

연령과 성별에 따른 고속도로 주행 연비에 관한 비교

손준우*¹⁾, 박명옥¹⁾, 오호상¹⁾, 이재근¹⁾, 이태영¹⁾

대구경북과학기술원 HumanLAB¹⁾

Age and Gender Difference in Fuel Efficiency on Highway Driving

Joonwoo Son ^{*1)} · Myoungouk Park¹⁾ · Hosang Oh¹⁾ · Jaegeun Lee¹⁾ · Taeyoung Lee¹⁾

¹⁾ Daegu Gyeongbuk Institute of Science & Technology HumanLAB, Daegu 711-080, Korea

Abstract : 본 논문은 연령, 성별과 같은 운전자 특성이 연비에 미치는 영향에 관한 비교 분석을 목표로 하고 있다. 운전자 특성에 따른 연비를 비교하기 위하여, 남녀성비와 연령에 균형을 맞추어 총 52명의 운전자를 모집하여 고속도로 상에서 실차 실험을 수행하였다. 즉, 실험 참가자들이 약 10km의 고속도로를 평소 자신의 운전 스타일에 따라 운전하도록 지시한 후, 연비와 주행특성을 관찰하였다. 그 결과 고속도로 주행 연비가 연령 및 성별에 따라 유의한 차이가 있는 것으로 확인되었다. 즉, 연령과 성별에 따른 운전 스타일 차이가 고속 도로 주행 연비에 영향을 미치게 되는 것이다. 이러한 결과는 에코운전교육 또는 에코운전 지원시스템 개발시, 연령과 성별의 차이를 고려하여 대상에 맞는 차별화 된 서비스를 제공하여 효과를 극대화시켜야 한다는 것을 의미한다.

Key words: Driving Style(운전성향), Fuel Efficiency(연비), Fuel Consumption(연료사용량), Age Effect(연령 효과), Gender Effect(성별 효과)

1. 서론

자동차의 연비 개선은 고유가 시대에 소비자들의 필수적인 요구사항일 뿐만 아니라, 세계적인 배기가스규제 강화에 대응할 수 있는 역할을 한다. 특히, 우리나라는 석유자원을 대부분 수입에 의존하고 있어 이러한 연구가 더욱 필요하며, 에코운전과 같은 에너지 효율 향상에 관심이 집중되고 있다(Song et al., 2009).

연비 개선에 대한 연구는 차량, 도로 환경, 운전자, 그리고 운전 행동 등에 대하여 진행되고 있다(Lee et al., 2010). 차량 분야의 연구에서는 중량 감소, 엔진효율 향상 등에 관한 집중적인 연구가 진행되고 있으며, 도로 환경 분야에서는 도

로 형태, 교통 흐름, 속도 제한 등에 대한 연구가 진행되고 있다(Robertson, S et al., 1998). 하지만, 이러한 차량과 도로 환경의 개선을 통하여 연비를 향상시키는 방법은 많은 비용 및 시간이 필요로 한다(Eva Ericsson, 2000).

이에 반하여 운전 스타일의 변화에 의한 연비 향상은 적절한 교육 및 홍보를 통하여 빠른 시일 내에 달성할 수 있으므로 선행적으로 이루어져야 할 필요가 있다(Orofino et al., 2010). 실제 여러 연구에서 추월이나 오르막 등의 과도 운전 구간에서 연비가 감소된다는 보고가 있으며(Lee et al., 2006), Van Mierlo 등은 운전 스타일과 교통 체계가 연비에 미치는 영향에 관하여 연구한 바가 있다(J Van Mierlo et al., 2004). 그러나, 기존의 연구에서

Son, J., Park, M., Oh, H., Lee, J., and Lee, T., "Age and Gender Difference in Fuel Efficiency on Highway Driving", KSAE Annual Conference, 2013.

손준우, 박명옥, 오호상, 이재근, 이태영, "연령과 성별에 따른 고속도로 주행 연비에 관한 비교", 한국자동차공학회 부문종합 학술대회, 2013.

성별, 연령과 같은 운전자 특성이 연비에 미치는 영향에 대한 체계적인 분석이 수행되지는 못 하였다.

안전 운전 관련 분야의 연구 결과에 따르면, 성별과 연령에 따라 운전 수행도가 유의한 차이가 있는 것으로 관찰되었으며(Son et al., 2010, Son et al., 2011), 이러한 운전 수행도의 차이는 연비의 차이로 이어질 것으로 예상된다.

이에 본 연구에서는 실제 고속도로 상에서 실험을 수행하고 연령과 성별이 연비에 미치는 영향에 대하여 통계적으로 분석하였다.

2. 연구 방법

2.1 피험자

운전행동이 연비에 미치는 영향을 분석하기 위하여 Table 1과 같이 52명의 피험자를 모집하였으며, 젊은 운전자는 25~35세, 준고령 운전자는 55~65세 운전자를 대상으로 하였다. 실험에 참가한 운전자들은 최소 주 2회 이상, 3년 이상의 운전 경력을 소유하고, 3시간 전후의 실험을 수행할 수 있는 건강한 사람들로 구성하였다. 특히, 고혈압 등의 지병이 있거나 정신과 치료를 요구하는 질병을 소유한 피험자는 제외하였다.

Table.1 Participants overview

Gender	Younger		Late Middle Age	
	Male	Female	Male	Female
# Subject	13	13	13	13
Age*	27.54 (2.90)	30.46 (3.10)	60.69 (1.89)	57.08 (2.06)

* Note. Means with standard deviations

2.2 실험 차량 구축

고속도로 주행 시 운전행동이 연비에 미치는 영향을 알아보기 위하여, Fig. 1과 같이 현대자동차의 제네시스 차량(배기량: 3,300cc)을 활용하여 내연기관차량의 연비 및 운전 행동 모니터링 환경을 구축하였다 (Park et al., 2011).

구축된 모니터링 환경은 주행정보(속도, RPM, 엔진부하, 조향 핸들 각도 등), 순간 연료 사용량, GPS, 시선 정보(응시좌표, 눈 깜빡임 등), 생체 신호(심전도, 피부전도도 등), 운전행동 영상 정

보(운전자 얼굴과 페달조작 영상)와 차량의 주변 영상(전방, 후방, 좌/우 측방)을 수집할 수 있도록 제작하였다. 모든 데이터들은 100Hz의 마스터 시간(Master Time)에 의해 동기화되어 저장되며, 추가적인 교통 상황 처리 소프트웨어를 이용하여 운전 에 영향을 미치는 도로 환경적 요소들(끼어드는 차량, 신호 대기 등)을 마스터 시간과 함께 신속하게 기록할 수 있도록 하였다.

주행정보와 연료사용량에 관한 정보는 차량의 CAN 통신 데이터로부터 수집하였으며, 영상정보는 특정 시간에서의 영상을 찾기 용이하게 하기 위하여 마스터 시간을 오버레이(overlay)하여 저장하고 별도의 데이터 파일에 마스터 시간과 프레임 번호를 저장하였다.

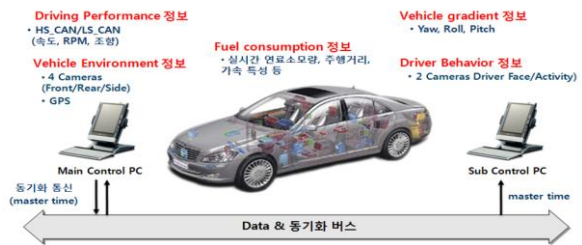


Fig. 1 Instrumented Vehicle for On-Road Experiments

2.3 실험 절차

고속도로 주행 중 운전행동이 연비에 미치는 영향을 분석하기 위한 실험의 절차는 Fig. 2와 같이 설계하였다.

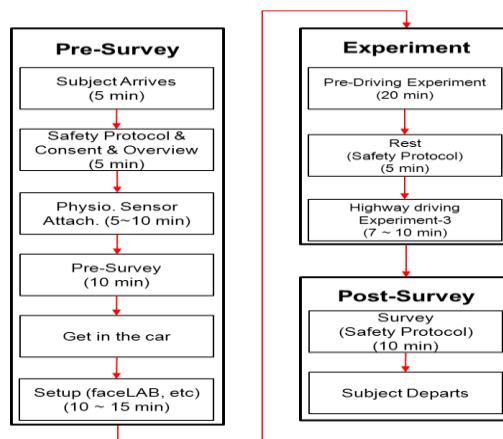


Fig. 2 Experimental protocol overview

전체 실험 절차는 주행실험을 중심으로 실험 전과 실험 후 단계로 구성하였다. 실험 전 단계에서는 안전 운전의 가능여부(Safety Protocol)를 파악한 후, 실험동의서에 서명을 받고, 실험에 관한 사전 설명(Consent & Overview)을 실시하였다. 이후, 생체신호센서를 부착하고 운전습관에 관한 설문지를 작성한 후 차량에 탑승하여 시선측정 장비 준비를 마친 후 본 실험을 수행하였다. 주행 실험(Driving Experiment)은 약 20분간 시가지 외곽 도로와 국도 상에서 연습 주행(Adaptation)을 실시한 후 고속도로(Highway) 상에서 실시하였다. 우천시에는 안전을 위하여 실험을 중단하였기 때문에, 모든 실험은 건조한 노면 상태에서 수행되었다.

2.4 고속도로 주행 환경

실험 주행 도로는 총 36Km의 고속도로 구간으로 3~5%의 오르막길과 내리막길이 약 8Km 포함되어 있다. 해당 구간은 중앙분리대가 설치된 편도 2차

선 도로이며 제한속도는 100kph이다. 주변 교통량이 동일한 수준으로 유지되도록 하기 위하여, 주행 실험은 출퇴근 시간을 피하여 오전 실험은 11시부터 11시 30분경, 오후 실험은 3시 30분에서 4시경에 실험 구간을 주행할 수 있도록 실시하였다. 즉, 피험자가 평소 운전스타일과 유사하게 운전할 수 있도록 상대적으로 낮은 교통량과 도로상황에서 실험이 진행되었다.

2.5 운전 행동 측정 변수

고속도로 주행 중 운전 행동이 연비에 미치는 영향을 분석하기 위하여, 운전 행동 측정 변수를 Table 2와 같이 구성하였다. 가속 페달, 브레이크 페달, 기어와 관련된 운전 행동 측정 변수는 기존 연구의 변수를 토대로 보다 세분화하여 선정하였다(Robertson et al., 1998). 특히, 가속 페달을 밟는 방법은 페달을 밟는 깊이, 횡수, 시간 등으로 세분화하여 에코운전에 미치는 영향을 분석할 수 있도록 하였다.

Table 1. Driver behavior measures for analyzing fuel efficiency

Categories	Variables	Definitions	Units
Fuel Efficiency	Millage	연료 1로 이동한 거리	km/l
Vehicle Control	AvgVel	차량 속도의 평균	Kph
	AvgRPM	엔진 속도(RPM)의 평균	rev/min
Accelerator Pedal	PsAcCount	가속페달 사용 횟수	count
	PsAcAvgTime	가속페달 사용 평균	sec
	PsAcStdTime	가속페달 사용 시간 표준편차	sec
	PsAcAvgDep	가속페달 사용 평균깊이	%
	PsAcStdDep	가속페달 사용 깊이 표준편차	%
	RIA2AAvgTime	가속페달 사용 간격 평균시간	sec
	RIA2AStdTime	가속페달 사용 간격 표준편차	sec
Brake Pedal	PsBrCount	브레이크 사용 횟수	count
	PsBrAvgTime	브레이크 사용 평균시간	sec
	PsBrStdTime	브레이크 사용 시간 표준편차	sec
	RI2BAvgTime	브레이크 사용 간격 평균시간	sec
Gear Shift	Gear_SelAvg	평균 기어 레벨	level
	Gear_SelStd	기어 레벨 표준 편차	level
Steering Wheel	SWL_VelAvg	평균 조향 각속도	degree/sec
	SWL_VelStd	조향 각속도 표준편차	degree/sec
	SWL_AngStd	조향각 표준편차	degree

2.6 분석 방법

차량의 속도 구간에 따라 최고 연비가 달라지기 때문에 실험 데이터를 10kph 단위로 속도 구간을 분할하여 분석을 실시하였다. 예를 들어, 실험 중 80-90kph로 달린 구간에서의 데이터들을 모아 80 속도 범위로 지정하는 방식으로 각 속도 범위 별로 데이터를 분류하였다.

이렇게 분류된 데이터를 토대로, SPSS Version 17에서 회귀분석을 이용하여 운전행동 측정변수들 중 연비에 미치는 영향력이 높은 변수들을 선정하고, 회귀 모델의 설명력을 분석하였다. 또한, 성별과 연령에 따른 연비 차이는 ANCOVA(Analysis of Covariance) 분석을 이용하였다. 이때, 연비에 영향을 미치는 외부요인 공변량으로 외기온도와 속도 구간을 지정하였다.

3. 결과

3.1 운전행동변수의 연비 기여도 분석

회귀분석을 이용하여 운전 행동 변수와 연비 간의 추정 모델을 찾아내고, 해당 추정식에 이용된 운전 행동 변수들이 연비의 향상과 감소에 미치는 기여도를 분석함으로써, 에코운전을 위한 적절한 운전 행동에 대한 가이드라인을 도출할 수 있다.

본 연구에서는 운전행동변수 기반의 연비모델을 구하기 위하여, Table 2에 제시된 변수들을 이용하여 회귀분석을 실시하였다. 회귀 모델의 변수 선정은 단계별 회귀방법(Stepwise Regression Method)을 이용하였으며, 최종 선정된 모델의 설명력은 85.2%(Adjusted R Square = 0.852)로 운전 행동변수만으로도 양호한 회귀 모델을 도출할 수 있었다.

선정된 변수가 연비에 미치는 기여도는 Table 3에 표기된 바와 같으며, 가속 페달의 깊이, 평균 속도, 평균 엔진 회전수(RPM)가 78.8%의 기여도를 갖는 것으로 나타났다. 운전행동변수의 기여도에 따르면, 가속 페달을 밟는 깊이가 깊을수록, 엔진 회전수가 높을수록 연비가 나빠지고, 일정수준까지는 속도가 높을수록 연비가 좋아지는 것으로 나타났다. 이는 가속 페달을 적게 밟아 서서히 가속하여 RPM이 낮은 상태로 속도를 높게 유지할 경우 가장 연비가 높을 수 있음을 의미한다.

Table 3 Variable contribution in regression model

No	Model	Contribution	Std.C. (Beta)	Sig.
1	PsAcAvgDep	-26.1%	-0.678	0.000
2	AvgVel	30.7%	0.796	0.000
3	RPMAvg	-22.0%	-0.570	0.000
4	PsAcCount	5.7%	0.147	0.000
5	StdVel	3.6%	0.094	0.000
6	Gear_SelAvg	-5.6%	-0.144	0.000
7	PsAcStdTime	3.4%	0.087	0.001
8	PsAcStdDep	3.0%	0.077	0.006

이 밖에, 가속 페달을 지속적으로 밟고 있는 것 보다는 페달에서 자주 발을 떼어서 타행주행(Coast down) 시간을 늘이는 것이 유리하다는 것을 의미하는 지표로 가속페달 사용횟수, 가속페달 사용시간의 표준편차, 가속페달 깊이의 표준편차가 약 12.1%의 기여도를 보였다.

3.2 연령과 성별이 연비에 미치는 영향 분석

연령과 성별이 연비에 미치는 영향을 분석하기 위하여, 운전행동에 관계없이 연비에 영향을 미칠 수 있는 외기 온도를 공변량(Covariate)으로 설정하여 공변량분석(ANCOVA)을 수행하였다. 도로 환경 요인에 의한 차이를 최소화하기 위하여, Table 4와 같이 고속도로를 평지구간과 오르막 구간으로 나누어 분석을 실시하였으며, 도로환경의 영향이 적은 평지구간에서 연령과 성별이 연비에 유의한 영향을 미치는 것을 확인할 수 있었다. 즉, 평지구간 연비에서는 연령에 대한 주효과(p=0.001)와 성별에 대한 주효과(p=0.014) 모두 유의한 차이가 존재하였으나, 도로 환경의 영향이 큰 오르막 구간에서는 연령(p=0.100)과 성별(p=0.249) 모두 유의한 차이가 관찰되지 않았다.

Table 4 Age and gender differences in fuel efficiency

Road Type	Gender	Age	
		Younger	Late Middle Age
Flat	Male	10.4 (1.5)	11.1 (1.8)
	Female	10.8 (1.4)	11.8 (1.7)
Uphill	Male	7.1 (1.2)	6.6 (1.1)
	Female	7.2 (0.8)	7.0 (1.5)

4. 결론 및 고찰

본 연구에서는 실제 고속도로 주행 실험을 통하여, 연비에 영향을 미치는 운전 행동 변수의 기여도와 연령과 성별에 따른 연비의 차이를 비교 분석해 보았다. 그 결과, 운전행동변수를 이용하여 85% 이상의 설명력을 갖는 회귀 모델을 도출하였으며, 가속 페달의 깊이, 평균속도, 평균 엔진 회전수(RPM)와 같은 3가지 운전 행동 변수가 전체 사용 변수 대비 80%에 가까운 기여도를 갖는 것으로 확인할 수 있었다. 또한 가속 페달의 깊이를 제외한 사용 패턴에 관한 변수도 약 12%의 기여도를 갖는 것을 확인할 수 있었다.

따라서, 본 연구결과를 토대로 에코운전 교육을 설계할 경우, 2단계의 교육으로 나누어 실시하는 것이 바람직함을 알 수 있다. 즉, 1단계에서는 상대적으로 이해가 용이하면서, 효과가 큰 세가지 변수 (속도, RPM, 가속페달 깊이)를 중심으로 교육을 실시하고, 2단계에서는 남은 12%를 향상시키기 위하여 가속페달의 정교한 사용에 대한 교육을 실시하여야 할 필요가 있다.

또한, 본 연구에서는 연령과 성별이 유의한 영향을 미친다는 것을 입증하였다. 연구 결과에 따르면, 일반적으로 준고령 운전자가 젊은 운전자에 비하여 높은 연비 특성을 보였으며, 여성 운전자가 남성 운전자 보다 연비가 높은 것으로 나타났다. 이러한 차이를 에코운전교육 또는 에코운전지원시스템 개발에 고려할 경우, 운전자 특성에 맞추어 최적화된 지원이 가능할 것이다. 즉, 평지 운전 연비가 가장 낮은 젊은 남성운전자의 경우 가속페달 깊이와 속도, RPM과 같이 기여도가 높은 항목을 중심으로 지원을 시작하여야 할 것이며, 연비가 가장 높은 여성 준고령자 그룹은 정교한 가속 페달 조작을 지원하여 연비를 더욱 향상시킬 수 있도록 지원할 수 있을 것이다.

Acknowledgments

본 연구는 지식경제부 산업원천기술기반구축사업(10037355)과 대구시에서 지원하는 안전복지 기반기술개발 사업(11-S-01)에 의해 수행되었습니다.

References

- Ericsson, E., "Variability in urban driving patterns", *Transportation Research Part D*, 5(5), 337-354, 2000.
- Lee, D. K., Kim, D. K., Rhee, B. O., Park, J. I. and Lee, J. H., "A Study on Transient Behavior of Engine Control Variable in regard to Vehicle Fuel Economy", *KSAE 2006 Annual Conference*, KSAE06-F0029 (pp. 193-198), KOREA. 2006.
- Lee, T. Y., Park, S. W. and Son, J. W., "Real-time Driving Style Assessment Algorithm for Reducing Fuel Consumption", *KSAE 2010 Annual Conference*, KSAE10-A0352 (pp. 2035-2039), KOREA. 2010.
- Orofino, Luifi, Cilimingras, Luis, Morello, Eugenio, "ECODRIVE : Driver behaviour evaluation system to reduce CO2 emissions", *World Automotive Congress 2010, Intelligent Transportation Systems*, F2010E052, Budapest. Hungary. 2010
- Park, S. W. and Son, J. W., "Implementation of a Vehicle Monitoring System using Multimodal Information", *Korean society of Transportation*, 29(3), 41-48, 2011.
- Robertson, S., and Ward, H " Valuation of non-accident impacts of speed" *MASTER Working Paper R 1.2.2, VTT Communities and Infrastructure*, Finland, 1998
- Son, J., Reimer, B., Mehler, B., Pohlmeier, A. E., Godfrey, K.M., Orszulak, J., Long, J., Kim, M. H., Lee, Y. T., and Coughlin, J. F., "Age and cross-cultural comparison of drivers' cognitive workload and performance in simulated urban driving," *Int. J. Automotive Technology*, Vol. 11, No. 4, pp 533-539, 2010.
- Son, J., Lee, Y. and Kim, M., "Impact of traffic environment and cognitive workload on older drivers' behavior in simulated driving," *Int. J. Precis. Eng. Manuf.*, Vol. 12, No. 1, pp. 135-141, 2011.
- Song, J. H., Kim, D. J., Lee, C. H. and Lee, C. B., "Simulation of Effect of Vehicle Driving Pattern on Fuel Consumption", *KSAE 2009 Annual Conference*, KSAE09-A0351 (pp. 2039-2044), KOREA. 2009.
- Van Mierlo, J., Maggetto, G, van de Burgwal, E. and Gense, R., "Driving style and traffic measures-influence on vehicle emissions and fuel consumption", *Proceedings of Institution of Mechanical Engineers, part D : J. Automobile Engineering*, 218(1), 43-50, 2004