

에코 드라이빙 피드백 제공 빈도와 구체성이 연비와 작업부하에 미치는 효과

이계훈 · 조항수 · 오세진 · 문광수**

중앙대학교 심리학과 · *한국원자력연구원
(2015. 10. 13. 접수 / 2015. 12. 9. 채택)

The Relative Effects of Feedback Frequency and Specificity of Eco-IVIS on Fuel Efficiency and Workload

Kyehoon Lee · Hangsoo Cho · Shezeen Oah · Kwangsu Moon**

Department of Psychology, Chung-Ang University · *Korea Atomic Energy Research Institute
(Received October 13, 2015 / Accepted December 9, 2015)

Abstract : This study examined the relative effects of feedback frequency and specificity of Eco-IVIS(eco in-vehicle information system) on the fuel-efficiency and workload. Eighty participants randomly assigned into four experimental groups (high frequency/specific, high frequency/global, low frequency/specific, and low frequency/global feedback) and they drove 16.4Km motorway under the each feedback condition. The dependent variable were fuel efficiency and Drive Activity Load Index which measured participants' subjective ratings of driving workload. The results showed that high frequent feedback was more effective for increasing fuel-efficiency than low frequent feedback, however, there was no significant difference of fuel-efficiency between specific and global feedback. Although, overall DALI score was comparable among four experimental conditions, visual demand score was significant higher under the high frequent feedback condition than low frequent feedback.

Key Words : eco-driving, safety-driving, workload, energy saving, eco-IVIS, feedback

1. 서론

국내 차량 대수는 2010년 17,941,356대, 2011년 18,437,373대, 2012년 18,870,533대 그리고 2013년 19,400,864대로 지속적으로 증가하고 있다¹⁾. 이러한 차량 증가에 따라 교통사고, 에너지 고갈, 환경오염 등 다양한 사회문제가 발생하고 있다.

교통사고의 경우 1990년 이후 매년 20만 건이 넘게 발생하고 있고 우리나라의 교통사고 발생비율은 OECD 국가 중 최상위에 해당 한다²⁾. 이러한 교통사고로 인해 발생하는 피해비용은 2012년 총 23조 5,900억 원이었고 이는 국내 총생산(GDP)의 1.9%에 이르는 수준이다²⁾.

이 외에도 최근에 많은 관심을 받고 있는 분야가 에너지 소비와 이에 따른 환경오염 문제이다. 에너지 관리 공단의 보고에 의하면 2012년 국내 에너지 총 소비

량은 207.3백만 TOE로 예측되며, 이는 전년대비 0.7% 증가한 수치이다³⁾. 이 중 수송 분야가 차지하는 에너지 소비량은 17.9%를 차지하는 것으로 나타났다.

에너지 소비의 증가는 온실가스 배출과 같은 환경오염을 초래하며, 2010년 국내 온실가스 순 배출량은 629.2백만t CO₂로 전년대비 10.5% 증가하였다⁴⁾. 온실가스 배출량 중 수송부문이 차지하는 비율은 전체의 15%에 달하고 있다(2010년 기준).

이러한 교통사고와 에너지 소비에 있어서 최근에 인적 요인의 중요성이 부각되고 있다. 과거에는 교통사고의 원인이 교통시설과 도로설계 및 조건과 같은 환경요인 그리고 자동차 설계 및 기술과 관련된 차량 요인의 결합에 있다고 보고 이를 개선하는 데 많은 노력을 기울여 왔다⁵⁾. 에너지 소비 역시 에너지를 적게 사용하는 기계나 설치 장비를 개발하는데 중점을 두어왔다.

물론 이러한 요인들도 사고 감소와 에너지 절약에

* Corresponding Author : Kwangsu Moon, Tel: +82-42-868-2264, E-mail: kwangsu@kaeri.re.kr

I&C / Human Factors Research Division, Korea Atomic Energy Research Institute, 111, Daedeok-daero 989 beon-gil, Yuseong-gu, Daejeon 34057, Korea

중요하지만 영국과 미국에서 시행된 조사에 의하면 인간, 자동차, 도로요인이 각각 교통사고에 미치는 영향을 분석한 결과, 94% 이상이 인적 요인인 것으로 보고되었다^{6,7)} 유사하게 국내 장석용 등의 연구에서도 도로의 환경적 요인, 인적 요인 그리고 차량 요인 중 인적요인으로 인한 사고가 95% 이상을 차지하는 것으로 나타났다⁸⁾. 그리고 많은 선행 연구에서 에너지 절약에 있어서도 기계나 설치 장비 개발 외에 행동이 중요한 역할을 한다는 것이 검증되어 왔다⁹⁻¹¹⁾.

에너지 절약과 사고 감소를 위한 행동 변화를 위해 에코드라이빙(eco-driving) 운동이 2000년대 초반부터 시작되었다. 에코드라이빙의 영역과 정의에 대해 국가별, 연구자별로 차이가 있어 명확한 개념 정립이 이루어지고 있지는 않은 상황이지만¹²⁾, 한국교통안전공단에 따르면 에코드라이빙을 친환경성, 경제성, 안전성, 편리성, 에너지 절약을 지향하는 운전습관을 일컫는 의미로 정의하고 있다¹²⁾. 에코드라이빙의 목적도 일반적으로는 CO₂ 배출 저감 및 에너지 절감에 있어왔지만 국가에 따라서는 교통사고 감소, 대기오염물질의 저감, 그리고 석유 의존도 저하까지도 포함하고 있다¹²⁾. 이를 종합하면 에코드라이빙은 에너지 절약, 환경보호, 교통사고 예방을 포함하는 포괄적인 개념이라고 할 수 있다.

그리고 에코드라이빙은 비용 효과적이고, 빠른 기간에 효과를 볼 수 있는 매우 유용한 방법이며, 교통부문의 정책 수단 중 최우선의 순위를 가지는 정책으로 국제에너지 위원회(International Energy Agency: IEA) 등에서 평가되고 있다¹²⁾.

에코 드라이빙 운동에 따라 에코드라이빙과 관련된 정보를 제공하는 기계 및 장비(Eco-IVIS: In-vehicle Information System)가 개발되고, 이에 대한 효과를 검증하는 연구들이 이뤄져 왔다. 예를 들어, 이계훈등은 에코-드라이빙 교육과 차량 내 Eco-IVIS의 상대적 효과를 검증하였다. 연구 결과, 두 방법 모두 에코드라이빙 향상에 효과가 있었으나, Eco-IVIS의 사용이 세 가지 운전 행동(초과 RPM 빈도, 과속 비율, 평균 연비) 모두에서 교육적 방법보다 더 효과적인 것으로 나타났다. 연비의 경우는 교육을 제공했을 때는 연비가 9.56% 향상되었고, Eco-IVIS 사용 시에는 20.48% 향상되었다¹³⁾.

고종민 등의 연구에서는 차량 내 정보 제공 장치의 정보의 다양성과 시각정보/시청각정보가 연비, 급출발, 급가속 그리고 과속에 미치는 효과를 검증하였다. 연구 결과 한 가지 정보만 제공(9.07% 상승)하는 것 보다 정보의 다양성이 증가할 때(16.22% 상승) 연비가 증가하였고 시각 정보만 제시할 때 보다 시청각 정보를 제

공하는 것이 더 운전 행동에 효과적인 것으로 나타났다¹⁴⁾. 국외의 Eco-IVIS의 효과를 검증한 연구에서도 연료 소모량이 평균 5-6% 감소한 것으로 나타났다¹⁵⁻¹⁶⁾.

하지만 추가적인 장비를 통한 에코드라이빙 관련 정보를 제공했을 경우 제공되는 많은 양의 정보는 운전자의 작업부하를 증가시킬 수 있으며, 이에 따라 오히려 교통사고를 유발할 수 있다. 운전은 지속적으로 시각, 청각적 주의를 요구하는 과업이며, 운전자는 정보 탐색, 의사 결정을 과정을 반복하게 된다¹⁷⁾. 따라서 Eco-IVIS의 추가적인 정보 제공은 새로운 과업에 대한 주의를 요구하며 이에 따라 운전자의 작업부하가 증가되어, 운전자의 시각 탐색 능력 및 행동 반응을 저하시킬 수 있기 때문에 사고의 위험성이 증가될 수 있다¹⁸⁾. 이와 관련하여 Engström등은 차량 내 정보 제공 장치에서 제공되는 정보량정보의 양이 많아질수록 시각적 작업부하 증가로 인한 감속과 차선 유지 실패로 사고 유발 가능성이 증가할 수 있다고 하였다¹⁹⁾.

이러한 문제점에도 불구하고 추가 정보 제공에 따른 작업부하를 최소화하기 위한 노력은 매우 부족한 상황이다. 즉 효과적이고 효율적인 Eco-IVIS 정보 제공에 대한 연구가 필요하다. 이에 본 연구에서는 올바른 운전 행동을 증가시키는 동시에 작업부하는 최소화 할 수 있는 차량 피드백 형태를 검증하고자 한다.

피드백(feedback)은 인간 행동을 변화시키기 위해 가장 많이 사용되어 왔고, 효과적인 처치 방법으로 알려져 왔다^{20,21)}. 그러나 피드백 리뷰 논문의 의하면 피드백은 다양한 피드백의 특성(e.g., 피드백 빈도, 피드백 구체성, 피드백 제공자, 피드백 내용, 피드백 전달 매체 등)에 의해 그 효과성이 달라질 수 있다²²⁻²³⁾.

피드백의 여러 특성 중 행동변화와 과업부하와 관련된 요인으로 피드백 빈도와 구체성을 들 수 있다. 일반적으로 더 빈번하게 제공되는 피드백이 행동 변화에 보다 효과적일 것으로 예측되어 왔으나, 피드백 제공 빈도에 대한 실증 연구들은 비일관적인 결과를 보이고 있다. 예를 들어, So등의 연구에서는 주간 피드백이 일일 피드백보다 서비스 행동 변화에 효과적이었다²⁴⁾. 그러나 과속 운전 감소를 위한 Van Houten등의 연구에서는 주간 피드백과 일일 피드백 간 효과 차이가 없었다²⁵⁾. 한편 Alavosius등의 연구에서는 행동의 습득 과정에는 연속적(dense) 피드백이 효과적이었으나 행동의 유지 과정에서는 연속적 피드백과 간헐적 피드백 간의 차이가 없었다²⁶⁾. 따라서 어떠한 빈도의 피드백이 행동의 변화에 더 효과적인지는 아직 명확하지 않은 상황이다.

피드백의 구체성과 관련해서는 정보가 구체적이면

구체적일수록 행동 변화에 더 효과적이라는 믿음을 가져왔다²⁷⁻²⁸⁾. 그러나 피드백 구체성에 대한 연구 수는 매우 부족하며, 그 결과들 또한 일관적이지 못하다. 예를 들어 Lee 등의 연구에서는, 목표 행동의 변화에 있어서 구체적 피드백과 포괄적 피드백 간 효과 차이가 없었다²⁹⁾. 하지만 Williams 등의 연구에서는 안전행동 변화에 구체적인 피드백이 더 효과적 이었다³⁰⁾. 따라서 어느 정도로 구체적인 피드백이 인간 행동을 효과적으로 변화시킬 수 있는지에 대한 추가적인 검증이 필요하다.

비록 기존 피드백 관련 선행연구에서는 작업부하에 대한 내용은 검증하지 않았지만, 운전상황 맥락에서는 중요하게 고려되어야 한다. 운전 맥락과 일반 과업 수행 맥락은 다른 면들이 있다. 앞서 언급한바와 같이 운전은 계기판, 내비게이션, 전, 후, 좌, 우 운전 상황에 대한 판단과 같이 지속적으로 정보 탐색, 의사 결정을 과정을 반복하게 되는 작업이다. 따라서 피드백 빈도와 구체성이 운전 과업 수행과 과업부하에 더 민감하게 영향을 미칠 가능성이 높다.

이에 본 연구의 목적은 Eco-IVIS (In-vehicle Information System)의 피드백 형태 중 피드백의 구체성과 빈도의 측면에서 어떠한 형태의 정보 제공 방식이 에코드라이빙 행동과 관련된 연비와 작업부하에 어떤 영향을 미치는지 검증하는 것이었다.

2. 방법

2.1 참가자 및 상황

본 연구의 참가자는 서울 C 대학교의 운전면허를 소지한 교직원 및 학생들 80명이었다. 만 21세 이상의 성인들이 본 연구에 참여했으며, 평균 나이는 24.5세($SD = 2.7$), 평균 운전 경력은 44.2개월($SD = 33.3$)이었다. 이들은 평균 한 달에 7.9회($SD = 6.5$) 운전을 시행하고 있었다. 본 연구의 실험 차량으로는 현대 아반떼 MD 2011년 식이 사용되었으며 주행코스로는 서울 시내의 자동차전용도로 16.4Km(평균 주행시간 = 24분; $SD = 5.3$)를 주행하였다. 차량 내에는 내비게이션이 설치되어 참가자들에게 주행코스에 대한 정보를 제공하였다. 실험은 도로의 교통상황을 통제하기 위하여 출퇴근 시간을 제외한 오전 10시에서 4시 사이에 실시되었다.

2.2 종속변인 및 측정

본 연구의 종속변인으로는 참가자들의 평균 연비와 주관적 작업부하가 측정 되었다. 평균 연비는 주행 중 연료 1 L당 운행한 거리(km)로 정의되었으며 이는 차

량 진단 시스템인 OBD-II 단자와 연결된 EW200BT 장비를 통해 자동적으로 측정이 되었다.

또 다른 종속변인인 주관적 작업부하는 자기 보고식 설문지인 DALI(driving activity load index)를 사용하여 참가자들이 주행을 종료한 직 후에 측정되었다. DALI는 작업부하를 측정할 때 주로 사용되는 NASA-TLX 설문지를 운전상황에 적합하도록 개정한 것이며, 척도의 구성 및 계산법은 NASA-TLX와 동일하다³¹⁾. DALI를 통해 작업부하를 측정하는 척도는 주의적 노력, 시각적 요구, 청각적 요구, 시간적 압박, 운전 방해, 운전 스트레스 등 6개 항목으로 구성되며, 측정된 작업부하를 계산하는 방식은 아래의 설명과 같다. 첫째, 6개 항목에 대하여 총 15회의 짝비교(pair-wise comparison)를 실시하여 각 항목에 대한 가중치를 부여; 둘째, 한 간격 당 5점으로 배정된 20점 척도를 통해 각 6개 항목에 대하여 지각된 작업 부하량을 기록; 셋째, 각 항목의 가중치 점수와 작업 부하량 점수를 곱한 후 모두 더하여 나온 총점을 짝비교 횟수 15로 나누어 전체 작업 부하량을 계산한다(전체 DALI 점수 범위=5점~100점).

2.3 독립변인 및 절차

본 연구의 독립변인은 운전자의 연비를 향상시키기 위한 피드백 제공 방식의 차이로, 피드백의 빈도와 구체성이었다. 빈도와 구체성은 각각 고빈도와 저빈도, 그리고 구체적과 포괄적으로 구분되었다. 피드백은 운전석 앞에 설치된 피드백 제공 장치를 통해 시각적으로 제공되었다.

고빈도 피드백: 고빈도 피드백은 참가자가 피드백 정보를 실시간으로 제공 받을 수 있는 조건으로 정의 되었다. 따라서 피드백 제공 장치에는 주행을 하는 동안 계속해서 변화되는 에코드라이빙 운전관련 정보가 제시되었다.

저빈도 피드백: 저빈도 피드백은 참가자가 에코드라이빙 운전관련 정보 정보를 5분에 한 번씩 제공 받을 수 있는 조건으로 정의 되었다. 피드백 제공 시간은 15초였고 피드백 제공 장치와 노트북을 무선 연결하여 뒷 자석에서 실험자가 조정하였다. 주행이 끝날 때 까지 5분에 한 번씩 피드백이 제공되었다.

포괄적 피드백: 포괄적 피드백은 참가자가 평균 연비에 대한 정보만 제공 받는 것으로 정의 되었다. 따라서 피드백 제공 장치에서 연비에 대한 부분을 제외하 나머지 부분은 참가자가 볼 수 없도록 가려져 있었다.

구체적 피드백: 구체적 피드백은 참가자가 평균 연비에 대한 정보뿐만 아니라 연비에 영향을 미칠 수 있는 over RPM의 횟수, 순간연료 소모량, 속도, 운행거리



Fig. 1. Eco in-vehicle information system used in this study.

에 대한 정보도 함께 제공 받는 것으로 정의 되었다. RPM은 1분 당 엔진의 회전 수를 나타내며 over RPM은 2800 RPM 이상으로 정의하였다.

앞서 언급된 피드백 특성들이 연비에 미치는 효과를 검증하기 위하여 본 연구에서는 2 × 2 요인 설계 (factorial design)가 적용되었다. 따라서 참가자들은 20명씩 각 독립변인의 조건인 고빈도 구체적, 고빈도 포괄적, 저빈도 구체적, 그리고 저빈도 포괄적 피드백 조건에 무선헌당 되었으며, 모든 참가자들은 각 조건에 따라 1회씩 도로 주행을 실시하였다.

실험자는 모든 참가자들에게 보험이 가입되어 있는 것을 언급해 주고, 네비게이션을 활용하여 목적지에 도달하는 방법을 알려주었다. 또한 참가자들이 실험 차량에 적응할 수 있도록 도로로 진입하기 전 연습 주행을 실시하였다. 연습주행이 끝난 후 정해진 주행 코스를 따라 본 실험이 진행되었으며 모든 실험이 종료 된 후에 연구자는 설문지를 통하여 참가자들의 주관적 작업부하를 측정하였다.

3. 결과

3.1 평균 연비의 차이

네 가지 실험 조건에서의 평균 연비와 표준편차는 Table 1에 제시되어 있으며, 본 연구에의 처치한 피드백 조건 간 평균 차이가 유의미한지 검증하기 위하여 이원 변량분석을 실시하였다(Table 2 참조). 각 집단 간 평균 연비의 차이를 살펴보면, 고빈도 구체적 집단이 13.49km/l($SD = .98$)로 가장 높게 나타났으며 그 뒤로 고빈도 포괄적 집단 13.28km/l($SD = 1.04$), 저빈도 구체적 집단 12.72km/l($SD = 1.53$), 저빈도 포괄적 집단 12.57 km/l($SD = 2.09$) 순으로 나타났다(Fig. 2 참조). 이원 변량분석 결과 피드백 구체성에 따른 주효과는 나타나지 않았지만($F(1, 76) = .30, p > .05$), 피드백 제공 빈도가 평균 연비에 미치는 주효과는 유의미한 것으로 나타났다($F(1, 76) = 5.06, p < .05$). 그러나 두 가지 독

Table 1. Means and standard deviations of fuel efficiency across experimental groups

Experimental Group		M(SD)	N
High Frequency	Specific	13.49(.98)	20
	Global	13.28(1.04)	20
Low Frequency	Specific	12.72(1.53)	20
	Global	12.57(2.09)	20
Total		13.02(1.50)	80

Table 2. Analysis of variance for fuel efficiency

Source	SS	df	MS	F	p
Frequency(A)	11.04	1	11.04	5.06	.03
Specificity(B)	.66	1	.66	.30	.59
A × B	.02	1	.018	.01	.93
Error	165.97	76	2.18		
Ttotal	13731.97	80			

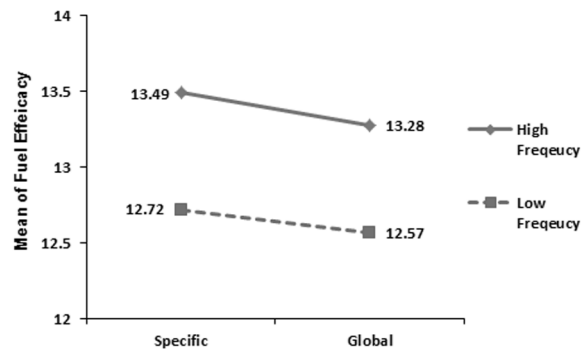


Fig. 2. Means of fuel efficiency across experimental groups.

립변인 간 상호작용 효과는 유의미하지 않았다($F(1, 76) = .01, p > .05$). 따라서 피드백 구체성의 차이는 연비에 영향을 미치지 않지만, 피드백 빈도의 차이는 연비에 유의미한 영향을 미치는 것으로 나타났다.

3.2 작업부하의 차이

네 가지 실험 조건에서의 전체 작업부하 점수의 평균과 표준편차는 Table 3에 제시되어 있으며, 본 연구에의 처치한 피드백 조건 간 평균 차이가 유의미한지 검증하기 위하여 이원 변량분석을 실시하였다(Table 4 참조). 분석 결과 피드백 빈도와 구체성의 주효과는 유의미하지 않은 것으로 나타났으며 상호작용 효과 역시 유의미하지 않았다.

비록 피드백 조건에 따라 전체 작업부하 수준은 유사하였지만, 운전 시 가장 중요한 작업부하인 ‘시각적 요구(visual demand)’의 경우 피드백 제공 빈도의 차이에 따라 부하량이 크게 달라지는 것으로 나타났다($F(1,$

Table 3. Means and standard deviations of overall DALI score across experimental groups

Experimental Group		<i>M(SD)</i>	<i>N</i>
High Frequency	Specific	61.35(14.22)	20
	Global	61.27(11.53)	20
Low Frequency	Specific	60.43(14.83)	20
	Global	58.50(12.96)	20
Total		60.39(13.24)	80

Table 4. Analysis of variance for workload

Source	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>p</i>
Frequency(A)	67.84	1	67.84	.38	.54
Specificity(B)	20.34	1	20.34	.11	.74
A × B	17.11	1	17.11	.10	.76
Error	13734.82	76	180.72		
Total	305572.11	80			

Table 5. Means and standard deviations of visual demand score across experimental groups

Experimental Group		<i>M(SD)</i>	<i>N</i>
High Frequency	Specific	81.00(9.54)	20
	Global	69.50(12.34)	20
Low Frequency	Specific	64.75(23.70)	20
	Global	64.25(20.98)	20
Total		69.88(18.59)	80

Table 6. Analysis of variance for visual demand

Source	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>p</i>
Frequency(A)	2311.25	1	2311.25	7.42	.01
Specificity(B)	720.00	1	720.00	2.31	.13
A × B	605.00	1	605.00	1.94	.17
Error	23662.50	76	311.35		
Total	417900.00	80			

Table 7. Analysis of simple main effect for visual demand

Specificity	Frequency	<i>MD</i>	<i>SE</i>	<i>p</i>
Specific	High vs. Low	16.25	5.58	.005
Global	High vs. Low	5.25	5.58	.350

76) = 7.42, $p < .05$ (Table 5, 6 참조).

따라서 본 연구에서는 피드백 조건에 따른 시각적 요구 차이를 좀 더 구체적으로 살펴보기 위하여 단순 주효과(simple main effect) 검증을 실시하였다(Table 7 참조). 분석 결과, 피드백이 구체적으로 주어지는 조건에서는 고빈도 피드백이 저빈도 피드백 조건 보다 평

균 16.25점 높은 것으로 나타났으며, 유의미한 차이가 있었다($p < .05$). 하지만 피드백이 포괄적으로 주어지는 조건에서는 고빈도 피드백이 저빈도 피드백 조건 보다 평균 5.25점 높게 나타났지만, 통계적으로 유의미한 차이는 없었다($p > .05$).

4. 논의

본 연구의 목적은 Eco-IVIS(In-vehicle Information System)를 통하여 제공되는 피드백 정보의 특성 중 피드백의 구체성과 빈도가 연비와 작업부하에 어떤 영향을 미치는지 검증하는 것이었다.

연구 결과, 구체적 피드백 조건에서 연비는 13.10 km/l, 포괄적 피드백 조건에서는 12.92 km/l로 구체적 피드백 조건에서 1.39% 높았지만 통계적으로 유의미한 차이는 없었다. 하지만 고빈도 피드백 조건에서의 평균 연비가 저빈도 피드백 조건보다 유의미하게 더 높은 것으로 나타났다. 구체적으로 저 빈도 조건에서의 평균연비는 12.64 km/l였고, 고빈도 조건에서의 연비는 13.38 km/l로, 저빈도 조건보다 약 5.85% 더 높았다.

이러한 연구결과는 빈번하게 제공하는 피드백이 행동 변화에 보다 효과적이었다는 기존의 선행연구²⁴⁾와 일치하며, 또한 행동의 변화에 있어서 구체적 피드백과 포괄적 피드백 간 효과 차이가 없었다는 선행연구²⁹⁾와도 일치하고 있다.

작업부하에 관한 결과는 전체 DALI 점수에는 네 실험조건 간에 유의미한 차이가 없었으나, DALI의 하위 요인 중 안전 운전에 중요한 영향을 미치는 ‘시각적 요구’에 있어서는 피드백 빈도가 유의미한 영향을 미치는 것으로 나타났다. 구체적으로, 구체적인 피드백이 제공될 때 고빈도 피드백이 저빈도 피드백보다 시각적 요구에 대한 부하가 더 높은 것으로 나타났다.

전체 DALI점수에서 작업부하의 차이가 없었던 이유는 본 연구에서 사용한 Eco-IVIS에서 제공하는 정보 내용이 차량에서 제공되고 있는 기본 정보(속도, RPM 등)과 유사했기 때문이었을 수 있다. 즉 운전자에게 새로운 정보보다는 과속, RPM과 같이 친숙한 정보가 제공되었기 때문에 관련 정보를 해석하고 판단하는 과정에서 작업부하에 차이가 없었을 수 있다¹³⁾.

이외에 운전을 모두 마친 뒤에 DALI를 측정하였다는 점도 영향을 미쳤을 수 있다. 설문 답변 시 처음 중간, 최종까지의 모든 운전 정보보다는 최신 정보가 영향을 미쳤을 가능성이 더 높다. 본 연구의 주행 코스는 반환 점을 통과한 후 동일한 코스를 사용하여 출발점으로 돌아오는 것으로 설정되었기 때문에, 반환점 통과 후에는

운전 시 요구되는 작업부하가 상대적으로 적었을 가능성이 있다. 이러한 운전 상황이 DALI 점수를 하향 평준화 시켰을 가능성이 있다. 따라서 비록 안전문제 및 측정의 문제로 인해 운전 중에 작업부하를 측정하는데 제한점이 있지만, 간략하게라도 운전 중에 자주 구두로 작업부하를 측정한다면 더 정확한 측정이 될 수 있었을 것이다. 후속 연구에서는 이러한 사항들도 반영하여 좀 더 정밀한 검증이 이뤄지도록 할 필요가 있다.

한편 시각적 요구에서 유의미한 차이가 있었다는 점은 Engström 등의 연구 결과와 일치하는 결과이고 이러한 결과는 Eco-IVIS 사용에 있어서 고려해야 할 사항이라고 할 수 있다. 특히 구체적인 정보들을 빈번하게 제공하는 피드백의 경우 시각적 작업부하의 증가로 인한 사고 유발 가능성이 증가할 수 있기 때문에¹⁹⁾ 작업부하를 최소화하면서 에코 드라이빙 행동을 증가시킬 수 있는 방안에 대한 모색이 필요하다고 할 수 있다. 본 연구에서 고빈도 피드백은 즉각적-연속적 피드백이었고 저빈도 피드백은 5분마다 1번씩 제공되었다. 추후 연구에서는 고빈도 피드백에서의 평균 연비와 유사하면서 시각적 부하를 줄일 수 있는 적절한 제공 빈도를 탐색할 필요가 있다(예, 2분에 1번).

에코드라이빙과 관련된 연구는 아직도 매우 부족하기 때문에 많은 연구가 필요하다. 특히 후속연구에서는 본 연구의 제한점들을 고려할 필요가 있다. 우선 본 연구 결과의 내적타당도(internal validity)를 저해하는 요인으로 참가자별로 교통체증이나 도로상황이 달랐을 가능성이 있다는 점이다. 즉 연비나 작업부하에 영향을 미칠 수 있는 외적 사건들을 완벽하게 통제할 수는 없었다. 그리고 이러한 요인으로 인해 저빈도 피드백 조건에서 참가자 별로 제공받은 피드백 빈도에 차이가 있었을 수 있다. 예를 들어, 교통 체증은 주행 시간에 영향을 미치게 되며, 이는 운전 중 참가자가 받는 피드백 빈도의 차이를 유발할 수 있었다.

둘째, 본 연구에서는 Eco-IVIS를 활용하여 시각적 피드백을 제공하였지만, 참가자들이 실제로 얼마나 피드백 정보에 주의를 기울였는지는 알기 어렵다. 따라서 추후 연구에서는 아이트래커(eye-tracker)와 같은 장비를 통하여 시각적 주의에 대한 객관적인 행동 자료를 수집할 필요가 있다.

내적 타당도 저해 요인 외에 결과의 일반화를 저해하는 다음과 같은 요인들도 고려될 필요가 있다. 첫째 본 연구에서는 시내 자동차 전용도로에서만 실험을 실시하였다. 자동차 전용 도로와 고속도로 그리고 시내 일반도로 주행 간에는 운전 상황이나 교통 체증, 제시되는 자극의 차이가 크기 때문에³²⁾ 이를 구분하여 에

코드라이빙 장비에서 제공되는 피드백 특성들의 상대적 효과에 대한 연구를 진행할 필요가 있다.

둘째, 본 연구의 참가자들은 대학생들로 연령대의 분포가 한정되어 있었다는 한계를 가지고 있다. 연령대에 따라 운전에서 따른 작업 부하의 정도가 다를 수 있기 때문에 좀 더 다양한 연령대를 대상으로 실험을 실시할 필요가 있다³²⁾.

마지막으로 본 연구에서는 1번의 운전만으로 피드백 특성이 연비와 작업부하에 미치는 효과를 평가하였다. 반복 실험과 처치 철회 후 에코드라이빙 행동 유지와 작업부하에 대한 후속 검증이 추가적으로 있었다면 결과를 일반화 하는데 더 도움이 될 수 있을 것이다.

위와 같은 제한점에도 불구하고, 본 연구를 통하여 차량 내 정보 제공 빈도에 따라 연비의 차이가 발생할 수 있다는 것을 확인하였다. 그리고 더욱 중요한 것은 차량에서 제공하는 정보의 빈도가 높을수록 운전자가 경험하는 시각적 부하가 높아지는 것을 확인하였다. 따라서 본 연구 결과를 바탕으로 추후 차량 내 정보 제공 장비를 설계할 때에는 운전자의 행동적 특성뿐만 아니라 인지적 특성이 함께 고려된 효과적이고 효율적인 정보 제공 장비가 설계되어야 한다는 것이 시사되었다.

감사의 글: 이 논문은 2014년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(NRF-2014R1A1A2059793)

References

- 1) National Policy Agency. "White Paper on Traffic Safety", <http://www.police.go.kr/portal/main/contents.do?menuNo=200187>, 2014.
- 2) KoROAD, "Statistics on Road Traffic Accident across Region", 2013.
- 3) Korea Energy Management Corporation, "A Handbook of Energy and Climate Change", 2013.
- 4) Ministry of Environment. "National Greenhouse Gas Inventory Report of Korea", 2013.
- 5) J. Kim, J. Oh, and S. Lee, "The Influences of Driving Behavior Determinants on Traffic Violations and Accidents", Korean Journal of Industrial and Organizational Psychology, Vol. 19, No. 3, pp. 349-369, 2006.
- 6) K. Rumar, "The Role of Perceptual and Cognitive Filters in Observed Behavior", In Human Behavior and Traffic Safety (pp. 151-170), Springer US, 1985.
- 7) S. Lee, "Traffic Psychology", Seoul: Hakjisa, 2000.
- 8) S. Jang, H. Jung, W. Lee and S. Ko, "A Study about The

- Typical Patterns of Driver's Characteristics by The Q Analysis Method (with Traffic Law Violator and Traffic Accident Causer)", *Journal of Korean Society of Transportation*, Vol. 26 No. 1, pp. 165-180, 2008.
- 9) H. Aktamis, "Determining Energy Saving Behavior and Energy Awareness of Secondary School Students According to Socio-Demographic Characteristics", *Educational Research and Reviews*, Vol. 6, No. 3, pp. 243-250, 2011.
 - 10) J. Ouyang and K. Hokao, "Energy-Saving Potential by Improving Occupants' Behavior in Urban Residential". *Energy and Buildings*, Vol. 41, pp. 711 - 720, 2009.
 - 11) J. E. Petersen, V. Shunturov, K. Janda, G. Platt, and K. Weinberger, "Dormitory Residents Reduce Electricity Consumption When Exposed to Real-time Visual Feedback and Incentives", *International Journal of Sustainability in Higher Education*, Vol. 8, No. 1, pp. 16-33, 2007.
 - 12) The Korea Transport Institute, "Review of Eco-driving Policy in Advanced Countries and Its Implication", *Rolling Research Report*, 2009.
 - 13) K. Lee and S. Oah, "Relative Effects of Education and In-vehicle Information System on Eco-driving and Driving Workload", *Journal of the Korea Society of Safety*, Vol. 28, No. 5, pp. 66-70, 2013.
 - 14) J. Ko, Y. Park, S. Park and U. Lee, "A Study on Effect of and Eco-driving Information System on Fuel Economy", *Academic Conference of Ergonomics Society of Korea*, pp. 408-412, 2009.
 - 15) B. Beusen et al., "Using On-board Logging Devices to Study the Longer-term Impact of an Eco-driving Course", *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, Vol. 14, No. 7, pp. 514-520, 2009.
 - 16) K. Boriboonsomsin, A. Vu and M. Barth, "Eco-driving: Pilot Evaluation of Driving Behavior Changes among US Drivers", *University of California Transportation Center*, 2010.
 - 17) M. A. Recarte and L. M. Nunes, "Mental Workload While Driving: Effects on Visual Search, Discrimination, and Decision Making" *Journal of Experimental Psychology: Applied*, Vol. 9, No. 2, p. 119, 2003.
 - 18) Korea Energy Management Corporation, "How to Save the Energy Consumption", 2004.
 - 19) J. Engström, E. Johansson and J. Östlund, "Effects of Visual and Cognitive Load in Real and Simulated Motorway Driving", *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, Vol. 8, No. 2, pp. 97-120, 2005.
 - 20) F. Balcazar, M. Shupert, A. C. Daniels, T. C. Mawhinney and B. L. Hopkins, "An Object Review and Analysis of Ten Tears of Publication in the Journal of Organizational Behavior Management", *Journal of Organizational Behavior Management*, Vol. 10, No. 1, pp. 7-37, 1989.
 - 21) T. V. Nolan, K. A. Jarema and J. Austin, "An Objective Review of the Journal of Organizational Behavior Management: 1987-1997", *Journal of Organizational Behavior Management*, Vol. 19, No. 3, pp. 83-114, 1999.
 - 22) F. Balcazar, B. L. Hopkins and Y. Suarez, "A Critical, Objective Review of Performance Feedback", *Journal of Organizational Behavior Management*, Vol. 7, No. 3/4, pp. 65-89, 1986.
 - 23) A. M. Alvero, B. R. Bucklin and J. Austin, "An Objective Review of the Effectiveness and Essential Characteristics of Performance Feed- back in Organizational Settings (1985-1998)", *Journal of Organizational Behavior Management*, Vol. 21, pp. 3-30, 2001.
 - 24) Y. So, K. Lee and S. Oah, "Relative Effects of Daily Feedback and Weekly Feedback on Customer Service Behavior at a Gas Station", *Journal of Organizational Behavior Management*, Vol. 33, No. 2, pp. 137-151, 2013.
 - 25) M. Van der Voort, M. S. Dougherty and M. van Maarseveen, "A Prototype Fuel-Efficiency Support Tool", *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, Vol. 9, No. 4, pp. 279-296, 2001.
 - 26) M. P. Alavosius and B. Sulzer-Azaroff, "Acquisition and Maintenance of Health-care Routines as a Function of Feedback Density", *Journal of Applied Behavior Analysis*, Vol. 23, No. 2, pp. 151-162, 1990.
 - 27) A. C. Daniels and J. A. Daniels, "Performance Management: Changing Behavior that Drives Organizational Effectiveness", Atlanta, GA: Aubrey Daniels International, 2004.
 - 28) E. S. Geller, "The Psychology of Safety Handbook", Boca Raton, FL: CRC Press, 2001.
 - 29) K. Lee, D. Shon and S. Oah, "The Relative Effects of Global and Specific Feedback on Safety Behaviors", *Journal of Organizational Behavior Management*, Vol. 34, No. 1, pp. 16-28, 2014.
 - 30) J. H. Williams and E. S. Geller, "Behavior-based Intervention for Occupational Safety: Critical Impact of Social Comparison Feedback", *Journal of Safety Research*, Vol. 31, No. 3, pp. 135-142, 2000.
 - 31) A. Puzie, "A Method to Assess the Driver Mental Workload: The Driving Activity Load Index (DALI)", *IET Intelligent Transport Systems*, Vol. 2, No. 4, pp. 315-322, 2008.
 - 32) K. Moon, K. Hwang, E. Choi and S. Oah, "Study on Prevention of Drowsiness Driving using Electrocardiography (HF/LH) Index", *Journal of the Korean Society of Safety*, Vol. 30, No. 2, pp. 36-62, 2015.