하지 못하게 된다[3,4]

전방 진행차량의 이동속도 및 거리를 유추하거나 도로 합류부에서의 합류시점 결정 등의 교통상황 변화에 적정 반응하는데 소요되는 시간을 인지반응 시간이라 한다. 단일사건에 대한 인지반응 시간은 고령자와 비고령자의 차이가 크지 않지만, 판단이 복잡한 다중 사건의 경우 고령자의 인지반응 시간은 20%이상 증가하는 것으로 알려져 있다[5]. 또한 노화에 따라 복잡한 교차로에 진입시 도로표지와 같이 비교적 중요성이 낮은 정보는 여과하고 안전거리 유지 및 신호 준수 등의 중요한 정보는 집중하는 선택적 주의능력도 저하된다. 이러한 인지반응 시간의 지연과 선택적 주의능력의 저하는 고령자의 교통사고율의 증가에 주요한 원인이 되고 있다[6].

2.1.2 시공간 능력의 변화

시공간 능력이란 대상을 정확하게 지각하고 대상의 위치를 파악하는 시공간적인 지각 및 분성능력과 대상을 지각 후 이것을 통합하거나 재구성하는 시공간적 구성능력을 통합하여 말한다[5]. 상황인식이란 시공간 능력을 바탕으로 지각된 요소들의 의미에 대하여 이해하고 현재 상태를 토대로 가까운 미래를 예측하는 것을 말한다[6].

그러나 고령자는 이러한 시공간 능력이 일반인들 대비 전반적으로 낮게 나타났으며, 이것은 고령운전자의 운전수행에 있어서 미래의 상황을 예측하기 어려우므로 안전운전에 불리하게 작용함을 알 수 있다[5].

Fig. 1과 같이 시공간적인 지각 및 분석능력과 구성능

력이 상황인식의 3수준인 투시예측을 이끌어 내는데 매우 중요한 역할을 함을 알 수 있다[5-7].

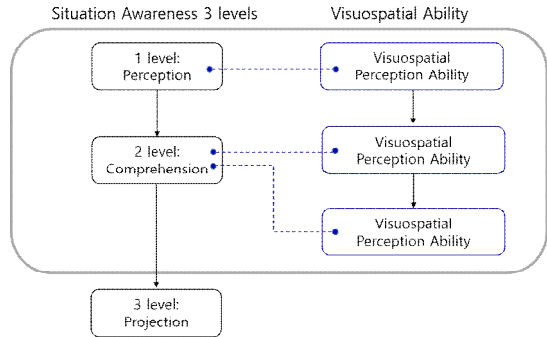


Fig. 1. Interrelationship between visuospatial ability and situation awareness [5]

2.2 고령 운전자의 교통사고 특성

최근 5년간의 고령운전자의 사고추이를 살펴보면, 차대차 사고의 경우 비고령 운전자 사고는 5.2% 감소한 반면 고령자의 사고는 오히려 25% 증가한 것으로 나타났다. 차 단독사고의 경우에도 고령자의 사고율이 비고령자 대비 4% 이상 높은 것으로 나타났다[7,12]. Fig. 2는 상기의 이유로 고령운전자가 비고령자대비 교통사고 발생비율이 시간에 따라 점점 늘어나는 것을 보인 그림이다. 본 절에서는 도로형태별, 교차로 상황 및 법규위반에 따른 고령운전자의 교통사고 특성을 살펴보고자 한다.

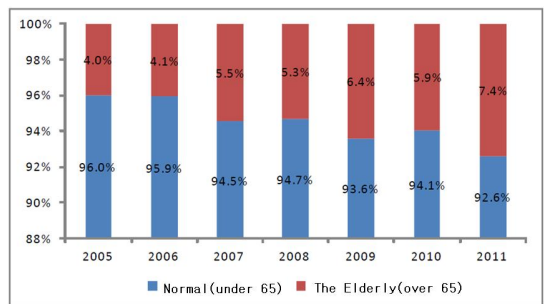


Fig. 2. Comparison of traffic accident between the elderly and the ordinary drivers [7]

2.2.1 도로형태별 사고 특성

고령운전자의 차대차 사고 중에서 곡선로에서 발생한 사고가 차지하는 비율(10.38%)은 비고령 운전자 사고율(7.37%) 대비 3.01% 높은 수치를 보여, 조향능력과 전방 차량과의 간격유지 등 다각적인 운전부가가 요구되는 경

우 사고율이 높게 나타남을 알 수 있다. 단순 경사로에서 차대차 사고율은 차이가 없는 반면 경사진 곡선로에서의 차대차 사고율은 고령자가 비고령자 대비 2%이상 높았다. 앞서서도 보였듯이, 차로유지와 차량충돌 회피의 부하가 이중으로 더해진 경우 고령운전자의 사고발생 확률이 높은 것으로 나타나고 있다[7].

고령운전자가 관련된 차대차 사고중 23.9%가 교차로에서 발생하여 비고령 운전자의 14.7% 대비 9.2%나 높게 나타났다. 특히 야간보다 주간을 선호하는 고령자의 운전특성에 따라, 고령운전자 주간 교차로 사고율은 비고령자 대비 27%나 높게 나타났기 때문에 주간 교차로에서의 교통사고 감소 대책이 절실히 필요한 상황이다[8].

2.2.2 법규위반 형태별 사고 특성

최근 3년간 비고령운전자 및 고령 운전자 법규 위반별 사고를 살펴본 결과, 1위는 안전운전 불이행, 2위는 신호위반으로 동일하다. 하지만 3위는 비 고령자는 ‘안전거리 미확보’인 반면, 고령자는 ‘교차로 운행방법 위반’으로 나타나 다양한 정보에 대한 처리능력이 요구되어 주행부하가 높은 교차로에서의 통행에 어려움을 느끼고 있음이 지속적으로 밝혀지고 있다[2]. 특히 중앙선 침범과 교차로 운행방법위반은 연령층이 올라갈수록 사고비율이 높아지는 경향을 보이고 있는데 이는 좁아진 시야, 근육의 민첩성 저하에 따른 반응속도 증가, 약물 복용으로 인한 주의력 저하 등의 신체노화가 한 원인일 수 있을 것이다 [10,11].

이처럼 고령운전자는 일반운전자 대비 신체적 정신적 능력이 떨어져서 시공간능력의 저하를 겪게 되며, 특히 교차로, 곡선구간 등과 같이 다각적인 운전부하가 걸리는 경우 및 교차로 교통법규 위반에 의한 교통사고에 취약함을 알 수 있다.

2.3 기존 고령 운전자 대응방법

2.3.1 국내외의 고령운전자 운전면허 관리제도

먼저 우리나라는 운전면허의 등급(1종/2종) 및 연령에 따라 갱신주기가 결정되어 있는데, 먼저 2종의 경우 모든 연령에 동일하게 10년마다 갱신하고 신규 운전면허 합격자가 65살 이상일 때만 5년의 갱신주기를 강제하고 있다. 둘째로 1종의 경우 65세 미만은 매 7년마다, 65세 이상은 매 5년마다 운전면허 갱신을 함과 동시에 적성검사를 실시한다. 셋째로 정기적성검사를 받아야 하는 대상은 1종 운전면허소지자와 2종 운전면허 소지자중 70세 이상인

사람이다[13,16]. Table 1과 Table 2는 국내 운전면허 갱신주기와 정기적성검사 내용을 요약한 것이다.

하지만, 고령자의 경우 고령화 될수록 신체적 정신적 능력의 하락폭이 급격히 커지고 예측이 불가능한데도 불구하고 70세 이상에게 동일한 갱신 주기 및 적성검사 실시 적용은 안전운전을 보장하는 충분한 방법이 아니다.

Table 1. Classification of driver's license renewal and regular aptitude test

License Type	Renewal Cycle	Remarks
Type 1	10 years (However, for those aged 65 and over every 5 years)	Periodic qualification is mandatory
Type 2	10 years (However, for those aged 65 and over every 5 years)	Regular aptitude test is required for ages 70 and over

Table 2. Contents of regular aptitude test for driving license

License Cycle	Eyesight test	Color classification	Hearing test
Type 1 Special Licence	Both eyes 0.8 and above (One eye not less than 0.5)	Red, green, yellow color distinction	55 decibels (Hearing aid : 40 Decibels)
Type 1 Normal			
Type 2	Both eyes 0.5 and above (Loss of sight, one eye not less than 0.6)		

(Physical disability) There should be no physical / mental impairment such as failure to operate steering device and other devices. Except when it is recognized that normal driving is possible with a vehicle manufactured / approved for the degree of physical disability.

반면, 일본은 연령에 따른 운전면허 갱신 주기를 차등화(70세 미만 5년, 70세 4년, 71세 이상 3년)하고 고령운전자 교육 프로그램을 운영(70-74세 의무화)하고 운전면허 자진 반납제도(65세 이상 반납가능)를 시행하고 있다 [14]. 미국 각 주는 도로교통 안전국 지침에 따라 고령운전자 적성검사 주기를 정하고 교육프로그램 운영해 고령자 교통사고 피해방지를 위한 노력을 기울이고 있다. 낮에는 운전을 허용하지만 고속도로 운행을 제한하는 등 운전자 운전 능력에 따른 차등 운전면허를 교부하고 워싱턴 DC와 메릴랜드 등은 면허 갱신 시 도로주행 시험제 응시 및 건강증명서를 요구하고 있다[15].

2.3.2 기존 고령운전자의 운전능력 평가방법

먼저 운전시 가장 중요한 시각기능 평가를 위해 FACT (Functional Acuity Contrast Test)에 기반을 둔 OPTECT@6500P 모델을 이용하여 시력, 시야, 색맹을 측정한다[17]. 둘째로 고령자운전자의 인지지각 기능검사의 경우 컴퓨터 기반 8개의 과제를 수행하는 검사인 CPAD (Cognitive Behavioral Driver's Inventory) 검사가 있다[17,18]. 최근 고령운전자를 위한 적성정밀 검사방법이 개발되어 컴퓨터 기반의 시각능력, 시공간조절능력, 주의력 간섭저항, 시각적 기억력, 복합기능 및 공간 판단력을 측정할 수 있게 되었다[18,19].

2.3.3 기존 고령운전자 대응방법의 시사점

기존 고령운전자의 운전능력 평가방법은 검사기관을 방문하는 신체능력 및 인지지각능력 검사로 이루어져 있다. 하지만, 이러한 방법은 고령자가 직접 찾아가야 할 뿐 아니라 많은 시간이 소비되고 자신의 자동차로 검사한 방법이 아니므로 결과의 신뢰를 얻기 어려웠다.

또한, 같은 나이의 고령자라 할지라도 개개인별로 건강상태 및 지적수준이 차이가 있기 때문에 단순히 숫자적인 나이로만 운전능력을 가늠하여 운전면허 갱신주기와 반납을 강제하는 방법도 옳지 않다. 특히 개인의 공감과 동의 없이 강압적으로 운전생활을 못하게 강제하는 방법은 고령자로 하여금 반감을 불러일으키어 제도적으로 정착하기 어렵게 만든다[13].

그러므로 정확히 운전능력을 평가하여 사회적인 공감대를 이끌어 낼뿐 아니라 고령운전자 자신이 그 결과에 수긍하여 기꺼이 갱신주기 감소 및 운전면허증 반납에 자발적으로 나설 수 있도록 편리하면서 객관적으로 설득력이 있는 운전능력 측정방법이 필요하게 되었다. 이를 통해 운전교육 강화, 운전빈도 감소, 운전면허증 반납 유도등을 다양한 정책을 실시할 수 있다.

3. 제안하는 고령 운전자 특성분석 및 대응 방법

보통의 경우, 고령운전자는 자신이 조심히 운전하면 교통사고 등에 큰 문제될 것이 없다고 자신하는 경우가 많으므로, 자신의 운전능력 저하를 스스로 인식하고 자발적인 동의에 기반을 둔 안전교육, 적성검사 주기 변경

및 운전면허증 반납의 정책이 진행되어야 한다.

교통사고 위험지수(TARI : Traffic Accident Risk Index)는 운전자가 가지고 있는 안전운전 저해요소를 점수화한 것으로 이 값이 높을수록 교통사고 발생확률이 높아짐을 예측할 수 있다. 그러므로 본 장에서는 고령운전자 스스로가 자신의 운전능력 저하가 타인에게 큰 위협이 될 수 있음을 자각할 수 있도록, 자신의 자동차로 편리하게 교통사고 위험지수를 도출하는 방법에 대해 제안하고자 한다.

3.1 고령 운전자의 교통행동 판단기준

본 절에서는 고령운전자의 교통행동 특성 중에 심각한 교통사고를 유발할 수 있는 중요요인 4가지를 도출하여 교통사고 위험지수와 연계함으로써 고령운전자의 교통사고 위험률을 판단하는 근거로 삼고자 한다.

3.1.1 교통법규 미준수

고령운전자는 오랜 운전 수행으로 인한 익숙함과 불감증으로 인해 신호위반 및 중앙선 침범 등의 법규위반으로 인한 교통사고가 저 연령층 대비 확연히 높게 나타난다[2-3]. 그러므로 이러한 교통법규의 위반 횟수 및 교통 범칙금의 부과 횟수 등이 고령자의 교통사고 위험률 판단의 기준이 될 수 있다.

3.1.2 안전거리 미확보

고령자의 신체적 능력 저하로 인해 나타나는 가장 큰 특징인 시공간 능력의 저하는 앞차와의 거리를 적절히 유지할 수 없느냐로 시공간적인 거리감각을 측정 할 수 있다[5-6]. 안전거리 미확보는 위험상황 반응속도가 느린 고령자에게는 치명적인 사고요인이 된다.

3.1.3 차선변경 및 좌회전의 복합처리능력 저하

고령운전자는 한가지 상황이 지각과 반응시간 측면에서는 일반운전자와 큰 차이가 없지만, 2개 이상의 연속적인 행동에서 인지반응 시간이 유의하게 차이가 난다[7,8]. 그러므로 차선변경 및 좌회전과 같은 핸들조작, 가속, 브레이크, 주변상황 주시 등의 복합적인 인지반응이 필요한 환경에서의 적절한 운전수행이 일어났는지를 판단하는 것이 필요하다.

3.1.4 교차로에서의 대응능력 부족

고령운전자의 특징 중에 하나는 교차로에서의 반응속도 저하 및 교통사고율 높음이다[4]. 특히 교차로 환경은 가변적인 신호등의 인지 및 기억, 주변 차량의 흐름 파악 및 차선유지 및 가·감속 등이 복합적으로 필요한 상황이다. 그러므로 이러한 교차로에서 신호등 변화에 대응능력을 측정하는 것은 고령운전자가 취약한 교차로에서의 대처능력을 판단하는데 중요한 기준이 된다.

3.1.5 운전자의 시력약화 및 만성질환

고령자는 녹내장/백내장 등에 의한 시간능력 감퇴 및 색 분별 능력 약화가 운전시 가장 중요한 요소이다. 추가로 고혈압, 당뇨, 고지혈증 등에 의한 운전도중 위험상황(졸도, 당뇨쇼크 등)도 고려해야 한다[20]. 이처럼 안전운전에 큰 위험을 초래할 수 있는 고령자의 만성질환을 앓고 있다는 것은 갑작스런 사고위험이 높음을 의미한다. 그러므로 이러한 시력감퇴, 색맹, 만성질환을 평소에 관리하는 것이 안전운전에 필수적인 요소이다.

3.2 고령 운전자의 교통사고 위험지수 측정방법

본 절에서는 3.1 절에서 도출된 교통행동 판단기준에 따라 고령운전자의 교통사고 위험지수(TARI : Traffic Accident Risk Index)를 정량적으로 측정하는 방법을 제시한다. 향후 최종 계산된 위험지수 값에 따라 고령운전자를 위한 정책 및 대책수립에 활용하고자 한다.

3.2.1 교통법규 미준수 측정

먼저 교통사고 위험지수를 도출하기 위한 고령운전자의 교통법규 미준수의 객관적인 측정방법을 제시한다. 고령운전자에게 등록된 자동차에 부과된 교통법규 위반 과태료를 근거로 교통법규 미준수의 측정을 수행한다. 특히 교통법규 위반은 대형사고로 이어질 수 있으므로 위반시 큰 값으로 책정되도록 했다.

Table 3은 대한민국에서의 교통법규 위반에 따른 범칙금과 벌점을 참고하여 식 (1)과 같이 교통법규 위반에 의한 교통사고 위험지수(TARI from Traffic Violation) 값을 도출 하였다.

$$TARI_TV = 벌금 * 1/1,000 + 벌점 \quad (1)$$

Table 3. TARI from Traffic Violation(TARI_TV) according to Fine and Penalty for Traffic Violation in Korea

Traffic Violation	Fine(₩)	Penalty point	TARI_TV / Violation
Traffic Restriction	90,000	0	90
Speed Limit over Reference	60Km/h	130,000	60
	40Km/h	100,000	30
	20Km/h	70,000	15
	10Km/h	30,000	0
Signal Indication	130,000	15	145
Protect Pedestrians	130,000	10	140

3.2.2 안전거리 미확보 측정

고령운전자가 가장 큰 어려움을 호소하는 부분은 시공간 능력의 저하로 인한 주행 중에 앞차 및 주변차량과의 거리 유지 부분이다. 이러한 앞차 및 주변차량과의 안전거리 미준수는 앞차의 갑작스런 정지 및 주변차량의 끼어들기 시에 교통사고를 유발하는 중요한 요소이다.

그러므로 이러한 고령운전자의 시공간능력의 측정을 위해서는 차량의 앞과 옆 및 뒤에 장착된 거리측정 센서를 이용하고, 정지시가 아닌 차량의 정상 운행 시에만 측정해야 하므로 차량속도(GPS)와 연동하여 작동해야 한다. 예를 들면 차량의 운행속도에 맞는 적정 안전거리가 Table 4와 같이 제시된다. 안전거리 미확보 1회당 미준수 거리가 계산되며, 안전거리 미확보로 인한 교통사고 위험지수는 식 (2)와 같이 도출한다.

$$TARI_SDV = 차량속도[Km/h] * (안전거리[m] - 앞차와의 거리[m]) * 0.01 * 위반 횟수 \quad (2)$$

(단, 값이 음수이면 안전거리 유지이므로 '0'으로 할당)

Table 4. TARI from Safety Distance Violation (TARI_SDV) using Safety Distance for Vehicle Speed

Vehicle Speed	Safety Distance	Distance from car	TARI_SDV / Violation
100 Km/h	80m	70m	10
80 Km/h	60m	50m	8
60 Km/h	40m	30m	6
40 Km/h	20m	10m	4
20 Km/h	10m	5m	1
10 Km/h	3m	5m	0

3.2.3 차선변경 및 좌회전의 적정수행도 측정

고령운전자는 2개 이상의 연속적인 행동이 요구되는 인지반응 시간이 유의하게 일반인과 차이가 난다. 그러므로 차선변경 및 좌회전과 같은 핸들조작, 가속, 브레이크, 주변상황 주시 등의 복합적인 인지반응이 필요한 환경에서의 적절한 운전수행이 이루어 졌는지를 판단하는 객관적인 측정방법이 필요하다.

이것을 측정하는 방법은 방향지시등 점등, 차선 변경 방향의 차량확인 행동, 차량의 가속을 통한 차선변경 및 거리유지의 3단계가 적절하게 이루어 졌는지를 카운트한다. 전체 차선변경 시도횟수 중에 부적절한 차선변경 횟수를 누적 계산함으로써 좌회전 위반으로 인한 교통사고 위험지수(TARI from Left-turn Violation)를 점수화 한다. 이것은 식 (3)으로 표현될 수 있다.

$$TARI_{LTV} = 10 * \text{좌회전 위반 횟수} \quad (3)$$

3.2.4 교차로에서의 대응능력 측정

고령운전자에게 있어 교차로 환경은 가변적인 신호등의 인지 및 기억, 주변 차량의 흐름과악 및 차선유지 및 가속 감속 등이 복합적으로 필요한 상황이다. 하지만 이것을 객관적으로 측정할 수 있는 방법을 제시하는 것은 쉽지 않다. 그러므로 차량의 블랙박스 및 장착카메라가 전방의 신호등을 판별하여 고령운전자가 신호위반(5초 이상 위반)을 한 횟수를 누적하여 신호위반으로 인한 교통사고 위험지수(TARI from Traffic Light Violation)를 점수화하며, 이것은 식 (4)로 표현된다.

$$TARI_{TLV} = 20 * \text{신호등 위반 횟수} \quad (4)$$

향후 더 정밀한 검사를 위하여, 차량의 정지신호(붉은색) 점등 시 반응시간, 무시횟수 등을 측정하고 운행신호(초록색) 점등 시 반응시간을 추가로 고려하여 교차로에서의 대응능력을 측정하는 방법으로 개선하고자 한다.

3.2.5 운전자의 시력 및 만성질환 측정

스마트폰을 이용한 시력, 색약(색맹) 측정 및 만성질환관련 병력 체크를 통해 운전이 필수적인 시력, 색맹 및 만성질환 등의 병력을 스마트폰용 앱을 설치하여 평가하고 점수화 한다. 시력은 0.8 이상, 색맹(색약)측정은 정상판정이 기준으로 비정상인 경우 10점으로 한다. 만성질

환은 정상은 0점, 경증은 10점, 중증은 20점으로 각각 계산하여 총점을 보여준다. Fig. 3은 운전자의 시력, 색맹, 만성질환 등의 건강문제를 통한 교통사고 위험지수 (TARI from Drivers Health Problem) 스마트폰용 앱의 화면이다. 이로부터 TARI_DHP를 계산해 낼 수 있다.

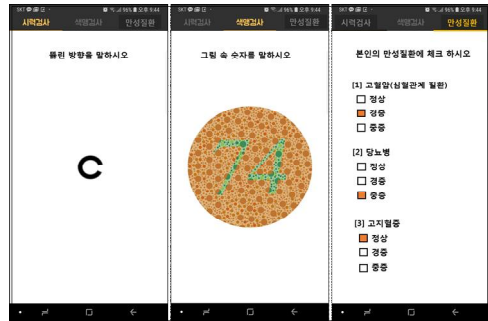


Fig. 3. TARI from Drivers Health Problem using smart-phone application

Fig. 4는 앞에서 설명한 5가지의 교통사고 위험인자의 유효요소들의 값들을 모두 더한 것으로 최종 교통사고 위험인자 값이다. 여기서 가중치 a_i ($i=1,2,3,4,5$)는 향후 지속적인 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 최적화 될 예정이며 본 논문에서는 동일한 가중치인 0.2를 적용하였다.

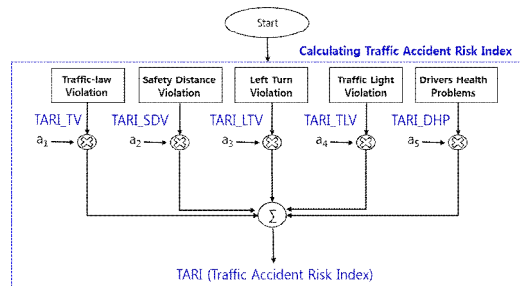


Fig. 4. Method of calculating the final traffic accident risk index(Final TARI)

향후 스마트폰용 애플리케이션 형태로 구현되어야 하므로, 3.2.1 교통법규 미준수(TARI_TV) 측정과 3.2.5 운전자의 시력 및 만성질환(TARI_DHP)는 매달 운전자가 직접 스마트폰에 가입 혹은 측정을 해야 하고 나머지는 자동차의 블랙박스, 네비게이션, 스마트폰이 연동하여 자동적으로 스마트폰에 위험지수 값이 자동 저장되어야 한다. 특이상황을 배제하도록 1달 단위로 누적된 값을 기준으로 대응방안을 결정하는 최종 TARI로 삼는다.

3.3 교통사고 위험지수에 측정에 따른 대응방안

기존의 운전적성 측정방법이 일회성의 설문지, 운전 시뮬레이터 실시 결과에 의존적이었다면, 본 연구에서 제안하는 방법은 실제로 고령운전자가 자신의 차량을 운행하는 과정에서 생긴 사건들을 DB에 저장하여 누적하고 이것을 바탕으로 교통사고 위험지수를 측정하는 방식이다. 그러므로 그 측정결과와 신뢰성 및 고령운전자 본인의 인정(설득력) 정도가 기존 방법과는 크게 차이 난다고 하겠다.

먼저 앞 절에서 구해진 위험지수에 따른 반응 단계 판별을 위한 문턱값(Threshold value)을 결정해야 한다. 논문의 제안 수준에 맞는 도로이동 환경을 설정하기 위하여 저자가 자주 이용하였던 용인시청과 성남시청 구간의 왕복구간을 고령자의 운전구간으로 설정하였다. Fig. 5와 같은 편도 25km의 구간으로 교차로는 13개, 신호등의 개수는 18개, 우회전 구간은 8개, 좌회전 구간은 7개이며 안전준수 속도는 80km/h로 맞추어져 있는 구간이다.

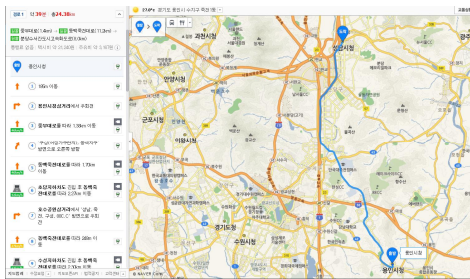


Fig. 5. Elderly driving range for Matlab simulation

본 논문에서는 Matlab을 이용한 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 다양한 환경에서의 교통사고 위험지수인 TARI를 계산하였다. 이때 고령자의 교통사고위험 단계를 결정하기 위한 문턱값(Threshold value)을 아래의 Table 5와 같이 결정하였다. 컴퓨터 시뮬레이션으로 계산된 TARI의 분포를 분석하여 상위 5%, 상위 15%, 상위 40%에 해당하는 값을 각각 TH3, TH2, TH1으로 설정하였다.

Table 5. Threshold values of Determining Traffic Accident Risk Stages for Elderly Drivers

Threshold value	Description	TARI value	Stage
TH3	Upper 5%	300	Emergency
TH2	Upper 15%	200	Warning
TH1	Upper 40%	80	Caution
			Normal

TARI의 값이 클수록 교통사고가 일어날 확률이 높으므로 큰 TARI 값에 대해서는 더 무거운 제재와 대응방안이 필요하다. 제시된 문턱 값들은 시뮬레이션의 단순화와 논문이 추구하는 단계분류의 의미를 부여하기 위해 임의로 결정한 값으로 향후 최적화된 값으로 변경가능하다.

3.3.1 정상단계 (Normal Stage)

1개월 혹은 지정한 운행시간(30시간) 동안의 누적된 DB의 측정결과에도 교통사고 위험지수가 TH1 보다 적은 경우, 정상단계로 판별하며 고령자의 자가운전에 의한 교통사고 위험도는 낮다고 판단된다. TH1은 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 TARI의 상위 40% 값을 잡았다. 고령운전자가 정상단계의 경우 제안 시스템은 별다른 반응을 취하지 않는다.

3.3.2 주의단계 (Caution Stage)

지정된 기간동안의 누적된 교통사고 위험지수(TARI) 값이 TH1과 TH2사이인 경우에 해당한다. 문턱값 TH2는 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 TARI의 상위15%에 해당하는 값으로 정했다. 주의 단계의 경우 스마트폰은 지속적으로 운전자에게 조심운전과 휴식운전을 유도하고 통행량이 많은 교차로 진입시 및 야간운전에 음성안내를 통한 주의운전을 유도한다. 향후 스마트폰과 네비게이션의 연동을 통하여, 주의단계에 있는 고령자에게는 네비게이션이 먼거리를 우회하더라도 교차로가 적고 통행량이 적은 경로를 설정하도록 한다.

3.3.3 경고단계 (Warning Stage)

지정된 기간 동안의 누적된 교통사고 위험지수(TARI)가 TH2와 TH3사이인 경우에 해당하며 언제든지 교통사고의 위험이 존재하는 상황으로 판단할 수 있다. 이때 문턱값 TH3는 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 TARI의 상위 5%의 값으로 정했다. 이때 고령자의 스마트폰은 야간운전을 자제하고 운행회수를 줄일 것을 주기적으로 운전자에게 경고한다. 제도적으로 운전면허 갱신주기를 조정하여 운전자의 건강 및 인지적 능력의 검증을 받도록 유도한다. 운전면허 갱신시 적성검사에 강화된 안전교육 등도 추가되어, 고령 운전자로 하여금 안전운전의 중요성을 인식하고 자신의 운전능력과 습관을 되돌아 볼 수 있는 기회를 제공해야 한다.

3.3.4 위험단계 (Emergency Stage)

지정된 기간 동안의 누적된 교통사고위험지수(TARI)가 TH3이상인 경우에 해당하는데, 문턱값 TH3는 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 TARI의 상위 5%의 값으로 고령운전자의 의한 교통사고 위험이 매우 높다고 판단되는 경우이다. 이때 제안시스템의 반응으로는 운전시 사고위험이 매우 높아서 본인과 주변에 큰 위험이 되는 경우임을 운전자에게 설득시키고 궁극적으로는 운전면허증의 반납을 유도하도록 한다. 위험단계는 고령자 본인뿐 아니라 교통사고에 의한 사회적 비용이 크게 증가할 수 있는 단계이므로 주변의 가족에게 알리어 운전자를 설득하도록 유도해야 한다. 향후 법적인 뒷받침이 수반된다면 경찰서에도 관련정보가 공유되어 적성검사 즉시 실시 및 고령운전자의 운전면허 반납 고지가 적용될 수 있다.

3.4 법적인 제도화 및 개선방안

위험군의 고령운전자를 운전에서 제외시키는 배제적 접근에 있어서, 제안하는 교통사고 위험지수의 누적된 값을 활용함으로써 고령자의 자각과 수궁을 바탕으로 운전면허의 제도적 변경이 용이할 수 있다. 추가로 연령에 따라 운전면허 갱신주기를 단축하고 상세한 적성검사를 자주 실행하게 함으로써 운전면허증의 반납 등의 제도를 정착할 수 있다. 추가로 이러한 배제적 접근과 동시에 운전면허를 반납하는 고령자에게는 대중교통의 이용비용을 절감할 수 있는 보정적 접근도 병행되어야 한다. 즉, 대중교통 지원금 및 할인정책을 제공하여 더 많은 고령자가 위험한 자가운전 대신에 대중교통을 이용하도록 하는 방법도 매우 유용할 것이다.

4. 결론 및 토의

지금까지 고령자 자신이 자동차를 운행하면서 교통사고 위험요소를 도출하고 점수화하여 현실적으로 법제화하기 위한 아이디어 및 안전운전 강화를 위한 방안을 제안하였다. 기존의 일방적인 검사 및 결정방식 대신에 자신이 운전하는 과정에서 누적된 객관적인 사고유발인자 데이터베이스에 의한 결정을 알려주므로 고령운전자가 수궁하고 따르기가 용이한 장점이 있다.

본 논문의 목적은 고령자의 운전능력 측정 시스템의 구현이 아닌 정량적 측정방법의 아이디어 제안을 통한 면허관련 정책의 반영에 있다. 향후, 제안하는 고령운전

자 운전위험요소 측정시스템의 구현 및 임상시험을 통해 제안 방법의 유효성과 정확성을 증명하고자 한다.

추가적으로 스마트폰에 교통사고 유발인자 별 측정결과 DB를 완성하여 최종 교통사고 위험지수를 사용자에게 주기적으로 안내할 예정이다. 특히 경고나 위험단계인 경우 본인뿐 아니라 가족에게도 공유하여 고령운전자로 하여금 운전자제, 정기검사 자진실시, 운전면허증 반납 등의 안전을 위한 대비를 할 수 있도록 유도한다.

REFERENCES

- [1] J. H. Kim. (2018). Population Policy Outlook 2018. *Health and welfare policy forum*, 255(2018), 61-74.
- [2] K. B. Kim. (2014). The Characteristics of Traffic Accidents and Reduction Methods by Elderly Drivers to Prepare for the Aging Society. *Journal of the Korea Contents Korean Journal of Research in Gerontology Association*, 14(7), 151-160.
- [3] W. S. Ji & C. K. Lee. (2003). A Traffic Accident Prevention Countermeasures for Older Drivers: Focusing on Driver's License System. *Journal of the Gyeonggi Research Institute*, 12, 1-166.
- [4] I. S. Kim. (2014). A Study on the Driving Characteristics of Senior Drivers. *Korean Journal of Research in Gerontology*, 23, 151-169.
- [5] Y. S. Lim & J. W. Lee. (2012). A Reaction Research on the Visuospatial Ability and the Situation Awareness of Older Drivers in Driving. *Journal of the Korean Gerontological Society*, 32(4), 1087-1099.
- [6] Y. S. Lim. (2012). A Research Related to the Information Processing Abilities and the Situation Awareness of Drivers in Driving - Using a Path Analysis. *Journal of the Transport Research*, 19(3), 47-61.
- [7] Y. J. Lee & S. K. Lee. (2005). Developmental Changes in Highway Design for Older Drivers Research. *Journal of the Korean Society of Civil Engineers*, 25(3D), 409-421.
- [8] S. O. Kim, I. J. Chang & C. K. Lee. (2009). Analysis of the Vulnerable Roadway Designs for Elderly Drivers and Its Improvement Schemes. *Journal of the Korean ITS Society*, 8(6), 163-173.
- [9] Y. T. Lee, M. H. Kim & J. W. Son. (2009). April, Analysis of the Vulnerable Roadway Designs for Elderly Drivers and Its Improvement Schemes. *Conference of the Korean Society Of Automotive Engineers*, (pp. 982-173). Deagu.

- [10] M. H. Kim & J. W. Son. (2008, April). Driving Behavior Analysis of Elderly Driver for Development of Elderly-Friendly Vehicle Safety. *Conference of the Korean Society Of Automotive Engineers*, (pp. 1721-1726). Busan.
- [11] J. S. Oh, B. J. Ryu & W. Y. Lee. (2016). Major Factors Affecting Driving and Psychosocial Characteristics of Elderly Drivers. *Journal of Transport Research*, 23(4), 35-48.
- [12] Y. S. Kim & G. H. Youn. (2014). Is it Appropriate to Limit the Validity of Older Driver's License for Commercial Use?. *Korean Journal of Research in Gerontology*, 23(2014), 195-218.
- [13] O. S. Baek. (2015), Legal Analysis of driving restrictions on elderly drivers - Focused on the elderly drivers' license system. *Journal of Chung-Ang Law Association*, 17(4), 165-199.
- [14] J. W. Park & J. W. Moon. (2012). *Welfare and Transportation Policy of the Elderly in Advanced Countries and Implications - Focusing on the case of Japan*. Seoul : <http://www.dbpia.co.kr/Article/NODE02411781>
- [15] Kwan Choi & M. C. Kim. (2017). Australian Older Driver's Licence Management System Analysis and Lessons for the South Korean Accident Prevention Policies. *Korean Journal of Research in Crime Psychology*, 13(1), 255-276.
- [16] C. H. Kim. (2017, August). A Study of Laws for Prevention of Traffic Accidents by Elderly Drivers. *Conference of the Korea Public Land Law Association*, (pp. 887-926). Seoul.
- [17] S. W. Park et al. (2009). *A Survey on the Actual Conditions and Driving Aptitude of the Elderly Motor Drivers*. Seoul : National Rehabilitation Center Publishing.
- [18] M. H. Kim. (2016, April). *A Research on Precise Development of Driver Aptitude according to Elderly Person Driving Characteristics*. Seoul : Traffic Safety Corporation Publishing.
- [19] J. K. Hong. (2015). Threat Issues of Intelligent Transport System in the V2X Convergence Service Environment. *Journal of the Korean Convergence Society*, 6(5), 33-38.
- [20] J. H. Lee & M. G. Cho. (2017). A Study on Emergency Medical Information Management Methods for Elderly Patients using QR code and Finger-print Recognition. *Journal of Convergence for Information Technology*, 7(6), 135-141.

조 변 균(Cho, Myeon Gyun)

[정회원]



- 1994년 2월 : 한양대학교 전자통신 공학과 (공학사)
- 1996년 2월 : 한양대학교 전자통신 공학과 (공학석사)
- 2006년 2월 : 연세대학교 전기전자 공학과 (공학박사)
- 1996년 2월 ~ 2008년 2월 : 삼성전자 통신연구소 차세대시스템 팀 책임연구원
- 2008년 2월 ~ 현재 : 세명대학교 정보통신학부 교수
- 관심분야 : IoT 융합시스템, 이동통신(다중안테나)
- E-Mail : mg_cho@semyung.ac.kr