

체화된 인지의 의미와 지리교육에서의 활용*

김민성**

The Meaning of Embodied Cognition and Its Applications in Geography Education*

Minsung Kim**

요약 : 본 연구의 목적은 최근 인지심리학과 교과교육학에서 관심이 높아지고 있는 체화된 인지 논의를 소개하고, 지리교육적 활용 가능성을 탐색하는 것이다. 체화된 인지는 몸과 마음의 이분법적 사고에 근거한 전통적 인지과학의 한계를 극복하고, 인간의 마음, 몸, 활동, 환경의 상호작용에 주목하여 이들을 통합하려는 시도이다. 체화된 인지의 작동을 교육적으로 활용하려는 시도는 물리적 조작의 중요성, 제스처 사용의 효과, 다양한 감각 경험의 활용, 가상 환경 디자인에서의 체화적 요소 등에 주목한다. 본 연구에서는 체화된 인지 논의를 지리교육 맥락에 적용하기 위해 물리적 조작이나 신체적 활동을 통한 지리적 체화 경험, 가상 환경의 체화적 디자인, 효과적인 체화 경험을 이끄는 지리과제에 대해 논의하였다. 이 논문은 체화된 인지 논의를 지리교육에 도입하고 활용 전략에 대한 화두를 던지는 시론적 연구로서 의미가 있다.

주요어 : 체화된 인지, 물리적 활동, 제스처, 감각 경험, 가상 환경

Abstract : The purpose of this study is to introduce the meaning of embodied cognition scholars in cognitive psychology and diverse subject matter education have increased their interest in. In addition, this research investigates how the notion of embodied cognition can be applied to geography education. Embodied cognition attempts to overcome the limitations of traditional cognitive science that builds on the dichotomy between body and mind. Embodied cognition researchers note the interactions among human mind, body, activity, and the environment and try to combine them. Strategies to incorporate the ideas of embodied cognition examine the importance of physical manipulations, the effects of gestures, the use of diverse sensory experiences, and elements of embodied cognition in virtual environments. This study discusses applications of embodied cognition in geography education as follows: 1) embodied geographic experiences through physical manipulations and/or physical activities, 2) embodied design of virtual environments, and 3) geographic assignments that lead to effective embodied experience. This research represents a preliminary attempt to introduce the notion of embodied cognition into geography education and to further relevant discussions.

Key Words : Embodied cognition, Physical activity, Gesture, Sensory experience, Virtual environment

I. 서론

사회복지학을 공부한 당신은 전공을 살려 사회복지단

체에 일하기를 원한다. 마침 관련 단체에서 책임자를 찾기 위한 인터뷰가 있어 그곳에 지원하게 되었다. 당신은 인터뷰를 위해 사회복지단체로 향하던 길에 우연히 승

*이 논문은 2016년 대한민국 교육부와 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2016S1A5A8017195).

**부산대학교 지리교육과 조교수(Assistant Professor, Department of Geography Education, Pusan National University, minsungkim@pusan.ac.kr)

강기에서 면접관을 만나게 되었다. 그들에게 호의를 표시하기 위해 당신은 차가운 커피를, 당신 옆에 있던 다른 지원자는 뜨거운 커피를 면접관에게 건넸다. 이런 상황이라면 당신은 위기의식을 느껴야 한다. Williams and Bargh(2008)에 따르면, 뜨거운 컵을 잡았을 때, 차가운 컵을 잡았을 때보다 다른 사람을 더 배려심 있고 관대한 성격을 가졌다고 판단하는 경향이 있다. 사회복지단체에서 일반적으로 따뜻한 성품을 가진 사람을 원할 가능성이 높다는 점을 생각하면 당신 옆에 있던 그 사람이 더 높은 점수를 받게 될 가능성이 커졌다. 유사한 견지에서 Zhong and Leonardelli(2008)는 다른 사람으로부터 소외받고 있다고 느끼는 사람은 따뜻한 음식과 음료에 대한 갈망이 커진다는 연구 결과를 발표하기도 하였다. 이처럼 신체의 감각적 경험과 인지적 판단은 서로 밀접하게 관련된다. 사람들이 물리적, 신체적 경험을 통해 형성한 도식은 세계를 이해하는 중요한 밑바탕이 된다. 본 연구자는 지금 호피 무늬 덮개가 있는 소파에 앉아 이 글을 쓰고 있다. 이 글을 읽는 사람들은 필자가 앉아 있는 소파를 그대로 정확하게 알 수는 없지만 대체로 어떤 형태의 소파일 지를 마음속에서 표상할 수 있다. 이는 예전에 호피 무늬를 본 적이 있고 소파를 본 적도 있기 때문이다. 다시 말해, 이전의 물리적, 신체적 경험은 다른 맥락에서의 과제를 수행하는 배경지식이 된다. 따라서 추상적인 개념의 이해도 환경과의 접촉을 통한 물리적 경험이 토대가 되었을 때 용이해지고 촉진될 수 있다. 아이들이 글을 읽고 그 내용을 잘 이해하지 못하는 것은 그에 상응하는 물리적 경험이나 토대가 없기 때문이다(Glenberg *et al.*, 2004; Glenberg *et al.*, 2007). 처음 언어를 배우기 시작할 때 부모는 거의 십중팔구 손가락을 물리적으로 가리키며 손가락이라는 용어를 가르친다. 추상적인 언어와 물리적인 물체가 매치되면서 온전한 개념의 이해가 가능하게 되는 것이다. 그런데 이런 대응 없이 추상적인 글을 읽는 학생은 물리적 토대가 없기 때문에 글을 이해하는 데 어려움을 겪게 된다.

추상적이고 논리적으로 보이는 인지활동이나 판단들은 감각적 경험과 상관없어 보이지만 실제 물리적 경험, 환경과의 상호작용과 밀접하게 연관되는데, 이러한 상호관계에 대한 이론이 체화된 인지(embodied cognition)이다(Shapiro, 2011). 신체와 정신을 분리하고 마음에 비해 몸을 부차적인 것으로 치부하던 철학에 변화가 생기고 있는 것이다(Han and Black, 2011; Hall and Nemirovsky,

2012). 실제 사람들은 신체적으로 지각할 수 있는 감각(예: 청각, 온도, 무게 등)을 통해 추상적 개념(예: 도덕성, 사랑, 사회적 관계 등)을 이해한다(Lakoff and Johnson, 1999). 손을 움켜쥐는 행위는 경제적 선택에 대한 인내심을 높이고(한승희·차운아, 2014), 손을 씻는 행위는 경직된 소비행위로 이어진다(김지숙·김지호, 2013). 체화된 인지 논의는 몸과 마음을 분리하는 전통적 인지과학의 한계를 극복하고 인간의 마음, 몸, 활동, 환경 사이의 상호작용에 주목하여 이들을 통합적으로 이해하려는 노력이다(Barsalou, 1999; 2008; Lakoff and Johnson, 1999; Bergen and Feldman, 2008; 이정모, 2010). 체화된 인지 이론에서의 정신작용은 외부 세계와 분리되어 있거나 외부 세계에 대한 수동적 반응이 아니라 몸과 환경의 상호작용을 통해 능동적 발현되는 것이다(Lakoff and Núñez, 1997). 몸은 단순히 뇌를 담고 있는 것이 아니라, 뇌와 함께 인지를 생성하는 파트너이다(Shapiro, 2011).

*Analysis*라는 저널에 실린 Clark and Chalmers(1998)의 “The extended mind”라는 제목의 논문은 체화된 인지에 대한 관심을 촉발시킨 주요한 계기 중 하나였다. 이 논문은 “과연 마음이 끝나고 나머지 세상이 시작되는 지점이 어디인가?”(Clark and Chalmers, 1998:7)라는 질문에서 시작한다. 과연 우리의 마음은 두개골 안에만 있는 것일까? 다음의 사고실험(thought experiment)을 한 번 상상해보자. 컴퓨터 화면을 보고 있는 당신에게 어떤 도형과 소켓의 아귀가 서로 잘 맞는지를 판단하는 과제가 주어졌다. 이를 해결하기 위해 당신은 머릿속으로 도형을 돌려 보며 도형과 소켓의 모양이 일치하는지를 판단하는 심상회전을 수행해야 한다. 그런데 두 가지의 변형이 가능해졌다. 첫째, 버튼을 누르면 컴퓨터 모니터에서 도형이 회전하는 옵션이 생겼다. 이로 인해 당신은 머릿속으로 도형을 회전하지 않고 실제 도형이 돌아가는 모습을 버튼 조작으로 시각화할 수 있게 되었다. 둘째, 당신의 머릿속에 신경 칩을 심어 버튼을 누르지 않고 머릿속으로 생각하는 것만으로도 모니터에서 도형을 회전시킬 수 있게 되었다. 최초의 상황과 변형이 가능해졌던 이후 두 가지 경우, 과연 어떤 것까지를 인지적 활동으로 정의할 수 있을까? 인지가 두개골 안에만 있다고 가정하자. 모든 것이 머릿속에서 이루어지는 최초의 상황은 분명 인지적 활동으로 이해될 수 있다. 그런데 동일한 과정을 통해 과제를 해결하지만 실제 회전이 머릿속이 아닌 컴퓨터 화면에서 이루어진 변형된 사례의 경우는 어떠할까? 두개

골 안에서 회전이 이루어지지 않으니 이를 인지의 작동으로 볼 수 없는 것일까? 동일한 인지과정을 통해 문제를 해결했다고 보는 것이 타당하지 않을까? 이러한 문제의식을 바탕으로 체화적 인지주의자들은 인지활동을 머릿속에서만 발생하는 것으로 이해하고 외부 환경과 분리하여 바라보는 시각에는 한계가 있다고 주장한다. 인지활동은 인간과 환경, 그리고 이 둘의 상호작용을 포함하는 단일 시스템으로 이해되어야 한다는 것이다.

체화된 인지 논의는 인지적·사회적 발달, 언어, 기억, 사회 심리학, 감정, 신경 과학, 정신 병리학, 임상 심리학, 교육 심리학 등 다양한 분야를 관통하는 개념적 틀을 제공한다(Glenberg, 2010). 교육적 맥락에서의 체화된 인지 이론은 경험과 현실 맥락에의 참여를 중시한다. 그리고 기존 학교 교육에서 강조되던 습득 은유(acquisition metaphor)에서 지식이 실행의 맥락 속에서 구현된다는 참여 은유(participation metaphor)로의 변화를 강조한다(Sfard, 1998). 그러나 체화된 인지에 대한 논의는 최근에서야 심리학 등에서 활발해지기 시작했고¹⁾ 교과교육학적 맥락에서 이를 어떤 방식이나 전략을 통해 도입하고 구현할 것인지에 대한 논의는 아직까지 크게 진전되지 않았다(Hall and Nemirovsky, 2012). 특히 지리교육에서는 체화된 인지 관련 논의가 거의 전무하다 해도 과언이 아니다. 이에 본 연구에서는 체화된 인지의 작동에 대한 기존 연구들을 소개하고, 이들이 교육적 맥락에서 어떻게 활용될 수 있을지, 나아가 지리교육에 어떤 함의를 줄 수 있을지에 대해 논하고자 한다.

II. 체화된 인지의 작동

1. 심상 및 시물레이션을 통한 정보 처리

사람들은 과제를 해결하기 위해 처리하는 정보와 관련된 내용을 마음속으로 상상하는 심상(mental imagery) 및 시물레이션을 활용하는데, 이 과정에서 실제 신체를 이용하는 것과 유사한 전략을 사용한다. 당신의 집 거실에 몇 개의 창문이 있는가? 이 질문에 답하기 위한 문제해결 전략은 무엇인가? 대부분의 사람은 스스로 자신의 집 거실에 걸어 들어가 창문의 개수를 세어 보는 심적 시물레이션(mental simulation)을 활용한다(Bergen and Feldman, 2008). Shepard and Metzler(1971)는 그림 1과 같은 다각

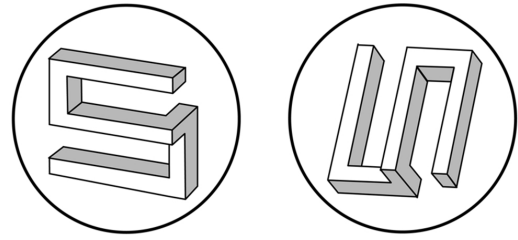


그림 1. 심상 시물레이션

* Shepard and Metzler(1971:702) 재구성.

형을 다양한 형태로 제시하고, 참여자들이 제시된 두 도형이 동일한 것인지 아닌지를 판단하는 시간을 측정하였다. 그 결과, 동일한 두 도형이라도 제시되는 각도의 차이가 클수록 그 일치 여부를 판단하는 데 더 오랜 시간이 걸렸다. 이런 결과를 두고 Shepard and Metzler(1971)는 참여자들이 실제 도형을 돌려 보는 문제해결전략을 구사하기 때문에 각도의 차이가 클수록 더 많은 시간이 걸린다고 해석하였다. 이 과제를 해결하기 위해 대부분의 참여자들은 물리적, 신체적 개입을 이용하는 방식을 택했다는 뜻이다. “두 도형이 동일한 것인지를 판단하라”는 이 과제를 $\sqsubset + \sqsupset = \text{두}$, $\sqsubset + \sqsupset = \text{도}$, $\text{ㅎ} + \text{ㅋ} + \text{ㅇ} = \text{형}$, 그리고 다음은... 이런 식으로 언어 자체를 문법적으로 분석하여 해결하는 것이 아니라, 실제 도형을 돌려 보는 ‘체화된’ 심상을 이용한다는 사실에 주목한 것이다. 이와 같은 문제 해결 전략은 길찾기 연구에서도 발견된다. 일반적으로 사람들은 지도의 방향과 자신이 나아가는 혹은 바라보는 방향이 일치하지 않으면 길을 찾는 데 어려움을 겪는다(Montello, 2005). 이는 지도상의 길을 자신이 직접 걸어가는 것처럼 이해하는 인지의 작동으로 이해할 수 있다.

심상 활용에 관한 연구는 언어 이해 분야에서 많이 이루어졌다. 연구자들은 사람들이 언어를 이해하기 위해 추상적으로 철자를 조합하는 것이 아니라 마음속으로 그려 보는 심상을 활용한다고 주장한다. 예컨대, Stanfield and Zwaan(2001)은 사람들이 문장을 이해할 때, 그것들에 대한 이미지를 이용하는지 테스트하였다. 이 연구 참여자들은 “그 사람이 바닥에 못을 박았다(못의 방향이 수직).” vs. “그 사람이 벽에 못을 박았다(못의 방향이 수평).”와 같은 문장을 읽고, 이후 제시되는 그림이 자신이 읽은 문장에서 언급되었는지를 판단하는 과제를 부여받았다. 참여자들은 자신이 읽은 문장과 동일한 방향의 못 그림이 제시되었을 때, 그것을 더 빠른 속도로 재인했다.

다시 말해, 그 사람이 바닥에 못을 박았다는 문장을 읽은 참여자는 수직 방향으로 그려진 못이 제시되었을 때 더 빨리 반응한 것이다. 유사하게 Zwaan *et al.*(2002)은 대학생들에게 물체나 동물의 위치에 관한 문장을 읽고, 이후 제시된 그림이 앞서 읽은 문장에서 언급되었는지를 판단하는 과제를 수행하게 하였다. 그 결과, 문장에서 의미하는 바와 일치하는 형태의 그림이 제시되는 경우 참여자들의 반응이 더 빨랐다. 예를 들어, 하늘에 있는 독수리와 동지에 있는 독수리에 관한 문장을 읽은 후, 하늘에 있는 독수리가 그림 자극으로 제시되면 이와 관련된 문장을 읽은 참여자들이 더 빠르게 반응한 것이다. 이러한 연구들은 사람들이 글을 읽으면서 그와 관련된 이미지를 마음속으로 그린다는 사실을 증명한다.

사람들은 어떤 의미를 담은 문장을 읽으면 실제 그것을 심적으로 시뮬레이션한다. 칩 히스와 댄 히스(안진환 · 박슬라 역, 2007)는 두 집단에게 “존은 조깅을 나가기 전에 운동복을 입었다.” vs. “존은 조깅을 나가기 전에 운동복을 벗었다.”라는 문장을 각각 읽게 하였다. 이후 두 집단은 운동복이 언급되는 동일한 스토리를 읽었는데 운동복을 벗었다는 문장을 읽은 집단이 같은 글을 읽는데 더 오랜 시간이 걸렸다. 글을 읽는 독자는 단순히 철자로 문장을 이해하는 것을 넘어 문장이 지시하는 대로 실제 상황을 상상하며 시뮬레이션을 하게 되고, 이로 인해 조깅을 나가기 전에 운동복을 벗은 존이 운동복과 관련된 무엇인가를 하는 것이 이상하게 느껴진 것이다. 다음의 사례도 유사하게 이해될 수 있을 것이다. 눈을 감고 무거운 가방을 들어 올리는 상상을 해 보자. 당신은 가방을 눈높이까지 들어 올린 채 가방 무게를 버티고 있다. 이 경우 실제 무게가 있는 가방을 들지 않았음에도 불구하고 마치 실제 가방을 들어 올린 것같이 느끼는 자신을 발견하게 될 것이다(이경식 역, 2013). 이처럼 사람들은 언어가 묘사하는 내용을 마음속으로 실제 자신이 행하는 방식을 통해 이해한다(Zwaan *et al.*, 2004; Kaschak *et al.*, 2005; Yaxley and Zwaan, 2007).

우리가 개념을 사용할 때, 그것이 분류과제이건, 개념에 대한 언어적 처리이건, 혹은 특성에 대한 반추이건, 우리는 언제나 지각적(perceptual), 운동적(motor), 그리고 정의적(affective) 경험에 대한 내적 창조 혹은 재창조인 심적 시뮬레이션을 하게 된다(Bergen and Feldman, 2008:315).

2 물리적·신체적 지각 및 경험과 정보 처리

사람들이 물리적으로 경험하고 지각하는 것들이 추상적인 개념과 정보 처리에 영향을 미친다는 사실은 체화된 인지 이론의 중요한 작동 증거 중 하나이다. Landau *et al.*(2011)은 시각적 프라이밍이 자아실현과 같은 추상적 개념화에 영향을 미친다는 사실을 보고했다. 보통 자아가 실현된다는 것은 ‘성장한다’는 것을 의미한다. 이에 Landau *et al.*(2011)은 학생들에게 점점 크기가 커지는 이미지와 그대로 유지되거나 조각나는 이미지를 보여주고 자신의 자아실현 정도를 평가하도록 하였다. 그 결과, 커지는 이미지를 본 학생들이 자신의 자아실현 정도를 높게 생각하는 경향이 컸다. 물리적으로 무엇인가를 지각하는 것이 다른 추상적 정보 처리에도 영향을 미치는 것이다. Goldstone *et al.*(2008)은 물리적 지각이 수식 인지에 미치는 영향을 조사하였다. 아래의 수식 (1)과 (2)를 보고 어떤 경우에 더 빨리 정보를 처리할 수 있는지 생각해보자.

$$R * E + L * W = L * W + R * E \quad (1)$$

$$R * E + L * W = L * W + R * E \quad (2)$$

위의 두 식은 논리적으로 동일하지만 띄어쓰기가 물리적 지각에 영향을 미칠 수 있도록 표기되어 있다. 더하기보다 곱하기를 먼저 해야 한다는 점을 고려할 때, (1)의 표기 방식이 (2)의 표기 방식보다 문제해결 순서에 일치하는 것인데 실제 학생들은 (1)처럼 표기된 수식을 더 쉽다고 생각하였다. 이러한 결과를 두고 Goldstone *et al.*(2008)은 수학적 문제해결이 추상적, 논리적인 것으로만 이해될 수 없고 물리적 지각 정보가 인지에 영향을 미친다고 주장하였다.

몸이 경험하는 것은 타인에 대한 가치판단에도 영향을 미친다. 따뜻한 커피가 담긴 컵을 쥔 사람은 차가운 커피가 담긴 컵을 쥔 사람보다 상대방을 좀 더 상냥한 성격으로 평가하는 경향이 있다(Williams and Bargh, 2008). 신체가 경험하는 따뜻한 느낌이 친숙함이라는 인지적 가치판단에 영향을 미치는 것이다(IJzerman and Semin, 2009). 이를 두고 Williams *et al.*(2009)은 어린 시절의 물리적 경험이 성인이 된 후에도 추상적인 인지에 영향을 미치는 것이라고 해석하였다. 즉, 어린 시절

우호적인 대상인 어머니와의 친밀한 신체적 접촉이 따뜻한 경험으로 남아 있고, 이것이 따뜻함이라는 신체적 경험을 친밀함이라는 추상적 개념과 연계시키게 한다는 것이다. Fay and Maner(2012)는 사람들이 따뜻한 물체가 실제 물리적으로 더 가까이 있다고 판단하는 경향이 있음을 보고하기도 하였다. 따뜻함을 느끼기 위한 신체적 접촉은 가까운 거리에서 가능하기 때문에 이러한 상황을 다른 맥락으로도 적용한다는 것이다. 이와 같은 연구들은 한때 인지와 분리된 것으로 여겨지던 물리적 지각 혹은 신체적 경험이 인지의 작동에 영향을 미친다는 사실에 주목한다. 몸이 개입되어 경험하는 것이 결국은 두뇌의 작동에까지 이어지게 되는 것이다.

3. 뇌의 작동 기제

뇌 연구들은 체화된 인지에 대한 주장들을 뒷받침해 주는데, 이들의 핵심은 특정한 신체 움직임을 관장하는 뇌와 그와 관련된 추상적 개념을 처리하는 뇌가 동일하다는 것이다(Gallese, 2003; Bergen and Feldman, 2008). 예컨대, 누군가가 무엇인가를 본다는 말을 듣거나 상상하면 실제 그 사람이 그것을 볼 때와 동일한 뇌의 부분이 작동한다(Gallese and Lakoff, 2005). 거울뉴런(mirror neuron)의 존재는 이러한 주장을 구체적으로 뒷받침해 준다. Rizzolatti and Arbib(1998)는 짧은 꼬리 원숭이를 대상으로 한 연구에서 다른 원숭이나 주변 사람들의 행동을 보기만 해도 자신이 실제 행동할 때와 동일한 뉴런이 작동한다는 사실을 발견했다. 이는 사람들을 대상으로 한 연구에서도 일관되게 나타났다(Buccino *et al.*, 2001). 이러한 연구들은 머릿속에서 발생하는 정보의 이해가 물리적 경험과 밀접하게 관련된다는 생리학적 증거가 된다.

실제 물리적 활동과 관련 개념의 이해가 동일한 뇌의 작동 기제를 거친다는 연구는 다수 존재한다. Pulvermüller *et al.*(2001)은 학생들을 대상으로 특정 단어를 제시한 후, 그것이 단어인지, 아닌지를 빠른 시간 내에 판별하게 하는 어휘 판단 과제(lexical decision task)를 실시하였다. 이 실험에서 사용된 단어는 입(예: 씹다), 다리(예: 차다), 손(예: 잡다) 등 신체를 이용한 행동과 관련된 것들이었다. 연구 결과, 학생들이 각각의 단어에 반응할 때 각 신체 부위의 실제 움직임과 관련된 뇌의 운동 피질(motor cortex)이 활성화되었다. 이 연구 결과는 사람들

이 실제 움직이지 않더라도 실제 움직일 때와 동일한 부분의 뇌를 작동시켜 관련 단어를 이해한다는 사실을 보여 준다. Ehrsson *et al.*(2003)은 기능성자기공명영상을 이용하여 어떤 행동을 상상할 때와 실제 그 행동을 할 때 자극되는 뇌의 부위를 조사하였다. 구체적으로, 참여자들로 하여금 손가락, 발가락, 혀의 움직임을 상상하게 하거나 상상한 것을 실제 행동으로 옮기도록 한 후, 뇌 활동을 살펴보았다. 그 결과, 상상할 때와 실제 행동할 때 뇌의 동일한 부위가 관여한다는 사실이 발견되었다. Lotze *et al.*(1999) 역시 기능성자기공명영상을 이용하여 실제 손을 움직일 때와 손 움직임을 상상할 때 유사한 신경학적 기질이 작동함을 확인하였다. 운동 경험을 기억하는 과정에서도 실제 그 운동을 실행할 때와 동일한 신경구조가 작동하였다(Nyberg *et al.*, 2001).

이처럼 뇌 연구 성과들은 물리적 세계에서의 신체적 행위와 머릿속에서의 상상이나 이미지, 사고 등이 뇌의 동일한 부분에서 처리된다는 점을 밝히고 있다. 이에 Gallese and Lakoff(2005)는 인간의 감각-운동 시스템은 감각-운동 개념뿐만 아니라 추상적인 개념을 동시에 처리하는 복합적(multimodal) 시스템으로 이해되어야 한다고 주장하였다. Gallese and Lakoff(2005)는 몸의 경험과 유리된 이전의 인지과학을 거부하고 개념적 지식이 인간의 감각-운동 시스템에서 발견된다는, 다시 말해 개념적 지식은 체화된 인지를 통해 온전하게 이해될 수 있다는 주장을 견지한다.

III. 체화된 인지의 교육적 활용

1. 물리적 조작

체화된 인지는 신체적 활동과 정신적 작용이 밀접하게 관련된다는 점에 주목한다. 따라서 학생들이 처리해야 할 정보와 관련된 물리적 조작 활동을 직접 해 보는 것은 그 정보를 효과적으로 이해하는 데 도움을 줄 수 있다(Root-Bernstine and Root-Bernstine, 2001). 학습자는 이해해야 할 텍스트나 개념을 물리적 현실 맥락에 직접 적용하는 과정에서 구체적이고 명확하게 학습하는 기회를 가질 수 있다.

Glenberg *et al.*(2004)은 아동들이 읽은 글을 이해하지 못하는 이유가 글에서 언급되는 것을 실제 세계와 연결

시킬 수 없기 때문이라고 주장하였다.²⁾ 그래서 아동들에게 글을 읽고, 장난감을 이용해 글에서 언급된 것과 동일한 물리적 조작을 해 보도록 하였다. 예컨대, 농장의 모습을 묘사하는 글을 읽으면서 장난감을 이용해 글의 내용과 동일하게 닭장에서 계란을 꺼내오거나 돼지에게 호박을 주는 것과 같은 행위를 해 보도록 한 것이다. 이렇게 물리적 조작을 한 집단과 단순히 글을 한 번 더 읽은 집단을 대상으로 글에 대한 기억과 이해 검사를 실시한 결과, 물리적 조작을 한 집단의 점수가 높게 나타났다. 후속 연구를 통해 Glenberg *et al.*(2007)은 이러한 활동을 개개인이 모두 해 보는 것이 아니라 모둠의 한 학생이 글을 읽고, 몇몇 학생들이 조작을 하게 한 후, 나머지 학생들은 그것을 관찰하도록 했다. 그런데 실제 자신이 조작을 하지 않고 보기만 했을 때에도 학습에 있어 의미 있는 향상이 있었다.³⁾

게임을 통한 물리적 조작의 효과를 검증하는 연구가 수행되기도 하였다(Griffin, 2000; Klein and Starkey, 2004). Ramani and Siegler(2008)는 숫자 보드 게임의 교육적 효과를 검증하였다. 이 연구의 실험집단 학생들은 숫자가 쓰인 스피너를 돌려 나온 숫자만큼 자신의 말을 옮기는 게임을 하였다. 예컨대, 2라는 숫자가 나오고 현재 자신이 3의 위치에 있다면 두 칸을 더 옮겨가게 된다. 이 때, 학생들은 3, 4, 5라는 숫자를 입으로 소리 내면서 말을 옮겼다. 이 과정에서 학생들은 숫자 배열, 숫자 크기와 같은 수의 기초적인 내용을 학습하게 된다. 연구 결과, 이러한 방식으로 학습한 학생들이 다른 전략을 적용했을 때보다 기본적인 수의 이해에 있어 뛰어난 모습을 보였다. 이 보드게임은 물리적으로 말을 움직이는 과정에서 운동감각적 참조를 생성하게 되고, 이것은 숫자라는 추상적 심벌을 이해하는 기초를 제공하였다(Han and Black, 2011). 미국 미시건 주의 해폰댄스 현대무용 단원들은 아이들에게 거리, 속도, 시간과 관련된 추상적 수학 개념을 교육하기 위해 놀이를 이용한다. 예컨대, 일정한 간격으로 북을 열 번 칠 동안 갈 수 있는 거리를 다섯 번 만에 가기 위해 이동속도를 빠르게 하는 물리적 조작을 통해 학습 효과를 높이는 전략을 활용하는 식이다(Root-Bernstine and Root-Bernstine, 2001).

요컨대, 학습하는 내용과 관련된 물리적 조작을 해 보는 것은 학습 효과를 증진시킨다. 학습하는 내용을 체화하여 적극적으로 사고과정에 개입할 수 있도록 해 주기 때문이다. 이러한 전략은 학습하는 내용을 실제 세계와

연계하여 이해하는 기반을 제공하고 추상적인 내용을 구체적으로 파악할 수 있는 통로를 창출한다.

2 제스처 사용

체화된 인지 이론은 제스처를 사용하는 전략에 관심을 가진다(Sauter *et al.*, 2012; Davis and the Spatial Reasoning Study Group, 2015). Kendon(1980)은 여러 비언어적 행동 중 특히 제스처는 언어의 내용과 분리될 수 없고, 따라서 언어의 일종으로 이해되어야 한다고 주장하였다. 제스처는 사고과정을 돕고(Shapiro, 2011), 우리가 어떻게 생각하는지를 나타내기에 학습하는 내용과 밀접하게 관련되는 언어 전략이다(Goldin-Meadow and Wagner, 2005). 제스처는 언어적 형태로 표현되기 어려운 학습 내용을 탐구하거나 표현하는 매개체가 되어 학습자의 인지적 부하를 덜어주는 데에도 도움이 된다(Goldin-Meadow, 2000; Sauter *et al.*, 2012). 제스처는 문제 해결을 촉진할 뿐만 아니라 개념을 알고 이해하는 과정과 관련된 “시각적 체화”이다(Hostetter and Alibali, 2008).

실험 연구를 통해 제스처 활용과 학습 효과 증진의 상관관계가 증명되었다. Cook *et al.*(2008)은 3-4학년 학생들을 대상으로 제스처 사용이 수학 학습에 미치는 효과를 검증하였다. 학생들은 $3+8+5 = 3+ \underline{\quad}$ 과 같은 방정식을 학습하였는데, 크게 다음과 같은 세 그룹으로 나누어졌다: 1) 말하기 그룹, 2) 제스처 그룹, 3) 말하기+제스처 그룹. 첫째, 말하기 그룹은 다음과 같이 말하도록 요구되었다. “나는 왼쪽과 오른쪽을 똑같이 만들고 싶어. 따라서 3 더하기 8 더하기 5는 16, 그리고 3 더하기 13은 16이야.” 둘째, 제스처 그룹은 방정식 왼쪽 부분을 손으로 쓸고 잠시 멈춘 후, 다시 오른쪽을 쓰는 행위를 하게 된다. 마지막으로, 말하기+제스처 그룹은 앞선 두 가지를 모두 수행하도록 요구되었다. 학생들은 배정된 그룹의 지시에 따라 문제를 풀기 전과 후에 각각 한 번씩 요구되는 말을 하거나 행동을 하였다. 그 결과, 실험 직후에는 집단별로 학습 내용 이해에 차이가 없었다. 그러나 4주 후 실시된 검사에서는 말하기 그룹의 점수가 다른 두 그룹에 비해 낮게 나타났다. 제스처 그룹과 말하기+제스처 그룹의 점수에는 의미 있는 차이가 없었다. 이 연구 결과는 손을 이용한 제스처의 활용이 학습 내용의 파지에 긍정적인 영향을 준다는 점을 시사한다. 이러한

결과를 기반으로 Cook *et al.*(2008:1056-1057)은 다음과 같이 주장하였다.

제스처를 활용했던 학생들만이 그들의 지식을 지속적으로 파지할 수 있었다. 이는 아마도 제스처가 문제를 표상하는 대안적이고 체화적인 방법이 되었기 때문인 것 같다. 따라서 제스처의 사용은 장기기억을 조작하고, 탐구하며, 강화하는テクニック을 제공하는 것이 분명하다. 학생들의 마음에 오래 지속되는 변화를 만들기 위해서는 무엇을 말할 지보다 무엇을 해야 할 지에 관심을 가져야 할 것이다.

제스처를 사용하였을 때, 학습 효과가 증진된다는 결과는 다른 연구들에서도 다수 보고된 바 있다(Goldin-Meadow *et al.*, 2009; Alibali and Nathan, 2012). 제스처는 말하는 내용을 오래 기억시키는 데 효과가 있고(Cook *et al.*, 2010), 언어를 학습하고 새로운 언어를 창조하기 위한 출발점이 될 수도 있다(Goldin-Meadow, 2007).

3. 감각 경험 활용

구체적 감각 경험은 추상적 개념을 이해하기 위한 토대를 제공한다(Lakoff and Johnson, 1999). 따라서 추상적인 내용을 학습하기 위해 감각 경험을 효과적으로 이용하는 것은 유효한 학습 전략이 될 수 있다. 기존 교육에서도 시각이나 청각을 활용하는 시도는 많이 이루어져 왔다. 최근에는 이러한 감각적 경험을 확대하여 촉각, 힘, 운동감 등을 포함하는 햅틱(haptic)을 학습에 이용하려는 시도가 체화된 인지 이론과의 관련성 속에서 관심의 대상이 되고 있다(Annetta, 2008).

햅틱의 작용은 우리 주변 사물의 작동 원리와 연계되는 경우가 많다. 힘의 작동과 그 원리는 물리교육에서 중요한 부분을 차지하는데 그 내용이 추상적이라 학생들이 이해하기 어려워한다. 그러나 최근 테크놀로지의 발달은 눈으로 보거나 귀로 들을 수 없는 힘의 작용을 햅틱을 이용해 학습 환경에서 구현하는 것을 가능하게 하고 있다. Reiner(1999)는 학생들이 컴퓨터 화면에서 움직이는 볼을 통해 힘과 저항을 물리적으로 경험해볼 수 있는 촉각 인터페이스(tactile interface)를 개발하였다. 이 도구를 이용해 학습한 학생들은 물리학에 대한 배경지식이 없는 상태에서도 힘의 작용을 효과적으로

이해하는 모습을 보였다. Han and Black(2011)은 기어의 움직임을 사례로 조이스틱을 이용하여 실제 힘과 방향을 느낄 수 있는 햅틱 컴퓨터 인터페이스를 구현하였다. 어느 정도의 힘을 가하면 기어가 움직이는지, 어떤 방향으로 움직여야 기어가 구동하는지 등을 햅틱 감각적 경험을 통해 학습할 수 있도록 한 것이다. 연구 결과, 힘과 움직임 요소가 가미된 학습모듈이 이들 요소가 없었던 학습모듈에 비해 학생들로 하여금 회상, 추론, 전이 검사에서 높은 점수를 획득하도록 하였다. 나아가 Han(2013)은 체화의 경험이 실제적 혹은 가상적으로 제공되는지의 여부보다 실제 힘을 경험해보는 체화의 경험 자체가 추상적 개념을 이해하는 바탕이 된다고 주장하였다. 즉, 조이스틱을 통해 힘을 경험하든, 실제 장난감을 이용해 힘의 경험해보든, 중요한 것은 힘의 작동과 관련된 체화적 경험이며, 이런 물리적 경험을 통해 추상적 개념을 이해하기 위한 기반을 형성하는 것이 중요하다는 것이다. Bara *et al.*(2004)은 햅틱 감각을 포함하여 알파벳을 학습하였을 때, 시각적, 청각적 정보만을 이용했을 때보다 아동들의 알파벳 원리에 대한 학습 효과가 높아진다는 결과를 보고하기도 하였다. 이외에도 햅틱의 교육적 활용에 대한 연구는 분자 사이의 저항력(Brooks *et al.*, 1990), 바이러스와 나노 스케일 과학(Jones *et al.*, 2006), 기계적 힘(Williams *et al.*, 2007) 등 다양한 주제에 걸쳐 실시되고 있다.

체화된 인지 이론에서는 다양한 감각적 경험이 추상적 개념이나 원리를 이해하는 밑바탕이 된다고 본다. 특히, 최근의 연구들은 햅틱 경험이 추상적 내용 이해의 증진으로 이어진다는 사실에 관심을 가진다. 따라서 기존에 활용되었던 시각이나 청각에 덧붙여 햅틱과 같은 다양한 감각 경험을 교육에 활용하려는 전략에 주목할 필요가 있다.

4. 가상 환경 디자인

최근 정보통신기술이 발달하면서 컴퓨터 환경에서의 학습도구 개발에 대한 관심이 높다. 실제 세계에서의 물리적 조작을 통해 체화를 구현할 수도 있지만 체화된 인지를 가상적 환경에서 구현하려는 교육공학적 시도들 또한 폭넓게 이루어지고 있다.

일찍이 Papert(1980)는 체화된 인지 관점을 수용하여 몸과 공간을 연결할 수 있는 가상의 공간인 마이크로월

드 LOGO를 개발하였다. LOGO에는 거북이가 존재하고 학습자는 거북이의 움직임을 통해 공간 도형을 탐구한다. 학습자는 거북이의 움직임을 자신의 움직임과 동일시함으로써 실제 자신이 경험하는 것처럼 체화된 방식으로 학습하게 된다. 그런데 Papert(1980)의 LOGO는 아동들의 블록처럼 일종의 물리적 도구였다. 이지운 등(2013)은 이러한 거북이를 통한 체화적 학습 방식을 디지털 가상 환경인 거북 마이크로 월드로 구현하였다. 거북 마이크로 월드에서는 디지털 거북이가 움직이는 대로 블록이 입체적으로 쌓인다. 학생들은 2차원의 도면이 입체적으로 변하는 과정이나 복잡한 다각형이 만들어지는 양상 등을 가상 세계의 거북이가 되어 학습한다. 다시 말해, 학습자가 가상 세계의 거북이로 체화되는 것이다. 이지운 등(2013)에 따르면 거북 마이크로 월드를 통해 학습한 학생들의 공간 시각화 능력이 의미 있게 향상되었다.

가상의 교육 환경에서 학습자가 에이전트를 가르치고 피드백을 받는 과정을 통해 학습 효과를 증진시키려는 시도 또한 체화된 인지 관점에서 논의되고 있다. 학생들은 가상 세계 에이전트의 지식과 자신의 지식을 동일시함으로써, 다시 말해 에이전트에게 자신을 체화시키는 과정을 통해 학습하게 된다. Schwartz *et al.*(2008)의 논문은 이와 관련된 대표적 연구 중 하나이다. 이들은 Teachable Agent(TA) 프로젝트를 수행하면서 Betty's Brain이라는 소프트웨어를 개발했다. 이 프로그램에서 학습자는 개념도를 이용해 가상의 인물인 Betty를 가르친다. 이후 Betty는 학습자에 의해 주어진 개념도를 바탕으로 질문에 답한다. 학생들은 Betty를 위한 가장 효과적인 개념도를 생성하기 위해 적극적으로 학습에 임하게 된다. TA 프로젝트에 참여한 연구자들은 이러한 논의를 자기주도학습, 교육공학 디자인, 학습 효과 검증 등 다양한 분야로 확장하고 있다(Biswas *et al.*, 2005; Bodenheimer *et al.*, 2009). Bai and Black(2010) 역시 REAL(Reflective Agent Learning) 프로젝트에서 학생들이 자신의 에이전트를 가르치고 피드백 받는 과정을 통해 생태학 학습에 도움을 받았다는 결과를 보고했다. Black(2010:50)에 따르면, “학생들은 가상 세계에서 자신의 지식을 에이전트들에게 체화시키는 과정을 통해 학습과 이해를 향상시킨다. 나아가 에이전트들의 수행에 기반하여 자신들의 지식을 테스트해 보고 조정하기도 한다.” 동일한 학습 전략을 사용하더라도 학습자의 체화 과정이 없을 때(예컨대, TA 프로젝트에서 체화 관련 요소를 제거하고 개념

도를 이용한 학습을 수행한 경우), 학습 효과가 훨씬 저조했다. 따라서 학생들이 가상의 인물을 자신으로 체화하는 과정은 가상 환경에서의 학습 효과를 증진시키는 중요한 요소가 된다(Annetta, 2008; DeMers, 2010).

다양한 참여자가 함께 참여하는 온라인 환경에서의 체화적 경험도 관심의 대상이 되고 있다. Neulight *et al.*(2007)은 다양한 참여자가 온라인으로 함께 활동하는 가상의 상황에서 학생들이 자신을 나타내는 아바타를 만들고, 이 아바타의 상황을 자신의 상황으로 체화하여 과학 개념을 효과적으로 학습할 수 있다고 주장하였다. 가상의 환경에서 Whypox라는 병에 전염되면 아바타의 얼굴에 붉은 반점이 나타나며 타인과 의사소통할 기회가 줄어들게 된다. 학생들은 얼마나 많은 사람들이 이 병에 걸렸는지 시각화하고, 앞으로의 상황과 해결책에 대해 생각해 본다. 이런 과정에서 학생들은 질병 관련 개념과 용어를 사용하고, 가상의 병을 실제의 병과 연계시킬 수 있게 되었다. 이러한 학습 효과는 학생들이 아바타를 실제 자신으로 생각하는 체화적 경험에 의해 가능했다. 학생들은 “나는 그들이 Whypox에 걸린 걸 봤어”, “난 이틀 전에 감염되었는데 점점 상태가 나빠지고 있어”와 같은 대화를 통해 실제 아바타와 자신, 그리고 다른 참여자들을 체화적으로 이해하는 모습을 보여 주었다. Colella(2000)의 연구에서는 학생들이 Thinking Tag라는 착용식 컴퓨터를 이용하여 바이러스의 잠복기, 감염 가능성, 면역 등을 실제처럼 느끼도록 하였다. 학생들은 가상의 상황임에도 자신들이 실제 바이러스에 감염된 것처럼 생각하고 병에 대해 서로 의사소통하면서 관련 개념의 이해 정도를 향상시켰다. 시뮬레이션을 교육적으로 이용하려는 이러한 전략에서 중요한 것은 단순히 어떤 상황을 모델링하거나 모방하는 것이 아니라 시뮬레이션에 참여하는 학생이 실질적인 역할을 하고 자신의 행동 결과를 구체적으로 경험할 수 있어야 한다는 것이다(Gredler, 1996). 학습자의 의도나 행동이 학습 환경에서 실제로 영향을 미치는 정도가 약하면 시뮬레이션을 사용하더라도 그것은 비체화적 단순 암기에 그칠 가능성이 높다(Barab and Dodge, 2008). 학생들이 가상의 인물을 자신으로 체화하여 이해하는 과정이 가상 환경에서의 학습을 증진하는 가장 중요한 요소인 것이다(Annetta, 2008; DeMers, 2010).

실제의 물리적 환경과 가상 환경의 연결을 구현할 수도 있다. Barab *et al.*(2005)이 개발한 Quest Atlantis는

좋은 예가 된다. Quest Atlantis에서 학생들은 자신을 대변하는 아바타를 통해 다른 학생들과 대화하고 주어진 문제(환경적, 도덕적, 사회적 쇠퇴를 겪고 있는 Atlantis를 재건하는 위원회 돕기)를 해결하기 위한 다양한 활동을 수행한다. 그런데 이 과제 수행은 단지 가상 환경에서만 이루어지는 것이 아니라 실제 세계에서 다른 학생들과 전자 우편을 주고받고, 현실의 데이터를 수집하는 등의 활동을 통해 성공적으로 완수될 있다. 다시 말해, Barab *et al.*(2005)의 연구에서는 가상 환경과 물리적 환경이 유기적으로 연계되는 디자인이 구현된 것이다. 이런 전략은 체화된 인지를 좀 더 적극적으로 구현할 수 있는 방안이 될 수 있다.

요컨대, 체화된 인지 이론은 가상 환경 디자인의 지평을 확대하는 데 공헌했다. 정보통신기술의 발달과 함께 가상 환경에서 체화된 인지를 이용하려는 시도는 학습자들이 자신을 투영하는 거북이와 같은 매개체나 다양한 에이전트, 아바타를 이용하려는 시도로 나타났다. 이를 통해 가상의 학습 환경은 실세계와 동떨어진 곳이 아니라 학습자가 실제로 무엇인가를 하고 그 결과를 실제 세계에서처럼 경험할 수 있는 체화 전략의 구현장이 되었다.

IV. 체화된 인지의 지리교육 적용 가능성 탐색

1. 물리적 조작, 신체적 활동을 통한 지리적 체화 경험

다양한 교과교육학에서 물리적 조작, 신체적 활동의 교육적 효과가 보고되었다. 지리교육에서도 이러한 측면에 관심을 두는 연구들이 있고, 이를 바탕으로 효과적인 교수학습 전략 개발을 위한 시사점을 얻을 수 있다.

첫째, 모형을 이용한 물리적 조작은 유용한 학습 전략이 될 수 있다. Eflin and Sheaffer(2006)는 분수계(watershed) 교육에서 모형 사용의 성공 사례를 보고하였다. 이들은 비가 오염원에 미치는 영향을 살펴보기 위해 모형을 통한 물리적 조작 활동을 실시하고 그 효용성을 검증하였다. 이 모형에서는 코코아나 샐러드 오일과 같은 음식물들을 오염원으로 가정하고 휴대용 스프레이에서 분무된 비가 이들을 하류로 쓸어내릴 때 어떤 일이 발생하는지를 살펴보았다. 나아가 Eflin and Sheaffer(2006)는 가상

의 분수계 지도에 학생들을 그룹지어 위치시켰다. 이후 학생들은 강을 따라 토지를 어떻게 이용할 것인지를 결정 한 후 각 그룹의 지도를 직소 퍼즐처럼 조합하면서 어떠한 오염이 발생할 수 있으며 오염의 영향은 어떠한지를 토론하였다. 이 활동은 학생들이 분수계와 관련된 개념을 현실세계의 맥락을 통해 이해할 수 있는 토대가 되었다. 유사한 견지에서 Morris(2008)는 중학생들에게 빙하 지도를 보여준 후 점토와 모래를 이용하여 빙하 모형을 만들어 보도록 하였는데, 그 결과 학생들의 학습 내용에 대한 이해도가 향상되었다. 실제 세계의 다양한 자연·인문적 현상을 다루는 지리교육에서 학생들이 직접 조작하며 학습하는 모형은 추상적 개념을 이해하는 데 도움을 줄 수 있다. 따라서 학생들의 물리적 개입을 가능하게 하는 모형의 개발에 대한 연구를 지속할 필요가 있다.

둘째, 블록 놀이는 학생들의 공간 능력 개발과 관련하여 자주 이용되는 물리적 조작 활동이다(Casey *et al.*, 2008; Nath and Szűcs, 2014; Verdine *et al.*, 2014). 놀이를 통해 실세계의 모습을 만들어보는 활동은 위에서 내려다보는 지도보기와 유사한 경험을 제공하고, 지도 이해를 위한 토대가 된다. 나아가 주변 환경 이해를 위한 능력 함양에도 중요한 기여를 한다(Blaut and Stea, 1974; Blaut *et al.*, 2003). Ferrara *et al.*(2011)은 블록 놀이를 한 학생들이 다른 종류의 공간적이지 않은 놀이를 한 학생들보다 훨씬 더 많은 공간적 어휘를 사용한다는 사실을 발견했다. 이런 연구들을 통해 공간적 특성을 가진 블록 놀이가 물리적 조작을 통해 체화된 인지를 구현하는 방안 중 하나가 될 수 있음을 알 수 있다. 이외에도 공간적 특성을 가진 다양한 물리적 조작 놀이를 효과적으로 활용하는 방안에 대해 고민할 필요가 있다.

셋째, 실제 학습하는 내용과 관련되는 신체적 활동에 주목할 필요가 있다. 지도학습에서 실제 길을 따라 걸어보는 신체적 활동은 길찾기 능력 향상에 도움이 된다. Griffin(1995)은 지도 학습을 위해 4학년 학생들을 두 집단으로 나누었다. 한 집단은 오버헤드 프로젝터를 통해 지도를 보고 교실에서 빈 칸 채우기 활동을 통해 캠퍼스를 학습하도록 하였다. 다른 집단은 실제 캠퍼스를 걸어보는 활동에 참여하도록 하였다. 그 결과, 실제 캠퍼스를 걸어 본 집단이 길찾기 과제에서 훨씬 우수한 수행능력을 보였다. 학습하는 내용을 제스처로 표현하는 전략도 주목할 만하다. Sauter *et al.*(2012)은 8살, 10살, 성인을 대상으로 장난감을 방에 숨겨 놓고 장난감들의 위

치를 표현하는 과제를 수행하게 하였다. 그 결과, 단순히 언어만을 분석했을 때보다 제스처를 함께 고려했을 때 공간 정보의 양과 질이 높아졌다(예: 공간관계 관련 정보의 증가). 특히, 공간 정보의 표현을 위해 명시적으로 제스처를 사용하도록 한 경우 수행력이 높아지는 모습을 보였는데 이러한 경향은 어린 아동일수록 더욱 두드러졌다. Ehrlich *et al.*(2006)의 연구에 따르면, 여학생보다 남학생들이 공간 사고력 테스트에서 더 높은 점수를 획득하였는데, 두 집단의 문제풀이 과정을 살펴보면 남학생들이 사고과정과 관련하여 더 많은 제스처를 사용하는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 제스처가 언어와 더불어 공간적 관계를 표현하는 전략적 도구로 작동하였기에 가능한 것이었다(Goldin-Meadow, 2003). McClain and Zimmerman(2016)은 환경교육에서 제스처 사용의 효과에 주목하였다. 이들은 모바일 디지털 도구를 이용해 자연과 교감하면서 학습하는 전략을 제안하였는데, 학습 개념과 관련되는 실제 세계의 식물 등을 가리키는 과정을 통해 적극적인 의미를 구성할 수 있다고 주장하였다.

이처럼 물리적 조작, 신체적 활동은 지리교육에서 효과적인 체화된 인지 전략이 될 수 있다. 여기서는 모형을 이용한 물리적 조작, 공간적 관점을 강조하는 블록 놀이, 학습하는 내용과 관련되는 신체적 활동에 주목하였다. 물리적 조작과 신체적 활동을 지리교육적으로 이용할 수 있는 다양한 아이디어들을 개발하고 공유하는 노력이 있어야 할 것이다.

2. 가상 환경의 체화적 디자인

테크놀로지의 발달에 힘입어 가상 환경의 디자인과 관련하여서도 체화적 인지 논의는 흥미로운 화두를 던진다. 지리교육에서도 가상 환경을 활용하려는 시도가 있고, 효과적인 학습을 위한 가상 환경의 체화적 디자인에 관심을 가질 필요가 있다.

첫째, 다양한 감각 경험을 제공하는 디자인이 필요하다. 앞선 논의에서 최근 시각과 청각을 넘어 햅틱 경험을 제공하려는 시도에 관심이 높아지고 있는 상황을 소개하였다. 이러한 시도는 지리교육적 맥락에서도 의미가 있다. 예컨대, 현장 조사를 수행하는 지리학자의 활동을 구현한다고 생각해보자. 실제 지리학자들이 땅을 파는 것과 같은 느낌을 햅틱을 통해 제공할 수 있고, 이

를 통해 관심의 대상이 되는 지형의 단단함 정도를 느낄 수 있을 것이다. 한편, 다양한 퇴적물이나 암석들의 크기 차이는 지리학자들이 관심을 가지는 주요한 주제 중 하나인데, 가상 환경에서 학생들이 자의 길이를 실제 세계에서처럼 조절하고 실제 입자들의 크기를 측정하는 것과 같은 모듈은 체화적 경험을 제공하는 방안이 될 수 있을 것이다. 퇴적물이나 암석을 손으로 만졌을 때의 감각을 제공하는 방식도 생각해 볼 수 있다.

둘째, 거북 마이크로월드, Betty's Brain, Quest Atlantis 처럼 지리교육에서도 학습자가 가상 환경에 몰입하여 그 일부가 될 수 있는 디자인에 관심을 가져야 한다(Barab and Dodge, 2008). 이러한 맥락에서 지리교육자들은 학습자가 가상 세계의 시장이 되어 도시를 건설하는 SimCity와 같은 게임에 주목해 왔다(Adams, 1998; Kim and Shin, 2016). SimCity 환경에서 학생들은 자신을 시장으로 체화하고 자신의 활동이 실제 도시의 건설과 파괴로 나타나는 경험을 할 수 있다(Gaber, 2007; Minnery and Searle, 2014). DeMers(2010)는 시뮬레이션 게임 Second Life가 지리교육적 맥락에서 체화적 경험을 제공할 수 있음에 주목하였다. 예컨대, Second Life에서 학생들은 자신을 투영한 아바타가 활동하는 가상의 공간에서 지구를 평면으로 펼쳐 원통을 만들고 그 원통 안에 들어가 볼 수 있는데, 이는 지도 투영법 이해를 위한 효과적인 전략이 될 수 있다(그림 2). Second Life는 능동적으로 다양한 가상 세계를 창조할 수 있게 도와주는 효과적인 플랫폼이다(Hudson-Smith *et al.*, 2009).

셋째, 실제 학생 자신이 데이터나 모델 구축의 일부가 되도록 할 수 있다. 지리학자들은 GIS(Geographic Information Systems)와 같은 지리공간기술을 이용해 다양한 분석을 수행하고 이를 통해 삶의 모습을 보여주고자 한다. 그러나 개인이 사라지고 일반화되는 양적 분석의 문제점을 제기하는 연구자들이 있었고, 이에 정성적(qualitative) GIS를 통해 개인의 경험을 지리공간기술에 구현하려는 노력이 이루어졌다. Kwan(2007:24)은 “몸과 감정, 그리고 주관성에 주의를 기울이는 지리공간기술의 체화적 실행과 열정적 정치는 우리들이 기계적 소프트웨어와 데이터를 넘어 실제 사람과 그들의 삶을 탐구할 수 있도록 해 줄 것이다.”라고 주장하였다. 이런 전지에서 Kim *et al.*(2017)은 시간의 흐름에 따라 개인의 이동 및 방문하는 지점에서의 경험과 느낌을 매쉬업 할 수 있는 TGIF(Time-Geographic Interactive Framework)라는 온라

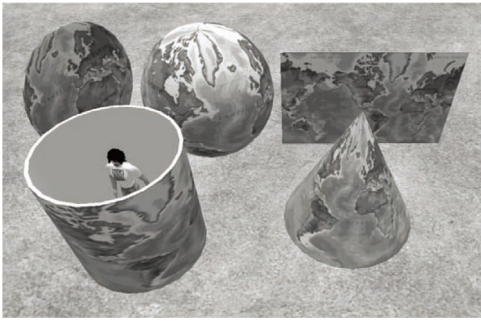


그림 2 Second Life에서 지도 투영법 이해를 위한 체화적 경험
출처 : DeMers, 2010:22.

인 플랫폼을 개발하였다. 이 도구를 통해 학생들은 자신의 경험을 텍스트, 사진, 동영상 등 다양한 데이터를 활용하여 체화적으로 구현할 수 있다(그림 3). 이러한 시각화 도구는 몰입적 체화 경험을 바탕으로 학생들이 흥미롭게 학습에 임할 수 있는 전략을 지원한다(Farnsworth, 2011). 이는 시각화와 체화된 인지를 건설적으로 결합하는 ‘체화적 시각화(embodied visualization)’이다.

가상 환경의 체화적 디자인은 체화된 인지를 교육적 맥락에서 활용하기 위해 관심을 가져야 할 영역이다. 최근 디지털 테크놀로지가 교육에 광범위하게 활용되는 상

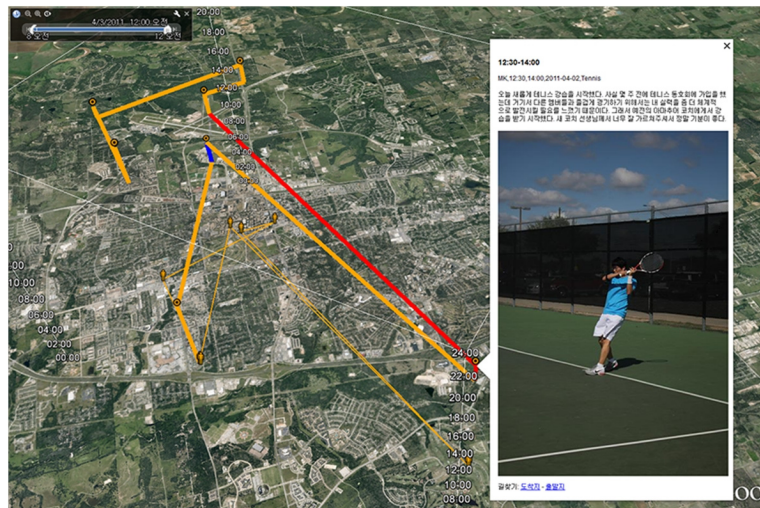


그림 3 TGIF 시공간에서 개인 경험의 체화적 구현

* Kim *et al.*(2017) 재구성.

** TGIF를 활용하여 개인의 일상생활을 3차원 큐브로 시각화.

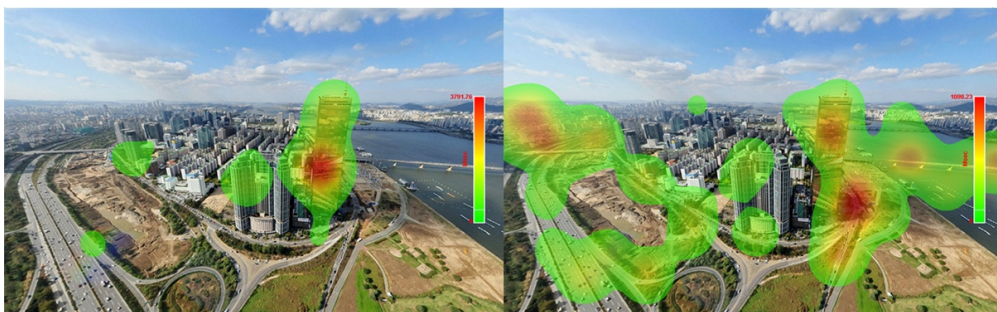


그림 4 과제 유형에 따른 시선 차이

* Kim *et al.*(2015) 재구성.

** EyeLink II를 활용하여 안구운동 시각화.

*** 여행 집단(좌)의 시선은 주요 건물에 집중되는 반면, 운전 집단(우)의 시선은 공간구조 파악에 중요한 주요 경로와 그것들의 상관관계에 있음.

황에서 가상 환경의 효과적 디자인에 대한 중요성은 더욱 커지고 있다. 지리교육에서도 테크놀로지를 활용하는 교육에 관심이 높기에 체화된 인지 관점이 어떤 통찰력을 제공해 줄 수 있을지에 더욱 관심을 가질 필요가 있다.

3. 효과적인 체화 경험을 이끄는 지도과제

과제에 따라 학습자가 정보를 처리하는 태도와 양상이 달라지고 이는 학습에 큰 영향을 미친다(Schwartz and Phillippe, 1991; Kulhavy and Stock, 1996; Pieters and Wedel, 2007). 동일한 활동이라도 어떤 시나리오나 맥락을 이용해 과제를 제시하는가에 따라 학습자가 주목하는 부분이 달라지는 것이다. 체화된 인지가 효과적인 학습 전략이 될 수 있다면 지리교육에서 과제를 개발할 때, 학생들의 체화적 경험이 작동하도록 하는 디자인에 관심을 가질 필요가 있다.

과제에 따른 학습자들의 상이한 정보 처리 양상과 관련하여 Kim *et al.*(2015)의 연구는 주목할 만하다. 이들은 과제의 종류에 따라 학생들의 학습 양상이 달라질 수 있다는 사실을 탐색하기 위해 중고등 학생들을 두 집단으로 나누고 서울을 비롯한 세계 여러 곳의 항공사진을 보여 주었다. 그리고 한 집단에게는 사진 속의 지역을 여행하게 될 것이라는 지시를 주었고(여행 집단), 다른 집단에게는 사진 속의 지역에서 운전할 하게 될 것이라고 하였다(운전 집단).⁴⁾ Kim *et al.*(2015)은 이러한 지시의 차이로 인해 동일한 사진을 보더라도 학생들이 다른 정보에 집중하는지에 관심이 있었고, 이를 확인하기 위해 안구운동분석(eye-movement analysis)을 실시하였다. 실험 결과, 운전 과제를 부여받은 학생들은 마치 자신이 직접 그 지역에서 운전하는 것처럼 해당 지역의 주요한 길과 도로들의 관계에 주목하는 모습을 보였다. 이에 반해, 단순히 여행을 할 것이라는 지시를 받은 학생들은 사진에서 눈에 띄는 건물(예: 서울의 63빌딩)이나 아름다운 풍경에 더 많은 관심을 가졌다(그림 4). 이러한 결과는 항공사진과 같은 학습 자료를 이해하는 과정에서 체화적 개입이 발생한다는 사실을 시사한다. 두 집단의 학생들이 주목하는 정보가 다른 것은, 실제 자신이 운전을 하는 것처럼, 혹은 관광을 하는 것처럼 생각하고 관련된 정보에 집중하기 때문이었다(Kim *et al.*, 2015). 이와 같은 경향은 동일한 사진을 주고 해당 지역을 여행할 것이라는 지시를 준 집단과 지도를 그릴 것이라는 지

시를 준 집단에게서도 유사하게 나타났다(Kim and Kim, 2018). Brunyé and Taylor(2009)는 학생들을 두 그룹으로 나누고 한 그룹에게는 지도 전체의 레이아웃(layout) 학습을 강조하고 다른 그룹에게는 경로 학습을 강조하였다. 그 결과, 학생들은 주어진 과제와 관련된 정보에 더욱 관심을 기울이는 모습을 보였다. 지도 전체의 레이아웃을 강조한 집단만이 공간적 분포 및 관계와 관련된 정보에 집중하였다. 이런 연구들은 과제를 어떻게 구성하는가에 따라 동일한 학습 자료를 이용하더라도 그 효과가 달라질 수 있음을 보여 준다.

요컨대, 동일한 학습 자료를 활용하더라도 주어진 과제에 따라 집중하는 양상이 다르게 나타나기에 학생들의 효과적인 체화 경험을 유도하는 지도과제의 개발에 관심을 가져야 한다. 의도하는 바에 부합하는 체화가 이루어질 수 있도록 과제를 개발해야 하는 것이다. 어떤 전략을 통해 좀 더 적극적이고 효과적으로 체화된 인지가 작동할 수 있도록 할 것인지에 관심을 가질 필요가 있다(김민정 · 이지영, 2017).

V. 결론

이 연구에서는 최근 인지심리학 및 다양한 교과교육학에서 그 관심이 높아지고 있는 체화된 인지 개념을 소개하고, 체화된 인지가 작동하는 다양한 상황을 논의하였다. 나아가 체화된 인지 논의가 어떻게 교육학적 맥락에 적용되고 있으며, 좀 더 구체적으로 지리교육적 상황에서는 어떠한 함의가 있는지에 대해 살펴보았다. 체화된 인지는 몸과 마음의 이분법적 사고에 근거한 전통적 인지과학의 한계를 극복하고 인간의 마음, 몸, 활동, 환경 사이의 상호작용에 주목하여 이들을 통합하려는 시도이다. 우리의 인지는 몸의 경험과 무관하지 않다. 추상적이고 논리적으로 보이는 인지활동이나 판단들은 감각적 경험과 상관이 없어 보이지만 실제 그것들은 이진, 그리고 현재의 물리적 경험, 환경과의 상호작용과 밀접하게 연관되어 있다. 사람들은 추상적 언어를 이해하기 위해 심상이나 시뮬레이션을 활용하며 물리적 지각이 상위 인지의 작동에 영향을 미치기도 한다. 또한 실제 물리적 활동과 그 물리적 활동과 관련된 개념은 뇌의 동일한 부분에서 처리된다. 이러한 체화적 인지의 작동을 교육적으로 활용하려는 시도는 물리적 조작의 중요성,

제스처 사용의 효과, 다양한 감각 경험의 활용, 가상 환경 디자인의 체화적 요소 등에 주목한다.

체화된 인지에 대한 관심이 높아지고 있지만 이에 기반한 학습 전략과 효과에 대한 연구는 아직까지 그 저변이 넓지 못하다(Glenberg, 2008). 특히 지리교육적 맥락에서 체화된 인지를 논한 연구는 거의 전무하다 해도 과언이 아니다. 이에 본 연구에서는 체화적 인지 논의를 지리교육적으로 적용하기 위해 물리적 조작이나 신체적 활동을 통한 지리교육적 체화 경험 제공, 가상 환경의 체화적 디자인, 효과적인 체화 경험을 이끄는 지리과제 개발을 중심으로 그 가능성과 과제를 논하였다.

본 연구는 체화된 인지 논의를 지리교육에 도입하고 화두를 던지는 시론적 연구로서 의미가 있다. 체화된 인지 논의는 구체적 경험과 감각적 활동에 관심을 가졌던 기존 전략들을 포괄하는 이론적 틀을 제공하고, 다양한 논의들을 관통하는 개념적 뼈대로서의 가능성을 가진다. 이제 지리교육자들도 다양한 교과교육학에서 그 연구의 폭이 넓어지고 있는 체화된 인지 논의에 관심을 가지고 구체적 전략 개발 및 효과 검증을 위한 연구를 수행해 나갈 필요가 있다. 체화된 인지 논의는 최근 교실 수업의 혁신 요구와 관련하여서도 의미를 지닌다. 지리교육은 다양한 감각적 경험과 활동을 도입하고 활용하는 교과로서 커다란 가능성을 가지고 있다. 실제 세계에서의 경험을 증시하는 지리교육의 특성을 고려할 때 체화된 인지 논의는 다양한 맥락과 의미 있게 연계될 수 있을 것이다.

註

- 1) 체화된 인지라는 틀 속에서 논의되는 연구들과 유사한 방식의 연구는 사실 오랜 전통을 가지고 있다. 그러나 사고와 감정, 몸의 상호작용을 체화(embodiment)라는 개념을 통해 체계적으로 연구하고, 이들에 대한 관심이 증가한 것은 그리 오래되지 않았다(Meier *et al.*, 2012).
- 2) Glenberg *et al.*(2004)은 이러한 연결을 index라 표현한다. 그래서 자신들의 이론을 Indexical Hypothesis라 명명하고, 이 패러다임에 따라 다양한 연구를 수행하여 그 타당성을 검증하고 있다.
- 3) Glenberg *et al.*(2007)은 실제 물리적 조작을 하지

않고 물리적 조작을 보기만 하는 간접적 경험 또한 의미 있는 향상을 가져온 이유를 다음과 같이 추정하였다. 첫째, 친구들이 물리적 조작을 하는 광경을 보는 것이 관심을 증진시키거나 동기를 자극하였을 수 있다. 둘째, 이중부호화 이론의 관점을 적용해본다면, 단순히 글을 읽기만 하는 것보다 시각적 정보가 함께 주어져 학습 효과가 증진되었을 가능성이 있다. 셋째, 거울뉴런(mirror neuron)의 작동을 생각해 볼 수 있다. 거울뉴런은 상대방이 무엇인가를 하는 것을 보았을 때, 자신이 실제 하는 것과 동일한 뇌가 자극되는 현상을 설명하는 개념이다. 그러나 간접경험이 항상 직접적인 물리적 조작과 동일한 효과를 나타내는 것은 아니다. 따라서 직접 조작을 하지 않는 상황에서 그것의 효과를 담보하기 위해서는 주의 깊은 학습상황 디자인이 필요하다(Glenberg, 2008).

- 4) Nori and Giusberti(2006)는 운전을 하는 사람과 조수석에 앉아 수동적으로 지역을 경험하는 사람의 길찾기 전략에서의 차이를 논하였다. 이들의 연구에 따르면 조수석에 앉아 적극적으로 지역을 이해하려는 시도를 하지 않는 사람들은 눈에 띄는 랜드마크 등에만 집중하였고, 지역의 공간적 관계를 등을 종합적으로 이해하는 데 있어 제한점이 있었다.

참고문헌

- 김민경·이지영, 2017, “체화된 인지와 창의·융합적 관점에서 의 수학 수업의 교육적 의의 탐색” 학습자중심교과교육연구, 17(9), 247-271.
- 김지숙·김지호, 2013, “손 씻기에 체화된 인지(EC)가 소비행동에 미치는 영향” 한국심리학회지: 소비자·광고, 14(2), 321-342.
- 김화경, 2008, “거북 마이크로월드에서 곡선의 행동 표현” 교육과정평가연구, 11(1), 187-204.
- 안진환·박슬라 역, 2007, 「스택: 뇌리에 착 달라붙는 메시지의 힘」, 서울: 웅진씽크빅.
- 이경식 역, 2013, 「승자의 뇌」, 서울: 알에이치코리아.
- 이정모, 2010, “체화된 인지(embodied cognition)’ 접근과 학문간 융합: 인지과학 새 패러다임과 철학의 연결이 주는 시사” 철학사상, 38, 27-66.

- 이지윤·조한혁·송민호, 2013, “공간 시각화 과제에 체화된 거북 스킵 적용에 관한 연구” 한국수학교육학회지 시리즈 A: 수학교육, 52(2), 191-201.
- 한승희·차운아, 2014, “손을 옮겨주면 경제적 선택에 대한 인내심이 높아질까?: 체화된 자기 조절이 지연 보상 선택에 미치는 효과” 한국심리학회지: 소비자·광고, 15(1), 199-215.
- Adams, P.C., 1998, Teaching and learning with SimCity, *Journal of Geography*, 97(2), 47-55.
- Alibali, M.W. and Nathan, M.J., 2012, Embodiment in mathematics teaching and learning: Evidence from learners' and teachers' gestures, *Journal of the Learning Sciences*, 21(2), 247-286.
- Annetta, L.A., 2008, Video games in education: Why they should be used and how they are being used, *Theory Into Practice*, 47(3), 229-239.
- Bai, X. and Black, J.B., 2010, Enhancing intelligent tutoring systems with the agent paradigm, in Information Resources Management Association, ed., *Gaming and Simulations: Concepts, Methodologies, Tools and Applications*, Hershey, PA: IGI Global, 440-463.
- Bara, F., Gentaz, E., Colé, P., and Sprenger-Charolles, L., 2004, The visuo-haptic and haptic exploration of letters increases the kindergarten-children's understanding of the alphabetic principle, *Cognitive Development*, 19(3), 433-449.
- Barab, S.A. and Dodge, T., 2008, Strategies for designing embodied curriculum, in Spector, J.M., Merrill, M.D., van Merriënboer, J., and Driscoll, M.P., eds., *Handbook of Research on Educational Communications and Technology*, New York: Lawrence Erlbaum Associates, 97-110.
- Barab, S., Thomas, M., Dodge, T., Carteaux, R., and Tuzun, H., 2005, Making learning fun: Quest Atlantis, a game without guns, *Educational Technology Research and Development*, 53(1), 86-107.
- Barsalou, L.W., 1999, Perceptual symbol systems, *Behavioral and Brain Sciences*, 22(4), 577-660.
- Barsalou, L.W., 2008, Grounded cognition, *Annual Review of Psychology*, 59, 1-21.
- Bergen, B. and Fledman, J., 2008, Embodied concept learning, in Calvo, P. and Gomila, A., eds., *Handbook of Cognitive Science*, Amsterdam: Elsevier Science, 313-331.
- Bessière, K., Seay, A.F., and Kiesler, S., 2007, The ideal elf: Identity exploration in world of warcraft, *CyberPsychology & Behavior*, 10(4), 530-535.
- Biswas, G., Jeong, H., Kinnebrew, J.S., Sulcer, B., and Roscoe, R., 2010, Measuring self-regulated learning skills through social interactions in a teachable agent environment, *Research and Practice in Technology Enhanced Learning*, 5(2), 123-152.
- Biswas, G., Leeawong, K., Schwartz, D., Vye, N., and the Teachable Agents Group at Vanderbilt, 2005, Learning by teaching: A new agent paradigm for educational software, *Applied Artificial Intelligence: An International Journal*, 19(3-4), 363-392.
- Black, J.B., 2010, An embodied/grounded cognition perspective on educational technology, in Khine, M.S. and Saleh, I.M., eds., *New Science of Learning*, New York: Springer, 45-52.
- Blaut, J.M. and Stea, D., 1974, Mapping at the age of three, *Journal of Geography*, 73(7), 5-9.
- Blaut, J.M., Stea, D., Spencer, C., and Blades, M., 2003, Mapping as a cultural and cognitive universal, *Annals of the Association of American Geographers*, 93(1), 165-185.
- Bodenheimer, B., Williams, B., Kramer, M.R., Viswanath, K., Balachandran, R., Belyne, K., and Biswas, G., 2009, Construction and evaluation of animated teachable agents, *Educational Technology & Society*, 12(3), 191-205.
- Brooks, F.P., Ouh-Young, M., Battert, J.J., and Kilpatrick, P.J., 1990, Project GROPE-haptic displays for scientific visualization, *ACM Computer Graphics*, 24(4), 177-185.
- Brunyé, T.T. and Taylor, H.A., 2009, When goals constrain: Eye movements and memory for goal-oriented environments, *Memory & Cognition*, 38(6), 700-712.
- Buccino, G., Binkofski, F., Fink, G.R., Fadiga, L., Fogassi, L., Gallese, V., Seitz, R.J., Zilles, K., Rizzolatti, G., and Freund, H.-J., 2001, Action observation

- activates premotor and parietal areas in somatotopic manner: An fMRI study, *European Journal of Neuroscience*, 13(2), 400-404.
- Casey, B., Andrews, N., Schindler, H., Kersh, J.E., Samper, A., and Copley, J., 2008, The development of spatial skills through interventions involving block building activities, *Cognition and Instruction*, 26(3), 269-309.
- Chase, C.C., Chin, D.B., Oppezzo, M.A., and Schwartz, D.L., 2009, Teachable agents and the protégé effect: Increasing the effort towards learning, *Journal of Science Education and Technology*, 18(4), 334-352.
- Clark, A. and Chalmers, D., 1998, The extended mind, *Analysis*, 58(1), 7-19.
- Colella, V., 2000, Participatory simulations: Building collaborative understanding through immersive dynamic modeling, *Journal of the Learning Sciences*, 9(4), 471-500.
- Cook, S.W., Mitchell, Z., and Goldin-Meadow, S., 2008, Gesturing makes learning last, *Cognition*, 106(2), 1047-1058.
- Cook, S.W., Yip, T.K., and Goldin-Meadow, S., 2010, Gesturing makes memories that last, *Journal of Memory and Language*, 63(4), 465-475.
- Davis, B. and the Spatial Reasoning Study Group, 2015, *Spatial Reasoning in the Early Years: Principles, Assertions, and Speculations*, New York: Routledge.
- DeMers, M.N., 2010, Second Life as a surrogate for experiential learning, *International Journal of Virtual and Personal Learning Environments*, 1(2), 17-31.
- Eflin, J. and Sheaffer, A.L., 2006, Service-learning in watershed-based initiatives: Keys to education for sustainability in geography? *Journal of Geography*, 105(1), 33-44.
- Ehrlich, S., Levine, S., and Goldin-Meadow, S., 2006, The importance of gesture in children's spatial reasoning, *Developmental Psychology*, 42(6), 1259-1268.
- Ehrsson, H.H., Geyer, S., and Naito, E., 2003, Imagery of voluntary movement of fingers, toes, and tongue activates corresponding body-part-specific motor representations, *Journal of Neurophysiology*, 90(5), 3304-3316.
- Farnsworth, B.E., 2011, Conservation photography as environmental education: Focus on the pedagogues, *Environmental Education Research*, 17(6), 769-787.
- Fay, A.J. and Maner, J.K., 2012, Warmth, spatial proximity, and social attachment: The embodied perception of a social metaphor, *Journal of Experimental Social Psychology*, 48(6), 1369-1372.
- Ferrara, K., Hirsh-Pasek, K., Newcombe, N.S., Golinkoff, R.M., and Lam, W.S., 2011, Block talk: Spatial language during block play, *Mind, Brain, and Education*, 5(3), 143-151.
- Gaber, J., 2007, Simulating planning: SimCity as a pedagogical tool, *Journal of Planning and Education and Research*, 27(2), 113-121.
- Gallese, V., 2003, The manifold nature of interpersonal relations: The quest for a common mechanism, *Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Series B: Biological Sciences*, 358(1431), 517-528.
- Gallese, V. and Lakoff, G., 2005, The brain's concepts: The role of the sensory-motor system in conceptual knowledge, *Cognitive Neuropsychology*, 22(3/4), 455-479.
- Glenberg, A.M., 2008, Embodiment for education, in Calvo, P. and Gomila, A., eds., *Handbook of Cognitive Science*, Amsterdam: Elsevier Science, 355-372.
- Glenberg, A.M., 2010, Embodiment as a unifying perspective for psychology, *Wiley Interdisciplinary Reviews: Cognitive Science*, 1(4), 586-596.
- Glenberg, A.M., Brown, M., and Levin, J.R., 2007, Enhancing comprehension in small reading groups using a manipulation strategy, *Contemporary Educational Psychology*, 32(3), 389-399.
- Glenberg, A.M., Gutierrez, T., Levin, J.R., Japuntich, S., and Kaschak, M.P., 2004, Activity and imagined activity can enhance young children's reading comprehension, *Journal of Educational Psychology*, 96(3), 424-436.
- Goldin-Meadow, S., 2000, Beyond words: The importance of gesture to researchers and learners, *Child*

- Development*, 71(1), 231-239.
- Goldin-Meadow, S., 2003, *Hearing Gesture: How Our Hands Help Us Think*, Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Goldin-Meadow, S., 2007, Pointing sets the stage for learning language-and creating language, *Child Development*, 78(3), 741-745.
- Goldin-Meadow, S., Cook, S.W., and Mitchell, Z.A., 2009, Gesturing gives children new ideas about math, *Psychological Science*, 20(3), 267-272.
- Goldin-Meadow, S. and Wagner, S.M., 2005, How our hands help us learn, *Trends in Cognitive Science*, 9(5), 234-241.
- Goldstone, R., Landy, D., and Son, J.Y., 2008, A well-grounded education: The role of perception in science and mathematics, in de Vega, M., Glenberg, A.M., and Graesser, A.C., eds., *Symbols, Embodiment and Meaning: Debates on Meaning and Cognition*, New York: Oxford University Press, 327-256.
- Gredler, M.E., 1996, Educational games and simulations: A technology in search of a (research) paradigm, in Jonassen, D.H. and Association for Educational Communications and Technology, eds., *Handbook of Research for Educational Communications and Technology: A Project of the Association for Educational Communications and Technology*, New York: Macmillan Library Reference, 521-540.
- Griffin, M.M., 1995, You can't get there from here: Situated learning, transfer and map skills, *Contemporary Educational Psychology*, 20(1), 65-87.
- Griffin, S., 2000, *Number Worlds: Preschool Level*, Durham, NH: Number Worlds Alliance.
- Hall, R. and Nemirovsky, R., 2012, Introduction to the special issues: Modalities of body engagement in mathematical activity and learning, *Journal of the Learning Sciences*, 21(2), 207-215.
- Han, I., 2013, Embodiment: A new perspective for evaluating physicality in learning, *Journal of Educational Computing Research*, 49(1), 41-59.
- Han, I. and Black, J.B., 2011, Incorporating haptic feedback in simulation for learning physics, *Computers & Education*, 57(4), 2281-2290.
- Hostetter, A.B. and Alibali, M.W., 2008, Visible embodiment: Gestures as simulated action, *Psychonomic Bulletin & Review*, 15(3), 495-514.
- Hudson-Smith, A., Crooks, A., Gibin, M., Milton, R., and Batty, M., 2009, NeoGeography and Web 2.0: Concepts, tools and applications, *Journal of Location Based Services*, 3(2), 118-145.
- IJzerman, H. and Semin, G.R., 2009, The thermometer of social relations: Mapping social proximity on temperature, *Psychological Science*, 20(10), 1214-1220.
- Jones, M.G., Minogue, J., Tretter, T.R., Negishi, A., and Taylor, R., 2006, Haptic augmentation of science instruction: Does touch matter? *Science Education*, 90(1), 111-123.
- Kaschak, M.P., Madden, C.J., Theriault, D.J., Yaxley, R.H., Aveyard, M., Blanchard, A.A., and Zwaan, R.A., 2005, Perception of motion affects language processing, *Cognition*, 94(3), B79-B89.
- Kendon, A., 1980, Gesticulation and speech: Two aspects of the process of utterance, in Key, M.R., ed., *Relationship of Verbal and Nonverbal Communication*, The Hague: Mouton Publisher, 207-228.
- Kim, K., Kim, M., Shin, J., and Ryu, J., 2015, Eye movement analysis of students' active examination strategy and its transfer in visuospatial representations, *Journal of Geography*, 114(4), 146-157.
- Kim, K. and Kim, M., 2018, Effects of task demand and familiarity with scenes in visuospatial representations on the perception and processing of spatial information, *Journal of Geography*, 117(5), 193-204.
- Kim, M., Cho, D., Lee, S.-I., and Shin, J., 2017, The development and applicability of a web-based time-geographic visualization tool, *Geography*, 102(2), 71-78.
- Kim, M. and Shin, J., 2016, The pedagogical benefits of SimCity in urban geography education, *Journal of Geography*, 115(2), 39-50.
- Klein, A. and Starkey, P., 2004, Fostering preschool children's mathematical knowledge: Findings from the Berkeley Math Readiness Project, in Clements,

- D.H. and Sarama, J., eds., *Engaging Young Children in Mathematics: Standards for Early Mathematics Education*, Mahwah, NJ: Erlbaum, 343-360.
- Kosslyn, S., Ganis, G., and Thompson, W., 2001, Neural foundations of imagery, *Nature Reviews: Neuroscience*, 2(9), 635-642.
- Kulhavy, R.W. and Stock, W.A., 1996, How cognitive maps are learned and remembered, *Annals of the Association of American Geographers*, 86(1), 123-145.
- Kwan, M.-P., 2007, Affecting geospatial technologies: Toward a feminist politics of emotion, *The Professional Geographer*, 59(1), 22-34.
- Lakoff, G. and Johnson, M., 1999, *Philosophy in the Flesh: The Embodied Mind and its Challenge to Western Thought*, New York: Harper Collins Publishers.
- Lakoff, G. and Núñez, R.E., 1997, The metaphorical structure of mathematics: Sketching out cognitive foundations for a mind-based mathematics, in English, L.D., ed., *Mathematical Reasoning: Analogies, Metaphors, and Images*, Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 21-89.
- Landau, M.J., Vess, M., Arndt, J., Rothschild, Z.K., Sullivan, D., and Atchley, R.A., 2011, Embodied metaphor and the “true” self: Priming entity expansion and protection influences intrinsic self-expressions in self-perceptions and interpersonal behavior, *Journal of Experimental Social Psychology*, 47(1), 79-87.
- Lotze, M., Montoya, P., Erb, M., Hülsmann, E., Flor, H., Klose, U., Birbaumer, N., and Grodd, W., 1999, Activation of cortical and cerebellar motor areas during executed and imagined hand movements: An fMRI study, *Journal of Cognitive Neuroscience*, 11(5), 491-501.
- Matlock, T., 2004, Fictive motion as cognitive simulation, *Memory & Cognition*, 32(8), 1389-1400.
- McClain, L.R. and Zimmerman, H.T., 2016, Technology-mediated engagement with nature: Sensory and social engagement with the outdoors supported through an e-Trailguide, *International Journal of Science Education, Part B*, 6(4), 385-399.
- Meier, B.P., Schnall, S., Schwarz, N., and Bargh, J.A., 2012, Embodiment in social psychology, *Topics in Cognitive Science*, 4, 705-716.
- Minnery, J. and Searle, G., 2014, Tying with the city? Using the computer game SimCity™4 in planning education, *Planning Practice & Research*, 29(1), 44-55.
- Montello, D.R., 2005, Navigation, in Shah, P. and Miyake, A., eds., *The Cambridge Handbook of Visuospatial Thinking*, New York: Cambridge University Press, 257-294.
- Morris, R.V., 2008, Ice and sand: Linking the sandbox to geographic features in elementary social studies classrooms, *International Journal of Social Education*, 23(2), 35-44.
- Nath, S. and Szűcs, D., 2014, Construction play and cognitive skills associated with the development of mathematical abilities in 7-year-old children, *Learning and Instruction*, 32, 73-80.
- Neulight, N., Kafai, Y.B., Kao, L., Foley, B., and Galas, C., 2007, Children’s participation in a virtual epidemic in the science classroom: Making connections to natural infectious diseases, *Journal of Science Education and Technology*, 16(1), 47-58.
- Nori, R. and Giusberti, E., 2006, Predicting cognitive styles from spatial abilities, *American Journal of Psychology*, 119(1), 67-86.
- Nyberg, L., Petersson, K.M., Nilsson, L.-G., Sandblom, J., Åberg, C., and Ingvar, M., 2001, Reactivation of motor brain areas during explicit memory for actions, *NeuroImage*, 14(2), 521-528.
- Papert, S., 1980, *Mindstorms: Children, Computers, and Powerful Ideas*, New York: Basic Books.
- Pieters, R. and Wedel, M., 2007, Goal control of attention to advertising: The Yarus implication, *Journal of Consumer Research*, 34(2), 224-233.
- Pulvermüller, F., Härle, M., and Hummel, F., 2001, Walking or talking?: Behavioral and neurophysiological correlates of action verb processing, *Brain and Language*, 78(2), 143-168.
- Ramani, G.B. and Siegler, R.S., 2008, Promoting broad and stable improvements in low-income children’s

- numerical knowledge through playing number board games, *Child Development*, 79(2), 375-394.
- Reiner, M., 1999, Conceptual construction of fields through tactile interface, *Interactive Learning Environments*, 7(1), 31-35.
- Rizzolatti, G. and Arbib, M.A., 1998, Language within our group, *Trends in Neurosciences*, 21(5), 188-194.
- Root-Bernstine, R.S. and Root-Bernstine, M.M., 2001, *Sparks of Genius: The Thirteen Thinking Tools of the World's Most Creative People*, New York: Mariner Books.
- Sauter, M., Uttal, D.H., Alman, A.S., Goldwin-Meadow, S., and Levine, S.C., 2012, Learning what children know about space from looking at their hands: The added value of gesture in spatial communication, *Journal of Experimental Child Psychology*, 111(4), 587-606.
- Schwartz, D.L., Blair, K.P., Biswas, G., Leelawong, K., and Davis, J., 2008, Animations of thought: Interactivity in teachable agent paradigm, in Lowe, R. and Schnotz, W., eds., *Learning with Animation: Research and Implications for Design*, New York: Cambridge University Press, 114-140.
- Schwartz, N.H. and Phillippe, A.E., 1991, Individual differences in the retention of maps, *Contemporary Educational Psychology*, 13(1), 72-85.
- Sfard, A., 1998, On two metaphors for learning and the dangers of choosing just one, *Educational Researcher*, 27(2), 4-13.
- Shapiro, L., 2011, *Embodied Cognition*, New York: Routledge.
- Shepard, R.N. and Metzler, J., 1971, Mental rotation of three dimensional objects, *Science*, 171(3972), 701-703.
- Stanfield, R.A. and Zwaan, R.A., 2001, The effect of implied orientation derived from verbal context on picture recognition, *Psychological Science*, 12(2), 153-156.
- Verdine, B.N., Golinkoff, R.M., Hirsh-Pasek, K., and Newcombe, N.S., 2014, Finding the missing piece: Blocks, puzzles, and shapes fuel school readiness, *Trends in Neuroscience and Education*, 3(1), 7-13.
- Williams, L.E., Huang, J.Y., and Bargh, J.A., 2009, The scaffolded mind: Higher mental processes are grounded in early experience of the physical world, *European Journal of Social Psychology*, 39(7), 1257-1267.
- Williams, L.E. and Bargh, J.A., 2008, Experiencing physical warmth promotes interpersonal warmth, *Science*, 322(5901), 606-607.
- Williams II, R.L., He, X., Franklin, T., and Wang, S., 2007, Haptic-augmented engineering mechanics educational tools, *World Transactions on Engineering and Technology Education*, 6(1), 1-4.
- Yaxley, R.H. and Zwaan, R.A., 2007, Simulating visibility during language comprehension, *Cognition*, 105(1), 229-236.
- Zhong, C.-B. and Leonardelli, G.J., 2008, Cold and lonely: Does social exclusion literally feel cold?, *Psychological Science*, 19(9), 838-842.
- Zwaan, R.A., Madden, C.J., Yaxley, R.H., and Aveyard, M.E., 2004, Moving words: Dynamic representations in language comprehension, *Cognitive Science*, 28(4), 611-619.
- Zwaan, R.A., Stanfield, R.A., and Yaxley, R.H., 2002, Language comprehenders mentally represent the shapes of objects, *Psychological Science*, 13(2), 168-171.
- 교신 : 김민성, 46241, 부산광역시 금정구 부산대학로 63번길 2, 부산대학교 사범대학 지리교육과 (이메일 minsungkim@pusan.ac.kr)
- Correspondence : Minsung Kim, 46241, 2 Busandaehak-ro 63-gil, Geumjeong-gu, Busan, Korea, Department of Geography Education, College of Education, Pusan National University (Email: minsungkim@pusan.ac.kr)
- 투 고 일: 2018년 11월 26일
심사완료일: 2018년 12월 24일
투고확정일: 2019년 1월 30일