

## 승차감 관련 주관평가와 객관평가의 상관성 연구

김민석<sup>1)</sup> · 김연태<sup>1)</sup> · 문원길<sup>1)</sup> · 안세진<sup>2)</sup> · 유완석<sup>\*3)</sup>

부산대학교 기계설계공학과<sup>1)</sup> · 부산대학교 기계기술연구소<sup>2)</sup> · 부산대학교 기계공학부<sup>3)</sup>

### Correlation between Subjective and Objective Assessments of Ride Comfort

Minseok Kim<sup>1)</sup> · Yontae Kim<sup>1)</sup> · Wonkil Moon<sup>1)</sup> · Sejin Ahn<sup>2)</sup> · Wansuk Yoo<sup>\*3)</sup>

<sup>1)</sup>Department of Mechanical Design Engineering, Pusan National University, Busan 609-735, Korea

<sup>2)</sup>Research Institute of Mechanical Technology, Pusan National University, Busan 609-735, Korea

<sup>3)</sup>School of Mechanical Engineering, Pusan National University, Busan 609-735, Korea

(Received 1 December 2006 / Accepted 28 April 2007)

**Abstract** : In order to compare subjective and objective assessments, a passenger car was driven at several speeds over several road profiles. To measure the acceleration signals experienced by the seated subject who provided an subjective assessment, four triaxial translational accelerometers and one triaxial gyro sensor were mounted on the steering wheel and on the passenger seat and floor, respectively. Correlations were determined between the measured accelerations and the subjective assessments of 3 expert subjects and 9 general subjects using psychophysical power law.

**Key words** : Ride comfort(승차감), Human vibration(인체진동), Subjective assessment(주관평가), Objective assessment(객관평가), Psychophysical law(정신물리학 법칙)

#### 1. 서론

차량에 대한 소비자들의 만족도 평가에서 ‘안락감(comfort)’이 차지하는 비중이 나날이 증가함에 따라 차량의 안락감을 향상하기 위한 노력은 차량 개발 단계에서뿐만 아니라 개발이 완료된 후에도 많은 개발비용과 노력이 이루어지고 있다. 차량의 안락감을 향상시키기 위하여 차량에서 발생하는 진동량 자체를 줄이려는 정량적인 방법과 더불어 인체에 더욱 민감한 진동을 먼저 줄이는 정성적인 방법이 연구되어 왔다.<sup>1-4)</sup>

차량의 안락감은 정적 안락감과 동적 안락감으로 구분된다. 정적 안락감은 시동이 꺼진 상태에서 운전자가 느끼는 것이고, 동적 안락감은 엔진이 시동

된 이후에 발생하는 소음·진동으로 인해 운전자가 느끼는 것이다. 특히 동적 안락감은 차량의 성능평가시에 중요하게 다루어지며 차량에서 발생하는 소음·진동의 크기와 주파수 특성, 그리고 운전자의 인체특성 등에 의한 복합적인 요인의 의해 결정된다.<sup>5,6)</sup>

차량의 동적 안락감은 전문운전자(test driver)에 의해 주관적으로 평가하는 방법과 인체와 접촉하는 부위의 진동신호를 측정하여 적절한 신호처리 후 정량적인 값으로 나타내는 객관적인 평가방법으로 나누어진다. 전문운전자에 의한 주관평가의 결과는 재현성과 객관성에 대한 논란이 생길 뿐만 아니라 안락감 향상을 위한 설계방향을 제시하기 어려운 단점이 있다. 그러나 현재까지는 믿고 사용할만한 객관적 방법이 없으므로 평가 현장에서는 주관적

\*Corresponding author, E-mail: wsyoo@pusan.ac.kr

방법을 널리 사용하고 있다. 반면에 차량에서 발생하는 진동신호와 인체의 특성이 고려된 객관적인 평가방법은 일관성을 가질 뿐만 아니라 진동신호의 특성을 분석함으로써 안락감을 저해하는 원인규명을 위해 중요한 정보로 활용할 수 있다.<sup>2)</sup>

차량에 탑승한 운전자에게 전달되는 진동은 크게 전신진동(whole-body vibration)과 수완계 진동(hand-arm vibration)으로 구분할 수 있다.<sup>5)</sup> 전신진동은 시트(seat surface)와 등받이(backrest)를 통한 시트진동, 페달(pedal)과 바닥(floor)을 통한 발 진동으로 구분되며, 수완계 진동은 조향 휠을 통해 전달되는 진동이다.

본 연구에서는 주행 중인 차량에서 탑승자가 느끼는 승차감의 주관평가와 객관평가에 대한 상관성을 조사하기 위해 실제 차량 주행시험을 실시하였다. ISO 2631-1<sup>7)</sup>과 BS 6841<sup>8)</sup>에서 정의하고 있는 전신진동(whole body vibration) 뿐만 아니라 조향 휠에서의 진동에 대한 주관평가와 객관평가를 실시함으로써 차량에서의 종합적인 승차감의 정량적인 평가방법을 확립하고자 한다. 가속도 신호의 정량적인 값을 구하기 위해 다양한 방법의 신호분석을 실시하였고, 정신물리학적 법칙<sup>9)</sup>(psychophysical law)을 이용하여 주관 평가자의 승차감 지수와의 상관성을 분석하였다.

## 2. 실차 주행시험

### 2.1 시험장비

평가자의 손, 발, 엉덩이 및 등으로 전달되는 가속도를 측정하기 위해 Fig. 1 및 Fig. 2와 같이 센서를 설치하였다. 인체진동 측정 좌표계에서 정의하고 있는 엉덩이의 3축의 병진방향과 3축의 회전방향의 가속도를 측정하기 위해서 Fig. 3과 같이 3축 병진 가속도계와 3축 각속도 센서를 부착하여 seat pad 타입으로 지그를 제작하였다. 이로 인해 실제 시트에서 발생하는 진동과는 차이가 발생할 수는 있지만, 인체의 엉덩이가 민감하게 반응하는 1~10Hz의 신호를 재현할 수 있으므로 seat pad에서의 진동에 대한 주관평가가 가능하다.

센서로부터 출력되는 가속도 신호는 National Instrument사의 LabVIEW 7.1(S/W)과 데이터 수집

보드인 PXI-4472B(H/W)가 장착된 PXI system(PC)을 이용하여 실시간으로 저장하였으며, 실험에 사용된 데이터 처리 장치를 Fig. 4에 나타내었다.

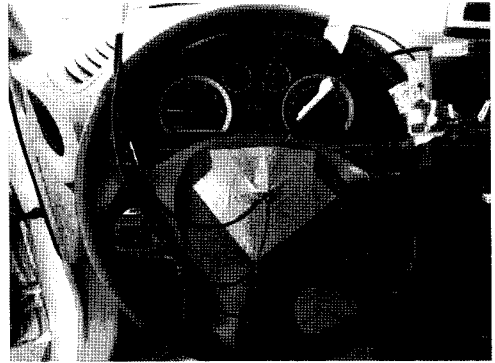


Fig. 1 Triaxial accelerometer on the steering wheel

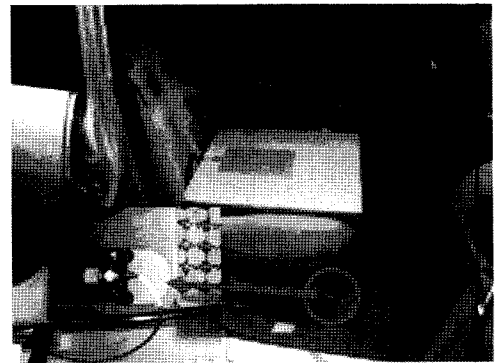


Fig. 2 Triaxial accelerometers on the seat and floor

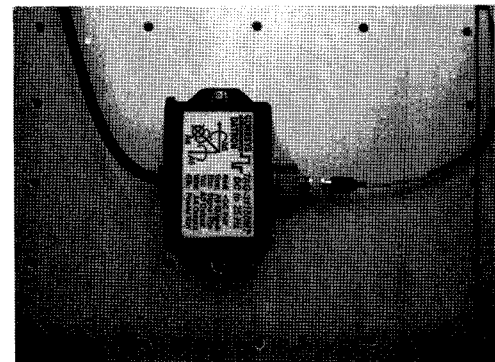


Fig. 3 6-axis seat pad module on the seat surface

### 2.2 시험방법

실차 시험은 자동차부품연구원에서 보유하고 있는 여러 가지 도로 중 Fig. 5에 나타낸 직선로, 장과

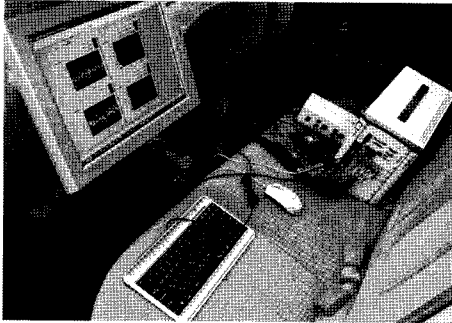


Fig. 4 Data acquisition system



Fig. 6 Subject's posture on a driver's seat

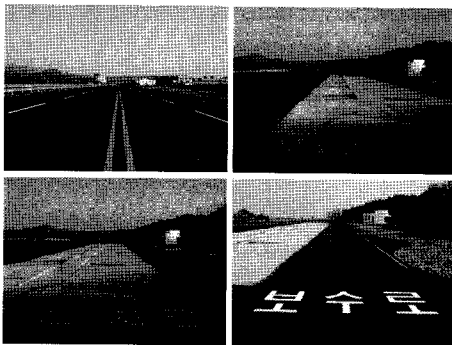


Fig. 5 Roads for ride comfort test



Fig. 7 Subject's posture on a passenger seat

형로, 단차로, 보수로를 시험도로로 선정하여 주행하였다. 직선로를 제외한 나머지 시험도로는 길이가 100m로 일정하므로 직선로에서도 100m구간을 지정하여 그 구간에서 주관평가와 객관평가를 실시하였다. 직선로에서는 40, 60, 80km/h, 그 이외에서는 20, 40km/h의 속도로 주행하였다. 시험에 사용된 차량은 배기량이 2000cc인 국내에서 생산되는 SUV (sports utility vehicle)이며, 운전과 주관평가가 동시에 수행되어야 하므로 안전을 고려하여 전신진동에 대한 주관평가는 조수석에서, 조향 휠 진동에 대한 주관평가는 운전석에서 실시하였다. 운전석에서의 주관 평가자는 Fig. 6과 같이 핸들을 편하게 잡을 수 있게 의자를 조절하여 앉도록 하였으며, 항상 정속주행과 주관 평가시에 오직 손으로만 전해오는 불편함을 평가할 수 있도록 주시시켰다. 조수석에서의 주관 평가자는 Fig. 7과 같이 소음의 영향을 최대한 줄이기 위해 백색잡음(white noise)이 재생되는 헤드폰(headphone)을 착용하게 하였으며 시각적인 효과도 방지하기 위해 안대(eye bandage)를 착용하도록 하였다.

### 2.3 주관평가

주관평가는 두 그룹으로 나누어서 실시하였다. 첫 번째 그룹은 전문 평가자로서 실차시험 및 평가에 오랜 경험을 가지고 있는 3명의 평가자가 참여하였다. 두 번째 그룹은 일반 평가자로서 26세부터 31세 사이의 9명의 평가자들로 이루어져 있으며 참여한 일반 평가자들의 평균 신장은 173.2cm(최대 184cm, 최소 165cm)이고 평균 체중은 70.7kg(최대 93kg, 최소 54kg), 평균 운전경력은 5.1년(최대 9년, 최소 1년)이다. 주관평가는 운전석에서는 손, 조수석에서는 발, 엉덩이, 등 그리고 전체적인 승차감 5개 항목으로 나누어 실시하였다. 전문 평가자는 어떠한 기준 없이 절대적인 값으로 평가하도록 하였으며, 일반 평가자는 직선로 40km/h를 기준 조건으로 하여 이를 통과할 때 느낀 승차감의 정도와 평가지수(7점)를 기억하고, 다른 조건에서의 승차감을 기준 조건의 승차감과 비교하여 상대적인 값으로 표현하도록 하였다. 상대적인 주관평가지수는 Fig. 8과 같이 0~10점으로 표현하도록 하였고, 편할수

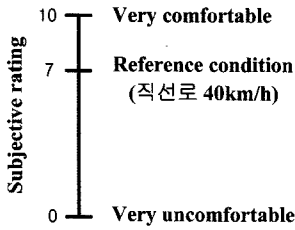


Fig. 8 Subjective scale of discomfort to reference condition (for general subject)

록 10점, 불편할수록 0점에 가깝게 평가하도록 하였다. 만약 주관 평가자가 평가지수를 결정하지 못할 경우에는 시험을 반복할 것을 요구하도록 하였다.

2.4 객관평가

시트와 바닥 그리고 등받이에 설치된 센서에서 측정된 전·후, 좌·우, 상·하 방향의 가속도 신호는 Fig. 9와 같이 ISO 2631-1에서 규정하고 있는 앉은 자세(seated posture)의 진신진동에 대한 주파수 가중함수를 적용하였다. ISO 2631-1에서는 진동에 반응하는 인체의 주파수 특성을 나타내는 주파수 가중함수뿐만 아니라 진동에 노출되는 인체의 부위와 방향에 대한 축 가중 값(multiplying factor)을 규정하고 있는데, Fig. 10에서처럼 진동에 노출되는 인체의 부위와 방향에 따라 다른 주파수 가중함수와 축 가중 값을 적용한다. 조향 휠에 대한 진동은 주파수 가중함수를 적용하지 않고 원래 가속도 신호를 사용하였다.

주파수 가중함수를 가속도 신호에 적용하는 방법으로는 주파수 가중함수에 해당하는 디지털 필터(digital filter)를 시간신호에 적용하는 방법과 가속도 신호를 주파수 영역으로 변환하여 주파수 가중함수를 적용한 후 다시 시간영역으로 변환하는 방법이 있는데, 본 연구에서는 분석시간이 비교적 짧은 전자의 방법을 이용하였다.

주파수 가중함수가 적용된 가속도 신호로부터 정량적인 객관평가 지수를 구하기 위해 본 연구에서 사용한 신호분석 절차와 계산방법이 Fig. 10에 나타나 있다. 이산화(discrete)되어 주파수 가중 필터가 적용된 가속도 신호의 각 방향에 대한 성분지수(CRV, component ride value)는 다음 식들과 같이 다양한 방법으로 구할 수 있다.

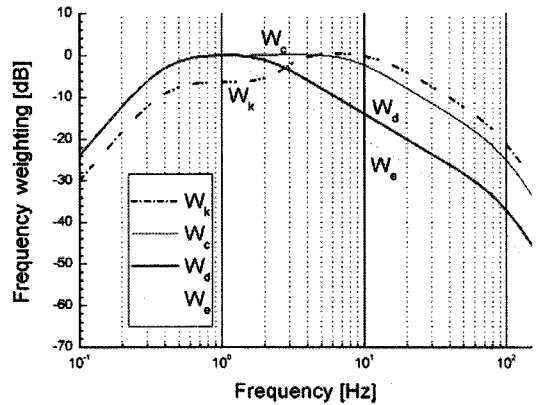


Fig. 9 Frequency weighting functions for seated whole-body in ISO 2631-1

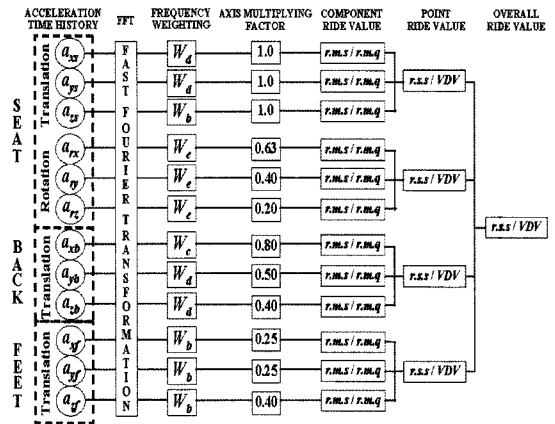


Fig. 10 Procedure and method of signal analysis for objective assessment

$$CRV_{r.m.s} = \left( \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N a^2(i) \right)^{1/2} \tag{1}$$

$$CRV_{RMQ} = \left( \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N a^4(i) \right)^{1/4} \tag{2}$$

여기서 a(i)는 주파수 가중 필터가 적용된 i 번째 가속도 값의 진폭이며, N은 획득된 진동 신호의 총 개수이다. 식 (1)은 가속도 값의 실효치(r.m.s, root mean squares)로서 진동량의 단순 크기를 나타낸다.

이와는 달리, 식 (2)와 같은 방법은 측정된 가속도 값이 충격이나 과도신호를 포함할 때, 그 신호의 효과를 좀더 잘 표현할 수 있는 방법이다. 식 (2)는 가속도 값의 4승 평방근(RMQ, root mean quad)으로 성분 지수를 정의한다.

그리고 성분 지수를 하나의 객관평가 지수로 나타내는 총 지수(ORV, overall ride value)는 성분 지수를 정의하는 방법에 따라 다음과 같이 다르게 환산한다.

$$ORV_{r.s.s} = \left( \sum CRV_i^2 \right)^{\frac{1}{2}} \quad (3)$$

$$ORV_{VDV} = \left( \sum CRV_i^4 \right)^{\frac{1}{4}} \quad (4)$$

식 (3)은 각 성분 지수의 제곱 합의 2승근(r.s.s, root sums of squares)으로 정의하는 방법이다. 그리고 식 (4)는 각 성분 지수의 4제곱 합의 4승근(VDV, vibration dose value)으로 총 지수를 정의하는 방법이다.

총 지수를 구하는 식에서  $i$ 는 식 (1), (2)중 하나의 값을 택하면 된다. 본 연구에서는 위에서 소개한 2가지 방법으로 구한 성분지수에 대한 2가지 방법의 총 지수 값들을 객관 평가 지수로 사용하였다.

### 3. 주관평가와 객관평가의 상관도 분석

9종류의 시험조건과 5가지 승차감 항목에 대한 12명의 평가자들이 주관 평가한 결과를 Table 1에 나타내었다. Table 1은 각각의 시험모드에서 3명의

전문 평가자와 9명의 일반 평가자들의 주관 평가 지수를 평균한 값을 나타내고, 괄호 안의 값은 표준편차를 나타낸 것이다.

Table 1을 보면 모든 승차감 항목에서 전문 평가자의 주관평가 지수의 평균값의 범위가 6.1~7.4인데 반해 일반 평가자의 경우에는 범위가 4.2~7.3으로서 차이가 존재한다. 이러한 차이는 두 평가자 그룹간의 주관평가방법의 차이에 의한 것이다. 즉, 일반 평가자는 기준 조건에 상대적인 값으로 0~10점으로 평가하였으나 전문 평가자는 기준 조건 없이 절대적인 값으로 평가함으로써 주관평가 지수의 척도가 다르게 설정되었기 때문이다.

5가지 승차감 항목에 대한 12명의 평가자들의 주관평가와 객관평가의 상관성을 분석하기 위해 Stevens의 정신물리학적 급수 법칙(psychophysical power law)을 이용하였다. Stevens는 감각의 크기와 자극강도 사이의 관계성의 형태는 급수 함수(power function)라고 제안하였다.<sup>5)</sup> 이 법칙은 식 (5)와 같이 나타내어진다.

$$\psi = k\phi^\alpha \quad (5)$$

여기서  $\psi$ 는 감각의 크기이고,  $\phi$ 는 자극의 강도

Table 1 Subjective assessment values

mode	Expert subject					General subject				
	All	Feet	Hip	Back	Hand	All	Feet	Hip	Back	Hand
직선로 40km/h	7.4 (0.4)	7.2 (0.7)	7.0 (0.2)	7.4 (0.4)	7.1 (0.3)	7.0 (0.0)	7.0 (0.0)	7.0 (0.0)	7.0 (0.0)	7.0 (0.0)
직선로 60km/h	7.2 (0.6)	7.1 (0.7)	7.0 (0.2)	7.4 (0.4)	7.1 (0.3)	6.9 (0.4)	7.2 (0.4)	6.8 (0.4)	6.8 (0.3)	6.9 (0.4)
직선로 80km/h	7.2 (0.6)	7.1 (0.7)	6.9 (0.4)	7.2 (0.6)	7.0 (0.2)	7.3 (0.7)	7.6 (0.7)	7.2 (0.8)	7.2 (0.7)	7.8 (0.6)
장파형 20km/h	7.1 (0.1)	6.8 (0.1)	7.0 (0.2)	7.1 (0.1)	6.9 (0.3)	6.1 (0.3)	6.7 (0.5)	6.2 (0.3)	6.4 (0.6)	6.2 (0.6)
장파형 40km/h	6.7 (0.3)	6.8 (0.3)	6.7 (0.3)	7.0 (0.2)	7.0 (0.2)	5.5 (1.0)	6.2 (0.8)	5.5 (0.8)	5.8 (0.8)	6.1 (0.6)
단차로 20km/h	6.4 (0.4)	6.7 (0.3)	6.3 (0.3)	6.5 (0.3)	6.8 (0.1)	4.3 (0.9)	5.2 (1.3)	4.3 (1.1)	4.3 (1.0)	4.7 (0.8)
단차로 40km/h	6.1 (0.4)	6.7 (0.5)	6.1 (0.4)	6.1 (0.4)	6.1 (0.3)	4.2 (1.2)	4.9 (1.3)	4.1 (1.3)	4.2 (1.2)	4.4 (1.0)
보수로 20km/h	6.9 (0.1)	7.0 (0.2)	6.8 (0.1)	6.9 (0.1)	6.6 (0.2)	5.6 (0.8)	6.0 (0.6)	5.6 (0.8)	5.6 (0.7)	5.3 (0.7)
보수로 40km/h	6.8 (0.1)	6.9 (0.4)	6.7 (0.3)	6.9 (0.1)	6.6 (0.2)	5.6 (1.1)	5.9 (0.7)	5.5 (1.1)	5.3 (1.1)	5.3 (0.9)

이며,  $k$ 는 척도단위를 결정하는 임의적인 상수이다.

그리고  $\alpha$ 는 감각 양상과 자극 조건들에 의존하는 지수이다. 대수변환이 식 (5)의 양쪽에 수행될 때 지수  $\alpha$ 의 값에 동등한 기울기를 가진 식 (6)과 같은 일차함수(linear function)가 된다.

$$\log \psi = \log k + \alpha \log \phi \quad (6)$$

본 연구에서는 성분 지수를 이용하여 구한 총 지수 (ORV), 즉 객관평가 지수를 자극의 크기( $\phi$ )로 하고 주관평가자의 승차감 지수를 반응의 크기( $\psi$ )로 활용하여 최소자승법(method of least squares)을 이용하여 그 자료에 가장 잘 적합 하는 급수 방정식의 상수들인  $\log k$  와  $\alpha$ 를 결정하였다.

Fig. 11에 나타난 9개의 점들은 9가지의 시험조건에 대한 일반 평가자 9명의 시험으로 평균된 객관평가 지수를 가로축 값으로 하고 전체 승차감에 대한 주관평가 지수를 세로축 값으로 하여 나타난 것이다. 그리고 이 점들에 선형적합(linear fitting)법을 적용하여 구한 직선을 Fig. 11에 나타내었으며, 이 직선의 기울기와 절편 값 및 결정계수(determination coefficient)를 그림 속에 표시하였다.

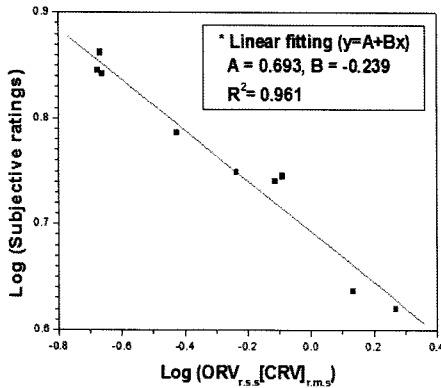


Fig. 11 Linear equation correlated between subjective and objective assessments (ORV<sub>r.s.s</sub>[CRV]<sub>r.m.s</sub>)

일련의 시험으로부터 얻은 신호에 대하여 2.4절에서 소개된 다양한 방법으로 구한 객관평가 지수와 주관평가 지수를 선형 적합할 결과를 Table 2와 Table 3에 정리하였다. Table 2와 Table 3에 나타난 회귀식의 기울기(B), 즉 지수  $\alpha$ 를 보면 전문 평가자의 기울기의 절대값이 일반 평가자보다 작다. 이는

Table 2 Parameters of linear fitting with various objective assessment methods (Expert subject)

Objective assessment methods			Linear regression parameters		
Item	ORV	CRV	A(log k)	B( $\alpha$ )	R <sup>2</sup>
All	r.s.s	r.m.s	0.817	-0.074	0.946
		RMQ	0.830	-0.067	0.932
	VDV	r.m.s	0.808	-0.074	0.943
		RMQ	0.821	-0.067	0.929
Foot	r.s.s	r.m.s	0.820	-0.028	0.678
		RMQ	0.827	-0.024	0.639
	VDV	r.m.s	0.819	-0.028	0.680
		RMQ	0.826	-0.024	0.642
Hip	r.s.s	r.m.s	0.811	-0.053	0.843
		RMQ	0.820	-0.049	0.850
	VDV	r.m.s	0.805	-0.053	0.850
		RMQ	0.815	-0.049	0.854
Back	r.s.s	r.m.s	0.806	-0.071	0.931
		RMQ	0.819	-0.066	0.948
	VDV	r.m.s	0.803	-0.072	0.932
		RMQ	0.817	-0.067	0.949
Hand	r.s.s	r.m.s	0.850	-0.056	0.799
		RMQ	0.856	-0.049	0.805
	VDV	r.m.s	0.843	-0.056	0.800
		RMQ	0.850	-0.048	0.807

Table 3 Parameters of linear fitting with various objective assessment methods (General subject)

Objective assessment methods			Linear regression parameters		
Item	ORV	CRV	A(log k)	B( $\alpha$ )	R <sup>2</sup>
All	r.s.s	r.m.s	0.693	-0.239	0.961
		RMQ	0.735	-0.218	0.957
	VDV	r.m.s	0.664	-0.239	0.947
		RMQ	0.708	-0.217	0.944
Foot	r.s.s	r.m.s	0.678	-0.169	0.917
		RMQ	0.718	-0.151	0.929
	VDV	r.m.s	0.673	-0.168	0.913
		RMQ	0.712	-0.152	0.928
Hip	r.s.s	r.m.s	0.681	-0.241	0.961
		RMQ	0.723	-0.222	0.963
	VDV	r.m.s	0.659	-0.240	0.947
		RMQ	0.703	-0.218	0.947
Back	r.s.s	r.m.s	0.640	-0.234	0.939
		RMQ	0.683	-0.217	0.957
	VDV	r.m.s	0.631	-0.236	0.927
		RMQ	0.675	-0.219	0.945
Hand	r.s.s	r.m.s	0.844	-0.232	0.915
		RMQ	0.870	-0.201	0.927
	VDV	r.m.s	0.817	-0.231	0.915
		RMQ	0.846	-0.199	0.927

앞서 설명한 것처럼 두 평가자 그룹간의 주관평가 방법의 차이로 인해 전문 평가자의 주관평가지수의 변동폭이 일반 평가자보다 작기 때문이다. 평가항목별로 비교해보면 두 주관 평가자 집단 모두 발에 대한 지수  $\alpha$ 의 절대값이 다른 항목에 비해 작다. 지수  $\alpha$ 가 자극의 크기가 증가할 때 감각이 증가하는 비율을 의미하므로 주관 평가자가 발의 진동에 대해서 덜 민감하게 반응한다는 것을 알 수 있다.

Table 3에 나타난 일반 평가자는 모든 평가항목에서 0.9이상의 높은 선형 상관도를 가지는 반면, Table 2의 전문 평가자의 경우 엉덩이, 손에서 일반 평가자에 비해 낮은 상관도를 보이고 있고, 특히 자극에 의한 민감도가 낮은 발에서 가장 낮은 상관도를 보이고 있다. 이러한 결과는 전문 평가자의 주관평가지수의 척도가 일반 평가자의 평가척도와 틀리고 주관평가지수의 변동폭이 작음으로 인해 발생한다고 생각된다.

#### 4. 결론

본 연구에서는 주행 중인 차량이 주행 중 탑승자가 느끼는 승차감을 객관화하기 위하여 3명의 전문 평가자와 9명의 일반 평가자를 대상으로 발, 엉덩이 및 등으로 전달되는 전신진동과 손으로 전달되는 조향 휠 진동에 대한 주관평가와 객관평가를 실시하였다.

- 1) ISO 2631-1에서 정의하고 있는 주파수 가중합수를 적용하여 객관평가지수를 구하였고 이를 정신물리학적 법칙을 이용하여 주관평가지수와 상관관계를 도출하였다. 이러한 상관관계를 이용하여 차량에서의 승차감을 정량적으로 평가할 수 있다.
- 2) 주관 평가자는 손, 엉덩이 및 등에 비해 발로 전달되는 진동에 대해 덜 민감하게 반응한다는 것을 알 수 있었다. 일반 평가자와 전문 평가자간의 주관평가방법의 차이로 인해 주관평가지수의 분포 양상이 다르게 나타났고, 일반 평가자는 모든 평가항목에서 객관평가지수와 높은 선형 상관도를 보였지만, 전문 평가자의 경우에는 엉덩이와 손 특히 발에서 낮은 상관도를 보였다.
- 3) 전문 평가자의 주관평가지수와 객관평가지수의

상관도를 높이기 위하여 절대적인 주관평가의 통계적인 방법에 대한 연구가 필요하다.

#### 후 기

본 연구는 과학기술부 국가지정연구실 사업(과제번호 M10400000329)과 산업자원부 미래형자동차 사업(과제번호 10016789)의 지원으로 이루어졌으므로 지원기관에 감사사를 드립니다.

#### References

- 1) Y. S. Lee, S. G. Lee and S. J. Park, "An Estimation of Comfort on the Automobile Driver Seat Korean Anthropometric Experiment," Transactions of KSAE, Vol.4, No.3, pp.61-72, 1996.
- 2) G. S. Paddan and M. J. Griffin, "Evaluation of Whole-Body Vibration in Vehicle," Journal of Sound and Vibration, Vol.253, No.1, pp.195-213, 2002.
- 3) Y. G. Cho, S. J. Park and Y. S. Yoon, "Human Response Measurement and Ride Quality Evaluation for Seats Having Various Material Properties," Transactions of KSAE, Vol.8, No.3, pp.171-180, 2000.
- 4) M. G. Kim, W. S. Yoo and J. H. Kim, "Evaluation of Ride Comfort Considering Seat and Ride Vibration Modes," Transactions of KSAE, Vol.10, No.4, pp.93-99, 2002.
- 5) M. J. Griffin, Handbook of Human Vibration, Academic Press, 1990.
- 6) H. K. Jang, S. H. Kim, Y. H. Chung and J. H. Jang, "Development of Objective Vehicle Ride Index," KSNVE Fall Conference, pp.450-454, 2001.
- 7) International Organization for Standardization, Mechanical Vibration and Shock Evaluation of Human Exposure to Whole-Body Vibration, ISO 2631-1, 1997.
- 8) British Standards BS6841, Measurement and Evaluation of Human Exposed to Whole-Body Mechanical Vibration and Repeated Shock, 1987.
- 9) S. S. Stevens, Handbook of Experimental Psychology, Wiley, New York, 1951.