

Gubarev Real Relativity 평론

오늘날 양자컴퓨터까지 거론되고 우주를 탐험할 정도로 과학은 눈부시게 발전하고 있다. 이처럼 발전된 모습을 보면 현대 과학이 우주의 모든 것을 설명할 수 있을 것으로 생각하는 것이 당연해 보일 것이다. 마치 19세기 말에 물리학이 자연의 모든 것을 설명하였고 단지 2가지 멀리 지평선에 아른거리는 현상을 해석하지 못하고 있을 뿐이라고 영국의 켈빈경이 말하였던 것처럼 말이다. 이 두 가지 아른거리는 현상이 상대성 이론과 양자역학의 기초가 되었다는 것을 인식한다면 오늘날 과학이 눈부시게 발전하였다고 하여도 자만하기에는 이른 것이 아닌가 하고 항상 조심하지 않을 수 없다.

실제로 현대물리학이 자연계의 가장 기초적인 요소라고 할 수 있는 질량이나 관성에 대해 뚜렷한 정의를 내리지 못한다는 것을 안다면 놀랄 것이다. 질량을 가진 물체가 관성을 보인다는 것은 알고 있어도 질량은 무엇이고 왜 관성이 생기는지 모르고 있다. 이것은 전기적 포텐셜의 근원이 되는 전기장을 만들어내는 전하에 대해서도 마찬가지로 물리학은 양의 전하가 구체적으로 어떻게 하여 발생하는 것인지, 주변의 공간과 전하 간에 무엇이 달라서 전기장이 발생하는 것인지 설명하지 못하고 있다. 심지어는 양의 전하가 무엇인지도 모르고 있다면 믿겠는가? 물리학의 현란한 공식들이 나타내는 것은 전하에서 발생하는 전기장의 분포나 관성에 의한 운동의 법칙 등과 같이 현상적 특성을 표현하는 것들일 뿐이다.

우리가 아직도 제대로 이해하지 못하는 것들에는 물리적 실체들만 아니라 시간과 공간 자체도 포함된다. 고전물리학에서는 시간과 공간이 서로 별개의 존재라고 생각한다. 그리고 공간에는 빛이나 파동을 전파하는 매개체인 에테르가 있다는 생각이 널리 받아들여졌었는데 맥스웰도 이 생각

에 동조하여 이를 증명하고자 많이 노력하였다. 실제로 맥스웰이 창안한 변위전류 가설도 에테르의 존재를 전제하고 제안된 것이다. 그러나 에테르 개념이 오늘날 학계에서 받아들여지지 않는 이유는 마이켈슨-몰리의 실험 결과 때문이기도 하나 아인슈타인이 1905년에 특수상대성 이론을 발표하면서 에테르라는 매질이 필요 없다고 한 것이 결정적이었다. 그 이후 공간은 말 그대로 텅 빈 것이라는 생각이 널리 받아들여졌다.

그러나 아인슈타인은 1920년에 네덜란드의 레이덴 제국대학에서 열린 “에테르와 상대성이론”이라는 제목의 강연에서 특수상대성 이론의 관점에서는 에테르 가설이 필요 없어 보이지만 에테르 자체의 존재가 부정되는 것은 아니고 운동하지 않는 상태에 있다고 가정하는 것이라고 보는 것이 정확한 표현이라고 하였다. 에테르를 부정하면 공간은 텅 빈 것이 되어 물리적 성질을 전혀 지닐 수가 없게 되어 빛의 전파도 불가능하고 전자파도 생성될 수가 없다. 파동은 동적 현상이기 때문에 매질의 운동이 있어야만 전파가 가능하다. 아인슈타인은 이 강연에서 일반상대성 이론에서는 공간이 물리적 속성을 갖게 되기 때문에 에테르는 존재하는 것으로 보아야 한다고 설명하였다.

아인슈타인이 특수상대성 이론을 발표할 때는 에테르를 전자기파의 매질이라는 협의적 관점에서 파악하고 있었으나 일반상대성 이론에서는 시공간 연속체 개념을 도입하면서 물질과 상호작용하는 광의적 에테르 개념을 인정하지 않을 수 없었던 것이다. 이에도 불구하고 여전히 주류의 학계에서는 에테르의 존재를 받아들이지 않는 것이 대세이다. 한번 기울어진 개념을 수정하기는 매우 어렵다는 사례를 여기에서도 볼 수 있다.

에테르 개념이 배척된 데에는 맥스웰의 방정식을 간략화하는데 크게 기여한 헤비사이드의 영향도 무시할 수 없다. 아인슈타인이 물리학은 맥스웰의 방정식이 나오기 전과 후로 나누어진다고 말할 정도로 물리학의 발전에 있어 한 획을 그은 맥스웰 방정식은 당시까지 패러데이, 앙페르, 가우스, 비오-사바르 등에 의해 발견된 전자기 현상들을 바탕으로 맥스웰이 수식화한 것으로서 발표 당시

에는 20개의 미분방정식으로 구성되어 있었다. 이것을 맥스웰 사후 헤비사이드가 자신이 개발한 벡터 미적분학을 적용하여 4개의 방정식으로 간략화한 것이 오늘날까지 쓰이고 있다.

헤비사이드는 수식을 간략화하면서 스칼라 포텐셜과 관련된 항이 무한대로 증가하는 문제를 해결하고자 이를 실험적으로 아무 의미가 없는 수학적 요소라고 판단하여 수식에서 배제하였다. 포텐셜이 없다는 것은 곧 공간이 텅 비어 있다는 것과 상통한다. 또한 이 포텐셜 항은 종파의 발생과도 연관이 있다. 전신기술자였던 헤비사이드가 이러한 결론을 내린 배경에는 그 당시 측정기술로는 종파를 감지하지 못하였던 것도 작용하였다. 이로 인해 전자기학에서는 횡파만이 존재하게 되었고 종파의 개념이 사라졌다. 실용적 측면에서는 4개의 방정식으로 충분할 수 있으나 오늘날 측정기술이 고도로 발전하면서 맥스웰-헤비사이드 방정식으로는 설명이 안 되는 물리적 현상들이 보고되고 있다. 이 가운데 대표적인 것이 아하로노프-봄 현상으로서 이것은 종파가 존재한다는 것을 뒷받침하는 사례로 자주 인용된다.

공간이 텅 빈 것이 아니라는 것은 사실 몇 가지 잘 알려진 실험 결과들을 보아도 즉각 인지할 수 있는 내용이다. 예를 들어 자기장을 만들 때 널리 쓰이는 솔레노이드 코일에 자석을 가까이 대면 자석의 접근을 방해하는 방향으로, 또 반대로 멀리하면 멀어지는 자석을 당기는 방향으로 유도전류가 형성된다. 달리 말하여 전기장이나 자기장에도 관성이 있어 변화를 거부하는 것과 유사한 현상으로서 이를 렌츠의 법칙이라고 부른다. 이 유도전류를 일으키는 에너지는 공간에서 오는 것이며 솔레노이드 코일에 전류를 흘릴 때 발생한 자장을 통해 주변 공간에 저장되어 있었던 것이 작용한 것이다. 커패시터의 경우도 마찬가지로 양과 음으로 대전된 두 금속판 사이에서 형성되는 전기장은 주변 공간에 에너지가 저장된 것과 같다.

공간이 어떤 매개체가 채워져 있는 것이라면 매개체에 의한 종파의 발생도 가능할 것이라고 추정할 수 있다. 헤비사이드가 수학적 요소라고 여기고 관련항을 삭제하였던 퍼텐셜은 장의 기울기가 있어야 발생하는 것이므로 장이 텅 빈 공간이라고 하면 퍼텐셜의 존재를 부인하는 것이 된다. 퍼

텐설이 존재한다는 것은 결국 종파의 파동 전파에 필요한 매질이 있다는 것이고 따라서 에테르의 존재를 상정하지 않을 수 없게 된다. 다만 아직도 우리는 에테르의 속성을 잘 모르고 있다는 것이 앞으로 해결하여야 할 문제이기는 하나 공간이 텅 빈 것은 아니라는 결론에 이르게 된다는 것은 분명하다.

이론과 실재는 서로 앞서거나 뒤서거나 하면서 상호 보완적으로 발전한다. 알려지지 않은 새로운 실험 결과가 나오면 그에 해당하는 이론 방정식들이 제안 혹은 수정되는 것이 일반적이다. 때로는 이론이 실험적 결과를 예측하기도 하나 이러한 경우는 드물다. 문제는 이론이 정착되면 학계의 전문가들이 이론의 틀에 갇혀 경직화되는 경향이 크다는 사실이다. 특히나 맥스웰 방정식과 같이 학술적으로나 실용적으로 큰 성공을 거둔 방정식에서는 더욱 그러하다. 이 때문에 오늘날 종파(스칼라파)의 존재를 뒷받침하는 실험적 결과들이 다수 보고되고 있음에도 불구하고 종파의 개념이 잘 받아들여지지 않고 있다. 그러나 일군의 학자들은 실험 결과를 바탕으로 맥스웰의 이론을 보완하기 위하여 확장된 맥스웰 방정식을 발표하는 등의 노력을 기울이고 있다.

비틀림장(토손장)의 경우는 더욱 심각한 사례에 해당하는데 비틀림장 자체가 매우 미약하기 때문에 비틀림장의 존재 자체를 확실하게 검증할 수 있는 측정 수단이 마땅하지 않기 때문이다. 물론 측정 수단이 없는 것은 아니나 아직 더욱 발전시켜야 할 여지가 남아 있다. 현재 이론적으로나 실험적으로 이 분야의 연구가 가장 활발한 나라는 러시아이다. 기존 물리학계에서는 아직도 비틀림장의 존재에 대해 부정적으로 보는 경향이 많이 있으나 비틀림장이 존재한다는 객관적 증거는 계속 증가하고 있다.

이 책을 저술한 구바레브 박사는 소용돌이 파동의 기초가 되는 비틀림장 기본 방정식을 이론적으로 도출하여 이를 바탕으로 비틀림장의 존재와 특성을 설명하였다. 비틀림장의 기본 가설은 진공이 텅 빈 것이 아니라 물리적 실체가 있는 것이라는 생각에서 출발한다. 이 때문에 비틀림장 이

론가들은 진공(vacuum)을 물리적 진공(physical vacuum)이라고 강조하여 부른다. 이 부분에서 에테르 개념과 연관 고리가 있을 것으로 짐작된다. 특이한 점은 비틀림장의 세기가 매우 미약하여 전도체와 반응을 거의 하지 않기 때문에 반응에 따른 일로 인한 에너지 손실이 거의 없어 멀리 뚫고 지나간다는 것이다. 이것을 보면 비틀림장은 맥스웰 당시의 기술로는 측정할 수 없는 영역에 속한다는 것을 알 수 있다.

비틀림장을 이해하는데 있어서 추가적으로 고려할 수 있는 요소는 운동방식이다. 일차원에서는 직선운동만이 가능하나 앞뒤 방향성을 정할 수가 없다. 직선상에서 앞으로 간다고 하여도 뒤집어서 보면 뒤로 가는 것과 똑같기 때문이다. 이차원에서는 원운동이 이차원을 특징짓는 기본 형태이다. 그러나 원운동에서도 시계방향과 반시계방향을 구분할 수 없는데 그것은 한쪽에서 시계방향이라고 하여도 뒤집어서 보면 반시계방향과 똑같기 때문이다. 삼차원에서는 일차원운동과 이차원 운동의 결합한 형태가 가능하게 되는데 일차원 직선운동은 운동 방향을, 그리고 이차원 원운동은 회전 방향을 결정짓는다. 자신이 움직이는 직선 방향을 기준으로 하여 우선성과 좌선성의 구분이 가능하게 된다. 이것은 우주 공간에서 기준점이라는 것을 정할 수 없기 때문에 자신이 기준이 되어야 한다는 개념과도 상통한다. 삼차원 운동이 되어야 비로서 우선성과 좌선성이라는 두 가지 음과 양의 극성화가 가능하게 되고 삼차원적인 나선운동을 통해 만물이 생성될 수 있다.

여기에서 주목할 부분은 운동방식의 차이를 통해 음과 양의 극성이 존재할 수 있게 된다는 사실이다. 이것은 시간과 공간에 대한 이해와도 연관이 있는데 시간과 공간이라는 개념은 사실 지금도 답이 없는 심오한 주제이다. 우주에 대한 근본적인 질문이기 때문이기도 하다. 시간이나 공간이 객관적 실체인가 아니면 현상인가 하는 것조차 논의의 대상이 되는 상황이다. 고전역학에서는 시간과 공간을 별개의 존재라고 보았다. 아인슈타인은 일반상대성 이론에서 시공간 연속체라는 개념을 도입하면서 시간과 공간을 따로 떼어 생각할 수 없다고 주장하였다. 이것을 조금 달리 생각하면 시간과 공간은 모든 운동이 펼쳐지는 스크린과 같다고 이해할 수도 있다. 더 나아가다면 스크린을 이루는 에테르 자체가 운동하는 것으로 볼 수도 있다.

이를 조금 더 자세히 살펴보자. 시간이 멈추면 만물은 변하지 않는다. 공간이 멈추어도 동일한 현상이 나타나는데 공간의 속성은 거리이기 때문에 공간이 멈추는 것은 거리 변화가 없다는 것이 되고 따라서 변화 현상도 사라지게 된다. 결국 우주 만물은 변화를 통해 존재하는 것이며 변화가 일어나려면 시간과 공간이 동시에 변해야 한다는 결론에 이르게 된다. 에테르의 변화가 운동 현상의 근원이라고 볼 수도 있게 된다. 더 나아가서 우리가 관찰하는 만물의 실체는 운동이라는 동적 세계관에 이르게 된다. 객관적 실체라는 것은 존재하지 않는다. 오직 변화, 즉 운동만이 있을 뿐이다. 더 나아가간다면 우주는 하나의 이미지, 즉 illusion일 뿐이다.

그러나 나선운동으로 우주의 다양한 운동 방식을 설명할 수 있어도 시간 흐름의 방향성을 설명할 수는 없다. 방향성이 없는 운동은 무작위적인 운동이어서 브라운 운동과 유사한 모양만이 나타날 수 있으며 따라서 생명현상이라는 것이 등장할 여지가 없게 된다. 즉 음악에 맞추어 조화를 이루면서 춤추는 모습이 아니라 질서가 없는 운동이 있을 뿐이다. 나선운동으로 음과 양의 두 요소가 등장하였으나 시간 흐름의 방향성과 연관이 있는 요소가 여전히 보이지 않는다. 시간의 흐름에 따른 속도의 차이는 상정할 수 있어도 시간 흐름의 방향성을 설명하기가 어렵다. 달리 말하여 음과 양이라는 이원적 극성만으로는 고도의 질서를 이룬 만물의 생성을 설명할 수 없다.

현재 우주를 설명하는 가장 근접한 이론으로 평가받는 끈 이론도, 양자역학도, 상대성 이론도 시간 흐름의 방향성에 대해서는 설명하지 못하고 있다. 시간의 흐름에 따른 변화율은 당연히 연구되고 있고 방정식에도 반영되어 있으나 시간의 방향성에 대해서는 양자역학 방정식에 t 를 대입하거나 $-t$ 를 대입하거나 똑같은 결과가 나오는 것에서도 알 수 있듯이 설명하지 못한다. 경험적으로 시간 흐름의 방향성이 있다는 것을 알려주는 것은 열이 항상 높은 온도에서 낮은 온도로 흐른다는 것과 같은 자연 현상이다. 이를 볼츠만이 엔트로피라는 개념을 도입하여 수식화하기는 하였으나 이것도 현상을 기술하는 방정식이지 방향성이 존재하는 이유에 대해서는 아무런 답이 없다.

다만 우리는 우주의 현상이 엔트로피가 증가하는 방향으로 일어난다는 것을 알고 있다. 엔트로피가 유일하게 시간 흐름의 방향성과 관련이 있는 인자이나 경험적 관찰결과를 수치화하여 표현한 것에 지나지 않는다.

비틀림장 이론에서 흥미로운 점은 시간 흐름의 방향성을 설명할 수 있는 실마리가 포함되어 있다는 사실이다. 우선성이나 좌선성의 운동방식만으로는 시간 흐름의 방향성 설명이 불가능하지만 우선성이나 좌선성의 나선 운동에 수렴과 발산이 추가되면서 시간 흐름의 방향성과 연관된 인자가 방정식에 반영된다. 나선운동에 수렴이나 발산이 겹쳐지면 소용돌이 현상이 일어나게 되는데 소용돌이가 수렴하는 방향으로 가면 질서도가 증가하고 (엔트로피 감소) 반대로 발산하는 방향으로 가면 흐트러지면서 질서도가 감소한다 (엔트로피 증가). 이것은 소용돌이와 같은 비틀림장에서 시간의 흐름의 방향성을 논할 수 있는 근거가 생긴다는 것을 의미한다. 우리가 살고 있는 이 세계는 우선성의 운동방식이 지배적이므로 우리는 어쩌면 우선성의 세계에서 무질서해지는 방향으로 흐르는 운동, 즉 발산 운동을 하는 비틀림장의 세계에서 살고 있는 것일 수 있다. 국소적으로 운동방식, 혹은 비틀림장의 방향을 바꾸면 시간의 흐름에 역행하는 현상들이 발생할 수 있을 것으로 예상할 수 있다. 이러한 이유로 비틀림장에 대한 실험이나 연구내용들을 보면 시간 여행이나 시간 역행 등과 관련된 내용들이 심심찮게 나오는 것이다.

맥스웰의 방정식은 직선과 원운동을 기반으로 하여 얻어진 실험 결과들을 바탕으로 도출된 것이어서 비틀림장을 표현하기에는 태생적으로 한계가 있다. 이러한 저간의 사정을 이해한다면 맥스웰 방정식이 모든 판단의 준거가 될 수 있는 것은 아니라는 사실을 받아들여지게 될 것이다. 만약 교과서에서 배운 대로 맥스웰 방정식이 완벽한 것으로 알고 이에 맞지 않으면 무조건 배척할 경우, 맥스웰 방정식이 하나의 훌륭한 수단이 아니라 도그마로 둔갑한 셈이 되어 학문의 발전을 돕기는커녕 방해하는 꼴이 될 것이다. 종파나 비틀림장에 대한 논의를 하는 과정에서 자주 듣는 것이 맥스웰 방정식에는 이를 설명할 수 있는 항이 없다는 것이다. 따라서 이러한 항이 없는데 어떻게 새로운 수식이 타당하다고 할 수 있겠느냐는 이야기를 들을 때마다 안타까운 마음이 일어날

뿐이다.

이론은 틀리기 위해 존재한다는 역설을 곱씹으면서 마음을 열고 새로운 현상을 받아들이는 자세로 응용 방안을 진지하게 고려한다면 과학기술이 크게 발전하는 계기가 생길 수도 있는 것이 아닐까? 어쩌면 비틀림장은 물리적 진공이라는 개념을 통해 자연계에 대한 근본적 이해를 도우면서 신과 인간의 관계를 재조명하는 계기를 제공하고 있는지도 모른다. 만물은 동적 상태에 있다는 것을 가정하면 우리는 만물이 존재할 수 있도록 에너지의 흐름이 있어야 함을 이해할 수 있다. 이 에너지의 흐름이 어디에서 오는 것일까? 분명 우리가 살고 있는 이 3차원의 세계가 아니라 보다 에너지 수준이 높은 상위 차원의 세계를 가정하여야 물이 높은 곳에서 낮은 곳으로 흐르듯이 에너지도 마찬가지로 흐름이 가능하게 될 것이다. 에너지 흐름이 가능하게 하는 가장 근원의 위치에 존재하는 신이 우주 만물과 생명이 춤추면서 존재할 수 있게 하는 원천이라고 할 수 있게 된다. 이 우주는 어쩌면 신이 스스로 춤추고 있는 모습일 수도 있다. 신의 기본 형상이 시간과 공간을 벗어난 에테르일 수도 있지 않겠는가?

Ph.D 방건웅/ 한국 뉴욕주립대 교수

(2022. 9. 12.)