

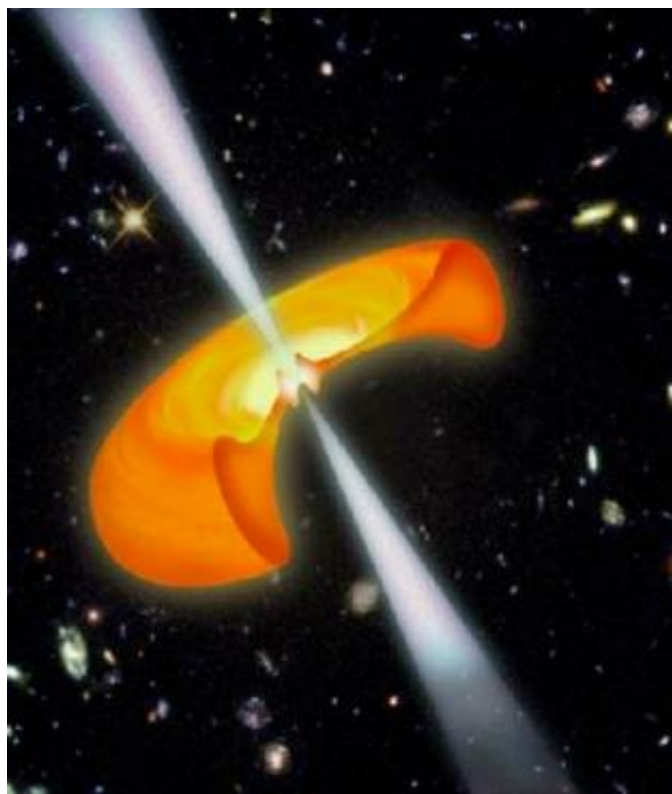
無衝突衝撃波のシミュレーションから示唆される乱流磁場による jitter 放射

東京工業大学基礎物理学専攻

寺澤研究室 修士1年

山越陽介

ガンマ線バースト

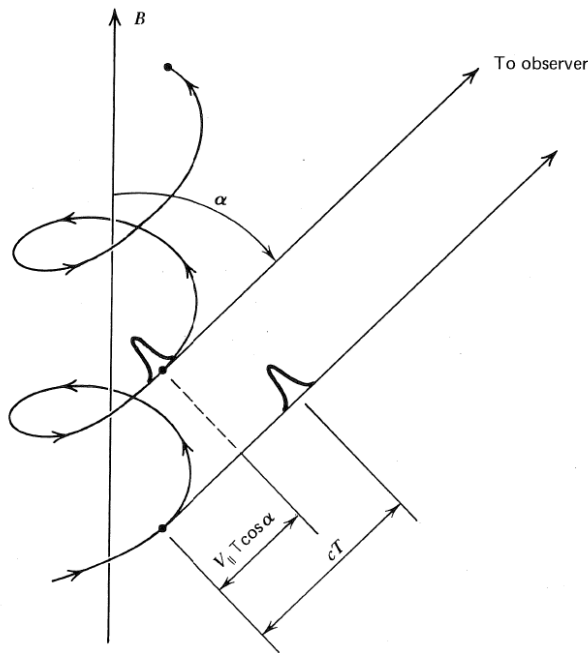


- 宇宙の果ての巨大爆発
 - 100億光年以上
- 宇宙で最も明るい現象
- 数十秒の爆発

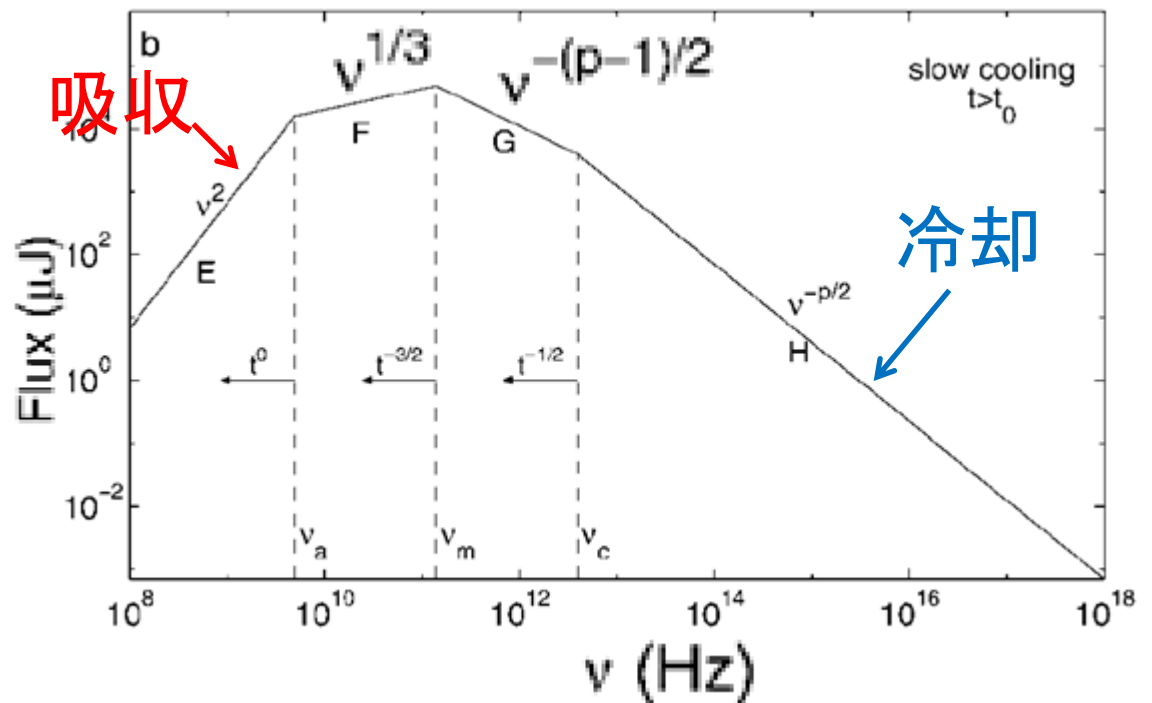
放射機構としてシンクロトロン放射

シンクロトロン放射

- 一様磁場中のらせん運動による放射



シンクロトロン放射のスペクトル

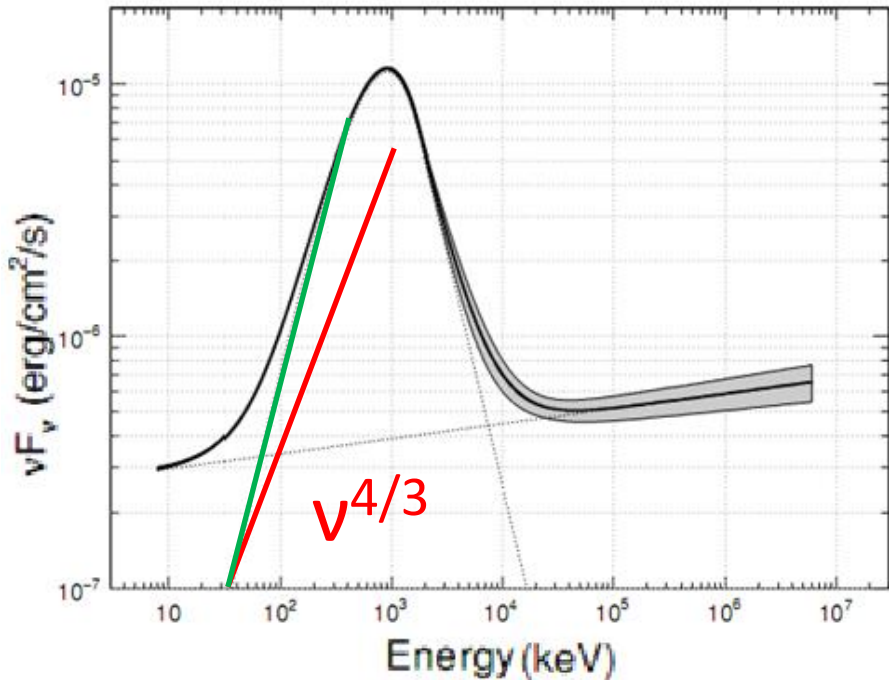


電子のエネルギースペクトル $N(\gamma) = C_N \gamma^{-p}$ $p \sim 3$

Line of death

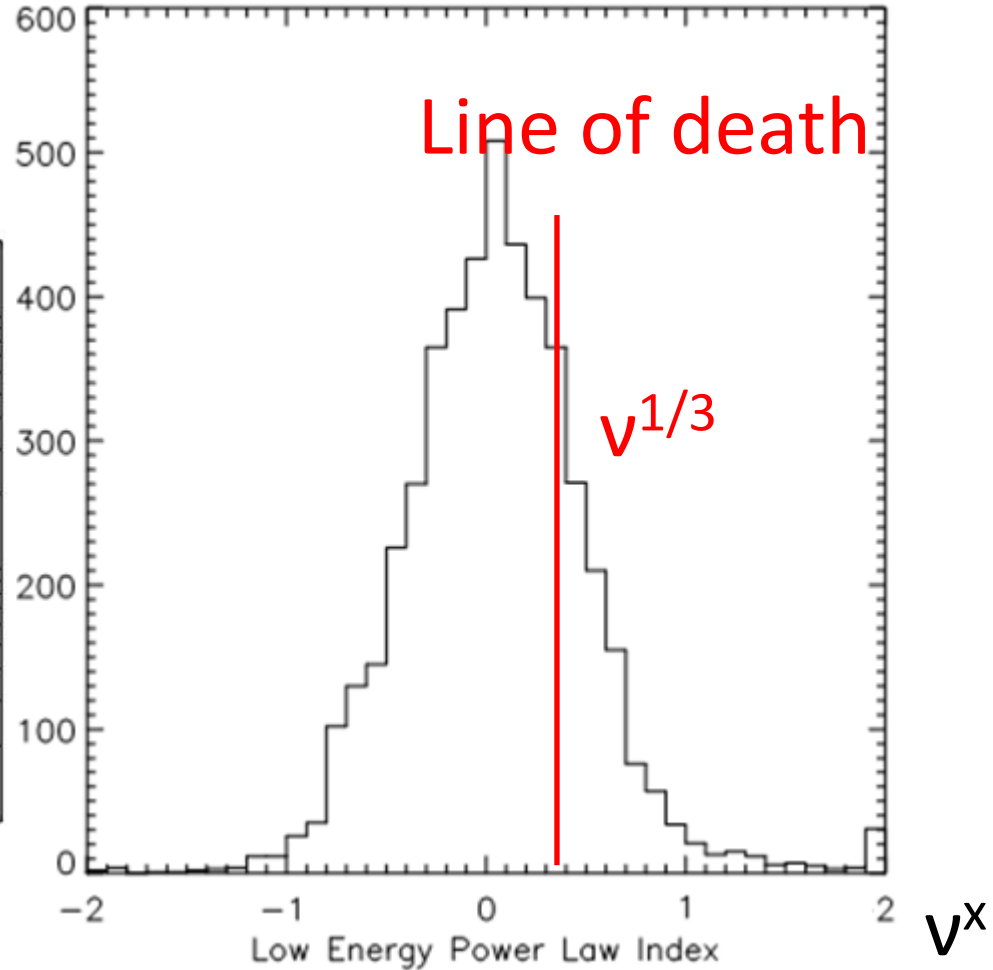
GRB090902Bのスペクトル

$$\nu F_\nu \propto \nu \times \nu^{1/3} \propto \nu^{4/3}$$



Abdo, et al. 2009, APJ

多くのGRBの低エネルギー側の分布



Preece, et al. 2000, AJSS

ν^x

小さいスケールの磁場

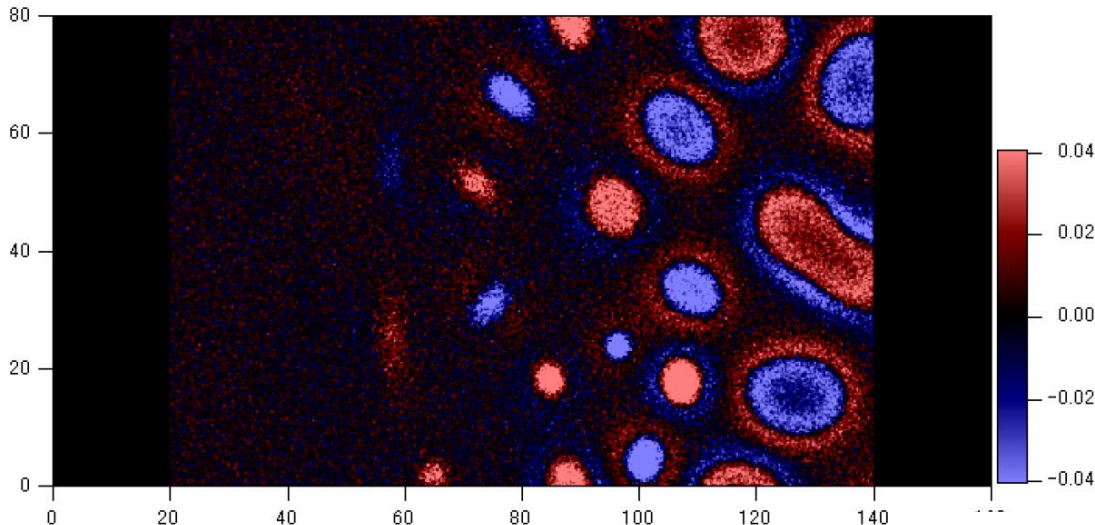
ワイベル不安定性 \Rightarrow 小さいスケールの磁場



電子がらせん運動できない



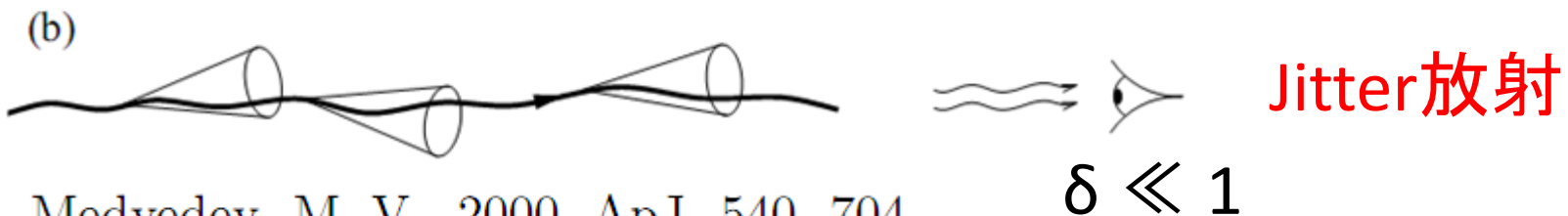
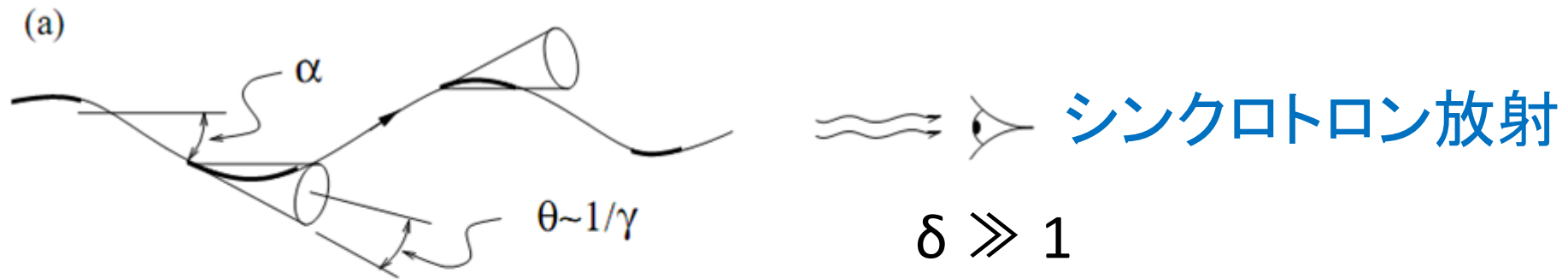
× シンクロトン放射



これらの問題を解決 \rightarrow jitter放射

Jitter放射

- 磁場のスケール \ll Larmor半径
- 光子は速度方向へのbeaming effect $\theta \sim 1/\gamma$
- 軌道のふらつき角 α
- $\delta = \alpha/\theta \ll 1$ の時、jitter放射



Jitter放射の典型的な周波数

Jitter放射

- 典型的な周波数

$$\omega_j = \gamma^2 k_B c$$

$(k_B = \lambda_B^{-1})$

- ピークの周波数

$$\omega_{jm} = \omega_j(\gamma_{min})$$

- 磁場の強さに依存しない

シンクロトロン放射

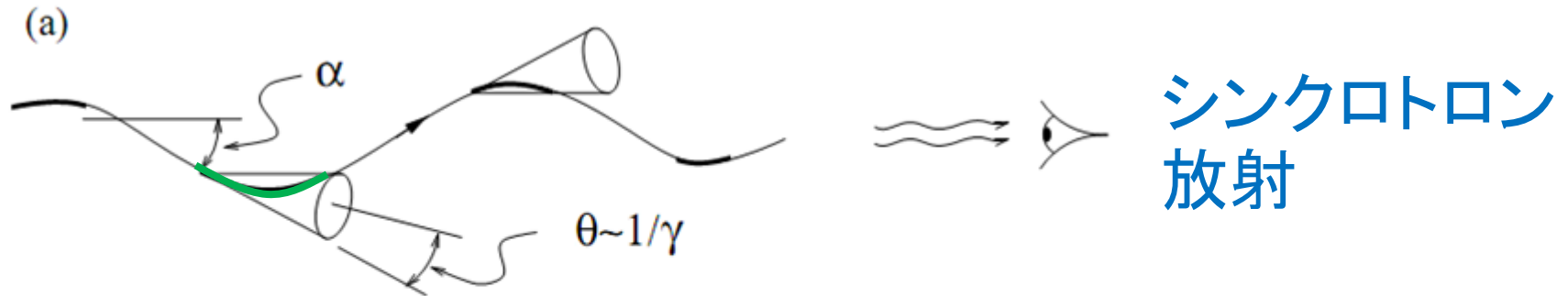
- 典型的な周波数

$$\omega_c = \frac{3}{2} \frac{\gamma^2 e B}{m_e c}$$

- 磁場の強さに依存する

全放射エネルギーは等しい

スペクトルの比較



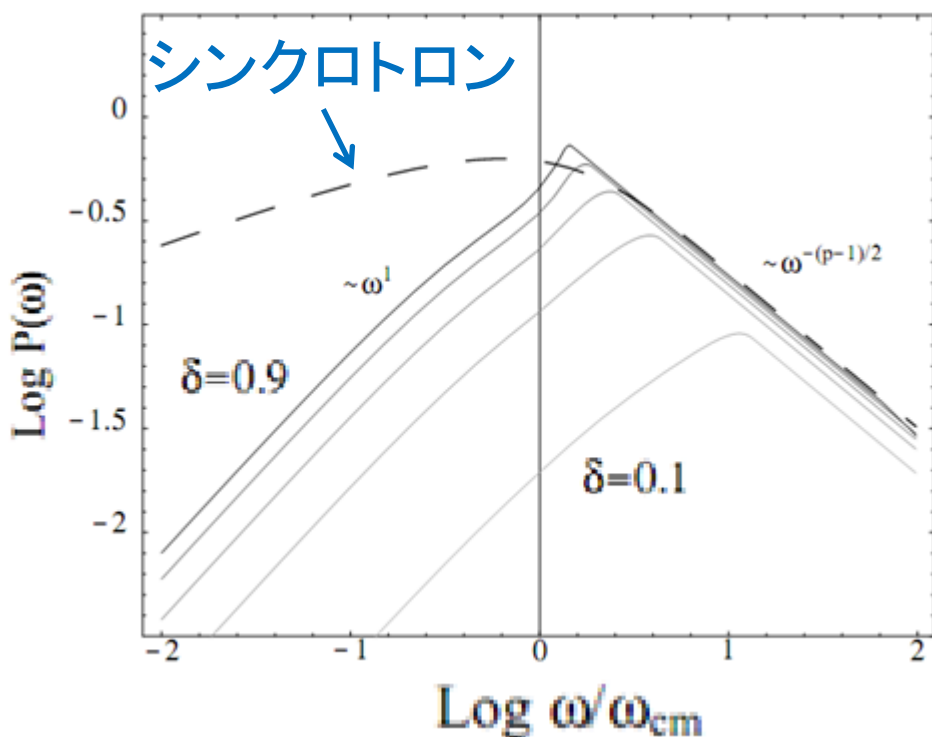
同一の円弧を運動する時間 τ

典型的な周波数 $\sim \tau^{-1} = \left(\gamma \frac{c}{\lambda_B}\right)^{-1} = (\gamma k_{BC})^{-1}$ $\omega_j = \gamma^2 k_{BC}$

➡ Jitter放射の方がスペクトルがハードに

Jitter放射のスペクトル

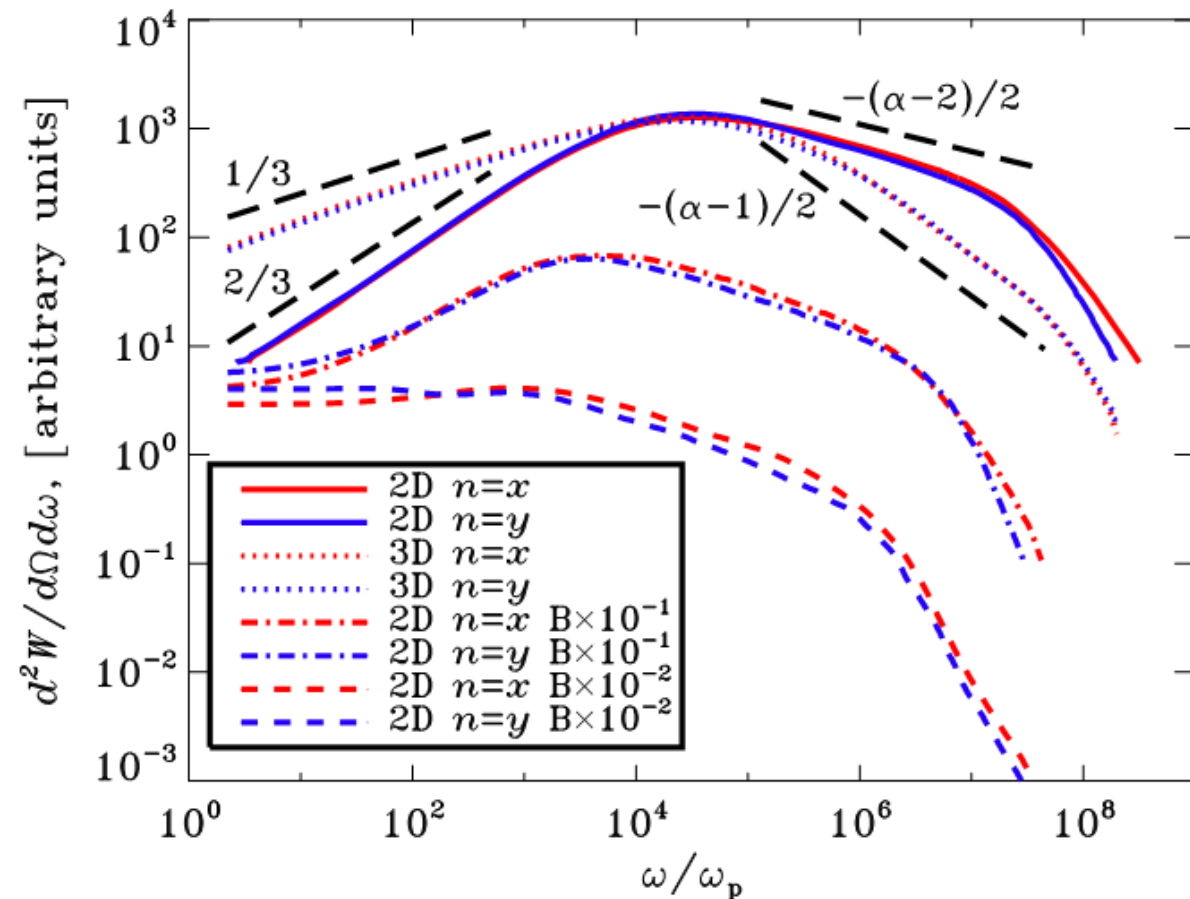
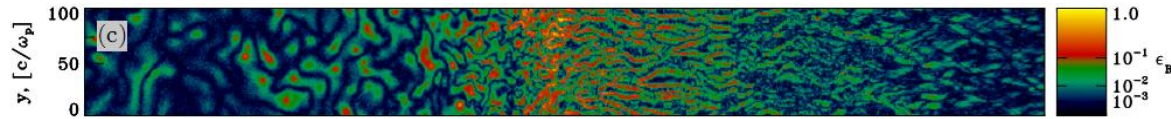
$$\frac{d^2 E}{dt d\omega} \propto \begin{cases} (\omega/\omega_{jm})^1 & \text{if } \omega \ll \omega_{jm} , \\ (\omega/\omega_{jm})^{-(p-1)/2} & \text{if } \omega \gtrsim \omega_{jm} . \end{cases}$$



$\delta = \alpha/\theta \ll 1$ jitter放射
 $\delta \gg 1$ シンクロトロン放射

• スペクトルがハードになっている

無衝突衝撃波シミュレーションでの再現




• Jitter放射は見られなかった

• 磁場のスケールが十分でない

• 今後シミュレーションが発展されていく

まとめ

- ガンマ線バーストの放射機構は小さいスケールの磁場が支配的
 - $P(\omega) > \omega^{1/3}$ となるLine of deathの問題
- 
- jitter放射が放射機構として期待されている
 - シミュレーションでの再現