

## 모순해결 나비 모형의 알고리즘과 교육효과\*

현 정 석\*\*

성공적인 혁신은 하나가 좋아지면 다른 하나가 나빠져서 이리지도 저리지도 못하는 딜레마에 빠졌을 때 적당히 타협하지 않고 근본적인 모순을 해결한다. 본 연구는 모순문제를 해결하는 알고리즘을 개발하고 이에 대한 교육효과를 입증하는 데 목적이 있다. 본 연구에서 제안한 나비 모형(The Butterfly Model)은 문제에 주어진 기능 간의 상충관계와 조건 간의 모순 관계에서 이상해결안을 정하여 문제를 해결하는 알고리즘을 내포한다. 나비 모형은 양자택일(either-or)의 사고를 탈피하고 양자모두(both-and)를 충족하는 모순해결모형이다. 본 연구는 모순해결을 위한 양자모두 충족법으로 (1) 시간, (2) 결합, (3) 전체와 부분, (4) 버전, (5) 추출, (6) 차원변화를 고려한 방법들을 제안하였다. 나비 모형의 교육효과를 검증하기 위해 중학생과 대학생들에게 Duncker(1945)의 방사선 문제를 비롯하여 포탄, 바늘, 컴퍼스의 문제를 제시하였다. Duncker의 방사선 문제에 대해 약 10%의 해결비율을 보였던 기존연구에 비해 나비 모형을 한 달 전에 배우고 아무런 힌트 없이도 문제를 해결한 학생들의 비율이 33%로 더 높게 나타났다. 포탄, 바늘, 컴퍼스 문제에 대해서도 나비 모형을 학습한 학생들이 그렇지 않은 학생들보다 문제해결비율이 높게 나타났다. 또한 일 년 전에 나비 모형을 배운 학생들의 문제해결력이 감소하지 않고 계속 유지되는 것으로 나타났다. 모순문제 해결력에 대한 회귀분석결과, 나비 모형을 학습한 것이 문제해결력을 높이는 것으로 나타났다. 나비 모형을 배운 학생들이 발명대회에 참가하여 총 32명이 수상하고, 17명이 13건의 특허출원을 하였으며 이중 2명이 대한민국인재상을 수상하였다. 나비 모형을 학습한 중·고등·대학생들의 특허출원은 우리나라의 연구관리전문기관 중에서 특허등록결정률이 높았던 상위 10개 기관의 평균 72%(2011년 12월 기준) 보다 더 높은 100% 특허등록결정률을 기록하였다. 마지막으로 본 연구에서는 나비 모형의 유용성과 추후 연구를 토의하였다.

주제어: 나비 모형, 모순해결, 딜레마, 창의적 문제 해결, 발명, 혁신

### 1. 서론

IBM은 2009~2010년에 60개국 33개 산업에 종사하는 1,541명의 경영자들과 인터뷰하여 직원들에게 필요한 능력이 무엇인지 물어보았는데 창의성이 가장 중요한 것으로 나타났다(<http://www.ibm.com/news/ca/en/2010/05/20/v384864m81427w34.html>). 남들과 똑 같은 생각으로 경쟁우위를 갖기는 어렵다. 남들이 미처 생각하지 못한 방식으로 문

제를 해결할 때 혁신이 발생한다(이홍, 2005). 문제해결자가 문제해결과정에서 모순(contradiction)에 맞닥뜨리게 되면 논리적으로 모순을 받아들이기 어렵기 때문에 창의적 문제해결이 쉽지 않다. 모순이란 모든 것을 뚫을 수 있는 창과 모든 것을 막을 수 있는 방패가 양립할 수 없는 것처럼 참이면서 동시에 거짓일 수 없는 것을 뜻한다(Peng and Nisbett, 1999). 딜레마(dilemma)는 어느 한 편을 택하면 다른 한 편에서 문제가 생기는 상충 관계(trade-off)로 인해 그 어느 쪽을 선택해도 바람직하지 못한 결

논문접수일: 2012. 02. 24.

1차 수정본 접수일: 2012. 05. 18.

게재확정일: 2012. 05. 22.

\* 이 논문은 2010년도 제주대학교 학술연구지원사업에 의하여 연구되었음.

\*\* 제주대학교 경영정보학과 교수(jshyun@jejunu.ac.kr)

과가 나오게 되는 상황을 말한다(Cushman and Young, 2009). 양쪽 대안 모두 장단점을 갖는 경우가 많아 한 대안을 택하고 다른 대안을 포기해야 하는 딜레마를 풀기 어렵다(Fey and Rivin, 2005; Hyun and Park, 2008, 2009). 행동의사결정론에서는 의사결정을 '선택 대안간 장단점을 비교 평가하여 보다 가치가 큰 대안이나 선택의 정당한 이유를 찾을 수 있는 대안을 선택하고 그렇지 않은 다른 대안들을 포기하는 심리적 과정'으로 설명한다(Simonson and Tversky, 1992; Shafir, Simonson, and Tversky, 1993; 안서원, 2006). 하지만 선택 대안 중 가치가 가장 큰 대안이나 선택의 정당한 이유를 찾을 수 있는 특정 대안을 선택하는 일반적 의사결정으로는 창의적 문제해결이 어렵다. 왜냐하면 딜레마를 창의적으로 해결하려면 양자택일(either-or)의 문제해결방식보다는 양자모두(both-and)를 충족시키는 문제해결방식이 더 적합하기 때문이다(Miron-Spektor, Gino, and Argote, 2011; Smith and Tushman, 2005; Hill, 2005; 홍성욱, 2003; 현정석, 박찬정, 2009).

풀기 어려운 딜레마들은 그 안에 모순이 있는 공통점을 갖는다(Fey and Rivin, 2005). 그 예로서 Steve Jobs의 아이팟 개발과 Alexander Fleming의 페니실린 추출 문제를 들 수 있다. Jobs는 아이팟을 개발할 때 모순문제에 직면했다. Jobs는 휴대하기 편한 아이팟을 만들고 싶었지만 아이팟에 전원을 공급하는 건전지가 문제였다. 아이팟의 두께를 얇게 만들면 휴대 편리성이 높아지지만 건전지의 두께보다 얇아진 아이팟에 건전지를 장착하지 못하여 아이팟이 작동할 수 없었다. 이와 반대로 충분히 두꺼운 아이팟을 만들면 건전지를 장착할 수 있지만 휴대 편리성이 떨어지는 문제가 생겼다. 아이팟을 두껍게 만들면 휴대가 불편해지고, 이와 반대로 아이팟을 얇게 만들면 건전지를 장착하지 못하는 문제가 생겼다. 아이팟 개발의 문제는 아이팟의 두께가

얇아야 하고 또한 두꺼워야 하는 모순을 가졌다. 이와 똑 같은 문제에 직면했던 기존 MP3 플레이어 제조사들이 건전지를 장착하여 사용하는 방식을 채택한 반면에 Jobs는 발상의 전환으로 얇은 충전용 배터리를 내장시키고 주변 전원장치에서 충전을 함으로써 문제를 해결했다(김영한, 2007; 이명우, 장세진, 2011).

1928년 Fleming은 배양접시 안의 푸른곰팡이 주위로 박테리아가 없는 것을 발견했다. 그는 푸른곰팡이가 생산하는 페니실린이 항균작용을 하는 것을 알아냈다. 문제는 페니실린 배양액이 10~14일 정도 되면 페니실린의 효능이 사라지는 것이었다. 세 포에서 수분이 제거되면 대사활동이 일어날 수 없으므로 생리적 변화가 일어나지 않아 장기간 보존이 가능하다. Fleming은 수분을 증발시키기 위해 페니실린 수용액을 가열하였다. 그러자 페니실린이 건조는 되었지만 뜨거운 온도 때문에 페니실린 효능이 사라져버렸다. 페니실린을 살리기 위해 낮은 온도를 가하면 이번에는 건조가 되지 않아 문제였다. 페니실린 추출문제는 수용액에 가하는 열이 뜨거워야 하고 또한 뜨겁지 않아야 하는 모순을 갖고 있었다. Fleming은 페니실린의 모순문제를 풀지 못하고, 1929년 연구결과를 논문으로 발표하고는 연구를 접었다. 1940년 Howard Florey와 Ernst Chain이 페니실린 분리 정제에 성공하여 Fleming과 함께 노벨상을 받았다. 그들은 페니실린 수용액을 열린 상태로 만들고 진공으로 압력을 낮춰 물을 승화시켜 없앴다. 동결건조법을 이용하면 페니실린의 효능을 살리면서도 수분을 증발시킬 수 있다(김영호, 2009; 조문구, 2004). 성공적인 혁신은 하나가 좋아지면 다른 하나가 나빠져서 이리지도 저리지도 못하는 딜레마에 빠졌을 때 적당히 타협하지 않고 양자모두를 충족하는 해결안을 추구한다(짐 콜린스, 2002; Smith and Tushman, 2005).

아이팟 개발과 페니실린 추출문제처럼, 창의적 문제 해결은 양자택일의 사고보다는 상반되는 아이디어를 동시에 생각하여 각 대안의 장점을 모두 통합하는 야누스적 사고(Janusian Thinking) 또는 반대인 것처럼 보이는 두 개념을 동시에 참이라고 받아들이는 변증법적 사고(Dialectical Thinking)를 한다(Rothenberg, 1983; Peng and Nisbett, 1999; Smith and Tushman, 2005; Miron-Spektor, Gino, and Argote, 2011; 로저 마틴, 2008). 혁신, 발명특허, 창의성, 과학적 발견에 관해 많은 연구가 진행되어 왔지만 야누스적 사고나 또는 변증법적 사고 관점에서 문제해결과정을 모형화한 연구는 상대적으로 적다(Utterback, 1994; Fey and Rivin, 2005; 백유성, 이재경, 김정숙, 권오영, 2009; Polya, 1973). 그 대표적인 예로 Duncker(1945)의 방사선 문제가 있다.

Duncker(1945)는 악성 종양을 치료하는 방사선 문제를 실험참가자들에게 제시하였다. 즉, 방사선이 환자의 악성 종양을 파괴하려면 방사선 강도가 세야 했다. 하지만 센 방사선은 악성 종양을 둘러싸고 있는 일반 조직도 함께 파괴되는 문제가 있다. 이와 반대로 일반 조직을 보호하기 위해 방사선 강도를 약하게 하면 일반 조직이 파괴되는 것을 막지만 악성 종양을 파괴하지 못하는 문제가 있다. Duncker는 실험참가자들에게 어떻게 하면 “동시에” 방사선으로 악성 종양을 파괴하면서도 또한 일반 조직의 파괴를 피할 수 있는지 물었다. Duncker의 방사선 문제를 풀려면 방사선 강도가 세면서도 동시에 약해야 하는 모순을 해결해야 했다. 방사선 문제의 해결안은 약한 방사선을 여러 방향에서 동시에 악성 종양을 향해 쏘는 것이다. 여러 방향에서 쏘 약한 방사선은 일반 조직을 파괴하지 않지만 가운데 악성 종양으로 모인 방사선은 강도가 세져 악성 종양을 파괴한다. Duncker(1945)의 연구에서 방사선 문제를 푼 사람은 42명 중 단 2명에 불과했다. 그것도 Duncker

가 몇 가지 힌트를 준 뒤에야 가능했다. Grant and Spivey(2003)의 연구에서는 실험참가자의 36%(실험 1)과 37%(실험 2)이 방사선 문제를 해결한 것으로 나타났다. 이마저도 실험참가자가 문제를 푸는 중간에 연구자가 개입하여 사실상 정답에 가깝게 “방사선의 강도를 조절하면 어떻게 되겠느냐?”와 “하나 이상의 방사선을 쏘면 어떻게 되겠느냐?”의 힌트를 준 결과이었다. 당면 문제를 풀고 있는데 어떤 유사 문제가 도움이 될 것이라고 힌트를 받는 일은 비현실적이다(Weisberg, 2006, p. 160).

Gick and Holyoak(1980, 1983)는 유추(analogy)가 문제해결에 미치는 영향을 알아보기 위해 Duncker의 방사선 문제를 이용했다. 그들은 표적 문제로서 Duncker의 방사선 문제를 주기 전에 바탕 문제로서 ‘장군 문제’를 먼저 다음과 같이 제시하였다. 한 나라의 중심부에 독재자가 살고 있는 요새가 있는데, 그 요새로부터 방사형으로 많은 길이 뻗어나 있다. 장군은 전체 군대가 한꺼번에 요새를 공격하면 요새를 점령할 수 있음을 알았다. 하지만 요새로 이어진 길바닥에 지뢰가 매설되어 있어 많은 병력이 지나가면 지뢰가 터지는 문제가 있었다. 작은 병력이 길을 통과하면 지뢰가 터지지 않지만 요새를 점령하기에는 부족했다. 고민 끝에 장군은 군대를 몇 개의 작은 그룹으로 분산시켜 각각의 길에 병력을 보내어 동시에 요새를 향해 진격시켰다. 마침내 전체 군대는 한꺼번에 힘을 다하여 요새를 공격하여 독재자를 전복시킬 수 있었다. 장군 문제는 요새를 공격하는 병력이 많아야 하고 동시에 적어야 하는 모순을 갖고 있다. 장군 문제의 모순 해결안은 방사선 문제와 마찬가지로 병력을 나누어 여러 방향에서 동시에 요새로 집중시켜 해결한다는 점에서 유사하다. 하지만 모순 구조에 대한 충분한 이해가 없이 단순히 장군 문제를 접한 실험참가자들은 낮은 문제해결력을 보였다. 즉, Gick and Holyoak(1980)의 실험4에서 20%, Catrambone and Holyoak(1989)

의 실험1에서 16%로 나타났다. 심지어 Spencer and Weisberg(1986)의 실험2에서는 실험참가자들이 장군 문제를 접한 뒤 6분이 지나 다른 상황에서 방사선 문제를 풀었을 경우에 단 한 명도 문제를 해결하지 못하였다. 이는 실험참가자들이 장군 문제와 방사선 문제간 해결원리에 대한 이해가 부족한 채로 초보자처럼 문제를 해결하였기 때문이다(Oates, 2006; Anderson, Reder, and Simon, 1996; 김영채, 1994).

장군 문제의 해결책을 그림으로 표현하여, 즉 군대가 분산하여 요새를 향하여 공격하는 것을 화살표로 표시한 다이어그램을 실험참가자들에게 제시한 경우에도 낮은 문제해결력을 보였다. 연구결과에 의하면, Gick and Holyoak(1983)의 실험3에서 23%, 김영채(1994)의 실험1에서 8%가 해결하였다. Pedone, Hummel, and Holyoak(2001)의 실험1에서는 악성 종양을 향해 수렴하는 방사선을 화살표로 표현하여 만화처럼 4장으로 이루어진 다이어그램을 먼저 보고 방사선 문제를 푼 실험참가자들 중에 17%가 해결하였다. 시각적 사고를 돕는 다이어그램이 문제해결에 유용하다는 기존 연구들(Polya, 1973; Newell and Simon, 1972; Larkin and Simon, 1987; 루트번스타인과 루트번스타인, 2007)과 달리 방사선 문제에서 다이어그램이 문제해결에 큰 도움이 되지 못한 것은 실험참가자들이 문제간 유사성을 알아차리지 못하였기 때문이다(Gick and Holyoak, 1980, p. 348; Anderson, Reder, and Simon, 1996).

Duncker의 방사선 문제를 이용한 유추적 문제해결에 관한 기존 연구들은 Duncker(1945)를 포함하여 모두 모순해결 관점에서 방사선 문제를 다루지 않았다. 문제해결을 막는 심리적 장벽이자 문제해결의 열쇠를 쥐고 있는 모순에 대한 이해가 없는 채로 실험참가자들이 장군 문제와 방사선 문제를 접하였기에 유추 전이(Analogy Transfer)가 충분히 이뤄

지지 않았던 것이다. Anderson, Reder, and Simon (1996)은 성공적인 유추 전이가 이뤄지려면 추상적인 해결원리와 구체적인 사례를 결합하여 반복 학습시키는 것이 효율적이라고 주장하였다. 모순문제를 해결하려면 모순구조와 해결원리를 결합한 문제해결 알고리즘을 학습하는 것이 효율적이다. 하지만 창의성, 문제해결, 도덕 딜레마에 관한 국내외 기존 연구들은 행동적, 임상적, 인지적, 발달적, 교육적, 역사적, 조직적, 사회적 관점에서 다루고 있을 뿐 모순해결을 위한 알고리즘 개발에 대한 관심은 부족하다(Runco and Pritzker, 2011; 백유성, 이재경, 김정숙, 권오영, 2009; Cushman and Young, 2009).

이에 본 연구는 모순문제를 해결하는 알고리즘을 개발하고 이에 대한 교육효과를 입증하는 데 목적이 있다. 본 연구는 두 가지의 연구목표를 갖는다. 첫째, 모순에 기반을 둔 문제해결모형으로서 '나비 모형(The Butterfly model)'의 알고리즘을 소개한다. 알고리즘에서 모순해결을 위한 양자모두 충족법으로 (1) 시간, (2) 결합, (3) 전체와 부분, (4) 버전, (5) 추출, (6) 차원변화를 고려한 방법들을 고려한다. 둘째, 나비 모형의 교육효과를 검증하기 위해서 중학생과 대학생 집단을 대상으로 나비 모형의 학습 유무에 따라 모순문제 해결력에 차이가 있는지를 검증한다. 이를 검증하기 위한 모순문제로서 Duncker의 방사선 문제와 함께, 포탄 문제, 바늘 문제, 컴퍼스 문제를 사용한다. Duncker의 방사선 문제 하나에 대한 문제해결을 살폈던 대부분의 기존 연구와 달리 본 연구는 복수의 모순문제를 측정한다. 방사선 의학 문제뿐만 아니라 군사적 문제와 일상생활의 문제까지 포괄함으로써 연구의 신뢰성과 타당성을 확보할 수 있다. Duncker의 방사선 문제에 대한 대부분의 기존 연구는 비모수 통계에 속하는 교차분석을 사용하였다. 교차분석은 집단의 수를 어떻게 나누는가에 따라 통계량이 달라지는 한계가 있다. 기존 연구와 달리 본 연구는 복수의 모순문제

를 측정함으로써 모순 통계에 속하는 회귀분석이 가능해지는 이점을 갖는다. 더욱이 모순문제 해결력에 미치는 독립변수의 영향을 파악함에 있어 더미변수 대신에 연속변수로 처리함으로써 독립변수의 효과를 보다 정확히 분석할 수 있는 이점이 있다(Nisbett, 1993, p. 443). 마지막으로 나비 모형을 통한 교육 효과를 입증하기 위해 통계적 검증뿐만 아니라 실제 발명대회에 참가한 결과와 특허등록으로 이어진 성과를 설명한다.

본 연구의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 모순해결 관점에서 나비 모형의 기본 구성요소에 대한 정의 및 알고리즘을 설명한다. 모순문제에 대한 사례와 함께 모순유형에 따른 해결법을 기술한다. 3장에서는 본 연구에서 진행한 나비 모형에 대한 교육효과를 통계적으로 검증하고 발명대회와 특허등록에 대한 교육성과를 함께 살핀다. 4장에서는 나비 모형의 유용성과 추후에 이뤄질 수 있는 연구방향에 대해 토의한다.

## II. 모순해결 나비 모형의 알고리즘

이 장에서는 모순문제를 해결하기 위한 나비 모형의 기본 구성요소에 대한 정의를 제시한다. 이와 함께 모순해결법 유형에 따라 모순문제 사례들을 살핀다.

### 2.1 나비 모형

나비 모형은 모순을 지닌 해결해야 할 문제 P를 4가지 요소를 갖는 시스템 S로 정의한다(현정석, 2008; 현정석, 박찬정, 2010). 즉, 나비 모형에서 문제  $P = S(A, B, c, \sim c)$ 인데, 여기서 각 요소는 시스템 S의 기본 기능 A, 기능 A와 상충 관계를 가진 시스템 S의 기능 B, 기능 A를 위한 조건 c, 기능 B를 위

한 조건  $\sim c$ 를 나타낸다. 이 때, 조건 c와 조건  $\sim c$ 는 모순관계를 가진다(Barber, Liu, Goel, and Martin, 1999).

볼라드 문제를 나비 모형으로 정의하자. 볼라드는 인도에 자동차 진입을 막기 위한 말뚝을 뜻한다. 자동차가 인도에 진입하는 것을 막으려면(기능 A) 볼라드가 있어야 한다(조건 c). 하지만 볼라드가 있음으로 인해 구급차와 소방차가 통행하지 못하는 문제가 있다. 구급차와 소방차가 통행하려면(기능 B) 볼라드가 없어야 한다(조건  $\sim c$ ). 볼라드가 없으면 일장에서 자동차 진입을 막지 못하는 문제가 생긴다. 볼라드가 자동차 진입을 막아야 하는 것(기능 A)과 구급차와 소방차가 통행하는 것(기능 B) 사이에 상충 관계가 있다. 이 상충 관계는 볼라드가 있어야 하면서 또한 없어야 한다(c &  $\sim c$ )는 모순에서 비롯된다. 그러므로 볼라드의 문제에 대한 나비 모형의 구성 요소는 다음 식과 같다.

볼라드 문제 = 볼라드 시스템('자동차가 인도에 진입하는 것을 막는다', '구급차와 소방차가 통행해야 한다', '볼라드가 있다', '볼라드가 없다')

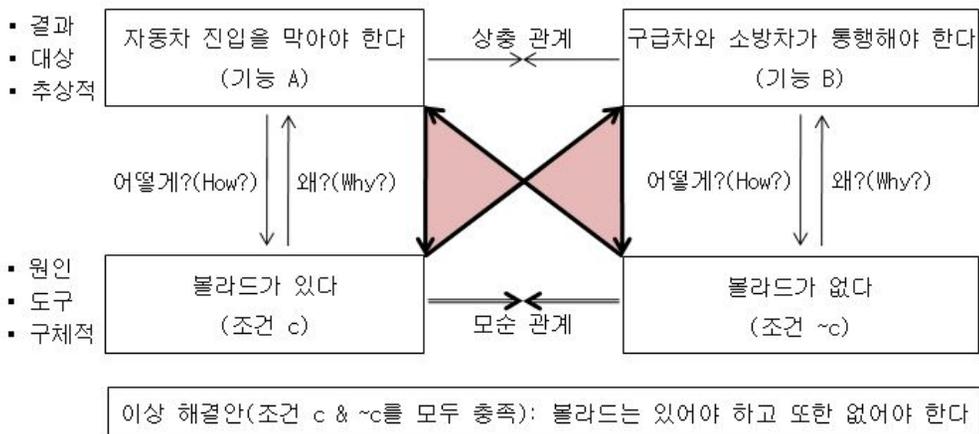
위 식에서 '볼라드가 있다'와 '볼라드가 없다'라는 두 조건은 동시에 양립할 수 없는 모순 관계이다. 하지만 볼라드가 있으면서 또한 없다(both c &  $\sim c$ )면 볼라드의 자동차 진입을 막으면서도 구급차와 소방차가 통행할 수 있기 때문에 이를 볼라드 문제의 이상해결안(Ideal Solution)으로 정할 수 있다. 어떻게 하면 볼라드가 있기도 하고 없기도 할 수 있을까. 문제 해결자의 마음속에 볼라드가 있기도 하고 없다는 것은 상상하기 어렵고 틀린 모순된 주장처럼 인식되지만 이를 문제 해결의 방향으로 정하고 문제 해결안을 모색한다(Hill, 2005; 현정석, 2008). 평상시는 볼라드를 지상에 나온 형태로 사용하다가

긴급 상황에는 땅 속으로 블라드를 넣으면 문제가 해결된다. 나비 모형을 적용하는 과정에서 모순구조에 대한 분석 결과로 이상해결안이 도출된다. 이상해결안은 목표로 하는 마지막 상황을 명확하게 마음에 상상하도록 돕는다. 미로를 찾으려면 출발점이 아닌 최종 목적지에서 거꾸로 출발하는 것이 더 효율적이다(Polya, 1973). 나비 모형을 통한 아이디어 창출이 단시간에 혁신적인 아이디어를 낼 수 있는 것은 모순을 해결하는 이상해결안을 문제해결의 최종목표로 삼기 때문이다.

블라드의 딜레마에는 기능 A를 충족하기 위한 조건 c, 조건 c의 부작용에서 요구되거나 조건 c로는 충족되지 못하고 새롭게 충족되어야 하는 기능 B, 기능 B를 충족시키기 위한 조건 ~c가 있다. 조건 c는 기능 B를 충족하지 못하고, 조건 ~c는 기능 A를 충족하지 못하는 문제가 있다. 문제해결을 위한 조건 c와 ~c간에 생기는 모순을 해결하기 위해 변증법적으로 조건 c와 ~c가 결합되는 시스템으로 발전하게 된다. 나비 모형은 기능과 조건간의 관계를 기능 A와 B 그리고 조건 c와 ~c간의 관계로 나누어 인과관계를 살핀다. 이 과정에서 기능과 조건간의 논리적 인과관계가 피비우스 띠와 같은 나비날개

모양의 도형으로 나타난다는 점에서 본 연구의 모형을 '나비 모형(The Butterfly Model)'으로 명명한다. 나비 모형은 문제에 주어진 기능 간의 상충 관계와 조건 간의 모순 관계에서 이상해결안을 정하여 문제 해결안을 도출하는 문제해결모형이다. 블라드의 문제를 나비 모형으로 푸는 과정을 도형으로 나타내면 <그림 1>과 같다(Hyun, Park, and Kim, 2010).

본 연구의 나비 모형은 조건 c가 있다와 없다처럼 양분되는 명목변수인 경우에는 모순 관계를 적용한다. 만약, 조건 c가 단단함과 부드러움 같은 연속변수인 경우에는 조건 c에 대한 반대 관계를 조건 c와 모순 관계에 속하는 한 예로 정의한다. 예를 들면, 블라드의 문제에서 블라드가 자동차 진입을 막으려면 블라드는 '단단해야(hard)' 한다. 하지만 단단한 블라드 때문에 사람이 다치는 일이 생긴다. 사람이 다치지 않으려면 블라드가 '부드러워야(soft)'하는데, 부드러운 블라드는 자동차 진입을 막기 힘들어지는 문제가 있다. 블라드 문제를 해결하려면 블라드가 단단하고 또한 부드러워야 한다. 블라드가 단단하면서 또한 부드러우면 블라드가 자동차 진입을 막으면서도 사람이 다치지 않아 이상적으로 문제가



<그림 1> 나비 모형으로 표현한 블라드의 모순문제

해결되기 때문이다. 여기서 ‘부드러운(soft)’ 볼라드는 ‘단단하지 않은 볼라드(not hard)’의 한 상태에 속한다. 단단하고 부드러운 볼라드를 이상해결안으로 정하여 낸 해결안은 물이나 모래주머니를 채워 넣는 에어백 볼라드이다. 나비 모형의 모순 관계는 반대 관계를 내포한다(Hyun and Park, 2008, 2009).

문제를 해결하려면 문제 해결의 수단이 구체적이라야 효과성을 갖는다. 예를 들어, 한 나라의 우유 생산량을 늘리는 문제를 살펴보자. 국민들의 소득과 식습관을 바꾸는 것을 해결안으로 내놓으면 틀린 해결안은 아니지만 실효성은 낮다. 정책담당자가 국민들의 소득과 식습관을 바꾸기가 어렵기 때문이다. 문제를 좀 더 구체적으로 생각하면 현실적인 처방이 나온다. 우유 생산량은 그 나라에 젓소가 몇 마리 있는가로 결정된다. 젓소의 수를 늘리면 우유 생산량을 늘릴 수 있다(김동환, 2006). 소 수레가 움직이지 않으면 수레를 채찍질하기보다는 소를 채찍질해야 한다. 현상을 일으키는 숨어있는 주요모순을 해결하면 복잡하던 문제도 간단하게 풀린다(모택동, 2004, p. 78).

나비 모형의 분석과정을 거치는 과정에서 다음과 같은 이점을 얻게 된다. 나비 모형으로 문제를 분석하는 과정에서 문제의 정의 수준을 추상적에서 구체적으로 바꾸어 문제공간을 좁히는 효과를 갖는다(Newell and Simon, 1972). 나비 모형으로 분석하는 과정에서 추상적 기능 A와 B에서 구체적 조건 c와 ~c로 내려올수록 문제공간이 줄어들고 문제해결의 실행가능성을 높인다(허버트 사이몬, 1987). 문제 해결을 위해 무엇이 변경되어야 하는지 구체적으로 범위를 좁혀 정의할 수 있다. 예를 들어, 칫솔과 치아 사이의 상호작용에 문제가 있을 경우 치아를 바꾸는 것보다 칫솔을 바꾸는 것이 합리적이다. 칫솔이 치아를 상처 내는 것이 칫솔모 때문이라면 칫솔모를 개선하는 것이 문제 해결을 위한 실질적인

방법이 된다. 문제를 일으키는 도구의 상태에만 초점을 두고 이상적인 상태를 설계하기 때문에 문제공간이 줄어든 만큼 제한된 합리성을 극복할 수 있다(허버트 사이몬, 1987; Newell and Simon, 1972). 예를 들어, 자동차가 우선이나 사람이 우선이나의 추상적 상충 관계를 자동차 진입을 막는 기능과 사람을 보호하는 기능의 구체적 상충 관계로 문제정의를 바꿀수록 문제 해결의 구체적인 방법을 탐색하기가 쉬워진다. 자동차 진입을 막으면서도 사람이 다치지 않는 볼라드를 상상하는 것보다 단단하면서도 또한 부드러운 볼라드를 상상하는 것이 구체적이고 문제공간이 작아 쉽다(Ward, Finke, and Smith, 1995; Bettman, 1979). 볼라드의 현재 상태와 이상 상태를 상상하면 볼라드가 언제 무엇이 변경되어야 하는지 쉽게 상상할 수 있게 된다. 결국 볼라드의 문제를 한 번에 하나씩 살펴보고 생각해 낸 문제 해결 아이디어를 한데 합치면 평상시는 지상에 나와 있다가 긴급한 경우에는 땅속에 넣는 에어백 볼라드를 생각해 낼 수 있다. 이처럼 나비 모형을 통해 한 번에 하나씩 모순을 정의하고 그에 해당하는 이상해결안을 통해 문제 해결안을 모색하는 것은 문제 해결자의 제한된 합리성을 극복하는 효과적인 문제 해결 전략이 된다(Polya, 1973; 허버트 사이몬, 1987; 게르트 기저렌처, 2008; Anderson, Reder, and Simon, 1996).

나비 모형으로 문제를 분석하는 과정에서 기능과 조건을 기술할 때에 명사와 동사 또는 명사와 형용사의 형태로 기술하는 것이 좋다. 기능과 조건에서 기술된 명사는 각각 결과와 원인에 해당하는 대상과 도구를 나타낸다. 문제해결과정에서 명사는 문제가 발생하는 장소와 시간을 나타내며 문제해결을 위한 자원이 된다. 동사는 도구가 대상에 가하는 작용이자 기능을 뜻한다. 동사의 기능에 주목하면 동일 기능을 수행하는 다른 도구로써 새로운 자원을 찾는 데 유용하다. 형용사는 문제의 현재 상태와 이상적 상

태를 구체적으로 이해하는 데 도움이 된다. 형용사에 집중하면 불충분하거나 유해한 기능을 수행하는 시스템의 현재 상태를 이상적 상태로 바꾸기 위한 자원 탐색이 용이해진다(로버트 스투어트, 2006; 김동환, 2006).

기술사학자 Thomas Hughes(1983)는 기술시스템의 발전이 마치 군사작전에서 특정 지역을 점령하고 나면 뒤에 처져 생기는 '역돌출(Reverse Salients)' 지점에 군사력을 보완하여 승리를 이루는 것과 같다고 하였다. 즉, 기술시스템의 한 부분이 앞서 발전하면 뒤처지는 기술시스템의 다른 부분에 있는 결정적 문제를 해결하면서 기술 발전이 이뤄진다고 하였다. 나비 모형에서 기능 A는 돌출 지점에 비유되고 기능 B는 역돌출에 비유될 수 있다. 나비 모형은 기능 A와 상충 관계를 갖는 새로운 기능 B를 찾고 그에 따른 모순관계를 파악하여 해결함으로써 기술발전의 궤적을 앞당길 수 있다. 근본원인분석, 5 Why's, 피쉬본 다이어그램은 모두 잘못된 결과가 생겼을 경우에 그 원인을 찾는데 효과적이다. 나비 모형은 문제분석뿐만 아니라 문제발견(Problem Finding)에도 효과적인 문제해결모형이다. 즉, 특정 기능에서 파생하는 새로운 상충 관계를 예견하고 모순 관계를 적용함으로써 새로운 문제를 만들 수 있다. 블라드의 문제에서 긴급한 경우에 땅속에 블라드를 집어넣는다면 땅을 깊이 파야하는 상충 관계가 생긴다. 이런 상충 관계에서 파생하는 새로운 모순은 블라드가 길어야 하면서 또한 짧아야 하는 것이다. 최종 블라드의 아이디어는 땅속에 포개어 접는 에어백 블라드이다(특허등록번호 10-1006775). 나비 모형은 변화를 일으키는 모순의 역동성을 이용하여 변증법적 발전을 앞당길 수 있다. 이런 점에서 나비 모형은 혁신 가속화를 위한 모형(Innovation Accelerator)이다.

## 2.2 모순 해결법의 유형

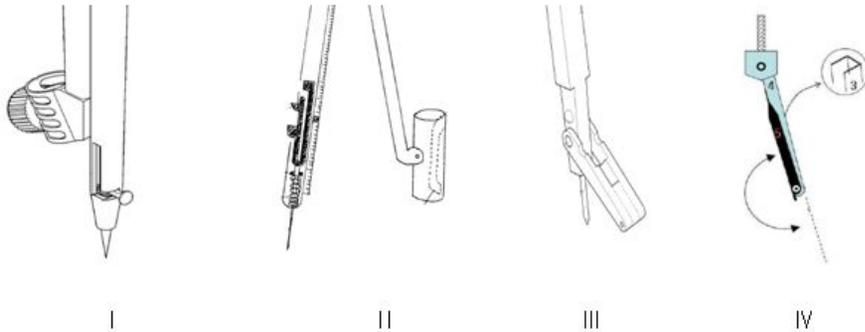
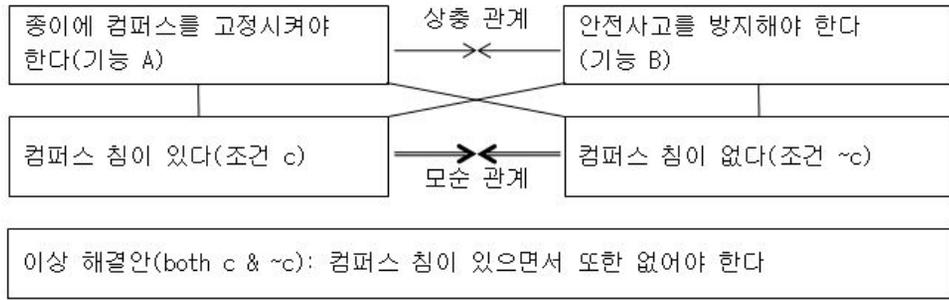
이 장에서는 모순 해결에 적용되는 6 가지의 이상 해결안을 제시한다. 6 가지의 이상해결안은 모두 모순 상태를 해소하는 방법으로 본 연구에서는 사례를 개발하여 기술한다.

### 2.2.1 시간을 고려한 양자모두 충족법

시간을 고려한 양자모두 충족법(both c & ~c with time)은 시간에 따라 요구되는 시스템의 상태를 변경하여 모순을 해결하는 것을 말한다(Fey and Rivin, 2005). 즉, 기능 A를 충족시켜야 하는 시점에는 조건이 c가 되게 하고, 기능 B를 충족시켜야 하는 시점에는 시스템의 조건이 ~c가 되게 하여 모순을 해결한다. 다음의 <문제 1>를 살펴보자.

<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?”

컴퍼스 침은 평상시는 없다가 컴퍼스를 사용할 때만 있으면 된다. 그림 2의 I(특허등록번호 10-0952819)는 손으로 레버를 밀면 스프링 작용으로 컴퍼스 침이 올라가서 사라지는 특허를 보인다. 그림 2의 II(등록실용신안 20-0300111)는 불펜처럼 누르면 컴퍼스 침이 나오고 들어가는 형태이다. 그림 2의 III(등록실용신안 20-0443527)는 컴퍼스 침을 감쌀 수 있는 보호캡으로 컴퍼스의 안전성을 높였다. 그림 2의 IV(공개특허 10-2007-0053192)는 컴퍼스 발을 접었다가 사용할 때만 퍼는 안전한 컴퍼스이다. 그림 2의 I, II, III, IV 모두 시간에 따



〈그림 2〉 컴퍼스 문제의 모순해결과정

라 컴퍼스 침이 숨었다가 나타나는 형태를 띠고 있다.

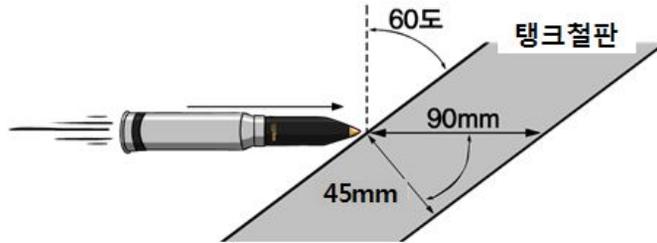
### 2.2.2 결합을 고려한 양자모두 충족법

결합을 고려한 양자모두 충족법(both c & ~c with combination)은 시스템의 한 부분에는 시스템 조건이 c가 되도록 하고 다른 부분에는 시스템 조건이 ~c가 되도록 하여 모순을 해결하는 것을 말한다. 기능 A를 충족하기 위해서 도입된 시스템 조건 c로는 기능 B를 충족시키기 어려울 때 시스템 조건인 ~c를 추가 결합하여 모순을 해결한다.

예를 들면, 포탄을 막기 위한 탱크개발과 탱크를 뚫기 위한 포탄개발은 무기발전의 원동력이 되어 왔다. 탱크 개발자들은 포탄을 잘 막으면서도 기동성이 뛰어난 탱크를 만들어야 했다. 탱크의 철판이 두꺼우면 포탄을 잘 막지만 늘어난 철판 무게로 인해 탱크의 기동성이 떨어졌다. 이와 반대로 얇은 철판

을 탱크에 쓰면 탱크의 기동성이 높아지지만 포탄의 공격에 취약해지는 문제가 생겼다. 탱크 철판을 두껍게 하면 기동성이 떨어지는 단점이 생기고, 이와 반대로 탱크 철판을 얇게 하면 포탄을 막지 못하는 문제가 생겼다. 탱크 철판 문제는 두꺼워야 하고 또한 얇아야 하는 모순을 가졌다. 이 문제의 해결안은 탱크의 철판을 수직이 아닌 60도의 각도로 비스듬한 경사를 주는 경사장갑이었다.

〈그림 3〉에서 알 수 있는 것처럼 45mm의 두께를 갖는 탱크 철판을 60도 경사를 주면 철판의 두께가 90mm로 늘어나는 것과 같은 효과를 가졌다. 더욱이 날아오는 포탄이 경사장갑의 비스듬한 측면을 부딪치게 되면 튕겨나가는 효과까지 얻었다. 경사장갑은 얇은 철판으로 탱크의 기동성을 높이면서도 포탄을 막는 안전성을 모두 충족시켰다(이대진, 2003). 1915년에 최초의 탱크가 만들어졌는데 1939년에 T-34 탱크가 경사장갑을 채택했다. 다음은 〈그림 4〉



〈그림 3〉 포탄을 막으면서도 기동성이 높은 경사장갑



〈그림 4〉 포탄의 모순문제

를 참고하며 다음의 〈문제 2〉를 살펴보자.

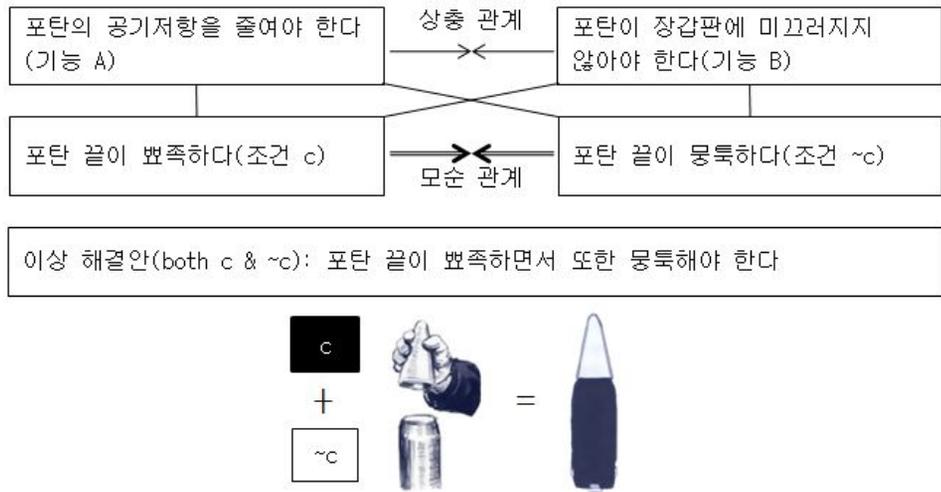
〈문제 2〉 “경사장갑의 출현으로 포탄 개발자들이 고민에 빠졌다. 포탄의 끝이 뾰족하면 공기저항을 덜 받아 포탄은 빠른 속도로 날아갈 수 있다. 하지만 포탄의 끝이 뾰족하기 때문에 탱크의 경사장갑 측면에 부딪치면 튕겨나가는 문제가 있다. 만약 포탄 끝이 뾰족하면 포탄은 탱크의 경사장갑을 뚫고 지나갈 것이다. 하지만 포탄의 관통력을 높이기 위해 포탄 끝을 뾰족하게 만들면 반대로 포탄의 속도가 떨어지는 단점이 생긴다. 어떻게 하면 빠른 속도로 날아가는 포탄이면서 동시에 탱크의 경사장갑을 뚫는 포탄이 될 수 있나?”

포탄 문제는 포탄의 속도를 높이는 것(기능 A)과 포탄의 관통력을 높이는 것(기능 B)의 상충 관계를 갖는다. 포탄의 끝을 뾰족하게 만들면 포탄의 속도를 높이지만 반대로 포탄이 장갑판에 미끄러지는 바람에 관통력을 높이지 못하는 단점이 있다. 이와 반대로 포탄의 끝을 뾰족하게 만들면 포탄이 장갑판에 미끄러지지 않아 포탄의 관통력을 높이지만 반대로 포탄의 속도를 높이지 못하는 단점이 있다. 그러므

로 포탄 문제는 포탄 끝이 뾰족(조건 c)하고 또한 뾰족해야 하는 것(조건 ~c)의 모순을 갖는다. 이러한 관계를 나비 모형으로 정리하면 〈그림 5〉와 같다. 포탄 문제의 해결안은 끝이 뾰족한 포탄의 머리에 뾰족한 빈 뚜껑을 씌워 만든 피모철갑탄(Armor Piercing Ballistic Capped)이었다. 포탄이 날아갈 때는 포탄 끝이 뾰족하여 공기저항을 덜 받지만 경사장갑과 부딪치면 빈 뚜껑은 부서지고 끝이 뾰족한 포탄만 남아 탱크를 뚫었다(이진호, 2007).

### 2.2.3 전체와 부분을 고려한 양자모두 충족법

전체와 부분을 고려한 양자모두 충족법(both c & ~c with the whole and its parts)은 시스템의 전체와 부분이 서로 다른 특성을 갖는 것을 이용하여 모순을 해결하는 것을 말한다(Fey and Rivin, 2005). 시스템의 하위수준에서 나트륨(Na)과 염소(Cl)는 유독하지만 시스템의 상위수준에서 염화나트륨(NaCl)은 인간의 건강에 필수적인 소금이다.



〈그림 5〉 포탄 문제의 모순해결과정

시스템의 수준에 따라 서로 다른 특성을 이용해 모순을 해결하는 것이 전체와 부분을 고려한 양자모두 충족법이다. 다음은 Duncker(1945)의 방사선 문제를 살펴보자.

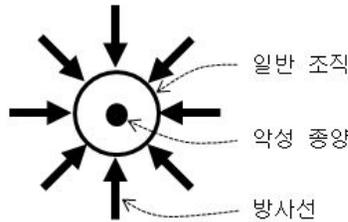
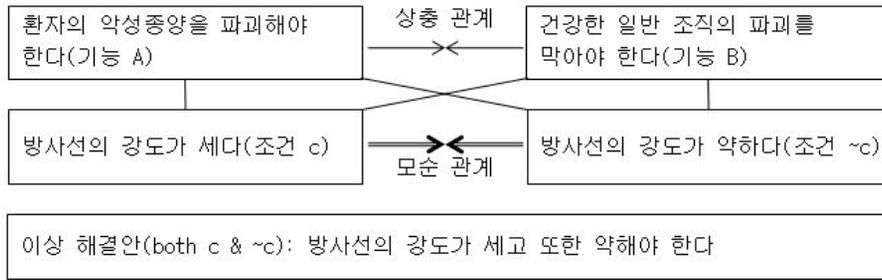
〈문제 3〉 “의사인 당신이 몸에 악성 종양을 갖고 있는 어느 환자를 치료한다고 가정하자. 그 환자는 수술이 불가능한 위종양을 앓고 있다. 악성 종양이 파괴되지 않으면 환자는 사망한다. 환자를 살리는 유일한 해결책은 딱 한 번 방사선을 사용하여 악성 종양을 파괴하는 것이다. 만약 악성 종양에 도달하는 방사선의 강도가 충분히 센 강도로 한꺼번에 종양에 도달하면 악성 종양이 파괴된다. 하지만 방사선의 강도가 세면 방사선이 악성 종양에 도달하기 전에 부딪히는 일반 조직도 함께 파괴된다. 방사선의 강도를 낮추면 건강한 일반 조직에 해를 미치지 않지만 악성 종양을 파괴하지는 못한다. 어떻게 하면 방사선으로 악성 종양을 파괴하면서 동시에 일반 조직의 파괴를 피할 수 있을까?”

Duncker의 방사선 문제는 악성 종양을 파괴하는 것(기능 A)과 일반 조직을 보호하는 것(기능 B)의 상충 관계를 갖는다. 악성 종양을 파괴하고 일반 조직을 보호하는 상충 관계를 일으키는 원인은 방사선

강도가 세야 하고(조건 c) 동시에 약해야 하는(조건 ~c) 모순에서 비롯된다. 방사선과 악성 종양 사이에 변경하기 쉬운 것은 악성 종양보다 방사선이다. 방사선 문제는 악성 종양으로 향하는 방사선의 강도를 전체적으로는 세게 하고 부분적으로는 약하게 하면 풀린다. 방사선 문제의 해결안은 악성 종양을 중심으로 360도 각도에서 방사선을 쏘는 방법이 있다. 이 방법으로 방사선을 쏘면 일반 조직이 받는 강도는 약하지만 악성 종양으로 모이는 방사선의 강도는 세어져 문제가 해결된다. 방사선 문제의 모순해결과정을 그림으로 나타내면 〈그림 6〉과 같다.

#### 2.2.4 버전(version)을 고려한 양자모두 충족법

버전을 고려한 양자모두 충족법(both c & ~c with version)은 유익한 기능 A를 요구하는 조건과 유익한 기능 B를 충족하는 조건을 모두 만족시켜야 하는 다목적 상황에 맞는다. 복수개의 버전으로 복수의 목표를 만족시키는 상황에 적절한 해결법이다. 마케팅의 복수세분시장전략과 버전차별화전략처럼 다양한 버전을 시장에 출시하여 상충되는 세분시



〈그림 6〉 방사선 문제의 모순해결과정

장의 욕구를 모두 충족시키는 경우에 해당한다.

출판사의 예를 살펴보자. 경제학 교과서를 판매하는 미국 출판사가 있다. 미국 출판사는 추가적인 매출을 올리기 위해 영어를 쓰는 인도에서 경제학 교과서 판매를 고려하고 있다. 하지만 국민소득이 낮은 인도에서 미국 시장의 책 가격으로 책정하면 책이 팔리지 않는다. 그렇다고 헐값에 팔면 미국으로 역수입되는 문제가 생긴다. 미국 출판사 문제는 교과서 가격을 싸게 책정하면서 또한 비싸게 책정해야 하는 모순을 갖는다. 출판사의 해결안은 각각의 시장에 두 가지 버전을 출시하는 것이다. 미국 책에는 달러 화폐를 쓰고 인도 책에는 루피 화폐를 쓴 책을 출시한다. 경제학 교과서처럼 버전을 달리하여 각기 다른 세분시장의 요구에 부합되는 버전차별화전략은 정보를 수정하는 데 적은 비용이 들기 때문에 효과적이다(Shapiro and Varian, 1998).

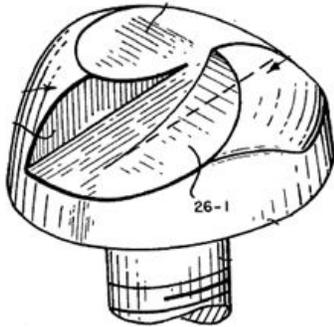
### 2.2.5 추출을 고려한 양자모두 충족법

추출을 고려한 양자모두 충족법(both c & ~c

with extraction)은 요구되는 A 기능을 충족해야 하지만 이를 위한 조건(c)이 바람직하지 않은 결과 -B(기능 B의 반대 기능)를 초래하는 경우에 모순을 해결할 수 있는 방법이다. 조건 c가 A기능은 충족하면서도 유해한 -B 기능을 수행하지 않으려면 조건 c를 변경해줘야 한다. 이런 경우에 유해한 작용을 일으키는 원인 조건 ~c를 c에서 추출하여 제거하면 모순이 해결되는 상황에 적절하다. 엄밀히 표현하면 조건 ~c가 아니고 c라야 하는(Not ~c but c) 경우에 적절한 모순해결법이다.

물건을 단단하게 조이기 위해(기능 A) 드라이버로 나사의 작용을 이용하여 나사못을 돌린다. 하지만 때로는 나사를 돌리는 것 때문에 반대로 풀리기 쉬워지는 문제도 생긴다. 특히 보안물품처럼 한 번 잠그면 풀지 못하게 만들어야 하는 경우가 있다. 나사못이 물건을 조이는 유익한 작용(기능 A)을 하지만 나사못이 풀리는 유해한 작용(기능 -B)을 막아야 하는 경우에 어떻게 이 문제를 풀 수 있을까? 오른쪽으로 나사못을 조일 수는 있어도 왼쪽으로 풀지 못하는(Not ~c but c) 일 방향 나사못이 있다(미

국특허 4171662). <그림 7>과 같이 나사못의 홈 오른쪽에는 드라이버가 맞물려 돌아갈 수 있지만 나사못의 홈 왼쪽에는 나선형으로 되어 있어 드라이버가 헛돌게 만들었다.



<그림 7> 일 방향 나사못

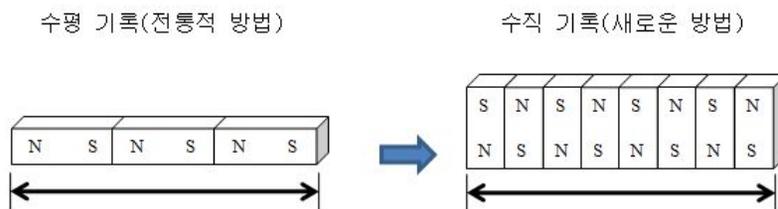
2.2.6 차원변화를 고려한 양자모두 충족법

결합을 고려한 양자모두 충족법은 조건 *c*가 바람직한 기능 *B*를 불충분하게 수행할 때 조건 *c*에 새로운 시스템을 추가로 결합하여 모순을 해결하는 것이다. 이와 달리 차원변화를 고려한 양자모두 충족법 (both *c* & *B* with dimension change)은 기존 기능 *A*를 위한 조건 *c*에서 유해 작용이 생길 때 유해 작용이 일어나지 않도록 기존 시스템을 개선하여 해결하는 모순해결법이다. 다음에 제시된 컴퓨터 하드디스크의 문제는 차원변화의 관점에서 입체적으로 문제를 바라봄으로써 모순을 해결하는 특징을 갖는다.

컴퓨터 하드디스크를 개발하는 데는 많은 데이터를 저장하는 것이 주요 목표가 된다. 하드디스크 개발에는 모순이 있다. 컴퓨터 하드디스크의 기록용량을 증가시키려면(기능 *A*) 디스크 기록밀도가 높아야 한다(조건 *c*). 하지만 디스크 기록밀도가 높아지게 되면 자기 헤드가 기록신호를 정확하게 읽기 힘들어지는 문제가 있다. 자기 헤드가 하드디스크의 기록신호를 정확하게 읽게 하려면(기능 *B*) 디스크의 기록밀도가 낮아야 한다(조건  $\sim c$ ). 하지만 디스크의 기록밀도가 낮으면 자기 헤드가 기록신호를 정확하게 읽지만 디스크 기록용량이 감소하게 된다. 하드디스크의 문제는 기록밀도가 높아야 하고 또한 낮아야 하는 모순(both *c* &  $\sim c$ )을 갖는다. 하드디스크의 기록밀도가 높으면서 또한 자기헤드가 기록신호를 정확하게 읽으면(both *c* & *B*) 문제가 해결된다. 문제해결안은 <그림 8>과 같이 하드디스크의 데이터를 수평이 아닌 수직으로 저장하는 방식을 쓰는 것이었다(미국특허 7088548).

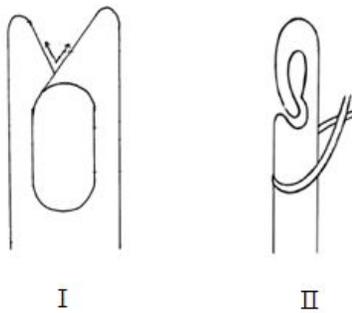
다음의 <문제 4>를 살펴보자.

<문제 4> “바느질을 예쁘게 하려면 바늘땀이 보이지 않아야 한다. 작은 바늘땀을 만들려면 바늘구멍이 작은 바늘을 써야 한다. 하지만 바늘구멍이 작다보면 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?”



<그림 8> 하드디스크 문제의 모순해결

바늘땀이 안 보이게 하려면(기능 A) 바늘구멍이 작아야 하고(조건 c) 바늘구멍에 쉽게 실을 꿰매려면(기능 B) 바늘구멍이 커야 한다(조건 ~c). 바늘구멍의 크기는 작으면서 또한 커야 한다. 문제 해결 안은 바늘구멍의 재질을 바늘몸체와 달리 부드러운 소재를 쓰면 된다. 바늘구멍을 쉽게 구부릴 수 있으면 실을 꿰기가 쉽다. 또한 형상기억합금의 재질로 바늘구멍을 만들면 손가락의 온도에 반응하여 바늘구멍이 커지는 것도 가능하다. <그림 9>의 I 처럼 바늘귀 양쪽 기둥의 탄성을 이용하여 실을 넣을 때에는 V자형 홈 입구가 벌어져 실이 쉽게 들어가게 하는 방법도 있다(등록실용신안 20-0348539). <그림 9>의 II는 허리에 홈을 내어 눈감고도 실을 꿰낼 수 있는 바늘이다(등록실용신안 20-0165225).



(그림 9) 바늘 문제의 모순해결

### III. 나비 모형의 교육효과 검증

#### 3.1 분석결과

본 연구는 총 119명의 중학생과 대학생으로 이루어진 5개의 학생집단을 분석하였다. 중학생 집단은 J 대학교 사범대학에서 운영하는 과학영재교육 프로그램에 참가한 학생들이며 전공은 물리, 생물, 정보

과학이었다. 이들 학생들은 학교에서 상위 10% 안에 드는 성적을 갖는 학생들이다. 중학생은 설문조사가 시행된 당해 연도 한 달 전에 나비 모형을 배운 1학년 중학생 15명(A집단, 정보과학 전공)과 나비 모형을 배운 적이 없는 1학년 중학생 26명(B집단, 물리 전공 13명과 생물 전공 13명) 그리고 설문조사가 시행되기 일 년 전에 나비 모형을 배운 2학년 중학생 14명(D집단, 정보과학 전공)으로 구성되었다. 나비 모형을 배운 중학생 A집단은 15시간(3시간씩 5일), D집단은 24시간(6시간씩 4일) 동안 나비 모형을 학습하였다. 대학생 집단은 같은 대학교에서 '소비자선택과 의사결정'을 수강하는 경상대학 학생들을 대상으로 삼았다. 대학생 집단은 나비 모형을 배운 적이 없는 대학생 54명(C집단)과 설문조사가 시행되기 일 년 전에 "창의혁신 트리즈" 수업시간에 한 학기 동안 나비 모형을 배운 적이 있는 대학생 10명(E집단)으로 구성되었다. 설문응답 학생들에게 설문조사에 참여한 보답으로 5천원의 도서상품권을 주었다. D집단 응답자 중 3명과 E집단 응답자 중 1명은 발명대회에 참가하여 수상한 경력을 갖고 있었다.

세 개의 중학생 집단(A집단, B집단, D집단) 간에 성별에 따라 빈도 차이가 있는지 검증하기 위해 교차분석을 실시하였다. 교차분석결과,  $\chi^2(2, N = 55) = 2.02, p = .365$ 로 집단 간 차이가 유의하지 않았다. 마찬가지로 대학생 집단(C집단, E집단) 간에 성별에 따라 빈도 차이가 있는지 검증하기 위해 교차분석을 실시하였다. 교차분석결과,  $\chi^2(1, N = 64) = 2.80, p = .146$ 로 집단 간 차이가 유의하지 않았다. 세 개의 중학생 집단과 두 개의 대학생 집단에서 성별에 따른 빈도차이가 있지 않았기에 분석표본이 추후 분석을 하기에 적합하였다.

본 연구에서 사용한 설문문의 순서는 뇌 유형, 창의적 성향, 네 개의 모순문제와 문제를 풀 시간, 형상화능력을 측정하는 것으로 구성하였다. 학생들은

60분 동안 설문지에 응답하였다. 창의성과 관련 있다고 알려진 뇌 유형, 창의적 성향, 형상화능력, 성별 변수가 모순문제 해결력에 영향을 미칠 수 있기 때문에 함께 조사하였다(Runco and Pritzker, 2011; 루트번스타인과 루트번스타인, 2007). 본 연구에서 사용한 구체적인 설문내용은 다음과 같다. 먼저 응답자의 뇌 유형을 알아보는 질문을 하였다. 예를 들어, “내가 좋아하는 활동은 ① 쓰기 ② 그리기 ③ 쓰기와 그리기 모두”의 내용을 질문하였다. 쓰기를 좋아하는 활동은 논리적인 좌뇌 유형으로 분류하고, 그리기를 좋아하는 활동은 시각적인 우뇌 유형으로 분류하고, 쓰기와 그리기 모두 좋아하는 활동은 양뇌 유형으로 분류하였다. 뇌 유형을 알아보기 위하여 총 20개의 문항을 제시한 뒤에 ①번 항목, ②번 항목, 그리고 ③번 항목에 표시된 명목척도를 모두 더하여 ① 좌뇌 유형의 점수, ② 우뇌 유형의 점수, 그리고 ③ 양뇌 유형의 점수로 변환하였다(구체적인 문항내용은 김상미, 박찬정, 2010의 논문을 참조).

다음으로 응답자의 창의적 성향이 모순해결능력에 어떻게 영향을 미치는가를 알아보기 위해 총 여덟 개의 문항을 구성하였다(정미숙, 2005; 김선미, 2009). 예를 들면, “(1) 나는 호기심이나 궁금증이 많은 편이다. (2) 나는 경험해 보지 않은 것에 대해 도전하는 것을 좋아한다. (3) 나는 새로운 것에 관심이 많다. (4) 나는 스스로 문제를 해결하는 편이다. (5) 나는 남들과 다르게 생각한다. (6) 나는 무엇이든 배우려고 노력한다. (7) 나는 발상의 전환이 뛰어나다. (8) 나는 새로운 것을 배우는 걸 좋아한다.”의 질문을 제시하였다.

마지막으로 응답자의 형상화 능력이 모순문제 해결에 영향을 미칠 수 있기에 루트번스타인과 루트번스타인(2007, pp. 86-87)의 도형 문제를 제시하였다. 구체적으로 설명하면, (1) 위에서 볼 때는 원 모양, 모든 측면에서 볼 때는 정사각형인 물체, (2)

위에서 볼 때는 정사각형, 모든 측면에서 볼 때는 삼각형인 물체, (3) 위에서 볼 때는 삼각형, 모든 측면에서 볼 때는 정사각형인 물체, (4) 위에서 볼 때는 원모양이고, 한 측면에서 보면 원모양이지만 다른 측면에서 보면 사각형인 물체, (5) 위에서 볼 때는 삼각형, 모든 측면에서 보면 원모양인 물체는 어떻게 생겼는지 그림을 그려달라고 질문하였다(도형의 답은 루트번스타인과 루트번스타인, 2007, p. 104에 있음). 도형을 알아맞힌 개수를 응답자의 형상화 능력으로 측정하였다.

본 연구는 응답자들에게 2장에 제시된 네 개의 모순문제를 물었다. (1) 악성 종양을 치료하려면 방사선 강도가 세야 하고 약해야 하는 Duncker(1945)의 방사선 문제(본 연구 II의 문제 3), (2) 경사장갑을 뚫어야 하는 포탄 문제(본 연구 II의 문제 2), (3) 바늘구멍이 커야하고 작아야 하는 바늘 문제(본 연구 II의 문제 4), (4) 안전하면서도 원을 그릴 수 있는 컴퍼스 문제(본 연구 II의 문제 1)였다. 본 연구에서 버전과 추출에 대한 모순문제를 제시하지 않은 이유는 응답자의 피로감과 수업시간의 제한을 고려하고 아울러 문제유형에 따른 해결력을 조사하기 보다는 종합적인 문제해결력에 영향을 미치는 독립변수를 파악하는 데 중점을 두었기 때문이다.

네 개의 모순문제들을 이전에 풀어 본 적이 있는지 응답자들에게 물어보았으나 모두 없다고 응답하였다. 모순문제를 알아맞히면 1 틀리면 0으로 코딩하여 교차분석에서 종속변수로 삼았다. 발명 특허 경력과 ‘창의적 문제해결’을 저술한 경력이 있는 트리츠 레벨3 전문가 교수와 함께 모순문제에 대한 학생들의 가능한 답들을 미리 예상하고 정답과 오답을 사전에 분류하였다. 정답으로 분류하는 기준은 공상이 아니라 구체적으로 실행 가능한 대안으로 정하였다. 예를 들어, 방사선 문제의 해결안에 대해서는 “종양의 위치와 겉 피부의 두께가 가장 얇은 지점을 골라 천천히 방사선 강도를 올리다 일반 조직이 파

괴되는 순간 방사선을 멈춘다.”라고 대답한 것은 일반 조직을 파괴했기 때문에 틀린 것으로 간주하였다. 포탄 문제에 대해서 “뭉툭한 포탄에 추진 장치를 달아서 쏜다.”고 하는 것은 공상에 가까워 오답으로 처리하였다. 바늘 문제에 대해서 “바늘구멍을 좁고 길게 만든다.”고 하는 것은 좁고 긴 바늘 구멍은 여전히 실을 꿰기 힘들기에 오답으로 처리하였다. 컴퍼스 문제에 대해서 “컴퍼스 뾰족한 부분에 대신 고무를 씌운다.”고 하는 것은 고무를 항상 갖고 다녀야 하는 임시방편적 해결이기에 오답으로 간주하였다. 학생들의 설문응답에서 나온 대답들은 모두 예상했던 모범답안의 범위를 벗어나지 않았다. 중학생 D집단과 대학생 E집단은 설문조사를 하기 일 년 전에 나비 모형을 대한 강의를 받으면서 Duncker(1945)의 방사선 문제와 포탄문제에 대한 문제를 이미 풀어보았기 때문에 이 두 변수에 대한 응답을 교차분석과 회귀분석에서는 제외하였다.

창의적 성향에 대한 신뢰성은 크론바하 알파 값이 .83으로 나타나 높은 내적 일관성을 보였다. 창의적 성향에 대한 집단 간 차이를 조사하기 위해 분산분석을 실시하였다.  $F(4,112) = 2.47, p = .048$ 로 유의한 차이를 보였다. 집단 간 차이에 대한 사후분석을 실시한 결과, 중학생 A집단의 평균은 5.11 (SD = .66), 중학생 B집단의 평균은 5.49 (SD = 1.07), 대학생 C집단의 평균은 4.97 (SD = .71), 중학생 D집단의 평균은 5.40 (SD = .84), 대학생 E집단의 평균은 5.49 (SD = .67)로 나타났다. 나비 모형을 일 년 전에 배운 대학생과 중학생 집단 그리고 나비 모형을 안 배운 중학생 집단이 높은 창의적 성향을 갖는 것으로 나타났다. 나비 모형을 한 달 전에 배운 중학생들과 나비 모형을 안 배운 대학생들이 낮은 창의적 성향을 갖는 것으로 나타났다.

본 연구는 ‘모순문제 해결력’을 모순문제를 푼 비율 또는 개수로 조작적 정의를 내렸다. 다음은 네 개의 모순문제에 대한 집단 간 모순문제 해결력을 분

석한 결과이다. 설문조사가 시행되기 한 달 전에 나비 모형을 배운 중학생 A집단에서 방사선 문제를 알아맞힌 비율은 33%(5명/15명)이었고, 나비 모형을 배운 적이 없는 중학생 B집단에서 방사선 문제를 알아맞힌 비율은 8%(2명/26명)이었고, 나비 모형을 배운 적이 없는 대학생 C집단에서 방사선 문제를 알아맞힌 비율은 6%(3명/54명)로 나타났다. 교차분석결과,  $\chi^2(2, N=95) = 9.92, p = .007$ 로 유의한 차이를 보였다. 나비 모형을 학습한 것이 방사선 문제를 해결하는 데 유의한 차이를 보인 것을 알 수 있다.

Duncker의 방사선 문제에 대한 유추적 문제해결에 대한 기존 연구에서 아무런 단서나 바탕문제 없이 방사선 문제를 풀게 하였을 때의 해결비율은 다음과 같다. Gick and Holyoak(1980)의 실험1에서 0%, 실험2에서 8%, 실험4에서 7%(부분적으로 해결한 비율을 포함하면 20%), 실험5는 10%, Spencer and Weisberg(1986)의 실험1에서 7%, 실험2에서 4%, 김영채(1994)의 실험1에서 8%, Pedone, Hummel, and Holyoak(2001)의 실험1에서 13%, 실험2에서 11%로 나타났다. 이들 연구의 문제해결비율이 평균 7.56%(SD = 3.84)인데 반하여 나비 모형을 학습한 학생들의 문제해결력은 33%로서 큰 차이를 보였다. 기존 연구에서 Duncker의 방사선 문제를 푸는 데 도움이 되는 장군 문제와 그에 대한 해결안을 노출시킨 다음에 아무런 힌트 없이 방사선 문제를 푼 실험참가자들의 비율은 Gick and Holyoak(1980)의 실험 4에서 20%, Catrambone and Holyoak(1989)의 실험 1에서 16%로 나타났다. 이들 연구결과보다 나비 모형을 한 달 전에 배우고 아무런 바탕문제와 힌트 없이도 문제를 해결한 학생들의 비율이 더 높게 나타났다. Gick and Holyoak(1980)의 실험 5, Grant and Spivey(2003), 그리고 Spencer and Weisberg(1986)의 연구에서 Duncker의 방사선

문제를 해결하는데 10분의 시간을 주었다. 본 연구의 응답자들이 방사선 문제를 푼 시간(분)은 10.60 (SD = 5.81)로 나타났다. 기존 연구의 실험참가자들이 방사선 문제를 푼 시간과 본 연구의 응답자들이 푼 시간이 큰 차이를 보이지 않았다. 나비 모형을 학습한 것이 Duncker의 방사선 문제를 해결하는데 효과적인 역할을 한 것을 알 수 있다.

경사장갑을 뚫어야 하는 포탄 문제를 알아맞힌 비율은 나비 모형을 한 달 전에 배운 중학생 A집단에서 73%(11명/15명), 나비 모형을 배운 적이 없는 중학생 B집단에서 39%(10명/26명)였고, 나비 모형을 배운 적이 없는 대학생 C집단에서 30%(16명/54명)로 나타났다. 교차분석결과,  $\chi^2(2, N = 95) = 9.43, p = .009$ 로 유의한 차이를 보였다. 나비 모형을 학습한 것이 경사장갑을 뚫어야 하는 포탄 문제를 해결하는 데 유의한 차이를 보인 것을 알 수 있다.

바늘구멍이 커야 하고 작아야 하는 바늘 문제를 알아맞힌 비율은 나비 모형을 한 달 전에 배운 중학생 A집단에서 47%(7명/15명), 나비 모형을 배운 적이 없는 중학생 B집단에서 31%(8명/26명), 나비 모형을 배운 적이 없는 대학생 C집단에서 24%(13명/54명), 나비 모형을 일 년 전에 배운 중학생 D집단에서 86%(12명/14명), 나비 모형을 일 년 전에 배운 대학생 E집단에서 90%(9명/10명)으로 나타났다. 교차분석결과,  $\chi^2(4, N = 119) = 29.18, p < .0005$ 로 유의한 차이를 보였다. 나비 모형을 학습한 것이 바늘구멍이 커야 하고 작아야 하는 바늘 문제를 해결하는 데 유의한 차이를 보인 것을 알 수 있다.

안전하면서도 원을 그릴 수 있는 컴퍼스 문제를 알아맞힌 비율은 나비 모형을 한 달 전에 배운 중학생 A집단에서 93%(14명/15명), 나비 모형을 배운 적이 없는 중학생 B집단에서 85%(22명/26명), 나비 모형을 배운 적이 없는 대학생 C집단에서 61%

(33명/54명), 나비 모형을 일 년 전에 배운 중학생 D집단에서 100%(14명/14명), 나비 모형을 일 년 전에 배운 대학생 E집단에서 100%(10명/10명)으로 나타났다. 교차분석결과,  $\chi^2(4, N = 119) = 18.55, p = .001$ 로 유의한 차이를 보였다. 나비 모형을 학습한 것이 안전하면서도 원을 그릴 수 있는 컴퍼스 문제를 해결하는 데 유의한 차이를 보인 것을 알 수 있다. 요약하면, 네 개 모순문제에 대한 교차분석에서 나비 모형을 학습한 것이 모순문제를 해결하는 데 효과적인 영향을 미친 것으로 나타났다.

바늘 문제와 컴퍼스 문제에 국한시켜 문제해결비율을 살펴보면 다음과 같다. 나비 모형을 일 년 전에 학습한 대학생 E집단과 중학생 D집단이 나비 모형을 한 달 전에 학습한 중학생 A집단보다 높게 나타났다. E집단과 D집단은 일 년 전에 나비 모형을 배우면서 바늘 문제와 컴퍼스 문제를 푼 경험이 없었다. 이들 집단의 경우에 일 년의 시간이 지나도 나비 모형을 학습한 효과가 전혀 감소하지 않고 계속 유지되고 있었다. 더욱이 중학생 D집단은 일 년 전에 24시간 나비 모형을 학습하였는데도 학습 효과가 계속 유지되는 것으로 나타났다.

〈표 1〉은 각 집단별 모순문제 해결비율을 정리하였다. 문제해결 비율을 통해 문제의 난이도를 확인할 수 있다(Gick and Holyoak, 1983, p. 13). 문제를 해결한 비율의 크기를 순서대로 나열하면, 중학생 A집단의 경우에 방사선 문제에 대한 해결비율이 33%로 가장 낮고, 바늘 문제 해결비율은 47%, 포탄 문제 해결비율은 73%, 컴퍼스 문제 해결비율은 93%로 나타났다. 문제 난이도 측면에서 방사선 문제가 가장 풀기 어렵고 바늘 문제와 포탄 문제의 순서로 어려웠다. 컴퍼스 문제가 가장 풀기 쉬운 것으로 나타났다. 이러한 패턴은 나머지 B집단, C집단, D집단, E집단에서 모두 똑같이 나타났다. 네 개의 모순문제에 대해 가장 낮은 해결비율을 보인 것은 나비 모형을 배운 적이 없는 대학생 C집

〈표 1〉 집단별로 모순문제를 맞춘 백분율(%)

집단	방사선 문제	포탄 문제	바늘 문제	컴퍼스 문제
중학생 A집단(15명) <sup>a</sup>	33	73	47	93
중학생 B집단(26명) <sup>b</sup>	8	39	31	85
대학생 C집단(54명) <sup>b</sup>	6	30	24	61
중학생 D집단(14명) <sup>c</sup>	-*	-*	86	100
대학생 E집단(10명) <sup>c</sup>	-*	-*	90	100

a: 나비 모형을 한 달 전에 학습한 집단. b: 나비 모형을 안 배운 집단. c: 나비 모형을 일 년 전에 학습한 집단.

\*: 나비 모형에 대한 강의를 받으면서 문제를 이미 풀어보았기 때문에 분석에서 제외함.

단에서 방사선 문제에 대해 6%를 보인 것이었고, 가장 높은 해결비율을 보인 것은 나비 모형을 일 년 전에 배운 적이 있는 중학생 D집단과 대학생 E집단에서 컴퍼스 문제에 대해 100%를 보인 것이었다. 문제해결 비율이 6%에서 100%로써 모순문제의 난이도가 매우 어려운 것에서 쉬운 것까지 골고루 포괄하는 것을 알 수 있다. 모순문제 난이도에 상관없이 집단마다 문제를 해결한 비율의 순서가 같은 패턴으로 나타난 것과 모순문제의 난이도가 넓은 범위를 포괄한다는 점에서 모순문제의 신뢰성과 타당성이 확보되었다.

방사선 문제는 의학적인 문제로 응답자들이 전문 용어에 익숙하지 않아 어려울 수 있다. 포탄 문제는 학교에서 마찰과 속도와의 관계에 대해 학습하여 친숙하지만 바늘 문제는 교실에서 접하기 힘든 문제이기 어려울 수 있다. 컴퍼스 문제는 응답자들이 볼펜을 떠올리면 쉽게 해결할 수 있는 문제다. 컴퍼스 문제에 대해 나비 모형을 학습한 적이 있는 D집단과 E집단 모두 100% 해결비율로서 천정효과(ceiling effect)가 나타난 것은 볼펜과 컴퍼스가 학생들에게 친숙한 문구류이기 때문이다. 이처럼 학생들에게 쉬울 수도 있는 컴퍼스 문제이지만 대학생 C집단과 중학생 B집단은 각각 61%와 85%로서 100% 해결하지는 못하였다. 모순문제 해결과정을 배울 기회를 갖지 못한 학생들이 상대적으로 쉬운 컴퍼스 문제를

능숙하게 풀지는 못하였다. 종합적으로 보면 어려운 방사선 문제뿐만 아니라 상대적으로 쉬운 모순문제 까지도 나비 모형 학습 유무에 따라 모순문제 해결력에 차이가 나타나는 것을 알 수 있다. 한편, 대학생 C집단은 나비 모형을 배우지 않았지만 한 학기 동안 '소비자선택과 의사결정' 과목에서 소비자 의사결정 전반에 대해 학습한 직후에 모순문제를 풀었다. 이들은 휴리스틱, 편향, 프로스펙트 이론 등 행동경제학 관점에서 본 소비자 의사결정을 배웠다. 행동경제학 관점에서 본 소비자 의사결정내용이 합리적 의사결정에 도움이 될 수는 있지만 모순문제를 해결하는 데는 역부족인 것으로 나타났다. 학생들의 모순해결력을 증진시키려면 교과목에 나비 모형 알고리즘을 포함시킬 필요가 있다.

다음으로 네 개의 모순문제에 대해 성별에 따라 문제해결력이 차이가 있는지 조사하였다. 중학생 A집단, 중학생 B집단, 대학생 C집단에서 방사선 문제를 알아맞힌 남학생의 비율은 15%(10명/65명)로 나타났고 여학생의 비율은 .0%(0명/30명)로 나타났다. 교차분석결과,  $\chi^2(1, N = 95) = 5.16, p = .028$ 로 유의한 차이를 보였다. 포탄 문제에 대해서는 남학생의 비율은 49%(32명/65명)로 나타났고 여학생의 비율은 17%(5명/30명)로 나타났다. 교차분석결과,  $\chi^2(1, N = 95) = 9.15, p = .003$ 로 유의한 차이를 보였다. 중학생 A집단, 중학생 B

집단, 대학생 C집단, 중학생 D집단, 대학생 E집단에서 바늘 문제를 알아맞힌 남학생의 비율은 47%(41명/87명)로 나타났고 여학생의 비율은 25%(8명/32명)로 나타났다. 교차분석결과,  $\chi^2(1, N = 119) = 4.73, p = .036$ 로 유의한 차이를 보였다. 컴퍼스 문제에 대해서는 남학생의 비율은 84%(73명/87명)로 나타났고 여학생의 비율은 63%(20명/32명)로 나타났다. 교차분석결과,  $\chi^2(1, N = 119) = 6.28, p = .022$ 로 유의한 차이를 보였다. 성별에 따른 모순문제 해결력에 대한 교차분석결과를 요약하면 네 개의 모순문제에 대해서 모두 남학생들이 여학생보다 높은 모순문제 해결력을 보였다. 이에 대해 두 가지 설명이 가능하다. 첫째, 맨 처음 풀어야 할 문제로서 의학적인 방사선 문제와 군사적인 포탄 문제를 해결하는 것에 대한 부담감을 남학생보다 여학생이 크게 느낌으로써 여학생들의 문제해결력이 떨어질 수 있다(Johns, Schmader, and Martens, 2005). 시험을 치루는 듯 딱딱한 분위기가 아니라 흥미를 유발하는 분위기를 조성하여 실험하였다면 여학생들의 해결력이 높게 나타날 수도 있다. 둘째, Inzlicht and Ben-Zeev(2000)의 연구에 의하면 여학생은 남학생들이 많이 있는 상태에서 시험을 치르면 위축감을 느껴 문제해결력이 떨어지는 것으로 나타났다. 본 연구 역시 남학생들이 여학생들보다 많은 상태에서 여학생들이 남학생들과 함께 문제를 풀었기 때문에 여학생들의 문제해결력이 낮게 나타날 수 있다.

$\chi^2$  검증은 비모수통계로서 집단의 수를 어떻게 나누느냐에 따라 통계량이 달라지는 한계가 있다. 이를 극복하기 위해 본 연구는 추가적으로 모수통계에 속하는 회귀분석을 실시하였다. 회귀분석은 D집단과 E집단을 제외하고 A, B, C 세 개 집단을 대상으로 네 개의 모순 문제를 푼 개수를 종속변수인 모순문제 해결력으로 삼았다. 본 연구가 분산분석대신에 회귀분석을 실시한 이유는 창의적 성향, 뇌 유형(좌뇌

유형, 우뇌유형, 양뇌유형), 형상화 능력을 더미변수 대신에 연속변수로 처리하기 위해서였다(Nisbett, 1993, p. 443). 회귀분석결과, 나비 모형을 학습한 것이 모순문제 해결력을 증가시키는 것으로 나타났다( $\beta = 1.60, p < .0005$ ). 성별에 대한 영향은 여학생보다 남학생일수록 모순문제 해결력이 증가하는 것으로 나타났다( $\beta = .70, p = .001$ ). 창의적 성향이 높은 학생일수록 모순문제 해결력이 증가하는 것으로 나타났다( $\beta = .23, p = .036$ ). 나머지 변수로써 형상화 능력( $\beta = .02, p = .842$ ), 좌뇌 유형( $\beta = .04, p = .914$ ), 우뇌 유형( $\beta = .04, p = .914$ ), 양뇌 유형( $\beta = .04, p = .929$ ) 모두 모순문제 해결력에 유의한 영향을 미치지 않게 나타났다.

일반적인 문제해결과 달리 모순문제에 대한 해결에 있어서는 형상화 능력과 뇌 유형이 유의한 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. Förster, Epstude, and Özelsel(2009)은 해석수준이론(Construal Level Theory)에 의하여 추상적 사고를 할수록 통찰문제(Insight Problem)에 대한 해결비율이 높아지는 반면에 구체적 사고를 할수록 분석적 문제(Alytic Problem)에 대한 해결비율이 높아지는 것을 입증하였다. 모순문제를 해결하려면 문제의 상위 수준에서 발생하는 상충관계에 대한 추상적 사고와 함께 문제의 하위 수준에서 파악된 모순관계에 대한 구체적 사고를 모두 요구한다(Peng and Nisbett, 1999). 모순문제의 이상해결안을 파악하려면 조건 c와 조건 ~c에 초점을 두는 논리적 사고가 요구되지만 이상해결안을 만족시키는 구체적인 해결안을 내려면 발산적 사고가 필요하다. 결국, 모순문제를 해결하려면 추상적 사고와 구체적 사고, 논리적 사고와 발산적 사고가 모두 필요하므로 본 연구의 모순문제해결력에 형상화능력과 뇌유형의 변수가 유의하지 않게 나타날 수 있다. 향후 모순문제를 푸는 과정을 구두진술(Verbal Protocol)로 측정하거나 실

〈표 2〉 네 개 모순문제를 알아맞힌 점수에 대한 회귀분석결과

독립변수	회귀계수	표준오차	t값	p	$M(C_{xi})^a$	$R^2$ 백분율 <sup>a</sup>
상수	-1.16	7.78	-.15	.882		
나비 모형 교육유무	1.60	.18	9.04	< .0005	.389	72.8
성별	.70	.20	3.54	.001	.099	18.5
창의적 성향	.23	.11	2.12	.036	.037	6.9
형상화 능력	.02	.08	.20	.842	.004	0.7
좌뇌 유형 점수	.04	.39	.11	.914	.002	0.4
우뇌 유형 점수	.04	.40	.11	.914	.002	0.4
양뇌 유형 점수	.04	.40	.09	.929	.001	0.2

a: 독립변수의 상대적 중요도를 파악하기 위해 Budescu(1993)의 우세 분석을 한 결과임.

협설계를 통하여 형상화능력과 뇌유형의 구체적인 영향력을 파악할 수도 있다.

허버트 사이몬(1987)은 청크의 크기를 설명하면서, 독립변수가 종속변수에 미치는 영향을 분석한 대부분의 심리학 연구들이 계수의 부호가 통계적으로 얼마나 유의한가에 대해 초점을 맞출 뿐 독립변수의 절대크기에 대해서는 무관심하다고 비판하였다. 변수들이 서로 상관관계를 갖는 경우가 많다. 이런 경우 상관계수나 회귀계수로써 변수의 상대적 중요도(Relative Importance)를 정할 수 없게 된다. Budescu(1993)는 회귀분석에서 독립변수들이 상관관계를 갖는 경우에도 변수들의 상대적 중요도를 파악할 수 있는 우세 분석(Dominance Analysis)을 제시하였으나 국내에 적용된 연구는 지금까지 없었다.

본 연구는 모순문제 해결력에 영향을 미치는 독립변수들의 상대적 중요도를 파악하기 위해 Budescu(1993)의 우세 분석을 하였다. Budescu(1993)의 우세 분석은 어느 한 독립변수( $x_i$ )가 회귀선에 포함되었을 경우에 평균적인 결정계수( $R^2$ ) 증가분으로 변수의 상대적 중요도를 분석한다. 즉, 독립변수 자신 이외의 다른 변수( $x_j$ , 단  $j \neq i$ )가 없을 때, 하나, 두개, ... 등이 있을 때 그 독립변수( $x_i$ )가 투입되면서

늘어나는 결정계수( $R^2$ )의 평균값을 구한다. 〈표 2〉의 평균 유용성 지수(Mean Usefulness Index)인  $M(C_{xi})$ 는 다른 독립변수가 없을 때, 하나, 둘, ... 등이 있을 때 결정계수( $R^2$ ) 증가분들의 평균값이다. 〈표 2〉에서 7개의 독립변수를 모두 넣고 회귀분석을 하였더니 결정계수( $R^2$ )가 .534로 나타났다.  $M(C_{xi})$ 를 모두 더하면 결정계수( $R^2$ )가 된다. 나비 모형 교육 유무의  $M(C_{xi})$ 는 .389로 나타나 모순문제 해결력에 미치는 영향력은 72.8% (.389/.534)로 나타났다. 성별이 미치는 영향력은 18.5% (.099/.534), 창의적 성향이 미치는 영향력은 6.9% (.037/.534)로 나타났다. 형상화 능력과 뇌 유형 변수들의 영향력은 모두 1%보다 작게 나타났다. 우세 분석에 의하면 모순문제 해결력을 설명하는 데 있어 나비 모형 교육 유무가 가장 중요한 변수로 나타났다. 나비 모형 교육 유무 다음으로 중요한 변수는 성별 변수이며 그 다음은 창의적 성향으로 나타났다.

나비 모형을 학습하게 되면 모순이 있는 문제를 오히려 혁신적인 아이디어를 낼 수 있는 기회로 여기게 한다. 풀기 어려운 문제를 중도에 포기하지 않고 붙잡고 물고 늘어지는 성향은 모순문제 해결력을 높이는 결과를 가져올 것이다(Mueller and Dweck, 1998). 이를 검증하기 위해 모순문제를 푸는 시간

을 측정하였다. 응답자들이 문제를 풀기 시작한 시간과 문제를 풀고 난 후의 시간을 기록하여 모순문제를 푸는 데 얼마만큼의 시간이 걸렸는지 측정하였다. 방사선 문제, 포탄 문제, 바늘 문제, 컴퍼스 문제를 풀 시간을 모두 더하여 중학생 A집단, B집단, 대학생 C집단의 세 집단을 대상으로 집단 간 차이를 검증하였다. 집단별로 문제를 풀 평균 시간(분)은 중학생 A집단은 39.27(SD = 9.13), 중학생 B집단은 32.04(SD = 11.18), 대학생 C집단은 26.48(SD = 7.94)로 나타났다. 세 집단에 대한 일원분산분석 결과,  $F(2,88) = 11.99, p < .0005$ 로 유의한 차이를 보였다. 사후분석결과, 세 집단 모두 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 문제해결 비율이 가장 높은 중학생 A집단이 다른 집단보다 문제를 오랫동안 붙잡고 풀 것으로 나타났다. 나비 모형을 배우지 않은 대학생 C집단이 중학생 A와 B 집단보다 낮은 문제해결력을 보였는데 이들이 문제해결에 쓰인 시간이 가장 적게 나타났다. 나비 모형을 배우면 어려운 모순문제를 쉽게 포기하지 아니하여 문제해결력이 증가하는 것을 알 수 있다.

### 3.2 나비 모형을 통한 발명대회 성과와 특허취득

중학생, 고등학생, 대학생들이 나비 모형을 학습한 결과물로 2007년~2011년 개최된 발명대회에서 5년 연속 수상을 하였다. 이들 학생 중에 2007년과 2008년에 열린 제주도민발명대회에서 각각 대상과 금상을 받은 대학생과 고등학생이 2008년과 2009년에 한국과학창의재단에서 수여한 대한민국 인재상을 수상하였고 특허도 취득하였다. 한국과학창의재단이 실시한 과학고등학교 R&E(Research & Education) 프로그램에 참여한 4명의 고등학생들이 나비 모형을 24시간(6시간씩 4일) 동안 배운 뒤의 결과물로 발명대회에서 금상을 수상하였고 특허를 취득하였다. J 대학교 과학영재교육원에서 중

등부 정보과학반의 기초과정에 참가한 중학생들 중 총 5명이 특허를 취득하였다. 중학생과 고등학생들이 나비 모형을 15~24시간 동안 배워 발명가가 될 수 있었다. 한 학기 동안 '창의혁신 트리즈' 과목을 수강한 대학생들 중 총 23명의 학생들이 발명대회에서 수상하고 8명이 특허등록의 성과를 거두었다. 2010년에는 나비 모형을 배운 대학생과 중학생들이 제4회 제주도민 발명대회에 출품하여 대상, 금상, 은상, 네 개 팀 입선으로 수상하였다. 나비 모형을 배운 대학생들이 대학창의발명대회에 참가하여 2년 연속 수상하였다. '2010 대학창의발명대회'에 전국 120개 대학에서 1,990건의 발명이 출품된 가운데 나비 모형을 학습한 대학생들이 장려상을 획득하였다. '2011 대학창의발명대회'에는 전국 122개 대학에서 2,360건의 발명이 출품되어 치열한 경쟁을 벌인 가운데 나비 모형을 학습한 대학생들의 발명품이 우수상을 획득하였다. 나비 모형을 학습한 결과물로 발명대회에서 수상한 학생은 총 32명이고, 17명이 13건의 특허출원을 하였으며 이중 2명은 대한민국 인재상을 수상하였다.

나비 모형을 통한 발명 아이디어들은 2008년 6월~2011년 12월 사이에 총 13건이 모두 특허등록을 받았다. 우리나라의 특허등록결정률(등록결정건수/심사처리건수)은 2009년에 60.4%, 2010년에는 63.9%를 기록하였다. 국가 R&D로부터 창출되어 특허출원된 우리나라의 연구관리전문기관들(예: 한국연구재단과 한국산업기술평가관리원) 중에서 특허등록 결정률이 가장 높은 상위 10개 기관의 평균 등록결정률이 2011년 12월에 평균 72%(SD= 16.9)로 발표되었다([http://www.rndip.or.kr/U\\_Stat.do?method=reg12](http://www.rndip.or.kr/U_Stat.do?method=reg12)). 나비 모형을 통한 특허출원이 일반인들과 국가 연구관리전문기관의 특허등록결정률보다 더 높은 100% 특허등록결정률을 보였다. 다음은 나비 모형의 교육효과를 보이는 구체적인 사례를 소개한다. 첫째는 오사카 고층빌딩의 모순문제를

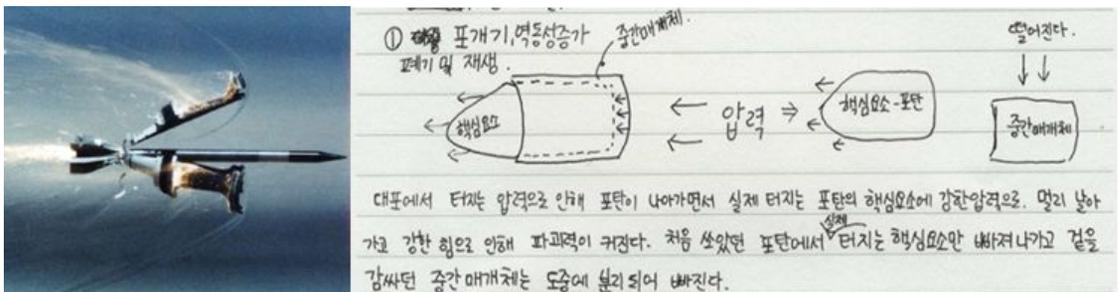
고, 둘째는 여학생들의 포탄문제 해결이고, 셋째는 중학생들의 등자발명이다.

일본 오사카의 도심 한 복판에 NHK 고층빌딩을 지으려고 땅을 파보니 난파공이라는 궁궐유적이 발견되었다. 오사카 행정당국은 상층 관계에 직면하였다. 유적지를 보존하자니 고층빌딩을 짓지 못하고 반대로 고층빌딩을 짓자니 유적지가 파괴되는 문제가 있었다. 이 문제를 풀기 위해 약 7년에 걸쳐 시민 대표와 전문가들이 참여하여 수십 차례 회의를 거쳤다. 오사카 행정당국은 그리스와 로마 유적지까지 시찰단을 파견하였다. 결국 오사카 행정당국이 낸 아이디어는 유적을 보존한 13층짜리 고층빌딩을 짓는 것이었다(박성아, 2008, pp. 397-398). 유적지와 고층빌딩을 결합하여 양자모두 충족법을 취한 것이다. 오사카 행정당국의 유적지 발굴 문제를 나비 모형을 배운 학생들에게 제시하면 몇 분도 안 되어 즉석에서 해결안을 내놓았다.

대포가 크면 그만큼 많은 화약의 폭발력으로 포탄의 파괴력이 커진다. 하지만 큰 대포에 들어맞는 포탄은 큰 크기로 포탄의 자체 무게 때문에 멀리 날아가지 못할뿐더러 공기저항을 받아 속도가 떨어진다. 이와 반대로 포탄이 작으면 대기를 훨씬 빠른 속도로 비행할 수 있지만 작은 포탄을 담은 작은 대포는 폭발력이 적어 큰 파괴력을 못 내는 문제가 있다. 이

문제를 나비 모형을 강의하면서 대학생들에게 풀게 하였다. 포탄 문제는 포탄이 커야 하고 또한 작아야 하는 모순을 갖는다. 포탄이 포구 안에서는 큰 포탄이었다가 포구 밖에서는 작은 포탄이면 문제가 해결된다. 날개안정분리철갑탄(Armor Piercing Fin Stabilized Discarding Sabot)은 작은 활강포를 감싸고 있던 약실이 대포 안에서 커다란 압력으로 터지고 나서 발사되면 공기저항을 받고 포탄에서 분리된다. 남은 분리철갑탄은 가벼워서 빠른 속도로 날아가 표적을 파괴한다. <그림 10>의 왼쪽 그림처럼 날개안정분리철갑탄은 커다란 대포에서 작은 포탄을 발사할 수 있게 설계되었다(이진호, 2007; 이대진, 2003). 포탄을 본 적이 전혀 없는 여학생 두 명이 20분간 토의 끝에 날개안정분리철갑탄의 아이디어를 냈다. 여학생들은 시간에 따라 큰 포탄이었다가 작은 포탄으로 만들면 되겠다고 생각한 끝에 아이디어를 냈다. <그림 10>의 오른쪽 그림은 여학생들이 제시한 해결안이다.

등자는 기수가 말을 탈 때 안장에 연결하여 말에 오를 때나 타고 있을 때 기수의 발을 받쳐주는 역할을 한다. 말을 탈 때 초보자는 불안한 마음으로 말을 등자에 너무 많이 넣는 경향이 있다. 말을 등자에 많이 넣으면 말에서 떨어지는 경우 말이 쉽게 빠지지 않아 큰 사고로 이어진다. 그렇다고 등자에 말을 적



(자료원: <http://www.militaryimages.net/photopost/showphoto.php/photo/35919>.)

<그림 10> 날개안정분리철갑탄과 여학생들의 포탄 문제의 모순해결

게 넣으면 안정감 있게 말을 타기가 어렵다. 이 문제를 J 대학교 과학영재교육원에서 중등부 정보과학반의 기초과정에서 '창의적 문제해결' 수업을 듣는 14명의 중학생들에게 주었다. 학생들이 세 개 팀으로 나뉘어 20분간 토론한 뒤에 세 팀 모두 각자 아이디어를 발표하였다. 다시 20분 동안 등자 문제를 풀도록 하였다. 학생들이 선택한 이상해결안은 등자를 아예 사용하지 않으면서 또한 안정감 있게 말을 타는 것이었다. 학생들은 등자 뒷부분에 버튼을 달아 낙마 시 발이 버튼을 누르면 등자가 자동으로 분리되는 아이디어를 냈다. 결국 등자문제의 아이디어를 보완 정리한 것이 특허로 등록되었다(특허등록번호 10-1026508, 특허등록번호 10-1026509, 특허등록번호 10-1093815; 현정석, 박찬정, 2010).

## IV. 결론

### 4.1 연구의 요약 및 논의

성공적인 혁신은 이렇지도 저렇지도 못하는 딜레마에 빠졌을 때 적당히 타협하지 않고 근본적인 모순을 해결한다. 자동차 조립과정에는 부품재고의 양이 많아야 하고 적어야 하는 모순이 있다. 자동차 조립과정에서 부품재고를 많이 확보하면 안정적인 공급이 가능하지만 재고비용이 증가한다. 재고비용을 줄이기 위해 부품재고량을 줄이면 부품부족으로 인해 생산라인이 멈출 수도 있다. 수많은 자동차 회사가 최적의 재고량 값을 찾기 위해 온갖 수학적 방법을 썼다. 도요타사는 반대로 접근했다. 후공정에서 필요한 부품의 양만큼 선공정에서 공급하게 만들었다. 재고가 아예 없이 생산하는 '간판'방식이 탄생했다(이홍, 2005; Smith and Tushman, 2005).

상반되는 아이디어를 결합하는 야누스적 사고는

창의성을 높인다. Rothenberg(1983)은 노벨상을 수상한 과학자 12명과 창의성이 높은 학생과 낮은 학생 113명 그리고 정신질환을 앓고 있는 환자 18명을 대상으로 상반되는 단어를 떠올리는 비율과 시간을 측정하였다. 조사결과, 창의적 과학자들이 상반되는 단어를 가장 많이 떠올렸으며 그 시간도 가장 짧게 나타났다. 정신질환자들이 상반되는 단어를 가장 적게 떠올렸으며 반응시간도 가장 길게 나타났다. 창의성이 높은 학생들이 낮은 학생들보다 상반되는 단어를 더 많이 떠올렸으며 연상하는 데 걸린 시간도 짧았다. 창의적인 사람일수록 야누스적 사고를 하는 것으로 조사되었다.

문제 해결에서 상반되는 아이디어의 갈등(conflict)을 역으로 이용하면 창의적인 문제해결이 가능하다(배리 네일버프와 이언 에이어즈, 2004; Nemeth, 1986; 로저 마틴, 2008; Miron-Spektor, Gino, and Argote, 2011). 1767년 James Watt의 증기기관 발명이 그 예다. Watt가 증기기관을 발명한 당시, Newcomen 엔진은 피스톤을 올리고 내리기 위해 실린더를 뜨겁게 달궜다가 차갑게 식혀야 했다. 동시에 뜨겁고 차가운 실린더를 만드는 것은 양립 불가능한 모순문제였다. Watt는 뜨거운 실린더에 차가운 콘덴서를 결합하여 모순문제를 해결했다. 실린더는 항상 뜨겁게 유지하고 콘덴서는 항상 차가운 상태를 유지하면 되었다. Watt의 증기기관은 Newcomen 엔진보다 열효율이 4배 높았다(홍성욱, 2003). Watt는 결합을 고려한 양자모두 충족법으로 모순을 해결했다. LG전자가 에어컨을 개발할 때 문제에 직면하였다. 에어컨의 절전도를 50% 향상시키려면 전기를 공급하는 인버터를 고급화시키면 해결되었다. 하지만 고급 인버터를 쓰면 비싼 원가 때문에 제조원가가 올라가는 문제가 생겼다. 절전도를 향상시키려면 고급 인버터를 써야 하지만 제조원가를 낮추려면 고급 인버터를 사용하면 안 되었다. 고급 인버터를 사용해야 하고 또한 사용

하지 말아야 하는 모순문제였다. 에어컨 전문가들은 컴프레서는 당연히 하나로 작동되는 것이라는 고정관념을 가졌지만 LG전자는 두 대의 작은 컴프레서를 이용하여 모순문제를 해결했다. LG전자는 절전도 향상과 원가절감의 두 마리 토끼를 모두 잡을 수 있었다(이홍, 2005).

페니실린을 우연히 발견한 Fleming처럼 과학적 발견이 행운과 우연에 의한 경우도 있지만, Florey와 Chain이 페니실린의 추출 문제를 푼 것처럼 논리적 사고의 결과인 경우도 있다. 그럼에도 불구하고 Simonton(2004, p. 118)은 동시에 두 개 이상의 상반되는 내용을 떠올리는 야누스적 사고는 비논리적인 사고이기 때문에 과학 창의성은 논리보다는 우연의 산물이라고 주장하였다. 이처럼 양자택일의 형식논리학에 익숙한 서양의 사고에서는 상반되는 모순을 받아들이기 어렵다(Peng and Nisbett, 1999). Duncker(1945)의 방사선 문제를 대부분의 기존 연구들이 모순해결 관점에서 들여다보지 않은 이유도 변증법적 사고에 취약한 서양 논리학에 있다. 이러한 결과로 창의성, 과학적 발견, 도덕 딜레마, 그리고 문제해결에 관한 기존연구에서 모순해결 관점에서의 문제해결 모형 개발에 취약하였다(Runco and Pritzker, 2011; 백유성, 이재경, 김정숙, 권오영, 2009; Simonton, 2004; Cushman and Young, 2009; Newell and Simon, 1972).

제조원가의 70~80%가 제품개발과정에서 결정되지만 대부분 기업들의 원가절감 노력은 생산과 구매단계에 집중되어 있다(Hsu and Liu 2000; 오상준 2006). 제품개발의 후기 단계에는 다양한 고급통계분석을 활용할 수 있지만 초기 단계로 갈수록 그렇지 않다. 개념설계의 초기단계일수록 혁신적인 아이디어 기회가 많고 생산성과 품질에 미치는 파급효과가 절대적임에도 불구하고 초기단계에 활용할 수 있는 방법론이 덜 개발되어 있다. 성공적인 신제품을 탄생시키는 첫 단추는 혁신적인 아이디어에서

시작한다. 기존 마케팅 연구는 아이디어 창출보다는 성공적인 시장진입을 위한 아이디어 정교화에 초점을 더 두고 있다. 마케팅 조사론(예: Aaker, Kumar, and Day, 2003), 신상품 마케팅(예: Urban and Hauser, 1993), 마케팅 모형(예: Lilien, Kotler, and Moorthy, 1995)은 신상품 아이디어를 창출하는 방법보다는 설문조사와 소비자 선택자료에 기반을 둔 통계적 방법에 치중한 경우가 많다. 즉, 혁신적인 아이디어는 주어졌다고 가정하고 아이디어를 시장의 요구에 부응하는 제품 상용화에 비중을 더 둔다. 신상품 아이디어 창출을 위한 방법으로 브레인스토밍 등의 기존 방법은 문제해결의 방향을 정하지 않기에 많은 시간이 걸리고 모순을 해결하는 데는 한계가 있다.

본 연구의 나비 모형은 모순에 기반을 둔 문제해결모형으로서 혁신적인 아이디어를 내놓는 알고리즘을 소개한다. 본 연구의 나비 모형은 대립하는 선택대안간 상충 관계를 발생시키는 모순을 파악하고 어떤 조건 상태가 요구되는지 문제해결의 방향을 정한다. 모순을 회피하기보다는 모순을 적극적으로 받아들여 문제해결의 근본 원인과 해결 수단으로서 모순을 다룬다. 나비 모형은 한 번에 하나씩 모순을 정의한 뒤에 모순문제 유형에 따라 적절한 모순해결법을 순차적으로 적용함으로써 문제해결자의 제한된 합리성을 극복할 수 있도록 돕는다. 본 연구는 모순해결을 위한 양자모두 충족법으로서 (1) 시간, (2) 결합, (3) 전체와 부분, (4) 버전, (5) 추출, (6) 차원변화를 고려한 방법을 제시하였다.

시간을 고려한 양자모두 충족법은 시간에 따라 이상적인 조건 상태를 도입하여 모순을 해결하는 방법을 말한다. 결합을 고려한 양자모두 충족법은 도구의 한 부분과 다른 부분에 각기 대립되는 조건 상태를 도입하여 각각의 다른 기능을 수행하게 하는 방법이다. 전체와 부분을 고려한 양자모두 충족법은 시스템의 상위수준과 하위수준에서 서로 다른 특성

을 갖는 것을 이용하여 모순을 해결하는 것을 말한다. 버전을 고려한 양자모두 충족법은 다양한 요구 사항을 충족하기 위해 다양한 버전을 제공하여 모순을 해결하는 방법을 말한다. 추출을 고려한 양자모두 충족법은 해로운 작용을 하는 도구의 한 부분을 추출하여 제거함으로써 문제를 해결하는 방법이다. 차원변화를 고려한 양자모두 충족법은 해로운 작용을 하는 도구의 개선을 차원변화의 관점에서 문제를 해결하는 것을 말한다.

본 연구는 나비 모형을 학습한 학생과 그렇지 않은 학생 간에 모순문제 해결력에 차이가 있는지 통계적으로 검증하였다. 먼저 Duncker의 방사선 문제에 대해 나비 모형을 학습하지 않은 집단의 문제 해결비율이 8%와 6%로 나타난 반면에 나비 모형을 학습한 집단의 문제해결비율이 33%로 나타났다. Duncker의 방사선 문제에 대해 약 10%의 해결비율을 보였던 기존연구의 결과에 비해서도 높게 나타났다. 실험참가자들에게 방사선 문제와 유사한 장군 문제와 해결안을 제시하고 방사선 문제를 풀게 했던 Gick and Holyoak(1980)의 실험4에서 20%, Catrambone and Holyoak(1989)의 실험1에서 16%에 비해서도 높게 나타났다. 본 연구의 응답자들은 나비 모형을 교육받은 지 한 달이 지난 뒤에 아무런 힌트 없이 방사선 문제를 풀었다는 점에서 나비 모형의 교육효과를 확인할 수 있다. 나비 모형을 학습한 중학생 집단은 방사선 문제뿐만 아니라 포탄 문제, 바늘 문제, 컴퍼스 문제에 대해서도 모두 나비 모형을 배우지 않은 학생 집단보다 더 높은 해결비율을 보였다. 주목할 만한 사실은 바늘 문제와 컴퍼스 문제에 대해 나비 모형을 일 년 전에 배운 학생들이 나비 모형을 한 달 전에 배우거나 배우적이지 않은 학생들보다 더 높은 문제해결비율을 보인 것이었다. 나비 모형에 대한 학습효과가 일 년이 지나도 줄어들지 않고 계속 유지되는 것으로 나타났다. Duncker의 방사선 문제 하나를 대상으로 한 기

존 연구들은 교차분석을 주로 하였다. 교차분석은 집단의 수를 나누는 기준에 따라 통계량이 달라지는 한계가 있다. 기존연구와 달리 본 연구는 복수의 모순문제를 사용하여 회귀분석을 실시하였다. 회귀분석 결과, 형상화 능력과 뇌 유형이 모순문제 해결력에 유의한 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 대신에 나비 모형 학습 유무, 성별, 창의적 성향이 모순문제 해결력을 높이는 데 유의한 변수로 나타났다.

본 연구는 회귀분석에서 독립변수들의 상대적 중요도를 파악할 수 있는 Budescu(1993)의 우세 분석을 국내에 처음으로 소개하였다. 본 연구에서 Budescu(1993)의 우세 분석을 한 결과, 모순문제 해결력을 설명하는 데 있어 나비 모형 교육 유무가 가장 중요한 변수로 나타났다. 집단 별로 문제를 풀 시간을 조사한 결과에 의하면, 나비 모형을 학습한 집단일수록 그렇지 않은 집단보다 문제를 푸는 데 더 많은 시간을 쏟는 것으로 나타났다. 나비 모형을 학습하면 어려운 모순문제를 쉽게 포기하지 않고 끝까지 붙잡고 푸는 성향을 갖게 되어 문제해결력이 증가함을 알 수 있다.

나비 모형에 대한 교육효과는 실제 발명대회와 특허등록의 성과로 이어졌다. 나비 모형을 교육받은 중학생, 고등학생, 대학생 모두 발명대회에서 수상하였고 특허도 취득하였다. 2008년과 2011년 사이에 나비 모형을 학습한 결과로 특허출원을 한 13건은 100% 특허등록되었다. 문제 안에 있는 모순을 해결하였기에 혁신적인 아이디어로 공식 인정받을 수 있었다. 나비 모형을 통한 특허등록결정률(등록결정건수/심사처리건수) 100%는 우리나라의 연구관리전문기관 중에서 특허등록결정률이 높았던 상위 10개 기관의 평균 72%(2011년 12월 기준)와 우리나라의 특허등록결정률이 2009년에 60.4%, 2010년에 63.9%를 기록한 것보다 높게 나타났다. 2010년에는 나비 모형을 배운 중학생과 대학생들이 발명대회에 출품하여 대상, 금상, 은상, 네 개 팀 입

선의 실적을 보였다. 대학창의발명대회에 참가한 대학생들이 2010년에는 1,990건 가운데 장려상을 받았고, 2011년에는 2,360건 가운데 우수상을 획득하였다. 나비 모형을 배운 학생들이 발명대회에 참가하여 총 32명이 수상하고, 총 17명이 13건의 특허등록을 얻었고 이중 2명이 대한민국인재상을 수상하였다. 발명대회에서 수상하고 특허를 취득한 학생들은 공학적인 지식을 갖고 있지 않았고 디자인 교육을 받지 않은 일반 중·고등·대학생들이라는 점이 나비 모형의 효과성을 입증한다.

Genrich Altshuller는 ARIZ-85C의 서문에서 “ARIZ를 적용하려면 ARIZ가 복잡한 도구이기 때문에 먼저 최소 80시간의 트리즈 교육훈련을 받아야 한다.”고 주의를 당부했다(Philatov, Zlotin, Zusman, and Altshuller, 1999, p. 27). 본 연구의 나비 모형을 15~24시간 배우면 발명가가 될 수 있었다. 나비 모형을 학습한 학생들이 해결할 수 있는 발명 수준도 높게 나타났다. 예를 들면, 학생들이 발명대회에서 대상과 금상을 수상하고, 2,360건의 아이디어와 경합을 벌인 2011 대학창의발명대회에서 우수상을 받고, 여학생들이 날개안정분리철갑탄의 문제를 해결하는 것을 보면 나비 모형 교육이 학생들의 문제해결력을 높은 수준으로 끌어올리는 것으로 조사되었다.

나비 모형의 유용성은 다음과 같다. 첫째, 나비 모형 교육을 통해 발명특허를 취득할 수 있는 방법론을 터득하여 창의성을 높일 수 있다. 나비 모형을 배운 중학생, 고등학생, 대학생 모두 발명대회에서 수상하였고 특허를 취득한 성과를 보였다. 나비 모형을 배우면 문제 안에 있는 모순을 찾을 수 있어 일반인보다 훨씬 빠른 속도로 보다 혁신적인 아이디어를 낼 수 있게 된다.

둘째, 나비 모형을 배움으로써 논술과 면접에서 딜레마 문제에 대해 창의적 해결안을 제시할 수 있다. 논술과 면접에서는 상식적 차원에서 벗어난 참

신하고 독창적인 대답이 좋은 평가를 받는다. 나비 모형을 배우면 자신의 견해를 뒷받침하는 논거를 문제 안에서 찾기 때문에 주어진 논제에 맞는 해결안을 제시할 수 있다.

셋째, 나비 모형의 알고리즘 관점을 갖게 되면 과학과 건축 등의 역사를 단순한 암기과목이 아니라 모순을 해결한 창의적 문제해결 관점에서 바라볼 수 있게 된다. 단순히 James Watt가 증기기관을 발명했다고 암기하기 보다는 Watt가 어떻게 문제를 해결했는지 살펴보는 것이 과학에 대한 흥미를 높일 수 있다. 건축의 경우에 로마의 판테온 신전은 직경 43m 높이 43m의 돔이다. 로마인들은 기둥하나 받치지 않고 바가지로 얹은 모양의 판테온 신전을 지었다. 로마인들이 판테온 신전을 지으면서 모순에 직면했다. 길이가 43m인 거대한 돔을 짓다보면 지붕의 가운데 무게로 인해 주저앉을 가능성이 컸다. 로마인들은 기둥을 쓰지 않고 완전한 돔 형태로 짓고 싶었다. 어떻게 하면 기둥 없이 거대한 돔 건물이 무너지지 않게 지을 수 있을까. 로마인들은 지붕 가운데 구멍을 파서 무게를 줄였다. 하지만 여전히 돔 가운데로 올라갈수록 무게가 늘어나면 지붕이 무너질 가능성이 컸기에 바닥에서 천정으로 갈수록 지붕 안쪽으로 바닥을 파냈다. 그리고 공기를 함께 섞은 시멘트를 이용하여 무게를 줄이는 방식을 썼다. 로마인들은 추출을 고려한 양자모두 충족법을 따라 판테온 신전을 지었다. 디자인의 아름다움을 높이면서도 무게를 줄이는 판테온 신전은 로마 건축술의 백미에 속한다. 국제수학·과학성취도 평가연구(TIMSS) 2007 통계결과 순위표에 의하면, 우리나라 중학교 학생의 과학 성취도는 50개국에서 상위인 4위를 차지했으나 과학에 대한 흥미도는 29개국에서 최하위인 29위를 차지했다. 학생들이 과학에 대한 흥미를 갖도록 하려면 과학을 단순한 암기과목이 아니라 과학 창의성을 높일 수 있도록 모순문제해결 관점을 갖게 할 필요가 있다.

넷째, 모순문제에 친숙해짐으로써 문제발견에 대한 민감성을 키워 새로운 아이디어 가능성을 모색할 수 있게 된다. 나비 모형을 통해 모순문제를 즐기는 태도를 갖게 된다. 모순문제에는 발명 가능성과 창의적 문제해결의 기회가 있기 때문에 모순문제를 회피하기보다 기꺼이 도전하는 적극성을 갖게 된다. 모순을 해결한 경험은 딜레마와 갈등 문제에 친숙해짐으로써 극단적 대립보다 양자만족을 추구하는 데 기여한다.

다섯째, 나비 모형은 기존 문제를 분석하는 것뿐만 아니라 새로운 문제를 만드는 데도 효과적인 문제해결모형이다. 근본원인분석, 5 Why's, 피쉬본 다이어그램 같은 문제해결모형들은 잘못된 결과에 대해 원인을 찾아 문제를 해결한다. 나비 모형은 기능 A와 상충 관계를 갖는 새로운 기능 B 그리고 이들 사이를 매개하는 조건 c를 규명함으로써 기존에 없던 새로운 모순문제를 만들 수 있다. 기술시스템이 '역돌출'에 있는 문제를 해결하면서 발전해 나가듯이, 나비 모형은 역돌출에 해당하는 기능 B를 예견하고 이를 발생시키는 모순 관계를 미리 파악함으로써 혁신을 가속할 수 있다. 나비 모형을 통한 특허 취득은 상당 부분 새로운 상충 관계를 만들고 그에 따른 문제해결 아이디어에 힘입은 바가 크다.

#### 4.2 추후연구

나비 모형의 추후연구는 다음과 같이 이루어질 수 있다. 본 연구에서 제시하는 교육방법이 학교에서의 교육뿐만 아니라 기업에서 어떻게 활용할 수 있을지에 대한 연구가 흥미로울 수 있다. 이를 위해서는 경영분야의 사례를 이용하여 모순문제를 해결하는 알고리즘을 개발하는 것이 필요하다. 이러한 지식축적은 경영사례에 대한 나비모형의 학습이 기업의 혁신에 어떠한 영향을 미치는지 연구를 가능하게 할 것이다.

다음은 동양과 서양의 사고차이가 모순문제해결에

어떠한 영향을 미칠 것인지에 대해 가능한 추후 연구를 제시한다. 서양인은 대안의 장단점을 부각시켜 자신의 선호를 양극화(bipolarization)하는 반면에 동양인은 두 대안을 타협하는 경향이 있다(Briley, Morris, and Simonson, 2000; Spencer-Rodgers, Williams, and Peng, 2010). 서양인은 선형의 인과사고로 인해 맞으면서 동시에 틀릴 수 있는 모순을 받아들이기 어려워하지만 동양인은 변증법적 사고로 인해 모순을 잘 이해하고 받아들인다(Peng and Nisbett, 1999). 1932년 만해 한용운은 선(禪)이라는 시에서 “선(禪)은 선(禪)이라고 하면 곧 선(禪)이 아니다. ...선(禪)이면서 곧 선(禪)이 아니요. 선(禪)이 아니면서 곧 선(禪)이 되는 것이 이른바 선(禪)이다.”라고 하였다. 개인적으로 모순문제를 풀 때에는 변증법적 사고를 하는 동양인이 선형적 인과관계에 익숙한 서양인보다 창의적 문제해결 가능성이 클 것으로 전망된다. 그렇지만 서양인은 말하면서 생각하는 것에 익숙한 반면에 동양인은 말하는 것과 생각하는 것을 동시에 하면 문제해결력이 떨어지는 차이점이 있다(Kim, 2002). 그룹 의사결정에서 서양인은 강한 개인적 자아로 인해 남과 다른 의견을 피력하는 것을 선호할뿐더러 말하면서 생각하는 것을 즐겨한다(Choi and Choi, 2002). 그룹으로 모순문제를 해결할 때에는 서양인들이 타협에 익숙한 동양인보다 다양한 반대 의견을 적극적으로 개진함으로써 창의적 문제해결 가능성이 클 것으로 기대된다.

Masuda and Nisbett(2001)와 Nisbett, Peng, Choi, and Norenzayan(2001)과 Ji, Peng, and Nisbett(2000)에 따르면 동양인이 서양인보다 전체 맥락에 더 주의를 기울이는 것으로 나타났다. 동양인은 서양인보다 배경에 더 많은 주의를 기울이는 것으로 나타났다. 예를 들어, 물속 장면을 담은 애니메이션을 서양인과 동양인에게 보여주면, 서양인은 개별적인 물고기에 주의를 기울이지만 동양인은 물,

바위, 물거품, 수초 같은 전체적인 관계를 더 언급하는 경향을 보였다. 차원변화를 고려한 양자모두 충족법은 큰 그림으로 문제를 바라보아야 문제해결이 될 가능성이 크다. 따라서 개별적인 사물보다는 주변 배경에 초점을 두는 동양인이 서양인보다 차원변화를 고려한 모순해결법을 더 잘 활용할 가능성이 크다. 반면에 추출을 고려한 양자모두 충족법은 유해작용을 일으키는 조건 ~c를 시스템에서 제거해 버리는 것이므로 이분법적 사고에 익숙한 서양인이 쉽게 활용하는 모순해결법으로 예측된다. 미국은 하와이를 제외하고 4개의 표준시를 갖는다. 이와 달리 동서의 거리가 미국과 비슷한 중국은 표준시가 하나이다. 서양은 다양한 버전의 규칙이 존재하는 경우가 많은 반면에 동양은 하나의 규칙으로 운영되는 것에 익숙하다(Markus and Kitayama, 1991). 따라서 다양한 욕구를 만족시켜야 하는 상황에서 버전을 고려한 모순해결법은 동양인보다 서양인에게 더 수월할 것으로 예측된다. 동서양 문화차이와 모순유형에 따라 모순해결력에 차이가 있음을 짐작할 수 있다(Spencer-Rodgers, Williams, and Peng, 2010). 이에 대한 추후 연구가 필요하다. 우리는 모순 개념에 대해 서양인들보다 훨씬 더 깊은 이해를 갖지만 서양인들의 뛰어난 논리적 사고력이 부족하다. 동양과 서양의 사고차이에서 발생하는 장단점에 대한 이해는 창의적 문제해결력을 높일 것이다.

## 참고문헌

- 게르트 거거렌처(2008), 생각이 직관에 묻다, 안의정 역, 서울, 추수밭.
- 김동환(2006), 시스템 사고, 서울, 신학사.
- 김상미, 박찬경(2010), "뇌 유형에 따른 컴퓨터교과 교수학습에 대한 교사 및 학생 선호도 분석," 2010 한국정보과학회 학술 심포지움 논문집, 4권 2호, 269-274.
- 김선미(2009), 창의성 개발 훈련 프로그램이 아동의 창의적 사고력과 창의적 성향에 미치는 영향, 한신대학교 교육대학원 석사학위논문.
- 김영채(1994), "유추적 문제해결의 전이와 개념적 이해," 한국심리학회지: 실험 및 인지, 6권, 132-163.
- 김영한(2007), 창조적 습관, 서울, forbook.
- 김영호(2009), 플레밍이 들려주는 페니실린 이야기, 서울, (주)자음과 모음.
- 로버트 루트번스타인, 미셸 루트번스타인(2007), 생각의 탄생, 박종성 역, 서울, 에코의서재.
- 로버트 B. 스투어트(2006), 가치공학의 원리, 임종권, 최영민, 김용수 공역, 서울, 구미서관.
- 로저 마틴(2008), 생각이 차이를 만든다, 김정혜 역, 서울, 지식노마드.
- 모택동(2004), 실천론·모순론(외), 김승일 역, 파주, 범우사.
- 박성아(2008), 일본, 서울, 삼성출판사.
- 베리 네일버프, 이언 에이어즈(2004), 안될 것 없잖아? 이창식, 박덕수 공역, 서울, 세종서적.
- 백유성, 이재경, 김정숙, 권오영(2009), "한국 경영학계에서 창의성 연구의 현황과 과제," 한국경영학회 통합 학술대회.
- 안서원(2006), 사이먼 & 카너먼: 노벨경제학상을 수상한 심리학자들, 파주, 김영사.
- 오상준(2006), "원가절감, 제품개발단계에 집중하라," LG주간경제, 11월 18일, 27-31.
- 이대진(2003), 문답으로 이해하는 전차이야기, 서울, 연경문화사.
- 이명우, 장세진(2011), "아이리버 2.0: 레인콤의 재도약," Korea Business Review, 제14권 제3호, 1-30.
- 이진호(2007), 무기의 이해, 서울, 양서각.
- 이홍(2005), 지식집프: 지식창조의 금맥을 찾아서, 서울, 삼성경제연구소.
- 정미숙(2005), "트리즈 학습효과 및 지식창출성과의 결정요인에 관한 연구," 이화여자대학교 대학원 박사학위논문.
- 조문구(2004), 생물계약공정, 서울, 유한문화사.
- 짐 콜린스(2002), 좋은 기업을 넘어 위대한 기업으로, 이무열 역, 파주, 김영사.

- 허버트 A. 사이몬(1987), *인공지능*, 이종범 역, 서울, 삼영사.
- 현정석(2008), "창의혁신을 위한 나비대교 모형," **한국경영 컨설팅학회 하계학술대회**, 3-17.
- 현정석, 박찬정(2009), "스마트폰 기반의 QR코드 해석기 성능분석 및 응용개발," **한국해양정보통신학회논문지**, 13권, 10호, 2242-2250.
- 현정석, 박찬정(2010), "모순해결과 나비 모형에 대한 교육이 청소년들의 문제해결력에 미치는 영향," **과학영재교육**, 2권, 3호, 63-76.
- 홍성욱(2003) 하이브리드 세상읽기, 서울, 안그래픽스.
- Aaker, David A., V. Kumar, and George S. Day (2003), *Marketing Research*, John Wiley & Sons, Inc.
- Anderson, John R., Lynne A. Reder, and Herbert A. Simon(1996), "Situated Learning and Education," *Educational Researcher*, Vol. 25, No. 4, 5-11.
- Barber, K. S., T. H. Liu, A. Goel, and C. E. Martin (1999), "Conflict Representation and Classification in a Domain-Independent Conflict Management Framework," *Proceedings of the Third Annual Conference on Autonomous Agents*, 346-347.
- Bettman, James R.(1979), *Information Processing Theory of Consumer Choice*, Addison-Wesley Publishing Company, Inc.
- Briley, Donnel A., Michael W. Morris, and Itamar Simonson(2000), "Reasons as Carriers of Culture: Dynamic vs. Dispositional Models of Cultural Influence on Decision Making," *Journal of Consumer Research*, Vol. 27, No. 2, 157-178.
- Budescu, David V.(1993), "Dominance Analysis: A New Approach to the Problem of Relative Importance of Predictors in Multiple Regression," *Psychological Bulletin*, Vol. 114, No. 3, 542-551.
- Catrambone, Richard and Keith J. Holyoak(1989), "Overcoming Contextual Limitations on Problem-Solving Transfer," *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, Vol. 15, No. 6, 1147-1156.
- Choi, Incheol and Yimoon Choi(2002), "Culture and Self-Concept Flexibility," *Personality and Social Psychology Bulletin*, Vol. 28, No. 11, 1508-1517.
- Cushman, Fiery and Liane Young(2009), "The Psychology of Dilemmas and the Philosophy of Morality," *Ethical Theory Moral Practice*, Vol. 12, 9-24.
- Duncker, Karl(1945), "On Problem-Solving (Translated by Lynne. S. Lees)," *Psychological Monographs*, Vol. 58 No. 5(Whole No. 270).
- Fey, Victor and Eugene Rivin(2005). *Innovation on Demand: New Product Development Using TRIZ*, Cambridge University Press.
- Förster, Jens, Kai Epstude, and Amina Özsel (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.
- Gick, Mary L. and Keith J. Holyoak(1980), "Analogical Problem Solving," *Cognitive Psychology*, Vol. 12, 306-355.
- Gick, Mary L. and Keith J. Holyoak(1983), "Schema Induction and Analogical Transfer," *Cognitive Psychology*, Vol. 15, 1-38.
- 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.
- Hill, Bernd(2005), "Goal Setting Through Contradiction Analysis in the Bionics-Oriented Construction Process," *Creativity and Innovation Management*, Vol. 14, No. 1, 59-65.
- Hsu, W. and B. Liu(2000), "Conceptual Design: Issues and Challenges," *Computer-Aided*

- Design*, Vol. 32, 849-850.
- Hughes, Thomas P.(1983), *Networks of Power: Electrification in Western Society, 1880-1930*, The Johns Hopkins University Press.
- Hyun, J. S. and C. J. Park(2008), "Butterfly Bridge Model as a Simplified ARIZ," *Proceedings of the 4th Japan TRIZ Conference*. 164-167.
- 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.
- 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.
- Inzlicht, Michael and Talia Ben-Zeev(2000), "A Threatening Intellectual Environment: Why Females are Susceptible to Experiencing Problem-solving Deficits in the Presence of Males," *Psychological Science*, Vol. 11, No. 5, 365-371.
- Ji, Li-Jun, Kaiping Peng, and Richard E. Nisbett (2000), "Culture, Control, and Perception of Relationships in the Environment," *Journal of Personality and Social Psychology*, Vol. 78, No. 5, 943-955.
- Johns, Michael, Toni Schmader, and Andy Martens (2005), "Knowing Is Half the Battle: Teaching Stereotype Threat as a Means of Improving Women's Math Performance," *Psychological Science*, Vol. 16, No. 3, 175-179.
- Kim, Heejung S.(2002), "We Talk, Therefore We Think? A Cultural Analysis of the Effect of Talking on Thinking," *Journal of Personality and Social Psychology*, Vol. 83, No. 4, 828-842.
- Larkin, Jill H. and Herbert A. Simon(1987), "Why a Diagram is (Sometimes) Worth Ten Thousand Words," *Cognitive Science*, Vol. 11, 65-99.
- Lilien, Gary L., Philip Kotler, and K. Sridhar Moorthy(1995), *Marketing Models*, Prentice Hall.
- Markus, Hazel Rose and Shinobu Kitayama(1991), "Culture and the Self: Implications for Cognition, Emotion, and Motivation," *Psychological Review*, Vol. 98, No. 2, 224-253.
- Masuda, Takahiko and Richard E. Nisbett(2001), "Attending Holistically Versus Analytically: Comparing the Context Sensitivity of Japanese and Americans," *Journal of Personality and Social Psychology*, Vol. 81, No. 5, 922 - 934.
- 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.
- Mueller, Claudia M. and Carol S. Dweck(1998), "Praise for Intelligence Can Undermine Children's Motivation and Performance," *Journal of Personality and Social Psychology*, Vol. 75, No. 1, 33-52.
- Nemeth, Charlan Jeanne(1986), "Differential Contributions of Majority and Minority Influence," *Psychological Review*, Vol. 93, No. 1, 23-32.
- Newell, Allen and Herbert A. Simon(1972), *Human Problem Solving*, Prentice-Hall.
- Nisbett, Richard E.(1993), "Violence and U.S. Regional Culture," *American Psychologist*, Vol. 48, No. 4, 441-449.
- Nisbett, Richard E., Kaiping Peng, Incheol Choi, and Ara Norenzayan(2001), "Culture and

- Systems of Thought: Holistic Versus Analytic Cognition," *Psychological Review*, Vol. 108, No. 2, 291-310.
- Oates, Laurel Currie(2006), "Did Harvard Get It Right?" *Mercer Law Review*, Vol. 59, 675-718.
- Pedone, Roberto, John E. Hummel, and Keith J. Holyoak(2001), "The Use of Diagrams in Analogical Problem Solving," *Memory & Cognition*, Vol. 29, No. 2, 214-221.
- Peng, Kaiping and Richard E. Nisbett(1999), "Culture, Dialectics, and Reasoning about Contradiction," *American Psychologist*, Vol. 54, No. 9, 741-754.
- Philatov, V., B. Zlotin, A. Zusman G. Altshuller (1999), *Tools of Classical TRIZ*, Ideation International Inc.
- Polya, George(1973), *How to Solve It*, Princeton University Press.
- 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.
- Runco, Mark A. and Steven R. Pritzker(2011), *Encyclopedia of Creativity*, Academic Press.
- Shafir, Eldar, Itamar Simonson, and Amos Tversky (1993), "Reason-based Choice," *Cognition*, Volume 49, Issues 1-2, October-November, 11-36.
- Shapiro, Carl and Hal R. Varian(1998), *Information Rules: A Strategic Guide to the Network Economy*, Harvard Business Review Press.
- Simonson, Itamar and Amos Tversky(1992), "Choice in Context: Tradeoff Contrast and Extremeness Aversion," *Journal of Marketing Research*, 29, 281-295.
- Simonton, Dean Keith(2004), *Creativity in Science: Chance, Logic, Genius, and Zeitgeist*, Cambridge University Press.
- 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.
- Spencer, R. Mason and Robert W. Weisberg(1986), "Context-dependent Effects on Analogical Transfer," *Memory & Cognition*, Vol. 14, No. 5, 442-449.
- Spencer-Rodgers, Julie, Melissa J. Williams, and Kaiping Peng(2010), "Cultural Differences in Expectations of Change and Tolerance for Contradiction: A Decade of Empirical Research," *Personality and Social Psychology Review*, Vol. 14, No. 3, 296-312.
- Urban, Glen L. and John R. Hauser(1993), *Design and Marketing of New Products*, Prentice Hall.
- Utterback, James M.(1994), *Mastering the Dynamics of Innovation*, Cambridge, Massachusetts: Harvard Business School Press.
- Ward, Thomas B., Ronald A. Finke, and Steven M. Smith(1995), *Creativity and the Mind*, Perseus Publishing.
- Weisberg, Robert W.(2006), *Creativity: Understanding Innovation in Problem Solving, Science, Invention, and the Arts*, John Wiley & Sons, Inc.
- <http://www.ibm.com/news/ca/en/2010/05/20/v384864m81427w34.html>
- [http://www.rndip.or.kr/U\\_Stat.do?method=reg12](http://www.rndip.or.kr/U_Stat.do?method=reg12)
- <http://www.militaryimages.net/photopost/showphoto.php/photo/35919>

## The Algorithms and The Education Effects of the Butterfly Model for Solving Contradictions\*

Jung Suk Hyun\*\*

### Abstract

The purposes of this research are to develop algorithms for contradiction-based problem solving and to prove the educational effects of these algorithms. The Butterfly model includes the algorithms that solve problems by defining specific ideal solutions with given trade-offs and contradiction relationships of the problems. The Butterfly model is a contradiction resolution model that can satisfy the both-and way of thinking. This research proposes the methods that consider (1) time, (2) combination, (3) the whole and its parts, (4) version, (5) extraction, (6) dimension change as the both-and fulfilling methods. In order to verify the educational effects of the proposed model, cannonball, needle, and compass problems as well as Duncker's radiation problem are given to middle school students and university students. Compared to the previous research that showed about 10% problem solving ratio for Duncker's radiation problem, this research had 33% problem solving ratio when the students solved the same problem without any hint. The problem solving ratio of the students who had learned the proposed model one year ago maintained their problem solving ability without decrease. According to the results of regression analysis, studying the Butterfly model increases the contradictory problem solving ability. With the outcomes from the Butterfly model learning, 32 students won prizes in invention festivals and 17 students got 13 patents, 2 students won Korea Outstanding Individual Prize. The registered patent ratio achieved by the Butterfly Model learners, 100%, is higher than 72% (reported in 2011. 12), the average registered patent ratio of top 10 organizations. Finally, this research discusses the implication and the future research of the Butterfly Model.

Key Words: The Butterfly Model, Contradiction, Dilemma, Invention, Innovation

---

\* This work was supported by the research grant of Jeju National University in 2010.

\*\* Professor, Jeju National University