シンポジウム参加報告 ―乱流セッション―

Review of Turbulence Researches in the 15th CFD Symposium

梶島　岳夫*
*大阪大学工学研究科

Takeo Kajishima
*Osaka University

E-mail: kajisima@mech.eng.osaka-u.ac.jp

いくつかのテーマに分けてシンポジウムのレポートを依頼しようという企画なのですが、なかなか書き手がつかまらず、編集委員のひとりとしてオウンゴールを蹴り込む羽目になってしまいました。この数値流体力学シンポジウムには第 1 回から主として乱流に関連したセッションに出席しています。そういう経緯もあり、また 21 世紀最初の数値流体力学シンポジウムということで、冒頭に前世紀末をふり返っておきたいと思います。過去 15 回のプログラムから乱流関連のセッションの数を下の表にまとめました。単純にセッション名で集計しただけです。「乱流（現象）」には DNS による数値実験が多く含まれています。

周知のとおり、このシンポジウムは(当時の)文部省科学研究費補助金 重点領域研究「数値流体力学」を契機に始まったものです。当初から、4 室(多いときには 6 室)パラレルの 1 室

これまで 15 回の数値流体力学シンポジウムにおける乱流関連セッションの数

回数(年度)		乱流(現象)	RANS	LES	DNS	計	科研重点領域
1	(1987)	5				5	数値流体力学
2	(1988)	6				6	
3	(1989)	4				4	
4	(1990)	5				5	
5	(1991)	3	2	1		6	
6	(1992)	4	1.5	1.5	3	10	
7	(1993)	1	3	2.5	2.5	9	乱流の数理モデル
8	(1994)	1	3	3	3	10	
9	(1995)	0.5	2	2	3.5	8	
10	(1996)	2	1	3	2	8	
11	(1997)	2	2	2.5	3.5	10	
12	(1998)		3	4	3	10	
13	(1999)		2	4	4	10	
14	(2000)	2	2	3	3	10	
15	(2001)	3	2.5	2.5		8	

原稿受理　2002 年 2 月 4 日

©日本数値流体力学会

を乱流関連のセッションが占めています。乱流研究の発表は、91 年頃からレイノルズ平均モデル(RANS)、LES および DNS に分かれてセッションが組まれるようになり、93～95 年度の重点領域研究「乱流の数理モデル」の頃から例年 8～10 セッションと安定的に発表件数が集まっているようです。しかし、乱流に関連のある特別講演は(以下、括弧内の数字はシンポジウム回数)、三宅教授(2)、村上教授・小林教授(3)、長野教授(6)、笠木教授・吉澤教授(7)、河村教授(8)の後は宮内教授(11)が最後です（前回と今回は特別講演そのものがありません)。2 つの重点領域研究の後、乱流の数値シミュレーションが下火になったとは思いませんが、発表やディスカッションが刺激的ではなくなっていないかと心配します。今回についても、かつての常連さんからそのような声が聞こえないではありません。

筆者の印象では、「乱流の数理モデル」の少し前から RANS モデルの新たな提案が国内で相次ぎ、少し遅れて LES や DNS が一部のグループ(とそこからの出身者)ではなく広範に普及してきたように思います。RANS モデルの研究では、壁近傍の精緻化と複雑な流れ場への拡張が大きなテーマでした。いずれについても、新たなモデルの提案だけでなく、既存のモデルの性質が物理的な背景とともにかなり明確になってきました。しかし、いわゆる工学的・工業的に需要の多い複雑な流れ場では、非定常な大規模渦が支配的な役割を担っており、平均流線をピタリと当てるだけでは満足されない場合が少なくありません。そうこうしているうちに、コンピューターの飛躍的な発達で、LES や DNS がごく身近になってきました。

一方、LES はどうかといえば、1963 年に提案された Smagorinsky モデル（現在の形式に近いのは 1970 年の Deardorff）が今でも主流です。スケール相似則モデルやダイナミックモデルなど、計算している乱れの情報を最大限に活用しようというモデルが現れ、現在でも研究が続いていますが、まだ応用計算に十分に反映される段階ではありません。実際のところ、前ページの表には含まれていませんが、別の部屋で行われている「実用問題」セッションでは Smagorinsky モデルの適用例がかなり増えていました。そもそも、高レイノルズ数の計算では、格子で解析している高波数端にはサブグリッド乱れを推定するような情報がほとんどないのかも知れません。ユーザーはモデルの欠陥を認識しているし、複雑な形状の境界近傍の扱いには苦労されているだろうと思いますが、非粘性的な大規模渦が重要な領域ではモデルの性質は顕在化しないのでしょう。とすると、LES でなくても DNS コードに風上差分を加えればほとんどの実用計算をカバーできるじゃないの？ という例の話になってきます。基礎にせよ応用にせよ、この点をはっきりさせる必要があると思うのですが、なかなか共通の立場での議論は難しいようです。

最後に、今回のシンポジウム（特に DNS や LES のセッション）をみて重要と感じた点は、基礎研究では高レイノルズ数乱流における大規模渦構造、応用では空間発展問題です。いつまで低レイノルズ数チャンネル乱流をやっているの？ と言われ続けるわけにはいきません（陰口すら言われなくなったらオシマイですが)。圧縮性乱流のモデルについても興味深い話題がありました。いずれ DNS や LES による圧縮性乱流構造の解明やモデルの検証も本格化するでしょうが、非圧縮で使っている周期条件は圧縮流れではより危険であるように思います。これらの観点からも、流入・流出・遠方の条件の与え方、複雑な形状の固体壁の取り扱い、自由境界の条件などは LES、RANS ともにますます重要になってきています。

©日本数値流体力学会