

熱交換器のフィンの最適形状・配置に関する研究

著者	岡島 厚
著者別表示	Okajima Atsushi
雑誌名	平成3(1991)年度 科学研究費補助金 一般研究(C) 研究成果報告書
巻	1989-1991
ページ	7p.
発行年	1992-03
URL	http://doi.org/10.24517/00049368



熱交換器のフィンの
最適形状・配置に関する研究

(研究課題番号 01550140)

平成3年度科学研究費補助金(一般研究C)
研究成果報告書

平成4年3月

研究代表者 岡 島 厚
(金沢大学・工学部・教授)

平成3年度科学研究費補助金（一般研究（C））

研究成果報告書

研究課題番号： 01550140

研究課題： 熱交換器のフィンの最適形状・配置に関する研究

はしがき

熱交換器のフィンの最適形状と配置を特定するに当り、種々な断面形状を持つ長方形断面フィンを複数個、列状に配置し、その断面形状とすきま間隔を変え、流れの様相、温度分布、熱伝達率を風洞実験と数値計算によって、流体・熱力学の両面から明らかにする。フィンまわりの流れは、層流・遷移・乱流などの流れの様相変化、後流の大規模構造流れや後流渦とも密接に関連して、非定常の不均一の流れパターンを呈する。そしてその不均一流れは、時間的に不規則に変わるセル構造状のはく離流れ領域の発生を伴うため、測定上困難な点も多く、また流体・伝熱特性は極めて複雑で、未だ不明なことが多い。本研究は、風洞実験および数値シミュレーションによって、フィンの最適形状と配置についての基礎的な研究を行うもので、平成元年、2、3年度科学研究費補助金（一般研究C）の援助を受けた。

研究組織

研究代表者：岡島 厚（金沢大学・工学部・教授）

研究分担者：上野久儀（金沢大学・工学部・助教授）

木綿隆弘（金沢大学・工学部・助手）



(i)

8000-15371-8

金沢大学附属図書館

研究経費

平成元年度	700千円
平成2年度	1,200千円
平成3年度	300千円
計	2,200千円

研究発表

(1) 学会誌など

- 1) Okajima A., Kondoh Y., Ueno H., 'Numerical Simulation of Flow and Thermal Fields around Rectangular Cylinders', Proc. 2nd KSME-JSME Fluids Eng. Conf., Seoul, II (1990-10), pp.287-292.
- 2) Okajima A., 'Numerical Simulation of Flow Around Rectangular Cylinders', J. Wind Eng. and Industrial Aerodynamics, Vol.33 (1990), pp.171-180.
- 3) Okajima A., 'Change of Flow about an Elongated Rectangular Cylinder in a Range of Reynolds Numbers of 200 to 0.7×10^4 ', Proc. 1st ASME-JSME Fluids Eng. Conf., Portland, USA, FED-112 (1991-6), pp.107-113.
- 4) 岡島 厚、上野久儀、木綿隆弘、恵上浩一、「並列2角柱の空力静特性におよぼす迎え角の影響」、土木学会・構造工学論文集38A号II (1992年3月)、 pp.857-864.
- 5) 岡島 厚、RC-90 伝熱数値解析応用・評価研究分科会成果報告書、日本機械学会 (平成2年12月)、 pp.41-46

(2) 口頭発表

- 1) 近藤靖裕、岡島 厚、「角柱まわりの層流流れ場と温度場の数値計算」、
日本機械学会第67期通常総会講演会（1990年3月）（東京）
- 2) 岡島 厚、坂井晴久、「直接法と $k-\epsilon$ モデルによる矩形柱まわりの流れ
の数値シミュレーション」、日本風工学会講演会、（1991年5月）
（鹿児島）
- 3) Okajima A., Ueno H., Sakai H., 'Numerical Simulation of Laminar
and Turbulent Flows Around Rectangular Cylinders',
Proc. of IV-ICCBE'91 Conf. , (1991, July), Tokyo
- 4) 小林秀樹、岡島 厚、矢部隆二、「角柱列を通過する非定常不均一流れ」、
日本機械学会流体工学部門講演会（1991年8月）（岡山）

研究成果

目次

第1章 総括

第2章 フィン周りの流れ：角柱列を通過する非定常不均一流れ

第3章 単独断面柱周りの流れ

3-1 温度場：角柱まわりの層流流れ場と温度場の数値計算

3-2 温度場：Numerical Simulation of Flow and Thermal Fields
around Rectangular Cylinders.

3-3 乱流計算：直接法と $k-\epsilon$ モデルによる矩形柱まわりの流れの
数値シミュレーション

3-4 乱流計算：Numerical Simulation of Laminar and Turbulent
Flows Around Rectangular Cylinders.

3-5 層流から乱流への遷移：Change of Flow about an Elongated
Rectangular Cylinder in a Range of
Reynolds Numbers of 200 to 0.7×10^4 .

第4章 複数断面柱の静特性：並列2角柱の空力静特性におよぼす迎え角の影響

付録1. Numerical Simulation of Flow Around Rectangular Cylinders.

付録2. 伝熱数値解析応用・評価研究分科会成果報告書

第1章 総括

熱交換器のフィンの最適形状と配置を特定するに当り、種々な断面形状を持つ長方形断面フィンを複数個、列状に配置し、その断面形状とすきま間隔を変え、流れの様相、温度分布、熱伝達率を風洞実験と数値計算によって、流力・伝熱の両面から明らかにした。フィンまわりの流れは、層流・遷移・乱流などの流れの様相変化、後流の大規模構造流れや後流渦とも密接に関連して、非定常の不均一の流れパターンを呈する。そして、その不均一流れは、時間的に不規則に変わるセル構造状のはく離流れ領域の発生を伴うため、測定上困難な点も多く、また流体・伝熱特性は極めて複雑で、未だ不明なことが多い。本研究は、風洞実験および数値シミュレーションによって、フィンの最適形状と配置についての基礎的な研究を行う。

まず、風洞実験によって、断面比 0.5, 1, 2, 3, 5 の5種類の長方形断面の角柱列模型について角柱列表面圧力分布および後流速度分布などの測定により流れパターンの予測を行った。列状角柱においては不均一な流れパターンが非定常に変化し、測定は容易ではないが、パソコンにより、流れのパターン認識と分類をしつつ計測する方法を開発した。その結果、偏り流れの発生、偏り流れの間欠的時間変動の様相、偏り流れ発生の臨界すきま間隔、後流のセル構造の様相、後流速度分布における整流効果などの種々な新しい知見を得た。また、測定結果は流れの可視化結果とよく一致した(2章)。

次に、単独および複数個の列状ブラフ・ボデーまわりのはく離を伴った流れと温度分布の数値シミュレーション法およびその計算コードを開発した。数値シミュレーションは、従来の計算アルゴリズムでは数値的不安定となる欠点を改善し、複数個のフィンまわりの温度場の計算を含んだ新たな計算コードを開発、完成した。そして、種々な断面形状のフィンまわりの流れと温度場の数値シミュレーションを行い、断面形状による熱伝達と流れのはく離形態などの流れパターンの変化との間の相互関係を明らかにし、実験および数値計算結果から多くの知見を得た(3-1および3-2章)。さらに、乱流計算に拡張するため、 $k-\epsilon$ モデルによる単独長方形断面柱周りの流れの数値シミュレーションを試みた。そして層

流計算と $k-\epsilon$ モデルによる計算の適用限界を明らかにした（3-3 および 3-4 章）。

さらに、長方形断面柱の単独の場合に限られるが、200から 0.7×10^4 のレイノルズ数範囲において比較的細長い断面柱まわりの流れの層流から乱流への遷移の様相に注目して詳細な風洞実験を行い、レイノルズ数変化に対するストローハル数、背圧、流れのパターン変化などを明らかにするとともに、数値計算結果と比較することにより、2次元層流計算の限界のレイノルズ数などを明らかにした（3-5 章）。また、騒音や破損の原因となる複数の断面柱の空力弾性的不安定振動の基礎的な研究として、並列2角柱の空力静特性におよぼす迎え角の影響を風洞実験とスモーク・ワイヤ法による可視化実験によって明らかにした。その結果、断面柱に形成される剥離バブルと前縁剥離せん断層の挙動により負の揚力傾斜の発生することなどを明らかにして、複数物体の空力不安定振動研究のための基礎的資料を得た（4 章）。

以上、熱交換器のフィンの最適形状・配置に関する研究として風洞実験と数値シミュレーションにより、流力・伝熱特性を詳細に調べ、最適フィン形状・配置の特定に資する基礎データを得、論文7編にまとめて報告した。

なお、付録として、差分法と離散渦点法による断面比 0.2から10までの単独矩形断面柱周りの流れパターンおよび抗力係数、揚力係数、ストローハル数などの静特性の数値シミュレーション結果を *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, Vol.33(1990), pp.171-180 および日本機械学会・分科会RC-90の「伝熱数値解析応用・評価研究分科会成果報告書」（平成2年12月）pp.41-46で報告したものを参考のために添付した。