10

Stuttgart大学における遷移の数値計算

本　橋　龍　郎*

(1)　はじめに

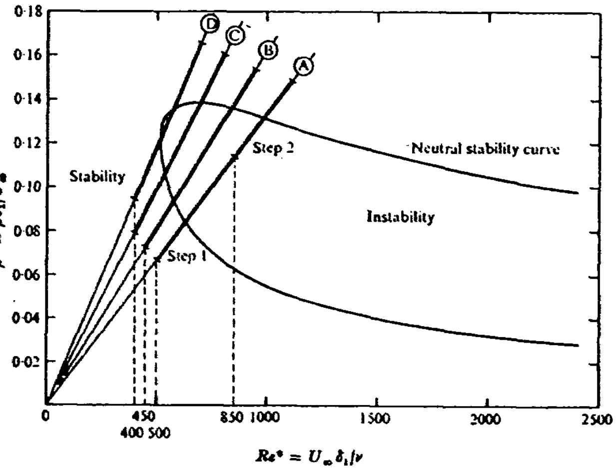
平成元年7月13日から8月26日まで，DAAD (Deutcher Akademischer Austauscher Dienst) の招待でStuttgart大学力学A研究所に滞在したので，同研究所の数値計算グループの研究をご紹介する。毎年乱流シンポジウムで浜先生がその成果を発表されているが，同グループは主に平板上境界層遷移の計算を行っている。現在は，Prof. H. Faselがその責任者である。

(2)　平板上境界層の安定計算

一連の研究の端緒はFasel教授の学位論文にはじまる。それまでに行われていた安定性の計算は(現在も行われているけれども)，よく知られているように微小な撹乱に対する線型安定理論や非線型安定理論に基づいたものであった。さらに境界層の安定計算では，境界層の発達を無視した『平行流れ』が仮定されている。これらの仮定を排除するためには，流体の基礎方程式そのものに撹乱を加えその消長を調べる方法が最適であることは明らかである。勿論，このような計算が可能になったのは，計算機の発達の恩恵であることは周知のことである。したがって，これらの計算の意義を次の2点に要約することができる。

①撹乱の大きさに微小とか無限小とかの条件を付ける必要がない。すなわち，有限の大きさの撹乱をも扱うことができる。

②流れに『平行性』の仮定を導入する必要がない。したがって，境界層の発達を考慮した計算を行うことができる。

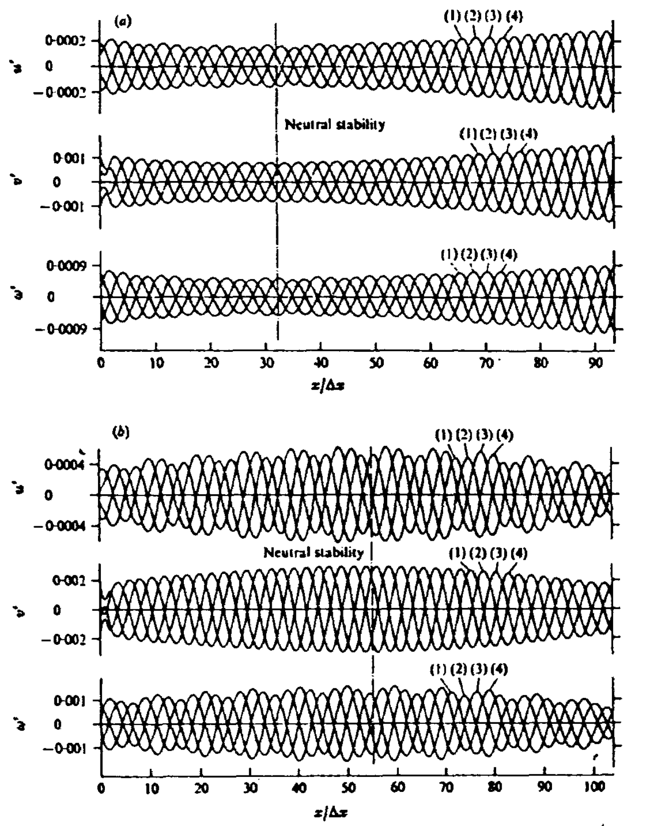


Calculations A, B, C, D on stability diagram of linear stability theory. The values of F which correspond to the calculations are (A) 1·316, (B) 1·6, (C) 2·0 and (D) 2·4.

図1　計算された撹乱
(Faselの文献より)

図1は文献に掲載されたものである。排除厚さを用いたレイノルズ数を横軸に，撹乱の無次元周波数を縦軸にとっている。周波数一定の撹乱の下流方向の発達は，原点を通る直線上を移動することに対応する。したがって，図中の安定領域では撹乱は減衰し，不安定領域で増幅していくことが予測される。図2は，無次元周波数1.316の4つの時間に対する流れ方向の撹乱の発達を示している。撹乱が中立曲線と交差するまでは減衰し，不安定領域の中では増幅，再び安定領域に入ると減少する様子が見事に計算されている。撹乱は，計算領域（矩形）の上流境界上で，線型安定理論で予測される撹乱の振幅・位相分布をもっていると仮定されている。計算の詳細に関しては同文献を参照されたい。現在は，Fasel教授の開発したスキームをもとに下記のようなテーマの計算を行っている（すでに計算の終わっているものを含む)。計算機の進歩に伴い，3次元の計算ができるところまできているが，やはり長い計算時間（Peak－

* 日本大学理工学部



Downstream development of perturbations at $y/\Delta y = 3$ for four different time levels. Calculation A, (a) step 1, the values of $t/\Delta t$ are (1) 285, (2) 290, (3) 295, (4) 300; (b) step 2, the values of $t/\Delta t$ are (1) 295, (2) 300, (3) 305, (4) 310.

図2　撹乱の流れ方向発達
（Faselの文献より）

valley構造から3スパイクステージまで計算するのに数十時間）を要するらしい？ Dr. Bestekによると，スポットの発生するあたりまで計算はできているようであるが再現性に乏しい，3スパイクステージまでの計算は信頼性があるものと思われると話していた。() 内担当者（敬称略）である。

① 二次元ポアジュイユ流れの有限攪乱に対する安定性（Bestek）
② 剥離泡流れの安定性（Gruber）
③ TS波の三次元化（Konzelmann）
④ 溝の中の流れ（Currle）
⑤ 非平行性の安定性に及ぼす影響（Konzelmann）
⑥ TS波の吸い込み（複数）による制御（Müller）
⑦ 圧力勾配の境界層遷移に及ぼす影響（Klokker）
⑧ テイラー渦の安定性（Booz）

(3) 結　び

計算時間の短縮，様々な境界条件への適用等の問題点はあるが，『着実に計算流体力学が進歩している』ことを肌に感じながら帰国した。

参　考　文　献

Fasel, H.
Investigation of the Stability of Boundary Layers by Finite-Difference Model of the Navier-Stokes Equations.
J. F. M., vol. 78, pp. 355−383 (1976).

入手したその他の文献（約30件）については本橋までお尋ね下さい。