

表紙の図について

「巨大ガス惑星へのガス降着のシミュレーション」

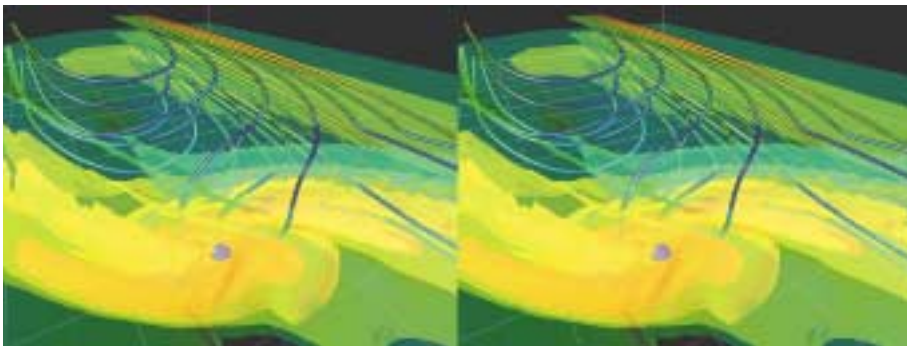
木星・土星は巨大ガス惑星と呼ばれ、その質量の大部分はガス成分、すなわち水素・ヘリウムなどの軽元素から成り、地球など固体惑星と比べて数百倍もの質量を持つ。また近年の観測精度の著しい向上により太陽以外の星の周りにも木星質量程度の惑星が多く発見されており、それらの惑星もその質量から木星・土星と同様、巨大ガス惑星であると考えられている。現在の惑星系形成の標準的な理論によると、これら巨大ガス惑星は、生まれたての星の周りに形成される原始惑星系円盤と呼ばれるガス円盤の中で、固体微粒子が衝突合体を繰り返し成長した地球のような固体惑星がさらに成長を続け、その強い重力により周囲の円盤ガス自体を捕獲し始めることで形成したと考えられている。このガス捕獲のダイナミクスを数値流体シミュレーションにより降着流をきちんと求めるためには、計算領域を広くとりつつ惑星近傍にて高い空間分解能が必要とされるため、3次元計算の実行は非常に困難であった。

そこで本研究では、多重格子法と呼ばれる数値計算手法を用いることでこの3次元計算を可能にした。この手法は、全計算領域には荒い計算メッシュを張り、高分解能が必要な惑星近傍に近づくに連れてより細かいメッシュを階層的に何層にも張り重ねることで、必要な計算領域を確保しつつ惑星近傍にて高い分解能を実現させている。これにより実効的な計算効率が大幅に向上している。惑星が捕獲すべきガスは、作動回転する円盤ガスである。円盤ガスの回転角速度は公転半径が大きくなるに連れて遅くなるため、そのガス円盤の中で同じように公転している惑星から見ると、より内側のガスに追い抜かれ、より外側のガスを追い抜くような流れ場の中にある。そのような流れ場のガスが惑星重力に引き付けられて降着する様子を、惑星と共に公転する座標系上で、惑星の周囲の円盤中心面より上半分のみを切り出して描いたのが左図である。図の中心に惑星があり前方が惑星の公転方向で、左方向の遠方に太陽が存在する。5枚の等密度面と惑星より外側を公転していたガスの流線が描いてあり、いずれも青から赤色に近づくに連れてその絶対値が大きくなっている事を示している。右上・左下から惑星へ近づいてきたガスが惑星重力圏付近で衝撃波を形成し、それが伝播することで右下・左上に伸びる高密度領域を形成している。流線から、惑星軌道をまたいでUターンしていくガスと惑星の横を通過していくガスの間に惑星へ降着可能なガスが存在することが分かる。右図はより惑星へ近づいて見た絵で、惑星の周囲に発達した衝撃波の後面で流れが乱され、惑星への降着流が非常に複雑で3次元的になっていることが分かる。この計算により、ガス惑星のガス捕獲過程の描像が次第にあきらかになってきた。今後、より詳細に密度構造等を調べていくことにより、巨大ガス惑星の起源のみならず、惑星がガスを捕獲する過程で形成されたと考えられている衛星の形成過程にも言及することができるであろう。

(下図は惑星へ降着するガスの流線を、平行法による立体視手法にて描いたもの。左の絵を左目で、右の絵を右目で見る。またアニメーション(mpeg)を以下のURLに置いてあるので興味のある方はご参照ください。)

<http://sora.cc.nagoya-u.ac.jp/visplus/visplusG.html> または、

<http://epp.eps.nagoya-u.ac.jp/tanigawa/study/images/movies/>



(名古屋大学大学院理学研究科：谷川享行)