

라이고, 비르고, 카그라 중력파 연구단 제 4차 관측 가동 결과 두 번째 자료 공개

라이고, 비르고, 카그라 국제 중력파 연구단이 제4차 관측가동(O4)의 두 번째 기간에 해당하는 O4b 관측으로 얻은 새로운 중력파(GW) 자료를 공개하였다. O4b 관측은 2024년 4월 10일부터 2025년 1월 28일까지 수행되었다. 제 4차 관측가동 첫 번째 기간 중에는 라이고 관측소 두 곳만 관측을 수행하였으나, O4b 기간에는 비르고 관측소가 미국 라이고 관측소 두 곳과 함께 관측 수행에 참여하였다. 이에 따라 이번 자료 공개에는 비르고-라이고 핸드포드-라이고 리빙스턴 세 곳에서 동시 관측한 중력파 자료(GW strain)가 포함되었다. 다만 카그라 관측 자료는 아직 주요 과학 분석에 활용하기에 충분한 감도를 확보하지 못한 상태이다.

중력파 관측 자료를 대중에 공개

중력파 관측 자료가 공개되어 연구자와 시민들이 우주 탐구와 과학 연구에 직접 참여할 수 있는 기반이 넓어지고 있다. 지금까지 국제 중력파 연구단이 공개한 자료는 1100편 이상의 과학 논문에서 활용되었으며, 연구 주제 또한 금과 같은 무거운 원소의 기원, 핵물리학, 우주의 팽창, 상대론 검증에 이르기까지 매우 다양하다. 또한, 교사, 학생, 시민 과학자들이 공개된 중력파 자료를 활용하여 다양한 연구와 교육 활동을 수행하고 있다. 이번에 공개된 관측 자료에는 전례 없이 높은 정밀도로 기록된 중력파 관측값이 포함되어 있다. O4b 기간 동안 라이고 중력파 관측 감도가 소폭 향상되었으며 이는 그림 1의 BNS Range (중성자별-중성자별 쌍성에서 방출된 중력파를 관측할 수 있는 최대 거리)로부터 확인할 수 있다. 라이고는 지구로부터 최대 약 165 메가파섹(Mpc, 약 5억4000만 광년) 거리에서 발생한 중성자별-중성자별 병합을 검출할 수 있었으며, 비르고의 감도는 약 50 Mpc 수준에 도달하였다.*

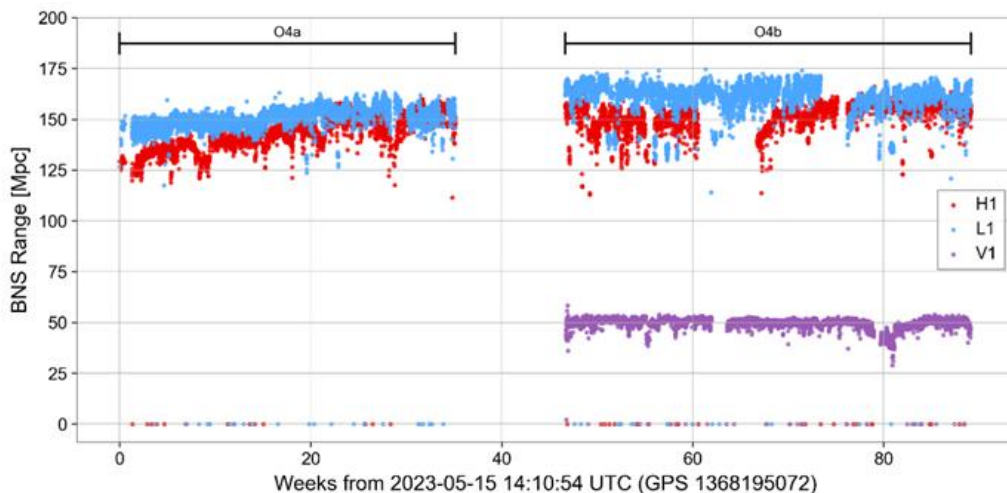


그림 1: 가로축은 제 4차 관측가동의 첫 번째(O4a) 및 두 번째(O4b) 관측 기간으로 2023년 5월 15일로부터의 주차(weeks)를 나타낸다. 세로축은 주 별 기기성능을 나타내며, 구체적으로는 중성자별쌍 관측 가능 거리(BNS Range)이다. 즉, 제 4차 관측가동 기간 동안 라이고는 지구로부터 최대 165 Mpc(5억4000만 광년) 거리에서 발생한 중성자별-중성자별 병합까지 검출할 수 있었다.

O4a 및 O4b 공개 자료에는 초신성 기원 중력파 탐색과 관련된 추가 자료 구간도 포함되었다. O4a에는 초신성 SN 2023ixf와 관련하여 2023년 5월 15일로부터의 관측 자료가 포함되었으며, O4b에는 초신성 SN 2024ggi와 관련하여 2024년 4월 6일로부터의 관측 자료가 포함되었다.

추가 정보:

개별연구단 www.ligo.org

홈페이지: www.virgo-gw.eu

gwcenter.icrr.u-tokyo.ac.jp/en/



* 중성자별-중성자별 쌍에 비해 블랙홀-블랙홀 병합의 검출 가능 거리는 이보다 훨씬 크며 수십억 광년에 이른다. 이는 블랙홀이 중성자별보다 훨씬 더 무겁고, 병합 과정에서 훨씬 강한 중력파를 방출하기 때문에 매우 먼 우주에서 발생한 중력파 신호까지 검출할 수 있기 때문이다.

이번 자료는 [Gravitational Wave Open Science Center \(GWOSC\)](https://www.gwosc.org/)를 통해 공개되었으며, GWOSC 및 논문에 기술된 다른 자료 배포 경로를 통해 누구나 이용할 수 있다. GWOSC에서는 과거 공개된 중력파 자료도 함께 제공하고 있다. 그림 2는 GWOSC 홈페이지 화면이다.

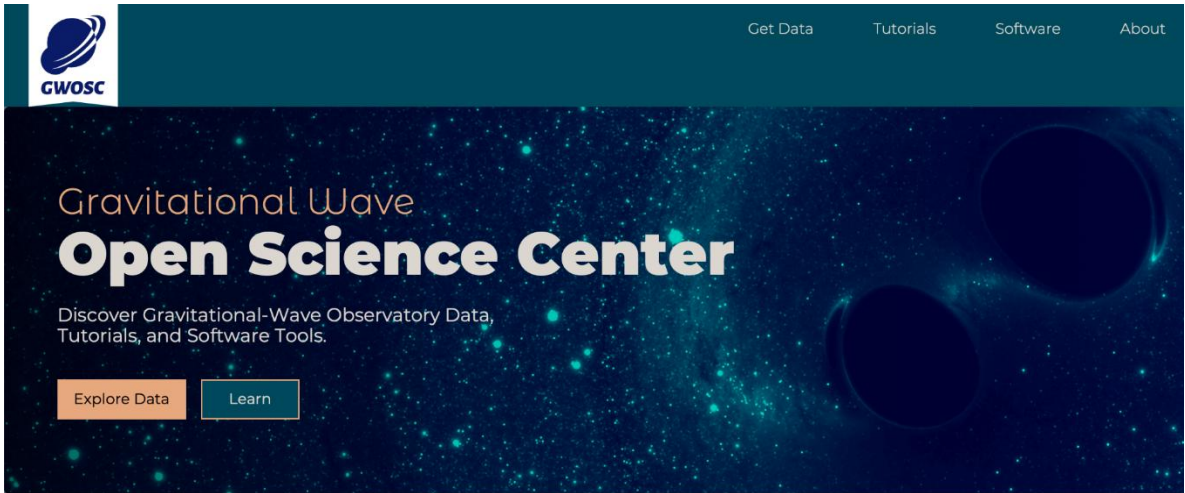


그림2. GWOSC 홈페이지(<https://www.gwosc.org/>). GWOSC는 공개 중력파 자료와 함께 소프트웨어, 활용 튜토리얼, 관련 문서도 제공하고 있다.

중력파 자료 공개에는 무엇이 포함되는가?

이번 공개 자료의 핵심으로 두 종류의 파일이 포함된다.

- 중력파 변형률(strain) 시계열 자료는 관측소의 핵심 자료로 검출기 팔 길이의 미세한 변화를 기록한 것이다. 해당 자료 파일에는 관측소를 통과한 중력파에 의해 발생한 극미세 길이 변화, 주변 환경 및 장비에서 기인한 잡음도 포함되어 있다.
- 세그먼트(segment) 목록은 [GWOSC Timeline app](#) (GWOSC 타임라인 앱)을 통해 제공되며, 관측 가동에 관련된 시간 정보와 자료 품질 정보를 기록하고 있다. 또한 검출 파이프라인 성능 시험에 사용되는 모의 중력파 신호(simulated GW signal injection)를 표시하는 정보도 포함되어 있다.

이번 공개 자료에는 관련 문서와 함께 다양한 자료 다운로드 방식도 포함되어 있다. 사용자는 웹 인터페이스, 응용 프로그래밍 인터페이스인 [application programming interface \(API\)](#) 및 선별된 [Zenodo](#) (제노도) 저장소를 통해 자료를 내려받을 수 있다.

또한 O4b 및 이전 관측 기간에서 검출된 중력파 사건 중 통계적 신뢰도가 높은 사건을 수록한 다섯 번째 중력파 돌발천체 목록(Gravitational Wave Transient Catalog 5.0, GWTC 5.0)도 함께 공개되었다. 사용자는 [GWOSC Event Portal](#) (GWOSC 이벤트 포털) 또는 API를 이용한 프로그램을 통해 카탈로그에 수록된 중력파 사건을 열람할 수 있다.

또한 이번 공개 자료에는 초신성 [supernova 2024ggi](#) 전후 시기의 중력파 변형률 자료와, 비정상 잡음([noise](#))에 의해 자료가 오염되었을 가능성이 있는 구간을 식별하기 위한 보조 채널(auxiliary channel) 자료 세트 등 추가 자료도 포함되었다. 한편 GWOSC는 최근 커뮤니티 카탈로그 제공도 시작하였다. 즉, LIGO/Virgo/KAGRA 협력단 소속이 아닌 외부 연구자들이 공개 자료를 활용해 발견한 중력파원 탐색 결과도 GWOSC에서 제공하고 있다.

중력파 자료 활용

이번 자료 공개의 목적은 중력파 자료에 대한 폭넓은 접근을 지원하고, 참여 연구단이 수행한 분석 결과를 누구나 재현할 수 있도록 하는 데 있다. 중력파 공개 자료 활용을 시작하려는 연구자와 학생들은 learn.gwosc.org에서 제공하는 공개 자료 워크숍(Open Data Workshop)을 통해 관련 교육을 받을 수 있다. 또한 공개 자료를 활용한 연구 결과를 발표할 경우에는 [해당 자료의 사용 사실을 명시해야 한다](#).

추가 정보:

개별연구단
홈페이지:

<http://www.ligo.org/>

<http://www.virgo-gw.eu/>

<https://gwcenter.icrr.u-tokyo.ac.jp/en/>

중력파 오픈사이언스센터(Gravitational-Wave Open Science Centre):
[gwosc.org](https://www.gwosc.org/)

O4a 자료 공개 링크: [gwosc.org/O4/O4b/](https://www.gwosc.org/O4/O4b/)

오픈데이터 워크숍(Open Data Workshop): learn.gwosc.org

관련 과학 논문 전문 무료 프리프린트 읽기:

<https://dcc.ligo.org/LIGO-P2600085/public/>

or on arxiv: