

GADGET

解説：吉田直紀（東京大学）

GADGET (GALaxies with Dark matter and Gas intEracT) は重力 N 体シミュレーションコードである。Volker Springelによってマックスプランク宇宙物理学研究所のホームページで公開されている。最新版のGadget-2.0.7 (2013年12月現在) はホームページ^{*1}から入手することができる。

初期バージョンGADGET-1は1998年から2001年にかけて、マックスプランク宇宙物理学研究所で開発された。開発当初は銀河の衝突シミュレーションを主な研究対象にしていたため、汎用性は低かったが、すぐにダークマター粒子を含めた宇宙論的シミュレーションにも対応し、また次のように実用的な要素が加わったため、広く使用されるようになった。

- ・MPIを用いた並列化により、使用計算機を限定しないポータブルコード。
- ・インターネット上で公開され、ソースを自由にダウンロードできる。
- ・マニュアルや例題などが充実しており、初心者が使い始める際の「敷居」が低い。

現在では宇宙論的シミュレーションの標準ツールとなったと言えるだろう。日本でも東大、Kavli IPMU、名古屋大、弘前大、筑波大、北海道大の研究者らが使用している。上記の3点は、今後「京」や次世代スパコンを用いたコード開発の際にも参考になる要素ではなかろうか。

GADGETはSPH法を用いて流体力学も同時に解くことができる。このため宇宙の大規模構造以外にも銀河形成や星形成の問題にも広く使用されてきた。流体力学に加えて磁場や化学反応、輻射輸送を含めたバージョンが個別の研究機関ごとに

開発され、実にさまざまな理論天文学の研究に使用されている。ただし、流体力学の解法については、最近になってVolker Springelが移動格子法を用いた並列計算コードAREPOを開発し、ドイツやアメリカの研究者はこちらを使い始めた。開発者本人も今後はGADGETそのもののメンテはあまりしないだろうと話している。

GADGETの基本部分は、ツリー法を用いた重力 N 体計算である。宇宙論的設定もサポートし、その際には共動座標系での軌道積分を実行できる。多くのオプションはコンパイラオプションとパラメーターファイルで容易かつ明示的に指定することができる。宇宙論的シミュレーションを行う際には周期境界条件を設定することができ、同時に高速フーリエ変換 (FFT) を用いたParticle-Mesh法で重力のポアソン方程式を解く方法を使用するのが一般的になっている。この方式はTree-PM法と呼ばれ、設定された格子間隔以上の

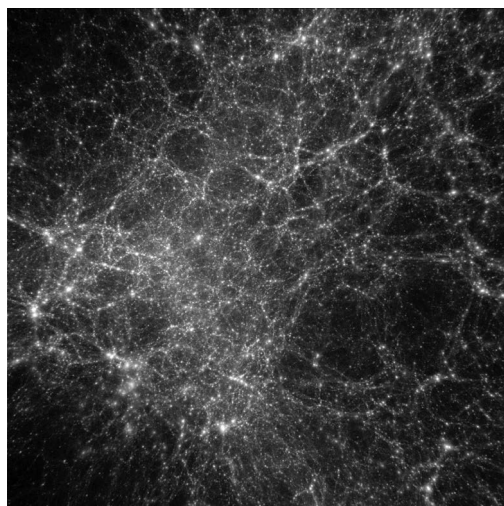


図1 ダークマターの分布の計算例。

^{*1} <http://www.mpa-garching.mpg.de/gadget/>

長さスケールの物質分布による重力場はPM法で解き、比較的近傍の物質からの寄与はTree法あるいは直接法により解くことができる。このため、重力非線形成長の後に局在した物質分布が生まれても、計算速度が落ちる割合は緩やかになる。

GADGETを走らせるためには、MPIとCのコンパイラがあればよく、事実上すべての並列計算機で動く。実際に解説者の研究グループでも、インテルのPCクラスター、国立天文台の大型計算機XC30、および筑波大学のT2Kで問題なく利用している。N体計算そのものの計算スピードは近年向上しており、10億個粒子を用いた宇宙論的シミュレーション（10年前には世界最大級だった）も1日程度で遂行することができる。最近では大規模な宇宙論サーベイ計画の立案や実際の観測データの統計解析のために使われることも多く、理論的な研究以外の場面での需要があることも興味深い。ミレニアムシミュレーションに使われたメモリー消費量を抑えた高速バージョンにはハローファインダーやパワースペクトルの計算をN体計算と同時に実行することができるため基本的な解析にも便利である。

最後に、このシリーズの趣旨にやや反するかもしれないが、解説者の思いを表して締めくくりたい。

誰でも使用できる便利な計算コードは確かにありがたいが、便利なコードをダウンロードして使う研究の多くはやはり凡庸と言わざるを得ない。誰でも使えるコードでほかの誰にもできない計算を行うというのは難しいものであるし、同じ手法を採用するのは科学研究のスピリットにやや反する部分もある。しかし、すでに基本ツールとなっているものを個々の研究者が繰り返し開発する必要はなく、新たな研究対象に向かうためにはやはり公開コードの利点は多いであろう。少なくとも新しい物理を既存のコードに足したり、結果の解釈に新たな視点を加えるなど、より良い科学研究の発展に使用して欲しい。

主な利用目的と出力：

- ・ダークマターの密度揺らぎの時間発展の計算
- ・星や星団、銀河、銀河団の形成

特徴：

- ・ダークマターとガスの時間発展を同時に解く
- ・MPIによる並列化
- ・詳細なユーザーガイドと豊富なコンパイルオプション
- ・宇宙論的シミュレーションではすでにグローバルスタンダード