

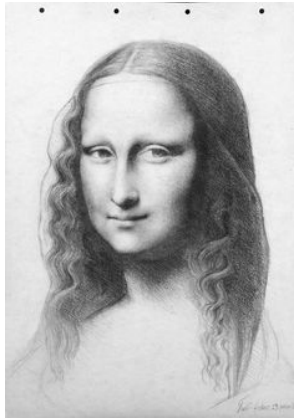
다차원적 우주탐사 7-Dimensional Sky Survey (7DS)



임명신
(서울대학교)
2016-12-16

새로운 분야개척: 광시야 시계열 분광관측

기존 천문관측:
소수의 필터 사용
정적인 우주 촬영



광시야 시계열 관측:
우주와 천체의 시간에
따른 변화를 연구
PTF, Pan-Starrs 등

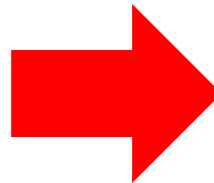


파장범위 제한

다천체 분광관측:
천체들의 다양한
색깔(스펙트럼) 연구
SDSS, 6dF 등



정적인 관측



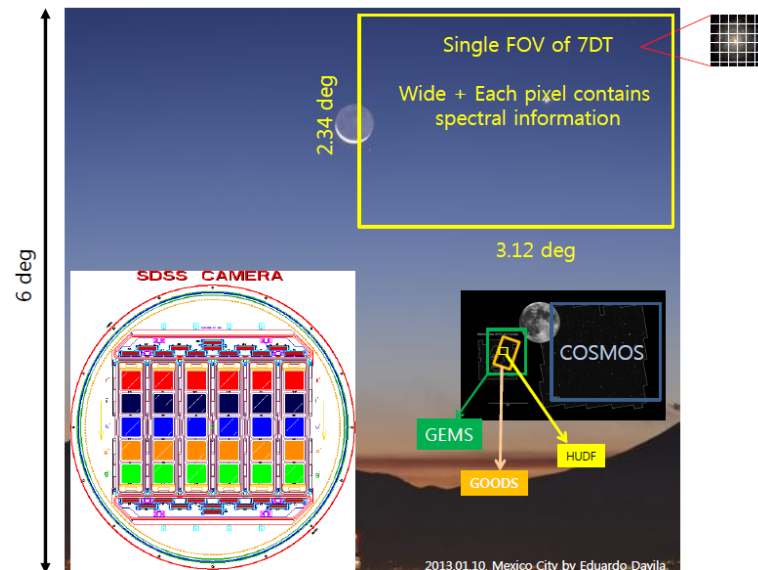
새로운 분야 개척: 광시야 시계열 분광관측
천체의 시간에 따른 스펙트럼 변화 연구

다차원적 우주탐사

7-dimensional Sky Survey(7DS)

7차원?

- ▶ 밝기: 1차원
- ▶ 천구상 천체의 (x, y) 좌표: 2차원
- ▶ 천체의 거리: 1차원
- ▶ 파장: 1차원
- ▶ 시선 속도: 1차원
- ▶ 시간: 1차원



- ➔ 7년간의 누적관측: Time series Integral Field Unit Spectroscopy over $12,000 \text{ deg}^2$!
(보름달 시야의 24,000배, 허블 우주망원경 시야의 1천만 배)

7DS 우주탐사 전략 - 2가지 탐사

1. Wide-area Survey

- 1주일 간격, 광시야 탐사: 넓은 지역을 1주일 간격으로 관측
 - $12,000 \text{ deg}^2$
 - 분광자료 깊이: $R = 18.4(1 \text{ 회}) - 20.9(7 \text{ 년 누적}) \text{ mag}$
 - 1회 관측당 3분 노출

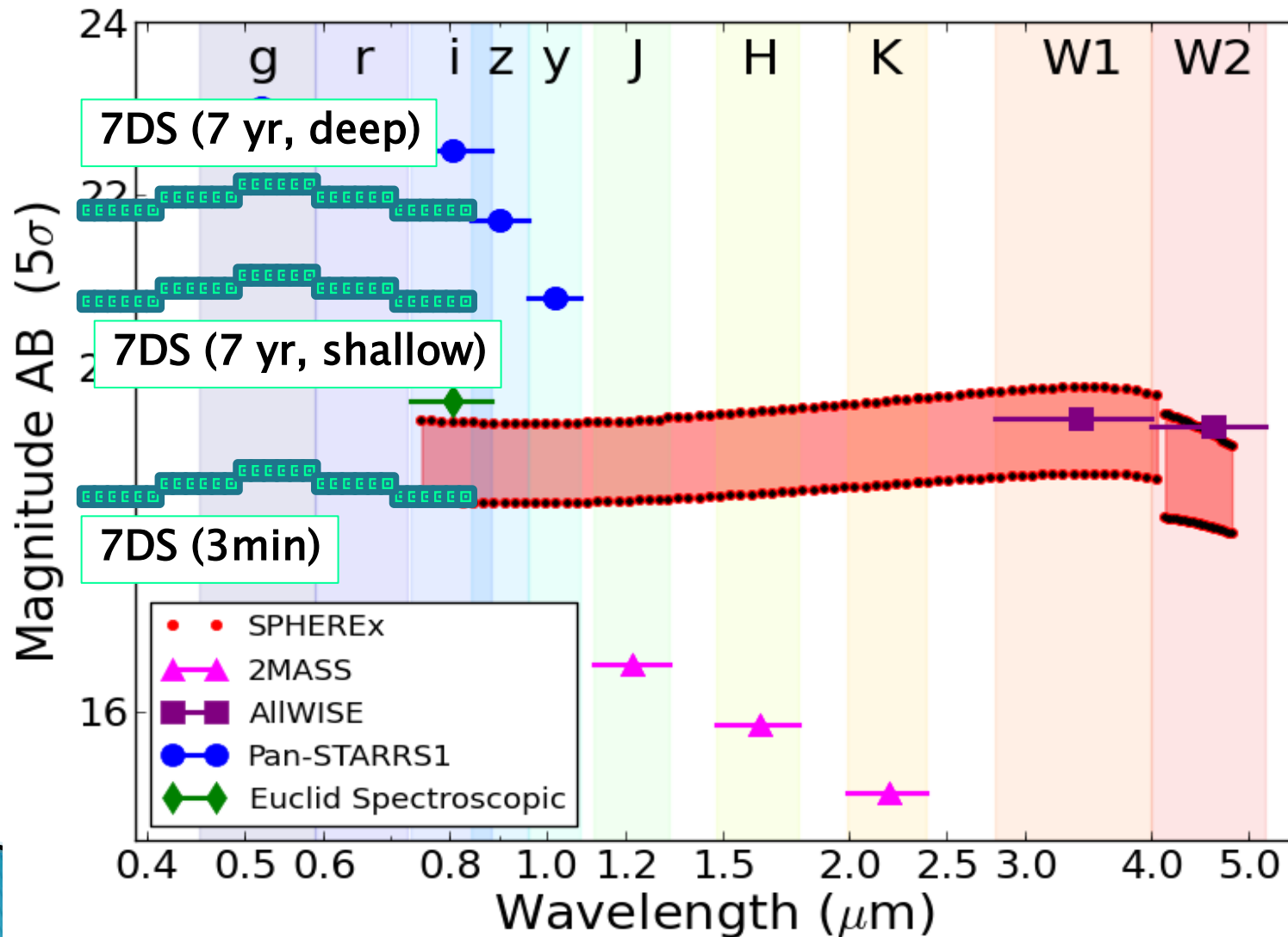
2. High-cadence Survey

- 1일 간격, 깊은 탐사: 좁은 지역을 1일 간격으로 관측
 - 600 deg^2
 - 분광자료 깊이: $R = 18.4(1 \text{ day}) - 21.9(7 \text{ 년 누적}) \text{ mag}$
 - 1회 관측당 3분 노출

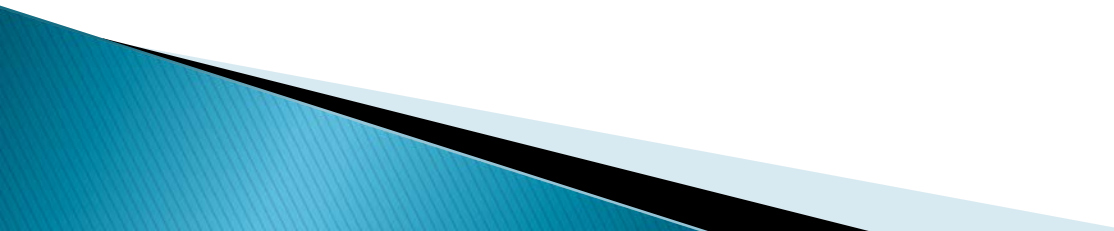
7년 동안 탐사관측, 각 픽셀에 대한 스펙트럼 획득

여러 파장자료를 결합하여 광대역 필터 영상자료 구성시
약 1.5 mag 탐사의 깊이 증가

7DS 탐사의 깊이와 파장분해능: 타 탐사관측 프로젝트 능가

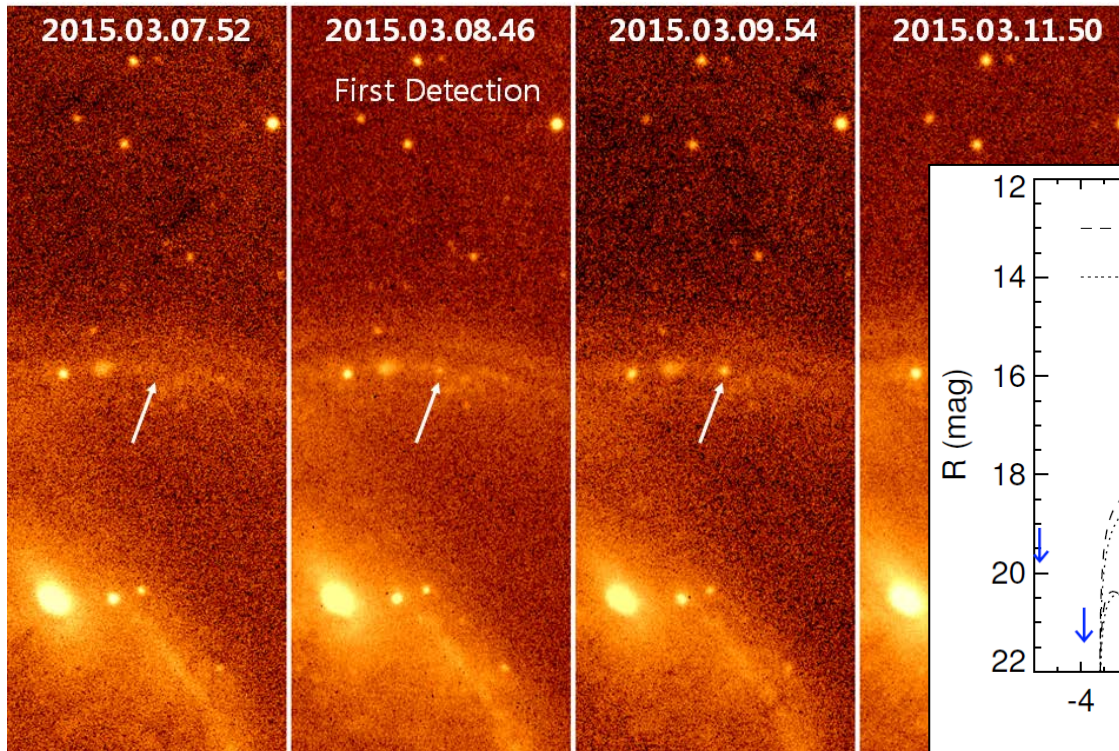


주요연구주제

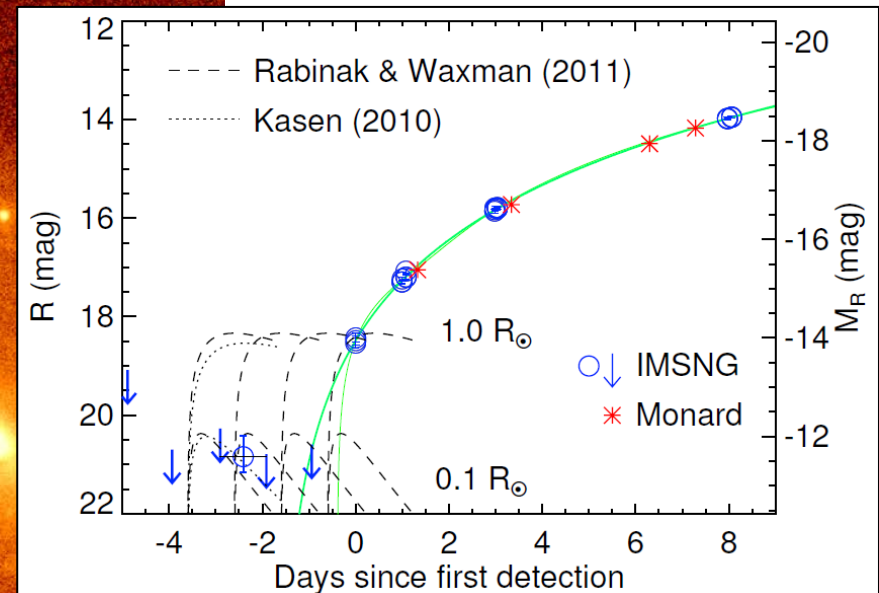
1. 별은 어떻게 죽는가?
 2. 별은 어떻게 탄생하고 진화하는가?
 3. 태양계 소천체의 특성과 외곽지역의 모습은?
 4. 거대질량블랙홀의 성장과정은?
 5. 은하의 형성과 진화는 어떻게 이루어지나?
 6. 우주는 어떤 물질로 구성되어 있는가?
- 

1. 초신성 폭발 기작: 초신성 광도곡선 으로 부터 원형별 특성 추정

Emergence of SN 2015F in NGC 2442



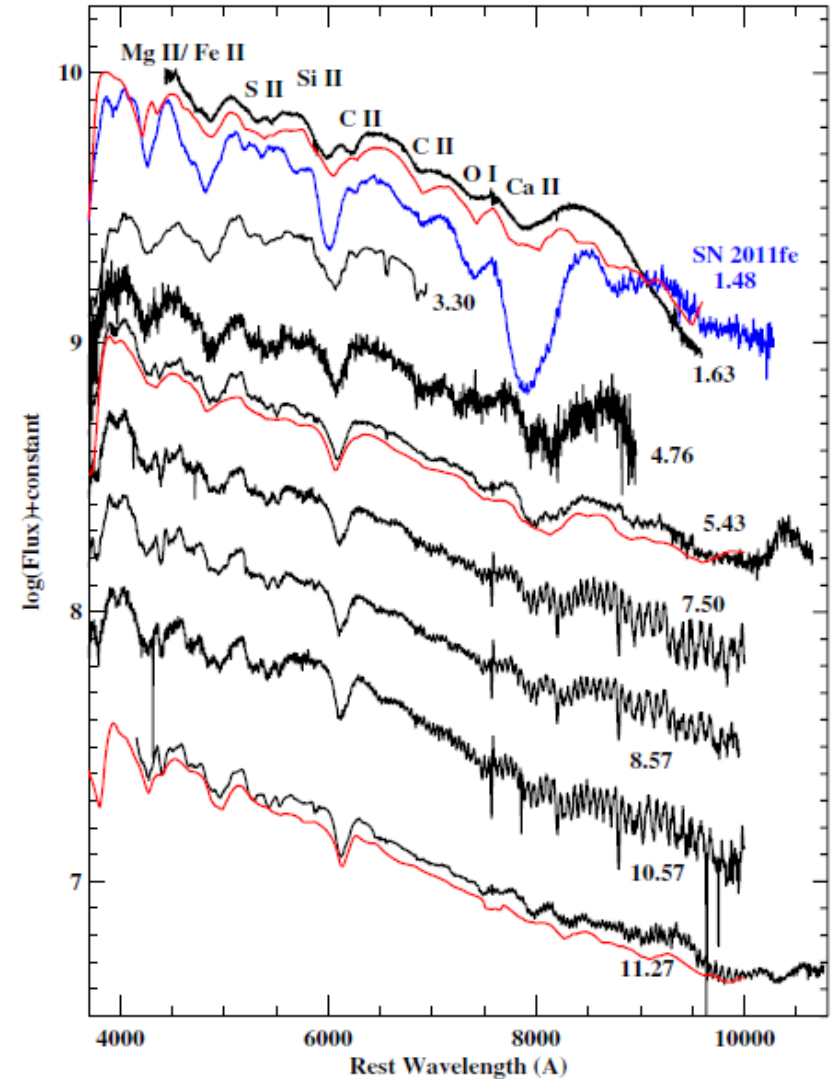
▶ 매우 희귀



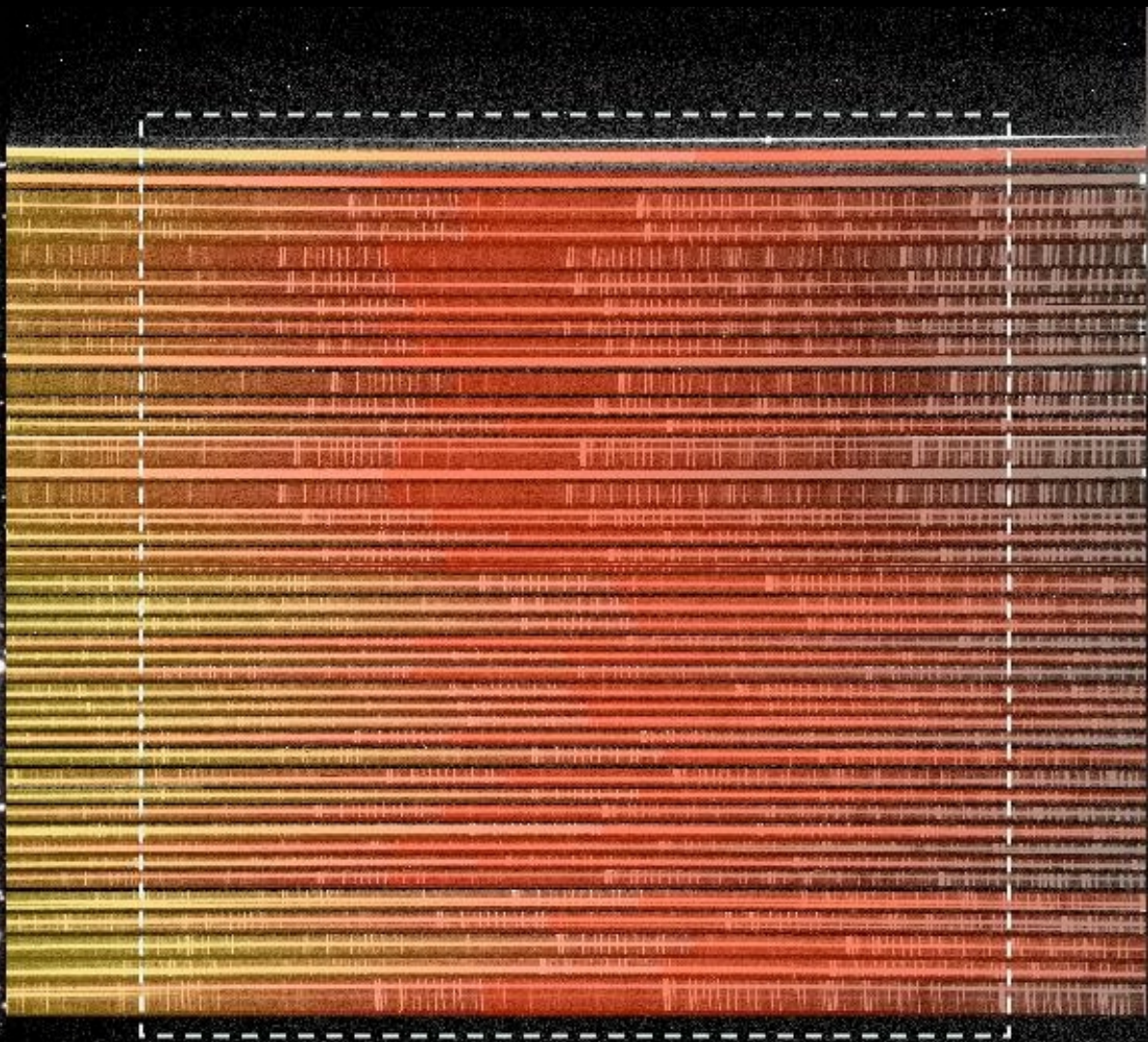
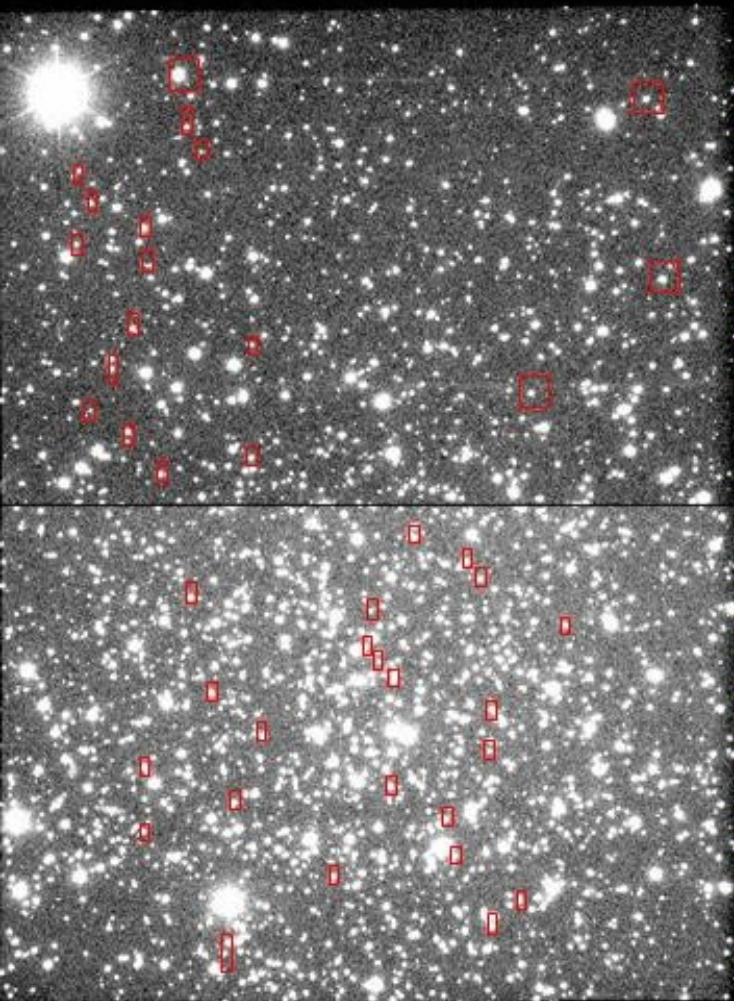
Im, Choi, Yoon et al. (2015)

수백 개의 초신성 초기 스펙트럼

- ▶ 초기 스펙트럼에 나타나는 흡수선으로부터 폭발기작에 관한 제한조건 확보
- ▶ 원형별 최외곽 구성원소, 폭발 기작 등 항성진화 마지막 단계의 이해를 위한 퍼즐을 맞출 수 있음



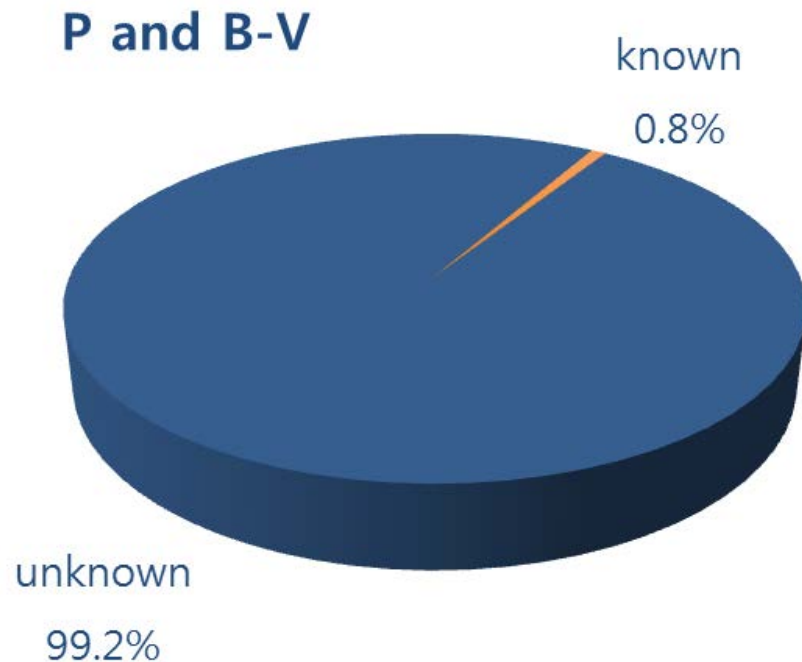
2. 1억-10억 개의 별의 스펙트럼 획득 원시성 격변현상 및 별종족 연구



Keck Telescope

3. 태양계 소천체

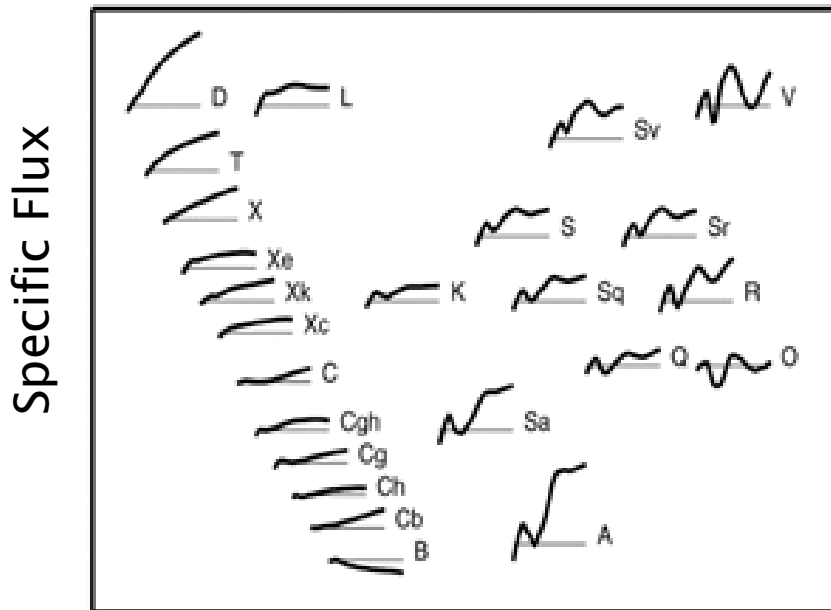
- ▶ 태양계의 기원 및 형성과정에 대한 정보를 담고 있는 중요한 천체(지구근접천체, 소행성, 왜소행성, 혜성)



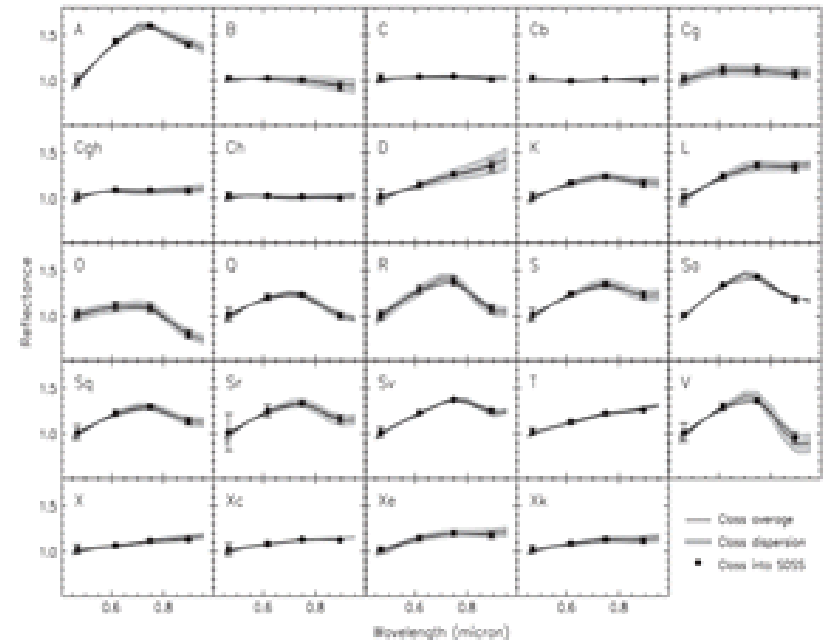
색깔과 주기를 알고 있는 지구근접천체는 극소수

소행성 분류의 새로운 체계 제시

- ▶ 현재 분류법: 불과 317개의 천체에 기반
- ▶ 광대역 영상자료는 제한적인 정보만 제공
- ▶ 7DS를 통해 수만 개의 소행성 스펙트럼을 시시각각 획득, 파장 및 시간축에 따른 새로운 분류체계 제시 가능



기존 소행성 분광분류 체계
(De Meo et al. 2009)



Wavelength

SDSS 광대역 측광자료 한계
(De Meo & Carry 2003)

4. 거대질량 블랙홀

$$M \sim 10^6 - 10^{10} M_{\odot}$$

보통블랙홀: $2-10 M_{\odot}$

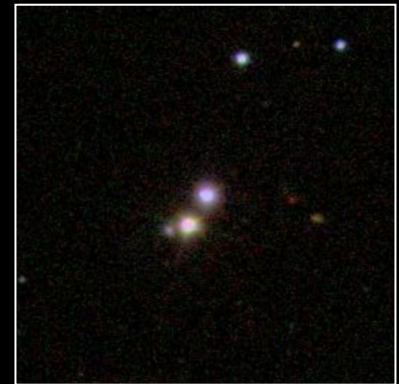
- 많은 은하의 중심부에 위치
- 활동적일 때 퀘이사 또는 AGN으로 나타남
- 성장과정은 수수께끼



타원은하



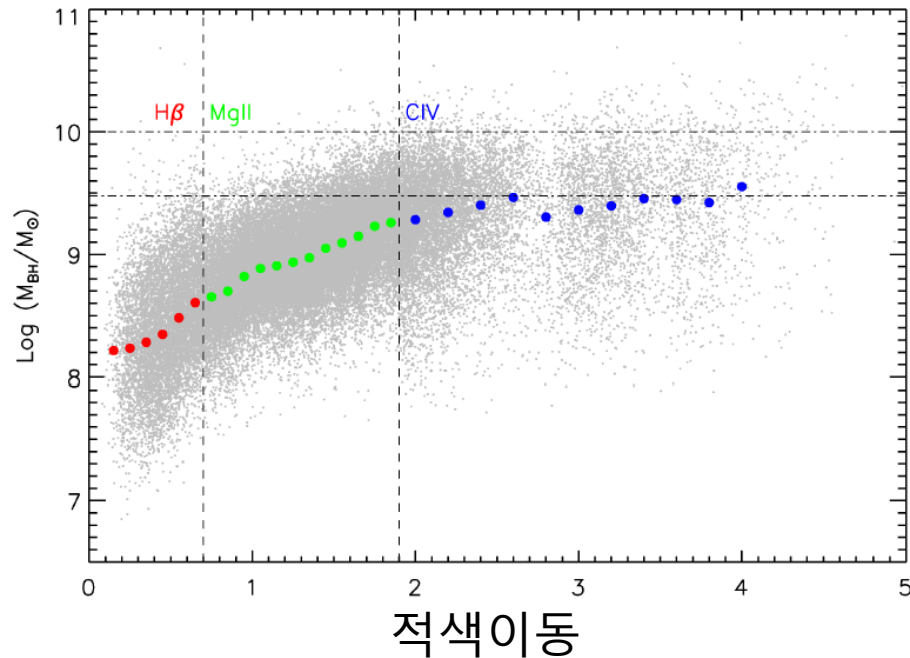
나선은하 팽대부



퀘이사/AGNs

50만 개가 넘는 퀘이사, 그러나 직접적인 질량측정은 ~100개에 불과

단일 시점의 스펙트럼이용
간접적인 질량측정법 결과

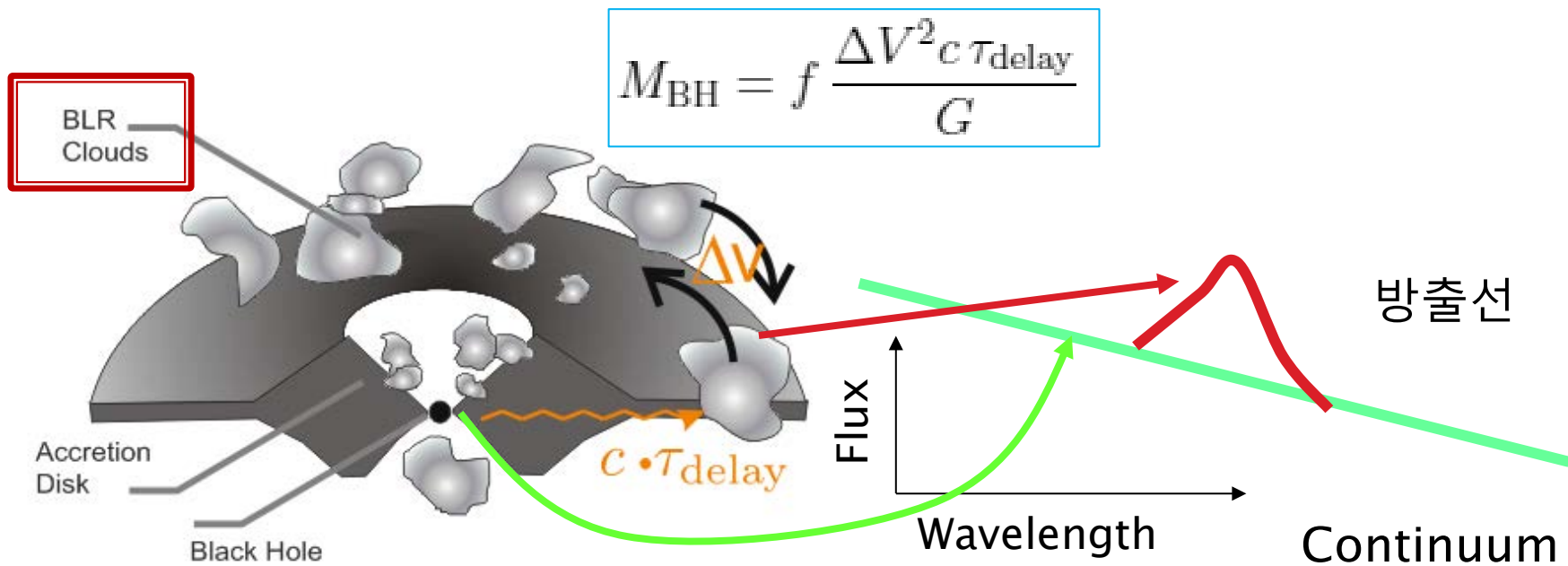


직접적인 질량측정법 결과

?

Shen et al. (2008), Jun et al. (2015) 등

반사광 효과를 이용한 블랙홀 질량측정

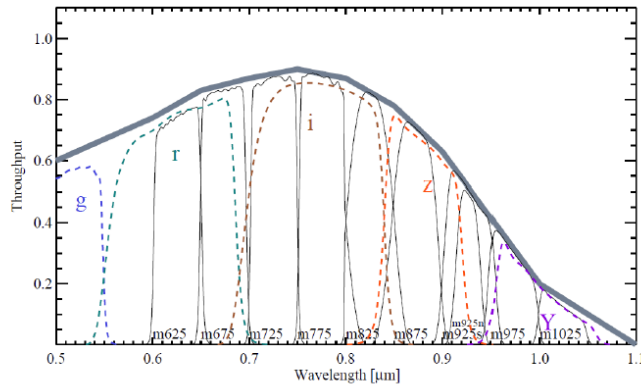


Delay time: 수개월 - 수년

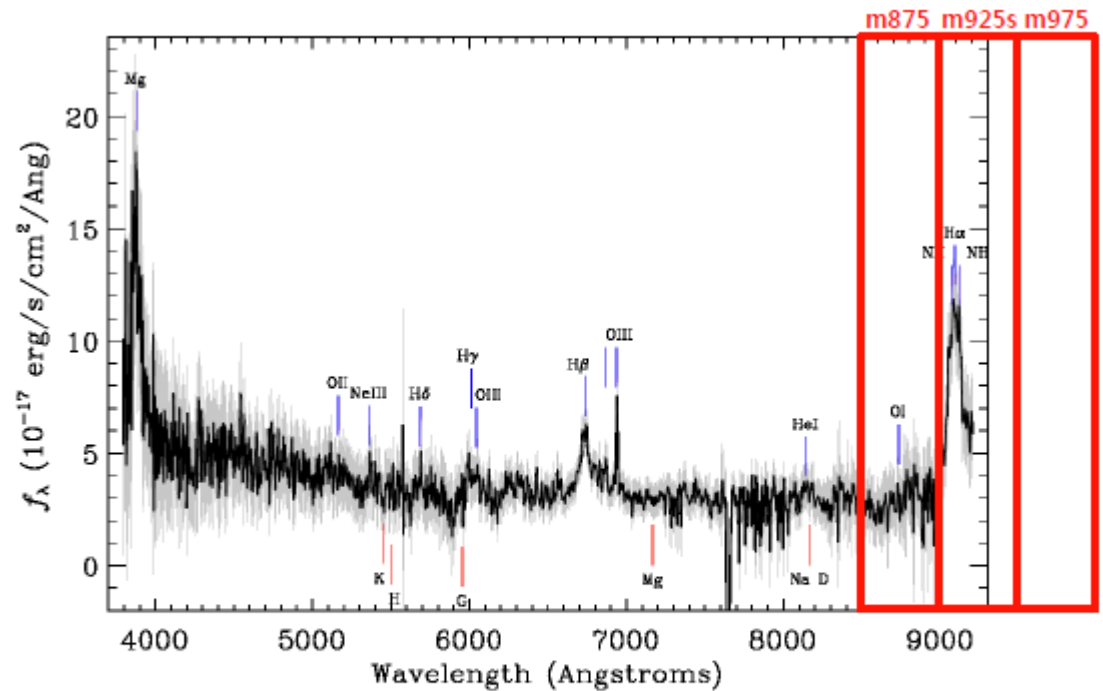
스펙트럼의 장기관측 필요(약 1주일 간격)

1만 개이상의 거대질량 블랙홀 질량 측정기대

SQUEAN을 이용한 반사광효과 선행연구



- ▶ SQUEAN 중대역 필터를 이용한 연구 기 수행

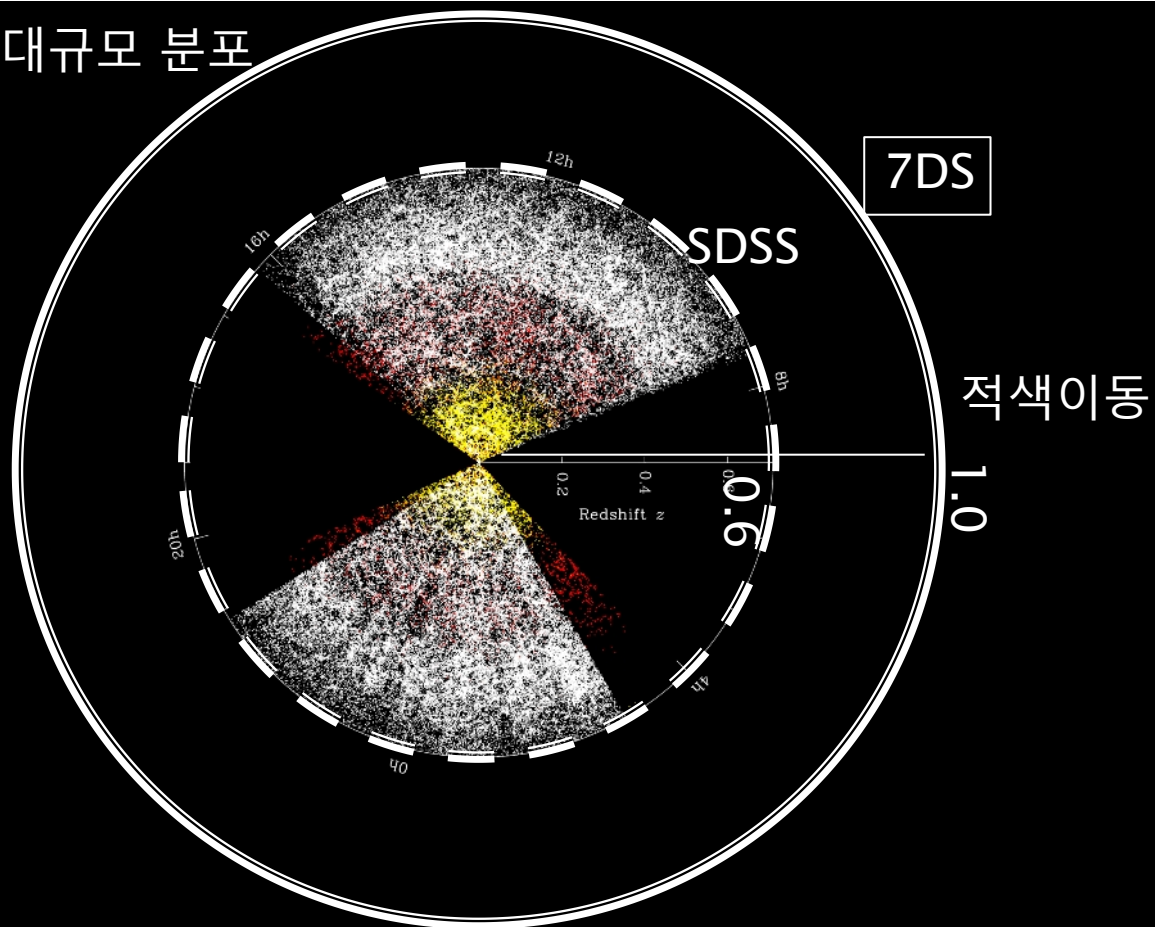


SDSS spectrum of SDSS J0350+0037, our main target. Wavelength coverages of m875, m925s, m975 filters are shown with red boxes, with m925s containing H α .

5. 은하진화연구

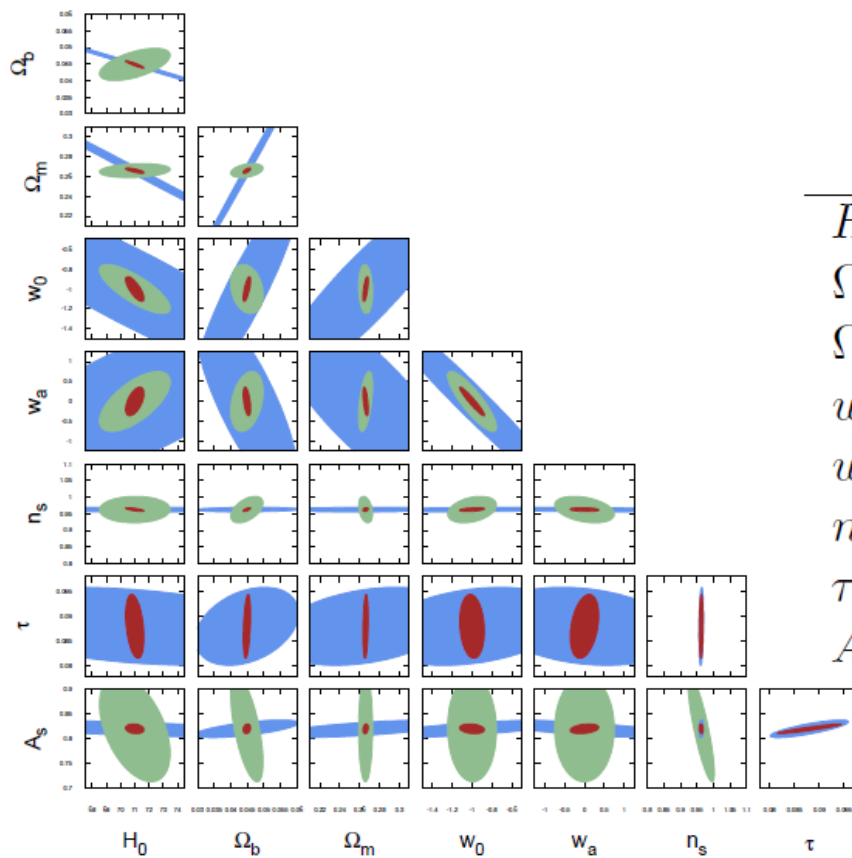
- ▶ 은하의 적색이동값, 0.3%정밀도로 측정
- ▶ 우주의 대규모 구조 $z \sim 1$ 까지 추적
- ▶ 초은하단, 환경에 따른 은하진화 연구

은하의 대규모 분포



6. 우주론 연구

- ▶ 우주상수 정밀 측정
- ▶ 암흑에너지 정체 규명



	J-PAS (7DS)	Planck	J-PAS + Planck
H_0	1.63	8.13	0.42
Ω_b	0.0032	0.010	0.00071
Ω_m	0.0045	0.061	0.0017
w_0	0.16	0.64	0.081
w_a	0.49	1.58	0.24
n_s	0.026	0.0044	0.0037
τ	-	0.0051	0.0042
A_s	0.070	0.012	0.0063

현재

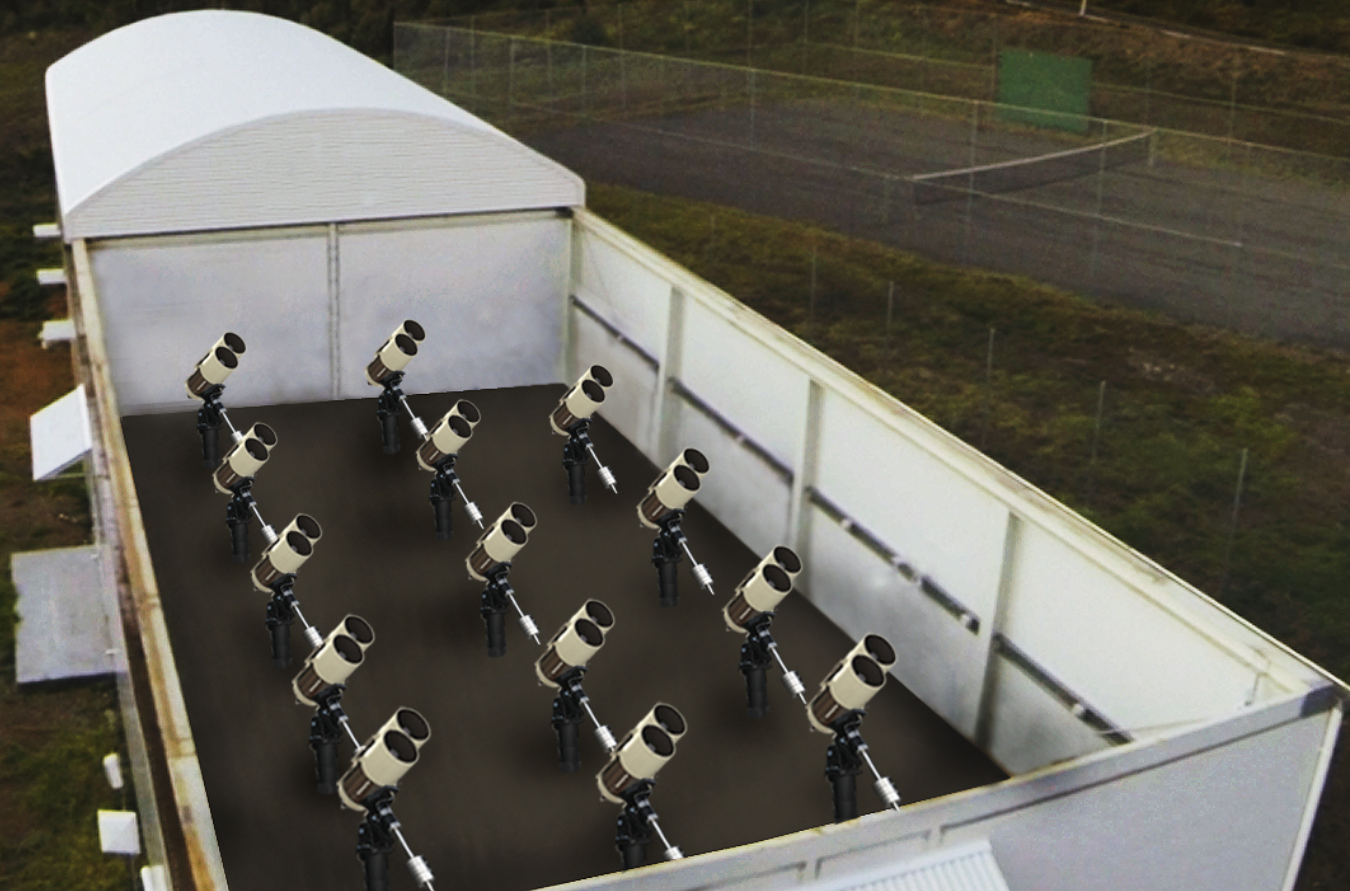
7DS+

2012 4th J-PAS meeting
presentation by A. Marcos-Caballero

J-PAS 탐사와 맞먹는 우주상수 정밀측정가능

다중망원경, 7DT (7-dimensional telescope)

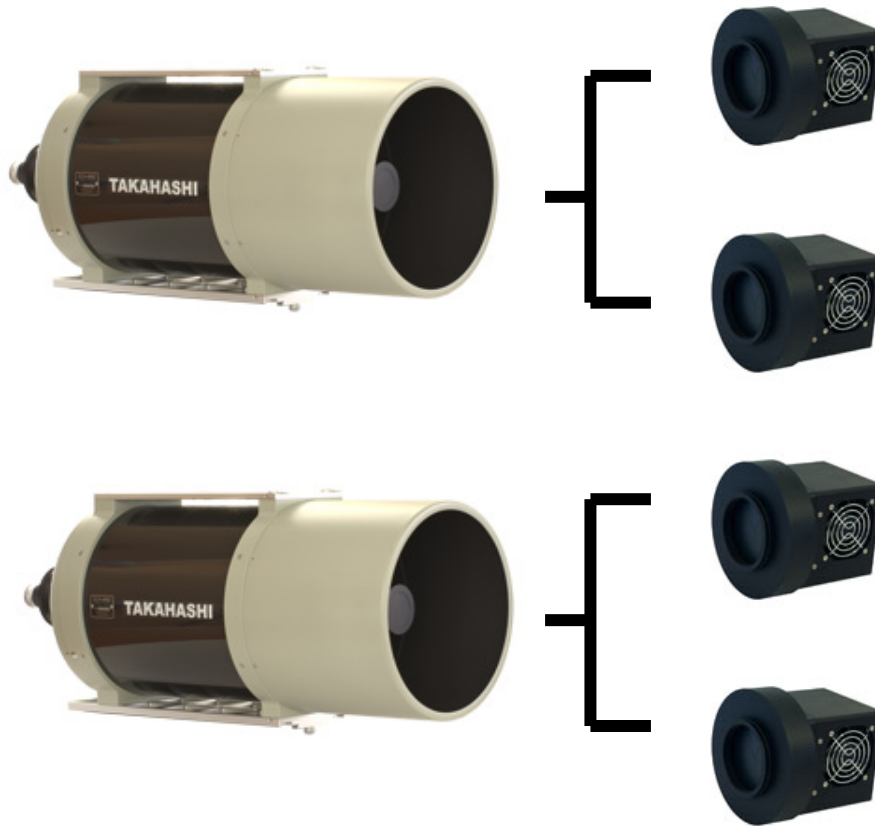
- ▶ 소형망원경 28개로 이루어진 다중망원경 시스템
- ▶ 기존의 다중망원경에 비해 월등한 성능과 기능



7-Dimensional Telescope (7DT)

1 Node

X 14

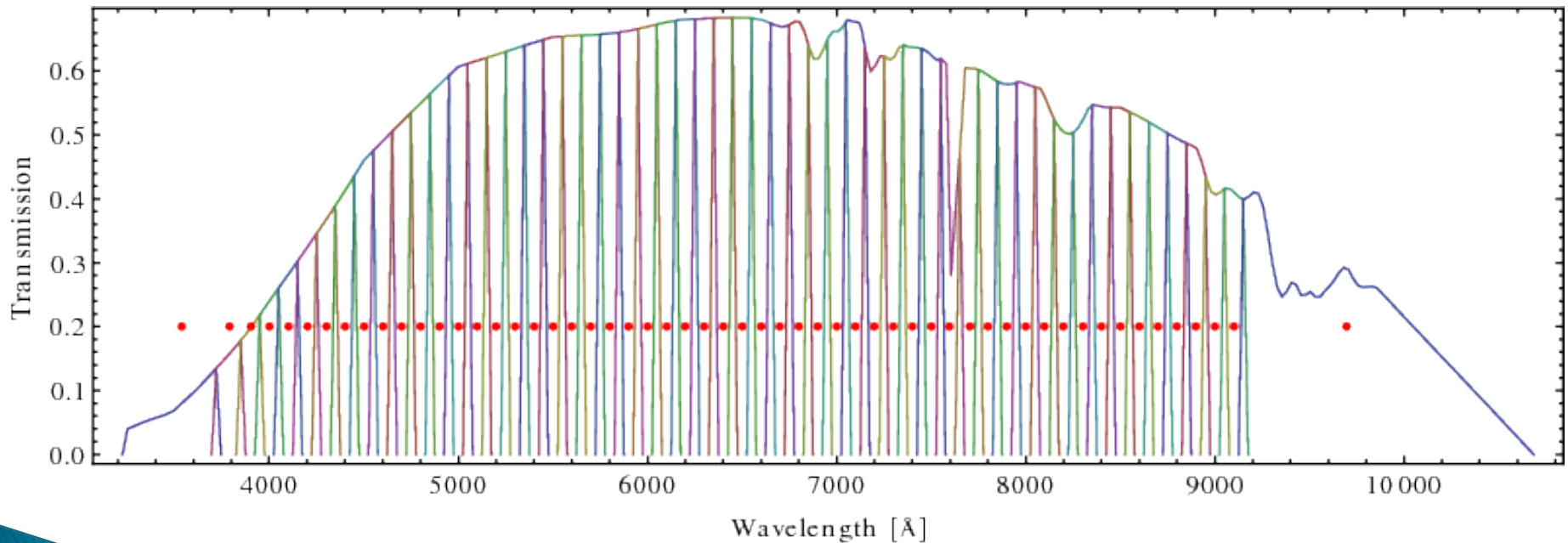


- 28개의 소형 망원경으로 이루어진 다중망원경
- 7.3 deg²라는 넓은 시야에 들어오는 모든 화소에 대한 스펙트럼 관측이 가능
- F/0.68인 1.3m구경 망원경과 동일한 기능

Two, Takahashi CCA-250 Four, ML50100
Telescopes (250mm) 8k x 6k cameras

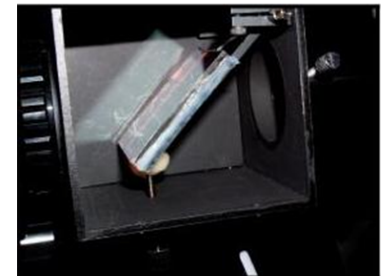
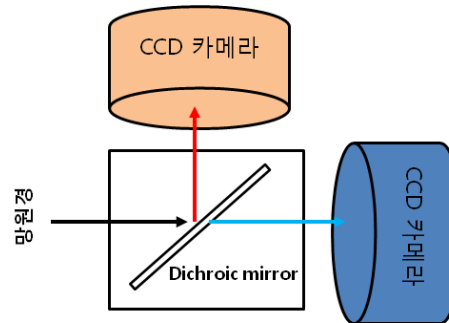
56개의 중대역 필터

- ▶ 파장폭: 20nm
- ▶ 파장간격: 10nm
- ▶ R ~65의 저분산 스펙트럼 획득
- ▶ 필터 휠 부착, 필요시 광대역 및 협대역 필터 사용



7DT Specification

- ▶ 28개의 광시야 25cm(f/3.6) 망원경(상용제품)
 - ▶ 광선 분할기 사용: 망원경 1대당 카메라 2대
 - ▶ 56대의 8k x 6k CCD 카메라(상용제품)
 - ▶ Pixel size: 1.4"
 - ▶ 56개의 중대역 필터(380-900nm)
 - ▶ 5가지 필터 휠: 협대역 및 광대역 필터 관측가능
 - ▶ 마운트, 구동 소프트웨어: 상용제품 사용
 - ▶ 망원경 하나하나가 다른 파장 관측
-
- ▶ 상용제품 사용으로 시설구축노력 최소화

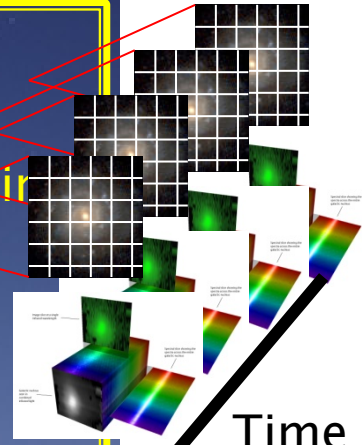


6 deg

2.34 deg

Single FOV of 7DT

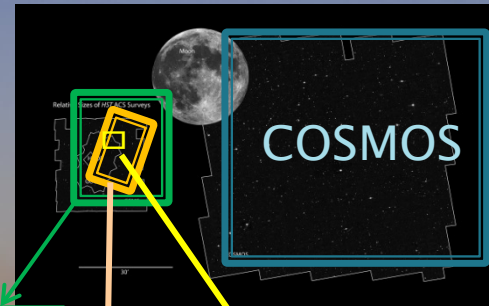
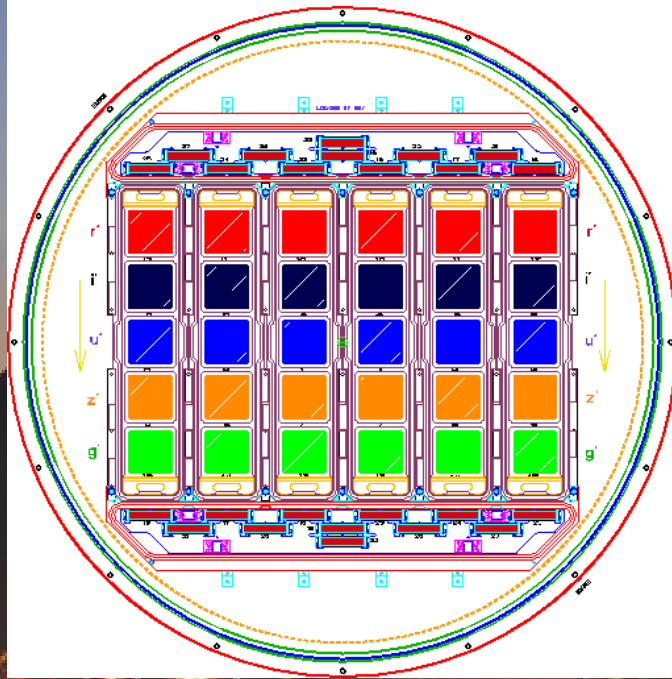
Wide + Each pixel contain
spectral information



Time

3.12 deg

SDSS CAMERA



GEMS

GOODS

HUDF

Location



Siding Spring Observatory
(Australia)

Or

CTIO (Chile)

예상 연구성과

	현재	7DS	과학적 연구
초신성 초기스펙트럼	0	1,000	별의 종말 현상
거대질량 블랙홀 질량 직접 측정	~100	10,000 이상	거대질량 블랙홀 성장과정
은하 스펙트럼	5백만, $z < 0.5$	5천만, $z < 1.2$	암흑에너지 은하진화/형성
태양계 소천체 스펙트럼	~100	10,000 이상	태양계 기원
원시 은하단/초은하단	~20-30	10,000 이상	은하진화/형성 우주상수 측정
항성 스펙트럼	백만	1억 - 10억	항성진화 과정
원시별 격변현상	~10	~1000	항성탄생 과정

방대한 관측자료의 Archive구축, 전세계에 공개

다차원적 우주탐사(7DS)

- ▶ 세계최대규모 다중망원경
- ▶ 신개념 우주탐사
- ▶ 새 연구분야를 개척하여 세계를 선도하는 기회

