

次世代非静力学モデル asuca

平成 26 年 3 月
March 2014

気 象 庁 予 報 部

次世代非静力学モデル asuca

目次

はじめに

第 1 章 概論	1
1.1 はじめに	1
1.2 気象庁における非静力学モデル・データ同化システムの開発	5
1.3 各国の非静力学モデル・データ同化システムの開発動向	8
1.4 asuca の開発理念	19
第 2 章 力学過程	29
2.1 定式化	29
2.2 空間離散化	40
2.3 時間離散化	43
2.4 移流スキーム	53
2.5 側面・上部境界条件	57
2.6 理想実験を通じたドライモデルとしての評価	62
2.7 水平波数スペクトル分布の確認	88
第 3 章 データ同化システム	91
3.1 asuca 変分法データ同化システム	91
3.2 接線形・随伴モデルの実装	98
第 4 章 物理過程の実装	104
4.1 asuca における物理過程の組み込みの考え方	104
4.2 asuca における物理過程の実装の例	106
4.3 物理過程を含むモデルとしての asuca の評価	108
第 5 章 局地モデルとしての現状	113
5.1 はじめに	113
5.2 日々実験の仕様	113
5.3 事例検証	114
5.4 積雲対流発生の表現の課題	116
5.5 終わりに	118
第 6 章 全球モデルとしての利用	121
6.1 はじめに	121
6.2 重合格子法を用いた数値シミュレーションと Yin-Yang 格子モデル	121
6.3 2次元モデル試験	123
6.4 3次元モデル asuca-Global	127
6.5 まとめ	131
第 7 章 大規模並列計算機向け対応	133
7.1 GPU 向け数値予報モデルの動向	133
7.2 スーパーコンピュータ「京」での asuca の実行	139

付録 A システムデザイン	141
A.1 並列化・高速化	141
A.2 新規にコードを組み込む際の考え方	146
A.3 変数	147
付録 B 電子計算室報告、同別冊、数値予報課報告・別冊 発行履歴	150

はじめに*

気象庁では数時間先の短時間予報から季節予報までその目的に応じ、多くのモデルを開発している。おおむね1日先までの防災気象情報や航空気象情報等に用いられる10 km以下の水平分解能を有する現業メソモデルとして、2001年3月に静力学メソモデルが、2004年9月には非静力学メソモデルが導入された。一方、その初期値作成に用いるデータ同化システムの開発も、3次元最適内挿法、4次元静力学変分法、4次元非静力学変分法、と予報モデルの高度化に沿って段階的に進められてきた。昨今、計算機の能力向上や観測データの充実を受けて、メソ解析・予報システムは巨大化する傾向にあり、少人数の開発から大人数による協働的开发への移行が不可欠となった。また、モデル開発を取り巻く環境も変化しており、プロダクトに対する利用者ニーズの多様化、高度化や、計算機の能力向上を実現するための新技術の開発が進んでいる。このようなモデル開発や外部環境の変化に積極的に対応するために、新しいモデルを導入することとした。本号では「次世代非静力学モデル asuca」と題し、2007年以来開発を続け、ようやく現業レベルに達しつつある新しいモデルについて、その詳細な解説を行う。非静力学メソモデル導入以来の大幅改定となるこのモデルは、計算効率、計算安定性、物理量の保存性、計算精度の他にも、プログラムの高い保守性、モデル開発と同化開発のシームレス化、側面境界における不連続が緩和できる全球モデルへの統合可能性、幅広いアーキテクチャの計算機に適用可能な可搬性、さまざまな機関で研究用に開発されているモデルとのモデル部品の置換を容易にする相互利用性など、優れた特徴を持っている。平成26年3月現在、asuca版の局地モデルは現業化間近となっている。その後、メソモデルについてもNHM版からasuca版に置き換えられる計画である。プログラムコードが整理されたasucaの導入によりさらに開発速度が増すとともに、将来想定される新しいタイプの計算機への対応も容易になると期待される。また、現在NHMは国内外の現業・研究利用に供されているが、可搬性に優れるasucaの導入により、部外での利用がさらに広がることも期待している。本号は人間なら還暦となる記念すべき第60号であるが、それにふさわしく新しい時代の幕開けを告げられる内容になったのは喜ばしい限りである。局地モデルおよびメソモデルの現業・研究利用者、気象庁内外の高解像度大気モデルの開発者に広く活用いただきたい。

* 竹内 義明