

MD, PD법을 이용한 VDT 직무의 단기기억 다중자원처리에의 영향평가

An Evaluation of the Effects of VDT Tasks on Multiple
Resources Processing in Working Memory Using MD, PD Method

윤철호* · 노병옥*

ABSTRACT

This article reviews the effects of VDT tasks on multiple resources for processing and storage in short-term working memory. MD and PD method were introduced to evaluate the modalities(auditory-visual) in the multiple resources model. The subjects conducted 2 sessions of 50 minutes VDT tasks. Before, between and after VDT tasks, MD, PD task performance scores and CFF(critical flicker frequency) values were measured. The review suggested that the modalities of human information processing in working memory were affected by VDT tasks with different task contents.

* 선문대학교 기계 및 시스템공학부

이 연구는 1996년도 한국학술진흥재단의 공모과제연구조성비의 도움에 의하여 연구되었음.

1. 서 론

정보화 사회의 진전에 따라 컴퓨터의 보급이 매우 빠르게 진행되고 있다. 컴퓨터의 보급 확산과 더불어 컴퓨터를 이용한 사무작업, 공장자동화가 진행되고, 이로 인해 VDT(visual display terminals) 작업자에 대한 건강상의 문제들이 계속 검토되고 있다(ANSI/HFS-100, Smith, et. al., 1988). VDT 직무에 따른 작업자에 대한 건강상의 영향은 시각적인 측면, 근골격적인 측면, 생리적인 측면을 중심으로 검토가 계속되고 있으며(Brauninger, et. al., 1984) 이와 더불어 작업자의 정보처리 능력에 대한 검토도 진행되고 있다(Smith, et. al., 1981).

특히 VDT 직무수행으로 인한 VDT 작업자의 정보처리능력에 대한 영향은 VDT 작업자 개개인의 건강에 대한 영향이라는 차원이 외에 전체시스템의 성능에 영향을 미칠지도 모른다는 측면에서 검토가 시급하다. 예를 들면 원전의 중앙통제센터 감시작업이나 자동차 공장의 모니터링 업무가 그것인데, 이러한 작업은 작업자의 사소한 실수, 즉 작업자의 정보처리능력에서의 실수가 전체시스템의 성능을 크게 좌우할 수 있고 때로는 이러한 실수로 인하여 전체시스템에 위협을 초래하는 대단히 심각한 결과가 우려될 수도 있기 때문이다.

VDT 직무수행에 따른 작업자의 정보처리에 대한 영향은 주로 단기 기억에 관한 영향을 중심으로 연구가 수행되고 있다. 尹 등(1987)은 VDT에 의한 단순작업이 문서작업에 비해 인간의 단기 기억에 영향을 미친다는 것을 실험적으로 시사하고 있다. Itoh 등(1989)은 단순 VDT 직무에 의한 중추신경계의 피로에 대한 영향을 channel capacity 감쇠모델을 이용한

측정방법에 의해 검출할 수 있다고 보고하고 있다.

인간의 정보처리기구는 단기 기억의 예에서도 알 수 있는 것처럼 매우 제한적인 용량의 시스템으로 인식되어 왔다. 즉 하나의 자원을 가지고 모든 형태의 직무를 수행되는 시스템으로 생각한 것이다(Kahneman, 1973). Kahneman(1973)은 이것을 단일한계용량이론(single channel capacity theory)으로 부르고 있다. 그러나 80년대에 들어서부터 인간의 정보처리에는 질적으로 서로 다른 자원이 존재하여 직무의 종류에 따라 사용하는 자원이 달라지는 것이 아닌가 하는 논의가 제안되고 있는데 이것이 다중자원처리이론(multiple resources processing theory)이다.

예를 들면 동시과제(dual tasks)를 수행하는 업무의 경우 수행되는 과제의 특성과는 상관없이 어느 한편의 과제의 업무수행도는 일정하게 저하되어야 하나, 실험결과에 의하면 과제의 조합여하에 따라 업무수행도의 차별화가 나타난다. 다중자원처리이론은 이와같은 현상을 설명하려는 시도에서 비롯된 것으로 볼 수 있다(Wickens, 1983, 1988). 다중자원처리이론에서 다중자원은 여러 형태로 구분될 수 있으나 과거의 연구를 살펴보면 주로 음성/언어 자원과 시각/공간 자원으로 구분되는 경우가 많다.

이 연구에서는 VDT 직무에 의한 인간의 정보처리에의 영향 중 특히 서로 다른 modality의 정보처리에 대해 차별적인 영향이 나타나는지 여부에 대해 조사하는 것을 주목적으로 한다. VDT 직무에 의해 서로 다른 modality에 대한 정보처리에 차별적인 영향이 나타나지는지의 여부는 감시작업이나 원전의 통제시스템 등 VDT를 이용한 직무에 대한 직무설계

또는 직무 인터페이스 설계시 설계지침으로서 이용될 수 있을 것이다.

2. 실험방법

2.1. 피실험자

피실험자는 8명의 남자대학생으로 평균연령은 21세이다. 피실험자들은 최소한 1년 이상의 컴퓨터 사용경력을 갖고 있다.

2.2. 실험실 및 실험장비

실험은 준비된 실험실에서 실시되며, 실내 밝기는 적정 실내 밝기 추천에 따라 300-500 lx가 유지되었다(Grandjean, 1987). 피실험자에게 주어지는 VDT 직무(시각작업)와 측정직무로서의 MD, PD법은 각각 개인용컴퓨터에서 미리 Qbasic으로 작성된 프로그램을 실행함으로써 제시된다. 시각작업 및 측정직무에 대해서는 2.4 및 2.5절에서 각각 상세히 설명한다. CFF(critical flicker frequency)치의 측정은 TAKEI 501B에 의해 수행하였다.

2.3. 실험절차

VDT 직무에 의한 단기기억에서의 다중자원처리에 대한 영향을 살펴보기 위하여 다음과 같은 실험을 실시하였다.

피실험자는 50분의 시각작업을 휴식시간없이 연속으로 2번 실시한다. 첫 번째 시각 작업 전, 첫 번째 시각 작업과 두 번째 시각작업 사이, 두 번째 시각작업종료직후에 측정 직무가 수행된다. VDT 직무로서 2종류의 시각작업이 준비되었으므로 동일한 피실험자는 이틀에 걸쳐 실험에 임하게 된다. 이때 실험 간격은 적어도 1주일을 넘지 않도록 조정하였다. 실험절차를 전체적으로 개관하면 그림 1과 같다.

2.4. 시각작업

피실험자에게 VDT 직무로서 주어진 시각작업은 시각감시작업과 데이터입력작업의 2종류이다. 시각감시작업이란 VDT 화면에 40개의 영대문자가 랜덤한 순서로 주어지며, 동시에 40개의 영대문자중 1개의 영대문자가 목표문자로서 주어진다. 피실험자는 40개의 영문자중 주어진 목표문자의 숫자를 헤아려 이를 키보드로 화면내에 입력하도록 지시받는다. 피실험자는 이 작업을 반복한다. 데이터입력작업이란 목표문자로서 5개의 영문자가 주어지면 피실험자는 이를 그대로 입력하며, 이 작업을 작업이 종료될 때까지 반복한다. 시각감시작업과 데이터입력작업에서 주어지는 문자는 모두 랜덤하게 결정된다. 작업도중 피실험자의 작업수행도를 측정하기 위해 10분 간격으로 작업화면처리수 및 정확도가 기록된다. 여기서 작업

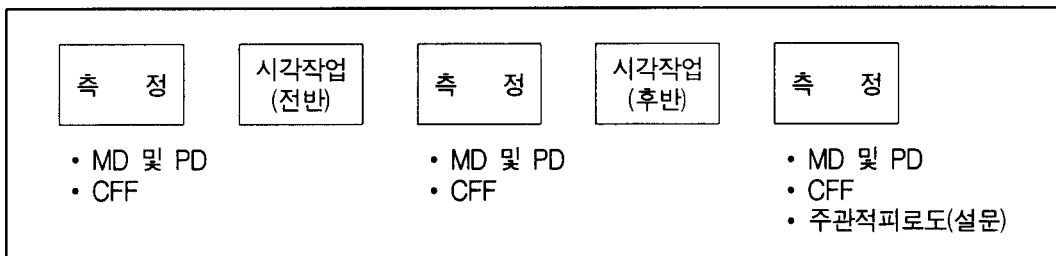


그림 1. 실험절차

화면처리수란 시각작업과 데이터 입력 작업 모두 피실험자가 10분동안 처리한 작업화면수를 말한다. 또한 정확도란 10분 동안에 처리한 작업화면수중 피실험자가 바르게 처리한 화면수의 비율을 말한다.

2.5. 측정직무

시각작업의 전, 중, 후에 각각 MD(missing digit), PD(probe digit), CFF치가 측정되었다. 시각작업의 마지막에는 시각작업에 대한 피실험자의 주관적 피로도에 관한 설문조사를 실시하였다.

MD, PD법은 단기기억의 다중자원처리에서의 영향을 조사하기 위해 Klapp 등(1988)에 의해 실시된 방법이다. 여기서 MD법이란 1~9까지의 숫자에서 임의의 8개의 숫자를 차례대로 제시한 후 제시하지 않은 한 개의 숫자를 맞추게 하는 방법이다. PD법이란 1~9까지의 숫자에서 임의의 8개의 숫자를 차례대로 제시한 후 그 중 한 개의 숫자를 제시하여 그 숫자가 이전에 제시된 것인지 여부를 묻는 것이다.

MD 및 PD에서 숫자를 제시할 때 먼저 1,000msec동안 준비기간을 주고 300ms동안 1

개의 숫자를 제시한 후 100ms의 간격후에 다음 숫자를 제시한다. 단 3번째와 6번째 숫자가 제시된 후에는 기억에 도움을 주기 위해 500ms의 간격을 부여한다. 피실험자는 목표가 제시된 후 즉시 정답이라고 생각되는 숫자를 입력한다. 목표제시 후 5초동안 아무런 반응이 없으면 틀린 것으로 간주한다. PD의 경우, 맨 마지막에 제시된 숫자는 목표숫자로 제시되지 않는다. 1번의 측정시에는 MD, PD 모두 10개의 문제가 제시되는데 이중 처음의 두 번은 연습이며 나중의 8개의 득점만 기록된다. 여기서 MD, PD법 모두 8개의 득점에 대한 평균을 계산하여 이것을 MD, PD법의 정답률로 한다. MD 및 PD법의 측정절차를 그림2에 표시한다.

MD, PD 측정후 피실험자의 시각피로도의 생리적 지표로서 CFF치를 측정하였다. CFF 측정은 1번의 측정에 3회씩 down 방식에 의해 측정되었다. 시각작업과 측정직무가 모두 완료된 다음, 피험자의 주관적 피로도를 묻는 설문조사가 실시되었다. 설문조사는 전부 10개의 문항(예, 작업이 단조롭다, 눈이 따갑고 아프다, 어깨가 아프다 등) 으로 구성되었으며

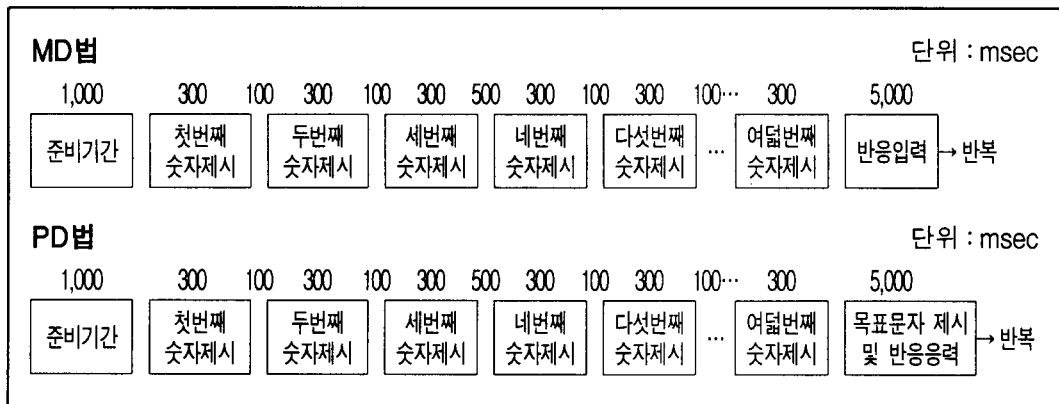


그림 2. MD 및 PD법 측정절차

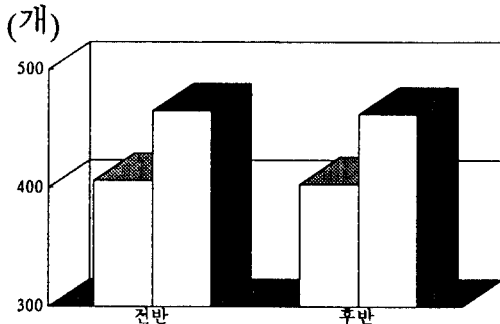
각각의 문항에 대해 5단계 평가법(예: 5. 매우 눈이 부시다 1. 전혀 눈이 부시지 않다)으로 시각적 피로도, 근골격계 피로도, 정신적 피로도 등이 조사되었다.

3. 실험결과

3.1. 작업수행도

시각감시작업과 데이터입력작업에 대한 각각의 작업수행도를 측정하기 위해 10분 간격으로 기록한 작업화면처리수와 정확도의 결과

작업화면처리수



정확도

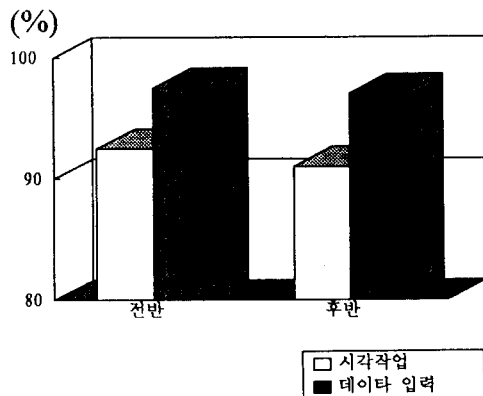


그림 3. 작업수행도

는 그림 3과 같다. 시각감시작업과 데이터입력 작업 모두 전후반의 시각작업을 수행하는데 있어서 작업화면처리수나 정확도가 그다지 저하되지 않았다. 시각작업(시각감시작업, 데이터 입력작업)과 작업수행(작업전후반)을 각각 요인으로 하여 분산분석을 수행한 결과 작업수행 요인에 관한 유의한 차는 관찰되지 않았다(작업화면처리수: $F_{0.02}$, $p=0.904$, 정확도: $F_{0.26}$, $p=0.619$).

3.2. MD, PD법

시각작업의 전, 중, 후에 각각 MD, PD법에 의해 측정된 정답률을 그림 4, 그림 5에 표시하였다. 그림 4에서 알 수 있듯이 MD법에서는 시각감시작업의 경우 피실험자들의 정답률은 점차로 낮아지는 것이 관측되었고 데이터입력 작업의 경우 전반작업수행시에는 정답률이 비슷한 수준을 유지하였다가 후반 작업수행 후 정답률이 저하되었다. 시각작업(시각감시작업, 데이터입력작업)과 작업수행(작업 전, 중, 후)을 각각 요인으로 하여 분산분석을 실시한 결과, 작업수행 요인($F_{0.399}$, $p=0.042$)에 유의한 차가 나타났다. 이것은 시각작업을 수행함에 따라 정답률이 0.66에서 0.63, 0.54로 점차 저하된 것을 의미한다.

그림 5에서 볼 수 있는 것 처럼 PD법에서는 시각감시작업의 경우 전반작업 후 정답률이 낮아졌으나 후반작업에는 작업전과 동일한 수준으로 되었다. 데이터 입력작업의 경우 작업수행이 진행됨에 따라 정답률이 점차로 낮아졌다. MD법과 동일한 방법에 의해 분산분석을 실시한 결과, 시각작업×작업수행요인($F_{0.390}$, $p=0.045$)에 유의한 차가 나타났다. 이것은 PD에서의 정답률이 시각감시작업과 데이터입력작업 수행에 따라 각각 다른 양상

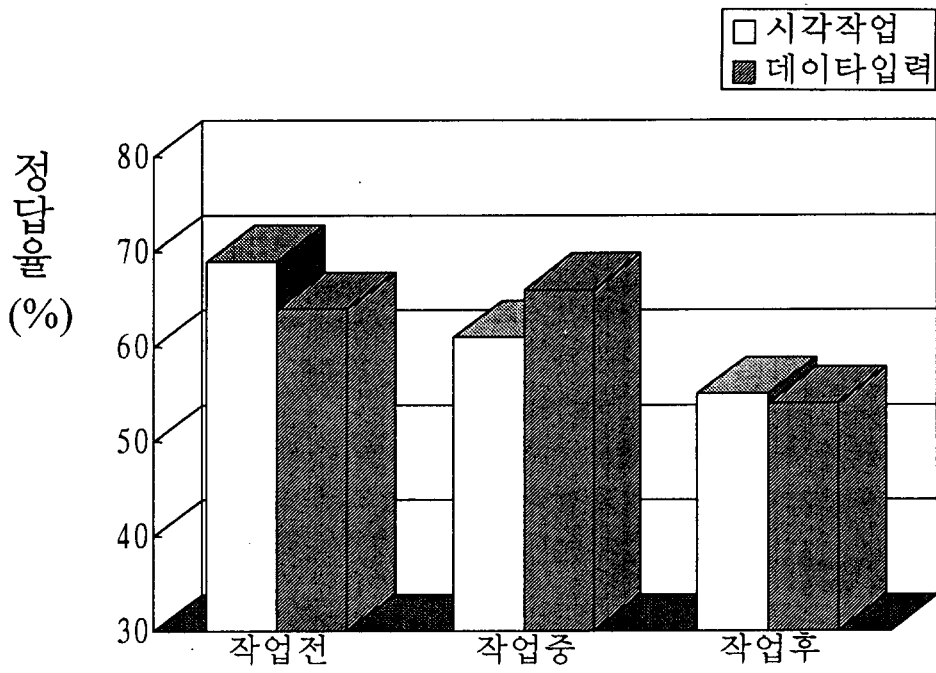


그림 4. 시각작업에 따른 MD변화율

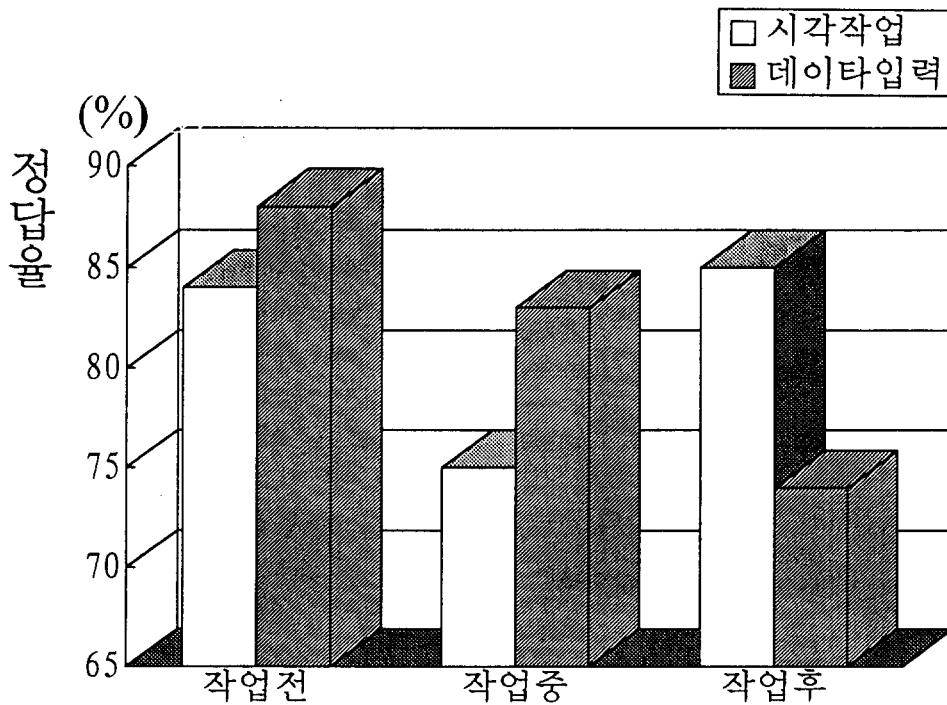


그림 5. 시각작업에 따른 PD변화율

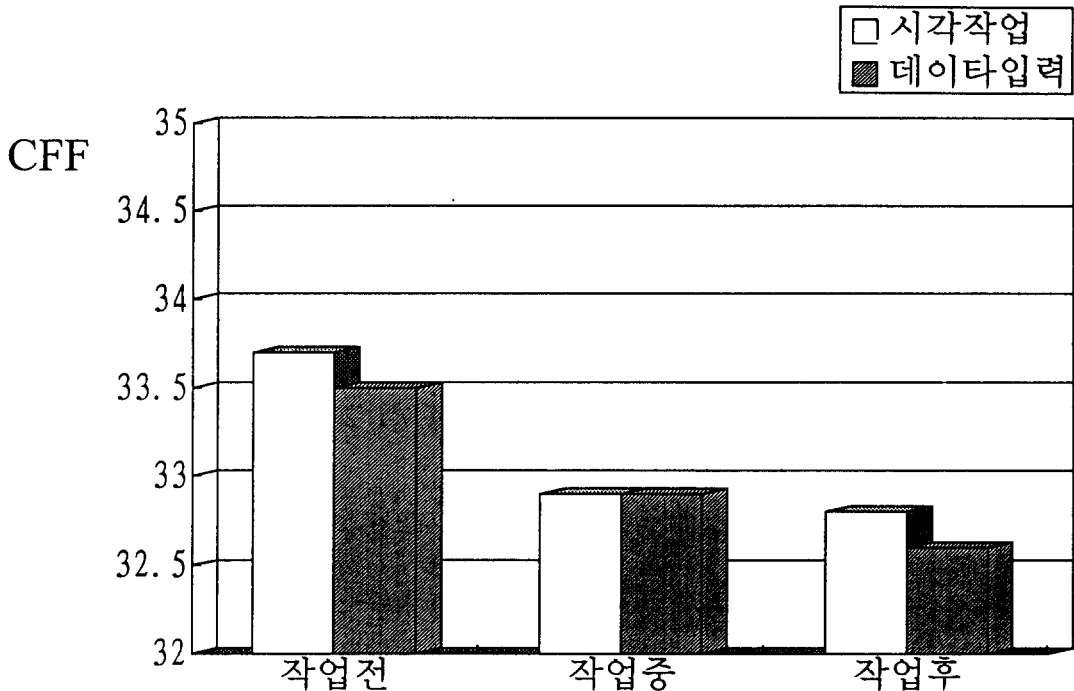


그림 6. 시각작업에 따른 CFF치 변화율

으로 변화한다는 것을 의미한다. 즉 시각작업에서는 PD에서의 정답률이 0.69, 0.61, 0.54로 점점 낮아졌으나, 데이터입력작업에서는 작업전 0.64에서 첫 번째 50분 작업후 0.66으로 조금 높아졌다가 두 번째 50분 작업후 0.54로 낮아졌다.

3.3. CFF(critical flicker frequency)치

시각작업에 따른 시각피로도의 생리적 지표로서 측정된 CFF치 측정결과는 그림 6과 같다. 시각감시작업과 데이터입력작업 모두 전반의 시각작업을 수행함에 따라 CFF치가 저하되었으며 후반의 시각작업 수행후 더욱 저하하였다. MD법과 동일한 방법에 의해 분산분석을 실시한 결과, 작업수행요인($F_0=38.95, p=0.000$)에 대단히 유의한 차가 나타났다. 그러

나 시각작업×작업수행요인($F_0=0.54, P=0.58$)에는 유의한 차가 관측되지 않았다. 이것은 시각작업에 따른 생리적 측면에서의 시각피로도는 수행한 작업이 어떤 것인가와는 무관하게 작업수행후 증가한다는 것을 나타낸다고 볼 수 있다.

3.4. 설문조사

시각작업이 완료된 후, 피실험자의 주관적 피로도를 묻는 설문조사에 대해 요인분석(factor analysis)에 의한 통계처리를 실시하였다. 그 결과 10개의 설문 항목을 2개의 요인으로 요약할 수 있었다. 요인 1(기여율 0.43)은 전신에 힘이 없다, 손목, 손가락이 아프다, 허리가 아프다 등의 설문항목과의 관련성이 큰 것으로 볼때 근골격계 피로도를 나타낸다고 볼

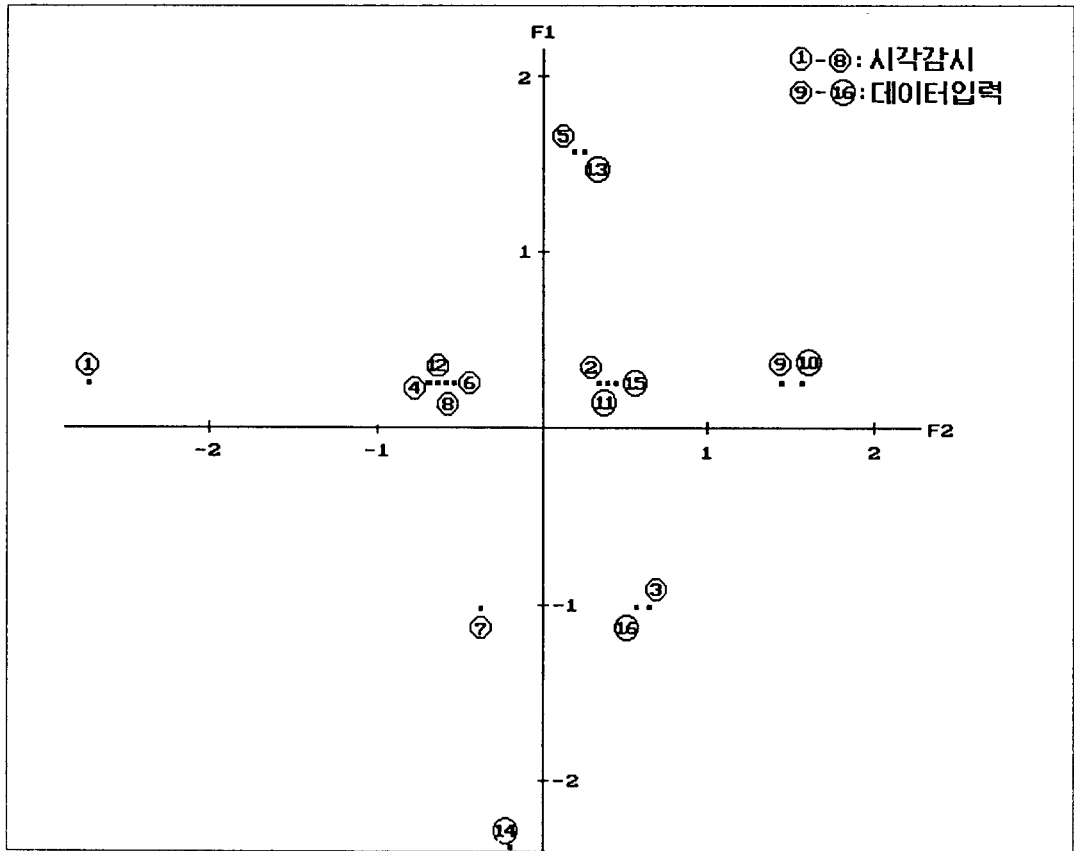


그림 7. 피실험자별 요인득점

수 있다. 요인 2(기여율 0.28)는 눈이 부시다, 눈이 따갑고 아프다 등의 설문항목과 관련성이 큰 것으로 볼 때 시각 피로도를 나타낸다고 볼 수 있다. 요인 1과 요인 2에 대하여 피실험자가 수행한 각 시각작업의 요인득점(factor scores)을 구한 다음 이를 플로팅한 결과는 그림 7과 같다. 이 결과에 의하면 각 작업은 요인 1, 2에 걸쳐 분포의 정도가 넓기 때문에 작업수행에 대한 피실험자의 주관적 피로도의 성격을 명확하게 특징지우기는 어렵다. 그러나 전반적으로 시각 피로도에 있어서는 시각감시작업과 데이터입력작업 모두가 동일한 정도의 피로감을 느낀 것으로 보여진다.

근골격 피로도에 있어서는 데이터입력작업이 시각감시작업에 비해 근골격피로도가 컸던 것으로 보여진다.

4. 논의 및 결론

시각작업에 대한 피실험자의 작업수행도를 10분간격으로 관찰한 결과 작업화면처리수나 정확도 모두 전·후반작업에서 별다른 차이를 보이지 않았다. 이것은 피실험자들이 주어진 시간동안 주어진 과제를 한 눈 팔지 않고 충실히 수행한 것으로 평가할 수 있다. 또한

VDT작업지침(Grandjean,1987)에 의하면 단순VDT직무의 경우 2시간을 넘지 않도록 정하고 있는데 본 실험에서는 50분씩 2번의 시각작업을 부여하였으므로 이것을 전술한 작업 수행도의 결과와 병행해서 판단해 볼 때 피실험자에게는 충분히 정신작업부하가 부여된 것으로 볼 수 있다.

시각감시작업과 데이터입력작업의 전, 중, 후에 MD 및 PD법에 의한 정답률을 측정한 결과 서로 다른 시각작업에 따라 MD, PD법에서의 영향의 양상이 약간 차이가 있는 것으로 관측되었다. Kahneman(1973)의 단일한계용량 이론(single channel capacity theory)에 의한다면, VDT직무에 의해 피실험자의 한계용량이 줄어들게 되고 이에 따라서 MD, PD법 모두 일률적으로 정답률이 저하될 것으로 예측할 수 있다. 따라서 본 실험의 결과는 단일한계용량이론보다는 Wickens등(1988)이 주장하는 다중자원처리이론(multiflural resources processing theory)을 지지하는 것이 아닌가 추측된다.

Klapp 등(1988)은 다중자원처리이론을 지지하는 일련의 실험에서 특히 MD법은 시각/공간자원에 대해, PD법은 음성/언어자원에 대해 측정하기 위해서 각각 MD법과 PD법을 제안하였다. 이것을 실험결과와 결부시켜보면 우선 MD법에서는 시각감시작업, 데이터입력작업 모두 정답률이 낮아졌다. 본 실험에서는 작업에 따른 생리적 피로도의 지표로서 CFF치를 측정하였고 주관적 피로도를 설문지에 의해 평가하였는데 CFF치는 시각감시작업과 데이터입력작업 모두 저하되었고, 주관적 피로도 평가에서도 각 작업의 시각피로도의 정도는 그다지 차이가 없는 것으로 보인다. 따라서 시각감시작업이나 데이터입력작업은 시각적으로

충분히 피로를 유발하는 작업으로 보여지며, 이와같은 작업수행에 따라 피실험자는 시각/공간자원을 이용한 MD법에서의 정답률이 모두 저하한 것이 아닌가 예상된다.

PD법에서는 그림 5에서 볼 수 있는 것처럼 데이터입력작업의 경우 작업수행에 따라 PD법의 정답률이 점차적으로 낮아졌으나 MD법에서는 작업후의 정답률은 오히려 약간 증가하였다. 그러나 CFF치 및 주관적 피로도 평가데이터를 보면 시각감시작업이나 데이터입력작업의 경우 피로도에서의 차별화된 경향을 볼 수 없다. 즉 본 실험에서 이용한 CFF치 및 주관적 피로도 평가 데이터만 가지고는 PD법에서 나타난 정답률이 작업에 따라 다르게 나타난 이유를 설명하기 어렵다는 것을 알 수 있다. 따라서 서로 다른 시각작업의 수행에 따른 PD법에서의 정답률의 차이를 해석해 보기 위하여 시각작업을 다음과 같이 정성적으로 비교해 보기로 하였다.

본 실험에서 부여한 시각작업을 특히 작업 수행내용 측면에서 정성적으로 분석해 본다면 각 작업을 표 1과 같이 분류할 수 있다.

표 1. 시각작업내용의 정성적 분석

	패턴인식/ 시각의존	언 어	키입력
시 각 감시작업	대	중	중
데 이 터 입력작업	대	대	대

시각감시작업은 화면에 표시된 40개의 영대 문자에서 목표문자의 개수를 세어 이 숫자를 입력한다. 따라서 시각감시작업은 시각의존적 작업이다. 데이터입력작업은 목표문자인 5개의

영문자를 그대로 입력해야 한다. 따라서 데이터입력작업도 시각 의존적작업으로 볼 수 있다. 언어사용측면에서 보면 데이터입력작업의 경우 시각감시작업보다 상대적으로 사용빈도가 높다고 볼 수 있다. 왜냐하면 피실험자들이 실험후 보고한 내용을 보면, 데이터입력작업의 경우, 피실험자들은 정확한 입력을 위해 영문자를 소리내어 읽거나 반복해서 읽기를 계속하는 경향이 있기 때문이다. 키 입력 측면에서도 데이터입력작업의 경우, 키 입력빈도가 시각감시작업보다 높다. 따라서 이러한 작업수행 내용의 차이가 각 시각작업에 따른 PD법에서의 정답률의 차이를 유발한 것이 아닌가 판단되지만, 그것이 어떤 형식으로 정답률의 차이를 유발시킨 것인가에 대해서 분명한 해석을 내리는 것은 현 시점에서는 어렵다.

이 연구의 향후 과제로서 다음과 같은 점을 들 수 있다.

본 실험에서는 시각감시작업과 데이터입력작업으로 인한 생리적, 심리적 측면에서의 영향을 평가하기 위해 CFF치 및 주관적 피로도를 이용하였다. 그러나 전술한 척도에 의해서는 시각감시작업과 데이터입력작업에 의한 영향을 정량적으로 차별화할 수 없었다. 즉, 서로 다른 내용의 시각작업을 수행함에 따라 PD법에서의 정답률에 차이가 있는 것으로 보여졌으나, 본 실험에서 이용한 생리적, 심리적 척도만으로는 이와 같은 차이를 설명하지 못하였다. 따라서 피실험자가 시각작업을 수행하는 전 과정에서 생리적인 척도를 모니터링할 수 있는 기법, 예를 들면 ECG, EEG 등을 이용하여 피실험자가 시각작업을 수행하는 과정 전체를 조사해 본다면 PD법에서의 정답률의 차이를 좀 더 분석적으로 설명할 수 있으리라 기대된다.

또한 이 실험에서는 시각작업의 전, 중, 후 3시점에서 MD 및 PD법에 의한 과제를 실시하였다. 이것은 MD 및 PD법을 자주 측정함으로써 인해 시각작업의 질적변화가 예상되기 때문에 가급적 시각작업내에서는 측정을 기피한 것이다. 그러나 MD, PD법이 아닌 보다 간단한 방법으로 다중자원처리에 대한 측정을 할 수 있는 기법이 있다고 한다면 시각작업수행의 중간에도(예, 10분에 한 번씩 측정) 다중자원처리에 대한 영향을 평가하여 시각작업수행에 따른 작업자의 정보처리능력에의 영향을 보다 연속적으로 조사할 수 있지 않을까 생각된다.

본 연구결과는 서로 다른 내용의 단순 VDT직무에 의해 작업자의 단기기억에서의 다중자원처리에 서로 다른 영향을 받을지도 모른다는 것을 시사하고 있는데, 이 점은 단순 VDT직무의 직무설계 또는 직무인터페이스설계 시 하나의 지침으로 이용될 수 있다. 예를 들면 원자력 발전소의 주 제어실의 경우 제어실 작업자는 과도한 정보처리 부하환경에 놓일 수 있는데, 원전의 발전정지 원인을 분석한 연구에 의하면 정지원인을 작업 유형별로 보았을 때 주 제어실에서의 휴먼에러가 원인이 된 것이 18%에 달한다는 보고도 있다(이정운 등, 1996). 따라서 원전의 주 제어실 또는 산업현장의 자동화 제어시 작업자가 수행하는 작업내용에 따라 직무 또는 직무인터페이스설계 시 음성/언어자원과 시각/공간자원은 서로 배타적으로 이용할 수 있도록 설계한다면 업무수행에 있어서 효율성을 높일 수 있을 것으로 기대할 수 있다.

이 연구에서 단순 VDT직무로 생각되는 시각감시작업과 데이터입력작업이 인간의 시각 정보처리중 특히 서로 다른 modality에 대한

정보처리에 어떻게 영향을 미치는지 살펴본 결과는 다음과 같다.

- 1) 시각작업에 따른 MD 및 PD법에서의 영향을 살펴본 결과, MD법에서는 시각작업 수행에 따라 정답률이 저하되었다. PD법에서는 데이터입력작업에서 정답률이 점차로 낮아졌으며, 시각감시작업에서는 정답률이 데이터입력작업과 다른 양상을 보였다.
- 2) 시각감시작업, 데이터입력작업 모두 작업 수행후 CFF치가 저하되었다.

위의 결과로 볼 때 동일한 단순 VDT직무라고 하더라도 작업수행에 따라 서로 다른 modality에 대한 정보처리에의 영향이 다르게 나타날 수도 있다는 점이 시사되었다.

참 고 문 헌

1. ANSI/HFS-100, American National Standard for Human Factors Engineering of Visual Display Terminal Workstations, California, 1988.
2. Bräuninger, U., Grandjean, E., Van der Heinten, G., Nishiyama, K., Gierer, R., "Lighting characteristics of VDTs from an Ergonomic Point of View." In E. Grandjean (Ed.), Ergonomics and Health in Modern Offices. Taylor & Francis, London, 1984
3. Grandjean, E., Ergonomics in Computerized Offices, Taylor & Francis, London, 1987.
4. Itoh, K., Enkawa, T., and Akiba, M., "A Measurement Method for General

Fatigue base on Attention of Channel Capacity in Visual Cognitive Works". J. of the Ergonomic society of Japan, 25: 87-100, 1989.

5. Kahneman, D., Attention and Effort, Englewood Cliffs, NJ: Prentice-hall, 1973.
6. Klapp, S., and Netick, A., "Multiple Resources for Processing and Storage in Short-Term Working Memory", Human Factors, 30: 617-632, 1988.
7. Norman, D., and Bobrow, D., "On Data-limited and Resource-limited Processing", J. of Cognitive Psychology, 7: 44-60, 1975.
8. Smith, A.B, Tanaka, S. and Halperin, W., "Correlates of Ocular and Somatic Symptoms among VDT Users." Human Factors, 26: 144-156, 1984.
9. Smith, M.T., Cohen, B.F.G., Stammerjohn, L.W., and Happ, a., "An Investigation of Health Complaints and Job Stress in Video Display Operation", Human Factors, 23: 387-400, 1981.
10. Wickens, C.D., Sandry, D.L., and Vidulich, M., "Compatibility and Resource Competition between Modalities of Input, Control Processing, and Output", Human Factors, 25: 227-248, 1983.
11. Wickens, C.D., and Liu, Y., "Codes and Modalities in Multiple Resources: A Success and Qualification", Human Factors, 30: 599-616, 1988.

12. 尹哲皓, 圓川 隆夫, 秋庭 雅夫, “VDT作業の視機能・大脳機能への影響に関する研究”, 日本經營工學會誌, 38:157-162, 1987.
13. 이정운, 박근욱, “국내 원자력 발전소 인적오류사례의 추이 분석”, 춘계 인간공학회 학술논문집, pp.63~75,1996.