

Title	Numerical Simulation of a Buoyant Jet in a Transverse Flow
Author(s)	Daniel, Fuentes del Rio
Citation	大阪大学, 2011, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/58345
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。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

氏名	ダニエル フエンテス デル リオ Daniel Fuentes del Rio
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第 24564 号
学位授与年月日	平成23年3月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 工学研究科機械工学専攻
学位論文名	Numerical Simulation of a Buoyant Jet in a Transverse Flow (横風を受ける浮力噴流の数値シミュレーション)
論文審査委員	(主査) 教授 梶島 岳夫 (副査) 教授 田中 敏嗣 教授 赤松 史光

論文内容の要旨

The release of exhausted gases from chimneys has a direct impact in the air quality of the surrounding areas downstream the source. Therefore, the understanding and accurate forecast of the dispersion of released gases in the atmosphere is essential in order to estimate environmental impact and in the production of new improved designs.

This kind of flow is highly complex and very often turbulent; it has many other industrial and environmental applications, for example, the dispersion of gases from erupting volcanoes, thermal discharges in oceans and rivers, fuel injection of burners and cooling of electronic devices.

In most environmental and industrial applications, the Mach number of the flow is low. It also involves broad temperature difference between the jet and the surrounding atmosphere, which produce significant density variations and buoyancy effects that cannot be ignored. The algorithm for incompressible flow with the Boussinesq approximation for buoyancy treatment seems to be useful for simulating this kind of flow. However, the application range of the Boussinesq approximation is limited to small temperature differences, and is not capable to take into account the density changes that affect the development of the flow. In order to take into account the effect of buoyancy and density changes due to high temperature difference, the use of the weak compressibility method is appropriate for low-Mach number flow.

This thesis was developed with the objective of implanting a numerical method capable of simulating the flow taking into account the effects of thermal expansion and weak compressibility. I studied the effects of thermal expansion and weak compressibility in the trajectory of the flow, and the development of turbulent structures.

The thesis is divided in the following chapters:

Chapter 1, a review of previous research is given; the background and objectives are explained.

Chapter 2, the basic equations that describe the compressible and incompressible fluid flow are presented. The non-dimensionalization of both sets of equations is explained.

Chapter 3, the numerical methods and boundary conditions used in the solution of the basic equations are explained, including a detailed description of the weak compressible scheme is given.

Chapter 4, the results of the simulations are shown divided in structure of the flow, trajectory, velocity field, temperature field and description of turbulent structures.

Chapter 5 shows the conclusions of this work.

The development of this research contributed to the understanding of the flow of buoyant jet in transverse flow by explaining the effects of thermal expansion, which results in changes of the jet trajectory and in the development of the flow. It was also found that the development of turbulent structures is also affected by the temperature ratio. The analysis of the development of turbulent structures showed that the shedding of vortex rings and vortex loops, and the fluctuation of the counter rotating vortex pair is linked to the vortex shedding of the wake.

論文審査の結果の要旨

工場や火力発電所などからの排煙のように大気中に放出される高温の噴流は環境への影響が大きいため、その挙動の予測、環境影響の低減は環境工学的に重要な課題である。高温噴流そのものも乱流であり、放出される高さも通常は乱れた大気境界層の中にある。加えて、放出直後の噴流コアと煙突の周囲の流れとの相互作用も考慮しなければならない。このような大気中の高温噴流のふるまいを解析する方法の確立は産業界からも強い要請がある。

本論文は、非圧縮流れ解法における圧力方程式を拡張し、弱圧縮性(低マッハ数)条件下で強い温度勾配を伴う場を高効率に解析可能な数値計算法を開発し、高温噴流に対する風洞実験の結果と比較して非圧縮ブシネスク近似法に対する同計算法の改善効果を実証し、その差の要因となる熱流動場の構造を明らかにした結果をとりまとめたものである。本論文の成果は次のように要約できる。

1. 密度の時間変化が小さい場合の連続の式から圧力方程式を構成し、低マッハ数で密度分布を伴う流れに適した数値計算法を導出している。
2. 第一段階として一様流と噴流がともに層流の場合について上記の解法を高温噴流に適用し、主流の軌跡を実験結果と比較することにより、温度差が大きい場合に非圧縮ブシネスク近似に対して有意な改善効果が得られることを実証している。
3. 水平な一様流れにおいて鉛直上向きに放出された熱ブルームのふるまいを解析し、強い剪断層での不安定渦の発達、ノズルの後流のカルマン渦との相互作用によるゆらぎに対する噴出直後の冷却による収縮の効果を明らかにしている。

温度変化に伴う密度変化を取り入れた圧力方程式ベースの解法は、大気乱流のような低マッハ数域において数値的に安定であり、本論文で扱ったような煙突からの高温排気の問題に限らず、火山ガスの拡散、海洋への高温排水、あるいは燃焼器の火炎、反応熱の影響が大きい化学工業装置、熱流束の高い電子機器の冷却問題など、地球物理ならびに工学の広範な領域に応用が可能である。さらに本論文では、浮力噴流の挙動における密度変化の影響に関して、過大な計算時間の増加を伴うことなく、非圧縮ブシネスク近似解法に比べて予測精度に有意な改善が得られること示し、浮力乱流の理解に寄与している。

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。