Journal of the Ergonomics Society of Korea
Vol. 29, No. 1 pp.83-91, February 2010

자가운전과 궤도 차량을 이용한 통행생산성 평가연구

송용수[1,3] · 권순박[2] · 박재현[2] · 한성호[1]

[1]한국철도기술연구원 신소재틸팅열차 / [2]한국철도기술연구원 철도환경연구실 / [3]연세대학교 전기전자공학과

A Study of Transports Productivity by using Car and Railway

Yongsoo Song[1,3], Soon-Bark Kwon[2], Jaehyun Park[2], Seongho Han[1]

[1]Department of Tilting Train, Korea Railroad Research Institute, Uiwang-si Gyeonggi-do, Korea, 437-757
[2]Department of Environment, Korea Railroad Research Institute, Uiwang-si Gyeonggi-do, Korea, 437-757
[3]Departments of Electrical Engineering, Yonsei University, Seoul, Koreaea

ABSTRACT

Recently study on passenger' activities found that many passengers were ride in kinds of transport, e.g. car and railway while business trip. Usually choice of transport is determined by the transportation of passengers, depending on the purpose of travel. A study was therefore set up to study how efficient influence the transports about business trip. The study involved 4 subjects (4m) which divided into four groups during two day. We evaluate about the transport productivity by each day by using the car and railway. The transport productivity of car and railway was valued in HRV and Stroop Color Word Interference Test. The results showed significant differences between the car and railway. The subjects reported that use of railway is greater transport productivity than the car.

Keyword: Transport Productivity, HRV, Stroop Color Word Interference Test

1. 서 론

일반적으로 생산성이란 Input과 Output의 비율로써 정의된다. 즉, 투입된 인력, 시간 등의 양에 대한 업무량 혹은 제품 생산량 등의 비를 말한다. 생산성을 산출하기 위해서는, 작업효율과 코스트 요인의 측정과 집계가 필요하다. 전자의 작업효율에 관해서는 NEMA의 견해를 바탕으로 하여 단순히 작업속도와 정확도뿐만 아니라, 피로도와 새집 증후군에 의한 건강 불량과 결근, 그리고 근무 환경과 작업에 대한 만족도를 가미한 개념의 도입이 필요할 것으로 생각된다. 이것을 실현하는 것은 용이한 작업은 아니지만, 현재 각종 방법이 제안되어 이용되고 있으며, 이것들을 사용한다면 작업효율의 측정과 집계가 가능할 것으로 사료된다. 한편, 코스트 요인에 관해서는 에너지 비용과 보전비 등을 계측하고 집계한다면 정량화된 데이터를 얻을 수 있을 것으로 생각된다.

1.1 생산성 측정 방법

그림 1에 나타낸 모델에는 설비와 건축물 시스템이 실내 환경 등의 제반 요인을 변화시켜, 거주자의 심리 및 생리에 영향을 주고, 작업량과 작업효율을 변화시키는 구조를 나타내고 있다. 따라서 생산성의 측정에 있어서는 이와 같은 영

교신저자: 송용수
주 소: 437-757 경기도 의왕시 월암동 360-1, 전화: 017-283-9702, E-mail: adair@krri.re.kr

향 요인의 존재를 인식하고 이해할 필요가 있다. 또한, 금액 환산이 용이한 작업효율과 작업량을 직접 측정하는 것이 가장 바람직하지만, 지적 작업의 Output은 아이디어와 같이 창조적 산물로써 정량화하기가 곤란하다. 그러므로 상황에 따라 작업효율과의 관련이 높은 요인을 지정하고, 이를 바탕으로 작업효율을 추정할 필요가 있다.

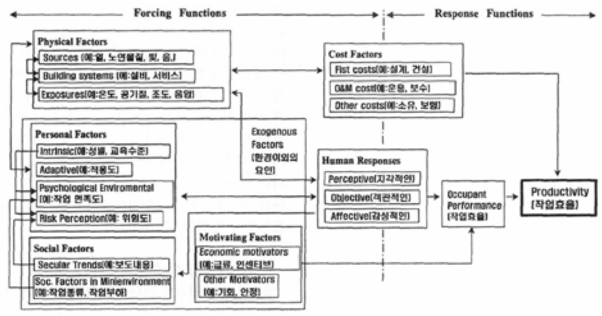


그림 1. 생산성에 영향을 미치는 요인 모델

이와 같이 작업효율의 측정은 일반적으로 어려운 작업으로 아래 표 1에 나타낸 바와 같이 다양한 방법들이 제안되어 이용되고 있다.

표 1. 작업 효율과 작업량을 측정하는 방법

대표적인 측정 방법	직접 측정	간접 측정	측정시의 비구속성
종합작업효율 · 생산성 증감		○	△
쾌적성 및 피로도		○	△
자각증상 조사		○	
NASA-TLX		○	
BOSTI 질문표		○	△
POEM-O	○	○	△
ASHRAE 1992 Workshop on IAQ	○		○
크레펠린 검사	○		
Number Trace법		○	
두뇌 내 산소 상태		○	△
PAB 작업	○		
심박 운동해석(R-R 간격 등)		○	○
회화 패턴의 변화		○	○
Flicker Value		○	

1.2 생산성 측정 방법

1.2.1 주관적 평가에 의한 작업효율의 측정

자기 신고 및 질문에 응답함으로써, 인간의 심리적 반응 등을 측정하는 방법이다. 대표적인 방법으로는 피로감과 쾌적감을 기록하고, 그것을 정량화하여 작업효율을 측정하는 방법이 있다. 특히 피로감은 작업의 양과 질, 속도에 영향을 줄 수 있는 요인으로 주목되고 있다. 일본에서는 Nishihara and Tanabe(2001)가 지적 생산성의 평가에 '주관적 피로 징후 조사(자각증상 조사)'를 이용하고 있다. 이 방법에서는 피로감을 다음에 나타나는 3가지의 카테고리로 분류하고 해당하는 항목에 표시함으로써 평가가 이루어진다.

- 카테고리 1-졸림과 나른함 정도: 머리가 무거움 전신이 나른함, 발에 힘이 없음 외 7개 항목
- 카테고리 2-주의 집중의 곤란: 생각이 정리되지 않음, 안절부절함 외 8개 항목
- 카테고리 3-국소적인 신체의 위화감: 머리가 아픔, 어깨가 결림, 허리가 아픔 외 7개 항목

또한, 주관적 평가에 의해 생산성 그 자체를 측정하는 방법도 있다. 사무실에 있어서 생산성에 대해 논의되는 경우 대부분 이 방법을 사용한다. 대표적인 방법으로는 생산성의 증감을 직접 자신이 백분율로 표시하는 것, 5단계 평가로 이루어지는 것, 설문조사에 의해 문제점을 도출하고 그 문제가 해결될 경우의 생산성 향상 예상치를 백분율로 답하는 것이 있다.

또한, 종합적 평가를 가능하게 하는 질문표도 제안되고 있다. 대표적인 것으로써는 BOSTI(Nichasel Brill et al., 1984)와 POEM-O(1994)의 질문표가 있다. BOSTI의 질문표에서는 환경 만족도 3개 항목, 작업 만족도 6개 항목, 직무 능력 9개 항목, 조직에 있어서 커뮤니케이션의 용의도 5개 항목이 있다. 이에 대한 개략적인 사항은 다음과 같다.

<환경 만족의 평가항목 (평가척도: 5단계)>
- 모든 것을 고려해 볼 때, 자신의 근로 환경에 매우 만족함 외 2개 항목

<작업 만족도의 평가항목 (평가척도: 6~21단계)>
- 전체적으로 자신의 작업에 어느 정도 만족하고 있는지 말할 수 있는가? 외 5개 항목

<직무 능력의 평가항목 (평가척도: 0~10단계)>
- 달성한 작업량 외 8개 항목

<커뮤니케이션의 용이도 (평가척도: 5~25단계)>
- 작업을 진행함에 있어서 타 부서원으로부터의 정보가 필요한 경우, 언제나 우회해서 정보를 취득하지 않으면 안됨 외 4개 항목

이 측정 방법의 특징은 업무 내용의 차이에 의한 영향이 적고, 현장에서의 적용도 비교적 용이한 점을 들 수 있다. 동일한 질문표를 사용하는 것으로 인해, 여러 가지 상황에 대해서 비교가 가능하다. 문제점으로는 편견과 선입관에 따

라 결과에 영향을 줄 수 있다. 이 때문에 결과의 해석에 대해서는 항상 그 배경을 정확히 이해하고 있을 필요가 있다.

1.2.2 실제 작업에 의한 작업효율의 측정

지적 작업의 생산성에 있어서도 작업량과 작업효율을 직접적으로 측정할 수 있는 경우가 존재한다. 이에 대해, ASHRAE 1992 Workshop on IAQ에서 거론된 측정 항목은 다음과 같다.

- 작업 공간에서의 부재 상황
- 작업 시간 혹은 작업의 정지 시간(휴식 및 중단)
- 자발적인 야근 및 잔업
- 질병 발생율의 추이(병가 등)
- 어떠한 과정에 필요한 작업 시간
- 상품 생산수
- 매상 및 이익(바닥 면적상, 1인당)
- 제품 및 서비스 당 총 소요경비
- 의료경비 절감에 의한 이익/건강 관리비
- 신규 거래처의 개척수
- 퇴직율, 전직율의 추이, 재고용, 교육비의 부담

측정의 사례로 학교를 대상으로 한 출석률과 전국 단위의 학력 평가의 평균점수 등을 평가하는 방법이 있다(M. A. Berry, 2002). 또한, 병원의 콜센터에 있어서 일정 시간대의 응급 요청에 대한 평균 소요 시간을 측정하고, 환기량 및 그 외의 요인과의 관계를 해석한 사례가 있다(W. J. Fisk et al., 2002). 이 사례에서는 측정에 의해, 환기량이 많은 상태일 때 작업효율이 2% 상승하는 반면 고온 환경에서는 작업효율이 저하되는 것이 확인되었다. 그 외에, 한 회사의 보험인수 업무부문에 있어서 근로자 각자의 작업 공간에 개인적 환경 제어가 가능한 시스템을 도입하여 그 효과를 측정한 사례가 있다(W. M. Kroner and J. A. Stark-Martin, 1994). 이 사례에서는 일정기간 중에 작성된 서류수가 측정되었고, 개인적 환경 제어가 가능함에 따라 생산성이 2% 향상되었다고 보고되었다.

이와 같은 접근 방법은 Output이 정량적으로 측정 가능한 경우에 유용하지만, 창조성을 묻는 작업에 대해서는 다양한 평가법이 제안 검토되고 있는 것이 현실이다.

1.2.3 근사 작업에 의한 작업효율의 측정

이는 측정, 정량화 가능한 근사 작업을 부여하여 작업의 속도와 정확도를 측정해서 생산성을 추정하는 방법이다. 대표적인 방법으로 텍스트 타이핑이 있다. 이는 예문의 문자를 그대로 타이핑하는 방법이다. Wargocki et al.(2000)는 이 방법을 이용하여 공기질을 좌우하는 오염물 농도와 환기량과 작업 성적과의 관계를 해석하고 정량적인 관계를 도출하였다.

또한, 컴퓨터를 이용해서 지적인 판단 등 고차원적인 두뇌 운동이 필요한 작업도 고안되었다. 이와 같은 작업들 중 대표적인 것으로 Walter Reed Performance Assessment Battery: PAB 작업이 있다(David Thorne et al., 1985). 다음 표는 PAB 작업의 일부를 나타낸 것이다.

표 2. PAB 작업

Two-letter Search	2문자의 목표 알파벳과 알파벳 문자열이 표시되어, 문자열 중에서 2개의 목표 문자가 존재하고 있는가를 판단하는 작업
For choice Serial Reaction time	숫자 키보드의 1, 2, 3, 4에 대응하는 4개의 박스가 모니터에 표시되어, 그 중에서 1개가 점멸할 때, 그 점멸하는 박스의 숫자를 입력하는 작업
Interval Production	시계의 초침이 표시되어, 자신이 1초라고 느끼는 간격으로 버튼을 눌러 초침을 작동시키는 작업
Manikin	모니터 화면에 인체가 나타나고, □ 혹은 ○의 도형이 인체 주위 및 좌우의 손에 표시되어, 화면의 인체를 둘러싼 도형과 동일한 도형을 갖고 있는 손의 좌우를 대답하는 작업

이와 같은 측정 방법은 업무 내용 등이 상이한 경우에도 비교가 가능하다는 장점이 있고, 수평적인 조사에 매우 유용한 편이지만, 실제의 작업내용과 상이하기 때문에, 도출된 결과의 해석에는 주의가 필요하다.

1.2.4 생리 지표에 의한 작업효율의 측정

이 방법은 인간의 생리 반응을 측정하는 방법으로, 앞서 서술한 방법들과 병행하여 이용할 수 있다.

Nishibara and Tanabe(2003)는 두뇌 내의 산소 상태(산소 헤모글로빈과 탈산화 헤모글로빈)를 측정하여, 두뇌의 활동 상태를 파악하고, 지적 노동 생산성의 평가에 사용을 시도했다. 그리고 Iwata는 심박 R-R 간격을 측정하고, 생리 및 심리 반응과 작업효율과의 관계를 분석하였다. 이 외에도 뇌파를 측정하여 쾌적도와 각성도를 해석하는 방법 등이 제안되고 있다. 그러나 이와 같은 방법들은 전극 등의 부착이 필요한 경우가 많고, 이것은 피험자에게 위화감을 안겨줘 작업효율에 영향을 줄 수 있으므로, 측정시 각별한 주의가 필요하다.

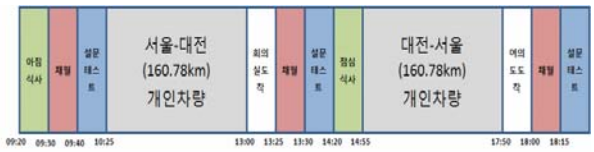
2. 연구방법

2.1 시험평가 방법

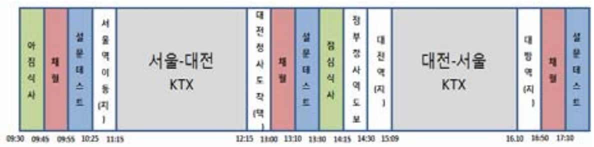
피시험자가 서울(여의도)에서 대전(정부청사)으로 이동하

여, 중요한 업무회의를 수행하고 다시 서울로 돌아오는 과정에서 ECG를 이용한 HRV 및 설문테스트를 통한 업무생산성을 평가하였다. 본 실험은 이틀간 각각 4그룹으로 나누어 홀수날은 4대의 아반떼(1.6)을 이용 이동하였으면 짝수날은 지하철 및 KTX를 이용 이동하였다.

자가용 이용시



대중교통 이용시



2.2 업무생산성 설문테스트

2.2.1 설문테스트의 구성

피시험자의 업무생산성 평가를 위한 설문테스트는 스트레스 지수, 가산 능력, 곱셈 능력, 교정 능력, 검색 능력 그리고 판단 능력에 대한 총 6가지 항목의 평가지로 구성되어 있으며, 각 항목별로 정해진 시간에 따라 답안 작성을 수행하게 된다. 구성 항목에 대한 개략적인 설명은 다음 표와 같다.

표 3. 설문 테스트지

	평가 항목	설명	예제
1	스트레스	피시험자가 현재 느끼는 감정 및 스트레스에 대한 답변	현재 감정 정도에 따라 '매우그렇다' ~ '그렇지않다' 5단계로 나뉘어 표시
2	가산	7자리 덧셈 수행	1212121 + 2222222 = 3434343
3	곱셈	분수 계산으로 주어진 분모 혹은 분자의 값에 맞추어 환산	$\frac{2}{4} \times \frac{1}{3} = \frac{4}{24}$
4	비교	좌우 숫자표 비교를 통해 다른 숫자를 파악하여 표기	1 2 3 4 5 1 2 4 5
5	검색	숫자와 알파벳 사이의 대응표를 이용하여 주어진 알파벳에 대한 숫자를 표기	0 1 2 3 / A B C D 1. BCA 120

표 3. 설문 테스트지(계속)

	평가 항목	설명	예제
6	판단	글자가 말하고 있는 색 혹은 글자의 색을 선택	(빨강, 초록, 노랑, 파랑) 1: ○ ○ ○ (빨강, 초록, 노랑) 2: ○ ○ ○ (빨강, 노랑, 파랑) 1. 파랑 2. 빨강

2.2.2 스트레스 반응 검사지

스트레스는 생체에 가해지는 여러 가지 상해 및 자극에 대하여 체내에서 일어나는 비특이적인 생물 반응으로 캐나다의 내분비학자 H. Selye가 처음으로 명명하였다. 해로운 인자나 자극을 스트레서(stressor)라 하고, 이때의 긴장 상태를 스트레스라고 한다. 스트레스가 가해진 경우 다양한 증상이 유발되지만 일반적으로 다음의 4가지 범주로 나눌 수 있다.

① 신체적 증상: 피로 · 두통 · 불면증 · 근육통이나 경직(특히 목, 어깨, 허리), 심계항진(맥박이 빠름), 흉부통증, 복부통증, 구토, 전율, 사지냉감, 안면홍조, 땀, 자주 감기에 걸리는 증상
② 정신적 증상: 집중력이나 기억력 감소, 우유부단, 마음이 텅빈 느낌, 혼동이 오고 유머감각이 없어짐.
③ 감정적 증상: 불안, 신경과민, 우울증, 분노, 좌절감, 근심, 불안, 성급함, 인내부족 등
④ 행동적 증상: 안절부절함, 손톱깨물기 · 발떨기 등의 신경질적인 습관, 먹는 것, 마시는 것, 흡연, 울거나 욕설, 비난이나 물건을 던지거나 때리는 행동이 증가

본 설문테스트에서 사용된 스트레스 반응 검사지는 피험자의 스트레스 정도를 파악하기 위한 도구로서 고경봉 등(2000)이 연세대학교 정신의학과와 백병원 신경정신과와 공동으로 개발한 검사지이다. 이 측정 도구는 네 가지 스트레스 반응 즉 감정적, 신체적, 인지적, 행동적 반응들이 포함된 스트레스 반응 척도로서 문항 수는 총 39문항이며 '매우 그렇다' 부터 '그렇지 않다' 까지 선택할 수 있는 5점 척도 검사지이다.

2.2.3 계산

이 항목은 숫자에 대한 기본적인 연산 능력의 변화를 알아보기 위한 것으로, 가산 문제와 곱셈 문제 각각 10문항으로 구성되어 있다. 가산 능력 평가의 경우 7자리로 이루어진 수의 합을 구하는 문제로 총 3분의 시간 동안 얼마나

많은 문항을 정확하게 계산해 내는지를 평가하였으며, 곱셈 능력 평가의 경우, 두 분수의 곱셈 및 환산을 하는 문제로 결과값에 미리 제시된 분자나 분모의 값에 따라 비어 있는 분모, 분자의 값을 채우는 방식으로 풀이가 진행되며 가산 문제와 마찬가지로 총 2분의 시간 동안 계산한 문제의 수와 정확도에 따라 테스트 결과를 산출하였다.

2.2.4 교정

교정 능력 평가는 좌우 숫자열의 비교를 통해 다른 값을 인식하여 찾아내는 방식으로 진행되었다. 각 5열*20행으로 구성된 좌우 숫자를 비교하여 다른 부분에 표시하도록 하였으며, 테스트 시간은 1분이었다.

2.2.5 검색

이 평가 항목은 숫자와 알파벳 사이의 대응표를 보고, 문제에 주어진 알파벳에 맞는 숫자를 찾는 테스트로, 0~9까지의 10개 숫자에 무작위로 알파벳을 대응시켜 표로 제시하여 준 후에, 3자리에서 5자리의 알파벳과 대응되는 숫자를 찾아 답지에 기록하는 방식으로 1분 동안 테스트를 수행하도록 하였다.

2.2.6 Stroop Test

주의의 성질을 밝히기 위해 사용되는 인지행동 연구의 한 예로써 선택적 주의를 특히 잘 드러내는 검사법이다. 이것은 스트룹 간섭효과(stroop interference effect)를 사용한 과제로 자극판(글자와 도형의 색깔의 차이를 둔 판)을 제시하고 각 자극판에서 색 이름들을 빨리 말하도록 하고 모든 색 이름을 다 말하기까지의 시간을 측정한다. 이 과제를 수행하기 위해서는 단어보다 색깔에 선택적으로 주의 집중을 유지해야 한다(이정모, 1999).

본 연구는 Stroop(1935)이 고안하고 Thurstone(1944)이 개정했으며, 오상우(1989)가 우리말로 번역한 한국판 색채단어간섭검사(Stroop Color Word Interference Test)를 사용하였다. 이 검사는 A, B, C type으로 문제가 주어지는데 A type은 하얀 바탕에 검정색 잉크로 각 색깔 명(빨강, 파랑, 노랑, 초록)이 인쇄된 문항으로 총 25문항이 제시되어 있고, B type은 하얀 바탕에 각 색깔로 색깔 명이 인쇄되어 있으며, 색깔과 색깔 명이 일치하는 25개 문항으로, 그 배열은 A type과 다르다. 그리고 C type은 하얀 바탕에 색깔 명은 A type과 같이 배열되어 있고 글자의 색깔은 B type과 같이 배열되어 있어서 서로 불일치한 자극 25문항이 주어지게 된다. 모든 자극은 한글 프로그램의 신명조체, 16포인트, 굵은 글씨체로 되어 있으며 가로, 세로 5개, 각 유형별로 25문항씩, 총 75문항으로 구성되어 있다.

3. 연구 결과

3.1 스트레스 및 가산

스트레스 평가 결과(역환산) 값 높을수록 스트레스 높음.

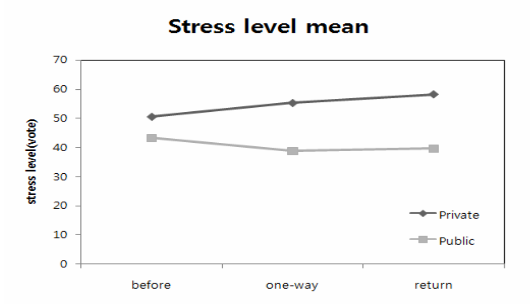


그림 2. 스트레스 평균값

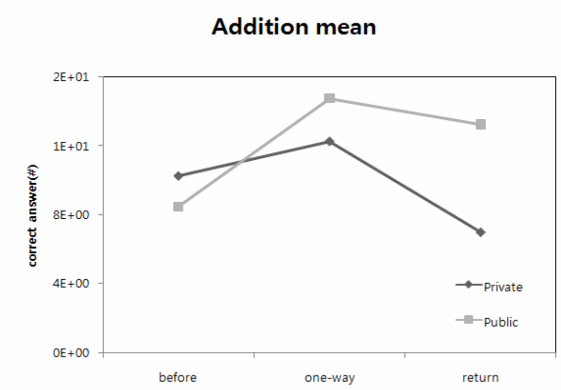


그림 3. 가산 평가 평균값

3.2 곱셈(정답 수) 및 비교(검정)

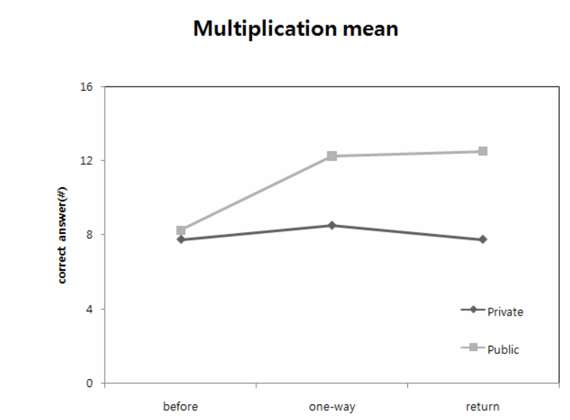


그림 4. 곱셈 평가 평균값

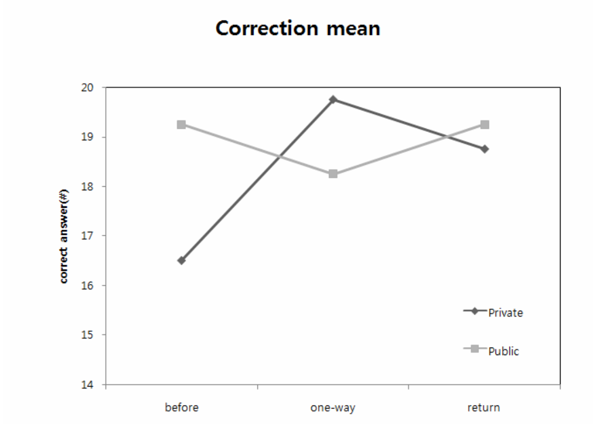


그림 5. 검정 평가 평균값

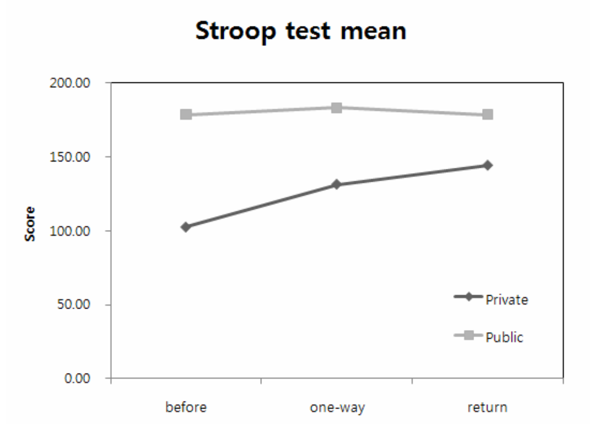


그림 8. 판단 평가 평균값

3.3 검색 정답 수

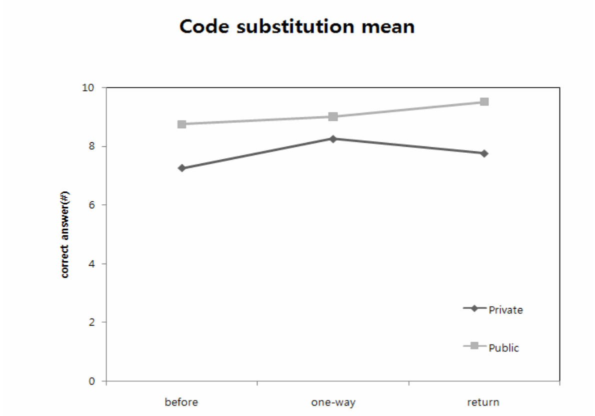


그림 6. 검색 평가 평균값

3.4 판단(Stroop test) 평가 점수

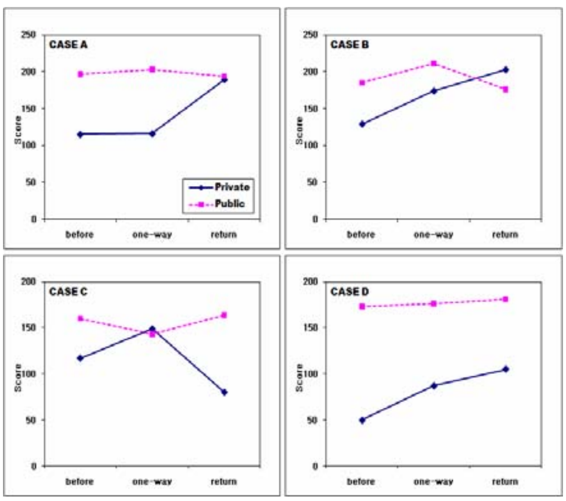


그림 7. 판단 평가 값

3.5 평균 및 상관관계 분석 결과

3.5.1 평균 비교(paired T-test)

자가용과 대중교통을 이용하여 이동한 경우에 대한 테스트 결과의 차이를 비교하기 위하여, 통계프로그램인 SPSS 11.0을 이용하여 각각의 경우에 대한 평균값 비교 및 상관성 분석을 수행하였다. 평균값에 대한 비교 결과, 스트레스 지수, 곱산 계산, 계산 능력(덧셈+곱셈). 검색 능력, 판단 능력 테스트에서 서로 다른 평균값을 보이는 것을 알 수 있었다. 각 항목에 대한 상관성 분석 결과를 보면, 곱셈 계산, 계산 능력(덧셈+곱셈)에서 유의한 상관성이 있는 것으로 분석되고 있다. 이는 이 항목들이 서로 유사한 경향으로 테스트 결과가 나타남을 보여주는 것을 의미하는 것으로 해석될 수 있다.

표 4. 평균 비교

	T-test	Correlation	
	Sig.	Correlation	Sig.
Stress	0.016	0.170	0.597
Addition	0.071	0.422	0.171
Multiplication	0.017	0.828	0.001
Calculation_each	0.002	0.668	0.000
Calculation_sum	0.013	0.759	0.004
Correction	0.109	−0.394	0.205
Code substitution	0.002	0.524	0.069
Stroop test	0.001	0.297	0.348
Stroop test_conv.	0.002	0.247	0.440

* 95% 신뢰수준

3.5.2 스트레스와의 상관성 분석

피시험자가 받게 되는 스트레스 정도가 생산성 테스트 결과에 미치는 영향 유무를 알아보기 위하여 SPSS 11.0의 회귀분석을 실시하였다.

우선 이동수단을 구분하지 않은 전체 테스트 결과를 바탕으로 스트레스와의 상관관계를 분석한 결과 곱셈 능력을 포함한 계산 항목과 교정 능력 검사 항목이 유의한 상관성을 보이는 것으로 나타났다. 이동수단을 구분하여 실시한 분석에서는 대중교통을 이용한 경우에 한해서만 곱셈을 포함한 계산 능력 항목에서 스트레스와 유의한 상관성이 있는 것으로 나타났다.

표 5. 각 항목별 분석 결과

	R	Sig.
Addition	0.392	0.058
Multiplication	**0.424**	**0.039**
Calculation_sum	**0.443**	**0.030**
Correction	**0.421**	**0.040**
Code	0.072	0.738
Stroop	0.247	0.244
Stroop_conv	0.252	0.234
Cortisol	0.309	0.142

표 6. 자가용 분석 결과

자가용	R	Sig.
Addition	0.297	0.401
Multiplication	0.123	0.704
Calculation_each	0.267	0.401
Calculation_sum	0.215	0.502
Correction	0.357	0.254
Code	0.176	0.584
Stroop	0.061	0.851
Stroop_conv	0.066	0.839
Cortisol	0.470	0.124

표 7. 대중교통 분석 결과

대중교통	R	Sig.
Addition	0.340	0.280
Multiplication	**0.576**	**0.050**
Calculation_each	0.340	0.280
Calculation_sum	**0.514**	**0.087**
Correction	0.426	0.167
Code	0.324	0.305

4. 결론 및 검토

4.1 Total HF/LF Ratio의 변화율

사람은 각개인 마다 서로 다른 생리작용 및 인체 정화 능력을 가지고 있기에 초기에 측정되는 HRV의 값은 사람마다 다를 수 있으나, 그 변화는 스트레스, 안정도, 집중도 등 외부 영향에 따라 변화한다. 이는 생산성 평가에 응용할 수 있는 효과적이 지표이며 본 실험에서는 그런 작용 이론을 토대로 실험하였다.

자가용과 대중교통을 이용하여 이동한 경우에 대한 테스트 결과의 차이를 비교하기 위하여, 통계프로그램인 complexity를 이용하여 각각의 경우에 실험값 비교 및 상관성 분석을 수행하였다.

채널1: 자가용 이동(피실험자 A)
채널2: 서울 KTX 이동(피실험자 A)
채널3: 서울 KTX 이동(피실험자 B)

채널 1,2 값에 대한 비교 결과, 자가용보다 대중교통을 이용 이동한 실험자의 HRV의 HF/LF의 변화가 감소하는 경향을 보였으면 이는 스트레스 및 중추 신경계 및 대뇌의 인지 능력을 관장하는 교감신경이 더 활성화 되었다는 결론을 가지며 이는 실험자가 더 많은 스트레스 및 외부 환경 변화를 경험하고 있다고 해석될 수 있다.

본 연구 결과에 따르면, 자가운전과 궤도 차량의 선택과 관련하여 업무에 미치는 영향을 스트레스와 집중도 테스트로 알아 보았다. 궤도 차량이 절대적으로 집중도와 스트레

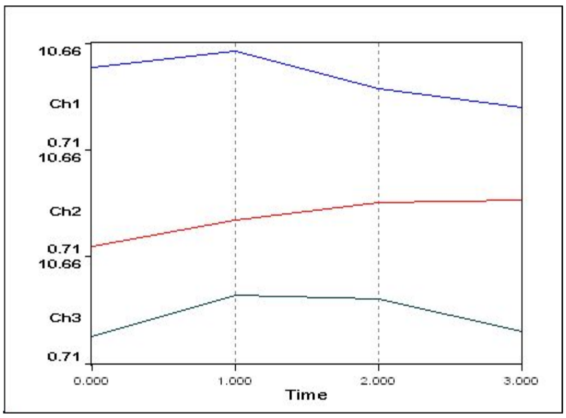


그림 9. 자가용과 대중교통의 HF/LF의 변화그래프

스 측면에 좋은 결과를 가지고 있으나 자가운전이라는 행위의 주체에서 발생하는 많은 영향은 고려 되지 않았다. 이는 현실적으로 보통의 직장인이 승용차와 대중교통 수단을 경험하는 개인 성향에 따라 집중하여 분석하였다.

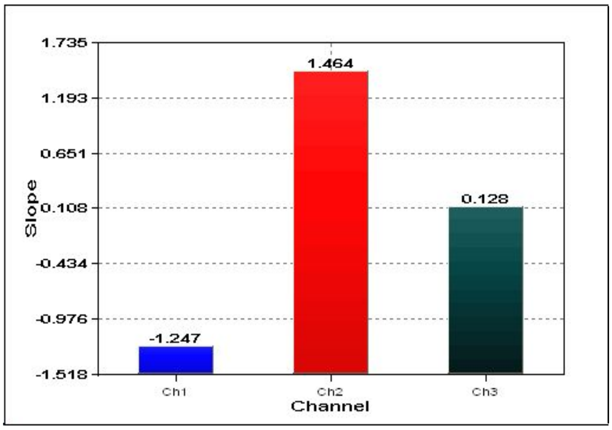


그림 10. 전체적인 HF/LF의 변화율

4.2 고찰

이를 통해 단순히 스트레스 지수만으로 통행생산성을 평가하기는 다소 어려움이 있는 것을 알 수 있으며, 특히, 자가용의 경우 모든 항목에서 스트레스 지수와의 상관성이 나타나지 않아 스트레스 지수 이외의 다른 신체 반응 값에 대한 고찰을 ECG 측정을 병행했으나 실험 기기의 미비로 한 사람에 한해 비교 분석되었다.

이 실험은 향후 R-R 간격변화의 크기(진폭의 표준편차)와 RR격의 기준 레벨의 index 값의 검토가 필요하나 이전의 승차감 측정에 이용된 R-R 피크만을 측정하는 실험에 비해 정확도가 높으며 또한 외부 조건에 대한 이벤트 발생시 Moving window와 뉴럴 네트워크를 적용한 신호처리 기법으로 좀더 나은 결과를 얻을 것으로 예상된다. 마지막으로 본 연구에서는 현재까지 충분한 연구 결과가 보고되지 않은 대중교통 수단별 업무생산성 관련된 측정 지수를 개발함으로써 기존의 열차나 자동차와 운행수단의 평가에 따른 교통수단 선택의 변화 및 궤도 차량 확대 이용을 통한 이산화탄소의 저감 효과를 가져온다.

참고 문헌

고경봉, 박중규, 김찬형, "스트레스 반응척도의 개발", 신경정신의학지, 39(4), 707-719, 2000.

이정모, "인지심리학과 뇌", 과학사상, 29(5), 61-89, 1999.

오상우, "한국판 Stroop 색채 단어 간섭검사", 원광정신의학, 5(1), 53-68.

Nishihara, N., Tanabe, S., Hayama, H. and Komatsu, M., "Thermal Comfort Conditions by Wearing a Cooling Vest", Journal of Home Economics of Japan, 52(12), 1199-1207, 2001.

Karhu, O., Kansi, P. and Kuorinka, I., "Correcting working postures in industry: a practical method for analysis", Applied Ergonomics, 8(4), 199-201, 1977.

Stroop, J. R., "Studies of interference in serial verbal reactions", Journal of Experimental Psychology, 18, 643-622.

Thurstone, L. L., "A factorial study of perception", Cihicago, IL, University of Chicago Press, 1944.

Wargocki, P., Wyon, D. P. and Fanger, P. O., "The effects of outdoor air supply rate in an office on perceived air quality", Indoor Air, 10(4) 222-236, 2000.

이주환, 이철, 김인기, 윤명환 "한국형 고속철도 승차감의 감성 모형 개발" 인간공학회 vo26, 87-92, 2007.

Anderson, J. C. and Gerbing, D. W., Structural Equation Modeling in practice: A review and recommended two-step approach, Psychological Bulletin, 103, 411-423, 1988.

Bea, B. R., The understanding and application of SEM, Dea kyung, Seoul, Korea, 2002.

Bollen, K. A., Structural equation with latent variables, New York: Wiley, 1989.

Chun, Y. H., Baek, I. G. and Shin, J. T., A Study on Customer Satisfaction of Sensibility for Automotive Interior Design Using Structural Equation.

Model, Journal of the Korean Society for Quality Management, 28(4), 151-160, 2000.

Corlett, E. N. and Bishop, R. P., A technique for assessing postural discomfort, Applied Ergonomics, 19, 175-182, 1976.

Cowings, P. S., Toscano, W. B., DeRoshia, C. and Tauson, R. A., The effects of the command and control vehicle(C2V) operational environment on soldier health and performance, The journal of the society for human performance in extreme environment, 5, 66-91, 2001.

Förstberg, J., Ride comfort and motion sickness in tilting trains, Doctorial Thesis, Department of Vehicle Engineering, Royal Institute of Technology, Sweden, 2000.

Gartstein, M. A., Knyazev, G. G. and Slobodskaya, H. R., Cross-cultural differences in the structure of infant temperament: United States of America(U.S.) and Russia, Journal of infant behavior and development, 28, 54-61, 2005.

Hair, Jr. J. F., Tatham, R. L., Anderson, R. E. and Black, W., Multivariate Data Analysis (5th ed.), Englewood Cliffs, New Jersey, Prentice-Hall Inc., 1998.

Han, S. H., Jung, E. S., Jung, M., Kwahk, J. and Park, S., Psychophysical methods and passenger preferences of interior designs, Applied Ergonomics, 29(6), 499-506, 1998.

Jöreskog, K. G. and Sordom, D., Lisrel8: User's reference guide, Chicago: scientific software, 1993.

◐ 저자 소개 ◑

❖ 송 용 수 ❖ adair@krri.re.kr
연세대학교 전자공학 박사 과정
현 재: 한국철도기술연구원 신소재틸팅연구단 선임연구원
관심분야: Biosignal, 생체정보공학

❖ 권 순 박 ❖ sbkwon@krri.re.kr
광주과학기술원 환경공학과 박사
현 재: 한국철도기술연구원 철도환경연구실 선임연구원
관심분야: 실내공기질, 업무생산성

❖ 박 재 현 ❖ zephyr@krri.re.kr
University of Southflorida 교통공학박사
현 재: 한국철도기술연구원 선임연구원
관심분야: 교통생산성, 교통계획

❖ 한 성 호 ❖ shhan@krri.re.kr
숭실대학교 전기공학과 박사
현 재: 한국철도기술연구원 신소재틸팅연구단 연구단장
관심분야: 인적오류, 인간공학적 설계

논 문 접 수 일 (Date Received) : 2010년 02월 19일
논 문 수 정 일 (Date Revised) : 2010년 02월 24일
논문게재승인일 (Date Accepted) : 2010년 02월 24일