

디지털 교과서: 직관에서 수학적 추상까지

왕룽, 천샤오디(王嵘 陈晓娣)

(인민교육출판사)

요약: 디지털 교과서의 특징을 이용하면 보기, 읽기, 생각하기, 쓰기를 유기적으로 결합하여 일체화 시킬 수 있다. 또한 직관에서 수학적 추상까지 탑재한 교량으로서 학생이 자기주도적으로 수학의 기본 규칙을 탐구할 수 있도록 하고 수학의 본질도 인식하게 한다. '디지털화'의 특징, 수학교과와 학생의 인지적 특징을 기초로 하여 디지털 교과서의 설계는 '과정성', '단계성' 그리고 '맞춤성'의 3원칙을 따라야 한다. 그리고 구체적인 설계방법에서 시각, 청각, 촉각의 방식을 조합적으로 운용하여 '보기', '듣기', '해보기'의 삼위일체 뿐 아니라 기술과 지식내용을 자연스럽게 통합하여야 한다. 예를 들면 '단원을 조직 내용으로 한다'가 있다. 이처럼 디지털 교과서가 독특한 내용조직 방식과 요소를 갖도록 해야 한다.

키워드: 디지털 교과서, 수학, 수학추상

중국의 제 1세대 디지털 교과서가 처음 나온 후 지금까지 10여 년 동안 디지털 교과서에 대한 탐구와 연구는 지속되어 왔다. 디지털 교과서의 내용과 특징, 표준화 수립과 관련 산업개발 등 비교적 전반적인 인식이 있었다. 또한 디지털 교과서는 처음 서책형 교과서의 간단한 '번역판'에서 기술과 서책형 교과서의 '통합'으로 발전을 거듭하였다. 실제로 서책형 교과서던 디지털 교과서던 최종 목적은 지식의 전수, 그리고 교수학습의 보조이다. 서책형과 디지털 교과서는 단지 그 매체와 특징만이 다를 뿐이다.

디지털 교과서의 특징은 바로 '디지털화'에 있다. 예를 들면 리치미디어성, 관련성, 개방성과 양방향성이 그것이다. 이전 연구에서 이러한 특징은 중요한 요소였다. 그러나 이러한 특징은 기술적 특징이고 기술을 중심으로 한 디지털 교과서 설계는 교육적 역할의 부재를 낳았다. 그 이유는 '교과서'의 최종적인 지향점은 기술이 아니라 기술을 사용하여 학습에 도움을 주는 것이기 때문이다. 따라서 현재의 디지털 교과서에서 더욱 필요한 점은 교과 특징과 학생의 인지적 특징을 기반으로 한 설계에 있다. 본문에서는 수학교과를 예로 하여 디지털의 특징을 어떻게 하면 충분히 나타낼 수 있고 디지털 교과서를 어떻게 설계하면 학생이 수학을 더욱 쉽게 이해할 수 있는지에 관하여 논의하겠다.

1. 수학과 기술

수학교과와 교수학습에서 기술이 사용된 역사는 유구하다. 주로 사용된 도구로는 과학 계산기, 컴퓨터 등이고 소프트웨어로는 CAS, 지오메트 스케치패드, TI의 APPS, Z+Z 스

마트교육 플랫폼 등이 있다. 주요 기능은 함수 그래프와 분석, 기하도표, 컴퓨터 부호 대수, 전자도표와 데이터 처리, 프로그램 설계, 통합된 웹 브라우저 등이 있다. 기술과 교과서의 통합의 예로는 2001년, 인민교육출판사 중학수학부의 <전일제 일반중학교과서 □ 수학>을 기초로 개편한 수학교과과정과 정보기술의 통합 교과서인 <보통고급중학 연구 교과서(정보기술통합본) 수학>이다.

왜 항상 교수학습에서 교과서 발간까지, 기술과 수학의 통합은 연구와 실천의 주요한 문제가 되는가? 수학은 공간형식과 수량관계를 연구하는 과학이다. 수학의 가장 큰 특징은 바로 추상이며 수학을 학습하기 위해서는 추상적 사고가 필요하다. 즉 사물 일체의 물리적 속성을 버리고 수학적 연구대상을 추출한다. 수량과 수량관계, 도형과 도형관계에서 수학개념과 개념간의 관계를 추상화 한다. 사물의 구체적 배경에서 일반적 규칙과 구조를 추상화하고 수학부호 혹은 수학적 술어를 사용하여 표현한다. 그러나 추상적 사고의 개발은 한편으로 직관적 도구가 필요하고 다른 한편으로는 '형성', 즉 직관에서 추상으로의 과정이 필요하다. 결코 추상의 결과만이 필요한 것이 아니다. 그런데 기술이 이러한 측면에서 우수한 장점을 가진다. 기술은 텍스트, 도표, 애니메이션 등 다양한 표현방식으로 다양한 각도에서 사물을 직관적으로 보여준다. 또한 이것이 갖고 있는 양방향적인 실험환경은 '탐구'할 수 있는 공간을 제공해 주어 학생이 수학을 보다 잘 이해할 수 있도록 도와준다. 수학에서 가장 인기있는 소프트웨어인 '지오메트 스케치패드'의 수석 디자이너 'Nicholas Jackiw'는 다음과 같이 말했다. '당신이 아는 대상을 이해하기 위해서는 당신이 이해하는 대상을 알아야 한다.'(Knowing what you see, seeing what you know)

교과서가 서책형에서 디지털로 발전할 때, 교과서의 독해와 기술의 사용에 대하여 학생들은 더욱 다양하고 자연적인 방법으로 하나가 되게 한다. 디지털 교과서는 이전의 각종 도구와 소프트웨어의 사용에 있어 가장 빈번히 사용한 기능을 참고하고 또한 그 특징을 충분히 구현 할 수 있다. 이로써 보기, 읽기, 생각하기, 쓰기를 유기적으로 결합하여 일체화 시킬 수 있다. 또한 직관에서 수학적 추상을 탑재한 교량으로서 학생이 자기주도적으로 수학의 기본 규칙을 탐구할 수 있도록 하고 수학의 본질도 인식하게 한다. 그러면 어떻게 이러한 교량을 탑재하는가? 이를 대하여 우리는 디지털 교과서 설계의 원칙과 방법을 제시하고자 한다.

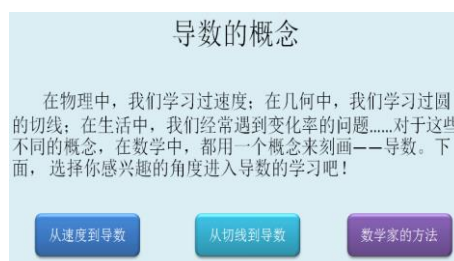
2. 디지털 교과서의 설계 원칙

(1) 과정성

현대수학의 발전에서 우리는 다음과 같은 사실을 알 수 있다. 수학연구의 근원은 현실세계의 추상적 구조이며 이러한 추상적 구조를 기반으로 한 부호연산, 형식추리, 일반화된 결론 등을 통해 현실 세계에 존재하는 사물의 본질에 대한 이해와 표현, 관계와 규칙이다. 수학적 추상성은 수학을 고도로 개괄하고 표현의 정확성, 일반화된 결론, 질서와 단계가 있는 계통으로 만든다. 따라서 수학적 추상화 능력의 배양은 수학학습의 핵심이

며 이성적 사고에 있어 중요한 기초가 된다. 구체적으로 수학학습 과정에서 수학적 추상은 수학개념 형성과 규칙, 수학명제의 형성과 모형, 수학방법의 형성과 생각, 수학구조의 형성과 체계에서 나타난다. 이것은 수학적 추상의 핵심은 '형성'에 있다. 즉 직관에서 추상으로의 과정을 말한다. 수학에서 '과정'은 대수, 기하, 역사, 응용 등 여러 각도에서 나타난다. 전통적인 서책형 교과서가 과정전개에서는 권위가 있지만 지면과 책의 크기와 같은 형식적인 제약성으로 인하여 하나의 개념을 하나의 각도에서만 보여줄 수 밖에 없었다. 그러나 디지털 교과서는 정보용량과 표현방식에 있어 '대용량'이라는 장점을 가지고 있다. 이러한 장점은 다양한 각도에서 진행된 수학지식의 과정을 수용하고 보여준다. '멀티플 페이지'는 단일 혹은 순서에 따라 다양한 각도로 그 과정을 나타내 준다.

따라서 수학교과와 디지털의 특징이 결합한다. 과정성의 특징은 다음과 같다. 다양한 지식의 각도에서 조합적으로 지식발생과 그 과정을 보여준다. 도함수의 개념을 예로 들면 도함수는 다중적 의미를 갖는다. 물리, 대수, 기하의 서로 다른 각도에서 동일한 결과에 이를 수 있다. 이것은 교과서의 표현과정에서 여러 시각을 제공한다. 예를 들어 물리적 각도, 도함수 개념의 직관적 기초는 속도이다. 고등학교 1학년 물리교과의 '운동의 빠르기에 대한 기술— 속도' 중 '평균속도와 순간속도'가 소개되고 있다. 여기서 출발하여 직관적 생각 ' Δt 가 작을수록, 운동에 대한 기술은 더 정확'을 수학화하면, 즉 수학기호와 수학적 방법으로 ' Δt 가 가장 작아질 때, $\frac{\Delta x}{\Delta t}$ 의 표현은 바로 시각에서의 속도'로 나타낼 수 있다. 물리의 직관적 추상은 수학의 개념에 도달한다. 또 다른 예를 들면 기하의 각도에서 도함수의 직관적 기초는 접선이다. 원에서 곡선까지 '서로 교차하는 점'에서 '가장 근접한'까지, 그리고 '무한접근'에서 다시 '할선접근'에 이르면 명확한 접선의 정의를 얻을 수 있다. 즉 도함수는 역사적 각도에서 예를 들자면 도함수 개념 수립의 긴 역사적 과정은 권위있는 수학개념의 성장에 관한 그림이라고 볼 수 있다. 여기에는 직관에서 추상적 과정뿐 아니라 수학자들의 영감, 방법, 고뇌도 녹아있다. 이처럼 디지털 교과서의 설계 시 '링크'의 방법으로 이러한 다른 시각을 각각 보여줄 수 있다. (그림1) 또한 다른 각도에서 서로 다른 미디어를 채택한 조합으로 나타난다. 예를 들어 역사적 각도에서는 그림과 해설의 방법을 사용하여 본인의 흥미와 수준에 근거해 단일한 각도를 선택하거나 다각도적인 학습을 선택 할 수 있어 서로 다른 측면의 수학개념을 연계시킬 수 있다.



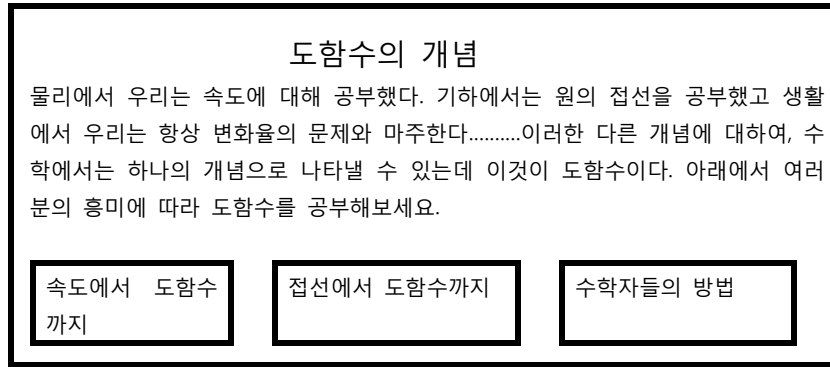


그림1. 과정성 원칙: 도함수의 개념

2) 단계성

Allan Collins는 일찍이 '제 1차 교육혁명은 도제제도에서 학교체제로의 전환이며 농업사회에서 산업사회로의 전환은 도제제도에서 대중교육으로의 전환을 가속화 시켰다. 현재 우리는 산업사회에서 지식사회로의 전환기에 놓여있다. 기술은 교육에 막대한 영향을 주고 있고 우리는 현재 학교교육에서 평생학습으로의 제 2차 교육혁명을 경험하고 있다.' (문[1],5) 고 말한 바 있다. 확실히 학교교육이 교육보급 측면에 있어 큰 공헌을 했지만 동일하게 표준화된 지식의 요구와 평가로 인하여 학생들의 흥미와 개별적 발달은 간과했다. 최근 기술과 생활이 융합되고 기술의 지속적인 혁신으로 디지털 세계에서 자라난 아이들은 개별화된 학습을 요구하거나 개별화된 학습을 할 수 있다. 그 이유는 기술의 빠른 발전과 사용의 주요 결과는 개인의 흥미를 만족시키기 때문이다. 기술을 기반으로 한 디지털 교과서는 개별화 학습에 도움을 줄 수 있고 또한 도움을 줘야 한다.

따라서 우리는 디지털 교과서 설계의 계층성 원칙을 제시하고자 한다. 학생의 수준에 근거하여 서로 다른 단계의 문제상황, 탐구문제, 표현과 교류방식을 만든다. 사실상 디지털 교과서 설계원칙에 있어 각각 나름의 핵심사항을 갖기 때문에 각 원칙간에는 교집합점이 없다. 그러나 서로 간에 공통된 부분도 존재한다. 예를 들어 앞서 제기한 과정성 원칙에서 비록 교과특징에 기초하여 '서로 다른 각도'를 제시하였으나 이러한 '서로 다른 각도'는 동시에 개별학생의 흥미와 장점을 충족시킨다. 예를 들어 부호적인 사고를 잘하는 학생이라면 이 학생은 대수적 각도에서 학습할 수 있다. 단계성 원칙은 완전히 학생으로부터 출발하고 이들 학생의 수학학습의 차이성을 충분히 고려하여 개별적인 학습임무를 부여하는 것이다. 학습임무의 단계적 차이성은 다음을 포함한다. 서로 다른 배경과 난이도가 다른 상황을 설계, 깊이와 범위가 다른 문제를 제시, 다양한 학습결과를 나타내는 방식 설정 등이 있다. 예를 들어 음수의 곱셈에 대하여 학생은 다음과 같은 수준에 있을 것이다. ①계산수준 — '마이너스 곱하기 마이너스는 플러스'의 법칙을 알고 계산을 한다. ②직관원리 수준 — 직관의 방법을 통해 법칙의 합리성을 이해한다(왜 마이너스 곱하기 마이너스는 플러스인가) ③ 추리논증 수준 — 추리를 통하여 법칙을 증명할 수 있다. ④ 수학구조 수준 — 수학구조의 공리화 방법을 이해한다. 대부분의 학생은

②의 수준에 있기 때문에 서책형 교과서는 다년간 이러한 수준으로 법칙을 소개하고 있다. 그러나 소수의 학생은 ①의 수준에 있고 대부분의 상황에서 계산을 할 수 있으면 만족하다. 또한 일부 소수의 학생들은 근본원리에 대해 흥미를 가지고 이해하기를 원한다. ③ 심지어 극소수의 학생들은 ④번 수준까지 이해가 가능하다. 이 때 디지털 교과서는 '마트로슈카' 모델을 통해 단계적으로 해설을 할 수 있고 이를 통해 수준이 다른 학생들의 요구를 만족시킬 수 있다. 예를 들어 그림 2의 설계 구상에서 각 링크는 아래의 기본 단계 화면과 연결되고 학생은 스스로의 능력에 맞게 선택한다.

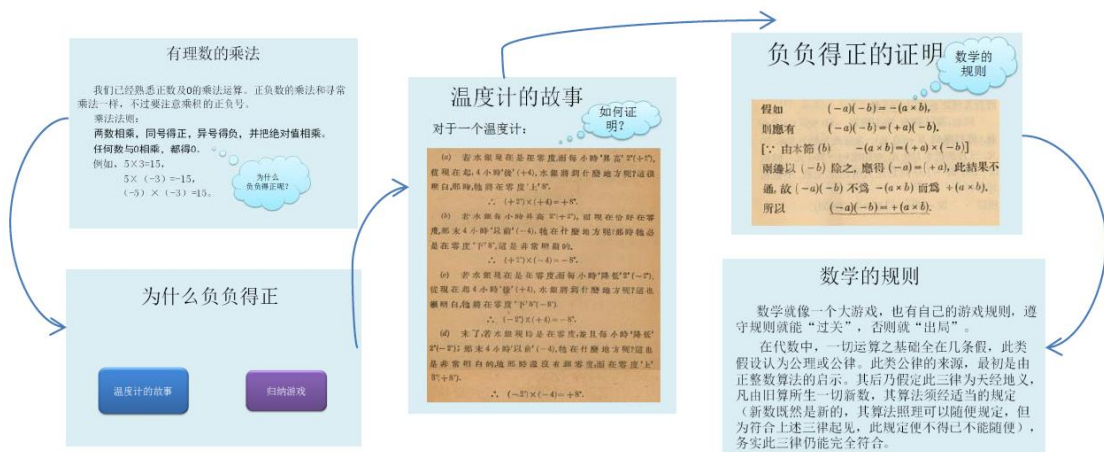


图 2 层次性原则：负数乘法

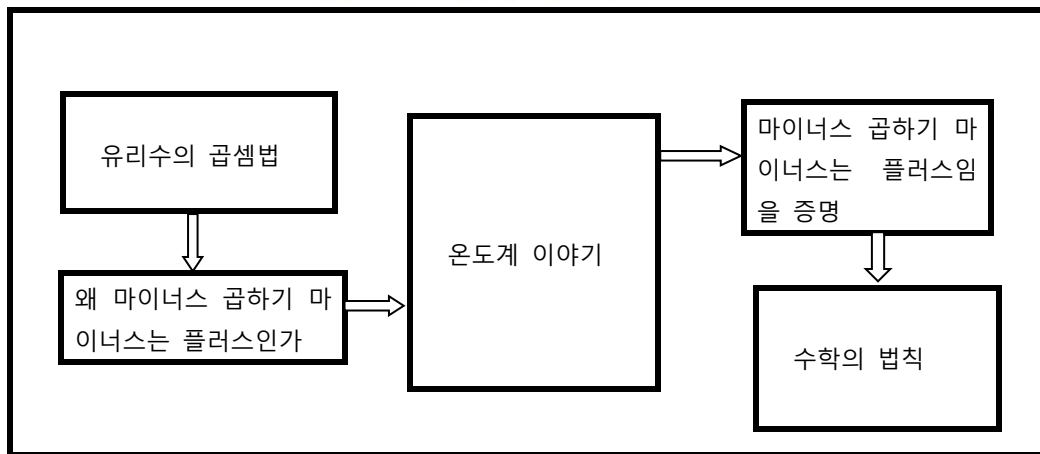


그림 2 단계성 원칙: 음수의 곱셈법

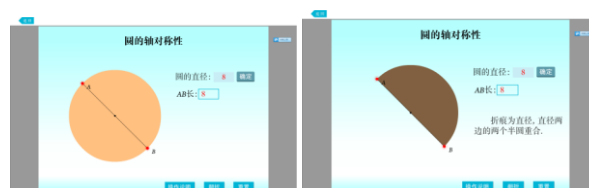
(3) 맞춤형

디지털 교과서의 미디어 유형은 매우 다양하다. 여기에는 텍스트, 도형, 그림, 표, 하이퍼링크, 음향, 동영상, 애니메이션 등이 있다. 표현방식도 서책형의 2차원적이고 정태적인 매체의 제약성을 벗어나 3D와 다이나믹한 효과를 나타낼 수 있다. 또한 미디어를 제어할 수도 있다. 예를 들어 미디어 전송 과정에서 정지, 재방영, 화면 확대와 축소, 이동,

반복, 멀티디스플레이 등이 있다. 이러한 것들은 디지털 교과서의 리치미디어 속성과 독해적 속성을 보여주는 것이다. 풍부함과 다양화가 우리에게 지식에 관한 더 많은 선택권을 주지만 미디어가 다양해 지는 것이 지식학습에 유리한 것은 결코 아니다. Mayer는 <멀티미디어 설계의 원칙>에서 7가지의 미디어 설계원칙을 제시했다. 그 중 하나는 무관한 용어와 화면, 음성이 없을 때가 학생의 학습에 더 도움이 된다는 것이다. (문[2], 237) 이러한 다양한 선택을 할 수 있는 상황에서 미디어를 적절히 이용하는 것은 매우 중요하다.

그러면 어떻게 미디어를 적절하게 이용할 것인가? 미디어 유형의 특징이 중요하지만 지식유형의 고찰도 중요하다. 양자의 결합에 대하여 표적성 원칙을 제시하고자 한다. 지식기반의 유형은 맞춤형의 방식으로 적절한 미디어 탑재방식 선택한다. 수학지식 유형은 보통 다음과 같다. 수학기본 사실, 수학개념, 수학원리, 수학기능, 수학적 사고방법이 그것이다.

각 유형의 지식은 그 고유의 특징이 있고 이와 상응한 독특한 학습방법을 갖는다. 예를 들어 기본사실은 일상적인 수학에서의 '은연 중에 일반화'된 지식이다. '두 개의 점은 하나의 직선을 만든다' 등이 있다. 이러한 지식은 생활상식에서 얻을 수 있다. 만약 애니메이션이나 동영상을 이용한다면 오히려 더 어렵게 느껴질 수 있다. 수학개념과 원리에 대한 예를 다시 들어보면 하나의 체계 내에서 공동으로 산출 작용한 기본요소 간의 관계를 반영한다. 이때 하나 혹은 둘, 또는 여러 종류의 미디어를 이용하여 직관에서 추상으로의 과정을 충분히 보여주는 것이 필요하다. 지식유형의 특징을 명확히 한 후 미디어의 유형을 선택할 때 '맞춤식'은 효과적인 보여주기에서 핵심적인 요소이다. 예를 들어 인민교육출판사 디지털 교과서 <수학 9학년 상>의 '원축의 대칭성'을 탐구할 때 애니메이션 방식을 채택한다. '접기'를 클릭하면 화면에서 지름을 중심으로 원이 접히게 되고 반원이 겹쳐지게 된다. 이것은 원이 원축을 중심으로 대칭형을 설명한다. (그림3 (1) (2)). 사실 이 '탐구'는 조작으로 확인하는 것이며 추측의 과정을 획득하는 것이다. 가장 좋은 방법은 학생이 원을 접어보는 것이다. 이것은 간단하면서 명확하다. 그러나 교과서가 이러한 과정을 나타내려면, '확인'의 각도에서 보면 동영상 방식이 애니메이션 방식보다 더 이해가 쉽다. 즉 학생이 실제 조작하는 '원접기'의 동영상을 통해 '접기, 중첩하기'를 보여준다. 이 동영상에서 '중복접기'의 결과(그림 3 (3))에서 학습자는 '임의의 한 지름은 원의 대칭축'을 알게 될 것이고 이 때 학습자가 스스로 사고할 수 있고 조작할 수 있는 문제를 제시한다. 즉 '이 결론이 모든 원에서도 적용되는가?' 이다. 이처럼 두 '임의성', 즉 지름의 임의성과 원의 임의성이 확인된다.



원축의 대칭성

원의 직경: 8
AB의 길이: 8

원축의 대칭성

원의 직경: 8
AB의 길이: 8

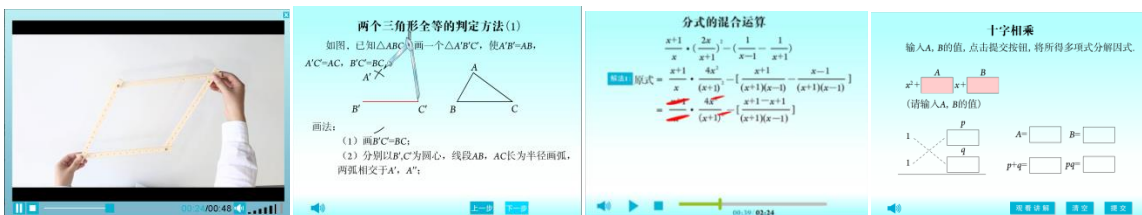
직경을 중심으로 원을 접으면 두 반원은 겹친다.

그림 3 맞춤식 원축: 원축의 대칭성

3. 디지털 교과서의 설계방법

(1) '보기', '듣기', '해보기'의 삼위일체

인민교육출판사의 제 2세대 디지털 교과서 중에는 시각적 측면에서는 그래픽을, 청각적 측면에서는 음향과 음성을, 촉각적 측면에서는 터치를 제공했다. 이로써 학습자의 종합적 인지발달을 돕고 개별화 요구를 만족시켰다. ¹ 예를 들어 <수학 8학년 상>에서는 모두 137가지의 '보기', '듣기', '해보기' 단일모델과 복합모델을 제공했고 이 중 단일모델에서 50% 가까이를 애니메이션으로 처리했다. 복합모델에서는 실제 조작 영상(그림 4 (1)), 애니메이션+해설(그림 4 (2)), 세부과정 해설(그림 4 (3)), 해보기(그림 4 (5)) 등의 방식으로 각 모델을 조합적으로 진행시킨다.



(1)

(2)

(3)

(4)

두 삼각형이 합동임을 판단하는 방법
(1)

(2)

분수의 혼합연산

(3)

십자곱셈

(4)

그림 4

앞서 언급한 것처럼 단일모델이던 복합모델이던 설계 상에서 인민교육출판사의 제 2세대 디지털 교과서는 독창성을 가지고 있다. 그러나 주의해야 할 것은 이 137가지의 모델에서 단일모델은 92개로 67%를 차지하고 있고 두 종류가 결합된 조합모델은 45개로 32%를 차지하고 있다. 그러나 세 종류가 결합된 조합모델은 단 1가지(그림 5)뿐이다. 따라서 '보기'의 모델이 대부분을 차지하고 있으며 '듣기'와 '해보기' 모델의 사용은 아직 충

¹ 2014 한중교과서 심포지움. 디지털 교과서의 현황과 미래전망. 인민교육출판사, 2014: 3~4

분하지 못하다.

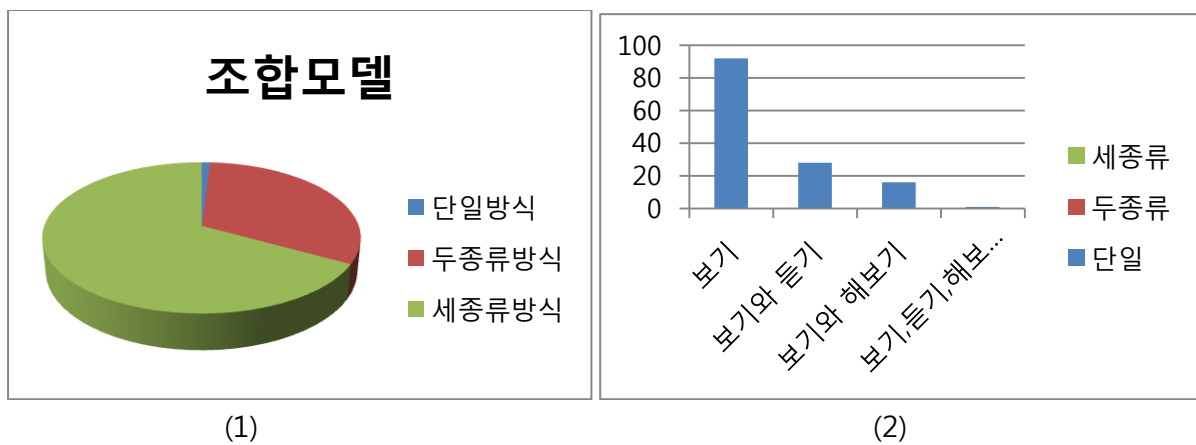
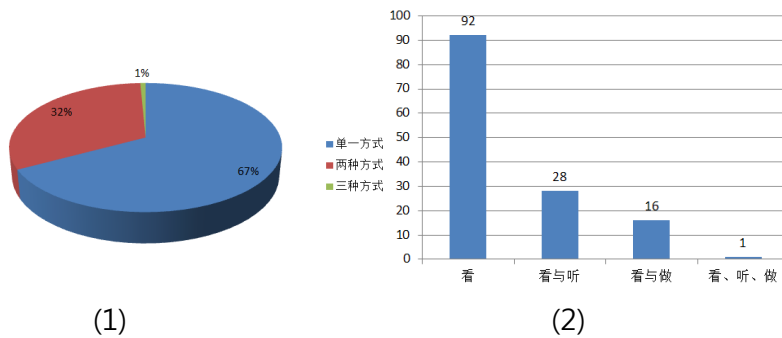
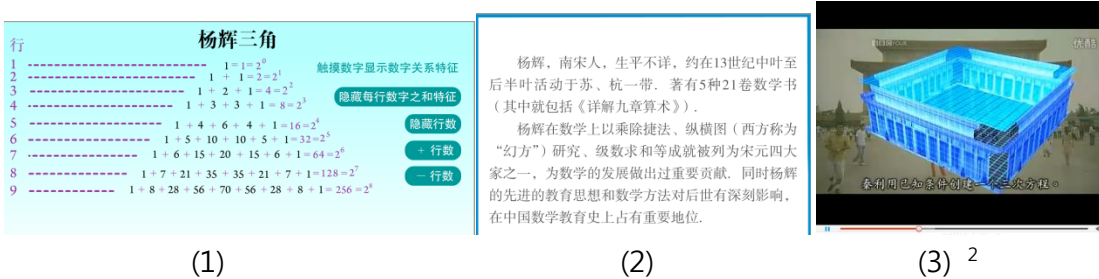


그림 5

정보의 가공에 대하여 일반적으로 두 가지의 방법이 있다. 하나는 시각/도형적 가공이고 다른 하나는 청각/언어적 가공이다. 만약 어휘를 해설의 방식으로 나타낼 때 청각/언어의 방식으로 언어를 가공한다. (즉 해설이다) 시각/도형의 방식은 화면을 가공하여 사용한다. (애니메이션), 그렇다면 두 가지의 방법을 균형있게 만들기 위해 어느 방법을 과도하게 사용하지 말아야 학습효과를 높일 수 있는가. 보고 들을 때 그리고 결과가 나올 때 충분히 사고하여 표현하게 하려면 '해보기'의 방식과 보고 듣는 방식의 상호보완이 필요하다. 따라서 ①'듣기'를 더 증가시켜야 한다고 본다. 일반적으로 스크린 텍스트 형식으로 표현된 어휘정보는 해설의 방식을 채택한다. 예를 들어 양휘의 삼각형(파스칼의 삼각형)을 설명할 때 양휘의 삼각형의 구조에 대해서던 양휘 당사자이던 '보기'의 방식을 채택한다. (그림 6 (1) (2)), 만약 이 지식을 '단편주제영상'으로 만든다면 학생들은 '이야기를 듣고, 역사적 발전의 보기'에 몰두하게 되어 (그림 6 (3)), 양휘의 삼각형 구조에서 다시 파스칼에 이르기 까지 더욱 생동적이고 집중력을 높이게 된다. ②'보기', '듣기', '해보기'는 삼위일체가 되어야 한다. 수학학습 중에 특히 학년이 올라감에 따라 비계교육도 점차 감소한다. 학생들에게 보고, 듣는 것뿐 아니라 더 많이 생각하고 더 많이 쓰고 더 많이 해보게 해야 한다. 현재의 디지털 교과서에서 그림 5 (2)의 28개의 '보고 듣는' 복합형 모

델에서 대부분의 결론은 교과서에서 나온 것이다. 예를 들면 그림 4 (2)의 콤파스 작도가 있다. 학생들이 듣고 본 후에 학생 스스로가 작도법을 만들도록 해야 한다. (결론), '쓰기'의 과정은 사고를 조리있게 하는 과정이며 하나의 추상화 과정이다.



양휘의 삼각형

(1)

양휘는 남송사람으로 그 생물연대가 부정확하다. 약 13세기 중엽에서 후반세기에 소주와 항주 일대에서 활동했다. 저서로는 5종, 32권의 수학서(<구장 산술 법에 대한 상세해설>을 포함한다)가 있다. 양휘는 곱셈을 이용한 빠른 나눗셈법, 종횡도(서양에서는 매직스퀘어라 불림), 등비수열 등의 연구업적으로 송.원대의 4대 수학자로 불린다. 중국의 수학발전에 크다란 공헌을 하였다. 이와 함께 양휘의 시대를 앞선 교육사상과 수학방법은 후세에 큰 영향을 미쳤고 중국 수학교육사에서 중요하게 자리매김하고 있다.

(2)

진나라는 이미 알고 있던 조건을 이용하여 3차 방정식을 만들었다.

(3)

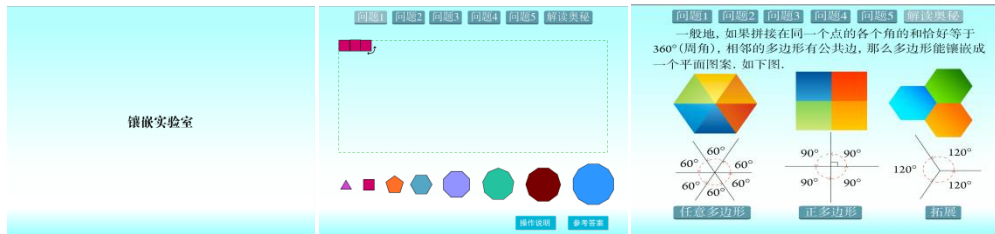
그림 6

(3) '학습코너'을 조직 내용으로

인민교육출판사의 제 2세대 디지털 교과서 <수학>에서 '수학실험실'의 학습코너를 만들었다. 수학실험실은 디지털 교과서의 기술적 장점을 이용하여 조작, 탐구, 확장의 플랫폼을 탑재하였다. 학생은 조작메뉴를 통해 수학대상에 대한 유연한 조작, 자기주도적 탐구활동을 진행하고 변화하는 환경에서 관찰, 시뮬레이션, 추측, 귀납과 개괄의 사고활동을 한다. 이렇게 하여 수학적 사고방식과 방법을 공부한다. 예를 들어 <수학 8학년 상> 중 '그려넣기실험실' (그림 7), 이 실험실에서 학생은 먼저 직접적인 조작을 통해 어떠한 도형이 평면을 덮을 수 있는가를 볼 수 있다(문제 1~5). 이 후에 '이치의 해결'을 통하여 다각형이 어떠한 조건에 부합하여 평면을 덮을 수 있는가를 안다. 마지막 '확장'에

² BBC 다큐멘터리 <수학가의 이야기> 제4회 '동방의 천재들'

서 문제를 일반화 시킨다.



그려넣기 실험실

일반적으로, 하나의 점을
지나는 선이 만드는 각을
합하면 정확히 360도가 된다.
이웃하는 다각형은 공통변이
있는데 이러한 다각형을
그려넣게 되면 하나의 평면이
된다. 예를 들면 다음 그림과
같다.

그림 7

이것은 수준이 높은 수학실험실이며 조작과 탐구 그리고 확장까지 할 수 있다. 실제 수학실험 중에 조작은 기초이고 핵심은 탐구이며 확장은 부가적인 것이다. 이것은 앞서 말한 단계성 원칙에 부합하는 것이면서 이를 통해 학생들 각자 개별적인 성과를 얻을 수 있다.

최근 디지털 교과서는 서책형 교과서를 원본으로 한 교수학습자원의 다양화, 멀티미디어화 처리이며 기술과 서책형 교과서가 융합된 하나의 기계이다. 앞으로의 디지털 교과서는 기술과 지식 콘텐츠의 자연스러운 융합이 필요하다. 이러한 자연스러운 융합은 디지털 교과서의 특별한 내용조직 방식과 교과서 요소에서 구현된다. 수학실험실의 설계를 참고하고 기술의 특징과 수학지식의 특징을 근거로 우리는 '학습코너'로 내용을 조직했다. 예를 들어 '수학이야기', '수학추리', '수학연계' 등의 학습코너를 만들었다. 서책형 교과서처럼 각 단원에서 그림과 머릿말을 넣었다. 디지털 교과서는 매 단원 첫머리에 '수학이야기' 코너를 넣었다. 본 단원의 주제와 관련된 인물, 흥미거리, 응용부분을 단편영상 방식으로 보여줌으로써 학생의 심화학습에 대한 흥미를 유발시킨다. 또한 동시에 이 학습코너는 본문에 배치할 수도 있다. 하나의 지식 혹은 중요한 문제의 발견, 해결, 확장을 서술하여 학생이 수학문화를 느끼도록 한다. '수학연계' 코너에서는 수학지식 내부와 내부, 내부와 외부의 연결점에 어떠한 시기에 배운 관련 지식간의 연결고리를 만들어 학생 스스로가 지식그물망 구조를 만들고 이를 사용할 수 있도록 한다.

이 점에서 디지털 교과서는 리치미디어성과 하이퍼링크 등의 특징을 통해 서책형 교과서가 실현할 수 없는 효과를 만들 수 있다. 수학에서 광범위하게 사용하는 '변식'의 예를 들면 기하에서 도형의 변화는 기본 도형을 기초로 한다. 예를 들어 '삼각형'과 '등변 삼각형' 두 단원³에서 10개의 기하도형 문제는 기본도형①의 변화와 기본 도형에서 파생되어 나왔다.(그림 8). 이러한 변화와 파생의 경로는 무엇인가? 예를 들어 그림 9에서 기본도형 ①은 지속적으로 '특수화'의 경로를 거치면서 변형된 도형 ②~⑨ 이 나왔다. 이러한 특수화의 방향 원칙은 단지 '각'과 '변'의 변형일 뿐이다. 각을 보면 직각과 직각의 위치, 등각이 있고 변에 대하여 보면 등변이 있다. 따라서 만약 디지털 교과서가 각 도형이 변화될 때 링크를 넣어 학생들로 하여 변화된 도형과 기본도형을 연결시키도록 한다. 이렇게 하면 학습과 학습이 더 이상 개별적이고 고립적으로 존재하지 않게 된다. 오히려 즉각적으로 학습과 학습이 연결되고 점에서 선으로 선에서 다시 면으로 지식의 그물망이 만들어진다. 마지막으로 그림 9와 같은 지식의 그물망이 만들어지기 위하여 학생들은 핵심은 변화하지 않음을 알아야 한다. '핵심'을 알고 변화 과정 중의 특수화가 가져온 변화를 이해하면 문제의 해결은 쉬울 것이다.

序号	基本图形	图形变式	页码/题号
①			4/练习 1
②			14/例 3
③			17/习题 8
④			17/习题 11
⑤			50/例题
⑥			34/习题 6
⑦			42/例 5
⑧			44/习题 6
⑨			44/习题 8
⑩			55/习题 4

그림 8 기본도형의 변식

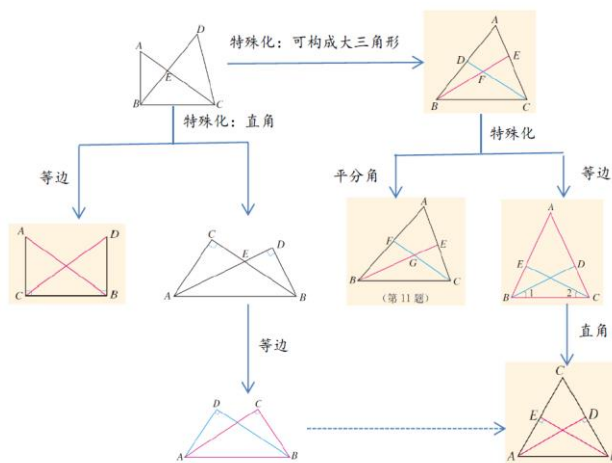


그림 9

따라서 디지털 교과서의 설계에 있어 기술특징과 지식특징의 두 측면을 충분히 고려해야 하고 지식유형의 구분, 적절한 코너조직내용, 적합한 미디어 탑재방식의 선택으로 학생들이 자연스럽게 서책형 교과서와 디지털 교과서가 자연적으로 통합된 환경에서 학습하도록 하여야 한다.

³ 의무교육교과서 수학8학년 상권. 인민교육출판사, 2013

참고문헌

- [1] [미]콜린스 (Collins,A.) 등 , 천지아강 등(陈家刚等) 역. 기술시대에서 교육에 대한 새로운 접근: 디지털 혁명과 미국의 학교교육. 상하이 화동사범대출판사, 2013.
- [2] 리차드·E·마이어 저 , 뉴용 등(牛勇等) 역. 멀티미디어 학습. 상무인서관 , 2006.
- [3] 우용허 등(吴永和等).전자교재의 용어,특징과 기능분석. 현대교육기술, 2013 (4) .
- [4] 뉴루이쉐(牛瑞雪). 중국디지털 교과서의 연구현황、문제와 전망 , 교육과정교재 교수법 , 2014 (8) .