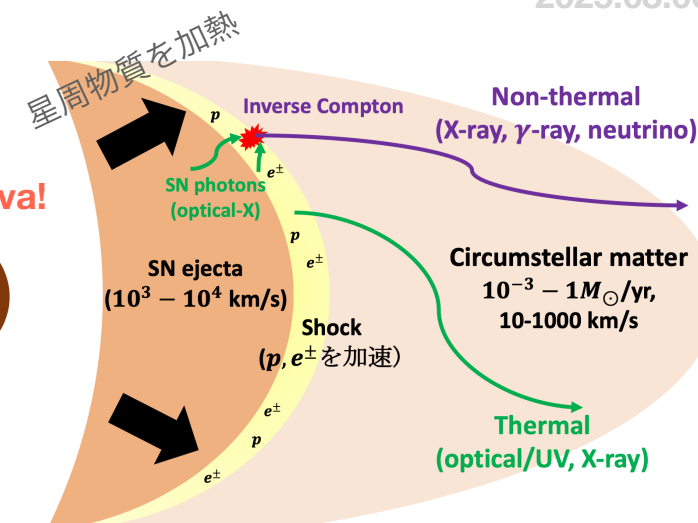
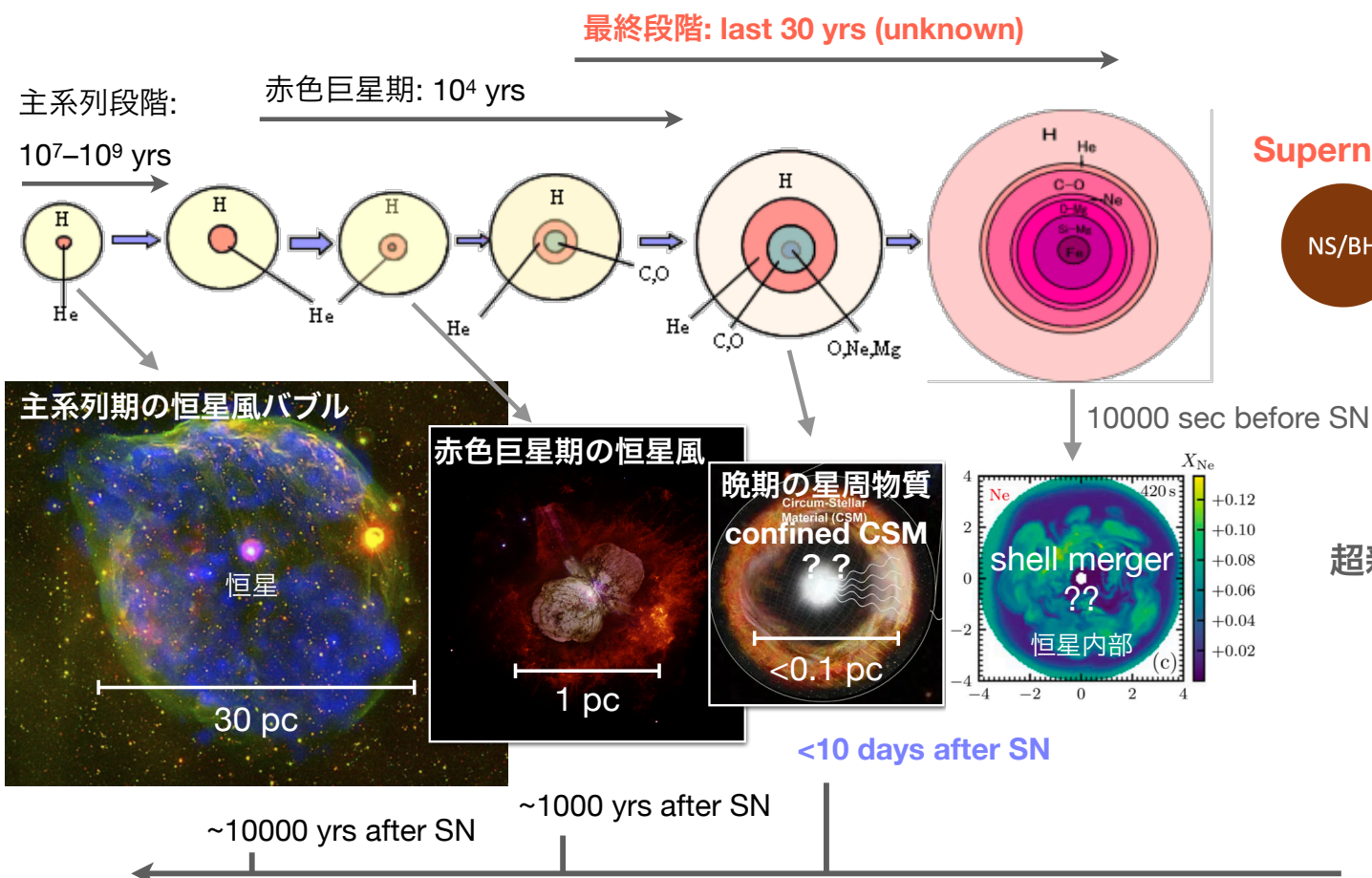


Toward Rapid Supernova Follow-ups and Future Neutrino-X-ray Multi-messenger Strategy

Hiroyuki Uchida (Kyoto University), on behalf of **AMANE**

Yudai Suwa, Akihiro Suzuki (The University of Tokyo), Teruaki Enoto, Keiichi Maeda, Roger Wendell (Kyoto University), Hiromasa Suzuki (University of Miyazaki), Yoshiaki Kanamaru (ISAS/JAXA), Masamitsu Mori (NIT, Numazu College) Yusuke Koshio, Fumi Nakanishi (Okayama University), Motoyasu Ikeda, Yudai Suwa, Guillaume Pronost, Hiroyuki Sekiya, Masayuki Nakahata, (The University of Tokyo)

星の死の瞬間をいかにして捉えるか？



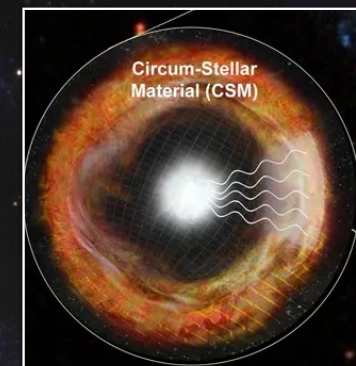
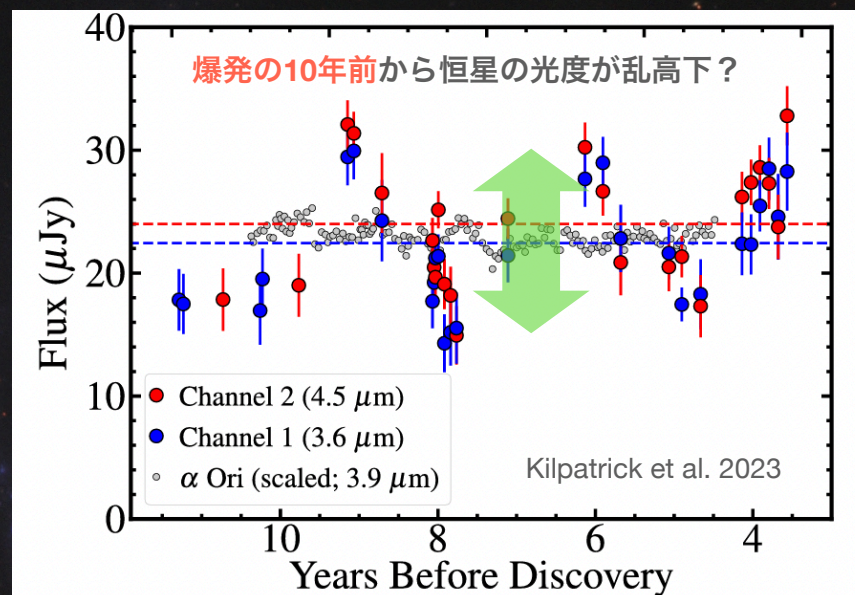
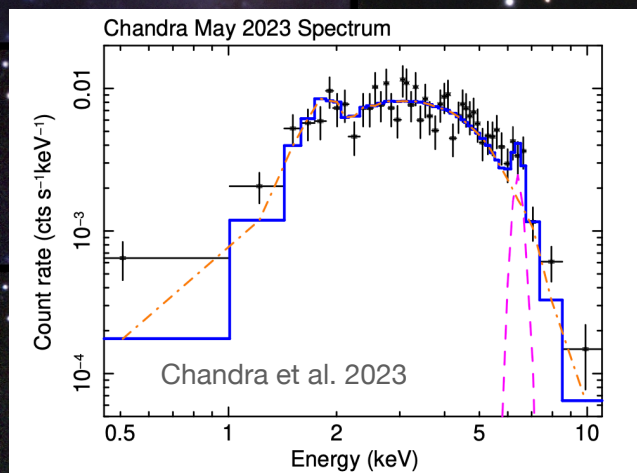
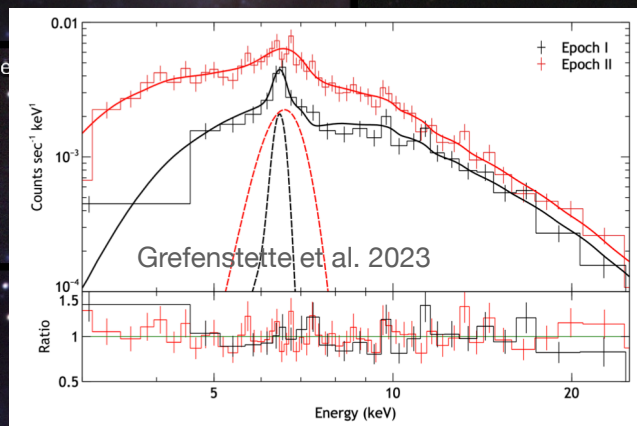
超新星の衝撃波が星周物質を加熱。X線で輝く。

X線ライトカーブ=質量噴出の履歴

放射モデル構築中
(Matsuoka, Narita, HU et al., in prep.)

超新星爆発の 30 yr 前からの恒星の活動史の謎=爆発から数日以内のX線観測が鍵

SN 2023ixf のX線観測



SN 2023ixf

爆発初期、爆発4日後に幅の広い（低電離）鉄輝線を検出。星周構造を反映。

超新星の即時/即応観測の難しさ

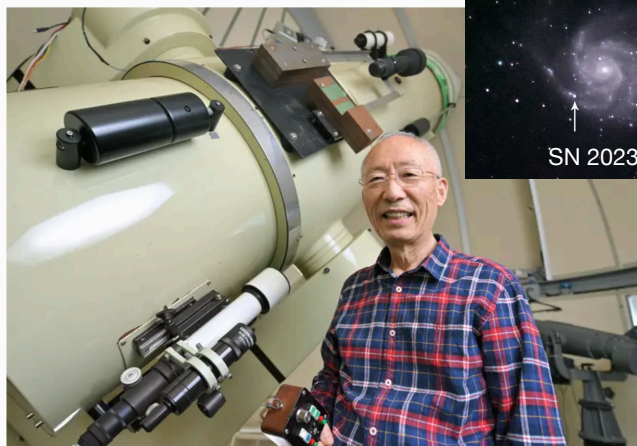
YITP workshop
2025.08.06

超新星の発見はアマチュア天文家の貢献が大きい。爆発後の可視光の光度上昇を「偶然」捉える。

レジェンド超新星ハンター 板垣公一さんの観測所

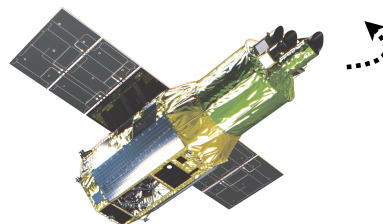
2024/6/14 07:00 MAINICHI PHOTOGRAPHY

毎日新聞



超新星捜索の主力となっている、口径60センチの反射望遠鏡の前で笑顔を見せる板垣公一さん＝山形市で2024年5月27日、手塚耕一郎撮影

姿勢変更
(マニューバ)



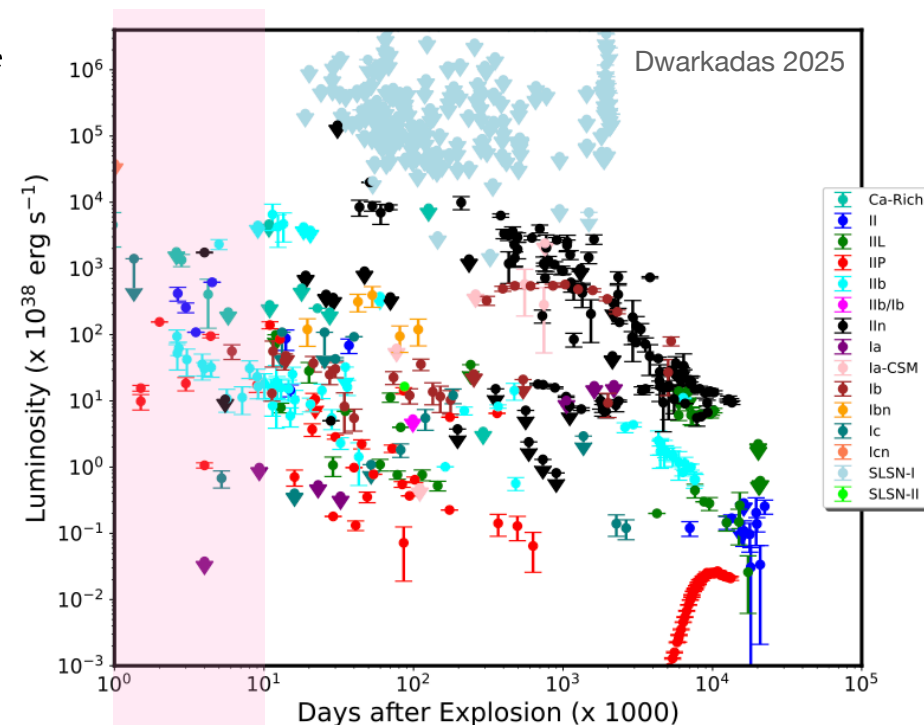
コマンド送信
(アップリンク)

速報



地上局

過去に観測された超新星のX線光度変動



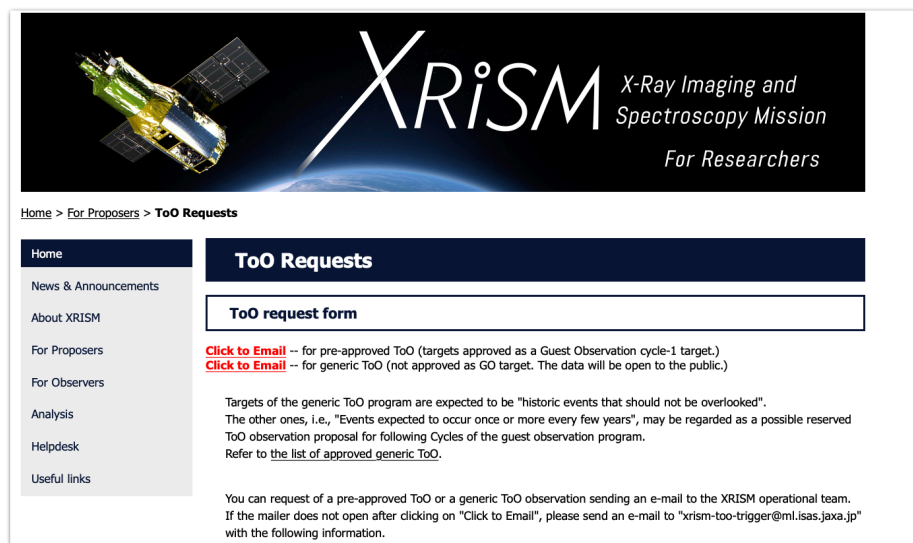
ここが大事
光度変動？
輝線構造？

爆発から10日以内のX線観測はまだ希少。高統計観測・輝線分光したい。XRISMで観測できないか？

4/12

XRISM による超新星の即応観測

XRISM の "Generic ToO" という枠組みを使う。



XRISM X-Ray Imaging and Spectroscopy Mission
For Researchers

Home > For Proposers > ToO Requests

ToO Requests

ToO request form

[Click to Email](#) -- for pre-approved ToO (targets approved as a Guest Observation cycle-1 target.)
[Click to Email](#) -- for generic ToO (not approved as GO target. The data will be open to the public.)

Targets of the generic ToO program are expected to be "historic events that should not be overlooked".
 The other ones, i.e., "Events expected to occur once or more every few years", may be regarded as a possible reserved ToO observation proposal for following Cycles of the guest observation program.
 Refer to [the list of approved generic ToO](#).

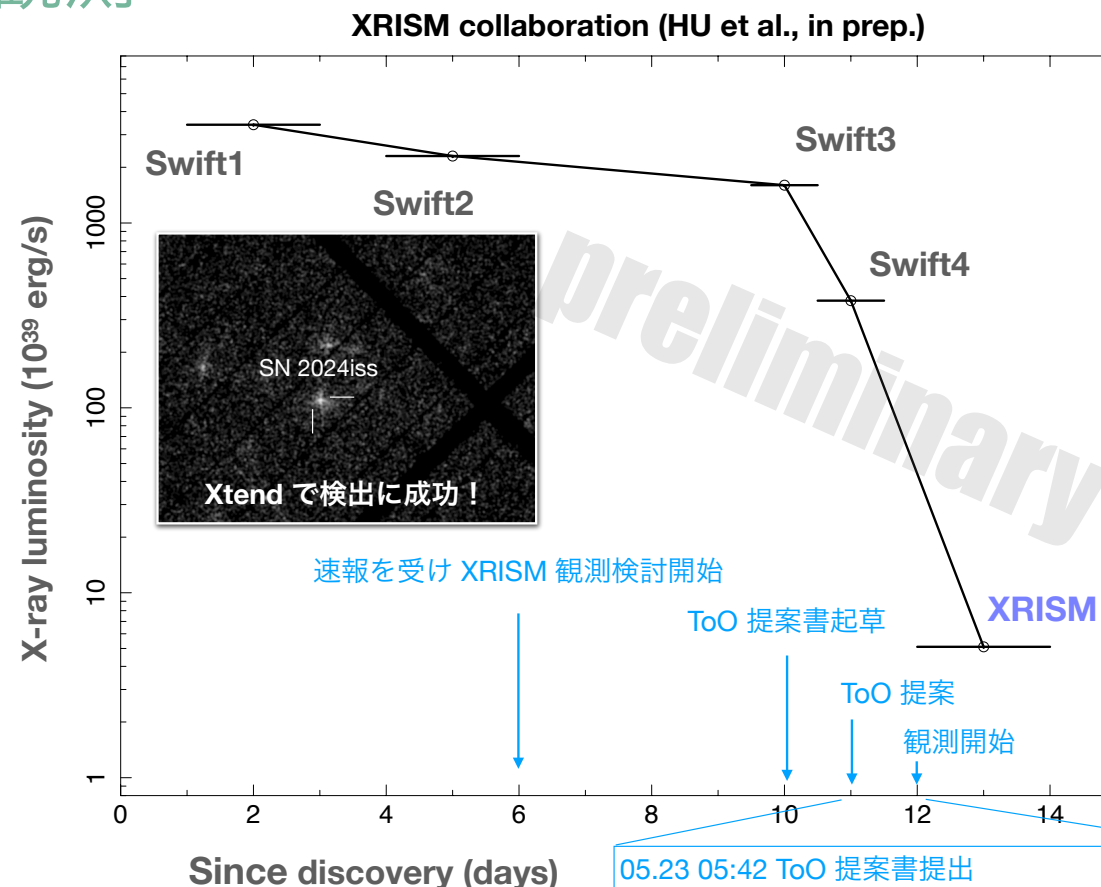
You can request a pre-approved ToO or a generic ToO observation sending an e-mail to the XRISM operational team.
 If the mailer does not open after clicking on "Click to Email", please send an e-mail to "xrism-too-trigger@ml.isas.jaxa.jp" with the following information.

SN 観測キャンペーン@京大を開始

- SN 2023ixf, 2023.5.19 → 爆発前観測 (Matsunaga, HU et al. 2023)
- SN 2024ggi, 2024.4.11 → 爆発前観測 (Komura, HU et al. 2024)
- SN 2024iss, 2024.5.12 → **XRISM ToO (Target of Opportunity)**

発見から10日以上かかってしまったが、、、数日の即応は XRISM でも可能。

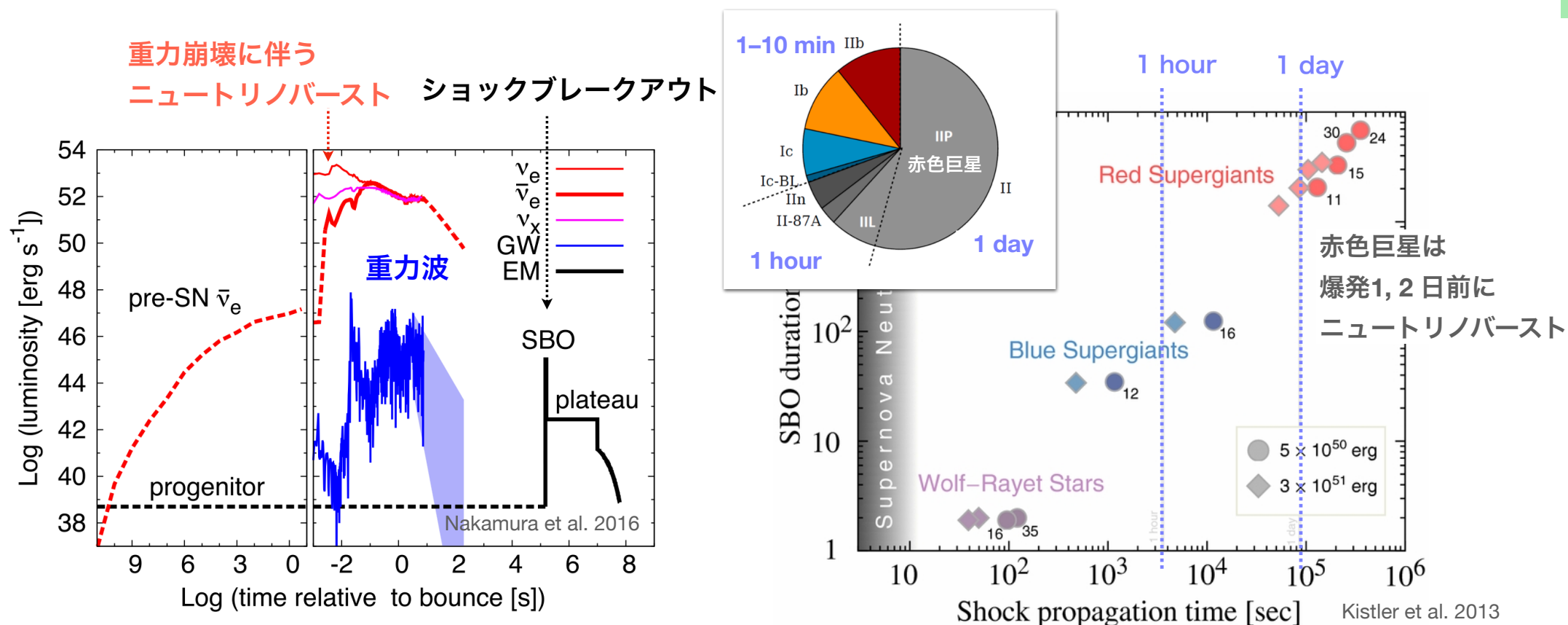
数日より速い観測＝真に爆発の瞬間を捉えるには??



05.23 05:42 ToO 提案書提出
 05.23 19:48 チーム内レビューと質問
 05.23 21:51 質問への回答
 05.24 09:18 観測提案書受理
 05.24 15:24 観測開始

ニュートリノ連携 "史上初" 待ち受け観測

重力崩壊の直後にニュートリノバースト発生 → 衝撃波が恒星表面に出てくるまで猶予がある（外層のサイズによる）。

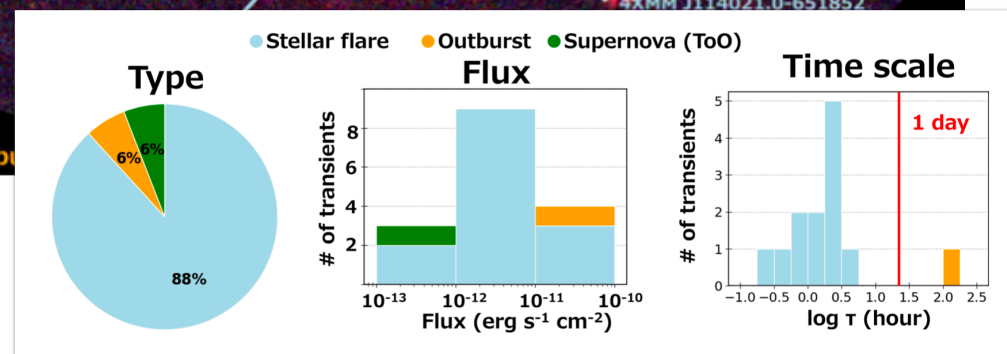
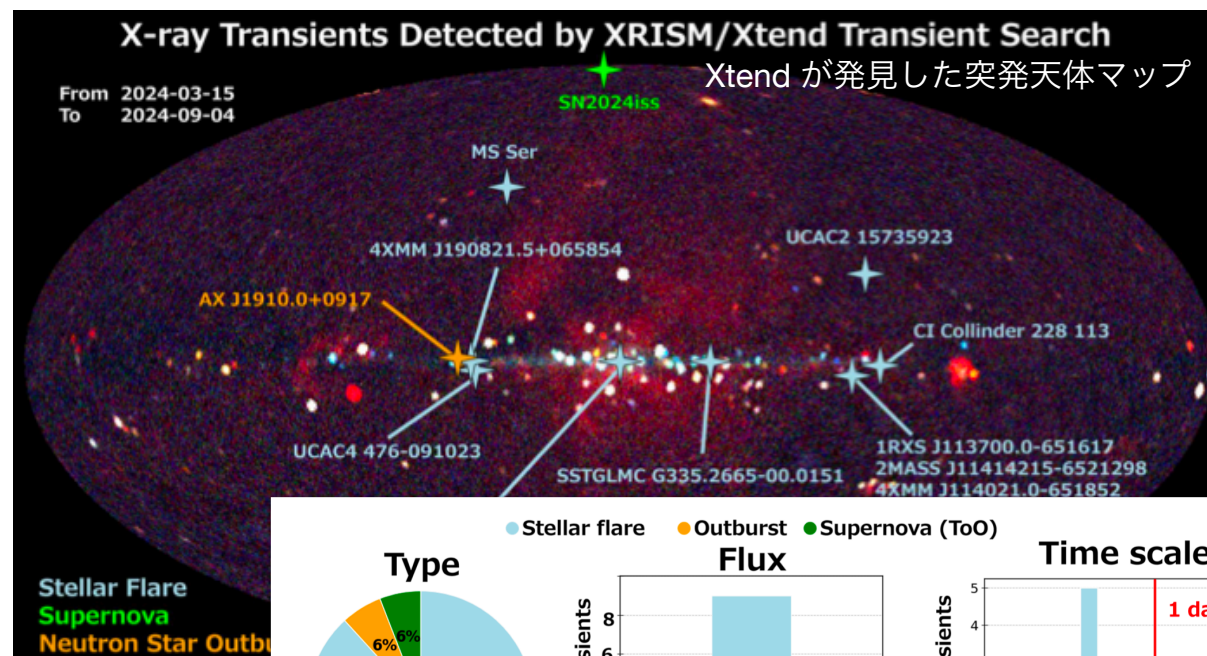
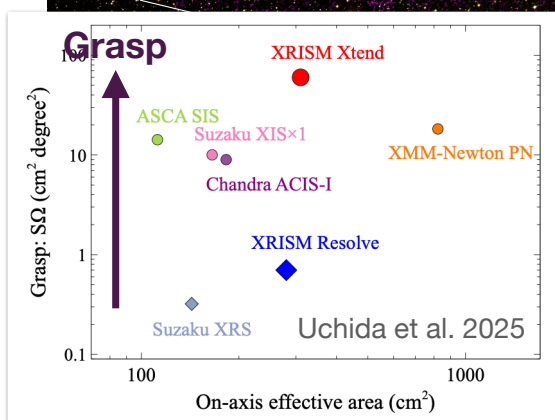
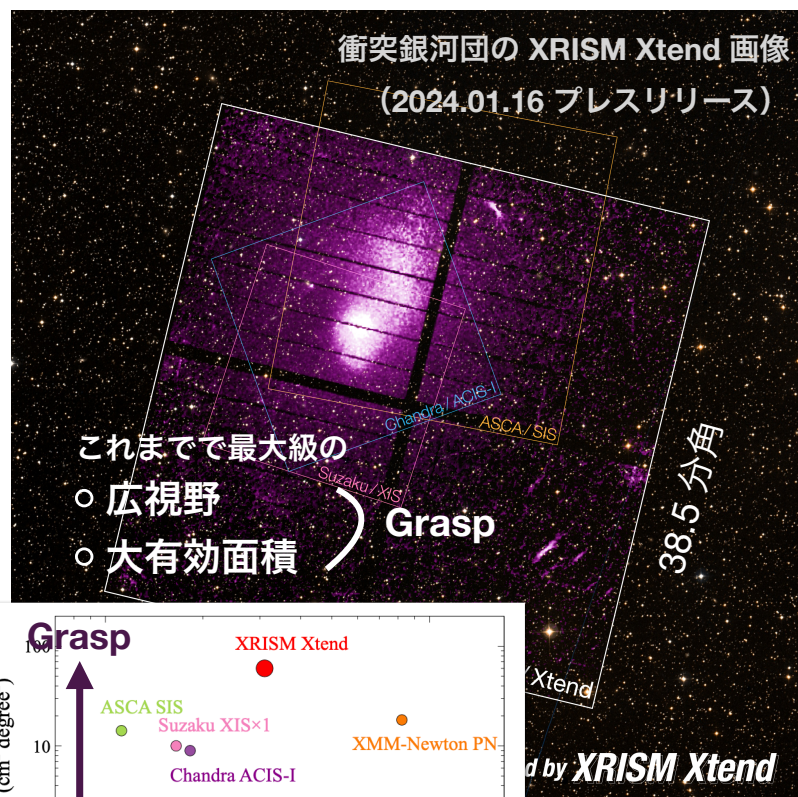


ニュートリノ＝崩壊の時刻・熱の情報、重力波＝星の回転・密度構造、紫外・X線＝爆発時刻・星周環境

Suepr Kamiokande からニュートリノアラートを受け取り、爆発前から待機観測を行う。

XRISM 搭載 Xtend を利用した突発天体観測

Xtend: 単焦点X線衛星で最大の視野と有効面積を実現 (Uchida et al. 2025)。



Xtend が発見した突発天体の内訳：恒星フレアが最多。

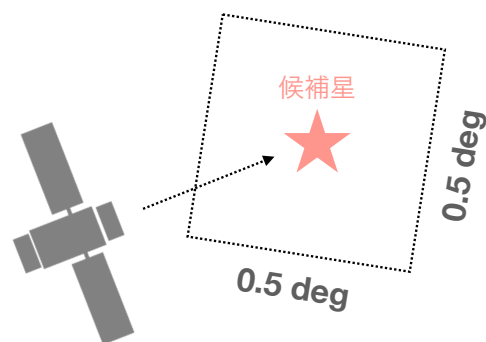
XRISM/Xtend の "Large Grasp" は突発天体の追観測・発見に有利。

SK の方向決定精度の不定性を Xtend の広い視野でカバー → Resolve で精密分光

"史上初"に向けて — XRISM の観測戦略素案

0.1 kpc

KamLAND/SK からの Si 燃焼前兆ニュートリノ

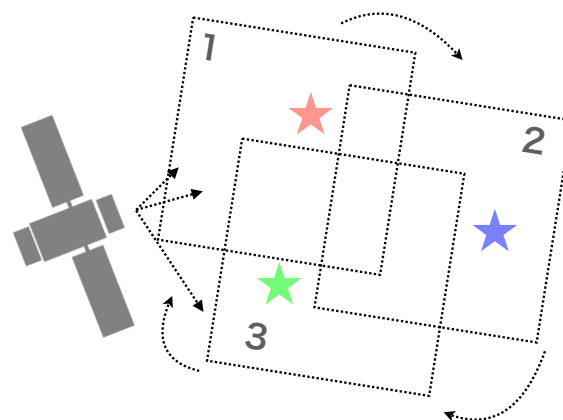


ポインティング観測

※ 太陽角制限等のない近傍星を指向

1–10 kpc

SK-Gd/HK からのニュートリノバースト

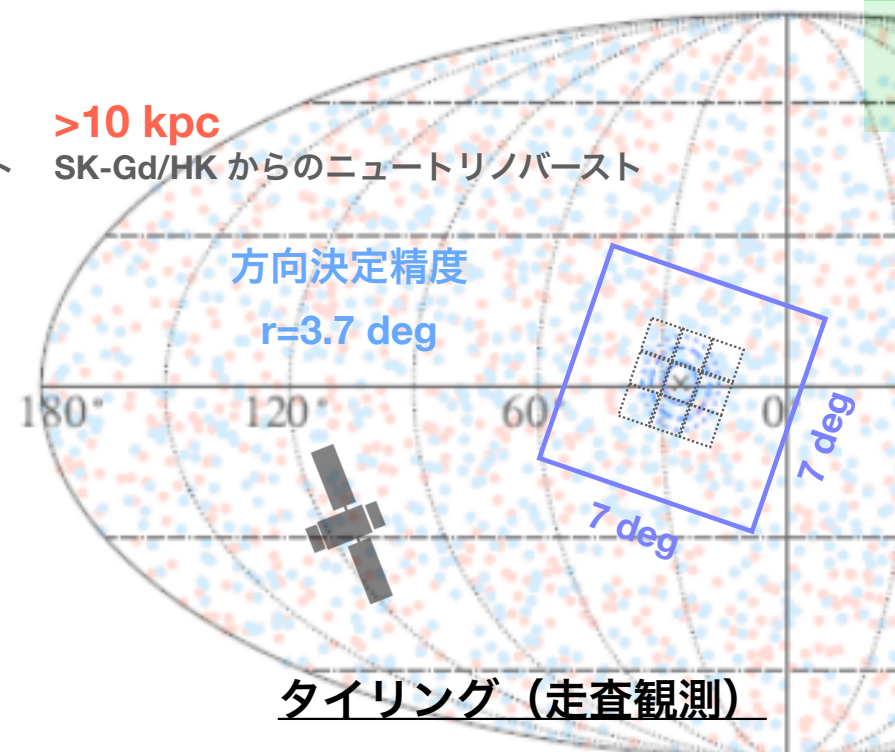


巡回マニューバ

※ 距離と方向から絞り込んだ数天体を見る

>10 kpc

SK-Gd/HK からのニュートリノバースト



タイリング (走査観測)

※ 広範囲を走査しつつ待機

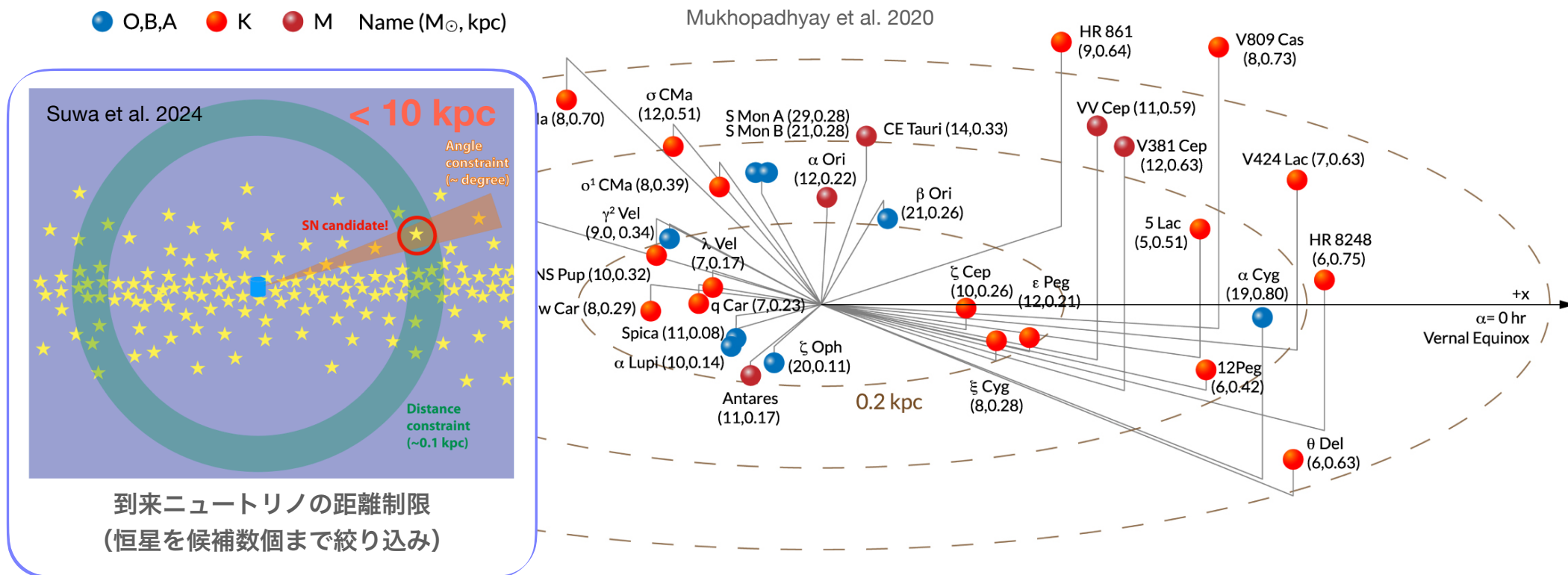
飛来ニュートリノ数 N 等によってアラートの種類を選別。"Golden" (かつ $IBD > 10$) は数分で公開 (GCN Notice)。

MOUを結べば、要求する False alarm rate (例えば数年に1回等) の Low level alert を受け取ることが可能。

超新星の発生した距離に応じて異なる戦略が必要。特に近傍で候補星を特定できれば **single pointing**。実現可能！

近傍で超新星が起きた場合の観測戦略

ニュートリノの事前アラート+赤色巨星リストによる絞り込みで観測可能性を向上。



2024年度より、SK SN conveners (関谷さん、中畑さん、池田さん、小汐さん他) と打ち合わせを開始。
迅速な XRISM 運用に向けて、JAXA 運用チームとも折衝を開始。

X線とニュートリノ観測の連携 MoU (2025.05)

YITP workshop
2025.08.06



Astro-Multimessenger Alliance for Neutrino and Ex-ray (AMANE) 結成！



Motoyasu Ikeda, Guillaume Pronost,
Hirokazu Ishino, Yosuke Kataoka,
Yusuke Koshio, Atsushi Takeda



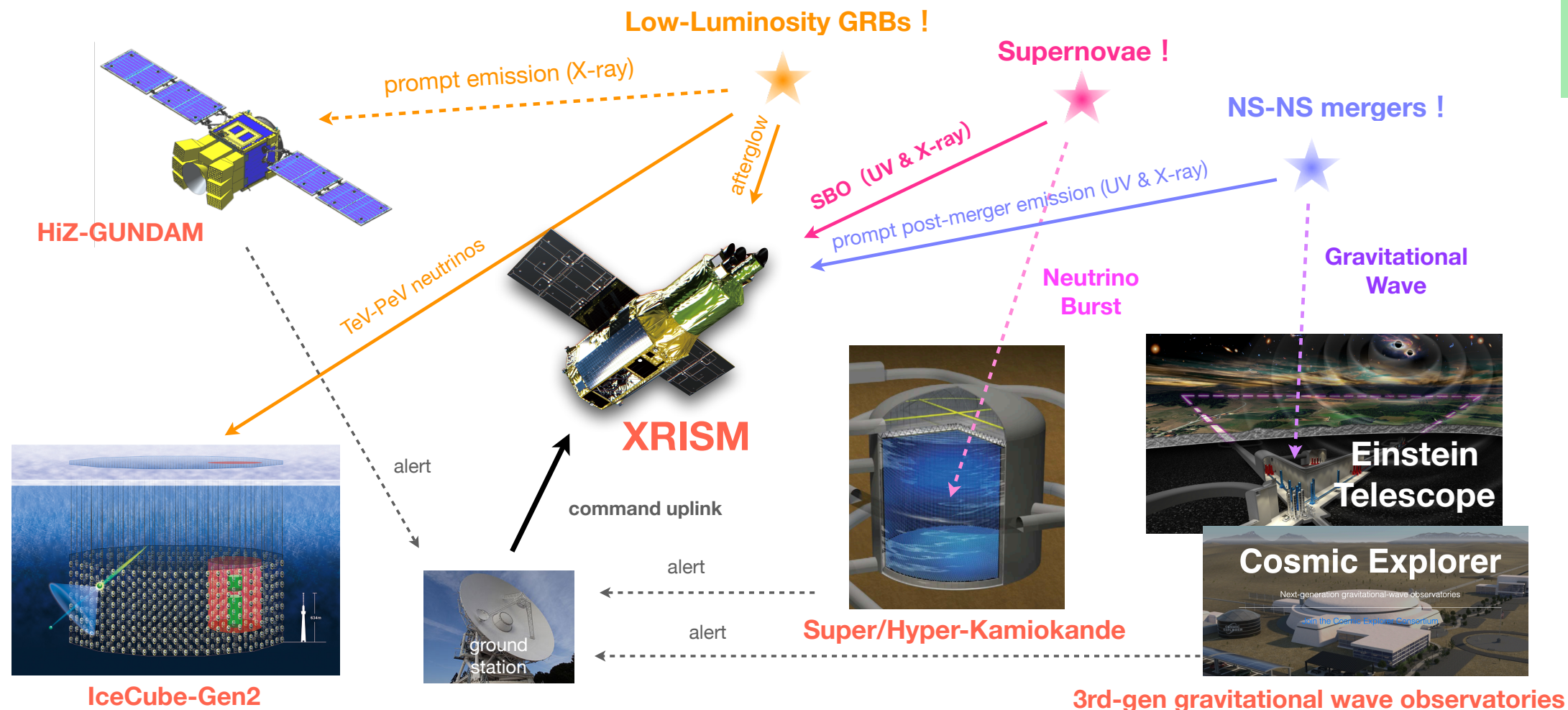
Hiroyuki Uchida, Yudai Suwa, Akihiro Suzuki,
Teruaki Enoto, Keiichi Maeda, Roger Wendell,
Hiromasa Suzuki, Yoshiaki Kanemaru,
Masamitsu Mori

Motoyasu Ikeda

Hiroyuki Uchida

AMANE と SK SN conveners 間で連携のための MoU 締結 (2025.5.22)。
今後：ニュートリノアラートを受けた即時観測体制の構築、XRISM の観測戦略の具体化、可視光望遠鏡との連携、爆発直後のX線ライトカーブ予測、、、

2030年代の時間軸・マルチメッセンジャー天文学へ



年間~60の超新星 etc. + 稀な重要事象の即時観測：2030年代のニュートリノ/重力波観測との連携を強化。

IceCube とも議論を開始。HiZ-GUNDAM 開発にも参入。可視・赤外線グループとの連携も予定。

まとめ

YITP workshop
2025.08.06

長年の未解決問題だった超新星の爆発機構について
直前~10年の活動歴が解明の鍵かもしれない。

これまで困難だった超新星爆発の直後 ~1日以内の観測がほしい。
ニュートリノによる待ち受け観測は大きな breakthrough をもたらす。

日本が打ち上げた最新の衛星 XRISM に搭載の Xtend を利用して
「次」が起きる前に即応観測体制を整えておきたい。

AMANE
Astro-Multimessenger Alliance
for Neutrino and Ex-ray

AMANE "天音" をよろしく！