

## 非線形衝撃波での波の圧力による粒子加速

# 星野 真弘 [1]  
[1] 東大・理・地球物理

## Particle Acceleration by Wave Pressure in Nonlinear Shock Wave

# Masahiro Hoshino[1]  
[1] Earth and Planetary Sci., Univ of Tokyo

A particle acceleration mechanism by wave pressure of precursor waves in a relativistic shock is studied. For a relativistic, perpendicular shock, large amplitude electromagnetic (light) waves are known to be excited in the shock front due to the synchrotron maser instability, and those waves can propagate towards upstream as precursor waves. We find that non-thermal, high energy electrons and ions can be quickly produced by an action of electrostatic wakefields generated by the ponderomotive force of the precursor waves. The particles can be quickly accelerated in the upstream coherent wakefield region, and they can be further accelerated during the nonlinear stage of the wakefield evolution. The maximum attainable energy is estimated by  $E_{max} = \gamma_1 m_e c^2 L_{sys} / (c/w_{pe})$ , where  $\gamma_1$ ,  $L_{sys}$  and  $c/w_{pe}$  are the upstream bulk Lorentz factor, the size of acceleration region, and the electron inertia length, respectively.

衝撃波で励起された電磁波は衝撃波上流へと伝播し先駆波を形成するが、特に相対論的衝撃波になると、低周波動に対する電磁波動のエネルギー密度が増し、その波動エネルギーは上流バルク流の運動エネルギーに対して無視できなくなり、非線形効果が効く衝撃波となる。本講演では大振幅電磁波の波動圧力を介した高エネルギー粒子加速について議論する。

垂直衝撃波では衝撃波面での磁場に垂直方向の温度が高い非等方分布関数により、Xモードの電磁波が先駆波として放射されるが、その電磁波の波動エネルギー密度は、上流のバルク流の運動エネルギー密度の10%程度にも達する。そのため先駆波の動重力(ポンドラモーティブ力)により電子のバルク流が減速されて、先駆波の後方には強い静電場が形成される。更に静電場によって一部の電子およびイオンが高エネルギーまで加速されることが期待される。このような加速のメカニズムは、実験室レーザービームでの航跡場加速と同じであり、宇宙においても同様なメカニズムが起きる可能性が議論されることはあったが、研究はまだまったく行われていなかった。粒子コードを用いた衝撃波シミュレーションで粒子加速メカニズムを議論するとともに、そのシミュレーション結果を下に導いたスケーリング則から宇宙での高エネルギー粒子形成について考察する。