

2次元部門まとめ

航空宇宙技術研究所 廣瀬直喜*

Compendium of Results
Aerodynamic Characteristics Analysis of Garabedian-Korn 75-06-12 Airfoil

by
Naoki HIROSE
National Aerospace Laboratory

ABSTRACT

Compendium of results of 2D problem: Garabedian-Korn Airfoil is given. All of the submitted computation results were plotted on the respective figures to see the differences. Problem A: Design Point Computation was discussed significantly. Although pressure distribution gives fairly good agreement, turbulent boundary layer characteristics along chord, velocity profiles and eddy viscosity coefficient distributions in the boundary layer and wake disclosed scattered variation. The factors leading to the present results were discussed and required future improvement is discussed.

1. はじめに

今回のワークショップを企画するに当たりまず思案したのは何を課題とすべきかであった。近年N-S 解法が普及し複雑な3次元流解析が巷に溢れている時代に今更2次元問題でやる事があるだろうかとの意見に対して説得力のある課題をだす必要がある。期間や応募者の作業量が限られ、工学上関心度が高く産業技術として有意義な事、筆者がある程度理解している流れである事、内容のわかった実験データが手元にある事等も考慮せねばならない。

これらを勘案した結果、今回は遷音速翼型 GK-75-06-12の解析を取り上げることにした。募集要項に書いたように本課題は以前筆者が取り上げており新鮮味が欠けるかも知れないが、前回はN-S 解析が普及以前であり一般的ではなかった。そしてこの種の検証では熟知された問題を対象とするのが第一歩である。さもなくばコード、解法、物理がミックスして問題点が曖昧になってしまう。他の翼型(NACA0012等)やGK翼型でも種々な空力特性を比較したいところだが、時間の制約上最も基本的な設計点に的を絞らざるをえない。この後示すように、限定的課題にもかかわらず結果的にはN-S 解法が2次元問題ですらまだ様々な克服すべき問題を抱えている事が明らかになっており本課題は有意義であったと考える。

欧米ではCFD 検証の為の風洞試験や解析結果は諸条件や生データを詳細に報告し、追従者が正確な追従をできるようにするのが常識である。翻って我国では、筆者の僻目かもしれないが簡潔に結果の概要のみを発表するのがスマートなやり方と見られている様である。しかしそれでは追証主義に基づく科学的論文とは言い難いし、特に検証を対象とする本報告に相応しいものではない。そこで本報告では募集要項、応募論文、まとめをできる限り詳細に公表して今後の参考にすべく努力した。それにもかかわらず諸般の事情から頁数の制約があり、割愛せざるを得ない部分もある点は容赦されたい。また風洞実験データも風洞諸条件等を合わせて正確に公表しないと却って誤解を招くおそれがあるが、古いデータのため困難なので実験との比較は中止した。近い将来、条件の揃った風試データが公表されるのを待ちたい。

このようなことから「まとめ」ではワークショップの後、応募者からフロッピーで提出して戴いた計算結果を相互比較図表化し提示する。図がす

べてを語っているので説明は最小限にした。数値データは紙面制約上掲載しないが請求があれば提供する予定である。また各応募者の解法情報、応募ケース、結果一覧と提出図は資料編に一括して掲載したので合わせて参照されたい。

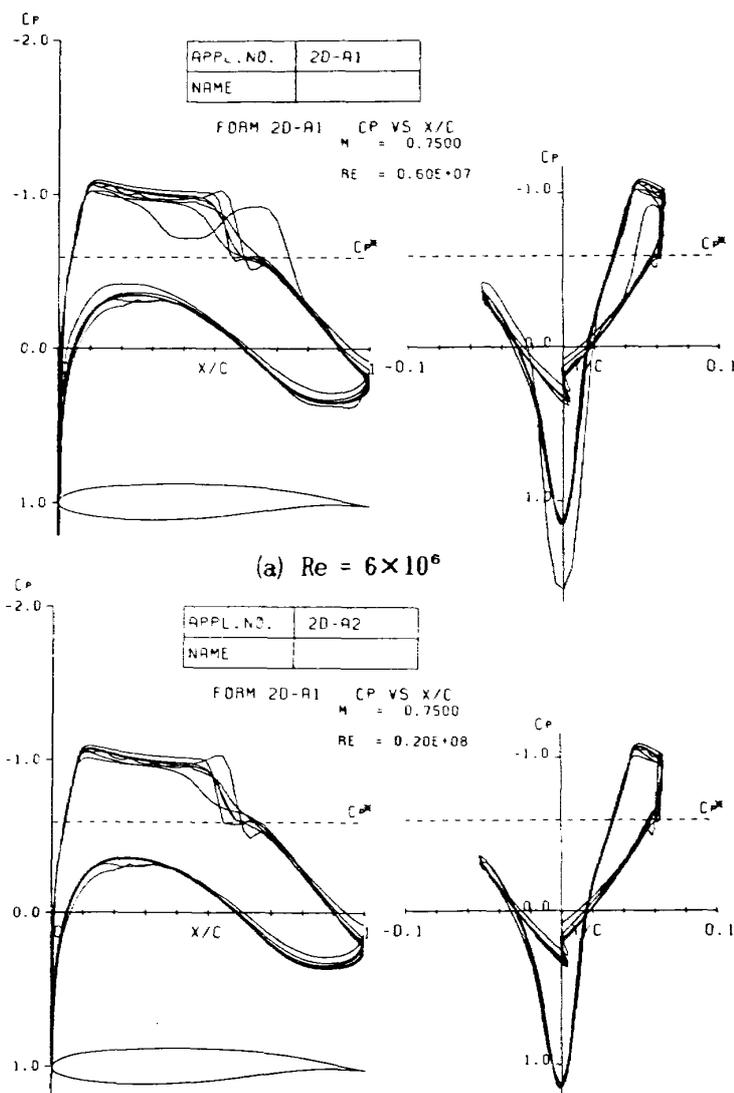


図1 表面圧力分布の比較 (b) $Re = 20 \times 10^6$

* 航空宇宙技術研究所空力性能部

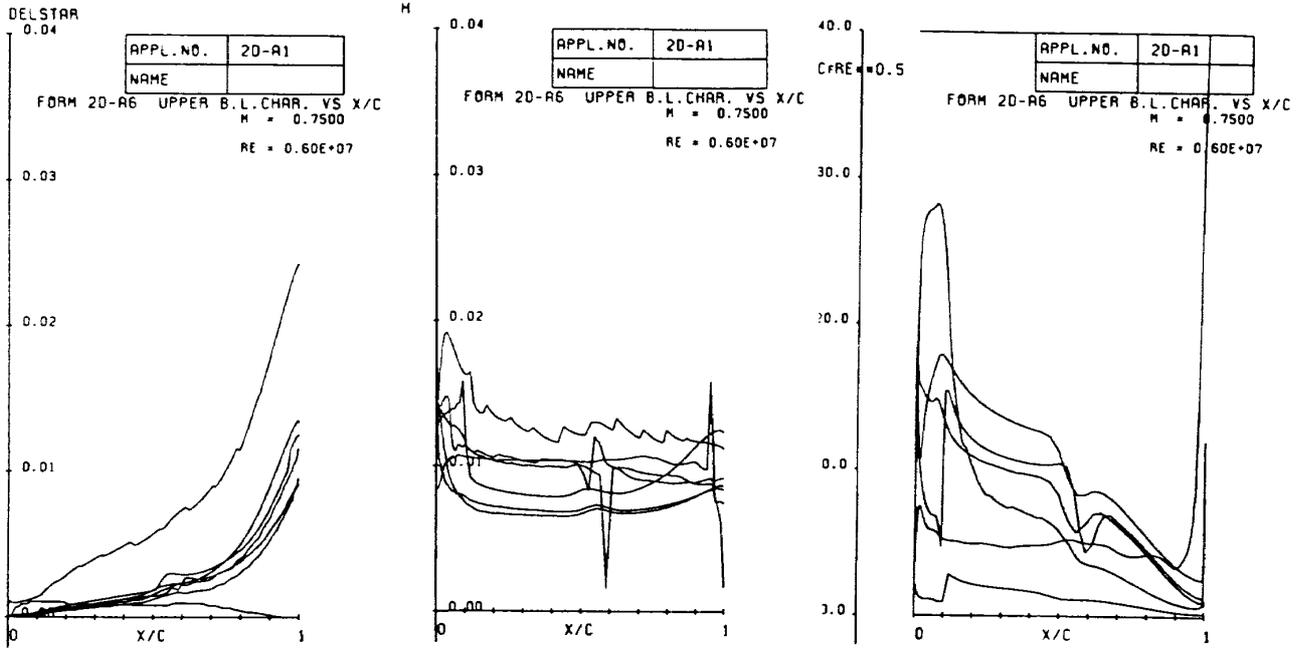


図 2(a) 境界層特性分布 (δ^* , H , $C_r Re^{1/2}$)の比較, $Re = 6 \times 10^6$, 上面側

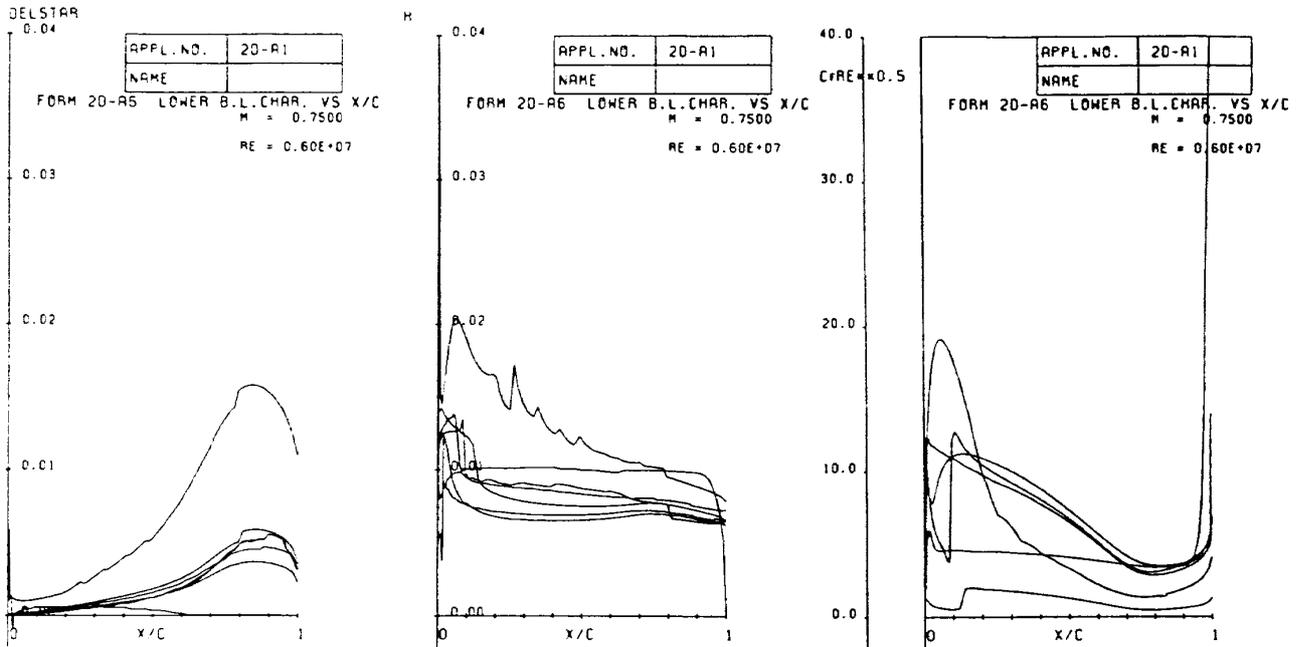


図 2(b) 境界層特性分布 (δ^* , H , $C_r Re^{1/2}$)の比較, $Re = 6 \times 10^6$, 下面側

2. 応募手法の概要

最終的に 7 件の応募があり表 1 に概要をまとめる。全員時間平均 N-S 方程式で応募番号 #9 (以下応募者は # で示す) 以外は TVD 型の高次上流差分を採用し、#7 以外は陰的解法で局所時間法を使っている。格子は全て C 型構造格子であった。翼上格子数を 181 点、非実用的な大きな格子数は使わないよう指定したので、全格子数は 1 - 3.4 万点の間に納まっているが、 x 方向の点数、後縁近傍の分布、そして最小格子幅に夫々の考えが伺われる。乱流モデルは Baldwin-Lomax (BL) の他、Renormalization Group Theory (RNG), $q-w$, Johnson-King (JK) が用いられている。表 2 に示す通り課題 A は全員が回答し、課題 B は 3 件の回答があった。表 3 に課題 A で課した衝撃波無しの流れ (見つからない時は設計点) の迎角 α , 揚力 C_l , 後縁圧力 $C_{p,TE}$, 上下面乱流遷移点 $x_{tr,u}$, $x_{tr,l}$ をまとめた。今回は応募間口を広めるため自由遷移以外も可としたので前縁から乱流の解析もあり、結果につい

て空力的に厳密な比較をすることは出来ないであろう。

3. 翼特性結果の相互比較

各応募の特徴、結果の解釈は夫々の論文に譲り、ここでは提出図を重ねて結果を相互比較するとどのようになるか見る事にする。

図 1 に表面圧力分布を示す。未収束の #7 を除いて分布は大体似ているものの、 C_p minimum, 衝撃波位置と強さ、後縁圧力の分散は指定された流れ条件と言う点を考えると著しい。この C_l を与えた迎角も $0.45 \sim 1.24^\circ$ と散らばった。これらは解の強いコード依存性を表しており、迎角指定で比較すれば圧力分布の差はもっと著しいであろう。課題は無衝撃波の指定だが何れも強い衝撃波を伴う結果を出している。これは出題の意図をどう解釈するかで異なる回答があるわけで #8 が無衝撃波翼型特性を考えて他と異なる結果 ($C_l = 0.58$) を出し興味深い。しかし #8 を含めて衝撃波は $0.55c$ 付近に $3-4\delta$ 幅で存在する。格

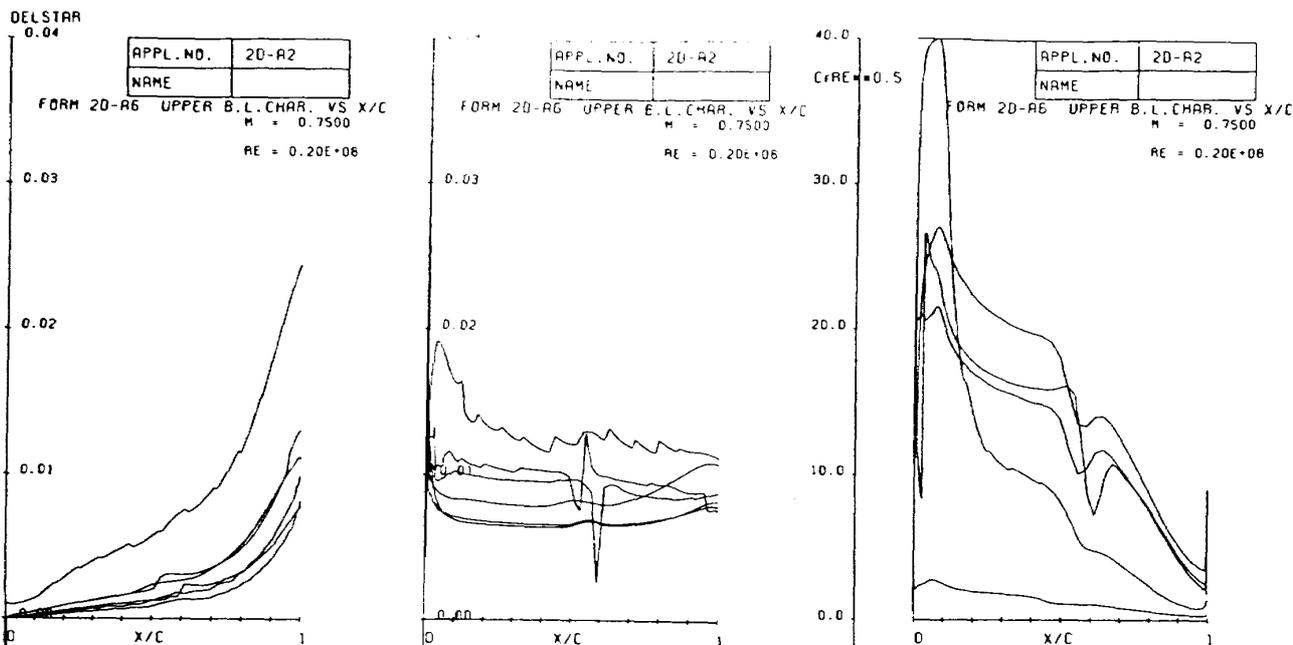


図3 境界層特性分布 (δ^* , H , $C_r Re^{1/2}$)の比較, $Re = 20 \times 10^6$, 上面側

子幅 Δt はどの回答もこの付近で最大幅に近く、典型的Euler衝撃波分布の形である。超音速プラトー圧力部分や下面に振動、凹凸のある回答は収束が十分でないためと見られる。

表3, 図1から Re 数効果の捕らえ方を見る。#9が述べる様に空力的には高 Re 数では衝撃波は後方に移動, C_l が上がり (C_l 一定なら α が下がる), $C_{p,TE}$ が回復するはずだが#2,3は変化せず#8は α の Re 数効果 $\Delta\alpha = -0.05$, 他の回答では $\Delta\alpha = -0.08 \sim -0.11$ となった。#8が違うのは前述の理由によるのだろう。 $C_{p,TE}$ は高 Re 数の方が高いもの、低いものとマチマチである。上面遷移点 $x_{t,u}$ はB-L, J-Kでは高 Re 数で0.0~0.03低 Re 数で0.09~0.11で明らかな差が認められる。高 Re 数では前縁から乱流としてもよいだろうが低 Re 数では位置は特性に重要な影響を与えるので結果の分散は問題である。後述の境界層特性図でも結果の分散は大きい。翼型圧力分布が与えられた場合、従来の境界層解法では一般にもっとよく一致すると考えられるので、この不一致の原因はN-Sコードに起因する圧力分布の分散、格子、モデルの内容等にあるかと思われ、改良する必要があるのではないかと。q-vの場合は#4が議論しているが初期乱れの効果が著しくしかもその影響は遷移の常識と逆で、初期乱れを大きくすると遷移が遅れる。また遷移点が低 Re 数で0.02と早すぎる感じである。

#5は後流には乱流モデルを載せていないが翼上の特性にはほとんど影響が認められない。この理由は#5が主張する通りであるがN-S方程式を解くということでもう少し高次の効果を考えると、後流中の乱流拡散は後流幅、後流形状(曲率)を支配すると考えられ、 Re 数効果やモデルの差がこれらに表われ更に圧力分布に反映して翼上境界層特性も影響を受けるのではないだろうか。ポテンシャル+境界層コードではそのような効果が報告されている。しかし今回の結果の意味するものは、まだN-Sコードがこの種の微妙な差異を算出するまでに至っていないことか。

4. 境界層特性の比較

前述のように衝撃波が x 方向にEuler的なスケールを持つことから衝撃波境界層干渉場での圧力勾配も物理的なミクロな現象とは直接関係ない人為的な値である。ミクロな現象を含めて計算する事は不可能ではないが実用的ではない。工学的にはマクロに扱っても良い結果を与えるモデルが良いモデルであろう。境界層特性を見る場合もこの点を念頭に見るべきであろう。

境界層特性分布を図2($Re = 6 \times 10^6$ 上下面), 図3($Re = 20 \times 10^6$ 上面)に比較して示す。上面排除厚 δ^* 分布は低 Re 数ケースでは圧力回復開始点で遷移して以後ほぼ直線的に増加し、衝撃波位置で急激に上昇、さらに後縁に向かって指数的に増大して後縁で0.01程度になるが、2件を除いて大体類似の結果となった。それでも数10%の違いがあるのは圧力分布の差や δ^* 算出法によるのであろう。下面分布は超臨界翼型特有の圧力分布による形をしているが上面と同程度の違いが回答間にある。 Re 数効果は図2,3を重ねると回答間の違いの方が著しいことがわかるが、同一回答者の間では認められるから、特定のコードで注意深く計算すれば求められるという事であろうか。

形状係数 H 分布では遷移点や衝撃波での分布に更に顕著な違いが示された。衝撃波での大振動は勿論数値的なものであり、 δ^* , H の算出法が原因であろう。言うまでもないが元々境界層というのは粘性流れのひとつのモデルであって、物理的に明確な境界層外縁が存在するわけではない(厳密に言うと乱流境界層では渦度の存在する境界という明確な外縁が存在する。しかしそれは非定常な時間的ミクロスケールな存在で、ここで対象とする時間平均NSの世界では外縁間欠係数でマクロ化され見えなくなる)。従ってCFD解析では何らかの物理的に妥当な数式モデルで境界層外縁を定義し更に離散的に評価するアルゴリズム化しなければならない。境界層解法で確立されているCebeci-Smithモデルと実質上同一であるB-LモデルのCFDへの最大の貢献はN-Sコード上で扱いやすい数式モデルを与えた点にある。外縁を定義する数式モデルのコード内での表現には任意性が著しくあり、境界層内の格子形状に依存するような表現もありうる。理想的には乱流モデルや境界層特性の評価は格子やアルゴリズム、コーディング、局所流線の方向と流れの履歴とは独立に出来るのが望ましいものの実現は困難である。実際のコードはこれらに関する適当な想定をしている。#5で下面前縁から濃み点の間(流れは前縁に向かい上面に抜ける)で δ^* が負になったがこのためであろう。今回はなかったがB-Lモデル評価に関係するようなことになれば影響は大きい。これらの問題は後述の図4,5では更に明白になる。

図2,3の中の右図、表面摩擦係数 C_r ($Re^{1/2}$ でスケール化した)の比較では結果のばらつきは更に大きい。参考にHolstのAIAAワークショップで取り上げたRAE2822のケース6,10の C_r 分布の結果と比較すると、AIAAでは境界層コードを使ったものとN-Sコードと2種類あり、N-S

APPL. NO.	20-A1
NAME	

M = 0.7500
 RE = 0.60E+07

APPL. NO.	20-A1
NAME	

M = 0.7500
 RE = 0.60E+07

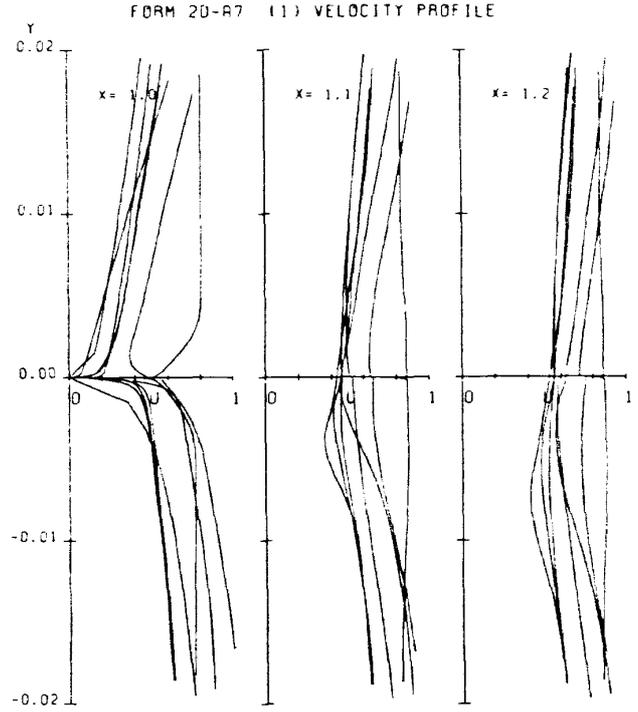
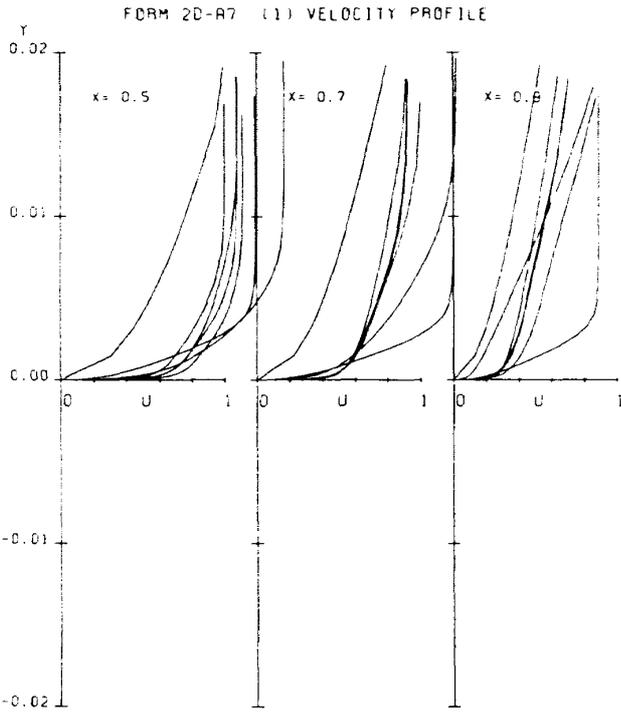


図4 境界層・後流内特性分布の比較 (a) 速度分布, $Re = 6 \times 10^6$

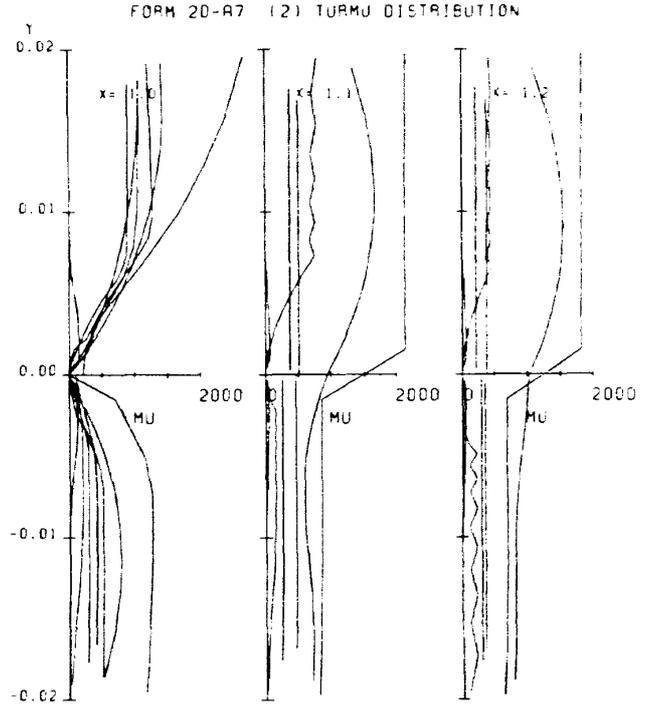
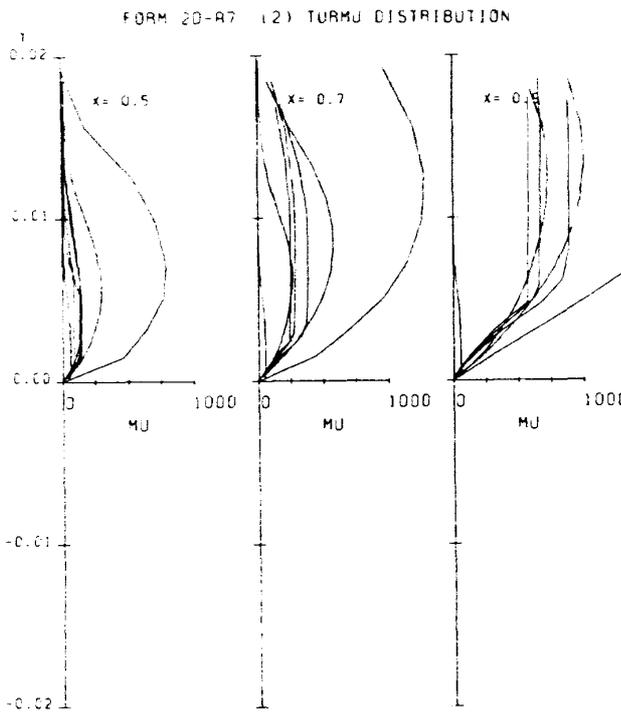


図4 境界層・後流内特性分布の比較 (b) 渦粘性係数分布, $Re = 6 \times 10^6$

コードでのばらつきの方が前者より大きく今回の結果と同様であった。しかし今回の結果はRAE2822 ケース10より圧力分布がおとなしい分ばらつきは少なくなるかと期待したが、そのようにはならなかった。Holst も指摘するように C_r は数値微分で求めるので Δx の値が重要であろう。今回は課題 A では C_r を要求しなかったが、 C_r による抵抗 $C_{d,r}$ は零揚力で全抵抗の約半分を占めるのでかなりばらつきの出ることが想像される。回答毎の遷移領域、衝撃波、後縁での C_r の振舞いの違いは前述のように評価方法の違いが原因であろう。

5. 境界層内分布の比較
 さて境界層特性のこのような違いが起きる原因を探るには、境界層の中を見て特性量の断面分布等を調べる必要がある。そこで δ^* , H を決める接線速度分布、また今回の回答者は何れも Boussinesq の渦粘性モデルを時間平均 N-S 方程式に組み合わせておりスキームの打ち切り誤差、丸め誤差を除けば渦粘性係数が境界層特性の全てを決めているから、その分布状況を見ることにした。指定した位置、 $x/c=0.5, 0.7, 0.9, 1.0, 1.1, 1.2$ は衝撃波の前後、後縁、後縁直後の強い曲率を持つ伴流の位置であり、各

APPL. NO.	2D-A2	M = 0.7500
NAME		RE = 0.20E+08

APPL. NO.	2D-A2	M = 0.7500
NAME		RE = 0.20E+08

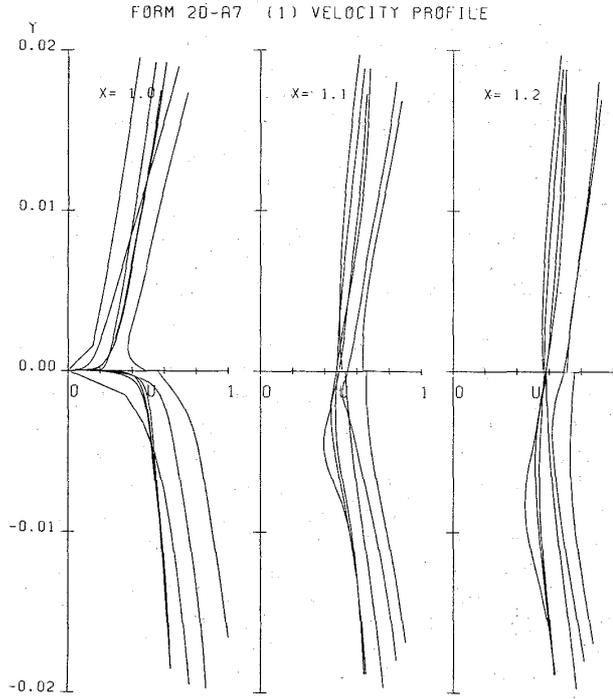
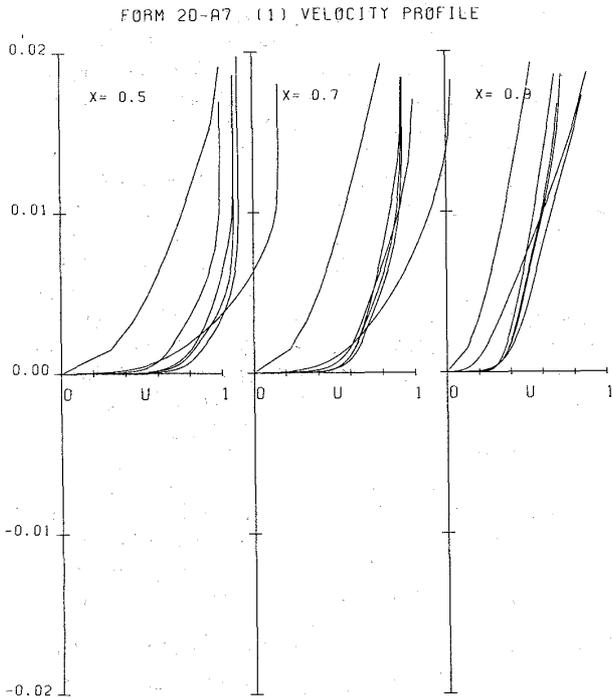


図5 境界層・後流内特性分布の比較 (a) 速度分布, $Re = 20 \times 10^6$

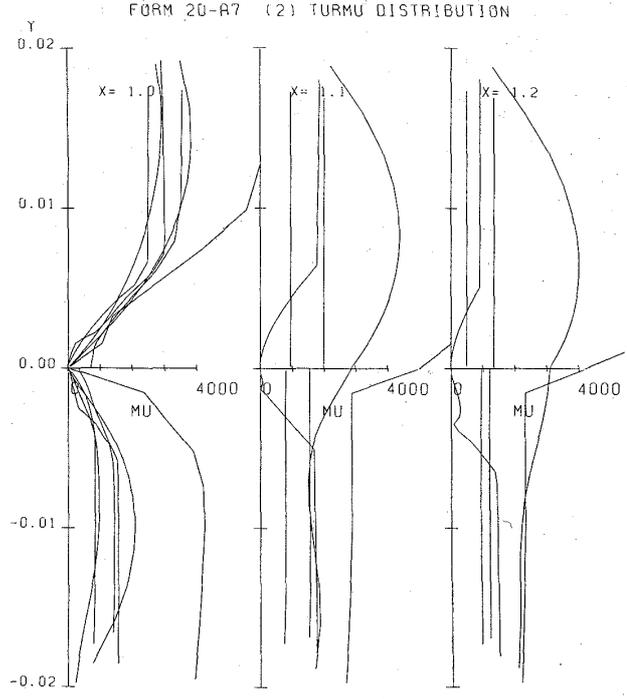
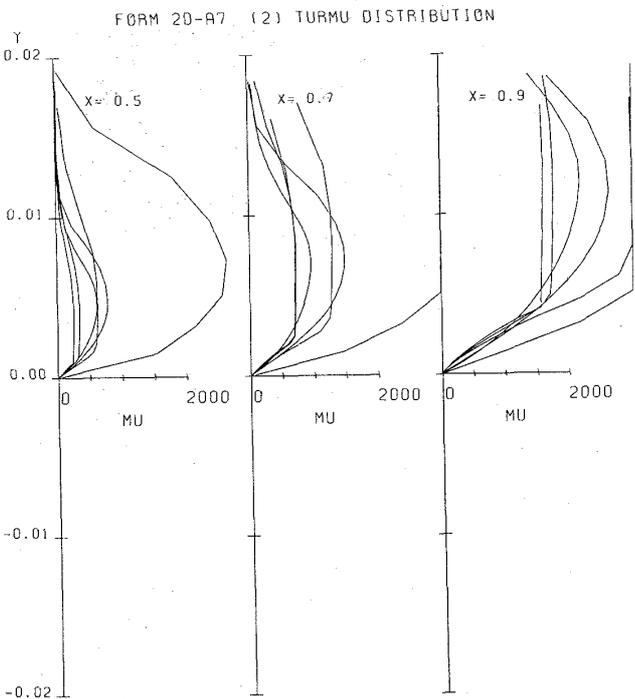


図5 境界層・後流内特性分布の比較 (b) 渦粘性係数分布, $Re = 20 \times 10^6$

位置での断面分布と伴流中心を知る事が出来る。断面方向 y を厳密に指定しなかったので回答者により y 軸分布とか u/U_∞ を U (成分) で出したものもあるが、格子分布や境界層の性質を考えるとその影響は少ないであろう。

図4に低 Re 数、図5に高 Re 数の結果の比較を示す。また回答毎の分布は資料編の図A-1, 2-7に示した。個々の流れの様子がわかるであろう。

まず速度分布では、衝撃波前の $x=0.5$ で既に分布に相当の違いがあることがわかる。 C_f を決める壁近傍のみならず境界層の中から外縁の非粘性流速速度にかけて開きが

ある(この付近では δ^* は 0.002位)。どの回答もそれぞれに衝撃波を経ると外縁の非粘性流速速度が減少し、境界層が厚くなるのを捕らえているが結果は一致しない。 $x=0.9$ から後縁まで外縁非粘性流速速度の違いは後縁圧力回復の違いがそのまま出ているためだろう。このような分布では外縁の定義は判定法によって違って来るだろう。

後縁での分布は $x=1.0$ 格子点を翼上とするか後流中と定義するかで異なる。 $y=0$ で $u=0$ となっている回答は格子点を翼上としたものである。#3では後縁での最小速度が翼上面の翼から離れたところに位置し、後縁から後

流にかけて $y=0$ で速度の不連続が見られるのは後流境界条件の接続の問題かも知れない。

伴流中心が x 軸より下方に来ることはサーキュレーションで決まる非粘性特性なので当然そのようになるべきものであり、多くの回答がそのようになっている。また乱流モデルを後流に入れてない#5でも明白に出ている。むしろ $q-w$ モデルで後流を計算した#4で後流分布が出ていないのは理解に苦しむところである。

$y=0$ で速度分布に不連続が見られる回答は計算上の問題点であろう。連続的に見える回答も不自然な接続に見える(実験で分布を測ればもっと滑らかに繋がっていると推測される)。すなわち μ_t 分布を見れば明らかだが、流れと無関係な x (?)軸からの距離で μ_t を評価しているコードが多く、 μ_t が $y=0$ で不連続なことで x 軸を挟んでの後流境界条件の接続法が原因であると筆者は考える。

6. 渦粘性係数分布の比較

さて問題の渦粘性係数の分布であるが、最大値にかなりの違いが予想されたので、回答図ではスケールを調整して図に入る様に指示した。しかし比較図では同一スケールにせざるを得ないので、翼上では低 Re 数で最大 10^3 、後流部分で 2×10^3 、高 Re 数では夫々その2倍にとって比較した。図4に示す通り結果は例えば後縁で見ると最大値が50から2500と2桁も異なる結果になった。図で明らかだが、衝撃波上流の $x=0.5$ でさえ最大値のみならず最大値の壁からの距離、B-Lモデルでいえば内層と外層の接続位置、接続点での繋がり方(折線で接続か、スムージングされた滑らかな接続か)、外縁Klebanoff間欠係数の入れ方等千差万別の結果が出ている。

筆者は従来から「B-Lモデルで計算した」という表現はコーディングまで同一でないと μ_t 分布をユニークに決める事にならず、正確な表現ではないと主張してきたが今回の結果はその事実を表すものではないだろうか。また μ_t 分布がこれだけ違えば境界層特性がいろいろな結果になるのも当然なことであろう。 μ_t の数値レベルとしては、遷音速翼の Re 応力分布 μ_t 分布を実験的に測定した例を筆者は知らないで、どれが正しいとか良いという判断は難しい。しかしどちらの Re 数でも $0(10^3)$ 以上というのは大きすぎるのではないだろうか。

翼上面と下面の境界層の発達、外縁の非粘性流れも著しく異なるので、後縁で合流した後流では両者の強い干

渉が起こるが、上下面側とも夫々の境界層の影響を残しつつ下流へ続く。後流中心は揚力が高い場合には前述したが強い曲率で曲がっている。そのため μ_t の評価を x 軸ではなく流線に沿って行わなければ後流を正確に計算出来ないと考えられる。また境界層の影響はB-Lモデルでは例えばHungの緩和モデルが半経験的にこれを考慮している。また数値粘性がない場合、大きな揚力のある後縁で不連続的に μ_t が内層の0値から外層の値に変わると数値的不安定を生じる場合があり、緩和モデルはそれを防ぐ役割もしている。今回の場合はこの辺の実態は明らかでないが数値粘性が相当効いている事も考えられる。

個々の回答で気の付いた点を見る。#3,#5は μ_t が後流で0か小さくても計算は出来るという例である。しかし流体力学的にはこれで良い事にはならないだろう。J-Kを用いた#8が後流中の x 軸と下面側の2点で $\mu_t=0$ またはminimumとなっているのは上述の理由であろう。低 Re 数では何故か μ_t に数値振動が認められる。J-KはBradshawの1Eq.モデルに基づいているから後流中心でも有限の μ_t を持つのではないだろうか? #9では $x=1.1$ と 1.2 で μ_t のレベルが上下で逆転しているのが気になる。

7. 課題B 設計点近傍の空力特性

課題Bは3件の応募しかなく、夫々の計算条件も違うので細かな比較は出来ない。 α スイープは α_0 が違う他、 $C_{l,max}$ 、パフエットレンジが出ていないのは局所時間法の為か。#4では C_d が線形増加する奇妙な結果が出た。 $q-w$ モデルが原因か否かは不明である。一方 M_∞ スイープは良く合う結果を得た。これは非粘性現象の衝撃波発生が主な原因の為と考えられる。もっとも設計点で合わせた結果、低 M_∞ では C_l の差が大きく、 C_d も違う。

8. おわりに

従来の解析法で困難であった衝撃波と粘性効果を含む流れが容易に解けるようになり産業技術としても確立しつつある。しかし未だ十分な精度で粘性効果を評価出来るまでには至っていない事も今回の結果を見ても明らかであろう。自分の事を棚に上げて個々の例について激しいコメントも付けたが、互いに協力して信頼性の高いCFD技術を確立したい一念からでありお許し戴きたい。あらためて参加された皆さんに心から御礼申し上げます。

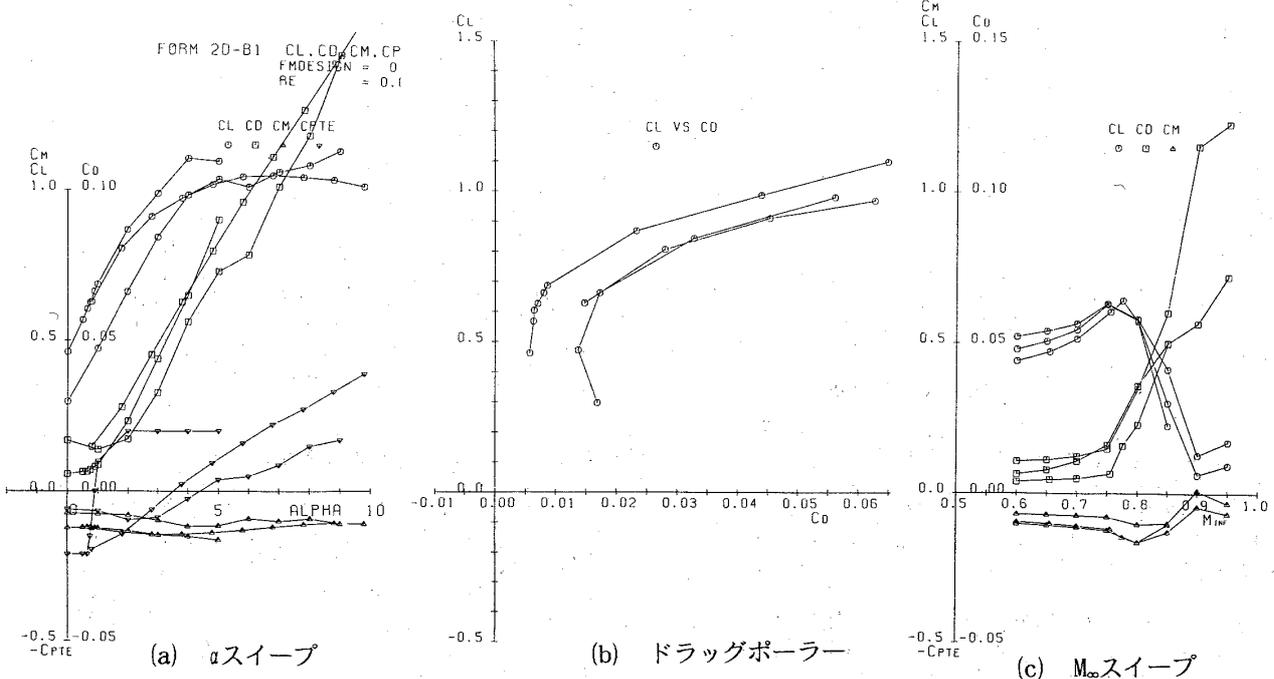


図6 設計点近傍の空力特性の比較

表 1 応募者氏名・解法情報一覧

応募番号	氏名	所属	格子形成法	格子数 最小格子幅**	乱流モデル	解法	マシン名 CPU	収束判定の回数 反復回数
2D-2	フジイ・ユカ・サキ 中村佳朗	名古屋大学	代数的方法 構造格子C	231x61 = 14091 $\Delta\xi=0.27 \times 10^{-3}$ $\Delta\eta=250 \times 10^{-6}$	RNG	Thin-layer NS eq. Yee-Harten TVD 法 (2次精度) 局所時間法, 遠方Riemann 境界条件	FACOM VP-2600 0.185 hr	$L_a 10^{*?}$ 2,500 回
2D-3	田中康平 越岡康弘	富士重工業	代数的方法 構造格子C	281x51 = 14331 $\Delta\xi=1 \times 10^{-3}$ $\Delta\eta=100 \times 10^{-6}$	Baldwin-Lo max	LU-ADI法 TVD	FACOM VP-2600 0.1 hr	
2D-4	嶋 英志 恵上浩一	川崎重工	楕円方程式* 構造格子C	279x80 = 22320 $\Delta\xi=0.2 \times 10^{-3}$ $\Delta\eta=7.4536 \times 10^{-6}$	q-w 2 eq.	Osher 近似リ-ソルバ法+vanLeer微分可能リ ックを用いたMUSCL 法 (2次精度)。70007-Gau ss-Seidel (反復10回)を用いた陰解法	FACOM VP-2200 0.75 hr	CL, Cdが7 (のRMSが3桁 低下した場合) 2300回
2D-5	嶋 英志 恵上浩一	川崎重工	楕円方程式* 構造格子C	279x80 = 22320 $\Delta\xi=0.2 \times 10^{-3}$ $\Delta\eta=7.4536 \times 10^{-6}$	Baldwin-Lo 翼上のみ、後 流には適用可 乱流とす	Osher 近似リ-ソルバ法+vanLeer微分可能リ ックを用いたMUSCL 法 (2次精度)。70007-Gau ss-Seidel (反復10回)を用いた陰解法		
2D-7	西川進 森 泉	千葉大学	楕円方程式 構造格子C	161x61 = 9821 $\Delta\xi=5.0 \times 10^{-3}$ $\Delta\eta=10 \times 10^{-6}$	Baldwin-Lo max 前縁より 乱流とす	Yee-Harten TVD- 陽Macormack 法	HF-7207-2ステップ 8hr/4000ステップ	Euler 解を初期値とし 4000回で未収束
2D-8	松島祐佐 高梨 進	富士通 航技研	点電荷法 構造格子C	341x101 = 34441 $\Delta\xi=1 \times 10^{-3}$ $\Delta\eta=13/8 \times 10^{-6}$	Johnson-Ki ng	流束差分分割+Roe平均化+MUSCL (bx ³) 拡散項: 中心差分 LU-ADI 遠方境界循環修正	FACOM VP-400 2.5 hr	NSeq残差 $R < 1 \times 10^{-7}$ 30,000回
2D-9	海田武司 荻野 純	三菱重工	代数的方法 構造格子C	289x70 = 20230 $\Delta\xi=1.6 \times 10^{-3}$ $\Delta\eta=4/1.6 \times 10^{-6}$	Baldwin-Lo max	5点差分対角化ADI 法 中心差分+Jameson粘性項 local time step 法	CONVEX 220 1.6 hr	Residual $< 0.9 \times 10^{-9}$ 8,000 回

* 境界定義後内部をソリッド式を利用して分割する半自動格子生成

** $\Delta\eta$ に二種類あるのは夫々 $Re=6/20 \times 10^6$ 用

表2 応募ケース一覧

応募 番号	氏名	課題 A		課題 B	
		低Re数	高Re数	低Re数	高Re数
2D-2	アディ・イカ・サキ 中村佳朗	○	○	○*	○*
2D-3	田中康平 越岡康弘	○	○		
2D-4	嶋 英志 恵上浩一	○	○	○	○
2D-5	嶋 英志 恵上浩一	○	○		
2D-7	西川進栄 森 昇	○			
2D-8	松島紀佐 高梨 進	○	○	○**	
2D-9	海田武司 荻野 純	○	○		

* 粗い格子解析 (231x31)

** Baldwin-Lomaxモデルの解析

表3 結果一覧表

応募 番号	氏名	(1) $Re = 6 \times 10^6$			(2) $Re = 20 \times 10^6$			乱流モ デル
		$C_{d,design}$	$C_{l,design}$ $C_{p,TE}$	X_{tru} X_{tri}	$C_{d,design}$	$C_{l,design}$ $C_{p,TE}$	X_{tru} X_{tri}	
2D-2	アディ・イカ・サキ 中村佳朗	1.2350	0.6284 0.1369	0.000 0.000	1.2400	0.6283 0.1369	0.000 0.000	RNG 注1
2D-3	田中康平 越岡康弘	0.9000	0.6363 0.2040	0.0502 0.0679	0.9000	0.6302 0.2015	0.0077 0.0015	B-L
2D-4	嶋 英志 恵上浩一	0.8000	0.6292 0.1940	0.02 * 0.03 *	0.6900	0.6280 0.2121	0.00 * 0.01 *	q-w 注2
2D-5	嶋 英志 恵上浩一	0.6700	0.6289 0.2234	0.000 0.000	0.5810	0.6300 0.2382	0.000 0.000	B-L 注1
2D-7	西川進栄 森 昇	0.6610	0.5929	0.0 0.0	—	—	—	B-L 注1
2D-8	松島紀佐 高梨 進	0.6500	0.5769 0.1780	0.1100 0.1300	0.6000	0.5851 0.1637	0.0015 0.0075	J-K
2D-9	海田武司 荻野 純	0.5307	0.6300 0.2109	0.09 0.09	0.4500	0.6303 0.2212	0.03 0.03	B-L 注2

RNG: Renormalization Group 理論モデル, B-L: Baldwin-Lomaxモデル, J-K: Johnson-Kingモデル

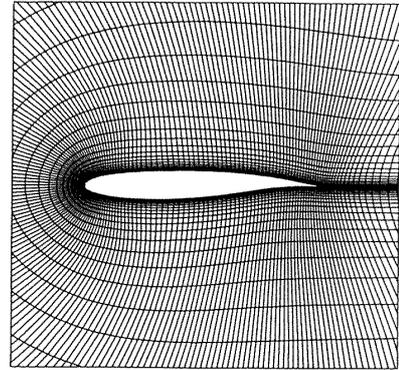
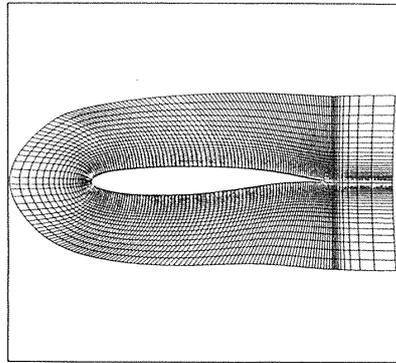
注1 前縁から乱流として計算

注2 自由遷移として計算。

図A-1-0 課題 A-1, $Re=6 \times 10^6$, 格子分布

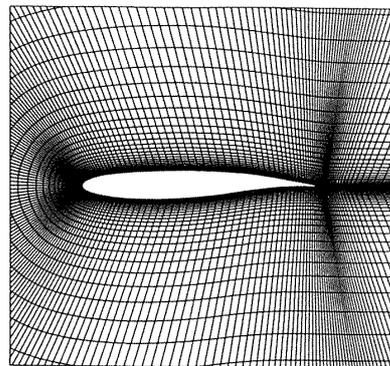
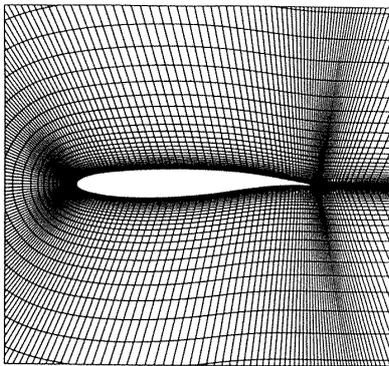
APPL. NO.	20- 2
NAME	Y. NAKAMURA
MESH B: 231 X 61	

APPL. NO.	20- 3
NAME	K. TANAKA
FORM 20-A GRID	



APPL. NO.	20- 4
NAME	e. shima

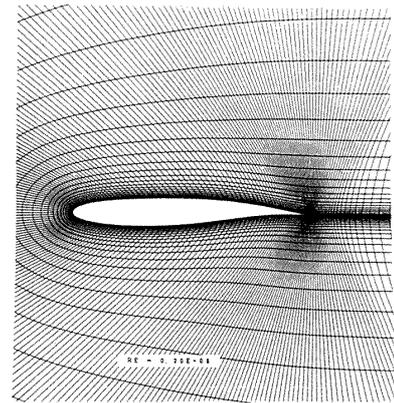
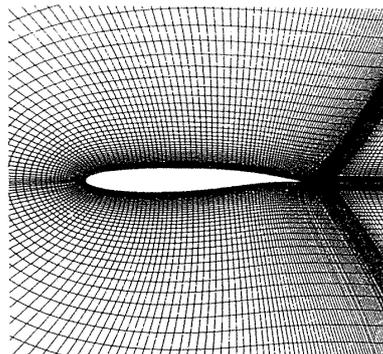
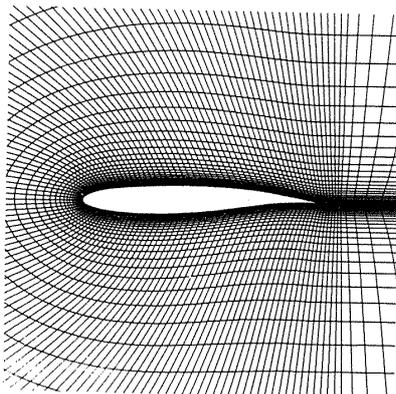
APPL. NO.	20- 5
NAME	e. shima



APPL. NO.	20- 9
NAME	KAIDEN

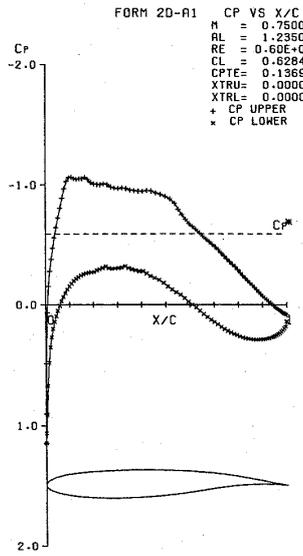
APPL. NO.	20- 7
NAME	NISHIKAWA

APPL. NO.	20- 8
NAME	MATSUSHIMA

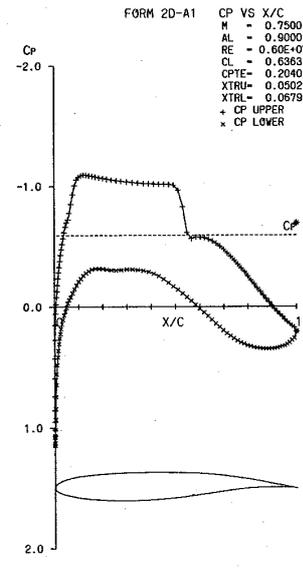


図A-1-1 課題 A-1, $Re=6 \times 10^6$, 表面压力分布 C_p vs x/C (FORM 2D-A1)

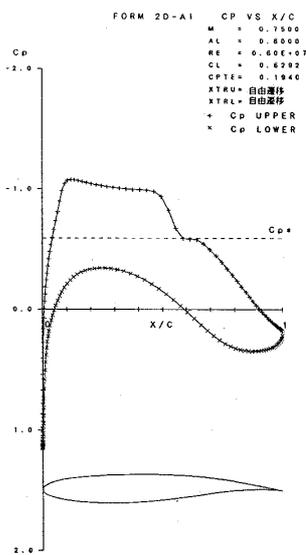
APPL. NO.	2D- 2
NAME	Y. NAKAMURA



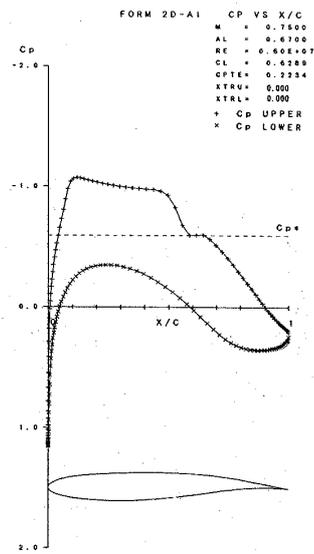
APPL. NO.	2D- 3
NAME	K. TANAKA



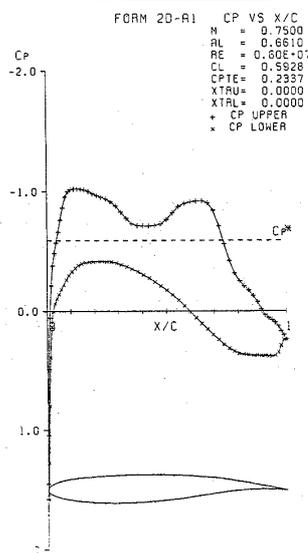
APPL. NO.	2D- 4
NAME	e. shima



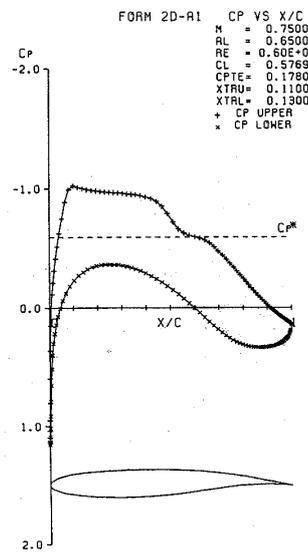
APPL. NO.	2D- 5
NAME	e. shima



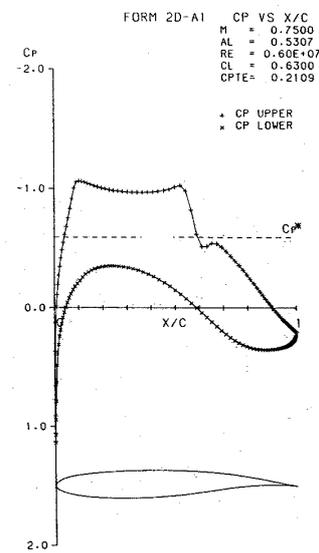
APPL. NO.	2D- 7
NAME	NISHIKAWA



APPL. NO.	2D- 8
NAME	MATSUSH-JK



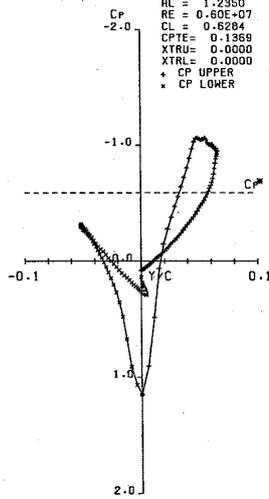
APPL. NO.	2D- 9
NAME	KAIDEN



図A-1-2 課題 A-1, $Re=6 \times 10^6$, 表面圧力分布 C_p vs y/C (FORM 2D-A2)

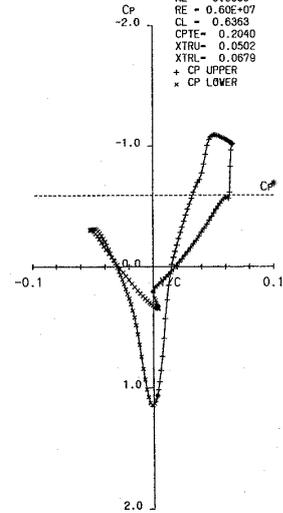
APPL. NO.	2D- 2
NAME	Y. NAKAMURA

FORM 2D-A2 CP VS Y/C
 M = 0.7500
 AL = 1.2350
 RE = 0.60E+07
 CL = 0.6204
 CPTE = 0.1869
 XTRU = 0.0000
 XTRL = 0.0000
 + CP UPPER
 * CP LOWER



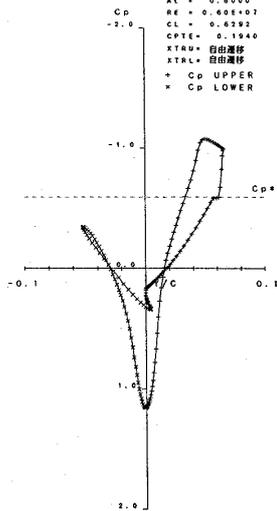
APPL. NO.	2D- 3
NAME	K. TANAKA

FORM 2D-A2 CP VS Y/C
 M = 0.7500
 AL = 0.9000
 RE = 0.60E+07
 CL = 0.6363
 CPTE = 0.2040
 XTRU = 0.0502
 XTRL = 0.0679
 + CP UPPER
 * CP LOWER



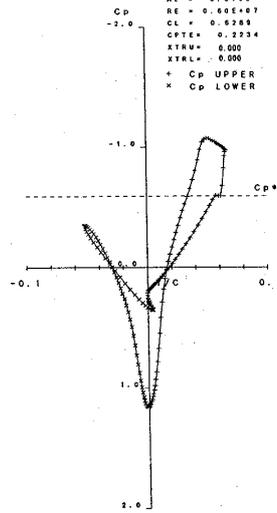
APPL. NO.	2D- 4
NAME	e. shima

FORM 2D-A2 CP VS Y/C
 M = 0.7500
 AL = 0.8000
 RE = 0.60E+07
 CL = 0.6292
 CPTE = 0.1940
 XTRU = 自由遷移
 XTRL = 自由遷移
 + Cp UPPER
 * Cp LOWER



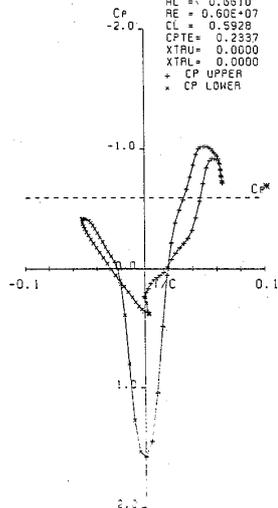
APPL. NO.	2D- 5
NAME	e. shima

FORM 2D-A2 CP VS Y/C
 M = 0.7500
 AL = 0.8700
 RE = 0.60E+07
 CL = 0.6289
 CPTE = 0.2234
 XTRU = 0.0000
 XTRL = 0.0000
 + Cp UPPER
 * Cp LOWER



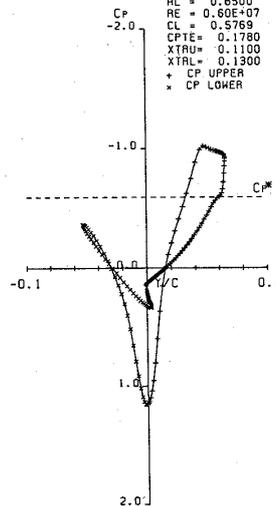
APPL. NO.	2D- 7
NAME	NISHIKAWA

FORM 2D-A2 CP VS Y/C
 M = 0.7500
 AL = 0.6510
 RE = 0.60E+07
 CL = 0.5928
 CPTE = 0.2337
 XTRU = 0.0000
 XTRL = 0.0000
 + CP UPPER
 * CP LOWER



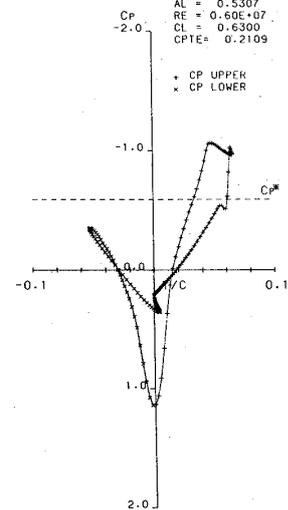
APPL. NO.	2D- 8
NAME	MATSUSH-JK

FORM 2D-A2 CP VS Y/C
 M = 0.7500
 AL = 0.6500
 RE = 0.60E+07
 CL = 0.5769
 CPTE = 0.1780
 XTRU = 0.1100
 XTRL = 0.1300
 + CP UPPER
 * CP LOWER



APPL. NO.	2D- 9
NAME	KAIDEN

FORM 2D-A2 CP VS Y/C
 M = 0.7500
 AL = 0.5307
 RE = 0.60E+07
 CL = 0.6300
 CPTE = 0.2109



図A-1-3 課題 A-1, $Re=6 \times 10^6$, 等音速線線図

(FORM 2D-A3)

APPL. NO.	2D- 2	M	= 0.7500
		AL	= 1.2360
NAME	Y. NAKAMURA	RE	= 0.60E+07

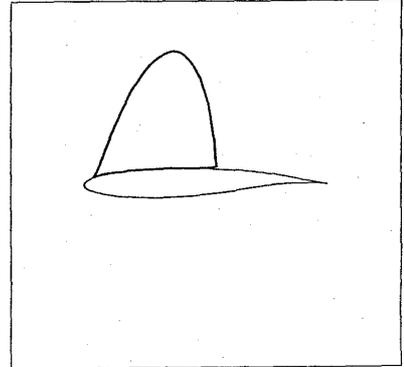
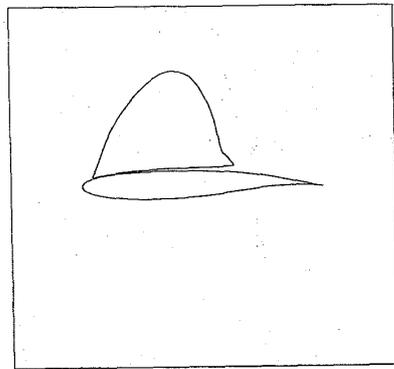
FORM 2D-A3 SONIC LINE

CL = 0.6284
 CPTe = 0.1369
 XTRU = 0.0000
 XTRL = 0.0000

APPL. NO.	2D- 3	M	= 0.7500
		AL	= 0.9000
NAME	K. TANAKA	RE	= 0.60E+07

FORM 2D-A3 SONIC LINE

CL = 0.6368
 CPTe = 0.2040
 XTRU = 0.0502
 XTRL = 0.0679



APPL. NO.	2D- 4	M	= 0.7500
		AL	= 0.6000
NAME	e. shima	RE	= 0.60E+07

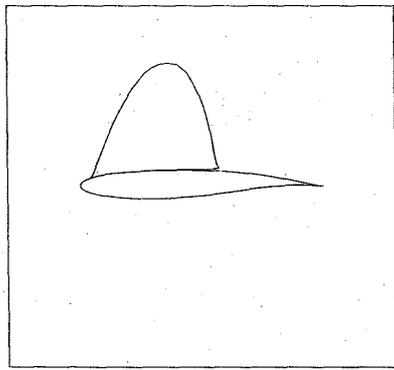
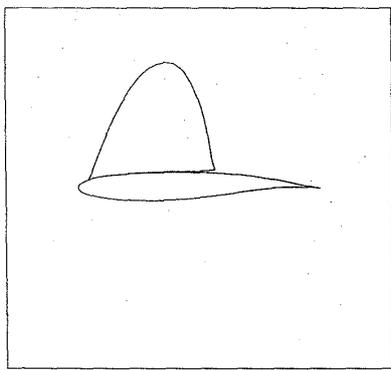
FORM 2D-A3 SONIC LINE

CL = 0.6292
 CPTe = 0.1840
 XTRU = 自由選択
 XTRL = 自由選択

APPL. NO.	2D- 5	M	= 0.7500
		AL	= 0.6700
NAME	e. shima	RE	= 0.60E+07

FORM 2D-A3 SONIC LINE

CL = 0.6289
 CPTe = 0.2324
 XTRU = 0.000
 XTRL = 0.000



APPL. NO.	2D- 7	M	= 0.7500
		AL	= 0.6610
NAME	NISHIKAWA	RE	= 0.60E+07

FORM 2D-A3 SONIC LINE

CL = 0.5928
 CPTe = 0.2337
 XTRU = 0.0000
 XTRL = 0.0000

APPL. NO.	2D- 8	M	= 0.7500
		AL	= 0.6500
NAME	MATSUSH-JK	RE	= 0.60E+07

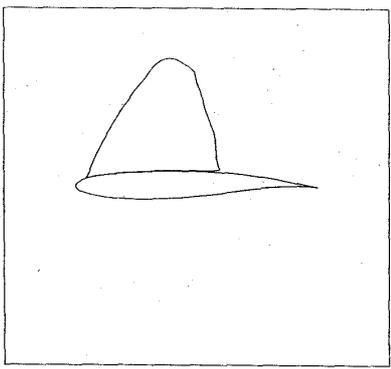
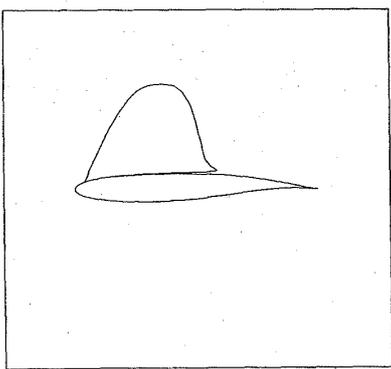
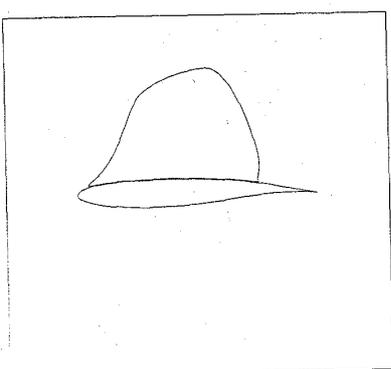
FORM 2D-A3 SONIC LINE

CL = 0.5769
 CPTe = 0.1786
 XTRU = 0.1100
 XTRL = 0.1300

APPL. NO.	2D- 9	M	= 0.7500
		AL	= 0.5307
NAME	KAIDEN	RE	= 0.60E+07

FORM 2D-A3 SONIC LINE

CL = 0.6300
 CPTe = 0.2109



図A-1-4 課題 A-1, $Re=6 \times 10^6$, 等Mach数線図 ($\Delta M=0.05$, 基準値 $M=1.0$) (FORM 2D-A4)

APPL. NO.	2D- 2
NAME	Y. NAKAMURA

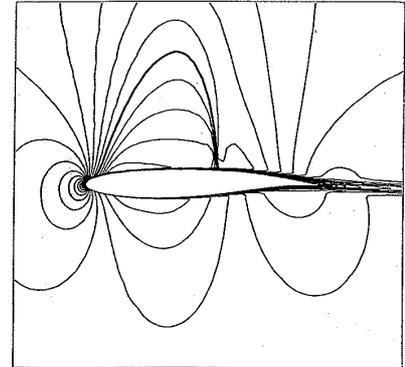
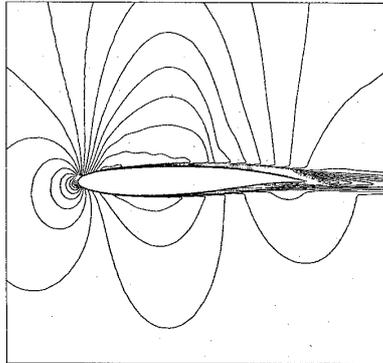
FORM 2D-A4 MACH NUMBER

M = 0.7500
 AL = 1.2350
 RE = 0.60E+07
 CL = 0.6284
 CPTC = 0.1309
 XTRU = 0.0000
 XTRL = 0.0000

APPL. NO.	2D- 3
NAME	K. TANAKA

FORM 2D-A4 MACH NUMBER

M = 0.7500
 AL = 0.9000
 RE = 0.60E+07
 CL = 0.6363
 CPTC = 0.2040
 XTRU = 0.0502
 XTRL = 0.0679



APPL. NO.	2D- 4
NAME	e. shima

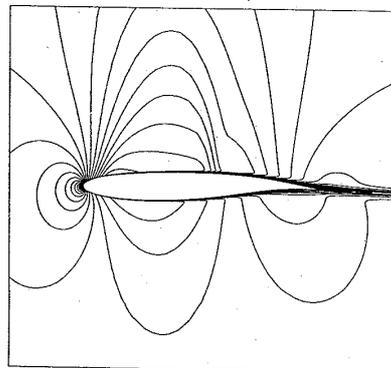
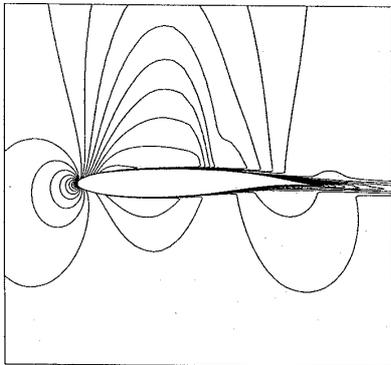
FORM 2D-A4 MACH NUMBER

M = 0.7500
 AL = 0.8000
 RE = 0.60E+07
 CL = 0.6282
 CPTC = 0.1240
 XTRU = 自由遷移
 XTRL = 自由遷移

APPL. NO.	2D- 5
NAME	e. shima

FORM 2D-A4 MACH NUMBER

M = 0.7500
 AL = 0.6700
 RE = 0.60E+07
 CL = 0.6269
 CPTC = 0.2284
 XTRU = 0.000
 XTRL = 0.000



APPL. NO.	2D- 7
NAME	NISHIKAWA

FORM 2D-A4 MACH NUMBER

M = 0.7500
 AL = 0.6610
 RE = 0.60E+07
 CL = 0.5928
 CPTC = 0.2337
 XTRU = 0.0000
 XTRL = 0.0000

APPL. NO.	2D- 8
NAME	MATSUSHI-JK

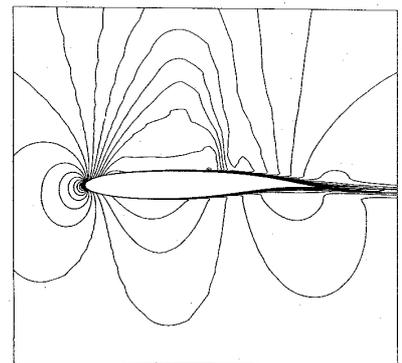
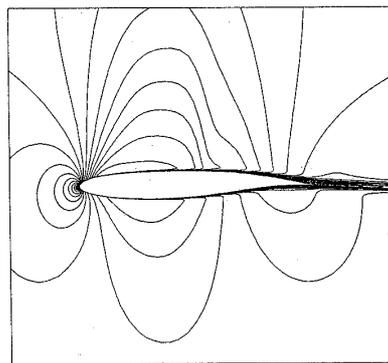
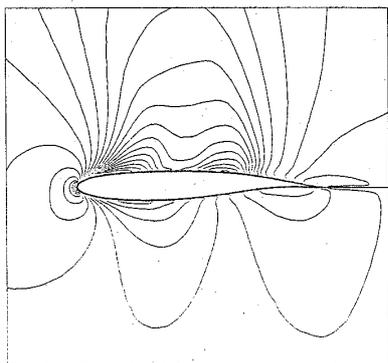
FORM 2D-A4 MACH NUMBER

M = 0.7500
 AL = 0.6500
 RE = 0.60E+07
 CL = 0.5769
 CPTC = 0.1780
 XTRU = 0.1100
 XTRL = 0.1300

APPL. NO.	2D- 9
NAME	KAIDEN

FORM 2D-A4 MACH NUMBER

M = 0.7500
 AL = 0.5307
 RE = 0.60E+07
 CL = 0.6300
 CPTC = 0.2109



図A-1-5 課題 A-1, $Re=6 \times 10^6$, 等密度線図 ($\Delta\rho/\rho_\infty=0.05$, 基準値 $\rho/\rho_\infty=1.0$) (FORM 2D-A5)

APPL. NO.	2D- 2	M = 0.7500
NAME	Y. NAKAMUR.	AL = 1.2350
		RE = 0.60E+07

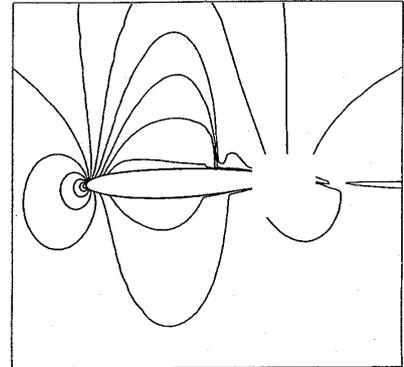
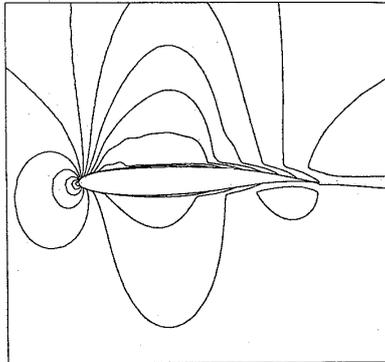
FORM 2D-A5 DENSITY DIST

CL = 0.6284
 CPTC = 0.1369
 XTRU = 0.0000
 XTRL = 0.0000

APPL. NO.	2D- 3	M = 0.7500
NAME	K. TANAKA	AL = 0.9000
		RE = 0.60E+07

FORM 2D-A5 DENSITY DIST

CL = 0.6363
 CPTC = 0.2040
 XTRU = 0.0502
 XTRL = 0.0675



APPL. NO.	2D- 4	M = 0.7500
NAME	e. shima	AL = 0.8000
		RE = 0.60E+07

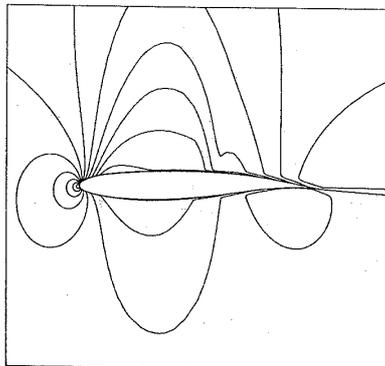
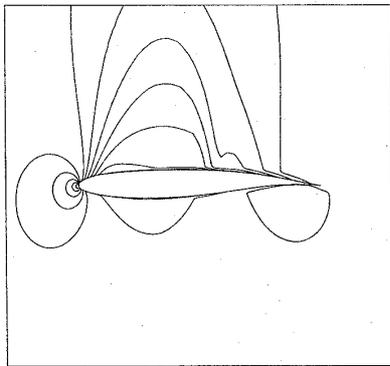
FORM 2D-A5 DENSITY DIST

CL = 0.6292
 CPTC = 0.1940
 XTRU = 自由遷移
 XTRL = 自由遷移

APPL. NO.	2D- 5	M = 0.7500
NAME	e. shima	AL = 0.6700
		RE = 0.60E+07

FORM 2D-A5 DENSITY DIST

CL = 0.6380
 CPTC = 0.2334
 XTRU = 0.000
 XTRL = 0.000



APPL. NO.	2D- 7	M = 0.7500
NAME	NISHIKAWA	AL = 0.6510
		RE = 0.60E+07

FORM 2D-A5 DENSITY DIST

CL = 0.5928
 CPTC = 0.2337
 XTRU = 0.0000
 XTRL = 0.0000

APPL. NO.	2D- 8	M = 0.7500
NAME	MATSUSH-JK	AL = 0.6500
		RE = 0.60E+07

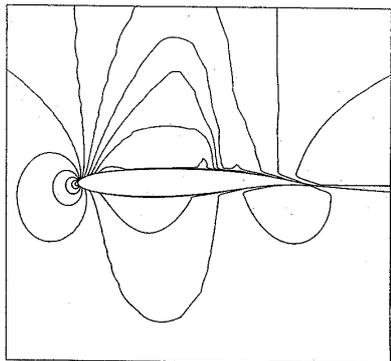
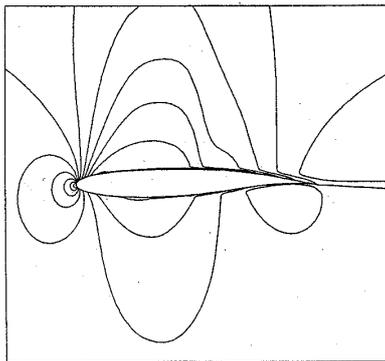
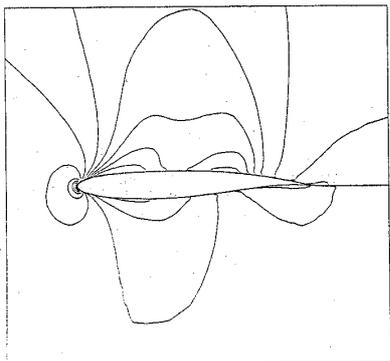
FORM 2D-A5 DENSITY DIST

CL = 0.5769
 CPTC = 0.1780
 XTRU = 0.1100
 XTRL = 0.1300

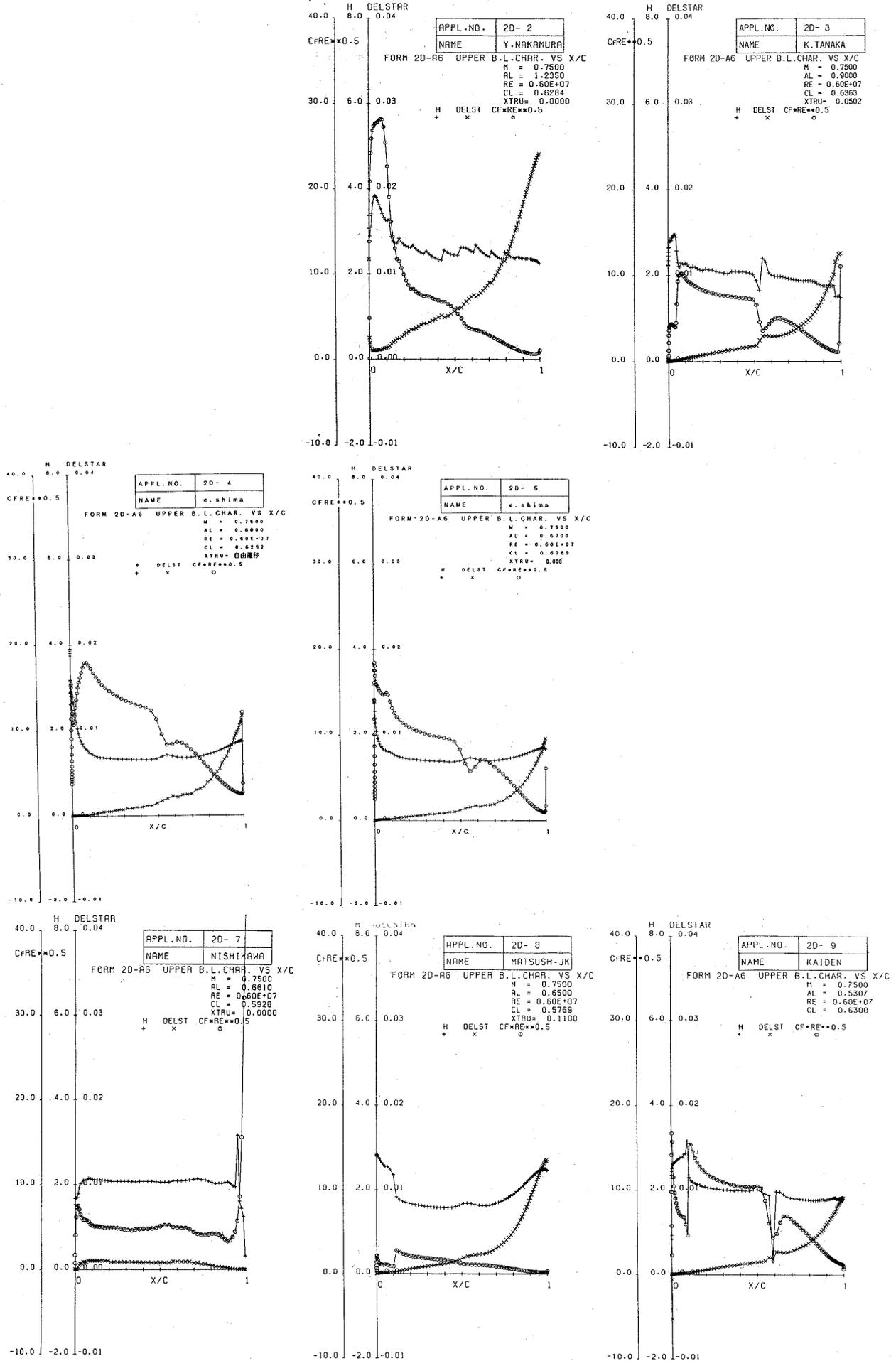
APPL. NO.	2D- 9	M = 0.7500
NAME	KAIKEN	AL = 0.5307
		RE = 0.60E+07

FORM 2D-A5 DENSITY DIST

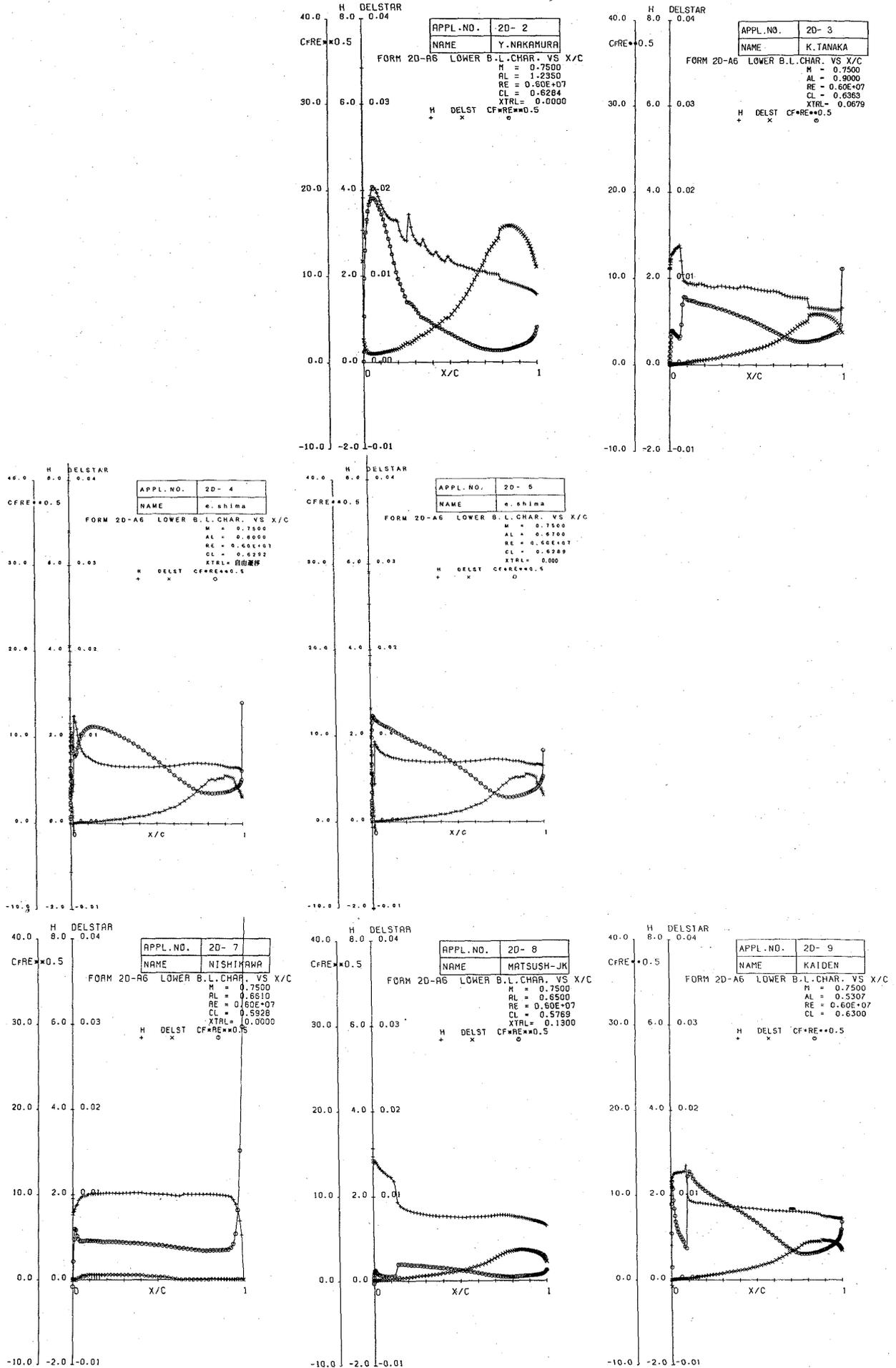
CL = 0.6300
 CPTC = 0.2109



図A-1-6-1 課題 A-1, $Re=6 \times 10^6$, 上面側境界層特性 ($C_f Re^{1/2}$, H , δ^*) vs x/C (FORM 2D-A6)



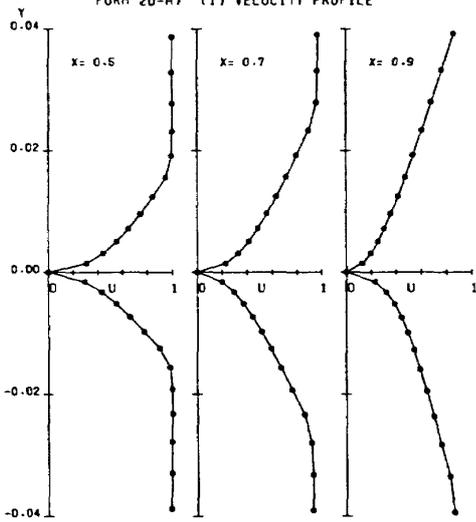
図A-1-6-2 課題 A-1, $Re=6 \times 10^6$, 下面側境界層特性 ($C_f Re^{1/2}$, H , δ^*) vs x/C (FORM 2D-A6)



図A-1-7-1 課題 A-1, $Re=6 \times 10^6$, 上面側境界層・後流内速度分布 u/U_∞ vs y/C (FORM 2D-A7)

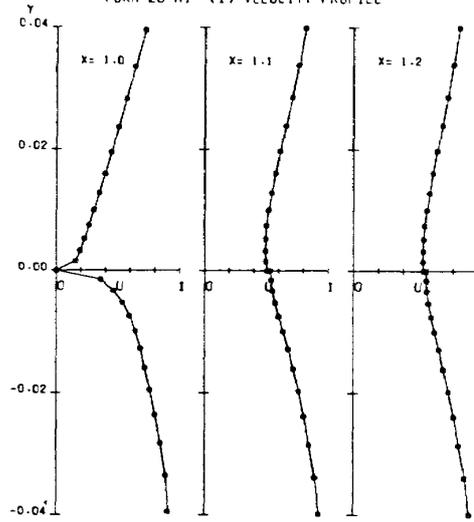
APPL. NO.	2D-2	M = 0.7500
NAME	Y. NAKAMURA	AL = 1.2350
		RE = 0.60E+07
		CL = 0.6284
		XTRU = 0.0000
		XTRL = 0.0000

FORM 2D-A7 (1) VELOCITY PROFILE



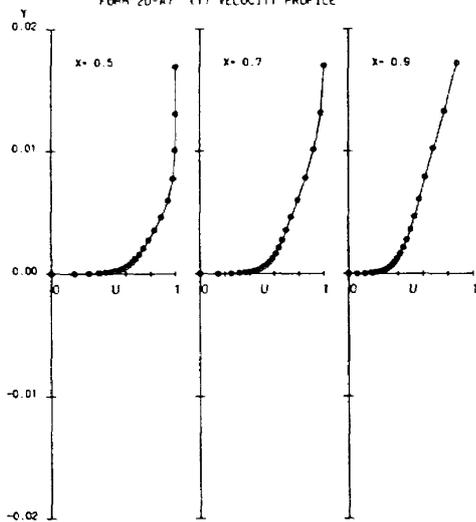
APPL. NO.	2D-2	M = 0.7500
NAME	Y. NAKAMURA	AL = 1.2350
		RE = 0.60E+07
		CL = 0.6284
		XTRU = 0.0000
		XTRL = 0.0000

FORM 2D-A7 (1) VELOCITY PROFILE



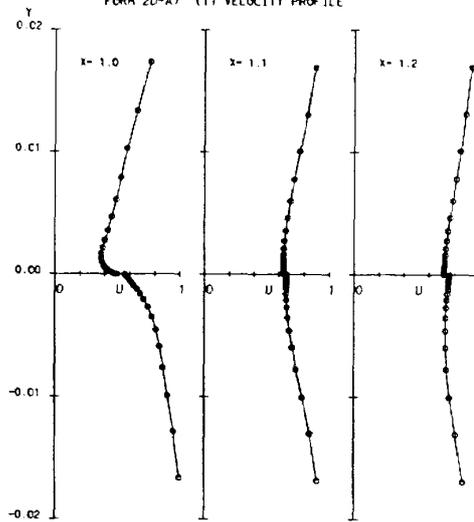
APPL. NO.	2D-3	M = 0.7500
NAME	K. TANAKA	AL = 0.9000
		RE = 0.60E+07
		CL = 0.6363
		XTRU = 0.0502
		XTRL = 0.0675

FORM 2D-A7 (1) VELOCITY PROFILE



APPL. NO.	2D-3	M = 0.7500
NAME	K. TANAKA	AL = 0.9000
		RE = 0.60E+07
		CL = 0.6363
		XTRU = 0.0502
		XTRL = 0.0675

FORM 2D-A7 (1) VELOCITY PROFILE

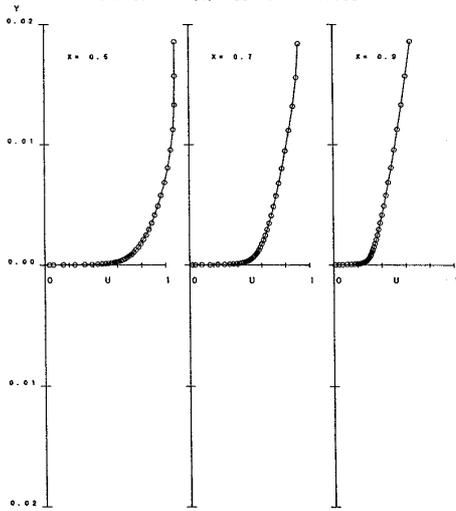


図A-1-7-1(続) 課題 A-1, $Re=6 \times 10^6$, 上面側境界層・後流内速度分布 u/U_∞ vs y/C (FORM 2D-A7)

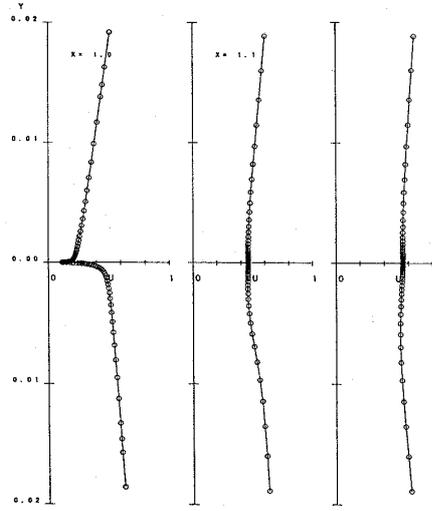
APPL. NO.	2D-4	M	0.7500
NAME	e. shima	AL	0.8000
		RE	$0.60E+07$
		CL	0.6292
		XTRU	自由遷移
		XTRL	自由遷移

APPL. NO.	2D-4	M	0.7500
NAME	e. shima	AL	0.8000
		RE	$0.60E+07$
		CL	0.6292
		XTRU	自由遷移
		XTRL	自由遷移

FORM 2D-A7 (1) VELOCITY PROFILE



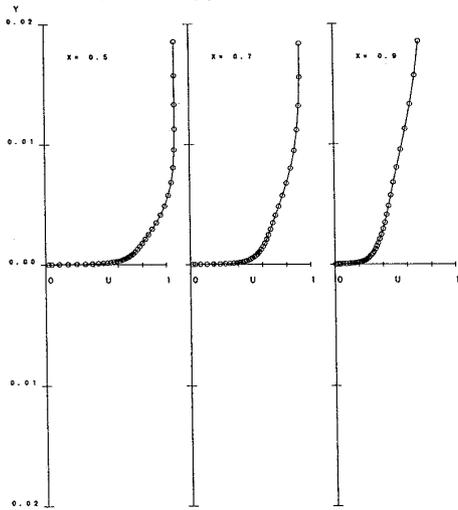
FORM 2D-A7 (1) VELOCITY PROFILE



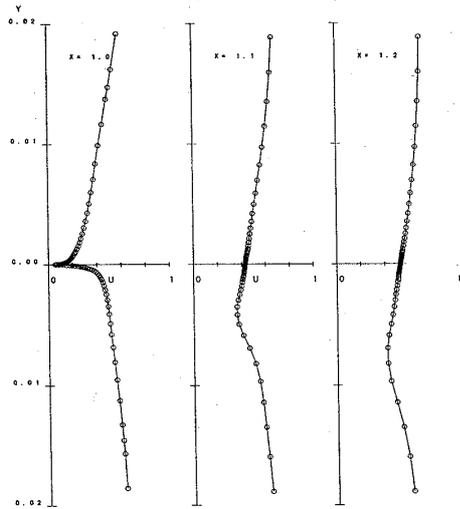
APPL. NO.	2D-5	M	0.7500
NAME	e. shima	AL	0.8700
		RE	$0.60E+07$
		CL	0.6289
		XTRU	0.000
		XTRL	0.000

APPL. NO.	2D-5	M	0.7500
NAME	e. shima	AL	0.6700
		RE	$0.60E+07$
		CL	0.6289
		XTRU	0.000
		XTRL	0.000

FORM 2D-A7 (1) VELOCITY PROFILE

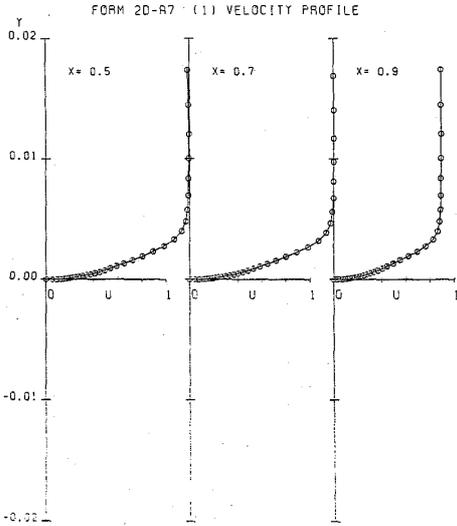


FORM 2D-A7 (1) VELOCITY PROFILE

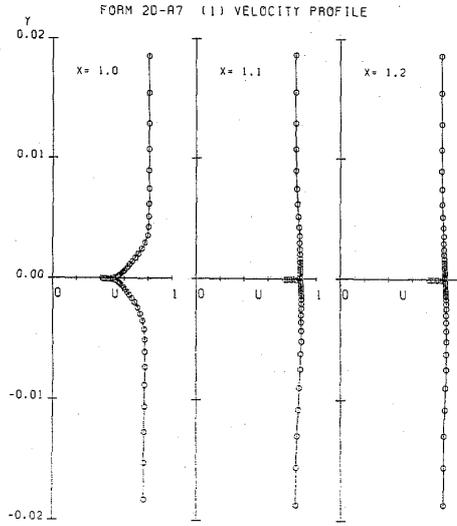


図A-1-7-1(続) 課題 A-1, $Re=6 \times 10^6$, 上面側境界層・後流内速度分布 u/U_∞ vs y/C (FORM 2D-A7)

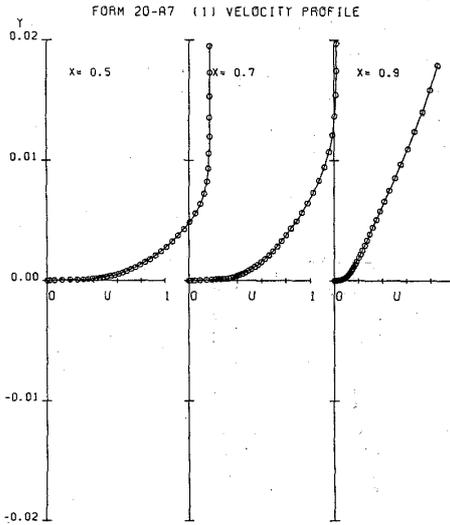
APPL. NO.	2D-7	M = 0.7500
NAME	NISHIKAWA	AL = 0.6510
		RE = 0.60E+07
		CL = 0.5928
		XTRAU = 0.0000
		XTRL = 0.0000



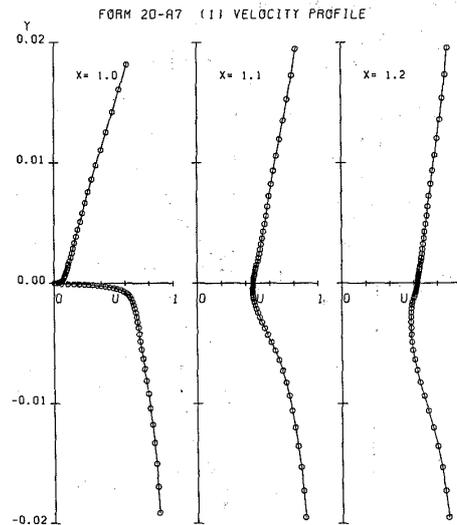
APPL. NO.	2D-7	M = 0.7500
NAME	NISHIKAWA	AL = 0.6810
		RE = 0.60E+07
		CL = 0.5928
		XTRAU = 0.0000
		XTRL = 0.0000



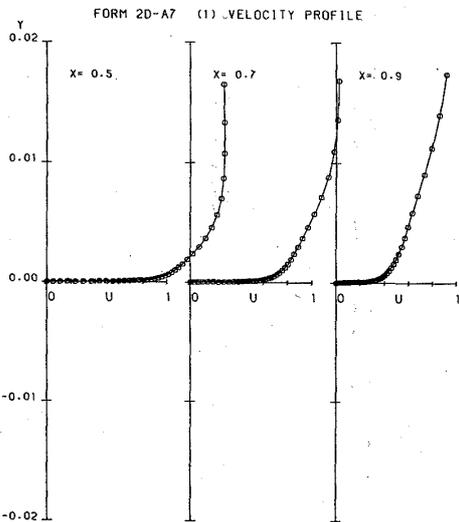
APPL. NO.	2D-8	M = 0.7500
NAME	MATSUSH-JK	AL = 0.6500
		RE = 0.60E+07
		CL = 0.5769
		XTRAU = 0.1100
		XTRL = 0.1300



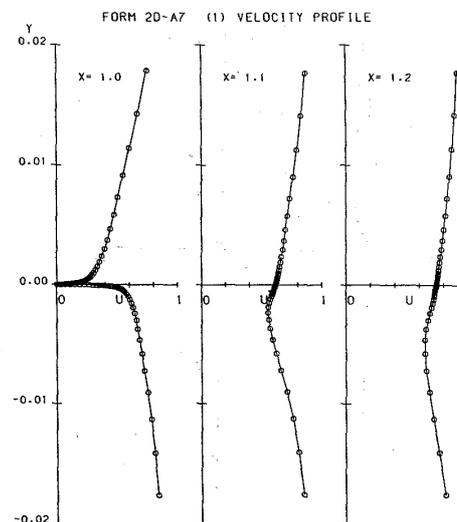
APPL. NO.	2D-8	M = 0.7500
NAME	MATSUSH-JK	AL = 0.6500
		RE = 0.60E+07
		CL = 0.5769
		XTRAU = 0.1100
		XTRL = 0.1300



APPL. NO.	2D-9	M = 0.7500
NAME	KAIDEN	AL = 0.5307
		RE = 0.60E+07
		CL = 0.6300



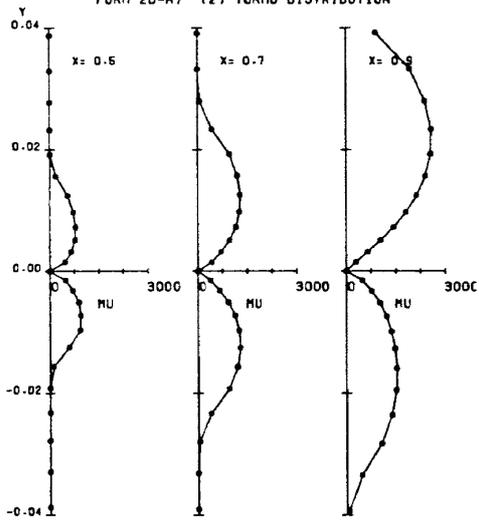
APPL. NO.	2D-9	M = 0.7500
NAME	KAIDEN	AL = 0.5307
		RE = 0.60E+07
		CL = 0.6300



図A-1-7-2 課題 A-1, $Re=6 \times 10^6$, 上面側境界層・後流内渦粘性係数分布 μ_t vs y/C (FORM 2D-A7)

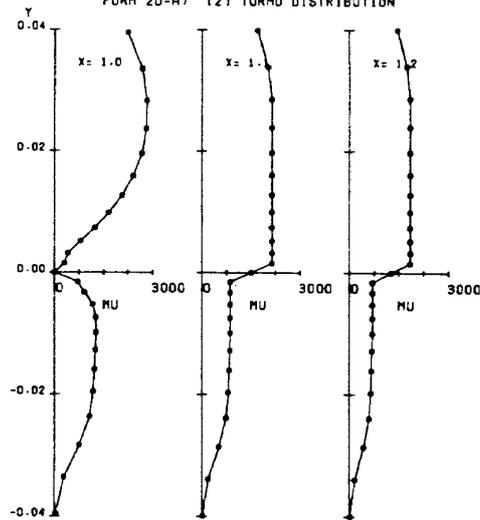
APPL. NO.	2D- 2	M = 0.7500
NAME	Y. NAKAMURA	AL = 1.2350
		RE = 0.60E+07
		CL = 0.6284
		XTRU = 0.0000
		XTRL = 0.0000

FORM 2D-A7 (2) TURMU DISTRIBUTION



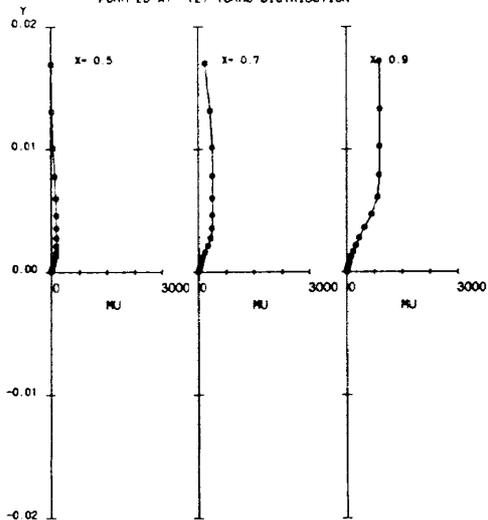
APPL. NO.	2D- 2	M = 0.7500
NAME	Y. NAKAMURA	AL = 1.2350
		RE = 0.60E+07
		CL = 0.6284
		XTRU = 0.0000
		XTRL = 0.0000

FORM 2D-A7 (2) TURMU DISTRIBUTION



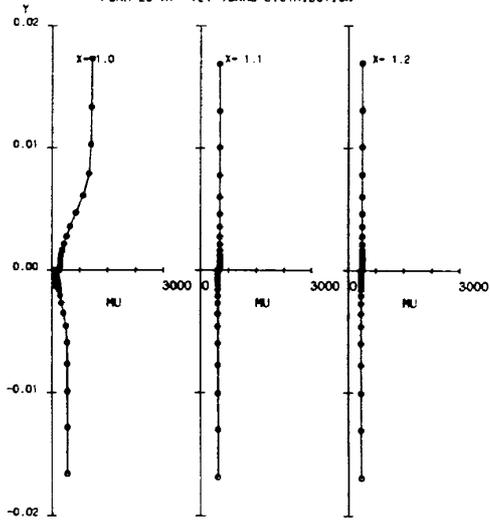
APPL. NO.	2D- 3	M = 0.7500
NAME	K. TANAKA	AL = 0.9000
		RE = 0.60E+07
		CL = 0.6363
		XTRU = 0.0502
		XTRL = 0.0679

FORM 2D-A7 (2) TURMU DISTRIBUTION



APPL. NO.	2D- 3	M = 0.7500
NAME	K. TANAKA	AL = 0.9000
		RE = 0.60E+07
		CL = 0.6363
		XTRU = 0.0502
		XTRL = 0.0679

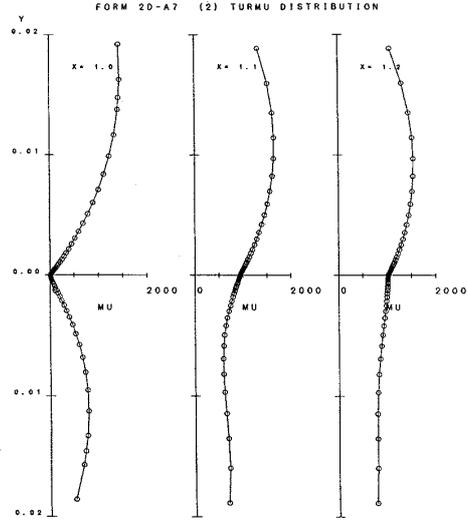
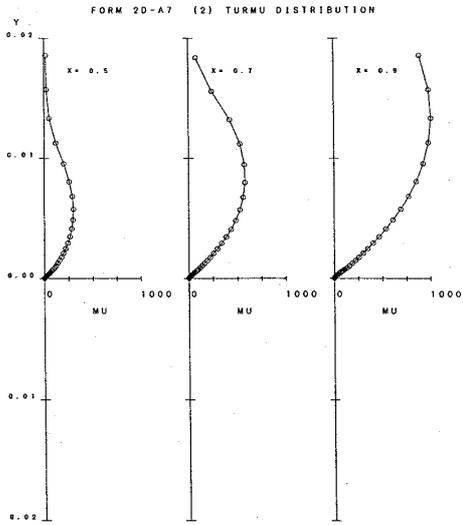
FORM 2D-A7 (2) TURMU DISTRIBUTION



図A-1-7-2(続) 課題 A-1, $Re=6 \times 10^6$, 上面側境界層・後流内渦粘性係数分布 μ_t vs y/C (FORM 2D-A7)

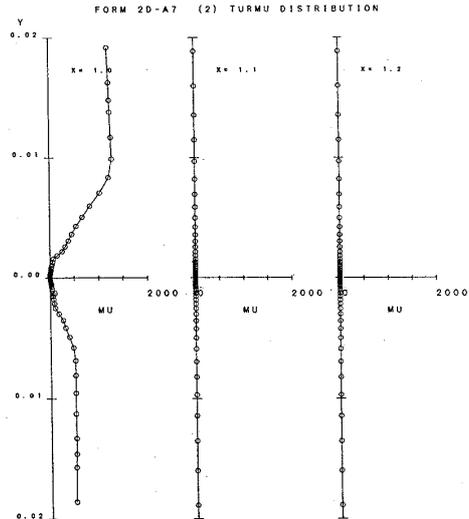
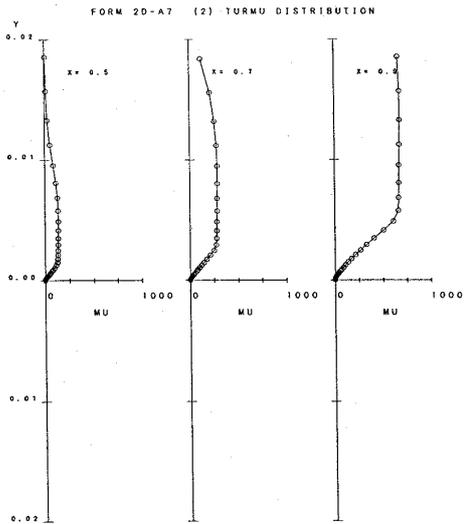
APPL. NO.	2D- 4	M = 0.7500
NAME	e. shima	AL = 0.8000
		RE = 0.60E+07
		CL = 0.6292
		XTRU = 自由遷移
		XTRL = 自由遷移

APPL. NO.	2D- 4	M = 0.7500
NAME	e. shima	AL = 0.8000
		RE = 0.60E+07
		CL = 0.6292
		XTRU = 自由遷移
		XTRL = 自由遷移



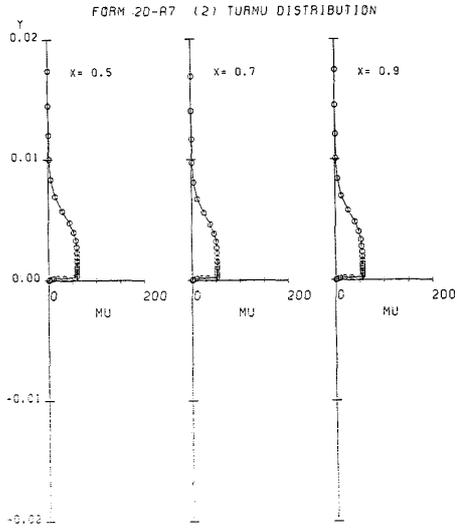
APPL. NO.	2D- 5	M = 0.7500
NAME	e. shima	AL = 0.8100
		RE = 0.60E+07
		CL = 0.6289
		XTRU = 0.000
		XTRL = 0.000

APPL. NO.	2D- 5	M = 0.7500
NAME	e. shima	AL = 0.8100
		RE = 0.60E+07
		CL = 0.6289
		XTRU = 0.000
		XTRL = 0.000

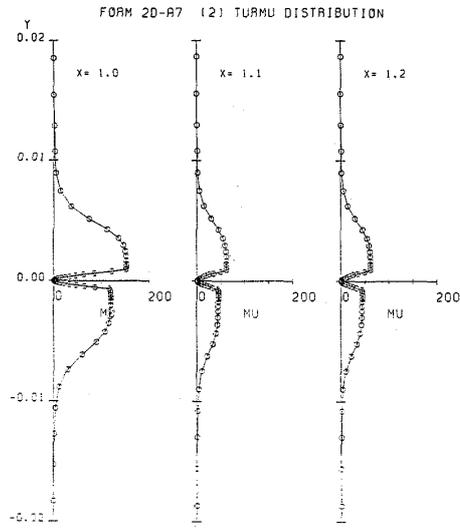


図A-1-7-2(続) 課題 A-1, $Re=6 \times 10^6$, 上面側境界層・後流内渦粘性係数分布 μ_t vs y/C (FORM 2D-A7)

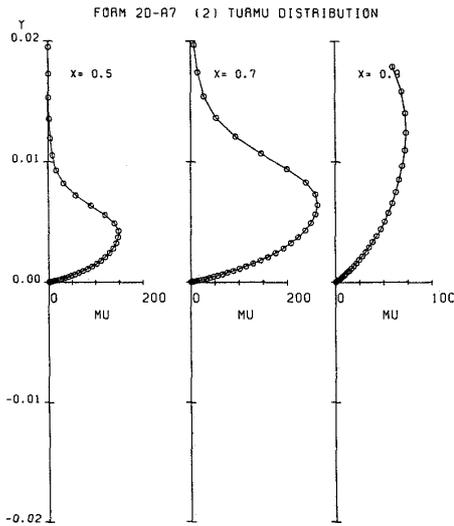
APPL. NO.	2D-7	M = 0.7500
NAME	NISHIKAWA	AL = 0.6610
		RE = 0.60E+07
		CL = 0.5828
		XTRU = 0.0000
		XTRL = 0.0000



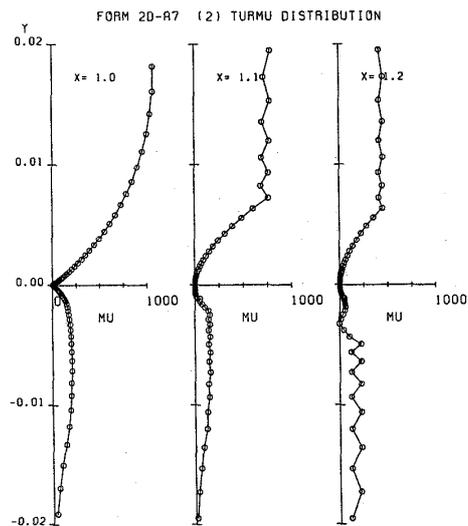
APPL. NO.	2D-7	M = 0.7500
NAME	NISHIKAWA	AL = 0.6610
		RE = 0.60E+07
		CL = 0.5828
		XTRU = 0.0000
		XTRL = 0.0000



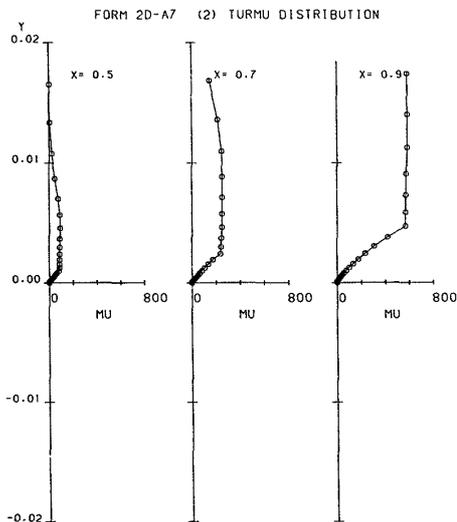
APPL. NO.	2D-8	M = 0.7500
NAME	MATSUSH-JK	AL = 0.6500
		RE = 0.60E+07
		CL = 0.5769
		XTRU = 0.1100
		XTRL = 0.1300



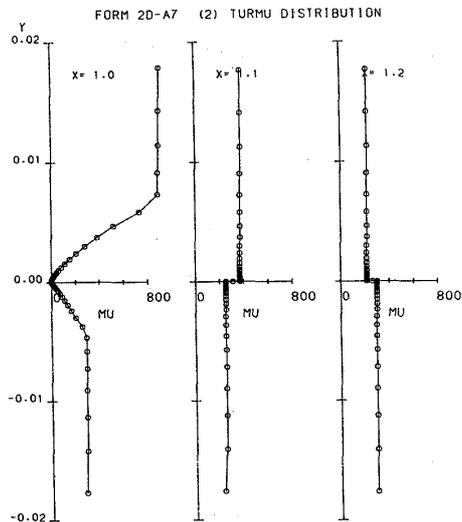
APPL. NO.	2D-8	M = 0.7500
NAME	MATSUSH-JK	AL = 0.6500
		RE = 0.60E+07
		CL = 0.5769
		XTRU = 0.1100
		XTRL = 0.1300



APPL. NO.	2D-9	M = 0.7500
NAME	KAIDEN	AL = 0.5307
		RE = 0.60E+07
		CL = 0.6300



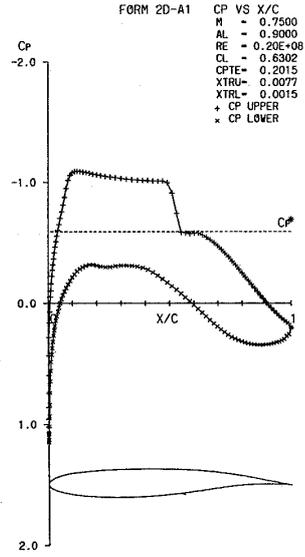
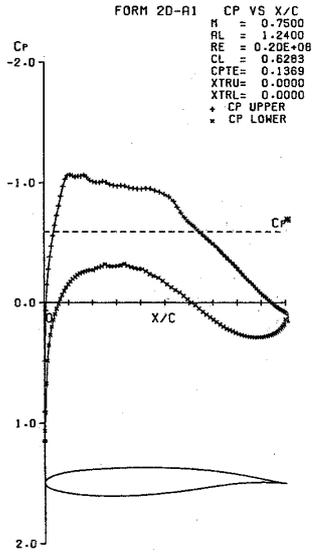
APPL. NO.	2D-9	M = 0.7500
NAME	KAIDEN	AL = 0.5307
		RE = 0.60E+07
		CL = 0.6300



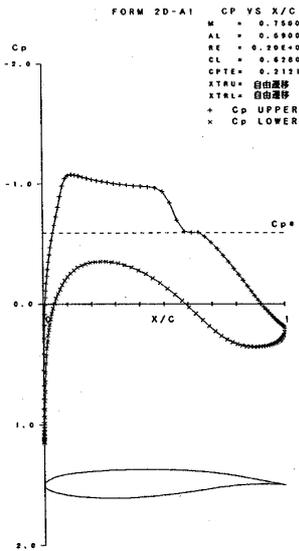
図A-2-1 課題 A-2, $Re = 20 \times 10^6$, 表面圧力分布 C_p vs x/C (FORM 2D-A1)

APPL. NO.	2D- 2
NAME	Y. NAKAMURA

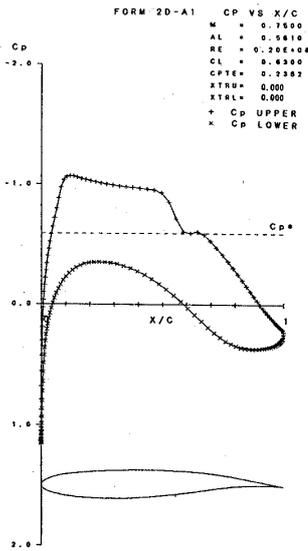
APPL. NO.	2D- 3
NAME	K. TANAKA



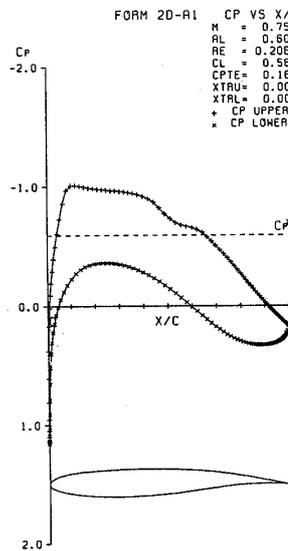
APPL. NO.	2D- 4
NAME	e. shima



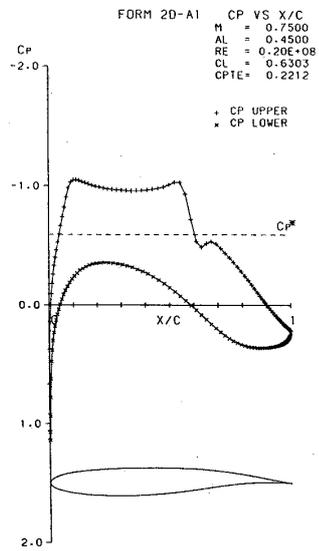
APPL. NO.	2D- 5
NAME	e. shima



APPL. NO.	2D- 8
NAME	MATSUSH-JK

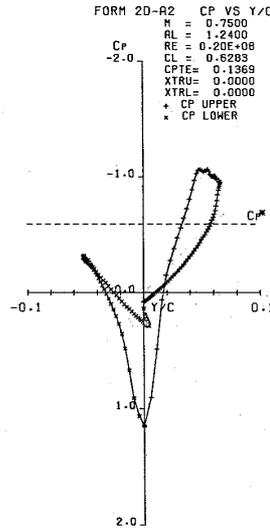


APPL. NO.	2D- 9
NAME	KAIDEN

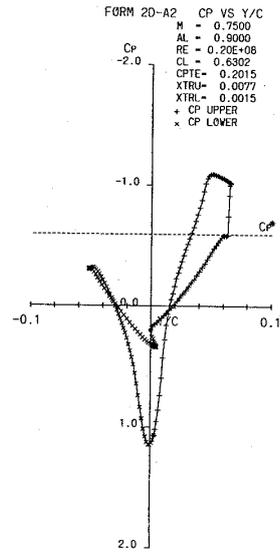


図A-2-2 課題 A-2, $Re = 20 \times 10^6$, 表面压力分布 C_p vs y/C (FORM 2D-A2)

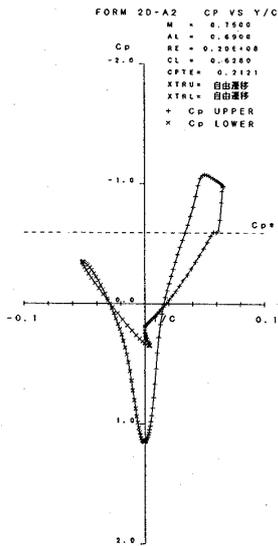
APPL. NO.	2D-2
NAME	Y. NAKAMURA



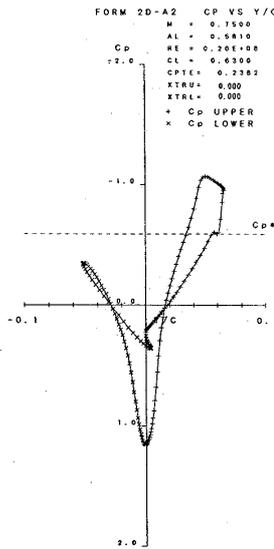
PPL. NO.	2D-3
NAME	K. TANAKA



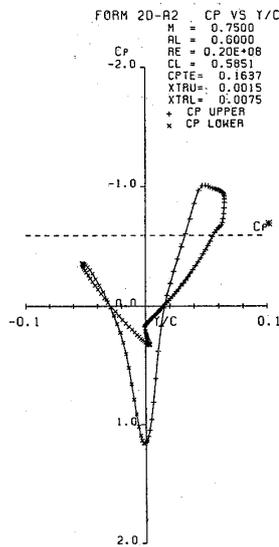
APPL. NO.	2D-4
NAME	e. shima



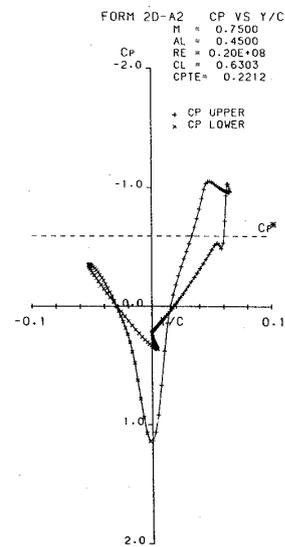
APPL. NO.	2D-5
NAME	e. shima



APPL. NO.	2D-8
NAME	MATSUSH-JK



APPL. NO.	2D-9
NAME	KAIDEN

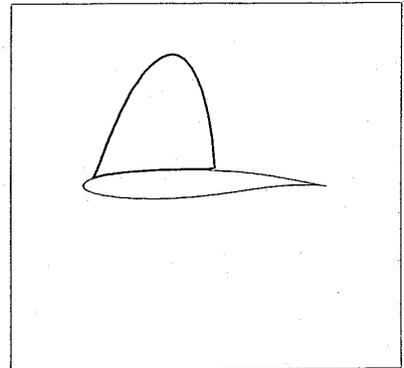
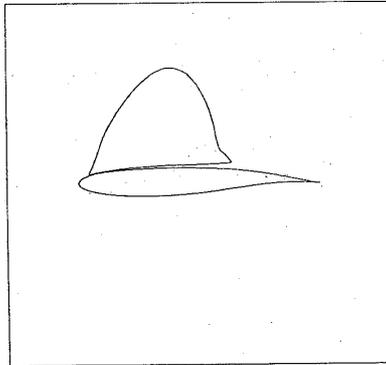


図A-2-3 課題 A-2, $Re = 20 \times 10^6$, 等音速線線図

(FORM 2D-A3)

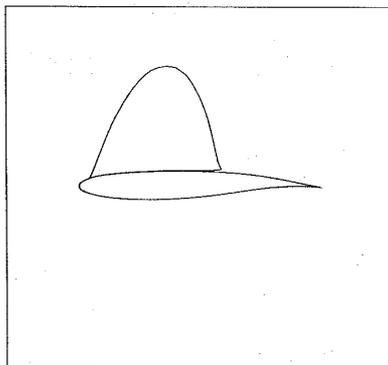
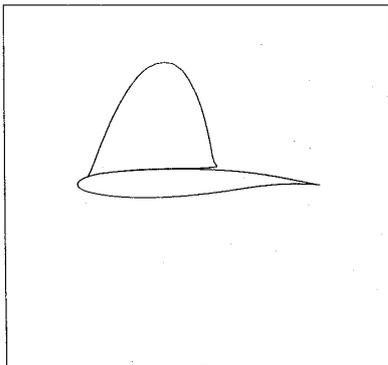
APPL. NO.	2D- 2	M	= 0.7500
NAME	Y. NAKAMURA	AL	= 1.2400
FORM 2D-A3 SONIC LINE		RE	= 0.20E+08
		CL	= 0.6283
		CPTE	= 0.1369
		XTRU	= 0.0000
		XTRL	= 0.0000

APPL. NO.	2D- 3	M	= 0.7500
NAME	K. TANAKA	AL	= 0.9000
FORM 2D-A3 SONIC LINE		RE	= 0.20E+08
		CL	= 0.6302
		CPTE	= 0.2015
		XTRU	= 0.0077
		XTRL	= 0.0015



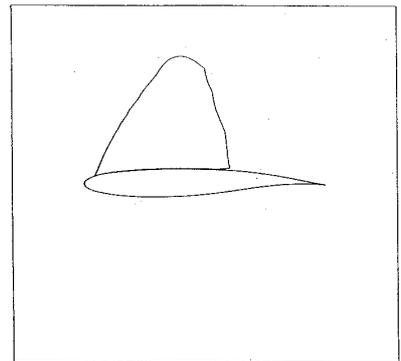
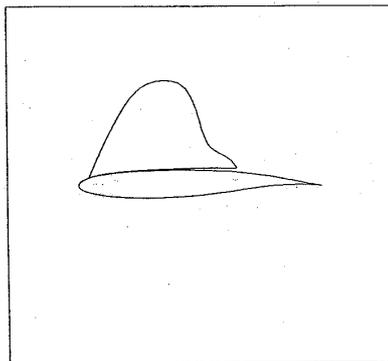
APPL. NO.	2D- 4	M	= 0.7500
NAME	e. shima	AL	= 0.6900
FORM 2D-A3 SONIC LINE		RE	= 0.20E+08
		CL	= 0.6280
		CPTE	= 0.2121
		XTRU	自由遷移
		XTRL	自由遷移

APPL. NO.	2D- 5	M	= 0.7500
NAME	e. shima	AL	= 0.5810
FORM 2D-A3 SONIC LINE		RE	= 0.20E+08
		CL	= 0.6300
		CPTE	= 0.2382
		XTRU	= 0.000
		XTRL	= 0.000



APPL. NO.	2D- 6	M	= 0.7500
NAME	MATSUSH-JK	AL	= 0.6000
FORM 2D-A3 SONIC LINE		RE	= 0.20E+08
		CL	= 0.5851
		CPTE	= 0.1637
		XTRU	= 0.0015
		XTRL	= 0.0075

APPL. NO.	2D- 9	M	= 0.7500
NAME	KAIDEN	AL	= 0.4500
FORM 2D-A3 SONIC LINE		RE	= 0.20E+08
		CL	= 0.6303
		CPTE	= 0.2212



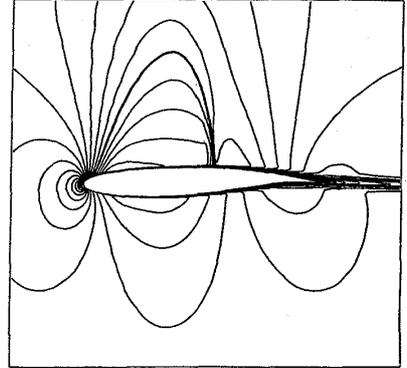
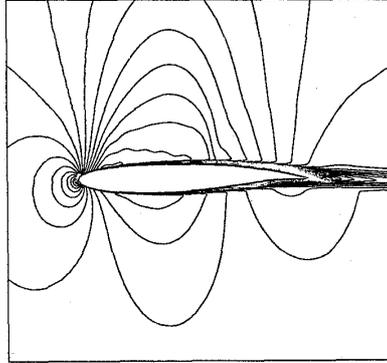
図A-2-4 課題 A-2, $Re = 20 \times 10^6$, 等Mach数線図 ($\Delta M = 0.05$, 基準値 $M = 1.0$) (FORM 2D-A4)

APPL. NO.	2D-2	M	= 0.7500
NAME	Y. NAKAMURA	AL	= 1.2400
FORM 2D-A4 MACH NUMBER		RE	= $0.20E+08$

CL = 0.6283
 CPTE = 0.1369
 XTRU = 0.0000
 XTRL = 0.0000

APPL. NO.	2D-3	M	= 0.7500
NAME	K. TANAKA	AL	= 0.9000
FORM 2D-A4 MACH NUMBER		RE	= $0.20E+08$

CL = 0.6302
 CPTE = 0.2015
 XTRU = 0.0077
 XTRL = 0.0015

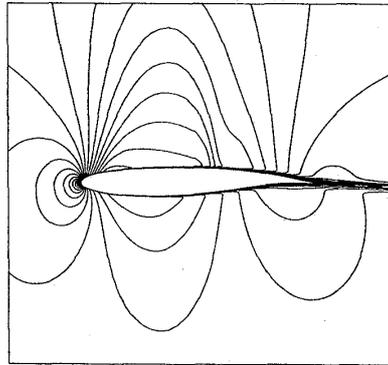
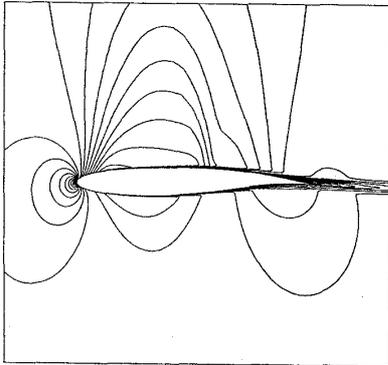


APPL. NO.	2D-4	M	= 0.7500
NAME	e. shima	AL	= 0.6900
FORM 2D-A4 MACH NUMBER		RE	= $0.20E+08$

CL = 0.6280
 CPTE = 0.1121
 XTRU = 自由遷移
 XTRL = 自由遷移

APPL. NO.	2D-5	M	= 0.7500
NAME	e. shima	AL	= 0.5810
FORM 2D-A4 MACH NUMBER		RE	= $0.20E+08$

CL = 0.6500
 CPTE = 0.2282
 XTRU = 0.000
 XTRL = 0.000

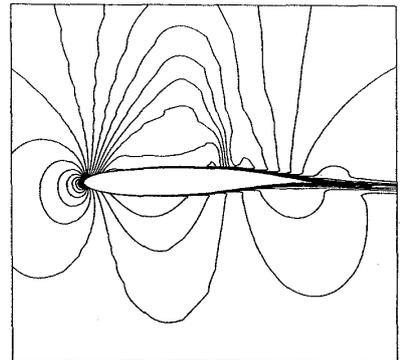
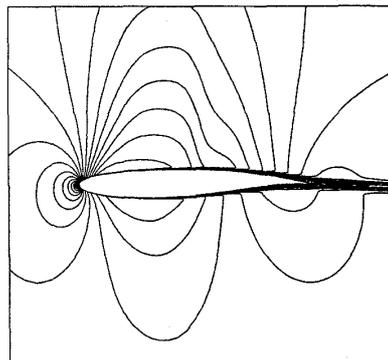


APPL. NO.	2D-8	M	= 0.7500
NAME	MATSUSH-JK	AL	= 0.6000
FORM 2D-A4 MACH NUMBER		RE	= $0.20E+08$

CL = 0.5851
 CPTE = 0.1637
 XTRU = 0.0015
 XTRL = 0.0075

APPL. NO.	2D-9	M	= 0.7500
NAME	KAIDEN	AL	= 0.4500
FORM 2D-A4 MACH NUMBER		RE	= $0.20E+08$

CL = 0.6303
 CPTE = 0.2212



図A-2-5 課題 A-2, $Re = 20 \times 10^6$, 等密度線図 ($\Delta\rho/\rho_\infty = 0.05$, 基準値 $\rho/\rho_\infty = 1.0$) (FORM 2D-A5)

APPL. NO.	2D- 2	M = 0.7500
NAME	Y. NAKAMURA	AL = 1.2400
		RE = 0.20E+08

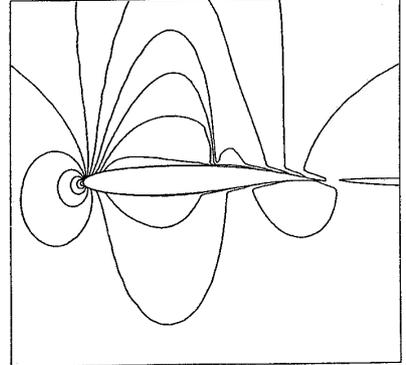
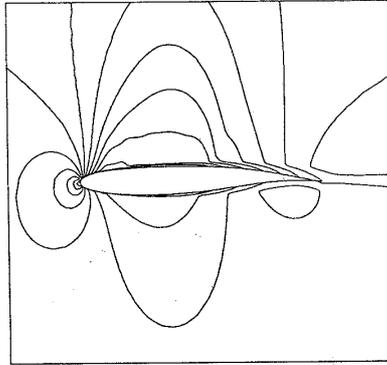
FORM 2D-A5 DENSITY DIST

CL = 0.6283
 CPTC = 0.1369
 XTRU = 0.0000
 XTRL = 0.0000

APPL. NO.	2D- 3	M = 0.7500
NAME	K. TANAKA	AL = 0.9000
		RE = 0.20E+08

FORM 2D-A5 DENSITY DIST

CL = 0.6302
 CPTC = 0.2015
 XTRU = 0.0077
 XTRL = 0.0015



APPL. NO.	2D- 4	M = 0.7500
NAME	e. shima	AL = 0.6900
		RE = 0.20E+08

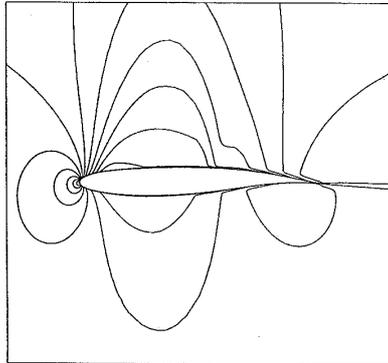
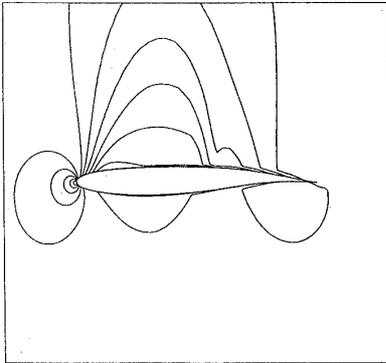
FORM 2D-A5 DENSITY DIST

CL = 0.6290
 CPTC = 0.2121
 XTRU = 自由選択
 XTRL = 自由選択

APPL. NO.	2D- 5	M = 0.7500
NAME	e. shima	AL = 0.5610
		RE = 0.20E+08

FORM 2D-A5 DENSITY DIST

CL = 0.6300
 CPTC = 0.2382
 XTRU = 0.000
 XTRL = 0.000



APPL. NO.	2D- 8	M = 0.7500
NAME	MATSUSHI-JK	AL = 0.6000
		RE = 0.20E+08

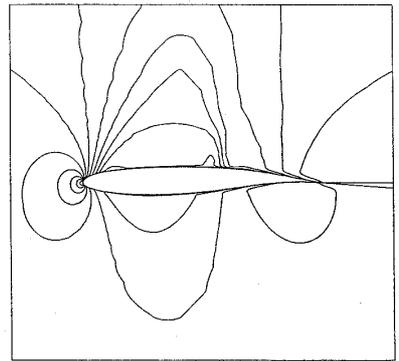
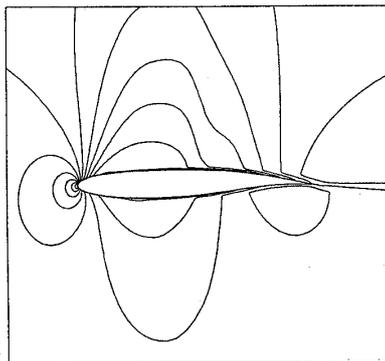
FORM 2D-A5 DENSITY DIST

CL = 0.5851
 CPTC = 0.1637
 XTRU = 0.0015
 XTRL = 0.0075

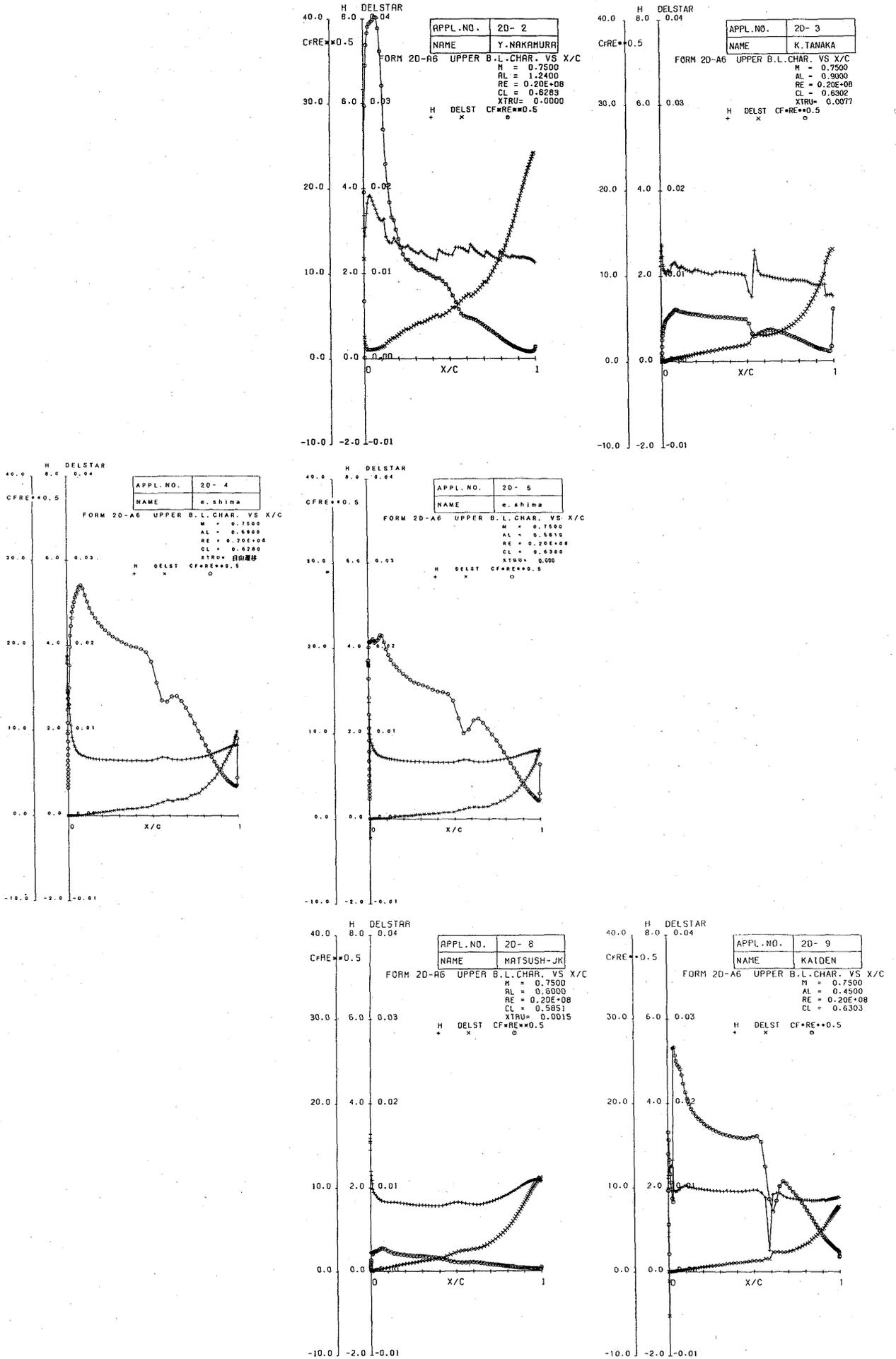
APPL. NO.	2D- 9	M = 0.7500
NAME	KAIDEN	AL = 0.4500
		RE = 0.20E+08

FORM 2D-A5 DENSITY DIST

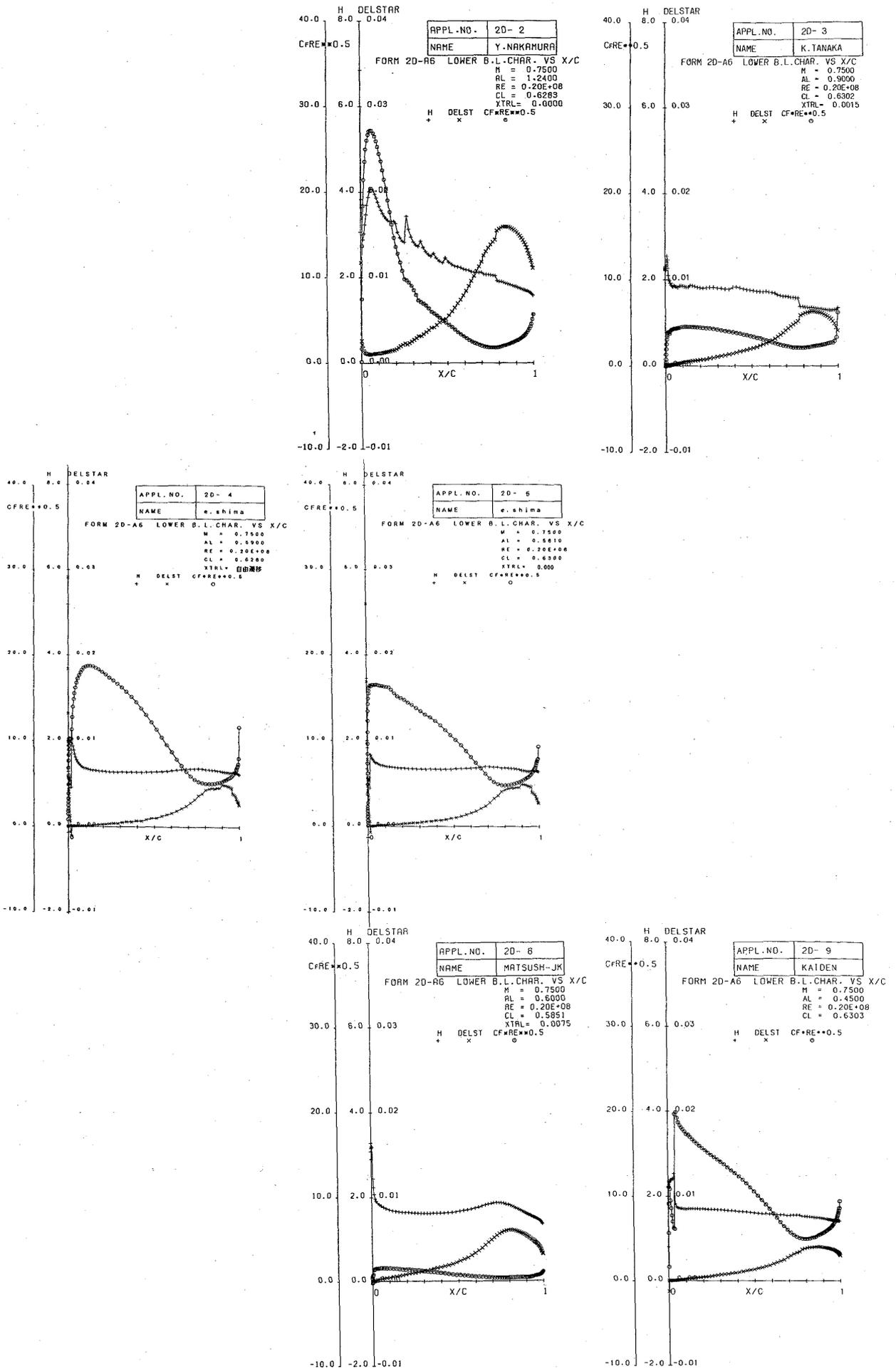
CL = 0.6303
 CPTC = 0.2212



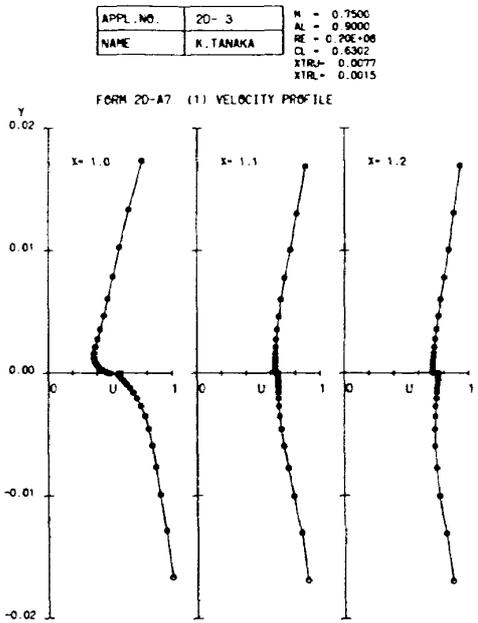
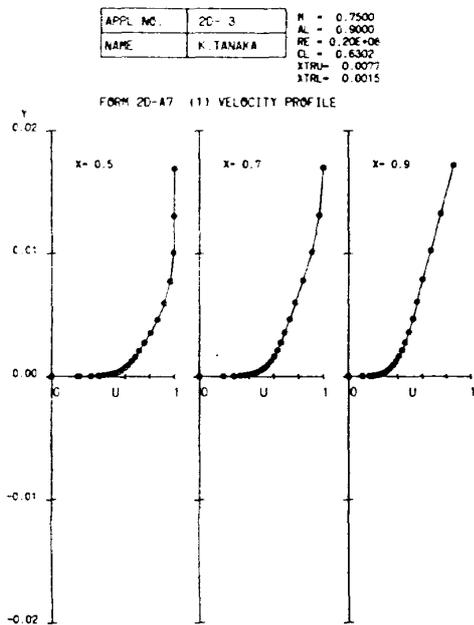
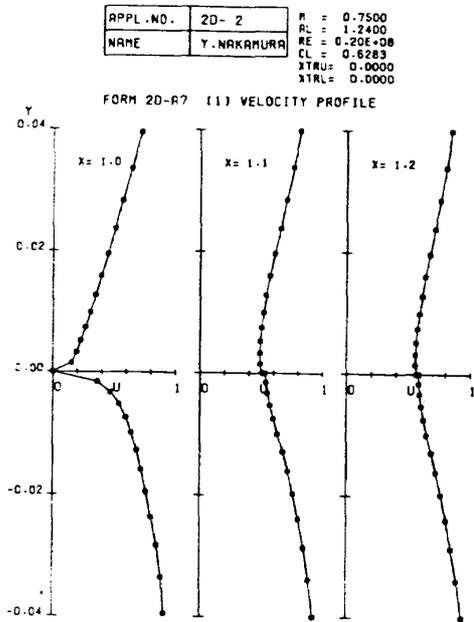
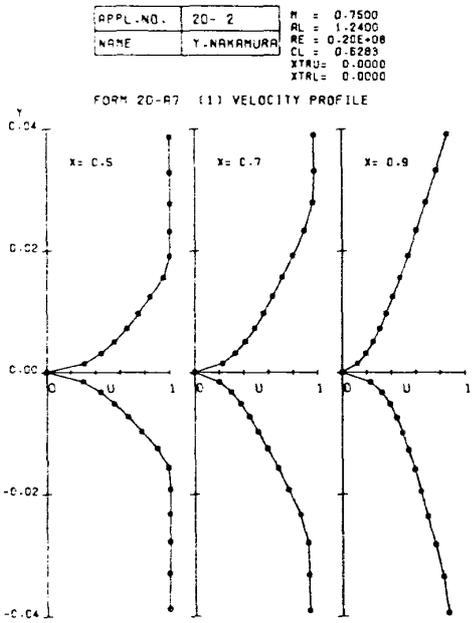
図A-2-6-1 課題 A-2, $Re = 20 \times 10^6$, 上面側境界層特性 ($C_f Re^{1/2}$, H , δ^*) vs x/C (FORM 2D-A6)



図A-2-6-2 課題 A-2, $Re = 20 \times 10^6$, 下面側境界層特性 ($C_f Re^{1/2}$, H , δ^*) vs x/C (FORM 2D-A6)



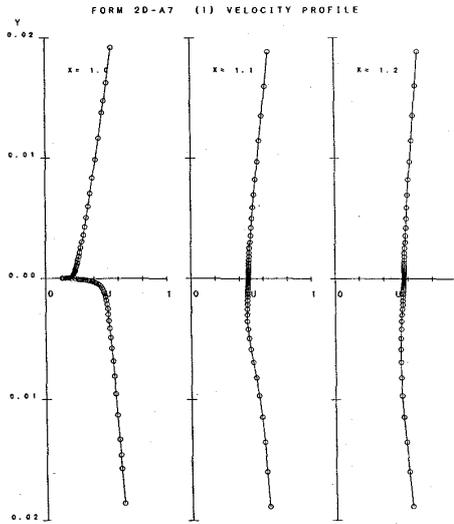
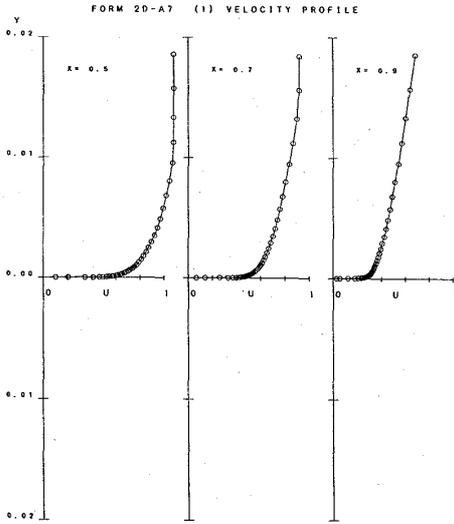
図A-2-7-1 課題 A-2, $Re = 20 \times 10^6$, 上面側境界層・後流内速度分布 u/U_∞ vs y/C (FORM 2D-A7)



図A-2-7-1(続) 課題 A-2, $Re = 20 \times 10^6$, 上面側境界層・後流内速度分布 u/U_∞ vs y/C (FORM 2D-A7)

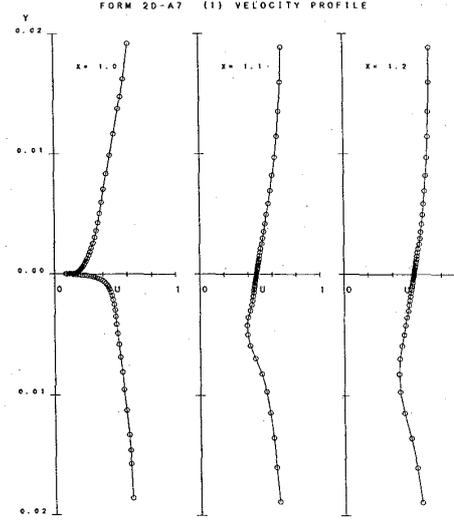
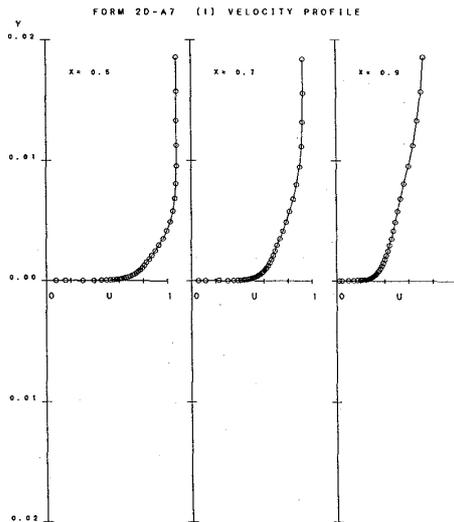
APPL. NO.	2D-4	M = 0.7500
		AL = 0.6900
NAME	e. shima	RE = 0.20E+08
		CL = 0.6300
		XTRU = 自由遷移
		XTRL = 自由遷移

APPL. NO.	2D-4	M = 0.7500
		AL = 0.6900
NAME	e. shima	RE = 0.20E+08
		CL = 0.6300
		XTRU = 自由遷移
		XTRL = 自由遷移



APPL. NO.	2D-5	M = 0.7500
		AL = 0.5810
NAME	e. shima	RE = 0.20E+08
		CL = 0.6300
		XTRU = 0.000
		XTRL = 0.000

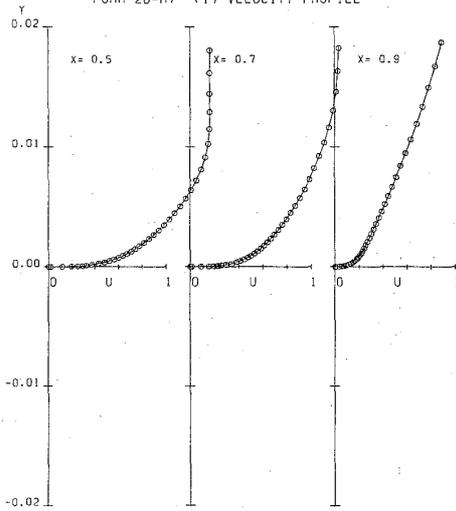
APPL. NO.	2D-5	M = 0.7500
		AL = 0.5810
NAME	e. shima	RE = 0.20E+08
		CL = 0.6300
		XTRU = 0.000
		XTRL = 0.000



図A-2-7-1(続) 課題 A-2, $Re = 20 \times 10^6$, 上面側境界層・後流内速度分布 u/U_∞ vs y/C (FORM 2D-A7)

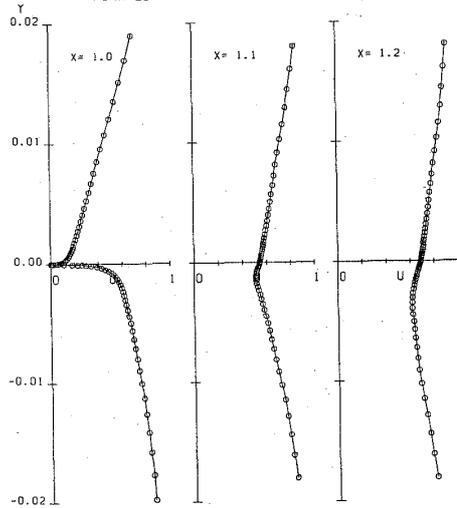
APPL. NO.	2D- 8	M = 0.7500
NAME	MATSUSH-JK	AL = 0.6000
		RE = 0.20E+08
		CL = 0.5851
		XTRU = 0.0015
		XTRL = 0.0075

FORM 2D-A7 (1) VELOCITY PROFILE



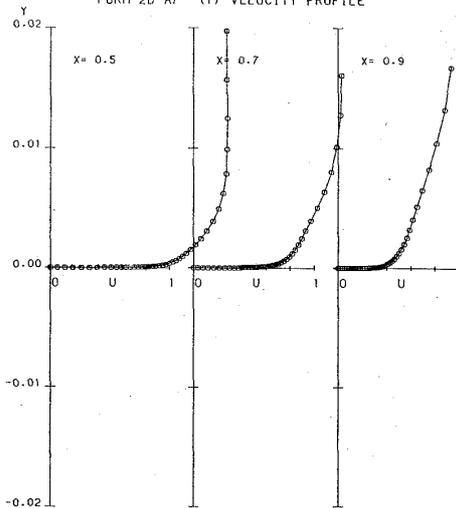
APPL. NO.	2D- 8	M = 0.7500
NAME	MATSUSH-JK	AL = 0.6000
		RE = 0.20E+08
		CL = 0.5851
		XTRU = 0.0015
		XTRL = 0.0075

FORM 2D-A7 (1) VELOCITY PROFILE



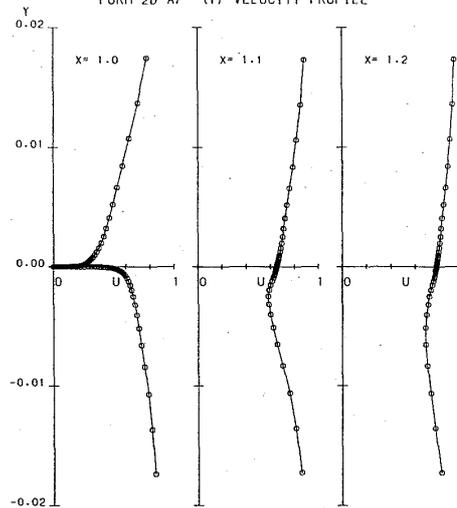
APPL. NO.	2D- 9	M = 0.7500
NAME	KAIDEN	AL = 0.4500
		RE = 0.20E+08
		CL = 0.6303

FORM 2D-A7 (1) VELOCITY PROFILE



APPL. NO.	2D- 9	M = 0.7500
NAME	KAIDEN	AL = 0.4500
		RE = 0.20E+08
		CL = 0.6303

FORM 2D-A7 (1) VELOCITY PROFILE

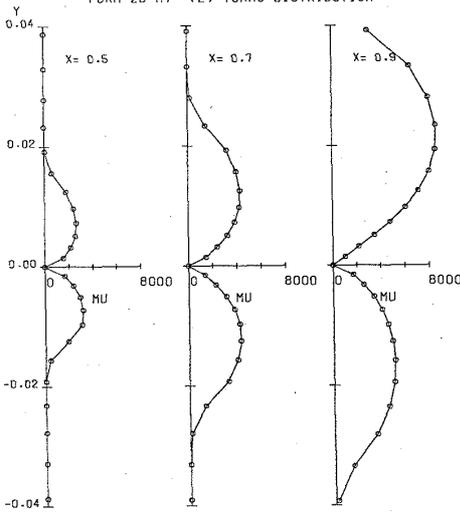


図A-2-7-2. 課題 A-2, $Re = 20 \times 10^6$, 上面側境界層・後流内渦粘性係数分布 μ_t vs y/C (FORM 2D-A7)

APPL. NO.	2D- 2
NAME	Y. NAKAMURA

M = 0.7500
AL = 1.2400
RE = 0.20E+08
CL = 0.6283
XTRU = 0.0000
XTRL = 0.0000

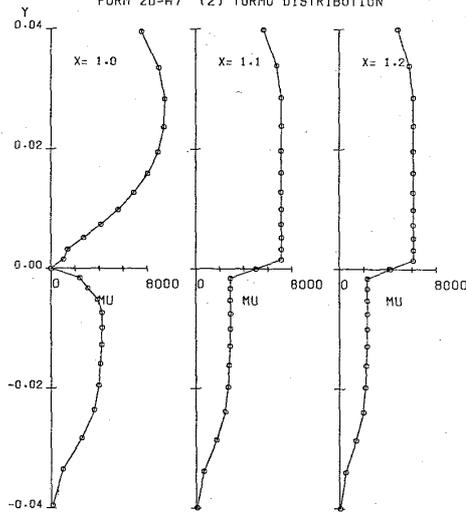
FORM 2D-A7 (2) TURMU DISTRIBUTION



APPL. NO.	2D- 2
NAME	Y. NAKAMURA

M = 0.7500
AL = 1.2400
RE = 0.20E+08
CL = 0.6283
XTRU = 0.0000
XTRL = 0.0000

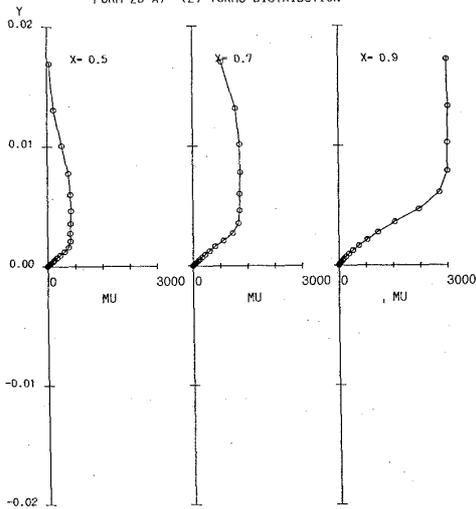
FORM 2D-A7 (2) TURMU DISTRIBUTION



APPL. NO.	2D- 3
NAME	K. TANAKA

M = 0.7500
AL = 0.9000
RE = 0.20E+08
CL = 0.6302
XTRU = 0.0077
XTRL = 0.0015

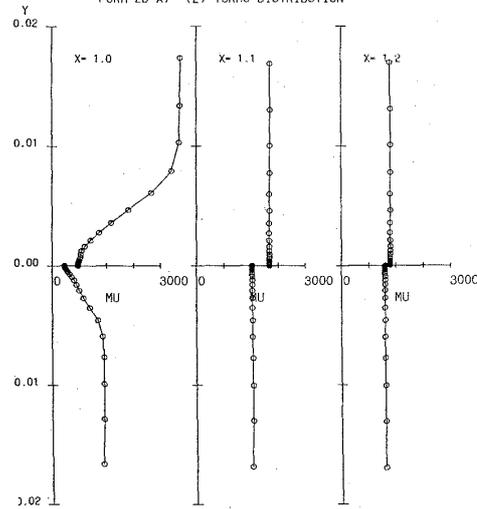
FORM 2D-A7 (2) TURMU DISTRIBUTION



APPL. NO.	2D- 3
NAME	K. TANAKA

M = 0.7500
AL = 0.9000
RE = 0.20E+08
CL = 0.6302
XTRU = 0.0077
XTRL = 0.0015

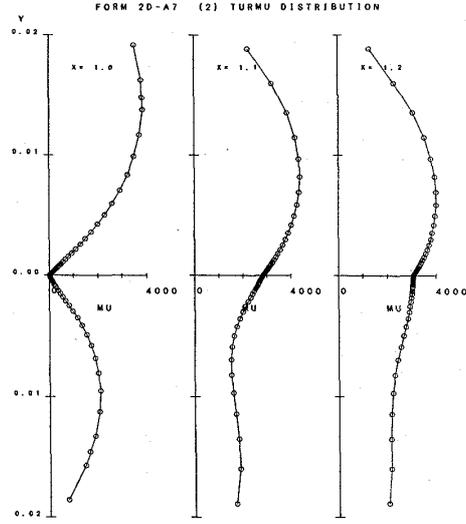
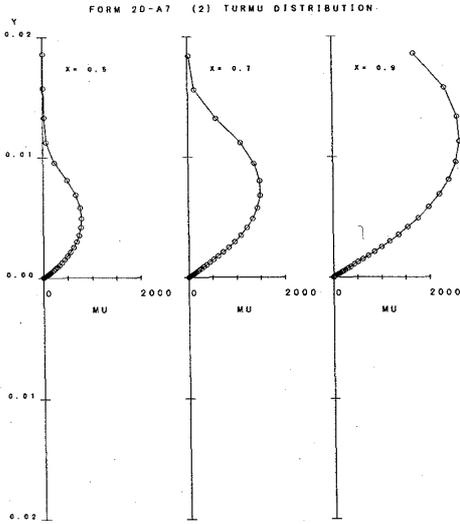
FORM 2D-A7 (2) TURMU DISTRIBUTION



図A-2-7-2(続) 課題 A-2, $Re = 20 \times 10^6$, 上面側境界層・後流内渦粘性係数分布 μ_t vs y/C (FORM 2D-A7)

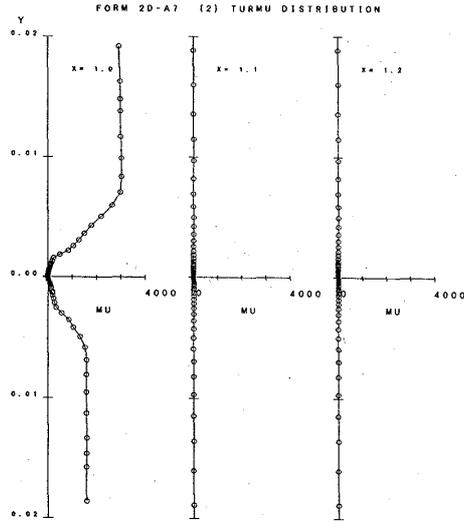
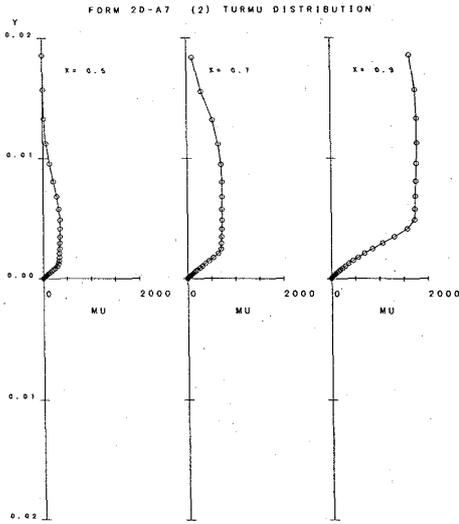
APPL. NO.	2D-4	M = 0.7500
NAME	e. shima	AL = 0.6500
		RE = 0.35E+08
		CL = 0.6280
		XTRU = 自由遷移
		XTRL = 自由遷移

APPL. NO.	2D-4	M = 0.7500
NAME	e. shima	AL = 0.6500
		RE = 0.35E+08
		CL = 0.6280
		XTRU = 自由遷移
		XTRL = 自由遷移

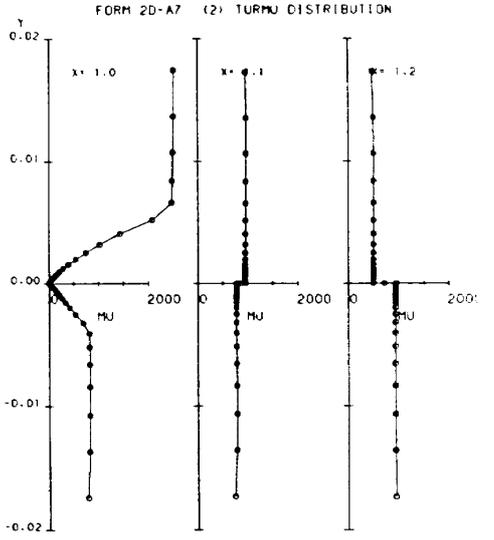
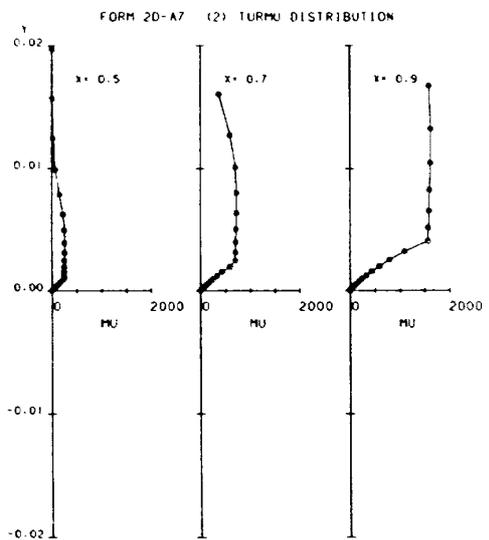
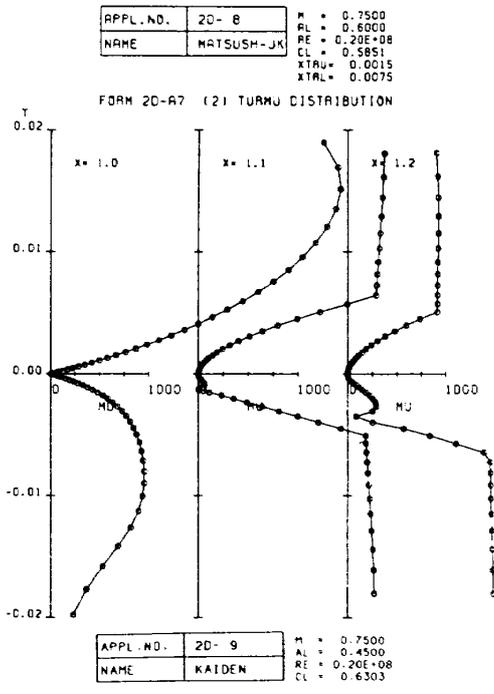
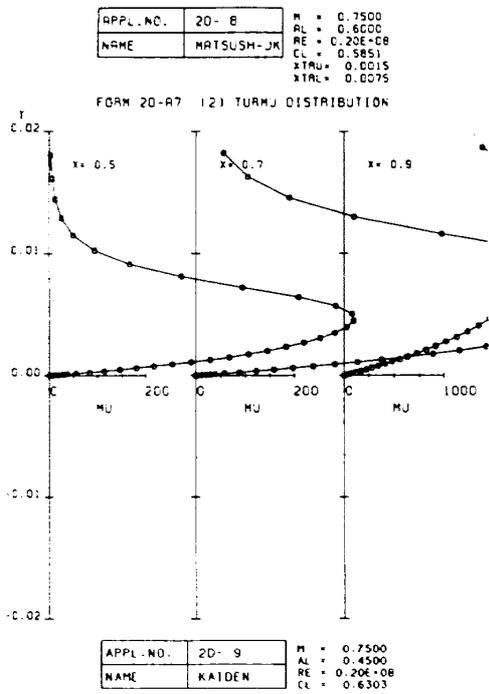


APPL. NO.	2D-5	M = 0.7500
NAME	e. shima	AL = 0.5870
		RE = 0.20E+08
		CL = 0.6300
		XTRU = 0.000
		XTRL = 0.000

APPL. NO.	2D-5	M = 0.7500
NAME	e. shima	AL = 0.5870
		RE = 0.20E+08
		CL = 0.6300
		XTRU = 0.000
		XTRL = 0.000

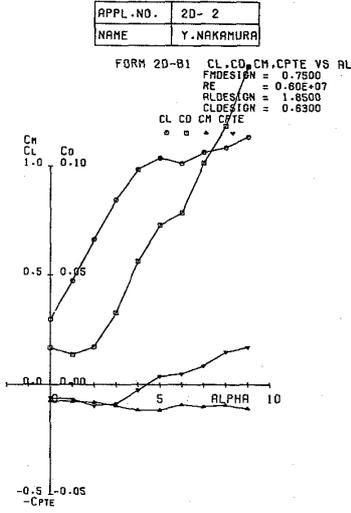


図A-2-7-2(続) 課題 A-2, $Re = 20 \times 10^6$, 上面側境界層・後流内渦粘性係数分布 μ_t vs y/C (FORM 2D-A7)

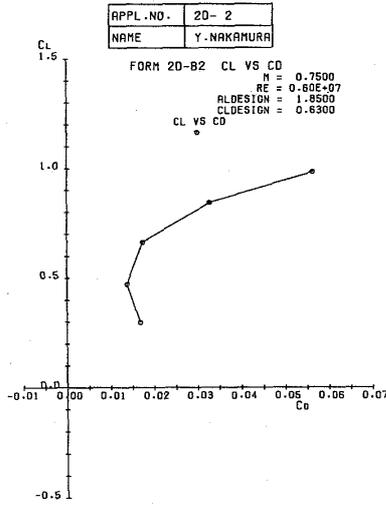


図B-1 課題 B-1, $Re = 6 \times 10^6$, 設計点近傍の空力特性 (α スイープ, M_∞ スイープ)

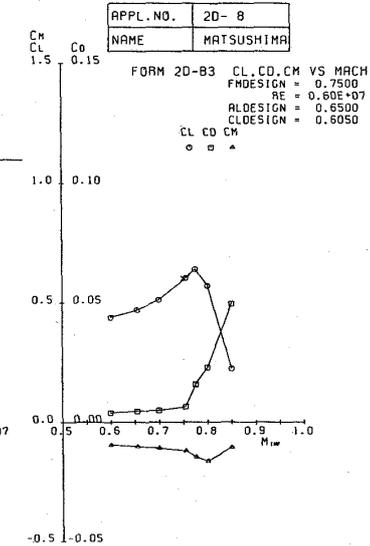
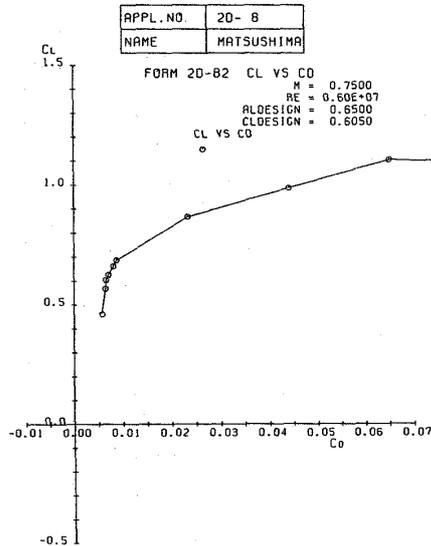
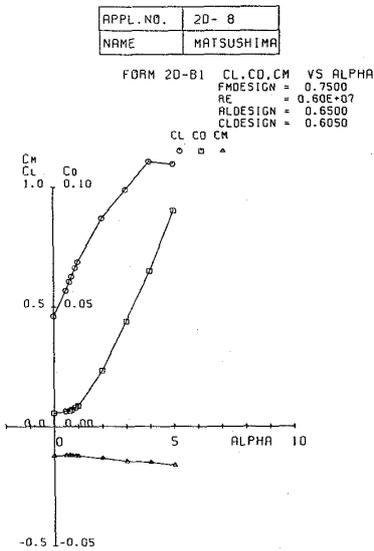
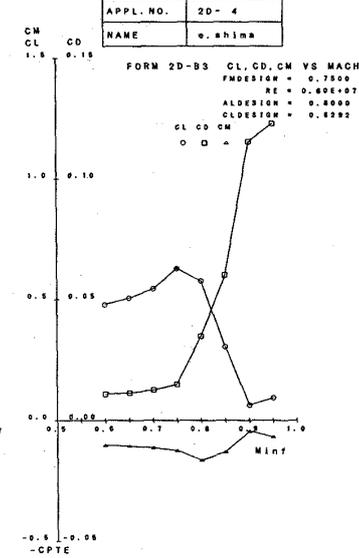
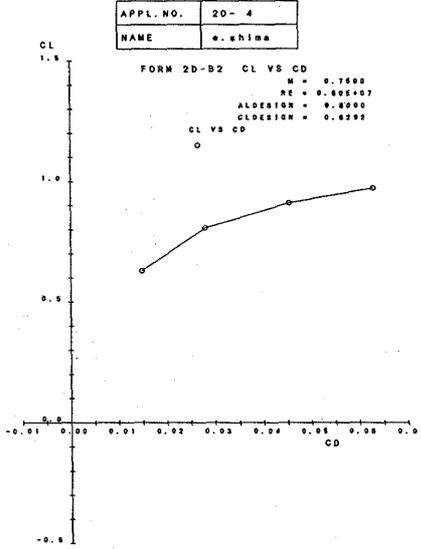
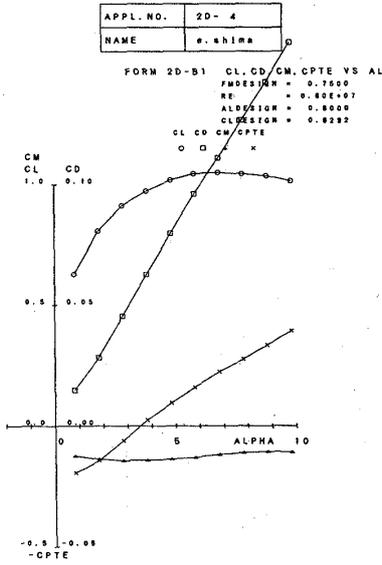
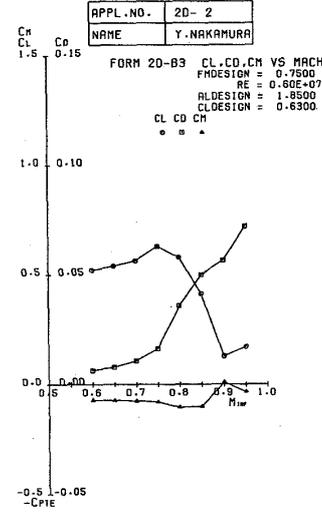
(1) C_l, C_d, C_m vs α ,



(2) C_l vs C_d ,



(3) C_l, C_d, C_m vs M_∞ (FORM 2D-B1, B2, B3)

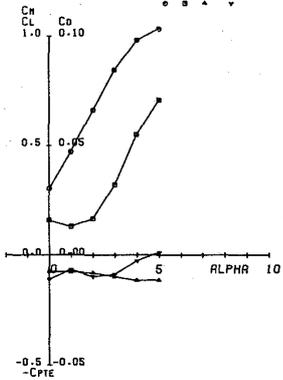


図B-2 課題 B-2, $Re = 20 \times 10^6$, 設計点近傍の空力特性 (α スイープ, M_∞ スイープ)

(1) C_l, C_d, C_m vs α ,

APPL. NO.	2D- 2
NAME	Y. NAKAMURA

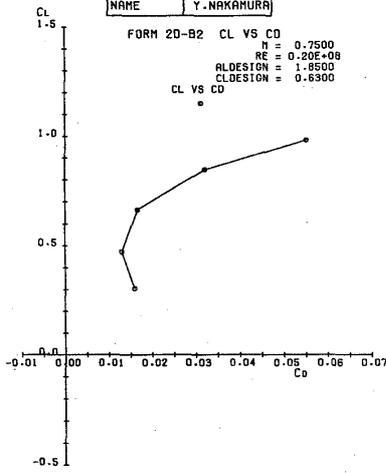
FORM 2D-B1 CL, CD, CM, CPTC VS AL
 FDESIGN = 0.7500
 RE = 0.20E+08
 ALDESIGN = 1.8500
 CLDESIGN = 0.6300



(2) C_l vs C_d ,

APPL. NO.	2D- 2
NAME	Y. NAKAMURA

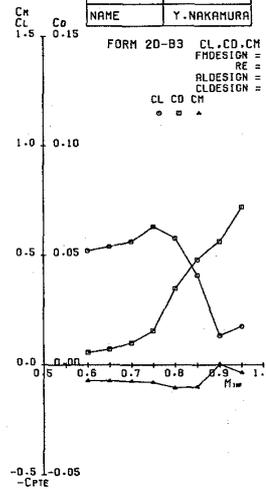
FORM 2D-B2 CL VS CD
 M = 0.7500
 RE = 0.20E+08
 ALDESIGN = 1.8500
 CLDESIGN = 0.6300



(3) C_l, C_d, C_m vs M_∞ (FORM 2D-B1, B2, B3)

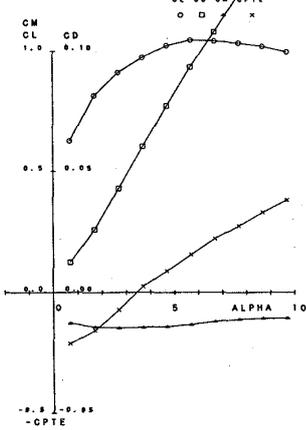
APPL. NO.	2D- 2
NAME	Y. NAKAMURA

FORM 2D-B3 CL, CD, CM VS MACH
 FDESIGN = 0.7500
 RE = 0.20E+08
 ALDESIGN = 1.8500
 CLDESIGN = 0.6300



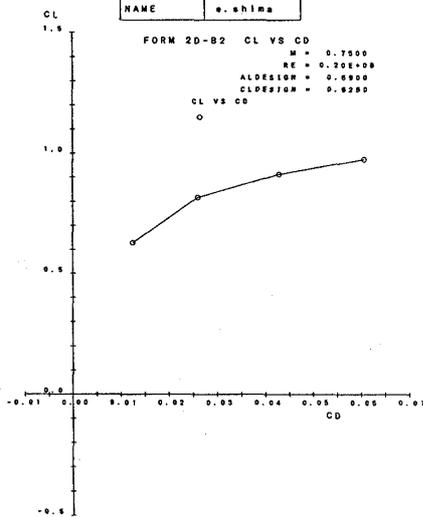
APPL. NO.	2D- 4
NAME	e. shima

FORM 2D-B1 CL, CD, CM, CPTC VS AL
 FDESIGN = 0.7500
 RE = 0.20E+08
 ALDESIGN = 0.8900
 CLDESIGN = 0.6280



APPL. NO.	2D- 4
NAME	e. shima

FORM 2D-B2 CL VS CD
 M = 0.7500
 RE = 0.20E+08
 ALDESIGN = 0.8900
 CLDESIGN = 0.6280



APPL. NO.	2D- 4
NAME	e. shima

FORM 2D-B3 CL, CD, CM VS MACH
 FDESIGN = 0.7500
 RE = 0.20E+08
 ALDESIGN = 0.8900
 CLDESIGN = 0.6280

