

분할-결합 원리와 상태모형에 대한 학습이 모순문제 해결과 성장 마인드세트에 미치는 영향

Learning Effects of Divide-and-Combine Principles and State Models on Contradiction Problem Solving and Growth Mindset

현 정 석† 제주대학교 경영정보학과 교수 (jshyun@jejunu.ac.kr)
박 찬 정† † 제주대학교 컴퓨터교육과 교수 (cjpark@jejunu.ac.kr)

ABSTRACT

This paper aims to show the learning process and the educational effects of Divide-and-Combine principles and State Models, which are included in the Butterfly Model for creative problem solving. In our State Models, there are Time State Model, Space State Model, and Whole-Parts State Model. We have taught middle school students (for 18 hours), high school students (for 24 hours), and undergraduate students (for 1 semester) about our proposed Models when they solved contradiction problems. Also, we have made the students learn our contradiction resolution algorithms by themselves based on team-based discussion. By learning and by using our Models, the students had the higher level of expertise in contradiction problems and had the growth mindset that made them have confidence in themselves and kept them challenging themselves about problems. Also, learning and solving with our Models improved the students' growth mindset as well as their problem-solving ability.

Keywords: The Butterfly Model, Contradiction, Problem Solving, TRIZ, Growth Mindset

1. 서론

의사결정에 관한 거의 모든 연구들은 의사결정을 많은 대안들 중에서 특정 대안 하나를 택하면 다른 선택대안들을 포기해야 하는, 즉 '많은 것들 중에 하나(one-of-them)를 선택'하는 것으로 한다. 전통적으로 경제학은 가치극대화(value maximization)의 가정에 따라 합리적인 인간은 자신의 소득이나 이용 가능한

시간 등의 제약조건 안에서 각 대안의 가치를 계산하여 가치가 가장 큰 대안을 선택한다고 가정하였다 (Simonson and Tversky, 1992; Shafir, Simonson, and Tversky, 1993; 하영원, 2000). 행동의사결정론 (behavioral decision theory)에 속하는 일군의 연구들은 인간이 대안들 사이의 선택에서 어떤 심리적 과정을 거치는지 관심을 두었다. 한 예를 들면, 반사실적 사고(counterfactual thinking)에 관한 기존 연구들은 의사결정을 하나의 대안이 선택되면 다른 대안들을 포기하면서 생기는 심리적 과정으로 설명하고 있다. 즉, 한 때 선택될 수도 있었지만 결국에는 선택되지 않은 것에 대한 아쉬움과 후회가 의사결정에 어떠한

이 논문은 2013학년도 제주대학교 학술진흥연구비 지원사업에 의하여 연구되었음.

† 제1저자

† † 교신저자

논문접수일: 2013년 7월 23일; 게재확정일: 2013년 10월 2일

영향을 미치지 초점을 두었다(Roese, 2005). 행동의 사결정론은 대안 선택에 있어서 의사결정과업의 특성에 따라 인간이 채택하는 의사결정전략이 이모저모 신중하게 따지는 가중평균식 정보처리인가 아니면 중요한 속성 순서로 대안을 평가하는 정보처리인가를 밝히는데 노력을 기울였다. 자동차를 구매하려는 소비자를 예로 들면, 자동차의 안전성과 가격이라는 두 가지 중요한 속성이 상충관계에 있을 때 안전성만 중시하거나 가격만을 중시하기가 어렵다. 이런 의사결정 상황은 소비자에게 부정적인 감정을 초래하여 의사결정의 어려움을 초래한다(하영원, 2000). 이처럼 전통적인 경제학이나 행동의사결정론은 많은 대안들 중에서 가치를 극대화하거나 만족시키는 하나의 대안을 선택하는 것에 초점을 두었다.

많은 대안들 중에서 특정 대안 하나를 택하면 다른 선택대안들을 포기해야 하는, 즉 '많은 것들 중에 하나를 선택'하는 사고는 전통적 경제학과 행동의사결정론뿐만 아니라 창의적 문제해결에 관한 연구에서도 마찬가지로 대세를 이룬다. 예컨대, 창의적 문제해결을 하려면 대안탐색을 한 뒤에 평가기준들에 대해 속성 값과 가중치를 부여하여 위험을 예측하고 대안들을 평가하여 가장 적절한 대안 하나를 선택하는 것을 제안한다(Fogler and LeBlanc, 1994; 김기영, 2008; 김상수, 김영천, 2011). 하지만 선택대안이 좋기만 하거나 나쁘기만 한 것은 드물다. 오히려 각각의 선택대안들은 강점과 약점을 동시에 갖는 경우가 많다(Treffinger, Isaksen, and Stead-Dorval, 2005). 특히 이렇지도 저러지도 못하는 딜레마 상황에서는 대안들이 단점도 있지만 상대대안에게 부족한 장점을 갖기 때문에 가중평균 같은 단순계산으로 어느 한 대안을 일방적으로 택하기 힘들다(Fey and Rivin, 2005; Hyun and Park, 2008, 2009). 딜레마 상황에서 하나의 대안을 택하고 나머지 대안들을 포기하는 '많은 것들 중에 하나를 선택'하는 사고는 문제를 창의적으로 해결하기 보다는 통상적인 해결에 그치기 쉽다. 왜냐하면 선택하지 않는 대안들의 장점을 취하지 않기 때

문이다(Smith and Tushman, 2005; Hill, 2005; 홍성욱, 2003; 현정석, 박찬정, 2009, 2010).

동양고전 한비자에는 모든 것을 뚫을 수 있는 창과 모든 것을 막을 수 있는 방패에 대한 고사성어 모순(contradiction)이 나온다. 양립 불가능한 주장들이 동시에 참일 수가 없는 모순관계에서는 어느 한 주장이 반드시 참이 아닌 거짓이려야 한다. 서로 반대되는 주장을 동시에 받아들이는 것은 모순이 되므로 둘 중 하나만 받아들이는 양자택일(either-or) 사고는 혁신을 이루기 어렵다. 역사적인 창의혁신 사례들은 모순을 해결한 공통점을 갖는 경우가 많다(Utterback 1994; Smith and Tushman, 2005). 이렇지도 저러지도 못하는 딜레마에 놓였을 때 창의적 문제해결은 두 대안의 장점을 모두 취하는 접근법을 취한다(Miron-Spektor, Gino, and Argote, 2011).

동물의 손가락은 모두 한쪽 면을 바라보는 평면구조이지만 인간의 손가락은 엄지와 나머지 네 손가락이 서로 마주 보는 3차원 구조를 갖는다. 생물학에서는 이런 의미에서 사람의 엄지손가락을 'Opposable Thumbs'라 부른다. 엄지와 나머지 네 손가락이 서로 마주 보는 구조 때문에 인간은 도구를 사용하고 인지능력을 발달시킬 수 있었다. 이처럼 서로 반대되는 개념을 한데 엮을 때 창의적으로 문제가 해결되는 경우가 많다(Martin, 2009). 예를 들어, 연필은 쓰고 지우개는 지운다는 점에서 서로 정반대의 모순이다. 1858년 Lipman은 연필 끝에 지우개(미국특허, 19,783)를 달아 그가 벌어들인 돈이 10만 달러였다(김수경, 2007).

서양의 논리학은 모순을 받아들이기 어려운 양자택일의 사고에 익숙하다. 이런 이유로 창의성에 관한 기존 연구들은 문제를 통찰문제(insight problem)와 분석적 문제(analytic problem)로 분류하였을 뿐 모순문제에 대해 관심을 두지 않았다(Förster, Epstude, and Özelsel, 2009; 박권생, 2005; 하주현, 2006). Simon(1987, p. 132)은 복잡한 문제를 거의 분해가능하고 계층적인 구조로 단순화시키려면 문제를 적절하

게 표상(representation)하는 것이 가장 중요하다고 주장하였다. 하지만 아직까지 복잡한 모순문제를 문제해결자가 쉽게 표상할 수 있는 방법론이 거의 없다. 만약 학습자가 모순문제에 대한 해결사례와 원리를 반복적으로 학습한다면 이에 대한 교육효과로써 학습자의 문제해결력뿐만 아니라 문제해결에 대한 자신감이 고양될 수 있다.

한편, 어려운 문제를 해결하는데 중요한 역할을 하는 요인 중에서 Dweck(2000, 2006)의 성장 마인드셋이 최근 대두되기 시작하였다. Dweck(2000, 2006)은 사람들의 갖는 마인드셋을 고착 마인드셋(fixed mindset)와 성장 마인드셋(growth mindset)로 구별하였다. 고착 마인드셋은 뛰어난 재능과 지능은 천부적으로 타고 태어나는 것이라는 믿음을 일컫는다. 성장 마인드셋은 재능과 지능은 노력 여하에 따라 바뀐다고 믿는 마음자세를 말한다. Dweck(2000, 2006)의 연구결과에 의하면, 고착 마인드셋을 갖는 사람들은 남들에게 자신의 유능함을 인정받고 싶어 하는 욕구 때문에 어려운 과업에 도전하기 보다는 쉬운 과업을 택하는 경향이 있다. 이와 달리 성장 마인드셋을 갖는 사람은 학습을 통해 뭔가를 새로 배우려는 열망을 갖는다. 이들은 성과결과보다는 학습동기를 추구하기에 새롭고 어려운 과제에 보다 적극적으로 도전하는 경향을 갖는다. 역사적인 혁신사례와 함께 쉽사리 풀리지 않는 모순문제에 대한 도전과 성취는 학습자의 마인드셋을 긍정적으로 변화시킬 수 있다. 즉, 뛰어난 재능과 지능은 타고 태어나는 것이라는 고착 마인드셋이 아닌 노력여하에 따라 재능과 지능이 바뀔 수 있다고 믿는 성장 마인드셋을 배양시킬 수 있다(Dweck, 2000, 2006). 만일, 특정 교육방법을 적용하여 문제해결력 뿐만 아니라 성장 마인드셋에 긍정적 영향을 미친다면 지속적인 교육효과를 가져올 것이다.

이에 본 논문은 두 가지 목적을 갖는다. 1) 모순문제를 쉽게 해결하기 위한 방법론으로써 모순관계를 발생시키는 조건을 분할하고 결합하는 분할-결합 원리(Divide-and-Combine Principles)와 이에 기반을 둔

세 가지 상태모형(State Models)을 기술한다. 2) 학습자에게 분할-결합 원리를 설명하고 모순문제와 상태모형이 담긴 문제해결 템플릿을 학습시켰을 때 학습자의 모순문제 해결과 성장 마인드세트에 어떠한 영향을 미치는지 검증한다. 이를 위해 본 연구의 1차 조사는 중학생과 대학생으로 실시하였고, 2차 조사는 중학생과 대학생 그리고 어린이집 보육교사를 대상으로 실시하였다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 분할-결합 원리와 상태모형을 설명한다. 3장에서는 연구방법과 분석결과를 소개한다. 4장에서는 연구결과와 요약 및 미래 연구방향을 제시한다.

2. 나비모형의 분할-결합 원리와 상태모형

2.1 모순과 TRIZ

모순은 두 개의 명제가 동시에 참이 될 수 없는 상태를 일컫는다. 창의적 문제 해결은 양자택일의 사고 보다는 양립할 수 없는 상태, 즉 모순을 기반으로 양립이 불가능해 보이는 반대되는 아이디어를 동시에 떠올리는 야누스적 사고(Janusian thinking) 또는 서로 모순되는 아이디어를 모두 참인 것으로 받아들이는 변증법적 사고(Dialectical thinking)를 통해 이루어진다(Rothenberg, 1983; Peng and Nisbett, 1999; Smith and Tushman, 2005; Miron-Spektor, Gino, and Argote, 2011; Martin, 2009). 창의적으로 문제를 해결하려면 망치와 못처럼 관련 있는 개념 간 연상이 아니라 연필과 지우개처럼 정반대의 개념을 상호 연결 지을 때 생기는 경우가 많다(홍성욱, 2003).

독서광이었던 Benjamin Franklin은 늘 책을 끼고 살았다. Franklin이 책을 읽으려면 돋보기 (원시용 렌즈)가 필요했다. Franklin이 일상생활에서 먼 사물을 보고 사람들과 이야기를 나누려면 원시용 렌즈는 불편하고 근시용 렌즈를 끼는 것이 편했다. 사람들과 대화를 위해 근시용 렌즈를 끼면 가까운 책을 읽는 것이 불편하고, 책을 보기 위해 원시용 렌즈를 끼면 먼 사물을 보는 것이 불편했다. 렌즈는 원시용 렌즈이면

서 또한 근시용 렌즈라야 하는 모순을 가졌다. 1785년 Franklin은 원시용 렌즈와 근시용 렌즈를 한 데 합쳐 이중초점렌즈를 발명하였다. 990년에 유리 확대경이 발명되고 1285년에 볼록렌즈 안경이 발명된 뒤 500년이 지나서야 이중초점렌즈 발명이 나왔다(피에르 제르마, 2004). 정반대의 개념을 한데 합치는 것은 그만큼 쉽지 않은 아이디어이다. Lipman의 연필에 지우개를 단 사례와 Franklin의 이중초점렌즈 사례처럼 정반대의 모순되는 개념들을 통합적으로 받아들이는 야누스적 사고 또는 변증법적 사고가 창의성을 높이는 것을 알 수 있다. 그럼에도 불구하고 쉽사리 풀리지 않는 모순문제를 야누스적 사고나 변증법적 사고 관점에서 문제해결과정을 모형화한 연구가 거의 없다(Fey and Rivin, 2005; Polya, 1973).

한편, TRIZ는 혁신적인 발명사례에서 문제해결의 공통점을 조사하고 이러한 지식을 이용하여 발명문제를 해결한다. TRIZ는 혁신적인 발명 특허의 공통점을 모순해결에서 찾았다는 점에서 특징이 있다. TRIZ는 혁신적인 발명사례에는 공통적으로 기술적 모순(technical contradiction)과 물리적 모순(physical contradiction)을 찾을 수 있다고 설명한다. 기술적 모순은 시스템의 한 특성을 개선하면 다른 특성이 악화되는 경우를 말한다. 반면, 물리적 모순은 시스템의 한 특성이 상호배제적인 상황을 가져야 하는 경우에 해당한다(이용규, 이경원 2003; 조주형, 양동열, 최병규, 2005). 예를 들어, 컴퓨터 프로그래밍 언어의 효율성을 높이려면 프로그래밍 언어의 명령어가 간단해야 하지만, 프로그래밍 언어의 명령어가 간단하면 판독성이 떨어지게 된다. 이와 반대로 프로그래밍 언어의 명령어가 간단하지 않고 자연어와 같이 복잡하고 다양하면 프로그래밍 언어의 판독성은 좋아지지만 효율성은 떨어지는 모순이 있다. 이처럼 명령어가 간단해야 하고 동시에 간단하면 안 되는 모순관계를 TRIZ에서는 물리적 모순이라 한다(현정석, 박찬정, 2009).

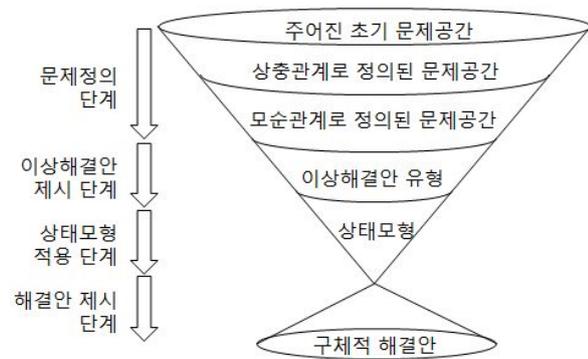
2.2 나비모형의 분할-결합 원리

문제가 얼마나 복잡하고 단순한가 하는 것은 문제를 어떻게 기술하느냐에 달려 있다(Simon, 1962, p. 481). 복잡한 시스템은 거의 분해될 수 있는 계층적 성질로써 단순화시킬 수 있다. 사람의 얼굴을 그려보라고 하면, 먼저 얼굴의 윤곽을 그리고 그 다음은 눈, 코, 귀, 입, 머리카락을 그릴 것이다. 그 다음은 보다 정교하게 그리기 위해 눈동자, 눈꺼풀, 속눈썹 등의 세세한 모습을 그려나갈 것이다. 이처럼 그림을 그리는 사람의 지식은 계층적 시스템을 갖는다. 복잡한 시스템을 단순화하려면 계층적 시스템으로 묘사하는 것이 필요하다(Simon, 1962). Kotovsky, Hayes, and Simon(1985)은 형식적인 구조는 같으나 표면상 내용이 다른 '동형 문제'를 사용하여 문제 묘사의 중요성에 대해 연구하였다. 그는 왼쪽 끝 막대에 있는 크기가 다른 세 원반을 오른쪽 끝 막대로 옮기는 '하노이 탑' 문제와 큰 공을 갖는 왼쪽에 있는 외계인이 작은 공을 갖고 있는 오른쪽에 있는 외계인에게 공을 옮기는 '외계인과 공' 문제에 대해 조사하였다. 두 문제가 똑 같은 방식으로 풀릴 수 있는 문제임에도 불구하고 하노이 탑의 경우 평균 2분 정도가 걸린 반면에 외계인과 공의 경우 평균 14분이 걸린 것으로 나타났다. 문제의 묘상이 달라짐에 따라 문제해결에 걸린 시간도 달라졌다.

Simon(1987)은 문제를 묘사하는 초기 단계는 문제 유형을 이해하는 것에서 시작한다고 말하였다. 문제 유형을 알면 문제해결을 위한 문제공간을 줄일 수 있다. 문제해결자가 순차적으로 문제공간을 탐색하고 문제 재정의 과정을 계속 반복함으로써 제한된 합리성을 극복할 수 있다(Newell and Simon, 1972). Simon(1962, p. 478)은 제한된 합리성을 가진 문제해결자를 위해 복잡한 문제를 단순화시키는 것이 중요 과제라고 하였다. 즉, '공허한 세계의 가정(empty world hypothesis)'에 따라서 복잡한 시스템을 구성요소들 간의 모든 가능한 상호작용 가운데 단지 작은 부분만 생각할 대상이 되도록 계층적 시스템으로 표현할 필요가 있다고 하였다. 나비모형(The Butterfly

Model)은 모순에 기반을 두고 양자모두(both-and)를 충족하는 창의적 문제해결모형으로서 계층적 시스템으로 표상하는데 초점을 두었다. 즉, TRIZ의 모순해결 알고리즘을 Simon이 제안한 ‘거의 분해할 수 있는 시스템(nearly decomposable systems)’의 원리로서 단순화시켰다(Hyun and Park, 2008, 2009, 2012; 현정석, 2008; Hyun, Park, and Kim, 2010; 현정석, 박찬정, 2009, 2010; 현정석 2012).

나비모형은 모순을 지닌 문제를 창의적으로 해결하기 위한 것으로 (1) 문제 정의 단계, (2) 이상 해결안(ideal final results) 제시 단계, (3) 상태모형 적용 단계를 거쳐, (4) 구체적 해결안을 도출하는 일련의 문제해결 과정을 나타낸다.



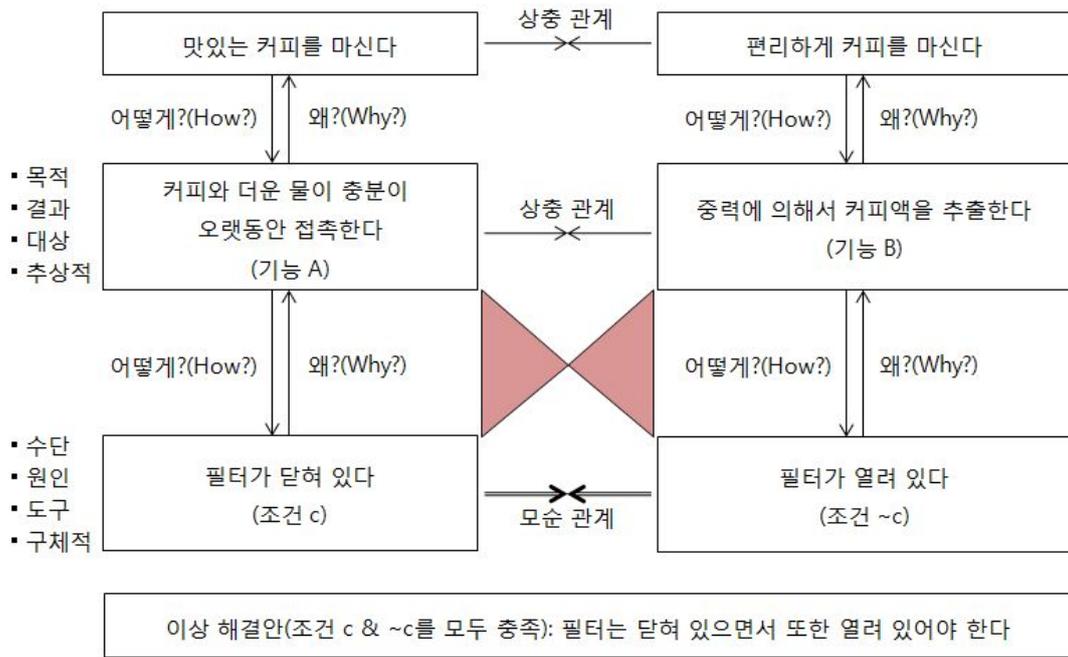
[그림 1] 나비모형의 문제해결 절차

[그림 1]에서와 같이 나비모형은 문제 정의 단계에서 문제를 기능과 상태로 정의하여 초기 문제공간을 정의한다. 주어진 초기 문제공간으로부터 상충관계로 정의된 문제공간으로 공간을 축소시킨 후, 다시 상충관계를 모순관계로 정의된 문제공간으로 축소시킨다. 그러고 나서, 기능과 상태를 이용하여 이상 해결안을 제시한다. 이상 해결안의 유형에 따라서 적절한 상태모형을 적용하고 구체적 해결안을 모색한다. 나비모형을 적용하는 동안 문제해결자는 한 번에 하나의 모순관계를 정의하고 그에 따른 이상 해결안들을 추출한다. 각 이상 해결안에 대해 상태모형을 적용함으로써 문제를 가시화하여 제한된 합리성을 극복하고

창의성을 발현시킬 수 있다. 다음은 나비모형의 구성 요소와 문제해결 절차를 소개한다.

나비모형의 해결해야 할 문제 P는 시스템 S가 수행하는 기능과 기능을 수행하기 위한 조건으로 구성되어 있다고 정의한다. 즉, 나비모형에서 문제 $P = S(\text{기능 } A, \text{ 기능 } B, \text{ 조건 } c, \text{ 조건 } \sim c)$ 이다. 시스템 S의 기본적이고 일차적인 기능을 기능 A라 하고 이를 달성하기 위한 조건은 c라 한다. 조건 c에서 파생되는 새로운 문제를 해결하기 위한 기능이거나 또는 조건 c로는 달성하지 못하는 기능을 기능 B라 한다. 기능 B를 달성하기 위한 조건은 조건 c를 제외한 다른 조건을 요구한다고 가정하여 조건 $\sim c$ 라 한다(현정석, 2008; 현정석, 박찬정, 2010; 현정석 2012). 이 때, 조건 c와 $\sim c$ 는 모순관계를 가진다. 이중초점렌즈의 사례로써 기능 A와 기능 B의 관계를 설명하면 다음과 같다. 안경은 가까이 있는 사물을 보기 위해(기능 A) 돋보기를 썼다(조건 c). 하지만 돋보기로는 멀리 있는 사물을 보지(기능 B) 못한다. 돋보기가 멀리 있는 사물을 보지 못하므로 근시용 렌즈(조건 $\sim c$)가 돋보기에 결합되었다. 나비모형은 안경의 경우에 가까이에 있는 사물을 보는 기능이 주요 일차적 기능에 속하며, 멀리 있는 사물을 보는 기능은 부차적인 기능에 속하여 나중에 도입되었다고 본다.

[그림 2]의 피비우스 떠처럼 생긴 나비 다이어그램은 기능 A와 B 그리고 조건 c와 $\sim c$ 의 관계를 순환적으로 표현한다. 나비모형의 나비 다이어그램을 작성하는 동안 문제해결자는 상위 단계의 상충관계와 하위 단계의 모순관계가 어떠한 관련성을 갖는지 모순구조를 파악할 수 있다. 본 연구는 조건 c와 $\sim c$ 간 모순관계를 이용하여 이상해결안을 설정하는 3가지 방법을 설명한다. 이외에도 상충관계와 모순관계를 이용하여 문제해결의 이상적인 방향을 설정할 수 있다. 조건 c와 기능 B를 동시에 달성하거나 조건 $\sim c$ 와 기능 A를 동시에 달성하는 것을 이상해결안으로 정할 수도 있다(김효준, 2004, 2009; 현정석, 2008; Hyun and Park, 2008).



[그림 2] 커피 추출 문제에 대한 나비 다이어그램

해석수준이론(Construal Level Theory)에 의하면 사건에 대한 시간적, 공간적, 사회적 거리가 멀수록 추상적이고 본질적인 가치와 같은 목적 측면의 'why'와 관련된 상위수준의 사고를 하며, 시간적, 공간적, 사회적 거리가 가까울수록 구체적이고 상황의존적인 행동의 수단 측면의 'how'와 관련된 하위수준의 사고를 하는 것으로 나타났다. 예를 들어 내년에 이사를 갈 경우에는 이사를 '새로운 삶의 시작'이라고 인식하는 반면에, 내일 이사를 갈 경우에는 이사를 '짐을 싸고 옮기는 것'으로 인식한다. 나비모형은 추상화 사다리 기법(ladder of abstraction)처럼 문제진술을 왜(why)라는 질문으로 추상화 사다리 위로 올라가거나 어떻게(how)라는 질문으로 추상화 사다리 아래로 내려오는 방법을 취한다(김영채, 2009). 나비모형은 문제해결의 상위 목적에서 하위 수단으로 내려갈수록 구체성이 증가하는 특성을 반영하고 있다(Freitas, Gollwitzer, and Trope, 2004).

다음은 커피 추출 문제를 살펴본다. 가정에서 커피를 마시는 방법에는 핸드 드립 커피와 프렌치 프레스가 있다. 1908년 Bentz가 발명한 핸드 드립 커피는 드

리퍼에 깔때기 모양의 필터를 깔고 원두커피를 넣은 뒤, 뜨거운 물을 부으면 중력으로 필터를 통과한 커피 추출액이 아래의 잔에 떨어지는 방법이다. 1931년 Calimani가 발명한 프렌치 프레스는 포트 안에 분쇄한 원두커피를 넣고 뜨거운 물을 부어 잘 저은 뒤, 필터를 눌러 원두커피를 아래로 가라앉히고 커피추출액을 잔에 따르는 방법이다(미국특허, 1,797,672). 프렌치 프레스는 커피를 충분히 오래 우려낼 수 있어 깊고 진한 맛을 낼 수 있지만, 미세한 커피 가루를 거르지 못하는 문제가 있다. 이와 반대로 핸드 드립 커피는 물만 부으면 되고, 미세한 커피 가루를 필터가 거르기에 편리하게 커피를 마실 수 있다. 하지만 물을 붓는 즉시 커피가 떨어지기 시작하므로 커피를 우려내는 시간을 통제할 수 없고, 진한 커피의 맛을 내려면 많은 원두커피를 넣어야 하고 물을 천천히 부어야 하는 문제가 있다. 프렌치 프레스의 깊은 커피 맛에 핸드 드립 커피의 편리함을 결합하면 커피 추출 문제가 해결될 것이다.

커피 추출 문제에 나비모형을 적용하면 다음과 같다. 맛있는 커피를 마시려면 원두의 맛을 충분히 우려

내야 한다. 원두의 맛을 충분히 우려내려면 커피가 뜨거운 물에 닿자마자 커피액이 추출되지 않고 커피와 더운 물이 오래 접촉을 하고 있어야 한다. 커피를 충분히 우려내기 위해 커피와 더운 물이 오래 접촉하려면(기능 A) 아래 필터가 닫혀 있어서(조건 c) 커피와 더운 물이 오래 접촉하게 해야 한다. 그런데 아래 필터가 닫혀 있으면 커피액을 중력에 의해서 밑으로 내리지 못해 편리하게 커피를 마실 수 없다. 따라서 '맛있는 커피를 마신다'와 '편리하게 커피를 마신다'가 상충관계로 드러난다. 편리하게 중력에 의해 미세한 커피 가루를 거르면서 커피액을 추출하려면(기능 B) 필터가 열려 있어야 한다(조건 ~c). 하지만 필터가 열려 있으면 커피와 더운 물이 충분히 오랫동안 접촉하지 못하는 문제가 생긴다. 커피와 더운 물이 충분히 오랫동안 접촉하여 커피를 충분히 우려내는 것과 중력을 이용해 커피액을 추출하는 것 사이에도 상충관계가 있다. 이들 상충관계는 필터가 닫혀 있으면서 또한 열려 있어야 한다는 모순관계에서 비롯된다. 결국 기능 A와 기능 B가 상충관계를 갖고 조건 c와 조건 ~c가 모순관계를 갖는 모순구조를 확인할 수 있다. 커피 추출 문제 P_1 은 다음과 같다.

$P_1 = S(\text{'커피와 더운 물이 충분히 오랫동안 접촉한다'}, \text{'중력에 의해서 커피액을 추출한다'}, \text{'필터가 닫혀 있다'}, \text{'필터가 열려 있다'})$

나비모형의 나비 다이어그램은 문제에 주어진 시스템의 기능과 이를 수행하기 위한 조건을 분석하는 과정에서 구체적인 문제원인을 파악할 수 있다. 커피 추출 문제에 대한 분석이 진행되면서, 즉, 맛있는 커피를 마시는 것에서 커피와 더운 물이 오래 접촉하여 커피를 충분히 우려내는 것과 필터가 닫혀 있는 것으로 내려갈수록 문제의 범위가 좁혀지고 구체성을 띠게 된다. 요약하면, 상위의 추상적인 상충관계에서 하위의 구체적인 상충관계를 포함하여 궁극에는 문제의 원인인 모순관계까지 이르게 된다.

모순관계는 문제를 일으키는 근본원인이면서 또한 문제를 해결하는 수단이 된다. 모순관계를 해결하는 것을 문제해결의 이상적인 목표로 설정할 수 있다. 두 가지 기능을 모두 제공하도록 조건 c와 ~c를 모두 충족하면 문제가 이상적으로 해결된다. 예를 들어, 커피 추출 문제 P_1 에서 '필터가 닫혀 있다'와 '필터가 열려 있다'라는 조건은 양립할 수 없는 모순관계에 놓이지만, 두 조건을 함께 양립할 수 있도록 해준다면 문제 P_1 이 해결될 수 있다. 모순을 받아들이는 이상 해결안이 불가능하고 아주 낮은 방법인 것처럼 느껴지지만 고정관념을 탈피하는데 유용하다(Polya, 1973, pp. 225-229). 지금까지의 커피 추출 문제를 분석한 과정을 그림으로 나타내면 [그림 2]와 같다.

이상 해결안은 문제해결에서 궁극적이고 이상적인 상황을 목표로 설정한다. 나비모형에서 목표로 설정한 마지막 상황을 마음에 그려보고 이를 달성하기 위한 해결안을 거꾸로 찾아가는 방법은 무작정 많은 아이디어를 발산적으로 창출하는 브레인스토밍과 정반대의 접근방법을 취한다. 브레인스토밍의 유연성에 기대는 발산적 사고와 달리 나비모형은 계층적 구조로 문제공간을 좁히고 이상해결안을 정하여 아이디어를 모색한다는 점에서 분석적 접근을 따른다. Huang and Galinsky(2011)는 몸과 마음이 모순되는 상태일수록 인지적 범주의 경계가 더 확장되는 것을 입증하였다. 그들은 한 집단의 실험참가자들에게 웃으면서 슬픈 음악을 듣거나, 얼굴을 찌푸리면서 행복한 기억을 떠올리게 하여 몸과 마음을 모순되는 상태로 만들었다. 다른 참가자들은 웃으면서 행복한 음악을 듣거나, 얼굴을 찌푸리면서 슬픈 기억을 떠올리는 것처럼 몸과 마음이 일치된 상태로 만들었다. 몸과 마음이 모순되는 상태의 사람들이 일치되는 사람들보다 훨씬 더 비전형적인 예를 범주에 포함시키는 경향이 컸다. 예를 들면, 낙타를 운송수단에 포함시키고, 마늘을 야채에 포함시키는 것이 더 컸다. 몸과 마음이 모순되는 상태에 있게 되면 환경을 특수한 상황으로 인지하게 되어 생각의 영역과 경계가 확장된다. 몸과 마음이 일치될

때보다 모순될수록 창의적 문제해결을 할 가능성이 커진다. Godłowska and Crisp(2012)은 학생들이 '여자 정비공' 같이 고정관념과 반대되는 단어를 생각하면, 반고정관념을 잘 받아들이는 학생에 한하여 고정관념과 편견을 줄여 유창성(생성해 낸 아이디어의 수), 융통성(아이디어들이 속하는 범주의 수), 독창성(남들이 생성해 내지 못하는 비범한 아이디어)이 증가함을 밝혔다. 결국, 조건 c와 조건 ~c를 모두 충족시켜 모순을 해결하는 것을 문제해결의 이상적인 목표로 설정하게 되면 문제해결자에게 특수한 상황으로 인식시키고 고정관념을 줄이는 효과가 있을 수 있다. 문제상황이 특수하다고 인식하면 그만큼 고정관념을 극복하도록 범주의 경계를 확장시켜 창의적인 아이디어를 낼 수 있다.

다음은 경영에서 딜레마를 해결하여 혁신을 이룬 마케팅 사례를 설명한다. 1907년 헨리 포드가 T형 자동차를 개발했을 당시 미국 도시 가구의 1%만이 자동차를 타고 다녔다. 1914년에 헨리 포드가 컨베이어 벨트 생산방식을 도입하자 1921년의 자동차 생산원가는 1910년의 생산원가에 비해 75%나 하락하였다 (Ghemawat, 1985). 자동차 가격의 하락은 자동차 시장의 확대를 가져와 미국 도시 가구의 50%가 자동차를 보유하게 만들었다. 시장추종자였던 GM은 자동차를 구매하지 않은 나머지 50% 고객을 공략해야 했다. GM은 딜레마에 빠졌다. 즉, 회사의 이윤을 증대시키려면 자동차의 판매가격을 높게 책정해야 했다. 하지만 높은 판매가격은 자동차 구매를 막고 고객만족을 떨어뜨리는 문제가 있었다. 자동차 구매와 고객만족을 높이려면 자동차 판매가격을 낮춰야 했다. 판매가격을 낮추면 자동차 구매와 고객만족은 증가시킬 수 있지만 회사의 이윤을 떨어뜨리는 결과를 초래한다. GM은 회사의 이윤을 높이려면 자동차 가격을 높여야 하고, 구매가능성과 고객만족을 높이려면 자동차 가격을 낮춰야 했다. 1921년에 GM은 자동차 가격이 높아야 하고 낮아야 하는 모순관계를 할부금융제도를 도입하여 해결하였다. GM의 할부금융제도는 비싼 자동차를

한꺼번에 지불하지 않고 여러 번 나눠 불입하도록 지불가격을 분할함으로써 자동차 시장의 추가적인 수요를 창출할 수 있었다. 이러한 결과로 1928년에는 미국 가정의 90%가 자동차를 소유하였다. 1920년대 미국 경제 호황의 중심에는 자동차 시장의 확대가 큰 역할을 했다(Dent, 1999). 시장선도자였던 포드사가 생산에서 혁신을 이루었다면 시장추종자였던 GM은 마케팅에서 혁신을 이루었다.

개인용 제트 비행기는 억만장자가 아닌 소비자가 갖기에는 너무도 비싸다. 제트 비행기를 가지려면 4천만 달러의 거금이 들뿐만 아니라 조종사를 고용하고 유지보수도 꾸준히 해야 하기 때문이다. 개인용 제트 비행기 제조회사들은 제트 비행기 시장을 더 확대하고 싶었다. 하지만 문제가 있었다. 제트 비행기의 판매가격을 낮추면 억만장자가 아닌 소비자도 제트 비행기를 가질 수 있지만 회사의 이윤이 급감하기 때문이다. 제트 비행기 회사들은 시장확대를 위해 판매가격을 낮추면서도 회사의 이윤을 유지하기 위해 판매가격을 높게 유지해야 하는 모순이 있었다. 제트 비행기 제조회사들은 시간을 분할한 부분 소유 개념으로 모순을 해결하였다. 즉, 고객이 1천만 달러를 내면 미국 내 5천 곳의 공항에서 일 년에 100시간 동안 개인 제트기를 언제든지 이용할 수 있게 했다. 개인 제트기 제조회사의 모순해결은 개인 제트기 시장의 수요를 수직으로 증가시켰다. 1996년에 30억 달러의 연간 매출이었던 것이 2000년에 110억 달러로 증가하였다 (Mohammed, 2005).

할인매장은 대량생산된 제품을 판매하기에 점포 간 차별화가 힘들다. 할인매장은 차별화가 힘든 만큼 고객확보를 위한 가격인하의 압력이 크다. 가격을 인하하면 그만큼 회사의 이윤이 떨어진다. 할인매장이 이윤증대를 위해 가격을 올리다보면 경쟁자에게 고객을 빼앗기는 결과를 초래한다. 할인매장은 가격을 낮춰야 하지만 또한 높여야 하는 모순관계를 갖고 있다. 1997년 5월에 할인매장 E마트는 이 문제를 최저가격보상 제도로 해결하였다. 최저가격보상제도는 자사 점포보다 경쟁 점포에서 더 싸게 판매하는 제품이 있으면

그 차액만큼 현금으로 보상해 주는 제도이다. 소비자 입장에서 보면 낮은 가격을 유지하겠다는 공표이니 이득이다. 경쟁 할인매장의 입장에서 보면 보는 관점에 따라 다르게 해석이 된다. 근시안적으로 보면 최저가격보상제도는 시장에서 가장 낮은 가격을 책정하겠다는 뜻이니 가격인하 경쟁을 촉발한다. 하지만 장기적으로 보면 경쟁 할인매장이 가격을 낮추지 않으면 시장선도자인 E마트가 가격을 낮출 유인이 별로 없음을 알게 된다. 최저가격보상제도는 미사일 자동발사장치처럼 경쟁자가 미사일을 쏘지 않으면 나도 쏘지 않지만, 경쟁사가 미사일을 쏘면 어쩔 수 없이 나도 쓸 수밖에 없다는 것을 공표하는 것과 같다(현정식, 2004). 거래 횟수가 일회적일 때는 경쟁적 게임이었던 최저가격보상제도가 반복적 거래로 바뀌면서 협력적 게임으로 성격이 바뀌었다. 최저가격보상제도는 일회적인 게임에서는 가격전쟁을 유발하지만 장기적인 반복 게임에서는 가격평화를 도모하는 효과가 있다 (Brandenburger and Nalebuff, 2011). E마트의 최저가격보상제도는 1997년에 히트상품으로 선정 받았으며 다른 경쟁 매장들도 잇따라 도입하였다. GM의 할부 판매제도와 제트 비행기의 시간분할 소유개념과 E마트의 최저가격보상제도는 모두 거래 조건을 분할하고 통합하여 문제를 해결하였다. 즉, 전체와 부분이 서로 반대되는 특성을 갖는 것을 이용하여 모순을 해결하였다는 공통점을 갖는다.

2.3 나비모형의 상태모형

Altshuller는 ARIZ-85C에서 물리적 모순을 해결하는 11가지 방법을 제시하였다. 이는 (1) 공간에서 상충된 특성을 분리, (2) 시간에서 상충된 특성을 분리, (3) 상위시스템으로 전이, (4) 반대시스템과 결합, (5) 전체와 부분이 반대특성을 갖도록 시스템 전이, (6) 미시수준에서 작동되는 시스템으로 전이, (7) 환경의 상(phase)을 전이, (8) 시스템 부분이 이중상태를 갖는 상전이, (9) 상전이 현상 이용, (10) 두 개의 상을 갖는 물질로 대체, (11) 분해결합 같은 물리-화학적 전이이

다. Terninko, Zusman, and Zlotin(1998)은 물리적 모순을 해결하는 11가지 방법을 크게 묶어 4개의 분리 원리, 즉, 시간, 공간, 전체와 부분, 조건으로 분류하였다. Savransky(2002)와 박선순, 김정선(2012)은 물리적 모순을 해결하는 11가지 방법 중 (7) 환경의 상을 전이, (8) 시스템 부분이 이중상태를 갖는 상전이, (9) 상전이 현상 이용, (10) 두 개의 상을 갖는 물질로 대체를 조건분리로 분류하였다. Savransky(2002)와 박선순, 김정선(2012)은 4개 분리원리와 40발명원리 간 대응관계를 표로 정리하였다. Kaplan(1996, p. 19)은 가장 중요한 분리원리를 시간, 공간, 전체와 부분이라고 지목하였다. Fey and Rivin(2005)은 분리원리를 시간, 공간, 전체와 부분으로 분류하면서 상전이를 이용한 물리적 모순해결을 시간분리의 한 예로 포함시켰다. TRIZ 연구자들마다 분리원리를 확장하여 설명하는 경우도 있다. 김익철(2012)은 17개의 물리적 모순해결법을 제시하였다. 송미정(2009)은 40발명원리 각각을 모순해결의 한 방법으로써 설명하였다.

Altshuller(1984, p. 275)는 “물리적 모순을 해결하는 방법은 물리적 모순을 분할하고 재결합하는 것 (The method of overcoming it (physical contradiction) is dividing and rejoining it.)”이라 제시하였다. 본 연구는 모순관계를 갖는 문제에서 시스템의 기능을 수행하기 위한 시스템 상태를 조건 c와 조건 ~c로 분할하고 결합하여 문제를 푸는 나비모형의 한 구성요소인 상태모형을 제안한다. 본 연구는 물리적 모순을 조건 c와 조건 ~c로 분할하고 결합하는 방법으로서 시간, 공간, 전체와 부분의 세 가지 차원을 제시한다. 각 사례에서 도출된 이상 해결안이 조건 c와 조건 ~c를 모두 충족시키는 것으로 같지만, 사례의 이상 해결안에 도달하기 위한 세 가지 상태모형의 방법은 각기 다르다. 다음은 조건 c와 ~c를 모두 충족시키는 것을 이상 해결안으로 하였을 경우에 적용될 분할-결합 원리와 구체적인 문제해결안을 도출하기 위한 상태모형을 제안한다.

2.3.1 시간 상태모형(Time State Model)

문제해결을 위해 요구되는 시스템의 상태를 '시간(time)'에 따라 다르게 변경함으로써 모순을 해결할 수 있다(Fey and Rivin, 2005). 즉, 기능 A를 충족시켜야 하는 시점에는 조건이 c 가 되게 하고, 기능 B를 충족시켜야 하는 시점에는 시스템의 조건이 $\sim c$ 가 되게 하여 모순을 해결한다. 이를 위한 시간 상태모형을 다음 [그림 3]과 같이 정의한다. 시간 상태모형은 시스템, 상호배제적인 두 시간 구간, 시간 분할 조건, 시간 결합으로 구성되며 이탤릭체로 쓰인 부분은 사례를 설명하기 위한 예이다. 시간 상태모형은 시간을 상호배제적인 시간 구간 T_1 과 T_2 로 분할하여 각각의 시간 구간 T_1 과 T_2 에 요구되는 기능과 조건 상태를 기술한다. 즉, 서로 양립할 수 없는 조건상태를 시간으로 분할하여 모순을 해결하는 방법이다.

시스템: 커피 추출	
시간 T_1	시간 T_2
기능: 커피와 더운 물이 충분히 오랫동안 접촉한다. 조건: 필터가 닫혀 있다.	기능: 중력에 의해서 커피액을 추출한다. 조건: 필터가 열려 있다.
시간 분할 조건: 커피를 추출하는 필터의 개폐 여부	
시간 결합: 필터가 닫혀 있는 시간과 열려 있는 시간을 분할하고 결합하여 하나의 시스템으로 만든다.	

[그림 3] 커피 추출 문제에 대한 시간 상태모형

[그림 3]에서 양립할 수 없는 조건 상태 c 와 $\sim c$ 가 시간 분할의 조건이 된다. 커피 추출 문제 P_1 의 경우에 시간 구간 T_1 은 필터가 닫혀 있는 구간이고, 시간 구간 T_2 는 필터가 열려 있는 구간으로 정의된다. 요구되는 기능을 수행하기 위한 조건 상태 c 와 $\sim c$ 의 시간을 분할하고 결합하여 모순관계를 해결한다.

커피 추출 문제 P_1 은 시간 차원에 따라 시스템의 기능을 수행하기 위한 조건 c 와 조건 $\sim c$ 를 달리함으로써 문제를 해결할 수 있다. 커피와 더운 물이 충분

히 오랫동안 접촉해야하는 하는 기능 A를 달성해야 할 시간에는 필터가 닫혀있도록 조건 c 를 만들어서 문제를 해결한다. 이와 반대로 중력에 의해서 커피가루를 걸러 커피액을 추출해야 하는 기능 B를 달성해야 할 시간에는 필터가 열려 있도록 조건 $\sim c$ 를 만들어서 문제를 해결한다. 2008년 Liu는 프렌치 프레스와 핸드 드립의 장점을 결합한 아이디어를 내었다. Liu의 해결안은 커피 드리퍼를 평평한 곳에 놓으면 드리퍼 안에 커피가 고여 있어 커피를 우려내다가, 컵 위에 놓으면 스토퍼가 위로 들어 올려 커피가 떨어지는 방식이다(대만특허, M344824).

2.3.2 공간 상태모형(Space State Model)

연필에 지우개가 결합된 사례를 나비모형은 다음과 같이 해석한다. 밑가에 글씨를 쓰려면(기능 A) 연필이 있어야 한다(조건 c). 연필로 글씨를 쓰다보면 잘못 쓴 것을 정정할 필요가 생긴다. 글씨를 지우려면(기능 B) 지우개가 있어야 한다(조건 $\sim c$). 여기서 지우는 기능은 연필이 수행하지 못하고, 글씨를 쓰는 기능은 지우개가 수행하지 못한다. 글씨를 쓰는 연필과 글씨를 지우는 지우개는 정반대의 시스템이었는데 결합되어 상위시스템으로 발전하였다. 글씨를 지우는 기능 B는 연필이 생기고(조건 c) 나서 생긴 필요성으로 비롯되었다. 연필이 지우는 기능을 수행하지 못하여 지우는 기능을 수행하는 지우개(조건 $\sim c$)가 연필 시스템에 결합된 것이다. 글씨를 쓰는 기능(조건 c)이 연필의 일차적인 주요기능이고, 글씨를 지우는 기능(조건 $\sim c$)은 연필의 이차적인 파생기능이다. 요약하면, 기능 A를 충족시키기 위한 시스템이 조건 c 가 등장한다. 조건 c 로 인해 조건 c 가 불충분하게 수행하는 기능 B를 수행할 필요성이 커지고 이를 충족하기 위한 새로운 조건 $\sim c$ 가 결합된다. 조건 $\sim c$ 를 기술할 때에는 조건 $\sim c$ 의 하나에 속하는 반대조건 $-c$ 로써 기술하는 것이 구체적인 아이디어를 내는데 효과적이다.

다음은 타이어 문제를 설명한다. 로드용 타이어는 포장도로에서 빠른 속도를 내기 위해 매끈한 모양의

슬릭 타이어를 사용한다. 하지만 오프로드용 타이어는 비포장도로에서 제동력을 높이기 위해 돌출된 트레드가 있는 타이어를 쓴다. 트레드(tread)란 타이어에서 도로와 접촉하게 되는 타이어 표면에 있는 울퉁불퉁한 패턴을 일컫는다. 타이어 표면이 매끄러우면 지면과 마찰이 적어 속도를 높일 수 있으나 제동력이 떨어지는 문제가 있다. 이와 반대로 타이어의 울퉁불퉁한 트레드가 있으면 지면을 잡는 힘이 그만큼 커져 제동력이 좋아지는 장점을 갖는다. 하지만 지면과 닿는 울퉁불퉁한 타이어 표면 때문에 제동력이 좋아지는 만큼 속도가 떨어지고 소음이 커지는 문제가 있다. 운전차량은 속도와 제동력 중에서 어느 한 쪽을 높이면 다른 한 쪽이 낮아지는 상충관계를 갖는다. 타이어 문제에서 속도를 높이기 위한 조건 c 로서 '타이어 표면이 매끈하다'와 제동력을 높이기 위한 조건 $\sim c$ 로서 '타이어 표면이 울퉁불퉁하다'가 모순관계를 갖는다. 타이어 문제 P_2 에서 '타이어 표면이 매끈하다'와 '타이어 표면이 울퉁불퉁하다'라는 두 조건을 함께 양립할 수 있도록 만들면 문제 P_2 가 이상적으로 해결될 수 있다. 타이어 문제 P_2 를 정의하면 다음과 같고, 이상 해결안은 '타이어 표면은 매끄러우면서 또한 울퉁불퉁해야 한다'이다.

$P_2 = S(\text{'포장도로에서 속도가 빨라야 한다'}, \text{'비포장도로에서 제동력이 높아야 한다'}, \text{'타이어 표면이 매끄럽다'}, \text{'타이어 표면이 울퉁불퉁하다'})$

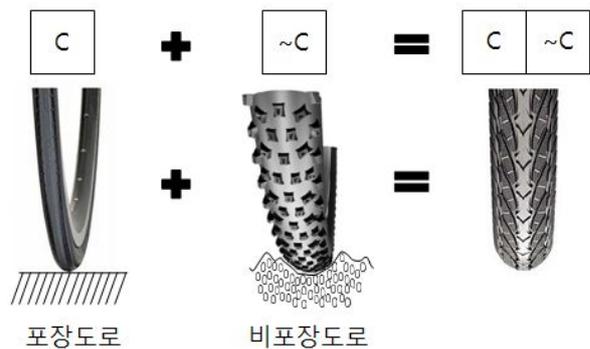
타이어 문제는 '공간(space)' 차원을 나누어 시스템의 기능을 수행하기 위한 조건 c 와 조건 $\sim c$ 로 분할하고 결합함으로써 문제를 해결할 수 있다. 즉, 시스템의 한 부분에는 시스템 조건이 c 가 되도록 하고 다른 부분에는 시스템 조건이 $\sim c$ 가 되도록 하여 모순을 해결한다. 이를 위한 공간 상태모형을 [그림 4]에서 제시하였다. 이모형은 시스템, 분할된 공간의 기능과 조건, 공간 분할 조건, 공간 결합으로 구성되어 있다.

Michelin사가 타이어 문제 P_2 에서 발견된 모순문제

시스템: <u>타이어</u>	
공간 S_1	공간 S_2
기능: <u>포장도로에서 속도가 빠르다.</u> 조건: <u>타이어 표면이 매끄럽다.</u>	기능: <u>비포장도로에서 제동력이 높다.</u> 조건: <u>타이어 표면이 울퉁불퉁하다.</u>
공간 분할 조건: <u>도로와 닿는 타이어의 형태</u>	
공간 결합: <u>타이어의 중앙과 가장자리를 분할하고 두 면을 결합하여 하나의 시스템으로 만든다.</u>	

[그림 4] 타이어 문제에 대한 공간 상태모형

를 세미-슬릭(semi-slick) 타이어로 해결하였다. 세미-슬릭 타이어는 [그림 5]와 같이 타이어 중앙부에 트레드가 없어 매끈한 모양을 띠지만 타이어 가장자리에는 트레드가 있는 형태를 가진다.



[그림 5] 세미-슬릭 타이어

세미-슬릭 타이어는 포장도로에서는 타이어의 매끈한 면만 닿기에 속도를 높일 수 있고, 비포장도로에서는 타이어의 측면 트레드를 이용하여 제동력을 높일 수 있다. 세미-슬릭 타이어는 매끈한 포장도로일지라도 급히 코너링을 할 경우에는 타이어의 측면 트레드가 제동력을 높여주는 효과도 얻는다. 1977년 Barry Sheene가 Grand Prix 경주대회에서 세미-슬릭 타이어를 장착한 오토바이를 운전하여 우승하였다 (<http://mb.cision.com/Public/55/9368937/b8df0d7d129fe459.pdf>).

2.3.3 전체와 부분 상태모형(Whole-Parts State Model)

다음은 빨래집게의 예를 살펴보자. 이불같이 무거운 빨래를 빨랫줄에 단단히 고정시키려면(기능 A) 빨래집게의 힘이 세야 한다(조건 c). 하지만 빨래집게의 힘이 세면 가벼운 빨래를 손쉽게 널기 힘들어진다. 가벼운 세탁물을 손쉽게 빨랫줄에 고정시키려면(기능 B) 빨래집게의 힘이 약해야 한다(조건 ~c). 빨래집게의 힘이 약하면 무거운 빨래를 고정시키기 힘들어지는 문제가 생긴다. 결국, 빨래집게의 힘이 세면서 또한 약해야하는 모순관계를 갖는다. 빨래집게 문제 P₃은 다음과 같다.

P₃ = S(‘무거운 빨래를 단단히 고정시킨다, ‘가벼운 빨래를 손쉽게 고정시킨다, ‘빨래집게의 힘이 세다, ‘빨래집게의 힘이 약하다’)

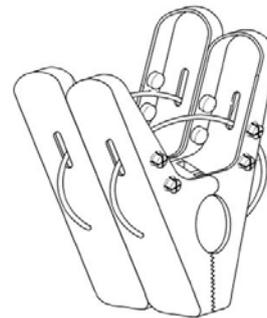
빨래집게 문제 P₃에서 발견된 모순은 전체와 부분(whole and parts)을 분할하고 결합하는 방법으로 해결할 수 있다. 즉, 시스템의 전체와 부분이 서로 다른 특성을 갖는 것을 이용하여 모순을 해결한다(Fey and Rivin, 2005). 빨래집게 여러 개를 하나로 합친 시스템의 상위수준에서 빨래집게의 힘은 세다. 빨래집게를 낱개로 사용하면 빨래집게의 힘이 약하다. 빨래집게를 한데 결합했을 때와 낱개로 사용했을 때 빨래집게의 힘이 서로 달라지는 시스템의 특성을 이용하여 문제를 해결한다. 이를 위한 전체와 부분 상태모형이 [그림 6]에 제시되어 있다. 요소는 시스템, 상위 시스템과 하위 시스템의 기능과 조건, 전체와 부분 분할 조건, 전체와 부분 결합으로 구성되어 있다.

빨래집게의 모순을 해결하는 아이디어는 빨래집게의 손잡이에 레고 블록처럼 돌기를 설치하여 상호 연결이 가능한 빨래집게를 만드는 것이다. 즉, 이불 같이 무거운 빨래를 널 때는 빨래집게를 여러 개 연결하여 빨래를 고정하지만, 속옷 같이 가벼운 빨래를 널 때는 빨래집게를 단독으로 사용하는 것이다. 레고 블

시스템: 빨래집게	
상위 시스템 Sys ₁	하위 시스템 Sys ₂
전체기능: 무거운 빨래를 단단히 고정시키기 다. 조건: 빨래집게의 힘이 세다.	부분기능: 가벼운 빨래를 손쉽게 고정시킨다. 조건: 빨래집게의 힘이 약하다.
전체와 부분 분할 조건: 빨래집게의 힘	
전체와 부분 결합: 여러 개의 빨래집게를 한데 결합하여 전체 빨래집게의 큰 힘을 이용하여 빨래를 고정하고, 낱개의 빨래집게로 가벼운 빨래를 고정한다.	

[그림 6] 빨래집게 문제에 대한 전체와 부분 상태모형

록처럼 빨래집게를 떼었다 붙였다 사용함으로써 빨래집게의 힘을 약하게도 또한 강하게도 만들 수 있는 효과를 얻을 수 있다.



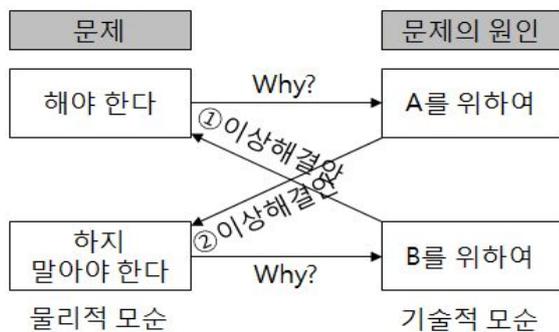
[그림 7] 상호 결합이 가능한 빨래집게

[그림 7]처럼 상호 결합이 가능한 빨래집게를 도입하면 빨래의 무게에 맞도록 각기 다른 빨래집게의 힘을 조절할 수 있게 된다. 나비모형을 배운 대학생이 상호연결이 가능한 빨래집게 아이디어를 내어 2,360건의 아이디어와 경합을 벌인 2011 대학창의발명대회에서 우수상을 받고 특허출원을 하였다(한국 특허출원 번호, 10-2012-0064186).

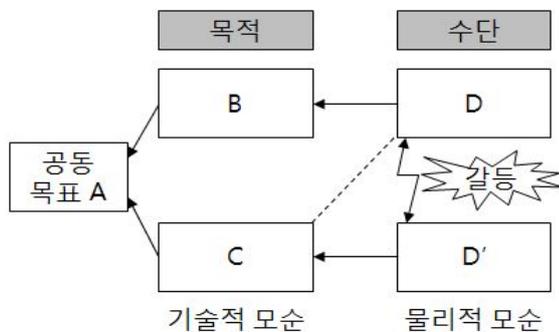
2.4 문제해결에 대한 모형 간 비교

모순관계를 해결하는 데 유용한 모형으로서 PTC

모델링(Physical Technical Contradiction modeling, 김효준, 2004, 2009, 2013), 킥 트리즈(이경원, 2010; 김익철, 2012)가 있다. PTC 모델링은 [그림 8]의 (가)와 같이 물리적 모순과 기술적 모순이 동시에 존재한다고 가정한다. 즉, 각각의 물리적 모순에서 그 이유를 풀어나가면 기술적 모순에 이른다고 설명한다. 아울러 물리적 모순과 기술적 모순을 엇갈리게 화살표를 그리면 2개의 이상해결안을 찾을 수 있다고 한다. PTC 모델링은 2개의 이상해결안 중에서 하나를 골라 사용 가능한 주위자원을 최대한 활용하여 구체적인 아이디어를 생성하라고 제안한다.



(가) PTC 모델링



(나) 킥 트리즈의 갈등 다이어그램

[그림 8] 모순관계를 해결하는 데 유용한 모형들

킥 트리즈의 갈등 다이어그램은 [그림 8]의 (나)와 같다(이경원, 2010). 갈등 다이어그램의 A는 공통목표이며, 이를 달성하기 위해서는 목적 B와 목적 C가 필요하다 정의한다. 목적 B의 달성에 필요한 조건은 D이다. 조건 D가 만들어내는 새로운 문제의 해결내용

을 목적 C로 정한다. 목적 C의 달성에 필요한 조건은 D'이다. 조건 D와 D'는 서로 갈등관계에 있다. 킥 트리즈의 갈등 다이어그램을 완성하고 나면 박스 B와 C는 TRIZ의 기술적 모순에 대응되고, 박스 D와 D'는 TRIZ의 물리적 모순에 대응된다. 킥 트리즈는 '목적 간의 갈등'에 속하는 박스 B와 C에 해당하는 기술적 모순에 대해서는 40 발명원리를 적용하고, '수단 간의 갈등'에 속하는 물리적 모순에 대해서는 4가지 분리원리(시간, 공간, 전체와 부분, 조건)를 적용할 것을 제안한다.

PTC 모델링, 킥 트리즈, 나비모형은 모두 기술적 모순과 물리적 모순의 관계를 문제해결자가 쉽게 파악할 수 있도록 시각화하였다는 장점을 갖는다. PTC 모델링과 킥 트리즈에 대해 나비모형이 갖는 차이점은 다음과 같다. 첫째, PTC 모델링은 물리적 모순을 '문제'라 정의하고 기술적 모순을 '문제의 원인'이라 정의한다. 나비모형과 킥 트리즈는 이와 반대로 물리적 모순을 기술적 모순의 원인이라 정의하고, 기술적 모순은 물리적 모순의 목적으로 정의한다.

둘째, ARIZ-85C의 1.1은 시스템의 주요기능을 기술할 것과 ARIZ-85C의 1.4는 시스템의 주요기능을 잘 수행할 수 있는 기술적 모순을 선택하라고 제시하였다. ARIZ-85C는 시스템의 주요기능을 어떤 기준으로 선정하는지에 대한 구체적인 방법을 제시하지 않고 있다. PTC 모델링은 기술적 모순에 해당하는 'A를 위하여'와 'B를 위하여'에 대하여 어느 것을 우선적으로 선택해야 할 것인지 구체적 방법을 제시하지 않았다. 나비모형은 기능 A와 기능 B의 관계에서 기능 A가 일차적 주요기능이라 정의하고 기능 B는 이차적 파생 기능이라 정의한다. 또한 나비모형은 기능 A가 있고 나서 기능 B가 대두되었다고 시간순서를 기능 B보다 기능 A에 먼저 둔다. 이러한 구조는 TRIZ의 기술시스템 진화법칙을 반영하고 다가올 잠재문제를 발견하기 위함이다. 킥 트리즈 역시 목적 B와 목적 C 중에서 목적 B가 있고 나서 목적 C가 대두되었다고 본다. 킥 트리즈는 조건 D가 만들어내는 새로운 문제의 해결내

용을 목적 C로 기술하도록 한다.

셋째, 나비모형은 조건 c가 있음으로 인하여 새로운 기능 B를 충족시켜야 할 경우를 두 가지 문제유형으로 분류한다. 하나는 조건 c가 기능 B를 불충분하게 수행하는 '불충분 문제'이고, 다른 하나는 조건 c가 유해작용을 하여 기능 B를 달성해야 하는 '유해 문제'이다. 이중초점렌즈 사례와 지우개를 결합한 연필 사례는 불충분 문제에 속한다. 나비모형은 조건 c와 조건 ~c를 공간적으로 분할하고 결합하여 모순을 해결한 경우는 문제유형이 조건 c가 기능 B를 부족하게 수행하는 불충분 문제에 속한다고 제안한다. 예를 들면, 메모지를 고정시키기 위한 압정은 나무칠판에 쓸 수 있지만 쇠칠판에는 쓰지 못한다. 메모지를 고정하기 위해 자석은 쇠칠판에 쓸 수 있지만 나무칠판에는 못 쓴다. 메모지를 고정하는데 있어 나무칠판과 쇠칠판에 모두 사용할 수 있는 자석이 결합된 다기능 압정이 특허등록(한국 특허등록번호, 10-1151992)을 받았다. 자석이 결합된 압정은 나무칠판과 쇠칠판에 쓸 수 있지만 유리에는 쓸 수 없다. 나비모형을 배운 대학생이 나무와 쇠칠판뿐만 아니라 유리에도 쓸 수 있도록 압착고무를 단 자석압정 아이디어를 내어, 2013 대한민국 청소년 발명 아이디어 경진대회에서 1,009개의 아이디어가 경쟁을 벌인 대학부에서 은상을 수상하였다. 문제유형을 알면 문제범위가 좁혀져 그만큼 문제해결이 쉽다(Polya, 1973; Simon, 1987).

넷째, 나비모형은 문제해결의 시작점을 기능 A에서 시작하는 경우와 기능 B에서 시작하는 경우로 나눈다. 문제인식의 출발이 기능 A의 필요성을 인식하고 기능 A를 달성하기 위한 조건 c를 탐색하는 경우가 있다. 이와 달리 문제인식의 출발이 해로운 현재상태를 인식하는 데서 시작하기도 한다. 이때 나비모형은 기능 B에 해로운 현재상태를 기술하고 문제분석을 시작한다. 근본갈등분석처럼 기능 B가 필요하도록 유해작용을 하는 조건 c를 찾고 기능 A를 규명하는 것이 유해 문제의 풀이과정이다. 예를 들어 인도에 자동차 진입을 막는 블라드 때문에 보행자가 다치는 일이 생긴다

고 하자. 이 문제의 인식은 보행자가 다치는 것에서 시작한다. 왜 보행자가 다칠까? 블라드가 단단해서이다. 블라드는 왜 단단할까? 인도에 자동차 진입을 막기 위함이다. 그러므로 해로운 기능 -B에서 문제인식이 이뤄지고 이를 발생시키는 원인이 단단한 블라드(조건 c)임을 알 수 있다. 단단한 블라드는 보행자를 다치게 하는 유해한 기능도 수행하지만 인도에 자동차 진입을 막는 기능도 수행한다. 단단한 블라드가 유해기능과 유익기능을 둘 다 수행하므로 문제의 원인이다. 최종 완성된 나비 다이어그램은 자동차 진입을 막는(기능 A) 블라드와 보행자를 보호하는(기능 B) 블라드가 상충관계이고, 블라드가 단단하면서 부드러운 것(조건 c와 조건 ~c)이 모순관계임을 알 수 있다. 나비모형을 배운 중학생은 블라드 문제에 대해 같은 에어백이고 안은 모래주머니를 채워 넣은 블라드 아이디어를 내어 발명대회에서 수상하고 특허등록도 받았다(한국 특허등록번호, 10-1006775).

다섯째, PTC 모델링은 물리적 모순과 기술적 모순 간 관련성에서 교차로 엇갈리는 관계를 문제해결을 위한 이상해결안 설정에 활용한다. 예를 들어, '해야 한다'와 'B를 위하여' 관계를 문제해결의 이상해결안으로 정하여 해결안을 모색한다. 나비모형은 조건 c와 기능 B와의 관계, 조건 ~c와 기능 A와의 관계 점점을 통해 문제정의를 내리고 이들 관계를 PTC 모델링처럼 이상해결안의 하나(예: 조건 c와 기능 B를 달성하는 것이나 조건 ~c와 기능 A를 달성하는 것)로 도출한다. 자동차 진입을 막기 위한(기능 A) 블라드가 단단하여(조건 c) 보행자가 다치고 있다고 하자. 보행자를 다치지 않게 하려면(기능 B) 블라드가 보행자의 눈에 잘 띄는 것이 한 방법이다. 이렇게 문제를 정의하면 논리적 설명은 맞지만 블라드가 단단하고 또한 눈에 잘 띄는 것은 모순관계가 아니다. 나비모형은 조건 c와 기능 B, 조건 ~c와 기능 A의 관계를 통해서 기능과 조건 간의 관계를 씨줄 날줄로 보다 엄격하게 정의한다.

여섯째, 초보자와 전문가의 문제해결을 위한 접근

법에 차이가 있다. 초보자는 문제해결 목표에 도달하기 위해 하위목표로 분할하고 하위목표를 이루기 위한 수단을 찾는다. 전문가는 문제 전체를 관망하여 자료 중 어느 자료가 중요한지 알고 이를 바로 문제해결에 활용한다. 초보자가 개념에 근거한(top-down) 정보처리를 하는 반면에 전문가는 자료에 근거한(bottom-up) 정보처리를 한다(Hauser, 1986; Alba and Hutchinson, 1987; 손영우, 2005). 제약이론의 증발구름은 문제분석을 위 [그림 8]의 (나)에서 박스 D와 박스 D'에서 시작할 것을 권고한다(Mann and Stratton, 2000; Stratton and Mann, 2003). 정남기(2002, p. 149)는 “보통 D, D'를 먼저 그리는 것이 쉬운 편이다. D와 D'는 서로 대립되는 주장이므로 쉽게 드러나며, 이를 바탕으로 공통목표 A를 생각하는 것이 좋다. ... 문제를 적을 때는 너무 오래 생각하면 역효과가 있으므로 짧은 문장으로 짧은 시간에 적도록 한다.”고 주장하였다. PTC 모델링과 킥 트리츠 역시 증발구름처럼 문제의 핵심인 물리적 모순에서 화살표가 시작되는 다이어그램을 사용하고 있다. 이런 점에서 증발구름, PTC 모델링, 킥 트리츠 모두 한 눈에 물리적 모순을 알아차리고 문제를 해결해 나가는 자료에 근거한 정보처리 모형을 반영한다. 다이어그램의 형태가 문제해결과 추론에 미치는 영향을 연구한 Novick and Hurley(2001)에 의하면 다이어그램의 유용성은 복잡한 것을 단순화하고 추상적인 것을 구체화시키는데 있다고 하였다. 나비모형은 수단-목표 분석처럼 추상적인 문제목표에서 구체적인 목표로 분할하며 문제 해결의 수단을 찾아간다는 점에서 초보자에게 유용한 문제해결모형이라 말할 수 있다.

3. 연구방법과 분석결과

3.1 표본의 특성과 종속변수를 측정하기 위한 모순문제

본 연구는 두 번에 걸쳐 조사를 하였다. 1차 조사는 나비모형의 분할-결합원리와 상태모형에 대한 학습이

모순문제 해결에 미치는 영향을 검증하기 위해 중학생과 대학생을 대상으로 실시하였다. 2차 조사는 분할-결합원리와 상태모형에 대한 학습이 학습자의 성장 마인드세트에 긍정적인 영향을 미치는지 알아보기 위해 중학생, 대학생, 어린이집 보육교사를 대상으로 실시하였다. 조사에 참여한 응답자들에게 문화상품권을 제공하였다.

1차 조사의 대상은 중학생 55명과 대학생 63명으로 총 118명이었다. 중학생 집단은 J 대학교 과학영재교육원에 등록된 수강생들이었다. J 대학교 과학영재교육원의 학생 선발기준은 전공별로 거주지역과 성별에 차별을 두지 않으며, 학생들의 지원전공별로 추천과 면접을 통해 선발한다. 대학생은 J 대학교 경상대학 학생들이었다. 중학생 집단은 나비모형의 분할-결합원리와 상태모형을 학습하지 아니한 학생들 26명(물리 전공 13명과 생물 전공 13명)과 15~24시간 동안 나비모형의 분할-결합원리와 상태모형을 학습한 학생들 29명(정보과학 전공)으로 구성되었다. 대학생 집단은 나비모형의 분할-결합원리와 상태모형을 배우지 아니한 53명 학생들과 한 학기 동안 나비모형의 분할-결합원리와 상태모형을 학습한 10명의 학생들로 구성되었다. 나비모형의 분할-결합원리와 상태모형을 배우지 않은 중학생들의 나이는 평균 15.2(SD = .43)이었고 나비모형의 분할-결합원리와 상태모형을 배운 중학생들의 나이는 평균 14.7(SD = .48)이었다. 나비모형의 분할-결합원리와 상태모형을 배우지 않은 대학생들의 나이는 평균 21.8(SD = 1.70)이었다. 나비모형의 분할-결합원리와 상태모형을 배운 대학생들의 나이는 평균 23.6(SD = .97)이었다. 한편, 나비모형의 분할-결합원리와 상태모형을 배우지 않은 중학생의 남자는 20명/26명(76.9%), 나비모형의 분할-결합원리와 상태모형을 배운 중학생들의 남자는 24명/29명(82.8%)이었다. 나비모형의 분할-결합원리와 상태모형을 안 배운 대학생들의 남자는 34명/53명(64.2%), 나비모형의 분할-결합원리와 상태모형을 배운 대학생들의 남자는 9명/10명(90.0%)이었다.

본 연구에서 종속변수를 측정하기 위한 모순문제는

컴퍼스 문제와 바늘 문제였다. 학생들이 다음과 같은 문제를 풀었다.

<문제 1> “컴퍼스로 원을 그리려면 컴퍼스 끝에 뾰족한 침이 있어야 종이에 고정시킬 수 있다. 하지만 뾰족한 침은 사고 위험성이 높아 갖고 다니기 불편하다. 컴퍼스의 뾰족한 침은 원을 그리기 위해서는 있어야 하지만 안전사고를 방지하려면 없어야 한다. 어떻게 하면 안전하면서도 원을 그릴 수 있는 컴퍼스를 만들 수 있을까?”

<문제 2> “바느질을 예쁘게 하려면 바늘땀이 보이지 않아야 한다. 작은 바늘땀을 만들려면 바늘구멍이 작은 바늘을 써야 한다. 하지만 바늘구멍이 작다 보면 바늘구멍에 실을 꿰매기가 힘들다. 바늘구멍에 쉽게 실을 꿰매려면 바늘구멍이 커야 한다. 그런데 바늘구멍이 커지면 큰 바늘땀으로 인해 바느질이 예쁘게 되지 않는다. 어떻게 하면 바늘구멍에 쉽게 실을 꿰매 수 있으면서도 바늘구멍의 크기는 작은 바늘을 만들 수 있을까?”

컴퍼스 문제의 이상 해결안은 컴퍼스 침이 없으면서 또한 있는 것이다. 컴퍼스를 사용할 때만 컴퍼스 침이 나오면 문제가 해결된다. 볼펜처럼 누르면 컴퍼스 침이 나오거나 상하 슬라이드 이동 보호캡으로 컴퍼스 침을 숨기는 아이디어가 있다(한국 등록실용신안, 20-0300111; 한국 등록실용신안, 20-0443527). 바늘 문제의 해결안은 바늘허리에 홈을 내거나 바늘 몸통을 하트모양으로 만들어 몸통 뒤로 바늘을 꿰매게 하는 것이다(한국 등록실용신안, 20-0165225; 한국 등록실용신안, 20-0348539).

3.2 분석결과

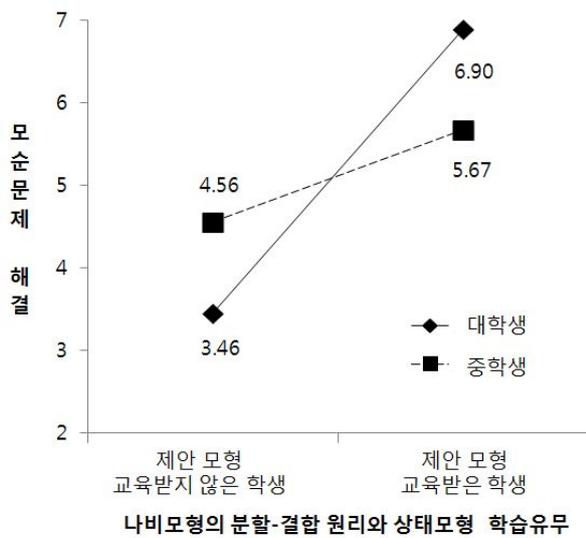
바늘 문제와 컴퍼스 문제에 대한 학생들의 답안에 대해 두 명의 대학원생이 평가하였다. 평가 척도는 전혀 답이 아닌 경우에 0점과 100% 완전한 해결안일 경우에 4점을 갖게 하였다. 학생의 해결안이 약간 부

족한 75% 해결안인 경우에는 3점을 부여하였다. 해결안이 50% 정도의 해결안일 경우에 2점을 부여하였으며, 전혀 답이 아닌 것보다는 약간 나은 정도의 25% 정도 해결안일 경우에는 1점을 부여하였다. 바늘 문제에 대한 두 명의 대학원생들 간의 평가점수는 크론바하 알파 값이 .95로 나타나 높은 내적 일관성을 보였다. 또한 컴퍼스 문제에 대한 평가 점수의 크론바하 알파 값은 .96로 나타나 역시 높은 내적 일관성을 나타냈다. 두 명의 대학원생이 독립적으로 학생들의 답안을 평가한 후에 정반대의 평가가 나온 답안을 확인하였다. 두 대학원생이 상호의견을 교환하고 의견일치를 본 점수로 수정하였다(Förster, Epstude, and Özelsel, 2009; Winterich and Haws, 2011). 바늘 문제와 컴퍼스 문제에 대한 두 대학원생의 평가점수를 합하여 이를 평균한 값을 분산분석의 종속변수로 삼았다. 모순문제 해결에 대한 평균값이 집단 간 차이가 있는지 분산분석을 실시하였다. 즉, 2(나비모형의 분할-결합원리와 상태모형 학습유무: 안 배움 vs. 배움) × 2(학생 차이: 중학생 vs. 대학생) 집단 간 실험설계 (between-subjects design)를 적용하였다.

[표 1] 모순문제 해결에 대한 분산분석 결과

분산의 원천	자승합	자유도	평균자승	F값	p
제안 모형					
학습유무(A)	108.05	1	108.05	26.60	< .0001
중학생/대학생(B)	.09	1	.09	.02	.881
A × B	28.13	1	28.13	6.93	.010
오차	463.13	114	4.06		

모순문제 해결에 대한 이원상호작용 분산분석 결과에 의하면 나비모형의 분할-결합원리와 상태모형 학습유무의 주 효과는 유의하게 나타났다($F(1,114) = 26.60, p < .0001$). 중학생/대학생 차이의 주 효과는 나타나지 않았다($F(1,114) = .02, p = .881$). 나비모형의 분할-결합원리와 상태모형 학습유무와 중학생/대학생 차이의 상호작용 효과는 유의하게 나타났다($F(1,114) = 6.93, p = .010$). 즉, 나비모형의 분할-결합원리와



[그림 9] 제안 모형 학습유무와 학생차이에 따른 모순문제 해결

상태모형을 배우지 않은 중학생 집단의 모순문제 해결은 4.56(SD = 2.18)로 나타난 반면에 나비모형의 분할-결합원리와 상태모형을 배운 중학생 집단의 모순문제 해결은 5.67(SD = 1.71)로 나타났다. 이 차이는 통계적으로 유의한 차이를 보였다($t(53) = 2.12, p = .038$). 또한 나비모형의 분할-결합원리와 상태모형을 배우지 않은 대학생 집단의 모순문제 해결은 3.46(SD = 2.20)으로 나타난 반면에 나비모형의 분할-결합원리와 상태모형을 배운 대학생 집단의 모순문제 해결은 6.90(SD = .88)로 나타났다. 이 차이는 통계적으로 유의한 차이를 보였다($t(61) = 4.80, p < .001$). 한편, 나비모형의 분할-결합원리와 상태모형을 배우지 않은 중학생 집단과 대학생 집단의 모순문제 해결은 통계적으로 유의한 차이를 보였다($t(77) = 2.07, p = .041$). 나비모형의 분할-결합원리와 상태모형을 배운 중학생 집단과 대학생 집단의 모순문제 해결은 통계적으로 유의한 차이를 보였다($t(37) = 2.16, p = .037$). 나비모형의 분할-결합원리와 상태모형을 배우지 않은 경우에는 중학생보다 대학生的 모순문제 해결이 낮았지만, 나비모형의 분할-결합원리와 상태모형을 배운 경우에는 중학생보다 대학生的 모순문제 해결이 높게 나타났다. 나비모형의 분할-결합원리와 상태모형을 학습한

효과가 중학생보다 대학생일수록 문제해결력이 향상되는 것으로 나타났다.

Gocłowska and Crisp(2012)은 ‘여자 정비공, 흑인 대통령’ 같은 반고정관념에 대해 불편함을 느끼지 않는 학생이 반고정관념에 대해 불편함을 느끼는 학생보다 반고정관념 단어를 생각했을 때 유창성, 융통성, 독창성이 증가함을 밝혔다. 본 논문의 분석결과에서 나비모형의 분할-결합원리를 배우지 않은 학생인 경우에, 대학생이 중학생보다 낮은 문제해결을 보였다. 이는 대학생이 중학생보다 고정관념이 강하여 그만큼 모순문제에 대해 불편함을 느꼈기 때문일 수 있다. 이와 반대로 나비모형의 분할-결합원리를 배운 학생의 경우에는, 대학생이 중학생보다 높은 문제해결을 보였다. 이는 나비모형의 분할-결합원리와 상태모형을 학습한 효과가 중학생보다 대학생이 커서 대학생이 중학생보다 반고정관념을 훨씬 잘 받아들였기 때문일 수 있다.

다음은 문제 전문성을 살핀다. 제안하는 모형을 학습하게 되면 모순문제에 대한 경험과 지식이 쌓임에 따라 모순문제에 대한 전문성(expertise)이 향상될 수 있다. 즉, 모순문제 사례를 접하고 문제의 구조와 유형을 익히게 되면 모순문제에 친숙해지고 해결원리를 터득하여 전문성이 높아질 수 있다. 이를 검증하기 위해 Duncker(1945)의 방사선 문제를 사용하여 응답자들의 모순문제에 대한 전문성을 측정하였다. Duncker(1945)의 방사선 문제는 문제해결 심리학에서 오랫동안 많은 학자들이 다루어 왔던 문제이다(Gick and Holyoak, 1980, 1983; 김영채, 1994; Anderson, Reder, and Simon, 1996; Grant and Spivey, 2003). Duncker(1945)는 실험참가자들에게 수술이 불가능한 악성종양을 갖고 있는 환자에게 단 한 번 방사선을 쏘아 악성종양을 파괴해야만 환자를 살릴 수 있는 문제를 냈다. 문제는 악성종양을 물리치려면 방사선 강도가 세야 하지만, 방사선 강도가 세면 악성종양으로 가는 도중에 맞닥뜨리게 되는 일반 세포도 함께 죽이기 때문에 방사선 강도가 약해야 하는 조건에 있다. 즉, 방사선 문제는 악성종양을 파괴하기 위해 방사선

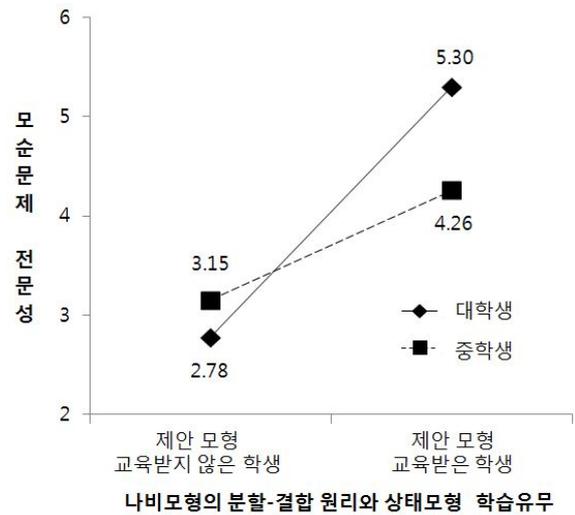
강도가 세야 하면서 동시에 일반세포를 살리려면 약해야 하는 모순관계를 갖기에 일반 응답자들이 풀기 어렵다.

본 연구는 모순문제 전문성에 대한 조작적 정의를 Alba and Hutchinson(1987)의 연구에 기초하여 친숙성(familiarity)과 지식(knowledge)의 하위 차원으로 정의하였다. 본 연구는 모순문제에 대한 친숙성을 문제해결자가 모순문제에 익숙한 정도로 측정하였고, 모순문제에 대한 지식을 모순문제를 푸는 방법을 잘 아는 정도로 측정하였다. 두 항목 모두 '전혀 그렇지 않다(1점)'과 '매우 그렇다(7점)'의 7점 척도로 측정하였다. 두 개 측정 문항으로 구성된 모순문제 전문성에 대한 신뢰도 분석 결과 크론바하 알파 값이 .77로 나타났다. 두 개 측정 문항은 신뢰성을 갖는 것으로 확인되었다. 모순문제 친숙성과 모순문제 지식의 측정변수에 대한 평균값을 모순문제 전문성으로 삼았다. 모순문제 전문성을 종속변수로 하고 2(나비모형의 분할-결합원리와 상태모형 학습유무: 안 배움 vs. 배움) × 2(학생 차이: 중학생 vs. 대학생) 집단 간 실험설계 (between-subjects design)로써 분산분석을 실시하였다.

[표 2] 모순문제 전문성에 대한 분산분석 결과

분산의 원천	자승합	자유도	평균자승	F값	p
제안 모형					
학습유무(A)	68.39	1	68.39	49.02	< .0001
중학생/대학생(B)	2.34	1	2.34	1.68	.198
A × B	10.40	1	10.40	7.45	.007
오차	159.05	114	1.40		

모순문제 전문성에 대한 이원상호작용 분산분석 결과에 의하면 나비모형의 분할-결합원리와 상태모형 학습유무의 주 효과는 유의하게 나타났다($F(1,114) = 49.02, p < .0001$). 중학생/대학생 차이의 주 효과는 나타나지 않았다($F(1,114) = 1.68, p = .198$). 나비모형의 분할-결합원리와 상태모형 학습유무와 중학생/대학생 차이의 상호작용 효과는 유의하게 나타났다($F(1,114) = 7.45, p = .007$). 즉, 나비모형의 분할-결합



[그림 10] 제안 모형 학습유무와 학생차이에 따른 모순문제 전문성

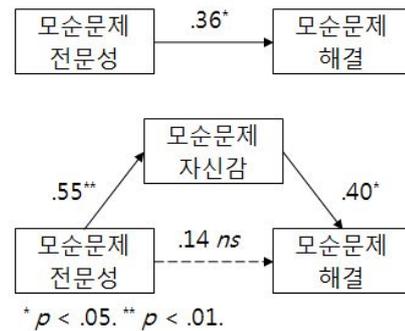
원리와 상태모형을 배우지 않은 중학생 집단의 모순문제 전문성은 3.15($SD = 1.38$)로 나타난 반면에, 나비모형의 분할-결합원리와 상태모형을 배운 중학생 집단의 모순문제 전문성은 4.26($SD = 1.35$)로 나타났다. 이 차이는 통계적으로 유의한 차이를 보였다($t(53) = 3.00, p = .004$). 또한 나비모형의 분할-결합원리와 상태모형을 배우지 않은 대학생 집단의 모순문제 전문성은 2.78($SD = .99$)로 나타난 반면에, 나비모형의 분할-결합원리와 상태모형을 배운 대학생 집단의 모순문제 전문성은 5.30($SD = 1.01$)로 나타났다. 이 차이는 통계적으로 유의한 차이를 보였다($t(61) = 7.34, p < .001$). 한편, 나비모형의 분할-결합원리와 상태모형을 배우지 않은 중학생 집단과 대학생 집단의 모순문제 전문성은 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다($t(77) = 1.37, p = .176$). 나비모형의 분할-결합원리와 상태모형을 배운 중학생 집단과 대학생 집단의 모순문제 전문성은 통계적으로 유의한 차이를 보였다($t(37) = 2.23, p = .032$).

나비모형의 분할-결합원리와 상태모형을 배우지 않은 경우에는 중학생보다 대학생의 모순문제 전문성이 낮았지만, 나비모형의 분할-결합원리와 상태모형을 배운 경우에는 중학생보다 대학생의 모순문제 전문성이

높게 나타났다. 나비모형의 분할-결합원리와 상태모형을 학습한 효과는 중학생보다 대학생일수록 모순문제 전문성이 커지는 것으로 나타났다. 지금까지의 분산분석 결과를 요약하면 다음과 같다. 1) 나비모형의 분할-결합원리와 상태모형의 학습효과가 모순문제 해결을 높이는 것으로 나타났다. 2) 나비모형의 분할-결합원리와 상태모형 학습을 통한 학생들의 모순문제 해결과 전문성이 중학생보다 대학생일 때 급격히 증가하는 것으로 나타났다.

문제해결자가 모순문제를 처음 접하면 양자택일 사고에 익숙하여 문제에서 답을 구하기 어렵다고 생각하기 쉽다. 쉽사리 풀리지 않는 딜레마 상황에서 문제 해결자는 모순문제에 대한 부정적인 감정이 유발되어 문제해결의 흥미를 떨어뜨리고 스트레스를 높여 문제해결력이 떨어질 수 있다. 이와 반대로 만약 문제해결자가 모순문제의 해결사례와 원리에 대한 전문성을 갖는다면 모순문제에 대한 자신감(confidence)을 키워 모순문제는 풀릴 수 있다는 도전적인 자세를 견지할 수 있다. 즉, 모순문제 전문성이 높을수록 모순문제에 대한 자신감을 키우게 되고, 문제해결에 대한 자신감이 문제해결을 위한 인지적 노력을 적극적으로 쏟아붓게 만들 수 있다. 다음은 모순문제 자신감이 모순문제 전문성과 모순문제 해결 간의 관계에서 매개변수의 역할을 검증한다. 본 연구는 자신감에 대한 Tsai and McGill(2011)의 연구를 바탕으로 “이 문제를 풀 수 있을 것 같은 자신감이 있다”의 항목으로 모순문제에 대한 자신감을 7점 리커트 척도로 측정하였다.

매개분석(Mediation Analysis) 결과에 의하면 먼저 모순문제 전문성이 높을수록 모순문제 해결이 높아지는 것으로 나타났다($\beta = .36, p = .014$). 아울러 모순문제 전문성이 모순문제 자신감에 미치는 영향도 역시 유의하게 정(+)의 영향을 미치는 것으로 나타났다($\beta = .55, p < .0001$). 모순문제 자신감과 모순문제 전문성이 모순문제 해결에 미치는 영향에 대해 회귀분석을 실시하였다. 회귀분석 결과, 모순문제 자신감이 유의하게 정(+)의 영향을 미치는 것으로 나타났다($\beta =$



[그림 11] 모순문제 전문성과 모순문제 해결 간의 관계에서 모순문제 자신감의 매개효과

.40, $p = .039$). 하지만 모순문제 전문성이 모순문제 해결에 미치는 영향은 유의하지 않게 나타났다($\beta = .14, p = .421$). 모순문제 전문성과 모순문제 해결에 대한 간접적 경로에 대해 Sobel의 Z검정을 한 결과 Z값이 2.46, $p < .014$ 로 나타났다(Förster, Epstude, and Özelsel, 2009; Zhao, Lynch, and Chen, 2010). 매개분석 결과를 요약하면, [그림 11]에 나타난 바와 같이 모순문제 자신감이 모순문제 전문성과 모순문제 해결 간의 관계에서 매개변수의 역할을 하는 것으로 나타났다. 지금까지의 분석을 통하여 나비모형의 분할-결합원리와 상태모형을 배운 학습자가 배우지 않은 학습자보다 더 모순문제 전문성을 갖는 것을 확인하였다. 나비모형의 분할-결합원리와 상태모형 교육을 통해 향상된 모순문제 전문성이 모순문제 자신감을 갖게 하여 결국에는 모순문제 해결이 향상되는 것을 매개분석으로써 확인하였다.

다음은 나비모형 교육을 받으면 학습자들의 마인드세트를 변화시키는 것을 검증한다. 나비모형을 학습하는 과정에서 학습자들이 모순문제를 해결하는데 많은 정신적 에너지와 시간이 소요된다. 학습자 자신이 직접 문제정의를 내리고 문제유형이 어디에 속하는지 파악하는 동안 좌절과 스트레스를 갖지만 반복되는 도전과 성취는 모순문제가 쉽사리 풀리지 않지만 결국에는 풀릴 수 있다는 마인드세트를 가질 수 있다. 나비모형을 학습하는 과정에서 학습자는 단 하나의 답이 아니라 여러 개의 해결안이 나올 수 있으며, 역

사적인 혁신 사례에서 문제해결원리를 터득하면서 긍정적인 마인드세트를 경험할 수 있다. 따라서 나비모형 학습이 학습자들의 성장 마인드세트에 긍정적인 영향을 미치는지 조사하기 위해 2차 조사를 실시하였다.

2차 조사는 중학생, 대학생, 어린이집 보육교사를 대상으로 실시하였다. 총 166명의 응답자들이 2차 조사에 참여하였는데, 이들은 1차 조사의 응답자들과 중복되지 않았다. 중학생 집단은 J 대학교 과학영재 교육원에 등록된 수강생 중 나비모형의 분할-결합 원리와 상태모형을 안 배운 학생 33명(수학 전공 24명과 물리 전공 9명)과 17시간 동안 나비모형의 분할-결합 원리와 상태모형을 배운 학생 11명(정보과학 전공)으로 구성되었다. 대학생 집단은 J 대학교 경상대학 학생들로서 나비모형의 분할-결합 원리와 상태모형을 안 배운 학생 29명과 8주 동안 동안 나비모형의 분할-결합 원리와 상태모형을 배운 학생 30명으로 구성되었다. 마지막으로 일반 성인으로서 K도 지역의 어린이집 보육교사 63명이 조사에 참여하였다. 어린이집 보육교사를 조사에 포함시킨 이유는 이들이 어린이에 대한 교육을 담당하는 교육자로서 긍정적인 성장 마인드세트를 가질 것이라 기대하였으며 아울러 이들 성인의 응답결과는 학생들의 응답결과와 비교할 수 있는 기준점을 제공할 것이라 판단하였기 때문이다.

나비모형의 분할-결합 원리와 상태모형을 배우지 않은 중학생들의 나이는 평균 15.0(SD = .00)이었고 나비모형의 분할-결합 원리와 상태모형을 배운 중학생들의 나이는 평균 15.0(SD = .31)이었다. 나비모형의 분할-결합 원리와 상태모형을 배우지 않은 대학생들의 나이는 평균 23.8(SD = 1.38)이었다. 나비모형의 분할-결합 원리와 상태모형을 배운 대학생들의 나이는 평균 22.8(SD = 1.63), K도 지역 보육교사의 평균 나이는 46.9(SD = 4.41)이었다. 한편, 나비모형의 분할-결합 원리와 상태모형을 배우지 않은 중학생의 남자는 28명/33명(84.8%), 나비모형의 분할-결합 원리와 상태모형을 배운 중학생들의 남자는 8명/11명(72.7%)

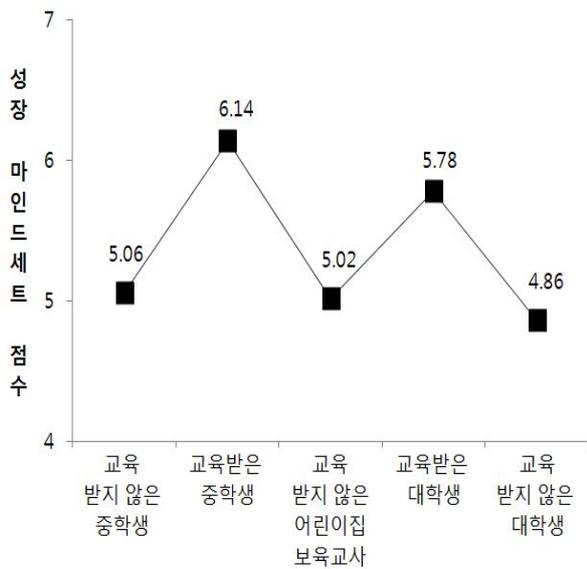
이었다. 나비모형의 분할-결합 원리와 상태모형을 안 배운 대학생들의 남자는 18명/29명(62.1%), 나비모형의 분할-결합 원리와 상태모형을 배운 대학생들의 남자는 21명/30명(70.0%), K도 지역 보육교사의 남자는 1명/63명(1.6%)이었다.

응답자들이 마인드세트 측정에 대한 응답을 바람직한 방향으로 왜곡되게 응답할 가능성이 있다. 이를 회피하기 위하여 조사장소에서 연구자 대신에 대학원생이 직접 자신의 연구논문을 위한 설문조사라고 말하게 하였다. 응답자들은 먼저 시간관을 측정하는 설문항목에 5분 정도 응답한 뒤에 마인드세트 설문항목에 응답하였다. 응답자들의 마인드세트를 측정하기 위하여 Dweck(2000, 2006)이 사용한 설문문항을 그대로 활용하였다. 다음의 두 개 문항을 제시하였다. (1) 늙은 개에게 새로운 기술을 가르칠 수 없는 것과 마찬가지로 사람의 지능은 고정되어 있다. (2) 내가 어떤 사람이든 간에, 나의 지능을 많이 바꿀 수 있다. 처음 질문은 고착 마인드세트에 대한 것이고 두 번째 질문은 성장 마인드세트에 대한 것이다. 처음 항목에 대한 응답을 역코딩한 뒤에 두 번째 항목과 함께 평균값을 구하였다. 이를 성장 마인드세트에 대한 측정치로 삼았다. 이들 두 개 문항에 대한 크론바하 알파 값이 .70으로 나왔다. 성장 마인드세트에 관한 측정문항들은 내적 일관성을 갖는 것으로 나타났다. 두 개의 마인드세트에 대한 측정문항의 평균값을 종속변수로 하여 나비모형의 분할-결합 원리와 상태모형을 배운 중학생과 대학생, 나비모형의 분할-결합 원리와 상태모형을 안 배운 중학생과 대학생 그리고 보육교사의 다섯 개 집단에 대해 분산분석을 실시하였다.

[표 3] 성장 마인드세트 점수에 대한 분산분석 결과

분산의 원천	자승합	자유도	평균자승	F값	p
다섯 집단	25.92	4	6.48	3.44	.010
오차	303.70	161	1.89		

일원분산분석 결과, $F(4,161) = 3.44, p = .010$ 로 집



[그림 12] 교육 적용 유무에 따른 성장 마인드셋 점수

단 간에 유의한 차이를 보였다. 나비모형의 분할-결합 원리와 상태모형을 안 배운 중학생들의 성장 마인드셋 점수는 5.06(SD = 1.38)이었고 나비모형의 분할-결합 원리와 상태모형을 배운 중학생들의 성장 마인드셋 점수는 6.14(SD = .78)로 나타났다. 나비모형의 분할-결합 원리와 상태모형을 안 배운 K도 지역 어린이집 보육교사의 성장 마인드셋 점수는 5.02(SD = 1.39)로 나타났다. 나비모형의 분할-결합 원리와 상태모형을 배운 대학생들의 성장 마인드셋 점수는 5.78(SD = 1.15), 나비모형의 분할-결합 원리와 상태모형을 안 배운 대학생들의 성장 마인드셋 점수는 4.86(SD = 1.69)으로 나타났다.

최소한의 현저한 차이(least significant difference)를 기준으로 복수비교(multiple comparisons)를 통해 성장 마인드셋 점수의 집단 간 평균 차이를 검증하였다. 복수비교 결과, 나비모형의 분할-결합 원리와 상태모형을 배운 대학생은 나비모형의 분할-결합 원리와 상태모형을 배운 중학생과 유의하지 않은 차이($p > .46$)를 보였으나 나비모형의 분할-결합 원리와 상태모형을 배우지 않은 나머지 집단과는 모두 유의한 차이($p < .04$)를 보였다. 이와 반대로 나비모형의 분할-

결합 원리와 상태모형을 배우지 않은 대학생과 중학생 그리고 K도 지역 보육교사의 성장 마인드셋 점수는 유의한 차이를 보이지 않았으나($p > .57$) 나비모형의 분할-결합 원리와 상태모형을 배운 대학생과 중학생과 모두 유의한 차이($p < .03$)를 보였다. 요약하면, 나비모형의 분할-결합 원리와 상태모형을 배운 대학생과 중학생의 성장 마인드셋 점수는 매우 유사한 반면에 나비모형의 분할-결합 원리와 상태모형을 배우지 않은 집단과는 유의한 차이를 보였다. 결국 본 연구에서 제안한 모형을 학습하였는지 유무에 따라 성장 마인드셋 점수에 차이가 있는 것을 확인하였다. 모형을 학습한 대학생과 중학생들이 모형을 배우지 아니한 대학생과 중학생 그리고 보육교사들보다 훨씬 높은 성장 마인드셋 점수를 갖는 것으로 나타났다.

나비모형을 배운 학생들이 문제해결력이 향상되고 성장 마인드셋을 가져 성과를 창출했다. 나비모형을 배운 초·중·고·대학생들이 2007~2013년 발명대회에 참가하여 7년 연속 수상했다. 발명대회에 참가한 총 45명의 학생들이 26건을 수상했고, 이들 중 22명(중학생 5명, 고등학생 4명, 대학생 12명, 대학원생 1명)은 15건의 특허등록을 받았다. 2008년과 2009년에 한국과학창의재단으로부터 대학생과 고등학생이 각각 ‘대한민국인재상’을 수상했다. 고등학생들과 대학생들이 2009년 개최된 Asia 트리즈 컨퍼런스에서 직접 나비모형에 관한 논문을 발표했다. 2011년 대학창의발명대회에는 전국 122개 대학에서 2,360건의 아이디어의 경쟁을 뚫고 우수상을 받았다. 2013년 한국과학창의재단이 시행한 ‘청년 과학융합·창업 아이디어 창출활동 지원사업’에 선정된 37개 팀 가운데 나비모형을 배운 학생들 2개 팀이 포함되었다. 또 다른 학생은 2013 대한민국 청소년 발명아이디어 경진대회에서 1,009개의 아이디어와 경쟁을 벌여 은상을 수상하였다. 요약하면, 나비모형을 배운 학생들은 어려운 과제를 적극적으로 도전하고 향상된 문제해결력으로 성과를 창출했다.

지금까지의 분석결과를 요약하면 다음과 같다. 1) 나비모형의 분할-결합 원리와 상태모형을 학습하면

모순문제 해결과 전문성이 향상되는 것으로 나타났다. 2) 나비모형의 분할-결합 원리와 상태모형의 학습효과는 중학생보다 대학생일수록 문제해결과 전문성이 향상되는 것으로 조사되었다. 3) 나비모형의 분할-결합 원리와 상태모형을 학습하면 모순문제 전문성과 모순문제 해결 간의 관계에서 모순문제 자신감이 매개변수 역할을 수행하는 것으로 나타났다. 4) 나비모형의 분할-결합 원리와 상태모형을 학습하면 성장 마인드셋을 증가시키는 긍정적인 교육효과를 얻는 것으로 나타났다.

4. 결론

과학 창의성, 발명특허 창의성, 신상품 개발, 경영혁신, 스토리텔링의 주제구성, 문학과 드라마, 도덕 딜레마 등 다양한 분야의 풀기 어려운 문제들은 모두 어느 하나가 충족되면 다른 하나가 나빠지는 딜레마에 속하는 경우가 많다. 딜레마 상황에서 특정 대안 하나를 선택하고 나머지 다른 대안들을 버리는 것은 창의적이지 못한 통상적인 문제해결이 될 가능성이 크다. 선택하지 않은 대안이 나름대로 장점을 갖는 경우가 많기 때문이다. 그럼에도 불구하고 가치극대화를 가정하는 전통적인 경제학이나 제한된 합리성의 가정하에 인간의 의사결정을 연구하는 행동의사결정이론은 대부분 많은 대안들 중에서 하나의 대안을 선택하는 접근법을 취해 왔다. 창의적 문제해결에 관한 연구들도 선택대안의 속성과 중요도를 곱하여 가장 높은 값을 갖는 대안을 선택할 것을 제안한다. 서양의 논리학은 모순을 거부하는 양자택일의 사고를 따른다. 위인들의 문제해결이나 창의혁신의 사례에서는 양자택일의 사고보다는 양자모두를 충족하는 사고를 따르는 경우가 많다. 하지만 모순문제를 문제해결자가 적절하게 표상하는 알고리즘에 관한 연구가 부족하였다. 본 연구는 모순문제에 기반을 두고 양자모두를 충족하는 문제해결모형인 나비모형의 분할-결합 원리와 상태모형을 기술하였다. 이에 대한 학습자의 문제해결력과 성장 마인드셋에 유의한 영향을 미치는지 검증하였

다.

모순해결을 위한 분할-결합 원리와 이에 기반을 둔 상태모형의 문제해결절차를 요약하면 다음과 같다. (1) 문제에서 갈등을 일으키고 있는 기능 간 상충관계를 파악한다. 이를 위해 제일 먼저 일차적으로 요구되는 주요 기능 A를 기술한다. 시스템의 추상적인 주요 기능 A와 이를 수행하기 위한 구체적인 조건 c를 기술하여 내려간다. 이중초점렌즈의 경우에 안경의 주요 기능 A는 가까이 있는 책을 보는 것이다. 가까이 있는 책을 읽으려 하다 보니 멀리 있는 사물도 같이 볼 수 있는 기능을 추가했다는 점에서 기능 B는 시스템의 이차적인 기능에 해당한다. (2) 바람직한 주요 기능 A를 수행하기 위한 조건 c가 해로운 작용을 하거나 새로운 기능을 불충분하게 수행하는지 점검한다. 조건 c에서 파생되는 새로운 기능 B를 나열하고 그에 따른 조건 ~c를 찾는다. 조건 ~c가 기능 A를 불충분하게 수행하는지 확인한다. 이 과정에서 나비 다이어그램이 완성된다. (3) 기능 A, 조건 c, 기능 B, 조건 ~c의 틀로써 모순구조분석이 되는지 확인한다. 즉, 조건 c는 기능 B를 수행하지 못하고, 조건 ~c는 기능 A를 수행하지 못하는지 확인한다. 기능 A와 기능 B가 상충관계에 있는지 또한 조건 c와 ~c가 모순관계에 있는지 점검한다. 이러한 모순구조분석을 통해 추상적인 상충관계에서 구체적인 모순 관계로 문제 기술이 바뀌었는지 확인한다. (4) 문제에 드러난 갈등과 숨어 있는 모순을 통해 문제 해결의 이상 해결안을 도출하고 이를 문제 해결의 궁극적인 목표로 잡는다. 기능 A와 B에 비해 조건 c와 ~c는 시스템의 구체적인 상태에 속하면서 문제를 발생시키는 근본원인에 속한다. 조건 c와 ~c는 역설적이게도 문제를 일으키는 원인이면서 또한 해결수단이 된다. (5) 이상 해결안이 정해지면 시간, 공간, 시스템 수준의 세 가지 차원을 이용한 상태모형을 적용하여 문제해결의 궁극적인 상태와 현재상태를 점검하여 문제해결의 아이디어를 찾는다. (6) 모순의 역동성을 이용하여 미래에 발생한 문제를 미리 앞당겨 상상해 본다. 즉, 새로운 해결안이 새로운 상충관계를 만들어내는지 모순구조분석을 실시한다. 1차 모순관계에서 새로운 2차 모순 관계가 도출된

다는 것은 문제의 복잡도가 높다는 것을 의미한다. 문제에 대한 재정의 과정이 많을수록 문제의 복잡도는 증가하기 때문이다. 모순문제에서도 1차 모순관계가 2차, 3차 모순관계로 진행될수록 문제해결의 창의성이 높아진다. 2차 모순관계를 통해 새로운 문제가 발견(problem finding)이 되면 그에 따르는 해결안을 위에 설명한 (1)에서 (5)의 단계를 거쳐 해결안을 모색한다. (7) 한 번에 하나씩 모순을 정의하고 도출한 해결안들을 모두 모아 종합적인 해결안으로 정리한다.

본 연구의 1차와 2차에 걸친 조사결과, 나비모형의 분할-결합 원리와 상태모형에 대한 학습이 학습자의 모순문제 해결을 높이는 것으로 나타났다. 특히 중학생보다 대학생일수록 모순문제 해결이 급격히 증가하였다. 모순문제에 대한 교육효과가 중학생보다 대학생에게 더 크게 나타남을 알 수 있다. 분할-결합 원리와 상태모형을 학습하면 학습자의 모순문제에 대한 전문성이 증가하는 것으로 나타났다. 분할-결합 원리와 상태모형을 학습하는 과정에서 접하는 다양한 모순문제 사례가 학습자의 문제해결력을 높이는 데 유용하였다. 본 연구는 모순문제 전문성이 모순문제 해결을 높이는 데 있어서 모순문제 해결에 대한 자신감이 매개변수의 역할을 수행하는 것을 확인하였다. 마지막으로 분할-결합 원리와 상태모형에 대한 학습이 학습자의 성장 마인드세트를 높이는 것으로 조사되었다. 문제해결과정에서 문제를 해결하는데 기울인 노력과 성취가 학습자의 성장 마인드세트를 변화시킴을 알 수 있다.

본 연구의 분석결과를 통한 시사점은 다음과 같다. 첫째, 모순문제에 대한 학습효과는 중학생보다 대학생에게 보다 효과적인 것으로 조사되었다. 모순문제를 해결하려면 양자모두를 충족해야 하기 때문에 문제해결의 과정에서 큰 그림을 그려야 할 필요가 있다. 나이가 들면서 추상적 사고(abstract thinking)가 커지는 대학생과 일반인에게 나비모형의 분할-결합 원리와 상태모형의 교육효과가 더 클 수 있다. 둘째, 모순문제에 대한 전문성이 모순문제 해결을 높이는 것으로 나타났다. 전문성은 친숙성과 지식의 하위차원으로 구성되어 있다. 따라서 학습자의 모순문제 해결력을 높

이려면 다양한 모순문제를 접하게 하는 것이 친숙성을 높이는 데 유용하다. 학습자에게 템플릿을 제공하여 문제해결원리를 스스로 터득할 수 있도록 하는 강의방법이 유익하다. 셋째, 모순문제 전문성이 모순문제에 대한 자신감을 키워 모순문제 해결력이 높아지는 것을 확인하였다. 학습자로 하여금 처음에는 문제에 주어진 모순관계에 초점을 맞추도록 유도하다가 나중에는 상충관계와 모순관계에 초점을 맞추도록 유도할 필요가 있다. 모순문제 해결에 대한 원리를 터득하고 자신감을 고양시키는 데 효과적이기 때문이다. 넷째, 모순문제에 대한 도전으로 학습자의 성장 마인드세트가 향상되는 것으로 나타났다. 학습자의 학습동기가 긍정적으로 변하는 효과를 얻을 수 있었다. 기존 연구에 의하면, 성장 마인드세트를 가진 사람이 고착 마인드세트를 가진 사람보다 높은 학교생활의 만족도와 좋은 학업성취도를 가지며, 대인관계에서도 적극적인 노력을 통해 좋은 관계를 유지하는 것으로 조사되었다(Dweck, 2000, 2006). 학습자의 성장 마인드세트가 커진다는 것은 문제해결뿐만 아니라 대인관계와 자기통제의 영역에도 긍정적인 학습효과를 가질 수 있다.

추후 연구는 다음과 같이 이루어질 수 있다. Kramer(2007)는 30년 넘게 컴퓨터 사이언스와 소프트웨어 공학에 대한 강의 경험에서 추상화(abstraction)가 학생들의 전산능력을 개발하는 데 있어서 절대적으로 중요하다고 주장하였다. 1952년 82세가 된 Matisse는 더 이상 그림을 그릴 기력이 없어지자 가위 색종이를 잘라 '칭색누드'를 완성하였다. Matisse는 데쿠파주(decoupage) 기법을 구현하여 미술사의 혁신을 이루었다. 반면에 뉴욕타임스가 미국 역사상 가장 혁신적인 기업으로 보도한 IDEO사의 설립자 Kelly(2002)는 '테크 박스(Tech Box)'의 예를 제시하면서, 보고 만지고 느끼면서 배우는 것이 새로운 아이디어를 자극하는 것에 절대적이라고 주장하였다. 추상적 사고와 구체적 사고가 창의성에 미치는 영향이 다를 수 있다. 학습자의 사고수준에 따라 문제유형/문제해결과정에 적절한 학습도구와 템플릿이 달라야 효과적

일 수 있다. 이에 대한 연구가 필요하다. Förster, Epstude, and Özelsel(2009)은 해석수준이론에 의하여 추상적 사고를 할수록 통찰문제에 대한 해결비율이 높아지는 반면에 구체적 사고를 할수록 분석적 문제에 대한 해결비율이 높아지는 것을 입증하였다. 모순 문제를 해결하려면 문제 상위 수준의 상충관계에 대한 추상적 사고와 함께 문제 하위 수준의 모순관계에 대한 구체적 사고를 모두 요구한다. 모순문제의 이상 해결안을 파악하려면 조건 c와 조건 ~c에 초점을 두는 논리적 사고가 요구되지만, 이상 해결안을 만족시키는 구체적인 해결안을 내려면 발산적 사고가 필요하다. 결국, 모순문제를 해결하려면 추상적 사고와 구체적 사고, 논리적 사고와 발산적 사고가 모두 필요하다. 미래 연구는 문제유형과 문제해결과정별로 추상적 사고와 구체적 사고, 논리적 사고와 발산적 사고가 문제해결에 미치는 영향을 조사할 필요가 있다.

급속한 과학기술의 발전은 새로운 도덕딜레마를 만들고 있다. 예를 들어, 인간복제와 생명존중의 문제는 고차원적인 도덕딜레마를 만들어 창의적 문제해결을 요구한다. 고도 지식사회는 높은 기술숙련도를 요구하지만 기술중독의 위험성을 증대시키고 있다. 그럼에도 불구하고 도덕철학, 도덕심리학, 도덕교육 분야에서 도덕적 창의성에 관한 연구가 드물다(추병완, 2011). 도덕딜레마와 모순문제 교육을 연계하여 학습자의 도덕적 창의성에 관한 연구가 가능하다.

감사의 글

제주대학교 김정윤, 이경은 대학원생에게 감사한다.

참고 문헌

[국내 문헌]

- [1] 김기영 (2008), 창의력 문제해결의 힘, 위즈덤하우스.
- [2] 김상수, 김영천 (2011), 창의적 문제해결과 의사

결정, 청람.

- [3] 김수경 (2007), 단순한 생각이 만들어 낸 과학발명 100가지, 계림.
- [4] 김영채 (1994), "유추적 문제해결의 전이와 개념적 이해," 한국심리학회지: 실험 및 인지, 6권, 132-163.
- [5] 김영채 (2009), 창의적 문제해결: 창의력 수업을 위한 코칭 가이드, 교육과학사.
- [6] 김익철 (2012), 지혜로움의 비밀-트리즈의 사상과 방법, MJ미디어.
- [7] 김효준 (2004), 생각의 창의성 TRIZ, 지혜.
- [8] 김효준 (2009), 창의성의 또 다른 이름 트리즈, 인피니티북스.
- [9] 박권생 (2005), "창의력과 통찰문제 해결능력," 사고개발, 제1권 제1호, 23-40.
- [10] 박선순, 김정선 (2012), 아리즈 물안경의 렌즈는 Why 있는 것일까?, GS인터비전.
- [11] 손영우 (2005), 전문가, 그들의 법칙, 쌤터.
- [12] 송미정 (2009), 회사를 살리는 아이디어 42가지, 연합뉴스.
- [13] 이경원 (2010), "대학의 창의적 설계 교육에 적합한 퀵 트리즈(Quick TRIZ) 프로세스와 적용사례들," 한국정밀공학회 2010년도 춘계학술대회논문집, 871-872.
- [14] 이용규, 이경원 (2003), "트리즈 (러시아의 창의적 문제해결 이론)의 창의적 지식경영에서의 응용," 지식경영연구, 제4권 제1호, 81-94.
- [15] 정남기 (2002), TOC 골든룰, 한언.
- [16] 조주형, 양동열, 최병규, (2005), "전뇌 이론과 창의적 사고 도구를 활용한 창의적 지식창출 모형의 산업적 적용에 관한 연구," 지식경영연구, 제6권 제2호, 1-22.
- [17] 피에르 제르마 (2004), 만물의 유래사, 김혜경 역, 하늘연못.
- [18] 추병완 (2011), "초등 도덕과에서 창의적 사고기법의 활용," 한국초등도덕교육학회, 초등도덕교육 제35집, 211-242.

- [19] 하영원 (2000), "소비자 의사결정-정보처리적 접근을 중심으로," 소비자학연구, 제11권 제2호, 1-38.
- [20] 하주현 (2006), "문제발견과 창의성," 지식경영연구, 제7권 제1호, 1-12.
- [21] 현정석 (2004), 디지털 손자병법, KT문화재단.
- [22] 현정석 (2008), "창의혁신을 위한 나비대교 모형," 한국경영컨설팅학회 하계학술대회, 3-17.
- [23] 현정석, 박찬정 (2009), "스마트폰 기반의 QR코드 해석기 성능분석 및 응용개발," 한국해양정보통신학회논문지, 13권, 10호, 2242-2250.
- [24] 현정석, 박찬정 (2010), "모순해결과 나비모형에 대한 교육이 청소년들의 문제해결력에 미치는 영향," 과학 영재교육, 2권, 3호, 63-76.
- [25] 현정석, 박찬정 (2012), "창의적 문제해결을 위한 나비모형의 교육과정과 학습효과," 한국지식경영학회 춘계학술대회 논문집, 194-207.
- [26] 현정석 (2012), "모순해결 나비 모형의 알고리즘과 교육효과," Korea Business Review, 제16권 제3호, 101-132.
- [27] 홍성욱 (2003) 하이브리드 세상읽기, 안그라픽스.
- [5] Dent, Harry S. (1999), *The Roaring 2000s: Building the Wealth and Lifestyle You Desire in the Greatest Boom in History*, Simon and Schuster.
- [6] Duncker, Karl (1945), "On Problem-Solving (Translated by Lynne S. Lees)," *Psychological Monographs*, Vol. 58 No. 5(Whole No. 270).
- [7] Dweck, Carol (2000), *Self-theories: Their Role in Motivation, Personality, and Development*, Psychology Press.
- [8] Dweck, Carol (2007), *Mindset: The New Psychology of Success*, Ballantine Books.
- [9] Fey, Victor and Eugene Rivin (2005), *Innovation on Demand: New Product Development Using TRIZ*, Cambridge University Press.
- [10] Fogler, H. Scott and Steven E. LeBlanc (1994), *Strategies for Creative Problem-Solving*, Prentice Hall.
- [11] Förster, Jens, Kai Epstude, and Amina Özelsel (2009), "Why Love Has Wings and Sex Has Not: How Reminders of Love and Sex Influence Creative and Analytic Thinking," *Personality and Social Psychology Bulletin*, Vol. 35, 1479-1491.
- [12] Freitas, Antonio L., Peter Gollwitzer, and Yaacov Trope (2004), "The Influence of Abstract and Concrete Mindsets on Anticipating and Guiding Others' Self-regulatory Efforts," *Journal of Experimental Social Psychology*, Vol. 40, No. 6, 739-752.
- [13] Ghemawat, Pankaj (1985), "Building Strategy on the Experience Curve," *Harvard Business Review*, 143-149.
- [14] Gick, Mary L. and Keith J. Holyoak (1980), "Analogical Problem Solving," *Cognitive Psychology*, Vol. 12, 306-355.

[국외 문헌]

- [1] Alba, Joseph W. and J. Wesley Hutchinson (1987), "Dimensions of Consumer Expertise," *Journal of Consumer Research*, Vol. 13, No. 4, 411-454.
- [2] Altshuller, G. Saulovich (1984), *Creativity as an Exact Science: The Theory of the Solution of Inventive Problems*, CRC Press.
- [3] Anderson, John R., Lynne A. Reder, and Herbert A. Simon (1996), "Situated Learning and Education," *Educational Researcher*, Vol. 25, No. 4, 5-11.
- [4] Brandenburger, Adam M. and Barry J. Nalebuff (2011), *Co-opetition*, Random House

- [15] Gick, Mary L. and Keith J. Holyoak (1983), "Schema Induction and Analogical Transfer," *Cognitive Psychology*, Vol. 15, 1-38.
- [16] Gocłowska, Małgorzata A. and Richard J. Crisp (2012), "On Counter-stereotypes and Creative Cognition: When Interventions for Reducing Prejudice can Boost Divergent Thinking," *Thinking Skills and Creativity*, Vol. 8, 72-79.
- [17] Grant, Elizabeth R. and Michael J. Spivey (2003), "Eye Movements and Problem Solving: Guiding Attention Guides Thought," *Psychological Science*, Vol. 14, No. 5, 462-466.
- [18] Hauser, John R. (1986), "Agendas and Consumer Choice," *Journal of Marketing Research*, Vol. 23, 199-212.
- [19] Hill, Bernd (2005), "Goal Setting Through Contradiction Analysis in the Bionics-Oriented Construction Process," *Creativity and Innovation Management*, Vol. 14, No. 1, 59-65.
- [20] Huang, Li and Adam D. Galinsky (2011), "Mind-Body Dissonance Conflict Between the Senses Expands the Mind's Horizons," *Social Psychological and Personality Science*, Vol. 2, No. 4, 351-359.
- [21] Hyun, J. S. and C. J. Park (2008), "Butterfly Bridge Model as a Simplified ARIZ," *Proceedings of the 4th Japan TRIZ Conference*, 164-167.
- [22] Hyun, J. S. and C. J. Park (2009), "A Conflict-Based Model for Problem-Oriented Software Engineering and Its Applications Solved by Dimension Change and Use of Intermediary," *Proceedings of the International Conference on Advanced Software Engineering and Its Applications*, 61-69.
- [23] Hyun, J. S., C. J. Park, and Hyeyoung Kim (2010), "Time State Model with the Butterfly Model for Problem Solving," *Global TRIZ Conference 2010 in Korea*, 62.
- [24] Hyun, J. S. and C. J. Park (2012), "The Butterfly Model for Supporting Creative Problem Solving," *Knowledge, Information and Creativity Support Systems (KICSS), 2012 Seventh International Conference on IEEE*, 28-34.
- [25] John, Terninko, Alla Zusman, and Boris Zlotin (1998), *Systematic Innovation, an Introduction to TRIZ*, CRC press.
- [26] Kaplan, Stan (1996), *An Introduction to TRIZ: The Russian Theory of Inventive Problem Solving*, Ideation International.
- [27] Kelly, Tom (2002), *The Art of Innovation: Lessons in Creativity from IDEO, America's Leading Design Firm*, Crown Business.
- [28] Kim, Hyo June (2013), "TRIZ Process Based on Experience in the Field," *Global TRIZ Conference 2013 in Korea*.
- [29] Kotovsky, K., Hayes, J. R., and Herbert A. Simon (1985), "Why Are Some Problems Hard? Evidence from Tower of Hanoi," *Cognitive Psychology*, Vol. 17, No. 2, 248-294.
- [30] Kramer, Jeff (2007), "Is Abstraction the Key to Computing," *Communication of the ACM*, Vol. 50, No. 4, 37-42.
- [31] Mann, Darrell and Roy Stratton (2000), "Physical Contradictions and Evaporating Clouds," *TRIZ Journal*, Vol. 4.
- [32] Martin, Roger L. (2009), *The Opposable Mind: Winning through Integrative Thinking*, Harvard Business Press.
- [33] Miron-Spektor, Ella, Francesca Gino, and Linda Argote (2011), "Paradoxical Frames and Creative Sparks: Enhancing Individual Creativity through Conflict and Integration," *Organizational Behavior and Human Decision*

- Processes*, Vol. 116, 229-240.
- [34] Mohammed, Rafi (2005), *The Art of Pricing: How to Find the Hidden Profits to Grow Your Business*, Random House Digital, Inc.
- [35] Newell, Allen and Herbert A. Simon (1972), *Human Problem Solving*, Prentice-Hall.
- [36] Novick, Laura R. and Sean M. Hurley (2001), "To Matrix, Network, or Hierarchy: That is the Question," *Cognitive Psychology*, Vol. 42, No. 2, 158-216.
- [37] Peng, Kaiping and Richard E. Nisbett (1999), "Culture, Dialectics, and Reasoning about Contradiction," *American Psychologist*, Vol. 54, No. 9, 741-754.
- [38] Philatov, V., B. Zlotin, A. Zusman, and G. Altshuller (1999), *Tools of Classical TRIZ*, Ideation International Inc.
- [39] Polya, George (1973), *How to Solve It*, Princeton University Press.
- [40] Roese, Neal (2005), *If Only: How to into Regret into Opportunity*, Broadway Books.
- [41] Rothenberg, Albert (1983), "Psychopathology and Creative Cognition: A Comparison of Hospitalized Patients, Nobel Laureates, and Controls," *Archives of General Psychiatry*, Vol. 40, No. 9, 937-942.
- [42] Savransky, Semyon D. (2002), *Engineering of Creativity: Introduction to TRIZ Methodology of Inventive Problem Solving*, CRC Press.
- [43] Shafir, Eldar, Itamar Simonson, and Amos Tversky (1993), "Reason-based Choice," *Cognition*, Vol. 49, Issues 1-2, October-November, 11-36.
- [44] Simon, Herbert A. (1962), "The Architecture of Complexity," *Proceedings of the American Philosophical Society*, Vol. 106, No. 6, 467-482.
- [45] Simon, Herbert A. (1987), *The Sciences of the Artificial*, The MIT Press.
- [46] Simonson, Itamar and Amos Tversky (1992), "Choice in Context: Tradeoff Contrast and Extremeness Aversion," *Journal of Marketing Research*, 29, 281-295.
- [47] Smith, Wendy K. and Michael L. Tushman (2005), "Managing Strategic Contradictions: A Top Management Model for Managing Innovation Streams," *Organization Science*, Vol. 16, No. 5, 522-536.
- [48] Stratton, R. and D. Mann (2003), "Systematic Innovation and the Underlying Principles behind TRIZ and TOC," *Journal of Materials Processing Technology*, Vol. 139, No. 1, 120-126.
- [49] Treffinger, Donald J., Scott G. Isaksen, and K. Brian Stead-Dorval (2005), *Creative Problem Solving: An Introduction*, Prufrock Press Inc.
- [50] Tsai, C. I. and A. L. McGill (2011), "No Pain, No Gain? How Fluency and Construal Level Affect Consumer Confidence," *Journal of Consumer Research*, Vol. 37, No. 5, 807-821.
- [51] Utterback, James M. (1994), *Mastering the Dynamics of Innovation*, Cambridge, Harvard Business School Press.
- [52] Winterich, Karen Page and Kelly L. Haws (2011), "Helpful Hopefulness: The Effect of Future Positive Emotions on Consumption," *Journal of Consumer Research*, Vol. 38, No. 3, 505-524.
- [53] Zhao, Xinshu, John G. Lynch Jr., and Qimei Chen (2010), "Reconsidering Baron and Kenny: Myths and Truths about Mediation Analysis," *Journal of Consumer Research*, Vol. 37, No. 2, 197-206.
- [54] <http://mb.cision.com/Public/55/9368937/b8df0d7d129fe459.pdf>.

● 저 자 소 개 ●



현 정 석 (Jung Suk Hyun)

서강대학교 대학원 경영학과에서 마케팅 전공으로 박사학위를 취득하고, 현재 제주대학교 경영정보학과 교수로 재직 중이다. 연구관심분야는 행동의사결정론과 창의적 문제해결이다. 그의 논문은 경영학연구와 Journal of Product Innovation Management 등의 국내외 학술지에 발표되었다. 대한사고개발학회 편집위원이며, 국제트리즈협회(MA TRIZ) 트리즈전문가이다. 2007년에 제주대학교 '연구업적우수교수상' 수상, 2008년에 '대학을 빛낸 교수상' 수상, 2011년에 '강의평가 최우수교수상'을 수상하였다. 2012년 '제47회 발명의 날'에 발명지도유공자로 선정돼 '특허청장 표창'을 수상하였다. 2013년 한국발명신문사 '대한민국발명가 대상'을 수상하였다.



박 찬 정 (Chan Jung Park)

서강대학교 대학원 전자계산학과 컴퓨터공학 전공으로 박사학위를 취득하고, 한국통신 소프트웨어연구소 전임연구원을 거쳐 현재 제주대학교 컴퓨터교육과에 교수로 재직 중이다. 주요관심분야는 창의인성 교육, 정보기술의 사회적 영향, 추상적 사고력 측정 등이다. 그녀의 논문은 한국컴퓨터교육학회와 한국정보교육학회 논문지 등에 발표되었고 현재 한국컴퓨터교육학회 창의인성연구회 위원장과 제주대학교 교육과학연구소장을 맡고 있다. 또한 한국정보과학회 데이터베이스 소사이어티 이사이며 국제트리즈협회(MA TRIZ) 트리즈전문가이다.