

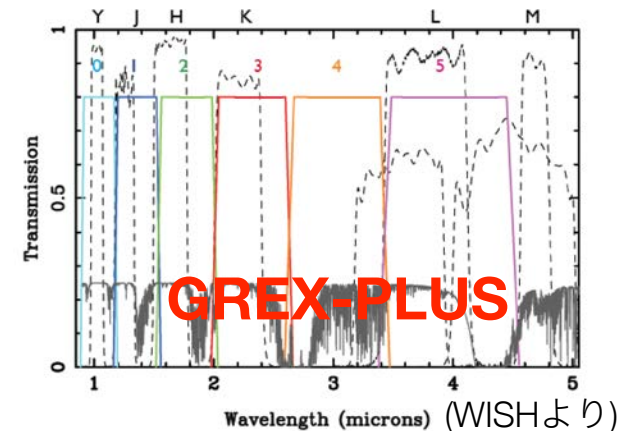
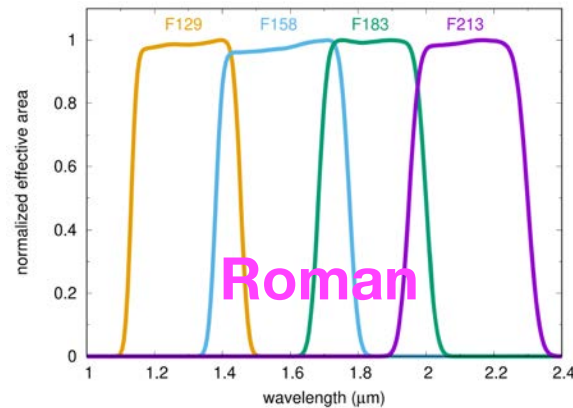
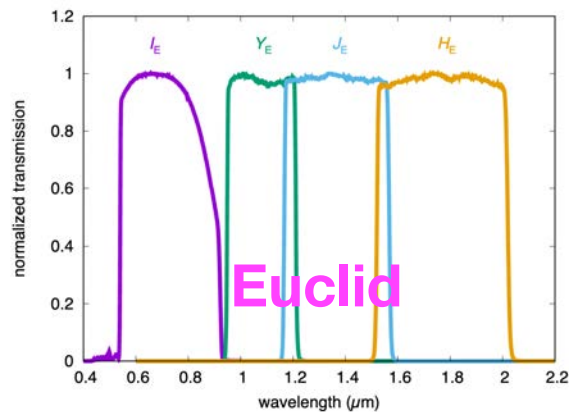
GREX-PLUSで革新する時間軸天文学

守屋 堯
国立天文台



近赤外線での時間軸天文学

- 時間軸天文学は可視光域で発展してきた
- 近年は可視光に限らない様々な電磁波域での時間軸天文学が進められている
 - X線、電波、など
 - 「広視野化」
- 広視野高感度近赤外線観測装置は実現しつつある
 - 2020年代にEuclid、Roman、ULTIMATEで2 μm までの波長域で時間軸天文学を開拓
 - **2030年代にGREX-PLUSで2-10 μm の時間軸天文学を切り拓く**



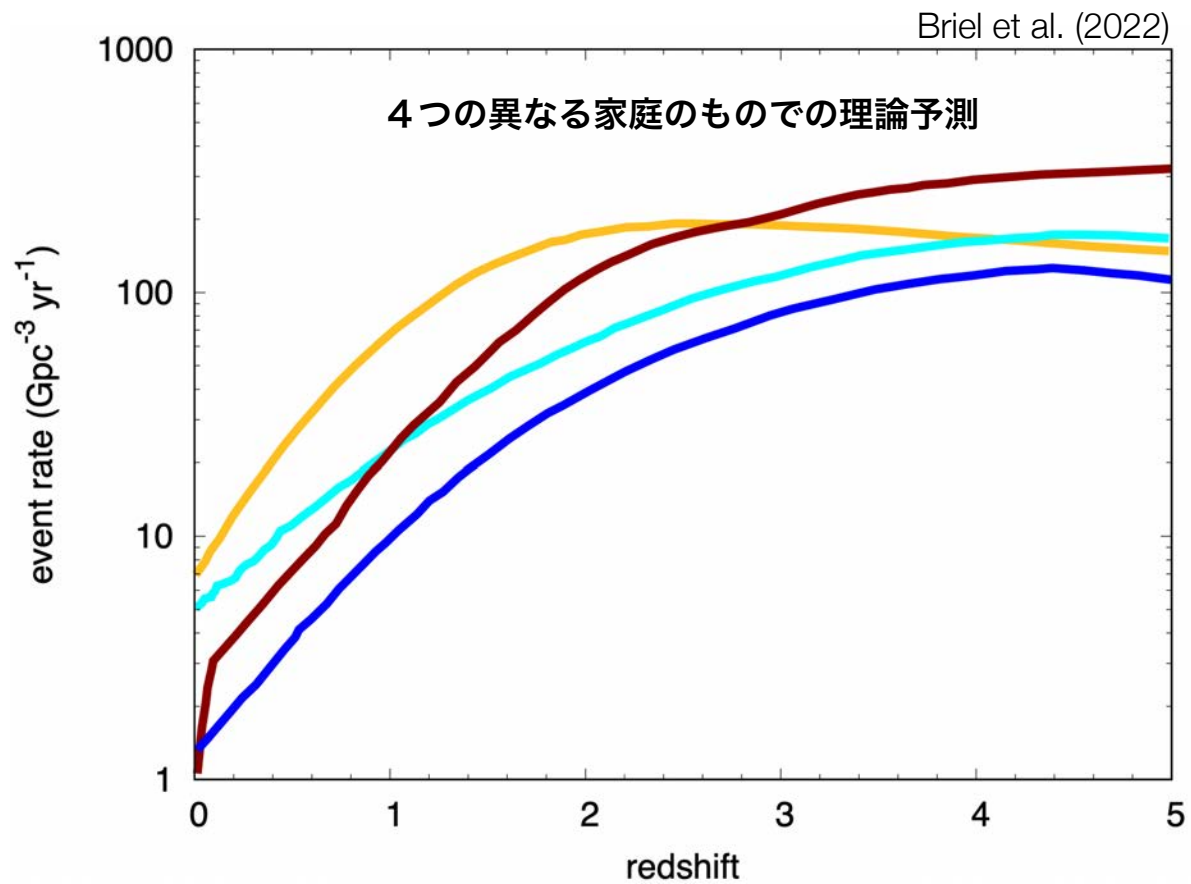
なぜ近赤外線で時間軸天文学を行うのか

- そもそも近赤外線で明るい突発天体が存在（例：キロノバ）
- 様々な理由で近赤外線で明るくなっている突発天体が存在
 - 減光、赤方偏移

高赤方偏移超新星探査

- 現在の宇宙と初期宇宙では恒星の性質が異なる
 - 金属量、初期質量分布、など
- 初期宇宙では発生するものの、現在の宇宙ではほとんど現れない超新星もありうる。
 - 例：対不安定型超新星(PISN)
 - 大質量ヘリウムコア(60-130 Msun)の持つ大質量星の爆発
 - 初期質量は150 Msun以上で、かつ質量放出をほとんどしない大質量星の爆発
 - PISNは近傍宇宙では見つかっていない。（ただし候補は数個ある）
- **高赤方偏移対不安定型超新星の発見により、恒星進化論の検証がされるとともに、高赤方偏移での大質量星の性質を直接確かめられるようになる。**

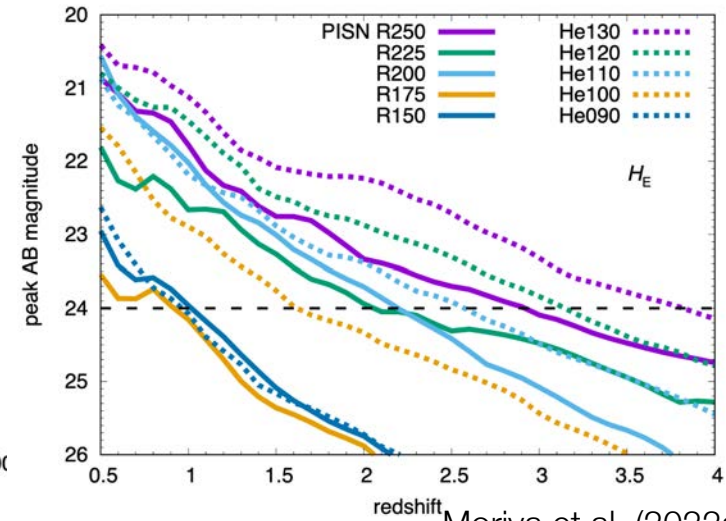
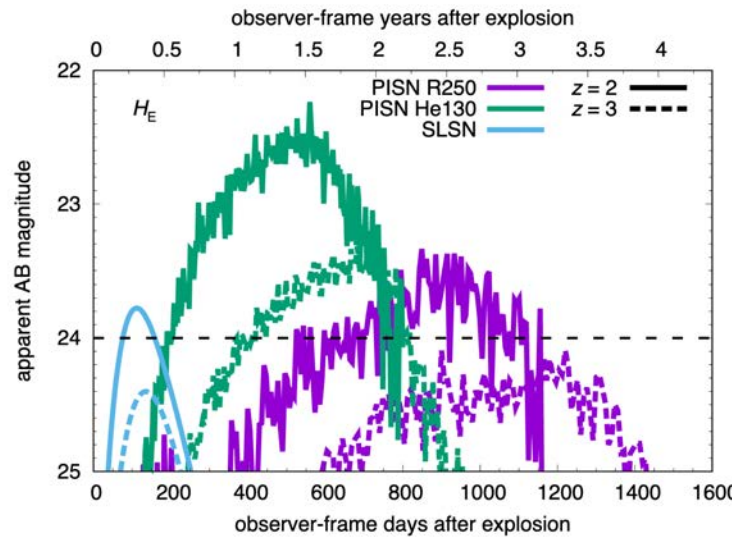
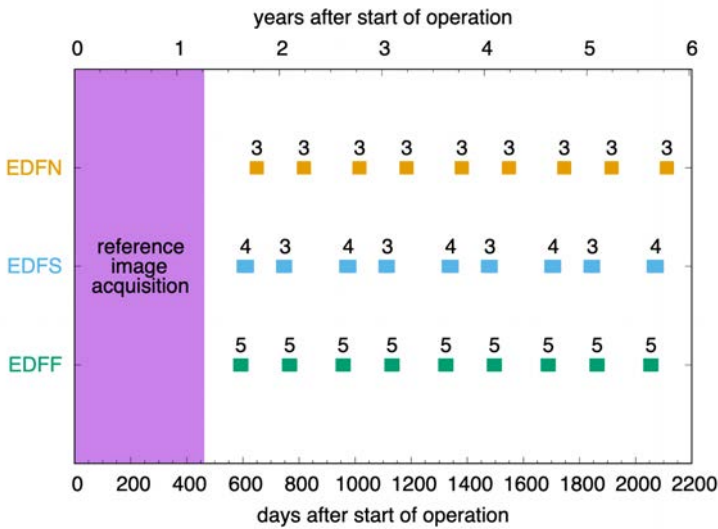
対不安定型超新星爆発の発生率の理論予測の例



重力崩壊型超新星爆発の発生率は $\sim 10^5 - 10^6 \text{ Gpc}^{-3} \text{ yr}^{-1}$

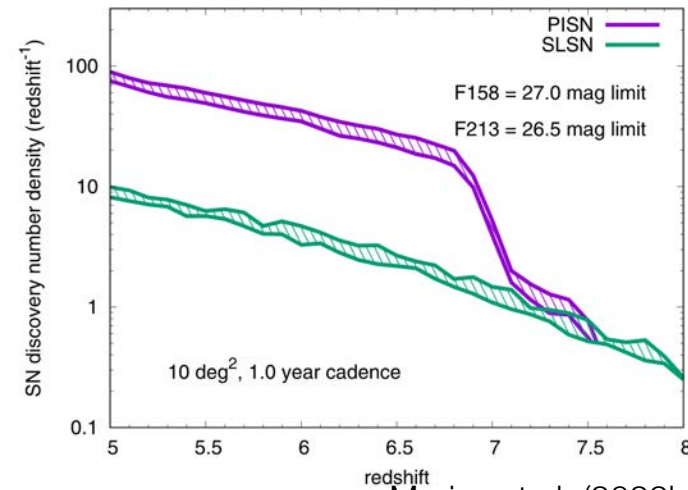
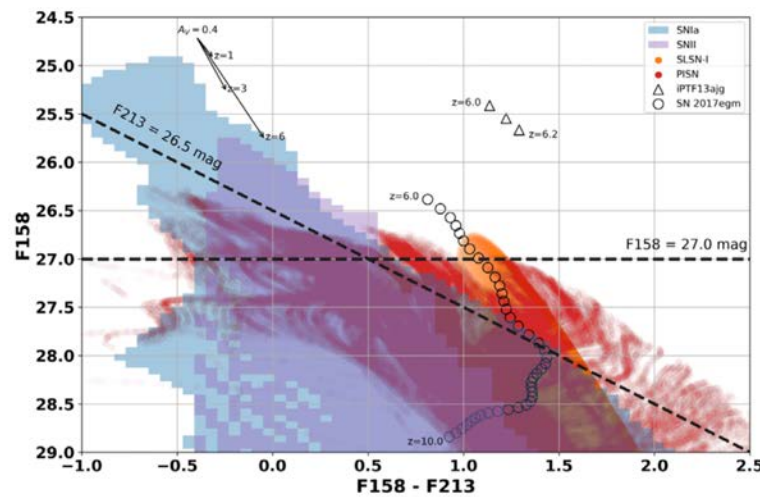
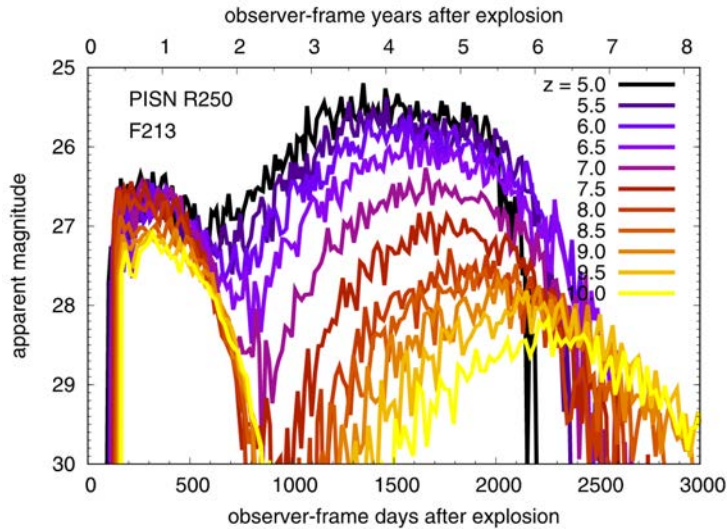
Euclidによる時間軸探査

- Euclidは時間軸に重きを置いていない。観測計画は予め定まっている。
- 繰り返し観測されるDeep Fields (計40平方度)のデータを用いて長時間明るい超新星の探査可能
 - $VIS = 25.5$ AB mag/epoch、 $Y = J = H = 24.0$ AB mag/epoch
- 赤方偏移4程度までのPISNが数十個観測される可能性は十分にある。
 - 不定性の高いPISN発生率の仮定に依存 => 見つからなくても発生率に強い制限が与えられる



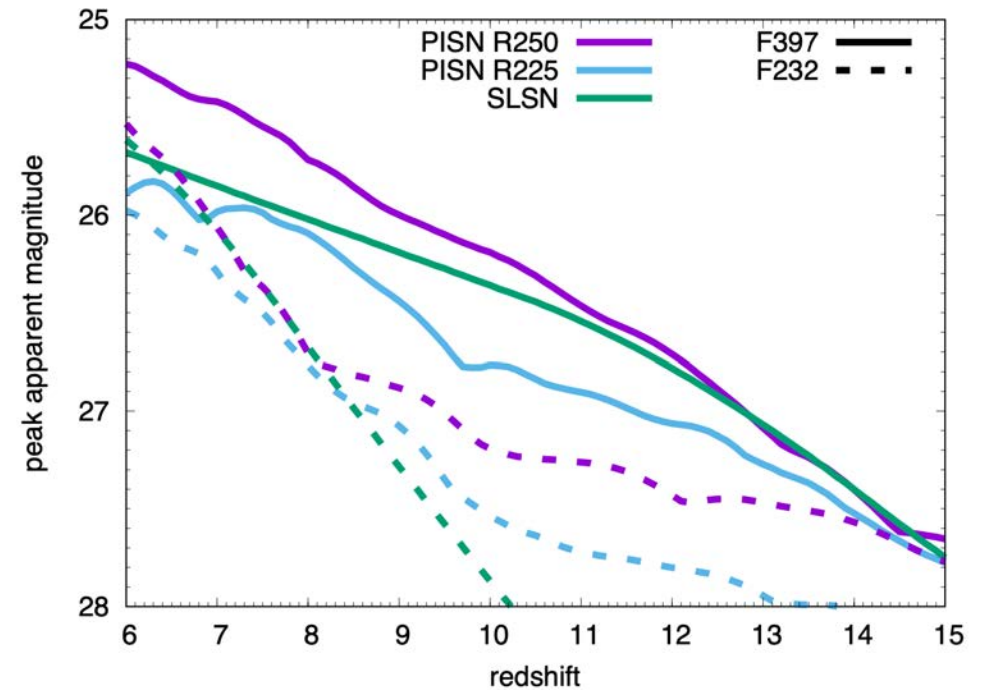
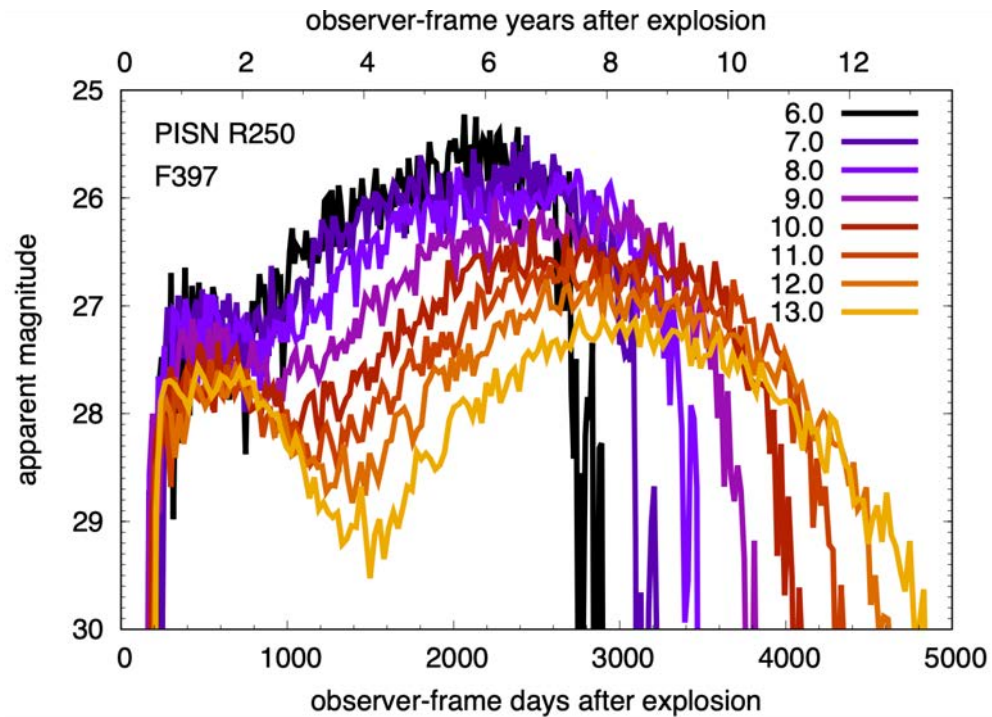
Romanによる時間軸探査

- 2年間にわたってIa型超新星探査が行われる。プロポーザルも出せる。
- Ia型超新星探査から得られるデータに、追加のデータも得て高赤方偏移超新星探査を行える
 - Early-Definition Astrophysics Surveyとして米国チームとともにプロポーザルを提出
 - 5年間にわたり数平方度のデータを取り、F213バンド(Ia型超新星には不使用)も少し加える
- 赤方偏移7までの対不安定型超新星が数十個程度見つけれられる。



GREX-PLUS：再電離期の始まりから終わりまでの超新星を一気に！

- 例えば27 AB mag/epochを実現すると、赤方偏移 1 2 程度までの超新星が観測可能になる。



GREX-PLUS高赤方偏移超新星サーベイシミュレーション

- Robertson et al. (2015)のSFRを仮定して、150-300 MsunがPISNになると仮定。
 - Salpeter IMFとtop heavy IMF (> 100 Msunでconstant IMF)の場合で数見積もり
- 2-5 μ mで最低2バンドでの観測が必要
 - 色情報が高赤方偏移超新星のスクリーニングに重要な役割を果たす

Deep

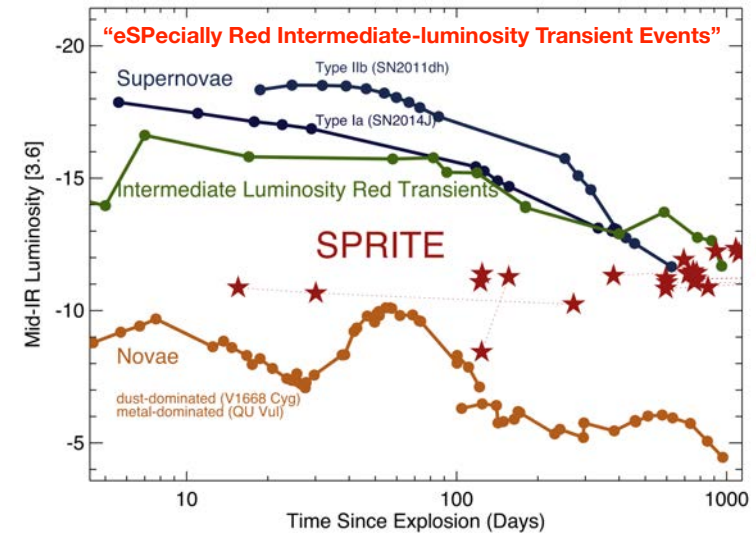
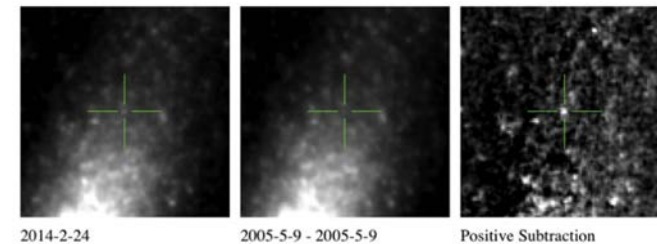
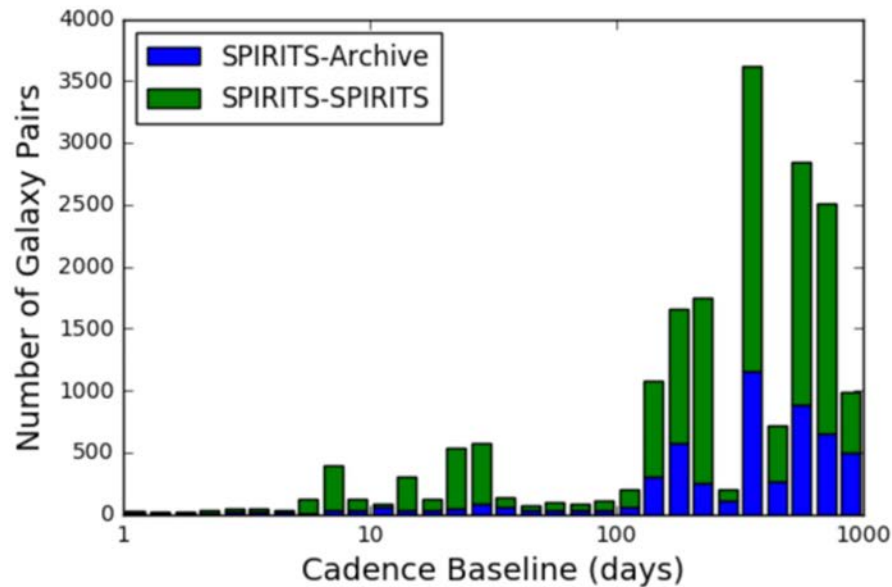
26.0 AB 等級/回, 40 平方度探査										
	対不安定型超新星 (括弧内: Top Heavy)					超高輝度超新星				
観測頻度	z > 6	z > 7	z > 8	z > 9	z > 10	z > 6	z > 7	z > 8	z > 9	z > 10
0.5 年	150 (1081)	50 (371)	7.9 (58)	0 (0)	0 (0)	23	11	5.5	2.6	1.2
1.0 年	139 (1012)	44 (327)	4.8 (36)	0 (0)	0 (0)	18	8.8	4.2	2.0	0.9
2.0 年	161 (1182)	48 (355)	4.4 (32)	0 (0)	0 (0)	13	6.3	3.0	1.4	0.6

Ultradeep

27.0 AB 等級/回, 1 平方度探査										
	対不安定型超新星 (括弧内: Top Heavy)					超高輝度超新星				
観測頻度	z > 6	z > 7	z > 8	z > 9	z > 10	z > 6	z > 7	z > 8	z > 9	z > 10
0.5 年	8.7 (57)	4.7 (31)	2.4 (16)	1.0 (7.5)	0.5 (3.7)	1.0	0.6	0.3	0.2	0.1
1.0 年	8.3 (55)	4.4 (29)	2.2 (15)	0.9 (6.9)	0.5 (3.7)	1.0	0.6	0.3	0.2	0.1
2.0 年	9.5 (62)	5.0 (33)	2.5 (17)	1.2 (8.6)	0.5 (4.2)	0.8	0.4	0.2	0.1	0.08

近赤外線時間軸天文学のknown unknowns

- Spitzer InfraRed Intensive Transients Survey (SPIRITS): Kasliwal et al. (2017)
 - 20 Vega mag at [3.6], 19.1 Vega mag at [4.5] per epoch
 - [3.6]や[4.5]だけで明るく、可視光では明るくない突発天体を多数発見
 - 正体はよくわかっていない
 - star-forming galaxyによく出てくる

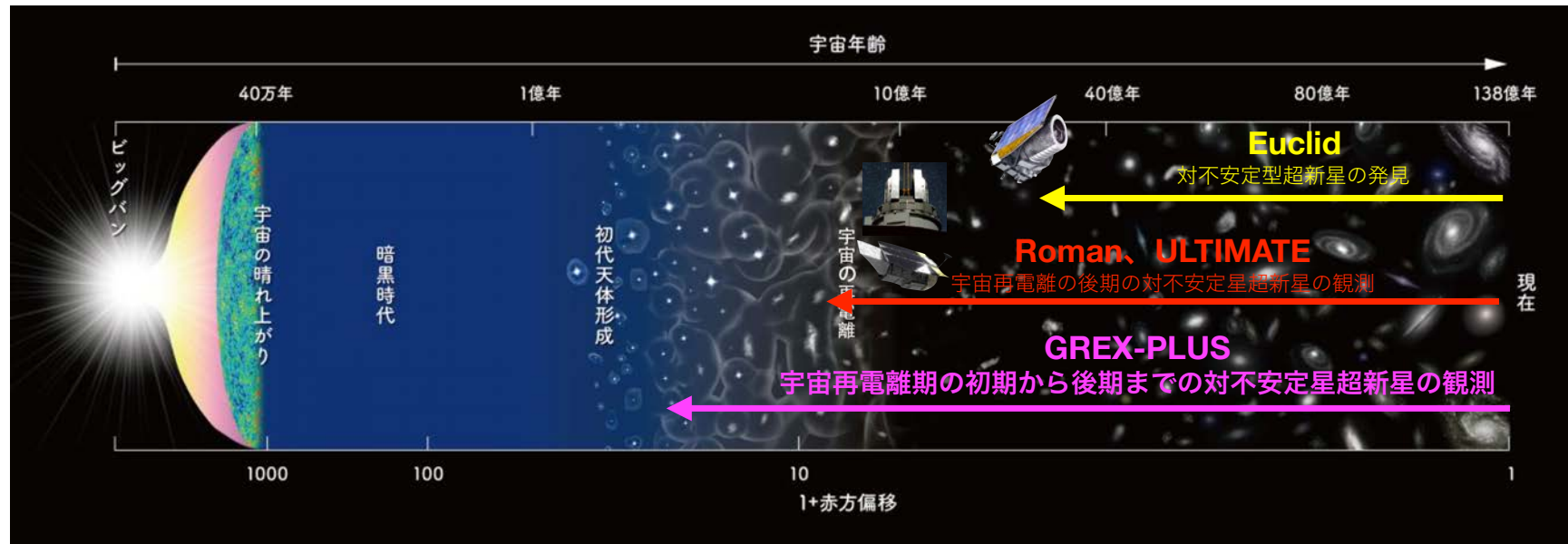


近赤外線時間軸天文学のunknown unknowns

- SPIRITSは190の近傍銀河を継続的に観測して突発天体を探査
- 可視光域の突発天体探査も初めは超新星など出そうな銀河のモニタリングから始まった。
- モニタリングをやめて“blind survey”を始めたところ、新種の超新星などが次々発見される
 - 星形成が活発でない銀河でも超新星は出る。
 - 意外と特殊なものも出てくる。
- 近赤外線域でも広視野でblind surveyを行うことで未知の突発天体が見つかり始める可能性も
 - 未知の超新星？
 - 未知の天体現象？
- 広視野近赤外線時間軸サーベイも始まりつつあるが、浅い。波長域もJまで。
 - e.g., Palomar Gattini-IR NIR transient survey (De et al. 2019, 2021)はJ = 15.7 AB mag limit

**近赤外線広視野時間軸探査はまだまだ未踏の革新的フロンティア
何が出るかわからない！**

まとめ



未知の近赤外線突発天体の発見 => 未知の天体現象を解き明かす