

인지언어 및 메타정의의 관점에서 수학 영재아의 문제해결 프로토콜 분석

도 주 원 (서울방현초등학교 교사)
백 석 윤 (서울교육대학교 교수)[†]

수학적 과정에서 나타나는 언어·구문론적 표현 체계와 정의적 표현 체계 사이에는 긴밀한 상호 작용이 이루어진다. 한편, 수학적 개념 체계도 본질적으로 은유적이므로 언어적 표현을 통해 나타나는 수학적 개념 구조에 대한 분석은 수학 학습에 작용하는 인지·정의적 장애 요인의 근원을 밝히는데 도움이 될 수 있다. 이에 본 연구에서는 수학 영재아의 문제해결 프로토콜을 인지언어와 메타정의의 관점에서 분석하여 텍스트 및 은유의 기능적 특성과 메타정의의 기능적 특성 사이의 관계성을 파악하였다. 그 결과 문제해결의 성공 여부에 따라 수학 영재아의 인지적, 정의적 특성이 반영된 행위의 양상이 서로 다르게 나타났다. 성공적이지 못한 문제해결의 경우에는 성공적인 경우에 비해 내부 표현 체계로서의 은유를 활용하는 행위가 상대적으로 빈번하게 나타났다. 또한 은유의 인지언어학적 측면이 문제해결에 중요하게 작용하면서 동시에 은유라는 외적 표현에는 메타정의적 속성이 긴밀하게 관련되어 나타났다.

I. 서론

NCTM(2000)에서는 학교수학을 위한 원리와 기준 중 하나로 수학적 표현을 강조하고 있다. 2015 개정 수학과 교육과정에서도 교과 역량 중 하나인 의사소통을 수학 지식이나 아이디어, 수학적 활동의 결과, 문제해결 과정, 신념과 태도 등을 말이나 글, 그림, 기호로 ‘표현’하고 다른 사람의 아이디어를 이해하는 능력으로 제시하고 있다(교육부, 2015). 한편, Bal(2015)은 수학적 과정으로서의 표현 활동을 학생이 사고 기능을 개

발하고 최적화하는 활동에서 중요한 수학적 지식의 구성 및 추상화의 과정으로 보고, 수학적 아이디어나 관계를 다양한 방식으로 표현하는 것과 그 표현들 사이의 변환에 대하여 강조하고 있다.

수학 역사의 대부분이 수학적 표현 체계의 창안과 발전의 과정이라면, 수학교육에서는 수학적 표현을 이해하고 그 표현 능력을 발달시키거나 이와 관련된 문제를 해결하는 과정에 초점을 맞추고 있다(Behr, Lesh, Post, & Silver, 1983). 예를 들어 Goldin(1998), Goldin & Kaput(1996)은 수학적 문제해결 역량에 언어·통사 체계, 정형 표기법 체계, 표기법 등과 같은 표현적 요소를 포함시키고 있다. 그리고 DeBellis(1996), Goldin(2000), McLeod & Adams(1989)에 의하면, 학습자는 언어·구문론적 표현 체계, 이미지 표현 체계, 형식적 이론 표현 체계, 개인의 감정적인 표현 체계 등과 함께 변화하는 정서, 태도, 신념, 수학이나 수학에 관련된 가치와 같은 정의적 체계를 형성하게 된다. 이를 통해 학습과정에 사용되는 표현 체계들과 정의적 체계 사이에는 내부적으로 긴밀한 상호 작용이 존재하는 것으로 볼 수 있다. 이와 같이 문제해결 과정에 등장하는 학생들의 정서, 태도, 신념, 가치와 같은 정의적 체계와 어휘와 문법과 같은 언어·구문론적 표현 체계 사이에는 긴밀한 상호 작용이 예상되므로 이 두 체계 사이의 작용 현상을 파악하기 위하여 정의적, 인지언어학적 분석이 필요함을 알 수 있다.

한편, Goldin & Shteingold(2001)에 따르면 “표현의 외부체계는 수학의 전통적인 상징체계에서부터 구조화된 학습 자료에 이르기까지 다양한 반면에, 내부체계는 학생 개인의 상징화 구조, 수학적 개념에 대한 의미 부여, 일상 언어, 시각적 이미지와 공간적 표현, 문제해결 전략과 발견술, 수학과 관계된 (아주 중요한) 정의적 요소 등을 포함한다.(p. 2)” Kosslyn(1980)에 의하

* 접수일(2019년 7월 12일), 심사(수정)일(2019년 8월 12일), 게재확정일(2019년 9월 3일)
* ZDM분류 : C23
* MSC2000분류 : 97C23
* 주제어 : 수학 영재아, 문제해결, 인지언어, 은유, 메타정의
† 교신저자 : sypaik@snue.ac.kr

면 외부체계는 일반적으로 기호, 문자, 객체로 구성되며, 보다 분명하고 형식적이면서 수 체계를 포함한다. 그리고 내부 심리 표현은 복잡한 인식을 나타내기 위해서 모델이나 구조를 필요로 하며, 학생의 정신적 표현이 된다. 이에 Goldin(2006)은 내부 표현 체계로서의 정의에 기초하여 인간의 정의가 인지 체계와 정보를 교환하는 내부 표현 체계로서 기능함을 밝혔다. 인간의 사고를 지배하는 개념체계는 단순히 지적 측면에만 국한되지 않고 일상적인 활동에서 지각하는 것, 살아가는 방식, 타인과 관계를 맺는 방식 등을 구조화한다. 따라서 개념체계는 인간이 생각하고 행동하는 일상적인 실재를 규정하는 데 핵심적인 역할을 하며, 본질적으로 은유적이다. 즉, 언어의 은유적 표현과 은유적 개념은 체계적으로 연결되어 있기 때문에, 은유적인 언어 표현을 사용하여 은유적 개념의 본질을 탐구할 수 있으며, 학습 활동의 은유적 성질을 이해할 수 있다(Lakoff & Johnson, 1980, 2003). Núñez(2000)에 의하면, 언어적 표현에 따라 학생들의 개념 구조를 연구하는 것은 수학 학습에 방해가 되는 어려움, 동기 부족, 불안 등의 근원을 밝혀 줄 수 있다. 따라서 학생들의 내부 표현 체계 중 은유의 심리적 역할에 대한 고려가 필요하며, 은유를 이해하고 사용할 수 있는 은유적 언어 능력에 대하여 파악할 필요가 있다. 한편, 수학 문제 해결 활동에서 불안감과 같은 부정적인 정의적 요소가 나타나게 되더라도 메타정의(meta-affect)가 긍정적으로 작용하게 되면, 이 부정적인 정의적 요소가 오히려 문제해결에 긍정적으로 작용할 수 있게 된다. 이러한 이유로 메타정의는 문제해결 활동의 정의적 측면에서 가장 중요한 요소로 간주되고 있다(DeBellis & Goldin, 2006).

이상에서 살펴본 문제해결 과정에 나타나는 은유적 표현과 메타정의의 특성에 근거한 언어의 은유적 표현에 대한 연구는 학생들의 내부적 표현 체계 중 정의적 표현 체계에서 중요한 역할을 하는 메타정의의 작용 기능의 특성을 밝히는 데에 도움을 줄 수 있을 것이다. 하지만, 은유에 대한 선행 연구들(Lakoff & Johnson, 1980; Lakoff & Núñez, 2000)은 주로 은유에 인지적으로 접근하여 은유를 인간 사고의 본질적인 부분으로 보며, 은유가 단순 발화가 아닌 개념들을 연결시킨다고 주장한다. 이에 본 연구에서는 인지적 능력이 높을 뿐만 아니라 메타정의적 능력 역시 높은 수학 영재자

(도주원·백석윤, 2019)의 문제해결 프로토콜에 대한 인지언어학적 관점과 메타정의적 관점에서 분석을 통해 문제해결 과정에 나타나는 텍스트 및 은유의 기능적 특성과 메타정의의 기능적 특성 사이의 관계성을 파악하고자 하였다.

II. 이론적 배경

1. 문제해결 활동의 인지언어학적 분석

가. 텍스트의 구조와 기능

Brinker(1992)에 의하면, 텍스트는 언어적 단위이자 통보적 단위이다. 텍스트의 구조는 텍스트의 직접적인 구성 성분인 문장이나 명제들 사이에 성립하는 텍스트의 내적 관계, 곧 텍스트의 응집성에 영향을 미치는 관계들의 조직망으로 볼 수 있다. 문법적 관점에서는 문장을 텍스트의 핵심적인 구조 단위로 간주한다. 텍스트를 문장으로 분할하기 위해서는 마침표, 느낌표, 물음표와 같은 구두점에 근거하여 구분할 수 있다. 하지만 종종 문장부호가 주관적으로 사용되거나 전혀 사용되지 않는 담화나 프로토콜도 있다. 따라서 텍스트의 구두점은 일반적으로 문장을 구분하여 나타내기보다는 언어 생산자가 자신의 텍스트를 어떻게 분할하여 전달하려 했느냐에 대한 정보를 제공하게 된다. 따라서 인지언어학적 측면에서는 우선적으로 문법적 관점에서 텍스트에 대해 고찰할 필요가 있다.

‘텍스트의 기능’은 잠정적으로 특정 텍스트가 통보과정에서 얻게 되는 내포의미(진의)나 통보상황의 범주에서 실현되는 목적이라고 정의된다(Brinker, 1992). Bühler(1934)는 언어 생산자가 언어를 도구 삼아 수용자와 의사소통한다고 보았다. 즉, 언어적 기호는 현실의 객체와 사태의 ‘상징’으로서, 생산자의 내면성의 ‘징후’로서, 생산자가 수용자에게 호소하는 ‘신호’로서 기능하게 된다는 것이다. Göllich & Raible(1975)은 Bühler(1934)의 텍스트 기능의 구분을 ‘표현기능’, ‘서술기능’, ‘호소기능’으로 구분하였다. Searle(1975)는 사례를 서술하는 ‘제시행위’, 청자가 어떤 행위를 할 수 있도록 하는 ‘지시행위’, 화자가 앞으로의 행위에 대해 책임을 지고 일정한 행동을 결심하는 ‘위임행위’, 명제에 표명된 사례에 대한 화자의 심리적 입장을 표현하는 ‘

정표행위', 성공적으로 수행되면 명제내용과 현실이 일치하게 되는 '선언행위'로 구분하였다. Brinker(1992)는 Gülich & Raible, 그리고 Searle의 텍스트 기능을 참고하여, 생산자는 수용자에게 지식을 전달하고 싶어 하는, 즉 무언가를 제보하려고 하는 '제보기능', 생산자는 어떤 사실에 대해 일정한 입장을 받아들이고/거나, 일정한 행위를 수행하도록 수용자의 마음을 움직이려고 하는 '호소기능', 수용자가 일정한 행위를 수행할 의무가 있음을 알리는 '책무기능', 생산자는 자신이 문제 삼고 있는 것이 수용자와의 개인적인 관계, 특히 개인적인 접촉을 만들고 유지하려는 '접촉기능', 생산자는 수용자에게 주어진 텍스트가 새로운 현실을 구성하고 있으며, 텍스트의 성공적인 발화가 일정한 사실을 도입하려고 하는 '선언기능'으로 범주화하였다. 따라서 이와 같은 범주화의 방법으로 여러 문장으로 구성된 텍스트의 기능에 대한 파악은 해당 텍스트가 내포하고 있는 의미와 실현되는 목적을 이해하는데 도움을 줄 수 있을 것이다.

나. 은유와 은유의 기능

은유는 언어에 폭넓게 사용되고 있으며, 개별 낱말 및 담화와 관련이 있다. 은유는 낱말 형성과 낱말 의미의 기본 과정으로, 개념과 의미는 은유를 통해 어휘화되고 낱말을 통해 표현된다. 은유는 설명, 해명, 기술, 표현, 평가, 유희와 같은 기능을 가지고 있다. 구어와 문어에서 은유를 많이 사용하는 이유는 은유를 통해 해당 객체에 대한 이해를 도울 수 있기 때문이다(Lakoff & Johnson, 1980, 2003). 즉, 은유는 일종의 이해 방식으로서, 어떻게 객체를 보고 그 실체를 인식하는지와 같은 객체를 보는 관점이나 방식이기 때문이다(Schön, 1979).

Lakoff & Johnson(1980)은 은유가 일상생활에 만연되어 있으며 언어에서만 발견할 수 있는 것이 아니라 경험을 구조 짓기도 한다는 점을 밝혔다. Lakoff & Johnson(1999)은 인간의 마음이 육체적 경험을 바탕으로 조직될 뿐만 아니라 개념 체계를 매체로 육체와 주변 환경의 공통성에서 유래된다고 보았다. 즉, 육체적 경험에 의해 동기가 부여된 의미와 추상적 의미 사이를 은유적 고리로 연결할 수 있음을 의미한다. 정서적 경험은 공간적인 지각 경험만큼 기본적인지만, 육체적 활동의 관점에서는 덜 명확하게 묘사된다. 공간을 명

확히 묘사하는 개념 구조는 지각 운동 기능으로부터 나타나지만, 정서를 명확히 규정하는 개념 구조는 단지 정서적 기능에서만 나타나지는 않는다. 감정과 감각 운동 경험 사이에는 체계적인 상관성이 있다. 은유를 통해 감정을 보다 명확히 규정된 용어로 개념화할 수 있으며, 그 감정을 다른 개념들에 연결할 수 있다. 은유를 사용함으로써 직접적이고 자구적인 언어의 사용보다 암시와 함축을 통해 보다 많은 것을 전달할 수 있다. 하지만 은유가 구체적이고 역동적으로 보여도 의미는 부정확하게 전달될 수 있다. 이러한 의미의 부정확함, 즉 불분명함 때문에 은유는 감정, 평가, 설명을 제시할 때 강력한 도구가 된다(Lakoff & Johnson, 1980, 2003). 따라서 Lakoff & Núñez(2000)은 수학에 대한 기존의 관점을 수학적 본질이 보편적이고 객관적이며 인간의 마음과는 무관하다고 가정하고 있다는 점에서 '마음과 무관한 수학'이라고 규정하였다. 반면에, 수학이 수학답게 되는 것은 의미 있는 수학적 아이디어라고 강조하며 '마음에 기반한 수학'이 의미 있는 수학을 주장하였다.

은유와 관련된 선행연구에 따르면, 교육적 은유는 학교에서 실제로 많이 사용되는 의도적인 은유로 특정 교수 상황에서 유용하도록 비유, 도구, 상황을 통한 활동, Dienes 자료나 퀴즈네어 색 막대, 수나 도형의 그림 표현 등과 같은 Fischbein의 수학 외적인 유추모델 등의 도입과 관련됨을 알 수 있다(이승우·우정호, 2002). 주미경과 권오남(2003)은 대학생들이 미분방정식을 학습할 때 '기계은유'와 '가상적 운동 은유'를 사용함을 밝혔다. 김상미(2005)는 수업에서 교사의 의도적인 은유는 교사가 갖고 있는 수학적 이해와 학생에 대한 이해를 드러내며, 수학 수업의 이해를 위한 중요한 단서가 됨을 파악하였다. 김상미와 신인선(2007)은 교사가 수업 시간에 사용하는 은유가 학생들의 개념 이미지 형성에 결정적임을 확인하였다. 또한 학생들이 도형의 은유를 통하여 자신이 추구하는 도덕성 즉, 수학적 정서와 관련짓고 있음을 파악하였다. 이처럼 수학 수업에서 은유는 학생들의 수학 개념 형성에 기여하고 있으므로, 학생이 사용하는 특정 수학 개념에 대한 은유를 구체적으로 파악함으로써 해당 개념 형성에 대하여 이해할 수 있게 되며, 해당 개념 지도에 있어서 유용한 교수학적 정보를 제공할 수 있는 것이다.

김지연(2011)에 따르면, 학생들은 수학적 개념을 이

해하거나 문제해결 시 은유를 사용하는 경향을 보인다. 은유는 익숙하지 않은 개념을 친숙한 개념이나 경험의 범주 안에서 학생이 이해할 수 있도록 설명해주는 기능을 수행한다. 또한 정교화 기능을 통하여 수학적 지식들을 서로 통합하여 학습자가 그것을 내면화할 수 있게 하여 수학적 연결성 강화에 중요한 역할을 한다. 마지막으로 하나의 개념과 관련된 정보들을 표현하는 기능을 수행하므로, 수학적 개념을 표현하는 활동이나 문제해결의 표현 활동의 지도 방안으로 은유를 활용할 수 있다. 즉, 인지적 표현 개념은 학생들이 수학적 아이디어에서 가질 수 있는 장애 요인을 이해하도록 돕는다. 장기적인 인지 장애 요인과 관련된 정서 장애 요인은 표현의 내부 체계와 관련되어 나타나게 된다. 학생들이 사용하는 특정 표현으로 인해 장애 요인이 발생할 수 있으므로, 이러한 장애 요인에 대한 설명과 보다 효율적이고 강력한 표현을 통해 이를 극복할 수 있다. 표현의 새로운 내부 체계는 일반적으로 기존 체계를 기반으로 하여 만들어지므로(Goldin & Kaput, 1996), 내부 표현 체계의 발전 과정을 이해하기 위해서는 이에 수반되는 행동을 관찰할 필요가 있다. 즉, 학생들의 외적 표현과 구조화된 수학적 활동의 효과를 이해했을 때 가장 효과적으로 수학을 가르칠 수 있다. 일반적으로 수학을 가르칠 때 궁극적인 목표는 학생들의 강력하고 유연한 내적 표현 체계를 발전시키는 것으로 이러한 목표에 도달할 수 있도록 도와줄 외적 표현 체계가 필요하며, 이러한 체계로 은유를 활용할 수 있을 것이다.

2. 문제해결 활동의 메타정의적 분석

가. 표현 체계

표현은 일반적으로 자신과는 다른 객체를 통하여 나타내거나 표시 또는 상징하는 방식이다. Goldin(2009)에 따르면, 표현의 방식은 상황이나 용도에 따라 다양해질 수 있으며, 주체와 객체 사이의 표현 관계는 일반적으로 양방향 관계이다. 수학 학습과 문제해결 과정에서 학생들은 정보를 말로 처리하거나 정신적 이미지로 형상화하고 조작하여 표현하게 된다. 이때 내적 표현은 외적 형상을 상징하거나 그 외적 형상의 의미를 다른 내적 형상으로 표현할 수도 있다. 수학 학습과 문제해결을 하는 동안 상호작용하는 내적

인지 표현 체계는 일상 언어, 시각-공간적, 촉각-운동 감각적, 음성-운율의 표현에 대한 상징화의 체계이며, 형식적인 표현 체계, 발견적 교수 계획과 실행 통제의 체계 등을 포함한다. 따라서 내적 표현 체계는 의사소통 과정에서 중요한 역할을 한다.

Krutetskii(1976)에 따르면, 정서는 수학을 포함한 모든 활동에서 필요로 하는 능력을 개발하는데 중요한 요소가 되어, 창조의 기쁨과 만족감, 그리고 인간의 정신적 기능을 높이는 과정에서의 정서적 즐거움은 그 효율성을 제고하며 난관을 극복하게 해준다. 따라서 영재아들은 일반적으로 수학 문제해결 활동에 대하여 깊은 정의적 관심을 나타내며, 새로운 성취감과 함께 진정한 즐거움을 느끼게 된다. 이처럼 정서적 요소는 수학적 능력 개발을 위한 맥락을 제공하지만, 그 능력 자체는 정서적이 아니라 오히려 인지적이다. 이러한 정서를 포함한 정의적 요소는 문제를 해결하는 동안 나타나는 감정적인 느낌의 변화인 국소적 정의를 포함하며, 국소적 정의에 대한 맥락을 설정하고 국소적 정의가 도달하게 되는 보다 안정적인 정의적인 구조인 포괄적 정의를 포함한다(Goldin, 2009).

Goldin(2009)에 의하면 표현으로서의 정의는 인지와 많은 유사점을 가지고 있다. 즉, 정의는 가치, 신념, 태도, 정서적인 느낌 관련 경로를 통합하며, 억양, 표정, 신체 언어 등을 통해 의사소통 체계를 구성한다. 간혹 그 표현 체계가 모호할 때도 있으나, 개인적, 사회적 상호 작용 과정에 효과적으로 작동한다. 또한 정의는 수학과 관련하여 학생들에게 자신감을 부여하거나 위축시킬 수도 있다. 정의의 강화는 문제해결 활동에 필요한 인내심을 높이고, 위기 극복, 또는 새로운 내적, 외적 표현을 통하여 문제체계를 하거나 해결 계획을 개선하는 데 자극제 역할을 한다. 반면에, 정의의 약화는 문제해결 활동의 수행을 방해하고, 그 과정에서 이해를 차단하거나 인지할 수 없게 만들고, 수학 불안 및 공포와 관련된 부정적인 결과를 초래할 수 있다. 따라서 정의적 경로와 역량의 복잡한 관계망을 구성하고, 수학적 문제해결 능력을 높이거나 낮추고, 개인의 상황에 따라 서로 다른 의미를 전달한다.

나. 정의적 경로

정의적인 경로는 국소적 정의가 반복되는 순서나 규칙성과 관련 있으며(Goldin, 2000), 창의적인 수학적

행동과 긴밀하게 상호작용한다. 사고의 방식이나 특징은 시간이 지나면서 서서히 변화하고, 전반적으로 고착화된 개인적인 감정에 대한 내적 상황인 신념처럼 상대적으로 안정적인 정의적 구성 개념과 관련한 포괄적 정의, 예를 들어 ‘수학을 사랑한다.’ 또는 ‘수학 불안’ 등과 같은 경우에 해당한다. 반면에 국소적 정의는 수학적 활동에의 참여 과정에 개인적 또는 교류적 상황에 접하면서 수학과 관련하여 발생하는 감정의 빠른 변화와 관련된다. 예를 들어, 비정형적인 수학 문제를 해결할 때 먼저 호기심을 느끼고 당황하게 되고 이어서 좌절감을 느끼는 것과 같은 현상이다(Goldin, 2009).

일반적으로 학생들이 수학 학습이나 문제해결 상황에서 당황이나 좌절과 같은 부정적인 국소적 정의를 갖게 되거나 이러한 부정적인 국소적 정의가 되풀이되면서 고착된 불안과 같은 포괄적 정의를 갖게 되면 성공적이지 못한 결과를 초래할 수 있게 된다. 하지만 여기에 긍정적인 메타정의를 작용하여 정의를 강화하게 되면 부정적인 정의가 오히려 성공적인 결과를 이끌게 된다. 따라서 메타정의는 정의적 요소를 중심으로 인지적, 정의적 요소들의 복합적인 상호작용에 기반 하므로(DeBellis & Goldin, 2006; Malmivuori, 2001; Moscucci, 2010), 가장 중요한 정의적 요소로 간주된다. 이러한 작용 특성을 고려할 때 메타정의를 수학 문제해결 과정에서 문제해결자에게 발현하는 정의적 요소들 사이 또는 인지적, 정의적 요소들 사이의 상호작용에 대한 자각(awareness)(도주원, 2018)으로 정의(定義)할 수 있다. 메타정의를 메타적으로 작용하는 기능들은 주어진 문제를 해결하기 위한 해결 전략을 구상하는 ‘계획’, 자신의 문제해결 활동에 나타나는 인지적, 정의적 현상에 대해 자각하고 이를 통제, 조절, 관리하는 ‘관리’, 자신의 문제해결 과정에 나타나는 특정 인지적, 정의적 현상에 대해 스스로 감시하는 ‘모니터링’, 문제해결과 관련한 문제해결자 자신의 문제해결력에 대한 사정(査定)과 자신의 문제해결 과정 전반에 대한 종합적인 평가를 하는 ‘평가’, 문제해결 과정에서 나타나는 문제해결자의 인지적, 정의적 현상에 대하여 정의적 요소와 결부된 감정적 확신이나 견해와 같은 ‘신념’, 반복적으로 강하게 나타나는 정서적 경험이 누적되고, 발전적으로 형성되어 선호도 등의 메타적 반응으로 작용하는 ‘태도’ 유형으로 범주화할 수 있다(도주원, 2018).

III. 연구 방법

1. 연구 대상 및 절차

본 연구에서는 인지적 능력이 높을 뿐만 아니라 메타정의적 능력 역시 높은 수학 영재아(도주원·백석운, 2019)의 문제해결 과정에 나타나는 텍스트 및 은유의 기능적 특성과 메타정의의 기능적 특성 사이의 관계성을 파악하고자 하였다. 따라서 서울 소재의 대학부설 영재교육원의 초등학교 4~6학년 수학 영재아 20명을 대상으로 임의로 2인 1조의 10개의 소집단을 구성하여, [표 1]의 수학 문제를 협업적으로 해결하도록 하였다. 이 문제는 수학 영재아의 메타정의적 특성을 파악한 도주원과 백석운(2019)의 연구에서 개발하여 적용한 문제로, 교사의 지도 없이 한 쌍의 영재아들이 서로 의사소통을 통해 상의하여 문제를 해결하도록 설정하였다. 이들로 하여금 문제를 해결하며 갖게 되는 생각이나 느낌을 모두 말로 표현하도록 사전 교육하였고, 문제해결 시간은 30분으로 설정하였다.

[표 1] 적용문제(도주원·백석운, 2019, p.63)

[Table 1] Application issues(Do & Paik, 2019, p.63)

적용 문제	여섯 자리의 자연수가 있습니다. 이 자연수의 앞에 세 자리와 뒤에 세 자리의 숫자를 이용하여 두 개의 세 자리 수로 만들었습니다. 이 두 수를 더한 합을 제곱하면 다시 처음 여섯 자리 수와 같게 된다고 할 때, 처음 여섯 자리 수의 각 자리 숫자를 합한 값은 얼마입니까?
----------	---

문제해결 결과 메타정의를 포함하면서 해결을 완수한 사례 9가지 중 문제해결의 성공 여부에 따라 가장 많은 메타정의를 나타난 사례를 각각 의도적으로 표집(Yin, 2016)하여 분석할 사례로 선정하였다. 이 두 사례의 경우 모두 초등학교 5학년 학생들의 해결 결과이었다. 본 연구는 문제해결 활동 프로토콜에 나타나는 인지언어학과 메타정의의 측면에서의 관계적 특성을 비교분석한 것으로, 두 소집단의 구성원에 대한 개인적 배경이나 성향은 변인으로 고려하지 않았다.

두 사례의 프로토콜에 대하여 텍스트의 기능별 빈도 분석과 은유의 기능별 빈도 분석을 실시하여 각각

의 특성을 파악하였다. 또한 은유의 기능별로 메타적 기능 유형의 빈도 분석을 실시하여 은유의 기능과 메타적 기능 유형 사이의 관계적 특성을 분석하였다.

2. 자료 수집 및 분석

수학 영재아의 소집단 협업적 문제해결 과정은 노트북을 활용하여 녹화하였으며, 학생들이 기록한 문제해결 활동 자료를 수집하였다. 문제해결 활동은 두 사람 중 한 사람만 기록하도록 제한을 두었다. 녹화한 동영상 자료는 문제해결 활동 기록 자료를 참고하여 말, 행동, 표정 등의 모든 행위를 전사하여 프로토콜을 작성하였다.

[표 2] 텍스트의 기능 유형 분류 기준
[Table 2] Classification criteria for the function types of text

유형	분류 기준
제보	“A는 B이다.”, “~하게 하라.” 등의 발언이 포함된 텍스트(지식을 전달하는 내용)
호소	“~게 해야 할 것 같아.”, “~하자.” 등의 발언이 포함된 텍스트(어떤 사실에 대해 일정한 입장을 받아들이도록, 또는 일정한 행위를 수행하도록 하는 내용)
책무	“~게 해야 해.” 등의 발언이 포함된 텍스트(일정한 행위를 수행할 의무가 있음을 알리는 내용)
접촉	“너도 ~이지?”, “너 그거 알아?” 등의 발언이 포함된 텍스트(개인적인 관계나 개인적인 접촉을 만들고 유지하려는 내용)
선언	“~하면 돼.” 등의 발언이 포함된 텍스트(성공적인 발화가 일정한 사실을 도입하려고 하는 내용)

프로토콜은 일련의 문제해결 과정에서 맥락에 따라 구분이 가능하면서 문제해결력이 작용하는 부분적인 각 과정 단위를 지칭하는 에피소드(Schoenfeld, 1985)에 따라 텍스트로 구분하였다. 텍스트의 기능을 파악하기 위하여 텍스트를 구성하는 문장을 기본적인 핵심 구조로 간주하였다. 각 텍스트는 Brinker(1992)가 텍스트의 기능으로 제시한 ‘제보’, ‘호소’, ‘책무’, ‘접촉’, ‘선언’

기능 등을 참고하여 [표 2]와 같이 분류·분석하였다.

또한 각 텍스트에 포함된 은유의 기능은 김지연(2011)이 구분하여 제시한 ‘설명적’, ‘정교화’, ‘표현적’ 기능을 참고하여 [표 3] 과 같이 분류·분석하여 그 특성을 파악하였다.

[표 3] 은유의 기능 유형 분류 기준
[Table 3] Classification criteria for the function types of metaphor

유형	분류 기준
설명적 기능	“틈이 두 개.”, “노가다 하겠습니까.” 등의 발언이 포함된 은유(익숙하지 않은 개념을 학생들이 이해할 수 있도록 친숙한 개념이나 경험의 범주 안에서 설명)
정교화 기능	“이건 당연히 설득될 수밖에 없어.” 등의 발언이 포함된 은유(수학적 지식들을 서로 통합하여 학습자가 내면화할 수 있도록 수학적 연결성 강화)
표현적 기능	“이 문제는 뭔가 만만해 보여. 딱 봤을 때” 등의 발언이 포함된 은유(개념과 관련된 정보들 표현)

은유의 기능과 메타정의의 메타적 기능 사이의 관계적 특성을 파악하기 위하여 프로토콜에 제시된 은유를 포함한 문장을 ‘인지적 요소’, ‘정의적 요소’, ‘융합적 요소’로 분류·분석하였다. 정의적 요소는 DeBellis & Goldin(1997)이 메타정의의 기반으로 제시한 정서, 태도, 신념, 가치로 분류·분석하였다. 정의적 요소를 내포한 인지적 요소는 융합적 요소로 분류한 후 정의적 요소로 간주하여 분석하였다. 은유를 포함한 핵심 정의적 요소를 중심으로 상호작용이 이루어지는 그 전후의 인지적, 정의적 요소의 연쇄인 메타정의를 분석 단위로 설정하였다. 각 메타정의는 [표 4]에 제시된 바와 같이 도주원(2018)의 연구에서 메타정의의 메타적 기능 유형으로 설정한 ‘계획’, ‘관리’, ‘모니터링’, ‘평가’, ‘신념’, ‘태도’ 유형을 분석도구로 사용하였다.

문제해결 성공 여부에 따른 각각의 프로토콜에 나타나는 텍스트나 은유, 메타정의의 개수가 서로 다르므로 그 기능적 특성을 파악하기 위하여 각 기능별 출현 비율로 비교 분석하였다. 이와 같은 분류 기준에 따라 연구자 개인이 3회 반복하여 분류하고 2인의 공

동 연구자 상호 간 교차검토 후 논의하여 최종 분류하였다.

[표 4] 메타정의의 메타적 기능 유형 분류 기준(도주원, 2018, p.97)
 [Table 4] Classification criteria for meta-functional types of the meta-affect(Do, 2018, p.97)

유형	분류 기준
계획	“~하는 방법은 어때.” 등의 발언이 포함된 연쇄(문제해결 전략 및 방법 고안)
관리	“~하지 마.”, “잠깐만, ~게 해야 해.” 등의 발언이 포함된 연쇄(동료의 행위 또는 사고의 진행 통제, 조절 및 관리)
모니터링	“왜 이렇게 생각했지?” 등의 발언이 포함된 연쇄(문제 또는 동료의 행위의 인지적, 정의적 현상에 대한 감시 및 관찰)
평가	“~이 잘못되었어.” 등의 발언이 포함된 연쇄(문제, 문제해결 과정, 동료의 행위 등에 대한 판단, 사정(査定), 평가)
신념	“나는 ~는 잘못해.” “이런 문제는 ~게 해야 해.” 등의 발언이 포함된 연쇄(문제해결과 관련된 인지적, 정의적 현상의 확신 및 견해)
태도	“~한 태도로 문제를 해결해야 해.” 등의 발언이 포함된 연쇄(문제해결에 참여하는 태도 및 긍정적인 또는 부정적인 문제해결 태도)

IV. 연구 결과 및 논의

1. 문제해결 성공 여부에 따라 사용된 텍스트의 기능적 특성

[표 5] 수학 영재아의 문제해결 성공 여부별 텍스트 기능별 출현 비율
 [Table 5] Percentage of text function by problem-solving success of mathematical gifted children

문제해결 성공여부 \ 텍스트의 기능		제보	호소	책무	접촉	선언	합계
성공적인	빈도(회)	25	8	4	8	4	49
	비율(%)	51.02	16.33	8.16	16.33	8.16	100.00
성공적이지 못한	빈도(회)	19	22	5	10	9	65
	비율(%)	29.23	33.85	7.69	15.38	13.85	100.00

수학 영재아의 문제해결 프로토콜을 에피소드에 따라 텍스트로 분류하였다. 문제해결의 성공 여부에 따라 에피소드별로 분류한 각 텍스트의 기능별 출현 비율은 [표 5]에 제시된 바와 같다.

성공적인 문제해결 프로토콜에 사용된 텍스트의 기능은 “뭔가 이것하고 관련이 있어.”, “b가 0이 되어 버렸네.” 등의 발화와 같이 생산자가 수용자에게 지식을 전달, 즉 제보하는 ‘제보기능’이 51.02%로 가장 많이 나타났다. “3의 제곱 곱하기 11이지? ...되는 숫자가 없는데?”, “근데 이게 a하고 b하고 같다는 게 말이 안 돼.” 등의 발화와 같이 생산자가 어떤 사실에 대해 일정한 입장을 받아들여 일정한 행위를 수행하도록 수용자의 마음을 움직이는 ‘호소기능’과 ‘파이팅, 파이팅’, “내가 뭐 짓을 한 거지?” 등의 발화와 같이 생산자가 자신이 문제 삼고 있는 것이 수용자와의 개인적인 관계, 특히 개인적인 접촉을 만들고 유지하는 ‘접촉기능’이 각각 16.33%씩 나타났다. 또한 “오케이 그럼 다시 한 번 해보자.”, “계속해야 될 것 같아.” 등의 발화와 같이 수용자가 일정한 행위를 수행할 의무가 있음을 이해시키는 ‘책무기능’과 “그러면 처음 그제 제공수겠네..”, “4분의 101이라는 결론...” 등의 발화와 같이 생산자가 수용자에게 주어진 텍스트가 새로운 현실을 창안하여 텍스트의 성공적인 발화가 일정한 사실을 도입하는 ‘선언기능’이 각각 8.16%씩 나타났다.

반면에 성공적이지 못한 문제해결 프로토콜에 사용된 텍스트의 기능은 ‘호소기능’(33.85%)이 가장 많이 나타났다. 이어서 ‘제보기능’ 29.23%, ‘접촉기능’ 15.38%, ‘선언기능’ 13.85%, ‘책무기능’ 7.69% 순으로 나타났다.

이를 통해 수학 영재아의 문제해결 프로토콜에 사용된 텍스트의 기능 중 ‘책무기능’과 ‘접촉기능’은 문제

해결의 성공 여부에 따라 별 차이 없이 유사한 빈도로 나타났다. 주어진 문제해결을 수행하고자 하는 ‘책임’이 문제해결의 성공 여부와 관계없이 가장 적은 빈도로 나타났다.

한편, 성공적인 문제해결 프로토콜에 사용된 텍스트의 기능은 ‘제보기능’이, 성공적이지 못한 문제해결 프로토콜에 사용된 텍스트의 기능은 ‘호소기능’이 가장 빈번하게 나타나 수학 영재아의 성공적인 문제해결은 텍스트의 기능 중 ‘제보기능’과 관련이 있는 것으로 보인다. 이는 Clark(1988)이 제시한 수학 영재아의 인지적 특성 중 ‘많은 양의 정보 보유’, ‘고차원적 이해’ 등이 성공적인 문제해결 활동의 경우 보다 활성화 되어 문제를 해결하는데 필요한 수학적 지식을 이야기하는 ‘제보기능’으로 나타나게 된 것으로 파악된다. 이처럼 수학 영재아의 성공적인 문제해결 활동에서는 자신의 수학적 지식을 활용하여 주어진 문제를 해결하고자 하는 수학 영재아의 특성이 나타남을 알 수 있다.

성공적이지 못한 문제해결 프로토콜의 경우 Renzulli & Reis(1997)가 언급한 ‘과제 집착력’이나 Clark(1988)이 영재아의 인지적 특성으로 제시한 ‘불굴의 목표 지향적 행동’과 같은 특성이 반영되어 협업적 문제해결 상황에서 주어진 문제를 해결하기 위해 함께 문제를 해결하는 동료에게 문제해결 전략을 수행하게 하거나 자신이 찾아내지 못한 문제해결 전략을 찾아보도록 요청하는 ‘호소기능’이 주로 나타나게 된 것으로 보인다.

2. 문제해결 성공 여부에 따라 사용된 은유의 기능적 특성

수학 영재아의 문제해결 프로토콜에 사용된 텍스트

당 은유의 출현 빈도는 성공적인 문제해결 프로토콜의 경우 0.86회, 성공적이지 못한 문제해결 프로토콜의 경우 1.69회로 성공적이지 못한 문제해결 프로토콜에서 성공적인 문제해결 프로토콜에 비해 약 두 배 정도 많이 나타났다. 이는 수학 영재아는 문제해결 활동 시 자신의 문제해결 활동이 성공적이지 못하다고 생각될 때 주어진 문제를 해결하고자 하는 과제 집착력 (Renzulli & Reis, 1997), 즉 자신에게 부여된 문제를 반드시 해결해야 한다는 불굴의 목표 지향적 행동 (Clark, 1988) 특성을 발휘하는 것으로 보인다. 즉, 문제해결을 위한 해결 전략이나 방법을 찾기 위해서 또는 자신이 가지고 있는 수학적 지식을 주어진 문제와 관련짓거나 해석하고자 외적 표현 체계로서의 은유를 사용하는 행위가 보다 많이 나타난 것으로 보인다.

수학 영재아의 문제해결 프로토콜에 사용된 텍스트에 포함된 은유의 기능별 출현 비율은 [표 6]에 제시된 바와 같다. 성공적인 문제해결 프로토콜에 사용된 은유의 기능은 “노가다면 못해.,” “이거 너무 어려운데... 짝어보자.” 등의 발화와 같은 익숙하지 않은 개념을 친숙한 개념이나 경험의 범주 안에서 학생이 이해할 수 있도록 설명해주는 ‘설명적 기능’(42.86%)과 “a 이럴 b라는 교훈을 얻었습니다.,” “애를 나누겠다는 뜻이야.” 등의 발화와 같은 어떤 개념과 관련된 정보를 표현하는 ‘표현적 기능’(40.48%)이 빈번하게 나타났다. 성공적이지 못한 문제해결 프로토콜에 사용된 은유의 기능은 ‘표현적 기능’(58.18%)과 ‘설명적 기능’(35.45%)이 주로 나타났다. 반면에 문제해결의 성공 여부와 관계없이 은유의 세 가지 기능 중 “그럼 이걸 b로 묶어봐. b로 묶어.”, “근데 이게 a하고 b하고 같다는 게 말이 안 돼.” 등의 발화와 같은 수학적 지식들을 서로 통합하여 학습자가 내면화할 수 있도록 수학적 연결성을

[표 6] 수학 영재아의 문제해결 성공 여부별 은유의 기능별 출현 비율

[Table 6] Percentage of metaphor functions by problem-solving success of mathematical gifted children

문제해결 성공여부	은유의 기능		설명적	정교화	표현적	합계
	빈도(회)	비율(%)				
성공적인	빈도(회)		18	7	17	42
	비율(%)		42.86	16.67	40.48	100.00
성공적이지 못한	빈도(회)		39	7	63	110
	비율(%)		35.45	6.36	58.18	100.00

강화하는 ‘정교화 기능’(6.36%)이 가장 적게 나타났다.

수학 영재아의 성공적인 문제해결 프로토콜에서 사용된 은유의 기능은 특히 익숙하지 않은 개념을 친숙한 개념이나 경험의 범주 안에서 동료 학습자가 이해할 수 있도록 설명하는 ‘설명적 기능’으로 작용한 경우가 많았다. 이러한 친밀한 수학적 교류의 경험은 학습자의 지식과 수학적 내용을 연결해 준다(DeBellis, 1998; DeBellis & Goldin, 2006). 따라서 수학 영재아의 성공적인 문제해결 프로토콜의 경우 주어진 문제를 해결할 때, 익숙하지 않은 개념을 자신이 친밀하게 여기고 있는 친숙한 개념이나 경험을 이용하여 설명하는 은유가 보다 빈번하게 나타나는 것으로 파악된다.

수학 영재아의 성공적이지 못한 문제해결 프로토콜에서 사용된 은유의 기능은 성공적인 문제해결 프로토콜에 비해 하나의 개념과 관련된 정보들을 표현하는 ‘표현적 기능’이 보다 많이 나타났다. 수학 영재아는 주어진 문제의 해결이 잘 되지 않는 경우 식, 그림 등 여러 가지 방법으로 표현하며 해결 전략을 찾는 특성이 있음을 알 수 있다.

한편, 수학 영재아의 성공적인 문제해결 프로토콜의 경우 성공적이지 못한 문제해결 프로토콜에 비해 어떠한 개념을 친숙한 개념이나 경험의 범주 안에서 이해할 수 있도록 설명해주는 ‘설명적 기능’과 수학적 지식

들을 서로 통합하여 이를 내면화할 수 있게 함으로써 수학적 연결성 강화에 중요한 역할을 하는 ‘정교화 기능’이 각각 약 10%정도 더 많이 나타났다. 이는 은유의 기능 중 ‘설명적 기능’과 ‘정교화 기능’이 성공적인 문제해결 프로토콜과 관련이 있음을 나타낸다.

3. 문제해결 성공 여부에 따라 사용된 은유와 메타정의의 기능면에서의 관계성

은유가 메타정의에 포함되어 메타적 기능으로 작용한 경우는 성공적인 문제해결 프로토콜의 경우 42개의 은유 중 12개로 28.57%의 비율로 나타났으며, 성공적이지 못한 문제해결 프로토콜의 경우 110개의 은유 중 58개로 52.72%의 비율로 나타났다. 수학 영재아의 문제해결 프로토콜에 사용된 은유 중 메타정의에 포함되는 은유 역시 앞 절에서 살펴본 은유와 마찬가지로 성공적이지 못한 문제해결 프로토콜의 경우 성공적인 문제해결 프로토콜에 비해 거의 두 배 가까이 많이 나타남을 알 수 있다. 이는 수학 영재아의 성공적이지 못한 문제해결 프로토콜에 사용되는 은유에는 수학 영재아의 인지적, 정의적 특성들이 반영되어 나타나며, 또한 인간의 정의가 인지 체계와 정보를 교환하는 내부 표현 체계로서 기능하므로(Goldin, 2006), 인지적, 정의

[표 7] 수학 영재아의 문제해결 성공 여부에 따른 은유의 기능별 메타정의의 메타적 기능 유형별 출현 비율

[Table 7] Percentage of meta-functions of meta-affect of metaphor function included in meta-affect by problem-solving success of mathematical gifted children

메타정의의 메타적 기능 유형 문제해결 성공여부에 따른 은유의 기능		계획	관리	모니터링	평가	신념	태도	합계
		성공적인 문제해결	설명적 기능	0	0	8.33	33.35	8.33
정교화 기능	0		0	0	0	8.33	0	8.33
표현적 기능	0		0	0	8.33	0	25.00	33.33
합계	0		0	8.33	41.68	16.66	33.33	100.00
성공적이지 못한 문제해결	설명적 기능	5.17	5.17	1.72	5.17	0	10.36	27.59
	정교화 기능	0	1.72	0	0	1.72	0	3.44
	표현적 기능	0	6.90	22.41	17.24	6.90	15.52	68.97
	합계	5.17	13.79	24.13	22.41	8.62	25.88	100.00

적 요소들의 상호 작용에 기반한 메타정의를 보다 빈번하게 작용하고 있음을 알 수 있다.

수학 영재아의 문제해결 성공 여부별로 메타정의를 포함한 은유의 기능별 메타정의를의 메타적 기능 유형별 출현 비율은 [표 7]에 제시된 바와 같다. 수학 영재아의 성공적인 문제해결 프로토콜에서 사용된 은유 중 메타정의를 포함한 은유의 기능 역시 ‘설명적 기능(58.34%)’이 가장 많이 나타났다. 주어진 문제에 포함된 익숙하지 않은 개념을 자신에게 친숙한 개념이나 친밀한 경험을 활용하여 설명하는 ‘설명적 기능’은 메타정의를 속성을 지닌 친밀감(도주원, 2018)과 관련되어 나타나는 은유의 기능이다. 이러한 친밀감은 개인의 수학과와의 관계를 둘러싼 정의로 특징지을 수 있다(Goldin, 2007).

수학 영재아의 성공적인 문제해결 프로토콜의 경우 은유가 포함된 메타정의를는 주로 “(얼굴을 찡그리며) 너무 어려운 것 같습니다.”와 같이 문제, 문제해결 과정, 동료의 행위 등에 대한 판단, 사정, 평가의 기능을 하는 ‘평가(41.68%)’, “아쉽습니다.”와 같이 문제해결에 참여하는 태도 및 긍정적인 또는 부정적인 문제해결 태도의 기능을 하는 ‘태도(33.33%)’, “내용을 솔직하게 정리하는 게 인수분해야.”와 같이 문제해결과 관련된 인지적, 정의적 현상에의 확신 및 견해의 기능을 하는 ‘신념(16.66%)’ 유형의 메타적 기능 순으로 작용하는 특징을 나타냈다. 이는 수학 영재아의 정의적 특성 중 ‘자신과 타인을 향한 평가적 접근’(Clark, 1988)과 관련하여 나타나는 특성으로, 문제해결의 성공 여부와 관계없이 수학 영재아의 메타정의를가 문제해결 활동에 문제, 문제해결 전략, 자신과 동료의 문제해결 활동에 대한 ‘평가’의 메타적 기능 유형으로 활발하게 작용한다는 연구결과(도주원·백석윤, 2019)와도 관련되어 나타나는 특성이다.

수학 영재아의 성공적인 문제해결 프로토콜의 경우 가장 많이 나타난 ‘설명적 기능’으로 작용한 은유가 포함된 메타정의를(58.34%)는 주로 이러한 ‘평가’ 유형의 메타적 기능(33.35%)으로 작용했다. 이를 통해 수학 영재아의 성공적인 문제해결 프로토콜에 사용된 은유는 자신의 문제해결 행위나 문제와 관련된 개념에 대하여 평가를 한 후 이를 자신과 친숙한 개념이나 경험의 범주 안에서 동료 학습자가 이해할 수 있도록 설명해주는 ‘설명적 기능’으로 주로 작용한 것으로 파악된다. ‘

표현적 기능’으로 작용한 은유가 포함된 메타정의를(33.33%)는 주로 ‘태도’ 유형의 메타적 기능(25.00%)으로 작용했다. 따라서 수학 영재아의 성공적인 문제해결 프로토콜에서 사용된 은유는 문제해결자인 수학 영재아의 태도가 반영되어 주어진 문제에 제시된 정보를 표현하는 ‘표현적 기능’으로 작용하는 경우가 빈번하게 나타난 것으로 보인다. ‘정교화 기능(8.33%)’으로 작용한 은유가 포함된 메타정의를는 ‘신념’(8.33%) 유형의 메타적 기능으로 작용했다. 수학 영재아의 성공적인 문제해결 프로토콜에 사용된 은유에는 학습자의 신념이 반영되어 나타나게 되며, 이러한 신념에 기반하여 수학적 지식들을 서로 통합하여 내면화하는 ‘정교화 기능’으로 작용한 것으로 보인다.

[표 7]에 제시된 바와 같이 수학 영재아의 성공적이지 못한 문제해결 프로토콜에 사용된 은유 중 메타정의를에 포함된 은유의 기능은 ‘표현적 기능(68.97%)’이 가장 많이 나타났으며, 이어서 ‘설명적 기능(27.59%)’, ‘정교화 기능(3.44%)’ 순으로 나타나 성공적인 문제해결 프로토콜의 경우와는 다른 양상을 나타냈다.

수학 영재아의 성공적이지 못한 문제해결 프로토콜의 경우에는 은유가 포함된 메타정의를가 “어쨌든 저희는 위대한 짝기를 할 것인데요.”와 같이 문제해결에 참여하는 태도 및 긍정적인 또는 부정적인 문제해결 태도의 기능을 하는 ‘태도(25.88%)’, “아~ 내가 뭘 짓을 한 거지?”와 같이 문제 또는 동료의 행위의 인지적, 정의적 현상에 대한 감시 및 관찰의 기능을 하는 ‘모니터링(24.13%)’, “진짜 어렵다.”와 같이 문제, 문제해결 과정, 동료의 행위 등에 대한 판단, 사정, 평가의 기능을 하는 ‘평가(22.41%)’, “그럼 다시 한 번 해보자.”와 같이 동료의 행위 또는 사고의 진행 통제, 조절 및 관리 기능을 하는 ‘관리(13.79%)’ 유형의 메타적 기능 순으로 작용했다. 특히, “그냥 노가다로 해결하자.”와 같이 문제해결 전략 및 방법 고안 기능을 하는 계획(5.16%) 유형의 메타적 기능은 성공적이지 못한 문제해결의 경우에서만 나타났다. 이는 수학 영재아의 특성 중 ‘과제 집착력’(Renzulli & Reis, 1997), ‘비상한 집중력’, ‘불굴의 목표 지향적 행동’, ‘완벽주의’ 등의 인지적, 정의적 특성과 관련하여 나타나는 특성으로, 수학 영재아의 성공적이지 못한 문제해결 프로토콜의 경우 ‘태도’ 유형의 메타적 기능으로 작용한 메타정의를가 가장 많이 나타났다는 도주원과 백석윤(2019)의 연구 결과

와도 관련되어 나타나는 특성이다.

수학 영재아의 성공적이지 못한 문제해결 프로토콜의 경우 가장 많이 나타난 '표현적 기능'으로 작용한 은유가 포함된 메타정의(68.97%)는 주로 '모니터링'(22.41%), '평가'(17.24%), '태도'(15.52%) 유형의 메타적 기능으로 작용했다. 수학 영재아의 성공적이지 못한 문제해결 프로토콜에서 사용된 은유는 하나의 개념과 관련된 정보들을 표현하는 '표현적 기능'으로 작용한 경우 문제해결 활동이나 해결 전략에 대한 모니터링에 이어 사정 및 평가를 통해 주어진 개념과 관련된 정보들을 적절히 표현한 것으로 파악된다. 또한 문제해결자인 수학 영재아의 태도가 반영되어 주어진 문제에 제시된 정보들을 표현한 것으로 파악된다. '설명적 기능'으로 작용한 은유가 포함된 메타정의(27.59%)는 '태도' 유형(10.36%)을 비롯해서 '계획', '관리', '평가', '모니터링' 유형의 메타적 기능으로도 작용했다. 수학 영재아의 성공적이지 못한 문제해결 프로토콜에서 사용된 은유가 '설명적 기능'으로 작용한 경우 주로 자신의 문제해결 태도를 설명하거나, 문제해결 행위나 해결 전략에 대해 계획을 세우거나, 해결 과정에 대하여 관리나 통제, 주어진 문제에 제시된 개념에 대하여 모니터링하고, 이를 평가하는 과정을 설명한 것으로 파악된다. '정교화 기능'으로 작용한 은유가 포함된 메타정의(3.44%)는 '관리' 및 '신념' 유형(각각 1.72%)의 메타적 기능으로 작용했다. 수학 영재아의 성공적이지 못한 문제해결 프로토콜에 사용된 은유가 '정교화 기능'으로 작용한 경우 수학적 지식들을 서로 통합하여 이를 내면화할 수 있게 하여 수학적 연결성을 강화하여 문제해결 과정을 통제 및 관리하거나, 또는 수학 영재아의 신념으로 작용한 것으로 파악된다.

V. 결론

본 연구에서 파악한 수학 영재아의 문제해결 프로토콜에 나타나는 텍스트 및 은유의 기능적 특성과 메타정의의 기능적 특성 사이의 관계성을 분석한 결과로부터 다음의 결론을 얻을 수 있다.

첫째, 수학 영재아의 성공적인 문제해결 프로토콜의 경우는 텍스트 기능 중 '제보기능'으로, 성공적이지 못한 문제해결 프로토콜의 경우는 '호소기능'으로 주로

작용하는 기능적 특성을 나타냈다. 이는 수학 영재아의 성공적인 문제해결 활동의 경우는 주어진 문제를 해결하기 위하여 자신이 가지고 있는 높은 인지적 수준의 수학적 지식을 충분히 활용하는 수학 영재아의 특성이 나타난 것으로 파악된다. 한편, 성공적이지 못한 문제해결 활동의 경우는 처음에 사용한 수학적 지식이나 전략으로는 문제해결이 용이하지 않더라도 자신에게 부과된 과제를 반드시 해결하고자 하는 과제집착력과 같은 영재아의 특성이 나타난 것으로 보인다. 이어서 함께 문제를 해결하고 있는 동료 학습자에게 문제해결 전략을 찾아보게 하거나, 새롭게 찾은 전략의 실행을 요청하는 소위 호소기능과 관련된 행위가 빈번하게 나타나는 특성을 보였다. 이처럼 수학 영재아의 문제해결 활동에서는 문제해결의 성공 여부에 따라 수학 영재아의 인지적, 정의적 특성이 반영된 행위의 양상이 서로 다르게 나타났다. 따라서 수학 영재아의 문제해결 지도 시 우선적으로 문제해결 활동에 잠재된 학생의 텍스트 기능면에서의 인지·정의적 특성을 파악하여 해당 학생의 문제해결 활동 과정에 긍정적으로 작용할 수 있는 세부 지도 방안을 구안해야 할 것이다. 또한 수학 영재아의 문제해결 프로토콜에서 나타나는 텍스트 기능의 인지적 표현 개념 면에서의 특성에 대한 이해는 학생 스스로 수학 학습 상황에서 마주할 수 있는 장애물을 극복할 수 있도록 지도하는 방법 구안에 기여할 수 있을 것이다. 예를 들어, 학생의 문제해결 과정에 나타나는 텍스트의 '제보기능'에 주목하여, 학습 주제와 관련된 정확한 수학적 개념을 인지시킴으로써 관련 수학 지식을 상기하도록 지도하는 것이 수학 학습에 있어서의 어려움, 동기 부족, 불안 등의 부정적인 정의적 요소들을 감소시켜 줄 수 있을 것이다.

둘째, 수학 영재아의 문제해결 활동이 성공적이지 못한 경우에는 성공적인 문제해결의 경우에 비해 문제를 해결하기 위해서 해결 전략이나 방법을 찾기 위해서 또는 자신의 수학적 지식을 주어진 문제와 관련지어 해석하고자 내부 표현 체계로서의 은유를 활용하는 행위가 보다 빈번하게 나타났다. 이 역시 수학 영재아의 과제 집착력과 같은 특성과 관련하여 나타나는 현상으로 파악된다. 즉, 높은 사고 수준을 요구하는 수학 문제해결의 경우 해결 전략을 찾기 어렵거나 처음 계획한 전략으로는 해결이 쉽지 않은 경우 반드시 문제

를 해결하고자 하는 노력이 자신이 가지고 있는 수학적 개념에 대한 의미부여 및 언어적 표현, 시각적 이미지나 공간적 표현 등의 내부 체계를 발전시킬 수 있는 은유 사용을 촉진한 것으로 파악된다. 수학 영재아의 성공적인 문제해결의 경우에는 은유의 기능 중 ‘설명적 기능’으로, 성공적이지 못한 문제해결의 경우에는 ‘표현적 기능’이 가장 빈번하게 나타나는 특성을 보였다. 이를 통해 수학 영재아의 성공적인 문제해결의 경우에는 주어진 문제를 해결할 때 익숙하지 않은 개념을 자신이 친밀하게 여기고 있는 친숙한 개념이나 경험을 이용하여 설명하는 은유가 보다 빈번하게 나타남을 알 수 있다. 성공적이지 못한 문제해결의 경우에는 문제를 해결하기 위해서 개인적인 상징화 구조, 언어 등의 내부 표현 체계를 발전시킬 수 있는 은유의 방법으로 표현하며 문제해결 전략과 발견적 전략을 찾는 특성이 있음을 확인할 수 있다. 이러한 수학 영재아의 외적 표현 체계로서의 은유의 작용 기능과 이에 수반되는 행동을 고려할 때, 성공적인 문제해결을 이끌기 위해서는 인지언어학적 관점에서 학습자 개인의 주어진 문제에 대한 수학적 친밀감 형성이 중요함을 알 수 있다. 따라서 수학 문제해결 지도 시 주어진 문제에 대한 수학적 친밀감을 형성할 수 있도록 문제와 관련하여 친숙한 경험이나 표현을 활용한 은유를 통해 문제의 이해를 유도할 필요가 있다.

셋째, 수학 영재아의 문제해결 프로토콜에 사용된 은유 중 메타정의에 포함되는 은유는 성공적이지 못한 문제해결의 경우 성공적인 문제해결에 비해 상대적으로 빈번하게 나타나는 특성을 보였다. 이는 수학 영재아의 성공적이지 못한 문제해결 활동에서 인지적, 정의적 요소들의 상호 작용에 기반한 메타정의가 보다 빈번하게 작용하고 있음을 의미한다. 수학 영재아의 성공적인 문제해결의 경우 가장 빈번하게 나타난 ‘설명적 기능’으로 작용한 은유가 포함된 메타정의는 주로 ‘평가’ 유형의 메타적 기능으로 작용하였다. 수학 영재아가 문제해결 활동에 사용하는 은유는 성공적인 문제해결의 경우 자신의 문제해결 행위나 문제와 해결 전략 등에 대하여 평가한 후 이를 자신과 친숙한 개념이나 경험의 범주 안에서 동료 학습자가 이해할 수 있도록 설명해주는 ‘설명적 기능’으로 주로 작용한 것으로 파악된다. 수학 영재아의 성공적이지 못한 문제해결의 경우에는 가장 빈번하게 나타난 ‘표현적 기능’으로 작

용한 은유가 포함된 메타정의는 주로 ‘모니터링’, ‘평가’, ‘태도’ 유형의 메타적 기능으로 작용하였다. 수학 영재아의 성공적이지 못한 문제해결 과정에서 나타난 은유는 주어진 수학적 개념과 관련된 정보들을 표현하는 ‘표현적 기능’으로 작용한 경우 문제해결 활동이나 해결 전략에 대한 모니터링에 이어 ‘사정’ 및 ‘평가’를 통해 주어진 개념과 관련된 정보들을 여러 가지 표현 체계로 표현한 것으로 파악된다. 또한 문제해결자로서의 태도가 반영된 외적 표현 체계인 은유를 활용하여 주어진 문제에 제시된 정보들을 표현하며 주어진 문제를 해결하고자 노력한 것으로 보인다. 이를 통해 수학 영재아의 특성이 반영되어 나타난 외적 표현 체계인 은유는 문제해결의 성공 여부에 따라 각각 ‘설명적 기능’과 ‘표현적 기능’의 각기 다른 은유의 기능으로 주로 작용하는 양상을 보임을 알 수 있다. 그리고 메타정의적 속성을 지닌 은유가 문제해결의 성공 여부에 따라 ‘설명적 기능’으로 작용할 때 메타정의는 주로 ‘평가’ 유형의 메타적 기능으로, ‘표현적 기능’으로 작용할 때는 주로 ‘모니터링’, ‘평가’, ‘태도’ 유형의 메타적 기능으로 작용한 것으로 파악된다. 이처럼 은유의 인지언어학적 측면이 문제해결에 중요하게 작용하면서 동시에 은유라는 외적 표현에는 메타정의적 속성이 긴밀하게 관련됨을 알 수 있다.

이상의 결론적 서술 내용과 같이 본 연구에서 파악한 수학 영재아의 문제해결 활동에 사용된 텍스트와 은유의 인지언어학적 측면의 특성과 메타정의의 기능적 특성은 수학 문제해결 활동에 방해가 되는 인지·정의적 장애 요인의 근원을 구체적으로 노출시켜줌으로써, 수학 영재아의 문제해결 활동을 성공적으로 유도할 수 있는 인지·정의적 면에서 보다 통합 및 정교화 된 교수·학습 방법 구안에 도움이 될 것이다.

참 고 문 헌

- 교육부(2015). 수학과 교육과정, 교육부 고시 제 2015-74호[별책 8].
 Ministry of Education (2015). *Mathematics curriculum*, Ministry of Education Notice No. 2015-74 [Separate Book 8].
 김상미(2005). 수학 수업을 보는 관점으로서의 은유.

- 학교수학, 7(4), 445-467.
- Kim, S. M. (2005). Metaphors on Mathematics *Teaching. School Mathematics*, 7(4), 445-467.
- 김상미, 신인선(2007). 초등 4학년 도형 영역의 수학 수업에 나타난 은유 사례 연구. 한국수학교육학회지 시리즈 C <초등수학교육>, 10(1), 29-39.
- Kim, S. M., & Shin, I. S. (2007). On the Mathematical Metaphors in the mathematics classroom, *J. Korea Soc. Math. Ed. Ser. C: Education of Primary School Mathematics*, 10(1), 29-39.
- 김종도(2003). 인지언어학적 원근법에서 본 은유의 세계. 서울: 한국문화사.
- Kim, J. D. (2003). *Metaphorical world in cognitive linguistic perspective*. Seoul: Korean Cultural History.
- 김지연(2011). 은유를 활용한 수학 학습 지도 방안 연구. 학교수학, 13(4), 563-580.
- Kim, J. Y. (2011). A Study of Teaching Methods Using Metaphor in Mathematics. *School Mathematics*, 13(4), 563-580.
- 도주원(2018). 협업적 수학 문제해결 과정에 작용하는 메타정의의 기능적 특성. 박사학위 논문, 서울교육대학교.
- Do, J. (2018). *Aspects of Meta-affect in Collaborative Mathematical Problem-Solving Processes*. Dissertation, Seoul National University of Education.
- 도주원, 백석운(2019). 수학 영재아의 문제해결 과정에 나타나는 메타정의의 특성. 한국초등수학교육학회지, 23(1), 59-74.
- Do, J., & Paik, S. (2019). Aspects of Meta-affect in Problem-Solving Process of Mathematically Gifted Children, *Mathematics Education in Korea*, 23(1), 59-74.
- 이승우, 우정호(2002). 학교수학에서의 유추와 은유. 수학교육학연구, 12(4), 523-542.
- Lee, S. Y., & Woo, J. H. (2002). Analogies and metaphors in school mathematics. *The Journal of Educational Research in Mathematics*, 12(4), 523-542.
- 주미경, 권오남(2003). 학생들의 미분방정식 개념에 대한 수학적 은유의 분석: 개념적 모델의 이중성에 대한 사회문화적 관점. 학교수학, 5(1), 135-149.
- Ju, M. K., & Kwon, O. N. (2003). Students' Conceptual Metaphor of Differential Equations: A Sociocultural Perspective on the Duality of the Students' Conceptual Model. *School Mathematics*, 5(1), 135-149.
- Bal, A. P. (2015). Skill of using and transform multiple representations of the prospective teachers. *Journal of Mathematical Behavior*, 19(25), 682-588.
- Behr, M. J., Lesh, R., Post, T. R., & Silver, E. A. (1983). Rational number concepts. In R. Lesh., & M. Landau (Eds.), *Acquisition of Mathematics Concepts and Process* (pp. 91-126). New York: Academic Press, Inc.
- Brinker, K. (1992). *Linguistische Textanalyse. Eine Einführung in Grundbegriffe und Methoden*. 3. Aufl. (Grundlagen der Germanistik 29). Berlin. 이성만(역) (1994). 텍스트언어학의 이해 - 언어학적 베스트분석의 기본 개념과 방법. 서울: 한국문화사.
- Clark, B. (1988). *Growing up gifted(3th ed.)*. Columbus, OH: Merrill.
- DeBellis, V. A. (1996). *Interactions between Affect and Cognition during Mathematical Problem Solving: A Two-year Case Study of Four Elementary School Children*. Ann Arbor, MI: University Microfilms No. 96-30716.
- DeBellis, V. A. & Goldin, G. A. (2006). Affect and meta-affect in mathematical problem solving: A representational perspective. *Educational Studies in Mathematics*, 63(2), 131-147.
- Goldin, G. A. (1998). Representational systems, learning, and problem solving in mathematics. *Journal of Mathematical Behavior*, 17(2), 137-165.
- Goldin, G. A. (2000). Affective pathways and representation in mathematical problem solving, *Mathematical Thinking and Learning*, 2(3), 209-219.
- Goldin, G. A. (2006). Commentary on "The articulation of symbol and mediation in mathematics education" by Moreno-Armella and Sriraman. *ZDM: The International Journal on Mathematics Education*, 38, 70-72.
- Goldin, G. A. (2009). The affective domain and students' mathematical inventiveness. In R. Leikin, A. Berman, & B. Koichu (Eds.),

- Creativity in Mathematics and the Education of Gifted Students* (pp. 181-194). Rotterdam: Sense Publishers.
- Goldin, G. A. & Kaput, J. (1996). A joint perspective on the idea of representation in learning and doing mathematics. In L. Steffe, P. Nesher, P. Cobb, G. Goldin, & B. Greer (Eds.), *Theories of Mathematical Learning*, Erlbaum (pp. 397-430). NJ: Hillsdale.
- Goldin, G. A. & Steingold, N. (2001). System of mathematical representations and development of mathematical concepts. In F. R. Curcio (Ed.), *The Roles of Representation in School Mathematics: 2001 Yearbook* (pp. 1-23). Reston: National Council of teachers of Mathematics.
- Knowles, M. & Moon, R. (2006). *Introducing Metaphor*. Routledge. 김주식 · 김동환(역) (2008). 은유 소개. 서울: 한국문화사.
- Kosslyn, S. M. (1980). *Image and Mind*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Krutetskii, V. A. (1976). *The Psychology of Mathematical Abilities in Schoolchildren*. Chicago: The University of Chicago Press.
- Lakoff, G. & Johnson, M. (1980, 2003). *Metaphors We Live by*, Chicago & London: University of Chicago Press. 노양진 · 나익주(역) (2006). 삶으로서의 은유. 서울: 박이정.
- Lakoff, G. & Núñez, R. E. (2000). *Where Mathematics Comes from?* NY: Basic Books.
- Malmivuori, M. L. (2001). The dynamics of affect, cognition, and social environment in the regulation of personal learning processes: The case of mathematics. *Research Report 172*. Helsinki: Helsinki University Press.
- Moscucci, M. (2010). Why is there not enough fuss about affect and meta-affect among mathematics teacher? In V. Durand-Guerrier, S. Soury-Lavergne, & F. Arzarello (Eds), *Proceedings of the CERME-6* (pp. 1811-1820). INRP, Lyon.
- McLeod, D. B. & Adams, V. M. (1989). *Affect and Mathematical Problem Solving: A New Perspective* (pp. 245-258). New York: Springer-Verlag.
- NCTM (2000). *Principles and Standards for School Mathematics*. 류희찬 외(역) (2007). 학교수학을 위한 원리와 기준. 서울: 경문사.
- Núñez, R. E. (2000). Mathematical idea analysis: What embodied cognitive science can say about the human nature of mathematics. *PME* **1**, 3-22.
- Renzulli, J. S. & Reis, S. M. (1997). *The schoolwide enrichment model: A how-to guide for educational excellence (2nd ed.)*. Mansfield Center, CT: Creative Learning Press.
- Schoenfeld, A. H. (1985). *Mathematical Problem Solving*. NY: Academic Press.
- Yin, R. K. (2014). *Case Study Research: Design and Methods*(5th ed.). Thousand Oaks, CA: Sage.

Analysis of Problem-Solving Protocol of Mathematical Gifted Children from Cognitive Linguistic and Meta-affect Viewpoint

Do, Joowon

Seoul Banghyun Elementary School,
Hyoryeong-ro 4-gil 58, Seocho-gu, Seoul, Korea.
E-mail : dojoowon@sen.go.kr

Paik, Suckyoon[†]

Department of Mathematics Education, Seoul National University of Education,
Sechojungang-ro 96, Secho-gu, Seoul, Korea.
E-mail : sypaik@snu.ac.kr

There is a close interaction between the linguistic-syntactic representation system and the affective representation system that appear in the mathematical process. On the other hand, since the mathematical conceptual system is fundamentally metaphoric, the analysis of the mathematical concept structure through linguistic representation can help to identify the source of cognitive and affective obstacles that interfere with mathematics learning. In this study, we analyzed the problem-solving protocols of mathematical gifted children from the perspective of cognitive language and meta-affect to identify the relationship between the functional characteristics of the text and metaphor they use and the functional characteristics of meta-affect. As a result, the behavior of the cognitive and affective characteristics of mathematically gifted children differed according to the success of problem solving. In the case of unsuccessful problem-solving, the use of metaphor as an internal representation system was relatively more frequent than in the successful case. In addition, while the cognitive linguistic aspects of metaphors play an important role in problem-solving, meta-affective attributes are closely related to the external representation of metaphors.

* ZDM Classification : C23

* 2000 Mathematics Subject Classification : 97C23

* Key Words : mathematical gifted children, problem-solving,
cognitive linguistics, metaphor, meta-affect

[†] Corresponding Author