한국지리환경교육학회지, 15(3), 233~245, 2007. 9.

공간적 사고와 GIS의 교육적 사용에 대한 가능성 탐구

김 민 성*

Spatial Thinking and the Investigation of GIS for Potential Application in Education

Minsung Kim*

요약 : 이 연구의 목적은 최근 미국 지리학계를 중심으로 논의가 활발하게 전개되고 있는 공간적 사고의 개념을 소개하고, 공간적 사고 향상을 위한 교육적 도구로서 GIS의 가능성을 탐색해 보는 것이다. 우선 공간과 관련한 문제해결력을 측정하려는 공간 능력의 개념과 최근 여러 학자들에 의해 그 영역이 정련화되어 가고 있는 공간적 사고의 의미를 살펴보았다. 그리고 강력한 분석 도구로서 그 사용이 확장되고 있는 GIS가 공간적 사고의 교육 도구로서 어떤 정당성을 가질 수 있을지를 고찰하고 우리나라의 GIS 교육 관련 연구 경향을 정리하였다. 마지막으로 공간적 사고 향상을 위한 학습 도구로서 효과적인 GIS 도입을 위해 공간적 사고와 GIS의 관계에 대한 실증적 연구, 전이를 고려한 학습 방안, 다양한 교수 전략과 연계될 수 있는 구체적 교육 모형에 대한 연구가 필요함을 제안하였다.

주요어 : 공간 능력, 공간적 사고, GIS

Abstract : The purpose of this research is to introduce the concept of spatial thinking, which is under active discussion within the American Geographical Society and to explore the potential of GIS as an educational tool for improving spatial thinking. First of all, this research investigated the concept of spatial ability, which measures the competence in solving problems related to space and the meaning of spatial thinking which is becoming refined by several scholars recently. Then, GIS whose applications have become prevalent from its powerful analytical capacities was considered for its pedagogical value. Furthermore, the direction of research pertaining to GIS education in Korea was clarified. Finally, in order to implement GIS effectively for improving spatial thinking, the necessity of empirical studies on the relationship between spatial thinking and GIS, learning methods which consider transfer, and studies focused on inventing concrete educational models were recommended.

Key words : spatial ability, spatial thinking, GIS

* 텍사스 에이엔엠 대학교 지리학과 박사과정(Graduate Student, Department of Geography, Texas A&M University), minsungkim@geog.tamu.edu

I. 서 론

최근 미국을 중심으로 한 지리학과 지리교육계에서 공간적 사고(spatial thinking)에 대한 관심이 높아지고 있다. 사고는 그 표현 형태에 따라 언어적 사고, 논리적 사고, 수학적 사고 등 다양한 형태가 있을 수 있는데, 공간적 사고는 이러한 다양한 인지적 기술의 한 형태라 할 수 있다(Committee on Support for Thinking Spatially, 2006). 그런데 다양한 분야에서 공간적 사고가 사용되고 있음에도 불구하고 이에 대한 체계적인 연구가 부족했던 것이 사실이다. 특히 공간을 주요한 연구 테마로 하는 지리학은 공간적 사고라는 이론적 개념을 정립하고 교육하는 데 있어 주도적인 역할을 할 수 있을 것으로 기대된다.

한편, 공간적 사고를 향상시키고 교육할 수 있는 도구로 GIS의 이용을 생각할 수 있다. GIS는 정보 통신 기술의 발달에 힘입어 최근 급속한 발전을 보이고 있으며 공간적인 사상(feature)들을 다루는 데 있어 그 기능이 탁월하다. 특히 공간적 사고와 관련된 인지적 활동과 GIS 기능들이 부합하는 측면이 있고, 이에 주목하여 GIS를 지리교육 현장에 도입하려는 움직임이 활발하다.

그러나 아직까지 우리 학계에서는 공간적 사고라는 개념에 대한 논의 자체가 미미한 실정이고, GIS의 교육적 가능성과 도입에 대한 연구들도 많은 편은 아니다. 본 연구에서는 공간적 사고 및 그와 관련된 개념들을 살펴보고, GIS가 공간적 사고 향상을 위한 도구로서 지니는 가능성을 탐색해 보고자 한다. 그리고 우리나라 지리교육에서 GIS 교육에 대한 연구가 어떤 정도까지 진행되었는지 살펴보고 GIS를 교육 현장에 도입하기 위해 고려해야 할 사항들을 중등 교육을 중심으로 제언하려고 한다. 좀 더 구체적으로 연구목적과 그 의의를 살펴보면 다음과 같다.

첫째, 최근 활발하게 논의되고 있는 공간적 사고의 개념을 고찰하고, 공간적 사고를 향상시킬 수 있는 도구로서 GIS의 가능성을 탐색한다. 이는 우리나라 지리교육계에서 아직까지 활발하게 논의가 진행되지 않고 있는 공간적 사고에 대한 논의들을 수용하는 의미가 있으며 이를 지리학의 중요한 연구 대상인 GIS와 연계시키는 의의를 가진다.

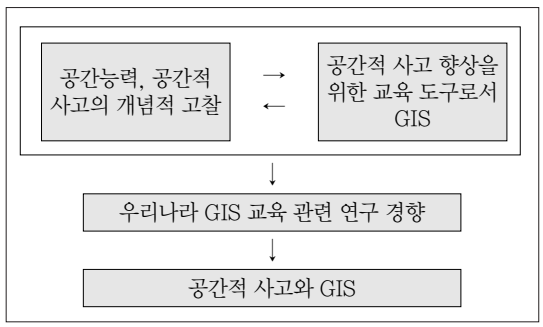

그림 1. 연구의 흐름

둘째, 우리나라에서 GIS와 교육에 대한 연구가 어떻게 진행되고 있는지 살펴보고 교육 현장에의 성공적인 GIS 도입을 위해 필요한 논의들을 공간적 사고와의 관련성 속에서 생각해본다. 특히 GIS 교육과 관련된 우리 학계의 기존 논의들은 GIS가 무엇인지, 그리고 어떤 기능이 있는지를 소개하는 수준에 그치거나 논리적 연계 고리를 생각한 채 바로 활동을 제안하는 경우도 많았다. 특히 인지적인 영역과 연계시켜 정당성을 고찰하고 어떠한 점을 고려해야 할 것인지를 제안하는 연구는 그리 많지 않았다. 그래서 GIS가 어떠한 점에서 의의를 가질 수 있을지를 인지적 관점과의 관련성 속에서 살펴보려고 하였다.

본 연구는 기존 문헌들을 바탕으로 개념을 정리하고 연구 상황을 알아보는데 중점을 둔다. 또한 기존 연구의 흐름 속에서 앞으로 더 고찰해 볼 필요가 있는 사항들에 대해 제안하려고 한다. 연구의 흐름은 그림 1과 같다.

II. 공간 능력과 공간적 사고

1. 공간 능력(Spatial Ability)

공간 문제 수행과 관련한 기존의 논의는 공간 능력이라는 개념으로 다수 고찰되었다. 그런데 이 공간 능력이라는 용어는 다양한 경험적 전통 속에서 각양각색으로 사용되어서 공통의 개념이나 경험적 뿌리를 찾는 것은 매우 어려운 일이다(Allen, 1999). 공간 능력은 일반적으로 IQ 검사로 알려진 심리 측정 테스트(psychometrics)의 일부분으로 다루어져 왔을 뿐만 아니라 공간을 연구하는 지리학, 인간의 성장에 따른 발달에 관심을 가지

는 발달심리학, 그리고 최근 테크놀로지의 발전에 힘입어 크게 성장하고 있는 신경 심리학에서까지 연구의 대상이 되고 있다.

심리학자들은 일반적으로 공간 능력이 몇몇의 특징적인 연관된 요소들로 이루어져 있다는 데 동의하여 왔다. 그러나 몇 가지의 요소로 이루어져 있는지, 그리고 그것들이 서로 어떻게 연관되는지에 대해서는 논란이 분분했다(Gilmartin and Pattont, 1984). 그런데 인지심리학자인 McGee(1979)는 공간 능력과 관련한 기존의 논의들을 정리하면서, 공간 능력에는 적어도 시각화(visualization)와 오리엔테이션(orientation)이라는 두 가지의 공통 요소가 존재한다고 주장했다. 기존의 논의들에서 서로 다른 이름과 심볼로 언급되었더라도 그 요소들은 이 두 가지의 범주에 놀랍도록 잘 들어맞는다고 보았다. 표 1에 이와 관련된 내용이 정리되어 있는데, V는 Visualization, S는 Space 혹은 Spatial, R은 Relation, O는 Orientation의 약자로 이해할 수 있다.

Lohman(1988)은 가장 빈번하게 공간적인 것으로 언급되는 요소들에 대한 유용한 리스트를 제공하였는데 그것 중 가장 널리 인정되는 것이 시각화(visualization), 빠른 회전(speeded rotation), 공간적 오리엔테이션(spatial orientation)이다. 시각화는 지시된 변형 과정 이후 물체의 모습이 어떠할 것인지를 예상하는 능력이다. 빠른 회전은 원래 공간적 관계(spatial relation)로 불리던 것으로 어떤 대상이 회전했을 때의 모습을 알아내는 능력이다. 공간적 오리엔테이션은 특정한 조망 관점에서 물체의 모습을 예상하는 능력이다. 공간 능력과 관계된 또 다른 요소는 복잡한 시각 맥락에서 숨겨진 자극을 찾아내는 차폐 유연성(flexibility of closure), 사물의 일부만이 제시될 때 종합적인 모습을 인지하는 것과 관련되는 차폐 속도(speed of closure), 자극의 배열, 위치, 방향 기억과 관련되는 시각 기억(visual memory), 크거나 복잡한 배열의 시각적 탐색과 연계되는 공간적 스캐닝(spatial scanning), 시간적으로 분리된 구성물을 확인하는 순차적 통합(serial integration), 왼쪽, 오른쪽을 빠르게 구분하는 능력인 운동감(kinesthetic) 등이 있다(Allen, 1999).

Albert and Golledge(1999)는 공간 능력이 기억, 조작, 공간적 자극의 재인을 포함한다고 말하면서 기존의 연구를 바탕으로 공간 능력을 공간적 오리엔테이션, 공간적 시각화, 공간적 관계로 범주화했다. 공간적 오리엔테이션은 어떤 시각적 자극이 다른 각도에서 어떻게 달라 보일지를 상상하는 능력이다. 공간적 시각화는 마음 속으로 2차원 혹은 3차원의 공간적 형상을 조작하고, 비틀고, 변환하는 능력이다. 이런 공간적 오리엔테이션, 공간적 시각화의 정의는 앞서 언급되었던 기존의 내용들과 크게 다르지 않다. 그런데 세 번째 범주인 공간적 관계가 공간 능력의 독특한 분야로 제시되고 있다

표 1. 공간적 시각화 요소와 공간적 오리엔테이션 요소의 심볼과 설명 정리

연 구 자	공간적 시각화 요소		공간적 오리엔테이션 요소	
	심볼	설 명	심볼	설 명
Guilford and Lacey	V_Z	기술된 물체의 회전, 평면 패턴의 접기와 펴기, 공간에서 물체의 상대적 위치 변화를 상상하는 능력	SR	공간적으로 다르게 배열된 자극과 반응, 시각 자극 패턴 내 요소들의 배열을 이해하고 관계를 결정하는 능력
Thurstone	S_2	내부적 요소들 간에 이동이나 전위가 있는 배열을 시각화하는 능력	S_1	어떤 물체를 다른 각도에서 볼 때 그것을 확인하는 능력 또는 고정된 물체가 다른 위치로 이동되었을 때 그것을 시각화하는 능력
			S_3	관찰자의 신체적 방향이 중요요소일 때 공간적 관계에 대해 생각하는 능력
French	V_i	3차원 공간에서 상상적 이동을 이해하는 능력 혹은 물체의 조작을 상상하는 능력	S	공간 패턴을 정확하게 인지하고 어떤 공간 패턴을 다른 공간 패턴과 비교하는 능력
			SO	변화하는 방향에 유연하게 적응하는 능력
Ekstrom, French and Harman	VZ	공간 패턴을 다른 배열로 조작하거나 변형하는 능력	S	공간 패턴을 인지하거나 공간의 물체와 관련하여 방향을 유지하는 능력

* 출처: Michael, Guilford, Fruchter, and Zimmerman, 1957, 188; McGee, 1979, 891에서 재인용

고 강조함으로써 공간 관계에 대한 능력을 독립적인 범주로 보려는 모습은 주목할 만하다[1]. 이들은 공간적 관계를 개별 자극들 사이의 패턴, 모양, 배치, 위계, 연합을 분석하는 능력으로 보았다. Montello *et al.*(1999)와 같은 학자들은 공간적 관계가 시각화, 오리엔테이션과의 관계 속에서 어떠한 면이 특징적인지 아직까지 다소 불명확하다고 주장하기도 한다. 그러나 많은 지리학자들은 공간적 관계가 심리학자들이 경시해왔던 영역이고, 지리 학습을 통해 가장 잘 발달될 수 있는 요소로 본다(Golledge *et al.*, 1995; Albert and Golledge, 1999; Bednarz, 2004). Golledge and Stimson은 공간적 관계에 대해 구체적으로 다음과 같이 언급했다.

> 공간적 관계와 관련한 능력은 공간적 분포와 패턴을 인식하고, 장소들을 연계시키며, 공간적으로 분포된 현상을 연관시키고, 공간적 위계를 이해하고 사용하며, 지역화하고, 실제 세계의 참조 체계로 정향시키며, 언어적 설명으로부터 지도를 상상하고, 지도를 스케치하고 비교하며, 지도를 중첩하고 분해하는 것이다(Golledge and Stimson, 1997, 158).

2) 공간적 사고(Spatial Thinking)[2]

공간 능력과 관련된 연구 경향과 더불어 최근 공간적 사고라는 개념에 대한 관심이 증가하고 있다. 주지하다시피 공간은 지리학의 전통적 연구 대상이기에 공간적 사고라는 말이 완전 새로운 개념이나 단어는 아닐 것이다. 그런데 최근 공간적 사고의 개념 정립에 많은 지리학자, 지리 교육자들이 관심을 가지고 있다. 그런데 공간적 사고가 무엇이고 이를 구성하는 요소가 무엇인지에 대해 아직까지 완전한 일치가 이루어지지는 않은 것으로 보인다.

Kidman and Palmer(2006)는 공간적 사고가 일상생활, 일터, 과학에서 공간 개념, 시각화와 논증을 사용해 문제를 해결하는 데 사용되는 기술이라고 했다. 우리는 위치, 거리, 방향, 형태, 패턴 등과 관련한 공간적 구조 관계를 지각해서 대상과 대상간의 관계를 이해할 수 있다.

Gersmehl(2005)은 뇌 연구 성과들에 비추어볼 때, 공간 정보는 언어, 수학, 혹은 음악 정보와 다른 뇌의 부분에서 처리되고[3], 따라서 공간 정보와 관련되는 분석을 공간적 사고(좀 더 과학적으로 언급하자면 공간인지)라고 명명할 수 있다고 했다. 그러면서 12가지의 주요 개념과 이에 덧붙여 하나의 추가 개념[4]을 제시한다. Gersmehl이 제시한 공간적 사고의 주요 항목과 내용은 표 2에 정리되어 있다.

Committee on Support for Thinking Spatially (2006)는 공간적 사고를 인지적 기술들의 집합체로 보면서 공간적 사고를 공간 개념(concepts of space), 재현 도구(tools of representation), 사고 과정(processes of reasoning)의 건설적인 결합체로 파악한다.

> 공간(space)은 데이터가 하나의 전체로 통합되고, 연계되고, 구조화될 수 있는 개념적, 분석적 틀을 제공한다. 재현(representation)은 구조화된 정보-내재적이고 인지적이거나 혹은 외부적이고 그래픽적, 언어적, 물리적 등-가 저장되고, 분석되고, 이해되고, 의사소통 될 수 있는 형태를 제공한다. 사고(reasoning) 과정은 구조화된 정보를 조작하고, 해석하고, 설명할 수 있는 수단을 제공한다(Committee on Support for Thinking Spatially, 2006, 25).

Committee on Support for Thinking Spatially (2006, 27)는 자신들의 공간적 개념이 공간 능력보다 더 넓은 것이라 주장하는데, 그 이유는 공간적 사고가 공간, 재현, 사고의 동시적 작용을 통해 문제 해결 과정에 접근하기 때문이라고 한다. 공간적 사고는 공간이라는 매개체를 통해 문제에 접근하고 이를 다양한 방식으로 표현하는 문제 해결의 과정이며, 공간을 사용하여 사고하려는 경향을 뜻하는 것으로 볼 수 있다. 공간적 사고는 주어진 공간 관련 문제를 얼마나 잘 해결하는가에 대한 계량적 측정의 범위를 넘어서, 각 개인이 능동적으로 공간의 개념을 채택하고 문제 해결 과정에 접근하려는 측면까지 포함한다는 점에서 공간 능력보다 더 포괄적이고 적극적인 개념으로 생각할 수 있을 것이다.

요컨대 최근 논의가 전개되고 있는 공간적 사고라는 개념은 기존의 공간 능력보다 좀 더 넓은 범위를 포괄하려고 한다. 그러나 공간적 사고 영역의 많은 부분이 공간 능력과 중첩되는 측면이 있고, 이 둘이 뚜렷하게 구분되지 않고 혼용되거나 유사하게 사용되는 경우도 많다. 예컨대 Bednarz(2004)는 Golledge and Stimson(1997)이 제시한 공간 능력 개념을 공간적 사고라 인용하고 있으며, Self and Golledge(1994)가 공간 능력의 범주로 언급하는 것은 실제 공간적 사고 영역과 거의 다르지 않다. 중요한 것은 이 두 가지의 용어

표 2. 공간적 사고의 주요 항목과 내용

주요 개념 항목	주 요 내 용
1. 위치 정하기 (Location)	어디에 있는가? 거리, 방향, 인접성, 구획과 같은 적어도 한 가지 이상의 공간적 개념을 이용하지 않고 위치에 대해 이야기하기 어렵다.
2. 어떤 위치에서의 특성 설명하기 (Condition)	거기에 무엇이 있는가? 특정한 위치를 어떻게 설명하는지 알게 되면, 그 곳의 특성과 상황을 설명하는 것이 중요하다.
3. 다른 위치와의 관계 추적하기 (Connection)	이 곳이 다른 곳과 어떻게 연결되는가? 기록되거나 기억되어야 할 공간적 사실의 리스트라는 점에서 특성과 유사하나 관계는 두 개 혹은 그 이상의 지역을 포함한다.
4. 위치 비교하기 (Comparison)	각 장소들은 어떻게 유사하고 다른가? 특성이나 관계에 대한 단순한 암기는 지루하고 어렵다. 비교의 기술은 이런 문제점을 극복하는 좋은 방법이 된다. 지리학자들은 지역들 사이의 의미있는 비교를 위한 다양한 방법을 개발해왔다.
5. 영향이 미치는 범위 결정하기 (Aura)	한 지역의 어떤 특성이 다른 지역에 미치는 영향 범위는 어떠한가? 어떤 지역에 무엇인가를 건설하면, 그것은 그 지역의 특성을 변화시키고 또한 다른 곳에까지 영향을 미친다. 영향력은 보통 먼곳 보다 가까운 곳에 더 강력하다.
6. 유사한 공간 지역의 범위 설정하기 (Region)	이 장소와 유사한 장소는 어디인가? 모든 장소에 대해 학습하기는 어렵다. 지역 개념은 유사한 것들은 그룹화하고 그 그룹을 기억하려는 인간 두뇌의 자연적 경향이다.
7. 장소들 사이의 지역 기술하기 (Transition)	장소들 사이의 변이는 어떻게 나타나는가? 지역의 경계는 급격하고 뚜렷하게 나타나지 않는다. 장소들 사이의 이러한 변천에 대해 설명하는 능력은 지역 구분 기술과 함께 가르쳐져야 할 공간적 사고의 또 다른 종류이다.
8. 장소들 사이의 유사성 찾기 (Analog)	멀리 떨어진 장소들 사이의 유사성에는 무엇이 있을까? 샌프란시스코와 리스본은 서로 다른 대륙에 위치하지만 기후적 유사성을 보인다. 두 곳 사람들은 그들 환경에서 어떠한 활동이 적합한지를 학습하는데, 그것들 사이에 유사성이 존재한다. 지리적 유사성은 사람들의 세계에 대한 멘탈맵을 형성하는 중요한 방식이다.
9. 공간적 패턴 확인하기 (Pattern)	공간적 현상들 사이에 어떤 특징적인 패턴이 존재하는가? 실제 세계에서 정말 무질서하게 존재하는 것은 거의 없다. 어떤 장소에서의 일정한 배열은 임의적으로 발생한 것이 아니라는 사실을 알아야 한다.
10. 공간적 패턴 비교하기 (Pattern Comparison)	공간적 패턴은 유사한가? 서로 다른 두 종류의 현상이 지도에서 유사한 패턴으로 나타난다면 그 두 가지는 서로 연계되어 있을 수 있다.
11. 법칙의 예외 확인하기 (Exception)	기대한 것과 다른 무엇인가를 보이는 장소는 어디인가? 지역 구분과 변이처럼, 지도 비교와 예외 찾기는 논리의 상보적 기술이다. 둘은 함께 사용될 때 강력하다.
12. 시간에 따른 패턴의 변화 분석하기 (Pattern Change)	어떤 현상은 어떻게 전파되는가? 부가적인 정보가 없다면 어떤 것은 미래에도 과거와 유사하게 움직일 것이라고 가정하는 것이 적절하다. 그렇지 않다면 다른 무엇인가가 장애로 작용했거나 더 빠른 변화를 위한 수단으로 작용했을 것이다.
13. 공간적 모델 고안하기 (Spatial model)	장소들은 하나 혹은 그 이상의 프로세스에 의해 관련되는가? 지리학자들은 멀리 떨어진 장소들 사이의 연계에 대해 인식해왔다. 어떤 장소에서 발생한 사건은 다른 곳에까지 연쇄적으로 영향을 미친다.

* 출처 : Gersmehl, 2005, 연구자 재정리.

가 어떻게 다른가에 대한 탁상공론식 논의가 아니라 공간을 매개로 한 사고를 어떻게 촉진하고 발전시킬 것인지에 대한 건설적 토의여야 할 것으로 본다. 이런 견지에서 공간적 사고 향상을 위한 전략으로서, 지리학의 강력한 분석 도구인 GIS의 가능성에 대해 다음 절에서 논의하고자 한다.

III. 공간적 사고 향상을 위한 교육적 도구로서 GIS의 사용

1960년대 중반, Clark 대학의 심리학자들이 공간적 지식에 관심이 있는 일련의 지리학자, 심리학자들과 함께 연구를 수행한 후 왜 지리학자들이 다른 분야의 학자들과 "다르게 생각하는지(think differently)"에 대해 관심을 가지게 되었다. 이 대답에 완전한 답을 구하지는 못했지만, Beck(1967)은 공간적 사고와 공간적 이미지화와 재현이 지리학에 있어 특징적인 것이라 제안했다(Golledge, 2002에서 재인용). 이 사례는 공간을 연구 대상으로 하는 지리학이 공간적 사고에 있어 강점을 가질 수 있다는 사실을 단적으로 보여 준다. 지리학의 다양한 연구 방법론과 논리는 공간을 대상으로 하는 경우가 많고 이런 사고의 전개 과정은 공간적 사고의 기초가 된다. 특히 기술 발달과 함께 지리적 연구의 강력한 도구가 된 GIS는 공간적 사고 향상을 위한 훌륭한 교육 도구로서의 잠재성을 지니고 있다.

GIS의 교육적 도구로서의 가능성에 대한 논의는 이미 오래전부터 많이 이루어져왔다. Walsh(1988)는 중등교육과정의 지리와 지구 과학에 GIS가 효과적으로 사용될 수 있다고 보았다. White and Simms (1993)는 GIS가 데이터를 효율적으로 제시하고 학생들의 상상력과 창의성을 자극한다는 사실을 수업을 통한 GIS의 이용 과정을 살펴보면서 논의했다. 이 외에도 실제 학교 현장에서 GIS가 성공적으로 도입되고 GIS가 학생들의 학습에 도움이 된 경험에 관한 연구는 다수 존재한다(Beeson, 2006; Jenner, 2006; Kidman and Palmer, 2006; Meaney, 2006). West(2003)는 GIS의 사용이 학생들의 고차원적 사고 기술을 향상시키고 내적 동기의 증진에도 기여한다고 주장한다. GIS 교육에 관한 연구는 방대하며 GIS가 지리 교육에서 있어 주요 경향이라는 말은 과장된 것이 아니다(Sui, 1995).

공간적 사고와 관련하여서도 광범위한 연구 맥락에서 GIS의 가치에 대한 설득력 있는 논의들이 진행되어 왔다(예컨대 사회 과학을 중심으로 한 Goodchild and Janells, 2004의 논의). Tate(2004)는 GIS나 GIScience의 존재를 통해 지리학의 개념들이 공간적 사고와 가장 밀접하게 연계된 학문임에 동의할 수 있다고 했다.[5] Miller *et al.*(2005)는 새로운 디지털 정보 기술 시대의

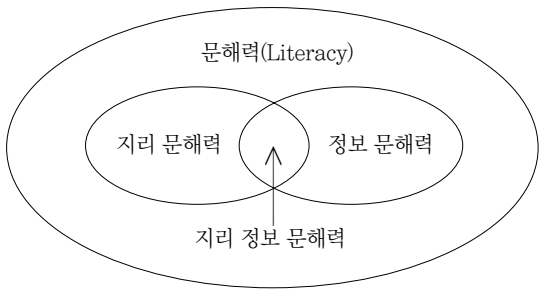

그림 2. 지리 정보 문해력(Geographic Information Literacy)

* 출처: Miller *et al.*, 2005, 245.

도래로 인해 지리 정보 문해력(Geographic Information Literacy)이 필요함을 주장하였다. 지리 정보 문해력은 지리 문해력(Geographic Literacy)과 정보 문해력(Information Literacy)의 교집합 부분인데(그림 2 참조), 어떤 개인이 지리 정보를 적절하게 이해하고 이용하며 지리 관련 이슈의 공공 논쟁에 적극적으로 참여할 수 있는 개념의 담지, 능력, 마음의 경향(감정적 편향)을 뜻한다. GIS가 디지털 정보 시대의 기술과 밀접한 관련이 있다는 사실을 생각하면, 지리 정보 문해력에 관한 정의는 GIS와 관련한 공간적 사고 개념으로 응용될 수 있을 것이다.[6] Koch(2005)는 GIS의 탁월함이 데이터를 명료하게 시각화하는 것 뿐만 아니라 지도화 과정이 데이터와 각종 요소들 간의 관계에 대한 사고를 장려하는 측면에 있다고 했다. GIS와 공간적 사고 사이에는 명백한 연관관계가 존재한다(Kidman and Palmer, 2006).

Committee on Support for Thinking Spatially (2006)는 구체적으로 GIS의 어떤 측면이 K-12 맥락에서 공간적 사고의 교육에 적합한지에 대해 논의했다. 위원회는 공간적 사고의 도구가 되기 위해서 비공간적 데이터에 공간 데이터 구조와 코딩 시스템을 제공함으로써 데이터를 공간화하는 기능(spatialize), 다양한 재현 형태를 제공함으로써 작업 결과, 최종 결과를 시각화하는 기능(visualize), 데이터의 구조적 관계에 조작을 수행할 수 있는 기능(manipulate)이 필요하다고 보았다.

데이터를 공간화하는 기능은 공간적 사고 과정에 동기를 부여한다. 시각화하는 기능은 공간적 사고 과정에 필수적이다. 구조적 관계를 조작하는 기능은 공간적 사고의 진수이다(Committee on Support for Thinking Spatially, 2006, 168).

표 3. 공간적 사고 기술(skills)

공간 관계	인지적 지도화와 GIS에 사용된 프로세스
공간 분포와 공간 패턴을 인지하는 능력(기술) 형태(shape) 확인하기 레이아웃을 회상하고 재현하기 위치 연결하기 공간적으로 분포된 현상 연계시키와 관계짓기 공간 위계를 이해하고 이용하기 지역 구분하기 분포에 있어 거리 조락(distance decay)과 이웃 효과(nearest neighbor effects) 이해하기 실제 세계의 참조체계에서 길 찾기 언어적 설명을 듣고 지도 상상하기 지도 스케치하기 지도 비교하기 지도를 중첩하고 해산하기(dissolving)	경사와 표면 구축하기 레이어링(layering) 지역 구분하기(regionalizing) 분해하기(decomposing) 합치기(aggregating) 관계짓기(correlating) 규칙성과 불규칙성 평가하기 연계시키기(associating) 유사성 평가하기 위계 형성하기 인접성 평가하기 거리 측정하기 방향 측정하기 형태 정의하기 패턴 정의하기 클러스터 결정하기 분산(dispersion) 결정하기

* 출처: Bednarz, 2004, 193.

GIS는 이 세 가지 측면과 관련하여, 각각에 있어 최상은 아닐지라도 일정 수준 이상의 타당성을 지니며 세 가지 측면 모두를 아우를 수 있다는 장점이 있다. GIS에 사용되기 위해 데이터는 공간화되어야 하고, GIS는 데이터의 공간화에 필요한 작업을 잘 수행할 수 있다. 또한 공간화된 데이터는 질적 수준이 높은 지도와 같은 그래픽적 재현에 있어서 훌륭한 기능을 보인다. 그리고 GIS는 공간적 사고를 지원하기 위한 변형(예컨대 투영법이나 좌표 체계의 변환, 래스터와 벡터 데이터로의 상호 변환)과 기능(예컨대 질의, 버퍼, 중첩, 인접성, 연결성, 모델링)에 있어 탁월하다. 오히려 GIS의 수많은 기능이 교육 현장, 특히 중등 수준의 교육에 사용되기 위해 좀 더 유연하게 조정될 필요가 대두되지 기능의 부족은 문제가 아니다.

Bednarz(2004)는 GIS가 공간적 사고 향상에 기여할 수 있다는 점이 GIS를 교육 과정에 도입하는 가장 중요한 근거가 된다고 했다. 특히 그녀는 공간적 관계와 관련된 측면이 지리 교육에서 특징적으로 개발될 수 있다고 본다. 그러면서 인지적 지도화, GIS 프로세스와 공간적 사고의 어떤 측면들이 연관될 수 있을지에 대해 논의했는데, 그 내용이 표 3에 정리되어 있다.

이상에서 살펴본 바와 같이 GIS는 공간적 사고의 교육을 위해 많은 잠재력을 가지고 있다. GIS는 공간을 대상으로 각종 분석을 효율적으로 수행할 수 있고, 이런 기능들은 학생들의 공간을 매개로 한 사고를 촉진하고 그것을 연습할 기회를 제공할 수 있을 것이다. 그러나 GIS가 공간적 사고 향상에 얼마나 기여를 할 수 있을지, 그리고 어떠한 방식을 통한 교육이 효율적일 것인지에 대해서는 연구가 계속 진행되고 있다.

IV. 우리나라의 GIS 교육 관련 연구 상황

이제까지의 논의에서 GIS가 공간적 사고 향상을 위한 잠재력이 있음을 살펴보았고, 이 과정에서 GIS를 교육적으로 활용하기 위한 국외의 다양한 연구들을 돌아보았다[7]. 여기서는 우리나라 학계에서 GIS 교육에 관한 논의가 어떻게 진행되어 왔는지에 대해 알아본다. 최근 GIS를 교육과 연계시키려는 움직임이 활발해지고 있음은 각종 학회지의 늘어난 연구물 수를 통해 확인할 수 있다. 그러나 이제까지의 연구는 공간적 사고와 같은 이론적 틀을 바탕으로 체계적인 연구를 진행하는 데 있어 다소 미흡한 면이 있다고 생각된다. 우리나라의 GIS 교육과 관련한 연구 경향은 크게 다음의 세 방향으로 이루어지고 있다.

첫째, GIS의 발전 상황을 소개하고, GIS가 교육과 연계될 수 있음을 주장하거나 교육 과정에서의 GIS 현황을 살펴보는 연구들이다. 즉, 현 상황에 대한 소개적 측

면이 강한 연구들이다. 황상일 · 이금삼(1996)은 6차 교육과정 고등학교 교과서의 GIS 부분을 대상으로 기술체계를 분석하고 일선 교사들의 GIS에 관한 이해 정도와 수업 현황에 대해 논의했다. 연구 결과 대부분의 경우 GIS에 대한 이해가 낮고 인식에도 큰 편차가 있는 것으로 나타났다. 따라서 7차 교육 과정에서 이런 측면에 대한 보완이 필요하다고 주장한다. 강철성(1997)은 교육훈련용으로 사용될 수 있는 GIS 프로그램을 소개하고 GIS 교수 요목안의 사례를 제시하였다. 정암(1997)은 GIS의 발전 과정을 살펴보고 GIS가 지리교육의 어떤 측면에서 이용될 수 있는지를 논하였다. 오충원 · 성춘자(2003)는 7차 교육과정에서 GIS에 대한 내용과 비중이 늘고 GIS 교육에 대한 관심과 수요가 커지고 있지만 여러 제약 조건으로 인해 GIS 교육이 원활하게 진행되지 못함을 지적하였다. 그리고 향후 GIS를 활용한 교육과 GIS에 대한 교육이 통합될 필요성을 주장하였다.

둘째, GIS 교육에 대한 관심이 점점 높아지면서 GIS의 기능을 이용한 구체적인 수업 방안이나 효과에 대한 연구들이 나타나기 시작한다. 황만익(1998)은 지도 중첩기능과 같이 개념적으로 단순하지만 지역 특성의 상호 관련성을 나타내어 줄 수 있는 기능을 중심으로 GIS를 교육과정에 도입하는 것이 바람직하다고 주장했다. 김종근(2000)은 지리 수업에 이용될 수 있는 GIS 모형을 개발하고 그 효과를 검증하였다. 신창선 등(2002)은 지리학습의 시각 및 공간 학습 효과를 제고하기 위해 GIS에 기반한 코스웨어를 개발하였다. 양승범(2004)은 인터넷 GIS를 이용한 학습 서비스를 개발하고 그 효과를 검증하였다. 권상철(2004)은 GIS 교육의 현실적 장애들을 고려하여 최소한의 기본 개념과 기능에 기초한 예제를 제시하였다. 특히 이 연구는 연구자의 주변 지역인 제주도를 중심으로 예제를 구성하고 단기간에 적용 가능한 아이디어를 제공했다는 점에서 의의를 찾을 수 있을 것이다. 정인철 · 김지희(2006)는 중등학교 지리과 교사들을 대상으로 GIS에 관한 설문조사를 실시하였다. 그리고 이를 바탕으로 교사들이 활용할 수 있는 수업지도안을 개발하고 그 지도안을 직접 수업에 적용하여 효과를 살폈다. 이민부 등(2006)은 한국지리 교과서를 분석하고 지형 단원 학습에 이용될 수 있는 GIS 개념 이해 및 교수 학습 자료를 개발하고 실제 학생들에게 적용하였다.

셋째, 국외의 GIS 교육의 상황을 살피고 우리나라 GIS 교육을 위한 교훈과 아이디어를 얻으려는 연구들이다. 김영훈(2002)은 영국 지리교육에서 GIS 커리큘럼의 도입과 발전 상황에 대해 논했다. 김창환(2005)은 상대적으로 GIS와 GIS 교육에 있어 앞서 나가고 있는 미국의 상황을 살펴 우리나라 지리교육에서의 GIS 교육 가능성을 모색하려 하였다. 정인철(2005)은 미국 대학 지리학과의 학부 GIS 교육과정 및 운영 현황을 살펴보고, 우리나라 지리학과 및 관련학과 GIS 교육의 일환으로 집중과정과 인증제도의 도입을 제안하였다.

이상에서 살펴본 것처럼 우리나라 지리교육계에서도 GIS를 교육 현장에 도입하려는 노력이 증가하고 있으며, 점점 구체적인 학습 자료 개발에까지 그 관심이 증가하고 있는 실정이다. 그러나 최근 연구물의 증가에도 불구하고 아직까지 절대적인 연구물의 수가 그렇게 많은 편은 아니며, 구체적인 모형 개발과 적용에 대한 사례 연구는 최근에서야 비로소 이루어지기 시작한 것으로 보인다. 특히 공간적 사고와의 논리적 관계 속에서 다양한 자료를 개발하고 효과를 검증하는 시도는 거의 제대로 이루어지지 않고 있다. 앞서 언급된 연구들 중, 공간적 사고라는 개념 논리를 직접 언급하면서 논리 체계를 잡아가는 경우는 찾아볼 수 없다. 이는 우리 학계에서 아직까지 공간적 사고라는 개념틀에 대한 인식의 지평이 넓지 않은 현실에서 기인한다고 본다. 그래서 다음 장에서는 공간적 사고와 GIS를 어떻게 연계시킬 수 있을지에 대해 제안하려고 한다. 이 제안은 앞으로 우리 학계에서 이루어져야 할 연구에 대한 논의의 장을 마련하는 의미를 가질 수 있을 것이다.

V. 공간적 사고와 GIS

공간적 사고와 이의 학습 도구로서 GIS를 생각할 때, 다음과 같은 사항에 대한 논의와 연구가 필요하다고 생각된다.

첫째, GIS가 공간적 사고 향상에 기여한다는 사실을 실증적으로 입증할 수 있는 구체적인 연구가 수행되어야 한다. 많은 연구자들이 GIS 학습을 통해 공간적 사고 관련 능력을 향상시킬 수 있을 것이라 주장했지만 이런 주장은 실험적으로 거의 증명되지 못했다(Albert

and Golledge, 1999). 그리고 GIS가 학생들의 학습에 미치는 영향을 평가할 수 있는 도구도 거의 개발되지 못하고 있다(Linn *et al.*, 2005). 따라서 GIS를 통해 교육이 이루어졌을 때, 공간 문제 해결 능력이 얼마나 향상되는지, 학생들의 공간 사고 전략이 어떻게 달라지는지 등에 관한 연구가 이루어져야 할 것으로 본다. 나아가 공간 능력 향상이나 전략 변화의 메커니즘에 대한 연구도 필요하다. 이를 위해서는 기본적으로 공간적 사고력을 테스트 할 수 있는 평가 방법에 대한 연구가 이루어져야 한다. 기존의 심리 측정 방법에서 이루어지는 공간 능력 테스트는 기초적인 아이디어를 제공해 줄 수 있을 것이다. 그러나 심리 측정 방식 연구에서의 테스트는 지도 사용하기, 환경 네비게이션, 언어적 공간 묘사 및 해석과 같은 실제 세계(real-world), 그리고 큰 스케일(large-scale)에서의 공간 과제 수행을 제대로 측정하지 못한다(Montello *et al.*, 1999). 기존의 방식들이 놓치고 있는 실제적인 측면을 고려할 수 있는 다양한 측정 도구의 개발이 이루어져야 할 것이다.

둘째, GIS를 교육적으로 활용할 때, 특정한 GIS 기능의 조작 활동이 공간적 사고의 어떤 범주에 들고 그것이 넓은 맥락에서 어떤 의미를 가지는지를 학생들에게 지속적으로 주지시켜야 한다. 어떤 특수한 맥락에서 학습된 내용이 다른 맥락에도 적용될 때, 교육은 소기의 성과를 달성했다고 할 수 있다. 즉 전이(transfer)의 문제는 교육에서 항상 고려되어야 한다. 전이에 관한 전통적인 연구 결과를 보면, 학습 내용과 관련되는 상위의 추상적 구조나 개념에 대한 파악이 이루어져야 다른 맥락으로의 전이가 잘 이루어진다고 한다(Committee on Developments in the Science of Learning, 2000). 예컨대, Judd(1908)는 학생들을 두 그룹으로 나누어 한 그룹의 학생들에게는 빛의 굴절 원리를 설명해주고 다트 던지는 연습을 하게 하고, 다른 한 그룹은 그냥 다트 던지는 연습을 하게 했다. 두 그룹 모두 원래의 실험 환경에서는 주어진 과업을 잘 수행했지만 상황이 바뀌었을 때는 빛의 굴절 원리에 대해 설명을 들은 그룹만이 과업을 잘 수행했다. 기본 원리를 알고 이를 응용할 수 있었던 것이다. Wertheimer(1959)는 평행 사변형 학습과 관련하여, Biederman and Shiffrar(1987)는 병아리 성감별과 관련하여 근본적 원리와 전이에 관해 동일한 결론을 도출하였다. 따라서 학습의 전이를 위해서는 GIS 관련 활동 하나하나의 지엽적 측면에 매몰될 것이 아니라 그것을 상위의 공간적 개념, 그리고 다양한 기본 원리들과 지속적으로 연계시킬 수 있도록 학습을 구성해야 한다.

셋째, GIS의 기능이 다양한 교수 전략과 연계될 수 있고 궁극적으로 공간적 사고 향상에 기여하게 되는 구체적 교육 모형에 대한 연구가 필요하다. GIS는 지리적 정보를 손쉽게 제시하고 분석할 수 있도록 하고, 따라서 지리적 탐구를 촉진한다(Geography Education Standards Project, 1994). GIS는 구성주의적이고 탐구에 기반한 학습에 적절하다(Kerski, 1999). 즉 학생 스스로 지역 사회의 문제를 탐구하고 이를 통해 공간적 사고력을 기르는 데 있어 GIS는 적절한 도구가 될 수 있다. 예컨대 GREEN(Global Rivers Environmental Education Network)과 같은 단체는 강과 관련한 교육(watershed education)을 학생들의 다양한 지역 사회 참여를 통해 실시하는데, 이 과정에서 GIS가 성공적인 분석 도구로 이용되었다. 학생들은 스스로 자료를 수집하고 GIS를 통해 수집한 자료를 시각화함으로써 오염의 패턴을 비교하고 심층적인 분석을 실시할 수 있었다(Donahue *et al.*, 1998). 이는 탐구에 기반하여 지역 사회에 직접 참여하는 학습인데, 이런 학습 과정이 공간적 사고와 연계될 수 있었다. 즉 GIS는 다양한 교육 이론과 접목되어 체계적인 교육 도구로 활용될 가능성을 가진다. 다양한 교육 이론과 GIS를 접목한 구체적인 교육 프로그램 개발에 대한 연구가 지속적으로 이루어지면 GIS를 학교 현장에 생산적으로 도입할 수 있을 것이다.

VI. 결 론

본 연구에서는 최근 관심이 높아지고 있는 공간적 사고의 개념을 고찰하고 공간적 사고 향상을 위한 도구로서 GIS의 적절성에 대해 살펴보았다. 그리고 우리나라의 GIS 교육 관련 연구가 과연 공간적 사고와의 관련성 속에서 진행되었는지를 살펴본 후, 공간적 사고 개념과 GIS 교육의 관계 속에서 추후 어떤 연구가 필요할 것인지를 제언하였다.

공간적 사고는 언어적 사고, 논리적 사고, 수학적 사고와 같은 논리적 사고 형태의 일종으로 공간 능력으로

언급되는 영역 뿐만 아니라 공간을 이용하여 문제를 해결하려는 적극적인 사고 경향까지도 포함할 수 있을 것이다. 그러나 공간적 사고에 포함될 수 있는 하위 요소에 대해서는 아직도 논의가 진행 중이며, 개념이 정련화 되어가는 과정이라 볼 수 있다. GIS는 이러한 공간적 사고의 향상을 위해 교육적 도구로 활용될 큰 잠재성을 가지고 있다. GIS는 공간을 대상으로 각종 분석을 효율적으로 수행할 수 있고, 이런 분석 과정은 학생들의 공간을 매개로 한 사고를 촉진시키고 다양한 공간 과제를 연습할 기회를 제공한다.

국외에서는 GIS 교육과 관련된 논의가 이미 상당히 진행되었다. 우리나라의 경우도 최근 GIS 교육에 관한 관심이 점점 높아지고 있으나 좀 더 많은 연구가 필요한 실정이다. 특히 공간적 사고 개념은 GIS 교육에 관해 우리에게 많은 과제와 논의점을 안겨 준다. 우선 GIS가 공간적 사고 향상을 위한 도구로서의 정당성을 확보해 나가기 위해 GIS를 이용한 학습이 공간 사고력 향상에 기여한다는 사실을 입증할 수 있는 실증적 연구가 지속적으로 수행되어야 할 것이다. 그리고 전이를 촉진하기 위해 GIS의 특정한 기능을 수행하면서도 상위의 공간적 개념을 항상 학생들에게 주지시키는 데 주의를 기울여야 한다. 다양한 교육 이론과 접합된 GIS 실행에 관한 교육 모형 개발 또한 GIS의 현장 적용을 위해 수행되어야 할 연구이다.

공간을 주된 연구의 대상으로 하는 지리학은 GIS를 이용해 공간적 사고를 교육하는 데 있어 주도적인 역할을 수행할 수 있다. 그럼에도 불구하고 GIS가 지리 교사들(23%)보다 과학 교사들(52%)에 의해 더 빈번하게 채택되어 적용되고 있다는 조사 결과(Kerski, 1999)는 현재의 상황을 되돌아보게 한다. 공간적 사고에 대해 활발한 논의를 전개하고, 교육을 통해 GIS의 잠재력을 구현하기 위해 지리학과 지리교육계의 더 많은 노력이 필요한 시점이라 생각된다.

주

1) Alber and Golledge(1999) 이전에도 Gilmartin and Patton, 1984; Self *et al*, 1992; Golledge *et al.*, 1995 등이 공간적 관계가 공간 능력의 독특한 영역임을 제안한 바 있다.
2) 지리학의 입장에서 지리적(geographic) 사고와 공간적(spatial) 사고의 차이점이 무엇인지, 단어 선택의 기준이 무엇인지에 대한 의문이 생길 수 있다. geographic이란 단어는 지구 표면과 지표 근처를 지칭하는 말이다. 이에 비해 spatial이란 단어는 geographic과 거의 유사한 의미로 사용되지만 어떤 공간도 다 포괄할 수 있다. 즉 다른 행성의 공간, 인간 신체의 공간 등을 모두 포괄할 수 있는 단어가 spatial이다(Lonely *et al.*, 2005, 8; Committee on Support for Thinking Spatially, 2006, 168). 공간적 사고라는 개념이 수학적 사고, 언어적 사고 등과 대등한 범주로서의 위상을 지니고, 지구 표면의 공간 뿐만 아니라 다양한 방식의 공간이 개입되는 사고를 다룬다는 측면에서 지리적 사고가 아닌 공간적 사고라는 단어를 선택한 것으로 생각된다.
3) 신경 심리학 전통의 공간 능력 연구는 뇌의 특정 부분이 특정한 능력과 관련된다는 사실에 주목한다. 공간 능력 역시 뇌의 특정 부위와 관련되고, 공간 능력의 다양한 세부 요소가 뇌의 어떤 영역과 관련되는지에 대한 연구가 신경 심리학 분야에서 이루어지고 있다.
4) Gesmehl은 13번째 개념의 경우, 앞선 12가지 중 어딘가에 잘못이 있을 경우를 대비한 여분의 것으로 공간적 사고의 모든 측면 중에서 가장 추상적이고 매우 지리적인 것으로 덧붙인다고 말한다.
5) Tate는 지리학이 공간적 사고의 'home'이라는 주장에까지는 동의하지 않으면서 공간적 사고는 다양한 학문에서 이용되는 사고 방식이라 본다. 그런데 공간적 사고가 지리학에 국한되지 않고 다양한 학문에 적용되는 사고 방식이면서 지리학에 그 강점이 있다면 지리학에 많은 가능성을 제공한다고 생각된다.
6) 지리 정보 문해력에 관한 정의는 마음의 경향까지 포괄하는 것으로 공간적 사고의 개념 틀과 상당히 유사함을 알 수 있다.
7) 특히 미국은 공간적 사고와 GIS를 교육에 통합하여 도입하는 데 있어 선도적인 역할을 담당해 왔다. 예컨대 National Science Foundation(NSF)은 공간적 사고와 GIS를 사회 과학 연구의 맥락에서 활용하는 'Centre for Spatially Integrated Social Science'(CISS)를 지원했고, 이의 성공에 고취되어 두 번째 프로그램인 'Spatial Perspectives on Analysis for Curriculum Enhancement'(SPACE)를 시작했다(Tate, 2005).

문 헌

강철성, 1997, "지리수업설계에 따른 GIS 기초과정 교육 프로그램안", 지리 · 환경교육, 5(1), 57-63.

권상철, 2004, "지리정보시스템 활용 교육: 기본 개념과 기능의 실습 예제를 중심으로", 한국지리환

경교육학회지, 12(2), 313-325.

김영훈, 2002, "The Introduction and Development of GIS Curriculum in the UK Geography Education", 한국지역지리학회지, 8, 380-395.

김종근, 2000, GIS를 활용한 고등학교 지리 수업 모형 개발에 관한 연구, 서울대학교 대학원 석사학위논문.

김창환, 2005, "미국 지리교육에서 GIS교육 현황", 한국지리정보학회지, 8(4), 176-190.

신창선 · 정영식 · 주수종, 2002, "지리정보시스템 기반 지리학습 코스웨어의 개발", 정보처리학회논문지 A, 9-A(1), 105-112.

양승범, 2004, Internet GIS를 활용한 지리 학습 도구 개발에 관한 연구, 서울대학교 대학원 석사학위논문.

오충원 · 성춘자, 2003, "중등학교에서 GIS 교육에 관한 연구-고등학교를 중심으로", 한국 GIS 학회지, 11, 89-100.

이민부 · 김남신 · 이수달 · 조은영, 2006, "지리정보체계(GIS) 및 원격탐사(RS)를 이용한 고등학교 한국지리 학습교재 개발: 지형단원 중심으로", 한국지리환경교육학회지, 14(3), 191-200.

정 암, 1997, "고등학교 지리교육에 있어서 GIS의 교수자료구성에 관한 소고", 지리 · 환경교육, 5(2), 61-73.

정인철, 2005, "미국 대학 지리학과의 학부 GIS 교육과정 및 운영현황", 한국지리환경교육학회지, 13(2), 225-234.

정인철 · 김지희, 2006, "고등학교 지리 수업에서의 GIS 활용 방안", 한국지리환경교육학회지, 14(3), 251-262.

조성욱, 2005, "지리교육에서 공간지능의 역할", 한국지리환경교육학회지, 13(2), 211-224.

황만익, 1998, "지리교육에서 지리정보체계(GIS)의 활용 방안에 관한 연구", 지리교육논집, 40, 1-12.

황상일 · 이금삼, 1996, "고등학교 지리학습에서 GIS 교육의 현황과 전망", 한국지역지리학회지, 2, 219-231.

Albert, W. S. and Golledge, R. G., 1999, The use of spatial cognitive abilities in geographic information systems The map overlay operation, *Transactions in GIS*, 3(1), 7-21.

Allen, G., 1999, Spatial abilities, cognitive maps, and wayfinding, In R. G. Golledge (ed.), 1999, *Wayfinding behavior: Cognitive mapping and other spatial processes*, The Johns Hopkins Press, Baltimore, 46-80.

Bednarz, S. W., 2004, Geographic information systems: A tool to support geography and environmental education?, *Geojournal*, 60, 191-199.

Beeson, P. A., 2006, Uncovering the Secrets Behind the Successful Integration of GIS into the Core Curriculum, *International Research in Geographical and Environmental Education*, 15(3), 274-277.

Biederman, I. and Shiffrar, M. M., 1987, Sexing day-old chicks: A case study and expert systems analysis of a difficult perceptual-learning task, *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 13(4), 640-645.

Committee on Developments in the Science of Learning, 2000, *How People Learn: Brain, Mind, Experience, and School*, National Academy Press, Washington, D.C..

Committee on Support for Thinking Spatially, 2006, *Learning to think spatially*, The National Academies Press, Washington, D.C..

Donahue, T. P, Lewis, L. B, Price, L. F., and Schmidt, D. C., 1998, Bringing Science to Life Through Community-Based Watershed Education, *Journal of Science Education and Technology*, 7(1), 15-23.

Geography Education Standards Project, 1994, *Geography for Life: National Geography Standards 1994*, National Geographic Research and Exploration, Washington, D.C..

Gersmehl, P., 2005, *Teaching Geography*, The Guilford

Press, New York.

Gilmartin, P. P. and Pattont, J. C., 1984, Comparing the Sexes on Spatial Abilities: Map-Use Skills, *Annals of the Association of American Geographers*, 74(4), 605-619.

Golledge, R. G., 2002, The nature of geographic knowledge, *Annals of the Association of American Geographers*, 92(1), 1-14.

Golledge, R. G., Dougherty, V., and Bell, S., 1995, Acquiring spatial knowledge: Survey versus route-based knowledge in unfamiliar environments, *Annals of the Association of American Geographers*, 85(1), 134-158.

Golledge, R. G. and Stimson, R. J., 1997, *Spatial behavior: A geographic perspective*, The Guilford Press, New York.

Goodchild, M. F. and Janelle, D. G., 2004, Thinking Spatially in the Social Sciences, In M.F. Goodchild and D. G. Janelle (eds.), *Spatially integrated social science*, Oxford University Press.

Jenner, P., 2006, Engaging Students Through the use of GIS at Pimlico State High School, *International Research in Geographical and Environmental Education*, 15(3), 278-282.

Judd, C. H., 1908, The relation of special training to general intelligence, *Educational Review*, 36, 28-42.

Kerski, J. J., 1999, A Nationwide Analysis of the Implementation of GIS in High School Education, *1999 ESRI User Conference Proceedings*, Retrieved from http://gis2.esri.com/library/userconf/proc99/proceed/papers/pap202/p202.htm.

Kidman, G. and Palmer, G., 2006, GIS: The Technology is There but the Teaching is Yet to Catch Up, *International Research in Geographical and Environmental Education*, 15(3), 289-296.

Koch, T., 2005, *Cartographies of Disease: Maps, Mapping and Medicine*, ESRI, Redlands, California.

Linn, S., Kerski, J., and Wither, S.S., 2005, Development of Evaluation Tools for GIS: How Does GIS Affect Student Learning?, *International Research in Geographical and Environmental Education*, 2005, 14(3), 217-222.

Lohman, D. F., 1988, Spatial abilities as traits, processes, and knowledge, In R.J. Sternberg (ed.), *Advances in the psychology of human intelligence*, 4, 181-248, Hillsdale, J.N.: Lawrence Erlbaum Associates.

Longley, P. A., Goodchild, M. F., Maguire, D. J., and Rhind, D. W., 2005, *Geographic Information Systems and Science*, 2nd edition, Wiley, New York, 1-33.

McGee, M. G., 1979, Human spatial abilities: Psychometric studies and environmental, genetic, hormonal, and neurological influences, *Psychological Bulletin*, 86(5), 889-918.

Meaney, M., 2006, Towards Geographic Information Systems(GIS) Implementation: A Case Study, *International Research in Geographical and Environmental Education*, 15(3), 283-288.

Miller, J., Keller, C. P., and Yore, L. D., 2005, Suggested Geographic Information Literacy for K-12, *International Research in Geographical and Environmental Education*, 14(4), 243-260.

Montello, D. R., Lovelace, K. L., Golledge, R. G., and Self, C. M., 1999, Sex-Related Differences and Similarities in Geographic and Environmental Spatial Abilities, *Annals of the Association of American Geographers*, 89(3), 515-534.

Self, C. M. and Golledge, R. G., 1994, Sex-related Differences in Spatial Ability: What Every Geography Educator Should Know, *Journal of Geography*, 93(5), 234-243.

Self, C. M., Gopal, S., Golledge, R. G., and Fenstermaker, S., 1992, Gender-related

differences in spatial abilities, *Progress in Human Geography*, 16, 315-342.

Sui, D. Z., 1995, A Pedagogic Framework to Link GIS to the Intellectual Core of Geography, *Journal of Geography*, 94(6), 578-591.

Tate, N. J., 2005, Locating spatial thinking in teaching practice, *Computers, Environment and Urban Systems*, 29, 87-91.

Walsh, S. J., 1988, Geographic Information Systems: An Instructional Tool for Earth Science Educators, *Journal of Geography*, 87(1), 17-25.

West, B. A., 2003, Student Attitudes and the Impact of GIS on Thinking Skills and Motivation, *Journal of Geography*, 102, 267-274.

Wertheimer, M., 1959, *Productive Thinking*, enlarged edition, Harper and Row, New York.

White, K. L. and Simms, M., 1993, Geographic Information Systems as an Educational Tool, *Journal of Geography*, 92(2), 80-85.

최초투고일 : 2007. 07. 27.
최종접수일 : 2007. 09. 03.

교신 : 김민성, 805 O&M Bldg., Department of Geography, Texas A&M University, College Station, TX 77843-3147, USA (minsungkim@geog.tamu.edu, 979-422-6910)
Correspondence : Minsung Kim, minsungkim@geog.tamu.edu