JAIST Repository
https://dspace.jaist.ac.jp/

Title	CIP法による弾性管内の流れの解析
Author(s)	古田，展康
Citation	
Issue Date	1998-03
Type	Thesis or Dissertation
Text version	author
URL	http://hdl.handle.net/10119/1117
Rights	
Description	Supervisor:松澤 照男，情報科学研究科，修士

JAIST
JAPAN
ADVANCED INSTITUTE OF
SCIENCE AND TECHNOLOGY

Japan Advanced Institute of Science and Technology

CIP 法による弾性管内の流れの解析

古田 展康

北陸先端科学技術大学院大学 情報科学研究科

1997 年 2 月 13 日

キーワード： CIP、移動境界.

従来から流体の運動方程式を解く手段として、オイラーの手法とラグランジュの手法が用いられている。オイラーの手法では空間中の固定されたメッシュで体積要素を考え、そこをある瞬間に横切る流体の速度や圧力を計算する手法である。これに対し、ラグランジュの手法は、流れ場を固定しないで流体を粒子の集まりとみなして、その運動を追跡する手法である。つまり、オイラーの手法ではメッシュは空間中の格子点に固定されているのに対し、ラグランジュの手法では各接点の運動にしたがってメッシュも移動する。
このような性質の違いから、移動境界問題のような流体領域と固体領域の境界が移動したり、その相互作用を計算する問題では、ラグランジュの手法が用いられる。それは、移動する流体と固体に引きずられてメッシュが変形するラグランジュ的な手法の方が移動境界問題とのマッチングが良いからである。
しかし、ラグランジュの手法で移動境界の問題を解こうとすると、タイムステップごとにメッシュの張り替えが必要となる。さらに流体や固体の大きな変形が生じると、メッシュが潰れてしまい計算精度が低下するという問題がある。

これに対し、オイラーの手法では空間に格子が固定されているので、扱いやすいが、流体と固体の境界の座標を精度良く知ることが難しい。これは、流体と固体の境界の追跡の計算をする際に、移流の計算を行なうが、そこで、数値拡散による精度の低下が生じるためである。

矢部孝らによって提案された **Cubic Interpolated Propagation**(CIP 法) は、移流を非常に精度良く解くことのできる手法である。CIP 法を利用して、移動する境界の位置の計算を行なえば、流体領域の計算についてはオイラーのメッシュを利用して、移動境界の問題を扱えるようになる。このことから、流体領域と固体領域の境界が移動する問題を簡

Copyright © 1998 by Furuta Nobuyasu

単に扱えるようになると考えられる。

CIP 法では各計算格子間の補間の方法に大きな特徴がある。この補間は基本的には 3 次のスプライン補間を利用する。ただし、普通の 3 次のスプライン補間のように、1 階微分、2 階微分の連続性により補間式を決定するのと違い、CIP 法では、各格子点上では値と格子間のプロファイルを保持しており、そこから簡単に補間式を求めることが可能である。これは、簡潔で数値拡散も少なく、また、多次元への拡張も容易であるなどといった特徴を備えている。

本研究では予備実験として、1 次元の移流方程式を CIP 法を利用して解き、その精度を評価し、十分な精度が得られることを確認した。しかし、特異点のある点ではオーバーシュートが見られることから、特異点の左右で勾配を分けて考えることにより特異点でもオーバーシュートの生じない手法について検討した。次に、2 次元の移流方程式を CIP 法で解く計算を行ない、実用上十分な精度が得られることを確認した。

CIP 法をナビエストークス方程式の解法に適用した。これは、ナビエ・ストークス方程式を移流項と非移流項に分離し、移流項については CIP 法を利用して解き、非移流項については差分を利用して解いた。この手法により、キャビティー流れは従来からの差分法などで計算されたものと定性的によく近似していた。

次に、流体中を固体が上下にピストン運動する計算を行なった。ここでは、流体中を移動する固体の位置の計算に CIP 法を利用した。これは、移動境界問題となるために、移動する境界での境界条件の与え方について検討を行なった。このモデルの計算により、固体が減速するときに渦が発生し、固体が静止したあとも、その渦が残っている様子が観察された。

最後に、振動する管内の流れの解析を行なった。この計算モデルは、まっすぐな管の中央部がゆっくりと狭窄し、また元に戻るという振動を繰り返す。管の狭窄部の変形は CIP 法を利用して行なった。そのためには、狭窄させる固体領域の近傍の格子に速度を設定し、その移流を解くという操作で移動する境界の位置の計算を行なう。これにより、移動境界問題を解く際に CIP 法を利用すると、複雑な変形を伴うような移動境界の問題も解けることを確認した。

以上から、本研究では、以下のような成果がえられた。

1. CIP 法をナビエ・ストークス方程式に適用した
2. CIP 法を移動境界の境界の計算に適用し、移動する境界での境界条件の与え方について示した
3. CIP 法を利用して、固体領域の移動や変形が簡単に扱えることを示した。この応用として、固体が複雑な変形を生じるような問題への適用も考えられる