

보도자료

즉시 배포.

2016년 2월 11일

아인슈타인의 예측 이래 100년 만에 드디어 중력과 검출

라이고(LIGO) 검출기가 충돌하는 두 블랙홀로부터 방출된 중력과 관측으로 우주를 향한 새로운 창을 열다.

워싱턴DC, 미국/카시나, 이태리

과학자들이 사상 최초로 먼 우주에서 발생한 격렬한 천체 현상으로부터 방출된 중력파를 지구에서 관측하는데 성공했다. 중력파는 4차원 시공간(時空間)에 발생한 잔물결이다. 이번 발견으로 알버트 아인슈타인이 1915년 발표한 일반 상대론의 중요한 예측인 중력파의 존재가 확인되었으며, 이는 우주를 보는 창을 새롭게 연 미증유의 사건이라 할 수 있다.

중력파에는 다른 관측 방법으로는 탐색이 불가능한 중력파의 발생 기원과 중력의 성질에 대한 흥미로운 정보가 담겨있다. 물리학자들의 연구 결과, 이번에 검출된 중력파는 블랙홀 두 개가 자전을 하는 하나의 무거운 블랙홀로 합병되는 과정에서 충돌 직전의 채 1초도 못되는 짧은 시간동안 방출된 것이라고 한다. 두 블랙홀간의 충돌은 이제까지 이론적 예측만 있었을 뿐, 관측된 적은 한번도 없었다.

2015년 9월 14일 미국 동부 일광 시간 오전 5시 51분(국제 표준시 9시 51분), 미국 리빙스턴(루이지애나 주 소재)와 헨포드(워싱턴 주 소재)에 위치한 두 곳의 라이고 간섭계 중력파 관측소(LIGO, Laser Interferometer Gravitational-wave Observatory)에서 중력파를 검출하였다. 한국 시간으로는 9월 14일 오후 6시 51분이다. 라이고 관측소는 미국 과학 재단(NSF)의 지원을 받고 있으며, 미국 캘리포니아 공과대학(Caltech)과 메사추세츠 공과대학(MIT)가 연구안을 구체화했고, 검출기와 관측소의 건설과 운영을 담당하고 있다. 이번 발견에 대한 연구 논문은 미국 물리학회에서 발행하는 피지컬 리뷰 레터(Physical Review Letters, URL: <http://journals.aps.org/prl/>)에 실릴 예정이다. 이번 발견은 두 대의 라이고 중력파 검출기로 얻은 데이터에 기반한 것으로, (영국-독일의 GEO600 협력단과 호주의 간섭계 중력파 천문학 컨소시엄을 포함하는) 라이고 과학 협력단과 유럽의 비르고(Virgo) 협력단이 공동으로 이룬 성과이다.

라이고 연구진은 관측 신호를 분석하여, 이번에 발견된 중력파가 각각 태양 질량보다 29 배와 36 배인 질량을 갖는 블랙홀의 충돌에서 방출되었으며, 이 현상이 13억 년 전에 발생했다는 것을 알아냈다. (두 블랙홀의 충돌 과정에서) 태양 질량의 약 3 배에 해당하는 질량이 순간적으로 중력파 에너지로 전환되었는데, 이번 충돌에서 방출된 중력파는 우주 전체에서 초당 방출되는 빛 에너지보다 최대 50 여배 더 큰 막대한 양이다. 과학자들은 리빙스턴 소재의 검출기가 헨포드에 위치한 검출기보다 0.007 초 전에 중력파를 기록했다는 사실로부터, 이번에 발견된 중력파가 남반구 방향에 있는 천체로부터 방출되었다는 것을 알아냈다.

상대성 이론에 따르면, 한 쌍의 블랙홀이 서로 공전을 하면 중력파를 방출하게 되고 이로 인해 에너지를 잃게되어 수십억 년에 걸친 긴 시간동안 두 블랙홀이 점차 가까워지게 된다. 공전 궤도운동의 마지막 몇 분간 점차 더 빠르게 접근하게 된다. 이윽고, 충돌 직전의 마지막 순간에는, 두 블랙홀이 빛의 속력의 절반에 가까운 빠르기로 서로 부딪혀 더 무거운 하나의 블랙홀을 만들게 된다. 이때, 병합된 두 블랙홀의 질량 일부가 아인슈타인의 질량-에너지 등가식($E=mc^2$)를 따라 에너지로 변환되며, 이 에너지는 블랙홀 충돌의 마지막 순간에 중력파의 강력한 폭발로 나타나게 된다. 이렇게 방출된 중력파를 이번에 라이고가 관측한 것이다.

중력파가 존재한다는 증거는 조지프 테일러 주니어와 동료 과학자들이 1970년대와 80년대에 펄서 관측으로 처음 찾아내었다. 1974년, 테일러와 러셀 헐스는 펄서와 중성자별이 서로 공전하는 쌍성계를 최초로 발견하였다. 1982년에는 테일러와 조엘 M. 아이스버그가 1974년에 발견한 펄서 쌍성계의 공전 궤도가 중력파 방출로 인한 에너지 손실의 영향으로 천천히 줄어들고 있음을 알아냈다. 펄서-중성자별 쌍성계를 최초로 발견하고, 펄서를 사용한 중력파 측정이 가능함을 보인 업적으로, 헐스와 테일러는 1993년 노벨 물리학상을 수상하였다.

라이고의 이번 발견은 중력파가 지구를 지나면서 일으킨 시공간의 미세한 변화를 측정함으로써, 중력파 자체를 최초로 관측한 것이다.

라이고 실험실 운영책임자인 데이비드 라이츠 캘리포니아 공과대학 교수는 “이번 중력파 관측으로 중력파라는 관측이 쉽지 않은 현상을 직접적으로 검출하고, 이를 통해 우주를 보다 더 잘 이해하고자 하는, 지난 반 세기전부터 (라이고가) 추구해온 야심적인 연구 목표가 아인슈타인의 상대성 이론 100주년을 맞이하여 달성된 것”이라고 말했다.

이번 발견이 가능했던 이유는 대규모 업그레이드를 통해 어드밴스드 라이고의 성능이 향상되어, 1세대 라이고 검출기에 비해 어드밴스드 라이고 감도가 향상되었기 때문이다. 그 결과, 관측 가능한 우주의 범위가 큰 폭으로 늘어났고, 첫 번째 관측 가동(first observation run)에서 중력파를 발견할 수 있었다. 어드밴스드 라이고는 미국 과학 재단에서 재정을 지원받았다. 또한, 독일 막스 플랑크 협회, 영국 과학 기술 시설 위원회, 호주 연구 위원회 등 각국의 연구사업지원 기관도 상당한 기여를 했다. 어드밴스드 라이고의 감도 개선에 필요한 몇몇 핵심 기술들은 독일-영국 합작의 지오 협력단에서 개발과 테스트를 담당한 것이다. 데이터 분석에 사용된 컴퓨터 자원은 AEI 하노버가 보유한 아틀라스 클러스터, 라이고 실험실, 시라큐스 대학, 위스컨신-밀워키 대학이 상당부분을 제공하였다. 기타 어드밴스드 라이고의 핵심 부품의 설계, 제작, 테스트는 호주의 호주 국립 대학과 아델라이드 대학, 미국의 플로리다 대학, 스탠포드 대학, 컬럼비아 대학, 루이지애나 주립 대학 등 여러 기관이 담당하였다.

“1992년에 라이고 사업이 처음 승인되었을 때만해도, 라이고는 미국 과학 재단이 추진해온 사업 중에서 가장 큰 규모의 재정 지원 사업이었다”라고 미국 과학 재단장 프란스 코르도바가 회고했다. “(라이고는) 위험성이 큰 사업이었다. 그러나, 미국 과학 재단은 그러한 위험성을 감수하는 기관이다. 우리가 기초 과학이나 공학 연구를 지원할 때는, 발견을 위한 구체적인 진행과정이 어떻게 될지 알기 힘든 단계에 있는

경우가 많다. 우리는 선구적인 연구를 지원한다. 이것이 바로 미국이 지식발전을 선도하는 세계적인 리더십을 유지하는 비결이다.”

라이고 과학 협력단(LSC, LIGO Scientific Collaboration)은 미국과 14개국 대학과 연구소에 소속된 1000명 이상의 과학자로 구성된 연구 그룹으로 90여개 대학과 연구기관이 검출기 관련 핵심 기술 개발과 데이터 분석 등, 라이고 검출기를 사용한 중력과 연구를 수행하고 있다. 라이고 협력단원 중 250여명은 학생들이며, 라이고 연구에 중요한 역할을 담당하고 있다. LSC 검출기 네트워크는 라이고 간섭계와 지오600(GEO600) 검출기 세 대로 구성된다. 지오 연구팀의 구성원은 알버트 아인슈타인 연구소라 불리는 독일의 막스 플랑크 중력물리 연구소와 라이프니츠 대학 하노버, 영국의 글래스고 대학, 카디프 대학, 버밍햄 대학의 기타 영국 유수의 대학, 스페인의 발레아릭 아일랜드 대학 소속의 과학자들이다.

라이고 과학 연구 협력단 대변인이자, 루이지애나 주립 대학 물리천문학과 교수인 가브리엘라 곤잘레스 교수는 “이번 검출은 새 시대를 여는 시작점이 될 것이다. 중력과 천문학은 이제 실제적인 연구 분야가 되었다” 고 자평했다.

라이고는 1980년대 메사추세츠 공과대학 물리학과 명예교수인 라이너 와이스(Rainer Weiss)와 캘리포니아 공과대학 이론물리전공 파인만 석좌 교수이자 명예교수인 킵 손(Kip Thorne), 같은 대학의 물리전공 명예 교수인 로널드 드레버(Ronald Drever)가 중력파를 검출하는 수단으로 처음 제안되었다.

메사추세츠 공과대학의 명예교수 와이스 교수는 “이번 관측 결과는 100년전에 제시된 아인슈타인의 상대성 이론과 아름다울 정도로 잘 부합되며, 강한 중력장에 적용된 상대성 이론을 처음으로 검증한 내용도 포함하고 있다. 우리가 (이번 발견을) 전했을 때, 아인슈타인이 어떤 표정을 짓는지 볼 수 있다면 좋았을 것이다”라고 말했다.

“이 발견으로 우리들 인류는 믿기 어려울 정도로 놀랍고 새로운 진리에 대한 탐구를 시작할 수 있게 되었다: (중력에 의해) 구부러지고 휘어진 우주의 면면뿐 아니라 - 그렇게 휘어진 시공간에서 발생한 천체들과 각종 현상들 모두를 탐사할 수 있는 것이다. 충돌하는 블랙홀과 중력파는 (이런 탐사로 가능한 과학에 대한) 아름다운 첫 번째 사례라고 하겠다.”라고 킵 손 캘리포니아 공과대학 명예교수가 말했다.

비르고 연구를 이끌고 있는 비르고 협력단은 유럽 각국의 19개 연구 그룹에 소속된 250명이 넘는 물리학자와 공학자들로 이루어져있다. 비르고의 19개 연구 그룹의 면면은 다음과 같다: 프랑스 국립 과학 연구소의 6개 그룹, 이태리의 국립핵물리 연구소 소속의 8개 그룹, 네덜란드의 국립 핵-고에너지 물리 연구소의 2개 그룹, 헝가리의 위그너 물리연구소, 폴란드 중력연구 그룹, 마지막으로 비르고 검출기가 있는 이태리 피사 근교에 위치하고 있는 유럽 중력과 관측소(EGO, European Gravitational Observatory)가 비르고에 속해 있다.

비르고 연구단 대변인인 폴비오 리치 교수는 “이번 발견은 물리학의 중요한 이정표가 될만한 사건이다. 더욱 중요한 것은 이 발견이 라이고와 비르고가 앞으로 발견할 더욱 흥미로운 여러 천체물리학적 발견의 시작이라는 점이다”라고 논평했다.

막스 플랑크 중력물리 연구소(알버트 아인슈타인 연구소) 소장인 브루스 엘런은 “아인슈타인은 중력파가 너무 약해서 검출이 불가능하다고 생각했으며, 블랙홀은 존재하지 않는다고 믿었다. 내 생각에 아인슈타인은 그가 틀렸다고해도 개의치 않으리라고 생각한다!”라고 덧붙였다.

어드밴스드 라이고 프로젝트 리더인 데이비드 슈메이커 매사추세츠 공과대학 교수는 “어드밴스드 라이고 검출기는 진정 우수한 기술자, 공학자, 과학자로 구성된 국제 협력팀이 이루어낸 과학기술의 역작이다”라면서, “우리는 미국 과학 재단이 지원한 사업을 주어진 시간과 재정 범위내에서 끝마쳤다는 것에 매우 큰 자부심을 느낀다”고 말했다.

각각의 라이고 관측소에는 L자 모양으로 생긴 4 킬로미터 길이의 레이저 간섭계가 설치되어 있다. 이 간섭계는 레이저 빛을 L자 모양에 맞춰 두 갈래의 빔으로 나눈 뒤 (지름이 약 122 센티미터이고, 거의 완벽한 진공상태로 유지되는) 튜브안을 왕복하도록 설계되었다. 이 빔들은 간섭계의 L자 팔 양 끝에 설치된 거울 사이의 거리를 모니터링하는데 사용된다. 이 거울들의 위치는 사전에 매우 정밀하게 측정되어 있다. 아인슈타인의 이론에 따르면, 중력파가 검출기를 지나가면, 거울 간의 거리가 미세하게 변한다. (라이고는) 간섭계의 팔 길이가 양성자 지름의 만분의 일(즉, 10^{-19} 미터)만큼 변화하는 것을 측정할 수 있다.

세일라 로완 영국 글래스고 대학 물리천문학과 교수는 “국제적인 과학 협력으로 이렇게 환상적이고 획기적인 사건을 이룰 수 있었다 - 독일-영국 합작의 지오600(GEO600) 검출기를 위해 개발된 레이저 시스템과 현가장치(懸架裝置, suspension) 기술은 어드밴스드 라이고라는 이제까지 가장 복잡한 중력파 검출기를 만드는데 일조했다”고 말했다.

중력파가 발생하는 방향을 알아내고, 검출된 신호가 지구상에서 일어난 현상이 아니라 우주로부터 온 중력파임을 검증하기 위해서는 서로 먼 거리에서 독립적으로 가동되는 여러 (중력파) 관측소가 필요하다.

호주 국립 대학 중력파 물리 센터장인 데이비드 맥클레랜드 물리학과 교수는 “이번의 첫 중력파 발견으로 다신호 천문학(multi-messenger astronomy) 시대에 중력파원의 위치를 정확히 알 수 있는 국제 검출기 네트워크의 구축이 더욱 앞당겨지길 바란다”고 말했다.