



Title	長方形断面を有する曲がり管内の流れに関する研究
Author(s)	杉山, 司郎
Citation	大阪大学, 1991, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/37745">https://hdl.handle.net/11094/37745</a>
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、<a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">大阪大学の博士論文について</a>をご参照ください。

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

氏 名・(本籍)	すぎ 杉	やま 山	し 司	ろう 郎
学 位 の 種 類	工	学	博	士
学 位 記 番 号	第	9 8 3 1	号	
学位授与の日付	平 成 3 年 6 月 12 日			
学位授与の要件	学位規則第 5 条第 2 項該当			
学 位 論 文 名	長方形断面を有する曲がり管内の流れに関する研究			
論文審査委員	(主査)			
	教 授 三宅 裕			
	(副査)			
	教 授 中村 喜代次 教 授 辻 裕			

## 論 文 内 容 の 要 旨

本研究は、長方形断面を有する曲がり管の層流助走区間における二次流れ渦の発達過程およびその構造を解明することを目的としており、本論文は、可視化実験、流れ場の測定および数値実験の結果をまとめたものであり、9章から構成されている。

第1章では、曲がり管内の流れ場に発生する二次流れについて、その発生理由および過去の研究について述べるとともに、本研究の目的および意義を明らかにしている。

第2章では、種々の断面を有する180°曲がり管の出口において、流動パターンを可視化することにより、付加的二次流れ渦の発生がディーン数 ( $De$ ) およびアスペクト比に依存することを考察している。

第3章では、アスペクト比が1および2における270°曲がり管( $De=220$ )、において曲がりの入り口 ( $\theta=0$ ) から出口 ( $\theta=270^\circ$ ) までの種々の断面内の流動パターンを可視化することにより、流れ方向における付加的二次流れ渦の発生過程を考察し、きわめて早い段階で主二次流れ渦が発生することを示している。

第4章では、LDV (Laser Doppler Velocimeter) を利用して、270°曲がり管の種々の断面内の2方向(主流方向および半径方向)の速度成分を測定し、流れ方向における速度分布および二次流れ渦の発達過程を明らかにしている。

第5章では、第4章と同一の装置を使用して、スパン方向速度成分を測定し、その結果と半径方向速度成分から各断面内の二次流れをベクトルで表示し、二次流れ渦の構造を明らかにしている。

第6章では、180°曲がり管の下流直管部において、 $\theta=180^\circ$  で発生していた付加的二次流れ渦が下流へ流されることにより、可視化実験結果とLDVによる流れ場の測定結果が相違することを明ら

かにしている。

第7章では、二次流れ渦が下流方向にどのように発達していくかを検証するため ( $200 < De < 600$ )、4断面内での半径方向の速度成分をLDVにより測定し、付加的二次流れ渦の発生は2対から1対へと遷移すること、スペクトル分布は $De \approx 240$ で1つのピークが現れ、 $De$ 数が増加するにつれて連続スペクトル成分を持つことを明らかにしている。

第8章では、完全に発達した流れ場（静止状態に一定圧力勾配が与え続けられた場合における非定常流れ）をMAC法で数値計算を行い、流れ方向の圧力勾配 $C$ が大きくなると $De$ 数が周期的に変動し始め、さらに $C$ を大きくすると定常状態から周期流れの状態に遷移する、いわゆるホップ分岐が生ずることを示している。

第9章では、結論として本研究により得られた成果を総括している。

## 論文審査の結果の要旨

本論文は管路の曲がり部に生ずる複雑な流れの様相を実験的に詳細に研究した結果をまとめたもので、その主な成果は次の通りである。

- 1)  $180^\circ$  曲がり管の出口において流動パターンを可視化し、ディーン数 ( $De$ 数) がある値以上になると、外壁付近の流体力学的に不安定な領域に付加的二次流れ渦が1対あるいはそれ以上発生することを確認している。また、この付加的二次流れ渦が発生する臨界ディーン数はアスペクト比 $K$ に対し、 $K=1$ 付近が極小となり、 $K=2 \sim 2.5$ 付近で極大となること、 $K=2$ においては、付加的二次流れ渦の発生過程が曲率半径比に依存することを明らかにしている。
- 2) 種々のアスペクト比を有する曲がり管において、曲がりの入り口 ( $\theta = 0^\circ$ ) から流れ方向に流れ場を可視化し、二次流れ渦の発達過程を明らかにしている。 $De > 300$ の場合、 $\theta = 10^\circ$ においてすでに二次流れ渦が発生していること、 $K=2$ 、 $\theta = 75^\circ$ 付近で断面中央部に1対の新しい形の二次流れ渦が発生することを見出し、その発生機構を明らかにしている。
- 3) LDVを使用して曲がり管内の流れ場を三次元方向に測定し、断面内の二次流れベクトルを図示することにより、二次流れ渦の三次元構造を定量的に明らかにしている。また、これらの測定結果が発達過程にある領域では、可視化実験結果と良い一致を示すことを確かめている。
- 4) 曲がり管内の流れを数値的に検討し、解の分岐について検討するために、完全に発達した非定常流れ場をMAC法で数値計算を行ない、流れ方向の圧力勾配 $C$ が小さい場合はある $C$ に対して唯一の $De$ 数が対応し、 $C$ が大きくなると $De$ 数は周期的に変動し始め、さらに、 $C$ を大きくすると、定常状態から周期流れの状態に遷移する、いわゆるホップ分岐が生ずることを確かめている。

以上のように本論文は、曲がり管の流れ損失、伝熱特性を決定する二次流れ渦の発達過程とその構造をはじめて三次元的に明らかにしたもので、工業上のみならず流体力学、伝熱工学の進歩発展に寄与するところ大である。よって、本論文は博士論文として価値あるものと認める。