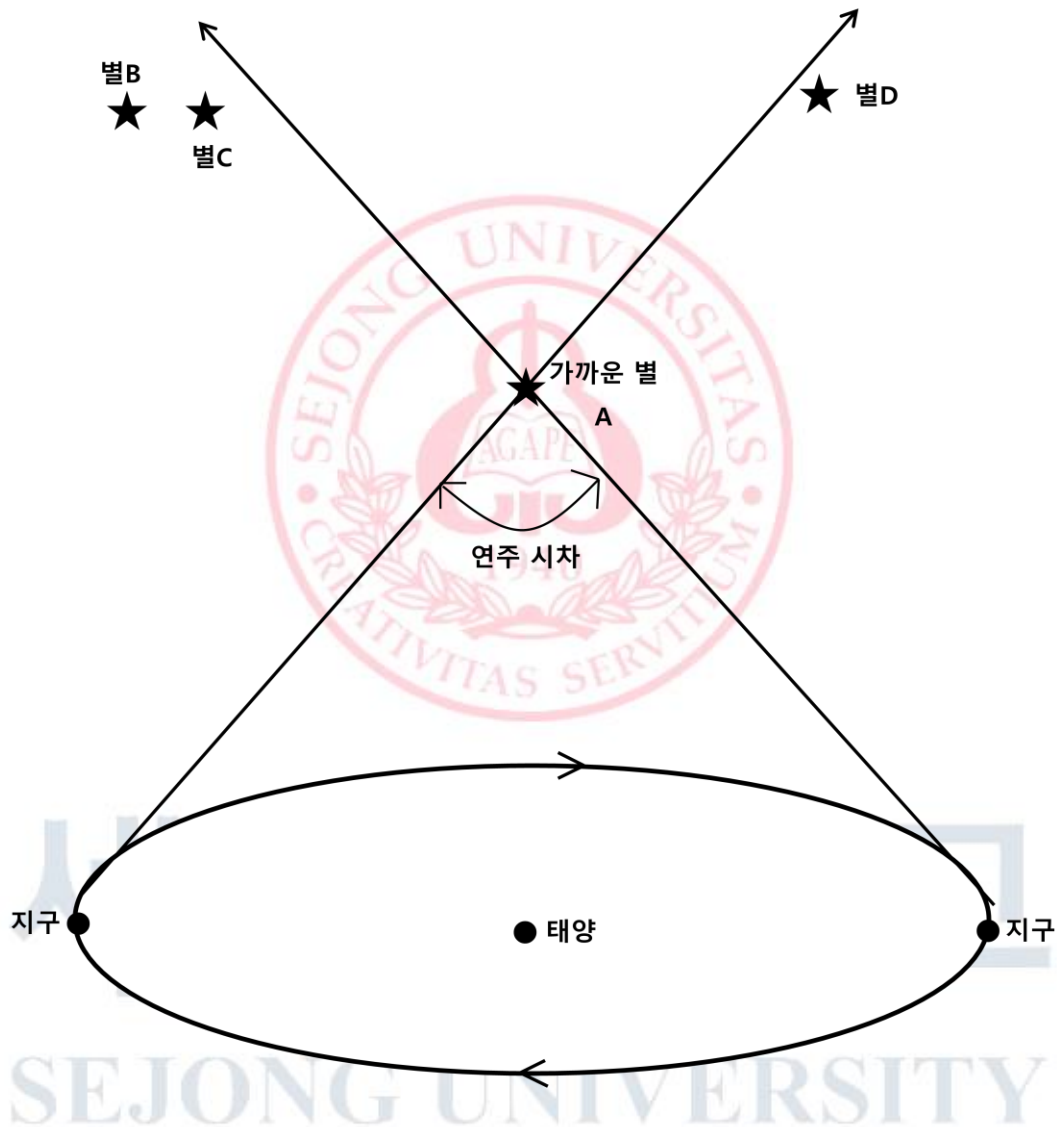


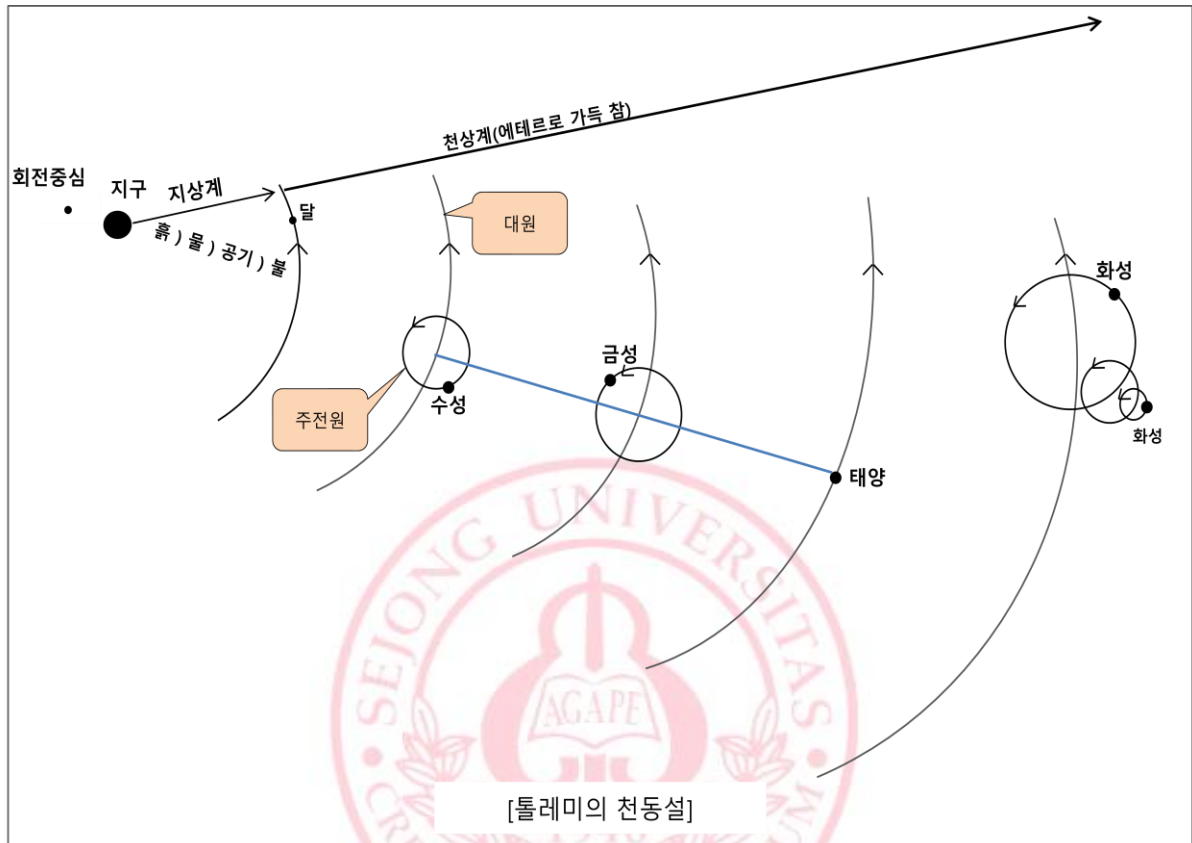
과학사 04주차(04강). 헬레니즘 문화[2] : 톨레미의 우주론

학습목표 톨레미의 천동설을 통해 헬레니즘 문화의 과학활동을 더 이해해 보고 이를 바탕으로 과학혁명이라 불리는 16세기 코페르니쿠스의 혁명을 조망한다.



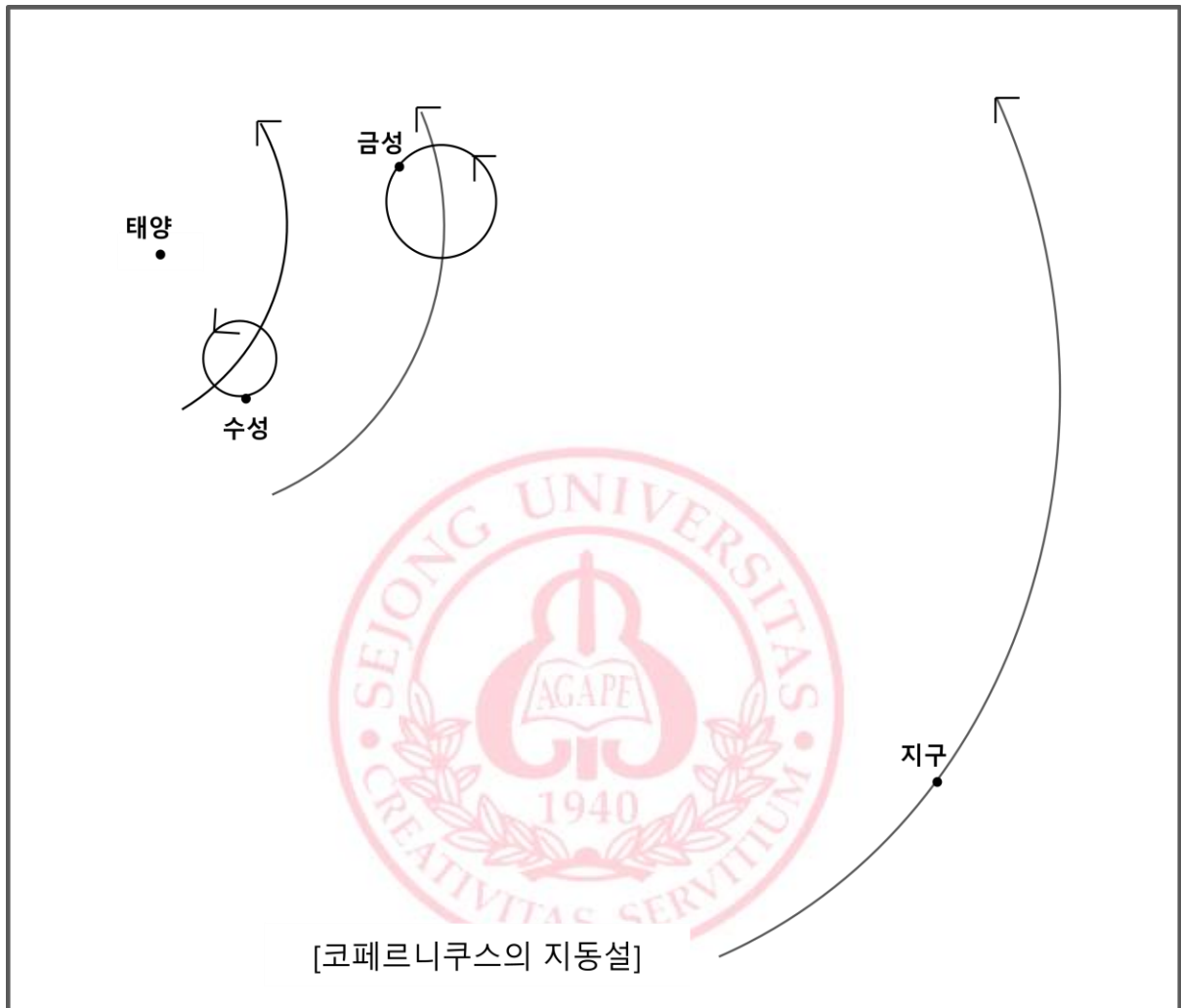
■천동설의 결정적 동기; 연주시차의 부재

톨레미보다 4백년이나 앞서서 아리스타코스가 태양중심설을 주장했었으나, 톨레미는 지구가 태양 주위를 운동한다면 가까이에 있는 별(행성이 아님)이 더 멀리 있는 별들에 대하여 각도변화(연주시차)가 생겨야 하는데 이런 각도변화가 보이지 않으므로 그는 지구가 움직이지 않는다고 결론 내린다. [위 그림참조] 이에 따라 지구는 우주의 중심이다라는 지구중심설 혹은 천동설을 완성한다.



■톨레미의 천동설

톨레미는 에우독소스의 **이심원**을 활용하여 전 우주의 중심인 회전중심에서 약간 벗어나서 지구를 위치시킨다. [위 그림참조] 이렇게 회전중심으로부터 지구가 살짝 벗어남으로서 겨울과 여름의 계절의 길이가 다른 현상을 설명할 수 있었다. 이후 아리스토텔레스의 **지상계** 4원소간 배치 순서를 달 직전까지 적용하고 달은 **천상계**의 시작으로서 모든 천상계는 에테르로 가득 찬 우주를 상정했다. 순행과 역행을 반복하게 만들기 위해, 행성들은 작은 **주전원**상에 놓여진 채로, **대원**이라고 불리는 궤도를 따라 회전 중심을 운동하도록 만들어진다. 이렇게 되면 일종의 나선운동을 하면서 지구에서 볼 때는 순행과 역행운동을 교대로 하게 된다. 특히 수성과 금성은 각각의 주전원 중심이 태양과 일직선으로 묶인 상태에서 언제나 함께 운동하도록 만들어 태양으로부터 일정각도 이상을 벗어날 수 없도록 만들어져 있다. 화성은 태양과는 상관없이 나타나므로 태양과 묶이는 일 없이 독립적인 주전원과 대원상을 운동해나간다. 그러나 화성운동은 현대적 관점에서 상당히 길쭉한 타원운동을 하므로 단순히 두 원들의 조합으로만으로는 정확히 설명하기 어려웠다. 이 천동설은 유럽에 곧장 계승되지 못하고, 톨레미 시대로부터 7백년이 지난 9세기경 이슬람에서 출간된 책 **알마게스트**를 통하여 유럽에 다시 소개된다. 이슬람문화권에서는 화성의 운동을 보다 더 잘 설명하기 위해 화성 주전원들의 수를 증가시켜 더 정교하게 만들려고 시도하기 시작했다. 이런 여러 주전원을 조합하는 시도는 8백년간 더 계속되어 17세기 중반경 결국 유럽에서 케플러가 타원궤도를 도입할 때까지 지속된다.



■코페르니쿠스의 지동설

16세기 중반 폴란드의 수학자 코페르니쿠스(1473-1543)는 더 간단하게 달력을 만들 수 있는 우주 모델을 만드는 문제에 봉착한 끝에 친구 오시엔더 Osiander의 제안에 따라 태양중심설 혹은 지동설을 '천구의 회전에 관하여'라는 이름의 책으로 출간한다. [위 그림 참조] 오시엔더가 쓴 이 책의 서문에서 지구는 우주의 중심임이 명백하나 계산상의 편의만을 위해 태양을 우주 중심에 놓겠다고 하여 카톨릭교회의 검열을 통과한다.

[질문] 톨레미의 천동설은 오류인데 코페르니쿠스의 지동설은 진리인가?

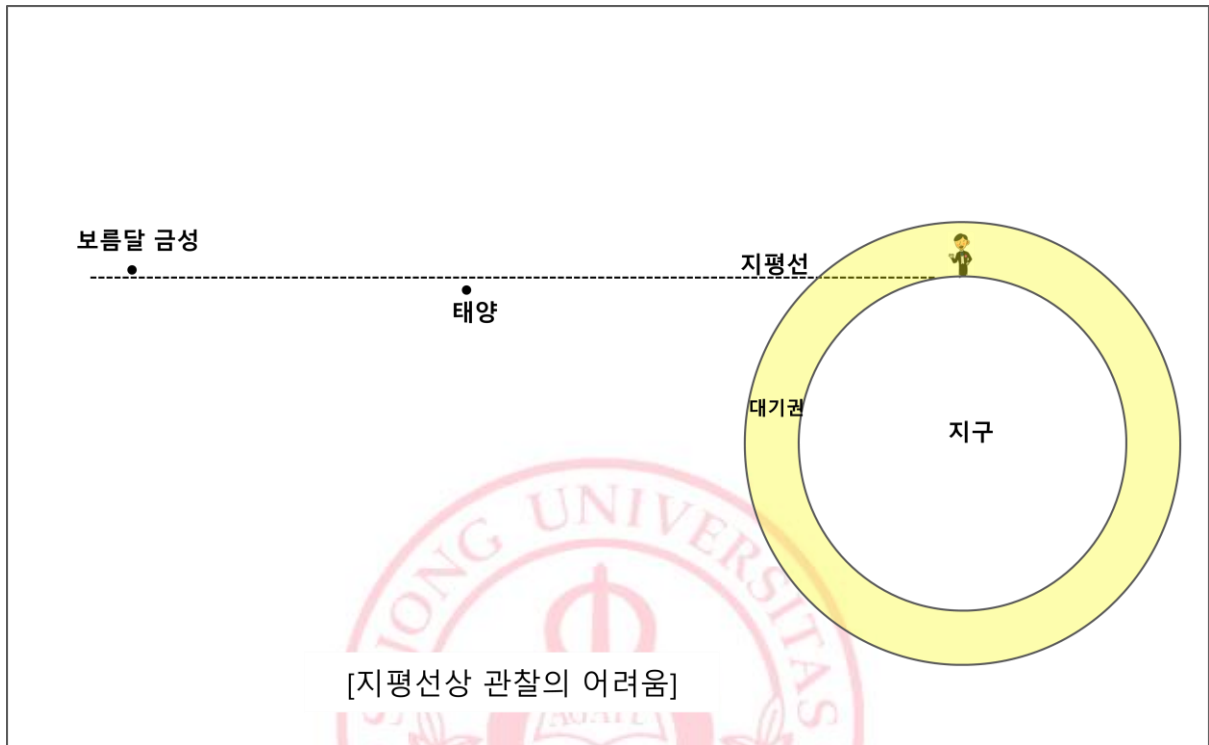
코페르니쿠스의 모델은 여전히 **원들만의 조합**으로 행성과 달의 운동을 설명한다. 타원궤도는 아직 반영되지 않았다. 게다가, 지동설 천동설 논쟁의 핵심은 **우주의 중심에 관한 논쟁**인데 결국 태양도 지구도 모두 우주의 중심은 아니다. 현대적 관점으로 보면 두 논쟁 모두 틀린 논쟁인 것이다. 따라서 지동설은 진리이며 천동설은 그릇된 모델이라는 생각으로는 이 논쟁을 이해하기 어렵다.

[질문] 코페르니쿠스의 지동설은 토레미의 지동설보다 더 우수한가?

지동설은 여전히 대원과 주전원의 조합으로 행성들의 운동을 설명하고 있었지만 태양을 우주의 중심에 배치 함으로서 더 간단히 수성과 금성이 왜 태양으로부터 일정각도 이상을 벗어나지 않는지를 설명할 수 있었다. 그러나 대원과 주전원의 조합만으로는 화성의 운동이 여전히 문제였으며 차라리 여러 주전원들을 써서 화성의 운동을 설명한 이슬람의 천동설이 보다 더 정확하였다. 결국 코페르니쿠스모델은 토레미 모델보다 더 간단하기는 하였으나 부정확했다. 또한 미국의 과학철학자 파이어라벤트Feyerabend에 의하면 지동설에서 나타나야 하는 연주시차의 부재는 지동설의 큰 약점이었다. (연주시차는 1830년대에 대형 망원경에 의해서야 결국 발견된다) 이런 상황에서 지동설을 선택하는 것은 지동설의 큰 약점을 무시하고 정확도를 희생하며 오직 간단함을 강조하는 지극히 개인적인 심적 미적 기준이 결정의 요소로 작용한다. 심미적 기준은 개인에 따라 천차만별하게 다르므로 논리적 합리적 혹은 보편적 기준이 아니다. 따라서 코페르니쿠스의 모델이 더 우수하다고 말할 수 없다.

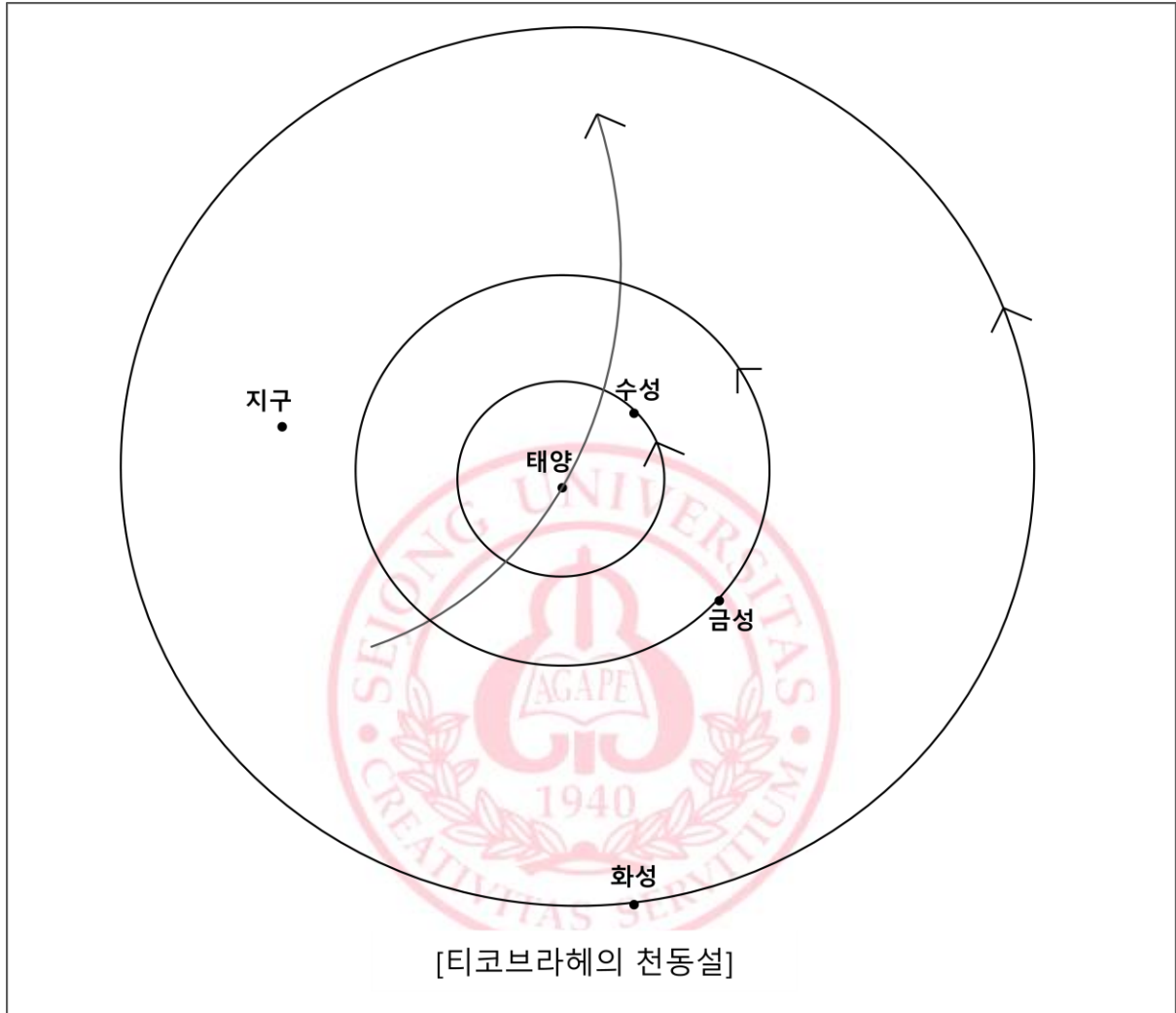
[질문] 금성의 보름달모양 관찰이 지동설의 결정적 증거라던데?

천동설에서는 금성이 태양 앞에서 작은 원을 그리며 지구주위를 공전하므로 지구에서 볼 때 절대로 보름달 모양으로 관측될 수 없다. 기꺼해야 초승달 모양으로 보이게 된다. 반면에 지동설에서 금성은 지구에서 볼 때 태양보다 더 멀리 돌아가 금성의 전면이 지구 쪽으로 태양에 의해 반사될 수 있으므로 보름달 모양으로 관측될 수 있다. 갈릴레오(1564-1642)는 금성의 이런 보름달 모양을 망원경을 통해 처음으로 관측하여 지동설의 결정적 증거를 세웠다고 알려져 있다. 그러나 금성의 보름달 관측은 실제로 실행하기에는 생각보다 매우 어렵다. 금성의 보름달 모양을 관측하려면 금성이 태양 뒤쪽에서 태양과 거의 일직선상에 위치하여야 한다. [아래 그림참조] 이렇게 태양과 근접한 금성을 관측하려면 대낮에는 불가능하고 태양이 지평선아래로 살짝 지고 금성은 아직도 지평선상 위에 살짝 걸려있는 상황에서야 가능하다. 그런데 지평선상에 위치한 천체를 관측할 때 금성의 빛은 지평선상의 대기권을 통과하면서 엄청난 빛의 산란을 받게 된다. 지평선상의 대기권이 바로 머리 위의 대기권보다는 훨씬 더 통과거리가 클 뿐만 아니라 지평선상에서는 공기의 흐름도 매우 불안정하여 정상적인 관측이 불가능하다. 아마도 갈릴레오는 금성의 보름달 모양을 직접 관측했다기 보다는 보름달 모양이 될 것이라고 이미 확신한 듯 보인다. 실제로 그는 피사의 사탑에서 같은 크기의 나무공과 쇠공을 떨어뜨려 낙하실험을 해 본적도 없었으며 경사면에서 공을 굴려 관성의 법칙을 실험적으로 직접 검증한 적도 없었다.



[질문] 톨레미와 코페르니쿠스 이외의 제3의 모델이 더 뛰어났다?

망원경 시대 이전 가장 정교한 관측자료를 가졌던 티코 브라헤(1546-1601)는 연주시차 현상이 나타나지 않은 것에 주목하여 지구는 운동하지 않으며 우주의 중심이라고 확신하였다. 그는 지구를 중심으로 태양이 지구를 공전하지만 다른 모든 행성들은 그러한 태양을 중심으로 공전하는 독특한 그만의 천동설을 제안하였다. [아래 그림 참조] 이 모델은 주전원이 제거되어 매우 간단한 모델이면서도 금성이 보름달모양으로 관측될 수도 있고, 특히 화성의 궤도가 매우 커서 중심에 지구가 있지 않으므로 화성의 **타원궤도를 흉내** 낼 수도 있다. 따라서 연주시차의 부재를 설명하고 화성의 보름달 모양 형성도 가능하며 동시에 매우 간단한 **당대 최고의 모델**이다. 만약 당시의 관측 증거에 맞추어 가장 논리적이며 합리적인 판단을 해야 한다면 이 티코 브라헤의 모델이 가장 우수한 모델이라고 말할 수 있다. 그러나, 티코 브라헤가 방광염으로 급사한 후 그의 조수 케플러가 그의 스승 모델을 채택하지 않음으로서 티코 브라헤의 모델은 역사에서 주목 받지 못하고 사라진다. 이런 우연적 상황이 겹쳐 코페르니쿠스의 지동설은 가장 강력한 경쟁 모델이 사라지는 유리한 역사적 환경을 맞이한다.



[결론] 코페르니쿠스의 모델이 결국 논쟁에서 승리하게 되는 것은 논리적 합리적 기준에서 지동설이 우수해서라기 보다는 연주시차의 부재가 심각히 고려되지 않고 티코 브라헤의 모델이 주목 받지 못하는 우연 속에서 갈릴레오와 같이 지동설을 열렬하게 지지하는 영향력 있는 인물이 활동하고 있는 르네상스 말기의 이탈리아의 문화적 상황과 관련되어 있다. 즉, 천동설에서 지동설로의 전환은 소수의 무리가 다수의 세력을 **우연히** 이기고 승리하게 되는 극소수의 성공한 정치적 반란과 매우 유사하다. 이리하여 이 지동설로의 전환기를 **과학혁명기**라고도 부른다. 이 시기부터 코페르니쿠스의 추종자들은 자신들의 지동설이 더 합리적이며 객관적이어서 과학혁명이 가능하게 된 것이라고 주장한다. 따라서, 코페르니쿠스는 우연이 아니라 운명적인 과학 천재라고 불려지기 시작한다.

[사례; 로또] 희박한 확률의 로또 1등에 당첨되는 것은 운명일까? 아니면 우연일까? 왜 명백한 우연적 상황에서 당첨된 것을 두고 당첨자들은 조상의 계시나 개꿈 혹은 평소에 매우 착하게 살아서라고 말할까? 그냥 운이 좋아서 당첨된 것뿐이라는 당연한 사실을 당첨자들은 왜 거부하려 할까?

[사례; 수양대군(세조;1417-1468)과 김종서(1390-1453)] 세종 문종 단종에 걸친 3대왕의 총애를

받고 동시에 조선의 모든 병권과 고위관료 임명권을 다 가지고 있던 김종서를 제거하고 수양대군이 단종의 왕권을 전복한 계유정난(1453)에 성공한 것은 운명일까? 아니면 우연일까?

[사례; 12.12 군사 반란] 1979년 12월 12일 전두환은 특수전사령부 소속 수도권 여단들인 제1공수 여단(여단장 박희도, 육사12기), 제 3공수여단(여단장 최세창, 육사 13기) 및 제 5공수여단(여단장 장기오, 육사 12기)을 장악하고 이들로 하여금 특수전사령부 사령관 정병주를 공격하여 군사반란을 시작한다. 그러나 여전히 수도경비사령부 장태완 사령관 휘하의 수도기계화 사단과 반란에 가담하지 않고 오히려 진압부대로서 전투 출동하는 특수전사령부 소속 제 9공수 여단(여단장 윤흥기 준장, 육군보병학교 갑종간부 35기)을 극복할 수 있었던 것은 운명일까? 아니면 우연일까?



[대한민국 특수전사령부 제 9공수여단장에 취임하는 준장 윤흥기, 왼쪽은 전임 여단장 노태우, 오른쪽은 특전사령관 정병주]

http://www.ohmynews.com/nws_web/view/at_pg.aspx?CNTN_CD=A0001894518

[질문] 과학활동은 사회 문화 정치 활동과 얼마나 다른가?

토마스 쿤 Thomas Kuhn(1922-1996)은 그의 책 “과학혁명의 구조”(1962)에서 과학자들의 **삶의 방식**(혹은 행동양식 a way of life)이나 **세계관**을 패러다임 paradigm이라고 지칭하고 과학자들은 세상을 보는 이런 **안경**을 통해 세계를 이해한다고 주장한다. 이런 안경을 가지지 않으면 세상의 어떠한 모습도 보이지 않는다. 한 패러다임이 큰 영향력을 미치고 있을 때 과학자들은 그 패러다임을 통해서만 세상을 해석하고 문제를 풀어낸다. 그러나 모든 패러다임에는 반드시 잘 설명되지 않는 **변칙사례** anomaly가 있다. 이런 변칙사례가 없는 패러다임이란 존재하지 않는다. 이어서 이런 변칙사례들이 많아지면 한 패러다임의 **위기** crisis가 도래하고 결국 **과학혁명** scientific revolution이 일

어난다. 혁명 이후에는 다른 패러다임을 통해 과학자들은 세계를 해석하고 문제를 풀어나간다. 이 때 새로운 패러다임은 과거의 패러다임과는 동일척도상 비교불가능하다고 하고 이를 **공약불가능성** incommensurability이라고 부른다. 즉, 혁명 후에 보게 되는 우주는 기존의 우주와는 전혀 다른 우주라고도 할 수 있다. 이리하여 만약 한 패러다임과 다른 패러다임이 충돌하게 되면 서로 다른 우주간의 충돌처럼 팽팽한 논쟁이 계속되며 이런 논쟁의 해결은 논리적으로는 불가능하다. 결국 **과학에서의 논쟁은 사회문화정치적 논쟁**과 크게 다르지 않다.

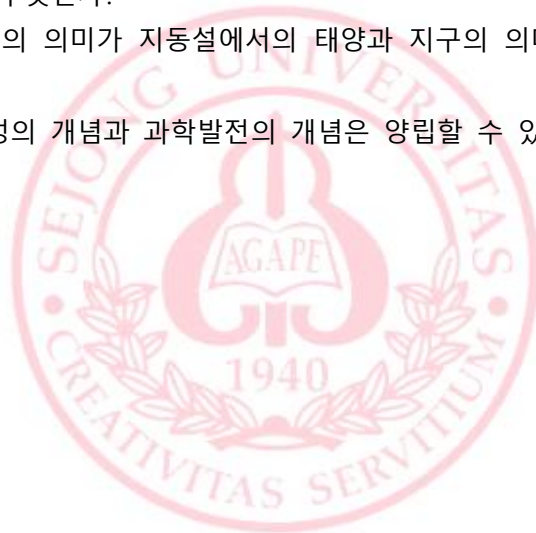
[질문]

천동설에서의 변칙사례는 무엇인가?

지동설에서의 변칙사례는 무엇인가?

천동설에서의 태양과 지구의 의미가 지동설에서의 태양과 지구의 의미와는 공약불가능함을 설명하시오.

패러다임간의 공약불가능성의 개념과 과학발전의 개념은 양립할 수 있는가?



세종대학교
SEJONG UNIVERSITY