

超新星ニュートリノライトカーブ における状態方程式による影響

中西史美(岡山大理)

中里健一郎(九州大・基幹教育院), 原田将之, 小汐由介(岡山大)

諏訪雄大(京産大理, 京大基研), 住吉光介(沼津高専),

原田了(ICRR), 森正光, Roger Wendell(京大理)

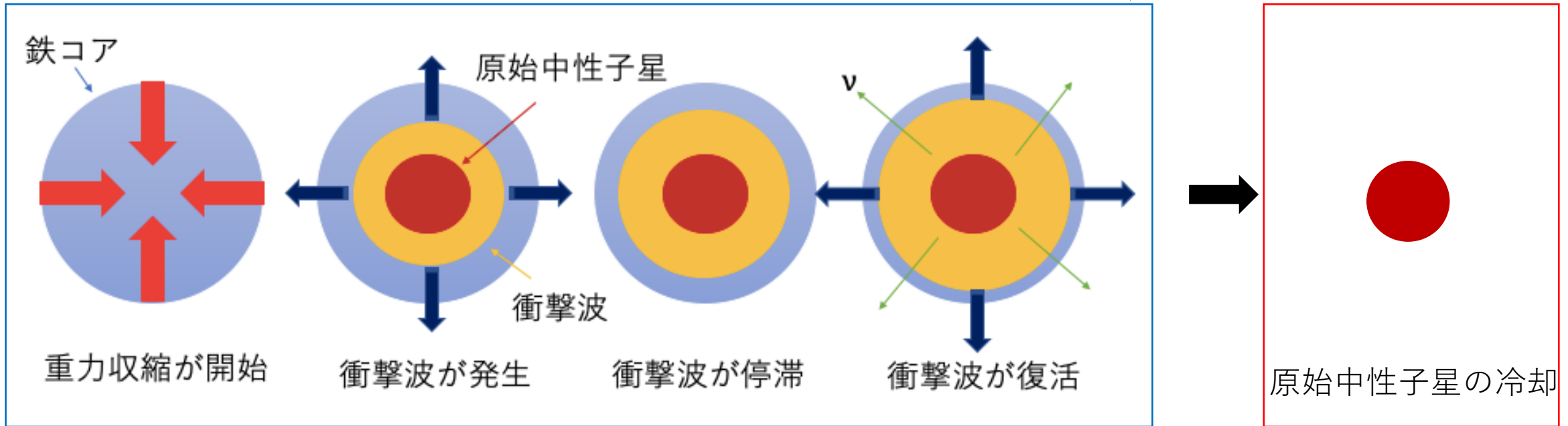
目次

- インTRODクシヨン
 - 超新星爆発
 - 原始中性子星の冷却
 - 先行研究
- 本論
 - 本研究
 - 原始中性子星のモデル
 - Backward time 解析による状態方程式の比較
 - 最後の1イベント
- まとめと今後の展望

超新星爆発

- 太陽の8倍以上の質量を持つ星が一生の最後に起こす爆発現象
- 爆発時、大量のニュートリノを放つ
- 爆発後、中性子星あるいはブラックホールを形成

爆発機構、物質降着
など、パラメーター
が多く不定性大

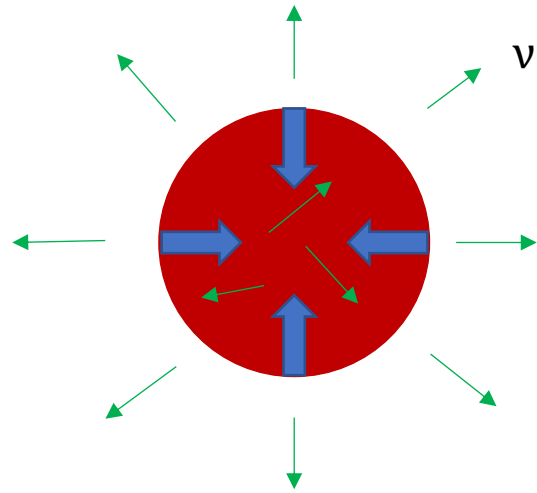


本研究では原始中性子星の冷却過程で放出されるニュートリノに注目

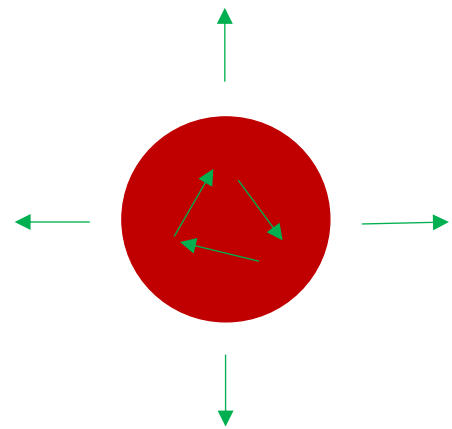
原始中性子星の冷却

- 原始中性子星冷却の3段階

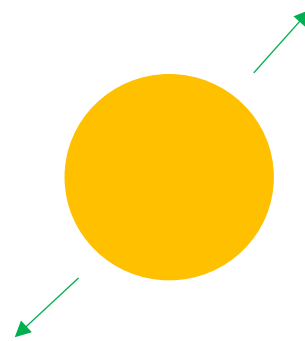
パラメーターが少なく
シンプル



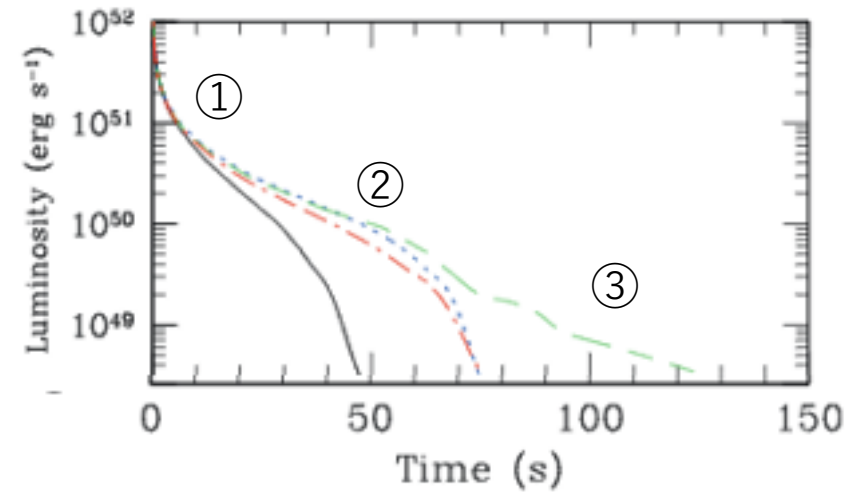
①原始中性子星が収縮



②収縮が止まる



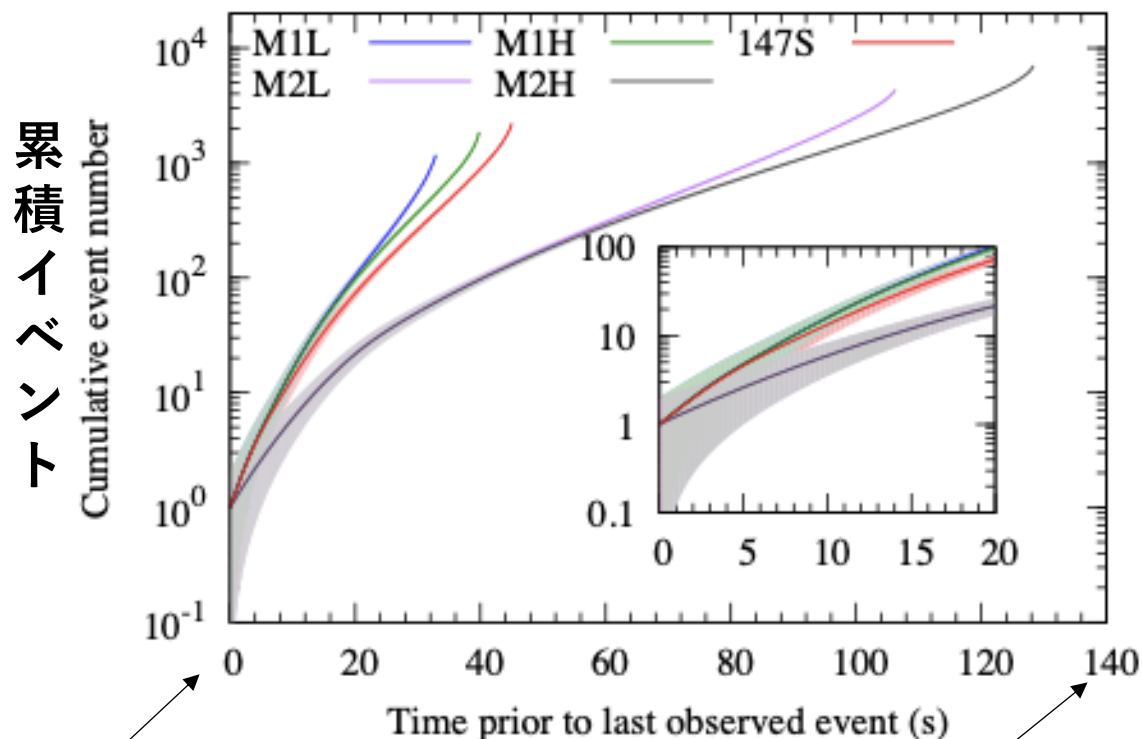
③温度が低下



本研究では②、③で放出されるニュートリノに注目

先行研究

- 先行研究(Suwa et al., ApJ881, 139(2019), arXiv:1904.09996)では質量の異なる原始中性子星モデルを用いて、ニュートリノ検出数の時間発展の違いを調査



時間逆向き (Backward time) 解析

- 最後の1イベントから時間を遡って、累積イベントをプロット
→原始中性子星の質量の違いを見ることができる

147S : Shen EOS (バリオン質量=1.47 M_{\odot})

バリオン質量 (M_{\odot})	初期エントロピー	
	高い	低い
1.29	M1H	M1L
2.35	M2H	M2L

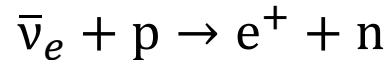
本研究

- Backward time 解析における状態方程式の違いを調べる
- モンテカルロ(MC)シミュレーションで最後の1イベントの時間を調べる

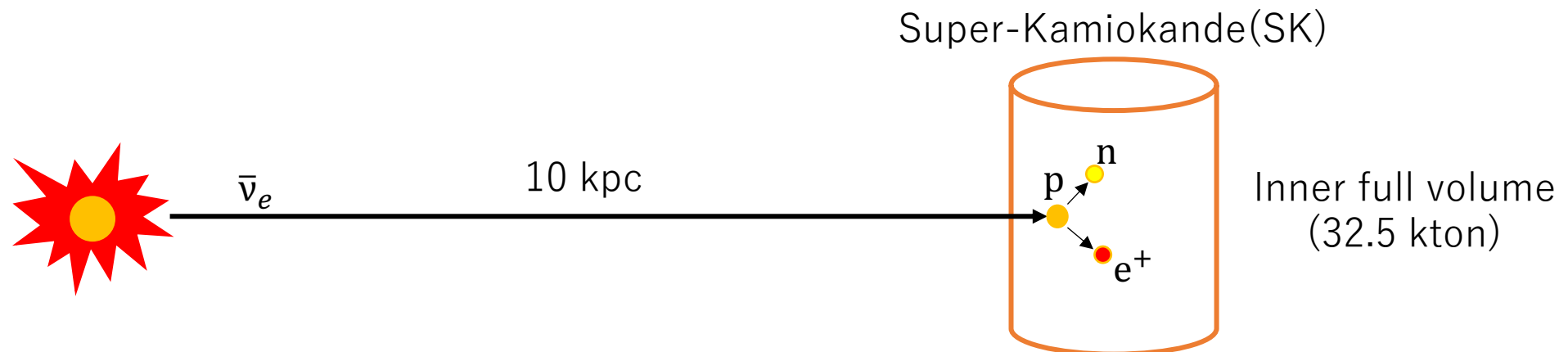
仮定①：距離 = 10 kpc

仮定②：Super-Kamiokande(SK)で観測(32.5 kton)

仮定③：逆ベータ崩壊(IBD)のみを考慮



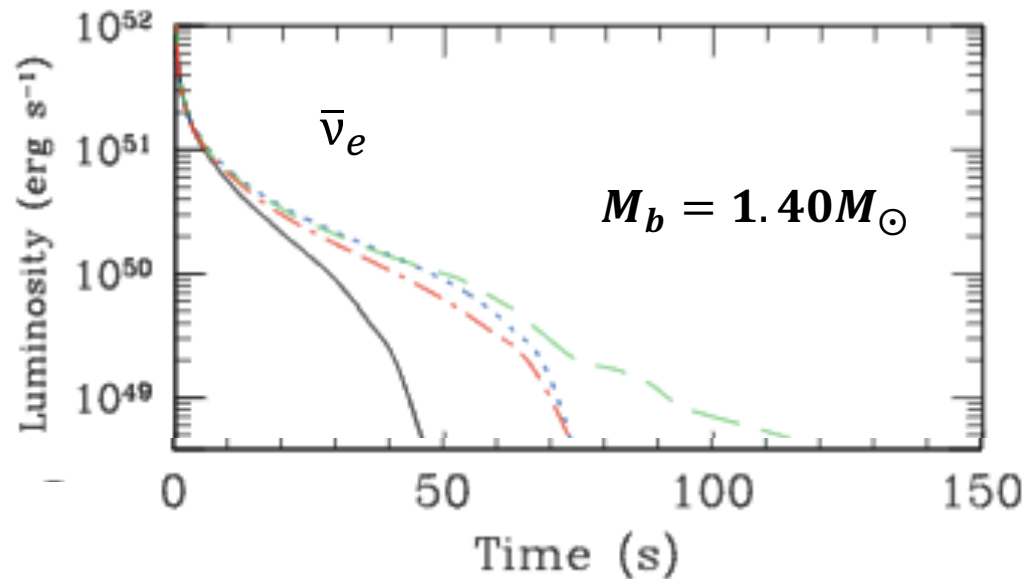
仮定④：ポジトロンの $E_{th}=3$ MeV 以上は検出効率100%



原始中性子星のモデル

- 使用した状態方程式
Shen EOS
LS220 EOS
Togashi EOS
T+S EOS (高密度 : Togashi, 低密度 : Shen)

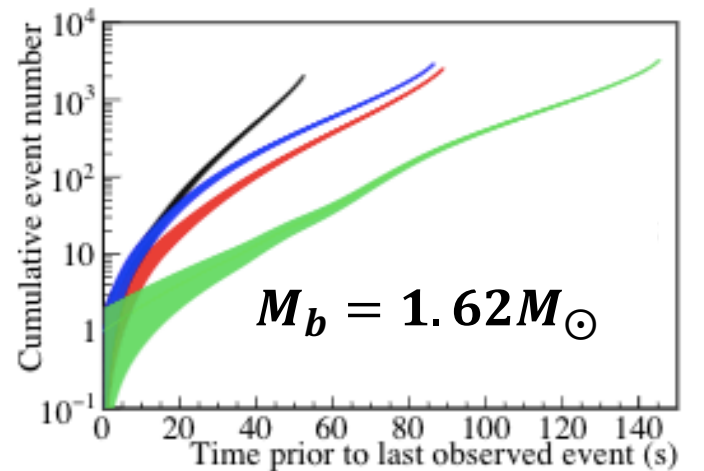
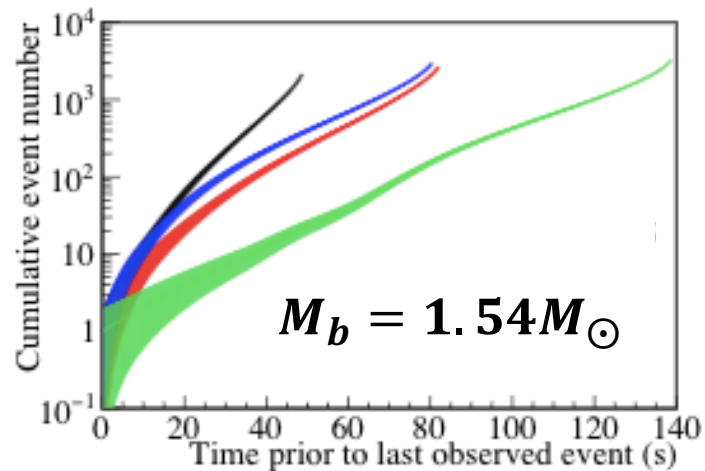
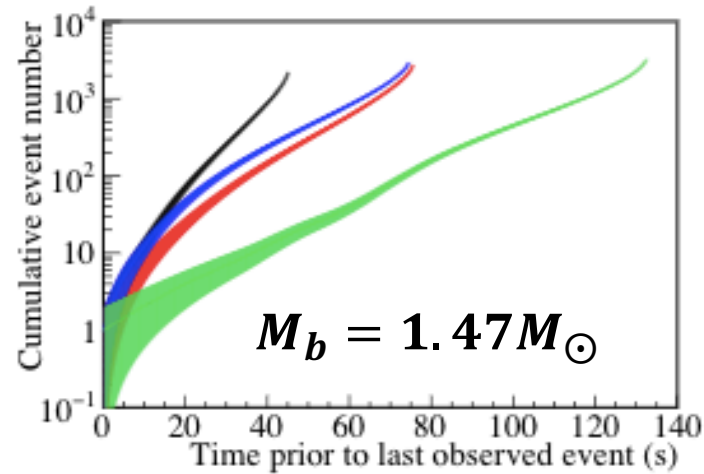
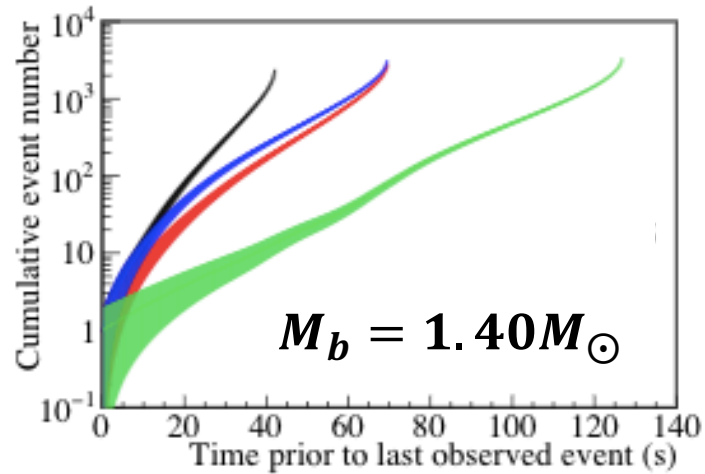
- バリオン質量(M_b)の範囲
1.40~1.62 M_\odot



ニュートリノライトカーブ
時間が経つにつれ、状態方程式によって
ニュートリノ放出に変化

Backward time 解析による状態方程式の比較

8



Shen EOS
LS220 EOS
Togashi EOS
T+S EOS

状態方程式の差が顕著に現れる

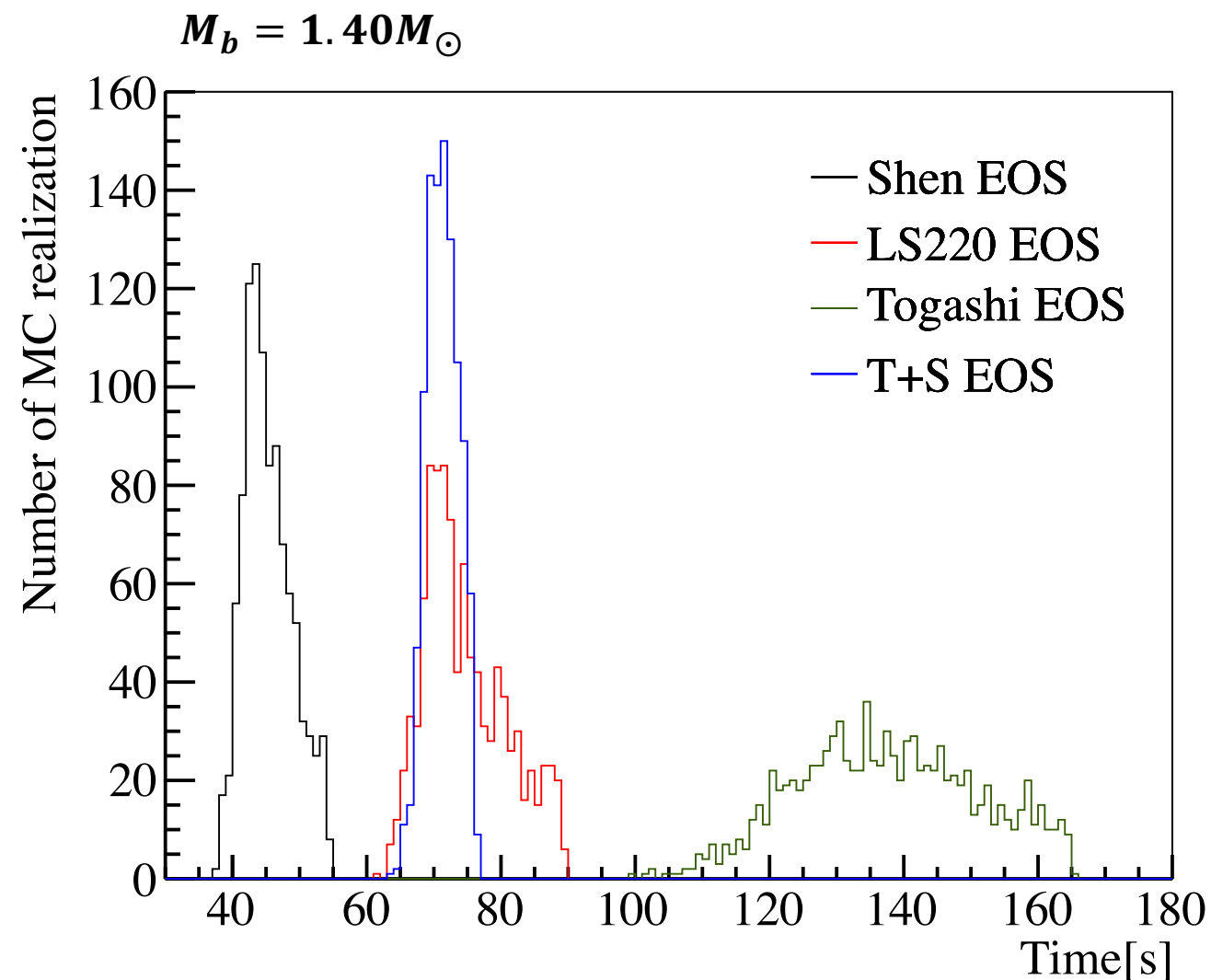


最後の1イベントの時間の統計的な
広がりを知る必要がある



MCシミュレーションを1000回

最後の1イベント



- 状態方程式によって最後の1イベントの時間に違い
- Shen EOS, LS220 EOS, T+S EOS は時間幅が小さい
- Togashi EOS は時間幅が大きい

	最頻値 (s)	半値幅/最頻値
Shen EOS	43.5	0.138
LS220 EOS	68.5	0.161
Togashi EOS	134.5	0.357
T+S EOS	69.5	0.086

まとめと今後の展望

10

●まとめ

- SKで観測する最後のニュートリノに注目
- Backward time 解析は原始中性子星の質量などの情報を得るのに重要な解析であり、状態方程式の区別も可能
- MCシミュレーションで最後の1イベントの時間を計算
- 状態方程式によって最後の1イベントの時間や時間幅が違う

●今後の展望

- SK-GdでのBackgroundや検出効率を考慮して最後の1イベントの時間を見積もる
- SKと超新星爆発が起こる地点との距離やバリオン質量を変えて最後の1イベントの時間の変化を比較

