

U字管内流の3次元シミュレーション Three-dimensional simulations of Flows in U-bent Tube

○伊藤嘉晃、理化学研究所、〒351-0198 埼玉県和光市広沢2-1、itoh@postman.riken.go.jp
姪野龍太郎、理化学研究所、〒351-0198 埼玉県和光市広沢2-1、himenoh@postman.riken.go.jp
Yoshiaki Itoh, The Institute of Physical and Chemical Research, 2-1, Hirosawa, Wako-shi Saitama
Ryutaro Himenoh, The Institute of Physical and Chemical Research, 2-1, Hirosawa, Wako-shi Saitama

Flow-induced vibration occurs in Steam generator of Pressure Water Reactor. In order to clarify the mechanism of the vibration, simulation of the interaction among flow, heat and structures is required. We examine the various numerical methods by which unsteady behaviors of incompressible and viscous flows in a U-bent tube with a circular cross-section can be simulated.

加圧水型原子炉(Pressure Water Reactor)の蒸気発生器内では、炉心で発生した熱を運ぶ1次系流体がU字管部を通過する。そこで熱は、1次系流体が流れる円管の外にある2次系流体に移動し蒸気が発生する。この蒸気がタービンを回して発電を行う。この熱交換の要となるU字管部において流体間連振動が発生することが知られているが^{[1][2]}、熱や振動の影響を受けた気液2相流が現象を担っているために挙動は非常に複雑で、その発生機構はあまりよくわかっていない。そのため、現象を再現し構造・流体・熱の相互作用を直接的に取り扱える解析システムの開発が望まれている。本研究ではその第一歩として、振動するU字型円管内の熱流体を取り扱う流体解析手法を構築することを目的とする。

U字型円管内流れ^{[3][4]}は、遠心力の影響を受けて2次流れが生じることから、複雑な3次元構造を示すことはよく知られており、従来、実験や乱流モデルを用いた数値解析によってその性状が調べられてきた。しかしながら、本研究では、流体間連振動の検討を目標とするために、平均場だけではなく、流れの非定常性を再現することが重要となる。

振動する物体の影響を受けた3次元流体解析の事例として、角柱^[5]に生じる渦励振やギャロッピング、フラッターが挙げられる。これらの現象は、振動に伴って物体まわりに静止時とは全く異なる流れの構造が発生することによる自励的流体力に起因している。その流れの構造のスケールは、角柱の見付幅程度と比較的大きい。そのため、流体解析にあたっては、一般座標系を導入して物体近傍に計算格子を集めて、物体周りに生じる大規模な渦構造をとらえ、数値不安定性を引き起こす高周波数成分については、高次精度の風上差分法により除去する手法が成功をおさめた。一方、本研究で取り扱おうとするU字型円管内流れの場合、管壁表面で発達する境界層の不安定化とUペント管表面から生じる流れの剥離などの現象が予想されるが、渦スケールはブラフボディなどと

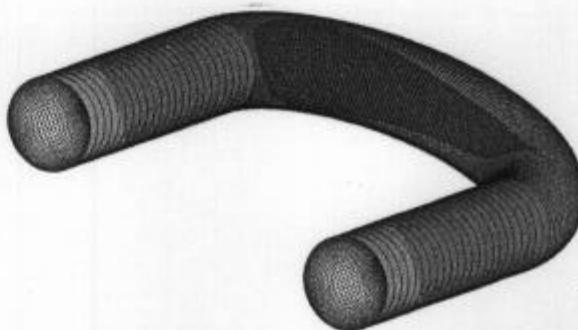


Fig. 1 Grid system of U-bent Tube

比べてはるかに小さいことから、従来のブラフボディの構造・流体連成問題で用いられてきた手法を適用することには検討の余地がある。

本研究では、非圧縮性流体の数値解析手法に関して、圧力解法、移流項の離散化法などを変更して、種々の手法でのU字管内流の再現性を比較・検討する。

参考文献

- (1)先端企業における熱流体技術、日刊工業社(1997)
- (2)柘植綾夫、加圧水型軽水炉における熱流動研究の進展、伝熱研究、Vol. 34, No133(1995)
- (3)伊藤英覚、曲り管内の流れ、日本機械学会論文集(B編)、50巻458号 (1984)
- (4)須藤浩三、高見敏弘、円形断面をした180° ベント内の乱流、ターボ機械、第20巻第12号(1992)
- (5)T. Tamura and Y. Itoh, Three-dimensional vortical flows around a bluff cylinder in unstable oscillations, Journal of wind engineering and industrial aerodynamics 67&38(1997)