

운전시 부작업이 수행도와 심리적 작업부하에
미치는 영향
-The Effects of Secondary Task on Driving
Performance and Subjective Workload-

윤상영*

Yoon, Sang Young

이근희**

Yi, Geun Heui

김정룡**

Kim, Jung Yong

Abstract

The effects of secondary task on driving performance and subjective workload were investigated during a simulated driving. The driving performance was determined by the appropriateness of break timing. The driving simulator was provided by the Korea Road Traffic Safety Association. The subjective workload was tested by using a multidimensional measure such as NASA-TLX. Road was categorized into two types: narrow alley and wide street. The secondary task included pushing the number on the cellular phone, pushing radio channel, and conversing with a passenger. Seventeen subjects volunteered in the study. The data were analyzed by using SAS.

Results showed that using the cellular phone and pushing channel during driving caused 3~22% decline of driving performance and 42~59% increase of subjective workload respectively.

These results indicated that the secondary task could be potentially dangerous although there was not a significant performance decrease due to the notable increase of mental workload. In the future, if we can use a more sensitive and realistic driving simulator, the effects of secondary task under a dynamic driving situation can be investigated.

1. 서론

우리나라의 자동차 등록 대수는 기하급수적으로 증가하고 있으며, 교통사고 또한 매년 급격히 증가하고 있다. 교통사고의 유형분류에 따르면 전체 사고의 90% 이상이 운전자의 과실에 의한 것으로[1], 이것은 교통사고에 있어서 운전자의 비중이 매우 크다는 것을 의미한다. 운전은 사람과 자동차, 자동차와 도로환경에 의해 결정되며, 이 외에도 날씨, 시간과 같은 주위 환경에 의해서도 결정되어진다. 그리고 운전자의 반응은 주위 차량과 보행자, 운전자의 육체적·정신적 상태, 날씨 등에 따라 변화하게 된다[2].

* 한양대학교 산업공학과 석사과정

** 한양대학교 산업공학과

현재 국내 연구는 운전 수행으로 인한 피로의 증가나 운전 적성과 운전자의 운전 수행에 관한 연구는 진행되고 있는 반면, 운전 수행중에 있어서 부작용의 영향이나, 운전자의 심리적 작업부하에 대한 연구가 미진하고 명확한 정의가 내려져 있지 않은 상태이다.

외국의 경우를 보면, 국내 연구보다는 작업부하에 관한 연구가 활발히 이루어지고 있으며, 적용에서 또한 자동차의 운전에서 항공기의 조종까지 다양한 사례를 보여주고 있다.

Wierwille와 Eggmeier(1993)은 정신작업부하를 측정하는 방법을 정리하였고, 복수의 측정법을 사용할 것과 다차원적인 진단방법을 권장하고 있다[4]. Hill, Iavecchia, Byers, Bittner, Zaklad와 Christ(1992)는 4 가지의 주관적 작업부하 측정방법을 민감성, 피실험자의 선호도, 정보 요구량, 계산과정에 대해 비교하였다[5]. Zeitlin(1995)은 4년간의 실험을 통해 부수작업을 통한 운전자의 작업부하를 측정하였다.

앞서 서술한 연구를 기반으로 본 연구에서는 운전에서 운전자에게 부작용을 부과하고, 운전자의 심리적 작업부하와 운전 수행도를 측정하여 부작용이 운전에 미치는 영향을 측정하고자 한다.

2. 작업부하

많은 응용 분야에서 작업부하(workload)의 개념에 많은 관심을 보이고 있다. 작업부하의 도입은 미국의 항공회사 조종사 연합회가 DC-9 또는 보잉 737과 같은 좁은 동체의 항공 수송기가 최대 작업시기에 승무원에게 요구하는 작업부하는 두 명의 조종실 승무원에게는 과다하다고 주장하면서 나온 개념이다[6].

현재까지 많은 작업부하 측정기법들이 발표되었는데, 작업부하 측정 기법들을 사용함에 있어서 많은 실험자들이 어떤 기법을 사용해야 할지 선택하기 힘들 정도이다. 작업부하 측정기법은 크게 세 가지로 나누어질 수 있다[6].

- 수행도 기준 측정방법: 작업을 수행하는 피실험자의 수행능력을 측정한다.
- 생리학적 측정방법: 피실험자의 생리적인 반응을 측정한다.
- 주관적 측정방법: 피실험자의 판단에 근거하여 측정한다.

본 연구에서는 운전자의 심리적 작업부하 측정을 위해 주관적 측정방법인 NASA-TLX를 사용하였다. NASA-TLX는 정신적 요구(mental demand), 신체적 요구(physical demand), 시간적 요구(temporal demand), 수행도(performance), 노력수준(effort), 좌절수준(frustration)의 6가지 항목으로 나누어 있다.

NASA-TLX는 각 항목에 대해 0에서 100까지의 점수로 나타나게 되며, 각 점수는 피실험자가 각 항목에 대한 가중치를 결정한 것과 결합되어 총 작업부하를 나타내게 된다. NASA-TLX에서 작업부하를 결정하는 공식은 다음과 같다[7].

$$Workload = (\beta_1 w_1 + \dots + \beta_6 w_6) / 100$$

β_i : 가중치.

w_i : 부하량

3. 연구방법

3.1 피실험자

피실험자는 운전면허를 소지하고 있으며 최근 1년 이상을 운전한 경력이 있는 자로 선정하였다. 피실험자는 모두 17명으로 24세에서 30세 사이로 선정하였다. 피실험자에게는 실험기기에 대한 조작법을 숙지시키고 실험전에 약 5분간의 연습시간을 주었다.

3.2 실험장비

운전에 쓰이는 장비는 실제 차가 아닌 도로교통안전협회에 설치되어 있는 운전기능검사기기를 사용하였다. 이 기기는 사고를 유발할 가능성이 높은 운전습관과 약점을 검토하고 조연하기 위한 목적으로 개발되어졌다.

운전기능검사기기는 모의 운전방식을 채택하고 있다. 비디오를 통해 전방화면과 좌우 후사경 화면, 실내 후사경으로 구성된 4개의 화면을 통해 운전자는 실제 차를 운전하는 것과 똑같이 운전하도록 되어있다. 각 장면에 따라 표준화되어 있는 점수화 과정을 통해 각 장면에 대한 채점이 이루어진다.

3.3 실험계획

실험에서는 일반적인 도로 상황과 골목길 상황을 설정하여 실험을 실시하였다. 피실험자는 각 도로 상황에 대해 부작업을 실시하며 운전을 하게 되고, 각 부작업에 따라서 NASA-TLX를 통해 심리적 작업부하량을 측정하게 된다.

실험에서 종속변수는 수행도와 심리적 작업부하이고, 독립변수는 도로의 형태, 부작업의 종류, 도로상황으로 나누었다. 도로의 형태는 일반도로와 골목길로 나누어지며, 부작업은 부작업이 없는 경우, 전화 걸기, 라디오 조작과 대화로 분류되며, 도로상황은 골목에서 공이 튀어나옴, 앞차의 후진, 오토바이 출현, 앞차의 정거, 무단횡단, 앞차의 급차선 변경 상황으로 나누어졌다. 각 피실험자는 도로 형태와 부작업의 종류에 따라 6회의 실험을 실시하였고, within subject experiment design에 따라 실시되었다. 실험에는 각 피실험자가 약 20분의 실험시간이 소요되었다.

수행도는 각 장면에서 기기가 산출하는 브레이크 점수를 사용하였다. 각 장면에는 모범 운전방법이 설정되어 있는 일정한 구간이 있으며, 이 구간에서 브레이크를 조작하는 시점과 강도에 따라 점수가 산출된다.

4. 실험 결과

4.1 수행도

부작업을 수행하는 것이 도로의 형태에 따라 수행도에 미치는 영향에 대해 알아보았다. 부작업을 수행함으로써 골목길에서는 11.9%, 일반도로에서는 6.3%의 수행도 저하가 나타났으며, 각 경우에 대한 평균 수행도와 표준편차는 [표-1]과 같다. 도로의 형태와 부작업 유무에 따라 수행도의 차이를 알아보기 위해 분산분석을 실시하였으며, Duncan's Test를 실시하였다.

[표-2]에서 보면, 도로형태와 부작업 유무에 따라서 수행도의 차이는 통계적으로 유의한 것으로 나타났다. Duncan's Test 결과는 [표-3]와 같다.

[표-1] 도로형태 및 부작업 유무에 따른 수행도의 평균과 표준편차

		평균	표준편차	부작업 수행시 변화율
골목길	Control	78.9	10.9	-11.9%
	부작업 수행	69.5	15.1	
일반도로	Control	80.1	9.3	-6.3%
	부작업 수행	75.1	14.3	

[표-2] 도로형태 및 부작업 유무에 따른 수행도에 대한 ANOVA

Source	DF	F Value	Pr > F
Perf	3	8.45	0.0001**
Perf*Subj	82	.	
Total	85		

[표-3] 도로형태와 부작업 유무에 따른 Duncan's Test 결과

Duncan Grouping	부작업
A	일반도로, control
A	골목길, control
A	일반도로, 부작업
B	골목길, 부작업

Duncan's Test 결과, 부작업은 일반도로에서는 수행도에 영향을 미치지 못하고, 골목길에 있어서만 수행도에 영향을 주는 것으로 나타났다.

각 부작업별 평균 수행도는 부작업이 없는 경우에 비해 전화걸기는 11.6%, 라디오 조작은 21.8%, 대화는 2.7%의 수행도 저하를 가져왔으며, 이를 정리하면 [표-4]와 같다. 부작업간의 수행도의 차이가 통계적으로 유의한지 알아보기 위해 분산분석을 실시하였으며, 추후분석으로 Duncan's Test를 실시하였다.

[표-4] 부작업 종류에 따른 수행도의 평균과 표준편차와 변화율

	평균	표준편차	수행도 변화율
Control	79.5	10.0	N/A
전화 걸기	70.3	15.8	-11.6%
라디오 조작	69.2	14.5	-21.8%
대화	77.4	13.3	-2.7%

[표-5] 부작업 종류에 따른 수행도에 대한 ANOVA

Source	DF	F Value	Pr > F
Task	3	10.21	0.0001**
Task*Subj	48		
Total	51		

[표-6] 부작업 종류에 따른 Duncan's Test 결과

Duncan Grouping	부작업
A	control
A	대화
B	전화걸기
B	라디오 조작

분산 분석 결과 [표-5]에 나타나듯이 부작업에 따라 수행도의 차이가 통계적으로 유의한 것으로 나타났으며, Duncan's Test 결과는 [표-6]과 같다. Duncan's Test결과 부작업중에서 전화걸기와 라디오 조작이 수행도 저하의 원인임을 알 수 있다.

도로상황에 대해 부작업이 수행에 미치는 영향을 알아보았다. 각 상황에서의 부작업에 따른 수행도는 [표-7]과 같다. 각 상황에 대해 부작업간 수행도의 차이가 있는지 검증하기 위해 ANOVA분석을 실시하였으며, 분석 결과는 [표-8]와 같다.

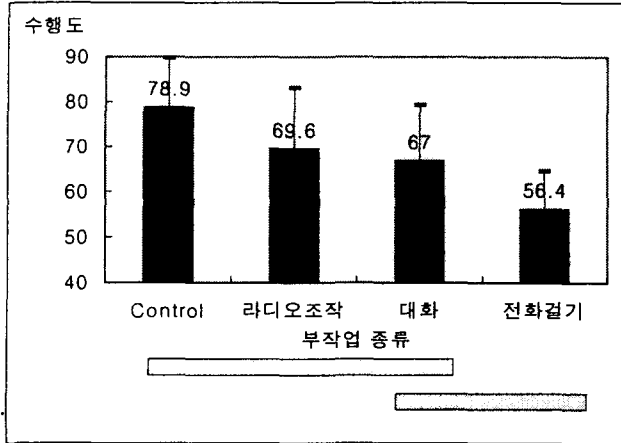
[표-7] 도로 상황별 부작업 종류에 따른 수행도

도로상황 \ 부작업	control	전화걸기	라디오 조작	대화
옆골목에서 공이 나옴	80.1	71.8	66.3	76.8
앞차의 후진	78.9	73.4	67.8	77.0
오토바이 출현	77.6	56.4	69.6	67.0
앞차의 정차	88.0	73.6	71.6	78.7
무단횡단	87.8	72.0	71.3	77.0
앞차의 급차선 변경	68.2	65.4	54.4	68.2

[표-8] 도로 상황에 따른 수행도에 대한 ANOVA 결과

도로 상황별 수행도	Source	DF	F Value	Pr > F
옆골목에서 공이 나옴	task	3	0.60	0.623
앞차의 후진	task	3	0.48	0.702
오토바이 출현	task	3	3.15	0.059*
앞차의 정차	task	3	0.14	0.936
무단횡단	task	3	0.35	0.789
앞차의 급차선 변경	task	3	4.39	0.022**

[표-8]에 나타나듯이 수행도의 경우 오토바이 출현과 앞차의 급차선 변경시 부작업의 종류에 따라 수행도의 차이가 있다는 것을 알 수 있다. 두 상황에 대해 Duncan's Test를 실시하였으며, 오토바이 출현 장면시의 결과는 [그림-1]과 같다



[그림-1] 오토바이 출현시 Duncan grouping

Duncan's Test 결과 오토바이 출현시에는 전화걸기가 가장 많은 수행도 저하의 원인이 되었으며, 앞차의 급차선 변경시에는 라디오 조작이 가장 많은 수행도 저하를 가져왔다. 또한 오토바이 출현 상황과 앞차의 급차선 변경 상황이 반응시간이 다른 상황에 비해 짧다는 것을 고려할 때, 전화걸기와 라디오 조작은 시간적인 요소에 영향을 받는다는 것을 알 수 있다.

4.2 심리적 작업부하

심리적 작업부하가 부작업 수행에 따라서 어떻게 변화하는지 알아보았으며, 각 경우에 대한 평균 수행도와 표준편차를 [표-9]에 나타내었다. 도로의 형태와 부작업 유무에 따라 심리적 작업부하의 차이를 알아보기 위해 분산분석을 실시한 후, Duncan's Test를 실시하였다.

[표-9] 도로형태 및 부작업 유무에 따른 심리적 작업부하의 평균과 표준편차

		평균	표준편차	심리적 작업부하의 변화
골목길	Control	54.8	6.1	33.0%
	부작업 수행	72.9	7.2	
일반도로	Control	35.4	8.0	82.8%
	부작업 수행	64.7	11.8	

[표-10] 도로형태 및 부작업 유무에 따른 심리적 작업부하에 대한 ANOVA

Source	DF	F Value	Pr > F
Perf	3	102.92	0.0001**
Perf*Subj	82		
Total	85		

[표-11] 도로형태와 부작업 유무에 따른 Duncan's Test 결과

Duncan Grouping	부작업
A	골목길, 부작업
B	일반도로, 부작업
C	골목길, control
D	일반도로, control

[표-10]에서 보면, 도로형태와 부작업 유무에 따라서 심리적 작업부하의 차이가 나는 것이 통계적으로 유의한 것으로 나타났다. [표-11]의 Duncan's Test결과를 보면, 운전에서의 부작업은 심리적 작업부하에 영향을 미치며, 골목길에서 부작업을 수행하는 경우에 있어서 가장 높은 심리적 작업부하를 나타내었다.

각 부작업별 평균 심리적 작업부하는 [표-12]와 같다. 부작업이 없는 경우에 비해 전화 걸기는 59.4%, 라디오 조작용은 55.9%, 대화는 42.4%의 심리적 작업부하의 증가를 가져왔으며, 이를 정리하면 [표-13]과 같다. 부작업간의 수행도의 차이가 통계적으로 유의한지 알아보기 위해 분산분석을 실시하였으며, 추후분석으로 Duncan's Test를 실시하였다.

[표-13]에 나타나듯이 부작업에 따라 심리적 작업부하의 차이가 통계적으로 유의한 것으로 나타났으며, 심리적 작업부하도 전화 걸기와 라디오 조작용의 부작업이 운전자의 심리적 작업부하에 미치는 영향이 큰 것을 알 수 있다.

[표-12] 부작업 종류에 따른 심리적 작업부하의 평균과 표준편차와 변화

	평균	표준편차	심리적 작업부하의 변화
Control	45.1	12.1	N/A
전화 걸기	71.9	11.0	59.4%
라디오 조작용	70.3	9.4	55.9%
대화	64.2	9.8	42.4%

[표-13] 부작업 종류에 따른 심리적 작업부하에 대한 ANOVA

Source	DF	F Value	Pr > F
WL	3	10.21	0.0001**
Task*Subj	48		
Total	51		

[표-14] 부작업 종류에 따른 Duncan Test 결과

Duncan Grouping	부작업
A	전화걸기
A	라디오 조작용
B	대화
C	control

각 상황에서의 부작업에 따른 심리적 작업부하는 [표-15]와 같다. 각 상황에 대해 부작업 간 심리적 작업부하의 차이가 있는지 검증하기 위해 ANOVA분석을 실시하였다.

[표-16]에 나타나듯이 모든 경우에 있어서 부작업간에는 심리적 작업부하의 차이가 있다는 것을 알 수 있다. 각 상황에 대해 Duncan Test를 실시하였다. Duncan Test 결과, 운전중에 부작업을 실시하는 경우에는 모든 부작업에 있어서 심리적 작업부하의 증가를 가져왔으며, 특히, 전화걸기와 라디오 조작은 전반적으로 높게 나타났다. 6가지 상황 중 오토바이 출현 상황의 Dunca Test 결과는 [그림-2]와 같다.

[표-15] 도로 상황별 부작업 종류에 따른 심리적 작업부하

도로 상황 \ 부작업 종류	control	전화걸기	라디오 조작	대화
옆골목에서 공이 나옴	54.8	73.5	75.3	67.3
앞차의 후진	54.8	78.2	75.6	68.8
오토바이 출현	54.8	77.3	72.7	66.9
앞차의 정차	35.4	64.9	62.3	62.3
무단횡단	35.4	61.9	69.4	58.3
앞차의 급차선 변경	35.4	71.3	64.5	61.6

[표-16] 도로 상황에 따른 심리적 작업부하에 대한 ANOVA 결과

도로 상황별 수행도	Source	DF	F Value	Pr>F
옆골목에서 공이 나옴	task	3	10.08	0.0008**
앞차의 후진	task	3	14.75	0.0001**
오토바이 출현	task	3	14.18	0.0002**
앞차의 정차	task	3	7.95	0.0024**
무단횡단	task	3	11.03	0.0006**
앞차의 급차선 변경	task	3	9.89	0.0009**

5. 토론

운전중에 운전자가 수행하는 부작업은 종류에 따라 정도의 차이는 있지만, 전반적으로 운전 수행도의 저하를 가져왔으며, 그와 동시에 심리적 작업부하의 증가도 가져왔다. 일반도로에서는 부작업이 수행도에 영향을 미치지 않았으나, 운전자의 심리적 작업부하의 증가를 유발시키는 것이 발견되었다. 이것은 운전자가 적절한 수행도를 유지시키기 위해 더욱 집중하는 것을 의미한다. 그러나 이러한 운전자의 심리적 상태가 지속될 경우, 궁극적으로 수행도의 저하가 이루어져 부작업시에 교통사고의 가능성이 증대된다고 볼 수 있다.

부작업별로 수행도와 심리적 작업부하를 조사해 본 결과, 전화걸기와 라디오 조작에서 대화에 비해 많은 운전 수행도 저하와 높은 심리적 작업부하의 증가를 가져왔다. 그러므로 복잡한 내용의 부작업을 수행할수록 사고의 직접적인 원인으로 작용할 수 있음을 예상할 수 있었다. 운전중 운전자가 대화를 하는 경우에 있어서, 직접적으로 수행도의 저하를 가져오지 않았

다. 그러므로 대화 역시 정도에 따라 지속적인 심리적 작업부하의 증가를 일으키며, 궁극적으로 수행도 저하를 초래할 수 있음을 있음을 보여주었다.

본 연구에서는 운전 수행도와 심리적 작업부하의 원인으로 작용할 수 있는 변수들 간의 관계를 밝히고자 상관분석을 실시하였다. 각성수준은 심리적 작업부하와 반응시간과의 관계가 통계적으로 유의한 상관관계를 나타내었다. 이와 같은 결과를 볼 때, 각성수준은 심리적 작업부하와 운전시 반응시간을 반영하는 척도로 사용될 수 있음을 밝혔다.

본 연구에서 실시한 부작업은 현재 운전중에 나타나는 일반적인 부작업을 이용하여 수행도와 심리적 작업부하를 측정하였다. 하지만 이러한 부작업은 전방을 주시하면서, 동시에 전화나 라디오 등 조작하여야하는 시간 분할(time sharing)을 통한 다중작업이라 할 수 있다. 하지만, 좀 더 정확한 부작업의 영향을 규명하기 위해서는 현재의 부작업을 더욱 세분화하여 조사함으로써, 이를 바탕으로 새로운 부작업에 적용할 수 있는 방안이 필요하고 추가 연구를 통해 수행도와 심리적 작업부하간의 관계를 나타내는 것이 필요하다고 생각된다.

6. 결론

연구 결과를 통해 운전자의 심리적 상태를 이해하는 것이 수행도만을 가지고 측정하는 것 이상의 정보를 제공한다는 사실을 알 수 있었다. 연구 결과, 부작업에 따라 3%에서 22%의 수행도 저하가 나타나며, 42%에서 59%의 심리적 작업부하의 증가가 나타났다.

본 실험에 사용된 모의 운전 기기는 open-loop방식의 모의운전기기이므로, 실제 운전과 많은 차이점이 있었다. 이러한 문제는 모의 운전 기기의 기술적 향상에 따라 실제 운전 상황을 잘 반영하고, 이에 따라서 본 연구에서 미흡했던 점들이 보완되리라 생각된다.

본 연구의 결과는 운전자들에게 안전 운전 지침 마련을 위한 기초 자료로 활용될 수 있을 것이며, 운전 중 부작업이 미치는 영향에 대해 다시 한번 고려할 수 있는 계기가 될 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

- [1] 도로교통안전협회, 신호등, 1월호, 1996.
- [2] 이근희, 교통안전, 창지사, 1985.
- [3] 이용학, 운전적성과 교통사고와의 상관분석, 고려대학교 산업대학원 석사학위 논문, 1988.
- [4] Wierwille, W. W. & Eggemeier, F. T., Recommendations for Mental Workload Measurement in a Test and Evaluation Environment, Human Factors 35(2), 1993.
- [5] Hill, S. G., Iavecchia, H. P., Byers, J. C., Bittner, A. C. Jr., Zaklad, A. L., & Christ, R. E. , Comparison of Four Subjective Workload Rating Scales, Human Factors, 34(4), 1992.
- [6] Wickens, C. D. , Engineering Psychology and Human Performance, Charles E. Merrill Publishing Company, 1984.
- [7] NASA Ames Research Center, NASA-TLX's User Manual.
- [8] 도로교통안전협회, 신호등, 2월호, 1996
- [9] 도로교통안전협회, 신호등, 9월호, 1996.
- [10] 박경수, 인간공학-작업 경제학, 영지 문화사, 1994.
- [11] 이근희, 인간공학, 상조사, 1994.

- [12] 장문섭, 운전적성과 운전자 특성과의 상관 분석, 성균관대학교 행정대학원 석사학위 논문, 1993.
- [13] Sanders, M. S. & McCormick, E. J., Human Factors in Engineering and Design, 7th, McGRAW-HILL International Editions, 1993.
- [14] Wierwille, W. W., J. C., Hicks, T. G., & Muto, W. H., Secondary Task Measurement of Workload as a Function of Simulated Vehicle Dynamics and Driving Conditions, Human Factors, 19(6), 1977.
- [15] Rouse, W. B., Edwards, S. L. & Hammer, M., Modeling the Dynamics of Mental Workload and Human Performance in Complex Systems, IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, Vol. 23, No. 6, 1993.