

자동차 에어컨 쾌적제어 알고리즘 개발을 위한 운전자 온열감성 평가 : 제 1 보-운전자의 에어컨 조작 선호도

Comfort Control Algorithm Development of Car Air Conditioner using Thermal Comfort Evaluation of Driver : Part I – Air-conditioning Operating Preference of Driver

김민수(Min-Soo Kim)¹, 김동규(Dong-Gyu Kim)², 이기덕(Gi-Deok Lee)¹, 금종수(Jong-Soo Kum)^{3*}
부경대학교 대학원 냉동공조공학¹, 부경대학교 산학협력단², 부경대학교 냉동공조공학³

¹Graduate School of Refrigeration and Air conditioning Engineering, Pukyong National University, Busan 608-739, Korea

²Industry-University Cooperation Foundation, Pukyong National University, Busan 608-739, Korea

³Department of Refrigeration and Air conditioning Engineering, Pukyong National University, Busan 608-739, Korea

(Received April 4, 2014; revision received April 21, 2014; Accepted: May 7, 2014)

Abstract In this study, we investigated and evaluated the air conditioning operation of the driver according to the temperature difference between the inside and outside of a car parked outside during the summer. We suggest including a comfort mode to the car air conditioning system to improve the thermal comfort of the driver, in which the comfort can be maintained for a longer time. For the a result of our experiment, in the cases with temperature of above 45°C inside of the car, the subjects preferred strong air blow with the face and the arms in the direction of the blow. In the cases with temperature of below 40°C inside of the car, the subjects preferred lower volume of air blow. In the temperature below 28.1°C inside of the car, the mean temperature on the skin of the driver reached the comfort zone.

Key words Car air conditioner(차량용 에어컨), preference(선호도), MST(평균피부온도)

* Corresponding author, E-mail: jskum@pknu.ac.kr

기호설명

Clo : Clothing

MET : Metabolic Equivalent of Task

MST : Mean Skin Temperature

1. 서 론

2012년 기준 한국의 자동차 총 등록대수는 약 1,887만대 중 약 1,458만대는 승용차로써, 77%에 이른다.⁽¹⁾ 자동차의 보유수가 높음으로 인하여 교통사고 발생률도 높아지고 있으며, 사망자는 매년 5,000명에 이르고, 부상자는 30만 명을 넘어서고 있는 실정이다.⁽²⁾ 본 연구에서는 이러한 교통사고 발생률을 낮추기 위해 자동차 실내 열환경을 개선시키고, 운전자의 부주의한 행동을 최소화 시키고자 연구를 진행하였다.

교통사고의 주요 원인으로 운전자의 부주의로 인한 사고가 대부분을 차지한다. 그래서 교통사고 시 자동차 충돌로 인한 운전자 보호 차원의 안전장치에 앞서, 사고를 미연에 방지시킬 수 있는 방안으로 운전자의 정상적

인 신체·심리적 안정 상태를 오랫동안 유지시켜 줄 수 있도록 실내 환경을 조성하는 것이 필요하다. 쾌적한 자동차 실내 환경은 정상적인 신체 상태를 유지시켜 불필요한 인체의 활동을 줄이고, 운전자의 집중력을 향상시킴으로써 인적 사고발생 요소를 최소화시킬 수 있다.

자동차 선진국인 미국, 일본, 유럽 등에서는 성별, 연령층, 기후 조건별 다양한 인체실험을 바탕으로 온열쾌적성을 평가하기 위한 연구가 진행되고 있으며, 건축분야에서의 건축 환경 쾌적성이나 의류개발을 위한 열적 쾌적성에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 그러나 자동차 실내 환경에 대한 인체실험 연구는 미진한 실정에 있고, 공조시스템에 대한 하드웨어적인 연구가 대부분이다.

국내에서는 많은 시민들이 이동수단으로 사용하는 지하철이나 고속철도와 같은 대중교통 시설에서의 환경적 측면에 대한 연구⁽³⁾가 진행되었고, 자동차와 관련된 연구는 졸음운전 방지를 위한 운전자의 안면부 인식, 졸음 각성시스템 개발을 위한 연구^(4,5) 분야에서 활발하게 진행되고 있다.

본 연구에서는 이러한 자동차 운전자의 온열 쾌적성

을 증대시킬 수 있는 자동차 실내 열환경 형성을 위한 방안으로써, 여름철 차량 탑승시 열적 불쾌감을 최소화 하는 에어컨 조작 방법에 대한 연구를 진행하였다. 주행 초기 운전자의 에어컨 조작으로 인한 산만함을 줄임과 동시에 집중도를 향상시킬 수 있는 에어컨 자동 조작 방법을 여름철 차량 내 열환경과 운전자 에어컨 조작 선호도를 바탕으로 분석하여 자동차용 공조시스템의 쾌적 제어 알고리즘 개발을 위한 자료를 얻고자 한다.

2. 본 론

2.1 피험자 선정

실험 참가자는 운전 면허증을 소지하고, 운전경험이 있는 20대 성인남성 지원자 40명을 대상으로 신장, 체중, 혈압, 맥박 등 기본적인 건강상태를 확인하고, 생활 주기가 일정한 20명의 피험자를 선정하여 실험을 진행하였다.

실험기간 중에는 실험에 영향을 줄 수 있는 무리한 운동이나 과로, 과식, 음주, 흡연 등을 금하도록 교육시키고, 규칙적인 일상생활을 유지하도록 주지시켰다. 특히, 배탈이나 급격한 인체변화가 있을시 즉시 연락을 취하게 하여 실험일정을 조정함으로써 타 피험자의 실험일정에 무리가 없도록 피험자들을 수시로 관리하였다. 또한, 실험에 응한 피험자에게는 실험 동의서를 제출받아 실험에 참가하도록 하였다.

실험에 참가한 피험자의 신체 치수와 한국인 평균 신체 치수를 Table 1에 나타내었다.

2.2 실험방법

실험은 2012년 6월 4일~6월 24일 동안 부산광역시 남구 신선로 소재 부경대학교 용당캠퍼스에서 실시하였으며, 여름철 운전자 탑승시 열쾌적성을 평가하기 위하여, 그늘이 없고, 주위가 개방되어 있는 야외주차장에서 진

Table 1 Anthropometric data of the subjects

	Subjects	Standard physique
Number of subjects	20	-
Age	25.5 ± 2.4	20 s(Twenties)
Height	173.9 ± 3.2	174
Weight	68.6 ± 7.5	71
Body mass	17.4 ± 4.6	18.5~23
Pulse	71.9 ± 9.6	50~100
Blood pressure	126.2/75.9 (± 11.4/10.5)	120/80

Note) KOSIS(KOrean Statistical Information Service), 2012.

행하였다. 피험자가 탑승하는 실험용 차량은 G사의 T모델 은색차량으로 2,000 cc 국내 생산용 중형 승용차이다.

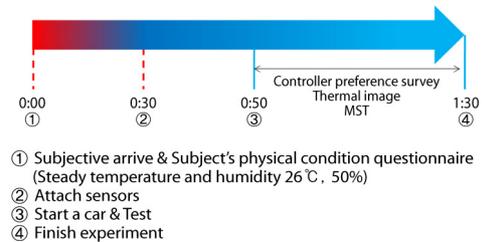
실험자는 실험 전 피험자에게 실험에 대한 전체적인 내용을 설명하였고, 피험자와 질의응답을 통해 실험과정에 대해 이해시켰다.

실험 스케줄은 피험자 도착과 동시에 30분간 건강상태에 대한 설문지를 작성하도록 하고, 기본적인 건강상태를 체크하였다. 인터뷰를 통하여 심리적 안정 상태를 확인하였으며, 피험자의 신체·심리 상태를 파악한 후 실험을 진행하였다.

30분간 피험자 상태를 확인한 후, 일사량, 차량 내부 온·습도 센서 및 데이터 수집 장비가 정상적으로 작동하는지를 확인한 후 본 실험을 실시하였다. 피험자는 본 실험을 실시하기 전 여름철 건물의 실내 환경 조건인 26℃, 50%에서 20분간 대기시켰다. 이는 여름철 높은 외기온도에 대해 피험자가 적응하는 시간을 최대한 배제시키기 위함이다.

본 실험에서 에어컨 작동 모드는 수동 모드, 환기는 미작동으로 진행하였으며, 피험자들은 차량 탑승과 동시에 자동차 에어컨 풍량과 풍향을 자유롭게 조작하도록 시킴으로써 피험자들의 조작 선호도를 조사하였다. Fig. 1은 실험 스케줄을, Fig. 2는 실험중인 피험자 사진을 나타내었다.

측정 장비는 Table 2에 나타내었으며, 환경 측 요소와 인체 측 요소로 나누어 측정하였다. 환경 측 요소로는 자동차 외부의 일사량과 자동차 내부에서의 온도와 습도, 실내로 송풍시키는 취출구의 온도를 측정하였고, 인체 측 요소로 열전대를 부착하여 피부온도를 측정하였고, 열화상 카메라를 이용하여 얼굴부위의 피



- ① Subjective arrive & Subject's physical condition questionnaire (Steady temperature and humidity 26℃, 50%)
- ② Attach sensors
- ③ Start a car & Test
- ④ Finish experiment

Fig. 1 Experimental procedure.



Fig. 2 Experiment view.

Table 2 Measurement

Measuring equipment	Model	Measurement data	Quantity
Pyranometer	-	Solar radiation	1ea
Data logger	MV2000	Data acquisition	1ea
Thermo-hygrometer	TR-72U	Temperature and humidity	3ea
Thermocouple	T-type	Supply air temperature and skin temperature	3point
Ventilation test Instrument	TSI 9555-P	Supply air speed	1ea
Thermal image	FLIR i60	Surface temperature	1ea

부온도를 촬영하였다.

인체 측 요소 중 피부온도는 직경 0.2 mm T-type 열전대를 사용하여 데이터를 매 10초 간격으로 Data logger에 실시간 저장되게 하였고, Hardy and Dubois 7점법⁽⁶⁾을 근거로 신체 7부위(이마, 하박, 손등, 복부, 대퇴, 하퇴, 발등)에 각 부위마다 가중치를 두어 평균피부온도를 계산하였다.

피험자들은 모두 동일한 의복을 착용 하도록 하였고, 착의량⁽⁷⁾은 의복중량을 이용한 Hanada, Mihira의 계산법으로 구하였으며, 여름철 일반인들의 착의량과 같은 0.5 clo이다. 대사량은 운전석에 앉아 설문에 응답하는 상태이므로 1.1MET로 가정하였다.

3. 실험결과

3.1 외기조건

야외에 주차된 승용차의 경우 태양 복사에너지, 외기로 인한 열전달, 지표면으로 부터의 열전달 등 주위환경의 영향을 많이 받는다. 특히, 외기나 지표면에서의 열전달은 태양 복사에너지의 축열과 복사로 인한 열전달 에너지이므로, 태양 복사에너지인 일사량이 자동차 내부의 온도에 미치는 영향이 대부분이라고 할 수 있다.

본 연구에서는 실험기간 중 일사량에 따른 실내온도를 기상청 지역별 상세 관측자료(AWS)를 기준으로 맑은 날과 흐린 날로 구분하여 운전자의 열쾌적성을 평가하였다. Table 3에 맑은 날과 흐린 날로 구분되어진 자동차 실내·외 온습도 범위를 나타내고 있다. 맑은 날의 경우 일사량에서 큰 편차가 나타나는 것은 실험 중 구름의 영향으로 태양이 가려지는 시간을 포함시켰기 때문이다.

Table 3에서 일사의 영향으로 자동차 내부의 온도가 일사량에 따라 15℃ 이상 차이가 나는 것을 확인할 수 있다. 이는 운전자가 차량 탑승시 실내온도에 의한 열적인 불쾌감에서 차이가 나타날 것으로 판단된다.

Table 3 Environmental climate of ambient

	Sunny	Cloudy
Quantity of solar radiation	754.9±258.3 kW/m ² · h	206.8±102.4 kW/m ² · h
Outside temperature	22.8~24.7℃	18.8~24.2℃
Outside humidity	59.9~72.7%	49.1~90.6%
Inside temperature	40.6~52.0℃	22.7~36.5℃
Inside humidity	14.0~33.5%	26.5~65%

3.2 차량내 풍량

차량내 에어컨의 송풍량은 실내부하를 제거하고, 운전자의 열적 불쾌감을 감소시키는 중요한 요소 중 하나이다. 또한, 강한 풍량은 운전자에게 콜드 드래프트로 인한 불쾌감을 유발할 수 있으므로 적절한 풍량 조절이 요구된다.

Table 4에서는 실험에 사용된 승용차의 풍량 조절 단계별 풍속을 나타내었다. 운전석을 기준으로 상부에 노출된 운전석 좌측과 우측 취출부, 운전석 아래로 취출되는 하부 취출부의 기류 속도를 측정하였다. 측정 방법은 건축물 TAB 수행항목에서의 송풍량 측정법 중 대수 선형 분할법을 사용하였다. 본 측정방법은 취출구 벽면의 마찰 저항을 고려한 측정방법으로 차량 취출구의 경우 좁은 면적으로 인한 오차를 줄이기 위해 5개의 측정점으로 부터 풍속이 측정되어졌다. 운전석 하부 취출구의 경우 취출구 형상을 정확히 확인할 수 없어 취출구 면적을 구하지 못하였다.

실험용 자동차의 풍량 조절은 수동 모드로써, 풍량 단계별 풍속을 측정한 결과를 Table 4에 나타내었다. 풍속은 1단 2.4 m/s, 2단 4.0 m/s, 3단 5.2 m/s, 4단 6.9 m/s로 각 단계별로 1.2 m/s~1.7 m/s 정도의 풍속차가 나타나는 것을 알 수 있었다.

Table 4 Air volume of supply diffuser

	Position	Air volume control Level				
		1	2	3	4	
Air speed (m/s)	Upper	Left	2.2	4.0	5.4	7.0
		Right	2.6	3.9	5.1	6.8
		Average	2.4	4.0	5.2	6.9
	Lower	3.1	5.0	5.6	7.4	
Area (m ²)	Upper	Left	0.0055			
		Right	0.00495			
	Lower	-				
Air volume (m ³ /h)	Left	43.3	79.0	106.3	138.2	
	Right	46.3	70.0	90.6	121.3	
	Lower	-				

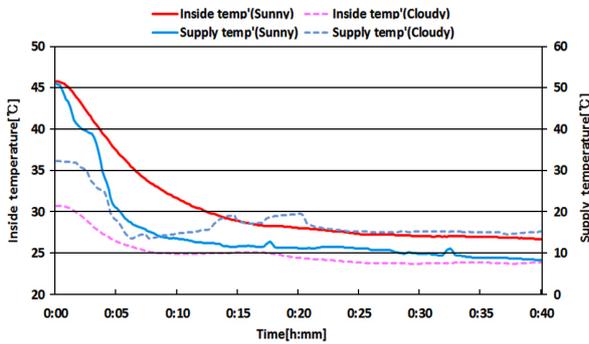


Fig. 3 Inside temperature and supply temperature in the car.

3.3 차량내 실내온도 변화

여름철 자동차의 경우 주차장의 부족으로 인하여 외부에 주차하는 경우가 대부분이고, 자동차 실내 열환경은 일사의 영향을 가장 많이 받는다.

Fig. 3은 실험 중 승용차 실내 평균 온도와 에어컨 취출 평균 온도를 보여주고 있다.

맑은 날의 경우 피험자 차량 탑승시 $45.8 \pm 2.7^{\circ}\text{C}$ 를 나타냄으로써 피험자가 실내에서 뿔어져 나오는 열기로 인해 차량 탑승을 꺼리는 경향을 보인 반면, 흐린 날의 경우 $30.7 \pm 3.8^{\circ}\text{C}$ 로 피험자는 차량 탑승에 대한 불쾌한 반응을 표현하지 않고 즉시 차량에 탑승하는 행동을 보였다.

또한, 차량 탑승과 동시에 에어컨을 가동시킴으로써 차량내부의 온도는 급격히 감소하는 경향이 나타났고, 에어컨 가동 20분 이후에는 맑은 날과 흐린 날의 실내 온도차가 일정하게 유지되면서 점차 24°C 로 수렴되고 있음을 알 수 있다.

자동차 내부 에어컨의 취출 온도는 일사량에 관계없이 에어컨 가동과 동시에 급격한 하강곡선을 나타내면서 5분 후 10°C 의 낮은 온도가 취출되었다. 맑은 날의 경우 피험자들은 높은 풍량 단계에서 에어컨을 지속적으로 가동시킴으로써 5분 이후에도 에어컨의 취출 온도는 점차 낮아지는 경향이 나타났으나, 흐린 날의 경우 5분 이후 취출 온도가 상승하는 경향이 나타났다. 또한, 12분부터 20분 사이 흐린 날 에어컨의 취출 온도가 높아진 이유는 낮은 에어컨 취출 온도로 인해 에어컨의 가동을 중지시키거나 냉방모드를 끄는 극단적인 행동을 취하는 피험자가 발생하였기 때문이다. 이로써, 실내온도에 따라 에어컨 취출 풍량의 조절이 필요하다고 사료된다.

3.4 에어컨 조작 선호도

본 연구는 여름철 운전자 탑승시 자동차 내부의 열

Table 5 Preference rate of air volume

Level	Time[h : mm]					
	0:00	0:05	0:10	0:15	0:20	
Stop	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
Sunny	Level 1	0.0%	0.0%	9.1%	18.2%	9.1%
	Level 2	27.3%	36.4%	36.4%	27.3%	45.5%
	Level 3	45.5%	36.4%	27.3%	18.2%	18.2%
	Level 4	27.3%	27.3%	27.3%	36.4%	27.3%
Stop	0.0%	16.7%	33.3%	50.0%	33.3%	
Cloudy	Level 1	50.0%	50.0%	33.3%	16.7%	16.7%
	Level 2	16.7%	0.0%	16.7%	16.7%	33.3%
	Level 3	33.3%	33.3%	16.7%	16.7%	16.7%
	Level 4	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%

Table 6 Preference rate of air direction

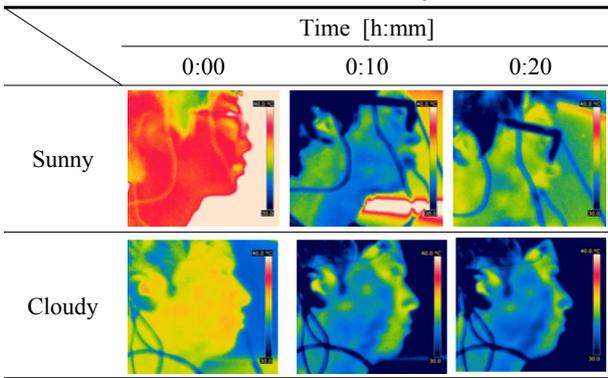
Direction	Time[h : mm]					
	0:00	0:05	0:10	0:15	0:20	
Stop	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
Sunny	Outside	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
	Body	45.5%	54.5%	81.8%	72.7%	72.7%
	Face	54.5%	45.5%	18.2%	27.3%	27.3%
	Stop	0.0%	16.7%	33.3%	50.0%	33.3%
Cloudy	Outside	33.3%	16.7%	0.0%	0.0%	33.3%
	Body	50.0%	50.0%	50.0%	50.0%	16.7%
	Face	16.7%	16.7%	16.7%	0.0%	16.7%

환경에 기초하여 피험자가 선호하는 에어컨 조작 방법에 대한 조사를 위해 진행되었다. 실험자는 피험자의 에어컨 조작에 전혀 관여하지 않았으며, 피험자의 조작 행동을 실험일지에 시간대 별로 체크하였다. 피험자의 에어컨 조작선호도를 Table 5와 Table 6에 나타내었다.

Table 5는 풍량에 대한 선호도이다. 맑은 날의 경우 피험자들은 높은 실내온도를 빠른 시간 내에 낮추기 위하여 높은 단계인 4단계와 3단계 풍량을 선호하였으며, 시간이 경과하면서 풍량을 줄이는 경향을 보였고, 10분경에는 풍량 1단계를 선호하는 피험자도 나타났다. 흐린 날의 경우 맑은 날 보다 낮은 실내온도로 인하여 탑승 초기부터 낮은 1단계의 풍량을 선호하는 경향이 나타났으며, 실험시작 5분 이후에는 에어컨을 중지시키는 피험자가 나타나기도 하였다.

Table 6에서는 풍향에 대한 선호도를 나타내었다. 탑승 초기 맑은 날의 경우 얼굴부위를 먼저 선호하고, 팔과 가까운 몸쪽을 선호함으로써 인체 말초부위의 높은 피부온도를 제거하여 인체의 온도를 낮추고, 시원한 바람을 노출된 부위에 자극시킴으로써 쾌적감을 높이기 위함이다. 에어컨 가동 5분 후부터 10분까지 열

Table 7 Thermal image



굴에 대한 선호도가 줄어드는 경향을 나타내면서 15분 경 부터는 얼굴과 몸에 대한 선호도가 소수의 피험자에 따라 선호하는 경향이 다르게 나타났다. 흐린 날의 경우 얼굴에 대한 선호도와 몸에 대한 선호도가 10분 까지 같은 분포를 나타내었으며, 이는 자동차 내부온도가 인체 심부온도보다 낮아서 인체로부터 발열시키려는 피부의 발열량이 적어 말초부위의 피부온도가 낮고, 피험자가 느끼는 열적 불쾌감이 감소되었기 때문이다.

흐린 날은 맑은 날에 비해 얼굴과 몸에 대한 선호도가 상당히 줄어들었다. 따라서, 피험자에게 대류로 인한 열전달을 느낄 수 없는 부위인 몸 바깥 부위 또는 에어컨을 중지시키는 피험자가 발생하였다. 에어컨을 정지하는 시점은 에어컨의 취출 온도가 안정화되는 10°C에 수렴하는 시점과 동일한 실험 시작 5분 후 이다.

Table 7에서는 실험 중 피험자들의 피부표면온도 변화를 열화상 카메라로 촬영한 사진으로 맑은 날 인체의 노출된 부위 중 하나인 얼굴부위의 온도가 높게 나타난 것은 인체로부터 방출열이 증가되어 인체 내부의 온도를 외부로 배출시킴으로써 인체의 열적 항상성을 유지하려는 생리적인 현상 때문이다. 흐린 날의 경우 외부로 발산되는 열이 맑은 날에 비해 낮은 온도 영역으로 확인되었고, 에어컨 가동 10분 후의 사진과 크게 차이를 보이지 않는다. 또한 10분 후 사진에서 맑은 날, 흐린 날 모두 얼굴 부위의 표면온도가 크게 차이가 나타나지 않았다. 이는 인체의 항상성을 유지하려는 생리적 현상인 기초 대사량이 감소하고, 인체는 열적으로 안정된 상태에 도달하였다고 판단된다.

3.5 평균피부온도

평균피부온도는 인체의 열적 평형성을 대표하는 객관적인 열쾌적 지표로 사용되고 있다.

평균피부온도에 관한 선행연구⁽⁸⁾에서는 쾌적감을 느끼는 인체의 피부온도는 33°C~34°C로 알려져 있다.

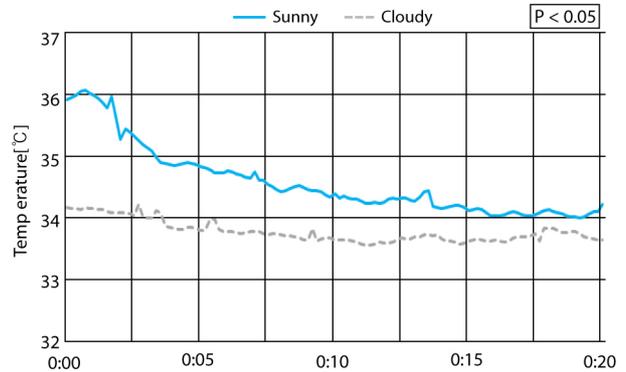


Fig. 4 Mean skin temperature.

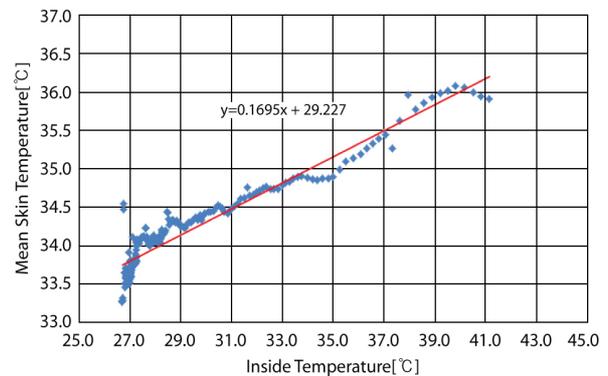


Fig. 5 Mean skin temperature regression equation of inside temperature.

Fig. 4에서 보여주듯이 맑은 날의 경우 피험자들은 높은 실내온도의 영향으로 노출된 부위인 이마, 팔, 손 등의 온도가 높아 탑승초기 피부온도는 높게 나타났다. 시간이 지남에 따라 차량내 에어컨에 의한 실내온도 하강으로 노출된 부위의 피부온도가 낮아짐으로 인해 피부온도는 쾌적영역에 도달하게 되어, 열평형을 위한 인체의 생리적 변화량도 줄어들게 되었다. 그러므로, 여름철 차량 탑승시 에어컨의 풍량은 자동차 실내부하를 빠른 시간에 제거하고, 인체의 열평형을 빨리 유지시킬 수 있도록 많은 양이 취출되어야 하며, 피험자들의 풍량 선호도에서 나타났듯이 높은 단계의 풍량을 선호한 것과 일치한다. 흐린 날의 경우 탑승초기부터 피부온도는 쾌적영역에 가까웠으며, 5분 이내에 쾌적영역에 도달되었고, 이후 쾌적영역 내에서 피부온도를 유지하였다. 이는 탑승시 맑은 날에 비해 실내온도가 낮고 피부로부터 열발산량이 적어 생리적 변화량이 감소되었음을 의미한다.

Fig. 5에서는 맑은 날 실내온도 변화에 따른 MST 변화에 대한 회귀선을 통계분석을 이용하여 나타내었다. 다중 상관계수는 0.953, 결정계수는 0.901로 높은 상관관계를 보였다. 회귀식은 식(1)과 같이 도출되었다.

$$Y = 0.17X + 29.227 \quad (1)$$

선행연구에서 쾌적감을 느끼는 인체 평균피부온도인 33℃~34℃를 자동차 실내환경에 적용시킨다면, 식 (1)로부터 자동차 내부의 실내온도는 약 28.1℃ 이하를 유지시켰을 때 자동차 운전자의 평균피부온도는 쾌적 범위에 도달하게 된다.

4. 논 의

본 연구는 여름철 승용차 탑승 초기 일사량에 의한 차량내 실내온도 차이가 운전자의 에어컨 조작 방법에 미치는 영향을 실측 및 관찰하였다.

인체는 내부로부터 지속적으로 열을 생산해내며, 인체의 내부는 항상 일정한 온도를 유지해야 하기 때문에 외부로부터 열을 방출시킨다. 인체의 중심부로부터 방출되는 열은 외부 환경과 열전달을 하기 때문에 차량내 실내온도는 운전자의 열적 쾌적성과 깊은 관련이 있다. 따라서, 피험자들의 에어컨 조작 방법은 차량 내부온도에 따라 에어컨 작동 알고리즘에 변화를 주어야 한다.

여름철 야외에 주차된 차량의 경우 탑승 초기 일사량에 따라 약 15℃의 차량 실내·외 온도차가 크게 나타났고, 날씨에 관계없이 에어컨은 가동 후 5분경 10℃의 온도로 취출되었다. 그래서, 차량 실내·외 온도차의 영향으로 피험자들의 에어컨 조작 방법에서 다른 경향이 나타났다. Table 8에 여름철 차량 탑승 초기 에어컨 조작 선호도를 보여준다.

운전자 탑승 후 차량용 에어컨이 정상적으로 가동되는 시간은 5분 정도가 소요되는 것으로 실내온도 변화에서 나타났다. 이 시간동안 실내온도는 35℃와 25.8℃로 9℃의 실내온도차가 발생하였으며, 풍량 조작 선호도에서 맑은 날은 4단계 또는 3단계의 많은 풍량을 선호하였고, 흐린 날의 경우 1단계의 적은 풍량을 주로 선호하였다. 흐린 날의 경우 5분 이후에는 냉방 모드를 정지시키는 피험자가 나타나, 실내온도가 올라가는 경향을 보였다. 흐린 날 피험자들이 주로 낮은 풍량을 선호한 것은 인체 심부온도 보다 낮은 31℃의 자동차 실내 온도로 인해 인체 내부로부터의 열방출량이 감소됨으로써, 피부표면과 에어컨으로부터 송풍되는 취출 온도로 인한 열손실을 감소시키기 위함이다.

풍향 선호도에서 맑은 날의 경우 얼굴부위를 먼저 선호하고, 팔과 가까운 몸쪽을 선호함으로써 인체 말초부위의 높은 피부온도를 제거하여 인체의 온도를 낮추고, 시원한 바람을 노출된 부위에 자극시킴으로써 냉기로 인한 쾌적감을 높이려는 행동을 보였다. 탑승 초기에는 얼굴을 주로 선호하였으나, 시간이 경과 할수록 몸에 대한 선호도가 높게 나타났다. 흐린 날의 경우 몸 부위를 주로 선호하였으며, 에어컨의 냉기가 몸에 직접 닿는 것을 꺼려하는 행동을 보이면서, 몸 바깥쪽이나 에어컨을 정지하는 피험자가 생기기도 하였다.

일사량의 변화에 따라 에어컨 작동 모드를 피험자가 자유롭게 조작하여 선호도를 조사한 결과 피험자들의 조작 선호도에서 다른 경향의 조작 패턴은 시간에 따른 MST 변화에서 볼 수 있듯이 시간이 경과함에 따라 쾌적영역에 도달되어지며, 쾌적영역 범위 내에 포함되었다.

MST 결과에서 피험자들의 조작선호도에 의해 MST는 쾌적영역에 도달함으로써, 인체의 열적 쾌적상태를 유도하였다. 맑은 날은 흐린 날에 비해 쾌적영역보다 다소 높게 나타난 것은 운전석과 인체와의 접촉 면적이 늘어나 선행연구에서의 착의량보다 많기 때문에 인체 피부표면으로부터 방열할 수 있는 면적이 줄어들어 MST 측정 부위의 온도가 높아졌기 때문이다.

MST 결과에서 피험자들의 조작선호도에 의해 MST는 쾌적영역에 도달함으로써, 인체의 열적 쾌적상태를 유도하였다. 맑은 날은 흐린 날에 비해 쾌적영역보다 다소 높게 나타난 것은 운전석과 인체와의 접촉 면적이 늘어나 선행연구에서의 착의량보다 많기 때문에 인체 피부표면으로부터 방열할 수 있는 면적이 줄어들어 MST 측정 부위의 온도가 높아졌기 때문이다.

5. 결 론

본 연구에서는 에어컨 자동 조작 방법을 여름철 차량내 열환경과 운전자 에어컨 조작 선호도를 바탕으로 자동차용 공조시스템의 쾌적모드 알고리즘을 아래와 같이 제안하고자 한다.

- (1) 차량내 실내온도가 45℃ 이상인 경우 강한 풍량(3단계 또는 4단계)으로 10분간 지속적으로 유지시키고, 10분 이후부터는 점차 낮은 풍량으로 조절하며, 풍향은 탑승시 얼굴, 5분 후 몸(가슴) 부위로 전환시킬 필요가 있다.
- (2) 차량내 실내온도가 인체 심부온도보다 낮은 36.5℃ 이하인 경우 낮은 풍량(1단계)으로 에어컨을 가동시키고, 풍향은 탑승시 부터 운전자의 피부에 직접 닿지 않는 몸쪽으로 유지시킬 경우 차량 탑승 초기

Table 8 Preference of air conditioner controller in the car

Section	Time[h : mm]					
	0 : 00	0 : 05	0 : 10	0 : 15	0 : 20	
Sunny	Air volume	Level 3	Level 2, 3	Level 2	Level 4	Level 2
	Air direction	Face	Body	Body	Body	Body
Cloudy	Air volume	Level 1	Level 1	Stop or Level 1	Stop	Stop or Level 2
	Air direction	Body	Body	Body	Stop or Body	Stop or Outside

운전자의 열적 쾌적감을 단기간에 향상시킬 수 있으리라 사료된다.

- (3) 차량내 실내온도 변화에 따른 탑승자 평균피부온도의 상관관계를 회귀식으로 도출한 결과 $Y=0.17X + 29.227$ 과 같이 나타낼 수 있으며, 실내온도가 28.1°C 이하가 될 때 평균피부온도는 쾌적영역에 포함된다.
- (4) 본 연구에서는 자동차의 이동이 없는 한정된 공간, 시간적 제약으로 인해 차량 탑승 초기에 대한 운전자의 열적 쾌적성 평가를 중점적으로 다루었지만, 차후에는 차량용 시뮬레이터나 실제 주행 환경에서의 추가 연구가 필요할 것으로 사료된다.

후 기

이 논문은 2011학년도 부경대학교의 지원을 받아 수행된 연구임(PK-2011-62).

References

- 1. Ministry of Land, Infrastructure and Transport, Korea.
- 2. National Police Agency.
- 3. Park, D. U., Jin, K. W., and Yoo, K. N., 2006, Analysis

on non-malignant respiratory and drowsiness rate symptom for passengers using subway in Seoul, Journal of Environmental Health Sciences, Vol. 32, No. 5, pp. 412-417.

- 4. Chung, H. J., Kim, H. W., and Park, C. W., 2010, Analysis of advanced driver assistance system technology trend, Proceedings of the KMMS '10 Autumn Annual Conference, pp. 661-664.
- 5. Han, C. H. and Sim, K. B., 2008, Development of driver's emotion and attention recognition system using multi-modal sensor fusion algorithm, Journal of Korean Institute of Intelligent Systems, Vol. 18, No. 6, pp. 754-761.
- 6. Hardy, J. D. and Dubois, E. F., 1938, The technique of measuring radiation and convection, Journal of Nutrition, Vol. 15, No. 5, pp. 461-475.
- 7. Gagge, A. P., Burton, A. C., and Bazett, H. C., 1941, A practical system of units for the description of the heat exchange of man with his environment, Science, Vol. 94, No. 2445, pp. 428-430.
- 8. Kim, D. K., 1998, Study on evaluation of thermal comfort and correction of comfort index for Korean, Ph.D. thesis, Pukyong National University, Busan, Korea.