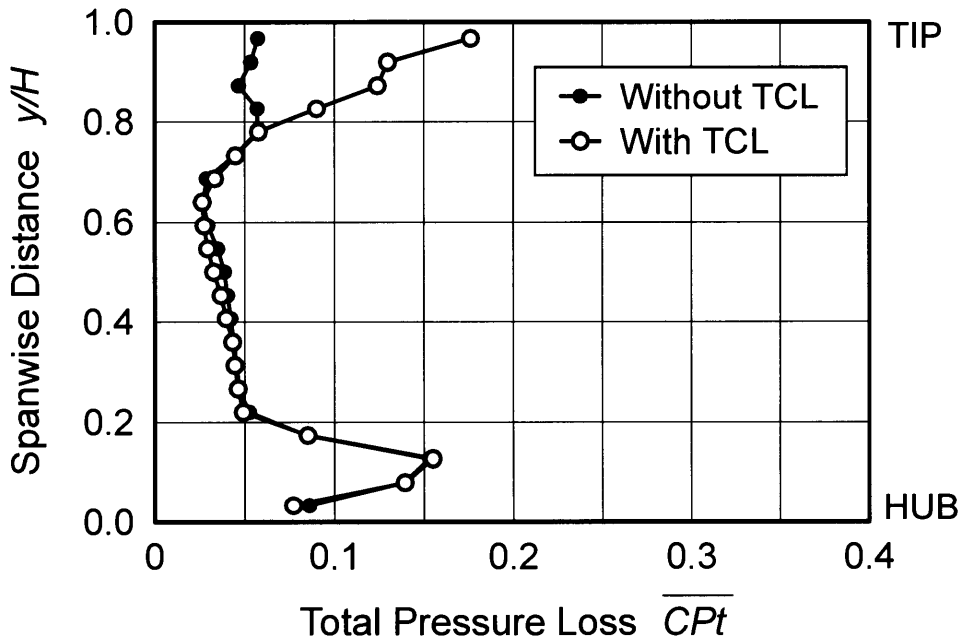
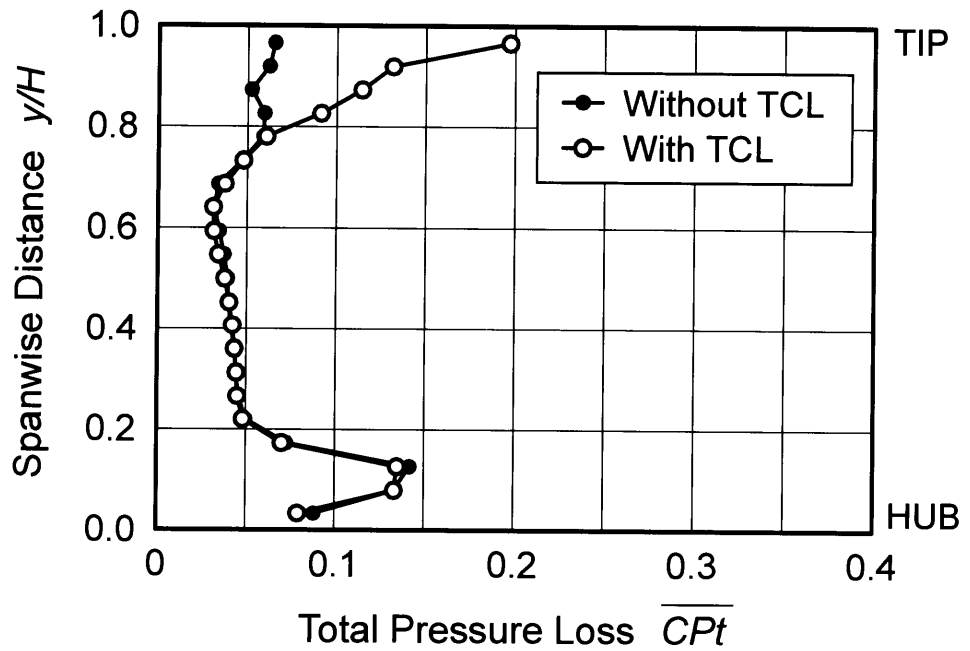


(a)  $Tu_{in} = 0.5\%$



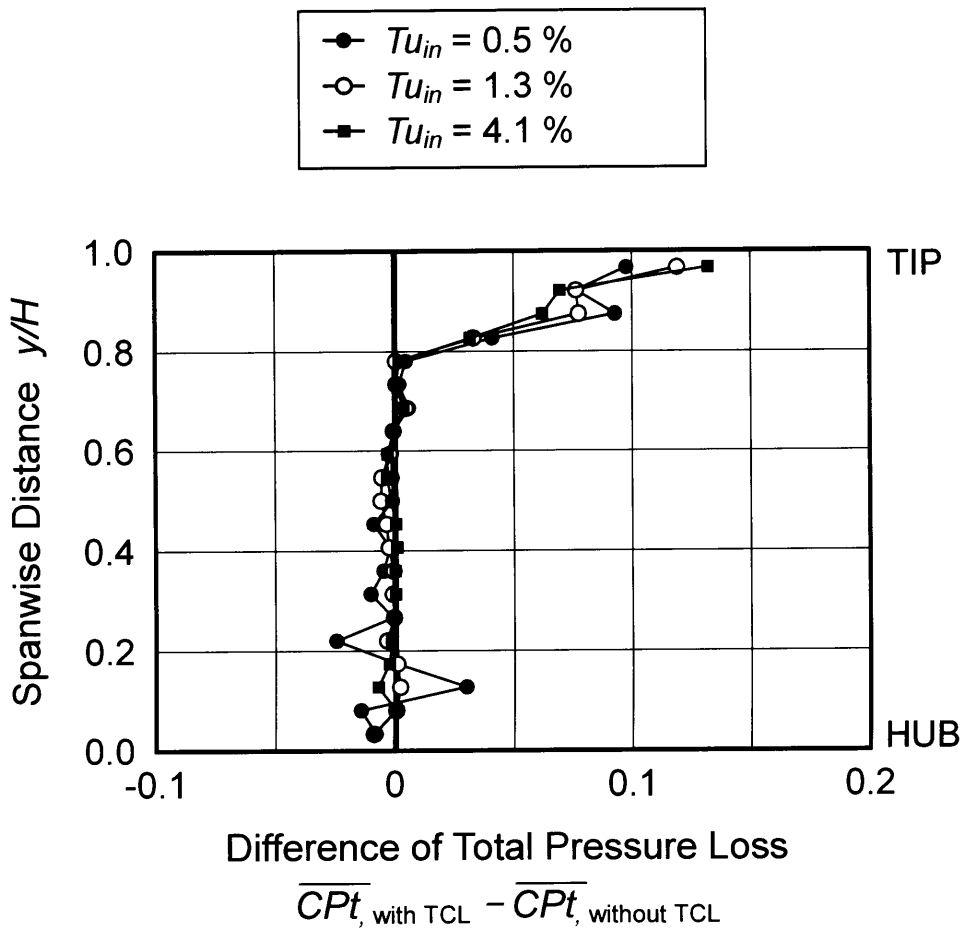
(b)  $Tu_{in} = 1.3\%$

図 5.31 各主流乱れ度での全圧損失の半径方向分布に与えるチップクリアランスの影響 (その1) (レイノルズ数  $Re_{out,NZ} = 13.3 \times 10^4$ )



(c)  $Tu_{in} = 4.1\%$

図 5.31 各主流乱れ度での全圧損失の半径方向分布に与えるチップクリアランスの影響 (その2) (レイノルズ数  $Re_{out,NZ} = 13.3 \times 10^4$ )



(d) Effect of Tip Clearance

図 5.31 各主流乱れ度での全圧損失の半径方向分布に与えるチップクリアランスの影響 (その3)  
 (レイノルズ数  $Re_{out,NZ} = 13.3 \times 10^4$ )  
 チップクリアランスがある場合とチップクリアランスがない場合の全圧損失の差

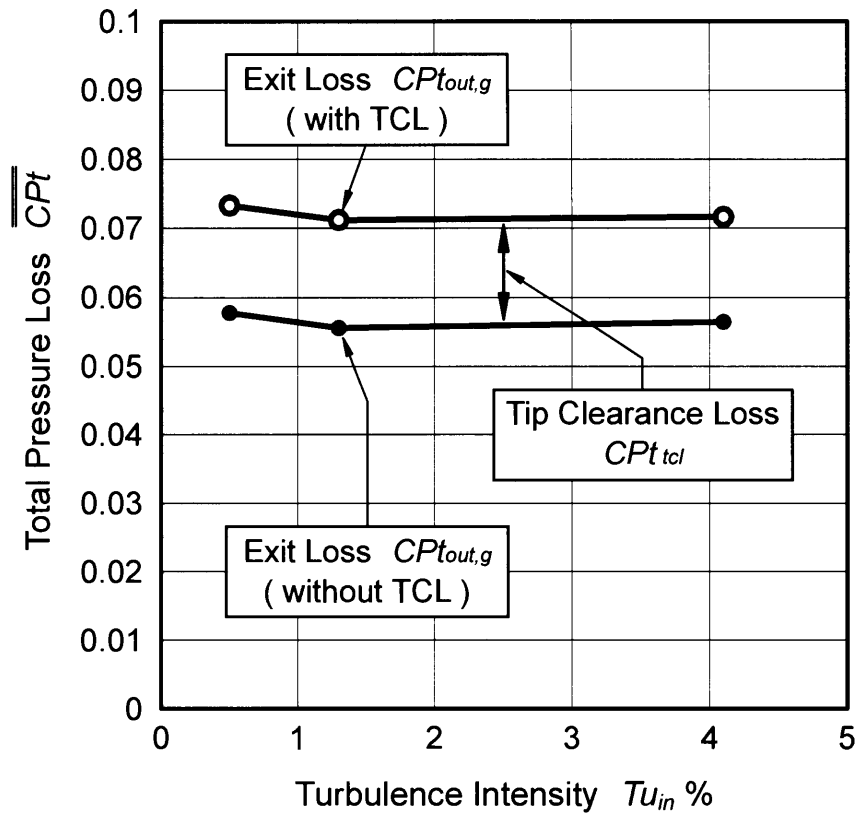


図 5.32 チップクリアランスが静翼出口損失に与える影響  
(レイノルズ数  $Re_{out,NZ} = 13.3 \times 10^4$ )

表 5.10 各主流乱れ度における損失値へのチップクリアランスの影響 (レイノルズ数  $Re_{out,NZ} = 13.3 \times 10^4$ )

Turbulence Intensity $Tu_{in}$	Exit Loss $Cp_{t_{out,g}}$	Exit Loss $Cp_{t_{out,g}}$	Tip Clearance Loss $Cp_{t_{tcl}}$
	with TCL	without TCL	Difference
0.5 %	0.0733	0.0577	0.0156
1.3 %	0.0712	0.0555	0.0157
4.1 %	0.0716	0.0564	0.0152

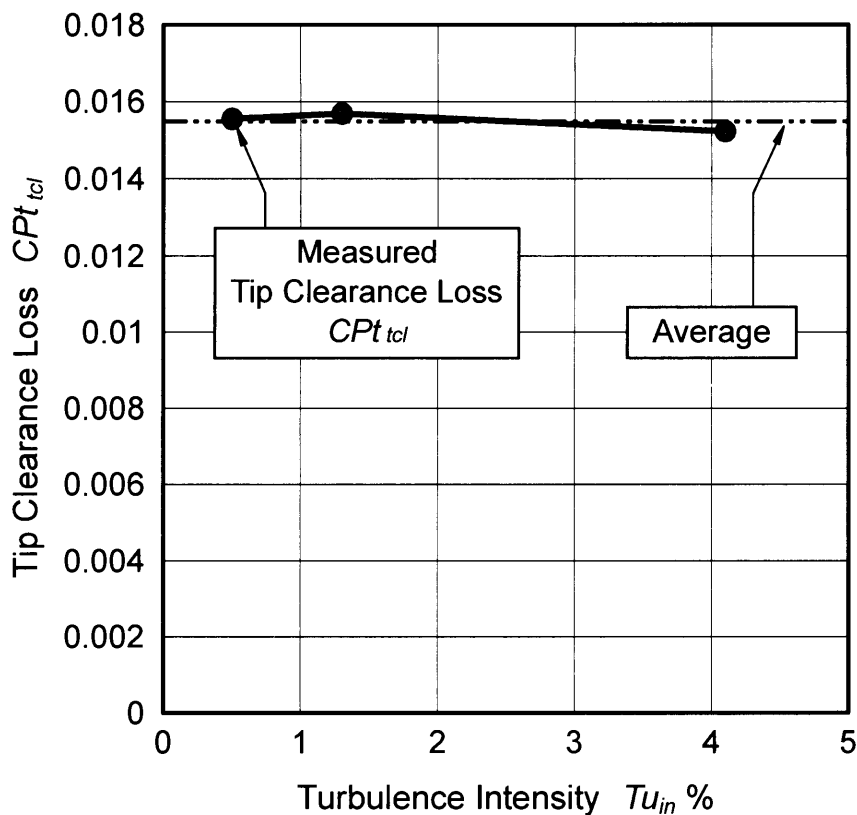


図 5.33 各主流乱れ度におけるチップクリアランス損失  
(レイノルズ数  $Re_{out,NZ} = 13.3 \times 10^4$ )

表 5.11 各主流乱れ度におけるチップクリアランス損失と  
その平均および偏差 (レイノルズ数  $Re_{out,NZ} = 13.3 \times 10^4$ )

Turbulence Intensity $Tu_{in}$ %	Measured Tip Clearance Loss $Cpt_{tcl}$	Average $\overline{Cpt_{tcl}}^{Tu}$	Deviation $Cpt_{tcl} - \overline{Cpt_{tcl}}^{Tu}$	Deviation % $\frac{Cpt_{tcl} - \overline{Cpt_{tcl}}^{Tu}}{\overline{Cpt_{tcl}}^{Tu}}$
0.5 %	0.0156	0.0155	+0.0001	+0.6%
1.3 %	0.0157		+0.0002	+1.3%
4.1 %	0.0152		-0.0003	-1.9%

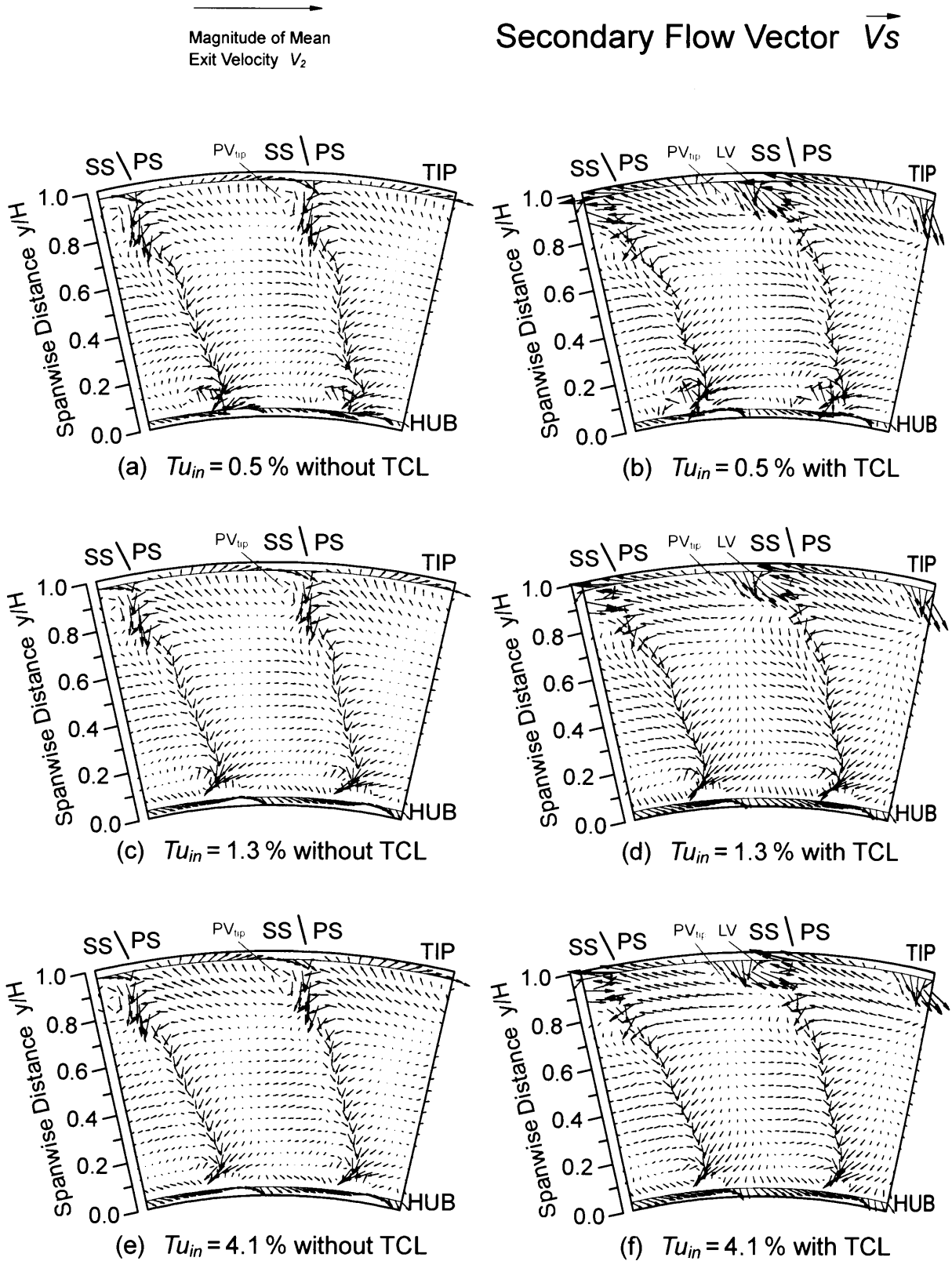
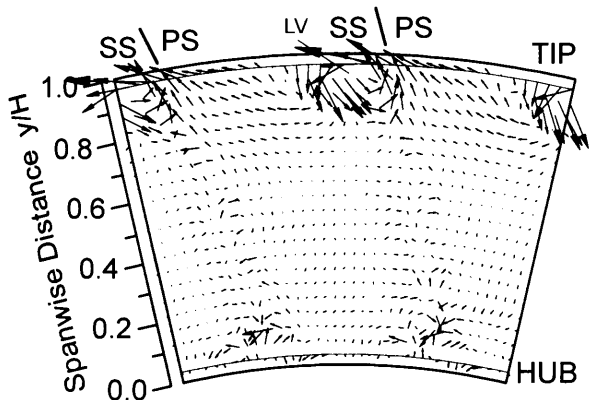


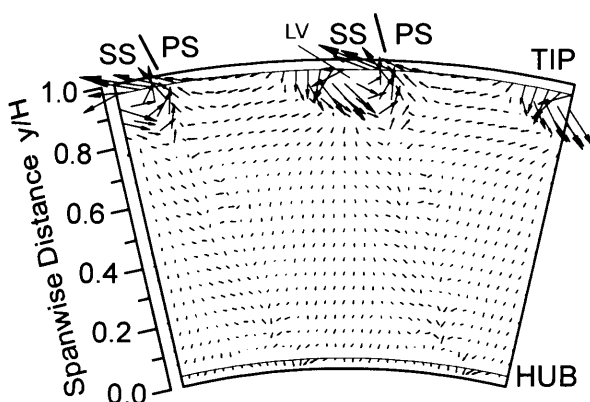
図 5.34 各主流乱れ度における静翼出口での二次流れベクトル分布に与えるチップクリアランスの影響 ( $Z_{NZ}/C_{az,NZ} = 1.156$ ,  $Re_{out,NZ} = 13.3 \times 10^4$ )

Magnitude of Mean  
Exit Velocity  $V_2$

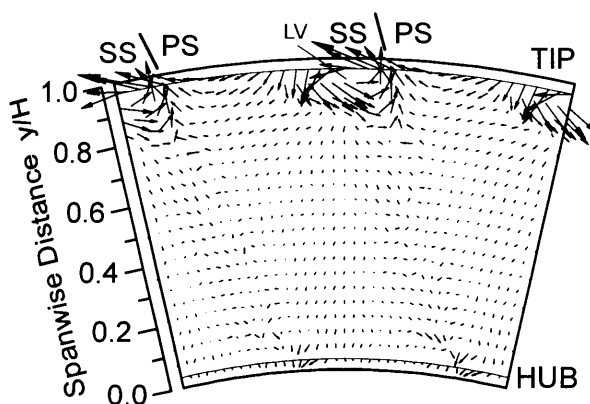
Difference of Secondary Flow  
Vector  $\vec{V}_{s, \text{with } TCL} - \vec{V}_{s, \text{without } TCL}$



(a)  $Tu_{in} = 0.5\%$



(b)  $Tu_{in} = 1.3\%$



(c)  $Tu_{in} = 4.1\%$

図 5.35 各主流乱れ度におけるチップクリアランスがある場合とない場合の二次流れベクトル分布の差 ( $Z_{NZ}/C_{az,NZ} = 1.156$ ,  $Re_{out,NZ} = 13.3 \times 10^4$ )

### Flow Visualization (Trace of Secondary Flow)

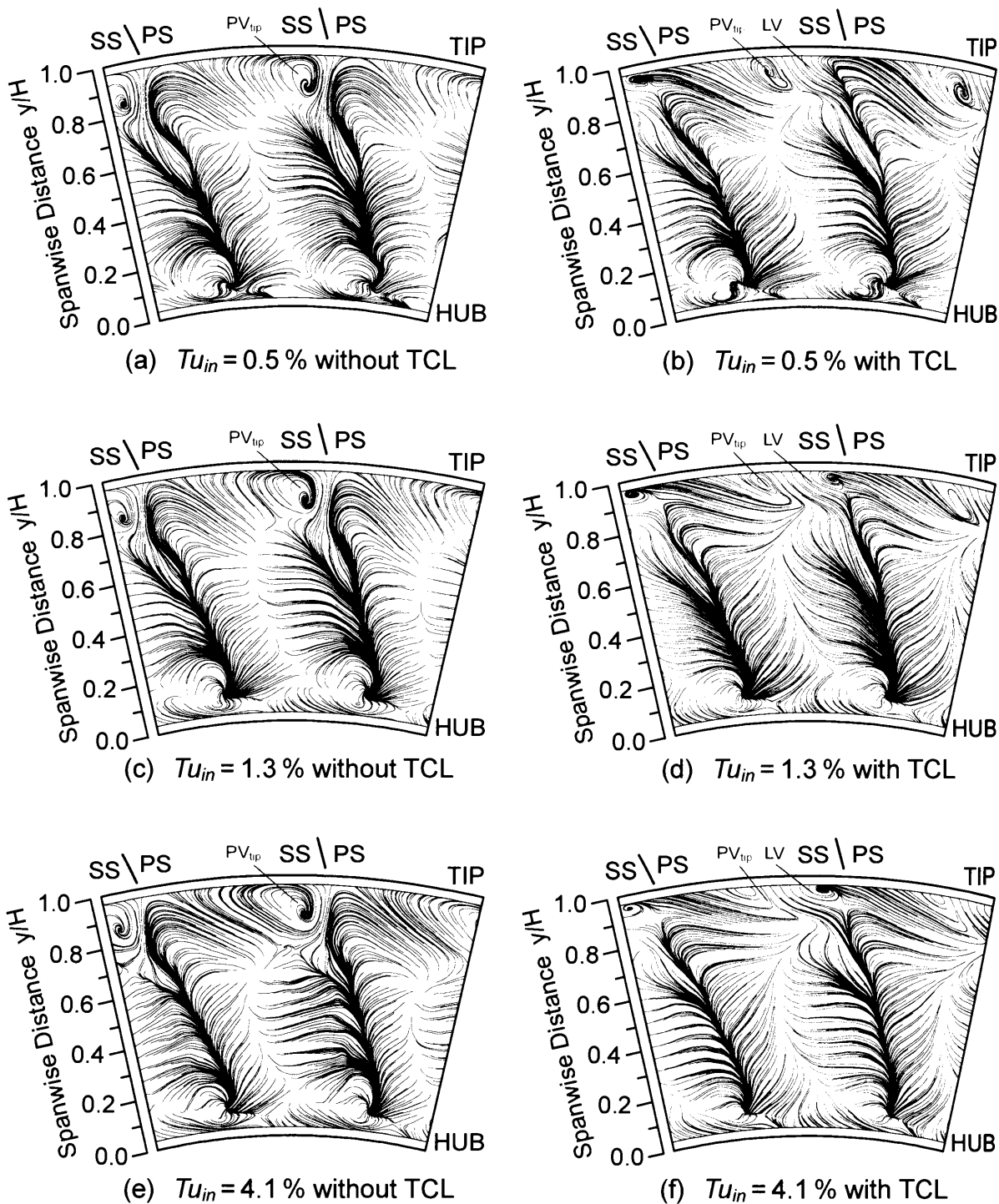


図 5.36 各主流乱れ度における静翼出口での二次流れの可視化トレースに与えるチップクリアランスの影響 ( $Z_{NZ}/C_{a,NZ} = 1.156$ ,  $Re_{out,NZ} = 13.3 \times 10^4$ )



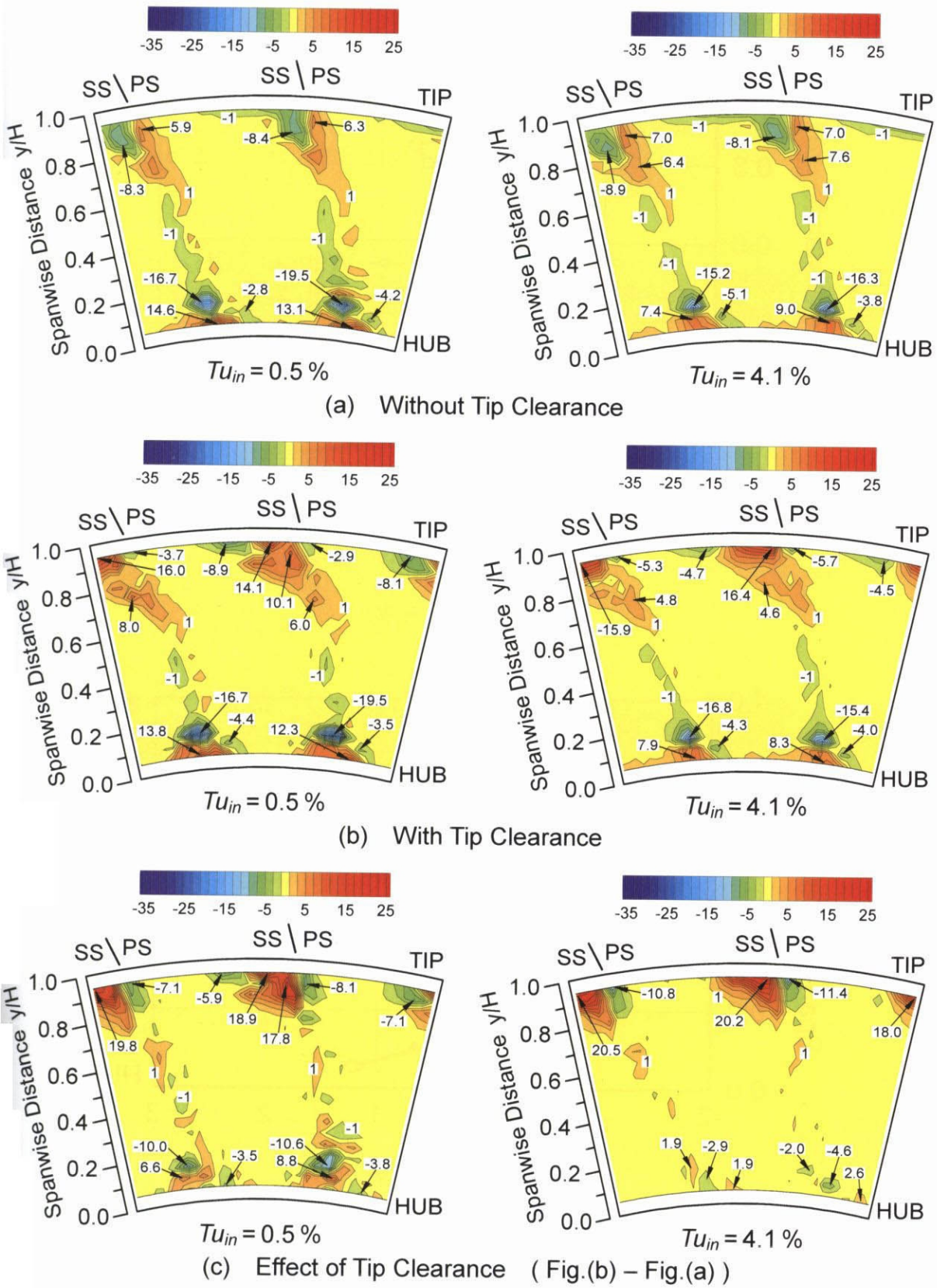
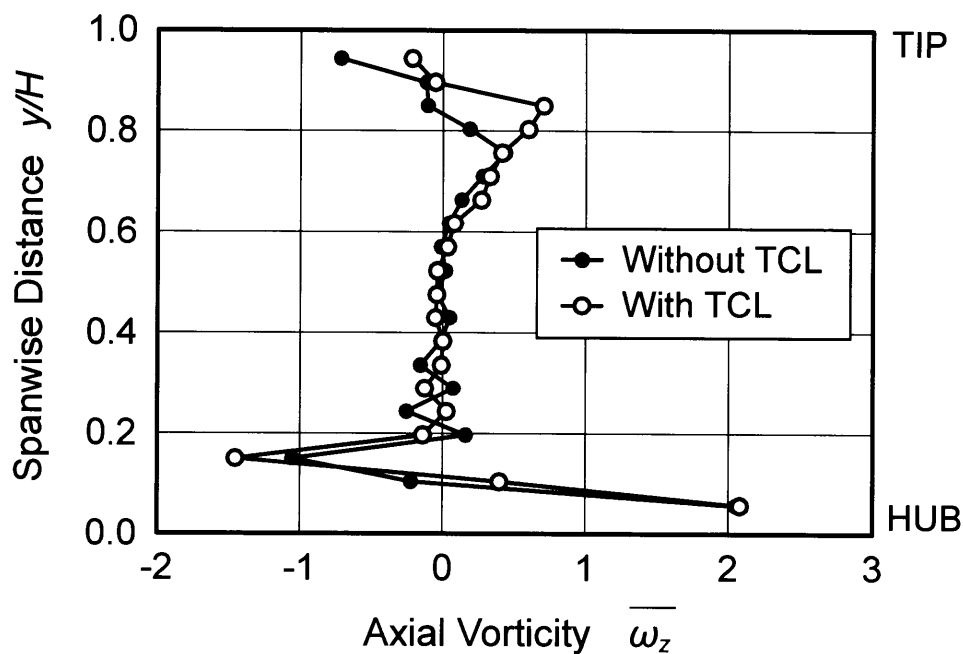
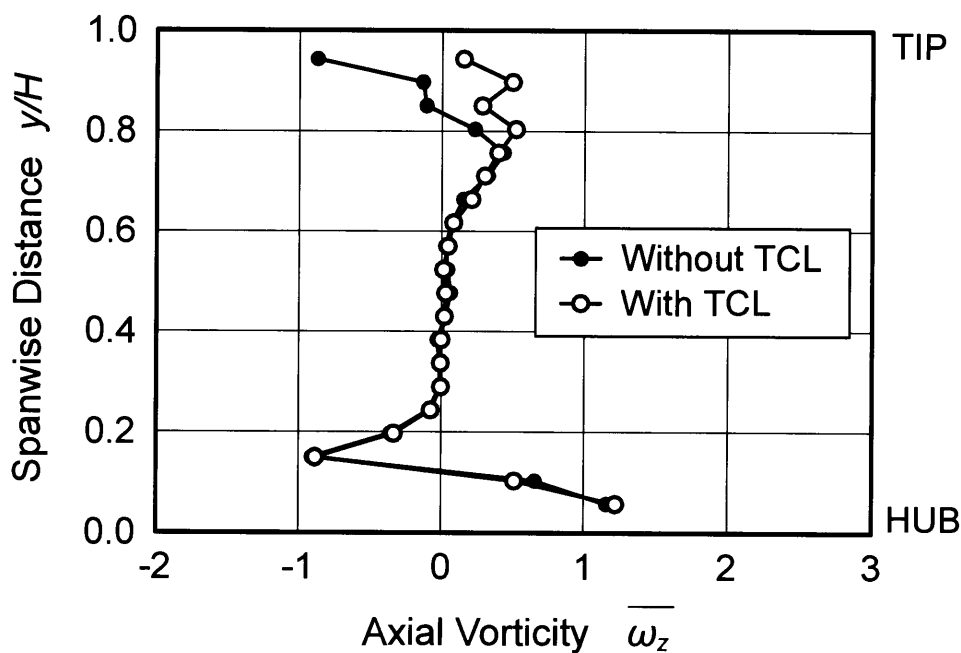


図 5.37 静翼出口の渦度分布に与えるチップクリアランスの影響  
 (主流乱れ度の影響) ( $Z_{NZ}/C_{ax,NZ} = 1.156$ ,  $Re_{out,NZ} = 13.3 \times 10^4$ )



(a)  $Tu_{in} = 0.5\%$



(b)  $Tu_{in} = 4.1\%$

図 5.38 各主流乱れ度での渦度の半径方向分布に与えるチップクリアランスの影響 (レイノルズ数  $Re_{out,NZ} = 13.3 \times 10^4$ )

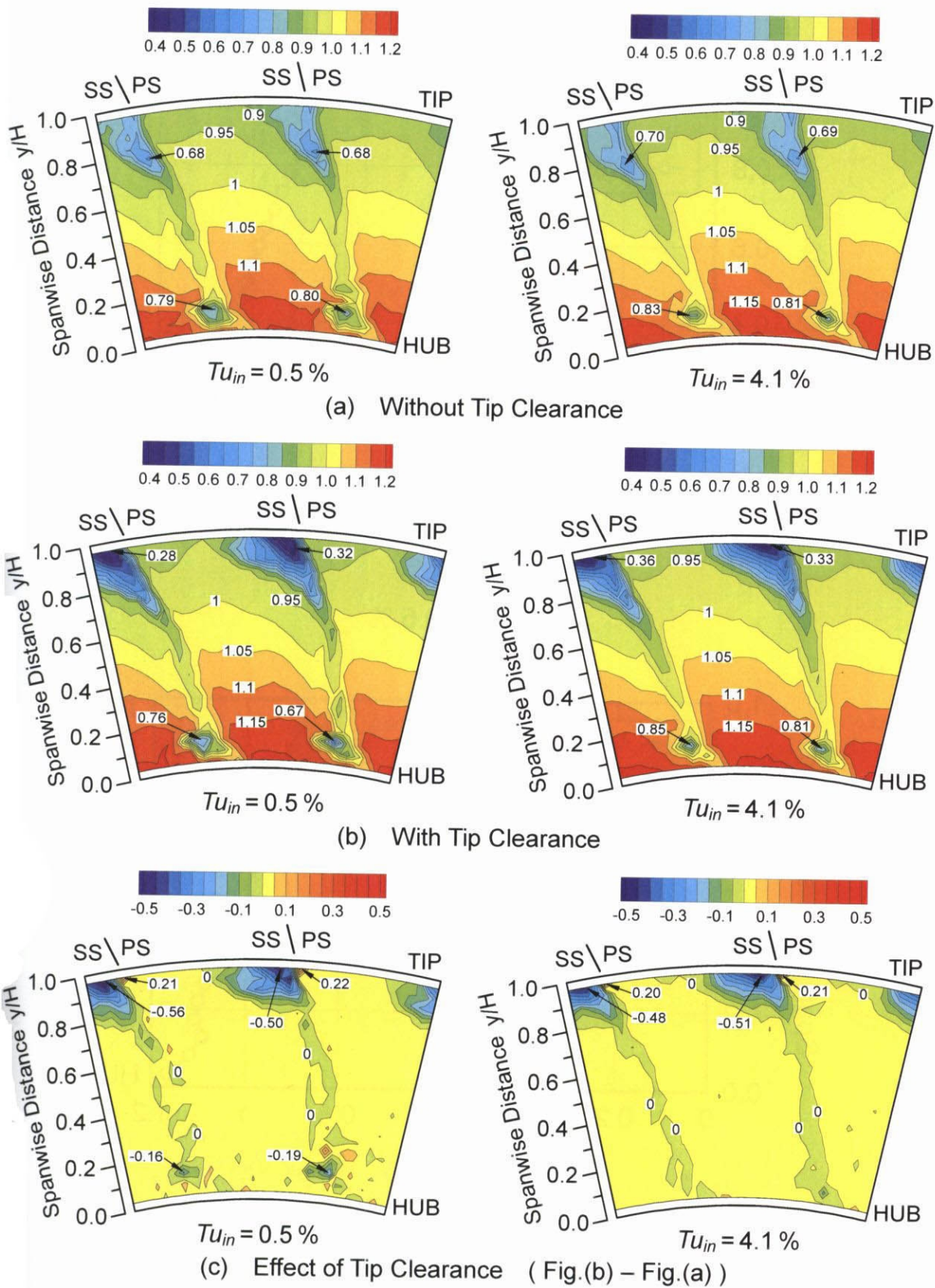
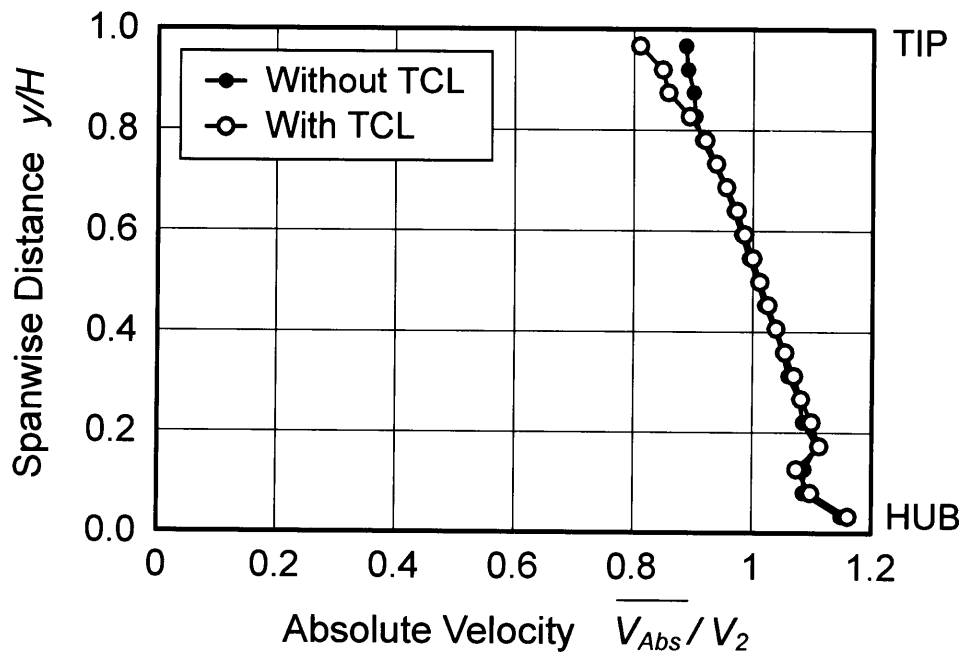
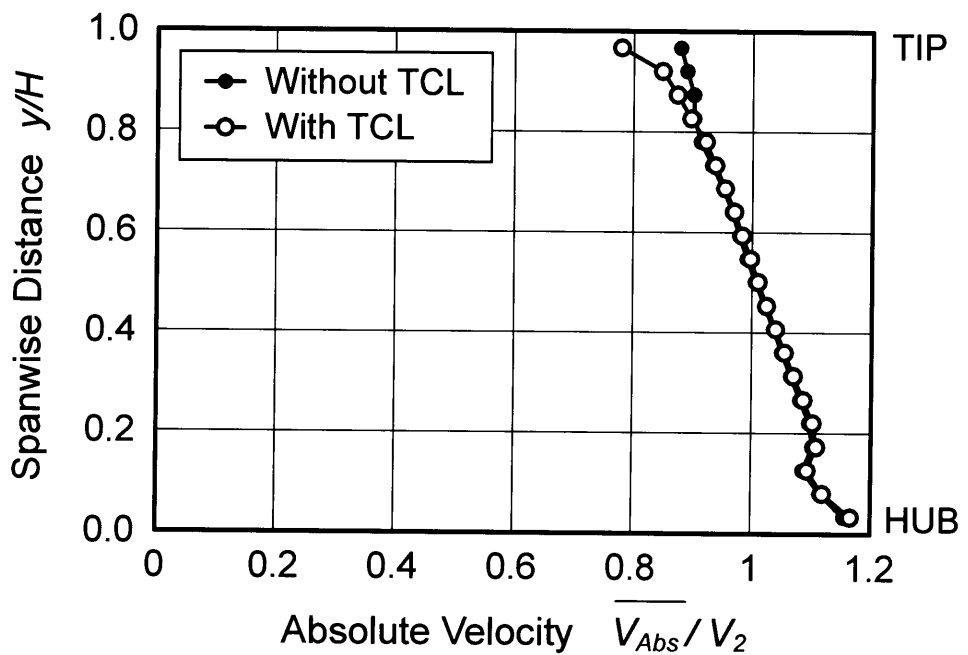


図 5.39 静翼出口の速度分布に与えるチップクリアランスの影響  
 (主流乱れ度の影響) ( $Z_{NZ}/C_{az,NZ} = 1.156$ ,  $Re_{out,NZ} = 13.3 \times 10^4$ )



(a)  $Tu_{in} = 0.5\%$



(b)  $Tu_{in} = 4.1\%$

図 5.40 各主流乱れ度での速度の半径方向分布に与えるチップクリアランスの影響 (レイノルズ数  $Re_{out,NZ} = 13.3 \times 10^4$ )

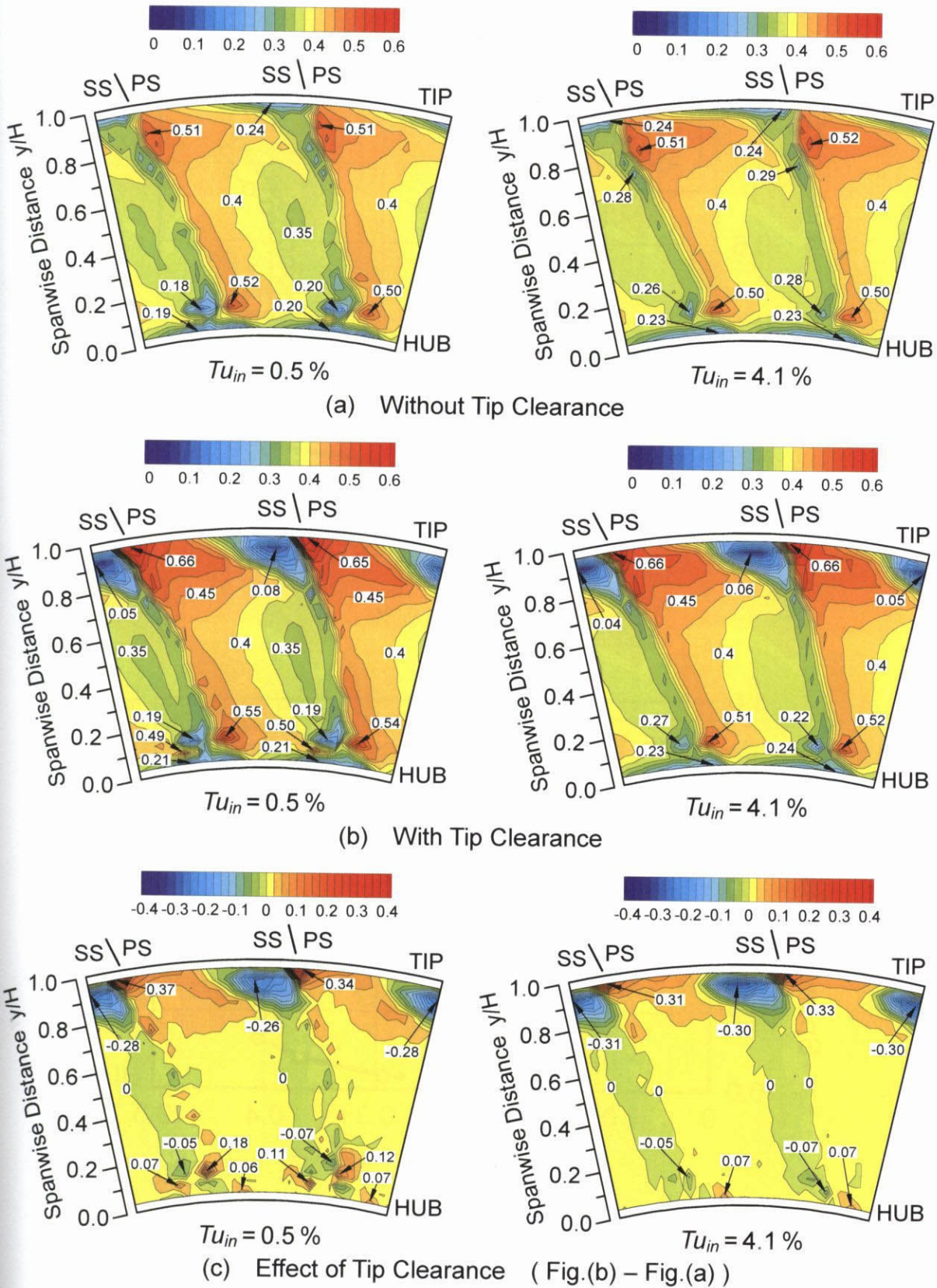
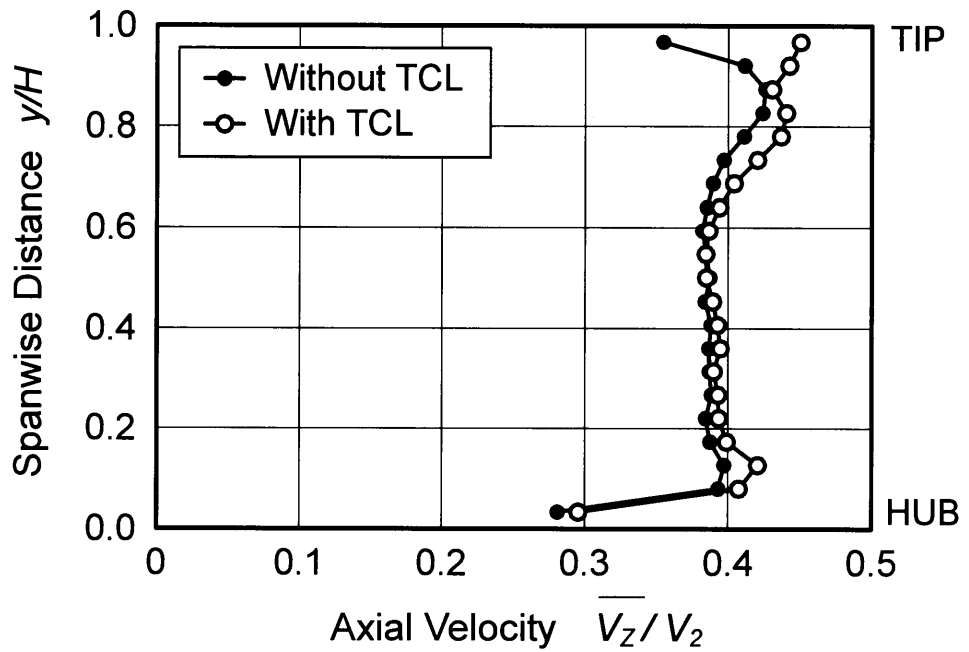
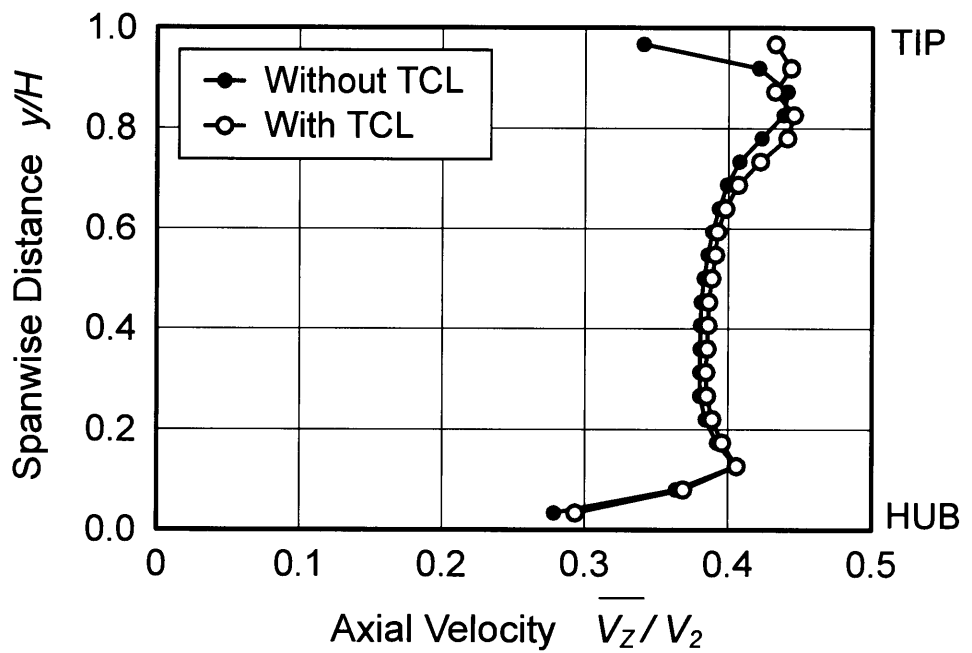


図 5.41 静翼出口の軸方向速度分布に与えるチップクリアランスの影響 (主流乱れ度の影響) ( $Z_{NZ}/C_{ac,NZ} = 1.156$ ,  $Re_{out,NZ} = 13.3 \times 10^4$ )



(a)  $Tu_{in} = 0.5\%$



(b)  $Tu_{in} = 4.1\%$

図 5.42 各主流乱れ度での軸方向速度の半径方向分布に与えるチップクリアランスの影響 (レイノルズ数  $Re_{out,NZ} = 13.3 \times 10^4$ )

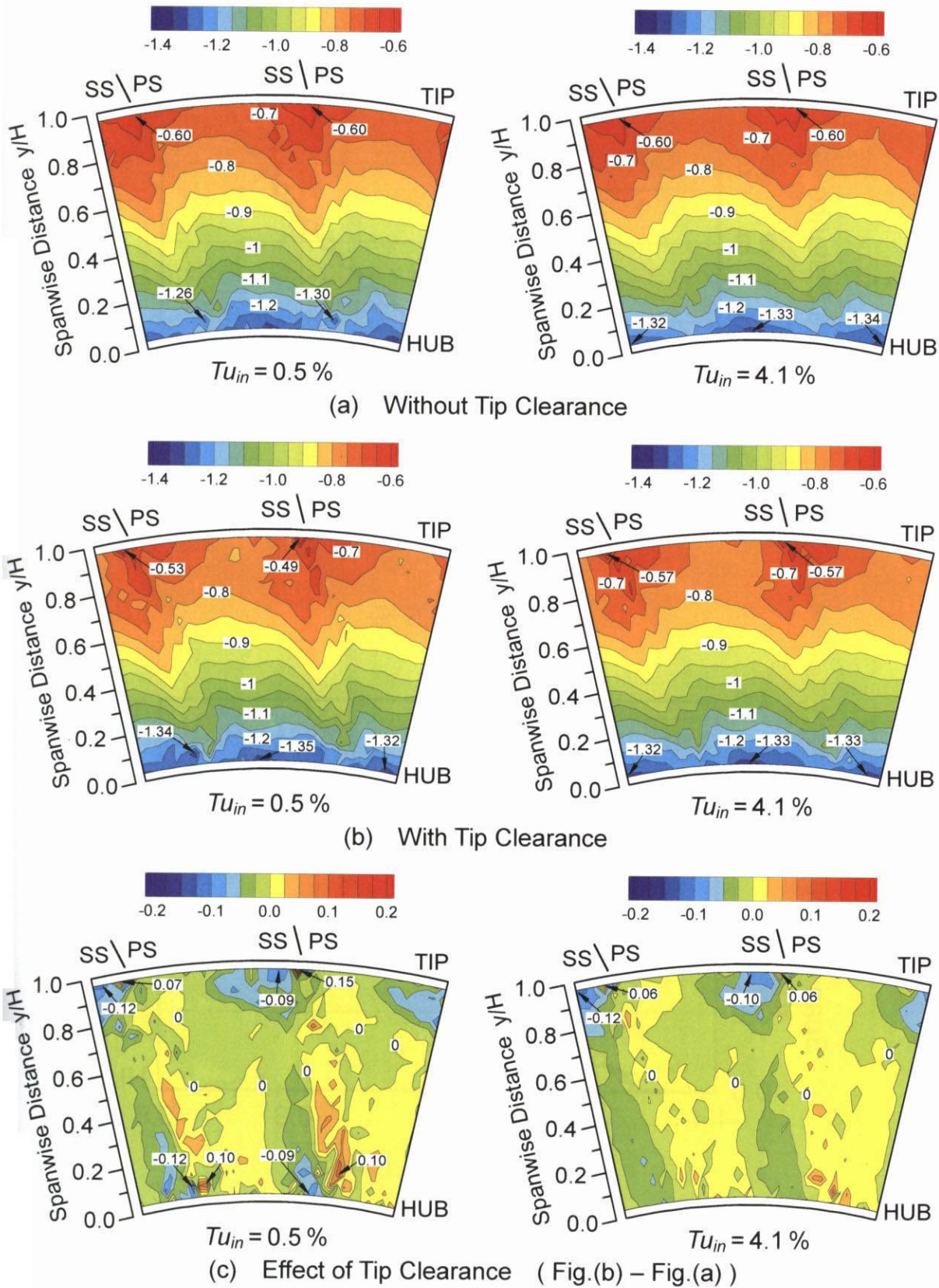
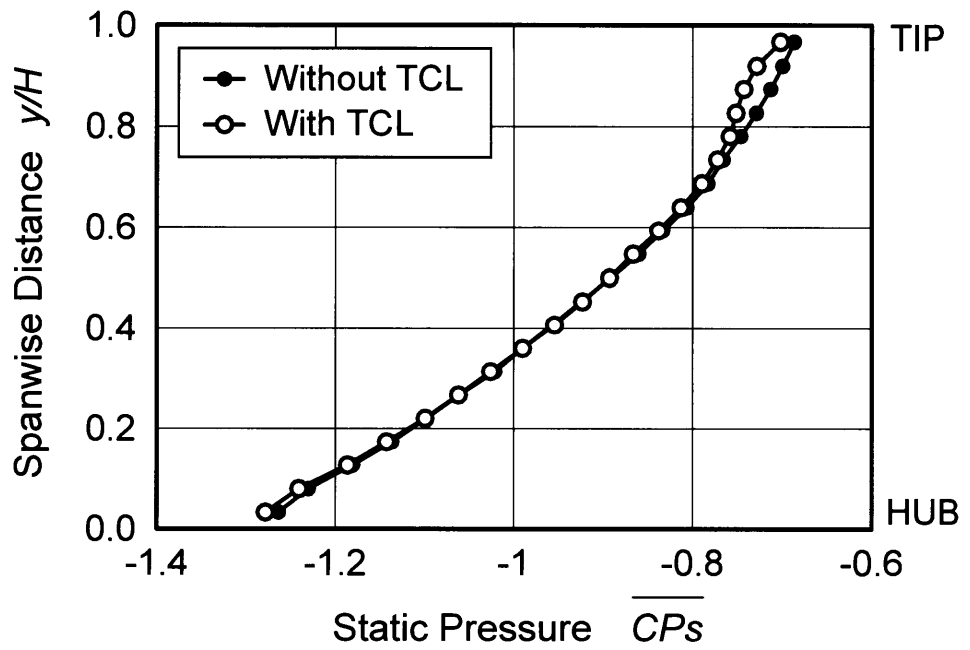
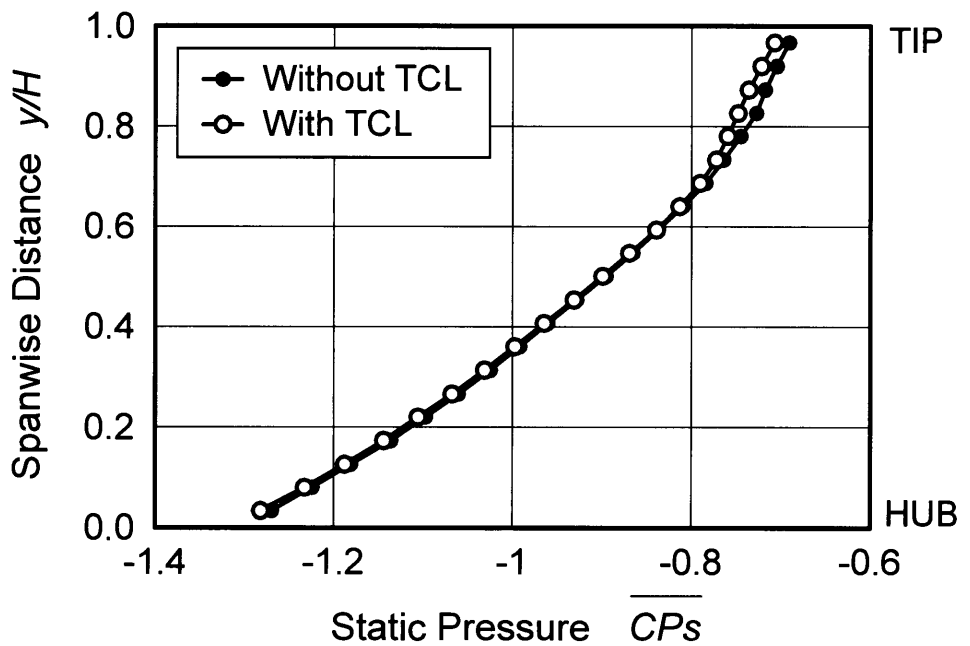


図 5.43 静翼出口の静圧分布に与えるチップクリアランスの影響  
 (主流乱れ度の影響) ( $Z_{NZ}/C_{az,NZ} = 1.156$ ,  $Re_{out,NZ} = 13.3 \times 10^4$ )



(a)  $Tu_{in} = 0.5\%$



(b)  $Tu_{in} = 4.1\%$

図 5.44 各主流乱れ度での静圧の半径方向分布に与えるチップクリアランスの影響 (レイノルズ数  $Re_{out,NZ} = 13.3 \times 10^4$ )



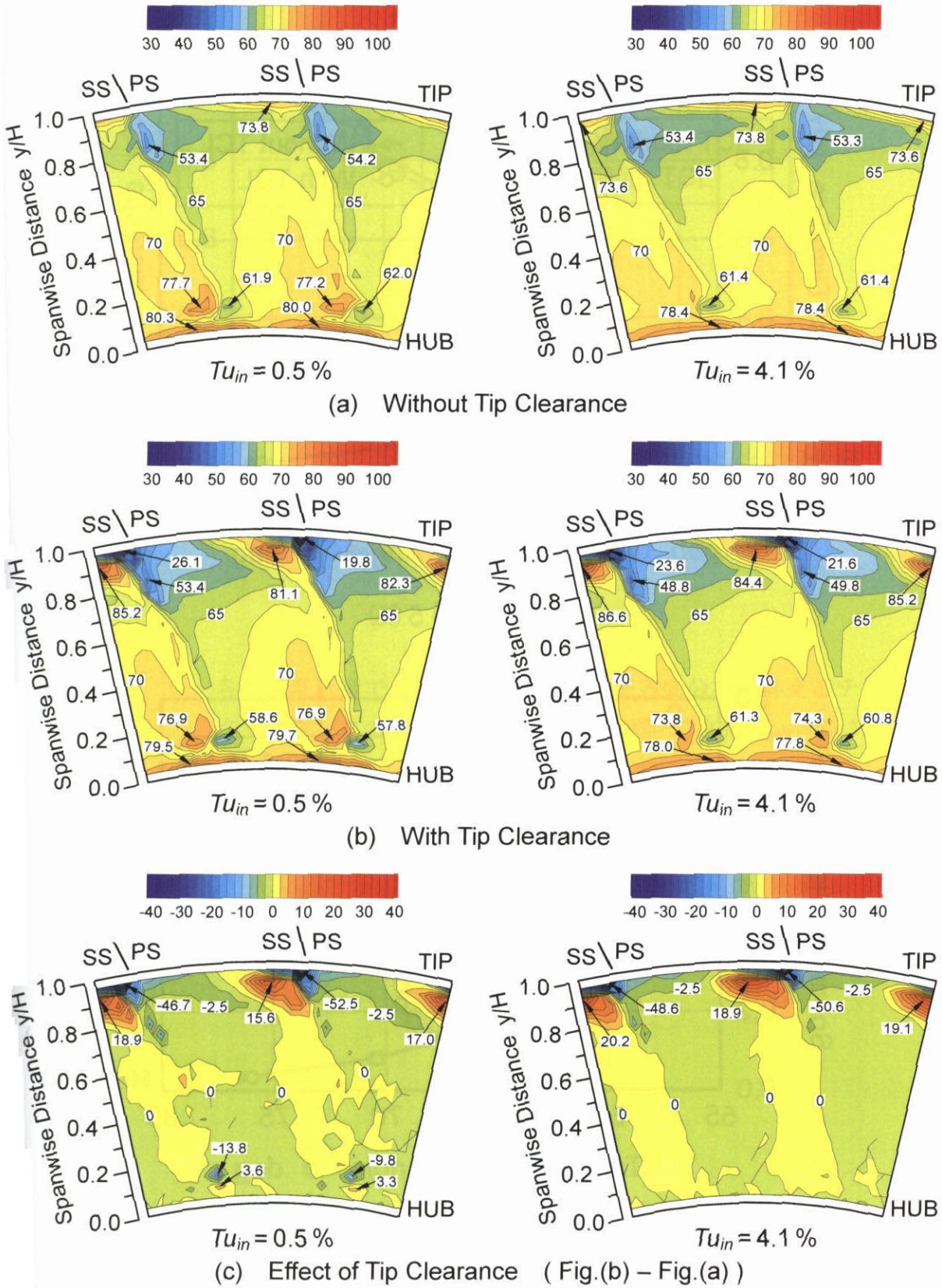
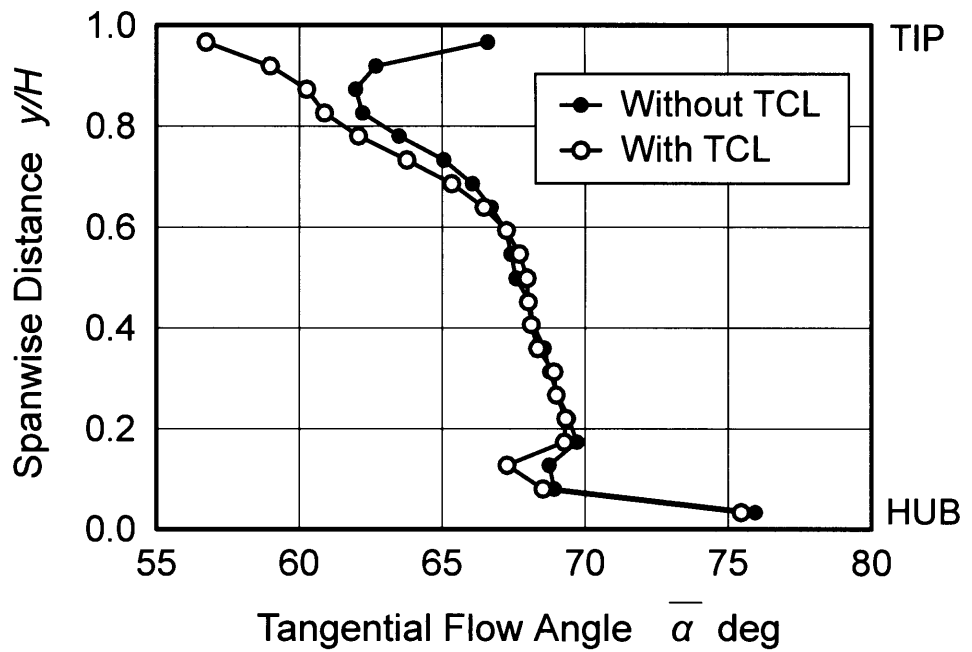
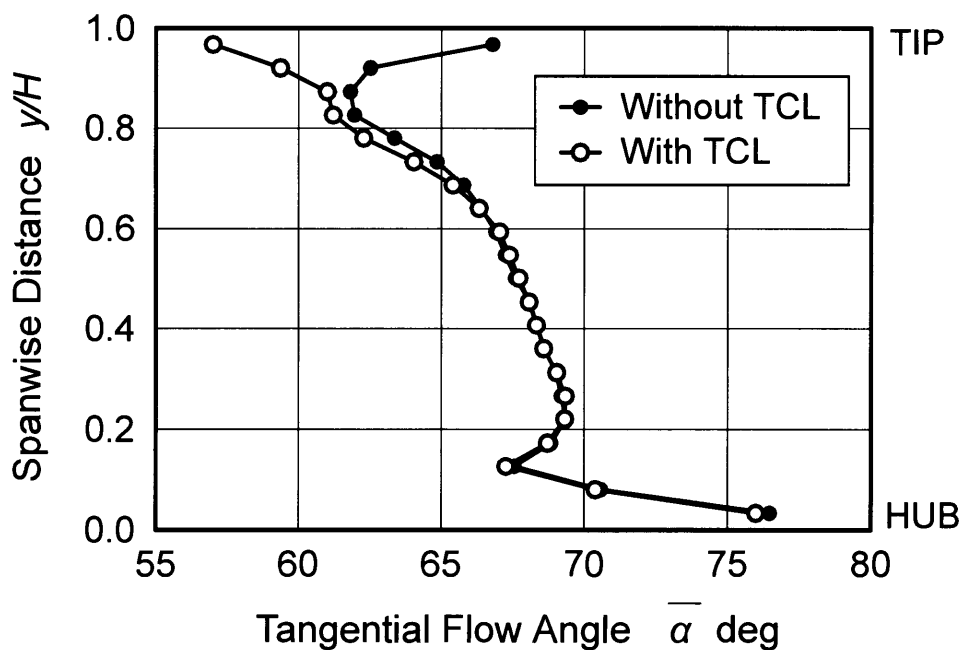


図 5.45 静翼出口の周方向流れ角分布に与えるチップクリアランスの影響 (主流乱れ度の影響) ( $Z_{NZ}/C_{a,NZ} = 1.156$ ,  $Re_{out,NZ} = 13.3 \times 10^4$ )

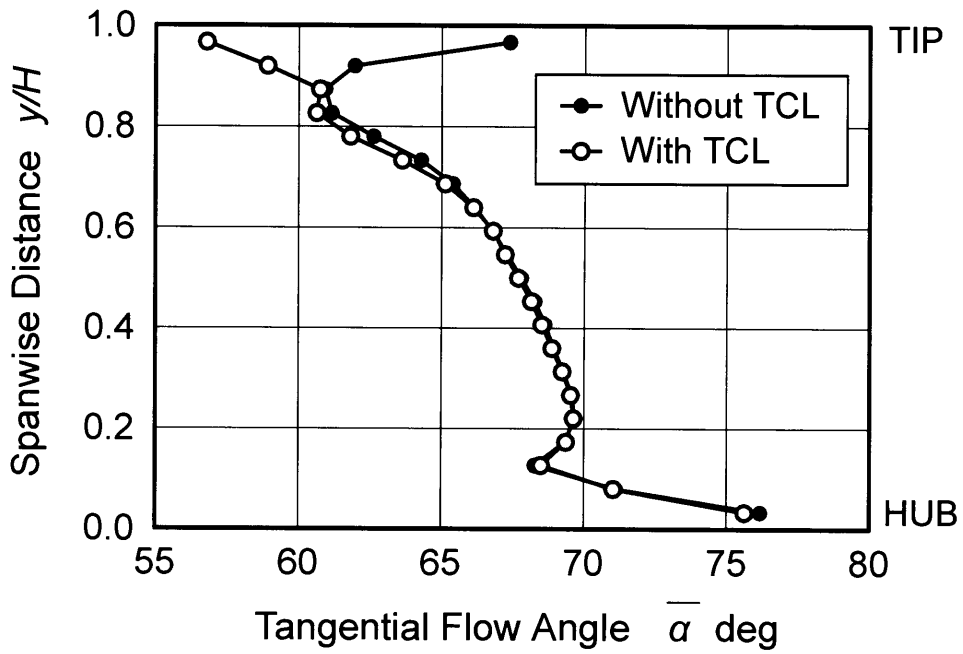


(a)  $Tu_{in} = 0.5\%$



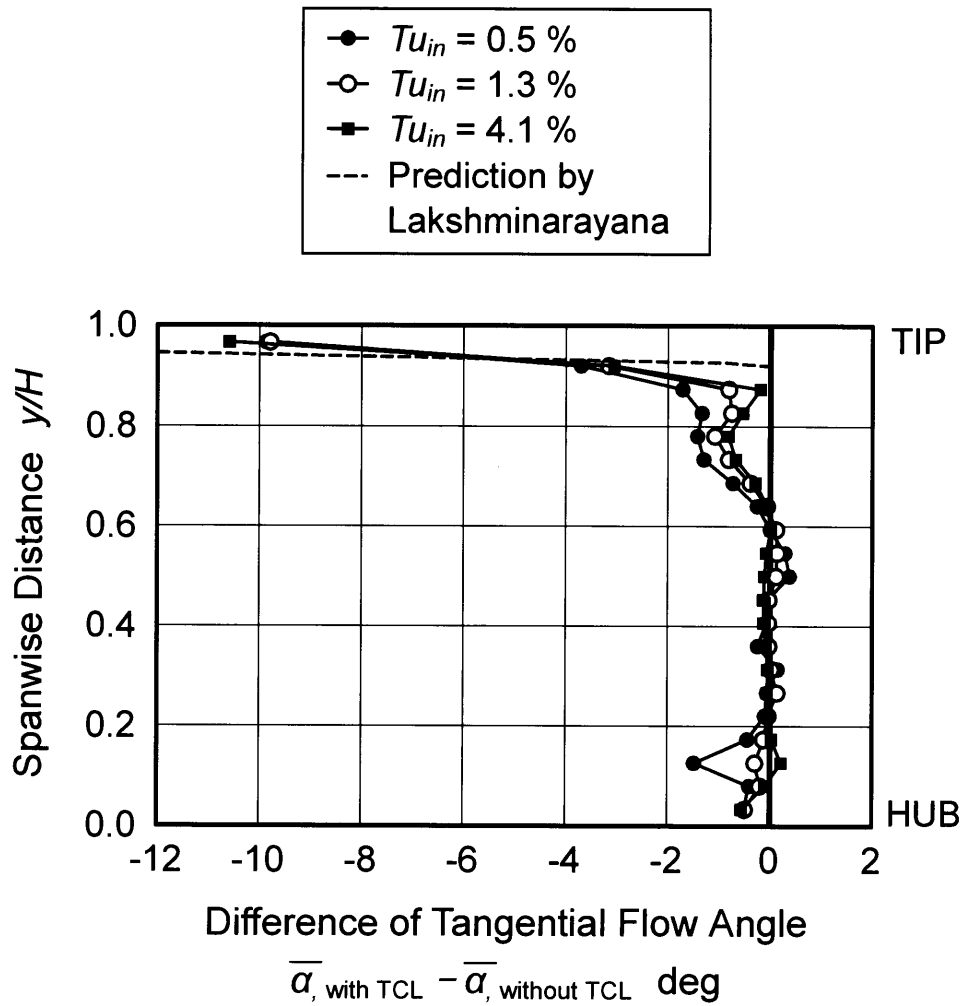
(b)  $Tu_{in} = 1.3\%$

図 5.46 各主流乱れ度での周方向流れ角の半径方向分布に与えるチップクリアランスの影響 (その1) (レイノルズ数  $Re_{out,NZ} = 13.3 \times 10^4$ )



(c)  $Tu_{in} = 1.3\%$

図 5.46 各主流乱れ度での周方向流れ角の半径方向分布に与えるチップクリアランスの影響 (その2) (レイノルズ数  $Re_{out,NZ} = 13.3 \times 10^4$ )



(d) Effect of Tip Clearance

図 5.46 各主流乱れ度での周方向流れ角の半径方向分布に与えるチップクリアランスの影響 (その3)  
 (レイノルズ数  $Re_{out,NZ} = 13.3 \times 10^4$ )  
 チップクリアランスがある場合とチップクリアランスがない場合の周方向流れ角の差

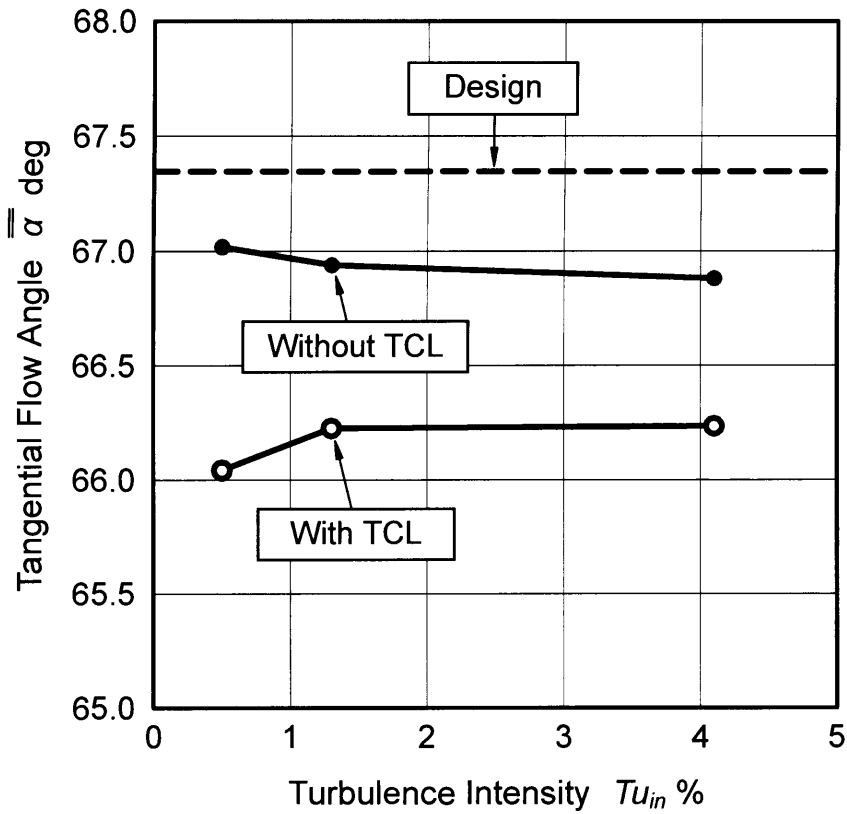


図 5.47 チップクリアランスが静翼出口の周方向流れ角に与える影響  
(主流乱れ度の影響, レイノルズ数  $Re_{out,NZ} = 13.3 \times 10^4$ )

表 5.12 各主流乱れ度における周方向流れ角への  
チップクリアランスの影響  
(レイノルズ数  $Re_{out,NZ} = 13.3 \times 10^4$ )

Turbulence Intensity $Tu_{in}$	Mass-Averaged Tangential Flow Angle $\bar{\alpha}$ deg		
	with TCL	without TCL	Difference
0.5 %	66.041	67.018	-0.977
1.3 %	66.225	66.939	-0.714
4.1 %	66.235	66.880	-0.645

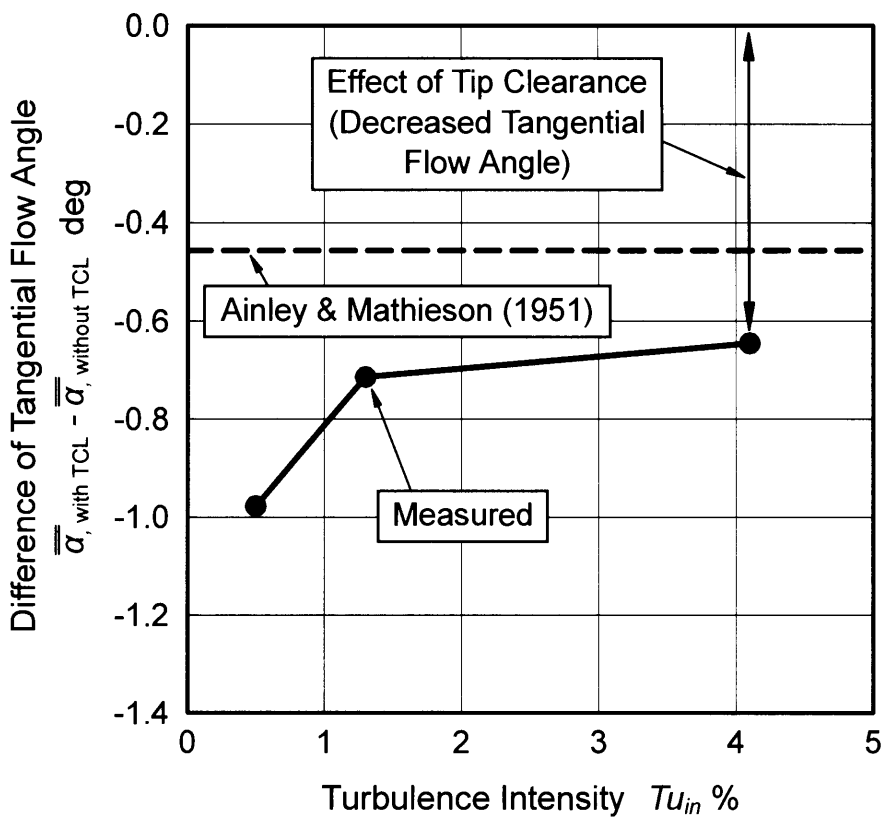


図 5.48 各主流乱れ度においてチップクリアランスの有無が静翼出口の周方向流れ角に与える影響 (レイノルズ数  $Re_{out,NZ} = 13.3 \times 10^4$ )

表 5.13 チップクリアランスが周方向流れ角に与える影響 (実験値と予測値) (主流乱れ度の影響, レイノルズ数  $Re_{out,NZ} = 13.3 \times 10^4$ )

Turbulence Intensity $Tu_{in}$	Effect of Tip Clearance Decrease in Tangential Flow Angle		
	Measured		Predicted
			Ainley & Mathieson (1951)
0.5 %	-0.977 deg	151 %	-0.456 deg
1.3 %	-0.714 deg	111 %	
4.1 %	-0.645 deg	100 %	

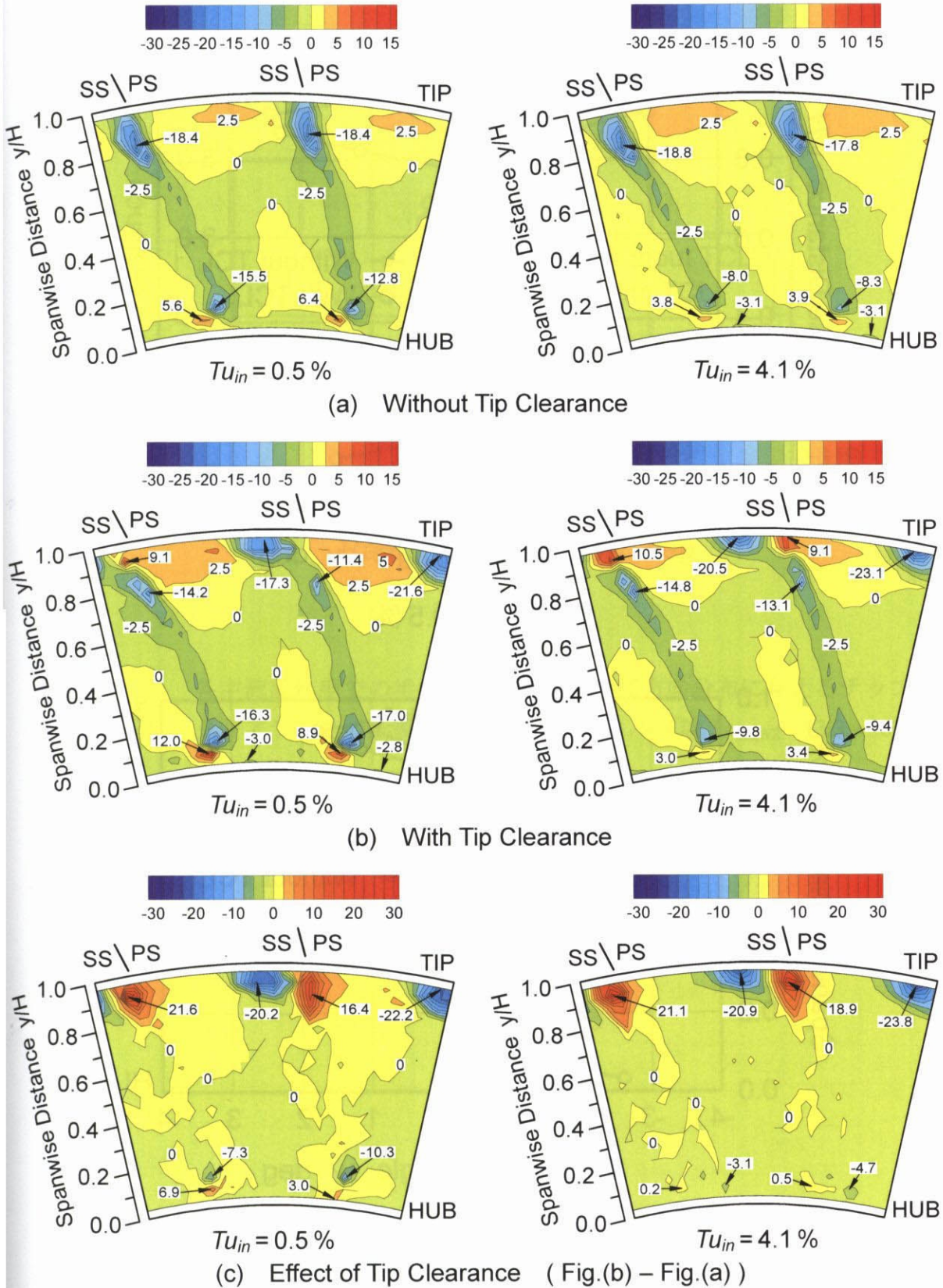
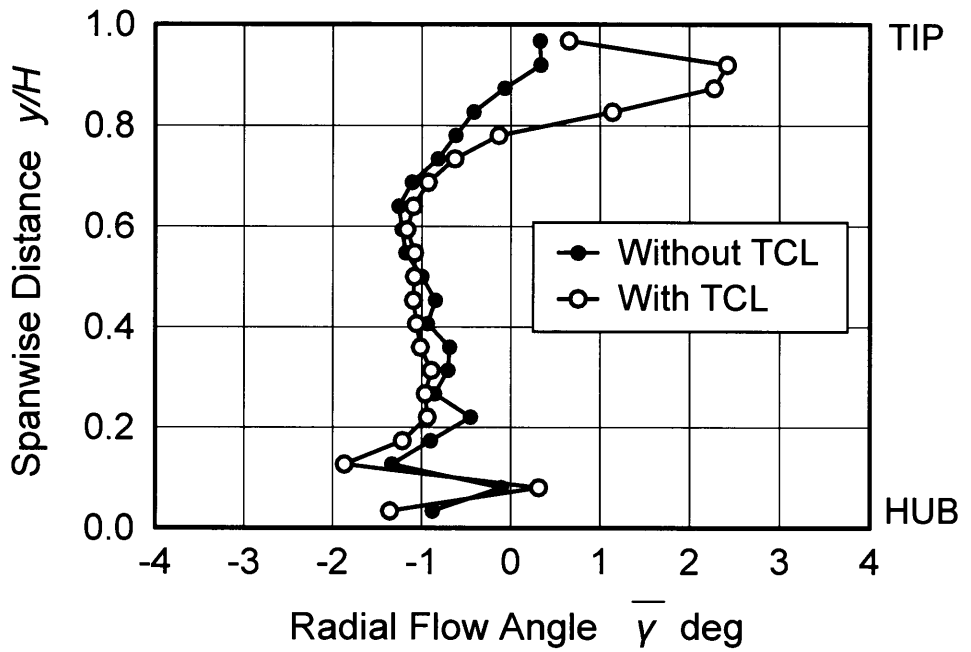
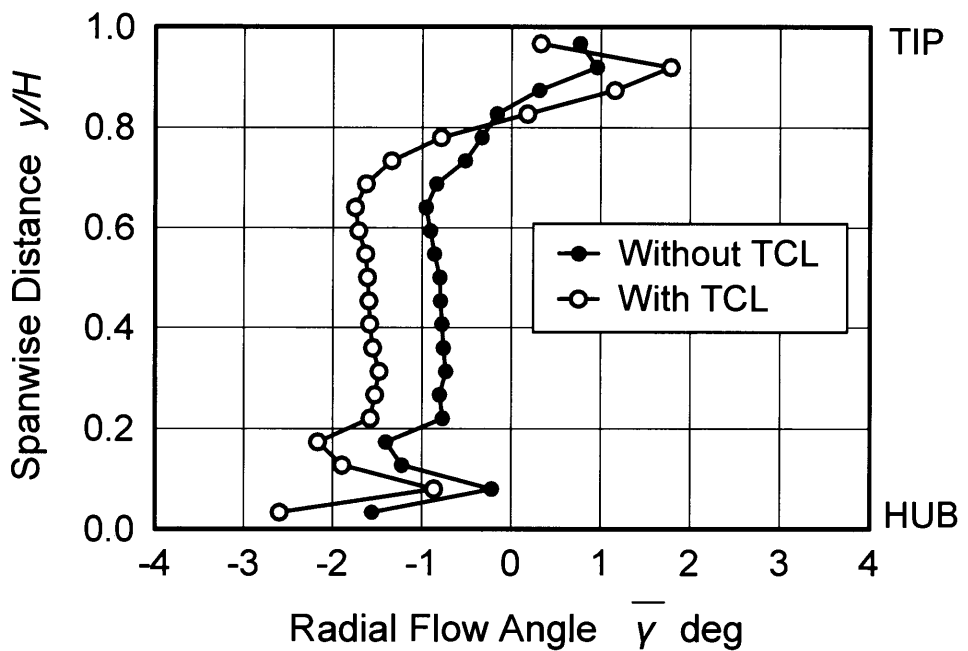


図 5.49 静翼出口の半径方向流れ角分布に与えるチップクリアランスの影響 (主流乱れ度の影響) ( $Z_{NZ}/C_{a,NZ}=1.156$ ,  $Re_{out,NZ}=13.3 \times 10^4$ )



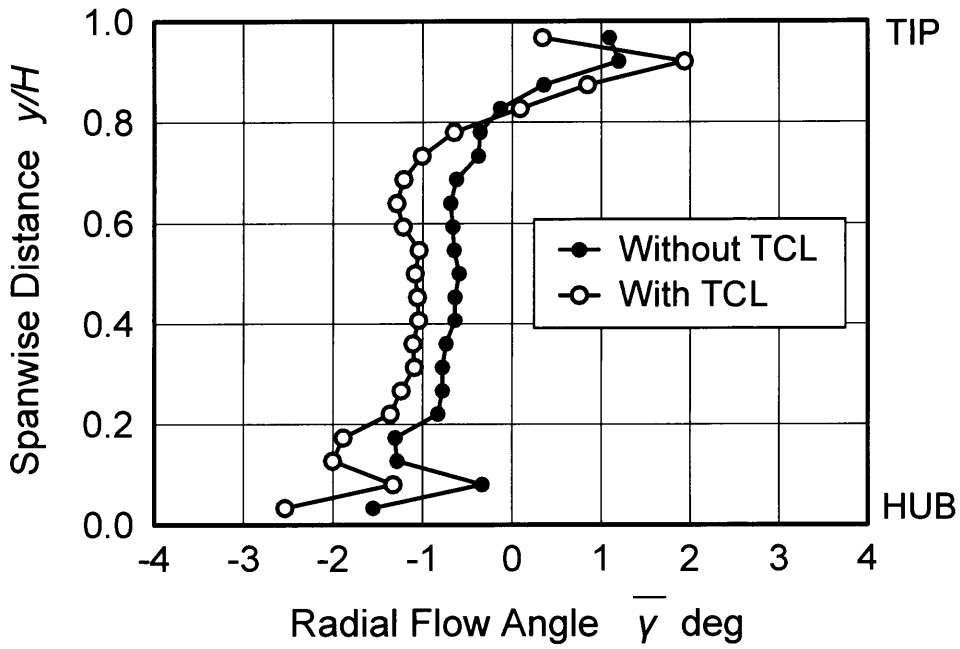
(a)  $Tu_{in} = 0.5\%$



(b)  $Tu_{in} = 1.3\%$

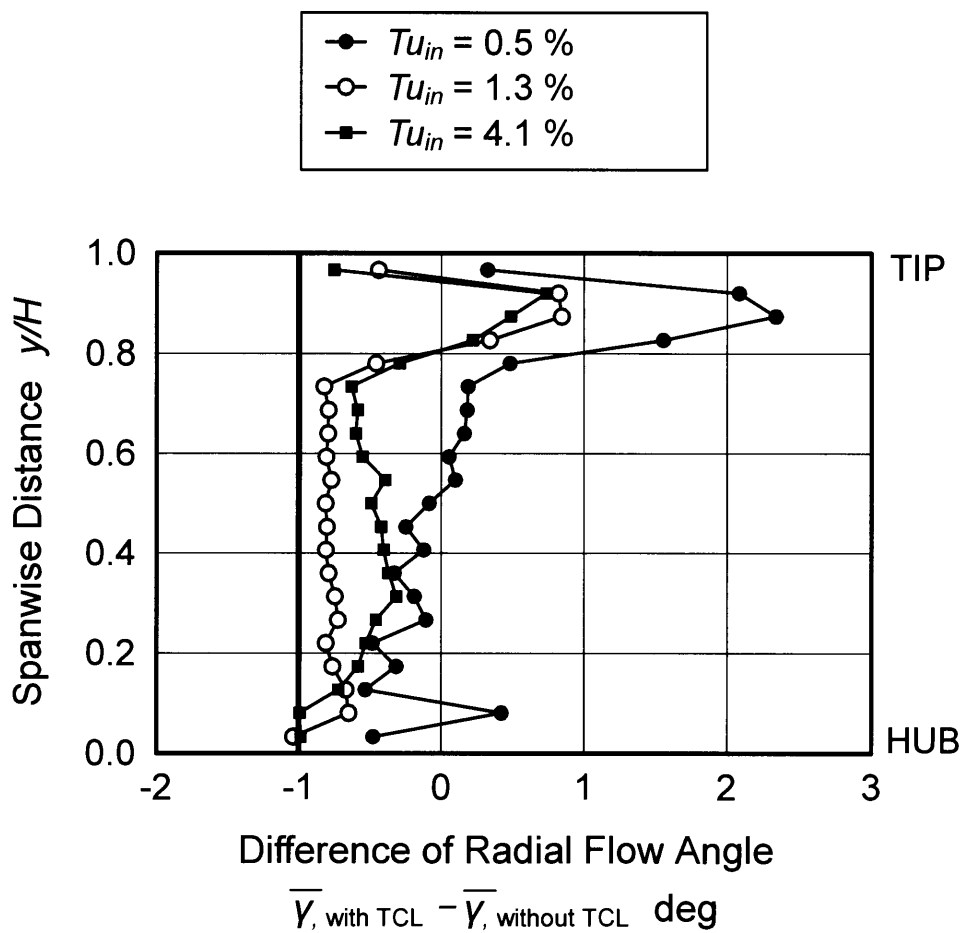
図 5.50 各主流乱れ度での半径方向流れ角の半径方向分布に与えるチップクリアランスの影響 (その1) (レイノルズ数  $Re_{out,NZ} = 13.3 \times 10^4$ )





(c)  $Tu_{in} = 4.1\%$

図 5.50 各主流乱れ度での半径方向流れ角の半径方向分布に与えるチップクリアランスの影響 (その2) (レイノルズ数  $Re_{out,NZ} = 13.3 \times 10^4$ )



(d) Effect of Tip Clearance

図 5.50 各主流乱れ度での半径方向流れ角の半径方向分布に与えるチップクリアランスの影響 (その3)  
 (レイノルズ数  $Re_{out,NZ} = 13.3 \times 10^4$ )  
 チップクリアランスがある場合とチップクリアランスがない場合の半径方向流れ角の差

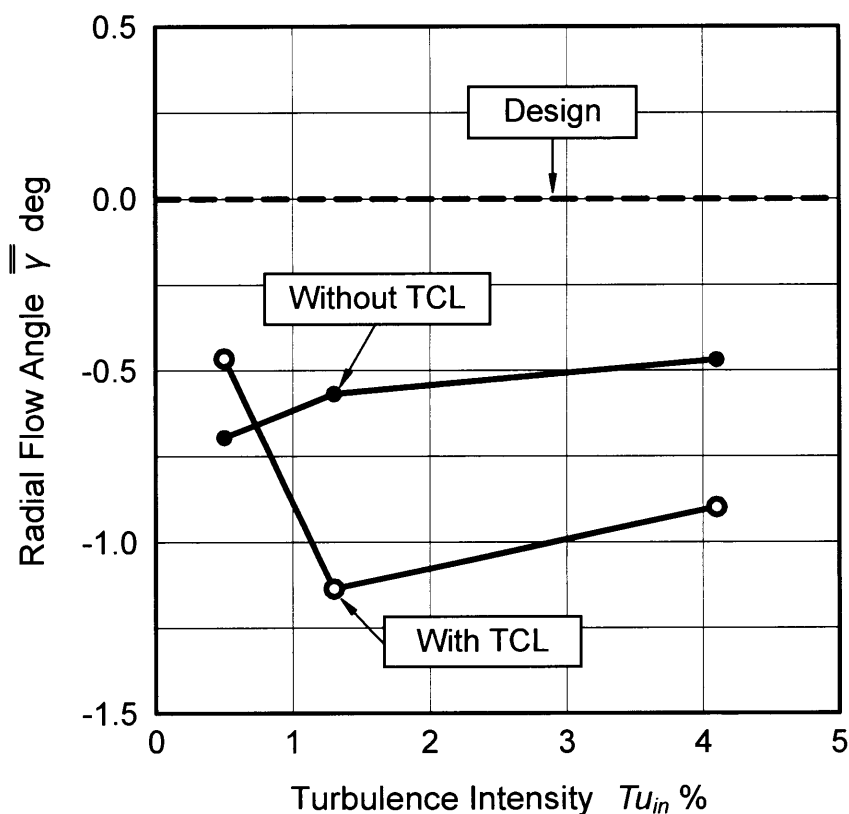


図 5.51 チップクリアランスが静翼出口の半径方向流れ角に与える影響 (主流乱れ度の影響, レイノルズ数  $Re_{out,NZ} = 13.3 \times 10^4$ )

表 5.14 各主流乱れ度における半径方向流れ角に対するチップクリアランスの影響 (レイノルズ数  $Re_{out,NZ} = 13.3 \times 10^4$ )

Turbulence Intensity $Tu_{in}$	Mass-Averaged Radial Flow Angle $\bar{\gamma}$ deg		
	with TCL	without TCL	Difference
0.5 %	-0.465	-0.695	+0.230
1.3 %	-1.136	-0.568	-0.568
4.1 %	-0.897	-0.468	+0.429

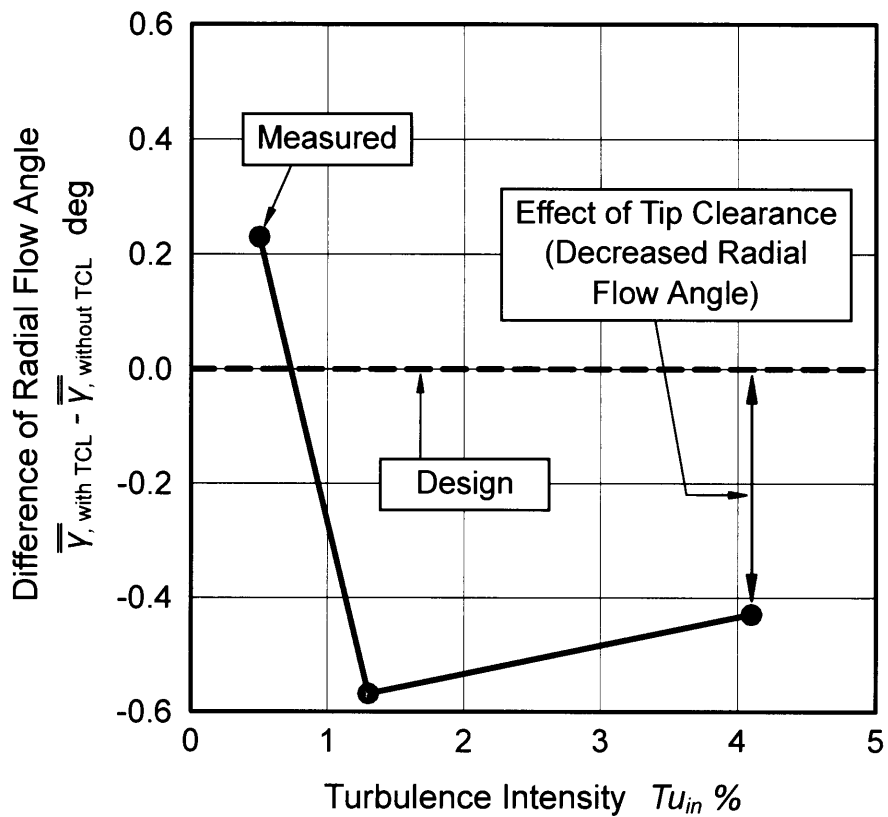
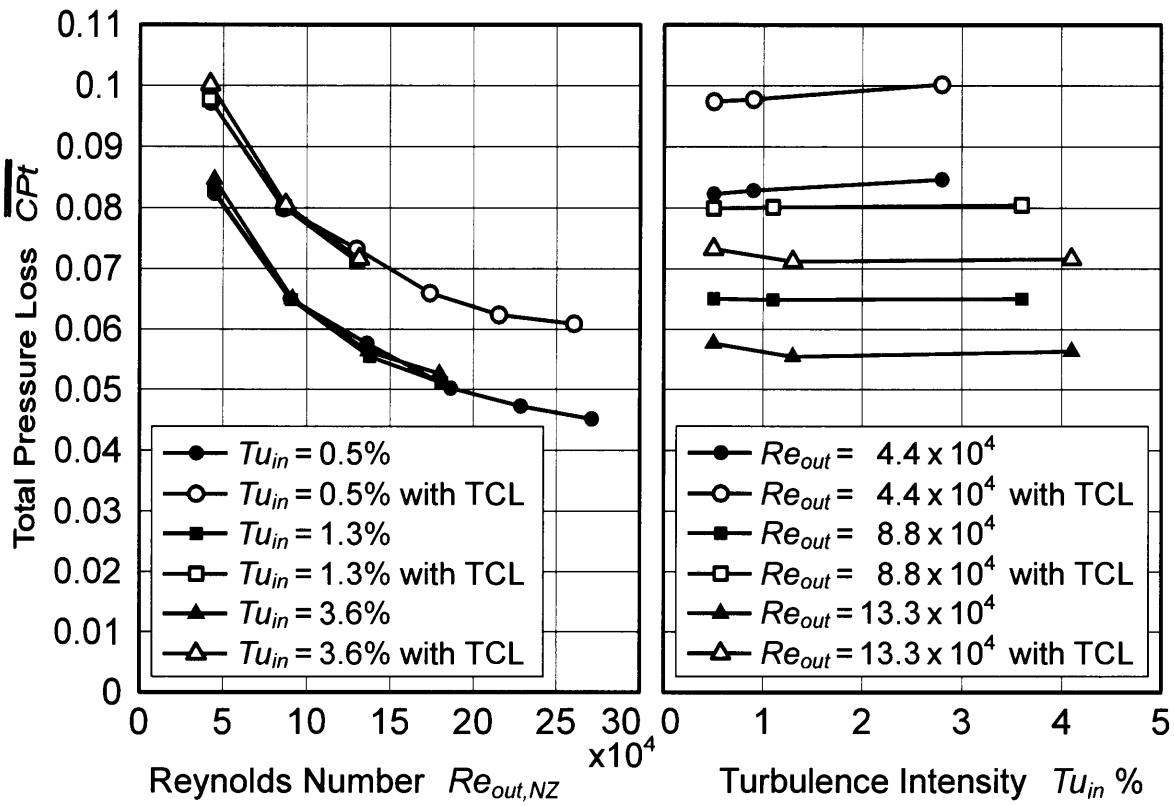


図 5.52 各主流乱れ度においてチップクリアランスの有無が静翼出口の周方向流れ角に与える影響（レイノルズ数  $Re_{out,NZ} = 13.3 \times 10^4$ ）

表 5.15 チップクリアランスが半径方向流れ角に与える影響（主流乱れ度の影響，レイノルズ数  $Re_{out,NZ} = 13.3 \times 10^4$ ）

Turbulence Intensity $Tu_{in}$	Effect of Tip Clearance Decrease in Radial Flow Angle
	Measured
0.5 %	+0.230 deg
1.3 %	-0.568 deg
4.1 %	-0.429 deg



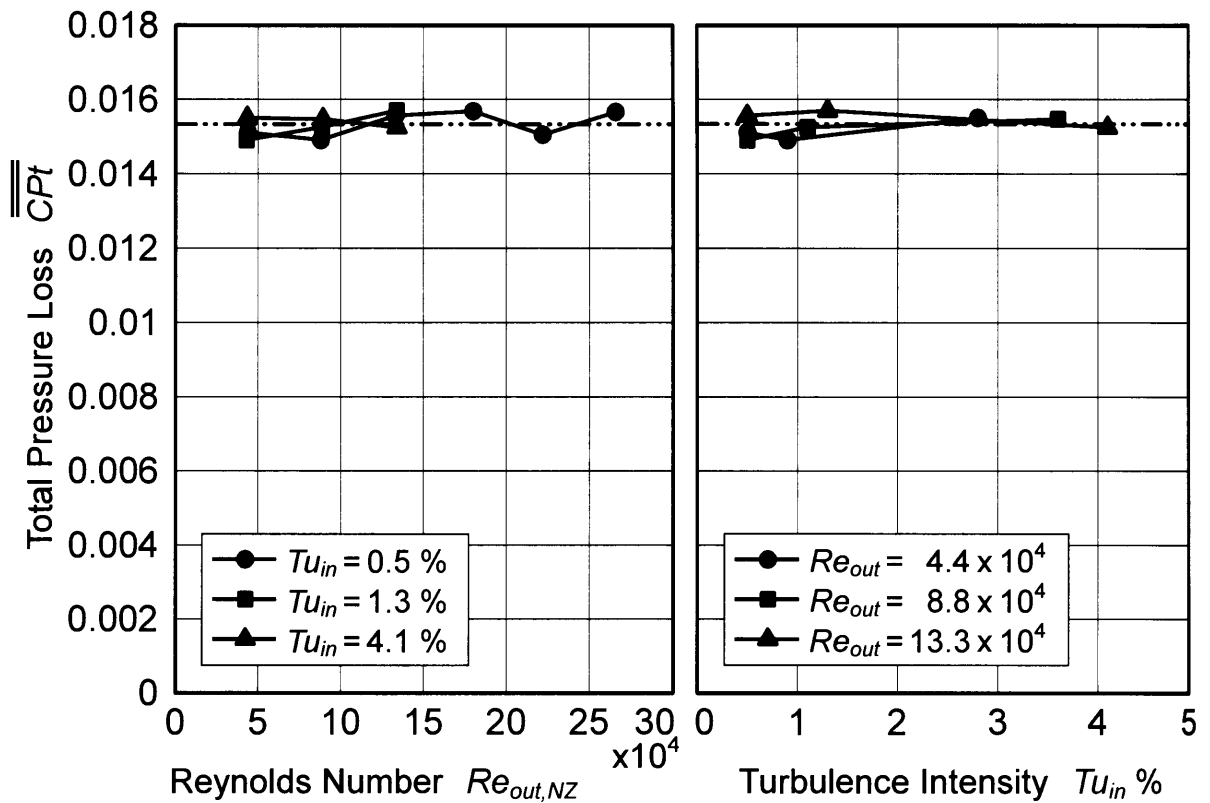
(a) レイノルズ数の変化

(b) 主流乱れ度の変化

図 5.53 静翼出口の全圧損失へのチップクリアランスの影響

表 5.16 静翼出口の全圧損失へのチップクリアランスの影響

Reynolds Number $Re_{out,NZ}$	Exit Loss $C_{Pt,out,g}$					
	Turbulence Intensity $Tu_{in}$					
	0.5 %		1.2 %		3.6 %	
	Without TCL	With TCL	Without TCL	With TCL	Without TCL	With TCL
$4.4 \times 10^4$	0.0823	0.0974	0.0829	0.0978	0.0847	0.100
$8.8 \times 10^4$	0.0650	0.0799	0.0648	0.0801	0.0650	0.0805
$13.3 \times 10^4$	0.0577	0.0733	0.0555	0.0712	0.0564	0.0716
$18.0 \times 10^4$	0.0502	0.0659	0.0511	-----	0.0527	-----
$22.2 \times 10^4$	0.0473	0.0624	-----	-----	-----	-----
$26.6 \times 10^4$	0.0452	0.0609	-----	-----	-----	-----



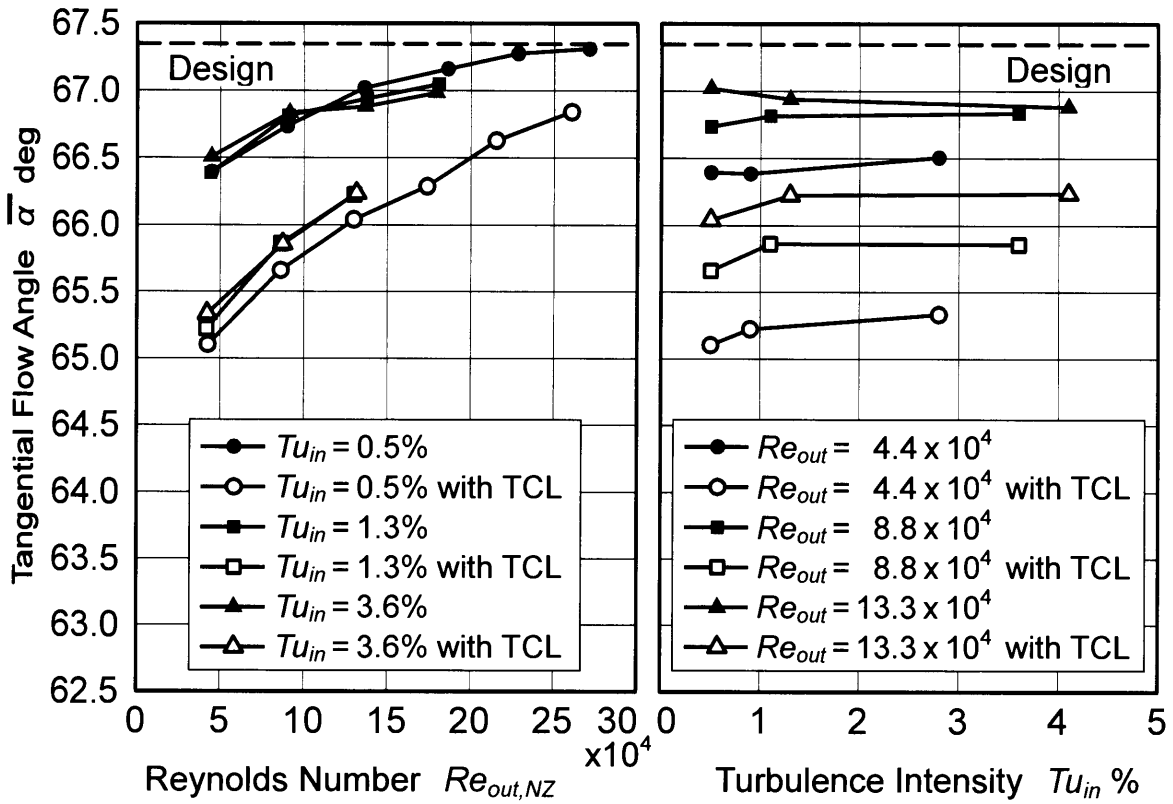
(a) レイノルズ数の影響

(b) 主流乱れ度の影響

図 5.54 チップクリアランス損失

表 5.17 チップクリアランス損失

Reynolds Number $Re_{out,NZ}$	Tip Clearance Loss $CPT_{tcl}$						Average
	Turbulence Intensity $Tu_{in}$						
	0.5 %		1.2 %		3.6 %		
$4.4 \times 10^4$	0.0151	-1.9 %	0.0149	-3.2 %	0.0155	+0.6 %	0.0154
$8.8 \times 10^4$	0.0149	-3.2 %	0.0153	-0.6 %	0.0155	+0.6 %	
$13.3 \times 10^4$	0.0156	+1.9 %	0.0157	+2.6 %	0.0153	-0.6 %	
$18.0 \times 10^4$	0.0157	+2.6 %	-----	-----	-----	-----	
$22.2 \times 10^4$	0.0151	-1.9 %	-----	-----	-----	-----	
$26.6 \times 10^4$	0.0157	+2.6 %	-----	-----	-----	-----	



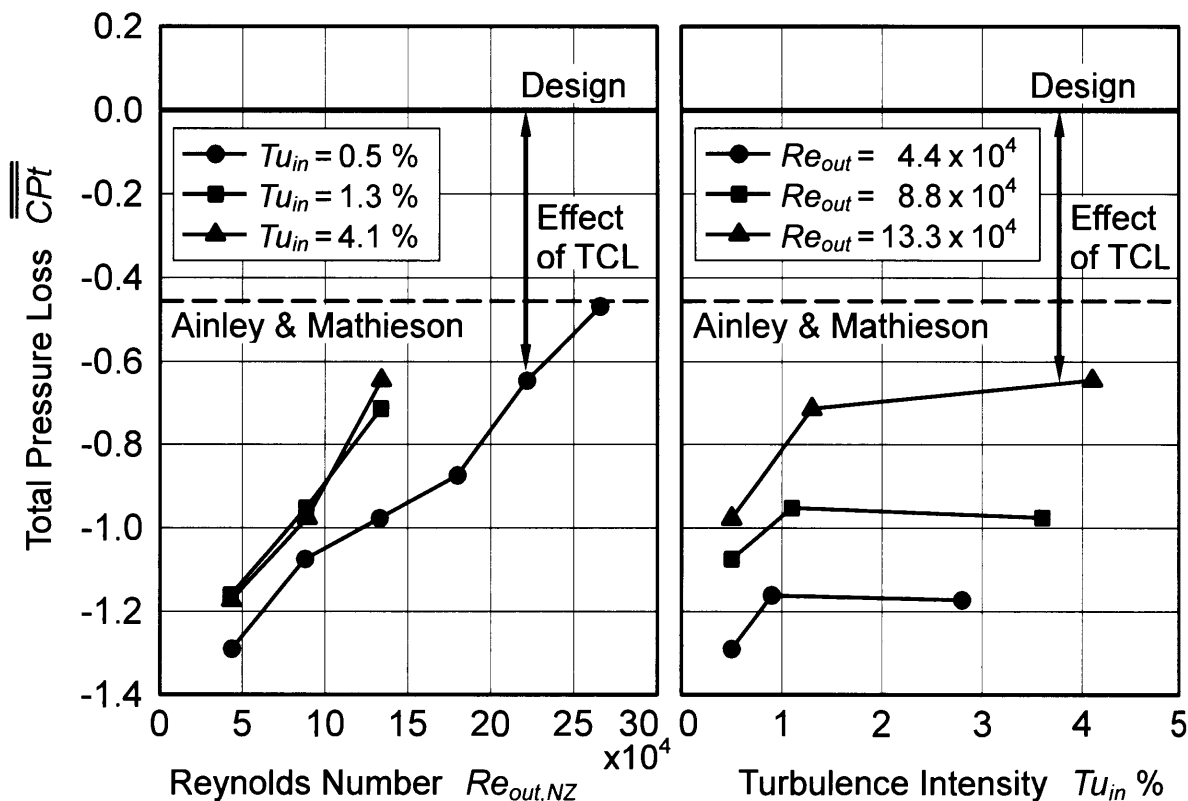
(a) レイノルズ数の変化

(b) 主流乱れ度の変化

図 5.55 静翼出口の周方向流れ角へのチップクリアランスの影響

表 5.18 静翼出口の周方向流れ角へのチップクリアランスの影響

Reynolds Number $Re_{out,NZ}$	Tangential Flow Angle $\bar{\alpha}$ deg					
	Turbulence Intensity $Tu_{in}$					
	0.5 %		1.2 %		3.6 %	
	Without TCL	With TCL	Without TCL	With TCL	Without TCL	With TCL
$4.4 \times 10^4$	66.394	65.104	66.385	65.228	66.507	65.334
$8.8 \times 10^4$	66.735	65.661	66.815	65.863	66.834	65.858
$13.3 \times 10^4$	67.019	66.041	66.939	66.226	66.880	66.235
$18.0 \times 10^4$	67.161	66.288	67.048	-----	66.984	-----
$22.2 \times 10^4$	67.274	66.628	-----	-----	-----	-----
$26.6 \times 10^4$	67.310	66.841	-----	-----	-----	-----



(a) レイノルズ数の影響

(b) 主流乱れ度の影響

図 5.56 チップクリアランスの有無による周方向流れ角の変化量

表 5.19 チップクリアランスの有無による周方向流れ角の変化量

Reynolds Number $Re_{out,NZ}$	Effect of Tip Clearance Decrease in Tangential Flow Angle			Predicted Ainley & Mathieson (1951)
	Turbulence Intensity $Tu_{in}$			
	0.5 %	1.2 %	3.6 %	
$4.4 \times 10^4$	-1.290 deg	-1.162 deg	-1.173 deg	-0.456 deg
$8.8 \times 10^4$	-1.074 deg	-0.952 deg	-0.976 deg	
$13.3 \times 10^4$	-0.977 deg	-0.714 deg	-0.645 deg	
$18.0 \times 10^4$	-0.873 deg	-----	-----	
$22.2 \times 10^4$	-0.646 deg	-----	-----	
$26.6 \times 10^4$	-0.469 deg	-----	-----	