

前兆ニュートリノ検出可能性の系統的研究

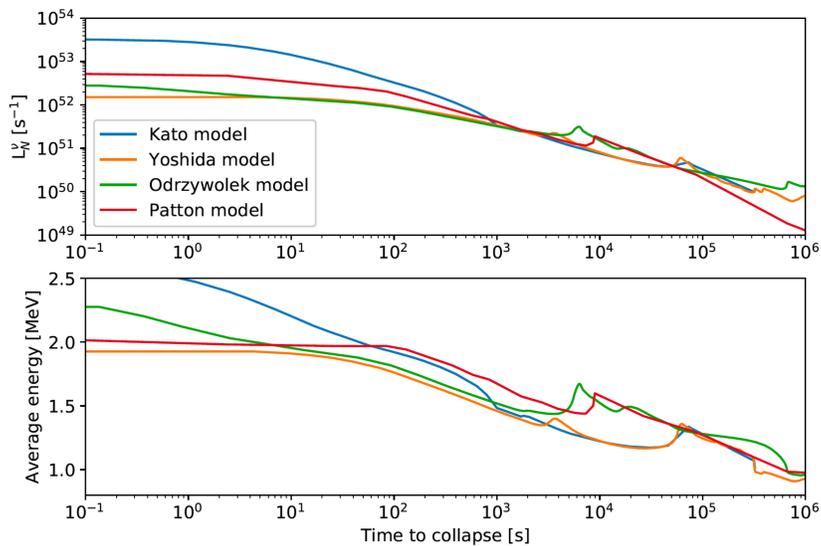
石徹白晃治 (東北大学)

前兆ニュートリノ

恒星の核燃焼フェーズで放出されるニュートリノ
 爆発のO(1000秒)前までは電子-陽電子の対生成が主な生成プロセス
 それ以降は原子核反応が主なプロセスとなる

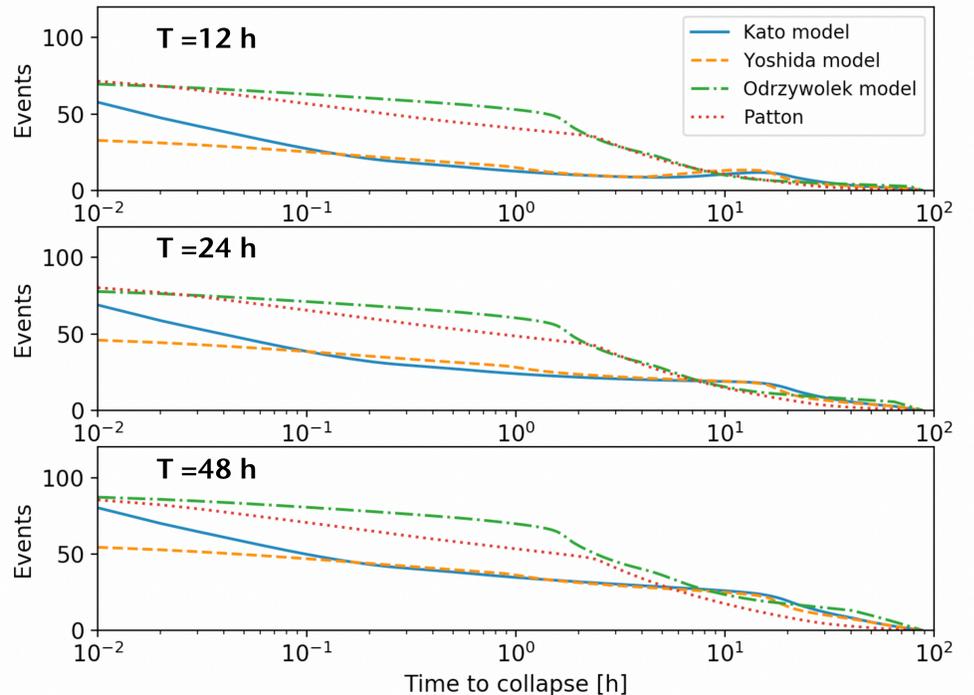
理論モデル

KatoモデルとYoshidaモデルは同じ恒星進化モデル
 KatoモデルとPattonモデルは原子核反応を含めて計算



検出器での応答

SK-Gdの中性子反応を仮定
 1秒に1イベント以下 -> 積分が必要



検出可能距離や検出可能時間はモデルや積分時間に大きく依存

本研究の目的: 系統的研究

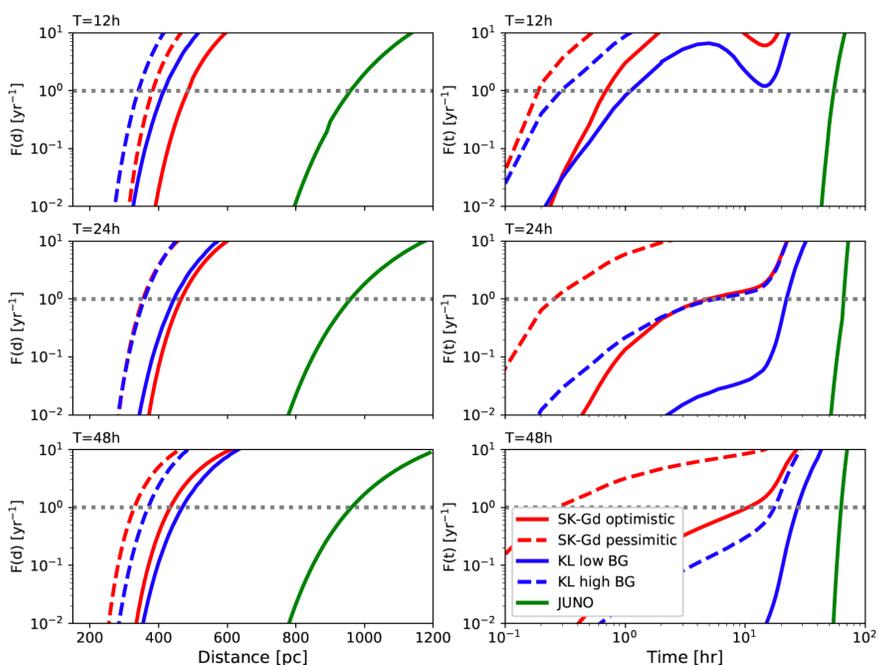
評価方法

- 検出効率50%に対応するイベント数
- 誤検出率 vs 距離
- 誤検出率 vs 時間 (距離は200 pcを仮定)
- 積分時間は12, 24, 48時間を比較

Katoモデルでv標準質量構造を仮定した例

検出可能距離

検出可能時間



議論

- SK-Gdは検出可能距離と時間で最適な積分時間が異なる
- SK-GdとKLの比較は、KLのT=48時間が全般的に最も良い
- JUNOは圧倒的な感度(ただし、非ニュートリノバックグラウンドが含まれていない)
- 前兆 ν の検出は標準質量階層構造の場合に有利
- モデルや積分時間の違いで検出可能距離で20%程度、検出可能時間は最大で0.3-50時間で変化。

まとめ

- 理論モデル, 積分時間, 検出器毎での検出可能を系統的に評価 -> Annu. Rev. Nucl. Part. Sci.の一部として投稿済み

検出器パラメータ

Detector name	Detector size	BG [event/day]	Efficiency	Misc
SK-Gd (neutron)	32.5 kt	132	10%	optimistic
SK-Gd (neutron)	32.5 kt	280	7.3%	pessimistic
SK-Gd (DC)	32.5 kt	24	Black curve in Fig. 8 of (6)	optimistic
SK-Gd (DC)	32.5 kt	56	Blue curve in Fig. 8 of (6)	pessimistic
KamLAND	0.7 kt	0.14	Fig. 4 of (5)	low reactor
KamLAND	0.7 kt	0.71	Fig. 4 of (5)	normal reactor
JUNO	20 kt	16.8	0.73	

(5): K. Asakura et al., ApJ 818, 91 (2016)
 (6): C. Simpson et al., ApJ 885, 133 (2019)

結果

誤検出率 1 / yr を基準. 標準質量階層構造 (逆質量階層構造)の場合

Detector	Model	$N_S^{DC}(t=0.01)$	Detection range [pc]	Alarm time [hr]	T [hr]
SK-Gd	Kato	46.7-49.9 (10.9-11.7)	380-480 (180-230)	0.1-0.6 (-0.02)	12
		50.8-54.3 (12.2-13.0)	350-460 (170-220)	0.2-4.5 (-0.02)	24
		54.3-58.0 (13.3-14.3)	320-430 (160-210)	0.2-10 (-0.01)	48
	Yoshida	21.4-22.8 (12.4-13.2)	260-330 (190-250)	0.1-1 (-0.1)	12
		26.3-28.0 (15.0-16.0)	260-340 (190-260)	0.4-6 (-0.2)	24
		28.4-30.2 (16.1-17.2)	240-320 (180-240)	0.2-6.5 (-0.2)	48
Odrzywolek	45.3-48.3 (12.8-13.7)	380-490 (200-260)	4-6.5 (0.02-1.7)	12	
	47.3-50.4 (13.4-14.3)	340-460 (180-240)	3-6.5 (-1.6)	24	
	49.1-52.4 (14.0-14.9)	310-420 (170-220)	3-7 (-0.7)	48	
Patton	43.5-46.3 (12.9-13.9)	370-480 (200-260)	3.5-6 (0.02-0.9)	12	
	45.8-48.9 (13.8-14.7)	340-450 (180-250)	3-6.5 (-0.5)	24	
	46.8-49.8 (14.1-15.0)	310-410 (170-220)	2.5-5.5 (-0.1)	48	
KamLAND	Kato	7.6 (1.6)	340-410 (150-190)	0.2-1 (-)	12
		9.3 (2.1)	350-440 (170-210)	5.5-20 (-0.02)	24
		10.9 (2.6)	360-460 (180-220)	17-26 (-0.1)	48
	Yoshida	4.5 (2.4)	260-310 (190-230)	0.5-16 (-0.1)	12
		6.5 (3.5)	290-370 (210-270)	8-18 (0.1-1.8)	24
		7.7 (4.1)	310-390 (220-280)	15-22 (0.3-7.5)	48
Odrzywolek	9.7 (2.8)	380-460 (200-240)	5.5-8 (0.04-1.7)	12	
	11.0 (3.1)	380-480 (200-250)	7-13 (0.08-2)	24	
	12.4 (3.5)	390-490 (200-260)	11-38 (0.1-2.5)	48	
Patton	10.1 (2.9)	390-470 (200-250)	5.5-8.5 (0.07-1.9)	12	
	11.4 (3.5)	390-490 (210-260)	7-11 (0.1-2.5)	24	
	12.2 (3.6)	380-490 (210-260)	7.5-13 (0.1-3)	48	
JUNO	Kato	232 (48.7)	950 (430)	54 (24)	12
		286 (65.2)	950 (440)	64 (28)	24
		341 (81.8)	960 (470)	62 (34)	48
	Yoshida	142 (75.7)	740 (540)	52 (30)	12
		205 (109)	810 (590)	64 (38)	24
		247 (131)	810 (590)	62 (46)	48
Odrzywolek	303 (86.2)	1090 (580)	78 (14)	12	
	344 (97.8)	1050 (560)	76 (28)	24	
	391 (111)	1030 (540)	74 (48)	48	
Patton	315 (90.6)	1110 (590)	30 (17)	12	
	360 (106)	1070 (580)	34 (19)	24	
	385 (115)	1020 (550)	38 (20)	48	