

大型格納容器実験装置 CIGMA 内熱流動解析へのデータ同化の適用 —観測データの配置に関する検討—

Data Assimilation Application to CFD Simulation of Thermal Flow

in a Large Containment Vessel Facility CIGMA

Study on the Arrangement of Observation Data

*石垣 将宏¹, 廣瀬 意育², 安部 諭², 永井 亨³, 渡辺 正¹

¹福井大学, ²日本原子力研究開発機構, ³名古屋大学

本研究では、大型格納容器実験装置 CIGMA 実験を対象とした、外面冷却による自然対流挙動の CFD 解析に対し、データ同化手法の 1 つである局所アンサンブルカルマンフィルタを適用する。観測データ配置に関する感度解析を行い、観測データ配置がデータ同化に及ぼす影響について検討する。

キーワード：データ同化、格納容器、アンサンブルカルマンフィルタ、CIGMA

1. はじめに 過酷事故時の格納容器内熱流動挙動の安全評価においては、容器内ガス挙動を正確に評価することが重要である。格納容器内では 3 次元的な流動が支配的となるため、数値流体力学 (CFD) による解析が有効であり、その高度化が必要となる。そこで、観測データとシミュレーションデータの双方を用いたデータ同化を CFD 解析に適用することで、高精度の解析の実現が期待できる。本研究では、大型格納容器実験装置 CIGMA 内の熱流動挙動の CFD 解析に対し、データ同化を適用した。観測データの配置に関する感度解析を行い、データ同化に対する観測データの配置の影響について検討する。

2. 解析手法 CIGMA 装置は直径 2.5m、高さ 11m の円筒形の

試験部を有する。この円筒試験部内に空気・ヘリウムによる密度成層を形成した条件での外面冷却時の挙動を解析対象とする。初期にヘリウムの体積分率 39%、温度約 400K の層を上部に形成する。容器上部壁面を 300K、下部壁面を 400K にし、自然対流を発生させる。この条件でのシミュレーションをデータ同化における真値とする。一方、真値に対し、誤差を有する境界条件（上部壁面 303K、下部壁面 404K）でのシミュレーションをベースケースとする。ベースケースのシミュレーションに対し、データ同化手法の 1 つである局所アンサンブルカルマンフィルタ[1]を適用する。観測データは温度

およびヘリウムの質量分率の値とした。観測点は、水平断面内で放射状に配置した面を複数高さで設定した。水平面内で 9 点有するものを c9、17 点有するものを c17 とし、高さ方向に 6 断面設定したものを z6、13 断面設定したものを z13 と表示する。本研究では、c9-z13、c17-z13、c17-z6 配置でのデータ同化を行った。冷却開始時刻を 0 秒とし、510 秒以降のシミュレーションデータに対し、2.5 秒おきにデータ同化を適用した。

3. 結果 図 1 に真値に対する各シミュレーションの温度の Root Mean Square Error (RMSE)を示す。ベースケース（破線）と比較して、データ同化により RMSE が低下し、解析結果が改善された。観測点数が最大である c17-z13 配置で RMSE が最小となった。同程度の観測点数である c17-z6、c9-z13 の配置で、前者の RMSE の方が大きいことから、高さ方向に観測点数を増加させることが精度向上に必要であることが示唆される。

参考文献 [1] Hunt, B.R. et al., Physica D 2007, 230, pp. 112–126.

謝辞 本研究の成果は、名古屋大学 HPC 計算科学連携研究プロジェクトの支援によるものです。

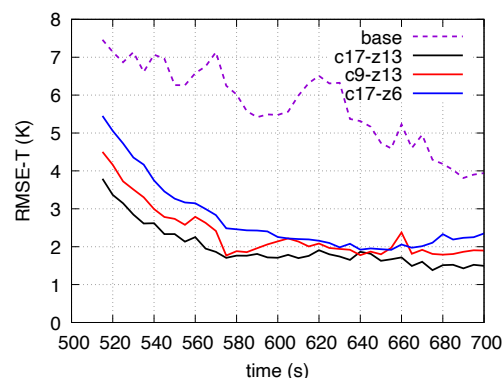


図 1. 温度の RMSE

*Masahiro Ishigaki¹, Yoshiyasu Hirose², Satoshi Abe², Toru Nagai³, and Tadashi Watanabe¹, ¹Univ. of Fukui, ²JAEA, Nagoya Univ³.