

Aplicação do método PLAC em aerodinâmica

Guilherme Bertoldo

3 de Novembro de 2012

Conteúdo

1	Introdução	1
2	Parâmetros numéricos	1
3	O Fator-E e o desvio da pressão	2
4	Conclusões	3

1 Introdução

As equações de transporte do código Mach2D dependem apenas de variações espaciais e temporais da pressão. Por este motivo, é possível substituir a pressão p por

$$\hat{p} = p - p_{\infty}, \quad (1)$$

onde p_{∞} é a pressão da corrente livre, sem alterar o resultado final. O intuito deste método, aqui chamado de PLAC, é reduzir o erro de arredondamento no cálculo numérico.

Para avaliar o uso do PLAC, criou-se a revisão Mach2D-5.8.2.1-SVN-r128 (Branch: PLAC) a partir do código original Mach2D-5.8.2.1-SVN-r108 (Branch: transient).

A documentação do algoritmo é dada em

Documentação do código Mach-2D.

Escoamento bidimensional externo sobre a parte frontal de um corpo de simetria plana ou axial.

Euler

Versão: 5.8.2.1

(Revisão do texto: 002; Branch: PLAC)

Os resultados são comparados com os do relatório

Bertoldo, G. *Estudos complementares sobre o efeito-dt em aerodinâmica*. 25 de Outubro de 2012

2 Parâmetros numéricos

Os parâmetros numéricos de entrada do código Mach2D-5.8.2.1-SVN-r128 (Branch: PLAC) são dados na Tab. 1. Na terceira coluna desta tabela são indicados os parâmetros comuns a todas as simulações.

Tabela 1: Parâmetros numéricos de entrada

Simulation identification (up to 100 characters)	sim_id	
Number of real volumes in the csi direction	nx2	30
Number of real volumes in the eta direction	ny2	30
length of the elliptical x semi-axis (m)	la	2.8356409098089E+00
length of the elliptical y semi-axis (m)	lb	2.0000000000000E+00
length of the body (m)	lr	2.8356409098089E+00
base radius/semi-height of the body (m)	rb	5.0000000000000E-01
Kind of grid (1=uniform, 2=geometric progression, 3=power law)	kg	1
Kind of centroid mean (1=simple mean, 2=weighted mean)	kcm	1
Kind of coord. system (1=cylindrical, 0 = cartesian)	coord	
width of the volume closer to the wall (m)	a1	1.0000000000000E-03
Exponent of the power law for the north boundary	akn	2.0000000000000E+00
Exponent of the power law for the south boundary	aks	1.0000000000000E+00
Maximum number of iterations for time cycle	itmax	500000
"Maximum number of iterations for the correction cycle"	itimax	1
Maximum number of iterations for mass cycle	imax	1
Number of iterations up to which dt = dt1	it1	
Number of iterations from which dt = dt2	it2	
Initial time step (s)	dt1	
Final time step (s)	dt2	
Maximum number of iterations for solving the linear systems for u, v and T	nitm_u	5
Maximum number of iterations for solving the linear system for p	nitm_p	5
Number of iterations to calculate the mean of the residuals	nit_res	1
Tolerance in the MSI for solving the linear systems for u, v and T	tol_u	1.0000000000000E-02
Tolerance in the MSI for solving the linear system for p	tol_p	1.0000000000000E-02
Tolerance for the sum of residuals	tol_res	1.0000000000000E-20
Frequency of printing in the listing file	wlf	1
1 = do not open result files, 0 = open	sem_a	1
0 = visualize the plot, 1 = do not visualize	sem_g	1
Frequency of writing data for graphics	w_g	1
1 = write the fields, 0 = do not	w_cam	0
Number of iterations up to which beta = beta1	itb1	300
Number of iterations from which beta = beta2	itb2	1000
Initial beta (UDS/CDS mixing constant (0=UDS, 1=CDS))	beta1	0.0000000000000E+00
Final beta (UDS/CDS mixing constant (0=UDS, 1=CDS))	beta2	0.0000000000000E+00
GF = gamma = Cp / Cv (for the free stream)	GF	1.4000000000000E+00
Perfect gas constant (J/kg.K)	Rg	2.8700000000000E+02
Free stream pressure (Pa)	PF	1.0000000000000E+05
Free stream temperature (K)	TF	3.0000000000000E+02
Free stream Mach number	MF	4.0000000000000E+00

3 O Fator-E e o desvio da pressão

No relatório

Bertoldo, G. *Estudos complementares sobre o efeito-dt em aerodinâmica*. 25 de Outubro de 2012,

estudou-se o comportamento dos valores máximo e mínimo do fator-E, bem como o valor máximo de p' ao se variar Δt . Os resultados, obtidos com os mesmos parâmetros da Tab. 1, são mostrados na Tab. 2.

Tabela 2: Resultados principais do conjunto de simulações S0106.

Sim.	tepu	dt	Cdf	res	ε	$u, v e T$		p'		$\max(p')$	
						min (E)	max (E)	min (E)	max (E)	reais	fict.
S04	607.766	5.0E-02	7.860652506878710E-02	4.42E-13	-4.77E-15	4.10E+02	4.50E+04	9.60E+04	1.89E+08	1.0911E-11	1.0911E-11
S05	629.971	1.0E-02	7.860652506878750E-02	1.80E-13	0.00E+00	8.20E+01	8.99E+03	3.92E+03	7.58E+06	1.0857E-11	1.0378E-11
S06	638.724	5.0E-03	7.860652506878750E-02	1.27E-13	0.00E+00	4.10E+01	4.50E+03	1.00E+03	1.89E+06	2.4170E-11	2.3649E-11
S07	646.772	1.0E-03	7.860652506878750E-02	2.44E-14	0.00E+00	8.20E+00	8.99E+02	4.68E+01	7.59E+04	5.3207E-11	4.8263E-11
S08	645.784	5.0E-04	7.860652506878750E-02	5.48E-15	0.00E+00	4.10E+00	4.50E+02	1.37E+01	1.90E+04	4.4559E-11	3.9060E-11
S09	636.196	1.0E-04	7.860652506878740E-02	1.48E-15	0.00E+00	8.20E-01	8.99E+01	1.21E+00	7.68E+02	6.2918E-11	4.9304E-11
S10	619.023	5.0E-05	7.860652506878750E-02	1.34E-15	0.00E+00	4.10E-01	4.50E+01	5.07E-01	2.07E+02	5.1611E-11	4.4750E-11
S11	609.626	1.0E-05	7.860652506878720E-02	1.59E-16	0.00E+00	8.20E-02	8.99E+00	8.59E-02	1.53E+01	4.0650E-11	3.4282E-11
S12	588.209	5.0E-06	7.860652506878550E-02	1.16E-15	-2.47E-14	4.10E-02	4.50E+00	4.20E-02	6.00E+00	3.8236E-11	3.8236E-11
S13	584.981	1.0E-06	7.860652506876450E-02	7.16E-17	-2.93E-13	8.20E-03	8.99E-01	8.24E-03	9.40E-01	1.4552E-11	1.4419E-11
S14	579.896	5.0E-07	7.860652506873920E-02	6.54E-17	-6.14E-13	4.10E-03	4.50E-01	4.11E-03	4.58E-01	1.4509E-11	1.4458E-11
S15	549.314	1.0E-07	7.860652506851340E-02	5.79E-17	-3.49E-12	8.20E-04	8.99E-02	8.21E-04	9.02E-02	1.4552E-11	1.4552E-11

O teste foi repetido utilizando o método PLAC. O resultado do conjunto de simulações S0107 é apresentado na Tab. 3

Tabela 3: Resultados principais do conjunto de simulações S0107.

Sim.	tepu	dt	Cdf	res	ε	$u, v e T$		p'		$\max(p')$	
						min (E)	max (E)	min (E)	max (E)	reais	fict.
S04	676.098	5.0E-02	7.860652506878750E-02	3.17E-13	0.00E+00	4.10E+02	4.50E+04	9.60E+04	1.89E+08	3.4382E-12	3.1565E-12
S05	698.096	1.0E-02	7.860652506878750E-02	4.13E-13	0.00E+00	8.20E+01	8.99E+03	3.92E+03	7.58E+06	1.4265E-11	1.4486E-11
S06	711.744	5.0E-03	7.860652506878750E-02	1.23E-13	0.00E+00	4.10E+01	4.50E+03	1.00E+03	1.89E+06	2.1677E-11	2.1760E-11
S07	721.065	1.0E-03	7.860652506878750E-02	1.71E-14	0.00E+00	8.20E+00	8.99E+02	4.68E+01	7.59E+04	4.5113E-11	4.5313E-11
S08	717.861	5.0E-04	7.860652506878750E-02	7.00E-15	0.00E+00	4.10E+00	4.50E+02	1.37E+01	1.90E+04	4.9506E-11	3.5892E-11
S09	697.9	1.0E-04	7.860652506878740E-02	1.46E-15	0.00E+00	8.20E-01	8.99E+01	1.21E+00	7.68E+02	6.0907E-11	4.9463E-11
S10	684.615	5.0E-05	7.860652506878750E-02	1.25E-15	0.00E+00	4.10E-01	4.50E+01	5.07E-01	2.07E+02	5.1717E-11	5.0961E-11
S11	666.986	1.0E-05	7.860652506878730E-02	2.02E-16	0.00E+00	8.20E-02	8.99E+00	8.59E-02	1.53E+01	4.5085E-11	3.4798E-11
S12	652.929	5.0E-06	7.860652506878770E-02	4.37E-15	0.00E+00	4.10E-02	4.50E+00	4.20E-02	6.00E+00	3.5946E-11	2.8845E-11
S13	651.081	1.0E-06	7.860652506878720E-02	1.26E-16	0.00E+00	8.20E-03	8.99E-01	8.24E-03	9.40E-01	1.9507E-11	2.9507E-11
S14	644.76	5.0E-07	7.860652506878820E-02	7.61E-17	9.89E-15	4.10E-03	4.50E-01	4.11E-03	4.58E-01	2.1429E-11	2.1429E-11
S15	608.806	1.0E-07	7.860652506878340E-02	5.29E-17	-5.14E-14	8.20E-04	8.99E-02	8.21E-04	9.02E-02	2.2101E-11	1.7917E-11

4 Conclusões

Comparando as Tabs. 2 e 3, observa-se que o uso do método PLAC contribuiu para reduzir o erro de arredondamento em Cdf. Entretanto, a ordem de grandeza de p' continua 10^{-11} . Isto ocorre porque existe uma grande variação da pressão no domínio de cálculo, de modo que a ordem de grandeza de \hat{p} é aproximadamente a mesma de p_∞ , isto é,

$$\hat{p} = p - p_\infty \sim p_\infty. \quad (2)$$

(Como um exemplo, considere $p = 5 \times 10^5$ Pa e $p_\infty = 1 \times 10^5$ Pa, então $\hat{p} = 4 \times 10^5$ Pa.)

Uma maneira de contornar este tipo de problema seria a parametrização das equações. Se por um lado esta parametrização ajuda a eliminar erros de arredondamento, por outro, torna o código dependente do tipo de escoamento.