

重力波の自発的放射の新メカニズムの提唱 [理論編]

• 重力波の自発的放射

地衡流の時間発展とともに、流れ自体から重力波が放射される現象。流れ自体が波源となるため、現象の物理的理解が難しい。

• スレイブ成分

重力波の本質は鉛直方向の振動である。すなわち、鉛直流が適当な時空間スケールを持てば、そこから共鳴により重力波が放射されると考えられる。地衡流は二次循環として鉛直流を伴う。これをスレイブ成分と呼ぶ。スレイブ成分が、本研究で新しく提唱する重力波源である。

• 時間スケールの不一致

ところが、スレイブ成分の時間変化スケールは、重力波の対地周期よりも一般に長い。すなわち、このままだと振動数が一致せず、共鳴が起こらない。そこで、重力波のドップラーシフトに着目した。

• ドップラーシフト

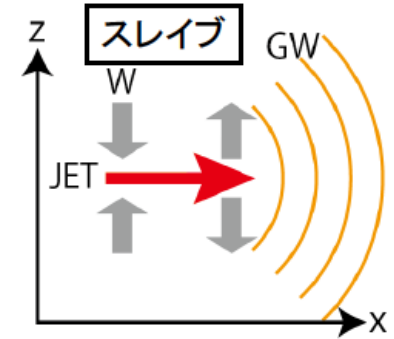
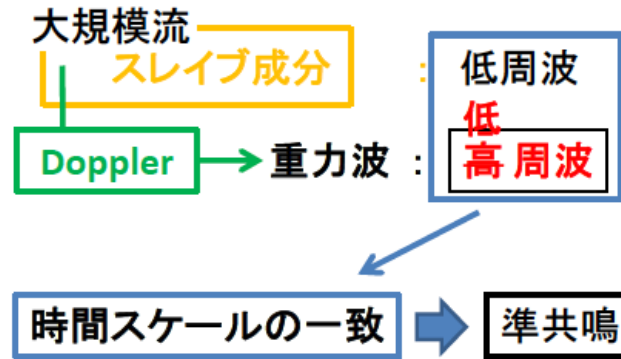
ジェット気流などの流れが強い領域では、重力波が大きくドップラーシフトし、重力波の対地振動数が十分低くなり得る。これにより、振動数(時間スケール)が一致し、スレイブ成分を波源とする準共鳴が起こる。以上をまとめると、次のようになる。

• 新メカニズム

スレイブ成分からのドップラーシフトした重力波の準共鳴による放射

(左) 新メカニズムのまとめ

(右) 水平鉛直断面における
ジェット気流、スレイブ成分、
重力波の分布の概念図



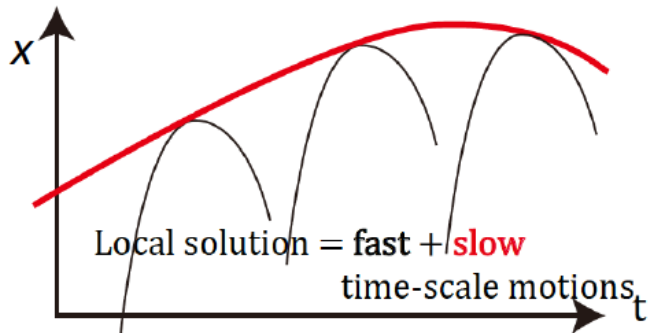
• 新しい理論式の導出

重力波とスレイブ成分は、共に遅い時間スケールを持つ。そのような遅い運動を取り出す方法として、くりこみ群の方法 (Chen et al. 1994) がある。この方法は、局所解の族から、包絡線 (下図の赤線) を取り出す操作として理解できる (Kunihiro 1994)。くりこみ群の方法を、三次元大気の支配方程式に適用し、くりこみ群方程式を導出した。

くりこみ群の方法のイメージ

新メカニズムを記述するくりこみ群方程式

Global solution = **slow** time-scale motion



$$\frac{\partial s}{\partial t} = \text{Ro}N_s[s, f_{GW}, F_{slave}]$$

$$\frac{\partial f_{GW}}{\partial t} = -\text{Ro}\tilde{\mathcal{L}}f_{GW} + \text{Ro}\tilde{N}_f[s, f_{GW}, F_{slave}]$$

$$\frac{\partial F_{slave}}{\partial t} + \mathcal{L}F_{slave} = \text{Ro}N_f[s, f_{GW}, F_{slave}]$$