교육심리연구 제7권 2호, 1993

지능의 시간측정학(II): 인지처리 수준에 따른 정보처리 속도와 지능간의 관계 연구*

河 大 賢

(인제대학교 아동학과)

---------------------<< 요 약 >>---------------------

본 논문의 주요 목적은 고등학생(n=42)을 대상으로 Jensen의 시간측정학에 관한 가설을 재검증하고, Hick paradigm을 통해 구한 RT 측정치들이 인지 처리 수준을 달리하는 전형적인 정보처리 과제들의 RT, 특히 Sternberg의 요소 분석에 의해 추정한 요소 과정 모수치보다 g의 변산을 더 잘 설명하는지를 규명하고자 하는 것이었다. 본 연구에서 그 시간측정학에 관한 타

당성 검증 결과는, 필자의 첫번째 연구 결과와는 달리, RT 측정치들이 RT 표준편차들보다 g와 일관성있게 더 높고 유의한 상관을 나타내어 Jensen의 가설을 부정할 수 없는 것이었고, 또한 그 RT 측정치들은 인지처리의 중간 수준이상의 정보처리 과제들의 RT나 추리요소 과정 모수치보다 g의 변산을 더 작게 설명하는 경향을 나타냈다. 그 밖의 목적의 따른 연구 결과로서,정보처리 과제들의 RT와 g간의 상관은 그 과제들의 인지처리 수준이 증가할수록 점차로 증가하지 않았고, 그러한 상관에 속도-정확도 교환 현상이 영향을 미칠 수 있는 가능성은 비교적 높은 [1] 수준의 인지 처리를 요구하는 언어유추 과제와 g간의 관계에서만 나타났다.

I. 서 론

1970년대 초에 이르러 행동주의 심리학이 쇠퇴하고 인지심리학이 우세해지기

* 이 논문은 1992년도 교육부지원 한국학술진흥재단의 지방대학 육성 신진과제 학술연구조성비에 의하여 연구된 것임.

시작하자 지능 연구는 오랜 정체기에서 벗어나 새로운 전성시대를 맞이하게 되었다. 최근 20여년동안 소위 지능의 인지적(정보처리적) 방법론이라 불리우는 새로운 연구 패러다임(틀) 아래 수많은 지능 연구가 폭팔적으로 수행되어 지능 연구자들은 최근의 이 시기를 지능 이론과 연구의 '르네상스' 시기라 칭하기도 하고, 또는 '새로운 물결'이 일어난 시기라 표현하기도 한다.

인지심리학의 관점과 방법론을 바탕으로 인간의 지능을 연구하는 인지적 연구 방법론은 종래의 차이적 연구 방법론과 세 가지 주요한 점에서 다르다. 첫째, 전통적인 차이적 방법은 지능검사 점수에 관찰가능한 변량을 야기시킨다고 가정된 要因을 찾아 그 요인의 개인차와 관련해 지능을 이해하려 하는 반면에, 인지적 방법은 인지과제 수행에 기여하는 정신 과정, 즉 要素를 찾아 그 과정과 전략과 관련해 지능을 이해하려 한다. 따라서 현대의 지능 개념도 靜的인 構造의 실재인 요인을 근거로 이해되기 보다는 動的인 過程의 실재인 요소를 근거로 이해되는 경향이 있다. 둘째, 차이적 연구 방법은 검사 문항을 얼마나 정확하게 풀 수 있는지에 주된 관심을 갖는 반면, 인지적 연구 방법은 문항을 얼마나 빠르게 풀수 있는지에 주된 관심을 갖는다. 다시 말해서 차이적 연구에서 1차 종속변인은 정확도인 반면에, 인지적 연구에서 1차 종속변인은 속도 또는 반응시간이다. 셋째, 차이적 연구는 주로 지필검사 형태의 지능검사를 사용해 지능을 측정하지만, 인지적 연구는 실험실에서 준비된 인지 과제를 피험자가 수행함으로써 경험적 증거를 인출해 낸다.

요컨대 인지적 지능 연구는 인지 과제에 대한 정보처리 분석을 통해 그 과제 수행에 관여하는 요소 과정을 분리해 냄으로써 지능을 요인과 관련된 정확도의 개인차가 아니라 요소 과정들과 관련된 속도의 개인차로 이해하고자 하는 것이다. 이러한 인지적 지능 연구의 장점은 현존하는 지능검사에 대한 정보처리 분석을 통해 검사 수행에 관여하는 요소들을 분리해 내고, 그 요소 점수들과 그 검사가 규정하는 요인들의 점수 사이의 상관을 살핌으로써 검사에 대한 새로운 構因타당도를 제공할 수 있다는 점이다. 또한 인지적 연구는 지능검사에 대해 우수한 사람과 열등한 사람간의 요소 과정을 비교해서 그 검사에 대한 개인간 차를 야기하는 원인적 요소 과정과 전략이 무엇인지를 밝힐 수 있고, 특히 열등한 사람의 경우는 낮은 검사 점수의 원인이 되는 요소 과정을 진단해 내어, 지

능 훈련 프로그램을 통해 그것을 교정하게 할 수 있는 장점이 있다.

지능 연구에 인지심리학적 관점이 도입되어 많은 인지 연구들이 반응속도 또는 반응시간(reaction time: 이하 RT)을 정확도보다 더 주요한 1차 종속변인으로 취급함에 따라 RT와 지능간의 관계는 새로운 관심을 불러 일으키고 있다. 특히 Jensen(1982, 1987a, 1991)은 'Hick paradigm'을 사용하여 구한 RT 측정치와 일반지능(g)간에 유의한 상관을 밝혀내고 g의 개인차의 부분적인 원인이 단순 과제에 대한 RT에 있음을 주장하여 RT와 지능간의 관계 연구에 많은 관심을 불러 일으켰다.

Jensen(1982)은 자신의 RT 연구가 단순히 종래 심리측정학적 要因의 개인차를 단순 과제에 대한 RT의 개인차로 이해하려는 시도를 넘어서서, g의 본질과 그 개인차의 원인을 규명하는데 많은 기여를 한다는 점에서 그 RT 연구를 '지능의 시간측정학(Chronometry of Intelligence)'으로 명명하고 있다. 현재 지능 분야에서는 그 지능의 시간측정학이 내포하고 있는 이론적인 중요성 때문에 수많은 반복연구와 추후연구가 수행되고 있는데, 필자 역시 시간측정학과 관련된 Jensen의 기본적인 가설들을 검증하는 반복연구를 수행하였다(하대현, 1993). 본 연구는 Jensen의 시간측정학에 대한 타당성을 밝히려는 필자의 두번째 연구로서 선행 연구와는 다른 연령의 피험자를 대상으로, 또한 반복(연습)효과를 통제한 실험 설계를 사용하여 RT와 g의 관계를 재규명하고자 하는 것이다. 또한 본 연구에서 밝히고자 하는 주요한 문제는 'Hick paradigm'을 사용하여 구한 RT 측정치들이 인지 처리 수준을 달리하는 전형적인 인지 과제들(예, 선택반응시간과제, 글자비교과제, 유추과제)의 정보처리 속도들보다 g 또는 지능의 하위능력 점수들의 개인차를 더 잘 설명할 수 있는지 여부이다. 특히 여기서 가장 많은 관심을 갖는 문제는 Jensen의 RT 측정치(또는 모수치)들이 비교적 복잡한 유추과제를 해결하는데 관여하는 요소 과정 모수치들보다 더 잘 g의 개인차를 설명할 수 있는지 여부이다. 지능 연구에서 유추 과제는 일반적으로 g의 가장 좋은 측정치를 제공해 온 과제이고, 또한 최근의 많은 지능 연구자들(Bejar, Chaffin, & Embretson, 1991; Gentner, 1989; Holyoak, 1984; Pellegrino & Glaser, 1980)은 주로 Sternberg(1977, 1985)의 '요소 분석' 방법론을 사용하여 유추 문제해결에 관여하는 요소 과정을 분리해 내는 시도를 하고 있기 때문에, 이러한 유추 과제

의 요소 과정 모수치와 Jensen의 RT 측정치들 중에 어느 것이 상대적으로 g 또는 심리측정학적인 하위능력 요인들과 더 많은 관련이 있는지를 규명하는 문제는 지능 분야에서는 필요하고도 중요한 문제라 여겨진다. 이 문제와 관련하여 Jensen(1982, p. 273)은 "Sternberg의 요소 분석 방법은 g의 본질을 밝히는 중간 단계로서, 가설화된 인지 요소 과정들은 g의 본질에 대해 심리학적으로는 유용한 정보를 제공해 주지만, 인과적 과정으로서는 불확실한 설명을 제공할 뿐이다. 진정한 인과적 과정은 신경생리학적인 것이기 때문에, 그 생리학적인 민감성과 크게 관련되는 (Hick paradigm을 사용하여 구한) RT 측정치들이 보다 더 직접적으로 g의 개인차의 원인을 밝힐 수 있을 것이다"라고 진술하고 있다.

요컨대 본 연구의 첫번째 목적은 먼저 필자의 선행 연구와는 다른 연령의 피험자와 실험 설계를 사용하여 Jensen의 시간측정학에 관한 여러 가설을 재검증하고, 다음에 Hick paradigm을 통해 구한 RT 측정치와 모수치들이 전형적인 인지 과제들의 정보처리 속도 측정치들보다 g의 변산을 더 잘 설명하는지를 밝히고자 하는 것이다.

본 연구의 두번째 목적은 인지적 지능 연구에서 중심적으로 취급되어 온 정보처리 과제들을 선별하여, 그 과제들에 대한 정보처리 속도의 개인차와 지능간의 관계를 규명하는 것과 관련된다. 본 연구의 정보처리 과제들은 주로 Sternberg(1985)의 인지 과제에 대한 4가지 분류에 따른 것이긴 하지만, 본 연구의 특수한 목적상 선택반응시간과제, 글자형비교과제, 글자명비교과제, 언어유추과제, 수유추과제를 선택해 사용한다. 본 연구에서 관심을 갖는 문제는 이러한 정보처리 과제들로부터 구해진 정보처리 속도나 과정 추정치들이 인지처리의 수준이나 깊이에 따라 지능과의 상관이 증가하는지 여부이다. Sternberg는 지금까지 수행되어 온 전형적인 인지 과제들의 정보처리 속도들을 인지처리 수준에 따라 순수속도, 선택속도, 어휘접근속도, 추리과정속도의 4종류로 나누고, 각각의 정보처리 속도와 지능사이에 상관의 크기를 조사한 결과, 인지 과제의 인지처리 수준이 높을수록 그 과제에 대한 정보처리 속도와 지능간의 상관이 점차로 증가한다는 것을 밝혀 내었다. 본 연구에서는 인지처리 수준이 각기 다른 정보처리 과제들 간 및 내에서 정보처리 속도와 지능간의 관계가 어떻게 달라지는가의 문제가 규명된다. 본 연구에서 정보처리 과제 間에서의 인지처리 수준은

단순반응시간과제, 선택반응시간과제, 글자비교과제, 유추과제 순서로 점차로 증가된다고 가정하고, 또한 하나의 정보처리 과제 內에서의 인지처리 수준은, 가령 글자비교과제의 경우 글자형비교속도, 글자명비교속도, 어휘접근속도 순서로 점차로 증가된다고 가정한다.

본 연구의 세번째 목적은 지능의 측정에서 가장 중요한 두 종속변인인 속도와 정확도간의 관계를 규명하는 것과 관련된다. 일반적으로 인지적 지능 연구자들은 인지 과제를 단순하게 제작해 정확도(또는 오류율)는 무시하고 반응속도 또는 반응시간만을 강조하는 반면에, 차이적 지능 연구자들은 검사 문항을 복잡하게 제작해 속도는 무시하고 정확도만을 강조함에 따라, 인지심리학적 기법을 심리측정학적인 요인(능력) 연구에 적용하는데 두 가지 장애가 되는 문제가 발생한다. 그 문제들 중의 하나는 속도-정확도 독립성 문제이고, 다른 하나는 속도-정확도 교환 문제이다. 먼저 속도-정확도 독립성(independence of speed-level) 문제는 단순한 과제를 푸는 속도는 同形의 좀더 복잡한 과제를 푸는 정확도와는 대체로 獨立的이라는 현상과 관련되는데, 현대의 많은 지능 연구자들은 이러한 독립적인 현상에 대해 대체로 긍정적인 견해를 모아가고 있다 (Horn, 1985; Kyllonen, Tirre, & Christal, 1984; Lohman, 1979). 이러한 속도-정확도간의 독립성 현상은 인지심리학과 차이심리학의 통합을 방해하는 한 요인이 되는데, 그 이유는 ①많은 인지 연구들의 일차적 종속변인은 반응시간이고, ② 오류 반응의 반응시간들은 처리하기가 애매하므로, ③모든 피험자들의 반응시간을 용이하게 해석하기 위해 인지 과제들은 보통 단순하게 제작되는데, ④그러나 단순 과제에 대한 탈오류화된 수행들은 원래 연구 대상인 능력 구인을 규정하는 복잡한 과제에서의 변량을 거의 설명하지 못하기 때문이다.

속도-정확도의 차이의 문제는 지능을 진단할 때, 보편적으로 나타나는 현상이지만, 현재 그 문제가 가장 부각되는 경우는 지적 과제 수행에 대한 정보처리 모델로부터 반응시간에 기초된 요소(과정) 모수치를 추출해 내고, 그 모수치와 참고능력 검사나 다른 준거 변인들과 크고 유의한 상관을 밝혀 내고자 할 때이다. 가령 Sternberg(1977)는 그의 초기 유추 연구에서 반응요소 모수치를 제외한 모든 요소 모수치들의 반응시간과 참고능력검사 점수간에 낮고, 직관과 相馳되는 상관을 발견했다[2]. 추후 연구(Sternberg & Gardner, 1983)에서, 특히 오류 반

응이 통계적으로 통제되었을 때(Bethell-Fox, Lohman, & Snow, 1984), 몇 개의 요소 반응시간과 참고능력 검사간에 기대한 대로 부적 상관을 얻긴 했지만, 그 유의한 상관들의 범위는 보통 -.3에서 -.4까지였다(Sternberg, 1985). 이것은 정보처리 속도와 보다 복잡한 문제의 정확도간의 실질적인 독립성을 나타내 주는 것으로 그 원인을 규명하는 것은 지능의 분야에서 중요한 문제로 대두되었다(하대현, 1989). 그러한 불일치의 한 가지 원인으로서 몇몇 지능이론가들(예 Lohman, 1988, 1989; Sternberg, 1982)은 속도-정확도 교환 현상을 들고 있다. 속도-정확도 교환(speed-accuracy tradeoff) 현상이란 피험자들이 실질적인 범위 내에서 속도를 감소시킴으로써 정확도를 증가시키거나, 역으로 속도를 증가시킴으로써 정확도를 감소시키는 현상을 일컫는데, 이런 현상은 위의 Sternberg 연구 경우에 특히 속도를 강조하는 유추 과제에서 피험자들이 채택하는 속도와 정확도에 대한 강조 기준이 서로 다를때, 오직 구해진 반응시간 하나만을 갖고서 요소 과정 모수치를 추론해 내는 것은 진정한 개인차를 糊塗할 수 있고, 그 결과 요소 추정치와 참고능력 검사간에 낮고 유의하지 않은 상관을 얻게 했을 가능성이 있다. 따라서 본 연구의 세번째 목적은 단순한 과제에 대한 정보처리 속도는 복잡한 과제에 대한 정확도와 독립적인 관계를 유지하는지를 규명하고자 하는 것이다. 특히 본 연구에서의 초점은 반응시간에 기초된 유추 과제의 요소 과정 모수치들과 참고능력검사들간의 상관을 살피고, 그 상관의 책임이 부분적으로 속도-정확도 교환 현상에 있는지 여부를 밝히는데 모아진다.

II. 실 험 1

실험 1의 목적은 피험자들에게 4종류의 RT 과제를 무선적으로 제시하여 반복효과를 통제하고, 또한 필자의 첫번째 연구(1993)와는 다른 연령의 피험자를 대상으로 할때, Hick paradigm을 사용해 구한 RT와 g간의 관계와 관련하여 본 실험 1의 결과가 첫번째 연구 결과와 동일한 패턴으로 나타나는지를 조사하고자 하는 것이었다.

---

2) 그는 초기 유추의 요소 이론에서 유추 문제해결에 관여하는 부호화, 추론, 도상화, 적용, 비교, 정당화, 반응의 7개 요소 과정을 밝혔다.

피험자

본 연구(실험 1과 실험 2)에 참여한 피험자들은 경남 김해시에 위치한 K고등학교 2학년 A반 학생들이었다. 이들은 비평준화된 인문계 고교 남학생들로서 이들의 평균 연령은 16.8세였다. 본 연구는 세번의 연구 모임으로 구성되었는데, 첫번째 모임에서 49명의 피험자들은 약 2시간 동안 집단적으로 실시된 Raven의 Matrices검사와 4종류의 참고검사를 풀었고, 다른 날의 두번째 모임에서는 42명의 피험자들이 실험 1로서 약 15분 동안 개인적으로 실시된 RT실험에 참여했다. 또한 동일한 날의 세번째 모임에서는 실험 2로서 역시 42명의 피험자들이 약 50분 동안 개인용 컴퓨터로 실시된 5종류의 정보처리 과제를 풀었다.

RT 측정도구

실험 1에서 사용된 RT 측정도구는 'Hick paradigm'에 입각한 RT 측정을 위해 미국의 Lafayette Instrument 회사에서 1988년에 제작한 시각적 선택반응시간 측정도구(Visual Choice Reaction Time Apparatus)였다. 이 도구는 필자의 첫번째 연구에서 사용되었던 RT 측정도구와 동일한 것으로서 불빛자극 제시기와 반응기의 두 부분으로 구성되어 있는데, 前者는 실험자가 피험자에게 불빛자극을 선별적으로 제시할 때 사용되는 도구이고, 後者는 제시된 불빛자극에 피험자가 반응할 때 사용되는 도구이다.

불빛자극 반응기의 상단에는 불빛자극이 제시되는 4개의 전구(lamp)가 일렬로 놓여 있고, 그 하단에는 약간 타원형으로 5개의 버튼이 놓여 있다[불빛자극 반응기의 도해적인 모양은 필자(1993)의 첫번째 논문을 참고하라]. 이 버튼들 중에서 3번째 버튼을 제외한 나머지 4개의 버튼들은 모두 제시된 불빛자극을 끄는데 사용되는 버튼들이다. 가운데 놓인 3번째 버튼은 소위 중앙버튼(home button)으로서 피험자는 불이 켜진 전구 밑에 있는 버튼을 누르기 앞서 항상 이 중앙버튼 위에 한 손가락을 올려 놓아야 한다. 전구들의 색은 왼쪽부터 차례로 빨강, 하양, 파랑, 초록색이었으며, 인접한 전구들의 간격은 3cm였다(예외적으로 하얀색 전구와 파란색 전구의 간격은 6cm였다). 또한 인접한 버튼들의 간격 역

시 모두 3cm였다. 실험 1에서 불빛자극 제시기와 반응기는 약 2.5미터 간격으로 떨어져 있었으며, 피험자들이 실험자가 불빛자극을 제시하는 모습을 볼 수 없도록 그 사이를 불투명한 스크린으로 가리었다.

참고검사

본 연구에서 사용된 g참고검사는 Raven(1962)의 Advanced Progressive Matrices검사였다. 이 검사는 대표적인 탈문화화된 검사로서 일반요인(g)과는 약 r=.8 정도의 높은 상관을 나타내기 때문에, RT와 g간의 관계 연구에서 가장 많이 사용되는 g참고검사이다. 피험자들의 이 검사(전체문항 수=36개)에 대한 평균정답문항 수는 25.6개(SD=5.5)였으며, 그 범위는 5개에서 34개까지였다.

본 연구에서는 RT과제와 정보처리 과제들의 측정 결과를 보다 명료하게 해석하고, 또한 그 과제들의 외적 타당도를 밝히기 위해 Raven검사외에 추가로 4종류의 참고검사들을 사용하였다. 그 참고검사들은 다음과 같다. ①a글자찾기검사(Ekstrom 외, 1976), ②숫자비교검사(Ekstrom 외, 1976), ③언어유추검사(Terman, 1950), ④시험불안검사(Spielberger, 1980). 본 연구에서 지각속도검사(PCT) 점수는 a글자찾기검사와 숫자비교검사 점수의 합계로 구해졌다.

실험 절차 및 설계

실험 1은 필자와 3명의 실험보조자에 의해 인제대학교 아동연구소 실험실에서 실시되었다. 실험보조자 중 한명은 피험자에게 RT 과제에 대한 지시 사항을 말해 주고, 피험자의 연습 시행을 도와주는 역할을 담당하였고, 다른 한명은 실험 설계에 따라 체계적으로 불빛자극을 제시하는 역할을 담당하였으며, 나머지 한명은 초시계에 나타난 반응시간을 기록하는 역할을 담당하였다.

RT 측정도구의 전구들은 1개부터 4개까지 노출되는 전구 數를 조작하기 위해 밑면없는 정육면체(두꺼운 靑色 종이로 만들어진)로 덮어 씌어 가려졌다. 피험자는 먼저 한 손가락을 중앙버튼 위에 올려 놓고 있다가, 노출된 전구(들) 중의 한 전구에 불이 들어오면 가능한 한 빨리 불이 들어온 전구 밑의 버튼을 눌러 그

불을 끄라고 지시되었다. 이 실험에서 RT는 불빛자극이 전구에 처음으로 제시되는 시각(onset time)부터 피험자가 버튼을 눌러 그 전구의 불을 끌 때까지의 시간 간격으로 측정되었다.

실험 1에서 RT 과제는 노출되는 전구 數에 따라 4종류의 RT 과제로 나누어졌다. 먼저 4개의 전구 중에서 3개의 전구가 가려지고 한개의 전구가 노출되는 경우, 이 과제는 단순 RT 과제(simple reaction time: 1SRT 또는 0bit)[3]로 명명되었다. 이 과제에서 피험자는 노출된 한 전구에 불빛이 제시되자마자 가능한 한 빠르게 그 전구 밑의 버튼을 누르라고 지시되었다. 둘째, 4개의 전구 중에서 2개의 전구가 가려지고 두개의 전구가 노출되는 경우, 이 과제는 2개의 선택지가 있는 선택 RT 과제(2CRT 또는 1bit)로 명명되었고, 셋째 1개의 전구가 가려지고 세개의 전구가 노출되는 경우, 이 과제는 3개의 선택지가 있는 선택 RT 과제(3CRT 또는 1.59bits)로 명명되었으며, 마지막으로 4개의 전구가 모두 노출되는 경우, 이 과제는 4개의 선택지가 있는 선택 RT 과제(4CRT 또는 2bits)로 명명되었다. 이 3종류의 선택 RT 과제에서 피험자는 노출된 2개, 3개, 또는 4개의 전구들중의 한 전구에 불이 들어오면, 선택지에 해당되는 여러 버튼들 중에서 가능한 한 빠르게 불이 켜진 전구 밑의 버튼을 누르라고 지시되었다.

실험 1에서는, 필자의 첫번째 연구와는 달리, 4종류의 RT과제를 모든 피험자에게 1SRT, 2CRT, 3CRT, 4CRT의 순서로 동일하게 제시하지 않고 무선적인 순서로 각자 다르게 제시했다. 각 과제의 반응시행 數는 15개였으므로 이 실험 1에서 개인별 총 반응시행 수는 60개(15개 X 4종류 과제)가 되었고, 본 시행에 앞서 피험자들은 대여섯개의 연습 시행을 받았다. 모든 시행간의 간격은 1초에서 4초까지 사이에서 무선적으로 선택되었다. 선택 RT 과제들에서 노출되는 전구들은 노출의 모든 가능한 경우에 따라 고르게 분산되었고, 또한 노출되는 전구들 중에서 불빛이 제시되는 전구도 불빛이 제시될 수 있는 모든 가능한 경우에 따라 고르게 분산되었다.

---

3) 각각의 RT 과제에서 요구되는 정보처리 bit 수는 Hick의 법칙대로 노출되는 전구 수의 2를 밑수로 하는 log값($\log_2 n$, n=노출되는 전구 수)에 의해 구해졌다.

결과 및 논의

1. 지능 수준에 따른 RT 분석

실험 1에서 구한 RT 측정치들의 전반적인 기술 통계치를 제공하고, 또한 그 RT 측정치들이 bit 수의 증가에 따라 어떻게 변화하는지를 조사하기 위해서 먼저 지능 수준에 따른 RT 측정치들이 분석되었다. 피험자들의 지능 수준은 Raven의 Metrices 검사 점수를 근거로 지능 上수준(범위 27-34, 평균 29.6)과 지능 下수준(범위 5-26, 평균 21.6)으로 나뉘었다. 각 RT 과제에 대한 두 지능 수준 집단의 RT 평균과 표준편차가 <표 1>에 제시된다.

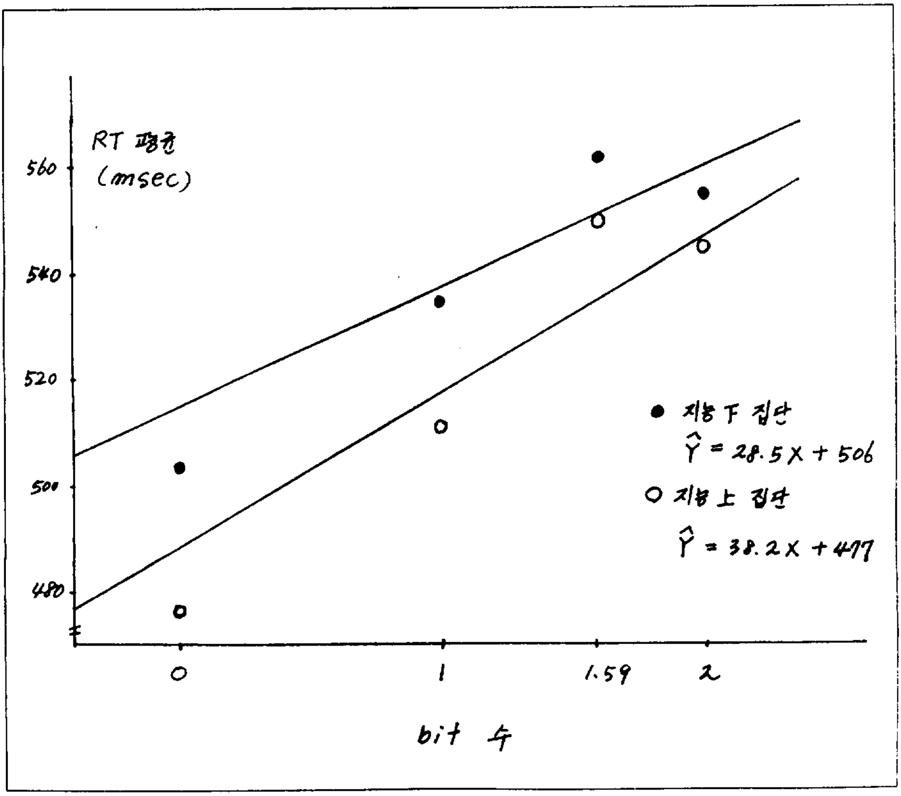
<표 1> 각 RT 과제에 대한 지능 上·下집단의 RT 평균과 표준편차*

	지능 하(n=21)		지능 상(n=21)			
RT 과제	M	SD	M	SD	t(40)	p
1SRT(0bit)	503.8	120.0	476.1	90.8	1.46	.15
2CRT(1bit)	534.6	103.7	510.7	87.9	1.46	.15
3CRT(1.59bits)	561.5	109.0	550.4	98.2	0.67	.51
4CRT(2bits)	554.9	93.5	544.9	82.2	0.60	.55

*실험 1에서 제시되는 RT 측정치의 단위는 모두 msec(1/1000초)이다.

RT 과제와 지능 수준을 각각 피험자내 요인과 피험자간 요인으로 하는 두 요인반복측정 ANOVA 분석에 의하면 지능 수준의 주효과는 나타나지 않았으나 $F(1, 40)=1.56$, $p>.22$, RT 과제의 주효과는 나타났다 $F(3, 120)=32.51$, $p<.01$. 이러한 결과는 두 지능 집단의 전체 RT 평균간에는 유의한 차가 없지만, 4가지 RT 과제의 RT 평균들간에는 유의한 차가 있음을 의미한다. 또한 지능 수준과 RT 과제에 대한 상호작용 효과는 유의하지 않았는데 $F(3, 120)=0.72$, $p>.54$, 이것은 각 RT 과제에서 나타난 지능上·下 집단의 RT 평균의 차는 4과제에 걸쳐 다르지 않다는 것을 의미한다. <표 1>에 나타나 있는 각 과제에 대한 두 지능 집단

의 RT 평균은 t검증 결과 .05α수준에서 모두 유의한 차를 나타내지 않았다. 이러한 두 집단의 RT 평균들이 좌표화되어 <그림 1>에 제시된다.



<그림 1> 정보처리 bit 수에 따른 두 지능 수준 집단의 RT 평균

<그림 1>은, 비록 각 과제에서의 RT 차이는 통계적으로 유의하진 않았지만, 모든 과제에 걸쳐 일관성있게 지능 상집단이 지능 하집단보다 반응속도가 더 빠르다는 것을 보여준다. 각 집단의 RT 평균들을 bit 수에 회귀시켜 구한 직선 방정식은 지능 하집단의 경우 Y = 28.5X + 506이었고, 지능 상집단의 경우는 Y = 38.2X + 477이었다. 여기서 前者의 기울기 28.5[t(82)=3.25, p<.01]는 後者의 기울기 38.2[t(82)=5.27, p<.01]보다 낮은데, 이 결과는 지능 하집단이 지능 상집단보다 1bit當 정보처리 시간이 다소 더 빠른 것을 나타낸다. 또한 <그림 1>은 정보처리 bit 수가 증가함에 따라 두 지능 집단의 RT 평균이 거의 직선적으로 증가하다가 4CRT(bits) 과제에서 다소 감소하는 유형을 보여준다. 이러한 감소 유형은 필자의 첫번째 연구에서도 동일하게 나타났는데, 필자는 그 당시 이 원인을 주로 모든 피험자들에게 4종류의 RT 과제를 동일한 순서로 제시하여, 특히 가장 나중에 제시했던 4CRT 과제에서 얼마간의 반복효과가 발생한데서 비롯되었을 것이라 추측했었다. 그러나 본 연구에서는 RT 과제를 무선적인 순서로 제시했기 때문에, 이런 감소가 과제 제시 순서에 따른 반복효과에 기인되었다기 보다는 3CRT 과제와 4CRT 과제 사이의 bit 수 간격이 1이 아니라 0.41(2 - 1.59)이라는데 기인되었을 가능성이 크다.

요컨대 두 지능 수준 집단의 RT 평균들은 각 RT 과제에서 유의한 차를 보이진 않았지만, 지능 상집단이 지능 하집단보다 일관성있게 전 RT 과제에 걸쳐 빠른 반응속도를 보였고, 또한 RT 평균들은 Hick의 법칙대로 bit 수의 증가에 따라 직선적으로 증가하는 경향을 나타냈다.[4] 이러한 연구 결과는 Jensen(1982)과 필자의 첫번째 연구 결과와 정확히 일치하는 것이었다.

2. Hick's law에 대한 검증

Jensen의 시간측정학에 대한 많은 반복연구들은 일관성있게 RT가 정보처리 bit 수에 따라 직선적으로 증가한다는 결과를 밝혀 왔다(Lohman, 1989). 이러한

4) 경향분석(trend analysis)에 의하면, 지능 하집단의 RT 평균의 경우 직선 요소[t(60)=-4.55, p<.01]이외에 3차 요소도 .01α수준에서 유의했고, 또한 지능 상집단의 경우 역시 직선 요소[t(60)=-5.43, p<.01]이외에 3차 요소도 .01α수준에서 유의했다.

결과는 Jensen이 지능의 시간측정학에 대한 타당성을 입증하는데 기본이 되어 온 결과이므로 본 연구에서는 RT 평균뿐만 아니라 RT 표준편차, RT평균과 g간의 상관, RT표준편차와 g간의 상관이 Hick의 법칙대로 bit 수의 증가에 따라 직선적으로 증가하는지를 조사하였다. <표 2>에는 bit 수에 따른 RT 관련 측정치들이 RT 평균에 대한 기우반분신뢰도와 함께 제시되어 있다.

<표 2> bit 수에 따른 RT 평균, RT 표준편차, 기우반분신뢰도, RT평균과 g간의 상관, RT표준편차와 g간의 상관(n=42)

bit의 수	RT 평균	RT 표준편차	r_{xx}[a]	RT평균과 g간의 상관(p)	RT표준편차와 g간의 상관(p)
0(1SRT)	490.0	105.4	.66**	-.33(.02)*	-.21(.09)
1(2CRT)	522.6	95.8	.55**	-.34(.01)*	-.20(.11)
1.59(3CRT)	556.0	103.6	.46**	-.24(.07)	-.05(.38)
2(4CRT)	549.9	87.8	.57**	-.22(.09)	.07(.33)

*p<.05, **p<.01.

[a]기우반분 신뢰도는 홀수 시행과 짝수 시행간의 상관을 Spearman-Brown 공식을 사용하여 15개의 전체 시행에 대한 상관으로 교정한 값이다.

<표 2>를 살펴 보면 RT 평균을 제외한 다른 RT관련 측정치들은 bit 수의 증가에 따라 직선적으로 증가하는 경향을 나타내지 않고 있다. RT 평균은 bit 수의 증가에 따라 거의 직선적으로 증가하다가 4CRT 과제에서 약간 감소하지만, 경향분석에 의하면 여전히 직선적 경향성에서 이탈하지 않았다[5]. RT 평균들을 bit 수에 회귀시켜 구한 중다상관계수(R)는 .41[F(1, 166)=33.7, p<.01]이었고, 그 직선회귀 방정식은 Y = 33.4X + 491이었다.

5) 경향분석 결과에 의하면, RT 평균의 경우 직선 요소 [t(123)=-7.07, p<.01] 이외에 3차 요소도 .01 α수준에서 유의했다.

<표 2>에 나타난 RT평균과 g간의 상관들은 모두 -.2에서 -.3사이에 놓여 있는데, 이런 상관의 크기는 반복연구에서 일반적으로 나타나는 상관의 크기와 거의 일치했다. 이 상관들이 나타내는 몇 가지 주목할 만한 특징은 다음과 같다. 첫째, 이 상관들은 필자의 첫번째 연구에서 밝힌 -.10대의 상관값들보다 일관성 있게 더 크고, 또한 1SRT 과제와 2CRT 과제의 경우에 .05α수준에서 유의한 상관을 나타냈다. 3CRT 과제와 4CRT 과제의 경우도 비록 그 상관값이 .05α수준에서 유의하진 않았지만, 그 유의도(p)가 각각 .07과 .09 수준에 머물러 있어 사소하지 않은(nontrivial) 상관값을 나타냈다. 둘째, 이 상관들은 RT표준편차와 g간의 상관값보다 전 과제에 걸쳐 더 크게 나타났다. 이러한 결과는 첫번째 연구 결과와 정확히 상반되는 것이었다. 즉 필자의 첫번째 연구에서는 RT표준편차와 g간의 상관이 RT평균과 g간의 상관보다 더 크고 유의한 경향을 나타냈는데, 이 실험 1에서는 반대로 RT평균과 g간의 상관이 RT표준편차와 g간의 상관보다 더 크고 유의한 경향을 나타냈다. 이 결과는 피험자간의 주의력 통제 차이 때문에 RT와 g간의 상관이 나타난다는 Carroll(1987)의 가설을 부정하는 것이었다. 셋째, 이 상관들은 bit 수의 증가에 따라 점차로 증가되지 않은 반면에, 선택 RT과제의 경우는 오히려 bit 수가 증가할수록 감소했다. 이런 결과는 과제가 복잡해질수록 g의 활동이 더 요구되어 RT와 g간의 상관이 증가한다는 Jensen의 가설을 부정하는 것이었지만, 선택 RT과제들에서 bit 수가 증가할수록 RT와 g간의 상관이 감소한다는 많은 반복연구들의 결과와 일치했다.

요컨대 <표 2>의 결과는, RT와 g간의 상관들이 bit 수의 증가에 따라 점차로 증가되지는 않았지만, RT평균이 RT표준편차보다 g와 더 크고 유의한 상관을 나타내어 g의 개인차의 부분적인 원인이 단순한 과제의 RT에 있다는 Jensen의 가설을 부정할 수 없는 것이었다. 특히 이 상관값들은 고교 비평준화 지역에서 비교적 우수한 능력을 지닌 동질적인 고등학생을 대상으로 구한 결과였고, 또한 신뢰도 계수에 기인된 축소에 대한 교정 공식을 사용하지 않고 구한 결과였기 때문에, 만약 보다 이질적인 특성의 피험자를 대상으로 RT를 측정하고, 또한 RT신뢰도 계수에 기인된 축소에 대한 교정 공식을 사용한다면 이 상관값들은 더 크게 증가될 가능성이 있다.

3. RT 관련 모수치(측정치)와 참고검사 점수간의 상관

RT 관련 모수치(가령, RT평균의 절편, RT평균의 기울기, RT표준편차의 기울기 등)와 전체 RT평균, RT표준편차의 평균이 g와 다른 참고검사 점수들과 어느 정도로 관련되는지에 대한 상관 분석 결과가 <표 3>에 제시된다. 이들 및 다른 RT 측정치들간의 상호상관 행렬은 <부록 1>을 참고하라.

<표 3> RT 관련 모수치(또는 측정치)와 참고검사 점수간의 상관(n=42)

변 인	PCT	CMT	g	시험불안[a]
RT평균의 절편	.07	-.34*	-.35*	.29*
RT평균의 기울기	-.09	.14	.18	-.06
RT표준편차의 기울기	-.13	.03	.21	-.11
RT표준편차의 평균	.21	-.18	-.20	.05
전체 RT평균	.04	-.35*	-.33*	.34*

*p<.05.

PCT=지각속도검사, CMT=Terman의 언어유추검사, g=Raven의 Matrices검사

[a]시험불안검사 점수와 관련된 상관은 39명의 피험자들로부터 구해진 값이다. 42명의 피험자중 3명은 이 검사를 끝까지 완성치 않았으므로 분석 대상에서 제외되었다.

<표 3>에 나타난 변인 중 RT평균의 절편과 기울기는 bit 수에 RT의 평균을 회귀시켜 구한 직선회귀 방정식의 절편과 기울기를 의미한다. <표 3>을 보면 먼저 RT평균의 절편은 CMT(언어유추검사) 및 g와 비교적 높고 유의한 負的 상관을 나타냈는데, 여기서 부적 상관이란 지능이 높을수록 절편이 낮아지는 것을 의미하고, 절편이 낮다는 것은 반응속도가 빠르다는 것을 암시한다. 반면에, RT평균의 기울기는 그 검사들과 비교적 낮고 유의하지 않은 正的 상관을 나타냈는데, 여기서 정적 상관은 지능이 높을수록 1bit當 정보처리 시간이 다소 긴 것

을 의미한다. RT 평균의 기울기는 RT 연구자들이 가장 많은 관심을 갖는 RT 관련 모수치 중의 하나인데, Jensen(1979)은 이 IQ-slope 상관값으로 $\underline{r}$=-.41($\underline{p}$<.01)로 보고한 바있지만, 추후 RT 연구들에서 이 상관값은 -.41에서 +.36까지의 범위였고, 그 평균은 -.11로 불안정한 상관값을 나타냈다(Jensen, 1987a; Neubauer, 1990). 필자의 첫번째 연구에서 이 상관값은 $\underline{r}$=.10($\underline{p}$>.21)이었다.

<표 3>에서 RT표준편차의 기울기는 bit 수에 대해 RT의 표준편차를 회귀시켜 구한 직선회귀 방정식의 기울기를 뜻하는데, 이 기울기와 CMT 및 $\underline{g}$간의 상관은 정적 방향으로 낮고 유의하지 않았다. 또한 4개의 RT 과제에 대한 RT표준편차들의 평균도 CMT 및 $\underline{g}$와 유의하게 상관되지 않았는데, 이러한 결과들은 모두 필자의 첫번째 연구 결과와는 상반되는 것으로서 RT 연구에서 주의 통제력이 중요한 변인이 아님을 암시하는 증거들이었다. 마지막으로 전체 RT 평균(총 60개의 반응시행에 대한 RT 평균)은 CMT 및 $\underline{g}$와 비교적 높고 유의한 부적 상관을 나타냈는데, 이런 부적 상관은 지능이 높을수록 비교적 반응속도가 빨라지는 경향을 지시해 주었다.

<표 3>의 결과에 대해 추가로 언급해야 할 두가지 중요한 점은, 첫째 시험불안검사는 CMT 및 $\underline{g}$와 마찬가지로 RT평균의 절편과 전체RT평균과 비교적 높고 유의하게 상관되었다는 것과, 둘째 PCT(지각속도검사)는 어떤 RT 관련 측정치 및 모수치와도 유의하게 상관되지 않았다는 것이다. 먼저 시험불안검사의 경우 유의한 상관들의 방향이 正的이라는 사실은 시험불안을 크게 느끼는 피험자일수록 RT평균의 절편이 높아지는 경향과 전체적으로 반응속도가 늦어지는 경향을 지시해 주었다. 또한 시험불안검사가 RT평균의 절편과 전체RT평균과 비교적 높고 유의하게 상관된다는 사실은 Jensen의 주장과는 달리 RT의 개인차가 신경생리학적인 원인외에 피험자의 동기나 정서 상태에 영향받을 수 있음을 시사하는 것이었다. 다음에 PCT의 경우 어떤 RT 관련 측정치 및 모수치와도 유의하게 상관되지 않았다는 사실은 직관과 크게 相馳되는 것이었다. 'Hick paradigm'을 사용해 구한 RT 측정치들은 단순 과제에 대한 반응속도를 측정한 것이기 때문에 직관적으로는 CMT와 $\underline{g}$검사보다는, 가령 a글자찾기나 숫자비교와 같은 단순 과제에 대한 지각속도를 재는 검사와 더 높은 상관을 기대했으나 그 결과는 정반대로 나타났다. 이 결과는 $\underline{g}$의 개인차의 부분적인 원인이 단순한 과제의 RT에 있다는 Jensen의 가설을 지지하는 또다른 증거였다.

III. 실 험 2

실험 2의 주요 목적은 첫째, 전형적인 정보처리 과제들의 인지처리 수준이 증가할수록 그 과제들에 대한 정보처리 속도와 지능간의 상관이 증가하는지를 밝히는 것이었고, 둘째 단순한 과제의 정보처리 속도 또는 반응시간에 기초된 유추 과제의 요소 과정 모수치들은 복잡한 과제에 대한 정확도와 독립적인 관계인지를 조사하고, 만약 그 상관의 관계가 독립적이라면, 그 독립성이 부분적으로 속도-정확도 교환 현상에 기인되는지를 규명하는 것이었다.

피험자

실험 2의 피험자들은 실험 1과 동일한 피험자들이었다.

정보처리 과제

피험자들은 개인용 컴퓨터로 실시된 5종류의 정보처리 과제를 풀었다. 정보처리 과제의 모든 문항 형태는 컴퓨터 화면 상단에 목표자극(또는 유추 문항)이 제시되고, 그 하단에 두 선택지가 제시되는 형태를 취했다. 정보처리 과제들의 각각의 성격과 측정 방법은 다음과 같다.

1.선택반응시간과제(CRT): 단순한 자극에 대한 선택이나 결정을 내리는 속도를 추정하는 과제이다. 이 과제로부터 구해지는 선택 속도는 피험자가 자극 제시 후 하단의 두 선택지 중에 *표시가 나타난 쪽에 해당되는 키를 누를 때까지의 속도로 측정되었다.

2.글자형비교과제(PI): 목표자극과 글자 모양이 같은 대안자극을 찾아 내는 과제이다. 이 과제의 정보처리 속도는 자극 제시 후 목표자극과 글자 모양이 같은 자극을 두 선택지 중에서 찾아 그 해당되는 키를 누를 때까지의 속도로 측정되었다.

3.글자명비교과제(NI): 목표자극과 글자 모양은 달라도 글자 이름이 같은 대안자극을 찾아내는 과제이다. 이 과제의 정보처리 속도는 자극 제시 후 목표자극과 글자 이름이 같은 자극을 두 선택지 중에서 찾아 그 해당되는 키를 누를 때까지의 속도로 측정되었다.

4.언어유추과제(VAT): "A와 B의 관계는 C와 D의 관계와 같다(A:B::C:D)"의 형

태를 취하여, 피험자에게 마지막 항목 D를 두 선택지 중에서 찾아 반응하게 하는 과제이다. 이 과제의 문제해결 속도는 각 문항 제시후 정답을 찾아 그 해당되는 키를 누를 때까지의 속도로 측정되었다.

5.수유추과제(NAT): 이 과제는 각 항목이 단어대신 숫자로 제시되는 것외에는 언어유추 과제와 그 성격과 측정 방법이 동일했다.

컴퓨터 화면에 제시되는 각 과제의 예 문항과 요약된 지시문이 <표 4>에 나타나 있다.

<표 4> 각 정보처리 과제의 예 문항과 지시문

정보처리 과제	예 문항	지시문 요약
선택반응시간 과제	CUT *　　CAT	화면에 *표시가 나타나는 쪽에 해당되는 키 누름
글자형비교 과제	DAY BUY　　DAY	목표자극과 글자모양이 같은 자극을 찾아 해당되는 키를 누름
글자명비교 과제	GET set　　get	목표자극과 글자이름이 같은 자극을 찾아 해당되는 키를 누름
언어유추 과제	사랑 : 애정 :: 경멸 : ? 천사　　증오	언어유추를 완성시키기 위해 '?' 항목에 해당하는 정답을 찾아 해당되는 키를 누름
수 유추 과제	3 : 8 :: 7 : ? 5　　12	수 유추를 완성시키기 위해 '?' 항목에 해당하는 정답을 찾아 해당되는 키를 누름

실험 절차 및 설계

각각의 정보처리 과제들은 5개의 연습문항과 40개의 본문항으로 구성되었다. 하나의 예외적인 경우로서 수유추 과제의 본문항 수는 60개로 구성되었는데, 이 것은 수유추 문항의 난이도를 체계적으로 조작하여 보다 신뢰로운 요소 과정 모수치를 추정하기 위해 문항 수를 증가시켰기 때문이었다. 따라서 실험 2에서 각 피험자들이 반응해야 하는 본문항 총수는 220개였다. 5종류의 정보처리 과제들은 모든 피험자들에게 선택반응시간과제, 글자형비교과제, 글자명비교과제, 언어유추과제, 수유추과제의 순서로 동일하게 제시되었다. 피험자들은 각 과제에서 먼저 컴퓨터 화면에 제시되는 지시문을 읽고, 그 과제의 성격과 반응 방법을 확인한 다음에 5개의 연습문항을 풀었다. 그 연습 시행에 대한 피이드백으로서 정답율과 평균반응시간이 주어졌고, 만일 그들이 원한다면 추가로 연습문항이 더 주어졌다. 그 다음에 본문항으로 4세트 40문항(수유추 과제의 경우는 6세트 60문항)이 제시되었는데, 피험자들은 10문항으로 구성된 각 세트를 푼 후에 정답율과 평균반응시간에 대한 피이드백을 받았다.

문항들은 반복 효과를 줄이기 위해 1초부터 4초까지의 사이에서 무선적인 간격을 두고 제시되었으며, 각 문항은 2초 동안 컴퓨터 화면 중앙에 남아있는 '!' 표시로부터 시작되었다. 각 문항은 그 주의 표시가 사라짐과 동시에 나타났고, 피험자들이 반응 키를 누름과 동시에 사라졌다. 반응 키는 목표자극(또는 유추문항) 아래에 제시되는 두 선택지 중에서 왼쪽이 맞으면 'Z' 키를, 오른쪽이 맞으면 '/' 키를 누르라고 지시되었고, 실수로 그 지정된 키 대신에 다른 키를 누르면 경고음이 주어졌고, 또한 그런 반응은 오류 반응으로 처리되었다.

요소 과정 모수치의 추정

본 연구에서 언어유추 및 수유추 과제 수행에 관여하는 요소 과정 모수치(요소 점수)를 추정하기 위해 Sternberg(1977, 1985)가 제안한 요소 분석(componential analysis) 방법이 사용되었다. 요소 분석이란 먼저 한 과제를 수행하는데 필요하다고 가정되는 요소를 독립변인으로 하는 과제 모델(회귀 모델)을

형성하고, 다음에 그 모델에서 종속변인의 변산을 야기시킨다고 가정된 요소 활동들의 난이도에 따라 관련 독립변인을 코딩해서 요소 과정 모수치를 추정하는 방법이다[유추 과제의 요소 분석에 대한 보다 자세한 설명은 하대현(1989, 1992)과 Sternberg(1985, pp. 345-369)의 논문을 참고하라]. 본 연구에서 사용된 회귀모델은 부가적 결합 규칙에 근거하여 형성되었는데, 그 모델은 아래와 같다.

$$RT_{ij}(\text{또는 } AC_{ij}) = b_{enc}X_{enc} + b_{rsn}X_{rsn} + b_{com}X_{com} + c$$

이 회귀 모델에서

RT_{ij}(또는 AC_{ij}) = 문항j에 대한 피험자 i의 반응시간(정확도)

b_{enc} = 부호화 요소점수

b_{rsn} = 추리 요소점수

b_{com} = 비교 요소점수

c = 반응 요소점수 또는 회귀 상수

X_{enc} = 부호화 요소점수를 추정하기 위한 독립변인

X_{rsn} = 추리 요소점수를 추정하기 위한 독립변인

X_{com} = 비교 요소점수를 추정하기 위한 독립변인

언어유추 과제의 경우, 위의 회귀 모델를 근거로 각각의 요소점수를 추정하기 위해 독립변인들을 다음과 같이 코딩하였다. ①부호화 요소점수는 하나의 유추 문항을 구성하는 단어들의 '단어사용빈도수(word frequency)'를 모두 합한 수로 독립변인을 코딩하여 추정되었다. ②추리 요소점수는 유추 문항을 풀기 위해서 유추의 전반부에 해당되는 항목들, 즉 A와 B항목간의 관계를 얼마나 정확하게 추론해 낼 수 있는지와 관련된 난이도로 독립변인을 코딩해 추정되었다. 그 난이도 지수는 본 실험에 참여하지 않은 다른 高校 2학년 남학생 52명에게 별도로 동일한 언어유추 과제를 실시해 구하였다. ③비교 요소점수는 두 선택지 중에서 오답에 해당되는 선택지가 C항목과 단어연상(word association) 관계를 갖는지 여부에 따라 독립변인을 코딩해 추정되었다. 본 연구에서는 만일 그들간에 연상 관계가 있으면 '1'로, 없으면 '0'으로 코딩하였다.

또한 수유추 과제의 경우, 역시 위의 회귀 모델을 근거로 각각의 요소점수를 추정하기 위해 독립변인을 코딩하였는데, 그 방법은 다음과 같다. ①부호화 요소점수는 각 문항에 나타나는 숫자들의 '자릿수(digits)'를 모두 합한 수로 독립변인을 코딩해 추정되었다. 이때 마이너스 부호는 한 자릿수를 차지하는 것으로 간주되어, 가령 5 : 14 :: -7 : ? (2, 16)의 문항의 경우는 8로 코딩하였다. ②추리 요소점수는 유추의 전반부에 해당되는 A:B에서 추론되는 관계의 수가 5이하이고, 그 문항에 마이너스 부호가 없는 경우는 1로, 추론되는 관계의 수가 6이상 10이하이고, 그 문항에 마이너스 부호가 하나인 경우는 2로, 추론되는 관계의 수가 11이상 20이하이고, 그 문항에 마이너스 부호가 두개인 경우는 3으로 독립변인을 코딩하여 추정되었다. 가령 위의 예시 문항은 추리 요소점수를 추정하기 위해 독립변인을 2로 코딩하였다. ③비교 요소점수는 두 선택지에 해당되는 숫자들간의 差로 독립변인을 코딩해 추정되었다. 가령 위의 예시 문항은 비교 요소점수를 추정하기 위해 독립변인을 14로 코딩하였다.

결과 및 논의

1. 인지처리 수준에 따른 정보처리 과제 분석

인지처리 수준에 따른 정보처리 과제 분석을 위해, 첫째 각 과제의 RT와 정확도(AC)에 대한 평균을 구했고, 둘째 각 과제의 RT와 참고검사 점수간의 단순상관을 각각 계산했으며, 셋째 각 과제의 RT와 정확도를 동시에 고려했을 때 그 점수들과 참고검사 점수간의 중다상관을 각각 계산했고, 넷째 각 과제의 RT 외에 정확도를 추가했을 때 그 정확도에 의해 증가되는 참고검사점수 변량의 몫을 각각 구하였다. 이러한 결과들이 <표 5>에 제시된다.

<표 5> 정보처리 과제들의 RT 평균, 정확도(AC) 평균, RT와 참고검사 점수간의 단순상관, RT와 정확도를 합한 점수와 참고검사 점수간의 중다상관, RT외에 추가된 정확도에 의해 증가된 참고검사점수 변량의 몫(n=42)

과제	RT[a] 평균	AC 평균	RT only PCT	RT only CMT	RT only g	RT + AC PCT	RT + AC CMT	RT + AC g	ΔR^2 PCT	ΔR^2 CMT	ΔR^2 g
선택반응시간	.46	.97	-.20	-.38**	-.36**	.33	.38*	.45**	.07	.00	.08
글자형비교	.91	.95	-.35*	-.39**	-.62**	.35	.41*	.66**	.00	.01	.04
글자명비교	1.05	.93	-.38**	-.59**	-.55**	.38*	.61**	.59**	.01	.03	.05
(NI-PI)	(.14)		(-.16)	(-.46**)	(-.07)						
언어유추	2.33	.90	-.29*	-.43**	-.53**	.31	.53**	.60**	.01	.10*	.08*
수 유추	3.07	.85	-.38**	-.54**	-.54**	.41*	.54**	.55**	.03	.01	.01

*p<.05, **p<.01.

[a]실험 2에서 제시되는 RT 측정치의 단위는 모두 sec(1초)단위이다.

PCT=지각속도검사, CMT=Terman의 언어유추검사, g=Raven의 Matrices검사

<표 5>에 나타난 정보처리 과제들의 순서는 본 실험 2에서의 과제 제시 순서와 일치하였고, 또한 정보처리 과제들의 인지처리 수준이 그 순서대로 증가할 것이라고 필자가 假定하는 순서와 같았다(예외적으로 언어유추과제와 수유추과제의 순서만은 인지처리 수준을 가정한 순서가 아니었다). <표 5>를 보면 과제들의 인지처리 수준이 증가할수록 기대한 대로 RT 평균은 점차 증가했고, 정확도 평균은 점차 감소했다. 다시 말해서 과제들의 정보처리 과정이 복잡하고 어려워질수록 반응시간이 더 길어졌고, 오류율은 더 높아졌다.

<표 5>에서 정보처리 과제들의 RT만을 갖고서 구한 참고검사 점수와의 상관의 특징를 살펴보면 다음과 같다. 첫째, 구해진 상관의 방향이 모두 負的 방향이었다. 이 결과는 주로 정확도에 기초된 심리측정학적인 검사 점수가 높을수록 정보처리 과제들에 대한 반응속도가 일관성있게 더 빠르다는 것을 지시해 주었다. 둘째, 정보처리 속도와 지능간의 상관은 과제들간 및 내에서 인지처리 수준의 증가에 따라 점차로 증가하는 경향을 나타내지 않았다. 먼저 정보처리 과제들 사이에서 RT와 CMT 및 g간의 상관을 살펴보면, 저수준의 인지처리 과제(가령 선택반응시간과제)의 경우는 -.30대의 상관을 나타냈고, 중간수준의, 인지처리 과제(가령 글자형과 글자명비교과제)의 경우는 -.30대에서 -.60대까지의 상관을 나타냈으며, 고수준의 인지처리 과제(가령 언어 및 수유추과제)의 경우는 -.40대에서 -.50대까지의 상관을 나타냈다. 이런 결과로서는, 비록 인지처리의 저수준 과제와 고수준 과제 사이에 얼마만큼의 상관이 증가되었다 할지라도 중간수준의 과제가 고수준 과제보다 더 높은 상관을 나타내었기 때문에, 과제들의 인지처리 수준이 증가할수록 정보처리 속도와 지능간의 상관이 점차로 증가한다고 말할 수 없었다. 다음에 글자비교 과제내에서도 이와 동일한 결과가 나타났다. 글자비교과제내에서 인지처라 수준은 글자형비교과제, 글자명비교과제, 어휘접근속도(NI-PI)[6] 순서로 증가한다고 가정되었다. 그러나 <표 5>에서 이 과제들의 RT와 CMT 및 g간의 상관들은 이런 순서대로 증가되지 않았기 때문에 글자비교과제내에서도 인지처리 수준의 증가에 따라 정보처리 속도와 지능간의

6) 어휘접근속도(NI-PI)는 장기기억 속에 저장되어 있는 어휘정보에 대한 접근속도로서 이 추정치는 글자명비교시간에서 글자형비교시간을 뺀 시간으로 구하였다.

상관이 증가된다고 말할 수 없었다.

셋째, 구한 상관의 크기를 감안할 때, 단순한 과제에 대한 정보처리 속도와 복잡한 과제에 대한 정확도간의 관계는 서로 독립적인 경향을 나타내지 않았다. 가령 정보처리 과제들의 RT와, 정확도에 기초된 심리측정학적인 검사인 CMT 및 g간의 상관 범위는 먼저 CMT(평균 정확도=0.78)의 경우는 -.38에서 -.59까지였고, g(평균 정확도=0.71)의 경우는 -.36에서 -.62까지였다. 이런 상관의 크기와, 또한 정보처리 과제들의 RT가 모든 과제에 걸쳐 지각속도검사(PCT)보다는 CMT 및 g와 더 높고 유의한 상관을 나타낸다는 점에서 최소한 본 연구에서 단순한 과제의 RT와 복잡한 과제의 정확도간의 관계는 서로 독립적이라기보다는 어느 정도 상호관련되는 것이었다.

넷째, 각 정보처리 과제에서 RT외에 정확도를 추가하여 구한 참고검사와의 중다상관값은 RT만을 갖고서 구한 단순상관값보다 더 높아졌지만, 그 정확도에 의해 추가로 증가되는 참고검사점수 변량의 몫이 유의한 경우는 언어유추과제와 CMT 및 g간의 상관 뿐이었다. 이 결과는 정보처리 과제의 RT만을 갖고서 구한 단순상관에 속도-정확도 교환 현상이 얼마만큼(추가된 변량의 몫만큼)의 영향을 미친다 할지라도, 실질적으로 그 영향을 미칠 수 있는 경우는 언어유추과제와 CMT 및 g간의 상관 뿐임을 암시했다.

요컨대 정보처리 과제의 인지처리 수준이 증가할수록 기대한 대로 반응시간은 길어졌고, 오류율은 더 높아졌지만, 정보처리 속도와 지능간의 상관은 과제들간에서 또는 한 과제 내부에서 기대와는 반대로 점차적으로 증가되지 않았다. 또한 단순한 정보처리 과제들의 RT가 정확도에 기초된 CMT 및 g점수와 비교적 높고 유의한 부적 상관을 나타내어 본 연구에서 속도-정확도 독립성 현상이 나타난다고 말하기는 어려웠다. 추가된 정확도에 의해 증가된 참고검사 변량의 몫이 유의한 경우는 오직 언어유추과제와 CMT 및 g간의 관계에서만 나타났기 때문에 속도-정확도 교환 현상의 문제가 발생할 수 있을 가능성은 그들간의 관계에서 가장 높았다.

2. 유추 과제들에 대한 요소 분석

앞에서 제시한 3개의 독립변인으로 구성된 회귀 모델을 사용하여 언어 및 수 유추과제의 반응시간에 대한 모델 적합도 R^2값과 각각의 요소 과정 모수치(요소 점수)들을 추정하였다. 먼저 피험자들의 각 문항에 대한 평균 반응시간을 사용하여 구한 총체적인 R^2값은 언어유추과제의 경우는 .29 [$F(3, 36)=4.94$, $p<.01$]로 낮은 모델 적합도를 나타낸 반면에, 수유추과제의 경우는 .63 [$F(3, 56)=32.28$, $p<.01$]로 비교적 높은 모델 적합도를 나타냈다.

다음에 요소 분석을 통해 구한 언어 및 수유추과제의 반응시간에 대한 b계수 (요소 점수)들과 그 검증 결과들은 <표 6>에 제시된다.

<표 6> 유추 과제의 반응시간에 대한 요소 분석을 통해 추정한 b계수 (요소 점수)들과 그 검증

과 제	요소	b	표준오차	β	t
언어유추	부호화	-3.8E-05	2.6E-05	-.2077	-1.45
	추리	-3.1290	.9894	-.4543	-3.16**
	비교	.1029	.1064	.1414	.97
	반응	5.2943	.9497		5.57**
수 유추	부호화	.0729	.0679	.1334	1.07
	추리	.6252	.1144	.6791	5.46**
	비교	.0381	.0656	.0480	.58
	반응	1.1910	.3750		3.18**

**$p<.01$.

<표 6>은 요소 모델에서 반응시간을 종속변인으로 사용하였을때, 두 유추 과제에서 모두 4개의 요소 점수중의 추리 요소와 반응 요소만이 .01 α 수준에서 유

의하다는 것을 보여주고 있다. 단계방식(stepwise)의 중다회귀분석 방법을 사용했을때, 언어유추과제의 경우 추리 요소 관련 독립변인이 제일 먼저 투입되어 반응시간 변량의 24%(p<.01)를 설명하였고, 다음에 부호화 요소 관련 독립변인이 투입되어 추가로 3%(p>.21)의 변량을 더 설명하였으며, 끝으로 비교 관련 독립변인이 투입되어 추가로 2%(p>.34)의 변량을 설명하였다. 수유추과제의 경우 역시 언어유추과제와 동일한 순서로 독립변인들이 투입되었는데, 제일 먼저 투입된 추리 관련 독립변인은 반응시간 변량의 62%(p<.01)를 설명하였지만, 다음에 투입된 부호화와 비교 요소 관련 독립변인들은 추가로 약 1%(p>.21)의 변량만을 더 설명했을 뿐이었다. 또한 <표 6>에 나타난 β계수들의 상대적 크기 역시 두 유추 과제에서 모두 반응시간의 변산에 추리 요소가 가장 큰 영향을 미치고, 다음에 부호화 요소가 영향을 미치며, 비교 요소는 가장 작은 영향을 미치고 있음을 나타내었다. <표 6>에서 b계수의 '-'값은 관련 독립변인을 코딩한 값의 한 단위 증가에 대해 종속변인인 반응시간이 감소되는 경향을 나타내며, 반대로 b계수의 '+'값은 그 한 단위의 증가에 대해 반응시간이 증가되는 경향을 나타낸다. <표 6>에 나타난 b계수의 방향은 모두 기대한 대로 나타났으나, 한가지 예외적인 경우는 수유추과제의 비교 요소와 관련된 방향이었다. 그 비교 요소와 관련된 독립변인은 두 선택지에 해당되는 숫자간의 차로 코딩했기 때문에 그 차가 클수록 반응시간이 빨라질 것을 기대하였고, 따라서 추정된 b계수가 '-'값을 나타낼 것이라 예상했으나 결과는 반대였다(비록 그 b계수 검증 결과는 유의하지 않았다 할지라도).

동일한 회귀 모델을 사용하여 반응시간에 대한 개인별 모델 적합도 R^2값과 각각의 요소 점수들을 추정하고, 그 요소 점수들과 참고검사 점수간의 상관을 구하였다. 먼저 개인별 R^2값의 범위를 살펴보면, 언어유추과제의 경우는 .01에서 .37까지였고, 그 평균은 .11이었으며, 수유추과제의 경우는 .00에서 .44까지였고, 그 평균은 .22였다. 다음에 개인별 요소 점수들과 참고검사간의 상관 결과는 <표 7>에 나타나 있다. 이 요소 점수와 실험 2에서 구한 정보처리 과제들의 반응속도, 그리고 참고검사점수간의 상호상관 행렬은 <부록 2>를 참고하라.

<표 7>유추과제에서 반응시간에 대한 요소점수들과 참고검사간의 상관(n=42)

과 제	요소	PCT	CMT	g	시험불안
언어유추	부호화	-.01	.05	-.15	-.59**
	추리	.29*	.27*	.51**	-.21
	비교	-.04	-.31*	-.29*	.42**
	반응	-.29*	-.29*	-.51**	.23
수 유추	부호화	-.21	-.11	-.03	-.07
	추리	.16	-.13	-.35*	.07
	비교	-.05	-.20	-.05	.13
	반응	.02	.07	.05	.06

*p<.05, **p<.01.

<표 7>에 나타난 상관 유형의 특징을 살펴보면, 첫째 부호화 요소는 언어유추 과제의 경우에 시험불안검사와 유의한 상관을 나타낼 뿐, 두 유추 과제에서 다른 어떤 참고검사와도 유의한 상관을 나타내지 않고 있다. 여기서 언어유추 과제의 부호화 요소와 시험불안검사는 높고 유의한 부적 상관(r=-.59, p<.01)을 나타냈는데, 이것은 시험불안을 크게 느끼는 피험자일수록 주어진 문항자극을 더 천천히 부호화하는(지각하고 이해하는) 경향이 있음을 나타낸다[필자(1992)는 이와 유사한 연구 결과를 수유추 문제해결에 사용되는 메타요소적 전략계획에 관한 연구에서 얻은 바 있다]. 이 결과는 앞에서 RT관련측정치와 이 검사간의 상관 결과에 대한 해석과 일치하는 것이었다. 이 부호화 요소는 기대와는 반대로 지각속도검사(PCT)와 유의하게 상관되지 않아, 참고검사에 대한 이 요소의 수렴적 타당성을 결여했다. 또한 이 부호화 요소는 추리력을 재는 CMT 및 g와도 낮고 유의하지 않은 상관을 나타내어, 추리력이 높은 사람일수록 문제의 항목들을 보다 더 천천히 부호화한다는 Sternberg(1985)의 연구 결과와 관련해 어

면 설명을 가하기 어려웠다.

둘째, 추리 요소는 언어유추과제의 경우 시험불안검사를 제외한 모든 참고검사와 유의하게 상관되었지만, 수유추과제의 경우는 오직 g에만 유의한 상관을 나타냈다. 먼저 언어유추과제의 경우 추리 요소는 g와 비교적 높고 유의한 상관(r=.51, p<.01)을 나타내어 수렴적 타당성을 입증했는데, 이 결과는 기대되는 b계수의 방향이 '-'였다는 점에서 추리력이 높은 사람일수록 언어유추 문제해결에 요구되는 추리 과정을 더 빠르게 수행하는 경향이 있음을 나타내 주었다. 다음에 수유추과제의 경우 추리 요소는 오직 g에만 유의한 상관(r=-.35, p<.01)을 나타냈는데, 이 결과 역시 기대되는 b계수의 방향이 '+'였다는 점에서 추리력이 높은 사람일수록 수유추 문제해결에 요구되는 추리 과정을 더 빠르게 수행하는 경향이 있음을 나타내 주었다. 이런 상관값들의 크기는 <표 2>에 나타난 RT평균과 g간의 상관값(-.22에서 -.34사이)보다 다소 더 큰 것이었다. 다시 말해서 Sternberg의 요소분석 방법을 사용해 추정한 유추과제들의 추리 요소(추리 과정 모수치)는 'Hick paradigm' 사용해 구한 RT 측정치들보다 g의 변산을 비교적 더 잘 설명하는 것 같았다.

셋째, 비교 요소는 언어유추과제의 경우 지각속도검사를 제외한 모든 참고검사와 유의하게 상관되었지만, 수유추과제의 경우는 어떤 참고검사와도 유의한 상관을 나타내지 않았다. 언어유추과제에서 이 비교 요소와 CMT 및 g와의 유의한 상관 결과는 추리력이 높을수록 언어유추 문제해결시 단어연상과 관련된 비교 과정을 더 빠르게 수행하는 경향을 나타내며, 또한 시험불안검사와의 유의한 상관 결과는 시험불안을 더 크게 느낄수록 이 비교 과정을 더 천천히 수행하는 경향을 나타내었다.

넷째, 요소 모델에서 회귀 상수로 추정된 반응 요소는 언어유추과제의 경우 시험불안검사를 제외한 모든 참고검사와 유의한 부적 상관을 나타냈지만, 수유추과제의 경우는 어떤 참고검사와도 유의한 상관을 나타내지 않았다. 언어유추과제에서 이 반응요소는 g보다 PCT와 더 낮은 상관 결과를 나타냈는데, 이런 결과는 이 반응 요소의 수렴적 타당성을 결여한 것이었다. 왜냐하면 반응 요소는 유추문제에서 선택된 답을 외현적인 행위를 통해서 반응하는 것과 관련된 요소라, g보다는 PCT와 더 높게 상관되리라 기대했기 때문이다. 그러나 이 반

웅 요소는 다른 요소들과는 달리 회귀 상수로 추정되었기 때문에, 요소 모델에서 과제의 변량을 분할하는데 취급되지 않은 다른 요소(예, 문제의 정의, 표상 형성, 주의력 할당에 대한 메타요소 또는 다른 수행 요소)와 혼동되었을 가능성이 크므로 해석하는데 어려운 점이 있다.

요컨대, <표 7>에 나타난 유의한 상관들을 살펴보면, 유추 문제해결에서 빠른 요소 처리 속도는 높은 지능과 관련되는 경향을 나타냈고, 반응 요소를 제외한 추리 및 비교 요소들은 기대한 대로 PCT보다 CMT 및 g와 더 높게 상관되어 수렴적 타당성을 나타냈다. 다만 언어유추의 추리 요소의 경우에만 CMT보다 PCT와 약간 더 높게 상관되었는데, 이것은 앞에서 언급했던 속도-정확도 교환 현상이 추리 요소와 CMT간의 상관에 영향을 미쳤기 때문일 가능성이 있었다. <표 7>의 유의한 상관들 중에서 한 가지 흥미로운 상관 유형은 시험불안검사와 언어유추과제의 부호화와 비교 요소간의 상관이었다. 그 상관 유형은 시험불안을 크게 느낄수록 언어유추과제에서 부호화와 비교와 관련된 과정을 천천히 수행하는 것으로 해석되었다.

Ⅳ. 결 론

본 연구의 요약

본 연구의 주요 목적은 다음과 같이 세 가지로 요약될 수 있다. 첫번째 목적은 Jensen의 시간측정학에 관한 필자의 선행 연구와는 다른 연령의 피험자와 실험 설계를 사용하여 RT와 g의 관계를 재규명하고, 그 'Hick paradigm'을 통해 구한 RT 측정치와 모수치들이 전형적인 인지과제들의 정보처리 속도 측정치들, 특히 유추 과제의 요소 과정 모수치들보다 g의 변산을 더 잘 설명하는지를 밝히고자 하는 것이었다. 두번째 목적은 인지적 지능 연구에서 중심적으로 취급되어 온 정보처리 과제들을 선별하여, 그 과제들간 및 한 과제 내부에서 과제의 인지처리 수준이 증가할수록 정보처리 속도의 개인차와 지능간의 상관이 점차로 증가하는지를 규명하고자 하는 것이었다. 셋번째 목적은 단순한 과제에 대한

정보처리 속도는 복잡한 과제에 대한 정확도와 독립적인 관계를 유지하는지를 규명하는 것이었는데, 특히 본 연구에서의 초점은 반응시간에 기초된 유추 과제의 요소 과정 모수치와 참고검사간의 상관을 살피고, 그 상관의 책임이 부분적으로 속도-정확도 교환 현상에 있을 가능성을 밝히는데 주어졌다. 이런 목적에 따른 본 연구의 주요 결과들은 다음과 같다.

1. 지능의 시간측정학에 관한 타당성 검증

RT 측정값들은 Hick의 법칙대로 $\log_2 n$에 기초된 bit 수의 증가에 따라 거의 직선적으로 증가하는 경향을 나타냈지만, RT와 g간의 상관들은 Jensen의 가설과는 달리 그런 증가 현상을 나타내지 않았다. RT평균들은 RT표준편차들보다 전 과제에 걸쳐 g와 더 높게 상관되었고, 특히 그 RT평균과 g간의 상관이 1SRT 과제와 2CRT과제에서 유의하게 나타났다는 점에서, 이 결과는 g의 개인차의 부분적인 원인이 단순 과제의 RT에 있다는 Jensen의 가설을 부정할 수 없는 것이었다. RT 관련 모수치와 g간의 상관에서 RT의 기울기는 유의한 상관을 보이지 않은 반면에, RT의 절편은 비교적 높고 유의한 부적 상관을 보였는데, 이것은 지능이 높을수록 RT 과제에 빠르게 반응하는 경향을 암시했다.

2. 인지처리 수준에 따른 정보처리 속도와 지능간의 관계

개인용 컴퓨터로 실시된 전형적인 정보처리 과제들(선택반응시간과제, 글자형비교과제, 글자명비교과제, 유추과제)의 반응시간은 그 과제들의 인지처리 수준이 높아질수록 g의 활동을 더 요구하여 지능과의 상관이 증가될 것을 기대했으나, 구한 상관 유형은 그런 경향을 나타내지 않았다. 인지처리의 고수준 과제인 유추과제들은 저수준 과제인 선택반응시간과제보다 g와 더 높은 상관을 분명하게 나타냈으나, 중간수준 과제인 글자비교과제들은 유추과제들과 비슷하거나 오히려 더 높은 상관을 나타내는 경향이 있었다. 글자비교과제 내부에서도 g와의 상관이 인지처리 수준의 가정대로 글자형비교과제, 글자명비교과제, 어휘접근속도과제 순서로 증가되지 않았다. 이 결과는 'Hick paradigm'을 사용한 RT과제 내부에서도 bit 수의 증가에 따라 RT와 g간의 상관이 직선적으로 증가하지 않은 앞의 결과와 유사하였다.

3. 속도-정확도 독립 현상과 속도-정확도 교환 현상

단순한 정보처리 과제들의 RT가 정확도에 기초된 CMT 및 g와 일관성있게 비교적 높고 유의한 부적 상관을 나타내어 본 연구에서 속도-정확도 독립성 현

상이 나타난다고 말하기는 어려웠다. 또한 단순한 정보처리 과제의 RT와 심리측정학적인 참고검사간의 상관에서 그 RT외에 정보처리 과제의 정확도를 추가로 고려했을때, 참고검사의 변량의 몫이 유의하게 증가되는 경우는 오직 언어유추과제와 CMT 및 g간의 관계에서만 나타났기 때문에 속도-정확도 교환 현상의 문제가 발생할 수 있을 가능성은 그들간의 관계에서 가장 높았다.

4. 유추 과제들의 요소 분석 결과

본 연구에서 제안한 유추과제 수행 모델(회귀모델)은 반응시간과 관련해 수유추과제의 경우는 비교적 높은 모델 합치도를 나타냈지만, 언어유추의 경우는 비교적 낮은 모델 합치도를 나타냈다. 개인별 요소 점수와 참고검사간의 상관 유형에서 유의한 상관들은 유추 문제해결에서 빠른 요소 처리 속도는 높은 지능과 관련되는 경향을 나타냈고, 또한 참고검사에 대한 그 요소들(가령 추리와 비교 요소)의 수렴적 타당성을 나타냈다. 그러나 많은 요소들(가령 부호화 요소)이 참고검사들과 낮고 유의하지 않은 상관을 나타냈으며, 언어유추과제의 반응 요소의 경우는 직관과 상치되는 상관 방향으로 나타났다. 또한 언어유추과제의 수행요소들과 CMT 및 g간의 상관에는 속도-정확도 교환 현상이 부분적으로 영향을 미칠 수 있는 가능성이 있었다.

5.g변산을 설명하는 크기와 관련된 정보처리 속도 측정치들의 상대적 중요성

본 연구에서 구한 주요 정보처리 속도 측정치 또는 모수치들과 g간의 상관을 종합하여 비교해 보면, 'Hick paradigm'을 통해 구한 각 과제의 RT 측정치들은 r=-.22에서 -.33사이에 놓여 있고(전체RT평균은 -.35), 정보처리 과제들중의 선택반응시간과제는 -.36, 글자비교과제들은 -.50에서 -.60대에, 그리고 유추과제들은 -.50대에 놓여 있다. 또한 유추과제의 요소과정 모수치들 중에서 반응시간 변산에 가장 높은 설명력을 지닌 추리 요소는 언어유추과제의 경우는 .51이었고, 수유추과제는 -.35로 나타났다. 이런 상관 결과 유형을 종합하여 g변산에 대한 이들의 상대적 중요성을 명확히 밝히는 것은 어려운 일이지만, 대체로 'Hick paradigm'을 통해 구한 RT 측정치들은 정보처리 과제들중 인지처리의 저수준 과제인 선택반응시간과제와 비슷하거나 약간 더 낮은 크기로 g변산을 설명하는 것 같았고, 인지처리의 중간수준 이상의 정보처리 과제들과 추리 요소보다는 비교적 크게 더 낮게 g변산을 설명하는 것 같았다.

본 연구의 제한점

① RT 측정도구의 기능: 첫째, 본 연구에서 실험 1의 RT 측정도구는 4개의 전구/버튼 짝만을 갖고 있어서 인지 처리의 2bits 수준까지만 관련 RT를 측정할 수 있었다. 특히 실험1의 3CRT과제와 4CRT과제 사이에서 RT평균들이 다소 감소된 것은 반복효과에 기인되기보다는 bit의 간격이 1보다 작은데 기인될 가능성이 크다. 만약 외국의 RT연구처럼 8개의 전구/버튼 짝을 갖고 있는 도구를 사용하여 0, 1, 2, 3bits와 관련된 RT를 측정한다면, bit의 간격이 동간적이고 범위가 더 커지기 때문에 보다 유의하고, 신뢰로운 RT 측정치(또는 모수치)를 구할 수 있을 것이다. 둘째, 실험 1의 RT 측정도구는 기능상 반응시간을 Jensen처럼 RT와 MT(movement time)로 분리해 측정할 수 없는 것이었다. 따라서 실험 1에서 측정한 RT들은 소위 RT와 MT를 합한 것이기 때문에, 본 실험 결과를 RT-MT paradigm을 사용한 연구 결과와 비교하거나 또는 일반화하는데 주의해야 한다.

② 반복 효과: 본 연구에서 실험 1의 4종류의 RT 과제들은 피험자들에게 무선적인 순서로 제시되어 어느 정도로 반복 효과가 통제되었지만, 실험 2의 5종류의 정보처리 과제들은 인지처리 수준의 가정과 동일한 순서로 제시됨에 따라 특히 나중에 제시된 정보처리 과제들에서 반복 효과가 발생했을 가능성이 있다. 따라서 추후 RT연구들은 이 반복 효과를 통제하기 위해서 최소한 과제 순서를 무선적으로 제시하거나 또는 과제 제시 순서를 평형화하는 Latin Square 설계를 사용해야 할 것이다.

③ 언어유추과제의 난이도 결정 요인: 본 연구에서 언어유추과제 수행 모델은 반응시간과 관련해 비교적 낮은 모델 합치도를 나타냈는데, 그 가능한 이유중의 하나는 그 모델 안에 포함된 요소 활동들의 난이도와 관련된 요인들이 잘못 선정되었거나, 혹은 그 요소 활동들의 난이도에 따라 관련 독립변인을 코딩한 방법이 정교하지 않은데서 비롯될 수 있다. 가령 본 연구에서 언어유추 문항자극의 부호화 활동 난이도와 관련된 요인으로 단어사용빈도를 가정하고, 그 빈도수에 따라 부호화 요소에 대한 독립변인을 코딩하였고, 또한 비교 활동 난이도와 관련된 요인으로 단어연상을 가정하고, 그 연상 유무에 따라 비교 요소에 대한

독립변인을 코딩하였지만, 그 두 요소들은 추리 요소외에 추가로 반응시간 변량의 약 1%만을 설명했을 뿐이었다. 따라서 추후 연구들은 언어유추 모델의 내적 합치도를 높히기 위해서 언어유추과제의 난이도 결정 요인에 관한 연구를 선행해야 할 필요가 있다.

④단순부가 모델의 사용: 본 연구에서 유추과제의 요소 점수를 추정하기 위해 사용한 모델은 요소들의 결합 규칙이 附加的(additive)이라고 가정된 중다직선회귀 모델이었다. 최근에 몇몇 인지 연구자들(가령 Bethell-Fox, Lohman, & Snow, 1984; Embretson, 1984)은 유추 문제해결과 관련된 요소 활동이 직선적 혹은 부가적이라기보다는 상호작용적이라고 제안하고, 그 부가 모델은 오직 반응시간에만 국한되어 제한적으로 사용될 수 있다고 주장한다. 따라서 추후 연구들은 다른 가정하에 형성된 대안모델들을 병행해 사용하여 요소 점수를 추정해 보고, 그 결과를 상호 비교해 볼 필요가 있을 것이다.

< 참 고 문 헌 >

이상섭(1991). 현대 한국어 사전 편찬을 위한 한국어 자료의 선정과 그 전산적 처리에 관한 연구. 서울: 연세대학교, 한국어사전편찬실.

하대현(1989). 수유추 문제해결의 요소들의 개인차들을 기술하기 위해 속도-정확성 모델을 사용하는 것에 대하여. 교육심리연구, 3(1), 5-30.

하대현 역(1991). 신지능이론: 인간 지능의 삼위일체 이론. 서울: 교문사.

하대현(1992). 수 유추 문제해결에 사용되는 메타요소적 전략계획에 관한 연구. 인제논총, 8(1), 297-310.

하대현(1993). 지능의 시간측정학(I): 반응시간과 일반지능간의 관계 연구. 교육심리연구, 7(1), 119-138.

Bejar, I. I., Chaffin, R., & Embretson, S.(1991). Cognitive and psychometric analysis of analogical problem solving. NY: Springer-Verlag.

Bethell-Fox, C. E., Lohman, D. F., & Snow, R. E.(1984). Adaptive reasoning: Componential and eye movement analysis of geometric analogy performance. Intelligence, 8, 179-203.

Carroll, J. B.(1987). Jensen's mental chronometry: Some comments and questions. In S. Modgil & Modgil(Eds.), Arthur Jensen: Consensus and controversy(pp. 297-307). New York: The Falmer Press.

Embretson, S.(1984). A general latent trait model for response processes. Psychometrika, 49, 175-186.

Ekstrom, R. B., French, J. W., & Harman, H. H.(1976). Kit of factor-refernced cognitive tests. New Jersey: Educational Testing Service.

Eysenck, H. J.(1987). Speed of information processing, reaction time, and the theory of intelligence. In P. A. Vernon(Ed.), Speed of information processing and intelligence. Norwood, NJ: Ablex.

Eysenck, H. J.(1988). The concept of "intelligence": Useful or useless? Intelligence, 12, 1-16.

Gentner, D.(1989). Mechanisms of analogical learning. In S. Vosniadou, & A. Ortony(Eds.), Similarity and analogical reasoning. Cambridge: Cambridge University Press.

Hick, W.(1952). On the rate of gain of information. Quarterly Journal of Experimental Psychology, 4, 11-26.

Holyoak, K. J.(1984). Analogical thinking and human intelligence. In R. J. Sternberg(Ed.), Advances in the psychology of human intelligence(Vol. 2, pp. 199-230). Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Jensen, A. R.(1979). g: Outmoded theory of unconquered frontier? Creative Science and Technology, 2, 16-29.

Jensen, A. R.(1982). The chronometry of intelligence. In R. J. Sternberg(Ed.), Advances in the psychology of human intelligence(Vol. 1, pp. 255-310). Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Jensen, A. R.(1985). The nature of the black-white difference on various psychometric tests: Spearman's hypothesis. The Behavioral and Brain Sciences, 8, 193-263.

Jensen, A. R.(1987a). The g beyond factor analysis. In R. R. Ronning, J. A. Glover, J. C. Conoley, & J. C. Witt(Eds.), The influence of cognitive psychology on testing(pp. 87-142). Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Jensen, A. R.(1987b). Individual differences in the Hick paradigm. In P. A. Vernon(Ed.), Speed of information processing and intelligence. Norwood, NJ: Ablex.

Jensen, A. R.(1991). General mental ability: From psychometrics to biology. Diagnostique, 16, 134-144.

Jensen, A. R.(1993), Spearman's hypothesis tested with chronometric information-processing tasks. Intelligence, 17, 47-77.

Kranzler, J. H., & Jensen, A. R.(1989). Inspection time and intelligence: A meta-analysis. Intelligence, 13, 329-347.

Lohman, D. F.(1988, April). Estimating individual differences in information processing using speed-accuracy models. Paper presented at the conference entitled "Learning and Individual Differences: Abilities, Motivation, and Methodology" at The University of Minnesota.

Lohman, D. F.(1989). Human intelligence: An introduction to advances in theory and research. Review of Educational Research, 59(4), 333-373.

Longstreth, L. E.(1984). Jensen's reation-time investigations of intelligence: A critique. Intelligence, 8, 139-160.

Matarazzo, J. D.(1992). Psychological testing and assessment in the 21st century. American Psychologist, 47(8), 1007-1018.

Neubauer, A. C.(1990). Selective reaction times and intelligence.

Intelligence, 14-1, 79-96.

Neubauer, A. C.(1991). Intelligence and RT: A modified Hick paradigm and a new RT paradigm. Intelligence, 15, 175-192.

Pellegrino, J. W., & Glaser, R.(1980). Components of inductive reasoning. In R. Snow, P. A. Fedrico, & W. Montague(Eds.), Aptitude, learning and instruction: Cognitive process analyses of aptitude(Vol. 1). Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Raven(1962). Advanced Progressive Matrices. London: Lewis.

Spielberger, C. D.(1980). Test anxiety inventory. CA: Consulting Psychologists Press.

Sternberg, R. J.(1977). Intelligence, information processing, and analogical reasoning: The componential analysis of human abilities. Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Sternberg, R. J.(1985). Beyond IQ: A triarchic theory of human intelligence. NY: Cambridge University Press.

Sternberg, R. J., & Gardner, M. K.(1983). Unities in inductive reasoning. Journal of Experimental Psychology: General, 112, 80-116.

Sternberg, R. J., & Salter, W.(1982). Conceptions of intelligence. In R. Sternberg(Ed.), Handbook of human intelligence. Cambridge: Cambridge University Press.

Terman, L.(1950). Concept mastery test(Form T). NY: Psychological Corporation.

Vernon, P. A.(1990). The use of biological measures to estimate behavioral intelligence. Educational Psychologist, 25, 293-304.

Vernon, P. A., & Mori, M.(1990). Physiological approaches to the assessment of intelligence. In C. R. Reynolds & R. W. Kamphaus(Eds.), Handbook of psychological and educational assessment of children: Intelligence and achievement(pp. 389-402). New York:

Guilford Press.

Widaman, K. F., & Carlson, J. S.(1989). Procedural effects on performance on the Hick paradigm: Bias in reaction time and movement time parameters. Intelligence, 13, 63-85.

<부록 1> 'Hick paradigm'을 통해 구한 각 RT 과제의 RT평균, RT표준편차, RT모수치, 참고검사간의 상호상관행렬(n=42)

	MN1	MN2	MN3	MN4	TMN	SD1	SD2	SD3	SD4	TSD	MB0	MB1	SDB1	PCT	CMT	g
MN1	-															
MN2	.68**	-														
MN3	.68**	.61**	-													
MN4	.56**	.57**	.68**	-												
TMN	.87**	.84**	.87**	.82**	-											
SD1	.47**	.04	.14	.09	.23	-										
SD2	.06	.33*	.02	.00	.12	-.08	-									
SD3	-.06	-.17	.25	.02	.01	.02	.11	-								
SD4	-.19	-.21	-.05	.40**	-.02	-.01	-.02	.24	-							
TSD	.18	-.00	.18	.23	.17	.52**	.44**	.62**	.57**	-						
MB0	.98**	.80**	.67**	.50**	.88**	.40**	.14	-.10	-.29*	.12*	-					
MB1	-.60**	-.28*	.01	.29*	-.19	-.45**	-.11	.21	.55**	.04	-.64**	-				
SDB1	-.49**	-.21	-.08	.12	-.21	-.81**	-.00	.35*	.54**	-.05	-.50**	-.69**	-			
PCT	.07	.02	.06	-.02	.04	.22	.05	.07	.07	.21	.07	-.09	-.13	-		
CMT	-.32*	-.36**	-.25	-.25	-.35*	-.03	-.28*	-.12	.03	-.18	-.34*	.14	.03	.27*	-	
g	-.33*	-.34*	-.24	-.22	-.33*	-.21	-.20	-.05	.07	-.20	-.35*	.18	.21	.20	.47**	-

*p<.05, **p<.01

MN1=1SRT RT평균, MN2=2CRT RT평균, MN3=3CRT RT평균, MN4=4CRT RT평균, TMN=전체RT평균, SD1=1SRT RT표준편차, SD2=2CRT RT표준편차, SD3=3CRT RT표준편차, SD4=4CRT RT표준편차, TSD= RT 표준편차의 평균, MB0= RT평균의 절편, MB1=RT평균의 기울기, SDB1=RT표준편차의 기울기, PCT=지각속도검사, CMT=언어유추검사, g=RAVEN의 Matrices 검사.

<부록 2> 정보처리 과제들의 반응시간(속도), 유추 과제의 반응시간에 기초한 요소점수, 참고검사점수간의 상호상관행렬(n=42)

	CRT	PI	NI	NIPI	VAT	NAT	VEN	VRN	VCM	VRS	NEN	NRN	NCM	NRS	PCT	CMT	g
CRT	-																
PI	.58**	-															
NI	.46**	.81**	-														
NIPI	-.00	.01	.60**	-													
VAT	.39**	.69**	.74**	.32*	-												
NAT	.21	.41**	.44**	.19	.47**	-											
VEN	-.19	-.05	-.19	-.26*	-.34*	-.18	-										
VRN	-.29*	-.62**	-.46**	.06	-.74**	-.35*	.15	-									
VCM	.40**	.28*	.41**	.31*	.41**	.36**	-.51**	-.14	-								
VRS	.30*	.63**	.50**	-.02	.78**	.36**	-.18	-.99**	-.14	-							
NEN	-.23	-.08	-.01	.08	.01	.39**	.07	-.00	.12	-.00	-						
NRN	.37**	.27*	.20	-.04	.20	.03	-.07	-.12	.06	.14	-.61**	-					
NCM	.33*	.32*	.33*	.13	.29*	.03	-.23	-.30*	.12	.31*	-.37**	.27*	-				
NRS	.05	-.01	-.03	-.05	-.04	-.11	-.05	.04	-.09	-.03	-.72**	.08	-.02	-			
PCT	-.20	-.35*	-.38**	-.16	-.29*	-.38**	-.01	.29*	-.04	-.29*	-.21	.16	-.05	.02	-		
CMT	-.38**	-.39**	-.59**	-.46**	-.43**	-.54**	.05	.27*	-.31*	-.29*	-.11	-.13	-.20	.07	.27*	-	
g	-.36**	-.62**	-.55**	-.07	-.53**	-.54**	-.15	.51**	-.29*	-.51**	-.03	-.35*	-.05	.05	.20	.47**	-

*$p<.05$, **$p<.01$.

CRT=선택반응속도, PI=글자형비교속도, NI=글자명비교속도, NIPI=어휘접근속도, VAT=언어유추문제해결속도, NAT=수유추문제해결속도, VEN=언어유추 부호화요소점수, VRN=언어유추 추리요소점수, VCM=언어유추 비교요소점수, VRS=언어유추 반응요소점수, NEN=수유추 부호화요소점수, NRN=수유추 추리요소점수, NCM=수유추 비교요소점수, NRS=수유추 반응요소점수, PCT=지각속도검사점수, CMT=언어유추검사점수, g=Raven의 Matrices검사.