

ZEUS (Jim Stone & Mike Norman) 解説： 固武 慶 (国立天文台)

ZEUS (ゼウス) コードは、流体方程式の時間発展を数値的に解く流体コードであり、これまで多くの天体現象で幅広く使われてきたものである。このコードは、Jim Stone (プリンストン大) によって公開されている*¹。試みに「ゼウス」をwikipedia で調べると「ギリシア神話の主神たる全能の存在 (図1)」とある。自分の流体コードを「全能である」と言いきれるのは、数値流体力学の第一人者であるJim StoneとMike Normanの自負であろうか。ちなみに自作の流体コードにギリシャ神の名前をつける例はほかにも多々あり、Prometheus (プロメティウス) Athena (アテナ) コード*²などもよく知られている。

ZEUSの雛型を作ったのはNormanであり、その開発の歴史は彼が博士論文に取り組んでいた1970年代までさかのぼる。ちなみに当時の指導教官は「数値流体の父」とも呼ぶべきかのJim Wilsonである。その後David Clarkeが1980年代に大規模な修正を加え、90年代にはJim Stoneが磁気流体、さらには輻射まで取り扱えるように拡張して現在の形がある。磁場・輻射の効果は星形成・ブラックホール降着円盤・超新星爆発 (図2) など多くの天体現象の中心メカニズムを理解するうえで鍵を握っており、その両者を取り扱えるのがZEUSコードの大きな特徴になっている。現在、2次元・3次元シミュレーションのそれぞれに対応した二つのバージョン (ZEUS-2D, -3D) があり、両者とも公開されている。数値グリッドも直交座標・球座標・円筒座標から選べるようになっており、着目する天体現象の対称性にフィットする座標をチョイスできるのもこのコードが普及してきた大きな理由の一つである。ちなみに

3Dバージョンはまだ完全版ではなく、アップグレードが頻繁に行われている。昨今の大規模並列計算にも対応できる形でMPI化されたソースコードも公開されている*³。

ZEUS コードはFortran77 (90) のコンパイラが手元の環境にインストールされていれば、手軽に使うことができる。流体シミュレーションに興味がある (興味があるがゼロからコードを書く時間がない) 研究者にとっては非常に便利なコードである。

主な利用目的と出力:

- ・天体流体シミュレーション (例: 原始星, 降着円盤, 超新星爆発など)
- ・系の動的な時間発展を追う

特徴:

- ・3D流体シミュレーションにとどまらず自己重力, 磁気流体まで取り扱える
- ・輻射流体も扱える (流束制限法, 可変エディントン因子法など)
- ・コードのdocumentationがしっかりしておりたいへんわかりやすい
- ・MPIによる並列化に対応, 頻繁な改良



図1 ゼウス像。Jim Stoneのホームページより。

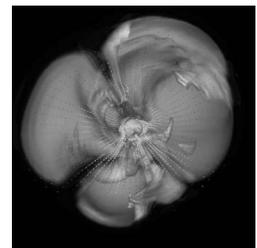


図2 ZEUSコードを使った超新星爆発シミュレーションの一例 (Iwakami et al., 2008, ApJ 678, 1207).

*¹ <http://www.astro.princeton.edu/jstone/zeus.html>

*² <https://trac.princeton.edu/Athena/>

*³ <http://www.netpurgatory.com/zeusmp.html>