

천체물리연구센터: 우주 자기장의 기원 규명과 다중신호 천체물리 연구

Center for Astrophysics: Identifying the Origin of
Cosmic Magnetic Fields and Advancing Multi-
Messenger Astrophysics

이원우 (CQ_{Ue}ST, Sogang Univ.)

차례

1. 천체물리연구센터 추진 배경
2. 연구자 중심 구축형 R&D 수요발굴 사업
천체물리연구센터 (Center for Astrophysics)
3. 정리

1. 천체물리연구센터 추진 배경

[1] 천체물리연구소 추진 역사

① 2009년 천체물리연구소 추진위원회의 활동 시작

천체물리연구소 추진을 위한 회의록

===== 일 정 =====

주최 : 천체물리연구소 추진위원회

주관 : 물리학회 천체물리학분과

일시 : 2011년 9월 24일(토요일) 15:00-17:30

장소 : 한양대학교 자연과학대학 426호

발표자 : 조용민, 류동수, 박일홍, 이형목

사회 : 천체물리학분과 위원장 이형원

15:00-15:10 개회 및 취지 설명(천체물리연구소 추진위원회 위원장 이철훈)

15:10-16:00 조용민 교수님, 이형목 교수님

16:00-16:20 휴식

16:20-17:10 박일홍 교수님, 류동수 교수님, 금융연 박사님

17:20-18:00 종합 논의

② 2015년 일반상대론 100주년 기념 국제학회: 회고 및 전망

일반상대론 100주년 기념 국제학회: 회고 및 전망
(General Relativity: Centennial Overviews and Future Perspectives)

* Date: December 21 ~ 23, 2015

* Venue: Ewha Womans University

17:20-17:50 (30 min) John J. Oh (NIMS), Il Hung Park* (Sungkyunkwan U), Hyung Mok Lee (Seoul Nat'l U), Sung-Won Kim (Ewha Womans U); 패널 토론

- IBS 지정분야 Astrophysics & Cosmology에 대한 논의

[2] 왜 지금 시작해야 하는가?

- ① 우주 자기장 기원 규명 연구와 자기장을 이용한 전력 생산 연구가 세계적인 추세로 시작 단계로 가고 있다.
- ② 중력파·전자기파·중성미자·우주선 통합 연구 등 다중신호 천체물리/천문학 시대 개막으로 세계적으로 천체물리학의 패러다임 전환 시기이다.
- ③ 국가 차원의 이론-수치계산-관측 데이터 분석 및 통합 해석을 잇는 파이프라인으로써 통합 연구 허브가 부재하다.

이러한 이유로 저는 천체물리연구센터 설립을 제안합니다.

2. 2026년 연구자 중심 구축형 R&D 수요발굴 사업 - 천체물리연구센터(Center for Astrophysics) -

[1] 주제: 우주 자기장의 기원 규명과 다중신호 천체물리 연구

- 자기장 규모로 분류

- 마그네타(Magnetar): 중성자 별의 한 유형, $10^{13} \text{ G} \sim 10^{15} \text{ G}$

- 지구 자기장(magnetic field of the Earth): $0.35 \sim 0.70 \text{ G}$

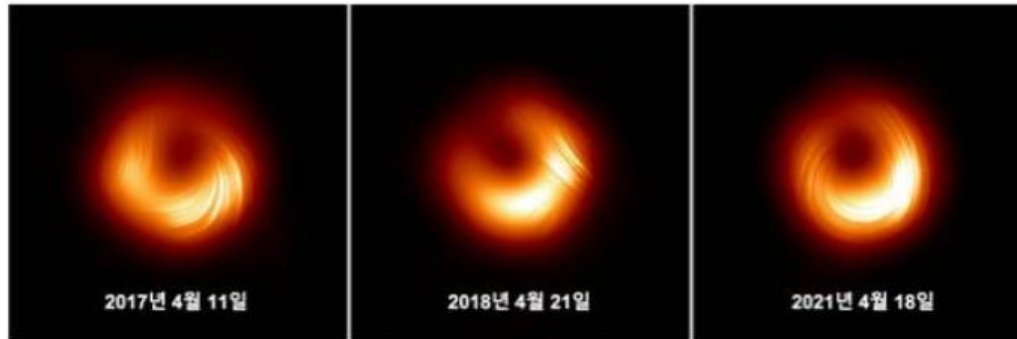
- 은하 자기장(galactic magnetic fields): 은하 내부(성간공간), $\sim 10^{-6} \text{ G}$

- 원시 자기장(Primordial Magnetic Field): 우주 전체의 공간(우주 거대 구조와 은하 간 공간)에 걸쳐 발생, 10^{-12} G ; '이론적 추정치(상한선)'

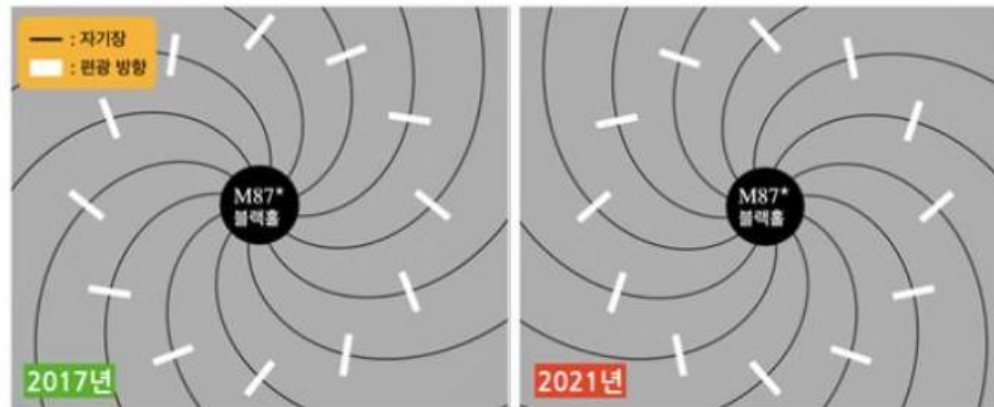
이러한 자기장은 어떻게 생성되었으며, 어떻게 이러한 강력한 자기장으로 증폭 되었을까요?

• M87 은하 중심 블랙홀 주변의 자기장 변화 관측; 2025.09.16

1 국내 연구팀, M87 은하 중심 초대질량 블랙홀 분석 결과 발표



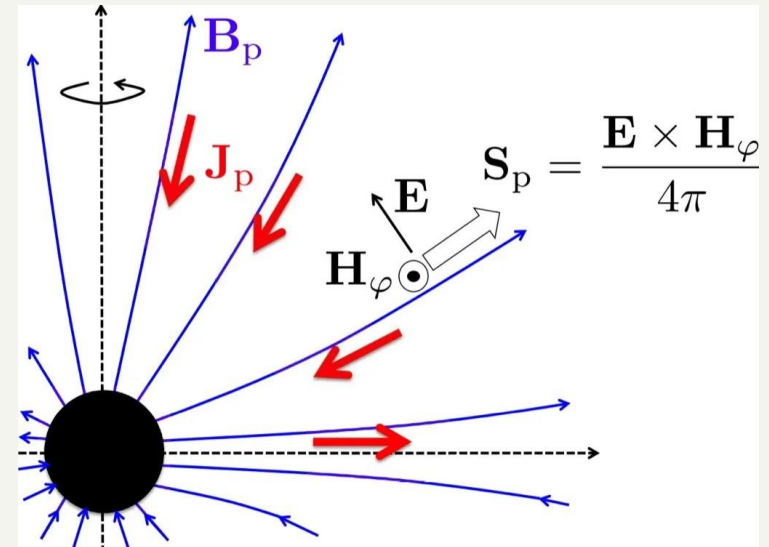
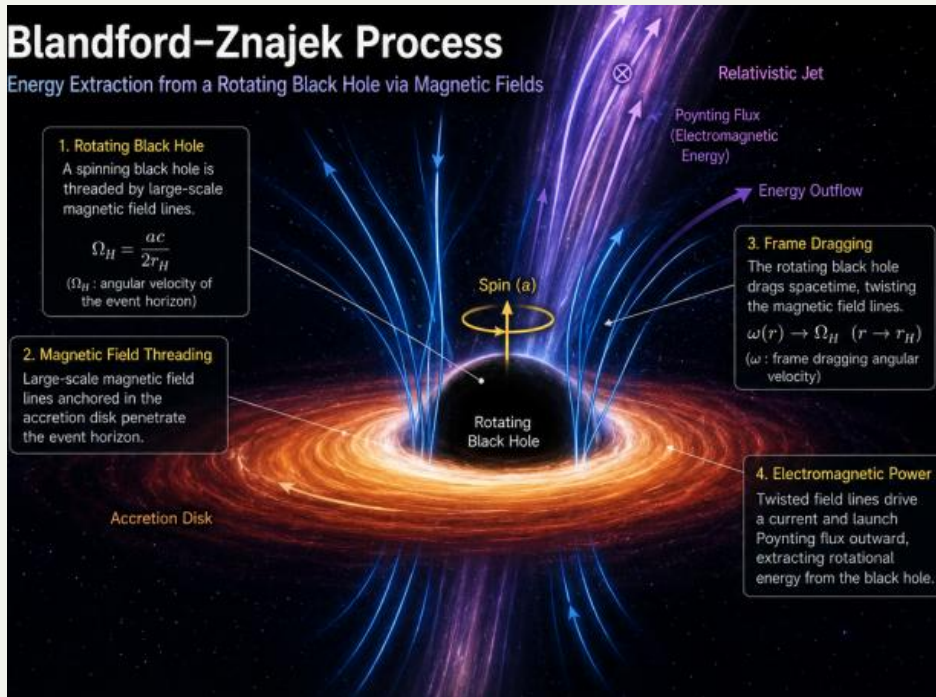
EHT로 관측한 다년간 블랙홀 자기장 변화. [사진=EHT Collaboration]



가운데 검은색 원은 M87 블랙홀, 흰색 막대는 관측된 빛의 고리의 편광 방향, 검은색 실선은 자기장의 방향을 나타낸다. [사진=EHT Collaboration]

자기장의 편광 회전 방향이 정반대로 뒤집힌 이유는?

- 자기장을 가진 회전하는 블랙홀로부터 Blandford-Znajek process 을 통한 에너지 추출: 상대론적 제트와 고에너지 방출을 설명



은하 중심 블랙홀 자기장의 기원은 무엇인가?

※ 자기장의 기원 문제와 천체물리 다양한 분야 연구와의 연결성

- 은하 자기장은 세기는 약하지만 은하 전체 규모에 걸쳐 형성되어 있어, 우주선(Cosmic Rays)의 이동 경로를 바꾸고 별이 탄생하는 가스 구름의 붕괴에 영향을 미침.

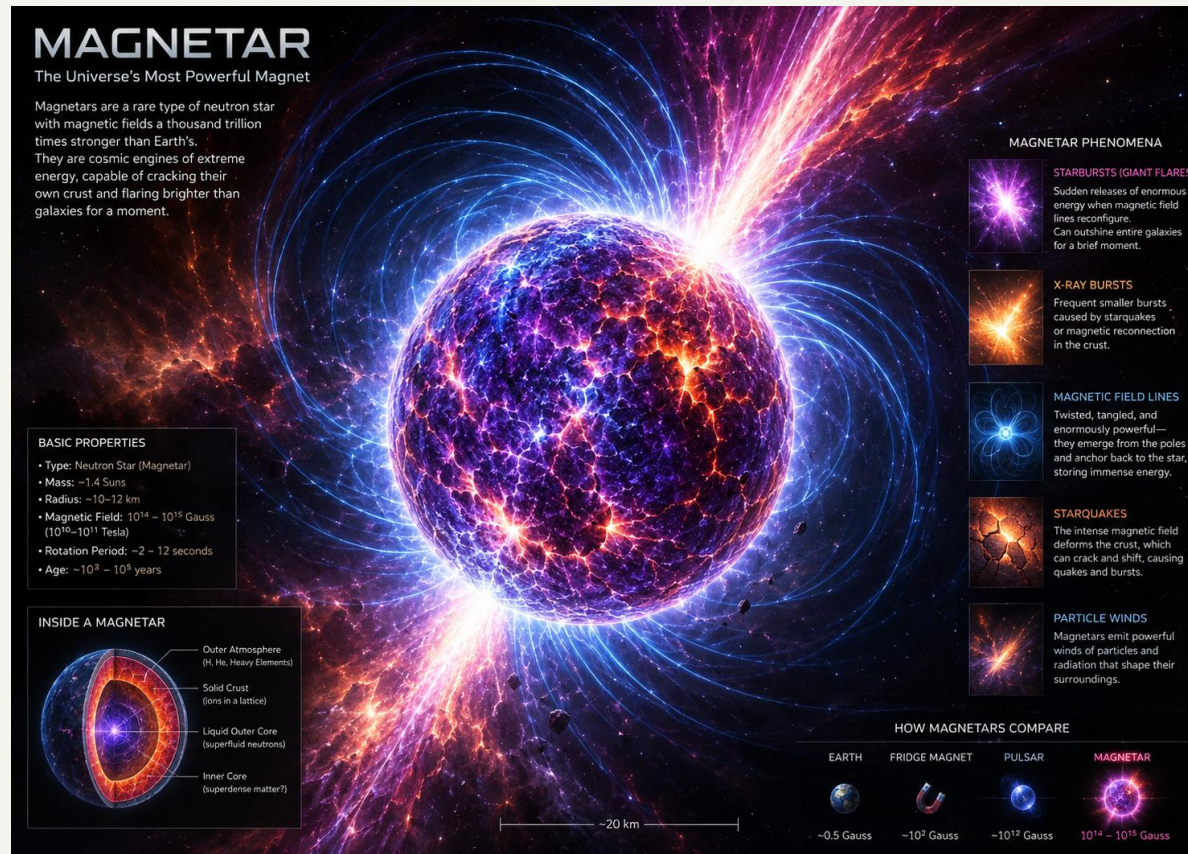
-자기장의 기원 문제와 함께, 고에너지 우주선의 기원 문제가 결합-

- 우주의 inflation 기간이나 뜨거운 plasma 상태에서 전하를 띤 입자들의 요동에 의해 생성된 'seed' 자기장 가정. 우주 마이크로파 배경(CMB)에도 분석을 통해 이론적인 상한선을 제공.

-자기장의 기원 문제와 함께, 초기우주론의 연구가 결합-

• 가장 강력한 자기장을 가진 천체인 마그네타의 자기장은 어디에서 비롯되어 어떻게 증폭되었는가.

-자기장의 기원 문제와 함께, 마그네타의 강력한 자기장 문제가 결함-



• 남아프리카공화국에 구축 중인 세계 최대의 전파망원경 프로젝트인 SKA(Square Kilometer Array)

- 우주 자기장의 기원을 풀기 위해 전 세계 10여 개국이 참여한 인류 역사상 가장 거대한 전파망원경 구축 프로젝트
- SKA 1단계 설계는 21,000제곱미터의 집광 면적을 가진 접시형 안테나로 구성



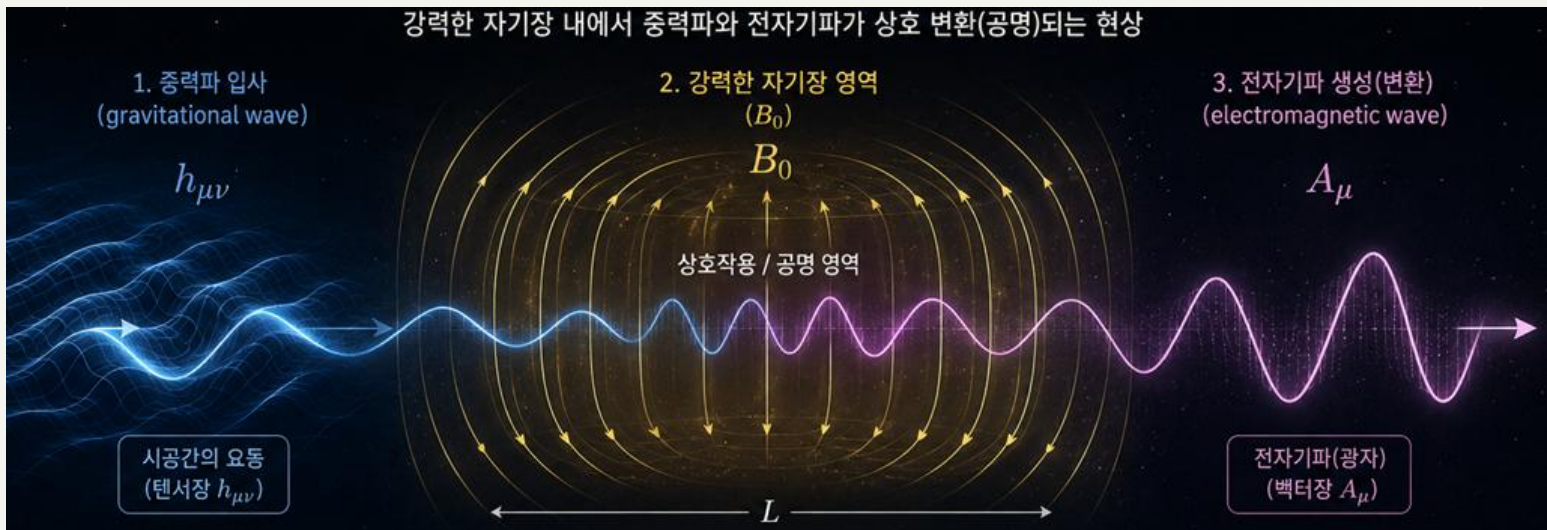
- 남아프리카의 SKA-Mid는 350MHz(0.857m)에서 14GHz(0.0214m) 사이의 중주파 대역을 관측. 이 대역은 은하와 은하단, 그리고 우주 거대구조(Cosmic Web) 사이에 펼쳐진 미세한 자기장을 관측하는 데 최적화되어 있음. (온도 3K 이 대략 0.966mm)
- 은하 형성 시기의 자기장을 관측, 우주 자기장이 초기 우주의 물리적 현상으로 인해 태어난 Primordial Field인지, 아니면 별과 은하가 활동하던 시기에 만들어진 것인지 그 기원을 판별.
- 2025년 5월, 우주항공청(KASA)과 한국천문연구원(KASI)은 SKAO 본부와 SKA 프로젝트 공식 참여를 위한 양해각서(MOU)를 체결, 정회원국에 준하는 자격을 확보.

-자기장의 기원 문제와 함께, 거대 전파 망원경 구축이 결합-

- Gertsenshtein(1962)–Zeldovich(1973) effect

■ 강력한 자기장이 존재하는 환경에서 중력파와 전자기파가 상호 변환(공명)되는 현상

- 중력파가 강력한 자기장 영역을 통과할 때, 중력파→ 전자기파 변환이 발생
- 고에너지 전자기파가 강한 자기장 속을 통과할 때, 전자기파 → 중력파 변환이 발생



-자기장의 기원 문제와 함께, 중력파 연구가 결합-

우주 모든 곳에 존재하는 우주 자기장의 기원을 물리적으로 규명할 수 있는가?

* 필수사항

- 기원 규명을 위한 도전적이며 창의적인 이론
- 우주 먼 곳에서 오는 희미한 전파 신호와 빛의 편광 상태를 관측할 수 있는 거대 전파망원경 배열(Radio Telescope Array)
- 수치계산과 데이터 분석을 위한 초고성능 슈퍼컴퓨터

2. 2026년 연구자 중심 구축형 R&D 수요발굴 사업 - 천체물리연구센터(Center for Astrophysics) -

[2] 규모

천체물리연구센터(Center for Astrophysics) 구축 (10년 1000억 규모)

- ① 우주자기장 연구본부
 - 이론천체물리센터 (160억)
 - 수치천체물리센터 (210억)

- ② 다중신호 천체물리 연구본부
 - 통합해석센터 (210억)
 - 고에너지 천체물리센터 (210억)

- ③ 우주론 연구본부
 - 암흑물질·암흑에너지센터 (210억)



■ 인력 구성의 주안점

- 각 센터에 연구 책임자 1명을 임용.
- 인력 구성에서 대학원생 인턴 제도와 젊은 연구원의 고용에 중점을 둠.
- 각 분야 연구 전문가를 자문단으로 임용 및 활용.

■ 이론천체물리센터 구성 (각 연구팀은 연구자 3인 ~ 4인으로 구성)

- 우주 자기장 이론 연구팀
- 블랙홀/중성자별/웜홀 이론 연구팀
- 초기우주론/변형중력 이론 연구팀
- 암흑물질 및 암흑에너지의 이론 연구팀
- 양자중력 관련 이론 연구팀

수치천체물리센터 구성

- AI/빅데이터 등 이용
- 초고성능 슈퍼 컴퓨팅 구축 및 설비 비용으로 120억 ~ 150억 배정
- 수치 상대론 및 수치 계산에 능한 5명 ~ 6명의 연구원을 임용



[3]연구의 목적/목표 및 필요성

- 우주 자기장의 기원 규명을 주 연구주제로, 은하 중심 블랙홀과 상호작용하는 자기장, 은하 자기장과 암흑물질의 상호작용, 우주 원시 자기장의 우주론적 기원 등 우주 자기장과 상호작용하는 우주선 및 다중신호 천체물리를 통합 연구하는 10년 연구비 1000억 규모의 ‘천체물리연구센터(Center for Astrophysics)’ 구축을 목표.
- ‘이론-수치계산-관측 데이터 분석 및 통합해석’을 잇는 파이프라인을 구축, 차세대 우주 탐사 시대를 위한 국가적 이론·데이터 자산을 확보.
- 필요한 국가연구기반으로 천체물리 네트워크, 대형 수치 천체물리 센터를 구축.

[4] 단계별 로드맵

1~2년차	준비 단계	핵심 인력 확보, 슈퍼컴퓨팅 인프라 설계, 국제 협력 체결
3~5년차	구축 단계	GPU 클러스터 및 데이터 허브 완성, 통합 분석 플랫폼 운영 개시
6~10년차	확장 단계	우주 자기장의 기원 규명, 국제 공동관측 참여 및 주도, 한국형 다중신호 연구 생태계 완성

[5] 기대효과

- 학술적 효과: 우주 자기장·블랙홀·다중신호 천체물리/천문학 연구에서 국제 선도 그룹 형성
- 국가 전략 효과: 차세대 우주탐사와 데이터 과학 역량 강화
- 인재 양성 효과: 젊은 연구자와 대학원생 양성을 바탕으로 한 지속 가능한 연구 생태계 구축
- 산업·기술 파급효과: AI·빅데이터·고성능컴퓨팅 기술의 우주과학 응용 확대

[6] 산업과의 연계성: 지구자기장을 이용한 전력생산

* 2025년, 미국 프린스턴 대학교 연구팀(NASA 제트추진연구소 등 공동)이 지구의 자전과 지구자기장을 이용해 아주 미세한 전력을 생산하는 실험에 성공.



- 작동 원리: 특수한 자성체(망간-아연 페라이트 등)로 만든 '빈 원통형 실린더'를 지구 자기장과 자전 방향에 수직이 되도록 설치. 속이 빈 실린더 구조에서 전자가 완벽하게 상쇄되지 않고 한쪽으로 흐르며 전위차(전압)를 발생.
- 생산 전력: 실험실 단위에서 약 $17\mu\text{V}$, ~ 1 nano-Watt 수준의 전압을 측정.

발전소 건설을 위한 현실적인 한계!
초미세 전력, 실용적 가치 부족

불가능은 없다. 다만 더 많은 시간과 자원,
도전적인 노력과 창의성이 필요할 뿐이다!

[7] 제안서 결론

- 천체물리연구센터는 이론-수치계산-관측 데이터-다중신호 해석을 하나로 연결하는 국내 최초의 통합 천체물리 연구 플랫폼이다.
- 본 제안으로 우주 자기장의 기원과 극한 우주 현상에 대한 근본적 질문에 답하는 동시에, 대한민국이 차세대 우주과학 시대의 핵심 연구 거점으로 도약하는 기반이 될 것이다.

3. 정리

(1) 천체물리분과에서 정리, 채택되는 제안서에 이론과 수치천체물리센터가 포함되기를 소망합니다.

(2) 분과에서 추진하던 '천체물리연구소' 설립 안은 젊은 연구원들에게 직장을 제공하면서, 그들이 충분히 활용이 될 수 있도록 하는 제안서였습니다.

(3) 오랫동안, 천체물리분과에서는 '천체물리연구소' 설립을 위하여 노력하였습니다. 그동안 노력을 해주신 모든 분과 교수님들께 감사드립니다.

(4) 저에게 발표할 기회를 주셔서 감사합니다. 천체물리, 또는 고에너지 물리, 또는 물리에서 꼭 채택되어 시작될 수 있기를 소망합니다.

경청해주셔서 감사합니다!