

氏名（本籍）	伊藤正三（山梨県）
学位の種類	博士（工学）
学位記番号	甲第3号
学位授与年月日	平成7年3月24日
専攻	生産開発システム工学専攻
学位論文題目	内燃機関用渦式流量計に及ぼす脈動流れの影響に関する基礎的研究
学位論文審査委員	（主査）教授 田中榮一 （副査）教授 田中敏雄 教授 山下 新太郎

### 論文内容の要旨

本論文は、内燃機関吸気管内脈動流中で用いられている渦式流量計に関する基礎的研究として、円管内脈動流中に置かれた渦発生体からの渦放出特性を実験的に明らかにすることを目的としており、7章からなっている。

第1章では、内燃機関用渦式流量計について概説するとともに、本論文の意義、本論文に関連する脈動流中での渦放出についての従来の研究を概観し、現在における問題点と本論文の目的を述べている。

第2章では、作製した実験装置、発生する脈動流れおよび実験方法について述べている。実験装置は内燃機関の吸気管を模した吸込み型風洞であり、脈動流れは測定部の下流に設置した回転する蝶型弁によって発生させている。蝶型弁はロタリーエンコーダによって回転数を0～8000rpmに任意に設定可能である。流れは、レイノルズ数が $10^2$ から $10^5$ 、脈動周波数は0から250Hz、脈動振幅 $\Delta U$ は時間平均流速 $U$ との比 $\Delta U/U$ が0から0.8の範囲で任意に設定できる。これは対象とする内燃機関吸気管内流れの領域を包含する流れであることを示している。渦発生体は代表長さ $d=15\text{mm}$ の円柱、三角柱および渦放出を制御する目的の平板付三角柱を用いている。測定は、熱線流速計、流れの可視化ではスモークワイヤ法を用いている。

第3章では、脈動流中の渦放出という多くの物理量が関与する現象に対し、系統的な実験が行えるよう渦放出を支配する無次元化パラメータを整理し、渦放出周波数 $f$ と脈動周波数 $F$ の比 $f/F$ は、レイノルズ数 $Ud/\nu$ 、脈動振幅パラメータ $\Delta U/Fd$ 、脈動周波数パラメータ $Fd^2/\nu$ およびブロッケージ比 $d/D$ の4個のパラメータに依存することを示している。また各無次元量の物理的概念を与えている。

渦発生体として基本的な形状の円柱を用い、円柱後流の周波数スペクトルから得られる脈動流中の渦放出周波数の変化を、レイノルズ数および脈動振幅をパラメータとして詳細に示し、脈動流中の渦放出周波数は、脈動がない流れでの渦放出周波数より減少し、脈動振幅が大きいほど、その程度が大きいことを明らかにしている。また、渦放出周波数は脈動の周波数およびその1/2倍に同期することを明らかにしている。

さらに、実際の渦式流量計にとって重要な無次元数となるストローハル数の脈動流れの影響について検討している。

第4章では、第3章に引き続き、実際の渦式流量計の渦発生体の形状に近い三角柱を用い、脈動流中の渦放出周波数の変化をレイノルズ数および脈動振幅をパラメータとして示している。渦放出特性は、定性的には円柱の場合と同じであるが、形状的には離点の固定されている三角柱では、渦放出周波数の脈動による影響が円柱に比べて少ないことを明らかにしている。さらに、渦放出を制御する目的で平板付三角柱を用い、まず、定常流中で平板の位置によって渦放出周波数は変化することを示している。この変化は、可視化より得られた時間平均的な離流線の後流域での幅を用いて、Roshkoによるユニバーサルストローハル数の概念の基に、定性的に解析できることを明らかにしている。つぎに、平板付三角柱の脈動流中での渦放出特性を示し、円柱、三角柱、平板付三角柱の順に渦放出周波数は脈動流れの影響を受けにくいことを明らかにし、脈動流中で用いられる実際の渦式流量計にとって重要な知見を与えている。

第5章では、脈動流中での円柱からの渦放出を脈動振幅をパラメータとして可視化し、脈動流中での渦放出形態について検討している。その結果、渦放出周波数が変化する過程での渦放出形態や、渦放出周波数が脈動の周波数に同期する場合は円柱の両側より渦が同時に放出され、また、その1/2倍に同期する場合は、まず片側より1つの渦が放出されたあと円柱の両側より渦が同時に放出され、次に反対側より1つの渦が放出されたあと同様に円柱の両側より渦が同時に放出するなどの特徴的な渦放出形態を示している。これらによって渦放出周波数の変化との関連を明らかにし、実際の渦式流量計の渦検出方法についても重要な知見を与えている。

第6章では、本論文内容の背景となる空気流量計測と吸気管内における混合気形成過程との関わり合いについて取り上げ、空気流量の正確な計測が内燃機関に対する混合気供給の制御の基本であることを示している。

第7章では、以上の内容を総括し、結論として述べている。

工学的な碎波の取り扱いからの脱皮が進むことになった。また、潜堤に入射する孤立波の碎波に至る過程での水粒子速度場の変化についても検討を行い、碎波形式と水粒子速度場との間に密接な対応があることを示すとともに、同一の波高を持つ碎波と定常波の波形の差異に比べて水粒子速度場の差異は大きく、このような差異は巻き波型碎波の場合により顕著となることを明らかにしている。

最後に、孤立波と流れ、特に、逆流との相互作用について調べるため、ダム破壊モデルによって段波を発生させ、これによって静水場から一様流の場まで連続的に変化させることができることを明らかにしている。ついで、段波に孤立波を入射させることによって、衝突時の非定常な波形変化を含めた波頂部運動の諸量の変化を系統的に調べ、衝突時の孤立波の波高増大や段波との衝突後の一様流速場に至る過程での流速変化と波形変化の関係を明らかにしている。

## 論文審査の結果の要旨

本論文は、浅海域に来襲する暴浪を孤立波の連なりと捉え、その成分波である孤立波について水深や流速変化による波形変化および碎波特性を解明するとともに、各種の碎波指標の支配法則を提案したものであり、得られた成果は次のとおりである。

(1) 任意の形状を持つ底面境界条件の下での孤立波の碎波変形過程を高精度で計算できる境界積分法に基づく計算法を開発している。ついで、これによって得られる数値解の精度を理論的に検討するだけでなく、水理実験結果との比較によっても検証し、ここで開発した手法を用いることにより、孤立波の碎波限界に至るまでの過程を内部特性まで含めてほぼ厳密に記述できることを明らかにしている。

(2) 一様斜面、ステップおよび潜堤に孤立波が入射した場合について、i) 碎波の有無を決定する臨界入射波高、ii) 碎波点位置、および iii) 碎波限界波高、を与える指標を定義するとともに、入射波高水深比と海底形状の関数として与えられる支配パラメータを見だし、これらの指標と支配パラメータの関係を定式化している。

(3) この定式化によって、一様斜面だけでなくステップや潜堤による孤立波の碎波に対しても定量的評価が可能となり、碎波問題の理論的取り扱いに道を拓いている。

(4) 波形によって評価される碎波形式と水粒子速度場との間に密接な対応があり、巻き碎波の水粒子速度場は定常波のものと大きく異なり、局所定常波近似による記述が不可能となることを明らかにした。

(5) 静水場から一様流の場まで流速を連続的に変化させる段波に孤立波を入射させ、流速変化に伴う孤立波の波形変化特性を明らかにしている。

以上要するに、本論文は水深や流速変化による孤立波の碎波特性について詳細な検討を行い、碎波指標の定式化を行うなど碎波現象に関して多くの知見を得たものであり、学術上、実際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士（工学）の学術論文として価値あるものと認める。

## 論文審査の結果の要旨

本論文は、内燃機関吸気管内脈動流中で用いられている渦式流量計に関する基礎的研究として、円管内脈動流中に置かれた渦発生体からの渦放出特性を実験的に明らかにすることを目的としており、得られた成果は次のとおりである。

① 脈動流中の渦放出という多くの物理量が関与する現象に対し、渦放出を支配する無次元化パラメータを各無次元量の物理的概念を明確にした上で提案している。

② 円柱の場合の脈動流中の渦放出周波数の変化をレイノルズ数および脈動振幅をパラメータとして詳細に示し、脈動流中の渦放出周波数は脈動がない流れでの渦放出周波数より減少し、脈動振幅が大きいほど、その程度が大きいことを明らかにしている。また、渦放出周波数は脈動の周波数およびその1/2倍に同期することを明らかにしている。

③ 実際の渦式流量計の渦発生体の形状に近い三角柱の場合、脈動流中の渦放出特性は、定性的には円柱の場合と同じであるが、形状的にはく離点の固定されている三角柱では、渦放出周波数の脈動による影響が円柱に比べて少ないことを明らかにしている。

④ 平板付三角柱では、定常流中で平板の位置によって渦放出周波数は変化することを示し、この変化は、時間平均的なはく離流線の後流域での幅によって定性的に解析できることを明らかにしている。さらに、脈動流中での渦放出周波数は、円柱、三角柱、平板付三角柱の順に脈動流れの影響を受けにくいことを明らかにし、脈動流中で用いられる実際の渦式流量計にとって重要な知見を与えている。

⑤ 脈動流中での円柱からの渦放出を脈動振幅をパラメータとして可視化によって示し、渦放出周波数が変化する過程での渦放出形態や、渦放出周波数が脈動の周波数およびその1/2倍に同期する場合の特徴的な渦放出形態を示し、渦放出周波数の変化との関連を明らかにすると共に、実際の渦式流量計の渦検出方法についても重要な知見を与えている。

以上本論文は、脈動流中で用いられる渦式流量計の流量検出精度や構造に関する基礎的資料として、渦放出周波数や渦放出形態の変化をレイノルズ数、脈動振幅さらに渦発生体形状など、各種要因について明らかにし、多くの知見を得ている。これは、学術上、實際上寄与することが少なくない。よって、本論文は博士（工学）の学術論文として価値あるものと認める。