

# 전기회로등의 재생에 나타난 전문지식의 지식구조\*

김영채

양종철

계명대학교 심리학과

계명대학교 행동과학연구소

본 연구에서는 전문지식에 관한 세가지의 실험을 수행하였다. 실험 1은 기술수준(전문가-중간기술자-초보자) x 과제 유의미성(유의미 과제-무의미의 무선과제) x 범주기능명(전체범주의 기능명-중간단위 범주의 기능명-무제시)의, 그리고 실험 2는 기술수준(전문기술자-초보자) x 과제형태(정상형태-변경형태과제) x 제시기간(5초-15초)의 혼합요인 설계를 이용하였으며, 이들 두 실험은 모두 전기회로도를 실험과제로 사용하였다. 실험 3은 컴퓨터 프로그램을 실험과제로 하여 기술수준(전문가-중간기술자-초보자) x 구조기능명(중간단위의 기능명 제시-무제시)의 혼합요인 설계를 이용하였다. 얻은 결과들은 (i) 전문가는 초보자 보다 재생/재생산해 내는 기억능력이 더 우수하며, (ii) 전문가의 기억우수성은 과제가 유의미하거나 정상적인 배치 형태의 것일 때만 나타나며, 이로 볼때 전문가의 지식구조는 어의적으로 결집되어 있을 뿐만 아니라 이미지 결집으로도 표상되는 것 같이 보이며, (iii) 전체과제를 이루고 있는 요소구조가 가지고 있는 기능명의 제시는 기억에 정적효과를 가지며, 특히 검사국면보다는 학습국면에서 더 효과적이며, 그리고 (iv) 전문가의 지식구조는 초보자 보다 더 통합적이고 응집적이며 분화되어 정교하게 발달되어 있으나 중간기술자와는 유의한 차이가 없는 것 같이 보인다. 그리고 이러한 발견을 지식구조의 '어떻게'와 '어떤 내용'이라는 이 단계 가설에 따라 논의하였다.

올림픽 경기 우승자, 노벨의학 수상자, 타이틀을 차지한 권투 선수나 프로 바둑기사, 저명한 저술을 하는 학자, 뛰어난 성악가나 피아니스트-이들은 모두 전문가들이다. 이들은 일을 아주 숙련되게, 별로 힘들이지 아니하고 유창하게, 그리고 통찰적으로 할 줄 알며 또한 실수를 거의 범하지 아니한다. 택시 운전수는 교통법규에 걸리지 아니할 만큼의 요령으

로 시간에 늦지 않게 당신을 공항으로 운전해 준다. 4살박이 아이는 좁은 방에서도 물그릇을 솔지 않고 걸어갈 수 있다. 이들도 전문가이다. 사실 우리들은 모두 많은 일상의 활동에서 어느 정도는 전문가이다. 아는 이의 얼굴을 알아 보고, 말을 하고, 자전거를 타고 - 이들 활동들은, 충분히 연습을 하므로서 아주 쉽게 거의 자동적인 수준까지 마스터 할 수 있는 것들이다. 전문가들은 어떻게 하여 그렇게 높은 수행수준을 성취하는 것일까? 그들은 적당히 알 뿐이거나 도무지 알지를 못하는 초보자와는 어떻게 다른가? 이러한 질문에 대한 해답은 우리가 교수하고 학습자가 학습하는 방법을 변화시킬 것이며 궁극적

\*이 논문은 1990년도 문교부 지원 한국 학술진흥재단의 자유공모과제 학술연구조성비에 의하여 연구되었음.

본 연구의 실험실시를 도와준 유철욱(롯데 캐논)군과 계명대학교 행동과학연구소의 연구원들에게 감사드립니다.

으로는 우리 모두를 보다 나은 사고자(思考者)와 행위자가 되게 만들지도 모른다(Trotter, 1986), 전문기능(expertise)의 개발과 관련한 많은 연구들이 이용하고 있는 연구 페러다임은 크게 두가지로 나누어 볼 수 있는데 하나는 전문가 집단과 초보자(또는 문외한) 집단을 구성하여 이들 간의 차이특성을 옴미해 보는 것이고 다른 하나는 일정한 훈련(수업, 교수)를 실시한 전후에서 전문기능의 차이를 분석하는 것이다. 전문가(expert)란 용어는 대개 수천시간 이상의 경험을 가지고 있는 사람에게 쓰이는 상당히 통일적인 것이다. 그러나 초보자(novice)란 용어가 지칭하는 내용에는 다소간 변이가 있는 것 같다. 어떤 연구에서는 당해 과제 영역을 전혀 모르는 사람을 의미하기도 하고, 그리고 다른 연구에서는 대학에서 해당영역의 과목을 한두 코오스 수강한 적이 있는 사람을 의미하기도 한다. 이러한 차이는 일부 연구들이 보여주고 있는 모순적인 연구결과와도 전혀 무관하지는 아닐할 것이다(VanLehn, 1990), 그리고 전문가와 초보자 사이에 중간집단을 이용하는 경우도 있다. 연구 페러다임 뿐만 아니라 연구경향도 두가지로 크게 나누어 볼 수 있다. 하나는 주로 문제해결 과정에 초점을 두어 전문기능의 개발에 따른 특징적 차이를 규명하려는 것이고(Reif, Larkin, & Brackett, 1976; Schoenfeld, 1979), 다른 하나의 연구경향은 문제해결자의 지식, 특히 지식의 조직(organization)에 관심을 가지는 것이다(Larkin, 1979; Chi, Feltovich, & Glaser, 1981; Chi, Glaser, & Rees, 1982). 그러나 연구관심들은 일반적이고 다소간 영역독립적인(domain-independent) 문제해결의 전략을 연구하는데서 전문기능에 따라 영역관련의 지식기반(knowledge base)이 어떻게 개발·변화되느냐를 살펴보는 것으로 크게 이동하고 있음도 주목해 볼 수 있다(Greeno, 1980; de Jong & Ferguson-Hessler, 1986).

그리고 전문기능의 발달에 따른 전문가와 초보자의 차이를 규명하고 있는 문제영역들도 상당히 다양하다. 예컨대, 체스놀이(de Groot, 1965), 물리학(Chi & Rees, 1982), 대수(Lewis, 1981), 기하(Larkin et al., 1980), 컴퓨터 프로그램(McKeithen et al., 1981), 열역학(Bhaskar & Simon, 1977), 정치학(Voss, Post, & Penner, 1983), 통계학(Atwood,

1984), 산수(Schoenfeld, 1982), 수학(Sweller et al., 1983), 의학(Norman, Brooks, & Allen, 1989), 유전학(Smith, 1990), 인지도(Hirtle & Jonides, 1985) 등등 상당히 광범위하다. 이러한 문제 내지 연구과제 영역들은 대항적인 것(adversary)과 비대항적인 것(non-adversary)으로 나누어 볼 수 있고, 또한 배치-형태적인 것과 개념구조적인 것으로 나누어 볼 수도 있을 것 같기도 하다. 대항적 과제란 바둑이나 장기, 체스에서 처럼 상대방이 있어 경쟁적인 관계에서 성패가 결정되는 과제이며, 비대항적 과제란 산수문제를 풀거나 컴퓨터 프로그램을 기억할 때처럼 수행자가 상대방 없이 독립적으로 수행하는 것이다. 배치-형태적인 과제와 개념구조적인 것은 구분이 다소간 임의적이고 두가지 속성 모두를 소유하고 있는 것도 어렵지 않게 발견할 수 있다. 어쨌든 배치-형태적인(configural-gestalt) 것은 체스나 바둑에서 처럼 과제요소들이 배치되어 있는 형태관계가 중요한 것이고 개념구조적인(conceptual-structural) 것은 컴퓨터 프로그램에서 처럼 배치 형태 보다는 과제요소들의 개념적인 상호관련성이 중요하다. 그리고 연구과제 영역들은 '자연과학에 집중되어' 있음도(이영애, 1986) 주목할 수 있다. 그리고 많은 연구들은 전문가의 우월성과 관련하여 여러가지의 상당히 일관적인 발견들을 하고 있다. 예컨대 VanLehn(1990)은 문제해결과정을 중심으로 하여 전문가는 초보자 보다 더 빠르게 수행하며, 더 정확하며, 사용하는 전략이 다르며, 그리고 자기관리기술(self-monitoring skills)이 잘 발달되어 있음을 종설하고 있고, Honeck, Firment & Case(1987)는 전문기능이란 잘 발달된 범주화 과정(categorization)

에서 생겨난다고 말하면서 5가지의 차별적인 이슈를 지적하고 있다. 즉 전문가들은 초보자 보다 한층 추상적인 범주를 발달시키고 있으며(초보자는 보다 표면적 측면에 기초하고 있는데 대하여), '액면 그대로의 장면에서' 한 두 단계 벗어난 이차적이고 추상적인 원리에 대하여 반응하며, 결집(chunking)이 보다 크게 위계적으로 이루어져 있으며, 범주통합이 보다 완전하여 응집성(coherence)을 가지며, 그리고 자연범주의 성원이 비연속적인 것이 아니라 점진성(gradedness)을 보이는 차이등을 지적하고 있다.

이제 본 연구와 관련한 이슈들을 다음과 같은 세 가지로 나누어 정리해보고자 하며 그러므로서 본 연구의 정위적 맥락과 필요성을 같이 주목해 불러고 한다. 세가지 이슈중 첫째의 것은 사용한 연구과제에 대한 것이고, 둘째의 것은 지식 조직화의 성질에 대한 이론적 해석이고, 그리고 셋째의 것은 결집된 지식구조(knowledge structure)의 구체적 내용을 분석하기 위하여 사용한 분석기법에 관한 것이다.

첫째는, 본 연구가 사용한 문제 영역 내지 문제과제에 대한 것이라고 하였다. 본 연구에서는 두가지 실험에서 전기회로도용을 이용하였고 세번째 연구에서는 컴퓨터 프로그램을 이용하였다. 이들 연구과제들을 차례대로 검토해 보기로 한다. 전문기능에 대한 개척자적인 연구는 DeGroot(1965)라고 볼 수 있다. 그는 체스 전문가가 '소리내어 생각'한 채록, 즉 프로토콜(protocol)을 분석하므로써 전문가와 초보자의 특징적인 차이를 규명할 수 있었다. Chase & Simon(1973)은 실제로 두고 있던 체스판의 말의 위치를 재생해 보도록 함으로써 그의 연구를 더욱 외연시키고 있다. 이들의 결과는 전문가는 보다 우수한 추리력이나 목적-수단 분석력을 가지고 있다는 거의 자명한 것 같이 보이는 가설을 기각하고 있으며 또한 전문기사는 행마에 대하여 보다 광범위한 대안들을 가지고 보다 철저하게 탐색한다는 주장도 부정하고 있다. 대신, 이들은 전문기사들은 실제 체스 게임에서 일어나는 경향이 있는 판의 배치모양에 대응하는 보다 큰 유의미한 지각단위(perceptual unit)들을 재인해 내는 것을 학습했으며 그리고 그러한 단위는 단위적인 결집으로 저장되며 또한 생성법칙의 조건(conditions of production rules)으로 기능하여 '좋은 수'를 시사해 주는 것이라고 주장하게 되었다. 이러한 초기의 연구결과들은 전기회로도를 이용한 실험에도 크게 영향을 미쳤다. 전기회도와 같은 비어문적 기호도를 읽는 기능은 전자, 엔지니어링, 화학 및 건축 등에서 광범위하게 중요한데 왜냐하면 기사들은 회로를 이해하고 그리고 기호를 하드웨어나 회로설계문제에 관계시킬 수 있어야 하기 때문이다. Egan & Schwartz(1979)에서는 회로도 재생산(reproduction) 능력에서 전문기사와 초보자가 전문지식에서 어떠한 차이를 보이는지를 규명해 보기 위하여 6명의 전문기술자와 6명의 초보자를 피험

자로 이용하였다. 피험자들은 각기 12개의 유의미 재생과제(recall task) 12개의 무선적 재생과제와 12개의 구성과제(construction task)에 참가하였다. 얻은 결과는 전문가들은 유의미한 회로도에서는 초보자보다 유의하게 더 잘 재생산했지만 무선과제에서는 그렇기 못하였다. 이는 체스의 말 위치에 관한 연구결과를 재현해 주고 있는 것이었다. 그리고 여기서는, 잠재성(latency), 즉 반응시간 대신 전문가의 의견을 이용하여 결집경계를 결정하였지만, 어떤 든 같은 결집에 속하는 기호들을 재배치하는 시간은 유의하게 짧았다. 그러나 de Groot(1966)나 Chase & Simon(1973)의 체스 게임에 대한 연구결과와 다른 한 가지는 전문기술자들은 재생과제에서 보다도 재구성 과제에서 보다 더 잘 수행했다는 것인데 이러한 결과는 전문가들의 우수한 수행은 보다 많은 정보를 기억에 부호화(encoding)하기 때문이 아니라 보다 세련된 추측 능력 때문이 아닐까 하는 의문을 제기하게 되었다. 이러한 결과 말고도 전기회로도 과제의 특징적 속성에 주목해 볼 필요가 있다. 적어도 표면적으로 보면 회로도의 모습은 이전에 연구하였던 체스나 바둑판의 특징과 공통적인 점이 있다. 회로도란 어떤 기호집단은 흔히 자주 일어나지만(예컨대, 증폭기 배치, 필터 등등), 그래도 전체의 회로도 모습은 많은 차이를 보인다(예컨대, 바둑에서 전체가 똑같은 모습으로 진행된 경기는 없다고 하듯이). 그러나 회로도는, 공간적인 배치형태가 중요하면서도 기호들 간의 기능적 관계가 같이 중요하다고 생각해 보면, 기호들의 공간적 배치의 지각이나 이들 사이의 결합(association)과 기호들 간의 기능적 관계가 체스나 바둑판에서 처럼 그렇게 직접적인 것이 아닐지도 모른다. 그리고 전기회로도 과제의 문제해결은 바둑시합과는 달리 경쟁적인 장면의 것이 아니고 비대항적이다. 이러한 과제변인이 얼마나 중요한 것인지는 그렇게 분명한 것은 아니지만 회로도에 대한 기능은 그 자체로도 중요할 수 밖에 없다.

컴퓨터 프로그램 영역도 전기 회로도와 다른 면을 가지지만 다 같이 어의적으로 풍부한 영역(semantically rich domains, Bhasker & Simon, 1977)임은 마찬가지이다. 다른 면으로는 전기회로도와는 달리 공간적인 배치형태가 중요하지 아니함을 말할 수 있

다. 그러나 양자는 구성요소들이(예컨대, 회로도)의 기호, 프로그램의 라인들) 어의적, 기능적인 관계로 연결되어져 있다는 공통점을 가지고 있다. Adelson(1981)은 전문 프로그래머와 초보자가 프로그래밍 개념을 어떻게 표상하고 이용하는지를 연구하였는데 중심은 '결집' 문제에 있었다. 그는 전문가와 초보자에게 구문적으로 또는 프로그램 기능의 원리를 기초로 하여 조직화를 할 수 있는 PLO 코드 라인(lines of PLO code)을 무선적으로 배열하여 보여 주었다. 그리하여 그는 전문가는 초보자들보다 결집크기가 더 클 뿐만 아니라, 양자 모두는 프로그램 언어의 요소들을 개념적으로 범주화하고 있던 하지만, 개념적 범주화의 성질이 다르다는 것을 발견하였다. 즉 초보자들은 구문적이고 전문가는 어의적임을 보여주고 있다. 그러나 프로그래머의 기능이 부호화 때문인지 인출 때문인지는 언급하지 않고 있다. Mckeithen, Reitman, Reuter, & Hirtle (1981)은 이와 비슷한 연구를 하였는데 이들은 세가지 기술 수준의 집단에게 ALGOL W 프로그램의 31개 라인을 정상적으로 또는 뒤섞어서 2분 학습으로 5회 보여 주었다. 결과는 Chase & Simon(1973)의 무선적인 체스 말의 경우처럼 전문가와 초보자는 뒤섞은 프로그램에서는 차이가 없었고 정상적인 것에서만 차이가 나타났다. 그리고 PRO(Possible Recall Order) 척도를 이용하여, 여타의 연구결과와는 달리, 전문가가 초보자보다 더 조직화되어 있는 것은 아니며, 또한 조직화가 더 깊은 것도 아니라는 주장을 하고 있다. 이러한 분석에서 이들은 피험자들이 프로그램 라인들을 완전히 기억할 수 있게 한 다음 5회에 걸쳐 재생해 낸 라인들의 순서 위계(ordered tree hierarchy)를 PRO 분석 했음을 주목해야 한다. Mckeithen 등은 개념적 범주가 점차적으로 변화함을 시사해 주고 있는데 이러한 점진적 이행가설(gradual transition hypothesis)을 지지해 주고 있는 것이 Ehrlich & Soloway(1984)이다. 이들은 서술적 지식(declarative knowledge)보다는 절차적(procedural) 지식에 초점을 두고 있다. 즉 이들은 전문 프로그래머는 고차적 수준의 지식을 활용하여 프로그램을 나중에 재생해 내기 쉽도록 부호화한다는 이론을 받아들이고 있지만 전문가는 그러한 고차적 수준의 지식을 스크립트와 같은 계획

(script-like plan)의 형태로(이것은 프로그램에서의 어떤 상투적인 행위를 나타낸다) 부호화 한다는 가설을 세우는 면에서는 Adelson(1981)이나 Mckeithen et al.(1981)과는 다르다. 숙련된 전문가들은 기억에서 적절한 계획을 선택하여 그것을 적용시켜 현재의 요구를 충족시킨다고 본다.

둘째는, 지식의 조직화에 대한 이론적 해석이다. 그러나 미리 분명히 주목해 두어야 할 것은 적절한 문제도식의 내용은 서술적 지식에 제한되지 아니한다는 것이다. 서술적 지식 이외에도 문제장면의 특징에 대한 지식, 절차적 지식 및 전략적 지식 등이 추가로 포함되어 있을 것이다(de Jong & Ferguson-Hessler, 1986). 그러나 주목을 제일 많이 받고 있는 것은 역시 서술적 지식이다. 체스 놀이에서 시작하여 전문택시기사의 연구에까지 이를 수 있는 전문기능, 전문지식에 관한 많은 연구들이 얻은 결과들은 대충 다음의 두가지로 요약할 수 있다. 첫째는, 전문기능이란 대단히 구체적이고 특수한 것 같이 보인다. 한 영역에서는 전문가라고 하여 다른 영역의 전문가가 보증되는 것은 아니다. 물론 지식의 유형에 따라서는 다른 것보다 더 일반적이며 따라서 보다 더 전이 가능할 수도(transferable) 있다. 둘째는, 전문가는 보다 큰 유의미한 형태(pattern)를 지각할 수 있는 능력을 개발하여 가지고 있으며, 그리고 직관적인 것 같이 보이게 대단히 빠른 속도로 지각한다. 그리고 이러한 우수한 능력은 지식의 조직화(organization) 때문이라고 설명한다. 다시 말하면, 전문가가 가지고 있는 지식기반은 유의미한 내용에 따라, 위계적으로, 그리고 보다 큰 결집으로 조직화되어 있으며(총체적으로 통합화된 부호화), 이러한 조직화된 도식(sehema) 때문에 전문가는 재생 내지 재생산 수행이 보다 우수하다고 설명한다. 전문가가 습득한 이러한 기능(skill)을 설명하기 위하여 먼저 제안된 것이 '지각적 결집화 가설'(perceptual chunking hypothesis)이다(예컨대, Simon & Gilmartin, 1973). 이 가설은 전문가는 전체 결집 또는 몇개 요소(단편)들의 집단을 부호화하여 지각한다고 가정한다. 보다 구체적으로 보면, 이러한 결집들은 어문적 명칭(verbal label)을 가지고 있어서 이것이 단기기억에 저장될 수 있으며 그리고 재생 때는 부호해(decoding)될 수 있다고 본다. 특히

전문가들은 비교적 적은 수의 결집 명칭을 가지고 전체의 요소들을(예컨대, 체스 말의 위치를) 빠르게 표상할 수 있으며 이들 결집 명칭은 체스 말 같은 것을 재구성하는데 이용된다고 가정한다. 지각적 결집화 가설에 대한 대안적인 것으로 ‘개념적 결집화 가설’(conceptual chunking hypothesis)이 제기되기도 한다(Egan & Schwaartz, 1979). 이 가설에서는 전문가의 진짜의 특징은 몇가지 요소들을 유의미한 군집(cluster)으로 빠르게 부호화 할 수 있는 지각적 기능에 있는 것이 아니라고 본다. 대신, 그러한 기능은 성질상 보다 개념적이며, 그리하여 전문가는 (i) 전체 투영(display)을 특징지우고 있는 개념을 빠르게 확인해 내고 많은 요소들을 같은 군집으로 관계시키며, (ii) 생성-그리고-검증과정(generate-and-test process)에 따라서 요소들을 체계적으로 인출해 내며, 그리고 (iii) 전체 투영개념들이 시사해 주고 있는 국부적인 세부내용을 포함으로써 체계적으로(예컨대, 회로를) 탐색해 간다고 본다. 개념적 결집화 가설은 지각적 개념화 가설에서처럼 결집은 독립적으로 지각되고 그리고 재생이란 단기기억에 저장하고 있던 어문적 결집 명칭을 약호화하는 두가지의 측면을 가지고 있다는 것에 대한 비판에 기초한다. 그러나 이들 둘은 약간의 차이에도 불구하고 개념적이고 언어적인 것이며, 결국 결합주의적 전통에 입각하고 있음은 오히려 분명하다. 여기에서 의미해 볼 수 있는 것은 전문지식의 지식구조는 언어적인 것 뿐만 아니라, 그와는 독립적으로 또는 조합하여, 영상적인(pictorial) 이미지(image)로 표상되는 것은 아닐까 하는 것이다. 이것은 물론 Paivio(1971)의 기억에 대한 이중과정 이론(dual-process)에 따른 것이다. 그러나 이러한 해석의 차이는 훈련·교수의 실제에서는 엄청난 함의(implications)를 가지고 있다는 것을 간과해서는 안될 것이다.

세번째이고 마지막인 이슈는 지식구조의 성질이나 내용을 구체적으로 밝혀보기 위하여 사용하고 있는 분석기법에 관한 것이다. 이미 앞에서, 많은 연구자들은 전문가가 우수한 수행을 할 수 있는 것은 지식구조가 잘 조직화되어 있기 때문이며, 보다 구체적으로는 ‘지식기반은 유의미한 내용에 따라, 위계적으로, 그리고 보다 큰 결집으로 조직화 되어’ 있기

때문이라고 설명하고 있음을 지적한 바 있다. 그러나 구체적으로 어떻게 ‘잘’ 조직화되어 있는지에 대하여서는 밝혀진 바가 별로 없다. 그러므로 여기에서는 이러한 목적을 위하여 사용되고 있는 분석기법들을 간단히 일견해 보면서 본 연구에서 이용코저 하는 분석기법의 특징적 내용을 간추려 보기로 한다. 지난 20여년 동안 일부 연구들은 지식구조의 세부적인 내용이나 역할을 규명해 불려고 하였고, 이들을 위하여 측정척도를 개발해 보았다. 예컨대, Shavelson(1972)은 자극재료의 구조(내용구조)와 학습자의 기억구조(인지구조)간의 내용을 단어결합기법(word association technique)을 사용하여 추리하였고(Johnson, 1969) 내용구조는 2자 1음이론(digraph theory)를 이용하여 찾아내어(Harry, Norman, & Cartwright, 1965) 관계지수를 산출하였다. 다른 연구에서, Shavelson & Stanton(1975)은 세가지의 상이한 측정척도를 이용하여 수학과 교과과정개발 전문가의 인지구조를 사정하고 있다. 이들은 단어결합과제에 추가하여, 피험자들에게 개념들을 포함하고 있는 카드들을 분류하게 하였으며, 그리고 이들 개념들을 서로 연결시키는 소위 그래프작성과제(graph-building)를 하도록 하고 Johnson(1967)의 위계적 군집화 기법(hierarchical clustering technique)을 이용하여 척도화 하였다. Champagne 등(1981)은 ConSAT(Concept Structure Analysis Technique)라는 방법을 개발하였는데 이 기법에서는 카드에 용어를 제시하고 나름대로 배열하게 하였다. 기타 몇가지 측정척도들이 개발되어 있지만 이들에 대한 문제점 몇가지도 같이 제기되고 있다(Naveh-Benjamin et al. 1986). 즉 (i) 거의 모든 척도들은 자료를 거리행렬(distance matrices)로 변환시켜 평균 점수를 이용하기 때문에 어떤 규칙성을 상실할 가능성 있고, (ii) 인지구조의 상이한 면들을 구체화 시키지 못하고 있으며, (iii) 학습과 수행(performance)의 구분이 제대로 되지 않고 있으며, 그리고 (iv) 지식구조의 역동적 성질을 밝혀주지 못하고 있다는 것 등이다.

본 연구에서는 Reitman & Rueter(1980)가 개발한 방법을 다소간 수정하여 이용코저 한다. 이 기법은 원래 자유재생의 순서에서 비연속적 정보의 조직화를 추리하기 위하여 개발한 것이며 정신적 조직화

이론에 기초하고 있다(Johnson, 1972). 여기에서는 단일 개념들 또는 개념집합들은 위계적인 방식으로 정신적으로 조직화되어 있다고 전제하며 사람들은 한 정보결집에 있는 모든 항목들은, 다른 결집으로 나아가기 전에, 모두 재생해 낸다고 본다. 모든 시행에서 같이 일어나고 있는 항목집단들을 체크해 보고 추리할 수 있는데 분석 알고리즘(analysis algorithm)이 되는 투입은 이러한 재생채록(recall protocol)이다. 찾아낸 결집 집합은 '순서화한 나무'(ordered tree)라 부르는 '재생순서에 의한 위계 다이어그램'(tree diagram)으로 나타내며, 이것이 피험자의 지식구조를 나타낸다고 본다. 이 기법은 대학강의를 통한 학습자의 인지구조의 변화를 알아보는 데서(Naveh-Benjamin et al., 1986), 공간기억에 대한 기억의 조직화 연구(Hirtle, 1985), 그리고 Mckeithen 등(1981)이 컴퓨터 프로그래머의 지식 결집을 추리하는 연구를 할 때 유용하게 사용하고 있다. 본 연구에서 유도하여 이용하려는 두가지 측정척도는 '조직화의 양'과 '위계 깊이'이다. '조직화의 양'(the amount of organization)이란 개념들이 같이 결집하거나 분리되는 경향의 정도를 나타낸다. 그리고 어떤 지식구조의 '위계 깊이'(hierarchical depth)란 개념들이 보다 고차적이고, 보다 일반적인 개념에 관련되어 있는 정도를 나타낸다. 컴퓨터 프로그램을 연구과제로 한 연구중에서 이러한 수형 나무모양의 위계 다이어그램 기법을 이용하고 있는 연구는 Reitman & Rueter(1980)와 Mckeithen 등(1981)이다. 그런데 이들 연구에서는 피험자로 하여금 프로그램 라인을 완전히 기억하게 한 다음 재생 시행을 가지는 것이 공통적이다. 그러나 이러한 방법에서는 기억인출에 따른 문제가 대두할 수 밖에 없다. 학습과 수행(performance)을 구분하는 것은 학습·인지 심리학의 오랜 주장임을 주목해 보면 문제의 가능성은 충분할 것이다. 그리하여 본 연구에서는 피험자들에게 학습국면을 가지게 한 다음(여기서는 '완전 기억'이 불가능하다), 프로그램 리스트를 제시해 주고 그것을 관련되는 것끼리 같이 인접하여 배열케 함으로써 이 분석기법의 적용을 변용해 보았다.

이상과 같은 종설과 문제제기를 토대로 하여 이제 본 연구의 연구목적은 아래와 같이 세가지로 제시코

저 한다.

첫째, 전문가가 초보자 보다 재생산 내지 재생과 같은 기억인출이 우수하다는 것을 확인하며 그리고 이러한 기억수행이 과제 단서, 범주명, 및 제시시간 등의 제변인에 따라 어떻게 영향받는지도 같이 분석해 볼 것이다. 본 연구에서는 세계의 실험을 수행하며 연구과제로는 전기회로도 와 컴퓨터 프로그램이 이용될 것이다.

둘째, 지식구조의 성질을 탐색해 보고자 한다. 전기회로도 과제와 컴퓨터 프로그램 과제는 요소들이 의미적으로 관련되어 있다는 점에서는 공통적이지만 배치형태가 중요한 것인지에 대하여서는 서로 다소간 다르다. 그리고 지각적 결집가설이나 개념적 결집가설을 도입케 한 체스 놀이 과제와도 다소간 다른 특징적인 면들을 가지고 있다. 실험 2는 주로 이 목적을 달성하기 위하여 이루어졌다.

셋째, 지식구조가 어떻게 조직화되어 있는지를 보다 구체적으로 밝혀보고자 한다. 다시 말하면, 전문 지식의 개발에 따라 지식의 조직화는 어떻게 구조화 되고 정교화 되는지를 분석코저 한다.

## 실험 1

본 실험에서는 전문가가 초보자 보다 재생산이나 재생과 같은 기억인출(memory retrieval)이 우수하다는 기존의 연구 결과들을 재확인해 보고자 하며 보다 구체적으로는 다음과 같은 두가지의 목적을 가진다. 첫째, 과제의 유의미성 여부와 전문성 수준의 상호작용을 분석한다. 다만 전문가는 보다 우수한 추리력이나 기억력 때문이 아니라 전문지식을 단위적인 것으로 잘 결집했기 때문에 더 우수하다는 것을 보여 준 de Groot(1965) 등의 초기 연구와는 달리 유의미 과제와 무의미의 무선과제를 피험자간 변인으로 취급하지 아니하고, 여기서는 단일의 실험설 계속에 포함시켜 피험자내 변인으로 접근해 보았다. 둘째, 범주명이 재생에 미치는 효과를 분석한다. 전체의 회로도 는 기능관계에 따라 2~3개의 하위 범주를 가지도록 하였는데 실험에서는 전체회로도의 기능을 나타내는 이름을 제시하는 조건, 하위범주가 담당하고 있는 기능의 이름을 제시하는 조건, 및 그

러한 이름을 하나도 제시하지 아니하는 조건 등으로 조작하였다. 전기회로도도 상정적인 기호들로 이루어져 있으며 이들 기호들은 서로 개념적인 의미관계로 관련되어 있다고 볼 수 있다. 범주의 기능을 나타내는 이름은 그러한 의미관계의 결집을 활성화하는데 기여할 것으로 예상할 수도 있지만, 그래도 만약 전문가 수준에서는 거의 자동적으로 개념적인 접근이 이루어진다고 가정하면, 범주명의 추가적인 정적효과는 무시될지도 모를 일이다. 그러므로 전문가, 중간기술자 및 초보자라는 세단계의 전문기능 발달단계와 범주명 효과의 상호작용 또한 흥미로운 관심사가 될 것 같이 보인다.

## 방 법

### 대 상

전문가(전문기술자), 중간기술자 및 초보자(초보기술자) 집단별로 각기 4명의 피험자를 대상으로 하였다. 전문기술자 집단은 K사 구미공장 직업훈련원 교사들로 전자 1급 기능사 자격증을 소지하고 평균 10년 이상의 경력을 가진 사람들이며, 그리고 중간기술자 집단은 K사 구미공장 직업훈련원 연수생들로 8시간/일, 4개월제 기능교육을 받고 있는 중이며 2급기능사 자격시험에 응시하고 있는 사람들로 하였다. 초보자 집단은 공업고등학교 전기과 1년생들로 전자이론 및 실기과목을 3시간/주, 두학기째 수강하고 있는 학생들로 구성하였다.

### 설 계

본 실험은 기술수준(3) x 과제 유의미성(2) x 범주 기능명(3)의 3원배치 혼합요인 설계를 이용하였다. 기술 수준은 피험자간 변인이고 나머지의 두 변인은 모두 피험자내 변인이다. 기술수준 변인은 전문기술자, 중간기술자 및 초보자의 3수준을 가지며 과제 유의미성 변인은 유의미 과제와 무선택제(random task)의 두 수준을 가지도록 하였다. 유의미과제에서는 기호들 간에 서로 기능적으로 유의미한 연결이 되어 있는 전기회로도를 이용하였다. 그러나 무선택제에서는 유의미 과제에 있는 기호들을 무선으로 뒤섞어 재배치하므로써 회로기호들 간에 특별한 의미관계를 갖지 아니하도록 하였다. 그리고 범

주명 변인은 전체범주의 기능명, 중간단위 범주의 기능명, 및 범주기능명 무제시 등의 세가지 수준으로 조작하였다. 전체 범주기능명 조건에서는 학습재료 전체회로의 이름을, 그리고 중간단위 범주기능명 조건에서는 전체회로를 구성하는 기능적 단위의 명칭들을 각 부분 상단에 제시하여 조작하였다.

### 재 료

학습재료는 기능훈련 교재(김병규와 임명섭, 1986)와 전자응용회로집(고대식, 1988)에서 선정된 회로도들을 21.6×29.5(cm) 카드에 맞추어 그린 도면들이었다. 회로의 크기는 두가지로 하여 많은 것은 기호의 수가 22-30개, 적은 것은 16-19개가 되게 하였지만 같은 내용의 회로를 반복하여 사용하지는 아니하였다. 각 피험자에게 제시한 도면의 수는 각 조건마다 4장씩(많은 것 2장, 적은 것 2장), 모두 24개였다. 반응지의 배선은 학습시 제시되는 도면과 같게 하고 기호의 위치는 1.6×1.6(cm) 크기의 정사각형으로 표시하였다.

### 절 차

회로도도 한장씩 제시하였으며, 한장당 제시시간은 10초로 하였다. 제시하기 전에 나중에 다시 물을 것이므로 어떤 기호들이 있는지를 잘 보아두라고 지시하였다. 제시시간이 끝나면 '그만 하십시오'란 말과 함께 반응지를 내어 주고 제시되었던 회로도도의 기호를 기호 셋트에서 골라 반응지의 해당 위치에 부치도록 하였다. 이때 각 기호를 하나씩 부칠때마다 반응지의 해당 위치에 기호를 붙이는 순서를 기록하도록 하였다. 반응지의 빈 칸을 채우는데 사용토록 한 기호 셋트에 있는 기호의 수는 제시한 회로도도에 있던 것보다 2-5개(20%) 많게 하여 제공해주었다. 반응시간은 90초였고 이러한 재생산 반응을 하는 검사국면은 학습과제 제시가 끝나고 대략 1분 정도의 지연후 시작하였다.

### 자료의 분석

얻은 자료는 기술수준(3) x 과제 유의미성(2) x 범주 기능명(2)의 혼합요인 설계에 따라 ANOVA하였고 그리고 유의미한 상호작용 효과의 분석을 위하여서는 단순 주효과 분석(simple main effect

analysis)을 하였다. 그리고 종속변인으로는 정확재 생산수, 정확재생산율 및 기능단위간 이동오류율 (transition error probability) 등의 세가지로 하여 분석해 보았다. 이동 오류율 지수는 한 기능적 단위 범주에서 정반응을 하고 다른 기능단위로 이동할 때 오반응한 수를 전체기능 단위간 이동수로 나누어 얻은 값이다. 기능단위 범주의 구분은 실험에 참여하지 아니한 A전자 기술자(경력 10년의 TV학원의 강사)에게 의뢰하여 회로의 하위 범주, 즉 기능단위별로 구분하여 원을 표시하게 한 다음, 다른 B전자 기술자(경력 15년이며 전자설비업체 운영)에게 타당성을 재확인시켜 사용하였다. 그리고 기억조작에서 결집이 잘 되어 있을수록 이동 오류율은 낮을 것이라고 가정해 보았다.

## 결 과

자료의 분석은 정확 재생산수, 정확 재생산율 및 기능단위간 이동 오류율 등의 세가지 종속변인을 가지고 수행하였지만 정확 재생산수의 분석과 정확 재생산율의 분석 결과는 거의 동일하였기 때문에 여기서는 정확 재생산수와 기능단위간 이동 오류율을 준거로 한 결과만을 제시코자 한다.

독립변인들의 교차집단별로 본 정확재생산수의 평

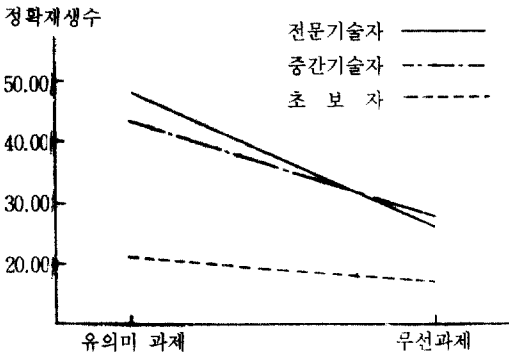
균치와 표준편차는 그림 1에 있는 바와 같다. 그리고, 이미 언급해 둔 바와 같이, 3원혼합요인 변량분석법을 적용하여 이들을 분석해 보았다. 유의미 과제와 무선과제를 피험자내 변인으로 하여 함께 분석해 본 결과는, 예상할 수 있는 바와같이, 기술수준의 주효과는 통계적으로 유의하지 아니하였다. 그러나 과제 유의미성 변인의 주효과와 과제 유의미성 x 기술수준의 상호작용 효과는 각기,  $F(1, 9)=56.10$ ,  $MSe=65.92$ ,  $p < .01$ , 그리고  $F(1, 9)=5.15$ ,  $MSe=65.92$ ,  $p < .01$ 로서 통계적으로 유의하였다. 기술수준 x 과제변인의 유의한 상호작용 효과의 내용은 그림 1과 같다. 이들 상호작용 효과를 단순주효과 분석을 하였더니 기술수준 효과는 유의미 과제에 서만,  $F(2, 9)=5.12$ ,  $MSe=469.52$ ,  $p < .05$ 로서 통계적으로 유의하였고 무의미자료에서는 유의하지 아니하였다. 유의미 과제에서 회로기호를 정확하게 재생산해 낸 평균수는 전문기술자 48.13, 중간기술자 61, 초보자 29.35였는데 이들 각 집단을 각기 쌍으로 하여 Tukey검증법으로 분석하였더니 모두  $p < .01$ 로서 통계적으로 유의하였다. 즉 기술수준이 높을수록 평균정확 재생산수가 유의하게 높다는 것을 발견할 수 있었다.

본 연구에서의 주 관심사는 첫째로 기술수준과 과제 유의미성 변인의 상호작용에 있고 다음으로는 유

표 1. 정확재생산수의 평균치와 표준편차(실험 1)

범주기능명	유의미도				무 선				전체
	전체 범주	중간 범주	무제시	소계	전체 범주	중간 범주	무제시	소계	
기술수준									
전문기술자	48.94 (9.88)	47.56 (12.83)	47.88 (14.95)	48.13 (12.55)	23.44 (2.27)	27.44 (11.18)	28.88 (15.20)	26.59 (9.55)	37.35 (11.05)
중간기술자	41.81 (14.45)	48.38 (16.75)	43.63 (13.11)	44.61 (14.77)	19.75 (4.60)	25.38 (12.97)	35.44 (6.80)	26.86 (8.12)	35.73 (11.45)
초 보 자	25.31 (9.78)	32.25 (5.25)	30.50 (3.08)	29.35 (6.03)	32.38 (11.77)	24.00 (11.89)	17.94 (6.11)	24.77 (9.92)	27.06 (7.98)
전 체	38.69 (11.37)	42.73 (11.61)	40.67 (10.38)	40.70 (11.12)	25.19 (6.21)	25.61 (12.01)	27.42 (9.37)	26.07 (9.20)	33.39 (9.61)

\* 괄호 밖의 것은 평균치 그리고 괄호안의 것은 표준편차임.



〈그림 1〉 기술수준 x 과제 유의미성의 상호작용 효과(실험 1)

의미 과제에서의 기술수준, 및 범주기능명 변인의 효과를 밝히는데 있다고 할 수 있다. 그러므로 인하여 유의미한 회로도를 포함하고 있는 유의미 과제를 가지고 기술수준(3) × 범주기능명(3)의 2원요인 설계로 ANOVA 처리해 보았다. 기술수준 변인의 주효과는  $F(2, 9)=3.04$ ,  $MSE=393.06$ ,  $p < .10$ 로서 다소간 주변적이기는 하지만 통계적으로 유의하였다. 그리고 범주기능명 변인의 주효과나 범주기능명과 기술수준의 상호작용 효과는 모두 통계적으로 유의하지 아니하였다. 그러나, 표 1에 있는 내용을 보면 전문 기술자는 전체범주 기능명을 제시받았을 때 그리고 중간기술자의 경우는 중간단위범주명을 제시받았을 때보다 효과적인 경향은 발견할 수 있다.

그리고 유의미 과제만을 가지고 기능단위간 이동 오류율의 평균치와 표준편차를 계산해 본 것이 표 2이다. 그러나 이들을 기술수준(3) × 범주 기능명(3)의 이원요인설계로 ANOVA해 본 결과는 주효과들은 물론 상호작용 효과들도 모두 통계적으로 유의하지 아니하였다.

## 논 의

본 실험에서 얻은 결과들은 두가지로 나누어 음미해 볼 수 있을 것 같다. 첫째, 전문기능의 수준에 따른 효과는 유의미과제에서는 뚜렷하게 나타나고 있지만 무의미한 무선과제에서는 차이가 나타나지 아니하였다. 이는 피험자간 변인 설계를 하고 있는 대부분의 연구에서 얻고 있는 결과들을 재확인해 주는 것이다. 그리고 전문가는 우수한 추리력, 기억력 또는 '깊고 멀리 보는 눈'을 가지고 있기 때문에 우수한 것이 아니라 수천시간 이상의 경험·훈련을 통하여 습득한 과제영역의 공식적 및 비공식적인 지식 때문이며 그러한 지식은 구조적으로 조직화된 도식으로 저장되어 기억인출을 촉진할 뿐만 아니라 전반적으로 통합된 부호화를 가능케 할것이란 가설의 생성을 가능하게 하고 있다. 둘째, 회로도 전체 또는 부분회로 집합의 기능명을 제시하는 것은 기억인출에 유의한 정적효과를 미치지 아니하였다. 전기회로도는 상징적인 기호들로 이루어져 있으며 이들은 서

표 2. 유의미 과제에서의 기능단위간 이동오류율의 평균치와 표준편차(실험 1)

범주기능명 기술수준	전체범주	중간범주	무제시	전체
전문기술자	.12 (.05)	.13 (.08)	.17 (.07)	.14 (.07)
중간기술자	.12 (.06)	.14 (.07)	.20 (.04)	.15 (.06)
초보자	.11 (.11)	.14 (.06)	.22 (.13)	.16 (.10)
전체	.12 (.07)	.14 (.07)	.20 (.08)	.15 (.07)

\*괄호 밖의 것은 평균치 그리고 괄호안의 것은 표준편차임.

로 개념적인 의미관계를 이루면서 전체의 기능을 발휘토록 되어 있을 것이다. 그렇다면 전체 또는 하위 집합의 기능을 말해 주는 범주기능명을 검사국면때 같이 제시해 주면 기억인출이 촉진되리라는 기대를 가지는 것은 논리적이다. 그러나 얻은 결과는 그것은 비록 전반적인 경향으로 보아 촉진적인 정적효과를 보이는 것 같기는 하였지만 유의하게 강력한 것은 아님을 시사해 주고 있다. 전문가기술자 집단은 회로도 전체의 기능명을 제시받았을 때보다 효과적인 정적효과의 경향성이 있음은 범주 기능명 제시가 정적효과를 가지기는 하지만 유의하게 강력한 것은 아님을 시사해 주는 것인지도 모를 일이다. 유의한 정적효과를 발견하지 못한 것에 대한 두번째로 가능한 설명은 16-23개 기호가 있는 복잡한 회로도를 짧은 10초 동안에 걸쳐서만 학습했기 때문에 범주명이 단서기능을 할 수 있을 만큼 개념적 결집의 형성이 불충분 했다고 보는 것이다. 더욱이 기능단위간 이동 오류율은, 이미 지적해둔 바와 같이 기억구조가 결집이 잘 되어 있을수록 낮을 것이라고 가정할 수 있는데도, 기능단위간 이동오류율을 준거로 한 분석에서는 주효과와 상호작용 효과 모두가 통계적으로 유의하지 아니하였는데 이것을 또 다른 지지 논거로 이용할 수 있을 수도 있을 것이다. 그러나 이러한 해석은 전문가기술자의 우수한 재생산 능력이 어떻게 가능한지를 설명하기 어려운 문제점을 가진다. 따라서 전문가기능에 따라 개념적 결집화에 유의한 차이가 나타나지만 범주기능명 변인이나 기능단위간 이동오류율 척도는 차이 생성이나 반영에서 충분히 민감하지 못하다는 해석이 보다 더 설득력이 있는 것 같이 보인다. 그래도 지식구조의 결집의 성질이나 구체적인 내용에 대한 의문은 그대로 남아있는 셈이다.

## 실험 2

여기에서는 실험 1에서 사용한 것과 동일한 성질의 전기회로도들 실험과제로 이용하였다. 전기회로도의 각 기호들은 상징적인 것이면서도 서로가 기능적 의미관계를 위계적으로 가지고 통합적인 어떤 전체의 기능을 수행한다고 볼 수 있다. 그러면서도 이러한 전기회로도 과제는 또한 부분요소들의 배치가

어떤 통상적이고 조화적인 형태를 이루고 있는 특징을 가지고 있다. 이러한 특징은 전문기능에 관한 초기 연구들이 많이 이용하였던 체스말이나, 바둑이나 장기의 말의 배치형태와 비슷한 것이고, 예컨대 다음의 실험에서 사용한 컴퓨터 프로그램의 라인(line)들에서는 찾아볼 수 없거나 중요하지 아니한 것이다. 본 실험에서는 전기회로도 배치형태를 정상적·통상적인 것으로 하는 것과 배선의 간격이나 길이 또는 기호의 방향등을 바꿔 변형시키는 것으로 실험 조건을 조작해 보았다. 그리고 이러한 과제형태 변인과 제시 시간의 상호작용의 형태도 같이 분석해 볼려고 하였다. 이러한 실험의 목적은 전문지식의 조직화를 지각적 결집가설이나 개념적 결집가설에서처럼 결합주의적인 것으로만 파악할 것이 아니라 언어적인 표상과는 독립적인 지각적 이미지 표상의 가능성을 검증해 보는데 있다. 이러한 검증은 이론적인 것이기도 하지만 그에 수반되는 실제적 함의 또한 클 것이다.

## 방 법

### 대 상

연구의 비교 대상 집단으로 전문가기술자 집단과 초보자 집단의 둘을 구성하였다. 전문가기술자 집단은 한국기술공단 대구직업훈련원 교사 2명과 K사 대구 지역 서비스 센터 2명으로 구성하였는데 이들은 모두 전자기능사 1급 자격 소지자들로서 평균 경력은 10년 이상이었다. 초보자 집단은 대구 시내 D공고 전기과 1학년생들로 전이론 및 실기과목을 3시간/주, 2학기째 수강하고 있는 4명의 학생들로 구성하였다.

### 설 계

실험의 설계는 기술수준(3)×과제형태(2)×제시시간(2)의 3원 배치 혼합요인 설계로 하였다. 기술수준은 피험자간 변인이며, 과제형태와 제시 시간은 모두 피험자내 변인들이었다. 기술수준 변인은 전문가기술자와 초보자의 두 수준을 가지며 각 기술 수준마다 4명의 피험자를 배치하였다. 과제형태 변인은 정상형태 과제와 변경 형태 과제의 두 수준을 가지는데 이들은 회로의 배치 형태에 따라 조작하였다.

정상형태 과제란 통상적으로 기술현장에서 사용하고 있는 형태 관계를 가지고 있는 회로도를 사용하는 것이고 변경형태 과제란 정상형태 과제의 것을 그대로 사용하되 다만 배선의 간격이나 길이, 기호의 방향 등을 변경시켜 회로도의 형태가 통상적인 배치모습에서 벗어나게 조작한 것이다. 제시시간 변인은 5초와 15초의 두가지 수준을 가진다.

### 재료, 절차, 및 자료의 분석

회로도의 크기와 선정관계는 실험 1과 같다. 다만 변경형태 과제에서는 회로를 3~4등분하여 기호의 방향을 90도 또는 180도로 회전시키거나 회로의 전체 방향을 좌 또는 우로 90도 또는 180도 회전시키는 식으로 하여 배선의 형태가 통상적인 것과는 달리 변형되게 하였다. 그렇지만 회로들 간의 관계는 변화시키지 아니하였다. 각 피험자에게 조건당 4장씩의 회로도를 제시하였으며 따라서 학습국면에서는 전체 16매의 도면을 사용하게 되었다.

그리고 학습재료인 회로도의 제시시간을 5초와 15초의 두가지 수준으로 조작한 것 이외 실험실시의 절차는 모두 실험 1과 같다. 그리고 자료의 처리는 기술수준(2)×과제형태(2)×제시시간(2)의 혼합요인 설계에 따라 ANOVA 하였고, 유의한 상호작용 효과의 경우 단순주효과 분석을 추가로 수행하였다.

## 결 과

본 실험에서도 정확 재생산수, 정확 재생산율, 및 기능단위간 이동오류율을 계산하고 이들 각기를 종속척도로 하여 얻은 자료를 분석해 보았다. 그러나, 여기에서도 정확 재생산율의 분석 결과는 정확 재생산수를 종속 척도로 했을 때와 다르지 아니하였기 때문에, 정확 재생산수와 기능단위 이동오류율의 분석 결과만을 제시하기로 한다.

각 독립변인에 따른 교차집단별로 본 정확재생산수의 평균치와 표준편차는 표 3과 같다.

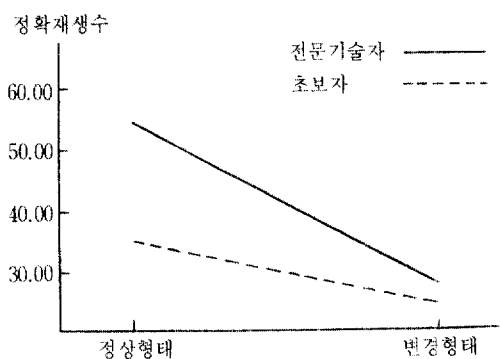
그리고 이들을 ANOVA 처리한 결과는 다음과 같다. 즉 기술수준 변인의 주효과는  $F(1, 6)=8.27$ ,  $MSe=97.40$ ,  $p<.05$ 로서 통계적으로 유의하였다. 평균치는 전문 기술자가 40.86, 그리고 초보자가 30.83으로서 전문가가 초보자 보다 학습시의 전자회로를 보다 많이 정확하게 재생산해 낼 수 있음을 확인할 수 있었다.

과제 형태의 주효과는  $F(1, 6)=69.16$ ,  $MSe=26.46$ ,  $p<.01$ 로서 역시 통계적으로 유의하였다. 정상형태 과제의 평균치는 43.43, 그리고 변경형태 과제의 경우는 28.27로서 같은 기능적인 관계를 가지고 있는 회로도라고 하더라도 배치형태가 왜곡되고 변형되면 기억인출이 그만큼 저하됨을 알 수 있다. 그리고 기술수준×과제형태의 상호작용효과 또한  $F(1, 5)=17.58$ ,  $MSe=26.46$ ,  $p<.01$ 로서 통계적으로 유의하였으며 상호작용 효과의 내용을 보여주고 있는

표 3. 정확재생산수의 평균치와 표준편차(실험 2)

과제형태 제시시간	정상형태과제			변화형태과제			전체
	기술수준	5초	15초	소계	5초	15초	
전문기술자	43.00 (3.83)	61.50 (5.39)	52.25 (4.61)	23.56 (4.39)	35.38 (15.64)	29.47 (10.02)	40.86 (7.31)
초 보 자	27.00 (3.26)	42.19 (11.97)	34.60 (7.62)	18.63 (5.32)	35.50 (6.62)	27.07 (5.97)	30.83 (6.79)
전 체	35.00 (3.35)	51.85 (8.68)	43.43 (6.11)	21.10 (4.86)	35.44 (11.13)	28.27 (8.00)	35.85 (7.05)

\* 괄호 밖의 것은 평균치 그리고 괄호 안의 것은 표준편차임.



〈그림 2〉 기술수준 x 과제형태의 상호작용 효과(실험 II)

것이 그림 2이다.

그림 2에서 보면 정상형태 과제이든 변화형태 과제가든 간에 관계없이 전반적으로 보면 전문기술자의 수행수준이 초보자와 비교해 보아 보다 우수함을 알 수 있다. 그러나 과제형태 변인의 각 수준별로 기술수준 변인의 유의성을 검증해 보면 효과의 내용을 좀 더 구체적으로 음미해 볼 수 있기 때문에 다시 기술수준 x 과제변인의 상호작용 효과를 단순주효과 분석법으로 처리해 보았다. 그 결과는 대단히 흥미로운 것으로 정상형태 과제에서는 기술수준 변인이  $F(1, 6)=12.58$ ,  $MSe=97.40$ ,  $p<.01$ 로서 통계적으로 유의하였지만 변경형태 과제에서는 기술수준 변인은 유의한 차이를 보여주지 아니하였다. 평균치를 보면 정상형태과제에서는 전문기술자는 52.25, 그리고 초보자는 34.60으로서 17.65라는 엄청난 차이를

보여주고 있지만, 반면에 변경형태 과제에서는 전문기술자는 29.47 그리고 초보자는 27.07으로서 2.40을 보임으로써 이러한 차이는 우연적인 것임을 알 수 있다 그리고 제시시간 변인은 기대할 수 있는 바와 같이  $F(1,6)=22.74$ ,  $MSe=85.56$ ,  $p<.01$ 로서 통계적으로 유의하였지만 기술수준이나 과제형태 변인의 어느 것과의 상호작용하지 아니하였다.

다음으로는 기능단위별 이동오류율을 준거로 한 분석결과를 살펴 보기로 한다. 각 교차집단별로 본 기능단위간 이동오류율의 평균치와 표준편차는 표 4에 있는 바와 같다.

그리고 정확재생수준을 준거로 했을 때와 같은 요령으로 ANOVA해 본 결과 기술수준 변인은  $F(1,6)=11.54$ ,  $MSe=4.9 \times 10^{-3}$ ,  $p<.05$ 로서 집단차이는 통계적으로 유의한 것임을 알 수 있었다. 이동 오류율의 평균치는 전문기술자가 .11, 그리고 초보자가 .19로서 전문가가 초보자보다 새로운 기능단위로 이동해 갈때 범하는 평균 오류율이 낮다는 것을 확인할 수 있었다. 그리고 과제변인의 주효과는  $F(1,6)=27.19$ ,  $MSe=2.1 \times 10^{-3}$ ,  $p<.01$ 로서, 기대할 수 있는 바와 같이, 통계적으로 유의하였지만 과제형태 x 기술수준의 상호작용 효과는  $F(1,6)=3.81$ ,  $MSe=2.1 \times 10^{-3}$ ,  $p<.10$ 로서 주변적으로만 유의하였다. 그러나 제시시간의 주효과 및 기타 상호작용 효과들은 모두 통계적으로 유의하지 아니하였다.

표 4. 기능단위간 이동오류율의 평균치와 표준편차(실험2)

과제형태 제시시간	정상형태			변화형태			전체
	5초	15초	소계	5초	15초	소계	
전문기술자	.09 (.05)	.08 (.06)	.09 (.06)	.14 (.08)	.14 (.06)	.14 (.07)	.11 (.07)
초보자	.11 (.04)	.16 (.06)	.14 (.05)	.28 (.04)	.22 (.07)	.25 (.06)	.19 (.06)
전체	.10 (.05)	.12 (.06)	.11 (.06)	.21 (.06)	.18 (.07)	.20 (.07)	.15 (.07)

\* 괄호 밖의 것은 평균치 그리고 괄호 안의 것은 표준편차임.

얻은 결과들은 세가지로 묶음하여 논의해 볼 수 있을 것 같다. 첫째, 전문기술자의 우수한 재생산(기억인출) 능력을 재확인할 수 있었다. 우수성은 정확 재생산수가 많음에서 뿐만 아니라 기능단위간 이동오류율이 낮음에서도 나타나고 있었다. 이는 전문가가 초보자 보다 지식이 구조적 결집을 더 잘 이루고 있다는 것을 의미하며, 이로 인하여 또는 이와 관련하여, 기억수행이 우수하다는 것을 시사해 주는 셈이다. 둘째, 전문가의 우수한 기억수행능력은 과제형태가 통상적이고 정상적인 때에만 나타났고 과제형태가 낯선 모습으로 무선 변경될 때는 수행차이는 나타나지 아니하였다. 이러한 차이는 아마도 처음 보고되는 것 같으며 어쨌든 매우 흥미로운 현상이라고 생각된다. 왜냐하면, 이것은 앞의 실험에서 밝혀둔 과제 유의미성의 결과와 같은 모습이며, 따라서 유의미 과제-무선과제의 관계는 정상형태 과제-무선형태 과제의 관계에서도 성립되는 것 같이 보이기 때문이다. 이러한 관계는 지식구조의 성질을 탐색해 보려는 본 연구의 목적에서 보면 시사하는 바가 크다고 볼 수 있다. 유의미 과제-무선과제란 피험자들이 학습해야 하는 과제가 의미가 있는 것인가, 그리하여 기능적·개념적인 관계를 가지고 있는 것인지 아닌지를 말한다. 이에 대하여 정상형태 과제-무선형태 과제란 피험자가 학습해야 하는 과제가 통상적이고 조화적이며 낯익은 배치형태를 가지고 있는가 아니면 무선적이고 낯선 것으로서 저장되어 있는 형태 모습과는 맞지 아니한 것인지를 말할 것이다. 결국 전자는 의미적, 언어적인 차이인데 대하여, 후자는 전체적, 형태적인 차이인 셈이다. 따라서 얻은 결과는 전문가의 지식구조는 개념적, 언어적일 뿐만 아니라, 동시에 독립적으로는 시각적, 영상적인 이미지(image)로도 표상된다는 해석을 가능케하고 있다. 셋째, 과제의 형태변경에 따른 효과는 제시시간과 상호작용하지 아니하였다. 이 말을 위의 해석과 관련시켜 보면, 기억과제를 형태적, 시각적 이미지로 표상하는 것은 반드시 짧은 노출시간에서만 중요한 것이 아니라는 것을 의미할 수도 있을 것이다. 얻은 결과들은 정확재생산수의 분석에서나 기능단위간 이동오류율의 분석에서 동일하였다.

앞서의 두가지 실험에서는 전기회도로를 사용하였지만 본 실험에선 컴퓨터 프로그램을 이용하였다. 컴퓨터 프로그램은 부분 요소들간의 관계는 개념적, 의미적, 기능적인 것이며 배치의 형태적인 변이는 거의 중요하지 아니하다. 그리고 본 실험에서는 지식구조의 조직화의 '어떻게'를 보다 구체적으로 음미해 볼려고 하였다. 다시 말하면 '잘' 조직화되어 있다고 보는 전문가의 조직화된 지식의 '양'과 '깊이'를 분석해 보는데 실험의 목적이 있다. 이러한 목적을 달성하기 위하여 Reitman & Rueter(1980)가 개발한 재생 순서에 의한 위계 다이어그램 기법을 다소 수정하여 적용해 보았다. 보다 구체적으로 보면 완전기억을 시킨 후 재생토록 하여 20회이상의 시행에서의 재생순서를 위계 다이어그램으로 분석하는 대신 학습곡면에서 학습한 프로그램 리스트를 무선으로 재배열하여 제시해준 다음 피험자로 하여금 의미관계에 따라 차례대로 나열토록 하였으며, 단서 시행 2회시행과 무단서 시행 2회시행으로 총계 4회시행만 실시하였으며, 그리고 '조직화의 양'과 '위계 깊이'만을 측정해 보았는데 이들의 간단한 내용은 다음과 같다.

(i) 조직화의 양: 이것은 PRO(possible recall order)로 측정하였는데 어떤 구조를 순서적으로 통과할 수 있는 상이한 수의 자연대수이다(상세한 설명은 Reitman & Rueter, 1980 참조). 예컨대, 단어 리스트를 재생 내지 재배열 시행때 마다 서로 다르게 무선적으로 나열한다면 모든 단어들을 순서적으로 통과하는 순서의 방법의 수는 클 것이다. 그러나 시행 때마다 나열하는 순서가 모두 동일하다면 모든 단어들을 통과하는 순서적인 방법은 단 하나 밖에 없을 것이다. 일반적으로 말하면, PRO가 적을 수록 지식구조는 더 잘 그리고 더 통합적으로 조직화되어 있으며 조직화의 양은 크다.

(ii) 위계 깊이: 위계의 깊이란 각 결집에 있는 위계수준의 평균수이다. 지식구조의 조직은 단일의 개념을 나타내는 가장 낮은 말단마디(terminal node)와 가장 상위에 있어 구조 전체를 나타내는 근본마디(root node)로 정신적으로 조직화 되어 있

다고 볼 수 있다. 그리고 깊이는 '근본항목과 종국항목 사이에 있는 마디의 평균수'(Hirtle, 1982; McKeithen et al., 1981)라고 정의한다. 평균깊이가 클수록 보다 많은 구조를 나타낸다.

## 방 법

### 대 상

연구의 비교 집단으로 전문가 집단, 중간기술자 집단, 그리고 초보자 집단의 셋을 구성하였으며 각 집단에 6명씩을 배치하였다. 전문가 집단은 정보처리기사 1급 자격증을 가지고 있으며 2년이상 프로그램 교육에 종사하고 있는 사람들로 구성하였다. 중간기술자 집단은 6개월간의 컴퓨터 프로그래밍 과정을 이수한 다음 정보처리 기사 자격증을 취득하지 위하여 현재 교육을 받고 있는 사람들로 구성하였다. 그리고 초보자 집단은 FORTRAN 컴퓨터 프로그래밍 과정에 참여하고 있지만 수강기간이 1개월 미만인 사람들로 구성하였다.

### 설 계

실험의 설계는 기술수준(3)×구조의 기능명(2)의 반복측정식 혼합요인 설계로 하였다. 기술수준은 피험자간 변인이고 구조의 기능명은 피험자내 변인이다. 구조의 기능명 변인은 프로그램을 2~3개 기능적 단위로 나눈 다음 각기에 대한 구조의 기능 이름을 제시하는 조건과 제시하지 아니하는 두가지 조건으로 조작하였다. 이 변인은 실험자 내 변인이기 때문에 순서 효과가 분제가 될 수 있다. 그리하여 순서 효과를 상쇄시키기 위하여 각 기술 집단의 6명중 3명의 피험자들에게는 첫 시행에서 기능명이 있는 A프로그램을 제시하며 그리고 다음의 시행에서는 기능명이 없는 B프로그램을 제시하였다. 그리고 각 집단의 나머지 3명의 피험자에게는 B프로그램을 먼저 학습한 다음 A프로그램을 제시하는 요령으로 순서를 거꾸로 하였다.

### 재 료

본 연구에서는 실험과제로 컴퓨터 프로그램을 이용하였다. 사용한 프로그램은 성기수 외(1983)에 있는 'FORTRAN연습'의 예제를 발췌하여 사용하였

다.

피험자들에게 학습국면에서 제시한 것은 30라인 내외의 컴퓨터 프로그램이며 하위조직이 2-3개의 기능적 단위를 가지도록 하였다. 각각의 기능적 단위들은 프로그램의 구조를 이해하는데 핵심되는 개념들과 그 이외 보조적 개념들로 구성하였다. 기능구조명이 있는 프로그램의 보기는 부록 1에 있다.

검사국면에서 사용한 '단어 재배열' 과제는 2명의 프로그램 전문가들의 자문을 구하여, 학습국면에서 컴퓨터를 통하여 제시한바 있는 FORTRAN 프로그램에서 핵심적인 것들을 뽑아 온 것인데 보기는 <부록 2>에 있다. 이 단어 재배열과제는 두가지 종류로 구성하였는데 한 종류는 피험자들에게 어떤 핵심단어에서부터 시작하라고 하여 제일 윗칸에 단서단어를 제시한 것이고 다른 하나는 그러한 단서가 없는 것이다. 단어 재배열 과제는 30×40cm의 흰종이 위에 인쇄하여 제시하였다.

### 절 차

먼저 연습시행을 통하여 피험자들에게 컴퓨터의 조작방법과 실험절차를 충분히 숙지하도록 하였다. 학습국면에서는 각 피험자에게 먼저 지시문을 읽게 한 다음 컴퓨터 프로그램을 화면에 3분간 제시하였다. 3분이 지나면 프로그램을 회수하고 1분정도 지연시간을 가진 다음 검사국면을 가졌다. 검사국면에서는 먼저 3분동안 화면에서 보았던 프로그램의 라인들을 순서에 관계없이 재생(recall)해 내도록 하였다. 이를 위하여서는 별도의 검사용지를 배부해 주었다. 재생과제가 완료되면 다시 1분정도의 지연시간을 가진 다음 '단어재배열 과제'를 실시하였다. 단어 재배열과제에서 사용한 단어들은 부록 2에 있는 바와 같이 학습한 프로그램을 이루고 있는 핵심적인 단어들로 구성하였다. 단어재배열과제는 모두 4회 시행했는데 그중 두번은 시작하는 단어를 제시하였고(단어제시), 그리고 나머지 두번은 단서를 제시하지 아니했으며 제시해둔 단어(구)들이 의미가 가장 가깝다고 생각되는 것끼리 이웃하도록 차례대로 재배열해 보도록 하였다. A, B 두 컴퓨터 프로그램 각각에 대하여 위와 같은 절차를 거쳤으며 그 사이에는 약 3분간의 휴식시간을 가지도록 하였다.

표 5. 정확 재생수의 평균치와 표준편차(실험3)

기능명 기술수준	제시	비제시	전체
전문가			
A	15.66(2.51)	12.33(3.21)	
B	13.33(3.21)	10.66(3.21)	12.99(2.75)
중간기술자			
A	7.66(1.52)	5.00(1.00)	
B	8.66(2.08)	6.33(1.15)	6.91(1.43)
초보자			
A	4.33(2.88)	3.66(1.53)	
B	5.33(0.57)	5.00(2.00)	4.58(1.74)
전체	9.16(2.13)	7.16(1.82)	8.16(1.97)

자료의 분석

재료의 분석을 위하여 재생수, 조직화의 양, 및 위계깊이 지수를 각기 계산하였다. 재생수는 화면에서 보았던 프로그램에서 재생해낸 라인의 수로 계산하였다. 그러나 라인의 전체가 온전하지 아니하더라도 의미가 같은 것일 때는 정확반응으로 채점하였다. 조직화 양의 지수 PRO와 위계 깊이의 지수 H에 대하여서는 앞에서 이미 간단히 언급한바 있다. 그리고 이러한 자료들은 기술수준(3)×구조의 기능명(2)의 혼합요인 설계에 따라 ANOVA하였다.

결 과

프로그램 라인의 재생수의 평균과 표준편차를 보여주고 있는 것이 표 5이다.

그리고 A프로그램과 B프로그램의 결과를 병산하여 ANOVA한 결과를 보면 기술수준의 주효과는  $F(2, 15)=51.75$ ,  $MSe=4.37$ ,  $p<.01$ 로써, 그리고 구조의 기능명의 주효과는  $F(1, 15)=8.22$ ,  $MSe=4.37$ ,  $p<.01$ 로서 각기 통계적으로 유의하였다. 전체의 정확 재생수를 보면 전문가 집단은 21.69, 중간기술자 집단은 13.82, 그리고 초보자 집단은 9.16으로서 서로 현격한 차이를 나타내고 있음을 알 수 있다. 그리고 기능단위의 기능명을 제시했을 때는 9.16 그

리고 제시하지 않고 프로그램을 학습했을 때는 7.16으로서 평균차 2.00은 유의한 차이임을 밝힐 수 있었다. 그리고 기술수준 x 기능명의 상호작용 효과는 유의하지 아니하였다.

다음으로는 PRO를 TIGER프로그램(Naveh-Benjamin & Yin, 1990)을 이용하여 산출하여 전문기술 수준(3) x 프로그램(2)의 혼합요인 설계에 따라 ANOVA 하였다. PRO의 평균치와 표준편차는 전문기술자 집단이 32.83(8.23), 중간기술자 집단이 39.83(8.59), 그리고 초보자 집단이 47.50(9.80)이었다. 혼합요인 설계에 따라 ANOVA해 본 결과 기술수준의 주효과만이  $F(2,30)=7.73$ ,  $MSe=83.48$ ,  $p<.01$ 로서 통계적으로 유의하였다. 그리고 Tukey HSD 방법으로 개별비교해 보았더니 전문기술자와 초보자 집단에서만 평균차는 유의하였고 나머지의 모든 비교에서는 통계적으로 유의하지 아니하였다. 이 결과는 전문가의 지식구조는 초보자 보다 더 잘 조직화되어 있으며 양도 크지만 중간기술자 집단과는 유의하게 다르지 않다는 것을 의미한다.

그리고 마찬가지로 TIGER 프로그램을 이용하여 위계깊이 지수 H를 계산하여 분석해 보았다. TIGER 프로그램에서는 위계깊이는 H지수로 산출되며 보다 낮은 값일수록 구조의 깊이가 깊고 보다 분화되어 있음을 나타낸다. H의 평균치와 표준편차

는 전문기술자 집단이 25.25(4.02), 중간기술자 집단이 28.91(4.29), 그리고 초보자 집단이 33.33(3.52)였다. 그리고 이들을 ANOVA한 결과는 기술수준 변인의 주효과만이  $F(1, 30)=12.20$ ,  $MSe=16.11$ ,  $p<.01$ 로서 통계적으로 유의하였다. 역시 Tukey HSD 방법으로 개별비교해 보았더니 전문가-초보자 간 및 중간기술자-초보자 간의 집단의 평균차이는 유의하였지만 전문가-중간기술자 사이에는 유의한 차이가 없었다. 이들 결과는 전문기술자와 중간기술자의 지식구조는 초보자들보다 더 정교하고 더 분화되어 있음을 의미한다.

## 논 의

본 실험에서 얻은 결과들은 세가지로 정리하여 논의해 볼 수 있을 것 같다. 첫째, 전문가의 재생능력이 중간기술자나 초보자 보다 우수하다는 것을 재확인하였다. 앞의 두 실험에서는 전기회로도들 사용하였고 본 실험에서는 컴퓨터 프로그램을 사용하였는 점이나 기타의 선행연구들을 종합해 볼 때 전문기술의 우수한 수행은 거의 과제를 불문하는 것이라 말할 수 있을 것이다. 둘째, 학습할 때 부분범주의 기능명을 제시해 주면 기억은 촉진되었다. 실험 1에서는 검사국면에서 범주의 기능명을 제시했을 때 유의한 정적효과를 얻지 못하였으며, 그러한 결과는 변인은 정적효과를 가지기는 하되 충분히 강력한 것이 아니기 때문일 가능성을 시사한 바 있다. 두 실험에서 이용한 기능명이 동일한 것은 아니라고 하더라도, 전체 과제의 부분집합이 가지고 있는 기능명을 제시하는 것은 정적효과를 가진다는 것과 이들이 학습국면에서 가지는 효과와 검사국면에서 가지는 효과는 비대칭적일 가능성은 생각해 볼 수는 있을 것이다. 셋째, 전문가가 소유하고 있는 지식이 더 잘 조직화되어 있어 조직화의 양이 클 뿐만 아니라 보다 정교하게 발달되어 있는 것 같다. 왜냐하면 지식 조직화의 양의 분석에서나 위계 깊이의 분석에서 이러한 현상은 일관성 있게 나타나고 있기 때문이다. 그러나 여기에서 우리는 한층 더 흥미로운 사실을 발견할 수 있다. 즉 PRO나 H지수의 분석에서 보면, 한결같이 전문가 집단은 초보자 집단과는 뚜렷한 차이를 보이면서도 중간기술자 집단과는 유의한

차이가 없다는 사실이다. 이것이 무엇을 시사해 주는지는 분명하지 아니하다. 그러나 하나의 가능한 가설을 생각해 볼 수는 있을 것 같은데 그것은 지식 조직화의 ‘어떻게’와 ‘내용’을 관련시켜 보는 것이다. 즉 중간기술자 정도만 되면 이미 전문기술자와 마찬가지로 조직적인, 따라서 양과 깊이가 다르지 아니한, 비슷한 전문지식의 조직구조를 발달시키지만 지식구조의 ‘내용’에서 차이가 있음으로 인하여 기억수행에서 차이를 가져온다고 보는 것이다. ‘내용’이란 정신적 조직화속에 저장되고 있는 내용과 과제가 포함하고 있는 개념적 지식이 얼마나 대응하는지를 말할 수도 있으며 이러한 대응에서는 전문가가 중간기술자 보다 우수하다고 설명하는 것이다. 부연한다면, 초보자는 전문가와 지식의 조직구조가 다르며 그리고 중간기술자는 전문가와 지식의 조직구조는 대개 비슷하지만 인출구조를 이루는 조직의 내용에서 차이가 있다고 해석해 보는 것이다.

## 전체논의

전문기능·지식의 조직화나 문제해결 과정에 관한 많은 연구들은 체스놀이 뿐만 아니라 물리, 수학, 의학, 건축, 전기회로 또는 컴퓨터 프로그래밍에까지 이르는 많은 영역에서 상당히 일관성 있는 발견들을 얻어내고 있다. 이들 연구들이 보여주고 있는 한가지 발견은 전문기능의 지식기반과 문제해결 과정간의 관계는 문제에 대한 정신적 표상의 길을 통하여 매개되고 있다는 것이다. “문제표상은 해결자가 지식과 이 지식의 조직화를 기초로 하여 구성하며 지식구조의 조직화의 성질은 내적표상의 질, 완전성, 및 응집성을 결정한다”(Swansos, O'Connor & Cooney, 1990, p.534). 그리하여 전문가의 지식은 잘 조직화되어 있기 때문에 기억능력이 우수하다는 것이 일반적인 해석이다. 그러나 전문가의 우수한 조직화의 성질이나 구체적인 내용은 아직도 별로 밝혀지지 않고 있다. 본 연구는 세가지의 구체적인 목적을 가지고 수행되었다. 첫째는, 전문가가 초보자 보다 재인내지 재생산 능력이 우수하다는 선행연구들의 결과를 재확인하면서, 기능명의 제시, 과제의 성질, 및 제시시간 등 제변인들과의 상호작용 효과를 분석해 보고, 둘째는, 전문지식의 표상의 성질

을 조명해 불러는 것인데, 보다 구체적으로 진술해 보면, 개념적 결집화와는 독립적인 이미지 표상의 해석의 가능성을 분석해 보았고, 그리고 세번째는, 지식 조직화의 구체적인 내용을 재생산 순서에 의한 위계 다이어그램 분석기법을 이용하여 밝혀보는 것이었다. 이제 발견한 것들을 다음과 같은 다섯가지로 묶음하여 같이 논의해 보았으면 한다.

첫째, 전문가는 초보자 보다 재생내지 재생산해 내는 기억능력이 우수하였다. 이것은 세계의 실험 모두에서 발견한 것이며 대개의 선행연구들의 결과와 일치하는 것이다. 그러나 본 연구의 특징적인 면이 있다면 과제변인(유의미-무의미 무선과제)를 피험자 간에 아닌 피험자내 설계에 따라 검증해 본 것과, 전문 프로그래머와 초보 프로그래머 등에 대한 많은 연구들이 결린시간, 러닝시간, 또는 개념의 친근도 평정과 같은 전반적인 외적 측정척도를 주로 사용하는데 대하여(Lucas & Kaplan, 1974), 본 연구에서는 이에 추가하여 내적척도를 이용했다는 것 등이다. 이러한 우수한 기억인출의 능력은, 이미 많은 초기연구들이 보여주고 있는 바와같이 우수한 추리력, 추측능력이나 마음의 눈 때문은 아닐 것이고 많은 시간의 경험·훈련을 통하여 습득한 선행지식들이 잘 조직화 되어 있기 때문일 것이다. 왜냐하면 전문가의 우수능력은 본 연구에서도 유의미 과제에서만 나타나고, 무의미한 무선과제에서는 차이가 나타나지 않는데서도 확인할 수 있기 때문이다. “지식의 주기능은 문제에서 주어져 있는 변인과 측면들을 바람직한 해결의 변인과 측면들에 연결시키는 관계의 망상을 구성하는 것을 도우는데 있다”(Frederikson, 1984, p. 378). 그러나 우수한 지식구조가 어떻게 하여 우수한 기억수행을 가져오는지에 대한 해답은 속단하기 어렵다. 인출과 부호화(encoding) 과정 모두를 매개한다고 볼 수도 있을 것이다. 장기 기억에 잘 구조화되어 저장되어 있는 지식은 생성(production)의 조건이 되어(인출단서) 빠른 인출을 가능하게 할 것이다. 또한 “전문가는 유의미한 배치에 관한 지식을 사용하여 LTM에 빠르게 부호화 되게 하고, 유의미한 형태를 빠르게 추출하게 하며”(Ericsson & Staszewski, 1989) 전반적으로 통합적인 부호화를 가능케 할 수도 있을 것이다. 사실 기존의 많은 연구들은 기존지식이 새로운 학습에 미치

는 영향에 초점을 두었다(Stewart, 1982).

둘째, 전문가의 기억 우수성은 과제가 유의미하거나 정상적인 배치형태의 것일 때만 나타나며, 이로 볼때 전문가의 지식구조는 여의적으로 결집되어 있을 뿐만 아니라 이미지 결집으로도 표상되는 것이 보인다. 선행연구들은 전문가의 우수한 수행능력이 어떤 생득적인 능력차이 때문이 아님을 보여주기 위하여 체스 말의 위치를 아무렇게나 놓는 식으로 조작한 무의미 과제를 이용하였다. 그리고 그러한 과제는 요소들 사이에 개념적인 의미관계를 가지지 아니한다고 전제하였다. 유의미 과제에서만 전문가가 초보자 보다 우수하다는 것은 바로 실험 1에서 얻은 결과이기도 하다. 여기에서 주목해 볼 것은 배치형태가 중요한 측면이 되는 과제에서는(본 연구에서는 전기회로도도 그러한 과제에 속한다고 보았다), 그러한 과제가 정상적인 형태조직을 가지고 있을 때만 전문가의 수행이 초보자 보다 우수하지만, 과제의 형태를 낯선 모습으로 변경시켰을 때는 전문가의 기억 우수성은 사라져 버렸다는 사실이다. 마치 무의미·무선 과제에서는 전문가의 기억 우수성이 사라지는 것과 같았다. 본 연구에서 사용한 전기회로도도 성질상 요소기호들 사이의 의미적, 기능적 관계가 중요하지만 그러나 배치 형태도 중요한 측면이 되리라고 본다. 왜냐하면 통상의 전기회로도도 대개 정하여진 배치모습으로 ‘조화롭게’ 표현되고 있을 것이기 때문이며 전문가들은 이런 형태에 익숙해져 있을 것이다. 본 연구의 새로운 발견을 지각적 그리고 거기에 대한 어분적 명칭(verbal label)을 단기 기억에서 부호화 해내는 것이 바로 재생이라고 설명하는 것이다. 그러나 이 발견은 ‘이중부호화’(dual-processing, Paivio, 1975; Samson & Zatorre, 1991)에 따라, 즉 어분적 표상에 추가되는 이미지 표상에 따라 해석해 보는 것이 어떨까 한다. “인간문제 해결에 관한 현대 인지이론은 대단히 결합주의적이다. ...지각적 기능의 가능한 역할을 거의 논의하지 아니하고 있다. 지각적 과정의 중요성을 오랫동안 인정하면서도”(Saariluoma, 1985; Chase & Simon, 1973), 그리고 “체스선수의 문제해결은 단순히 이전에 학습했던 것과 거기에 결합어 있는 행마를 활성화하는 과정만은 아니다. 지각적 조직화의 문제도 생각해 볼 필요가 있다. 그것은 Chase &

Simon이 '심안'(mind's eye)이라 부른 것이다." (Sarriluoma, 1985, p. 391). 그리고 조직화된 기억 조직을 명제의 망상, 지적기능, 이미지, 및 삽화(episode)의 네가지로 구분하고 있는 Gagne' & White(1978)도 저자의 해석과 맥을 같이 하는 것 같이 보인다. 그리고 과제형태는 제시시간과 상호작용하고 있지 아니하였다. 이는 이미지 표상이 짧은 자극노출 시간에서만 중요한 효과가 있는 것이 아님을 시사해 주고 있다.

셋째, 전체 과제를 이루고 있는 요소 구조가 가지고 있는 기능을 알려 주는 것은 기억에 정적 효과를 가지며, 특히 검사국면보다는(인출단서로서) 학습국면에서 제시했을 때(선행조직자로서, advance organizer)보다 더 효과적이었다. 이러한 결론은 실험 1의 전기회로도 과제와 실험 3의 컴퓨터 프로그램에서 얻은 결과들을 조합한 것이므로 다소간의 논리적 비약은 있을 수 있다. 그러나 이러한 결과는 지각적 결집가설, 개념적 결집가설, 또는 이중 부호화 가설의 어디에서도 기대할 수 있고 또 이론적 해석도 가능할 것이다. 다만 검사국면과 학습국면은 비대칭적인 것으로 학습국면에서 보다 더 정적이고 그리고 중간기술자 집단에게는 학습국면에서 중간단 위조직의 기능면을 제시하면 특히 효과적이라는 결과는 혼란의 실제에 시사하는 바가 있는 것 같다.

넷째, 전문가의 지식구조는 초보자 보다 더 통합적이고 응집성이 있으며 보다 분화되어 정교하게 발달되어 있다. 그러나 전문가와 중간기술자 사이에는 지식구조에 별다른 차이가 없는 것 같이 보인다. 전문가의 우수한 기억수행은 잘 발달된 지식의 조직화 때문이란 것은 통설이다. 그러나 그러한 지식조직이 '어떻게' 그리고 '어떤 내용'으로 조직되어 있는지에 대하여서는 밝혀진 바가 별로 없다. "다중수준 지식구조"(Bereiter & Scardemalia, 1989), "전문가 지식은 더 많은 정보를 포함하고 있으며, 요소들 사이에 더 많은 그리고 더 강한 연결(link)을 가지고 있다고 정의한다. 더욱이 이들 요소, 즉 결집은 더 많은 하위요소들을 가지고 있다"(Fiske, 1985, p. 850), "전문기능은 영역의 문제를 범주화하기 위한 세련된 정신적 표상이 잘 발달된 결과"(Holyoak, 1990, p. 131), 또는 "전문가들이 문제에 대해 구성하는 도식이 추상적 수준에서 구체적 수준

에 이르기까지 위계적이고 인과관계적이며, 응집성이 크므로 이들은 초보자들이 간과하는 주요 단서들을 쉽게 파악하고(예, 병의 진단), 짧은 시간에 본 내용을 더 많이 회상하며, 그 내용이 전문적인 내용으로만 구성될 수 있고, 한 문제를 해결할 때 파생되는 다른 문제들까지 생각하고 검토할 수 있게 된다"(이영애, 1986, p. 147) 등의 주장을 얻은 결과는 지지해 주고 있는 셈이다. 그러나 본 연구의 발견에서 전문가는 지식 조직화의 양이나 위계 깊이에서 차이를 보인다는 것은 McKeithen 등(1981) 또는 Chi(1982)와는 모순되는 것 같이 보이기도 한다. 왜냐하면 이들은 전문가와 초보자들은 조직화의 양이나 깊이에서는 차이가 없고 조직화의 내용면에서 차이가 나타난다고 주장하기 때문이다. 여기에서 저자는 조직화 양과 깊이의 분석에서 전문가는 초보자와는 다르지만 중간기술자와는 다르지 않았음을 주목코자 하는 것이다. 다시 말하면 전문가와 중간기술자 사이에는 조직의 양과 깊이, 즉 조직화의 응집성이나 정교성은 유의하게 다르지 않다는 사실이다. 이러한 발견을 어떻게 해석할 것인가? 이에 대하여 저자는 이단계 가설(two-step hypothesis)을 제기해 볼 수도 있다고 본다. 즉 전문가기능의 발달에는 조직화의 '어떻게', 즉 조직의 통합, 응집 및 정교화 등이 중요한 제1단계와 조직화의 '내용', 즉 조직구조를 이루고 있는 '무엇'이 중요한 제2단계를 가정해 보는 것이다. 전문가기능을 처음 상당수준까지 배울 때는 '어떻게'가 중요하고, 그 다음의 발달에서는 '무엇이' 결정적이라는 가설적 주장인데 만약 이러한 가설이 정확한 것이라면 기타의 많은 선행연구들의 결과와 McKeithen 등(1981)의 기타연구들의 결과를 일관되게 설명할 수 있을 것이다. McKeithen 등(1981)은 "이들을 볼때 조직화 형태가 재생수행에 이점을 제공해 주는 것은 아닌것 같다. 보다 그럴듯한 것은 이러한 조직화의 내용이다. 즉 이러한 개념들이 저장되어 있는 방법과 재생해야 할 프로그램에 나타나고 있는 방법이 서로 얼마나 배합되느냐 하는 것이다"(McKeithen et al., 1981, p. 319)라고 말한다. 그리고 초보자 들은 일상적으로 결합되는 개념들의 유사성에 따라 조직화하는 반면 전문가들은 프로그램상의 기능에 따라 용어들을 조직화함을 발견하였다. Chi 등(1982)은 수십 가지의 물리문제

들을 피험자에게 주고 이들을 유사성에 따라 분류하도록 하였는데, 전문가와 초보자는 분류 시간과 분류에 사용한 유목 수에서 차이를 보이지 않았으며 이 결과들을 바탕으로 전문가와 초보자는 전반적인 인지 구조상에 차이가 없다는 결론을 내렸다. 그리고 지식조직의 내용에 대하여도 몇가지 주장들이 있는데 대개는 유사하다 Swanson 등(1990)은 “초보자의 표상은 문제진술에 주어져 있는 액면 그대로의 사건들을 중심으로 조직화되어 있는 반면, 전문가 표상은 이러한 요인들을 포섭하고 있는 원리와 추상을 중심으로 조직화 되어 있다”(p. 534)라고 하며 Adelson(1984)은 전문가의 표상내용은 보다 추상적이며 프로그램이 ‘무엇을 하느냐’(Winograd (1974)의 서술적 지식에 해당)에 대한 보다 일반적인 정보를 포함하고 있고, 반면에 초보자는 프로그램이 ‘어떻게 기능하느냐’(절차적 지식에 해당)에 대한 정보를 포함하고 있다고 본다. 그리고 전문가의 조직형태는 서로 유사하지만 초보자의 것은 각기 상당히 고유하다는 발견도(McKeithen et al., 1981) 눈여겨 볼만하다. 어떠한 전문기능의 지식구조가 가지는 ‘어떻게’와 ‘무엇을’ 앞으로 보다 활발하게 규명되어야 할 것이다.

마지막으로, 본 연구가 가지는 처방적 기능과 이의 한계에 대하여 언급해 두었으면 한다. 본 연구에서 보여준 것은 전문기능과 전문영역에 있는 지식의 정신적 조직화간의 상관일 뿐이다. 전문가-초보자 또는 전문기술자-중간기술자-초보자 집단을 만들어 이들의 수행 수준을 비교해 보았을 뿐이기 때문에, 이 분야의 대부분의 연구와 마찬가지로, 본 연구도 인과관계의 규명에는 초보적이다. 관련하여 한 가지만 인용해 보기로 한다. “조직화가 전문성을 생성시킨다고 결론 내리고 싶은 유혹이 있다. 사실 그럴런지도 모르지만, 그러나 자료가 그것을 증명해주는 것은 아니다. 자료는 현존의 기술수준을 가지고 있는 피험자들은 어떤 공통의 조직화를 가지고 있음을 보여주고 있을 뿐이다. 이 조직화를 학습하면 기술을 증가시킨다고 결론 내릴려면 피험자내 기술변화를 예시할 것을 요구한다. 그러나 잘 정리된 지식의 습득은 더 큰 기술을 생성시킨다는 우리의 직관은 그러한 예시에도 놀라지는 아니할 것이다”(McKeithen et al., 1981, p. 324). Scriven(1980)

은 사람들이 어떻게 문제 해결하고 있는지에 대한 기술적 이론(descriptive theory)과 문제해결력을 어떻게 개발시킬 것인가에 대한 처방적 이론(prescriptive theory)을 예리하게 구분하고 있다. 그는 유용한 처방을 개발하는데 기술적 이론이 반드시 필요하거나 충분한 것이 아님도 주목하고 있다. 그럼에도 불구하고 본 연구의 결과들은 문제해결력 개발을 위한 노력에 몇가지 시사는 할 수 있다고 본다. 첫째는, 내용조직을 구조화시키고 지식을 문제해결을 위한 도구로 가르친다는 것이다. 앞에서의 여러 논의들은 ‘지식을 문제해결을 촉진시키는 도구로서 가르치는 것과 단순히 기억해야 하는 것만으로 가르치는 것 사이에는 차이가 있다’는 주장을 가능케 한다고 본다. 둘째는, 결집화에 대한 이중부호화적인 해석과 관련된 것이다. 명제적인 것과 이미지적인 것을 연관시킬려고 해야 하며 “이미지 처리를 격려하는 유용한 실례로서 학습자로 하여금 다이어그램이나 대강의 스케치를 그리도록 하는 것이다. 문장을 명제로서 처리했음을 확실히 하기 위하여 문장의 의역하기를 학습자에게 요구하듯이 학생들로 하여금 교사의 다이어그램을 ‘의역’해 보도록 요구할 수도 있을 것이다”(Gagne & White, 1978, p. 214). 끝으로, 본고에서는 실험설계의 성질상 전문기능의 발달에는 두단계가 있음을 주장했지만, 이보다 더 많은 다단계의 발달도 상정할 수 있으며 또한 그것이 필요할지도 모른다는 것이다. 예컨대, Trotter (1986)은 전문가의 길 5단계를 초보자(novice), 고등 초보자(advanced beginner), 유능(competence), 유창(proficiency), 및 전문기능(expertise)으로 나누어 전문기능의 개발과정을 다루고 있고 Bloom(1985)은 120여명의 뛰어난 전문가의 성장과정을 분석하였다. 이들을 통하여 Bloom이 얻은 주요 결론은 ‘선행의 그리고 현재의 학습조건이 적절하게 주어지지만 한다면, 세상의 어떤 사람이 할 수 있는 것은, 거의 모든 다른 사람들도 마찬가지로 할 수 있다’라는 말로 요약할 수 있다. 이제 이와 관련하여 사람들로 하여금 전문가처럼 사고(thinking)할 수 있게 하는 그러한 적절한 학습조건을 발전하는 것이 전문기능 연구의 일차적 목표란 사실을 다시 주목해 본다.

## 참고문헌

- 고대식. (1988). 전자응용회로집. 서울: 도서산업사.
- 김병규와 임명섭. (1980). 전자실기 총정리. 서울: 도서산업사.
- 김영채. (1982). 인간학습 및 기억. 서울: 중앙적성출판사.
- 성기수 외. (1983). FORTRAN 연습. 서울: 대은출판사.
- 양종철. (1988). 전문지식의 개발에 따른 표상구조의 변화. 계명대 석사학위(비발표).
- 이영애. (1986). 영역의존적 문제해결 연구의 이론적 및 방법론적 재분제. *한국심리학회지*, 5, 2, 142-153.
- Abernethy, B., & Russell, D.G. (1987). Expert-novice differences in an applied selective attention task. *Journal of Sport Psychology*, 9, 326-345.
- Adelson, B. (1981). Problem solving and the development of abstract categories in programming languages. *Memory & Cognition*, 9, 422-433.
- Adelson, B. (1984). When novices surpass experts: The difficulty of a task may increase with expertise. *Journal of Experimental Psychology Learning, Memory, and Cognition*, 10, 3, 483-495.
- Atwood, C.M. (1984). Error detection processes in statistical problem solving. *Cognitive Science*, 8, 413-437.
- Bereiter, C. & Scardamalia, M. (1989). Intentional learning as a goal of instruction. In L.B. Resnick(ed.), *Knowing, Learning, and instruction: Essays in honor of Robert Glaser*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Bhaskar, R., & Simon, H. A. (1977). Problem solving in semantically rich domains: An example from engineering thermodynamics. *Cognitive Science*, 1, 193-215.
- Bloom, B.S. (1985). Developing talent in young people. New York, NY: Valantine Books.
- Champagne, A.B., Klopfer, L.E., Pesa, A.T., & Squires, D.A. (1981). Structural representations of students, knowledge before and after science instruction. *Journal of Research in Science Technology*, 18, 97-111.
- Chase, W.G. & Chi, T.M.H. (1980). Cognitive skills: Implications for spatial skills in large-scale environment. In J. Harvey (ed.), *Cognition, social behavior, and the environment*, Potomac, MD: Erlbaum.
- Chase, W. G. & Simon, H.A. (1973). Perception in chess. *Cognitive Psychology*, 4, 55-81.
- Chi, M.T. Feltovich, P.J., & Glaser, R. (1981). Categorization and representation of physics problems by experts and novices. *Cognitive Science*, 5, 121-152.
- Chi, M.T.H, Glaser, R., & Farr, M. (1988). *The nature of expertise*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Chi, M.T.H., Glaser, R., & Rees, E. (1982). Experts in problem solving. In R. Sternberg(Ed.), *Advances in the psychology of human intelligence*(Vol. 1, pp. 7-75). Hillsdale, N.J.: Erlbaum.
- De Groot, A.D. (1966). Perception and memory versus thought: Some old ideas and recent findings. In b. Kleinmuntz(ed.), *Problem solving: Research, method and theory*. New York: Wiley.
- De Jong, T. & Ferguson-Hessler, M. G, M. (1986). Cognitive structures of good and poor novice problem solvers in physics. *Journal of Educational Psychology*, 78, 279-288.
- Edan, D. E. & Schwartz. (1979). Chunking in recall of symbolic drawings. *Memory & Cognition*, 7, 149-158.
- Ehrlich, K, & Soloway, E. (1984). An empirical investigation of tacit plan knowledge in pro-

- gramming. In J. C. Thomas & M. L. Schneider(eds.), *Human factors in computer systems*. Norwood, NJ : Ablex.
- Ericsson, K. A., & Staszewski, J. J. (1989). Skilled memory and expertise : Mechanisms of exceptional performance. D. Klahr & K. Kotovsky(eds.), *Complex information processing*, Hillsdale, NJ : Lawrence Erlbaum.
- Fiske, S. T. & Dyer, L. M. (1985). Structure and development of social schemata : Evidence from positive transfer effects. *Journal of Personality and Social Psychology*, 48, 839~852.
- Frederikson, N. (1984). Implications for cognitive theory for instruction in problem solving. *Review of Educational Research*, 54, 363~407.
- Gagne, R. M. & White, R. T. (1978). Memory structure and learning outcomes. *Review of Educational Research*, 48, 187~222.
- Goldsmith, T. E., Johnson, P. J., & Acton, W. H. (1991). Assessing structural knowledge. *Journal of Educational Psychology*, 83, 88~96.
- Greeno, H. G. (1980). Trends in the theory of knowledge for problem solving. In D. T. Tuma & F. Reif(eds.), *Problem solving and ediation*. Hillsdale, NJ : Erlbaum.
- Greeno, J. G. (1980). Some examples of cognitive task analysis with instructional implications. In R. E. Snow et al. (eds.), *Aptitude, learning, and instruction*. Vol. 2: Hillsdale, NJ : Erlbaum.
- Harry, F., Norman, R. E., & Cartwright, D. (1965) *Structural models : An introduction to the theory of directed graphs*. New York : Wiley.
- Hirtle, S. C. & Jonides, J. (1985). Evidence of hierarchies in cognitive maps. *Memory & Cognition*, 13, 208~217.
- Holyoak, K. J. (1990). Problem solving. In D. N. Osherson & E. E. Smith(eds.), *Thinking*, Vol. 3, MA : MIT Press.
- Johnson, P. E. (1967). Some psychological aspects of subject-matter structure. *Journal of Educational Psychology*, 58, 75~83.
- Johnson, P. E. (1969). On the communication of concepts in science. *Journal of Educational Psychology*, 60, 32~40.
- Kintsch, W., & Greeno, J. G. (1985). Understanding and solving word arithmetic problems. *Psychological Review*, 92, 109~129.
- Larkin, J. H. (1986). Enriching formal knowledge : A model for learning to solve textbook physics problem. In J. R. Anderson (Ed.), *Cognitive skills and their acquisition*, Hillsdale, N J. : Erlbaum.
- Larkin, J. H. (1979). Processing information for effective problem solving. *Engineering Education*, 285~288.
- Larkin, J. H., McDermott, J., Simon, D. P., & Simon, H. A. (1980). Expert and novice performance in solving physics problems. *Science*, 208, 1335~1342.
- Larkin, F. H., McDermott, F., & Simon, D. P. (1979). Expert and novice performance in solving physics problems. In H. A. Simon (ed.), *Models of thought(Vol. II)*. Yale University Press.
- Lesgold, A. Problem solving. (1988). In R. J. Sternberg & E.E. Smith(eds.), *The psychology of human thought*. Ma : Cambridge Univ. Press.
- Lewis, C. (1981). Skill in algebra. In J. R. Anderson(Ed.), *Cognitive skills and their acquisition*, Hillsdale, N. J. : Erlbaum.
- Lucas, H. C. Jr., & Kaplan, R. B. (1974). A structured programming experiment. *Computer Journal*, 19, 136~138.
- Mckeithen, K., Reitman, J. S., Reuter, H., & Hirtle, S. C. (1981). Knowledge organization and skill differences in computer programmers. *Cognitive Psychology*, 13, 307~325.

- Naveh-Benjamin, M., & Lin, Y. (1990). *A manual for assessing students' knowledge structure in a course*, University of Michigan.
- Naveh-Benjamin, M., & McKeachie, W. J., Lin, Y., & Tucker, D. G. (1986). Inferring students cognitive structures and their development using the ordered tree technique. *Journal of Educational Psychology*, 78, 130~140.
- Norman, G. R., Brooks, L. R., & Allen, S. W. (1989). Recall by expert medical practitioners and novices as a record of processing attention. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 15, 1166-1174.
- Paivio, A. (1975). Coding distinctions and repetition effects in memory. In G. H. Bower (ed.), *The psychology of learning and motivation* (Vol. 9), New York: Academic Press.
- Pennington, N. (1987). Stimulus structures and mental representations in expert comprehension of computer programs. *Cognitive Psychology*, 19, 295~341.
- Plutchik, R. (1974). *Foundations of experimental research*. New York: Harper Row.
- Prawar, R. S. (1989). Promoting access to knowledge, strategy, and disposition in students: A research synthesis. *Review of Educational Research*, 59, 1~41.
- Reed, S. K. (1988). *Cognition: Theory and applications*. Books/Cole, Pacific Grove, California.
- Reif, F. Larkin, J. H., & Brackett, G. C. (1976). Teaching, general learning and problem solving skill. *American Journal of Physics*, 44, 212~217.
- Reitman, J. S. & Rueter, H. R. (1980). Organization revealed by recall orders and confirmed by pauses. *Cognitive Psychology*, 12, 125~140.
- Ryle, G. (1949). *The concept of mind*. London: Hutchinson.
- Saariloma, P. (1985). Chess Players intake of task-relevant cues. *Memory & Cognition*, 13, 385~391.
- Samson, S. & Zatorre, R. J. (1991). Recognition memory for text and melody of songs after unilateral temporal lobe lesion: Evidence for dual encoding. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 17, 793~804.
- Schoenfeld, A. H. (1979). Can heuristics be taught? In J. Lochhead & J. Climent (eds.), *Cognitive process instruction*, Philadelphia, PA: Franklin Institute Press.
- Scriven, M. (1908). Prescriptive and descriptive approaches to problem solving. In D. T. Tuma & F. Reif (eds.) *Problem solving and education: Issue in teaching and research*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Shavelson, R.J. (1972). Some aspects of the correspondence between content structure and cognitive structure in physics instruction. *Journal of Educational Psychology*, 63, 225-234.
- Shavelson, R.J. (1974). Methods for examining representations of subjectmatter structure in a student's memory. *Journal of Research in science Teaching*, 11, 231-249.
- Shavelson, R.J. & Stanton, G.C. (1975). Concept validation: Methodology and application to three measures of cognitive structure. *Journal of Education Measurement*, 12, 67-85.
- Shoenfeld, A.H., & Hermann, D.J. (1982). Problem structure in expertise and novice mathematical problem solvers. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 8, 484-494.
- Simon, H.A. & Gilmarin, K.A. (1973). Simulation of memory for chess positions. *Cognitive Psychology*, 5, 29-46.
- Smith, M.U. (1990). Knowledge structures and

- the nature of expertise in classical genetics. *Cognition and Instruction*, 7, 287-302.
- Stewart, J. (1982). Two aspects of meaningful problem solving in science. *Science Education*, 66, 731-749.
- Swanson, H.L., O'Connor, J.E., & Cooney, J.B. (1990). An information processing analysis of expert and novice teachers problem solving. *American Educational Research Journal*, 27, 533-556.
- Sweller, J., Mawer, R.F., & Ward, M.R. (1983). Development of expertise in mathematical problem solving. *Journal of Experimental Psychology: General*, 112, 639-661.
- Trotter, R.J. (1986). The mastery of mastery. *Psychology Today*, 32-38, July.
- VanLehn, K., (1990). Problem solving and cognitive skill acquisition. In M.I. Posner(ed.), *Foundations of Cognitive Science*. MIT Press, Cambridge, MA.
- Voss, J.F., Greene, T.R., Post, T.A., & Penner, B.C. (1983). Problem-solving skills in the social science. In G.H. Bower(Ed.), *The psychology of learning and motivation*(Vol. 17, pp. 165-213). New York: Academic Press.
- Winograd, T. (1974). *Natural language understanding*. New York: Academic Press.

#### 부록 1.

```

INTEGER PRIME(15), SUM, SU
DATA PRIME(1) /1 /
WRITE(6, 10)
10 FORMA(//4X, 'SU HAP KESU FACTOR')
C   factor process sijak
      DO 100 SU=6,100
          KESU=1
          SUM =1
          J   =16
C   looking for factor
      DO 110 MO=2, SQRT(REAL(SU))
          IF (MOD(SU, MO). NE. 0) GOTO 110
          MOK=SU/MO
          IF (MOD. EQ. MO) THEN
              SUM=SUM+MO
              KESU=KESU+1
              PRIME(KESU)=MO
          ELSE
              SUM=SUM+MO+MOK
              KESU=KESU+1
              J=J-1
              PRIME(KESU)=MO
              PRIME(J)=MOK
          ENDIF
110 CONTINUE

```

```

C      moving factor
          IF(J. LE. 15) THEN
              DO 120 K=J, 15
                  KESU=KESU+1
                  PRIME(KESU)=PRIME(K)
120     CONTINUE
          ENDIF
C      write result
          WRITE(6,20) SU, SUM, KESU, (PRIME(K), K=1, KESU)
20      FORMAT(1X, 3I5, 2X, 15I4)
100    CONTINUE
          STOP
          END

```

## 부록 2. 단어재배열 과제(비단서조건)

아래의 왼쪽에 있는 여러 단어(구)들은 앞서 제시한 바 있는 컴퓨터 프로그램 을 이해하는데 핵심적인 것들입니다. 이제 이들 핵심단어들을 오른쪽 빈 칸에 나열해 주십시오. 그런데 나열할 때는 기능적으로 서로 가깝고 밀접한 것은 가능한 대로 차례대로 오도록 해야 합니다. 다시 말하면, 서로 밀접하게 관련된 핵심단어 들이 이웃하여 놓이도록 나열해 주십시오. 감사합니다.

핵심 단어

배열

---

```

IF
IF (J, LE, 15) THEN
ELSE
END
MOK=SU/MO
PRIME(KESU)=PRIME(X)
PRIME(J)=MOK
WRITE
WRITE (PRIME), K=1, KESU)
DO M=2, SQRT(REAL(SU))
J=16
STOP
DO
J=J-1
CONTINUE
DATA
INTEGER
PRIME(15)
ENDIF
KESU=1

```

---

## **Knowledge Structure of Expertise Revealed in Recall of Electrical Circuit Drawings and Computer Programs**

**Yung-Che Kim and Jong-Chul Yang**  
Keimyung University

This study performed three experiments with purposes of (i) analyzing the interactive effects of provision of the function name of task part, nature of the task and presentation period with the claimed recall superiority of experts compared to novices, (ii) examining the validity of image representation independent to the conceptual chunking, and (iii) revealing the details of expertise knowledge structure using the 'ordered' tree diagram technique.

Experiment 1 employed the mixed factorial design of skill level(expert - advanced technicians - novice) x task meaningfulness(meaningful task - nonsense task) x function name of task part (function name of total task set - function name of task subset - no provision) and Experiment 2 used another mixed factorial design of skill level(expert - novice) x configuration pattern of study task(normal pattern - altered pattern) x presentation period(5 sec - 15 sec), all using the task of electrical circuit drawings. Experiment 3 had the mixed factorial design of skill levels(expert - advanced programmer - novice) x function name of task part(subset function name - no provision). Results obtained were (i) experts were superior in recall compared to their counterparts, (ii) experts recall superiority occurred only for the meaningful or normal patterned task, which was noted as indicating the image representation independent to the conceptual chunkings, (iii) the presentation of function name of task part seemed to have positive effects for recall, particularly when presented at the study phase, and (iv) experts knowledge structure were inferred to be better integrated and coherent and more differentiated and elaborated compared to the novices. But surprisingly no difference was found between expert and advanced technicians, which was discussed with the two-stage hypothesis of 'how' and 'what contents' of knowledge structure.