



103

核物質状態方程式を考慮した

超新星ニュートリノ観測テンプレートの開発

arXiv:2108.03009, ApJ in press

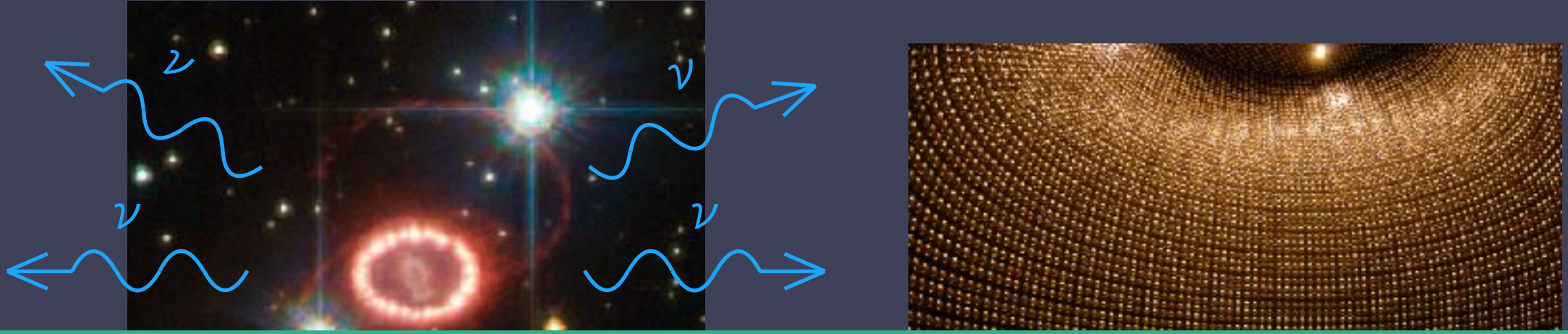
原田了 (理化学研究所)

共同研究者: nuLC collaboration (中里健一郎 (九州大)、中西史美、原田将之、小汐祐介 (岡山大)、森正光、諏訪雄大 (東京大)、住吉光介 (沼津高専)、ロジャー・ウェンデル (京都大))

査定額: 論文出版費として20万円 (ただしコロナ禍の状況を鑑みて一部用途を変更し、リモート打ち合わせ用のカメラの購入に約10万円、slackの利用料に約3万円。残りは引き続き論文出版費として使用予定)

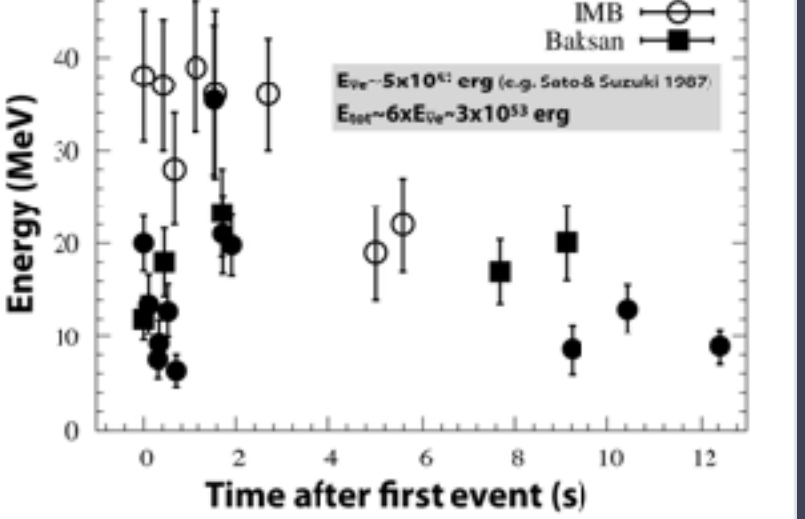
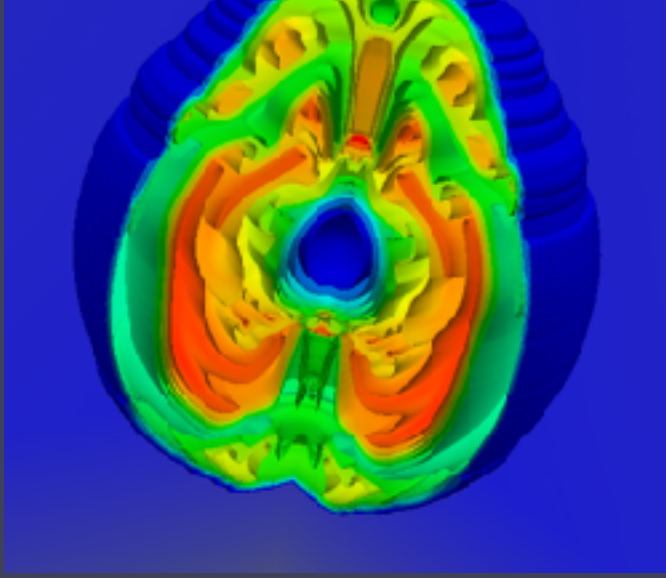
超新星ニュートリノ観測と理論

超新星からのニュートリノ放射



理論家と実験家で協力して超新星ニュートリノ検出に備える

超新星を
シミュレート



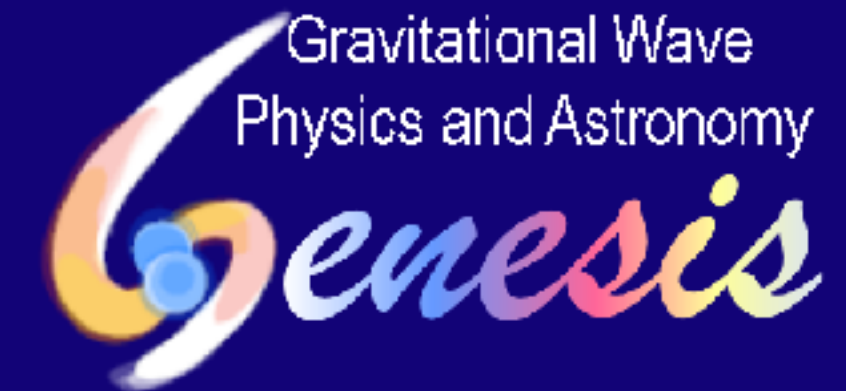
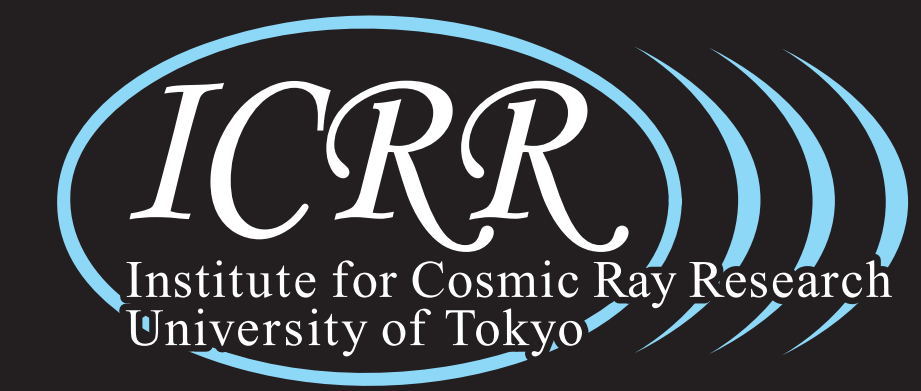
諏訪のスライドより

ニュートリノを観測

理論モデルと観測データの対応づけ

nuLC コラボレーション

neutrino Light Curve



Roger Wendell(京都大, **実験**)

原田了(理研, **理論**)

小汐由介、原田将之、中西史美
(岡山大, **実験**)

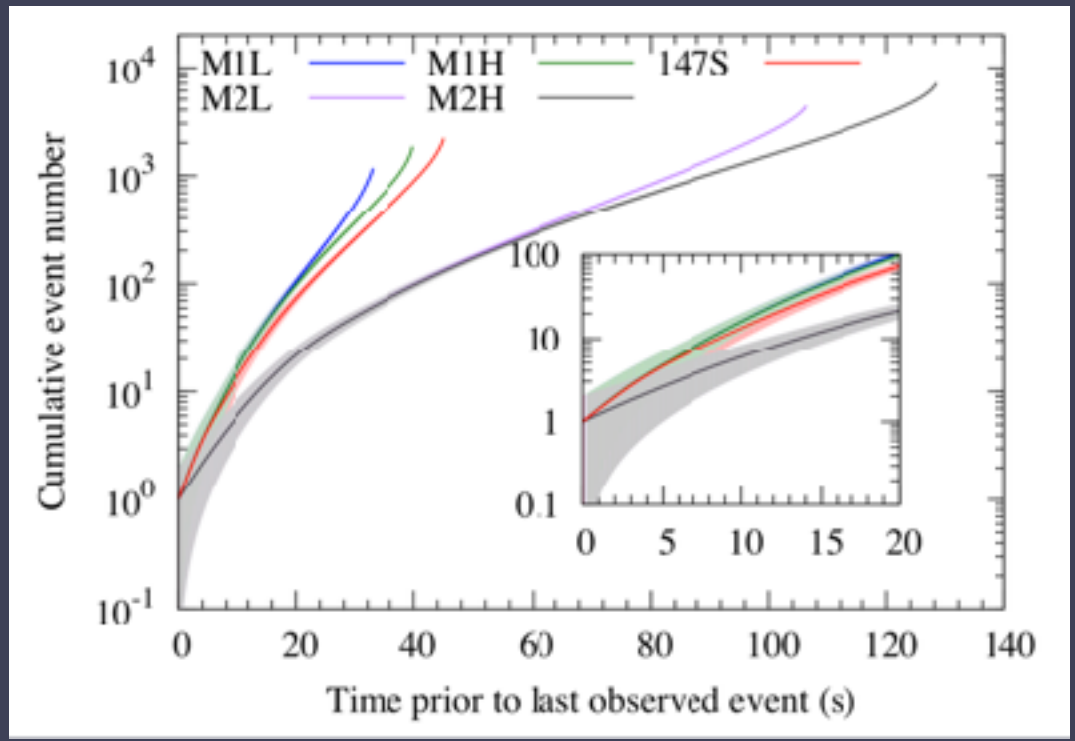
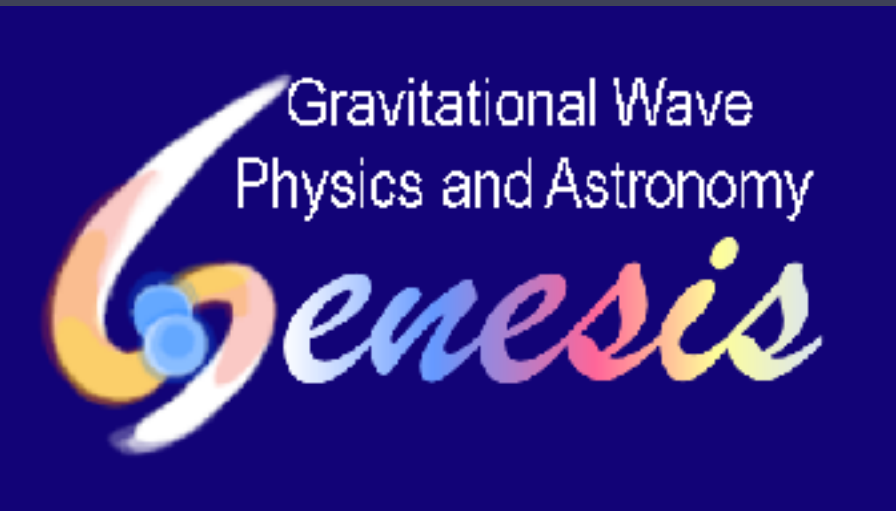
諏訪雄大(東京大, **理論**)、
森正光(東京大, **理論/実験**)

中里健一郎(九州大, **理論**)

住吉光介(沼津高専, **理論**)

nuLC コラボレーション

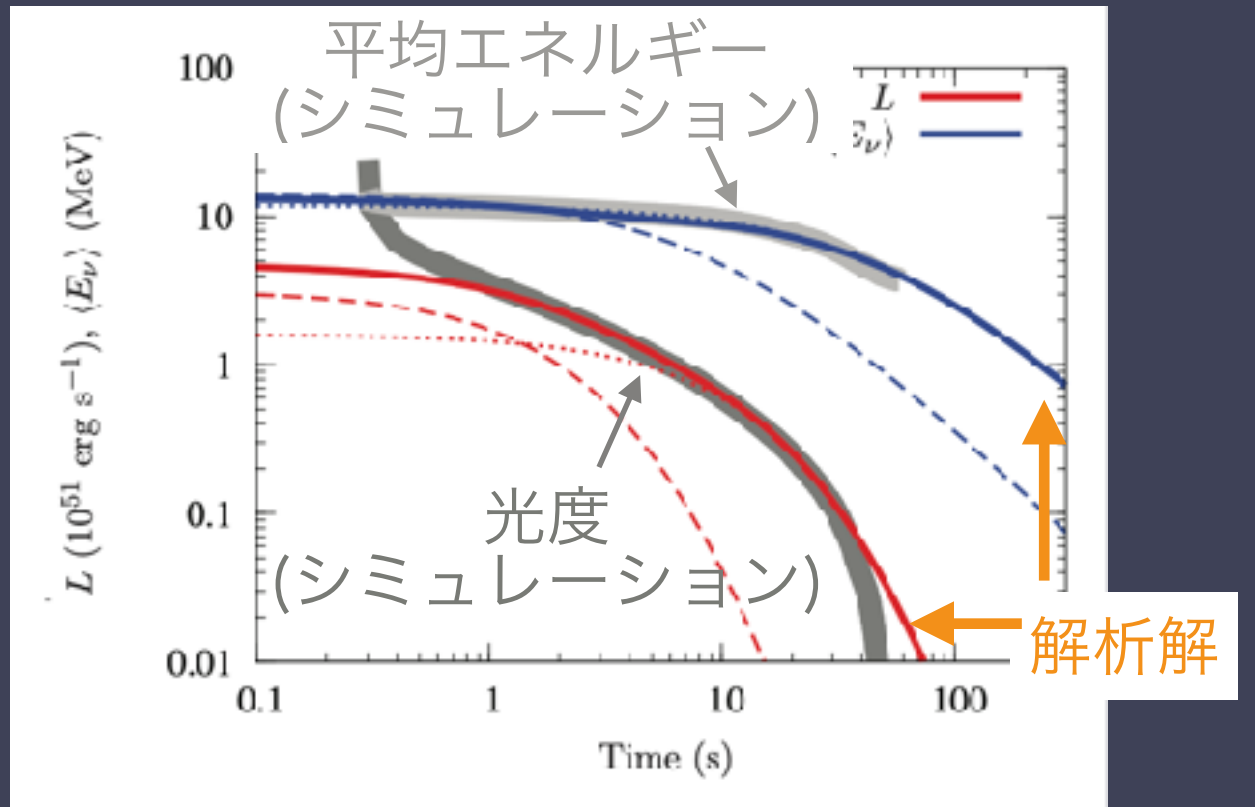
neutrino Light Curve



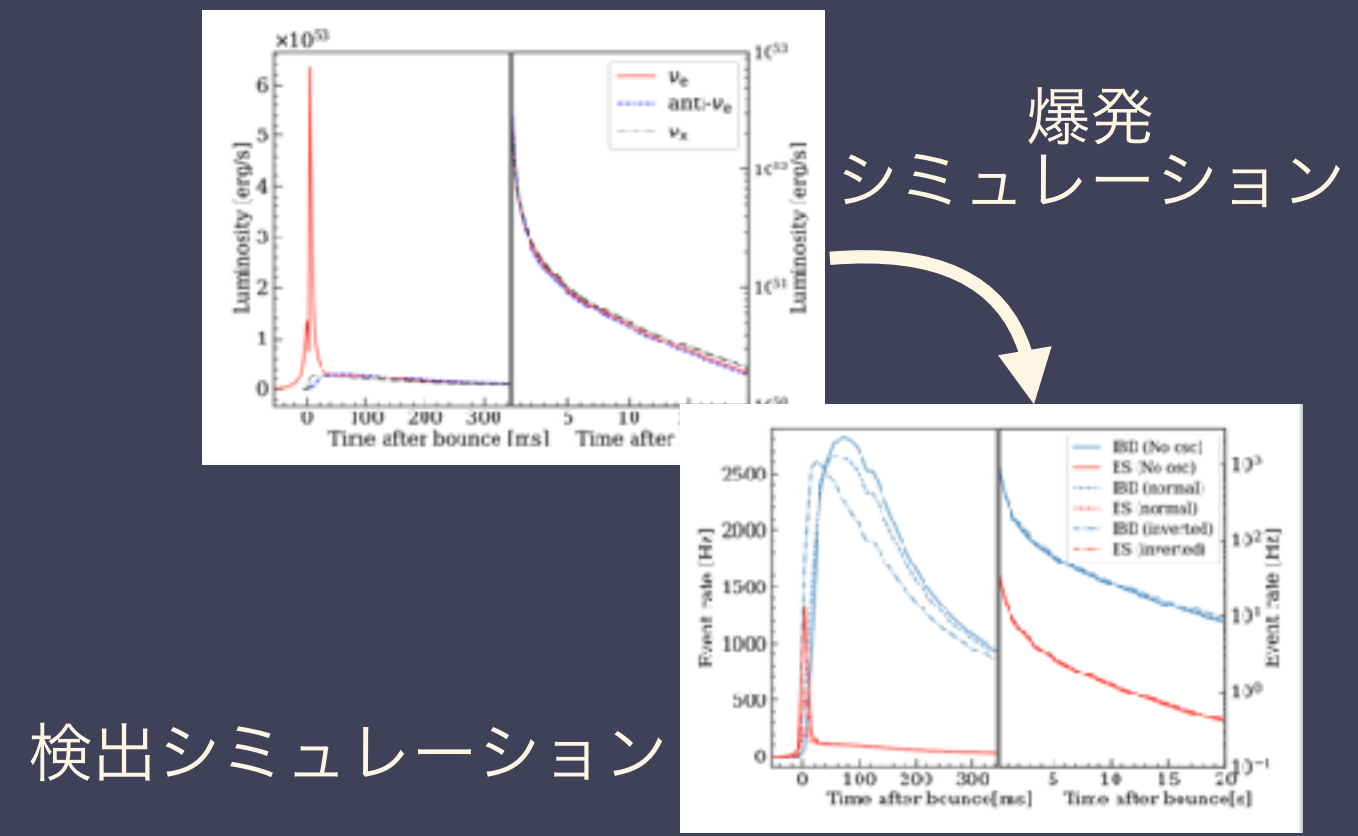
Suwa et al. (2019)

2019年度(採択前)

- ・後期のニュートリノ信号←原始中性子星冷却で決まり、不定性小
- ・Backward time analysisでパラメータを峻別可能！



Suwa et al. (2021)



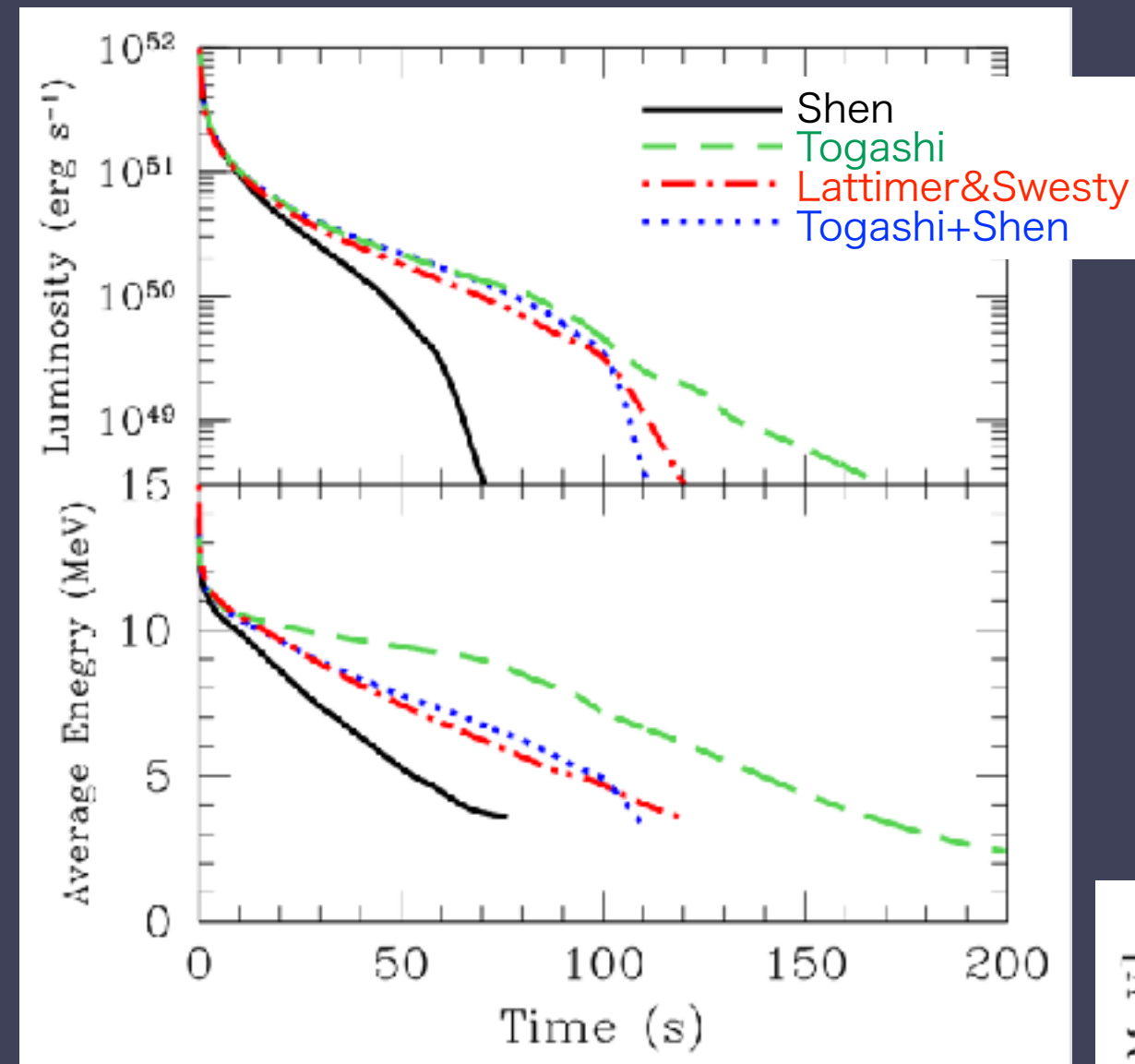
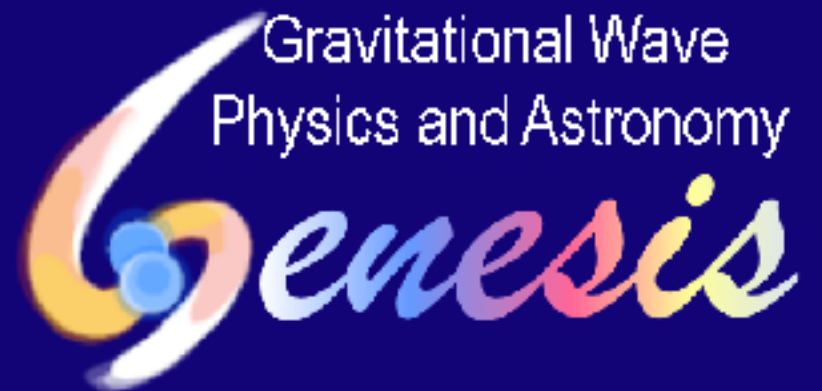
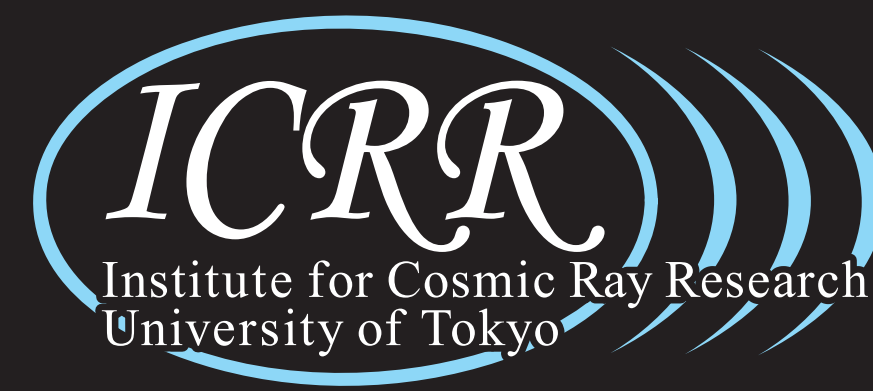
Mori et al. (2021)

2020年度(課題一年目)

- ・ニュートリノ光度曲線の解析解の開発→詳細な数値シミュレーションに頼らず、簡単に光度曲線をモデル化可能
- ・超新星爆発から検出まで一貫したフレームワークの開発

nuLC コラボレーション2021

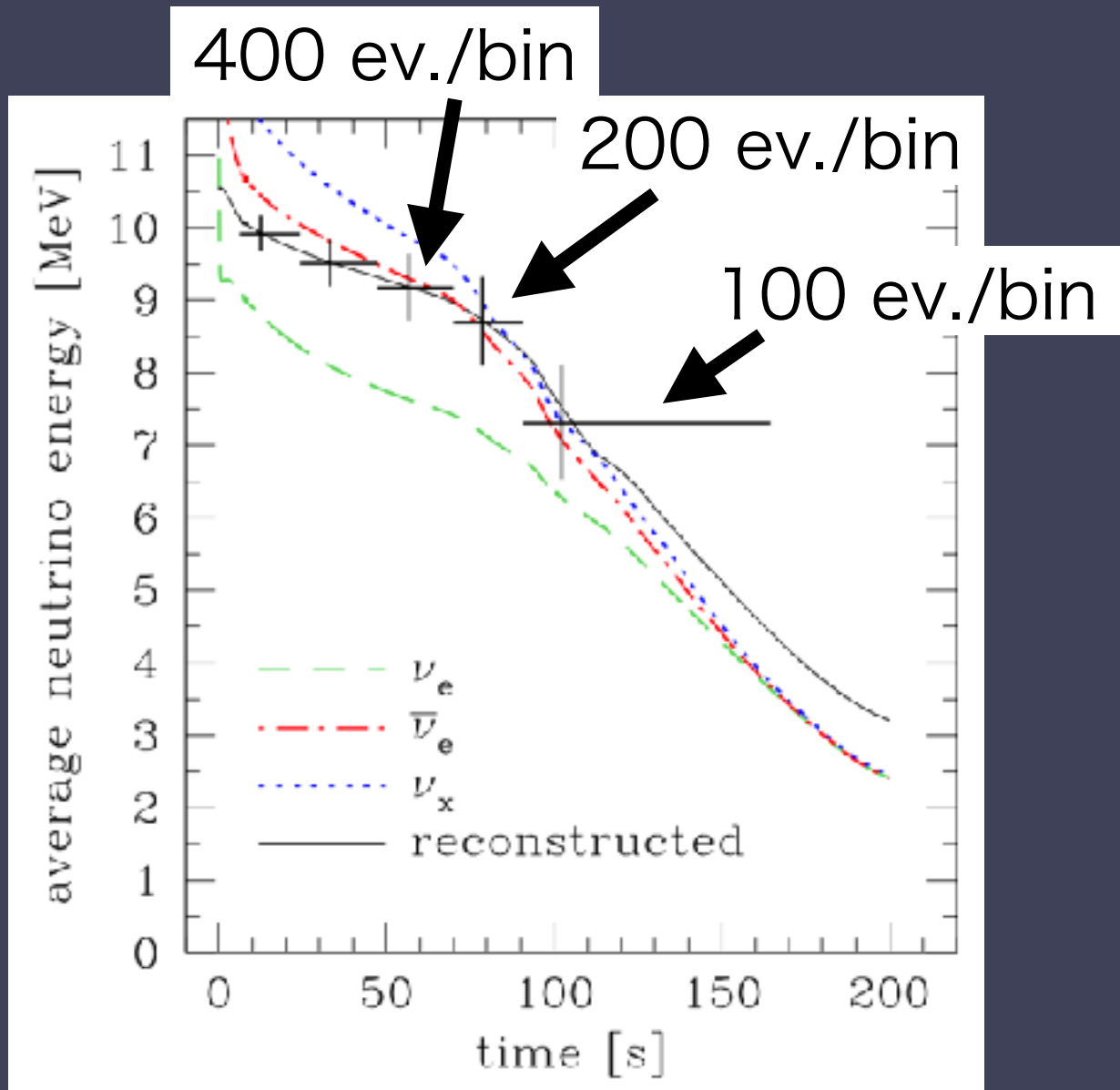
neutrino Light Curve



2021年度

- ・様々な核物質状態方程式・親星について、超新星ニュートリノ信号の理論モデルを開発
- ・ニュートリノエネルギーに関しての解析手法を提案

Nakazato et al. (arXiv:2108.03009, ApJ in press)



核物質状態方程式

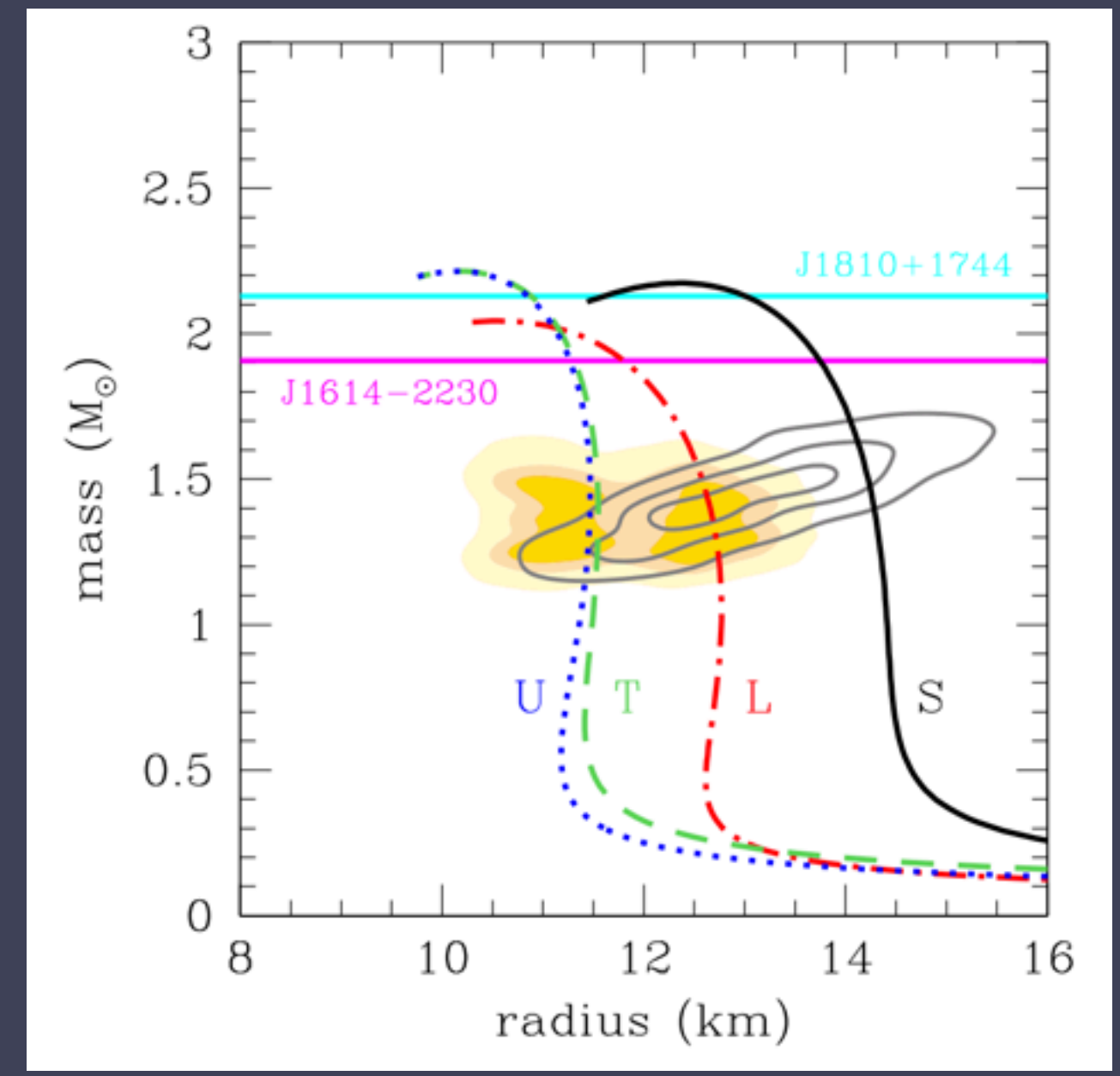
Model	M_{ZAMS} (M_{\odot})	EOS	M_b (M_{\odot})
140S15	15	Shen	1.40
147S15	15	Shen	1.47
154S15	15	Shen	1.54
162S15	15	Shen	1.62
162S40	40	Shen	1.62
170S40	40	Shen	1.70
178S40	40	Shen	1.78
186S40	40	Shen	1.86
140L15	15	LS220	1.40
147L15	15	LS220	1.47
154L15	15	LS220	1.54
162L15	15	LS220	1.62
162L40	40	LS220	1.62
170L40	40	LS220	1.70
178L40	40	LS220	1.78
186L40	40	LS220	1.86
140T15	15	Togashi	1.40
147T15	15	Togashi	1.47
154T15	15	Togashi	1.54
162T15	15	Togashi	1.62
162T40	40	Togashi	1.62
170T40	40	Togashi	1.70
178T40	40	Togashi	1.78
186T40	40	Togashi	1.86
140U15	15	T+S	1.40
147U15	15	T+S	1.47
154U15	15	T+S	1.54
162U15	15	T+S	1.62
162U40	40	T+S	1.62
170U40	40	T+S	1.70
178U40	40	T+S	1.78
186U40	40	T+S	1.86

Shen EOS

Lattimer & Swesty
EOS

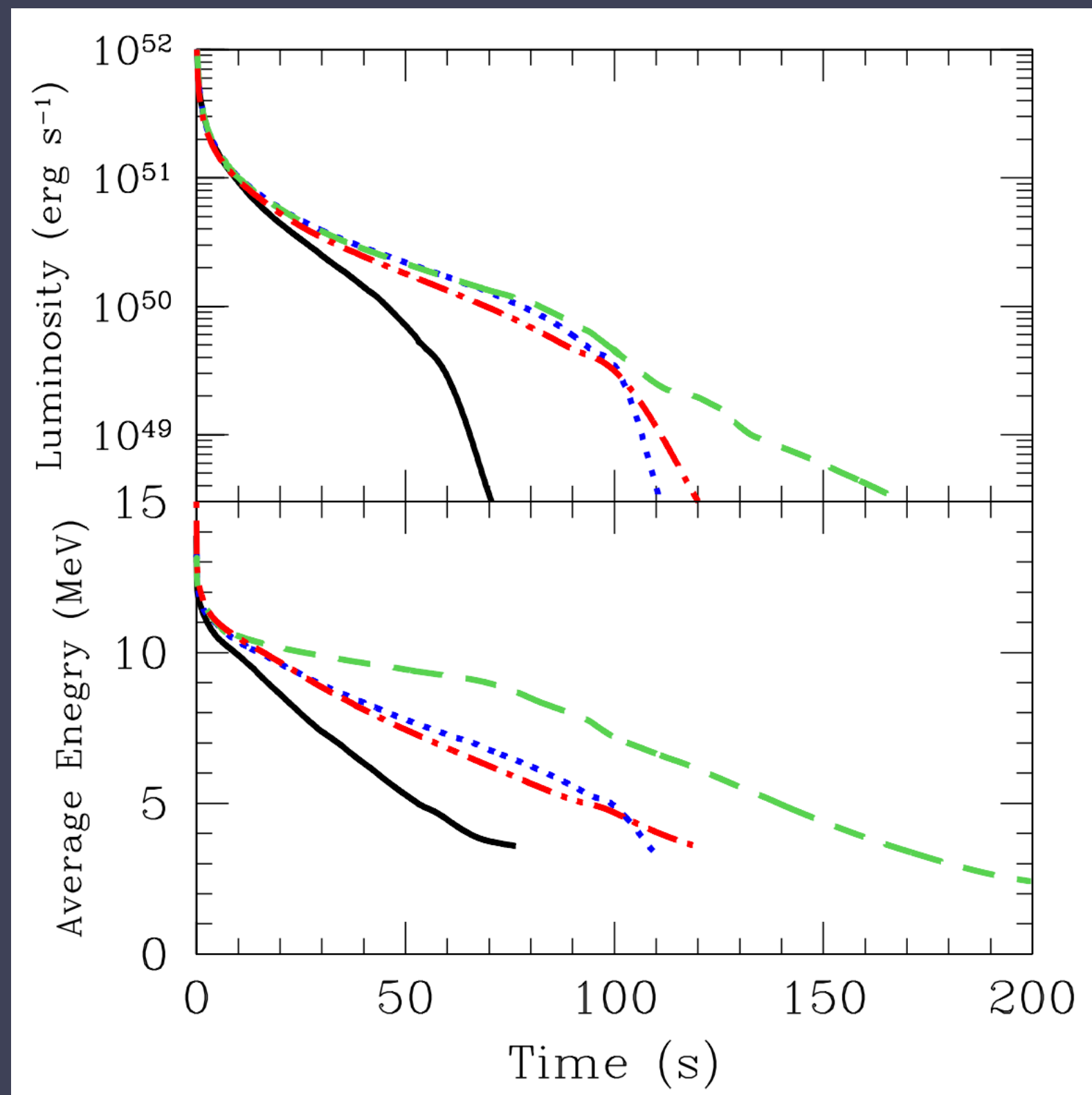
Togashi EOS

Togashi+Shen
Unified EOS



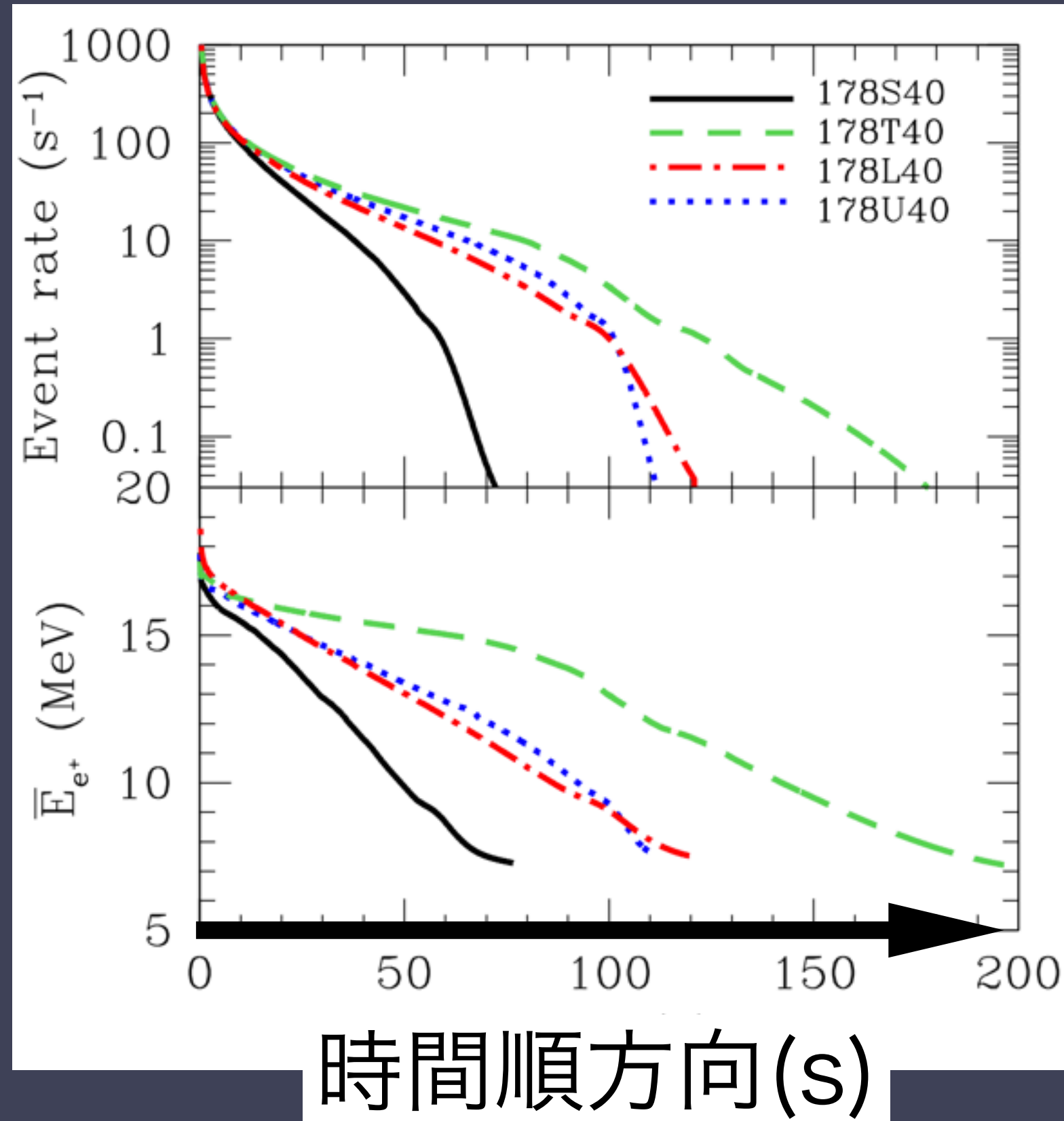
- ・ 高密度部分(PNS内部)はTogashi、低密度部分(PNS表面)はShen
 - ▶ 基本はTogashiだが、表面の原子核組成、すなわちニュートリノ opacityが違う

ニュートリノ信号

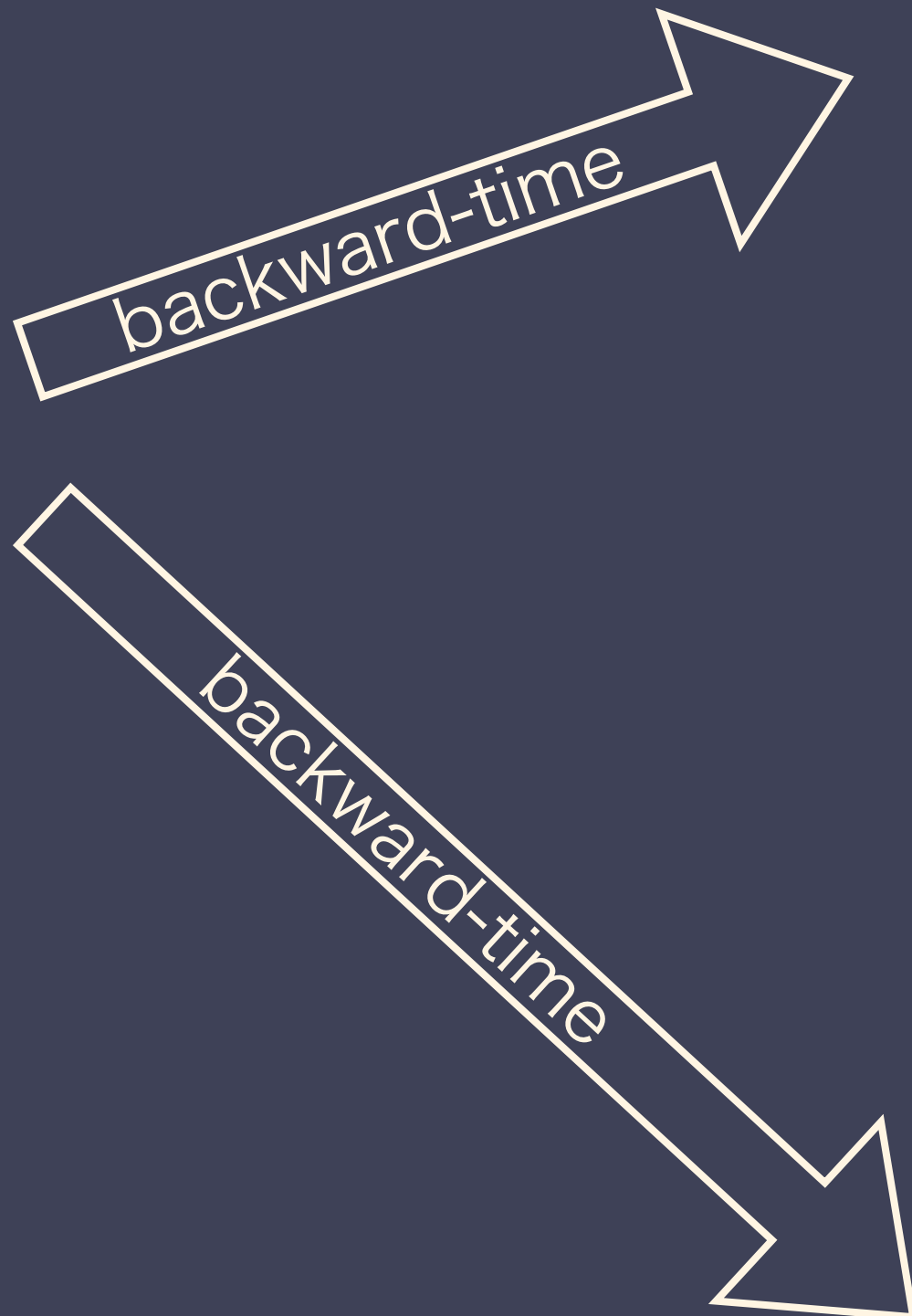


- ・ PNSの構造と表面組成(opacity)によってタイムスケールが大きく変わる

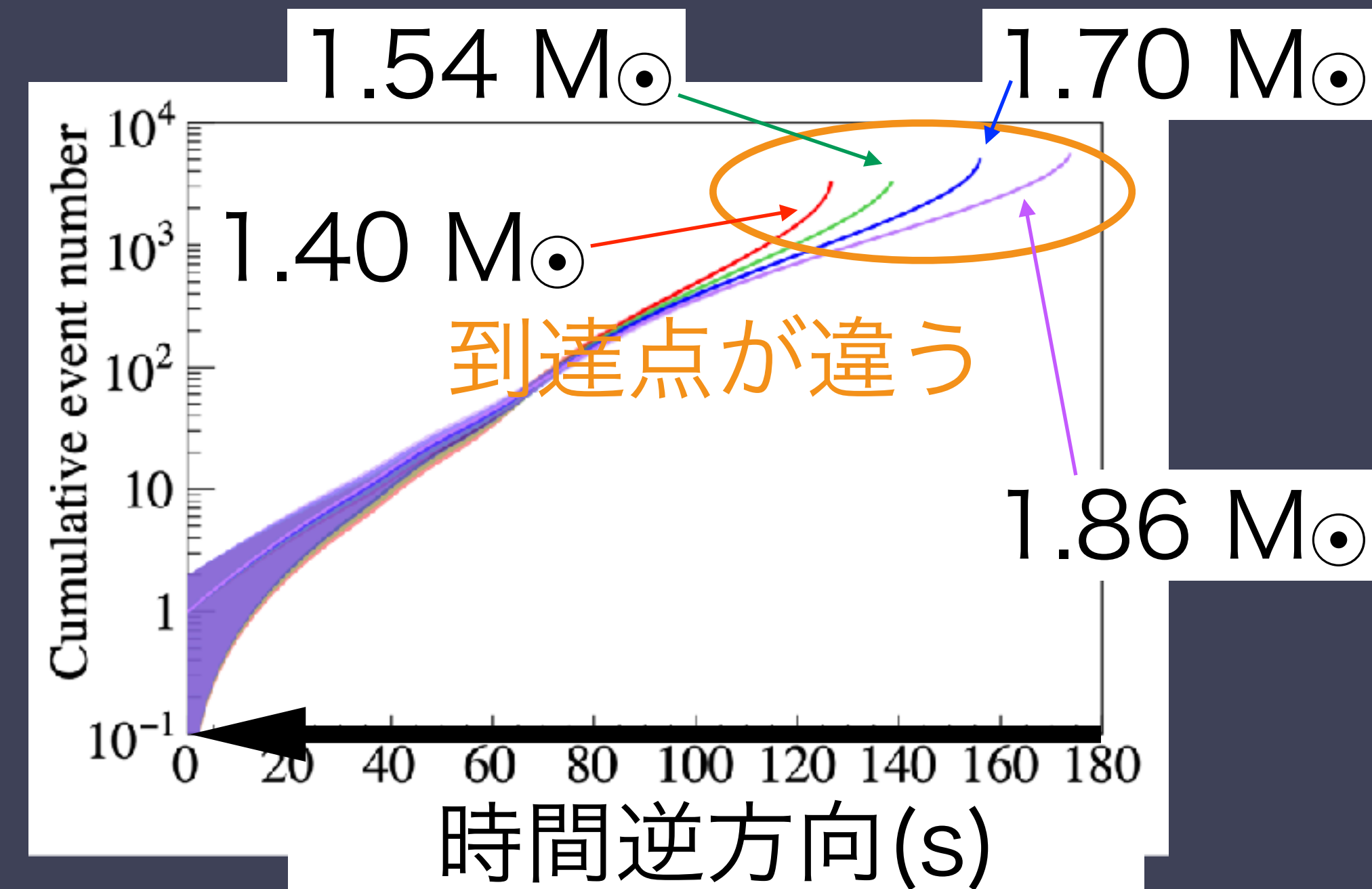
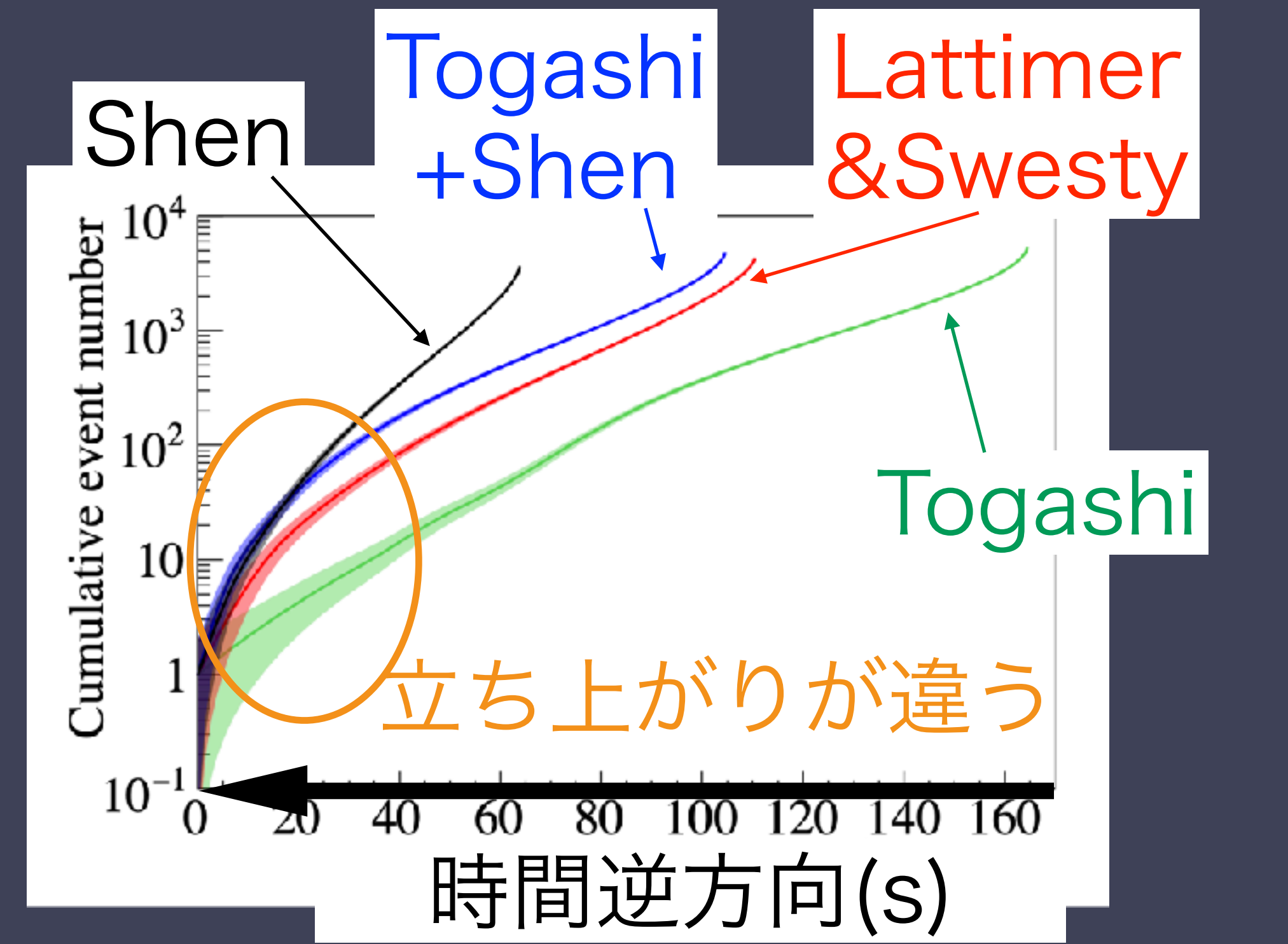
ニュートリノ信号



EOS間比較



PNS質量間比較



zenodoに公開予定



ニュートリノ平均エネルギー解析

- IBDによる陽電子エネルギーからニュートリノ平均エネルギーを推定する

$$\bar{E}_\nu \simeq \frac{\sqrt{\bar{E}_{e^+}^2 - E_{\text{th}}^2}}{1.61} + \frac{4}{M} \left(\frac{\bar{E}_{e^+}^2 - E_{\text{th}}^2}{1.61^2} \right)$$

- binに入るイベント数を指定することでbin幅を決め、そのイベント数を最後のbinから倍々に増やしていく
 - 時間とエネルギーそれぞれの分解能のバランスを取る

