



# 鉛直管内固気液三相スラグ流の流動特性に関する研究

南川, 久人

---

(Degree)

博士 (工学)

(Date of Degree)

1997-09-17

(Date of Publication)

2008-04-09

(Resource Type)

doctoral thesis

(Report Number)

乙2159

(JaLCD0I)

<https://doi.org/10.11501/3141204>

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/D2002159>

※ 当コンテンツは神戸大学の学術成果です。無断複製・不正使用等を禁じます。著作権法で認められている範囲内で、適切にご利用ください。



神戸大学博士論文

鉛直管内固気液三相スラグ流の  
流動特性に関する研究

( 図 お よ び 表 )

平成9年8月

南川久人

## 図 表 目 次

第2章の図	1
第3章の表	4
第3章の図	6
第4章の表	13
第4章の図	15
第5章の表	154
第5章の図	165
第6章の表	218
第6章の図	221
第7章の表	291
第7章の図	291
第8章の表	293
第8章の図	296
第9章の表	332
第9章の図	334
付録の図	363

第2章の図

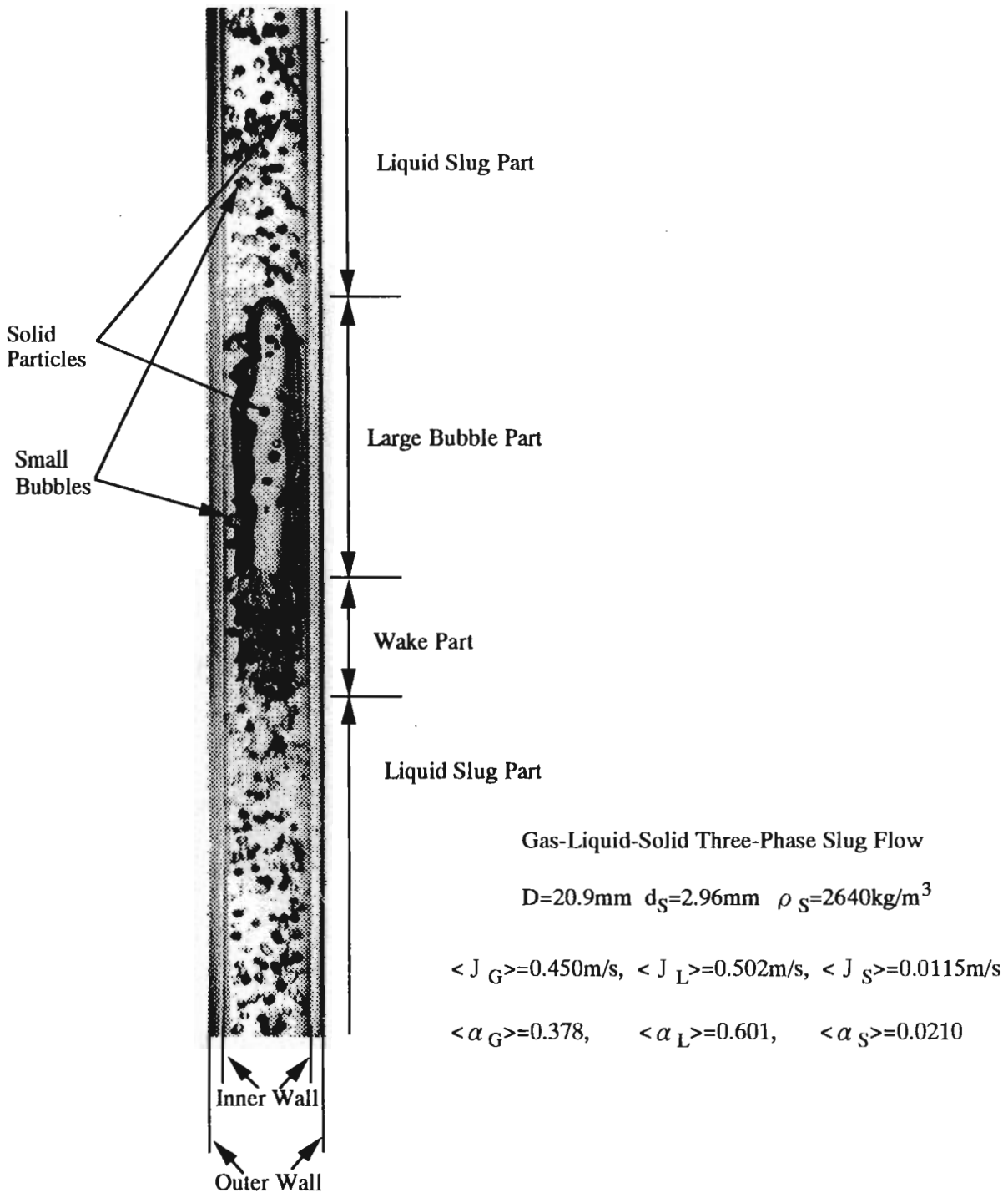
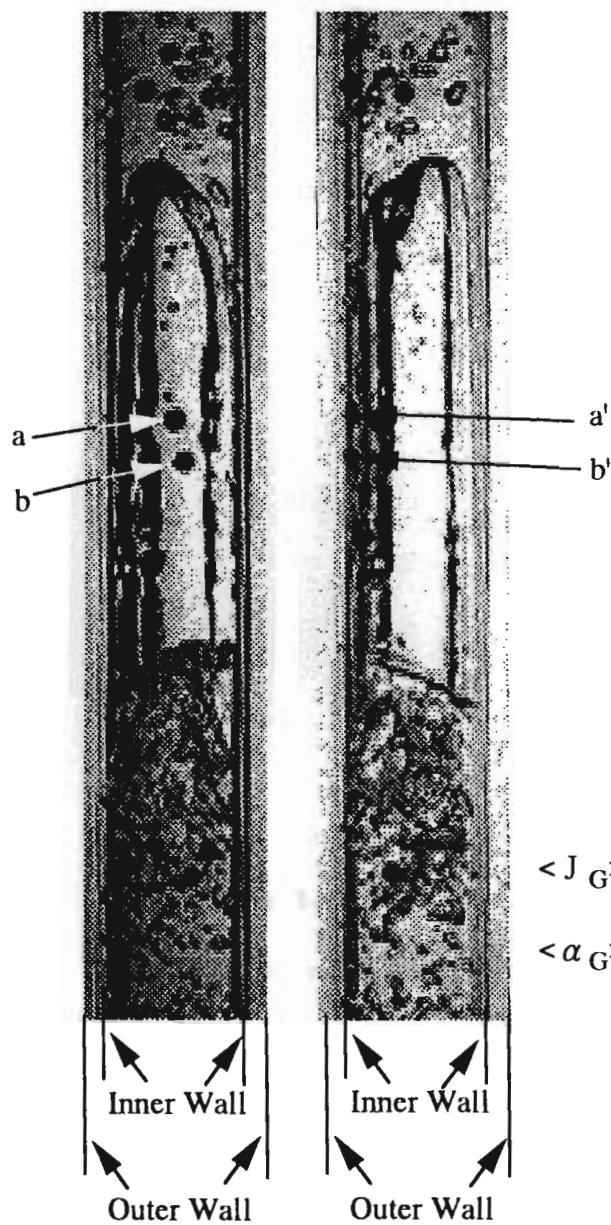


図2-1 鉛直管内固気液三相スラグ流の流動状況



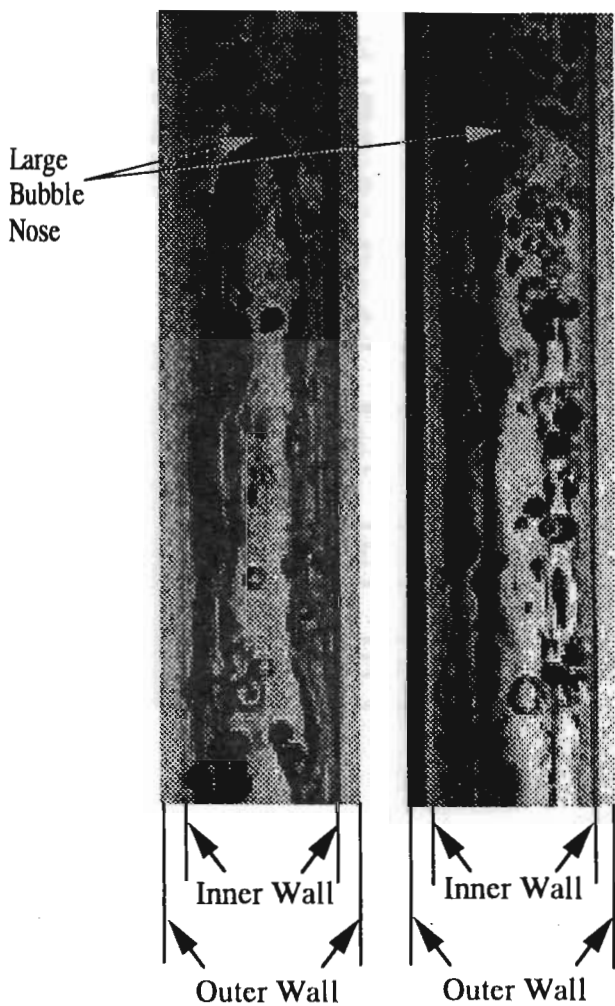
Gas-Liquid-Solid Three-Phase Slug Flow

$D=30.6\text{mm}$   $d_S=4.17\text{mm}$   $\rho_S=2400\text{kg/m}^3$

$\langle J_G \rangle = 0.402\text{m/s}$ ,  $\langle J_L \rangle = 0.502\text{m/s}$ ,  $\langle J_S \rangle = 0.00465\text{m/s}$

$\langle \alpha_G \rangle = 0.330$ ,  $\langle \alpha_L \rangle = 0.632$ ,  $\langle \alpha_S \rangle = 0.00884$

図 2 - 2 鉛直管内固気液三相スラグ流の流動状況  
(90° 隔てた 2 方向からの画像)



Gas-Liquid-Solid Three-Phase Slug Flow

$D=30.6\text{mm}$   $d_S=4.17\text{mm}$   $\rho_S=2400\text{kg/m}^3$

$\langle J_G \rangle = 0.311\text{m/s}$ ,  $\langle J_L \rangle = 0.502\text{m/s}$ ,  $\langle J_S \rangle = 0.0198\text{m/s}$

$\langle \alpha_G \rangle = 0.263$ ,  $\langle \alpha_L \rangle = 0.600$ ,  $\langle \alpha_S \rangle = 0.0373$

図 2 - 3 鉛直管内固気液三相スラグ流の流動状況  
(固相体積率が大きい場合)

### 第3章の表

表3-1 固体粒子の諸特性

Mean Diameter, $d_s$ [mm]	1.14	2.57	4.17	2.96
Standard Deviation of $d_s$ [mm]	0.0744	0.101	0.230	0.109
Sphericity [%]	2.81	6.02	5.20	5.73
Material	Aluminum Ceramics			Aluminum
Density, $\rho_s$ [kg/m <sup>3</sup> ]	2270	2380	2400	2640
Terminal Settling Velocity, $V_{ST}$ [m/s]	0.148	0.306	0.432	0.375
Particle Reynolds Number, $Re_{ST}$ [-]	170	792	1820	1120
Drag Coefficient, $C_{DST}$ [-]	0.866	0.498	0.409	0.453

表3-2 モーノポンプ諸元

	Pump(a)	Pump(b)	Pump(c)
Model	2NE30A	2NE30A	2NE20A
Stator Direction	Vertical	Horizontal	Horizontal
Pumping Rate	0.2~7.2 m <sup>3</sup> /h	0.2~7.2 m <sup>3</sup> /h	0.1~1.0 m <sup>3</sup> /h
Discharge Pressure	10 kg/cm <sup>2</sup>	10 kg/cm <sup>2</sup>	10 kg/cm <sup>2</sup>
Maker	Heishin Engineering and Equipment Co. Ltd.		

表3-3 オイルフリーコンプレッサ諸元

Model	PO-2.2UTA
Maximum Pressure	8.5 kg/cm <sup>2</sup>
Maximum Air Rate	14.1 m <sup>3</sup> /h
Type of Operation	Automatic Unloader Type
Maker	Hitachi Co. Ltd.

表 3 - 4 各相体積率、圧力降下実験のD,  $d_s$

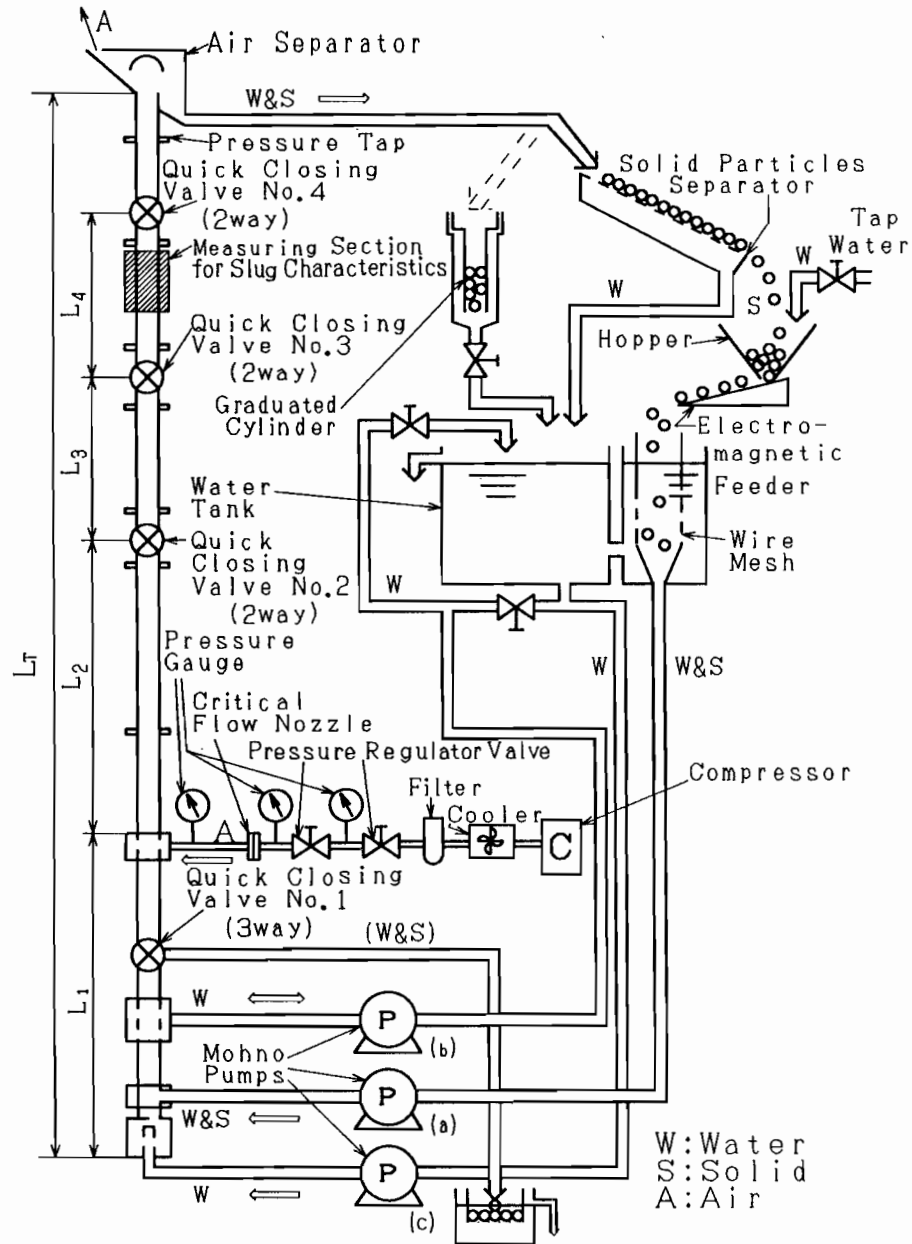
		D(mm)		
		20.9	30.6	50.4
$d_s$ (mm)	1.14 (Ceramic)	○	○	○
	2.57 (Ceramic)	○	○	○
	4.17 (Ceramic)	○	○	
	2.96 (Aluminum)	○	○	

表 3 - 5 各相体積率、圧力降下実験の測定範囲

$\langle J_G \rangle$	0、0.285~0.899 m/s	$\langle \alpha_G \rangle$	0、0.196~0.549
$\langle J_L \rangle$	0.388~0.982 m/s	$\langle \alpha_L \rangle$	0.440~0.804
$\langle J_S \rangle$	0、0.00429~0.0601 m/s	$\langle \alpha_S \rangle$	0、0.00530~0.0721



### 第3章の図



D (mm)	L <sub>T</sub> (mm)	L <sub>1</sub> (mm)	L <sub>2</sub> (mm)	L <sub>3</sub> (mm)	L <sub>4</sub> (mm)
20.9	9820	853	3599	2002	2020
30.6	9965	974	3583	2003	2002
50.4	9954	1138	3443	2003	1995

図3-1 実験装置の概略

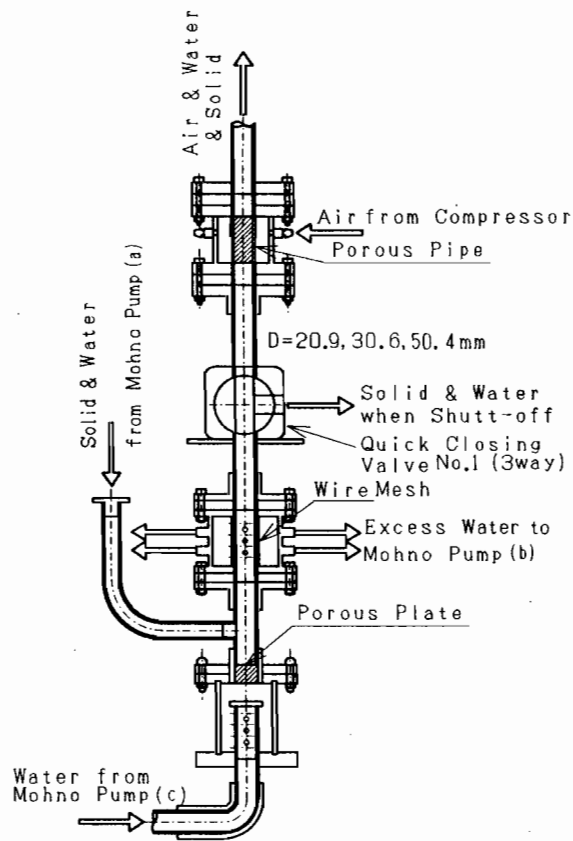


图 3-2 各相混合部

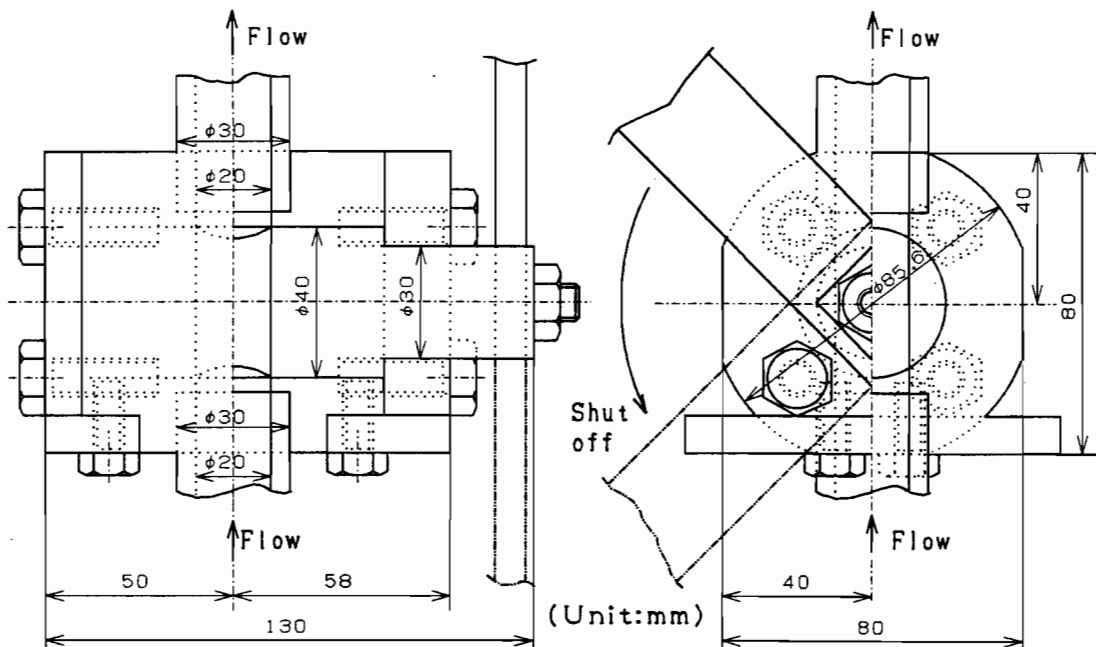


图 3-3 締切弁

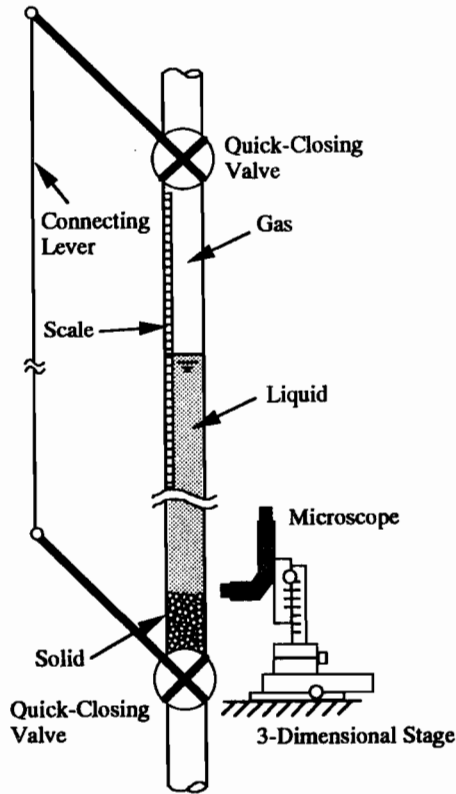


図 3 - 4 締切弁作動時の状態

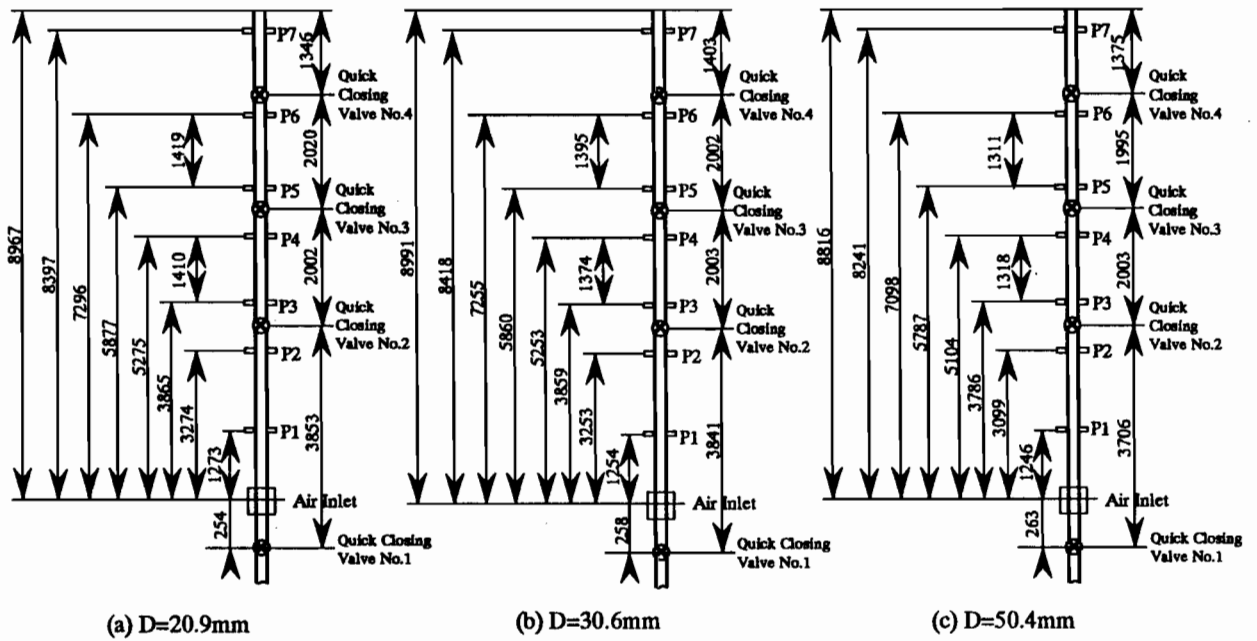


図 3 - 5 静圧タップ取り付け位置

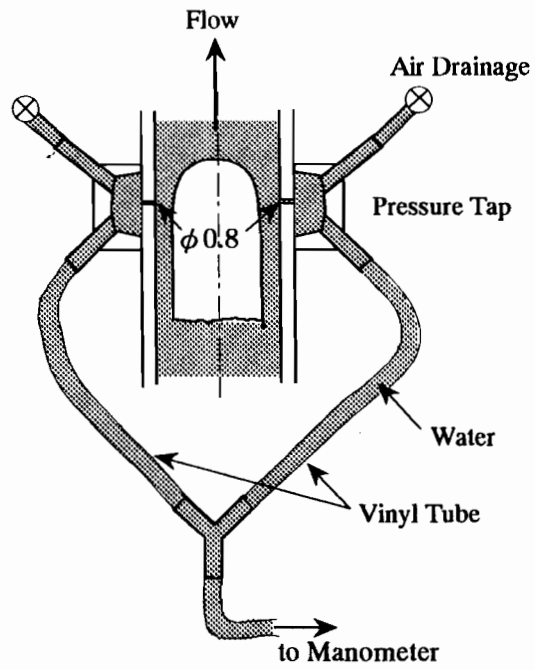


図 3 - 6 静圧タップ

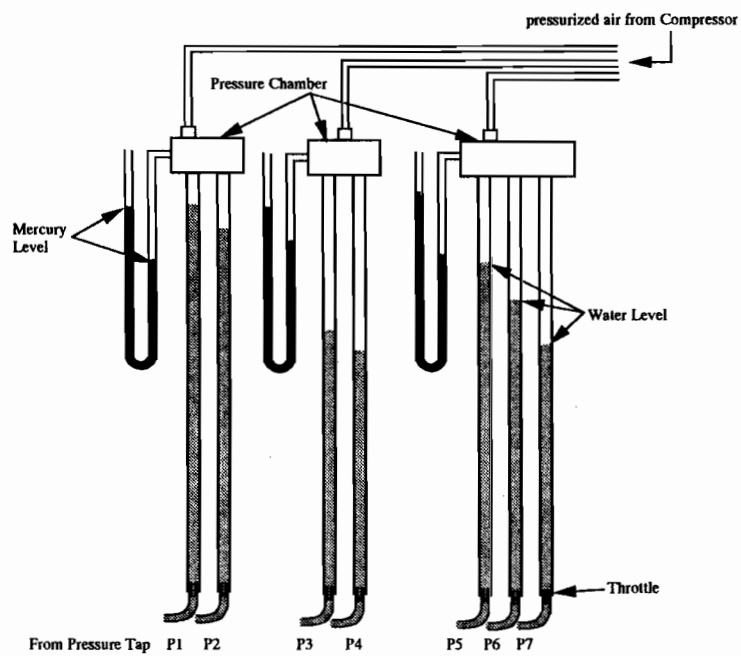


図 3 - 7 マノメータ

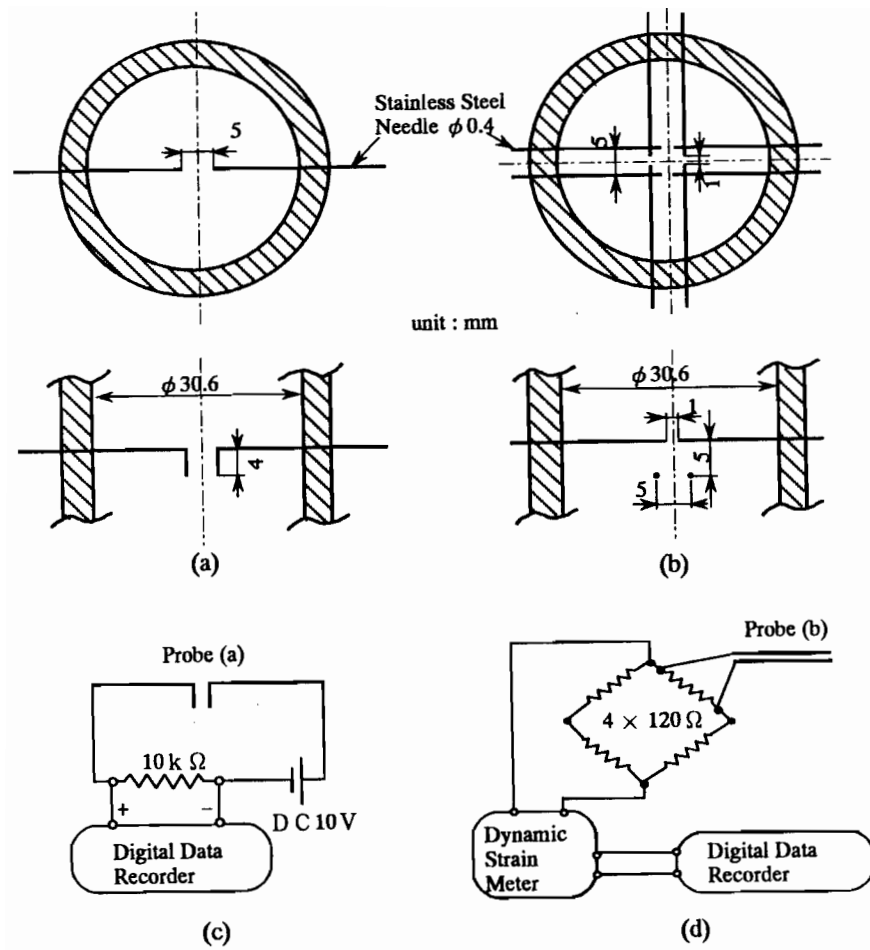


図 3 - 8 電極とその回路

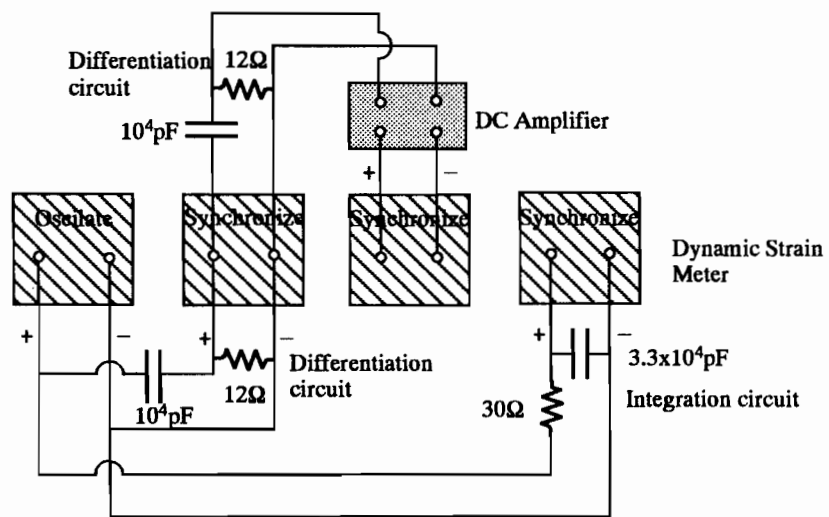
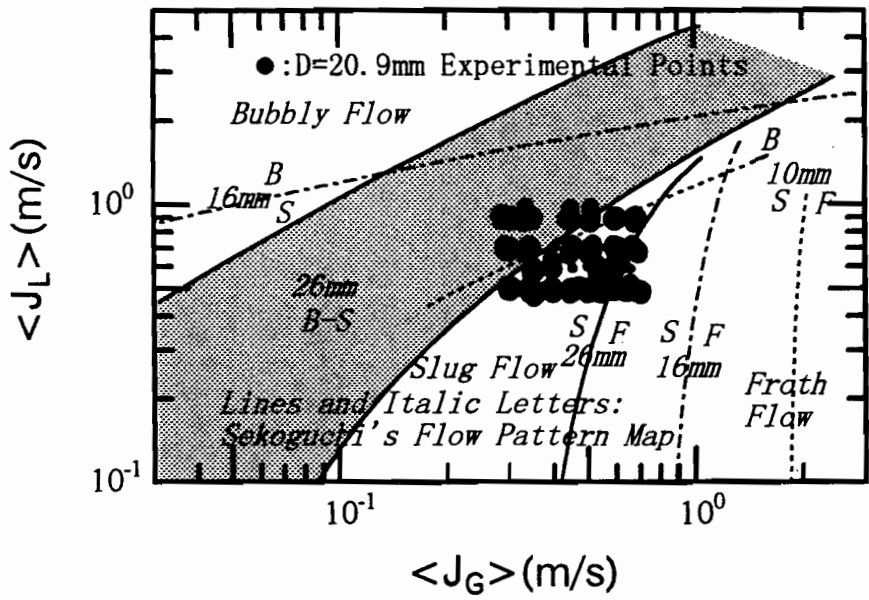
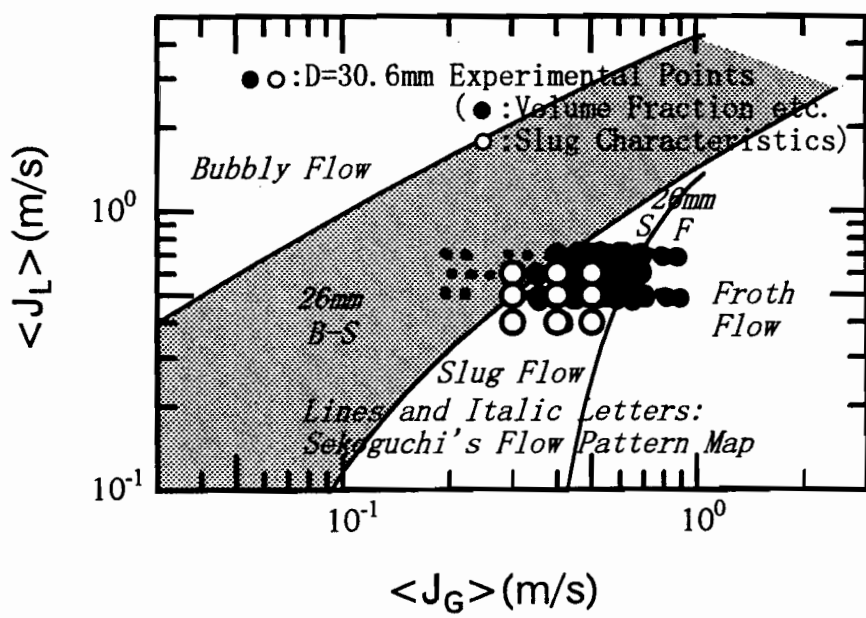


図 3 - 9 電極(b)の搬送波発信回路

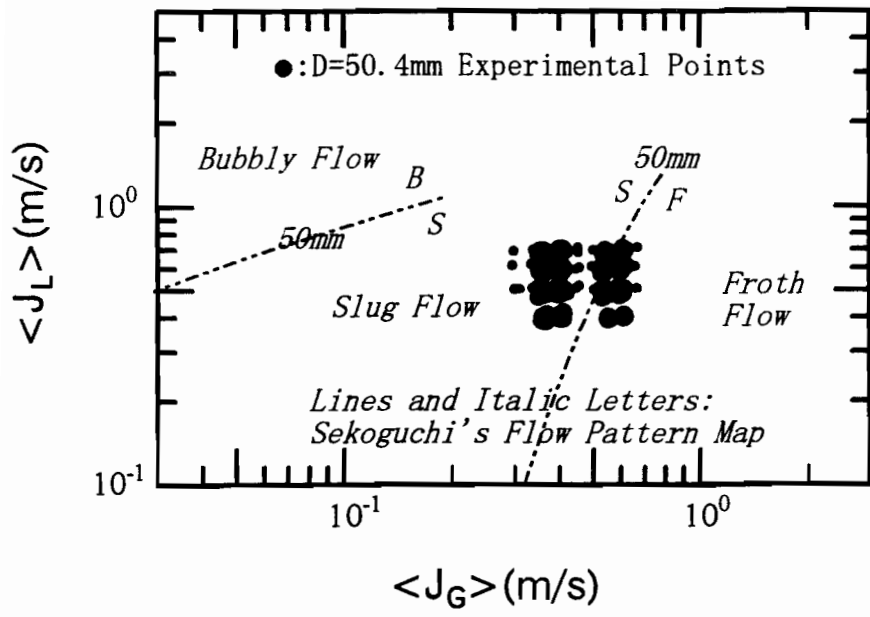


(a)



(b)

図3-10 実験条件 (世古口線図<sup>(2)</sup>上への表示)



(c)

図 3-10 実験条件 (世古口線図<sup>(2)</sup>上への表示)

## 第4章の表

表4-1  $\langle J_T \rangle - \langle \alpha_G \rangle$ 線図上のパターン

(a) $D=20.9\text{mm}$ 、 $d_s=2.57\text{mm}$				(b) $D=30.6\text{mm}$ 、 $d_s=4.17\text{mm}$			
$\langle J_L \rangle \backslash \langle J_G \rangle$	0.30	0.45	0.60	$\langle J_L \rangle \backslash \langle J_G \rangle$	0.30	0.40	0.50
0.50	II	I	I	0.40	I	I	I
0.70	II	I	I	0.50	I	I	I
0.90	II	II	V	0.60	I	I	I

表4-2  $\langle J_T \rangle - \langle \alpha_L \rangle$ 線図上のパターン

(a) $D=20.9\text{mm}$ 、 $d_s=2.57\text{mm}$				(b) $D=30.6\text{mm}$ 、 $d_s=4.17\text{mm}$			
$\langle J_L \rangle \backslash \langle J_G \rangle$	0.30	0.45	0.60	$\langle J_L \rangle \backslash \langle J_G \rangle$	0.30	0.40	0.50
0.50	I	V	II	0.40	I	II	IV
0.70	I	I	V	0.50	I	V	III
0.90	I	I	I	0.60	I	I	II

表4-3  $\langle J_T \rangle - \overline{V}_G$ 線図上のパターン

(a) $D=20.9\text{mm}$ 、 $d_s=2.57\text{mm}$				(b) $D=30.6\text{mm}$ 、 $d_s=4.17\text{mm}$			
$\langle J_L \rangle \backslash \langle J_G \rangle$	0.30	0.45	0.60	$\langle J_L \rangle \backslash \langle J_G \rangle$	0.30	0.40	0.50
0.50	II	I	I	0.40	I	I	I
0.70	II	I	I	0.50	I	I	I
0.90	II	II	V	0.60	I	I	I



表4-4  $\langle J_T \rangle - \overline{V}_L$  線図上のパターン

(a) $D=20.9\text{mm}$ 、 $d_s=2.57\text{mm}$				(b) $D=30.6\text{mm}$ 、 $d_s=4.17\text{mm}$			
$\langle J_L \rangle \backslash \langle J_G \rangle$	0.30	0.45	0.60	$\langle J_L \rangle \backslash \langle J_G \rangle$	0.30	0.40	0.50
0.50	I	V	II	0.40	I	II	III & IV
0.70	I	I	V	0.50	I	V	III & IV
0.90	I	I	I	0.60	I	I	II

第4章の図

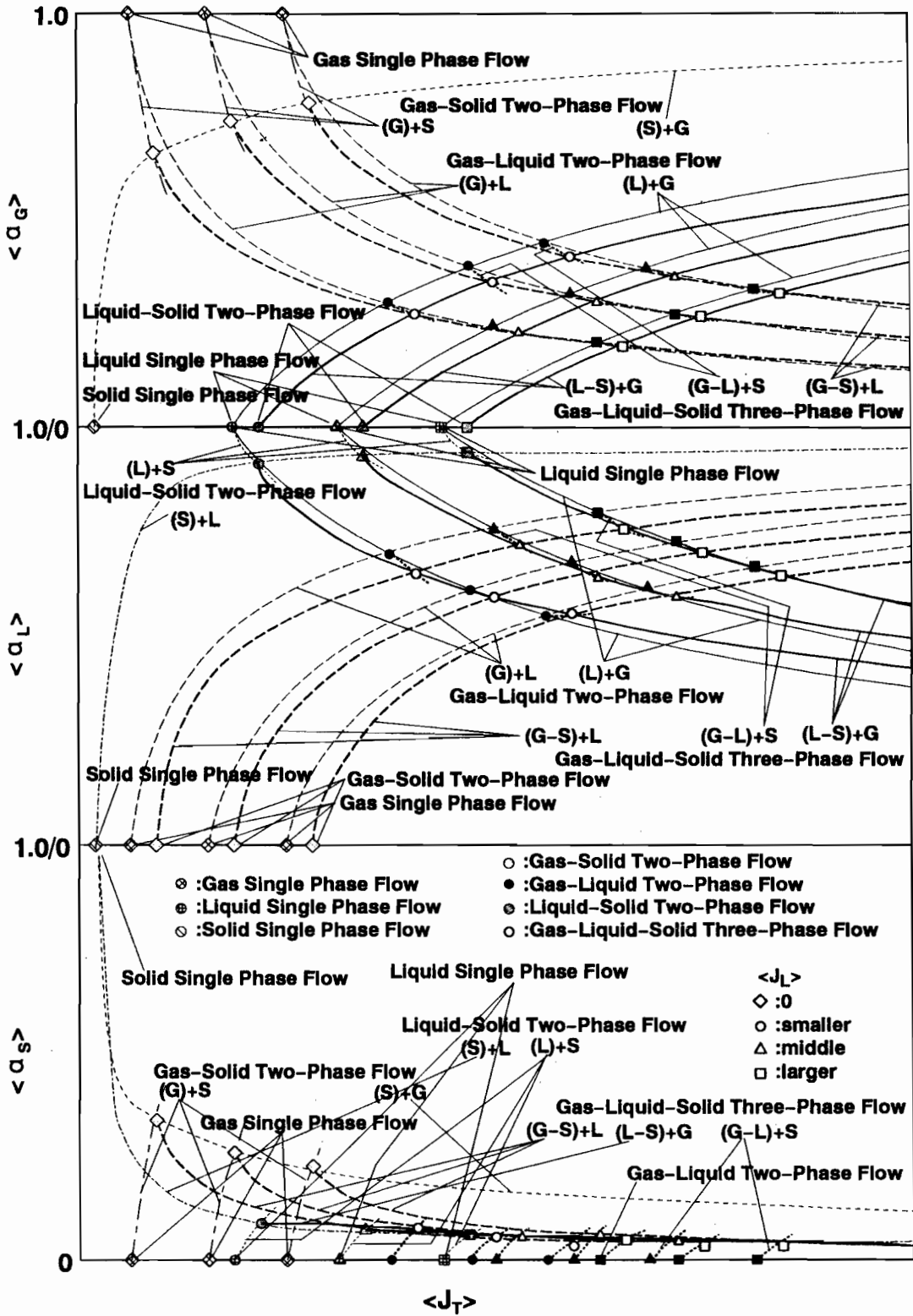
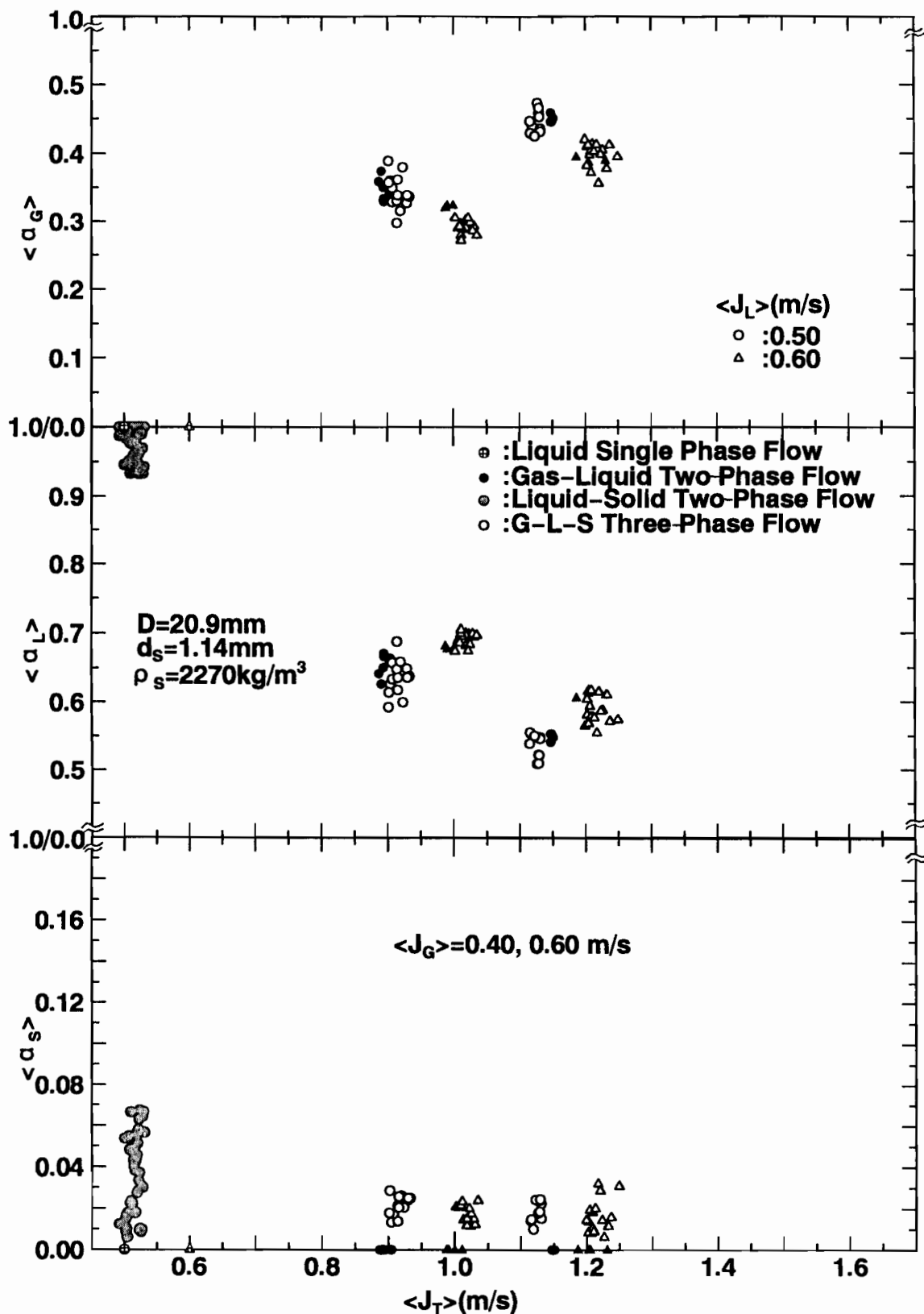
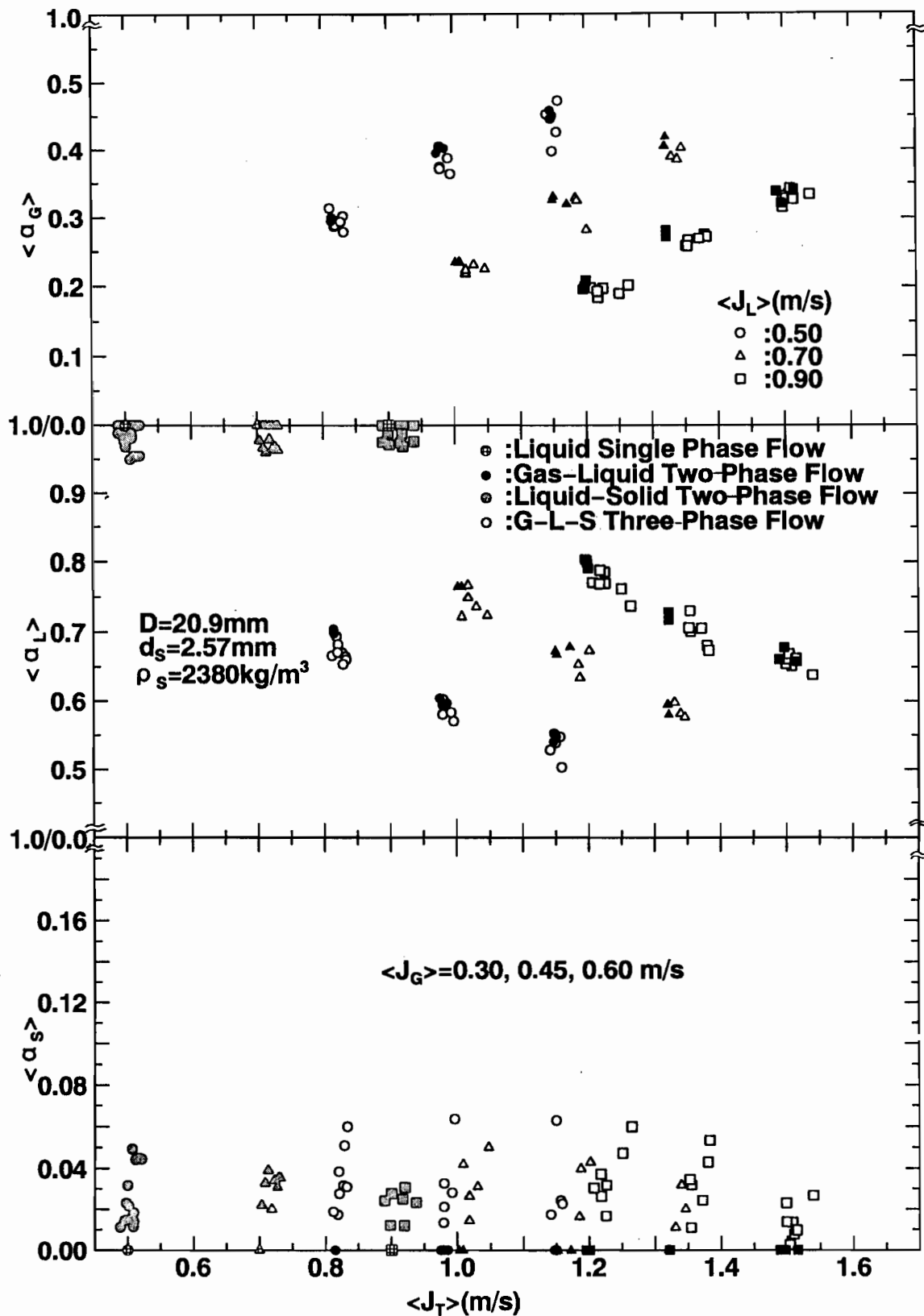


図4-1  $\langle J_T \rangle - \langle \alpha_i \rangle$  関係の模式図



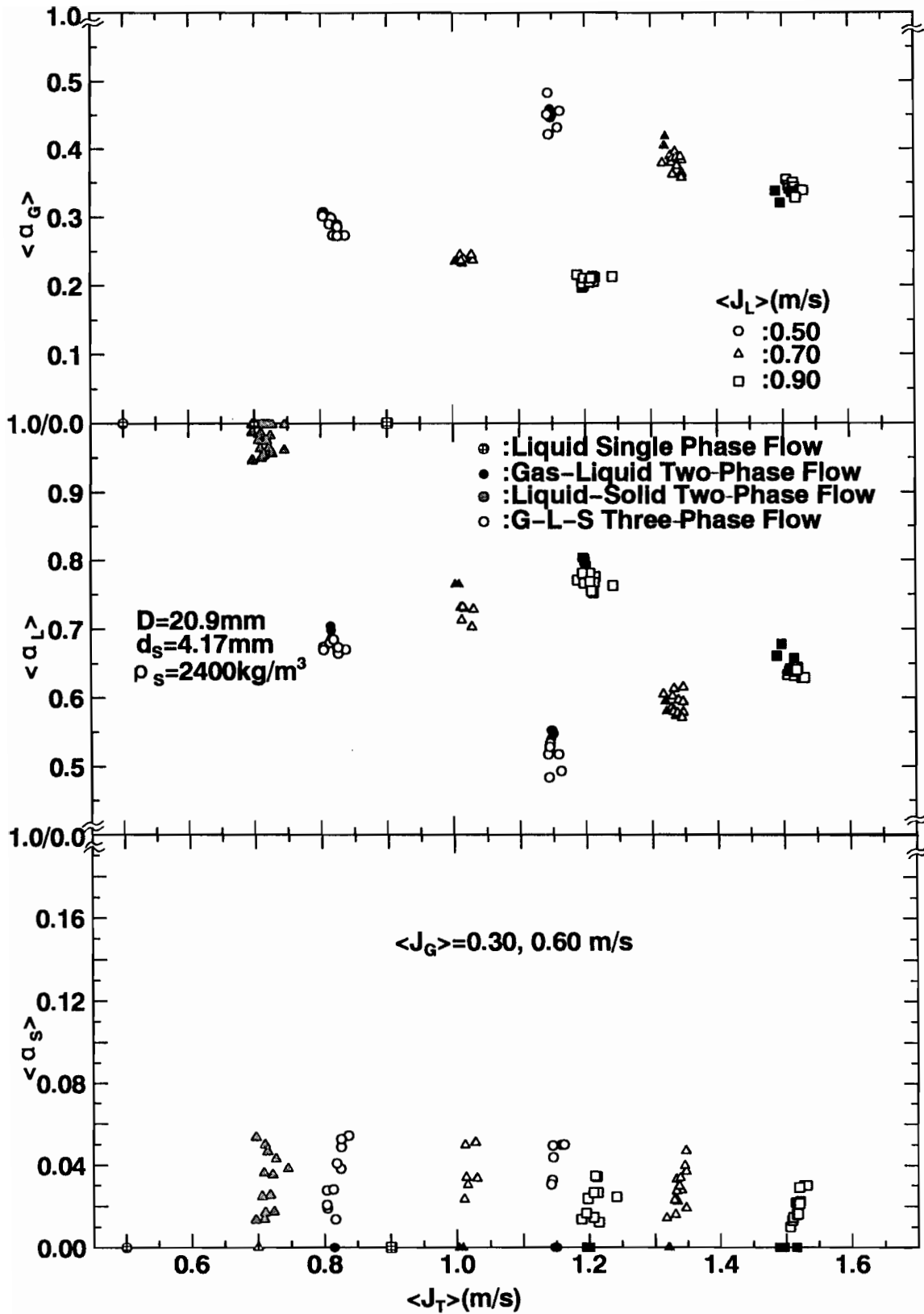
(a)  $D=20.9\text{mm}$ 、 $d_s=1.14\text{mm}$ 、 $\rho_s=2270\text{kg/m}^3$

図4-2  $\langle J_T \rangle - \langle \alpha_i \rangle$ 平面上における各相体積率の測定結果



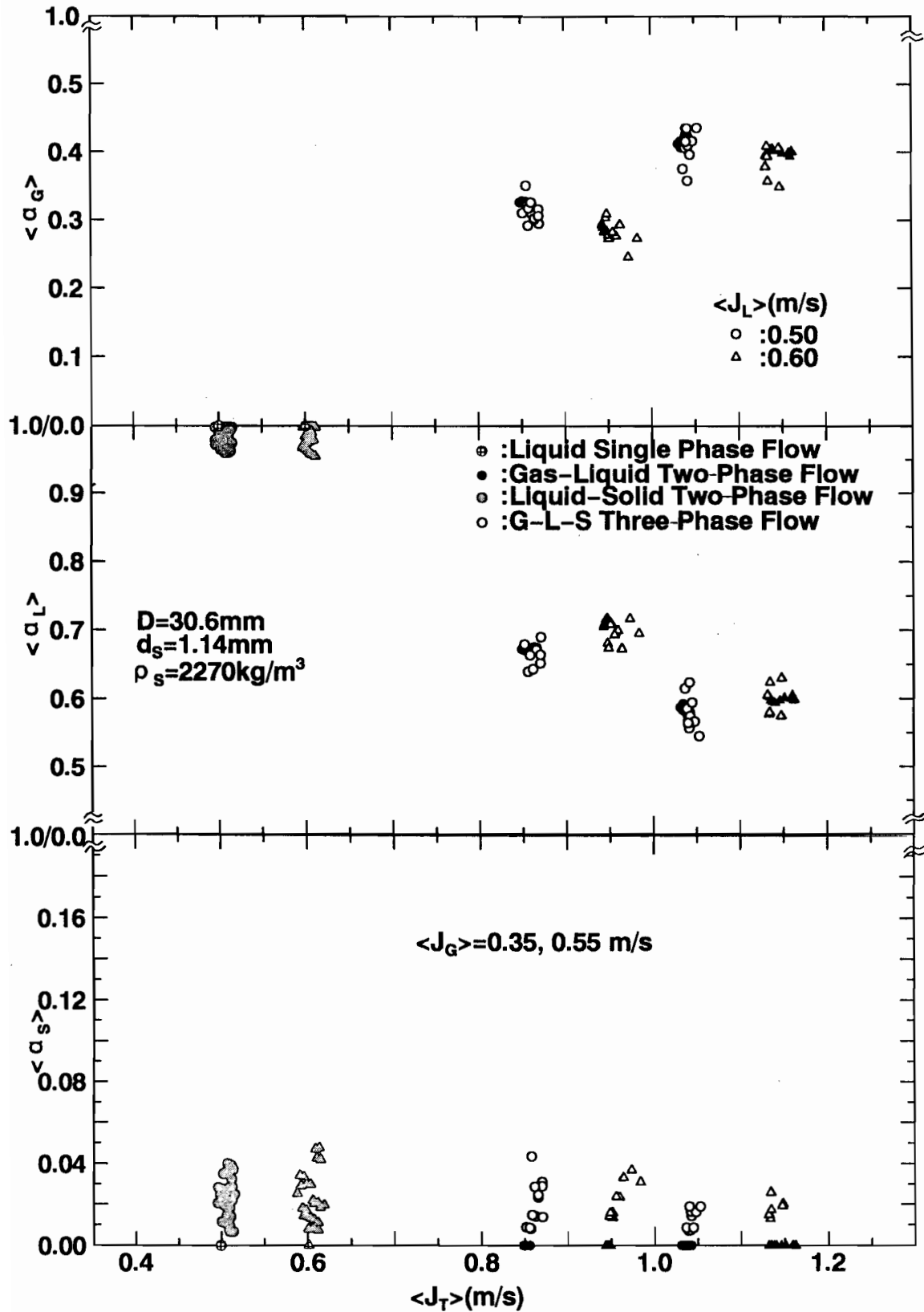
(b)  $D=20.9\text{mm}$ 、 $d_s=2.57\text{mm}$ 、 $\rho_s=2380\text{kg/m}^3$

図 4-2  $\langle J_T \rangle - \langle \alpha_i \rangle$ 平面上における各相体積率の測定結果



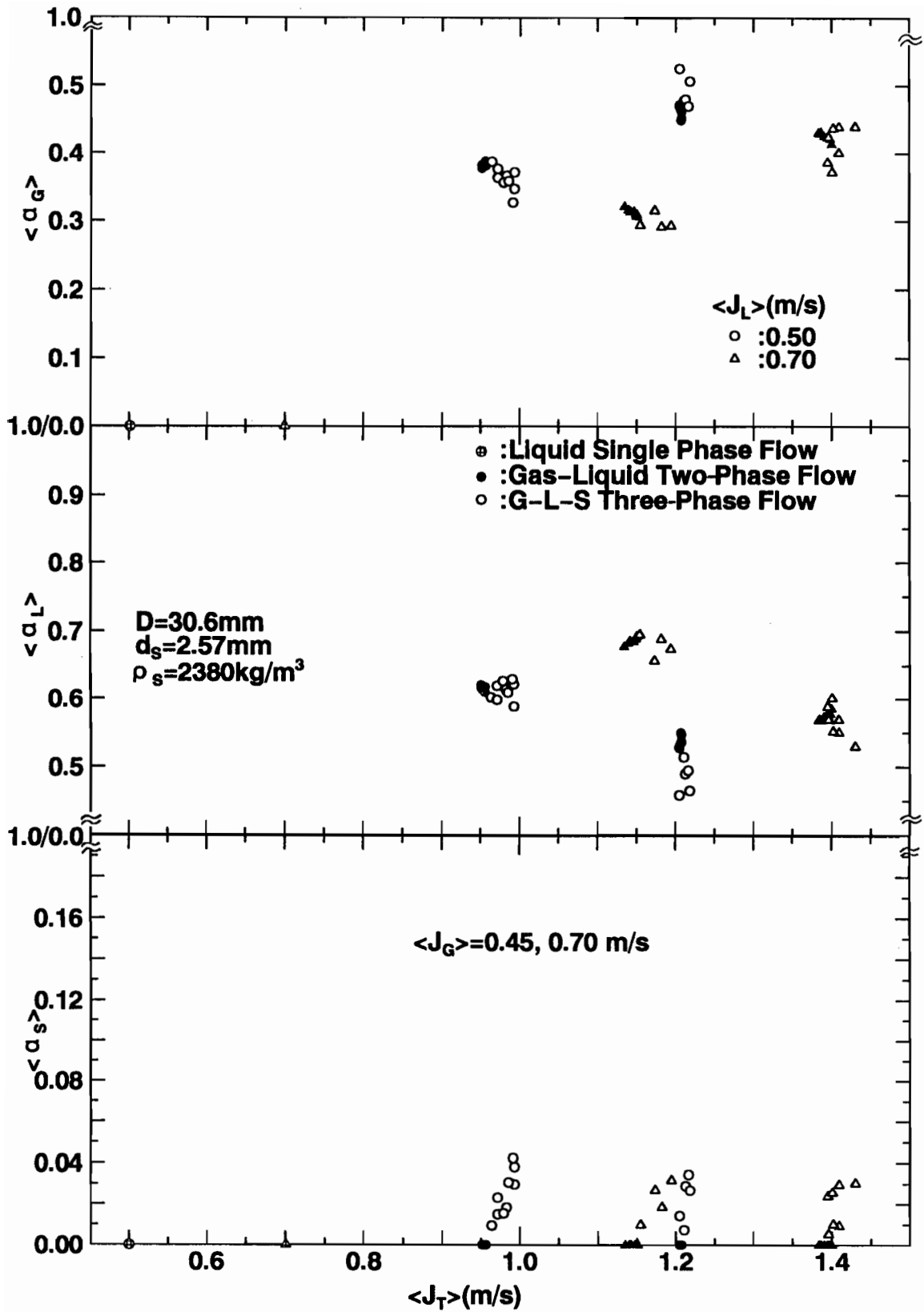
(c)  $D=20.9\text{mm}$ 、 $d_s=4.17\text{mm}$ 、 $\rho_s=2400\text{kg/m}^3$

図4-2  $\langle J_T \rangle - \langle \alpha_i \rangle$ 平面上における各相体積率の測定結果



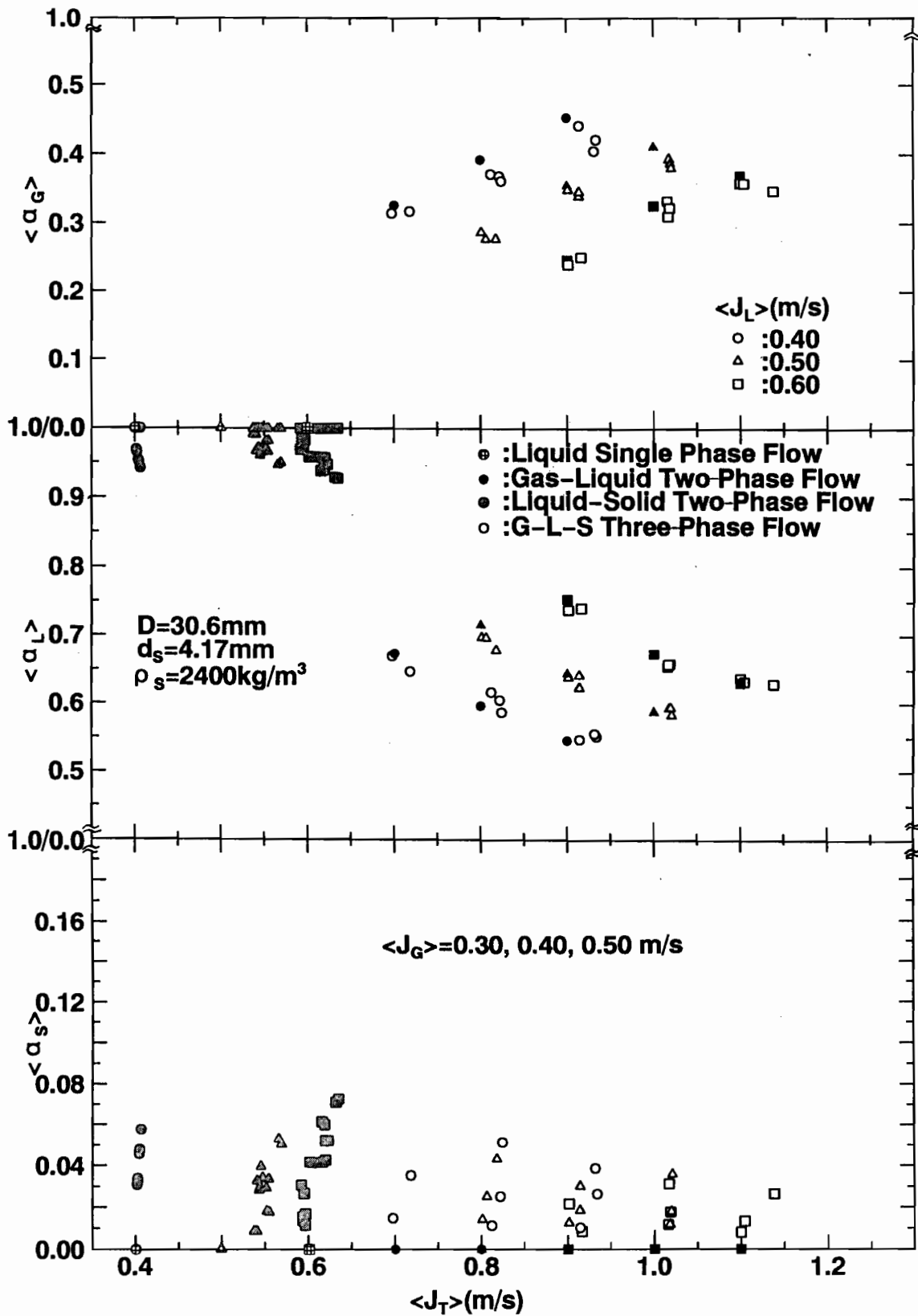
(d)  $D=30.6\text{mm}$ 、 $d_s=1.14\text{mm}$ 、 $\rho_s=2270\text{kg/m}^3$

図 4 - 2  $\langle J_T \rangle - \langle \alpha_i \rangle$  平面上における各相体積率の測定結果



(e)  $D=30.6\text{mm}$ 、 $d_s=2.57\text{mm}$ 、 $\rho_s=2380\text{kg/m}^3$

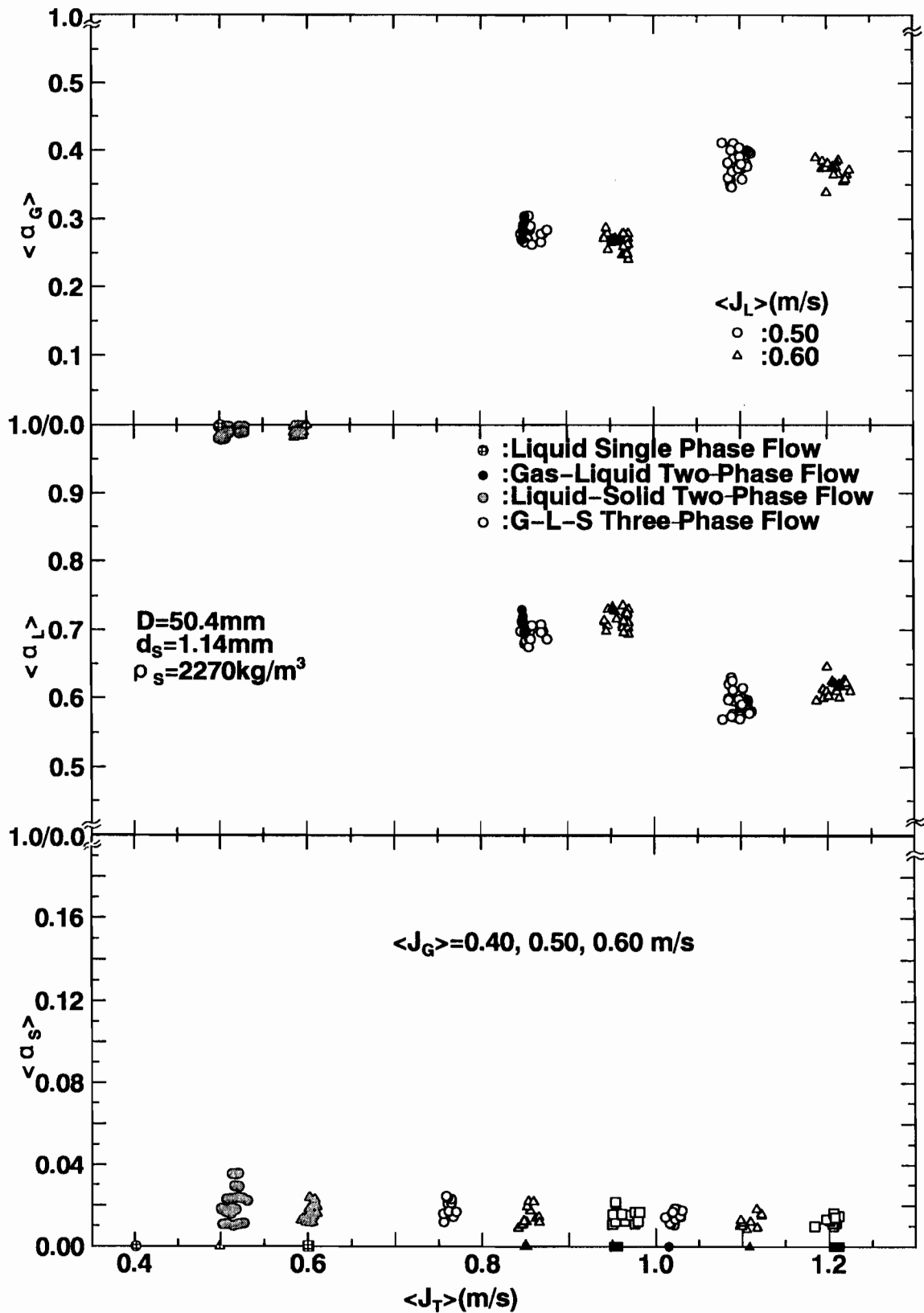
図4-2  $\langle J_T \rangle - \langle \alpha_i \rangle$ 平面上における各相体積率の測定結果



(f)  $D=30.6\text{mm}$ 、 $d_s=4.17\text{mm}$ 、 $\rho_s=2400\text{kg/m}^3$

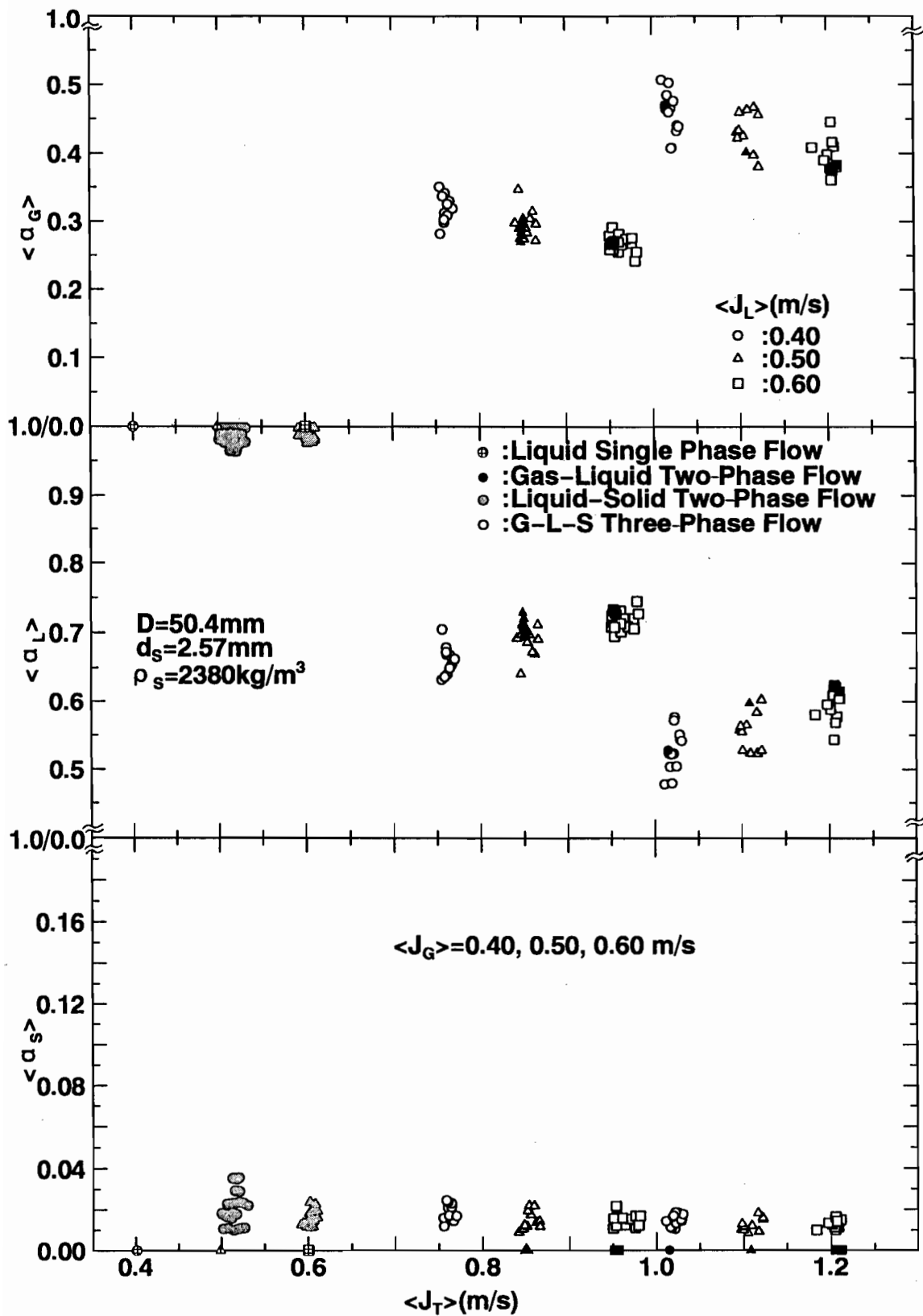
図4-2  $\langle J_T \rangle - \langle \alpha_i \rangle$ 平面上における各相体積率の測定結果





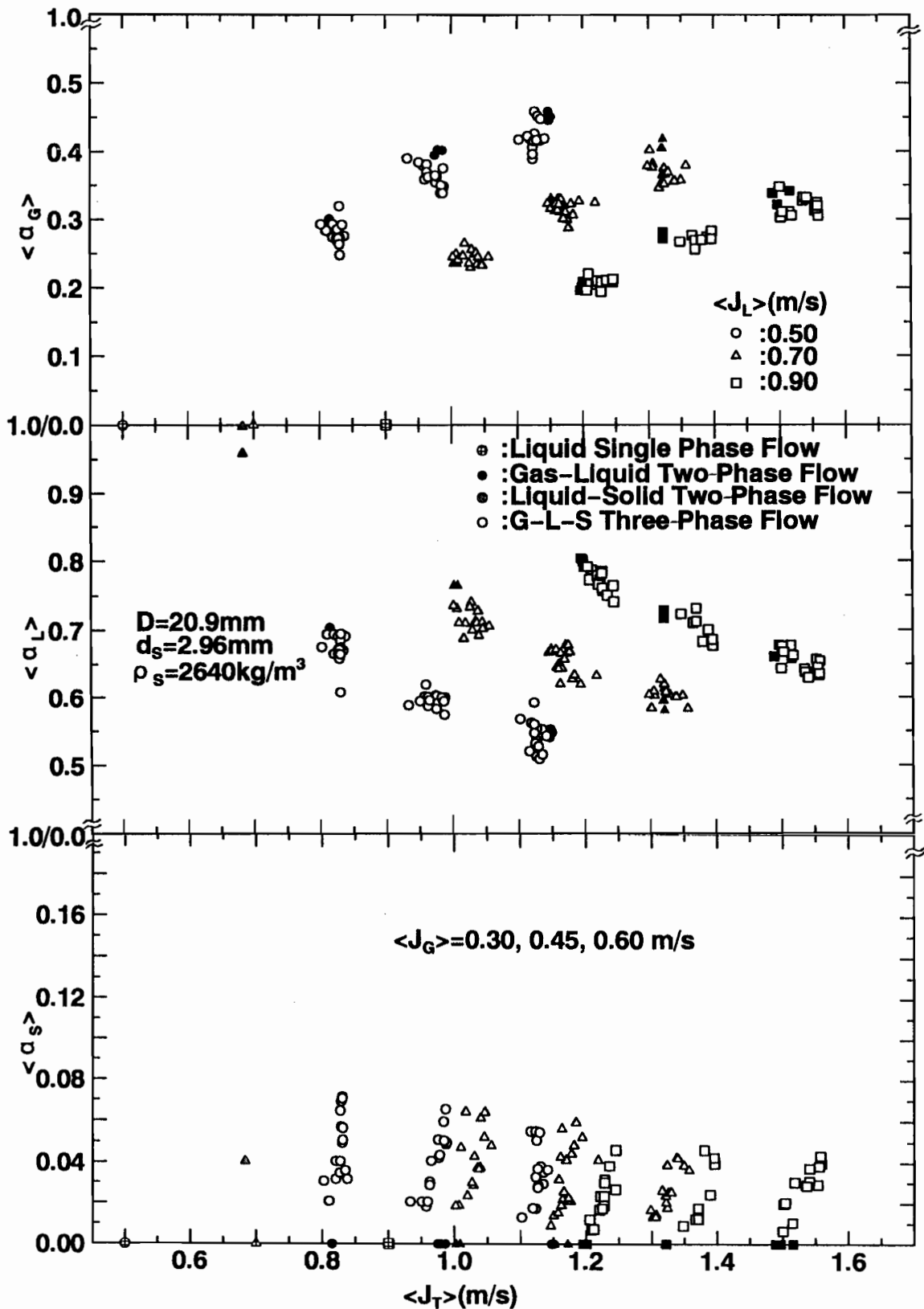
(g)  $D=50.4\text{mm}$ 、 $d_s=1.14\text{mm}$ 、 $\rho_s=2270\text{kg/m}^3$

図4-2  $\langle J_T \rangle - \langle \alpha_i \rangle$ 平面上における各相体積率の測定結果



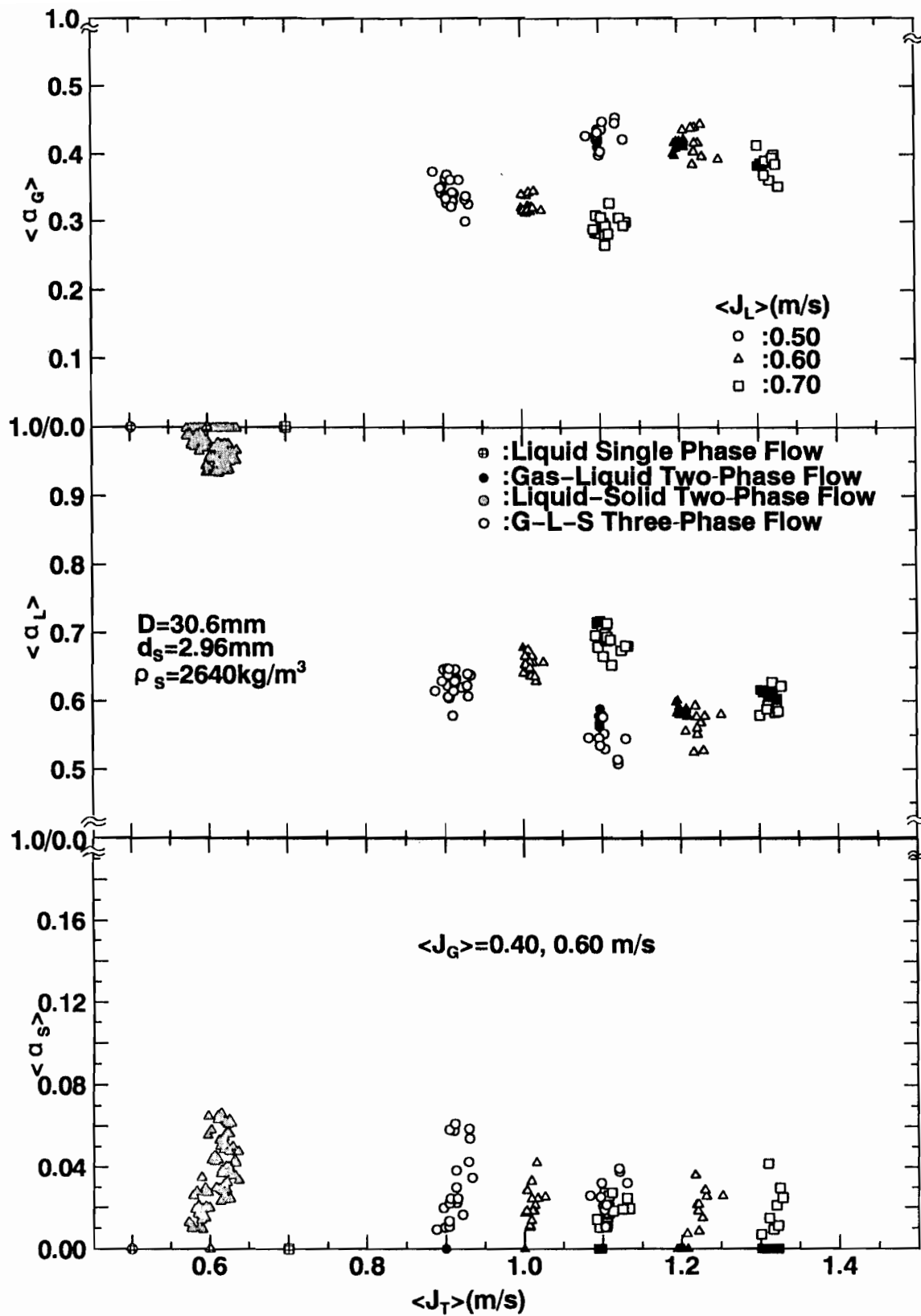
(h)  $D=50.4\text{mm}$ 、 $d_s=2.57\text{mm}$ 、 $\rho_s=2380\text{kg/m}^3$

図4-2  $\langle J_T \rangle - \langle \alpha_i \rangle$ 平面上における各相体積率の測定結果



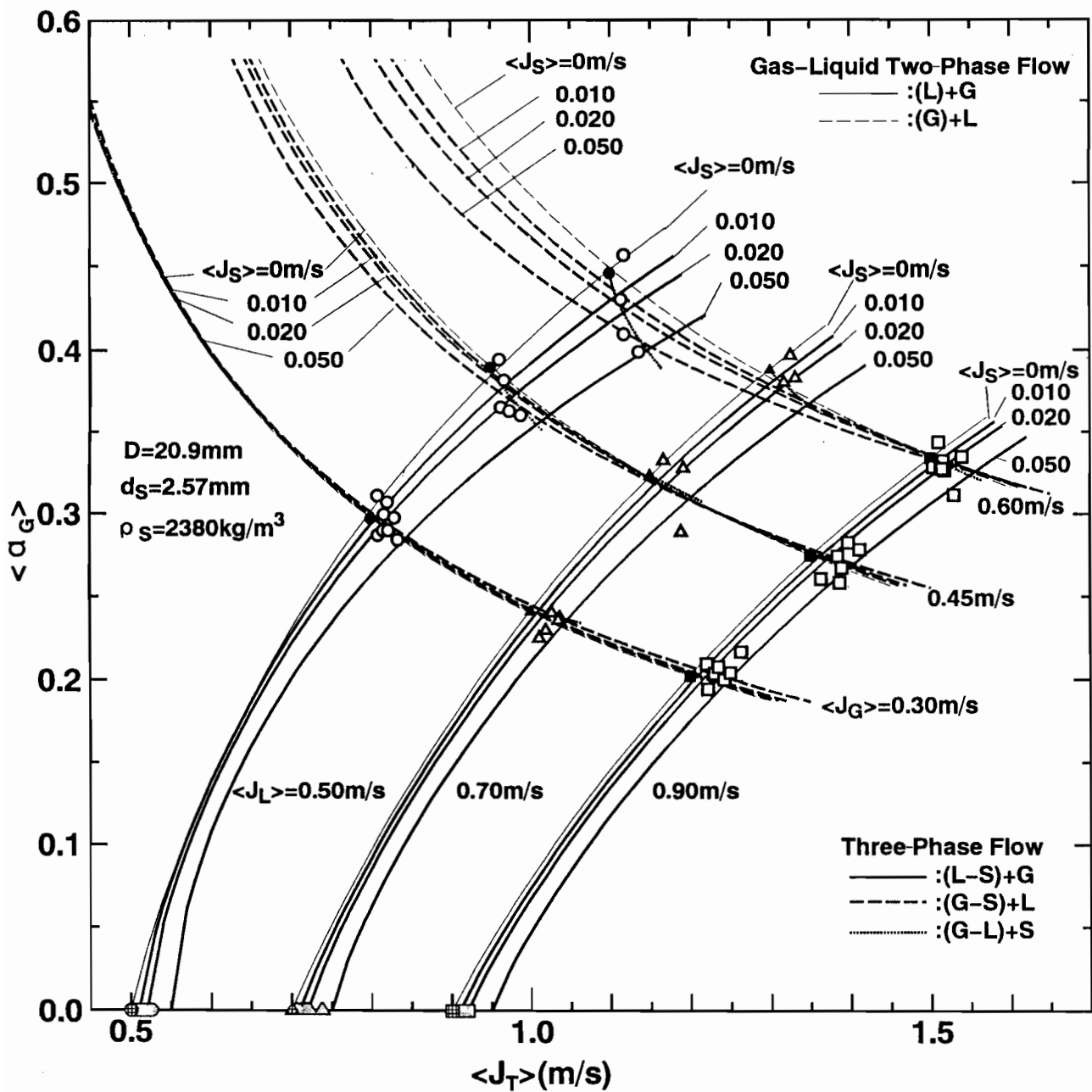
(i)  $D=20.9\text{mm}$ 、 $d_s=2.96\text{mm}$ 、 $\rho_s=2640\text{kg/m}^3$

図4-2  $\langle J_T \rangle - \langle \alpha_i \rangle$ 平面上における各相体積率の測定結果



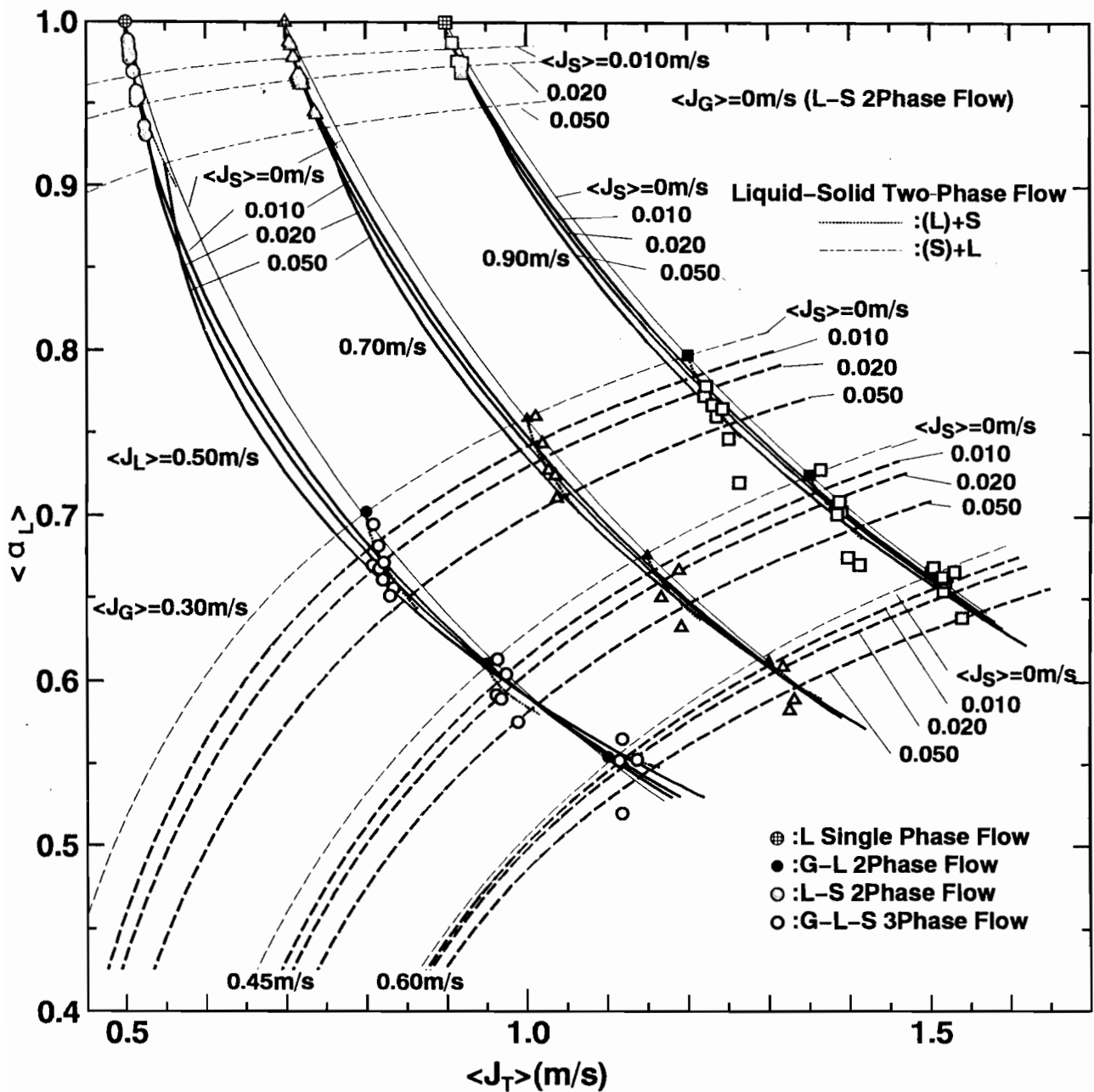
(j)  $D=30.6 \text{ mm}$ 、 $d_s=2.96 \text{ mm}$ 、 $\rho_s=2640 \text{ kg/m}^3$

図 4-2  $\langle J_T \rangle - \langle \alpha_i \rangle$  平面上における各相体積率の測定結果



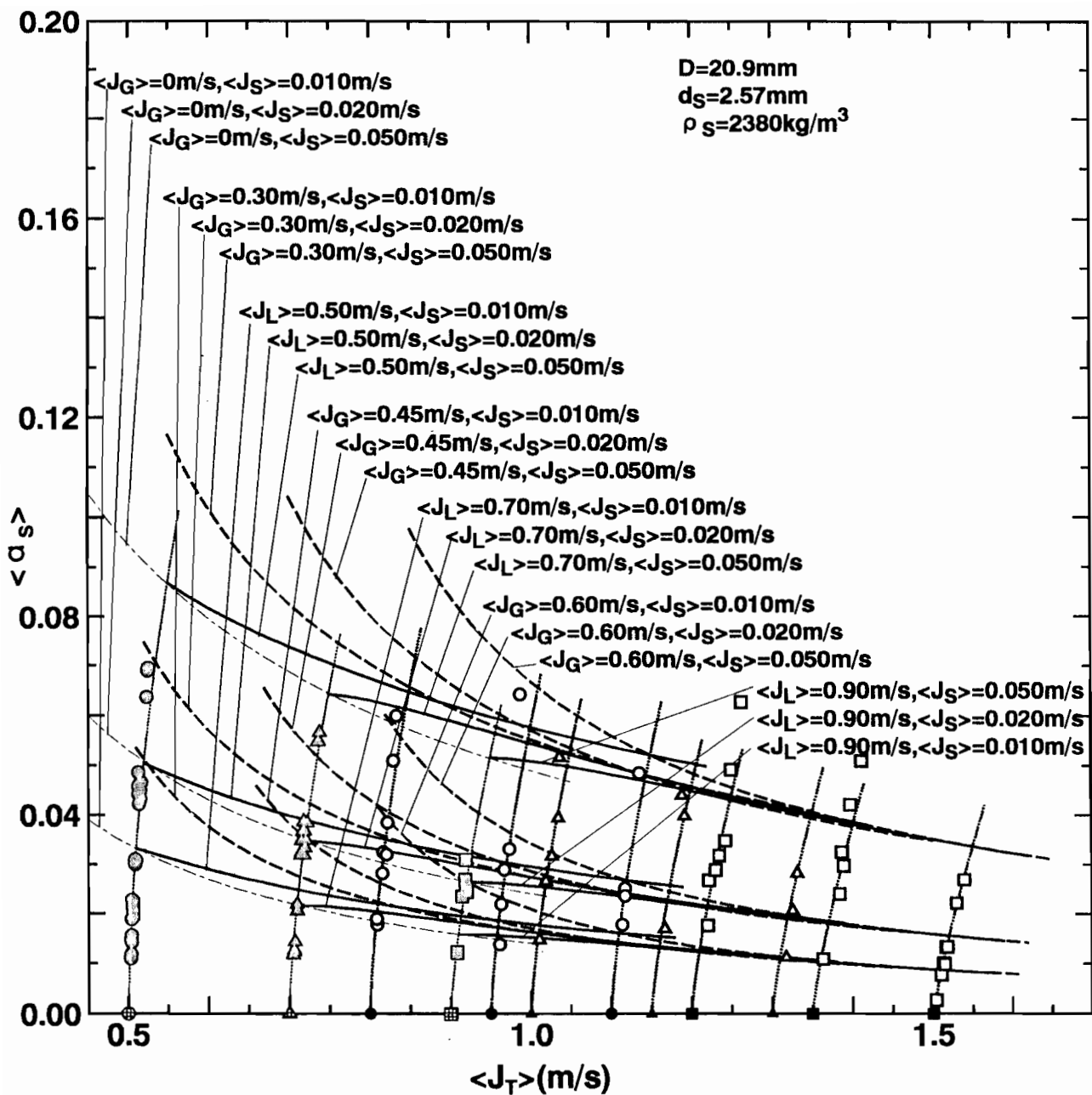
(a) 気相体積率  $\langle \alpha_G \rangle$  ( $D=20.9\text{mm}$ 、 $d_s=2.57\text{mm}$ 、 $\rho_s=2380\text{kg/m}^3$ )

図 4-3  $\langle J_T \rangle - \langle \alpha_i \rangle$  平面上における各相体積率の  
測定結果 (体積率補正值) と体積率曲線



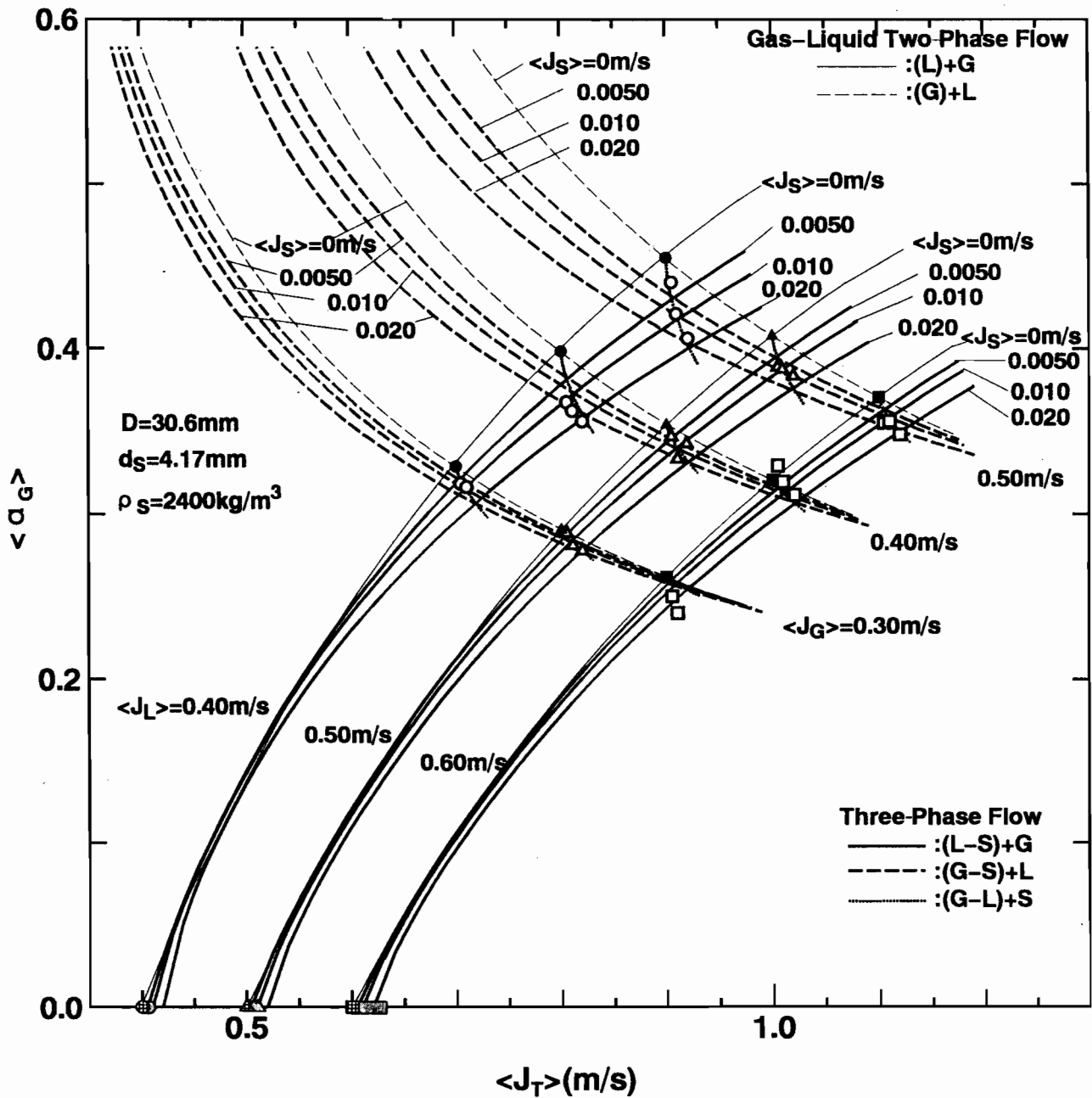
(b) 液相体積率  $\langle \alpha_L \rangle$  ( $D=20.9\text{mm}$ ,  $d_s=2.57\text{mm}$ ,  $\rho_s=2380\text{kg/m}^3$ )

図4-3  $\langle J_T \rangle - \langle \alpha_i \rangle$  平面上における各相体積率の測定結果 (体積率補正值) と体積率曲線



(c) 固相体積率  $\langle \alpha_s \rangle$  ( $D=20.9\text{mm}$ ,  $d_s=2.57\text{mm}$ ,  $\rho_s=2380\text{kg/m}^3$ )

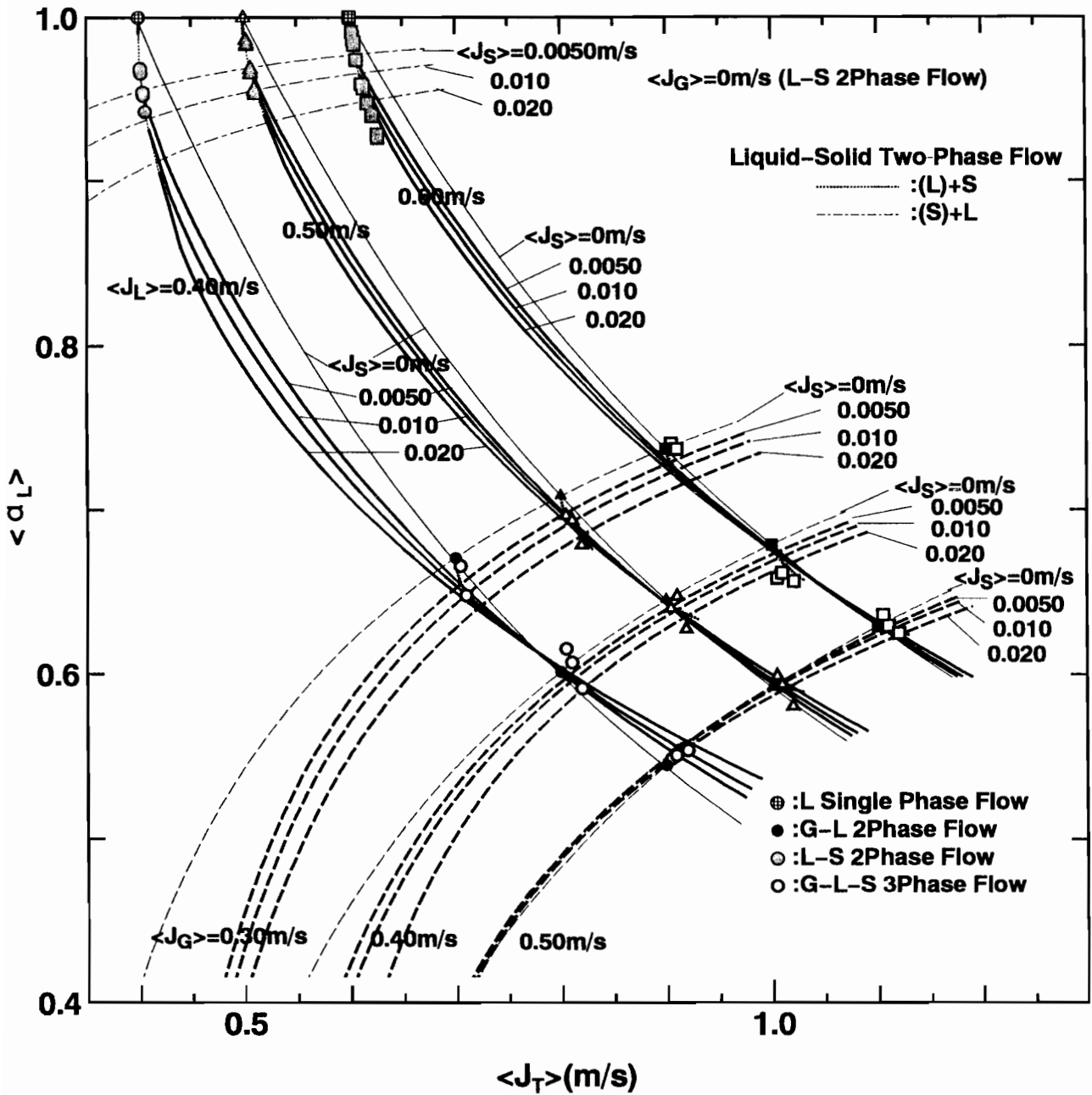
図4-3  $\langle J_T \rangle - \langle \alpha_i \rangle$ 平面上における各相体積率の測定結果(体積率補正值)と体積率曲線



(a) 気相体積率  $\langle \alpha_G \rangle$  ( $D=30.6\text{mm}$ 、 $d_s=4.17\text{mm}$ 、 $\rho_s=2400\text{kg/m}^3$ )

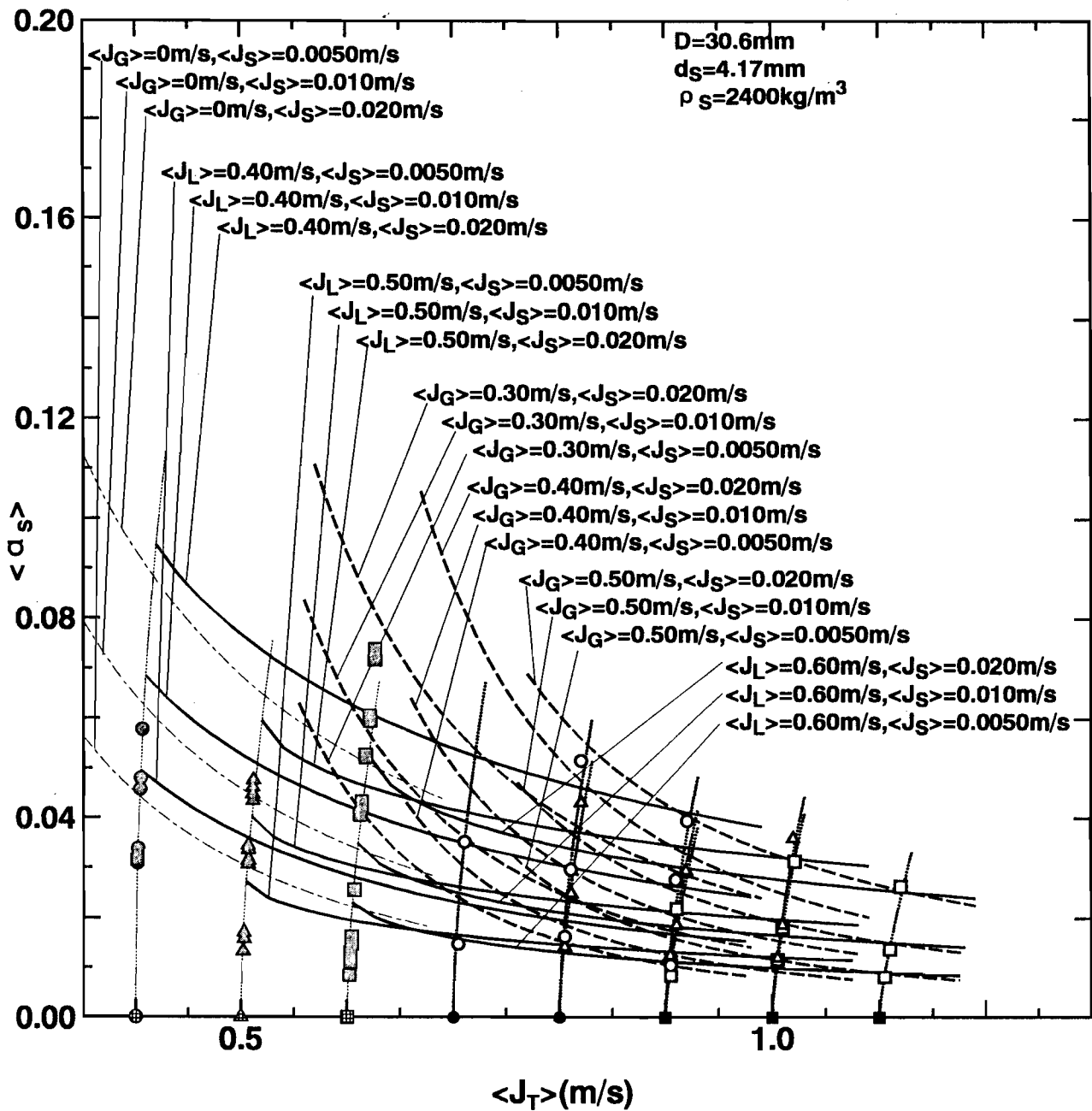
図4-4  $\langle J_T \rangle - \langle \alpha_i \rangle$ 平面上における各相体積率の測定結果(体積率補正值)と体積率曲線





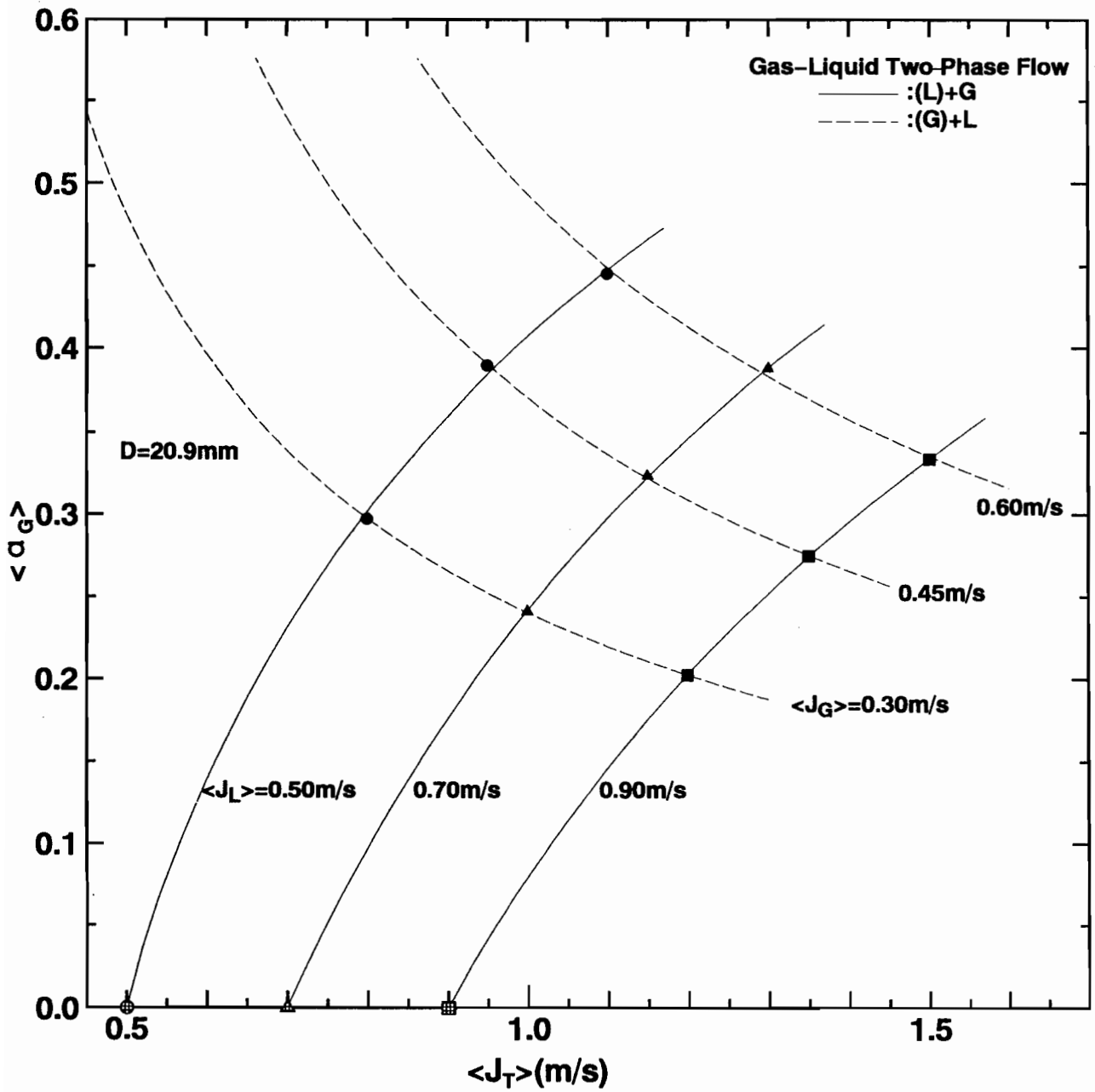
(b) 液相体積率 $\langle \alpha_L \rangle$  ( $D=30.6\text{mm}$ 、 $d_s=4.17\text{mm}$ 、 $\rho_s=2400\text{kg/m}^3$ )

図4-4  $\langle J_T \rangle - \langle \alpha_L \rangle$ 平面上における各相体積率の測定結果(体積率補正值)と体積率曲線



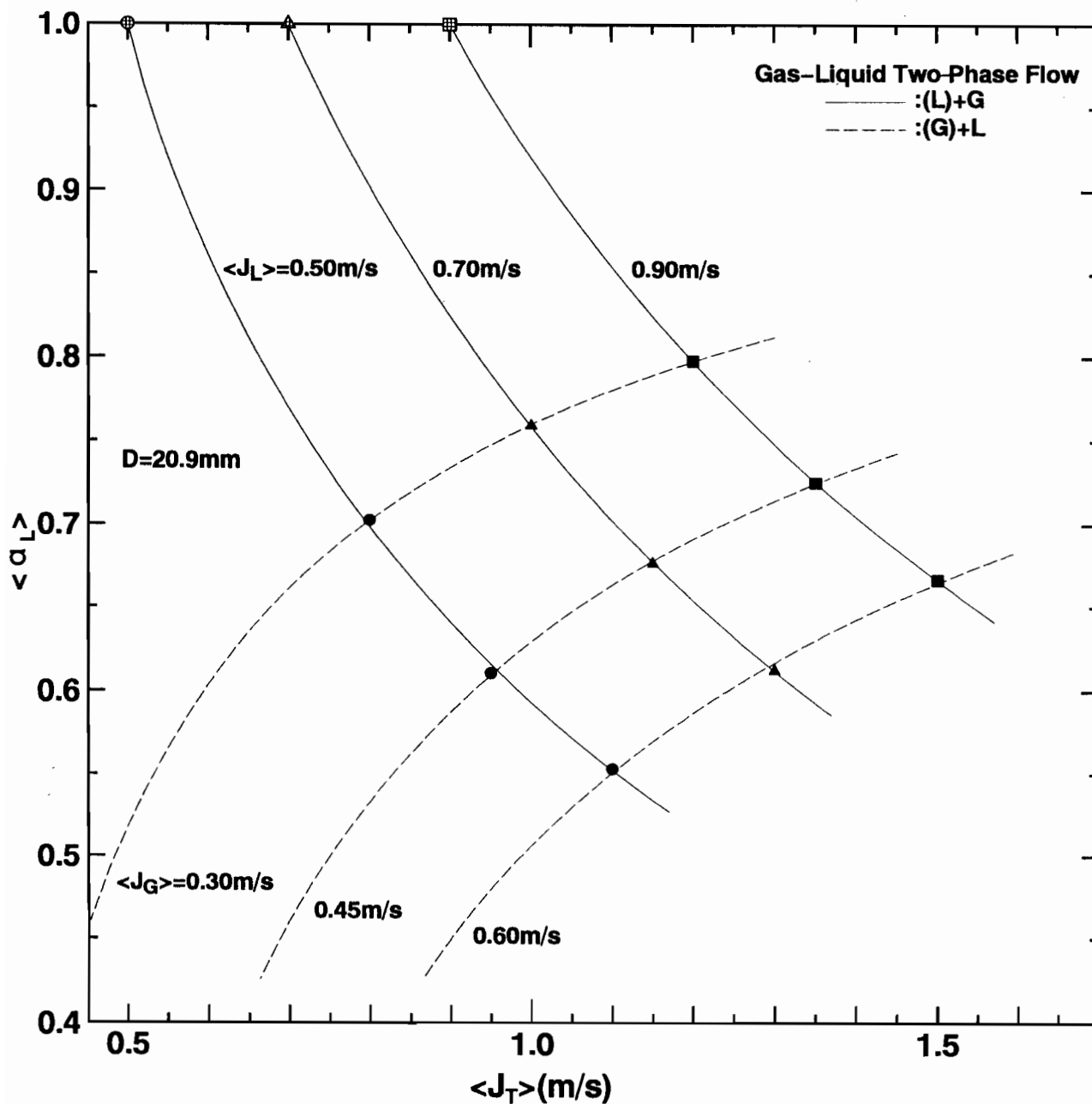
(c) 固相体積率  $\langle \alpha_s \rangle$  (  $D=30.6\text{mm}$ 、 $d_s=4.17\text{mm}$ 、 $\rho_s=2400\text{kg/m}^3$  )

図 4 - 4  $\langle J_T \rangle - \langle \alpha_i \rangle$  平面上における各相体積率の  
測定結果 (体積率補正值) と体積率曲線



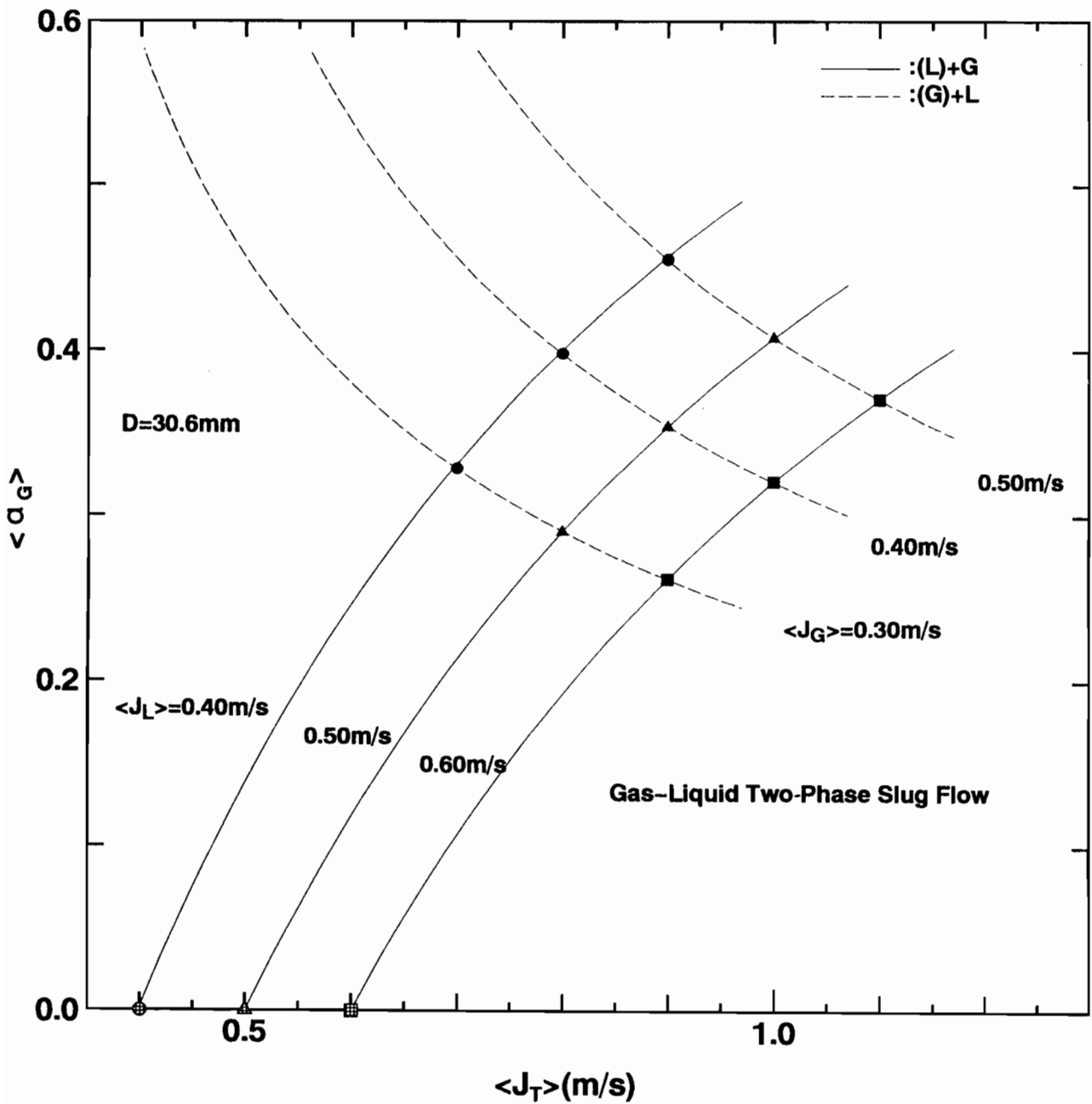
(a) 気相体積率 $\langle \alpha_G \rangle$  (  $D=20.9\text{mm}$  )

図4-5  $\langle J_T \rangle - \langle \alpha_i \rangle$ 平面上における気液二相スラグ流の各相体積率の測定結果(体積率補正值)と体積率曲線



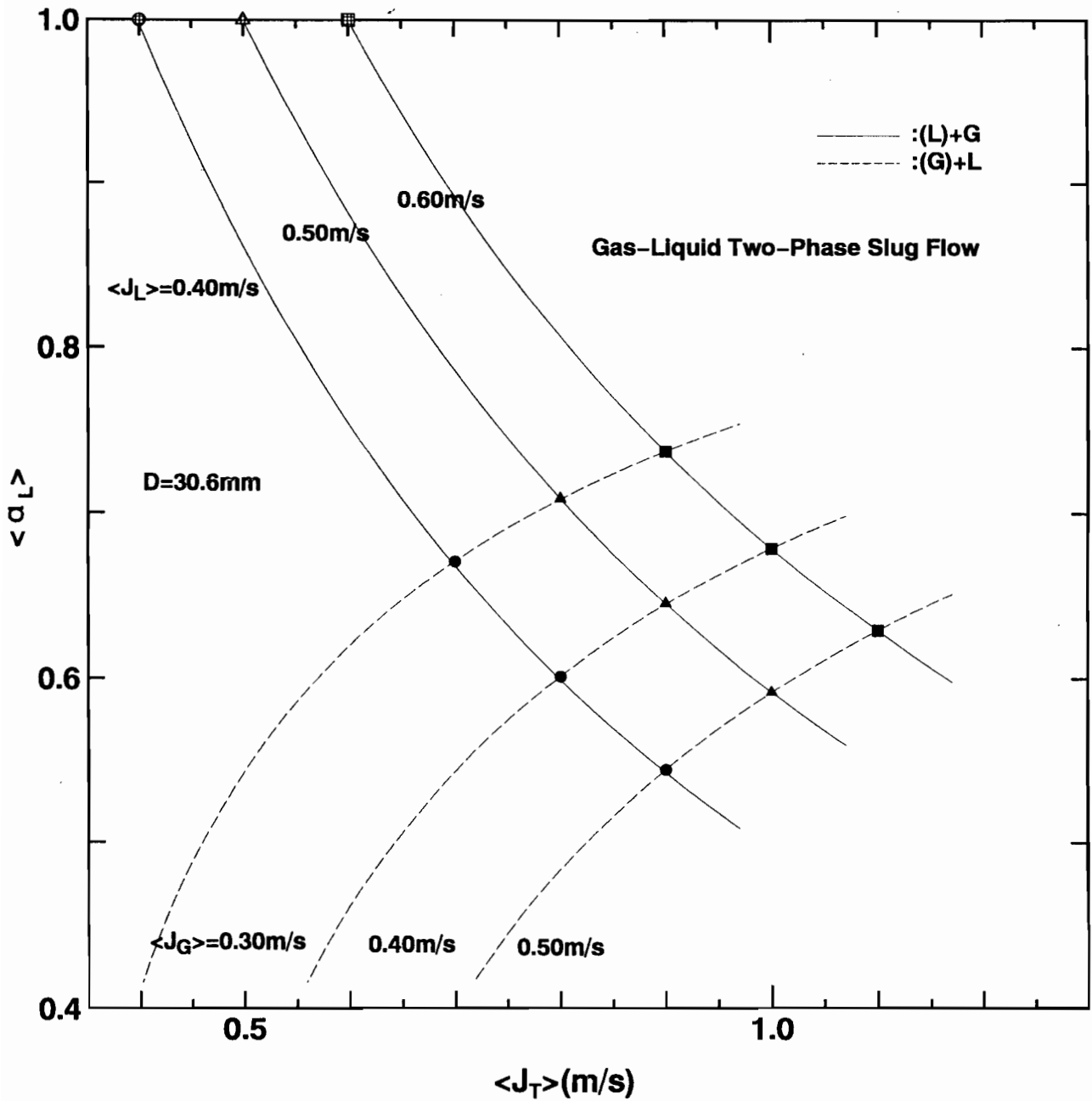
(b) 液相体積率 $\langle \alpha_L \rangle$  (  $D=20.9\text{mm}$  )

図4-5  $\langle J_T \rangle - \langle \alpha_i \rangle$ 平面上における気液二相スラグ流の各相体積率の測定結果(体積率補正值)と体積率曲線



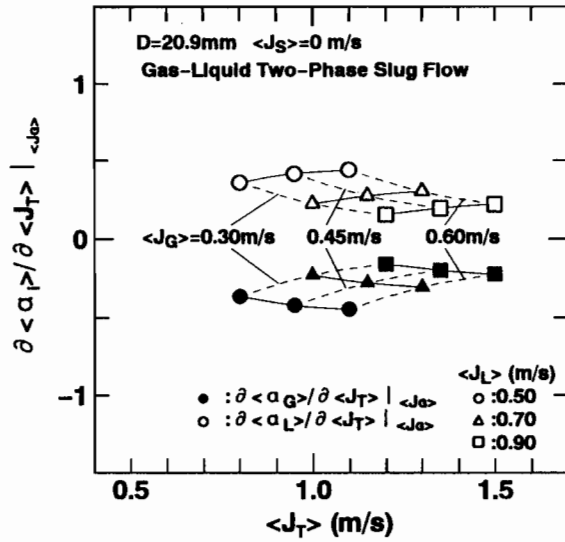
(a) 気相体積率  $\langle \alpha_G \rangle$  (  $D=30.6$ mm )

図 4 - 6  $\langle J_T \rangle - \langle \alpha_i \rangle$  平面上における気液二相スラグ流の各相体積率の測定結果 (体積率補正值) と体積率曲線

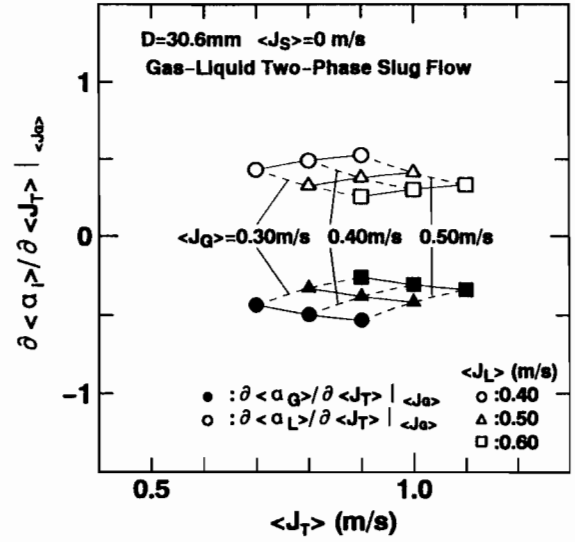


(b) 液相体積率 $\langle \alpha_L \rangle$  (  $D = 30.6\text{mm}$  )

図4-6  $\langle J_T \rangle - \langle \alpha_i \rangle$ 平面上における気液二相スラグ流の各相体積率の測定結果(体積率補正值)と体積率曲線

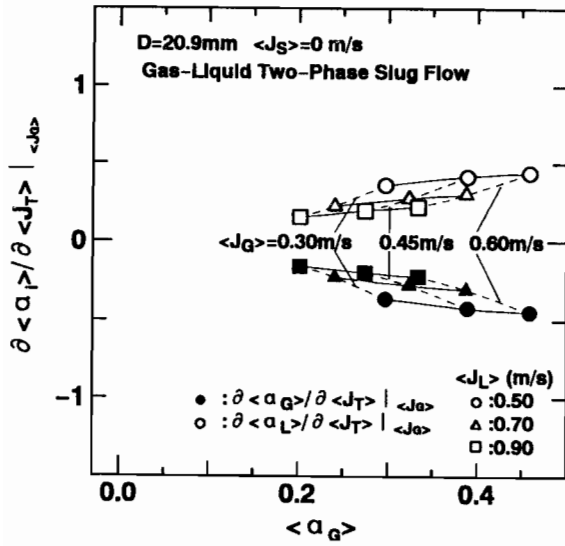


(a) D = 20.9mm

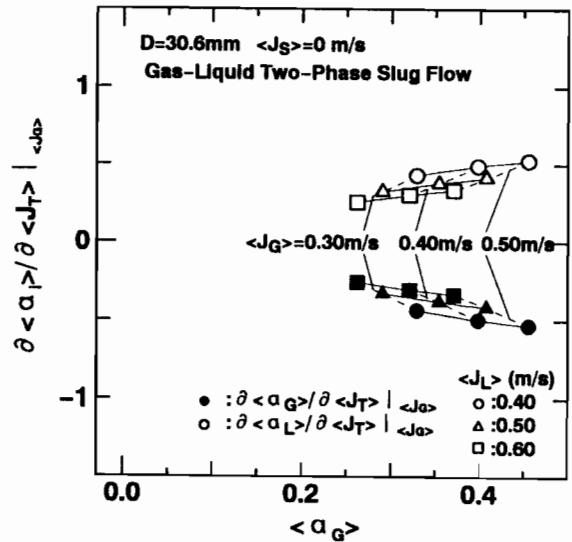


(b) D = 30.6mm

図4-7 各相体積率の変化率と $\langle J_T \rangle$ の関係 (気液二相スラグ流、 $\langle J_G \rangle$ 一定)

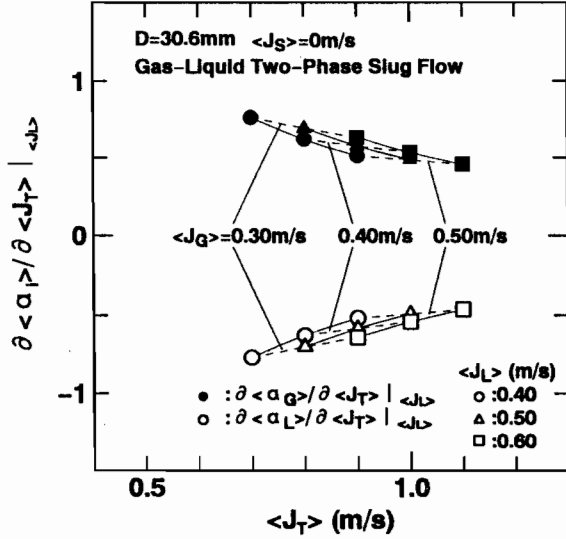
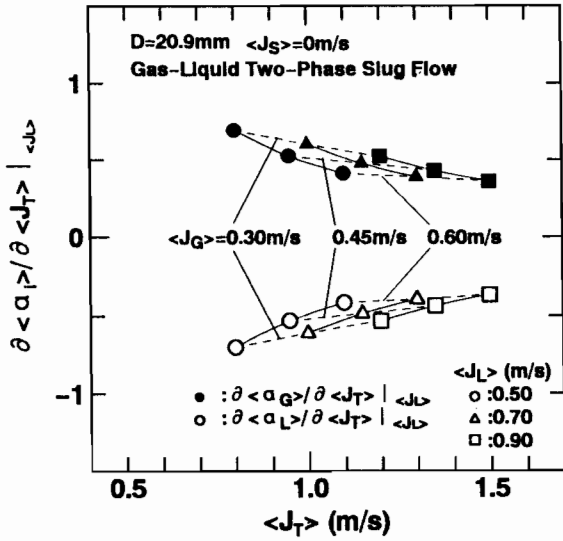


(a) D = 20.9mm



(b) D = 30.6mm

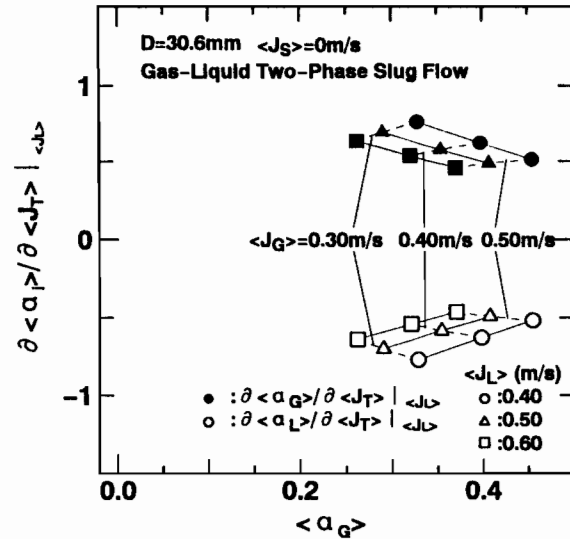
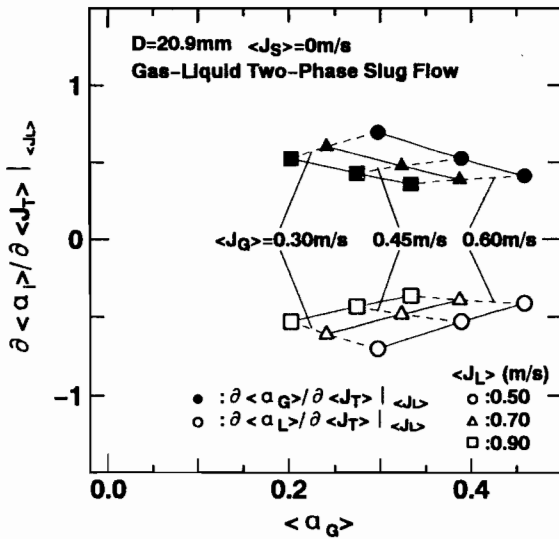
図4-8 各相体積率の変化率と $\langle \alpha_G \rangle$ の関係 (気液二相スラグ流、 $\langle J_G \rangle$ 一定)



(a) D = 20.9mm

(b) D = 30.6mm

図4-9 各相体積率の変化率と $\langle J_T \rangle$ の関係 (気液二相スラグ流、 $\langle J_L \rangle$ 一定)

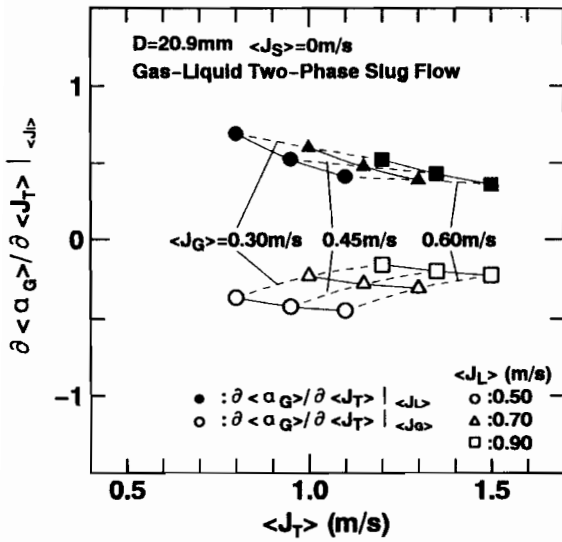


(a) D = 20.9mm

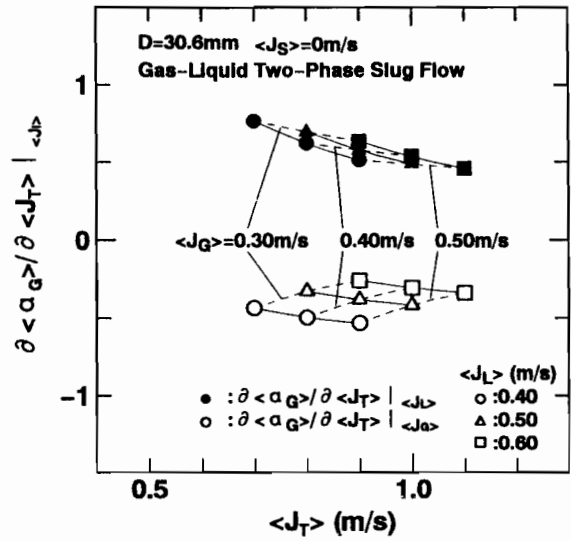
(b) D = 30.6mm

図4-10 各相体積率の変化率と $\langle \alpha_G \rangle$ の関係 (気液二相スラグ流、 $\langle J_L \rangle$ 一定)





(a)  $D = 20.9 \text{ mm}$



(b)  $D = 30.6 \text{ mm}$

図 4-11 気相体積率の変化率と  $\langle J_T \rangle$  の関係 (気液二相スラグ流)

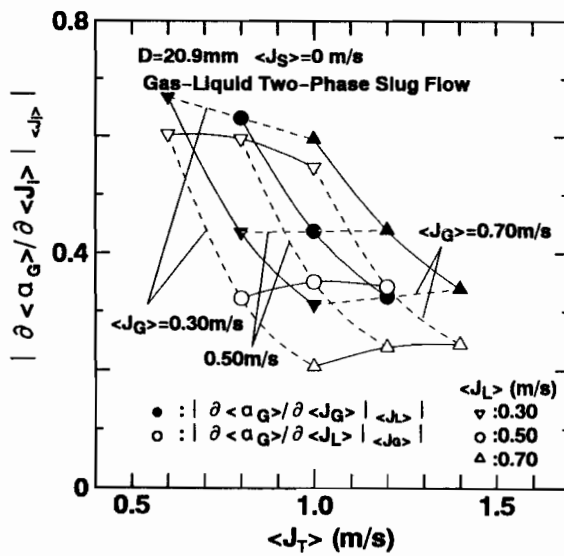
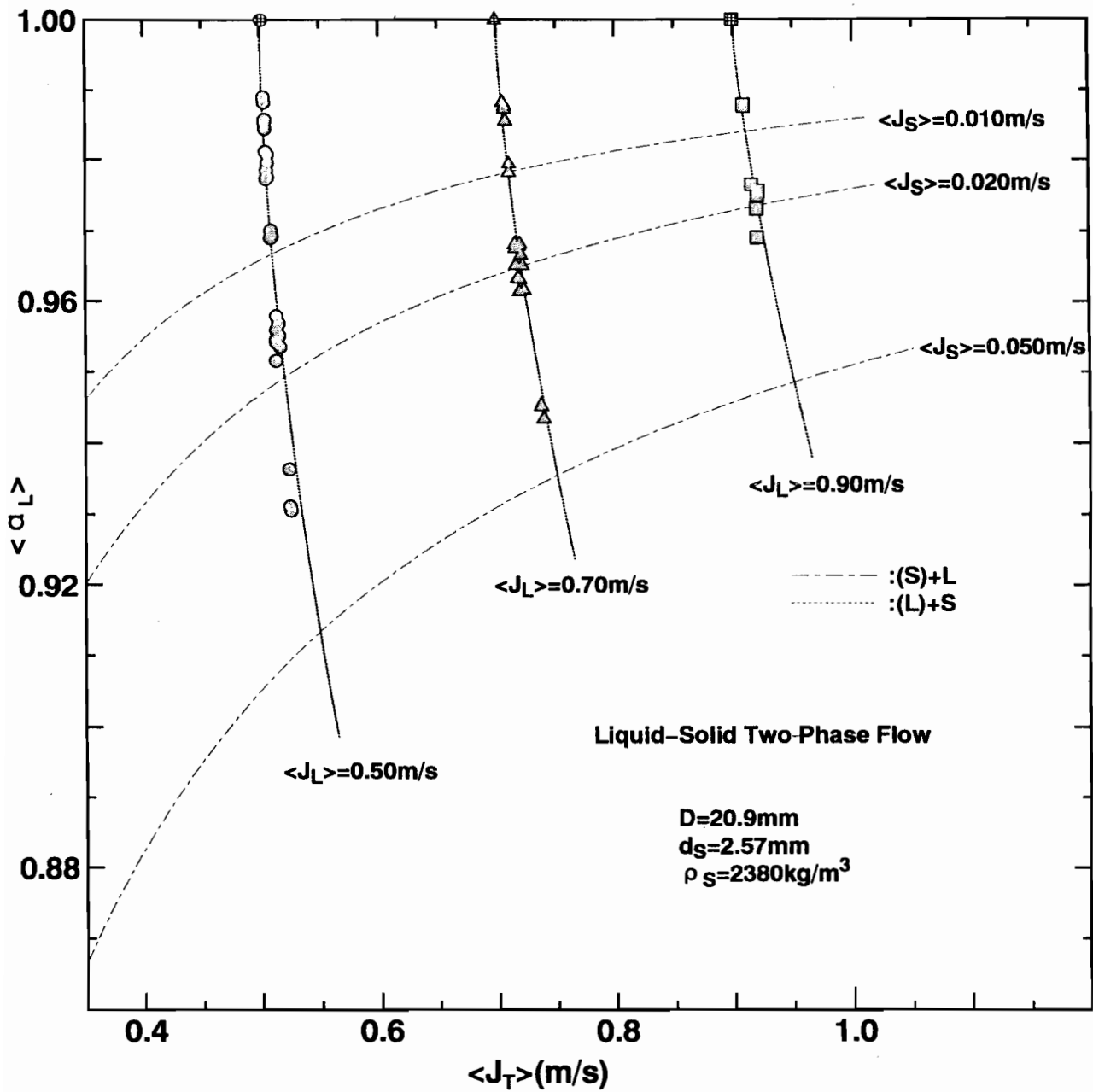
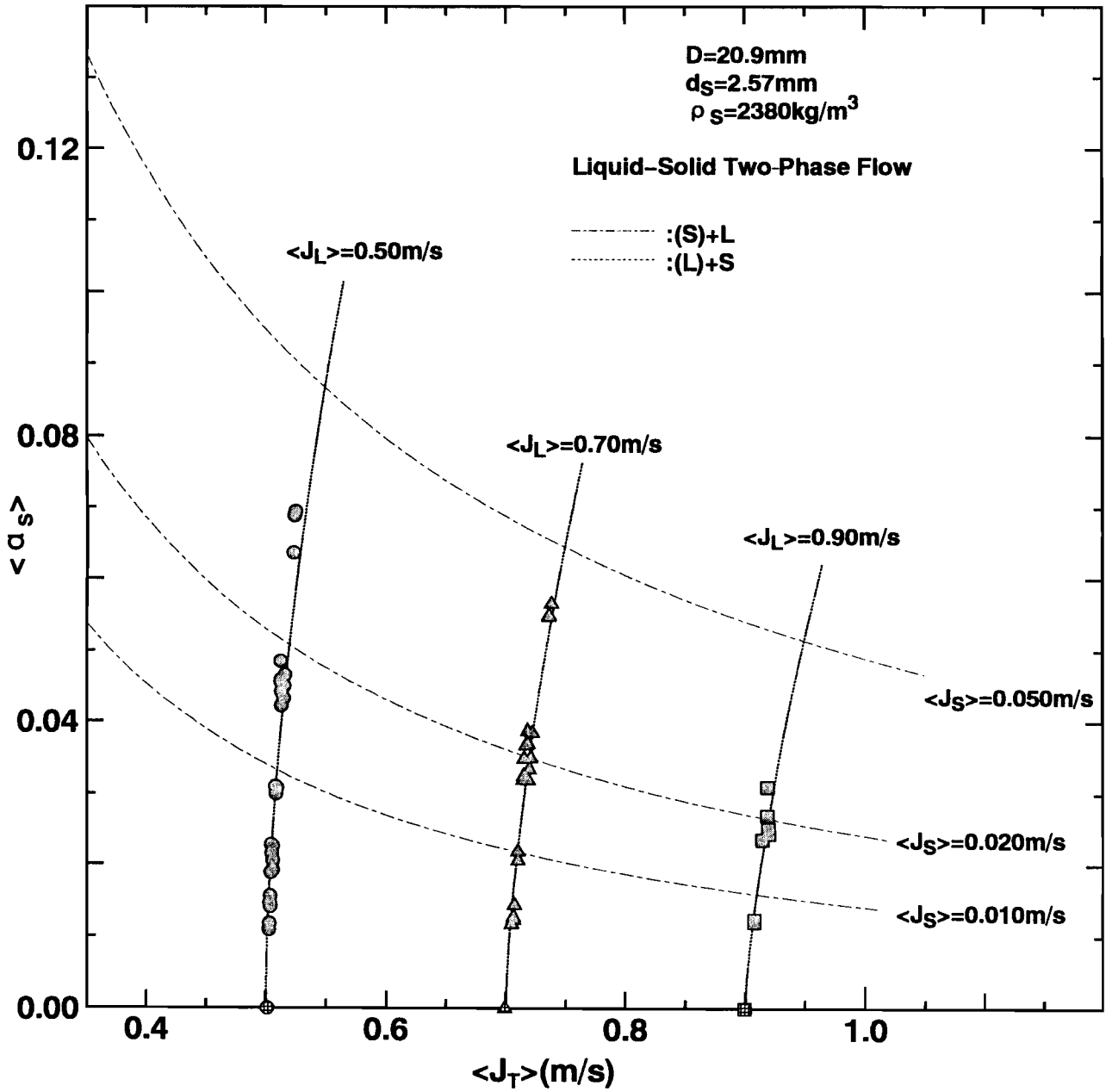


図 4-12 気相体積率の変化率と  $\langle J_T \rangle$  の関係  
(気液二相スラグ流、 $\langle J_G \rangle$  と  $\langle J_L \rangle$  の範囲が等しい場合)

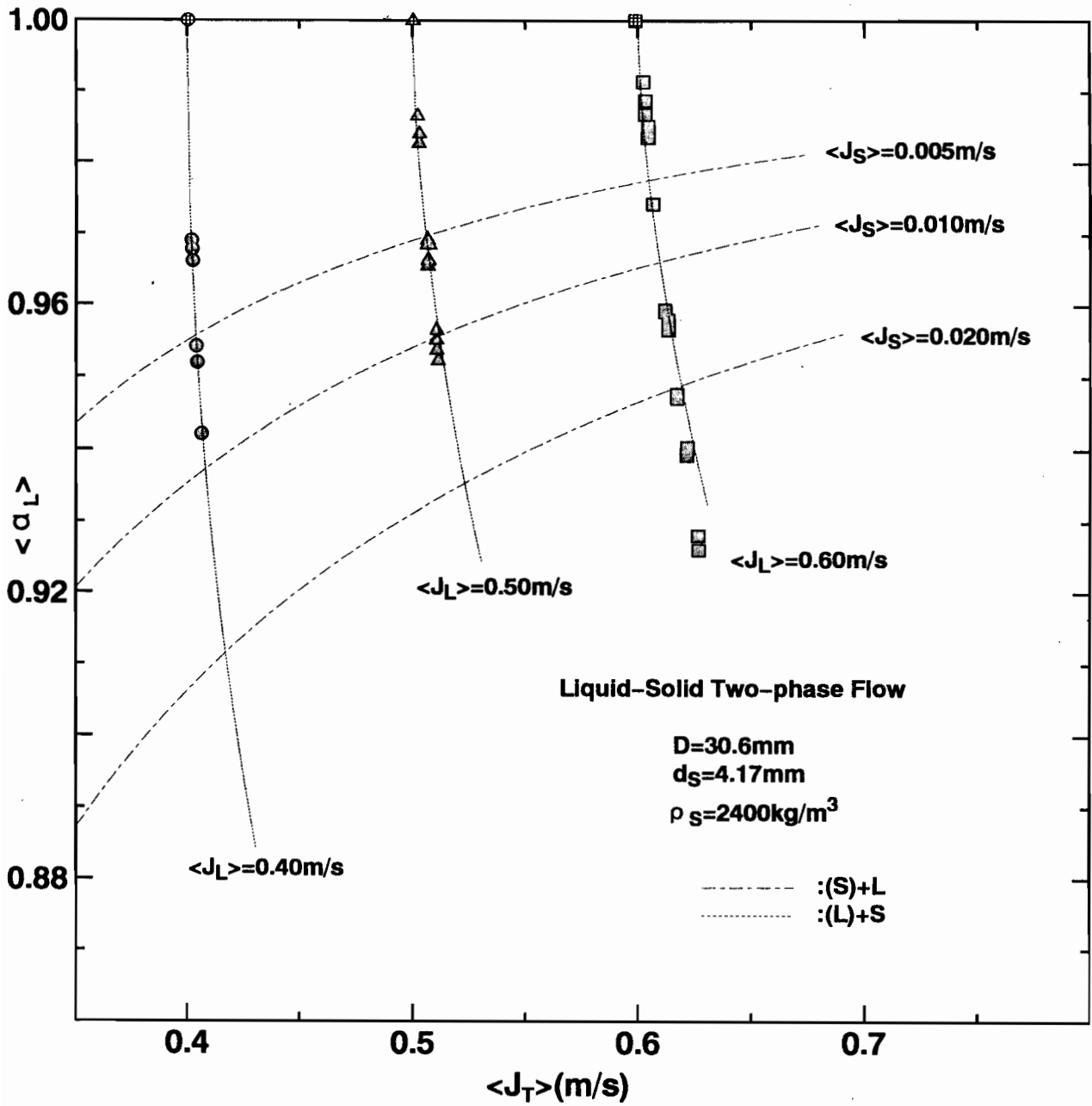


(a) 液相体積率 $\langle \alpha_L \rangle$  ( $D=20.9\text{mm}$ 、 $d_s=2.57\text{mm}$ 、 $\rho_s=2380\text{kg/m}^3$ )

図4-13  $\langle J_T \rangle - \langle \alpha_i \rangle$ 平面上における固液二相流の各相体積率の測定結果(体積率補正值)と体積率曲線

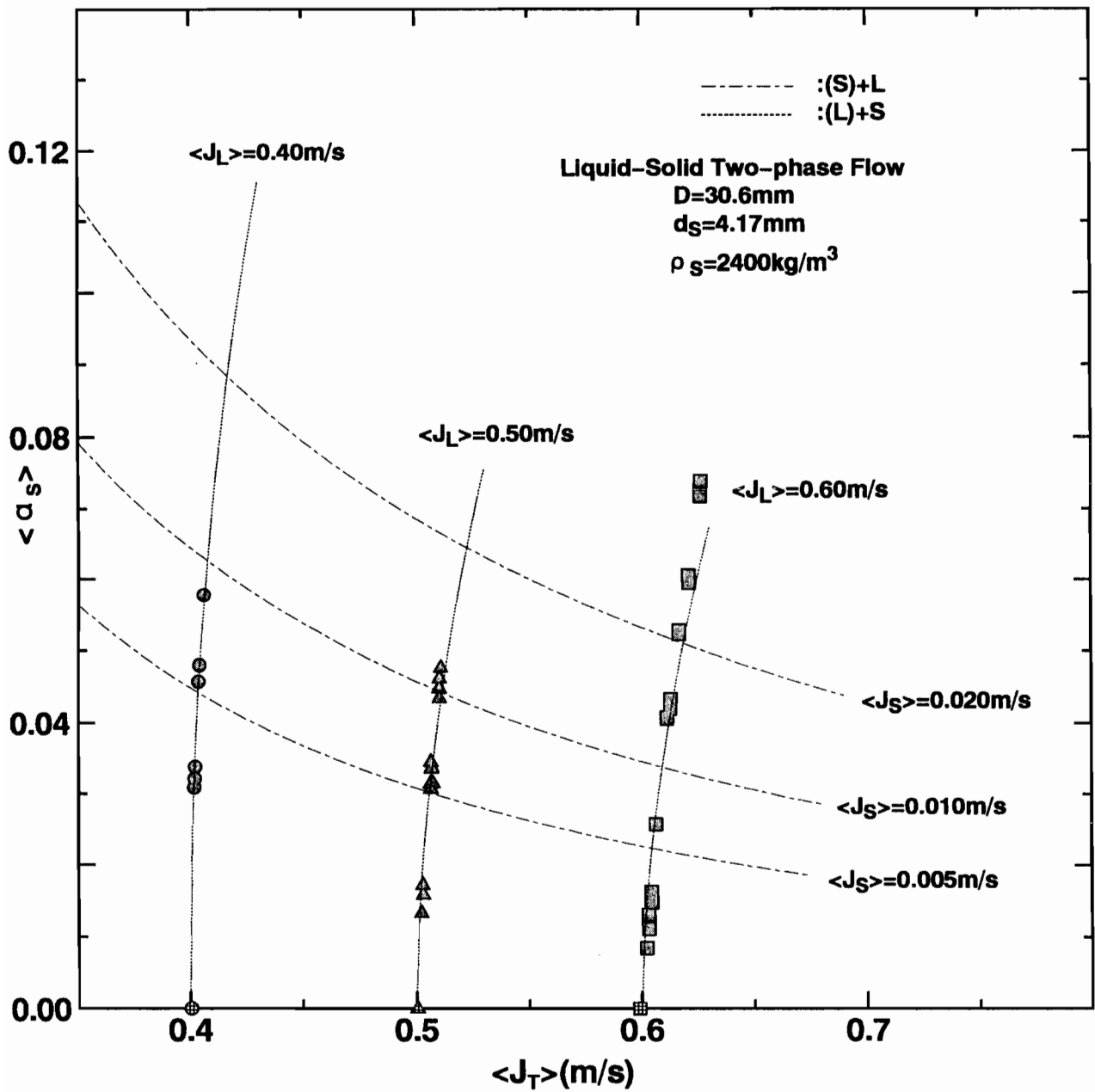


(b) 固相体積率 $\langle \alpha_s \rangle$  ( $D=20.9\text{mm}$ 、 $d_s=2.57\text{mm}$ 、 $\rho_s=2380\text{kg/m}^3$ )  
 図4-13  $\langle J_T \rangle - \langle \alpha_i \rangle$ 平面上における固液二相流の各相体積率の  
 測定結果(体積率補正值)と体積率曲線

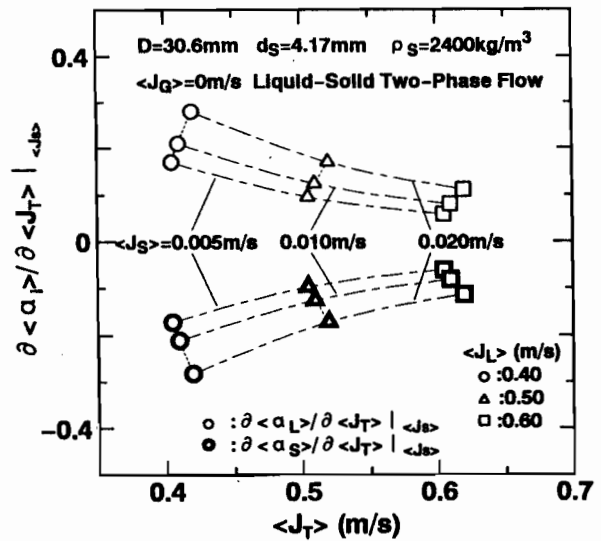
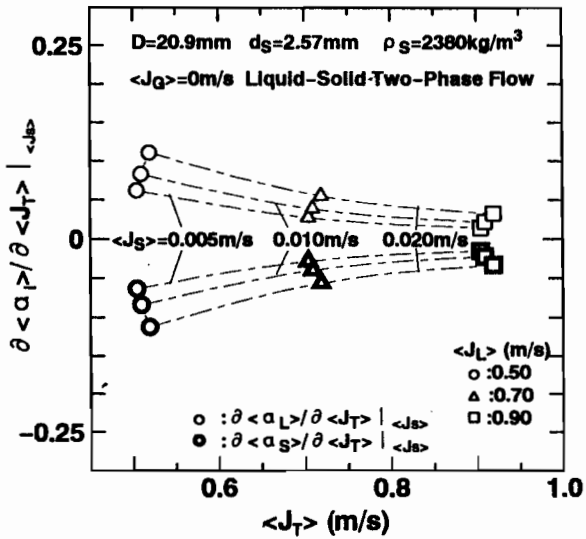


(a) 液相体積率 $\langle \alpha_L \rangle$  ( $D=30.6\text{mm}$ 、 $d_s=4.17\text{mm}$ 、 $\rho_s=2400\text{kg/m}^3$ )

図4-14  $\langle J_T \rangle - \langle \alpha_L \rangle$ 平面上における固液二相流の各相体積率の測定結果(体積率補正值)と体積率曲線

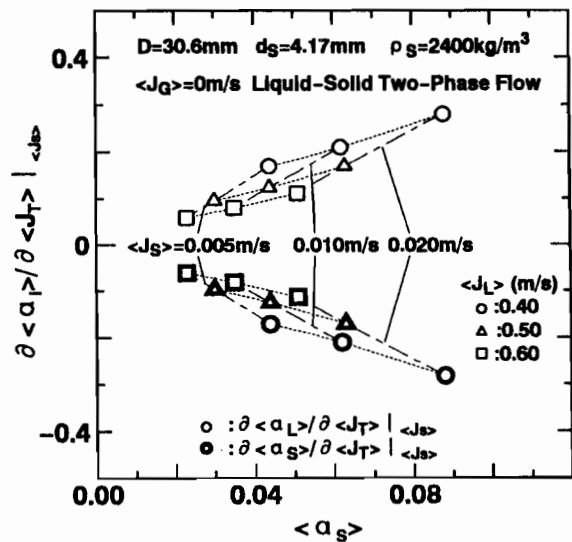
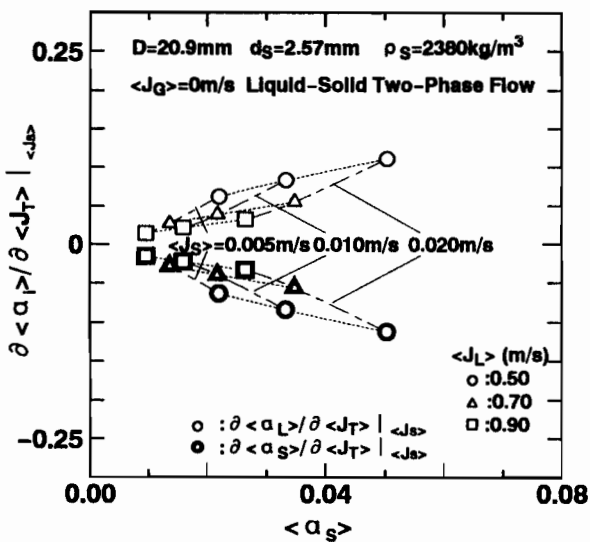


(b) 固相体積率 $\langle \alpha_s \rangle$  ( $D=30.6\text{mm}$ 、 $d_s=4.17\text{mm}$ 、 $\rho_s=2400\text{kg/m}^3$ )  
 図4-14  $\langle J_T \rangle$ - $\langle \alpha_i \rangle$ 平面上における固液二相流の各相体積率の測定結果(体積率補正值)と体積率曲線



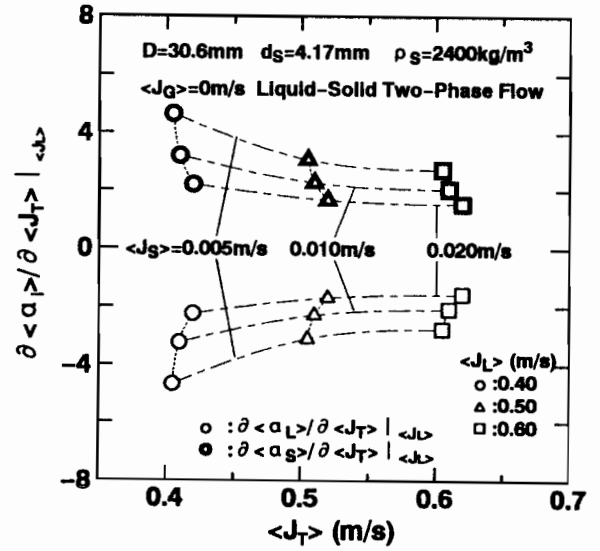
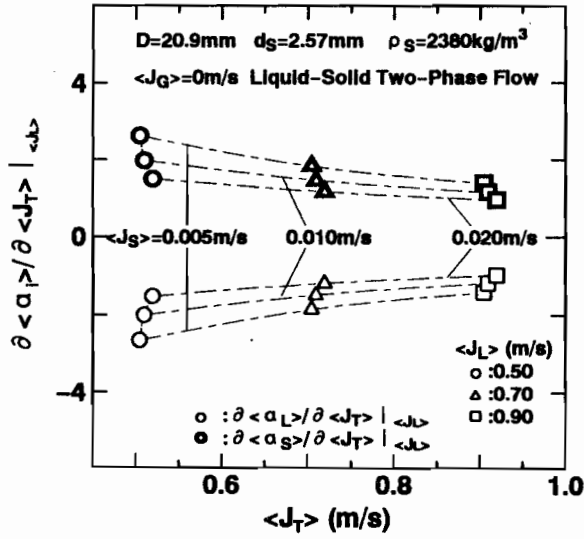
(a)  $D = 20.9\text{mm}$ ,  $d_s = 2.57\text{mm}$ ,  $\rho_s = 2380\text{kg/m}^3$  (b)  $D = 30.6\text{mm}$ ,  $d_s = 4.17\text{mm}$ ,  $\rho_s = 2400\text{kg/m}^3$

図 4 - 1 5 各相体積率の変化率と  $\langle J_T \rangle$  の関係 (固液二相流、 $\langle J_S \rangle$  一定)



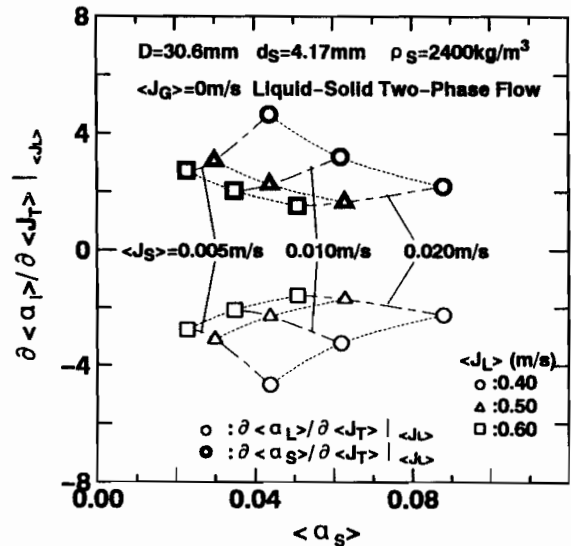
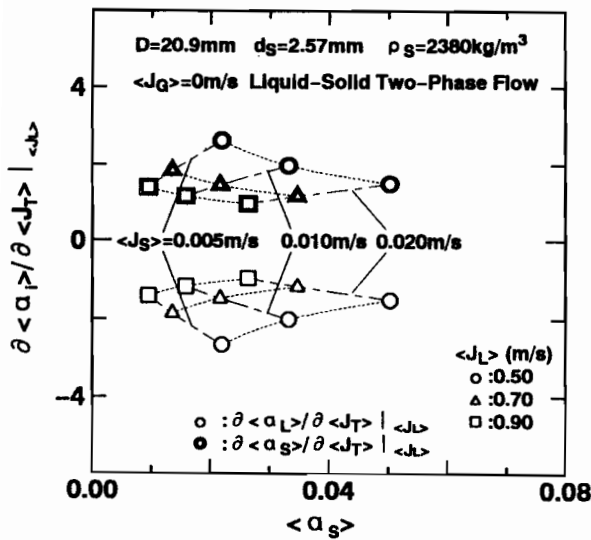
(a)  $D = 20.9\text{mm}$ ,  $d_s = 2.57\text{mm}$ ,  $\rho_s = 2380\text{kg/m}^3$  (b)  $D = 30.6\text{mm}$ ,  $d_s = 4.17\text{mm}$ ,  $\rho_s = 2400\text{kg/m}^3$

図 4 - 1 6 各相体積率の変化率と  $\langle \alpha_S \rangle$  の関係 (固液二相流、 $\langle J_S \rangle$  一定)



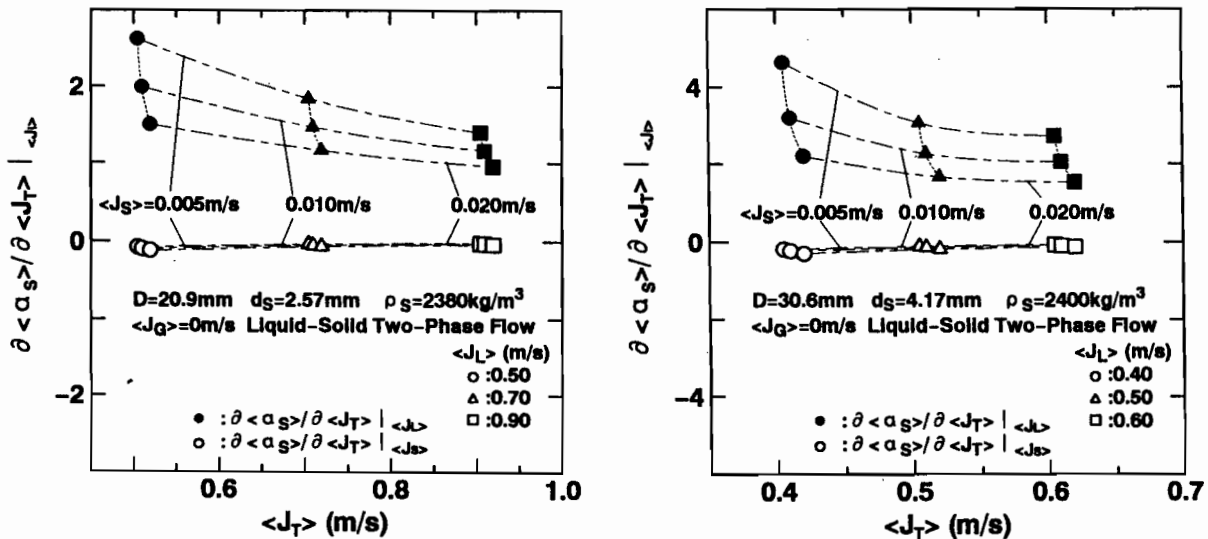
(a)  $D = 20.9\text{mm}$ 、 $d_s = 2.57\text{mm}$ 、 $\rho_s = 2380\text{kg/m}^3$  (b)  $D = 30.6\text{mm}$ 、 $d_s = 4.17\text{mm}$ 、 $\rho_s = 2400\text{kg/m}^3$

図4-17 各相体積率の変化率と $\langle J_T \rangle$ の関係 (固液二相流、 $\langle J_L \rangle$ 一定)



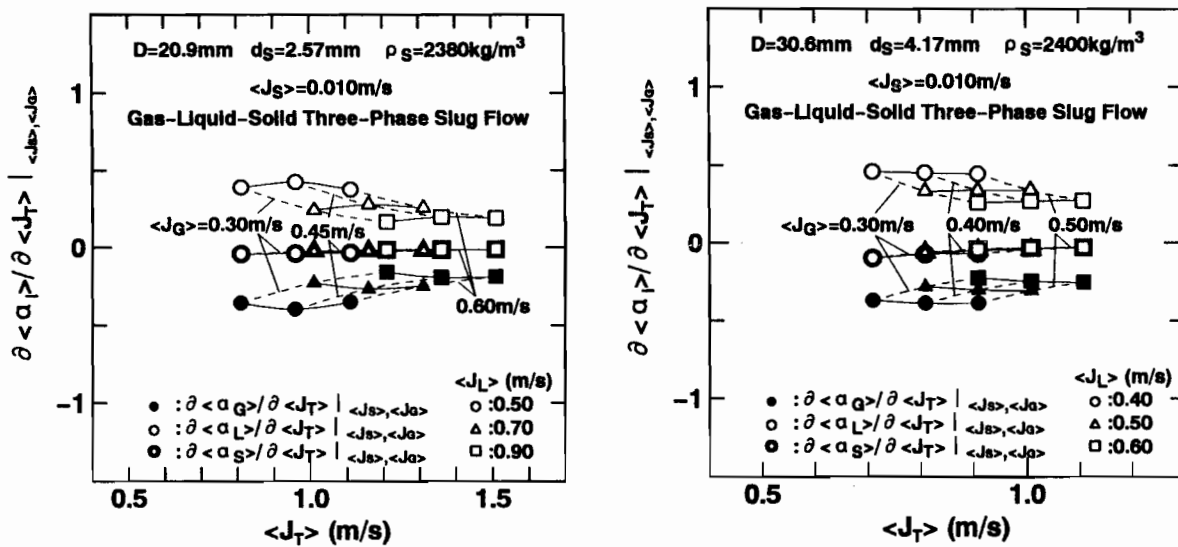
(a)  $D = 20.9\text{mm}$ 、 $d_s = 2.57\text{mm}$ 、 $\rho_s = 2380\text{kg/m}^3$  (b)  $D = 30.6\text{mm}$ 、 $d_s = 4.17\text{mm}$ 、 $\rho_s = 2400\text{kg/m}^3$

図4-18 各相体積率の変化率と $\langle \alpha_S \rangle$ の関係 (固液二相流、 $\langle J_L \rangle$ 一定)



(a)  $D = 20.9\text{mm}$ ,  $d_s = 2.57\text{mm}$ ,  $\rho_s = 2380\text{kg/m}^3$  (b)  $D = 30.6\text{mm}$ ,  $d_s = 4.17\text{mm}$ ,  $\rho_s = 2400\text{kg/m}^3$

図4-19 固相体積率の変化率と $\langle J_T \rangle$ の関係 (固液二相流)

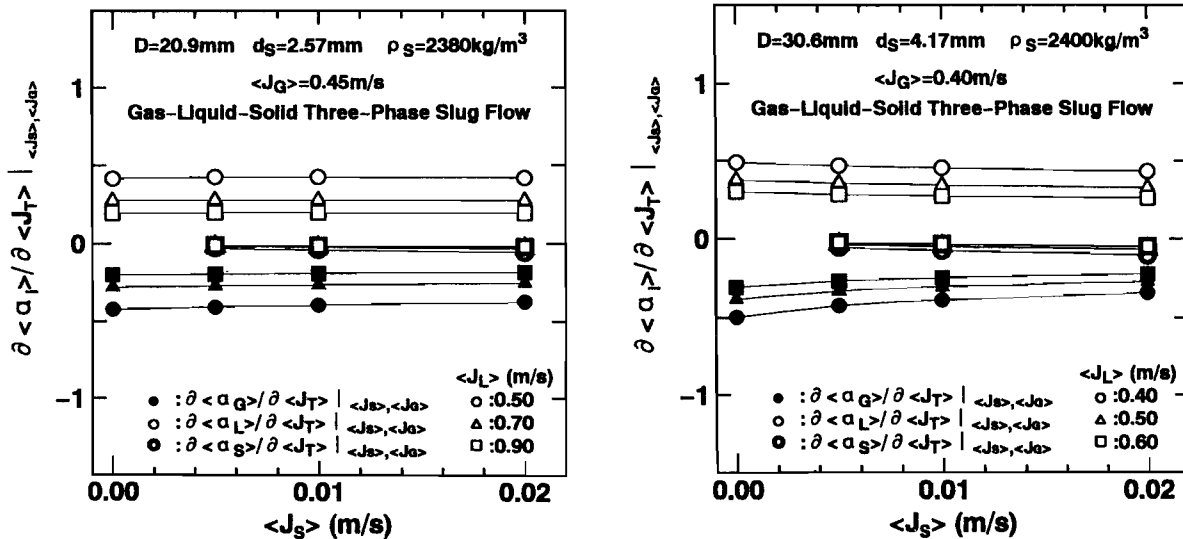


(a)  $D = 20.9\text{mm}$ ,  $d_s = 2.57\text{mm}$ ,  $\rho_s = 2380\text{kg/m}^3$  (b)  $D = 30.6\text{mm}$ ,  $d_s = 4.17\text{mm}$ ,  $\rho_s = 2400\text{kg/m}^3$

図4-20 各相体積率の変化率と $\langle J_T \rangle$ の関係

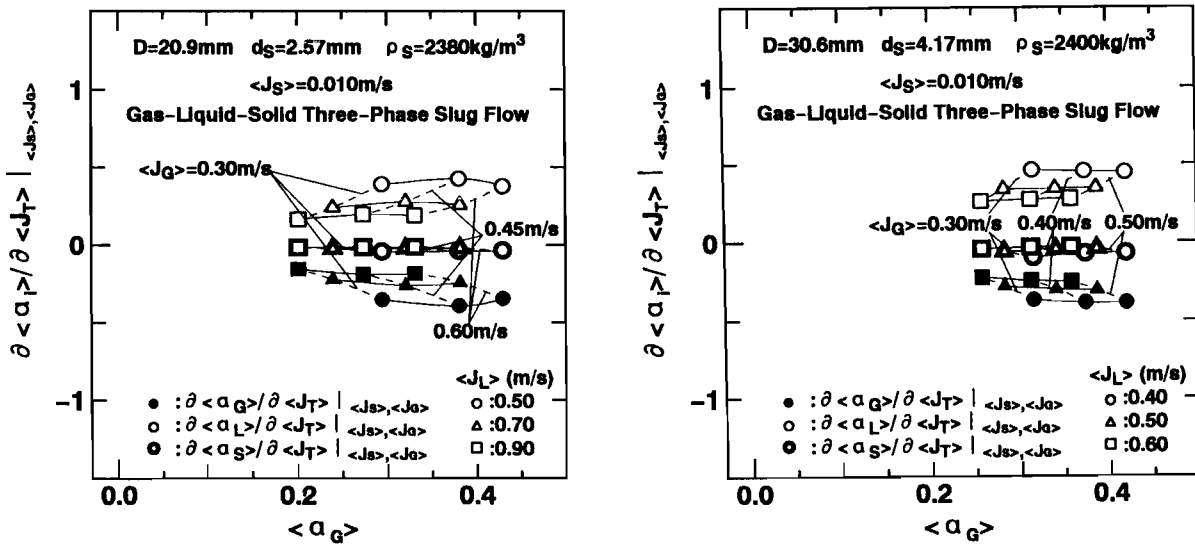
(固気液三相スラグ流、 $\langle J_s \rangle$ 並びに $\langle J_g \rangle$ 一定)





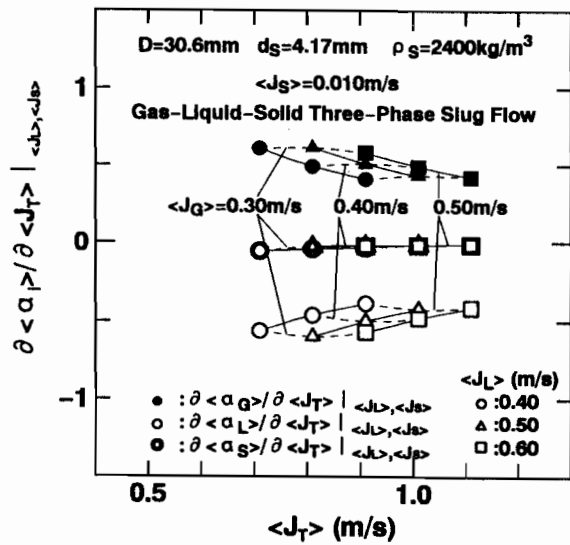
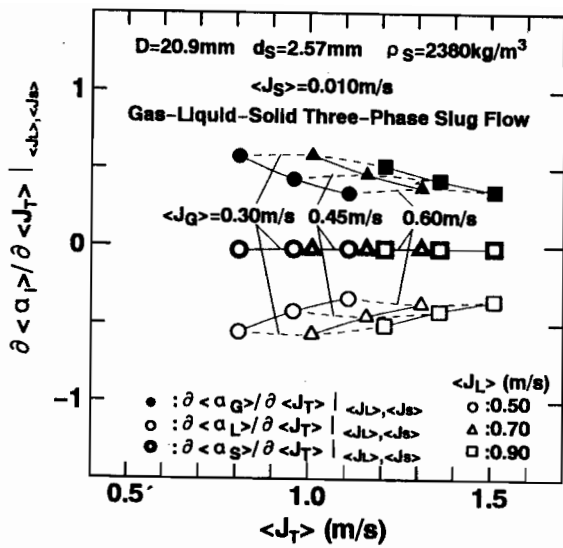
(a)  $D = 20.9\text{mm}$ 、 $d_s = 2.57\text{mm}$ 、 $\rho_s = 2380\text{kg/m}^3$  (b)  $D = 30.6\text{mm}$ 、 $d_s = 4.17\text{mm}$ 、 $\rho_s = 2400\text{kg/m}^3$

図 4 - 2 1 各相体積率の変化率と  $\langle J_S \rangle$  の関係  
(固気液三相スラグ流、 $\langle J_S \rangle$  並びに  $\langle J_G \rangle$  一定)



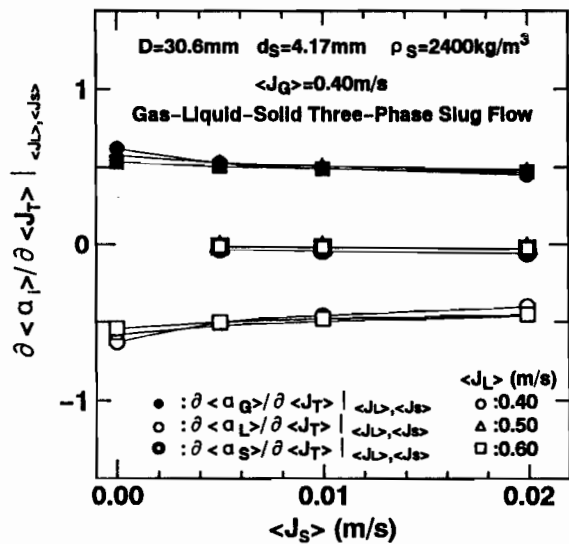
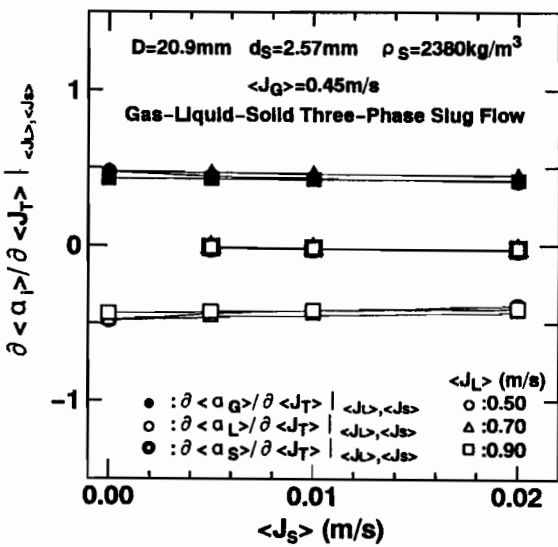
(a)  $D = 20.9\text{mm}$ 、 $d_s = 2.57\text{mm}$ 、 $\rho_s = 2380\text{kg/m}^3$  (b)  $D = 30.6\text{mm}$ 、 $d_s = 4.17\text{mm}$ 、 $\rho_s = 2400\text{kg/m}^3$

図 4 - 2 2 各相体積率の変化率と  $\langle \alpha_G \rangle$  の関係  
(固気液三相スラグ流、 $\langle J_S \rangle$  並びに  $\langle J_G \rangle$  一定)



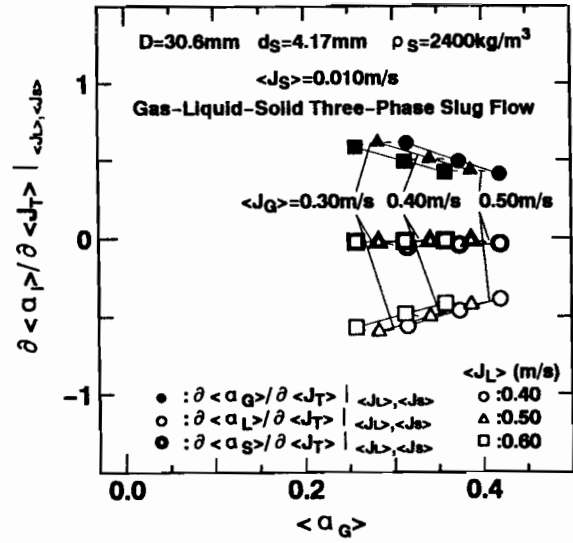
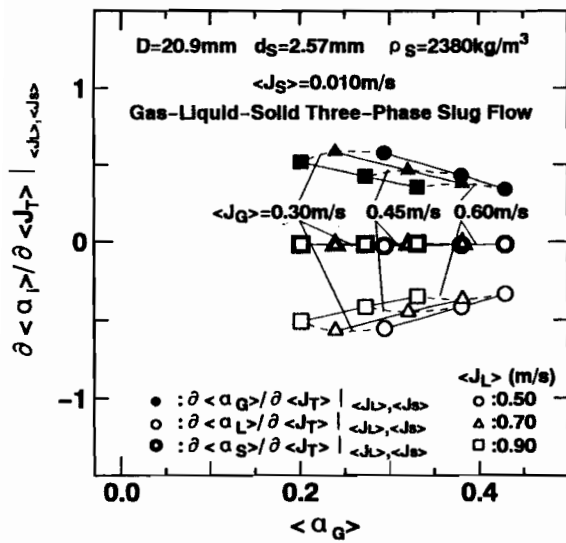
(a)  $D = 20.9\text{mm}$ ,  $d_s = 2.57\text{mm}$ ,  $\rho_s = 2380\text{kg/m}^3$  (b)  $D = 30.6\text{mm}$ ,  $d_s = 4.17\text{mm}$ ,  $\rho_s = 2400\text{kg/m}^3$

図4-23 各相体積率の変化率と $\langle J_T \rangle$ の関係  
(固気液三相スラグ流、 $\langle J_L \rangle$ 並びに $\langle J_S \rangle$ 一定)



(a)  $D = 20.9\text{mm}$ ,  $d_s = 2.57\text{mm}$ ,  $\rho_s = 2380\text{kg/m}^3$  (b)  $D = 30.6\text{mm}$ ,  $d_s = 4.17\text{mm}$ ,  $\rho_s = 2400\text{kg/m}^3$

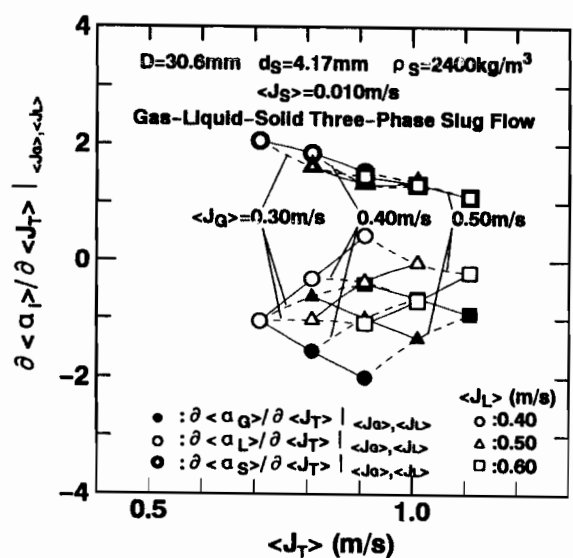
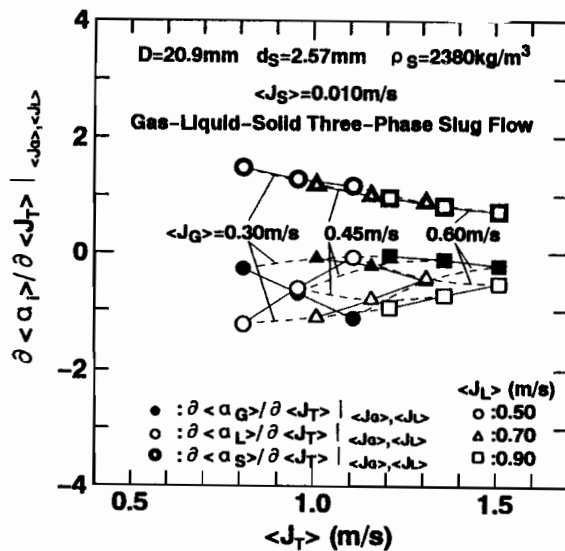
図4-24 各相体積率の変化率と $\langle J_S \rangle$ の関係  
(固気液三相スラグ流、 $\langle J_L \rangle$ 並びに $\langle J_S \rangle$ 一定)



(a)  $D = 20.9\text{mm}$ ,  $d_s = 2.57\text{mm}$ ,  $\rho_s = 2380\text{kg/m}^3$  (b)  $D = 30.6\text{mm}$ ,  $d_s = 4.17\text{mm}$ ,  $\rho_s = 2400\text{kg/m}^3$

図 4 - 2 5 各相体積率の変化率と  $\langle \alpha_G \rangle$  の関係

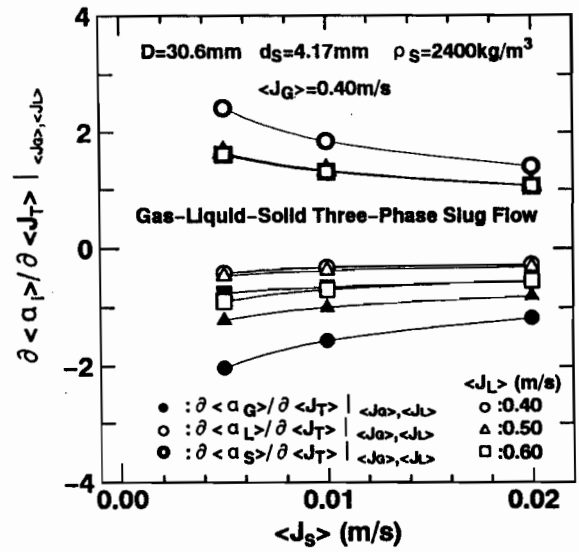
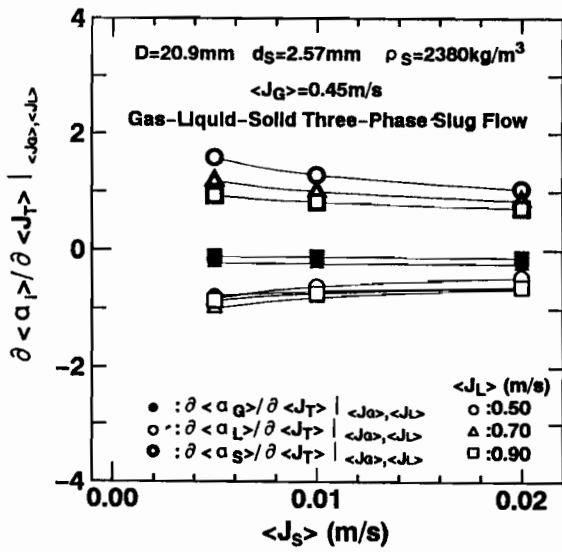
(固気液三相スラグ流、 $\langle J_L \rangle$  並びに  $\langle J_s \rangle$  一定)



(a)  $D = 20.9\text{mm}$ ,  $d_s = 2.57\text{mm}$ ,  $\rho_s = 2380\text{kg/m}^3$  (b)  $D = 30.6\text{mm}$ ,  $d_s = 4.17\text{mm}$ ,  $\rho_s = 2400\text{kg/m}^3$

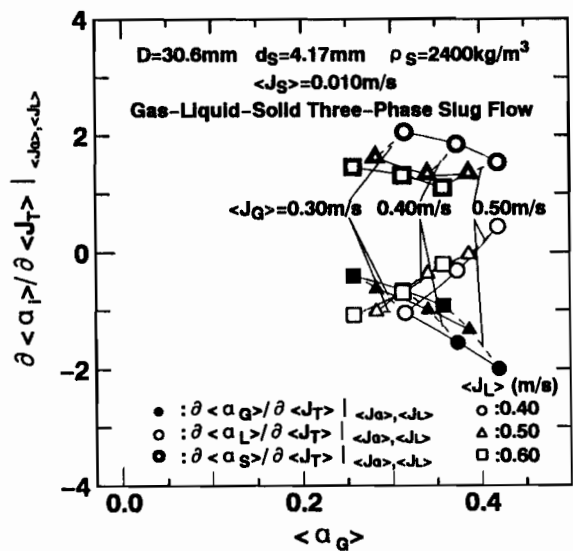
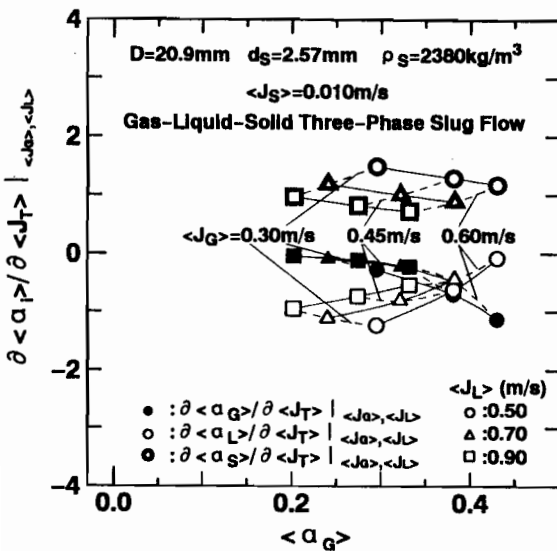
図 4 - 2 6 各相体積率の変化率と  $\langle J_T \rangle$  の関係

(固気液三相スラグ流、 $\langle J_G \rangle$  並びに  $\langle J_L \rangle$  一定)



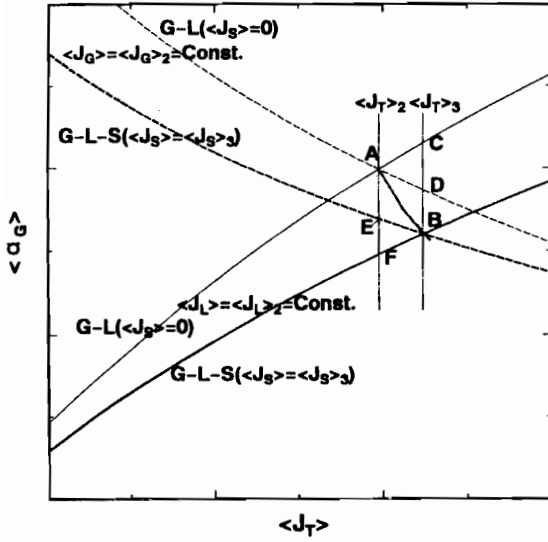
(a)  $D = 20.9\text{mm}$ ,  $d_s = 2.57\text{mm}$ ,  $\rho_s = 2380\text{kg/m}^3$  (b)  $D = 30.6\text{mm}$ ,  $d_s = 4.17\text{mm}$ ,  $\rho_s = 2400\text{kg/m}^3$

図 4-27 各相体積率の変化率と $\langle J_S \rangle$ の関係  
(固気液三相スラグ流、 $\langle J_G \rangle$ 並びに $\langle J_L \rangle$ 一定)

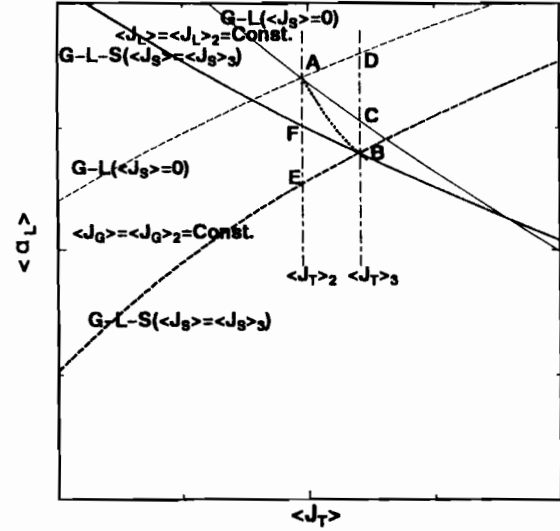


(a)  $D = 20.9\text{mm}$ ,  $d_s = 2.57\text{mm}$ ,  $\rho_s = 2380\text{kg/m}^3$  (b)  $D = 30.6\text{mm}$ ,  $d_s = 4.17\text{mm}$ ,  $\rho_s = 2400\text{kg/m}^3$

図 4-28 各相体積率の変化率と $\langle \alpha_G \rangle$ の関係  
(固気液三相スラグ流、 $\langle J_G \rangle$ 並びに $\langle J_L \rangle$ 一定)

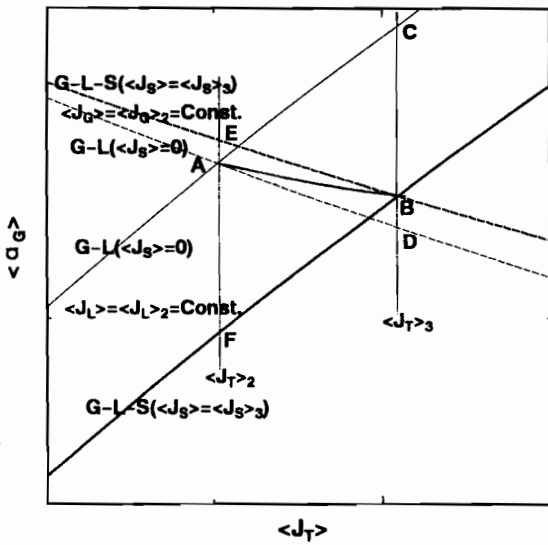


(a)  $\langle J_T \rangle - \langle \alpha_G \rangle$

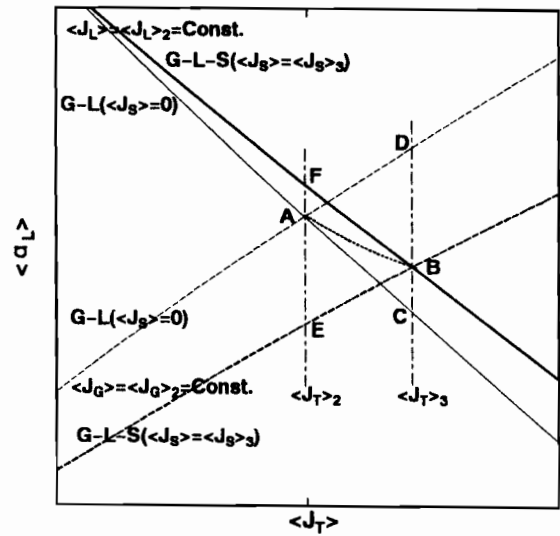


(b)  $\langle J_T \rangle - \langle \alpha_L \rangle$

図4-29 パターンI



(a)  $\langle J_T \rangle - \langle \alpha_G \rangle$



(b)  $\langle J_T \rangle - \langle \alpha_L \rangle$

図4-30 パターンII

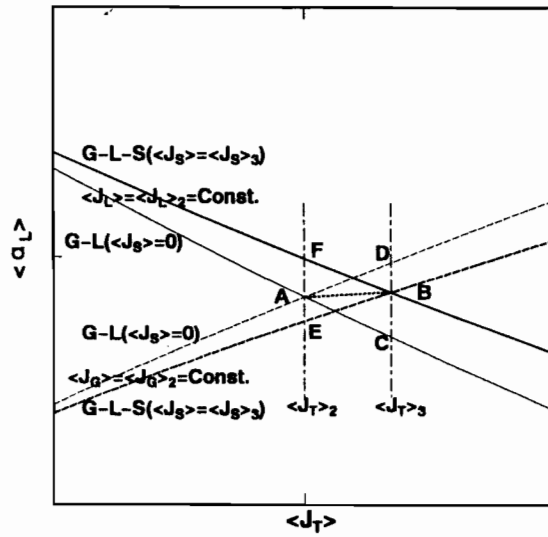


図 4-31 パターンⅢ ( $\langle J_T \rangle - \langle \alpha_L \rangle$ )

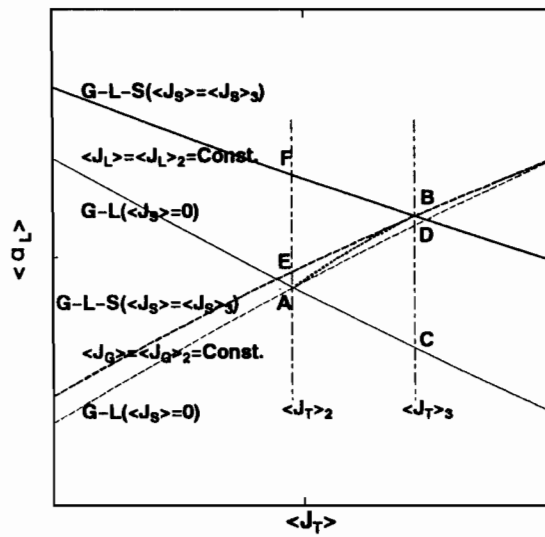
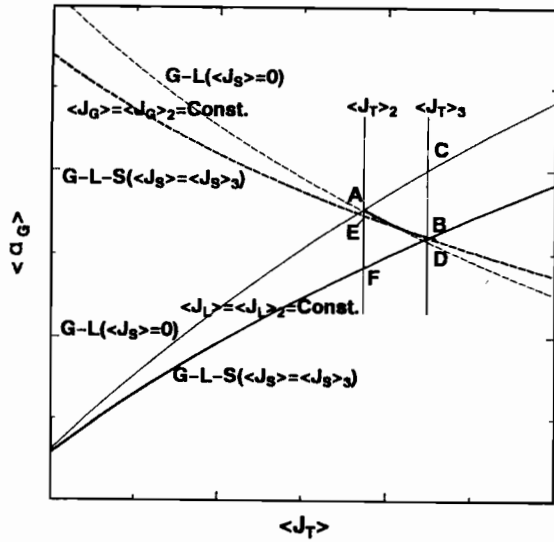
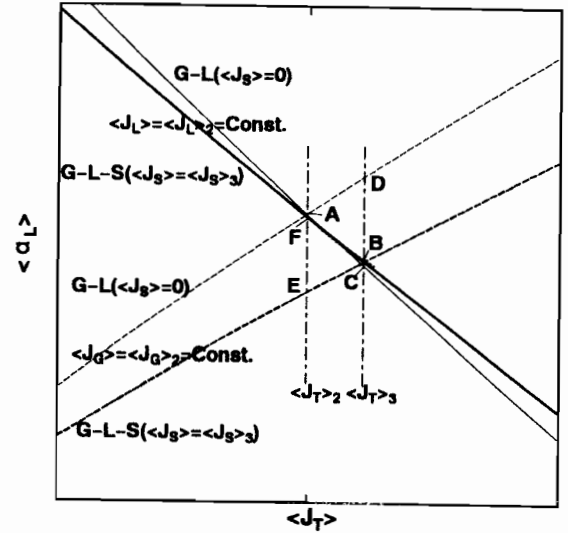


図 4-32 パターンⅣ ( $\langle J_T \rangle - \langle \alpha_L \rangle$ )

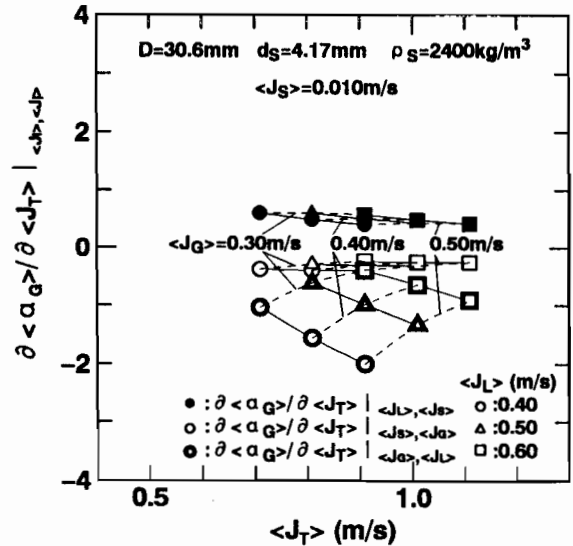
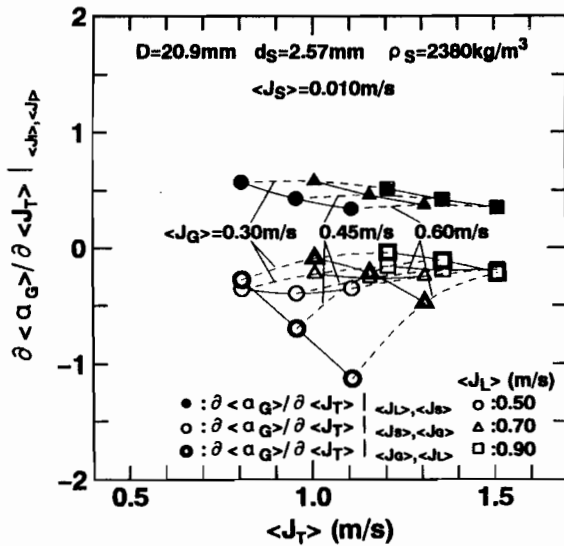


(a)  $\langle J_T \rangle - \langle \alpha_G \rangle$



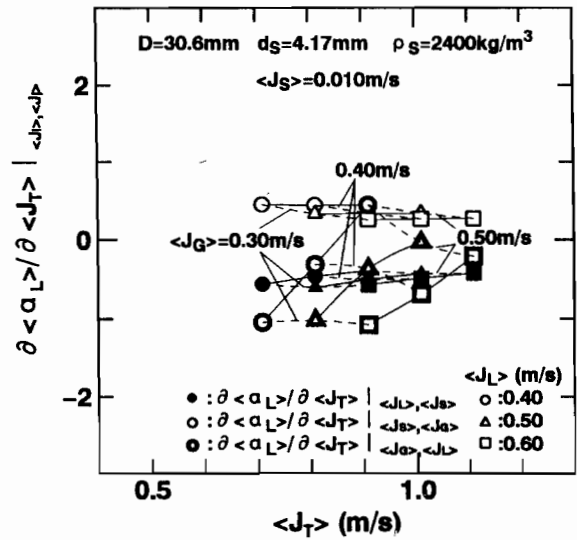
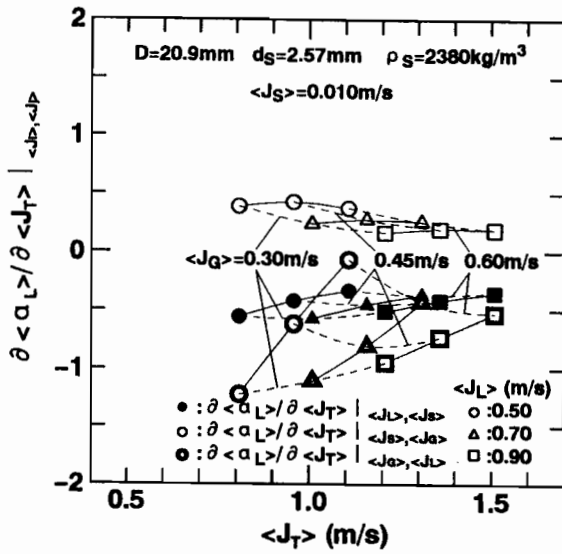
(b)  $\langle J_T \rangle - \langle \alpha_L \rangle$

図 4-33 パターンV

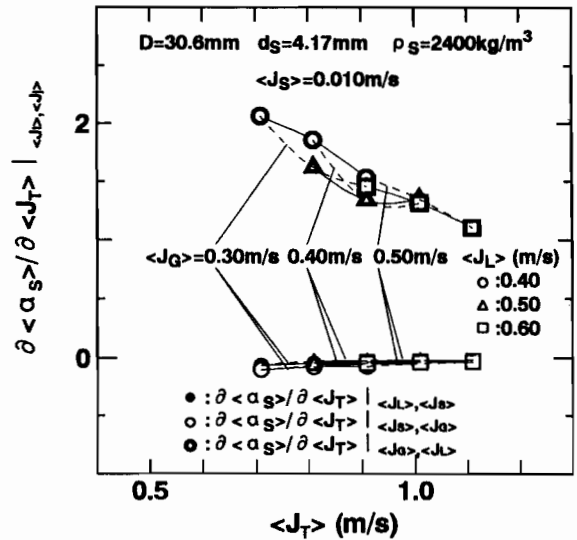
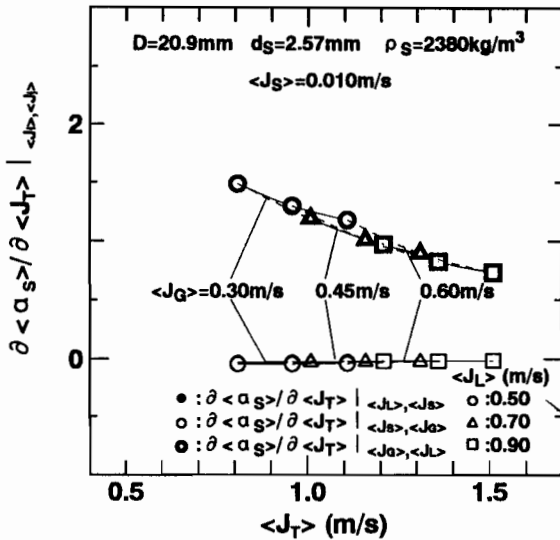


(a)  $D=20.9\text{mm}$ ,  $d_s=2.57\text{mm}$ ,  $\rho_s=2380\text{kg/m}^3$  (b)  $D=30.6\text{mm}$ ,  $d_s=4.17\text{mm}$ ,  $\rho_s=2400\text{kg/m}^3$

図 4-34 気相体積率の変化率と  $\langle J_T \rangle$  の関係 (固気液三相スラグ流)



(a)  $D = 20.9\text{mm}$ ,  $d_s = 2.57\text{mm}$ ,  $\rho_s = 2380\text{kg/m}^3$  (b)  $D = 30.6\text{mm}$ ,  $d_s = 4.17\text{mm}$ ,  $\rho_s = 2400\text{kg/m}^3$   
 図 4 - 3 5 液相体積率の変化率と  $\langle J_T \rangle$  の関係 (固気液三相スラグ流)



(a)  $D = 20.9\text{mm}$ ,  $d_s = 2.57\text{mm}$ ,  $\rho_s = 2380\text{kg/m}^3$  (b)  $D = 30.6\text{mm}$ ,  $d_s = 4.17\text{mm}$ ,  $\rho_s = 2400\text{kg/m}^3$   
 図 4 - 3 6 固相体積率の変化率と  $\langle J_T \rangle$  の関係 (固気液三相スラグ流)



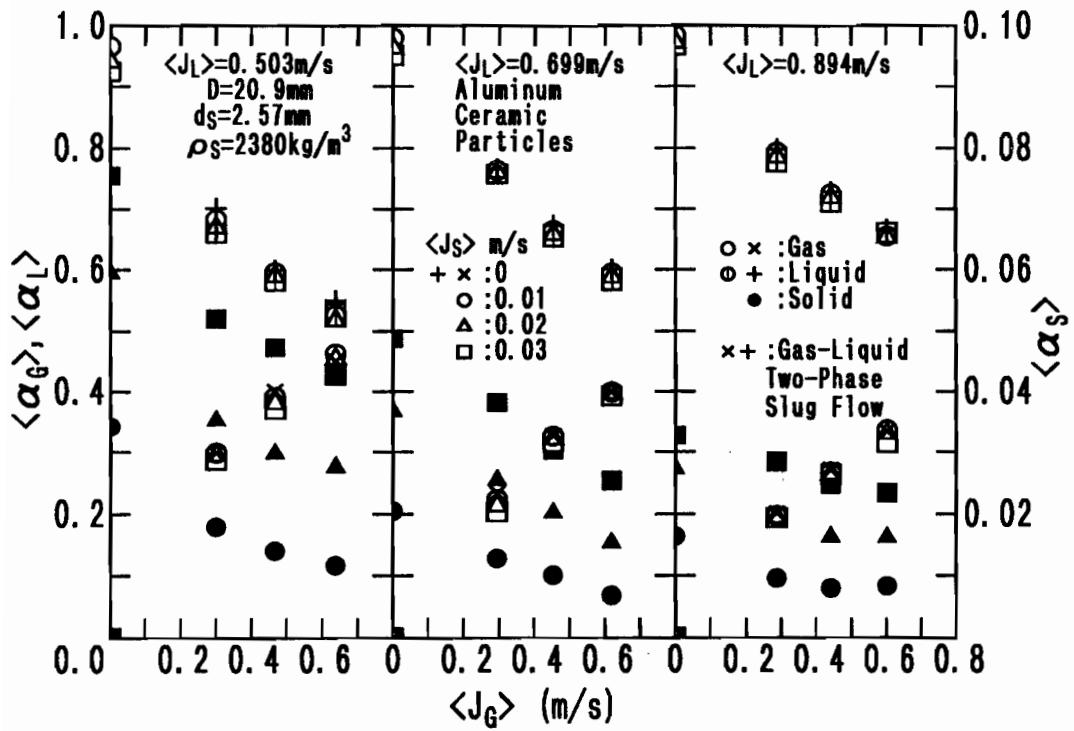


図 4 - 3 7 気相体積流束と各相体積率の関係  
 (  $D = 20.9\text{mm}$ 、 $d_s = 2.57\text{mm}$ 、 $\rho_s = 2380\text{kg/m}^3$  )

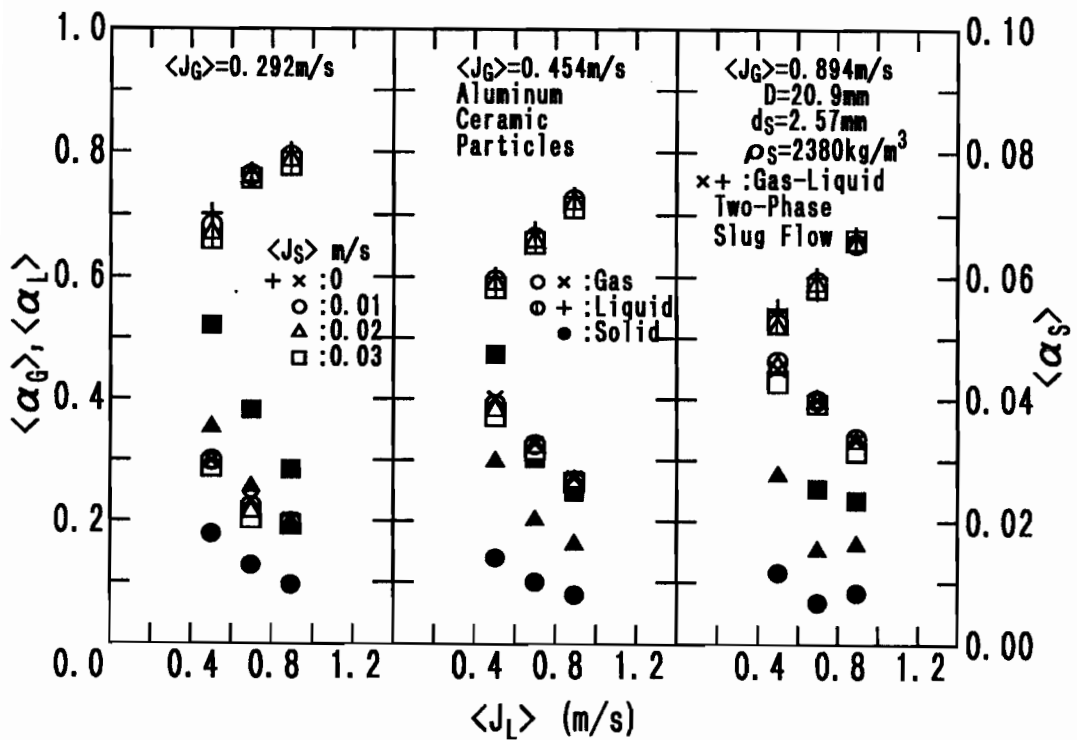


図 4 - 3 8 液相体積流束と各相体積率の関係  
 (  $D = 20.9\text{mm}$ 、 $d_s = 2.57\text{mm}$ 、 $\rho_s = 2380\text{kg/m}^3$  )

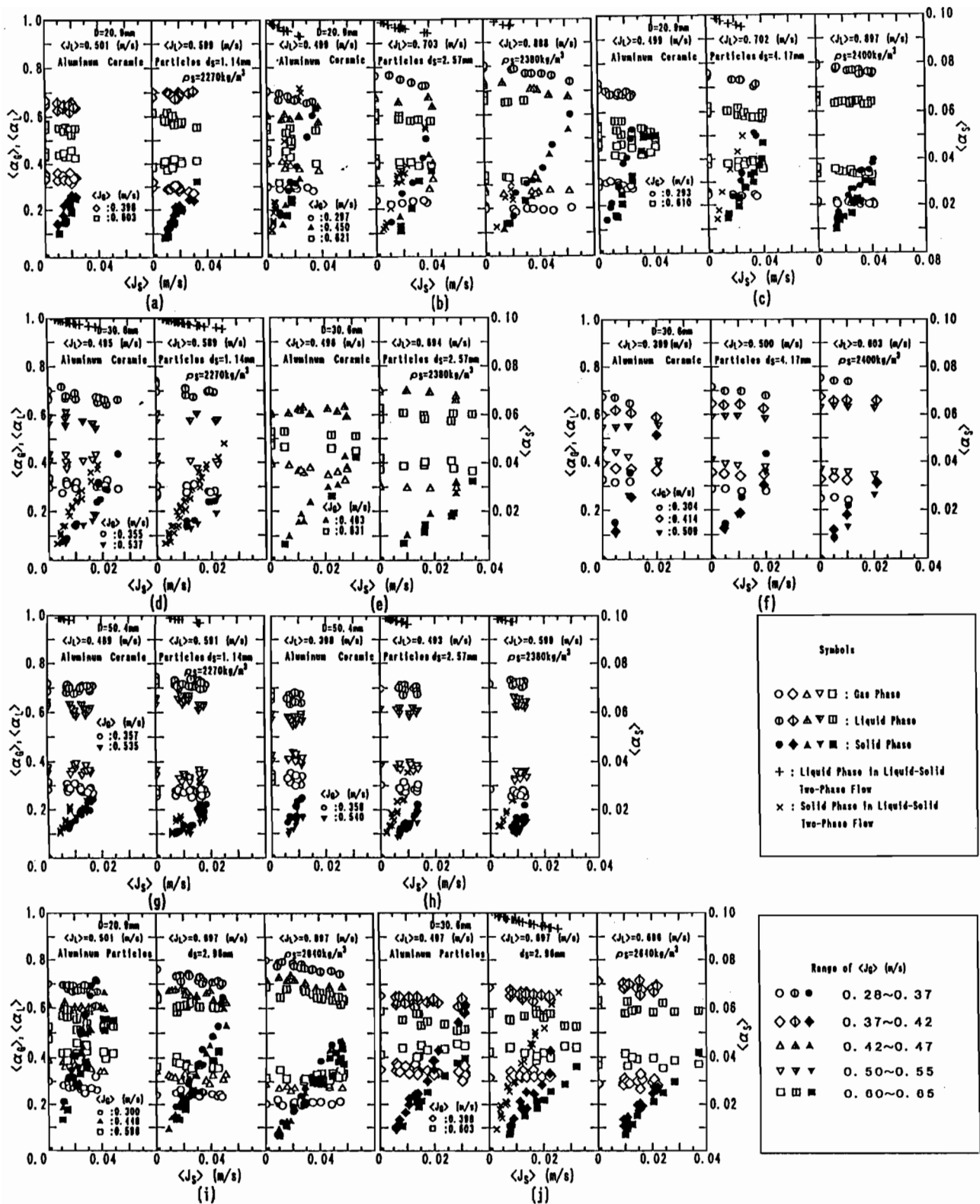
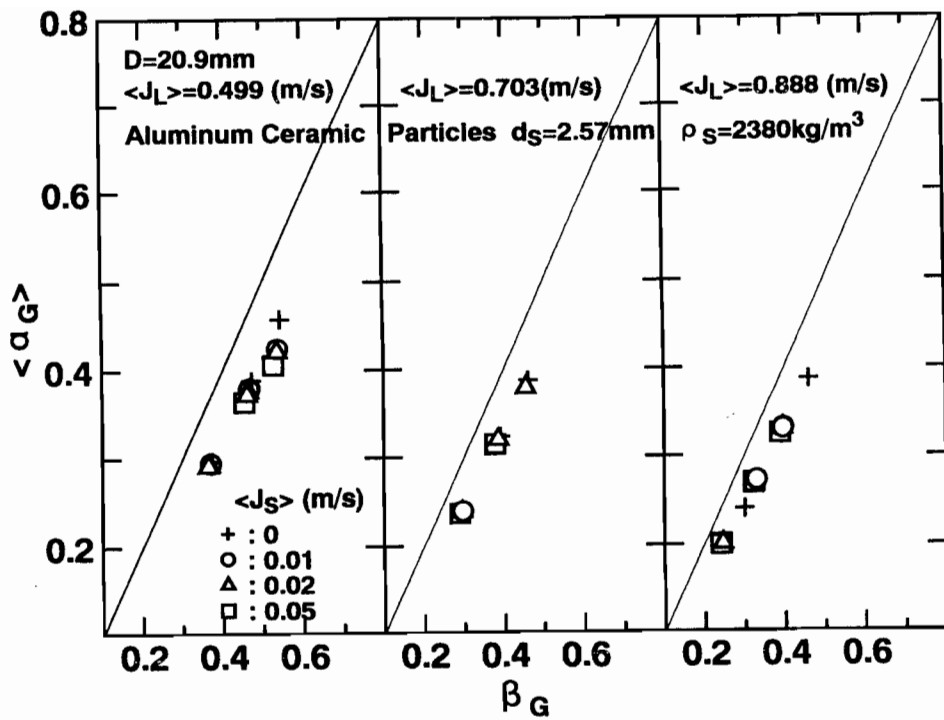
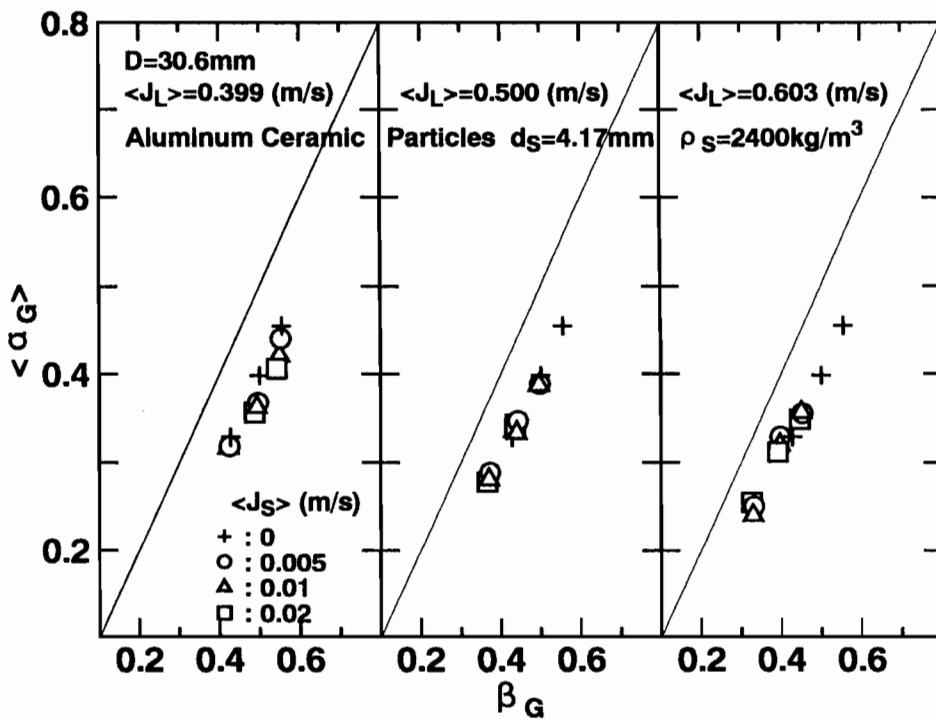


図 4 - 39 固相体積流束と各相体積率の関係

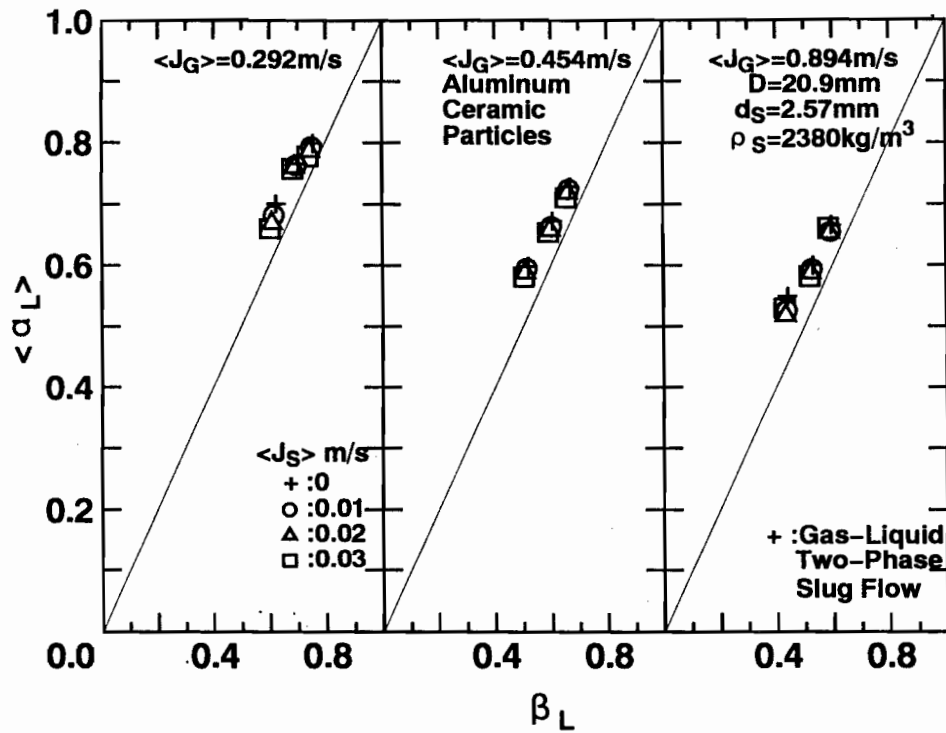


(a)  $D=20.9\text{mm}$ 、 $d_s=2.57\text{mm}$ 、 $\rho_s=2380\text{kg/m}^3$

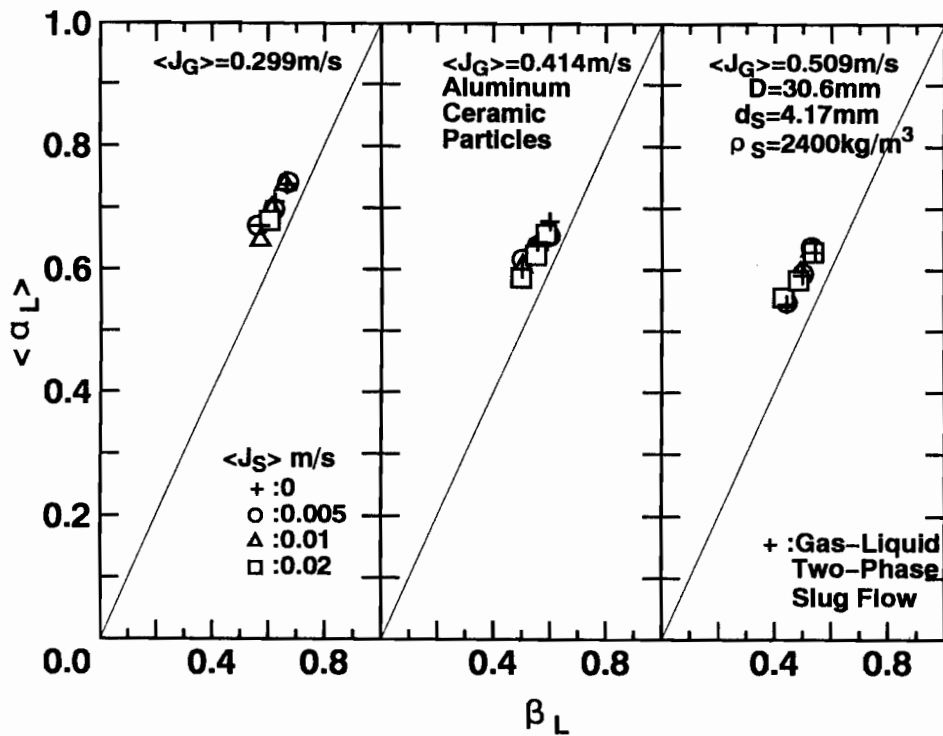


(b)  $D=30.6\text{mm}$ 、 $d_s=4.17\text{mm}$ 、 $\rho_s=2400\text{kg/m}^3$

図 4-40 気相体積流量比と気相体積率の関係

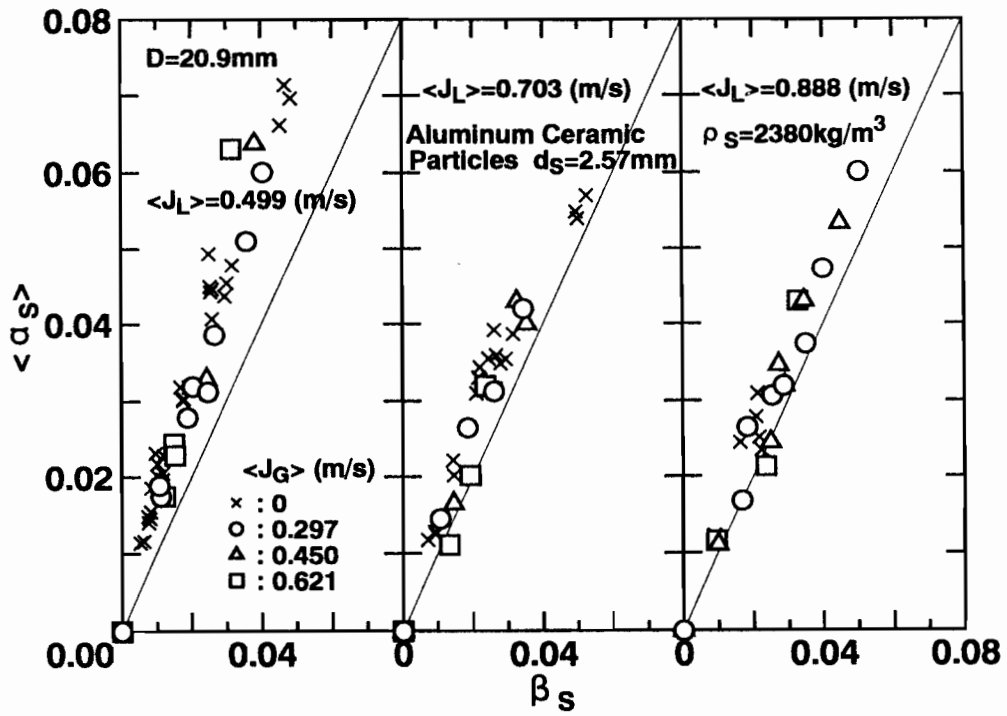


(a)  $D = 20.9 \text{ mm}$ 、 $d_s = 2.57 \text{ mm}$ 、 $\rho_s = 2380 \text{ kg/m}^3$

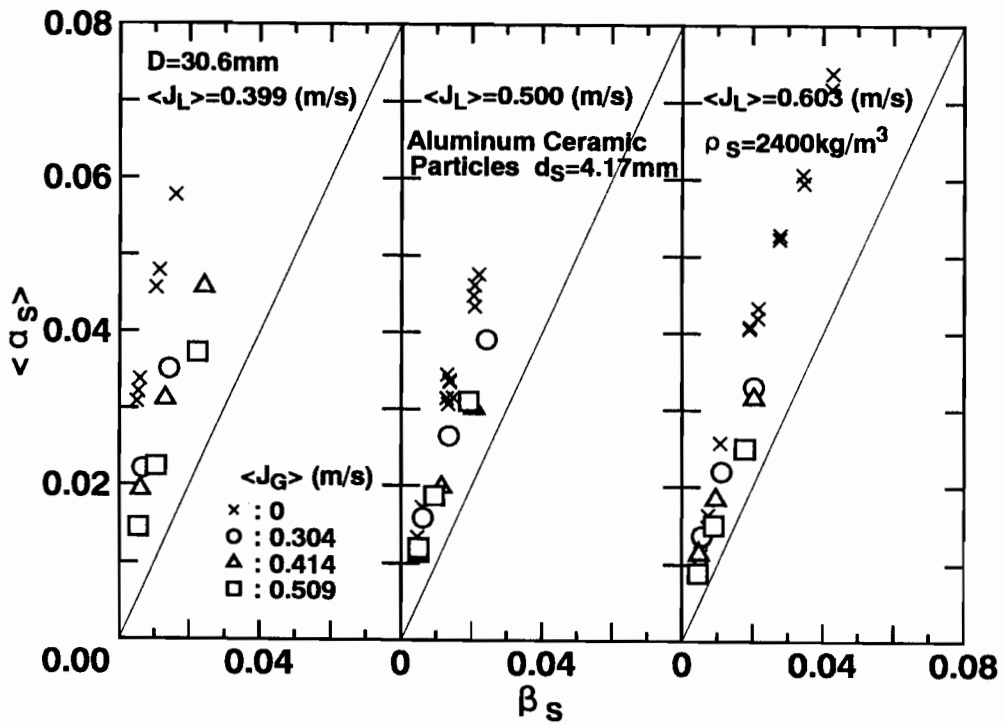


(b)  $D = 30.6 \text{ mm}$ 、 $d_s = 4.17 \text{ mm}$ 、 $\rho_s = 2400 \text{ kg/m}^3$

図 4 - 4 1 液相体積流量比と液相体積率の関係



(a)  $D=20.9\text{mm}$ 、 $d_s=2.57\text{mm}$ 、 $\rho_s=2380\text{kg/m}^3$



(b)  $D=30.6\text{mm}$ 、 $d_s=4.17\text{mm}$ 、 $\rho_s=2400\text{kg/m}^3$

図 4-4-2 固相体積流量比と固相体積率の関係

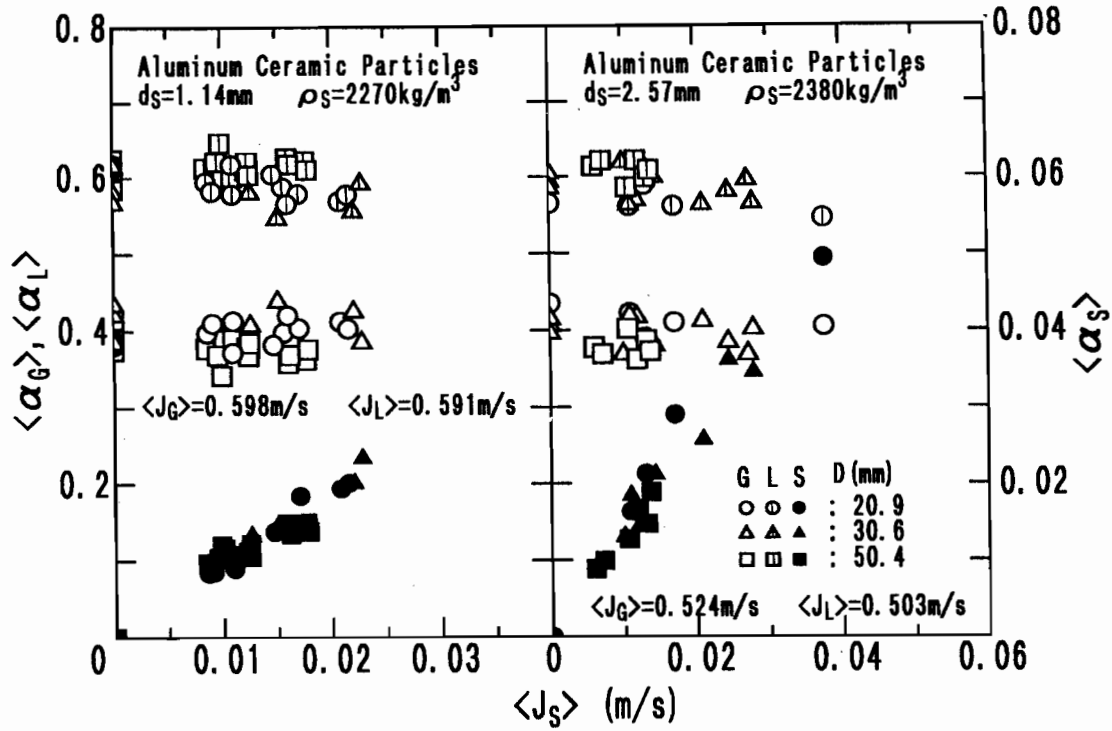


図 4 - 4 3 各相体積率に及ぼす管内径の影響

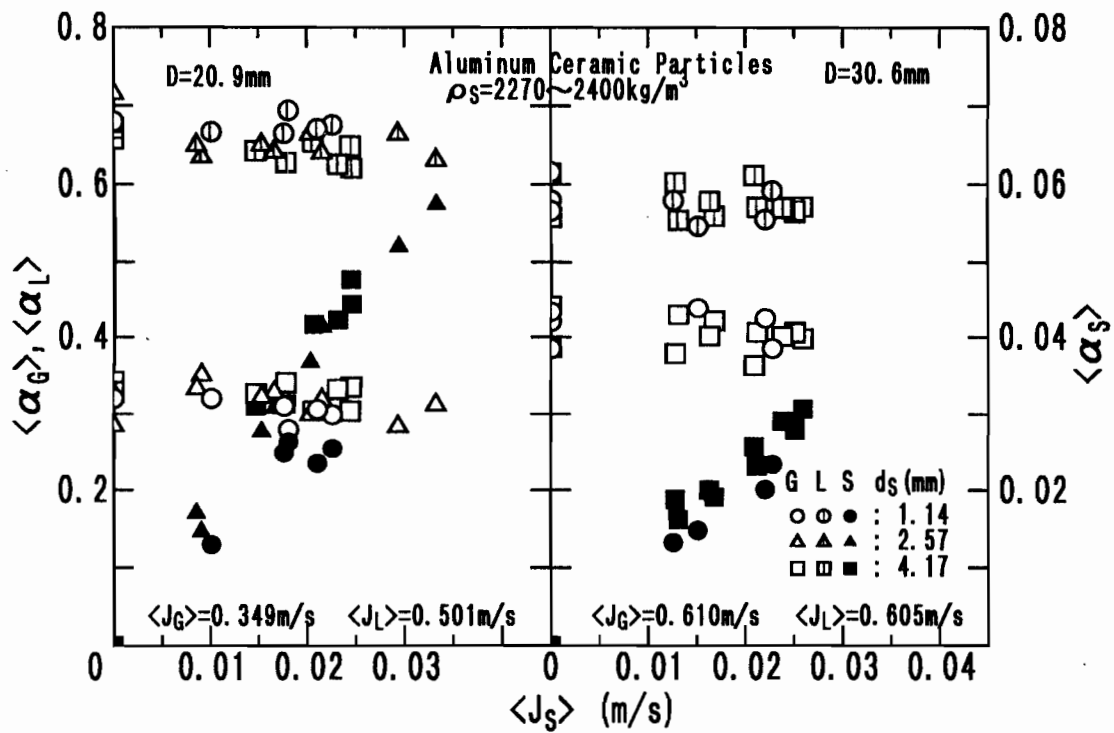


図 4 - 4 4 各相体積率に及ぼす平均粒子径の影響

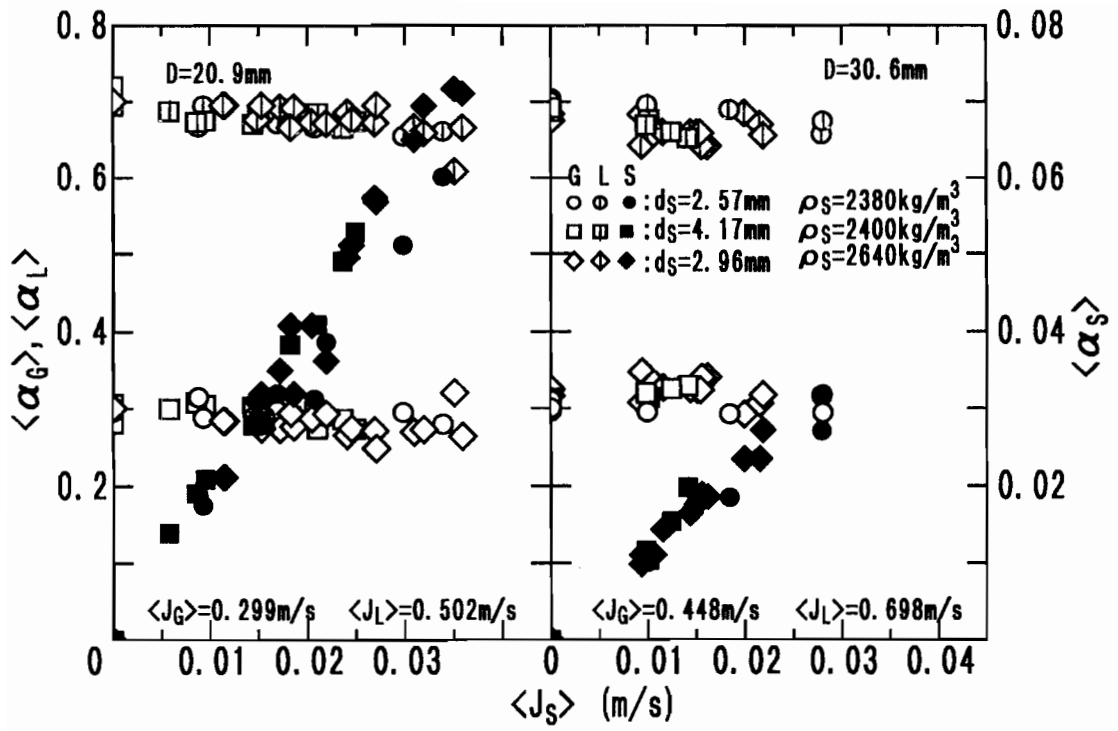


図 4 - 4 5 各相体積率に及ぼす粒子密度の影響

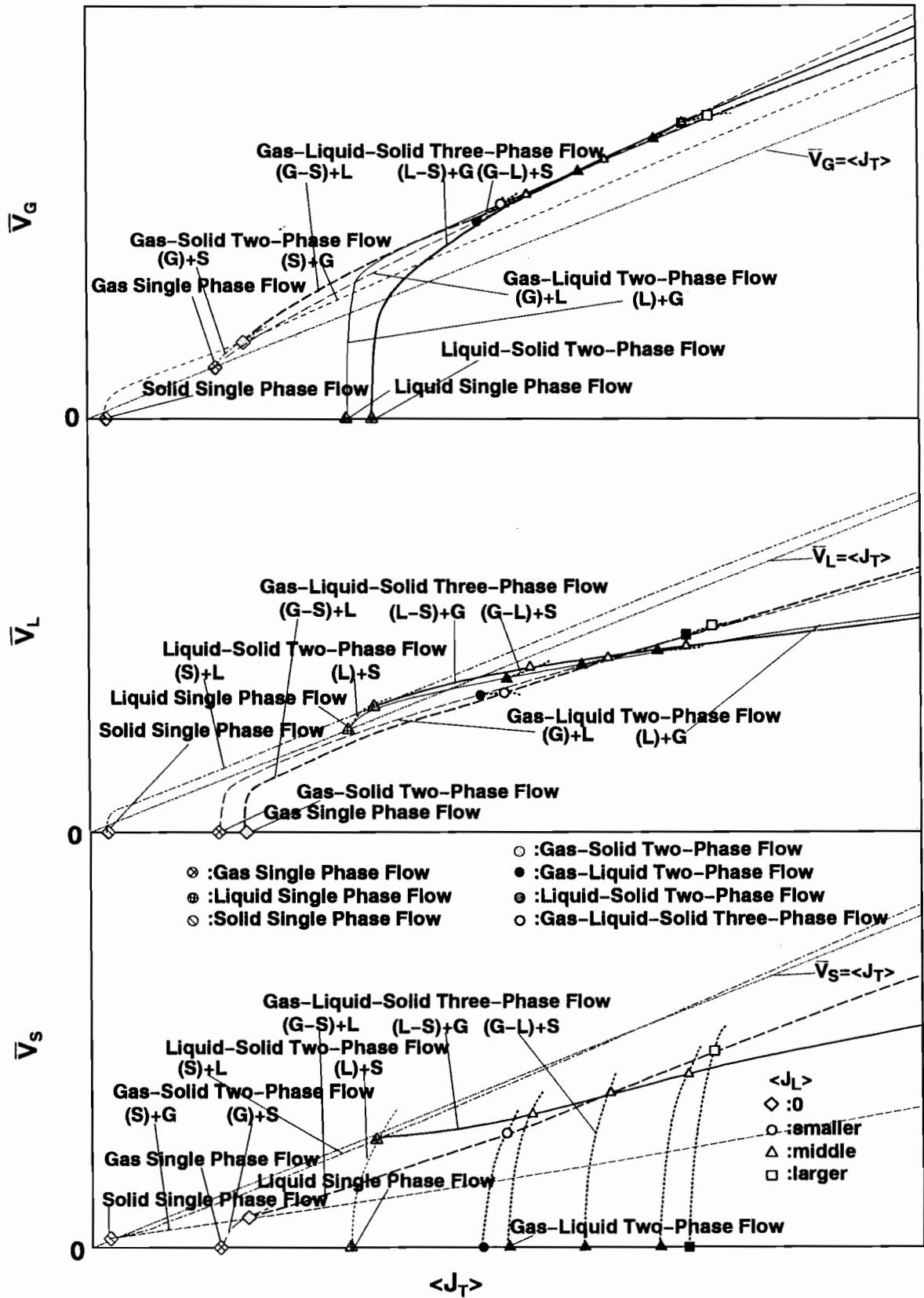
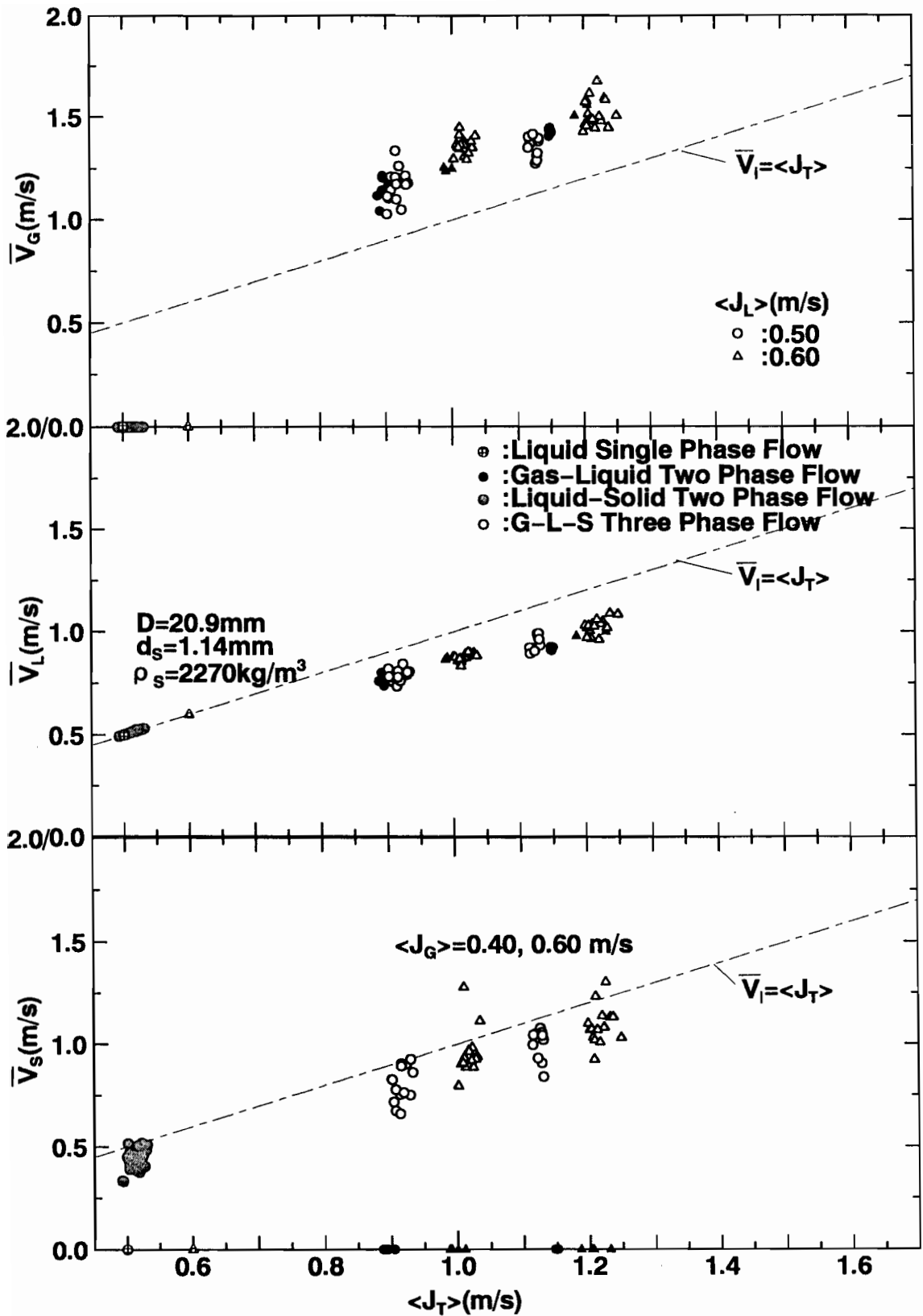


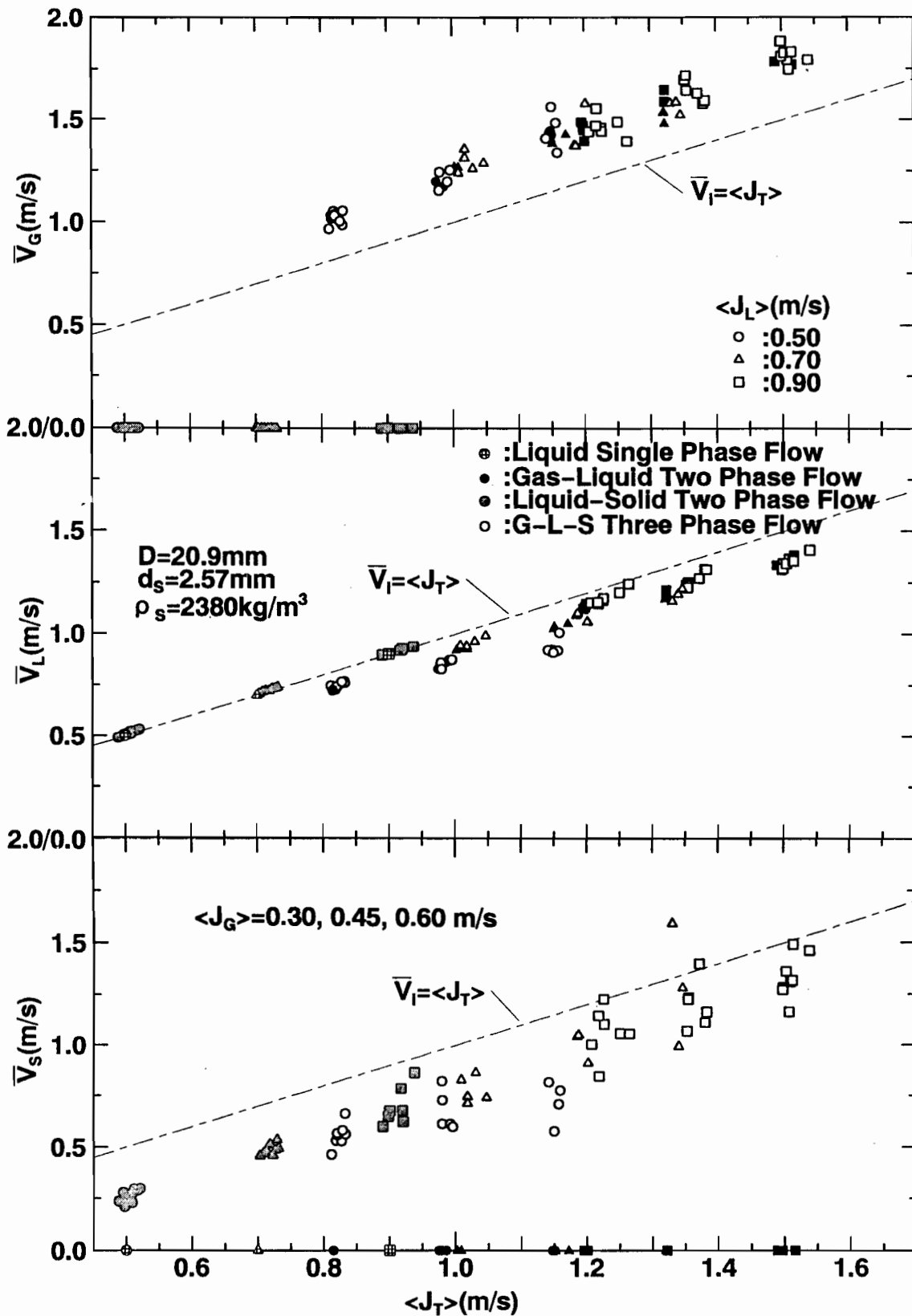
図 4 - 4 6  $\langle J_T \rangle - \bar{V}_i$  関係の模式図





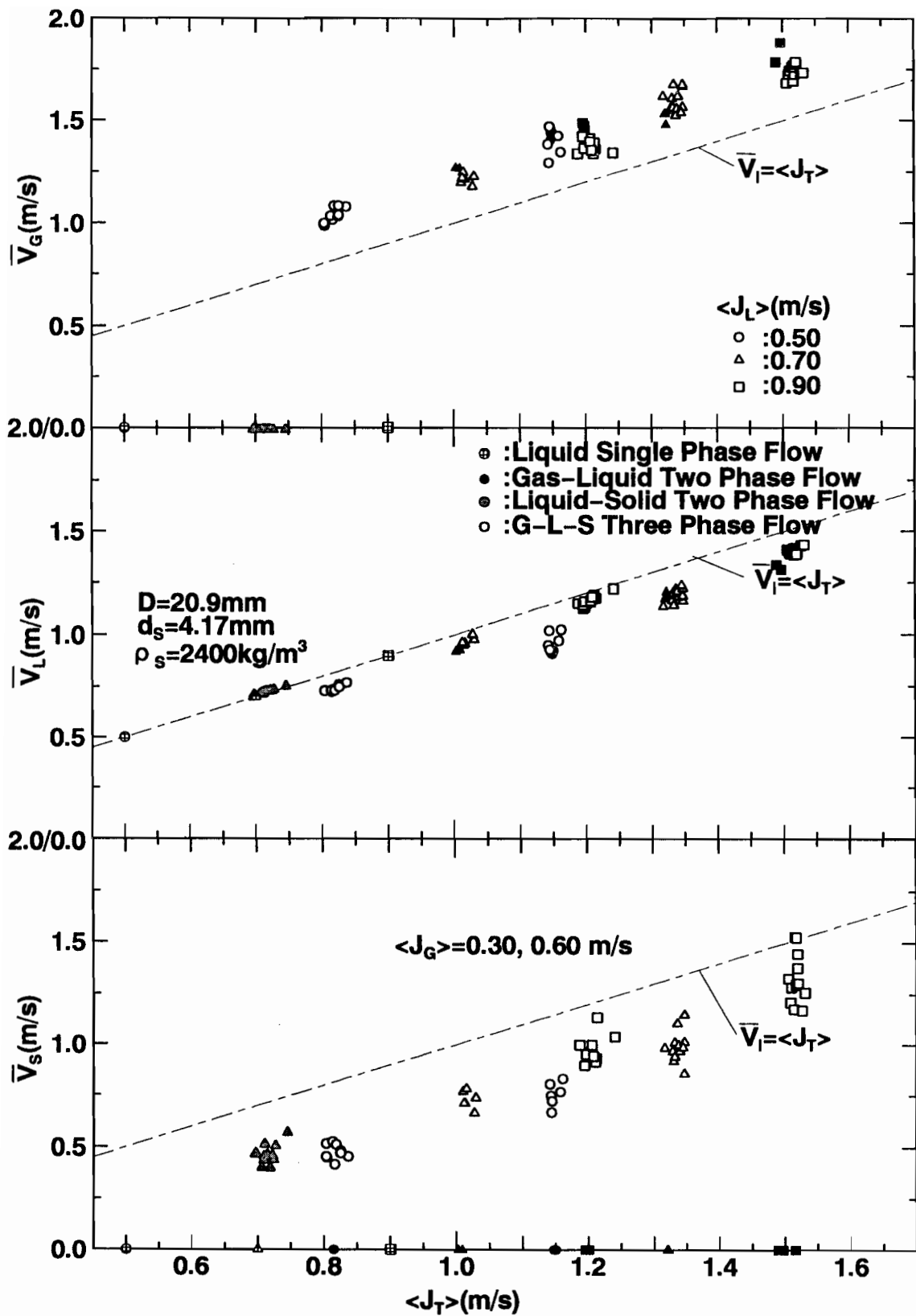
(a)  $D=20.9\text{mm}$ 、 $d_s=1.14\text{mm}$ 、 $\rho_s=2270\text{kg/m}^3$

図 4-47  $\langle J_T \rangle - \bar{V}_i$  平面上における各相平均速度の測定結果



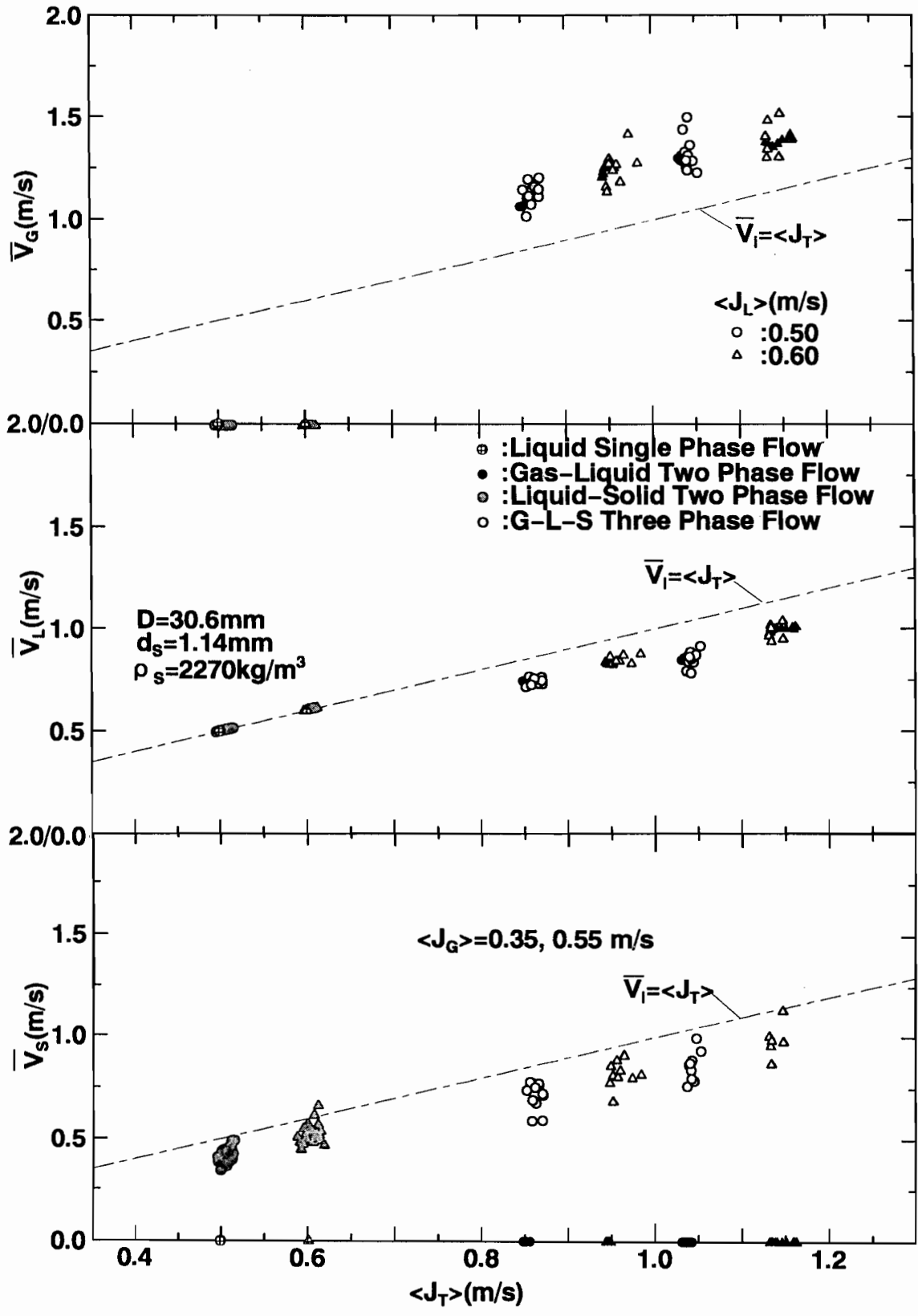
(b)  $D=20.9\text{mm}$ 、 $d_s=2.57\text{mm}$ 、 $\rho_s=2380\text{kg/m}^3$

図4-47  $\langle J_T \rangle - \bar{V}_i$  平面上における各相平均速度の測定結果



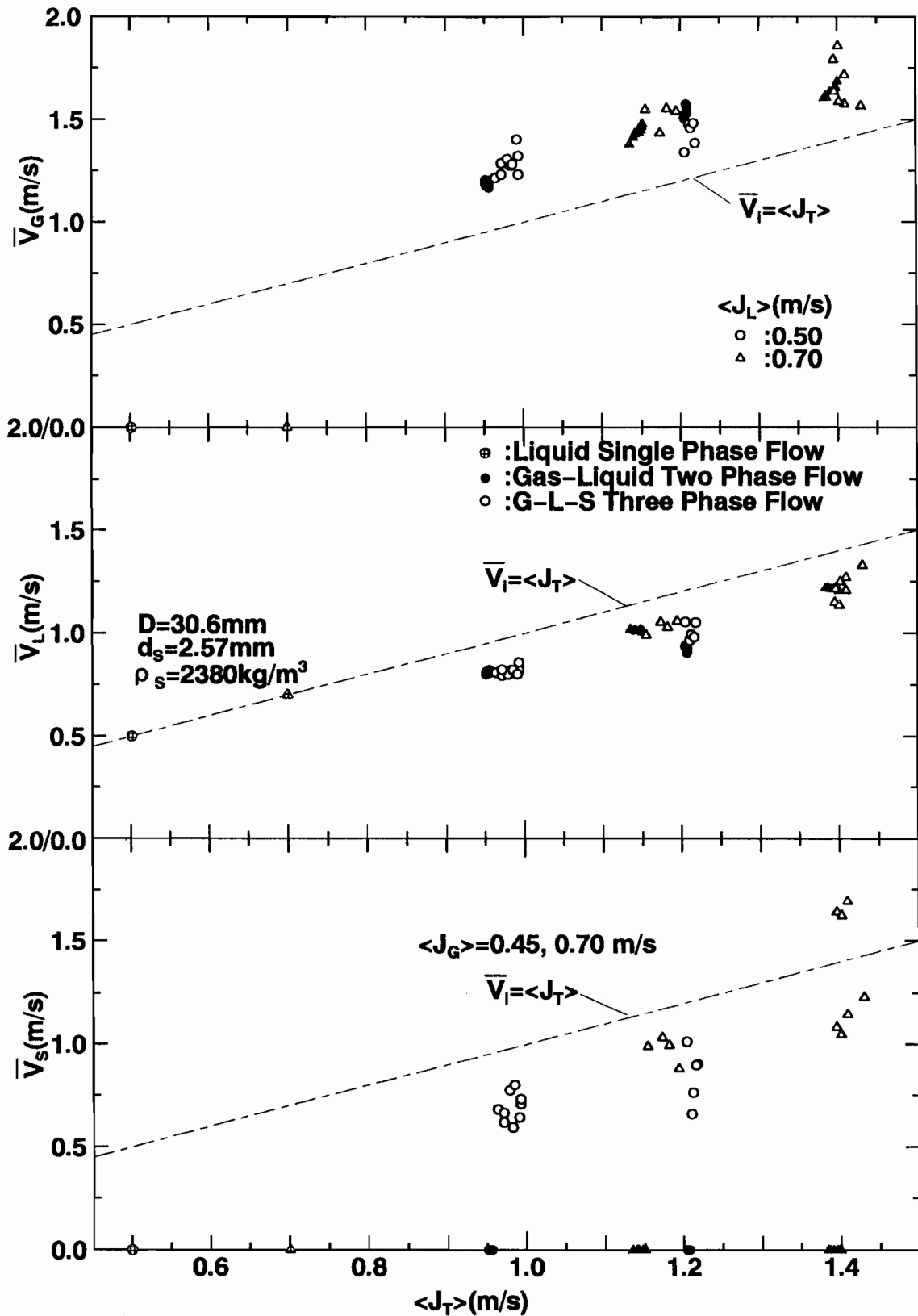
(c)  $D=20.9\text{mm}$ 、 $d_s=4.17\text{mm}$ 、 $\rho_s=2400\text{kg/m}^3$

図 4 - 4 7  $\langle J_T \rangle - \bar{V}_i$  平面上における各相平均速度の測定結果



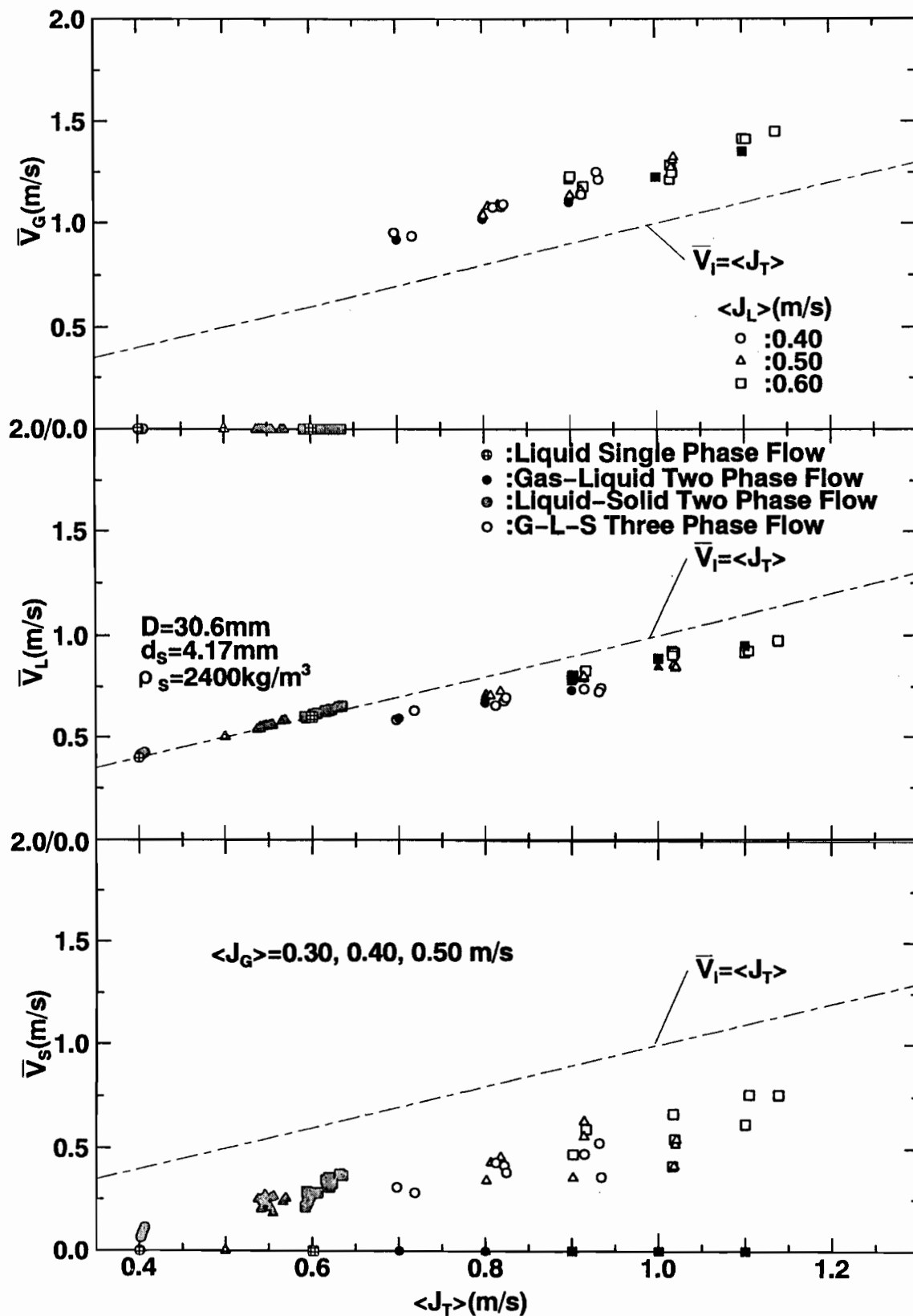
(d)  $D=30.6\text{mm}$ 、 $d_s=1.14\text{mm}$ 、 $\rho_s=2270\text{kg/m}^3$

図 4-47  $\langle J_T \rangle - \bar{V}_i$  平面上における各相平均速度の測定結果



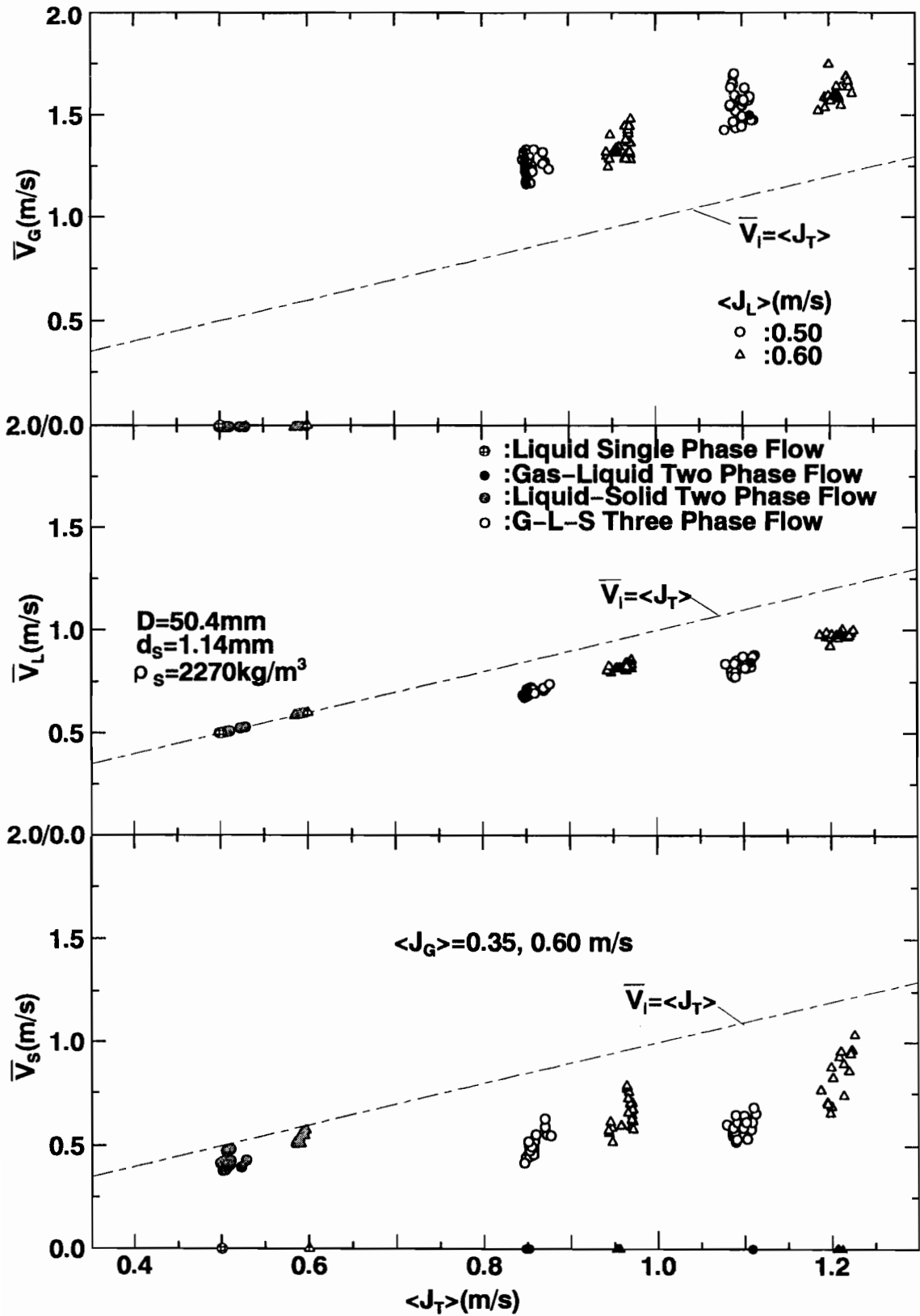
(e)  $D=30.6\text{mm}$ 、 $d_s=2.57\text{mm}$ 、 $\rho_s=2380\text{kg/m}^3$

図4-47  $\langle J_T \rangle - \bar{V}_i$  平面上における各相平均速度の測定結果



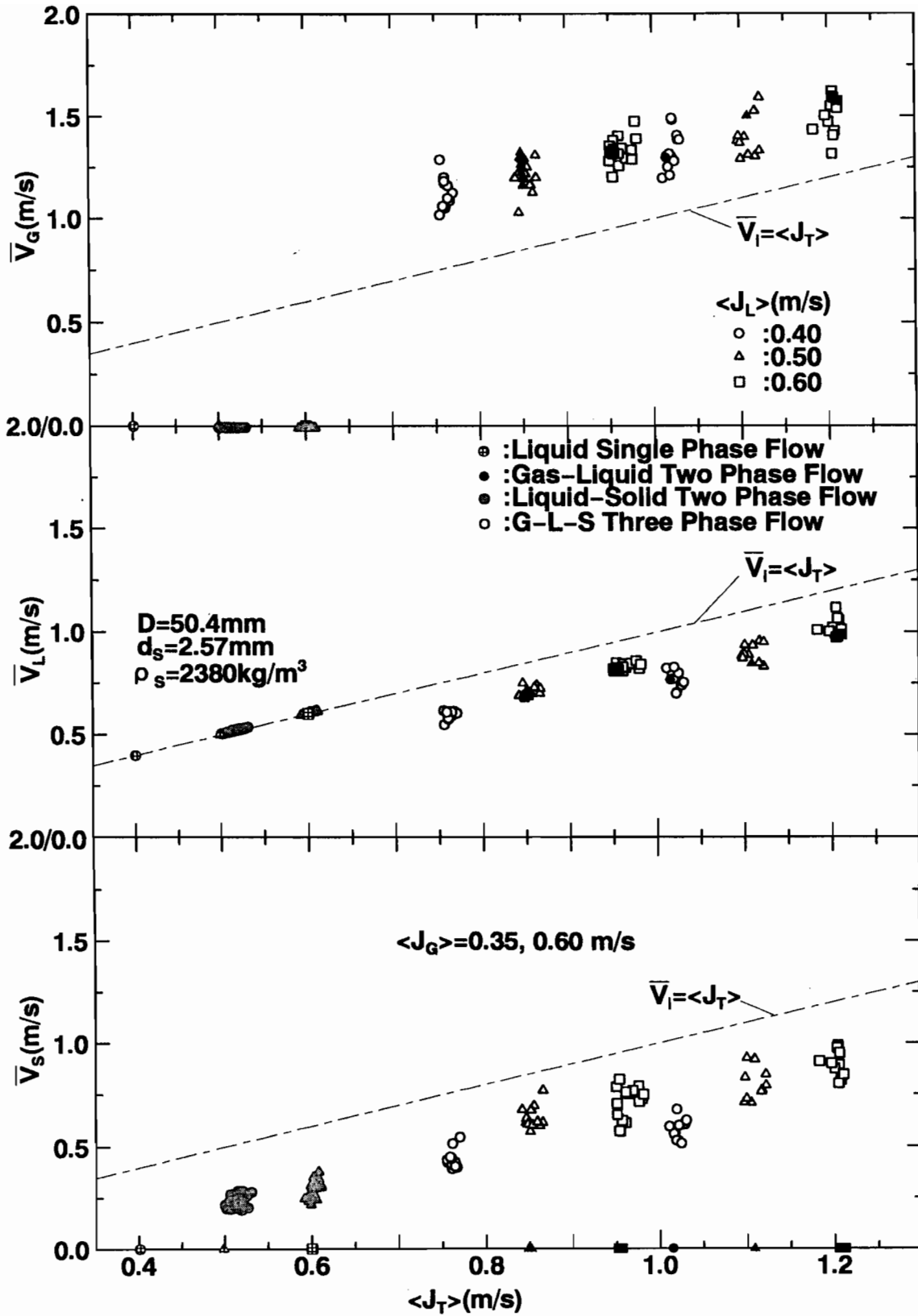
(f)  $D=30.6\text{mm}$ 、 $d_s=4.17\text{mm}$ 、 $\rho_s=2400\text{kg/m}^3$

図 4-47  $\langle J_T \rangle - \bar{V}_i$  平面上における各相平均速度の測定結果



(g)  $D=50.4\text{mm}$ 、 $d_s=1.14\text{mm}$ 、 $\rho_s=2270\text{kg/m}^3$

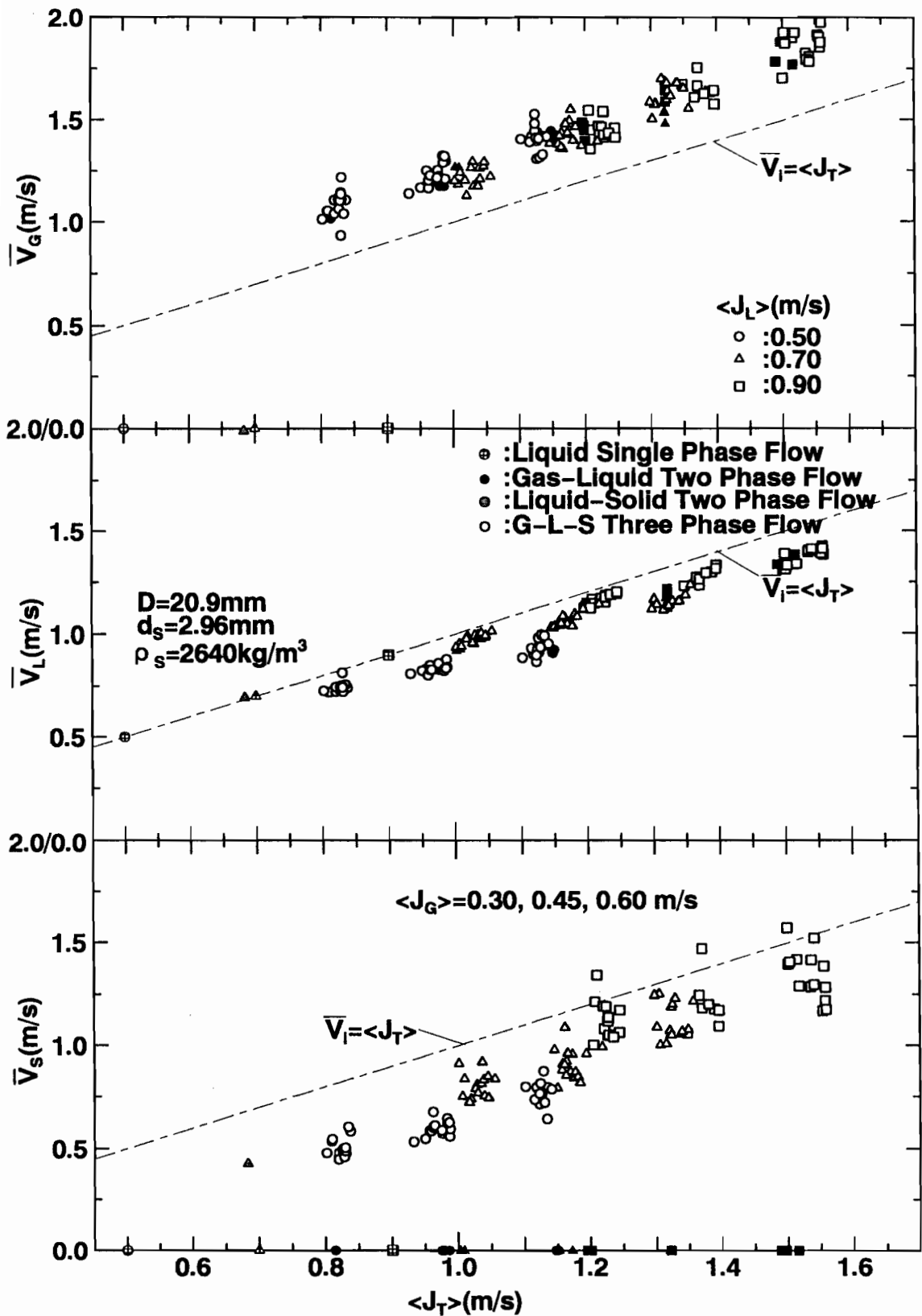
図 4 - 4 7  $\langle J_T \rangle - \bar{V}_i$  平面上における各相平均速度の測定結果



(h)  $D=50.4\text{mm}$ 、 $d_s=2.57\text{mm}$ 、 $\rho_s=2380\text{kg/m}^3$

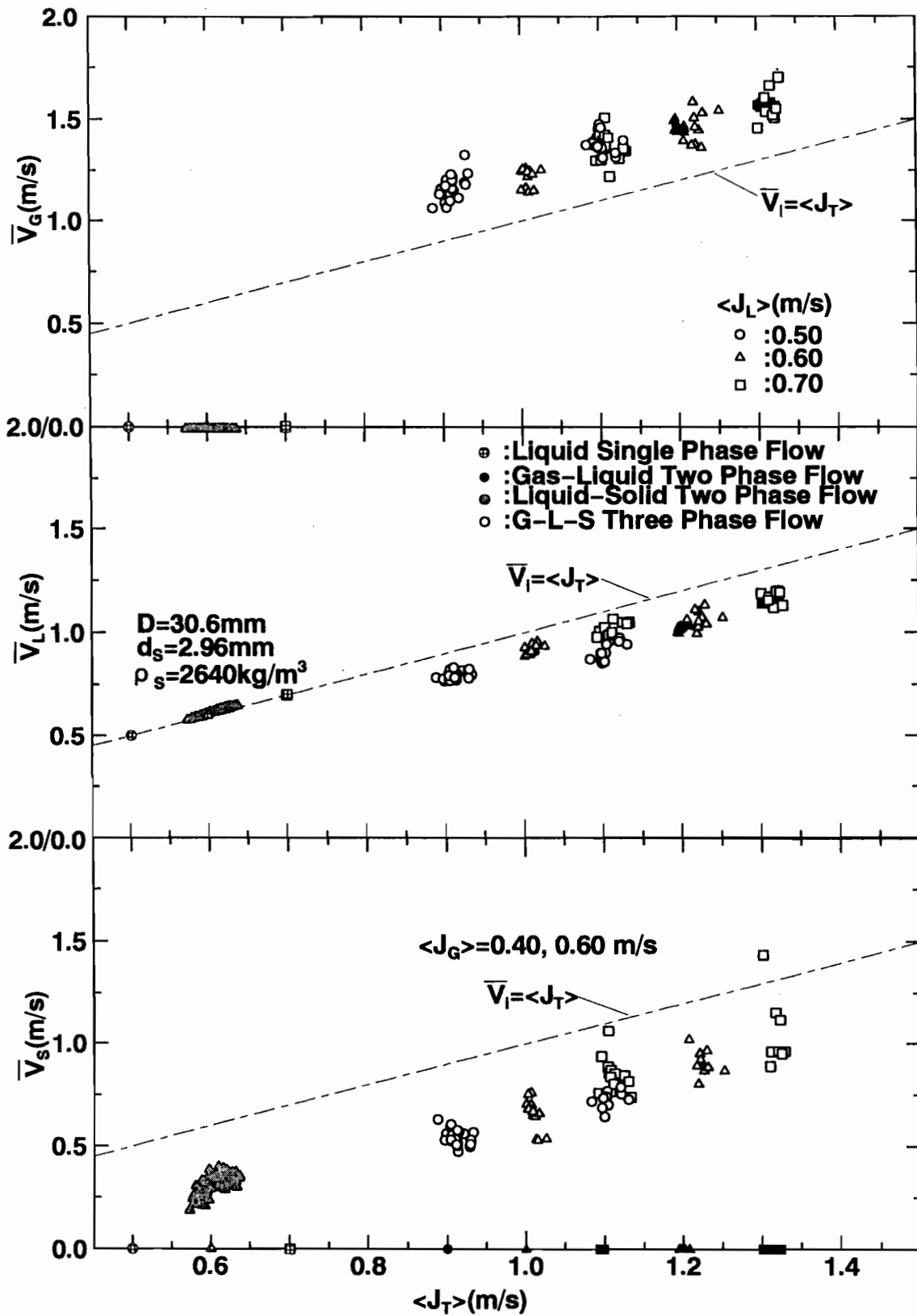
図 4-47  $\langle J_T \rangle - \bar{V}_i$  平面上における各相平均速度の測定結果





(i)  $D=20.9\text{mm}$ 、 $d_s=2.96\text{mm}$ 、 $\rho_s=2640\text{kg/m}^3$

図 4-47  $\langle J_T \rangle - \bar{V}_i$  平面上における各相平均速度の測定結果



(j)  $D=30.6\text{mm}$ 、 $d_s=2.96\text{mm}$ 、 $\rho_s=2640\text{kg/m}^3$

図4-47  $\langle J_T \rangle - \bar{V}_i$  平面上における各相平均速度の測定結果

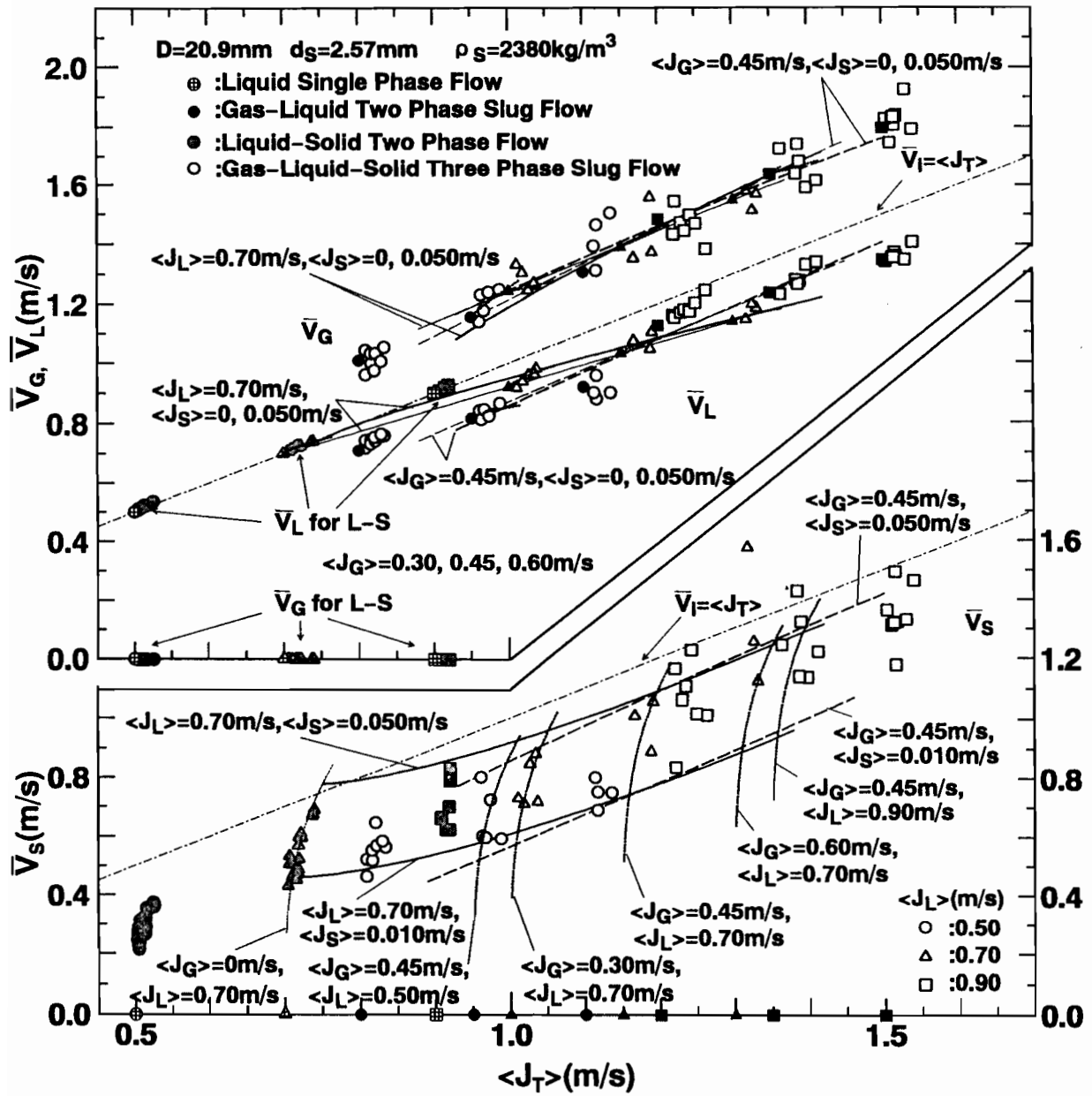


図4-48  $\langle J_T \rangle - \bar{V}_i$  平面上における各相平均速度の測定結果 (体積率補正值) と平均速度曲線 ( $D=20.9\text{mm}$ 、 $d_s=2.57\text{mm}$ 、 $\rho_s=2380\text{kg/m}^3$ )

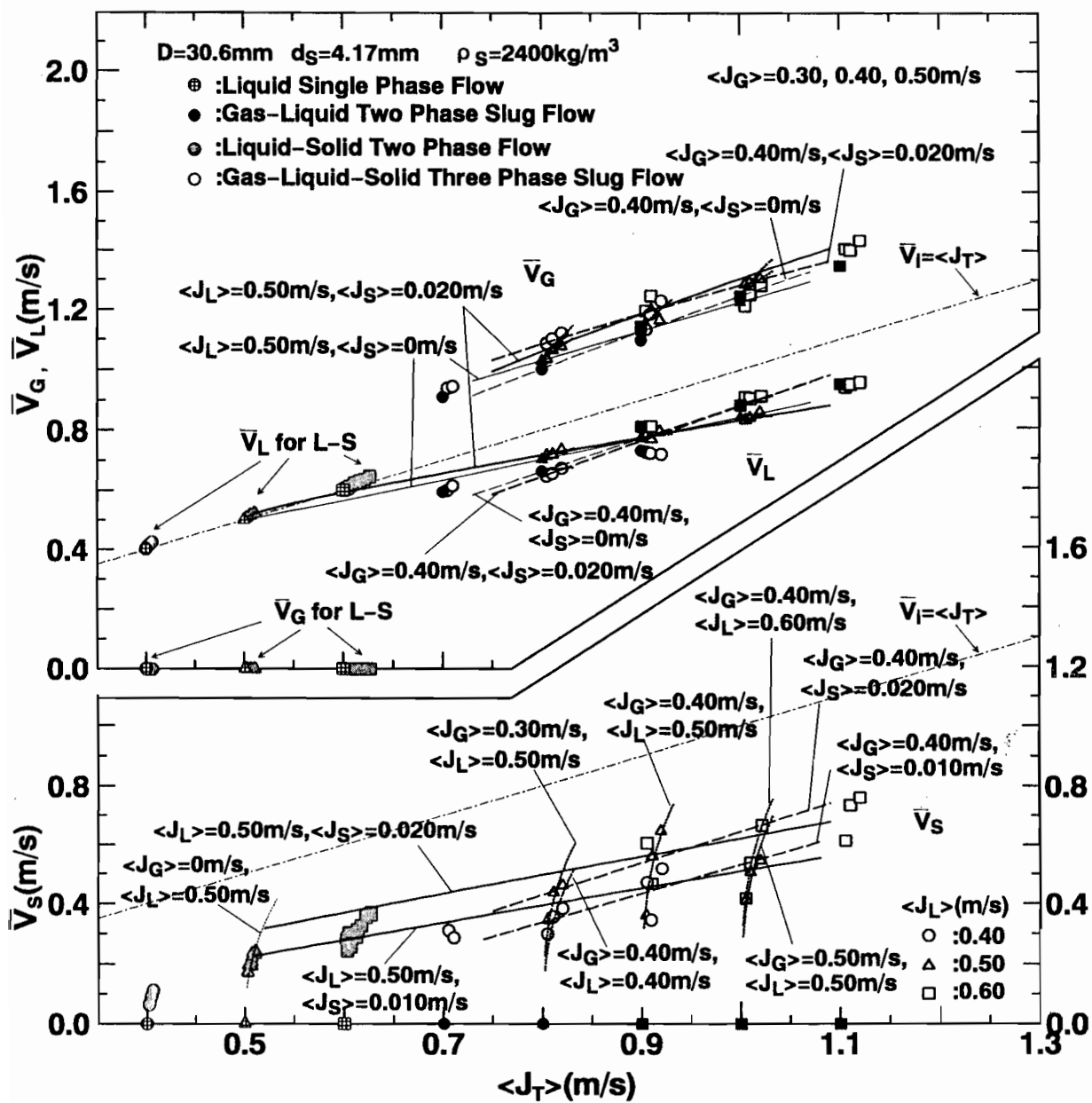


図4-49  $\langle J_T \rangle - \bar{V}_i$  平面上における各相平均速度の測定結果（体積率補正值）と平均速度曲線  
 ( $D=30.6\text{mm}$ ,  $d_s=4.17\text{mm}$ ,  $\rho_s=2400\text{kg/m}^3$ )

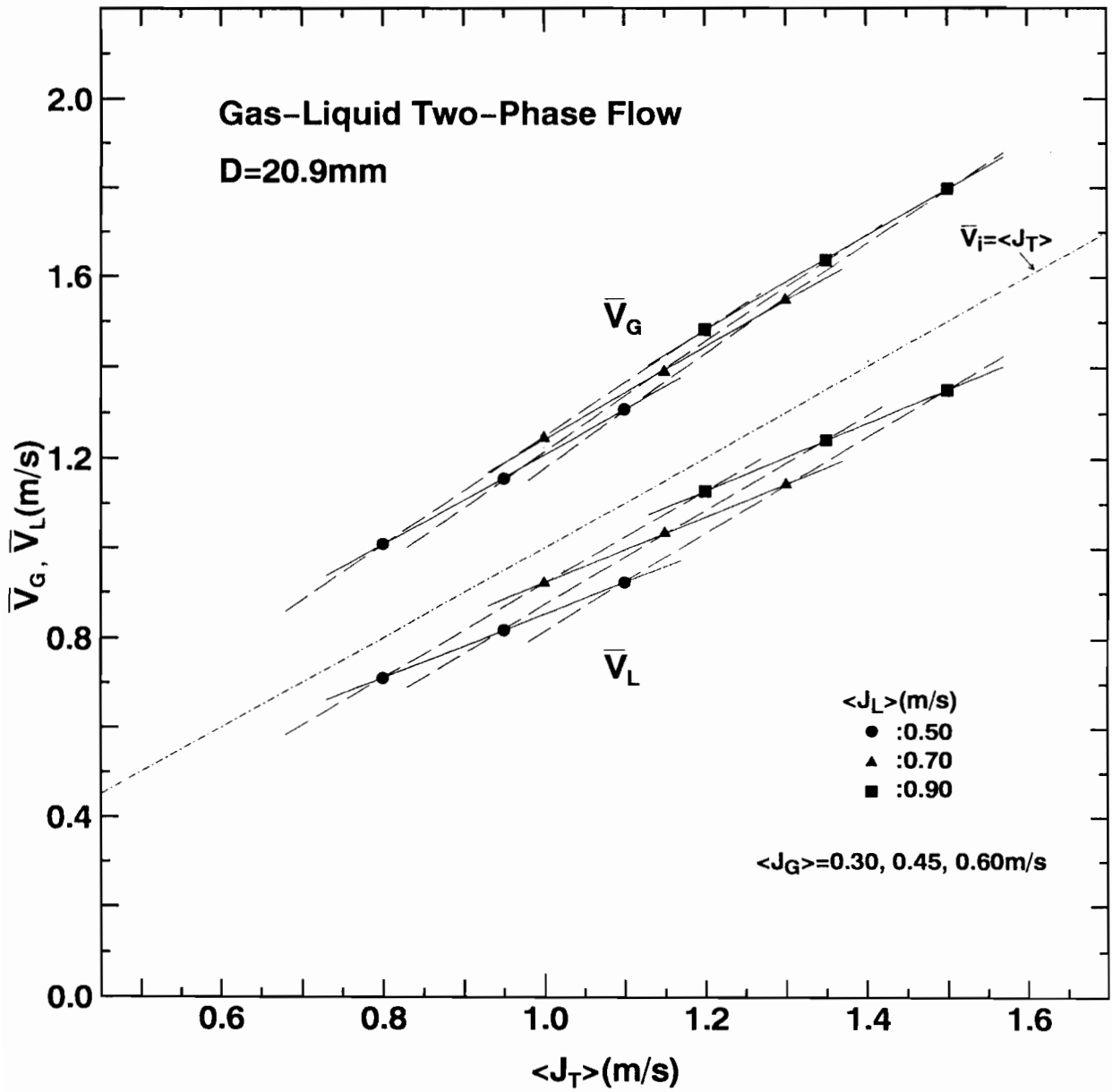


図4-50  $\langle J_T \rangle - \bar{V}_i$  平面上における気液二相スラグ流の各相平均速度の測定結果（体積率補正值）と平均速度曲線（D=20.9mm）

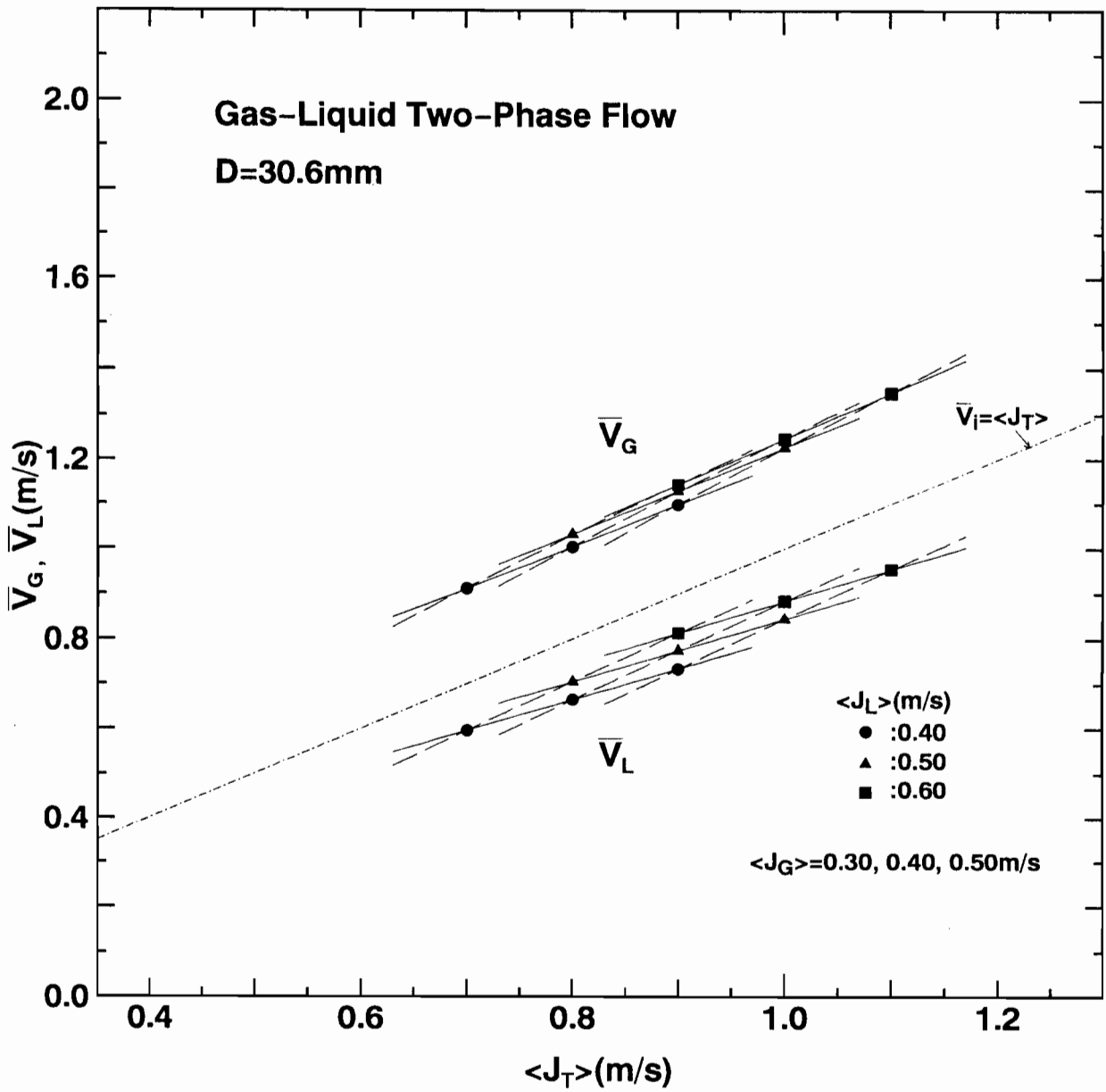
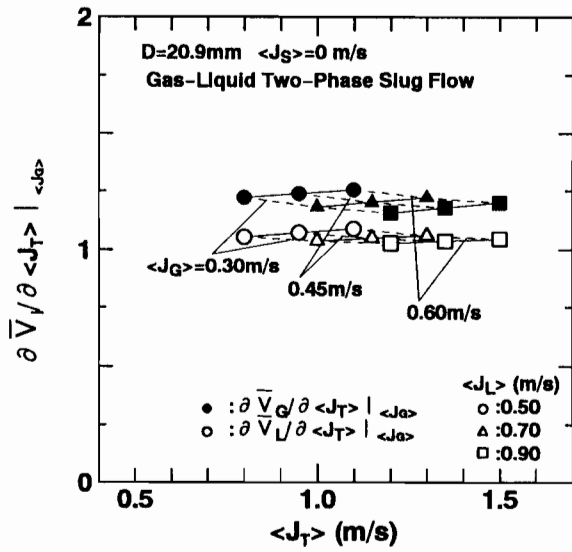
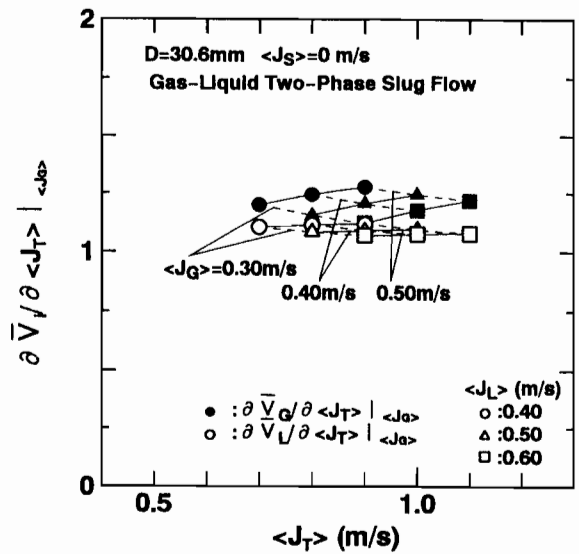


図4-51  $\langle J_T \rangle - \bar{V}_i$  平面上における気液二相スラグ流の各相平均速度の測定結果（体積率補正值）と平均速度曲線（D=30.6mm）

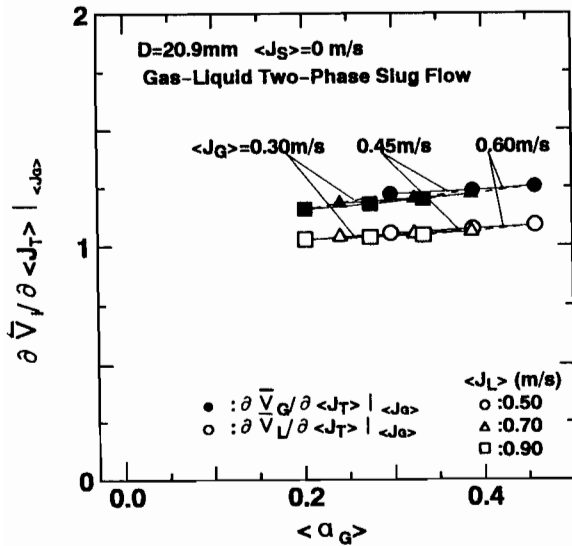


(a) D = 20.9mm

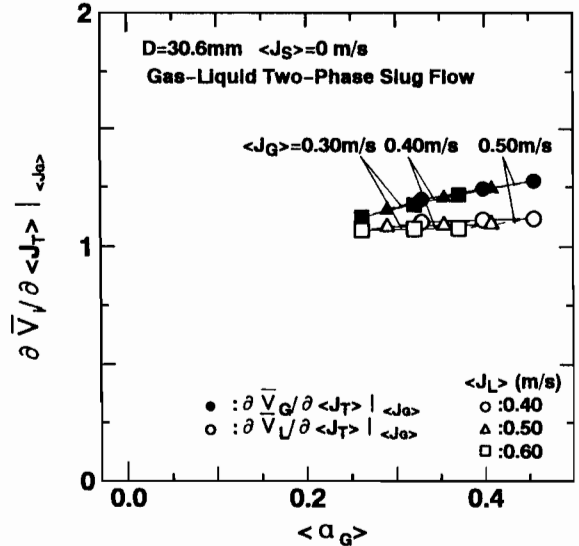


(b) D = 30.6mm

図4-52 各相平均速度の変化率と $\langle J_T \rangle$ の関係 (気液二相スラグ流、 $\langle J_G \rangle$ 一定)

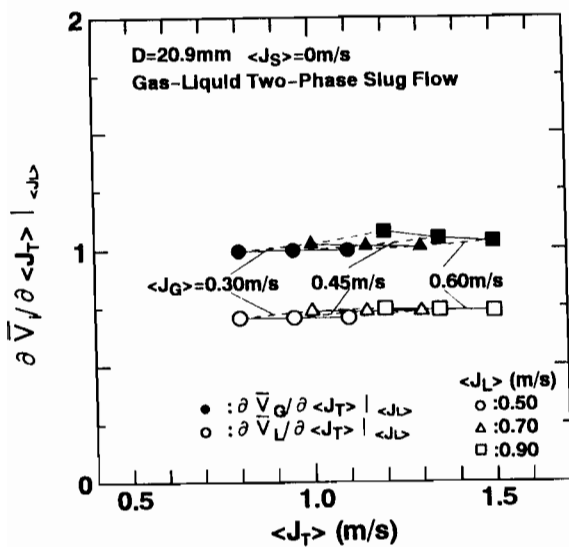


(a) D = 20.9mm

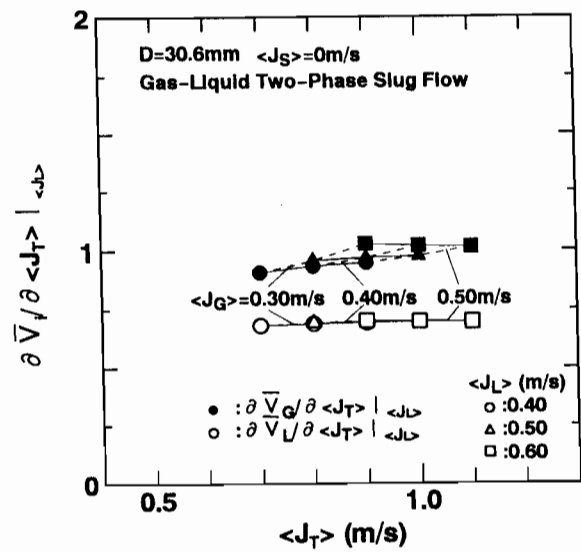


(b) D = 30.6mm

図4-53 各相平均速度の変化率と $\langle \alpha_G \rangle$ の関係 (気液二相スラグ流、 $\langle J_G \rangle$ 一定)

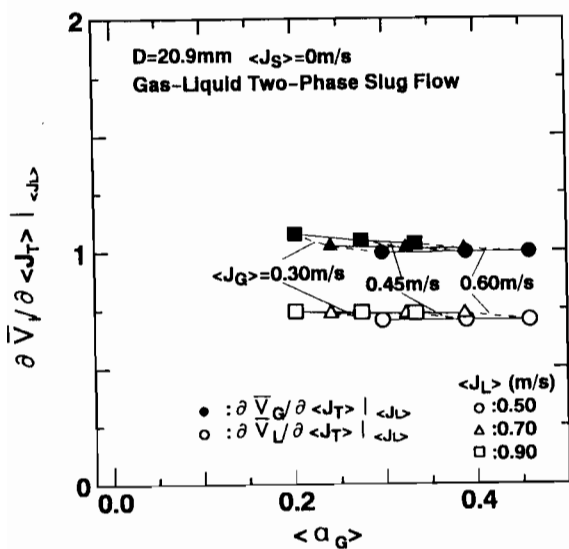


(a) D = 20.9mm

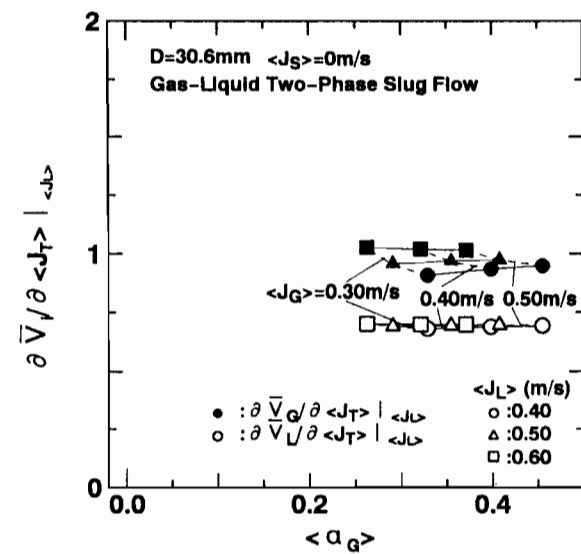


(b) D = 30.6mm

図4-54 各相平均速度の変化率と $\langle J_T \rangle$ の関係 (気液二相スラグ流、 $\langle J_L \rangle$ 一定)



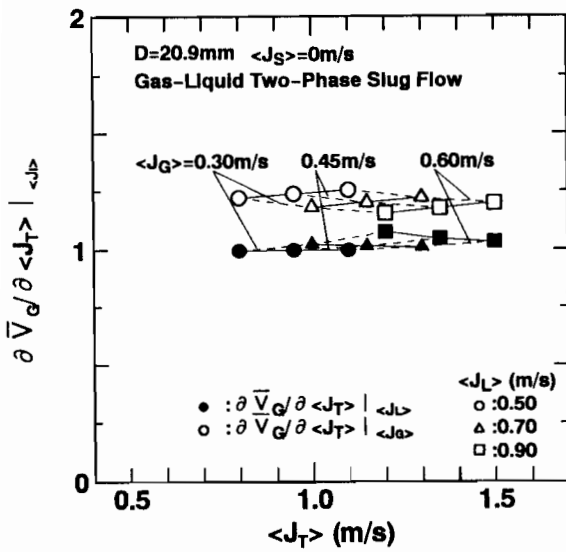
(a) D = 20.9mm



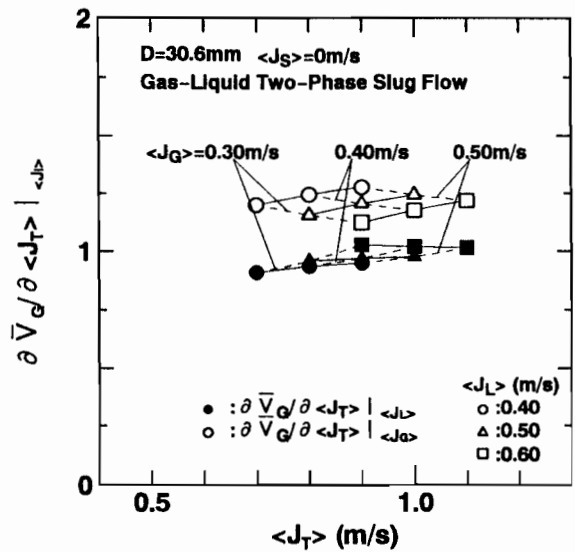
(b) D = 30.6mm

図4-55 各相平均速度の変化率と $\langle \alpha_G \rangle$ の関係 (気液二相スラグ流、 $\langle J_L \rangle$ 一定)



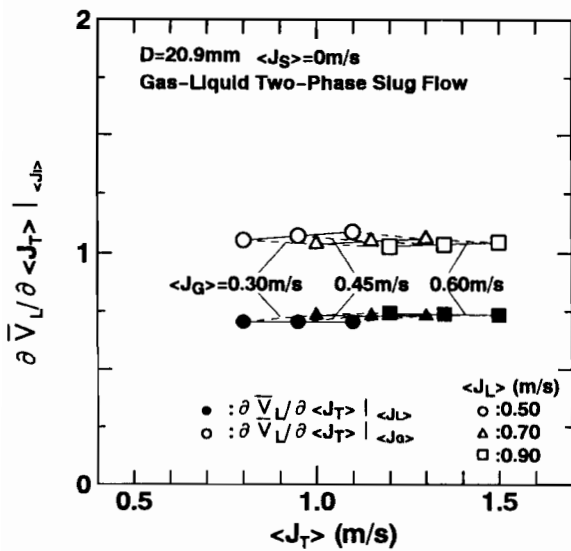


(a) D = 20.9mm

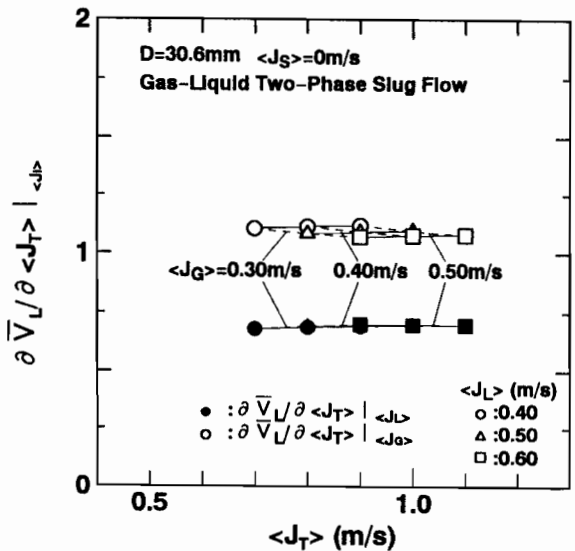


(b) D = 30.6mm

図4-56 気相平均速度の変化率と $\langle J_T \rangle$ の関係 (気液二相スラグ流)



(a) D = 20.9mm



(b) D = 30.6mm

図4-57 液相平均速度の変化率と $\langle J_T \rangle$ の関係 (気液二相スラグ流)

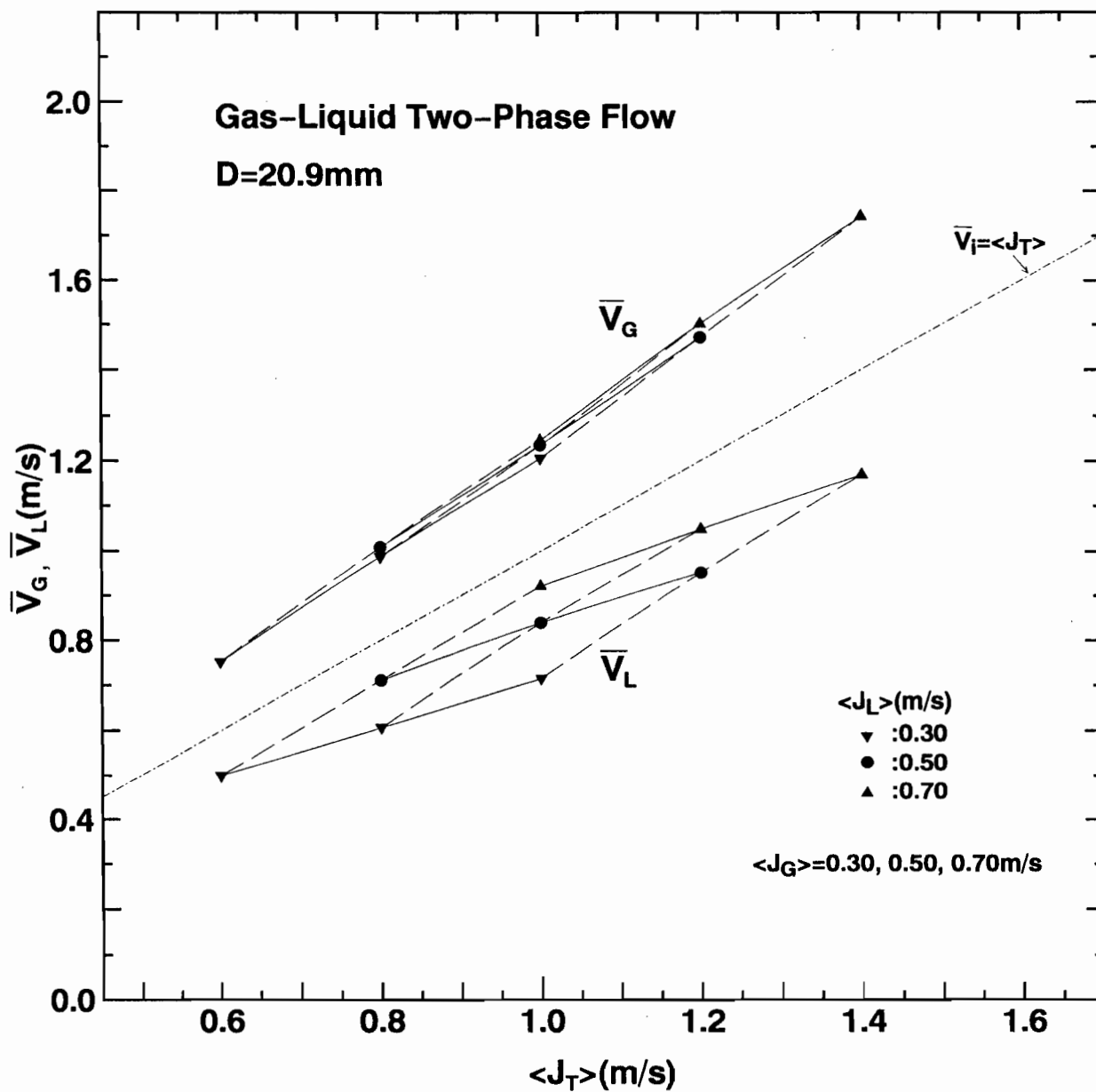


図4-58  $\langle J_T \rangle - \bar{V}_i$  平面上における気液二相スラグ流の各相平均速度の測定結果（体積率補正值）と平均速度曲線（ $D=20.9\text{mm}$ ）  
（ $\langle J_G \rangle$  と  $\langle J_L \rangle$  の範囲が等しい場合）

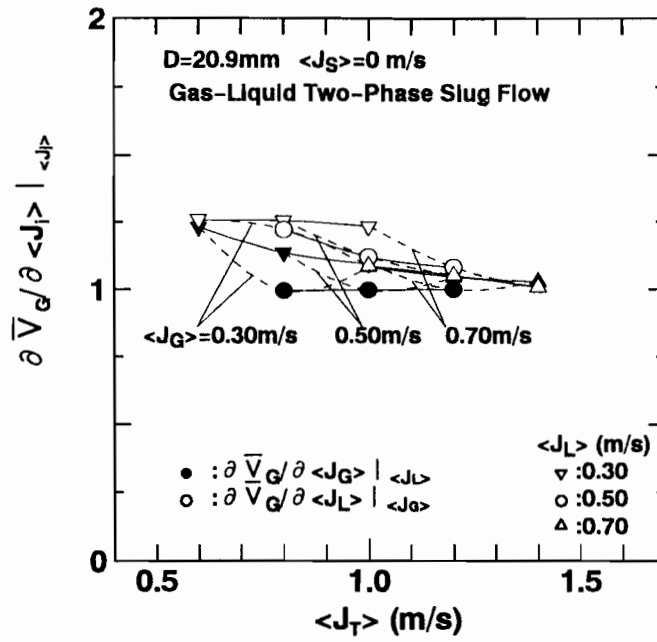


図4-59 気相平均速度の変化率と $\langle J_T \rangle$ の関係  
(気液二相スラグ流、 $\langle J_G \rangle$ と $\langle J_L \rangle$ の範囲が等しい場合)

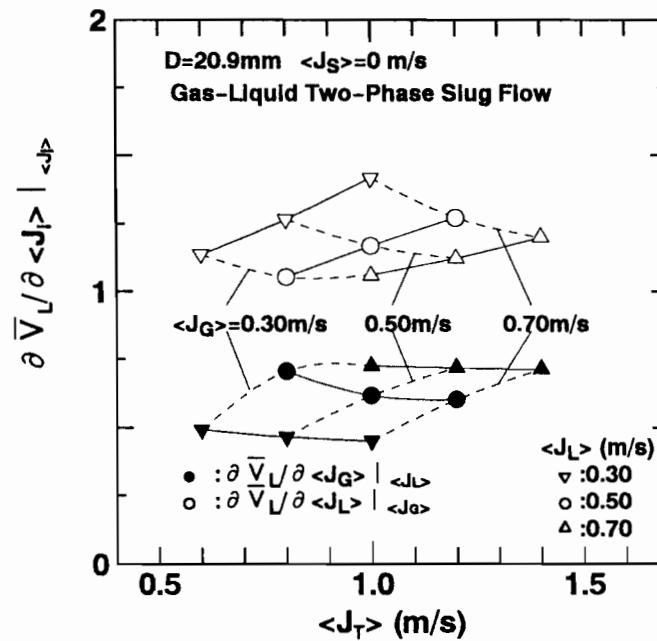


図4-60 液相平均速度の変化率と $\langle J_T \rangle$ の関係  
(気液二相スラグ流、 $\langle J_G \rangle$ と $\langle J_L \rangle$ の範囲が等しい場合)

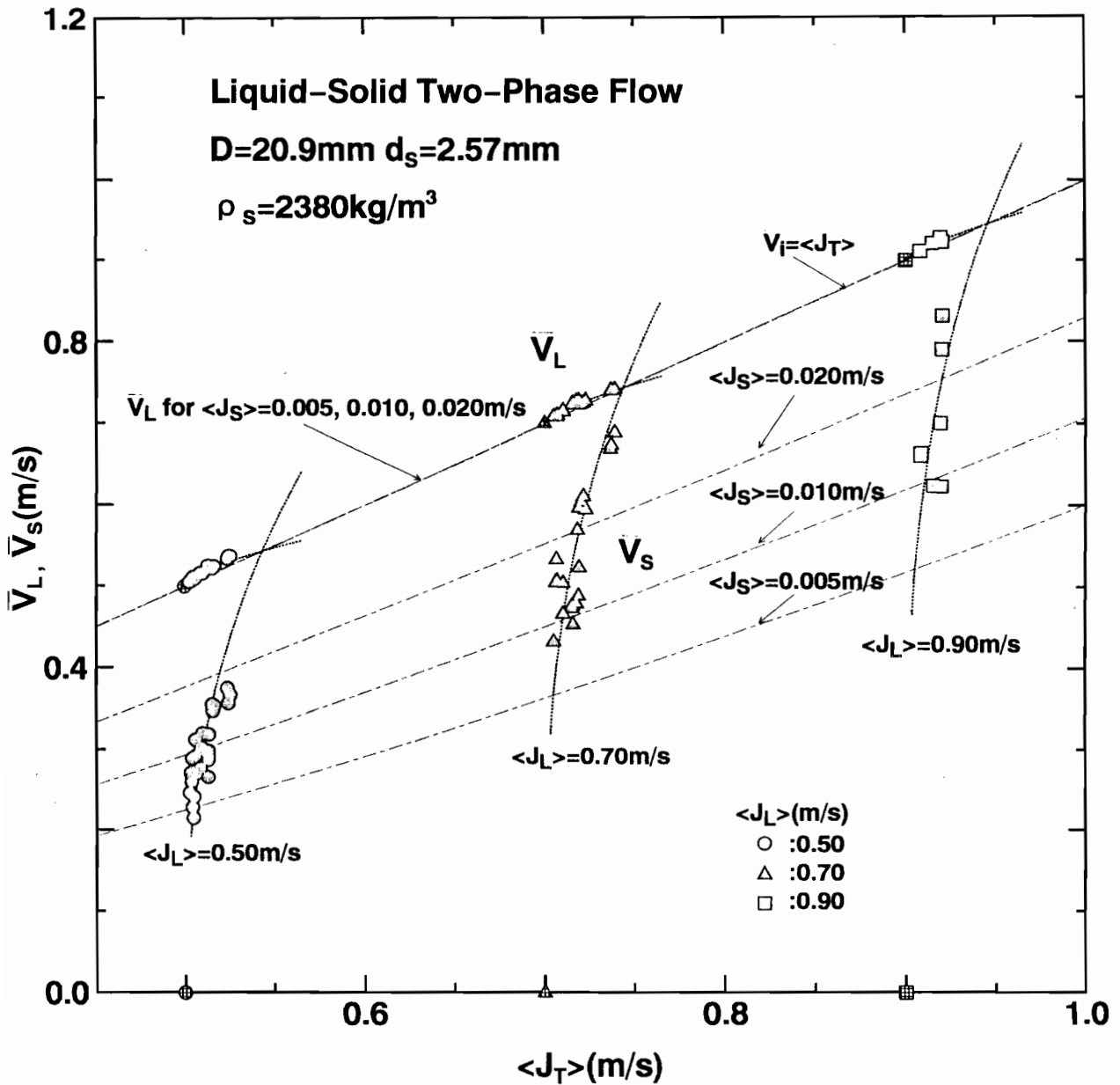


図4-61  $\langle J_T \rangle - \bar{V}_i$  平面上における固液二相流の各相平均速度の測定結果（体積率補正值）と平均速度曲線（ $D=20.9\text{mm}$ 、 $d_s=2.57\text{mm}$ 、 $\rho_s=2380\text{kg/m}^3$ ）

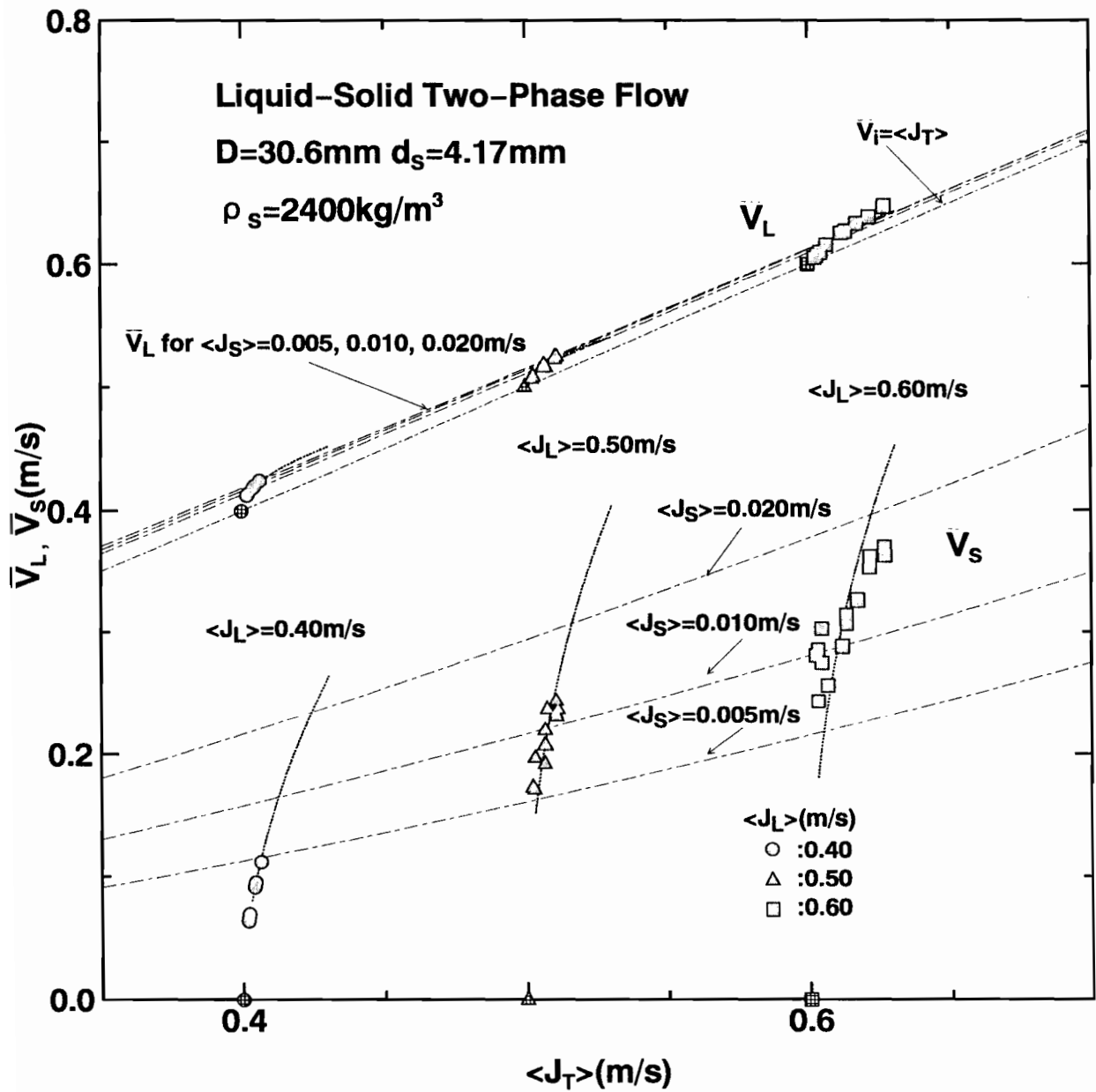
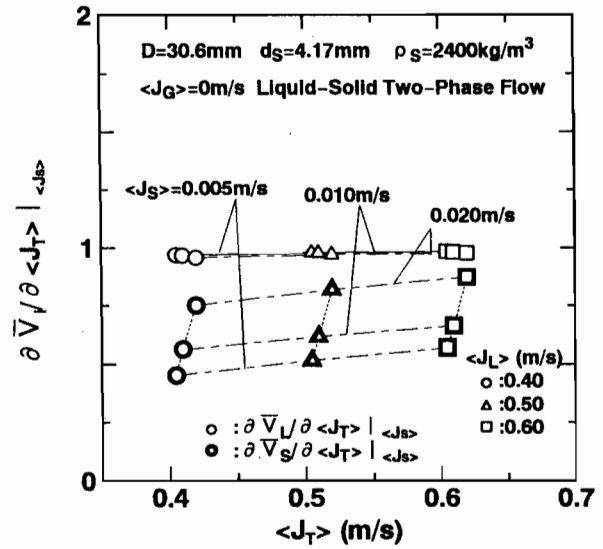
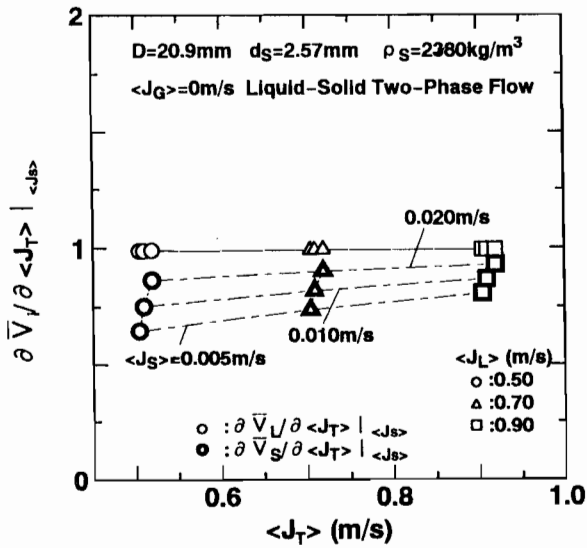
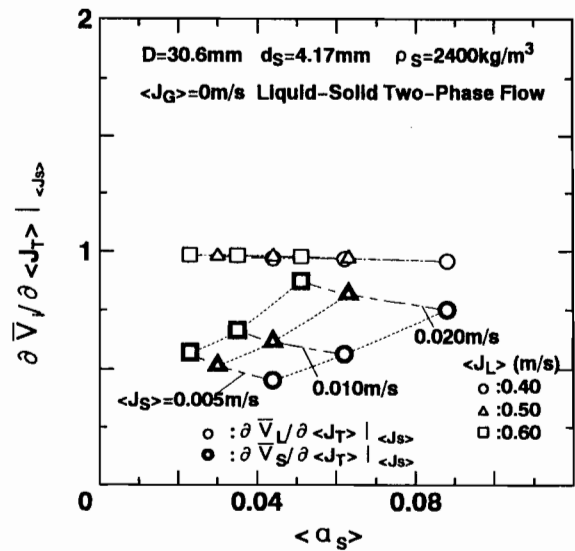
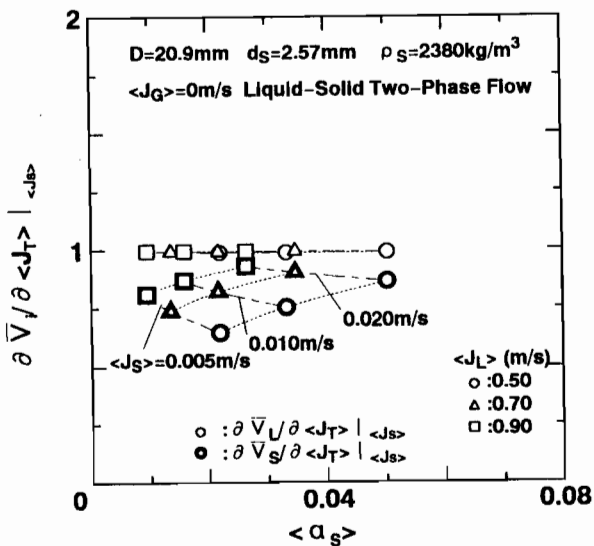


図4-62  $\langle J_T \rangle - \bar{V}_i$  平面上における固液二相流の各相平均速度の測定結果（体積率補正值）と平均速度曲線（ $D=30.6\text{mm}$ 、 $d_s=4.17\text{mm}$ 、 $\rho_s=2400\text{kg/m}^3$ ）



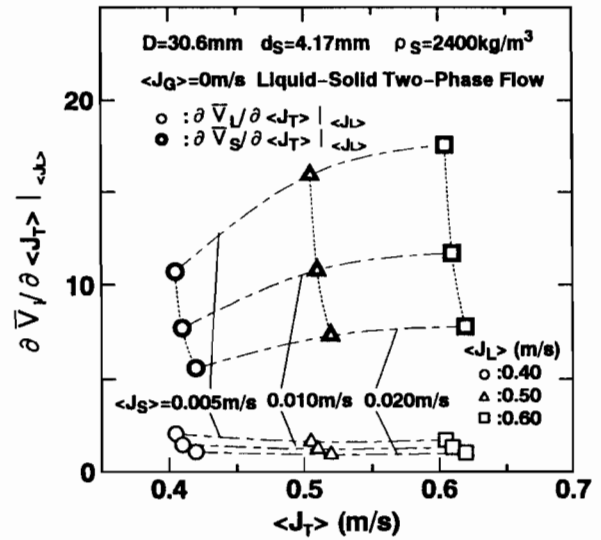
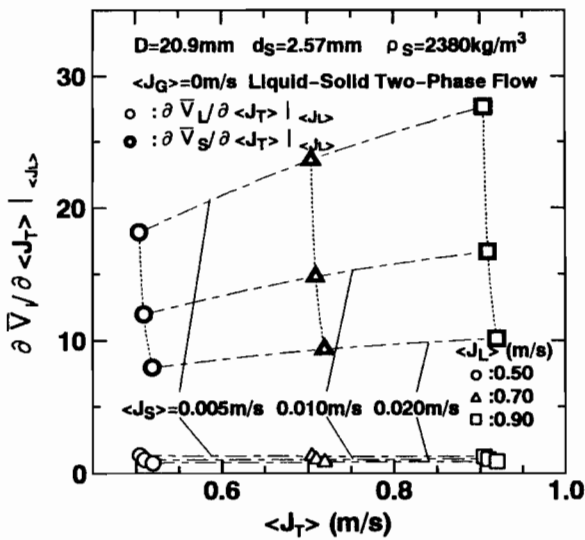
(a)  $D = 20.9\text{mm}$ 、 $d_s = 2.57\text{mm}$ 、 $\rho_s = 2380\text{kg/m}^3$  (b)  $D = 30.6\text{mm}$ 、 $d_s = 4.17\text{mm}$ 、 $\rho_s = 2400\text{kg/m}^3$

図4-63 各相平均速度の変化率と $\langle J_T \rangle$ の関係 (固液二相流、 $\langle J_S \rangle$ 一定)

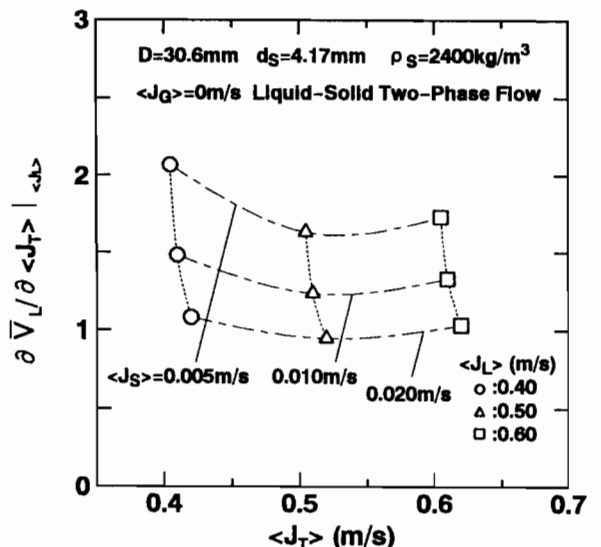
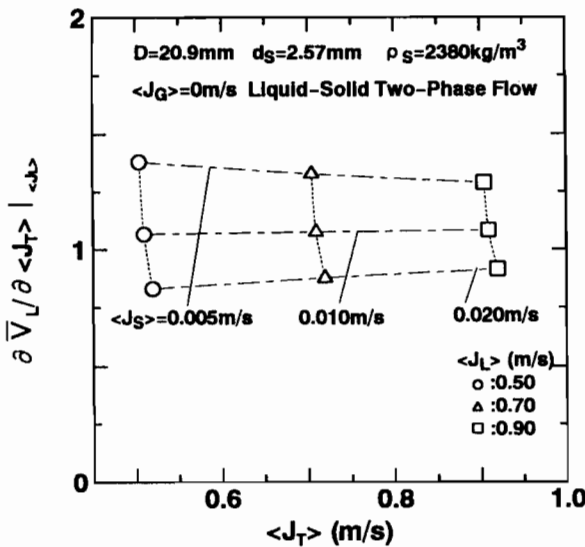


(a)  $D = 20.9\text{mm}$ 、 $d_s = 2.57\text{mm}$ 、 $\rho_s = 2380\text{kg/m}^3$  (b)  $D = 30.6\text{mm}$ 、 $d_s = 4.17\text{mm}$ 、 $\rho_s = 2400\text{kg/m}^3$

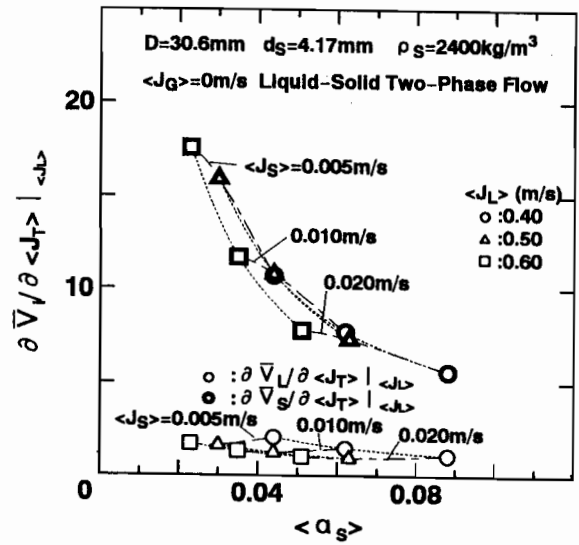
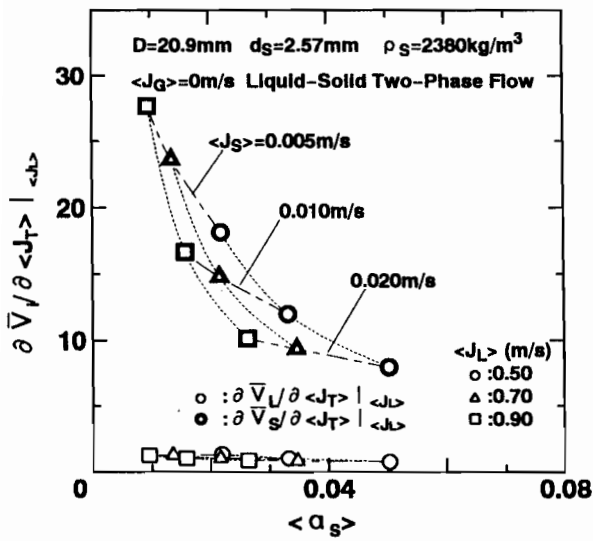
図4-64 各相平均速度の変化率と $\langle \alpha_s \rangle$ の関係 (固液二相流、 $\langle J_S \rangle$ 一定)



(a)  $D = 20.9\text{mm}$ 、 $d_s = 2.57\text{mm}$ 、 $\rho_s = 2380\text{kg/m}^3$  (b)  $D = 30.6\text{mm}$ 、 $d_s = 4.17\text{mm}$ 、 $\rho_s = 2400\text{kg/m}^3$   
 図 4 - 6 5 各相平均速度の変化率と  $\langle J_T \rangle$  の関係 (固液二相流、 $\langle J_L \rangle$  一定)

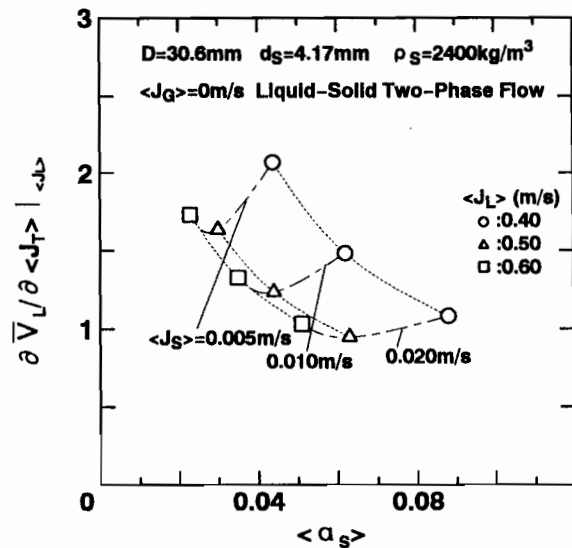
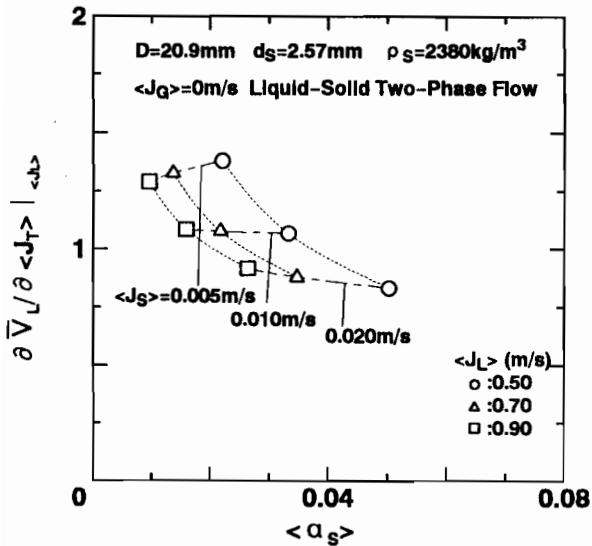


(a)  $D = 20.9\text{mm}$ 、 $d_s = 2.57\text{mm}$ 、 $\rho_s = 2380\text{kg/m}^3$  (b)  $D = 30.6\text{mm}$ 、 $d_s = 4.17\text{mm}$ 、 $\rho_s = 2400\text{kg/m}^3$   
 図 4 - 6 6 液相平均速度の変化率と  $\langle J_T \rangle$  の関係 (固液二相流、 $\langle J_L \rangle$  一定)



(a)  $D = 20.9\text{mm}$ ,  $d_s = 2.57\text{mm}$ ,  $\rho_s = 2380\text{kg/m}^3$  (b)  $D = 30.6\text{mm}$ ,  $d_s = 4.17\text{mm}$ ,  $\rho_s = 2400\text{kg/m}^3$

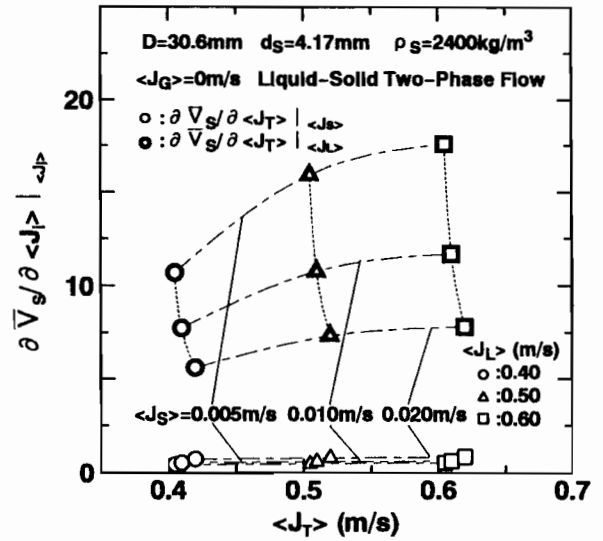
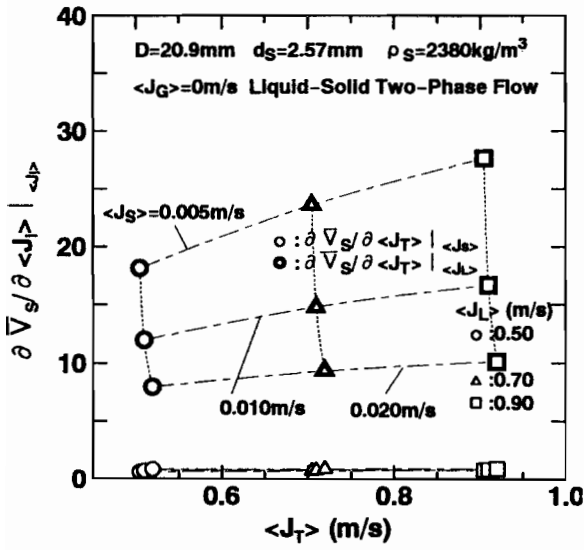
図4-67 各相平均速度の変化率と $\langle \alpha_s \rangle$ の関係 (固液二相流、 $\langle J_L \rangle$ 一定)



(a)  $D = 20.9\text{mm}$ ,  $d_s = 2.57\text{mm}$ ,  $\rho_s = 2380\text{kg/m}^3$  (b)  $D = 30.6\text{mm}$ ,  $d_s = 4.17\text{mm}$ ,  $\rho_s = 2400\text{kg/m}^3$

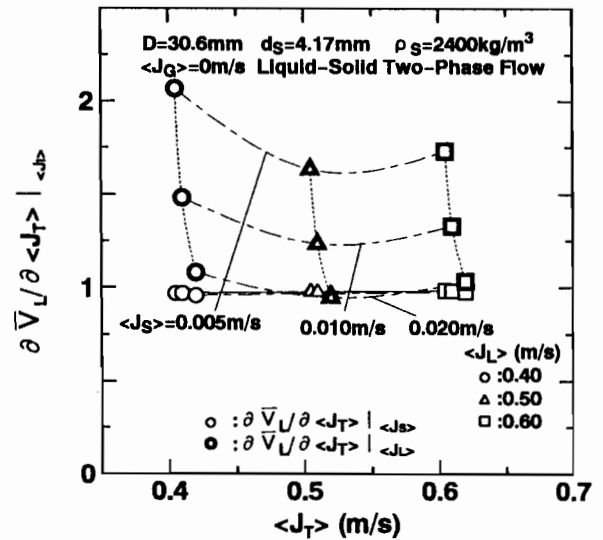
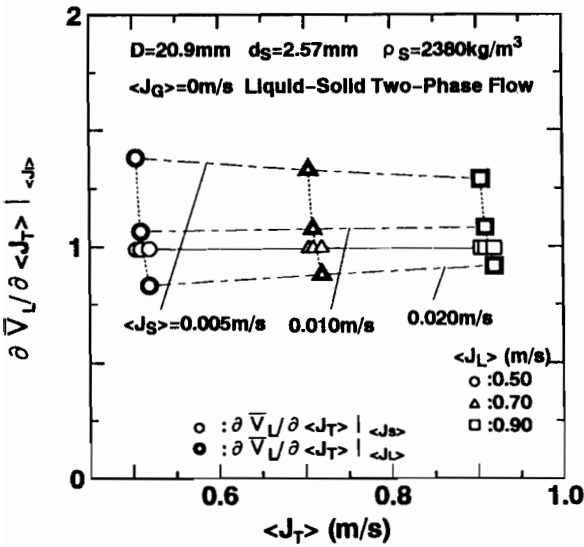
図4-68 液相平均速度の変化率と $\langle \alpha_s \rangle$ の関係 (固液二相流、 $\langle J_L \rangle$ 一定)





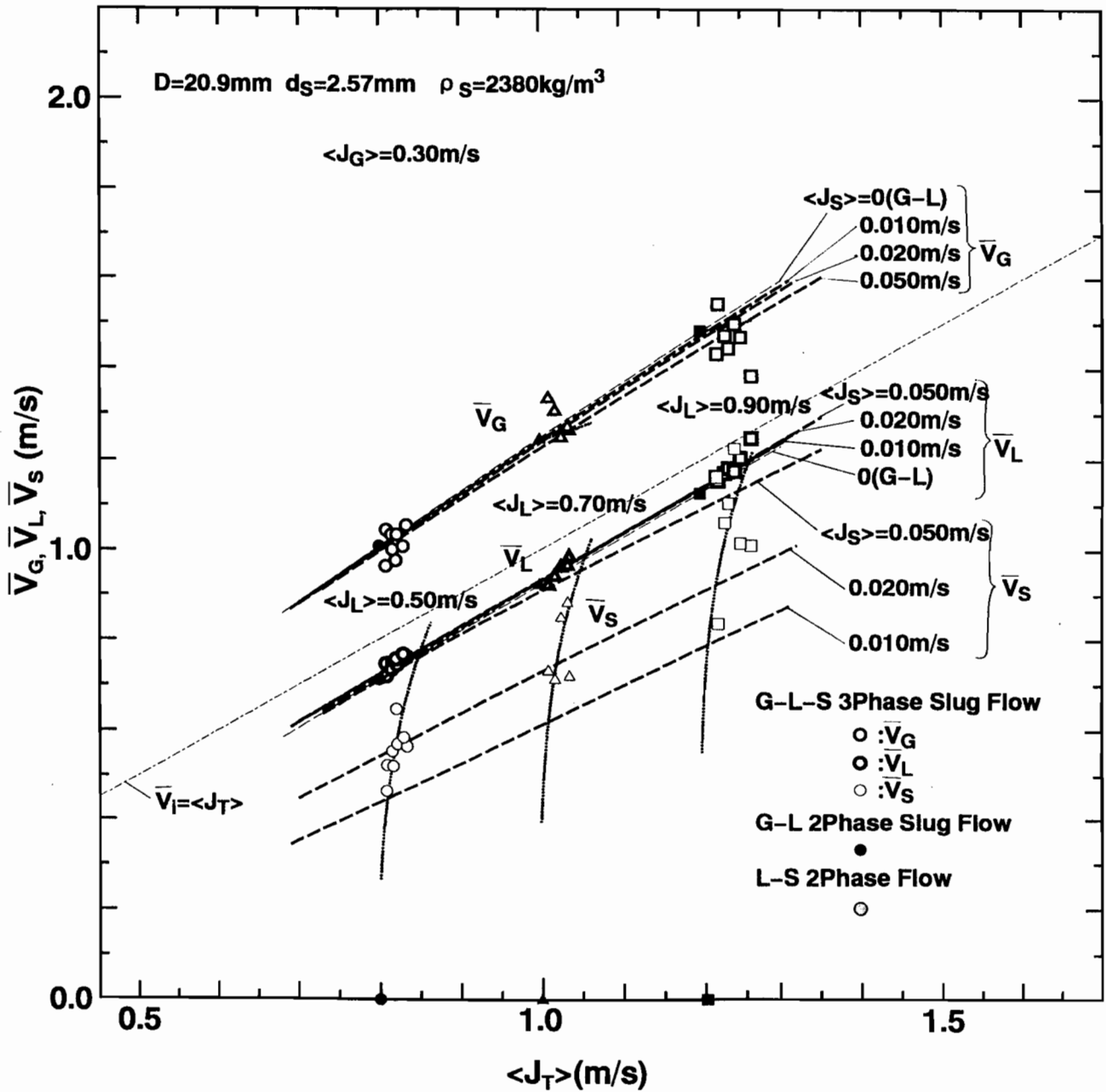
(a)  $D = 20.9\text{mm}$ 、 $d_s = 2.57\text{mm}$ 、 $\rho_s = 2380\text{kg/m}^3$  (b)  $D = 30.6\text{mm}$ 、 $d_s = 4.17\text{mm}$ 、 $\rho_s = 2400\text{kg/m}^3$

図 4 - 6 9 固相平均速度の変化率と  $\langle J_T \rangle$  の関係 (固液二相流)

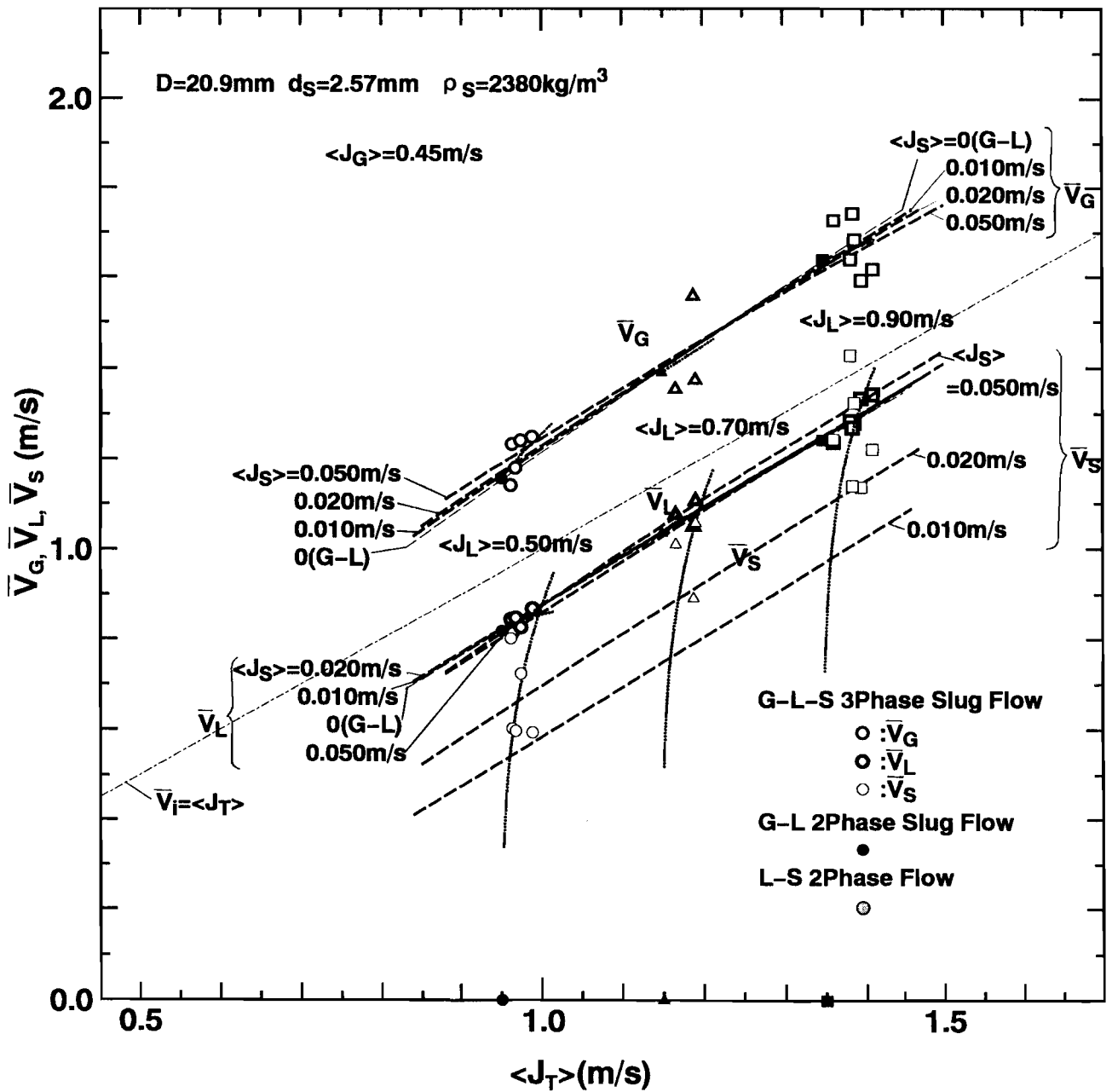


(a)  $D = 20.9\text{mm}$ 、 $d_s = 2.57\text{mm}$ 、 $\rho_s = 2380\text{kg/m}^3$  (b)  $D = 30.6\text{mm}$ 、 $d_s = 4.17\text{mm}$ 、 $\rho_s = 2400\text{kg/m}^3$

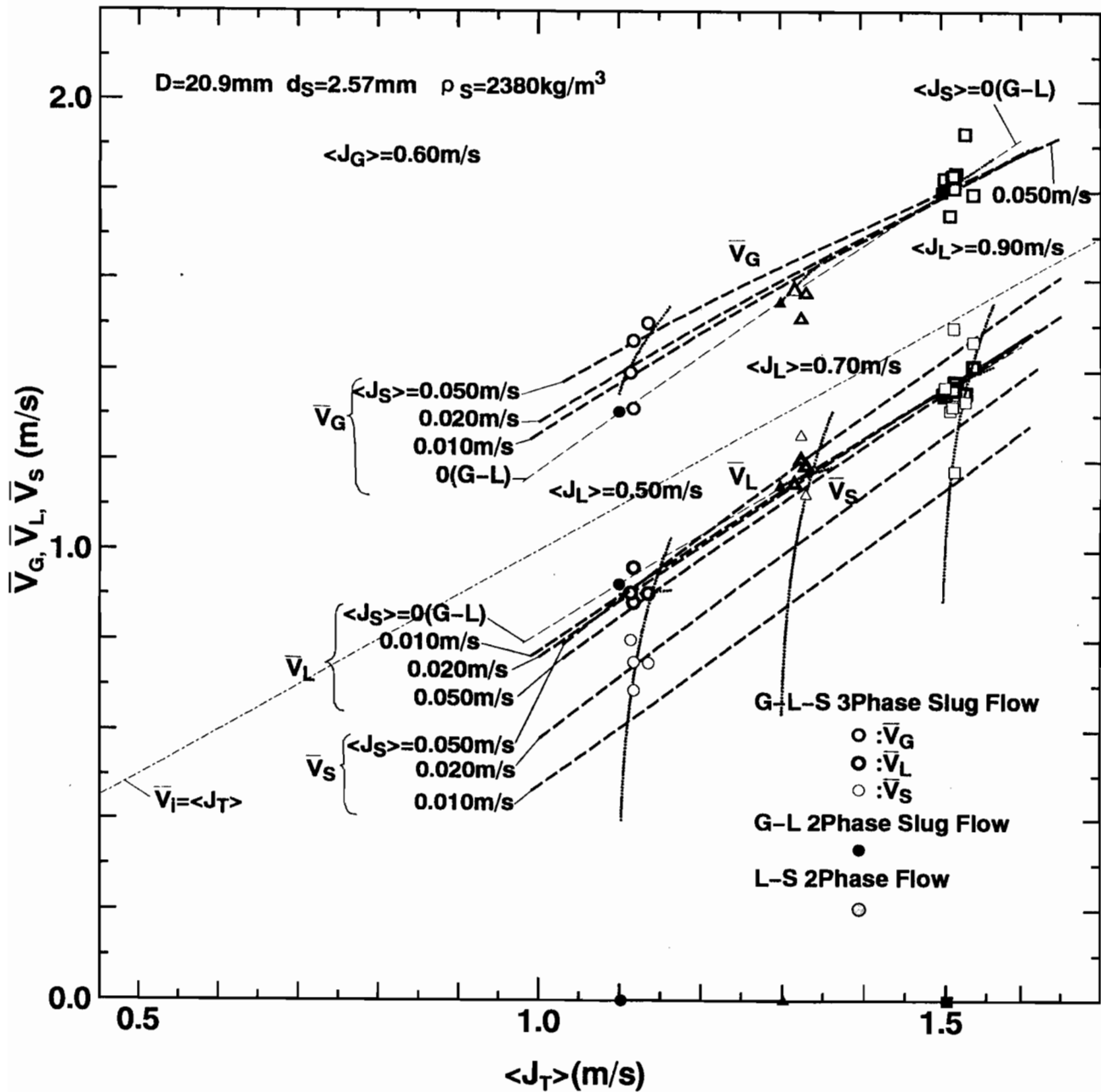
図 4 - 7 0 液相平均速度の変化率と  $\langle J_T \rangle$  の関係 (固液二相流)



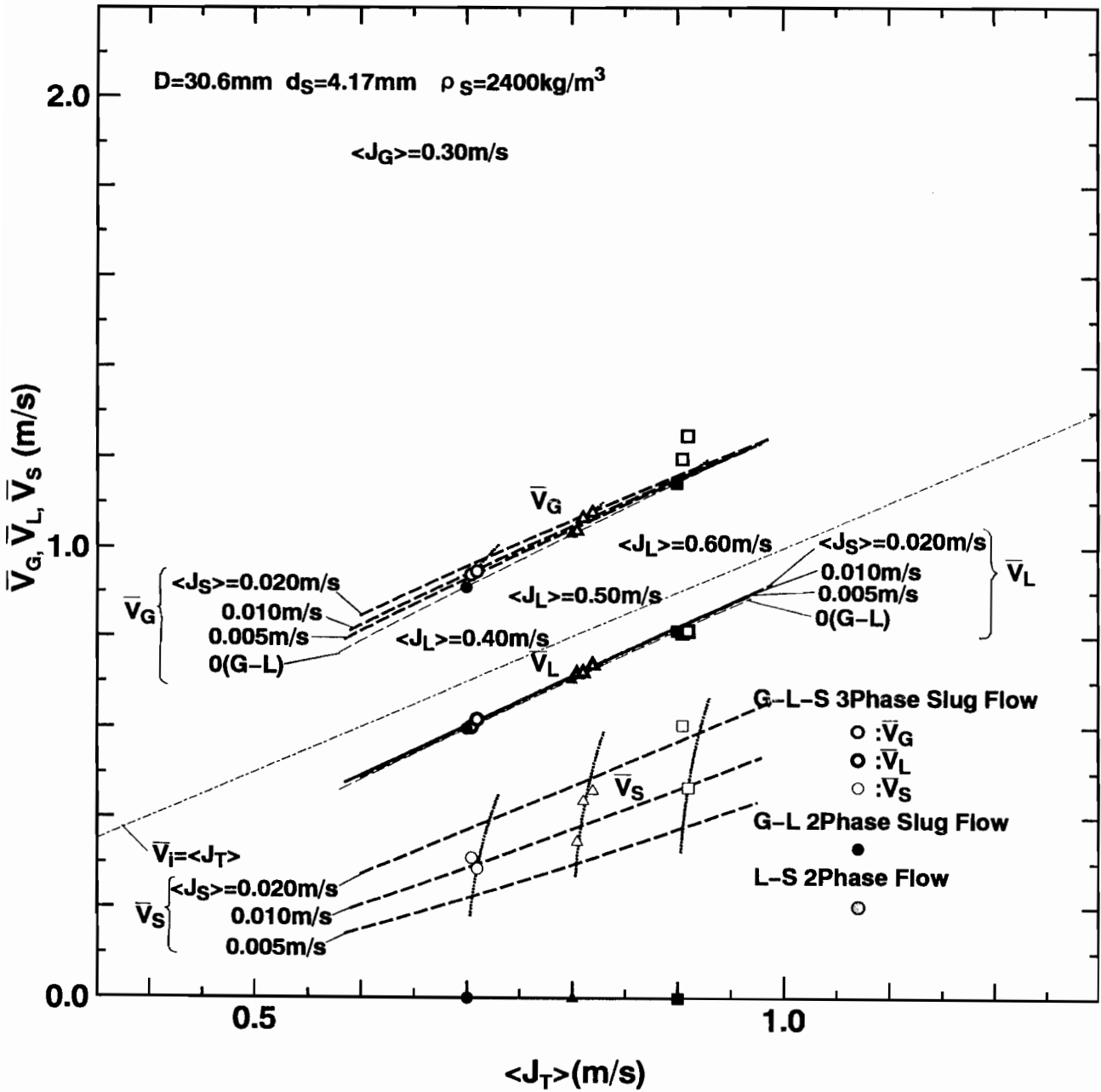
(a)  $D=20.9\text{mm}$ 、 $d_s=2.57\text{mm}$ 、 $\rho_s=2380\text{kg/m}^3$ 、 $\langle J_G \rangle = 0.30\text{m/s}$   
 図4-71  $\langle J_G \rangle$ 一定時の $\langle J_T \rangle - \bar{V}_i$ 平面上における各相平均速度の測定結果（体積率補正值）と平均速度曲線（パラメータ $\langle J_S \rangle$ ）



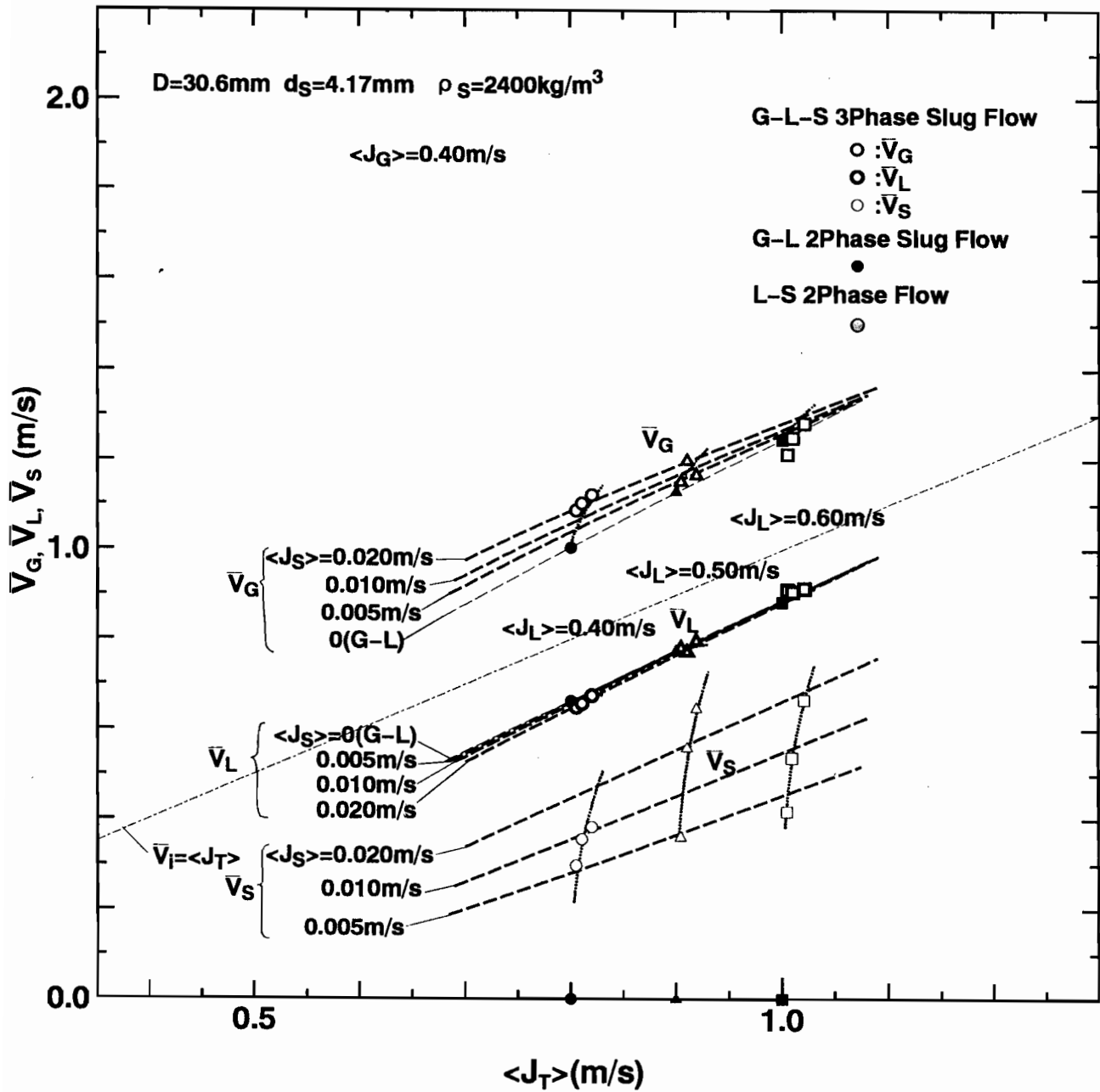
(b)  $D=20.9\text{mm}$ 、 $d_s=2.57\text{mm}$ 、 $\rho_s=2380\text{kg/m}^3$ 、 $\langle J_G \rangle = 0.45\text{m/s}$   
 図4-71  $\langle J_G \rangle$ 一定時の $\langle J_T \rangle - \bar{V}_i$ 平面上における各相平均速度の測定結果（体積率補正值）と平均速度曲線（パラメータ $\langle J_S \rangle$ ）



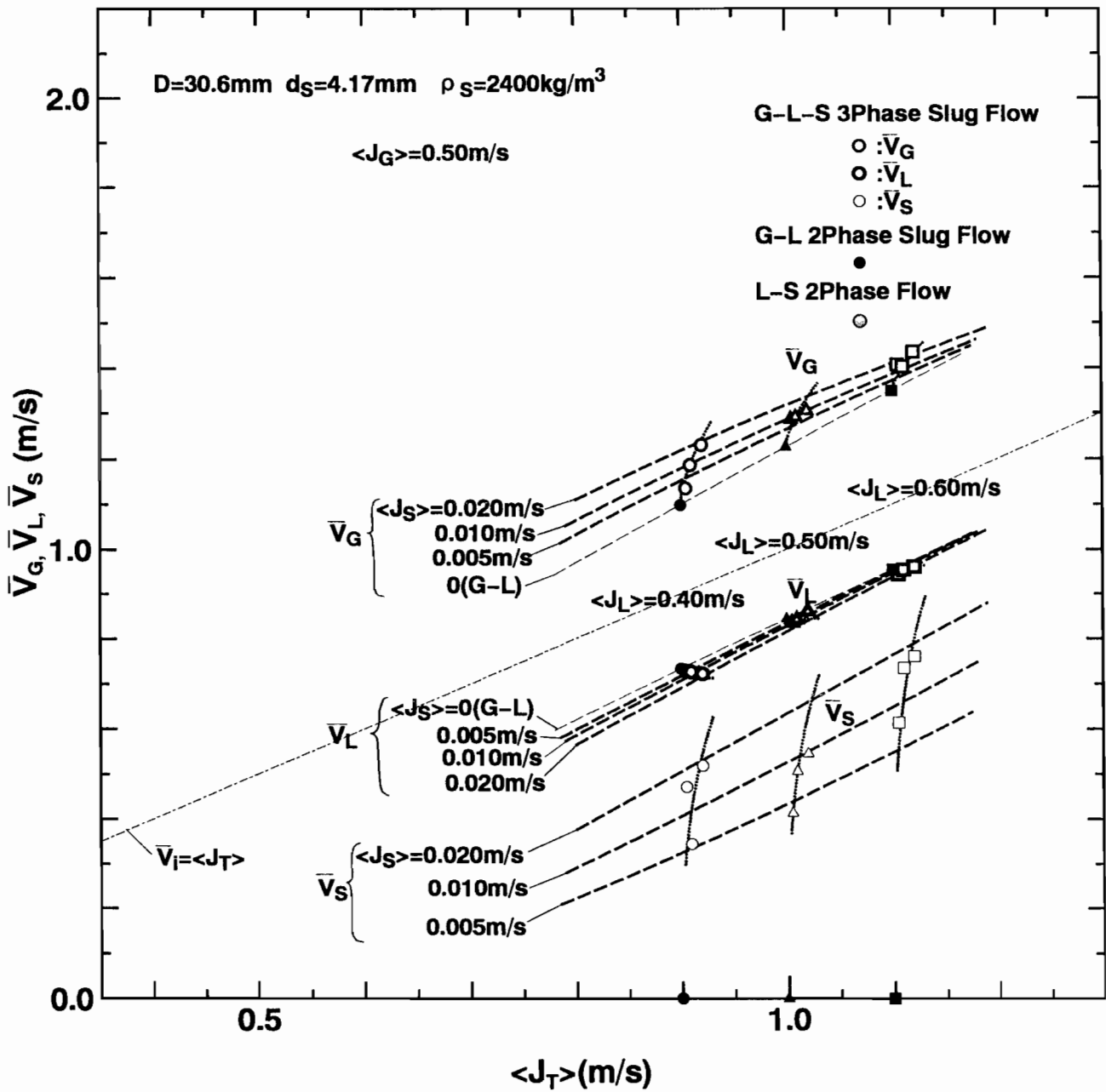
(c)  $D=20.9\text{mm}$ 、 $d_s=2.57\text{mm}$ 、 $\rho_s=2380\text{kg/m}^3$ 、 $\langle J_G \rangle = 0.60\text{m/s}$   
 図4-71  $\langle J_G \rangle$ 一定時の $\langle J_T \rangle - \bar{V}_i$ 平面上における各相平均速度の測定結果（体積率補正值）と平均速度曲線（パラメータ $\langle J_S \rangle$ ）



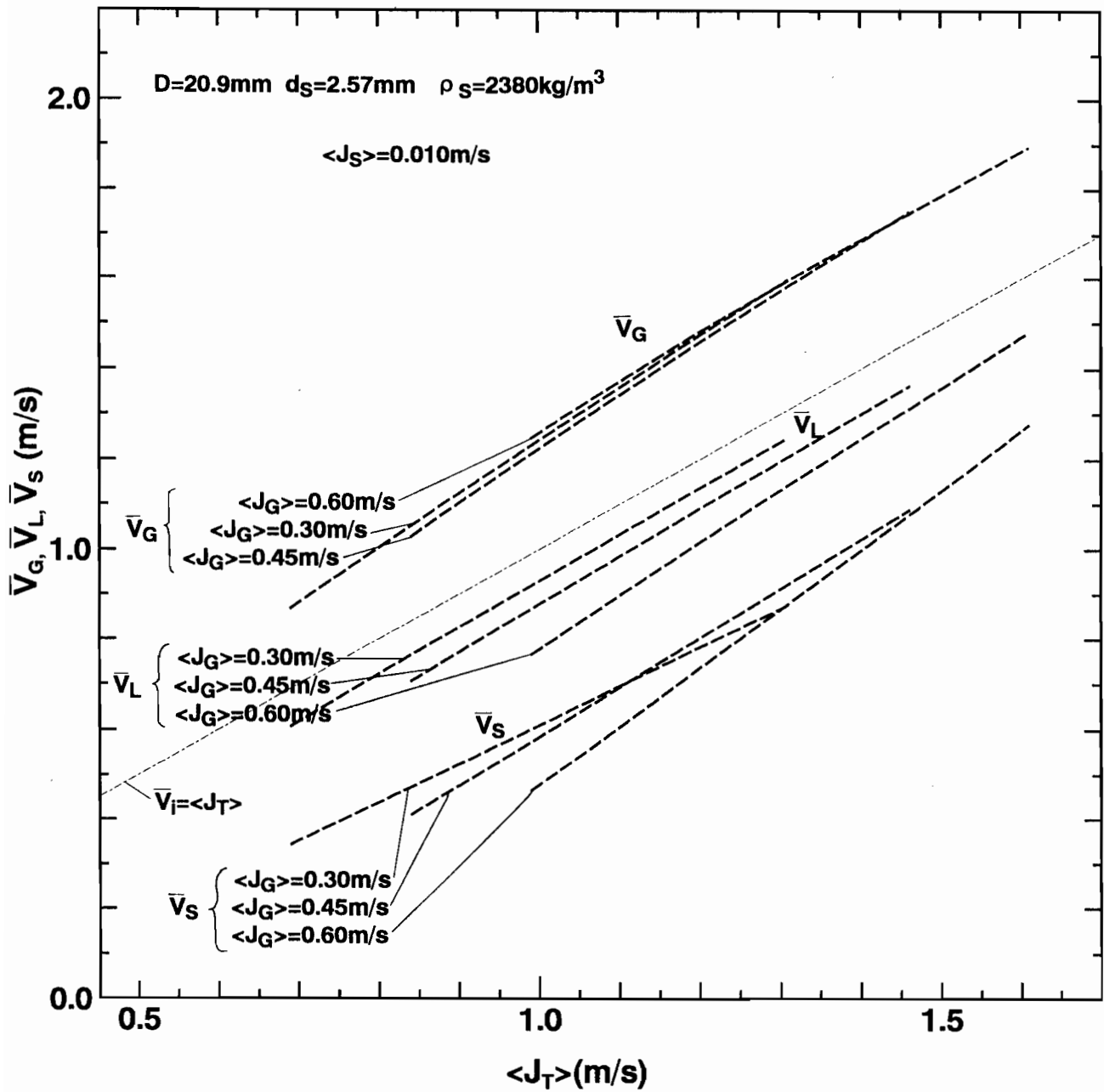
(d)  $D=30.6\text{mm}$ 、 $d_s=4.17\text{mm}$ 、 $\rho_s=2400\text{kg/m}^3$ 、 $\langle J_G \rangle = 0.30\text{m/s}$   
 図4-71  $\langle J_G \rangle$ 一定時の $\langle J_T \rangle - \bar{V}_i$ 平面上における各相平均速度の測定結果（体積率補正值）と平均速度曲線（パラメータ $\langle J_S \rangle$ ）



(e)  $D=30.6\text{mm}$ 、 $d_s=4.17\text{mm}$ 、 $\rho_s=2400\text{kg/m}^3$ 、 $\langle J_G \rangle = 0.40\text{m/s}$   
 図 4-71  $\langle J_G \rangle$ 一定時の $\langle J_T \rangle - \bar{V}_i$ 平面上における各相平均速度の  
 測定結果（体積率補正值）と平均速度曲線（パラメータ $\langle J_S \rangle$ ）



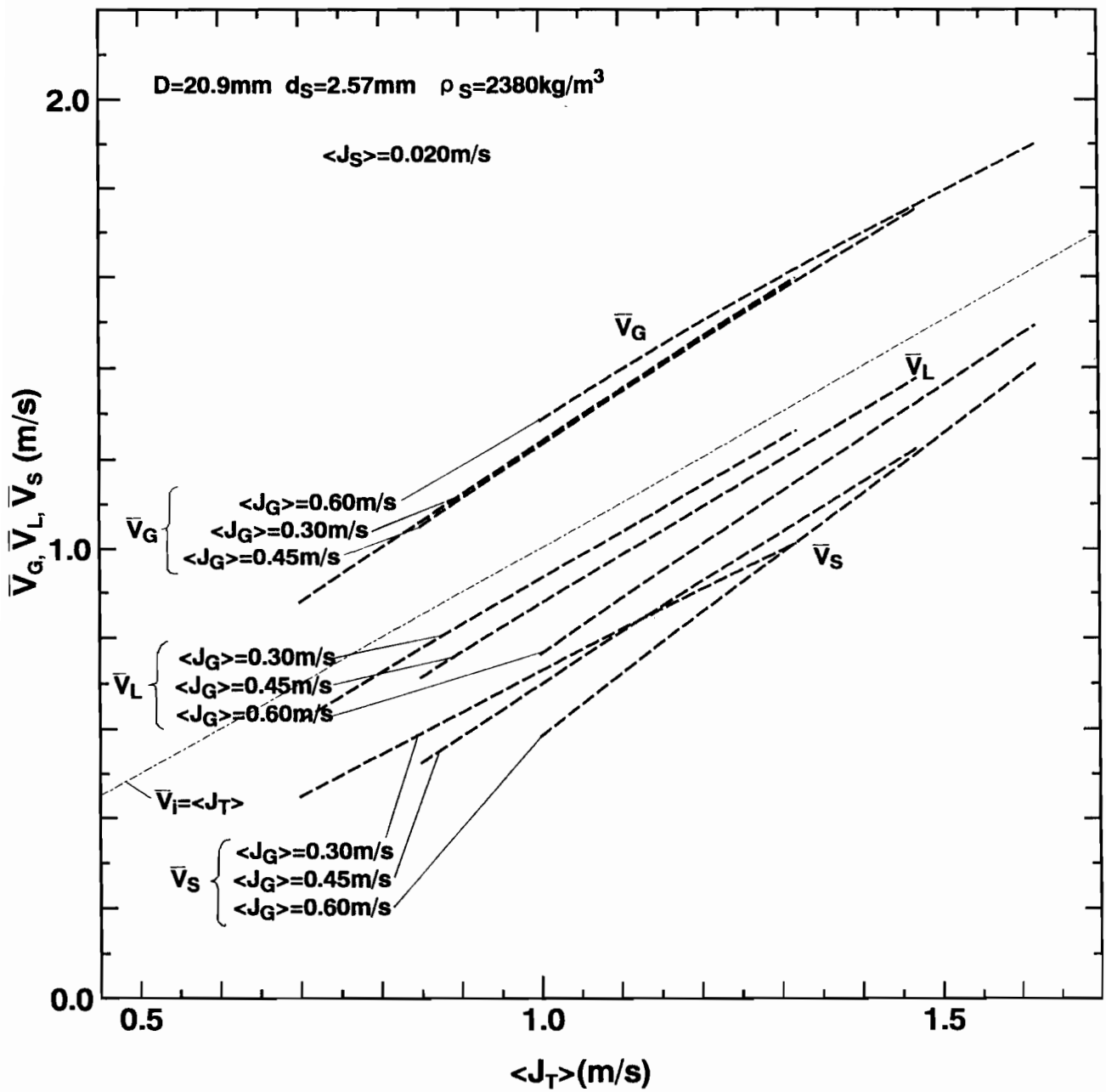
(f)  $D=30.6\text{mm}$ 、 $d_s=4.17\text{mm}$ 、 $\rho_s=2400\text{kg/m}^3$ 、 $\langle J_G \rangle = 0.50\text{m/s}$   
 図4-71  $\langle J_G \rangle$ 一定時の $\langle J_T \rangle - \bar{V}_i$ 平面上における各相平均速度の測定結果(体積率補正值)と平均速度曲線(パラメータ $\langle J_S \rangle$ )



(a)  $D=20.9\text{mm}$ 、 $d_s=2.57\text{mm}$ 、 $\rho_s=2380\text{kg/m}^3$ 、 $\langle J_s \rangle = 0.010\text{m/s}$

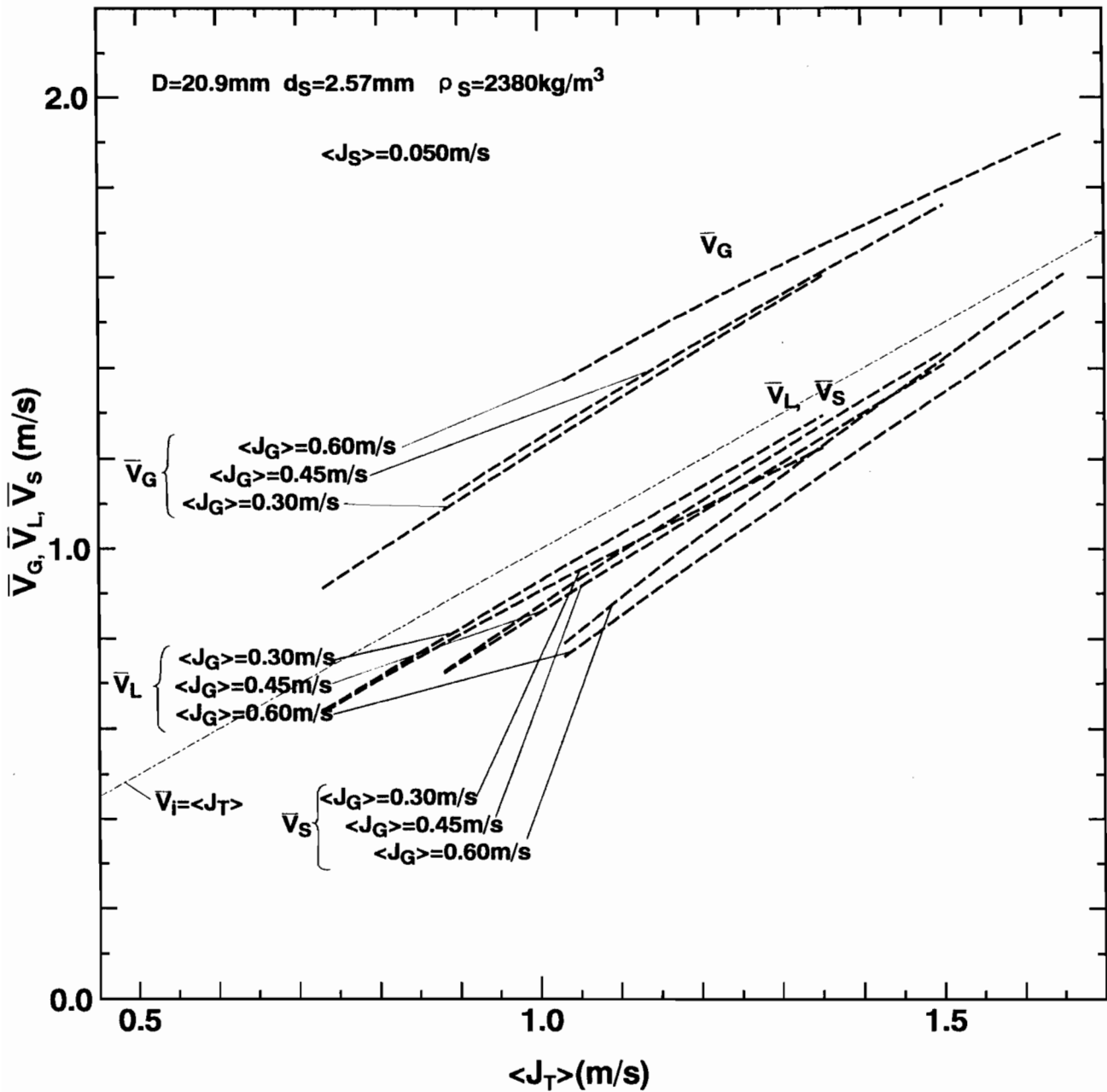
図4-72  $\langle J_s \rangle$ 一定時の $\langle J_T \rangle - \bar{V}_i$ 平面上における  
 各相平均速度曲線 (パラメータ $\langle J_G \rangle$ )





(b)  $D=20.9\text{mm}$ 、 $d_s=2.57\text{mm}$ 、 $\rho_s=2380\text{kg/m}^3$ 、 $\langle J_s \rangle = 0.020\text{m/s}$

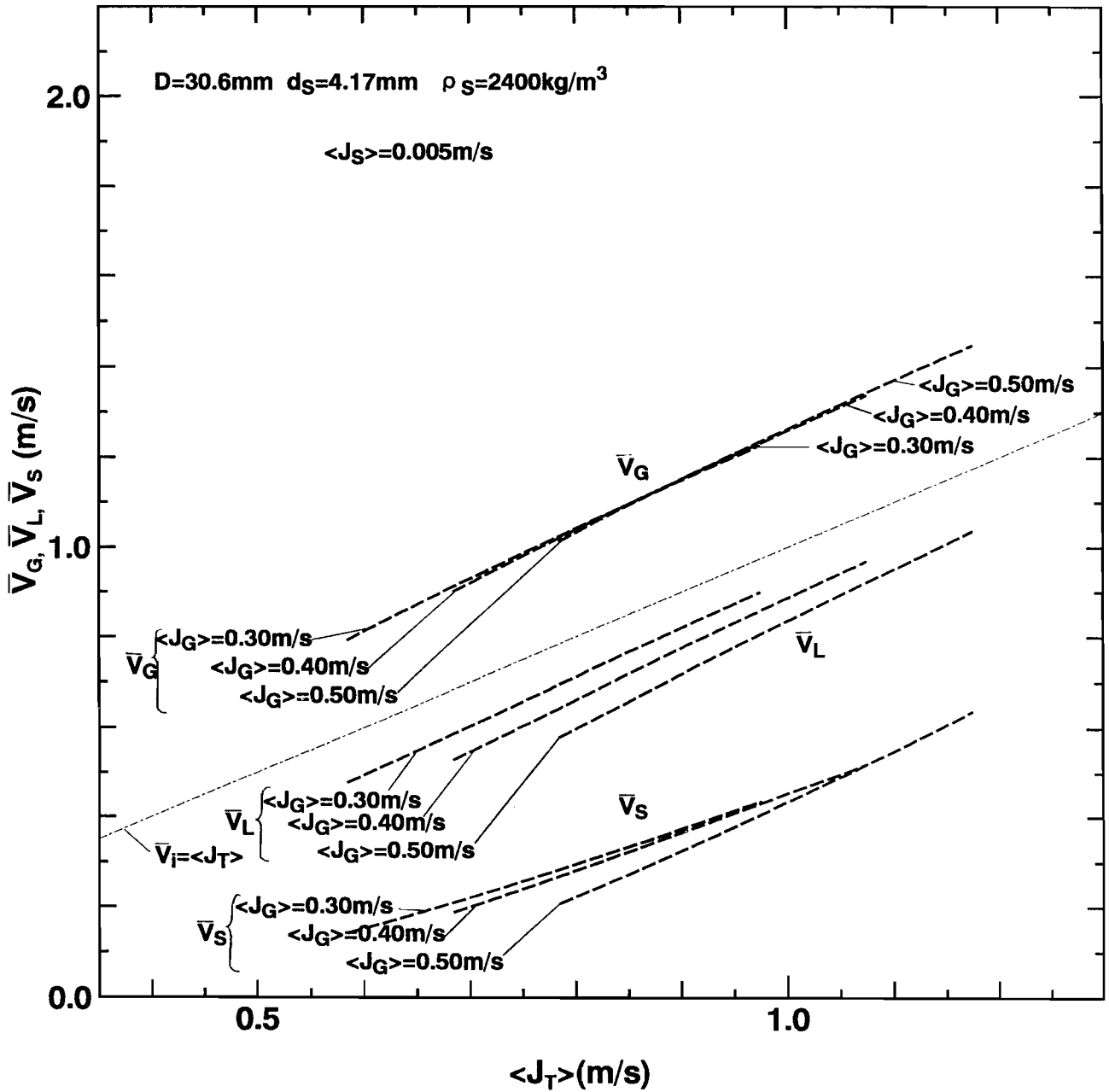
図 4-72  $\langle J_s \rangle$ 一定時の $\langle J_T \rangle - \bar{V}_i$ 平面上における  
 各相平均速度曲線 (パラメータ $\langle J_G \rangle$ )



(c)  $D=20.9\text{mm}$ 、 $d_s=2.57\text{mm}$ 、 $\rho_s=2380\text{kg/m}^3$ 、 $\langle J_s \rangle = 0.050\text{m/s}$

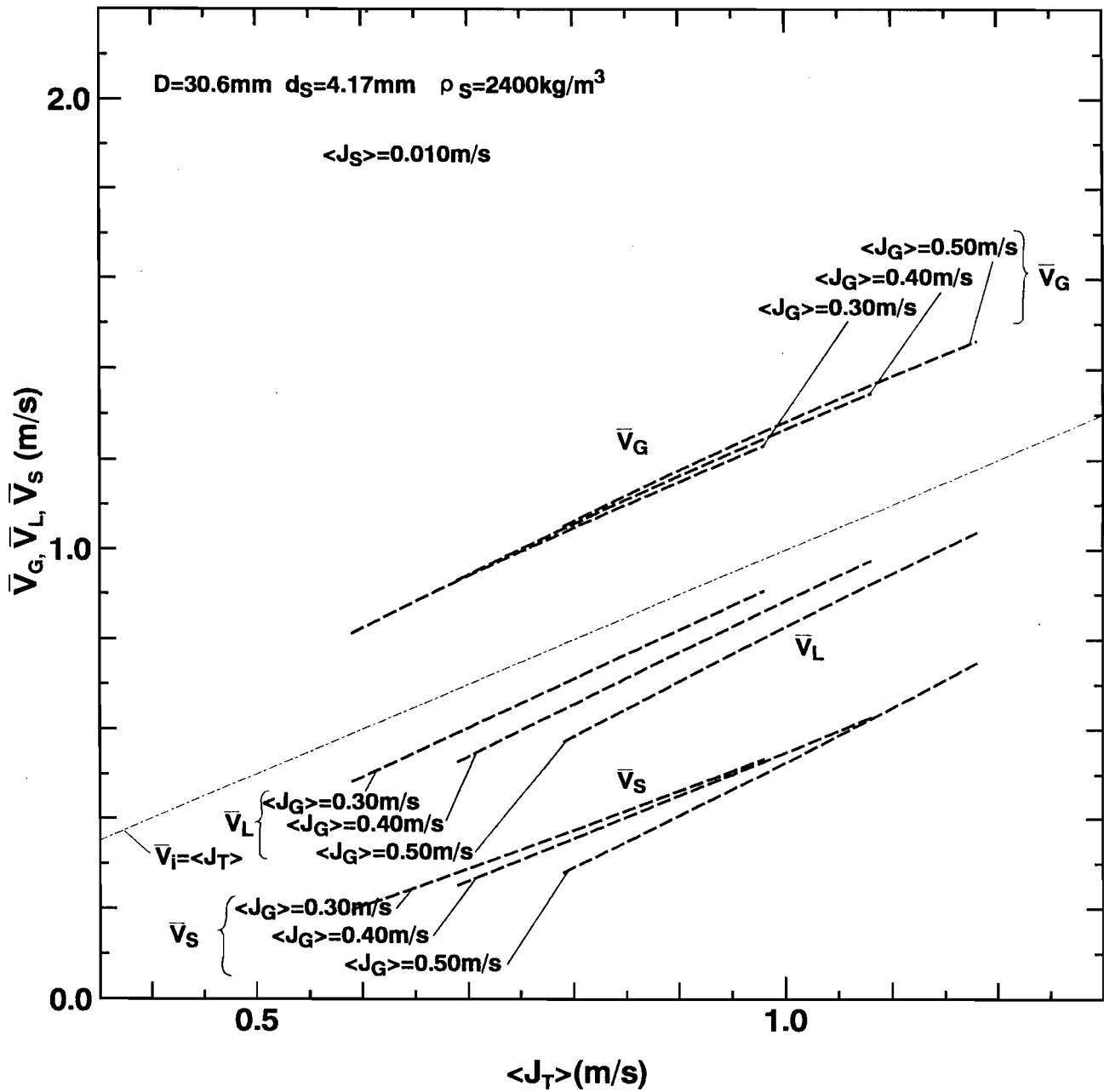
図4-72  $\langle J_s \rangle$ 一定時の $\langle J_T \rangle - \bar{V}_i$ 平面上における

各相平均速度曲線 (パラメータ $\langle J_G \rangle$ )



(d)  $D=30.6\text{mm}$ 、 $d_s=4.17\text{mm}$ 、 $\rho_s=2400\text{kg/m}^3$ 、 $\langle J_s \rangle = 0.005\text{m/s}$

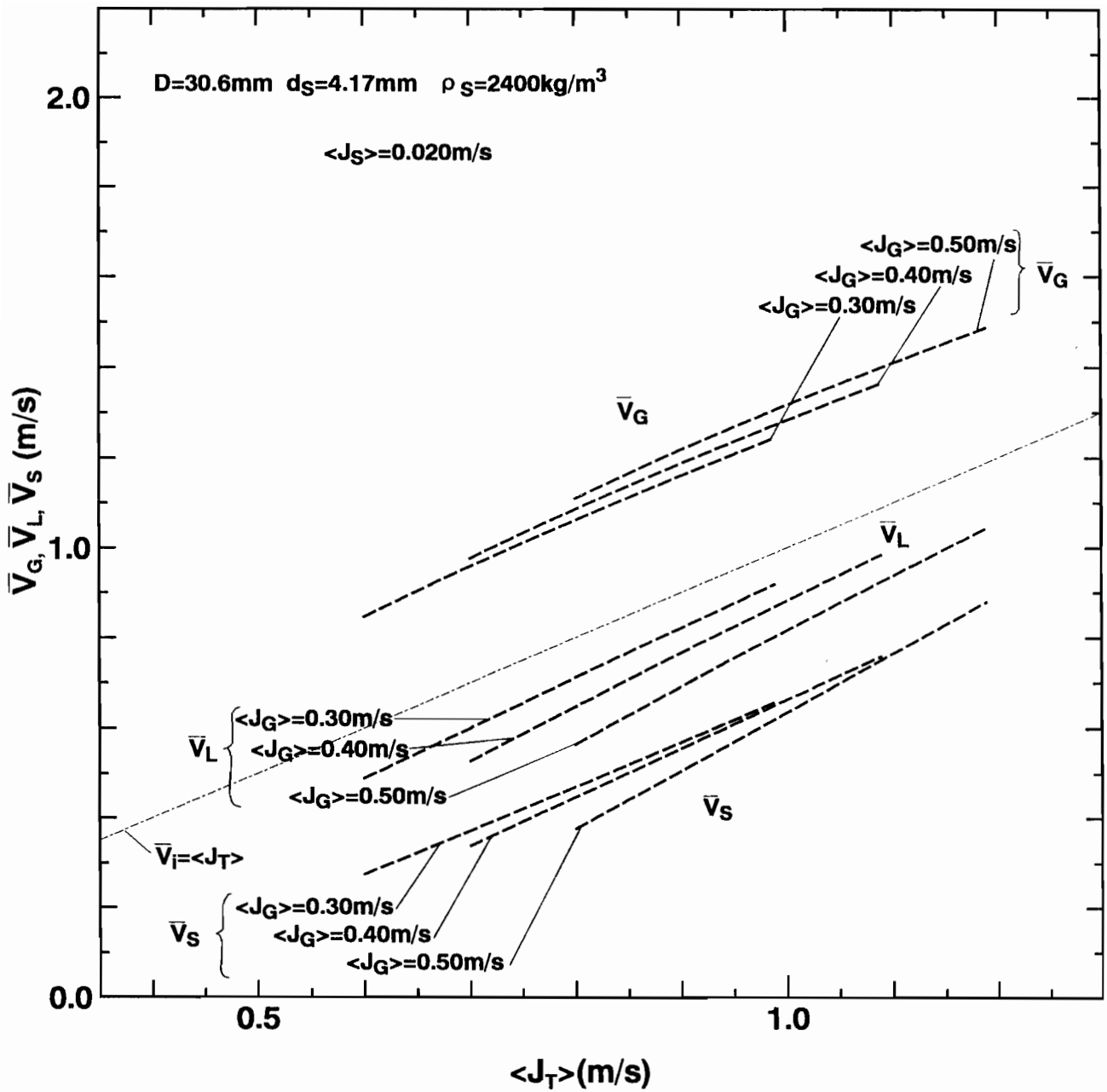
図 4 - 7 2  $\langle J_s \rangle$ 一定時の $\langle J_T \rangle - \bar{V}_i$ 平面上における  
 各相平均速度曲線 (パラメータ $\langle J_G \rangle$ )



(e)  $D=30.6\text{mm}$ 、 $d_s=4.17\text{mm}$ 、 $\rho_s=2400\text{kg/m}^3$ 、 $\langle J_s \rangle = 0.010\text{m/s}$

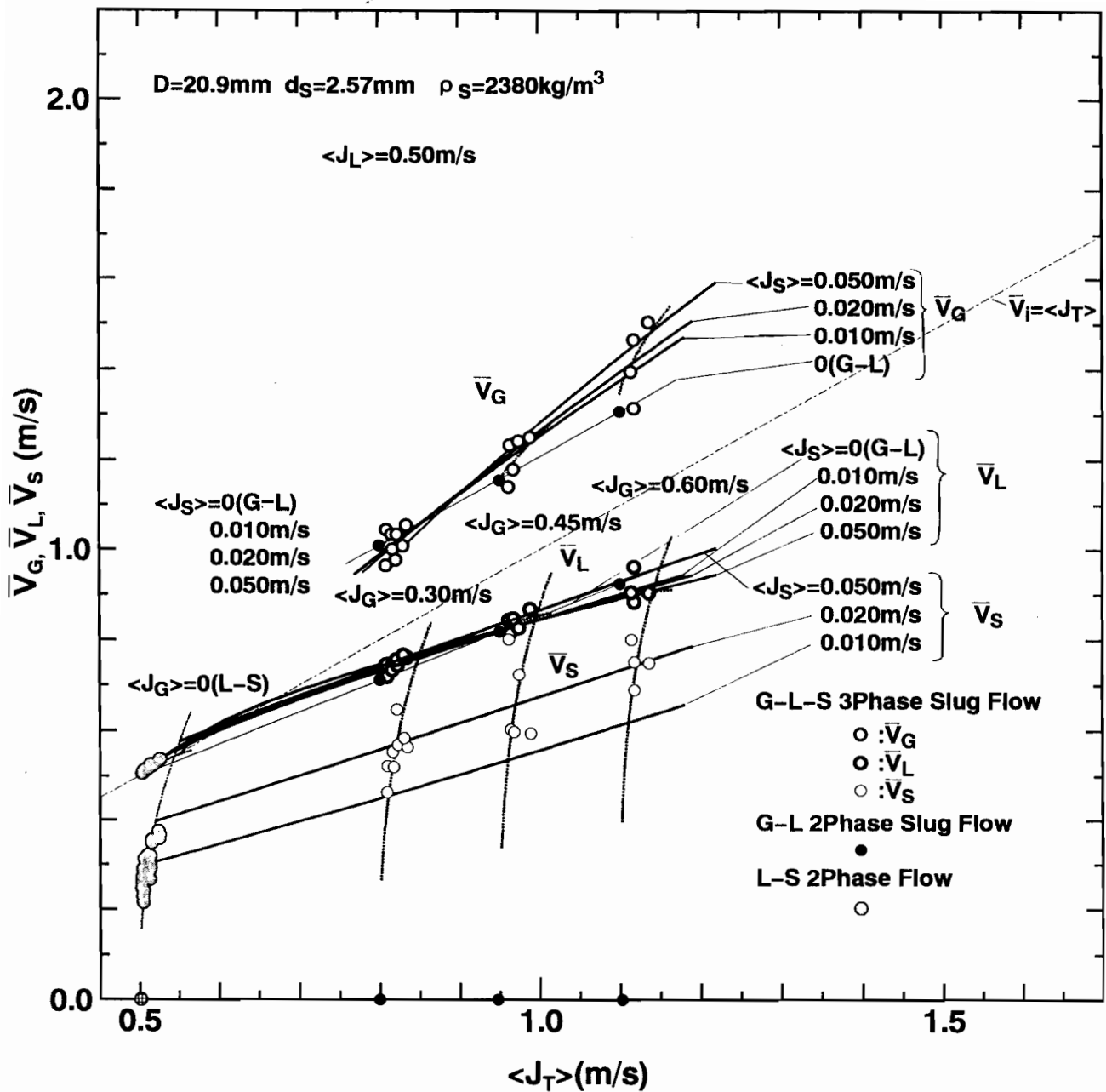
図4-72  $\langle J_s \rangle$ 一定時の $\langle J_T \rangle - \bar{V}_i$ 平面上における

各相平均速度曲線 (パラメータ $\langle J_G \rangle$ )

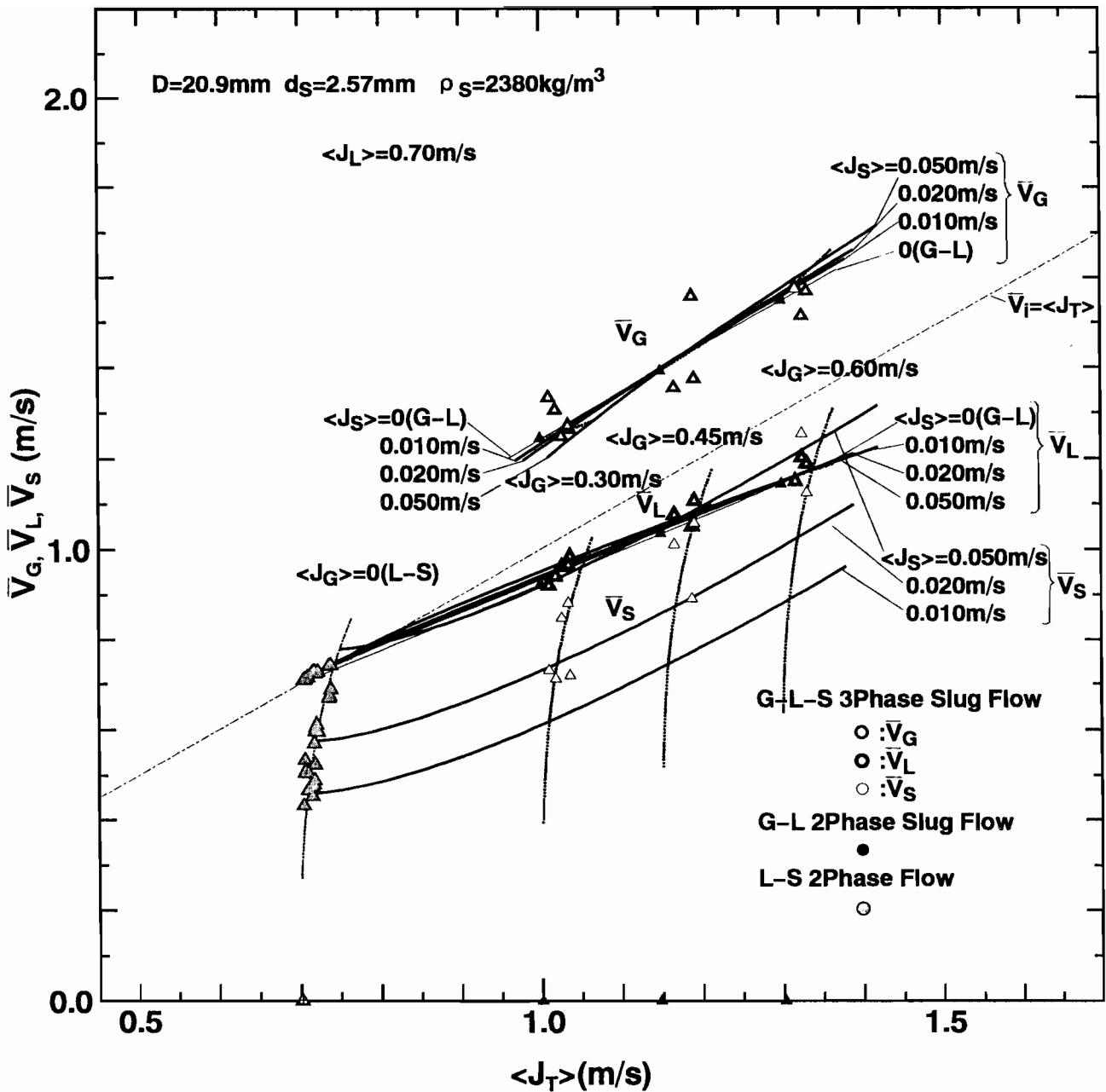


(f)  $D=30.6\text{mm}$ 、 $d_s=4.17\text{mm}$ 、 $\rho_s=2400\text{kg/m}^3$ 、 $\langle J_s \rangle = 0.020\text{m/s}$

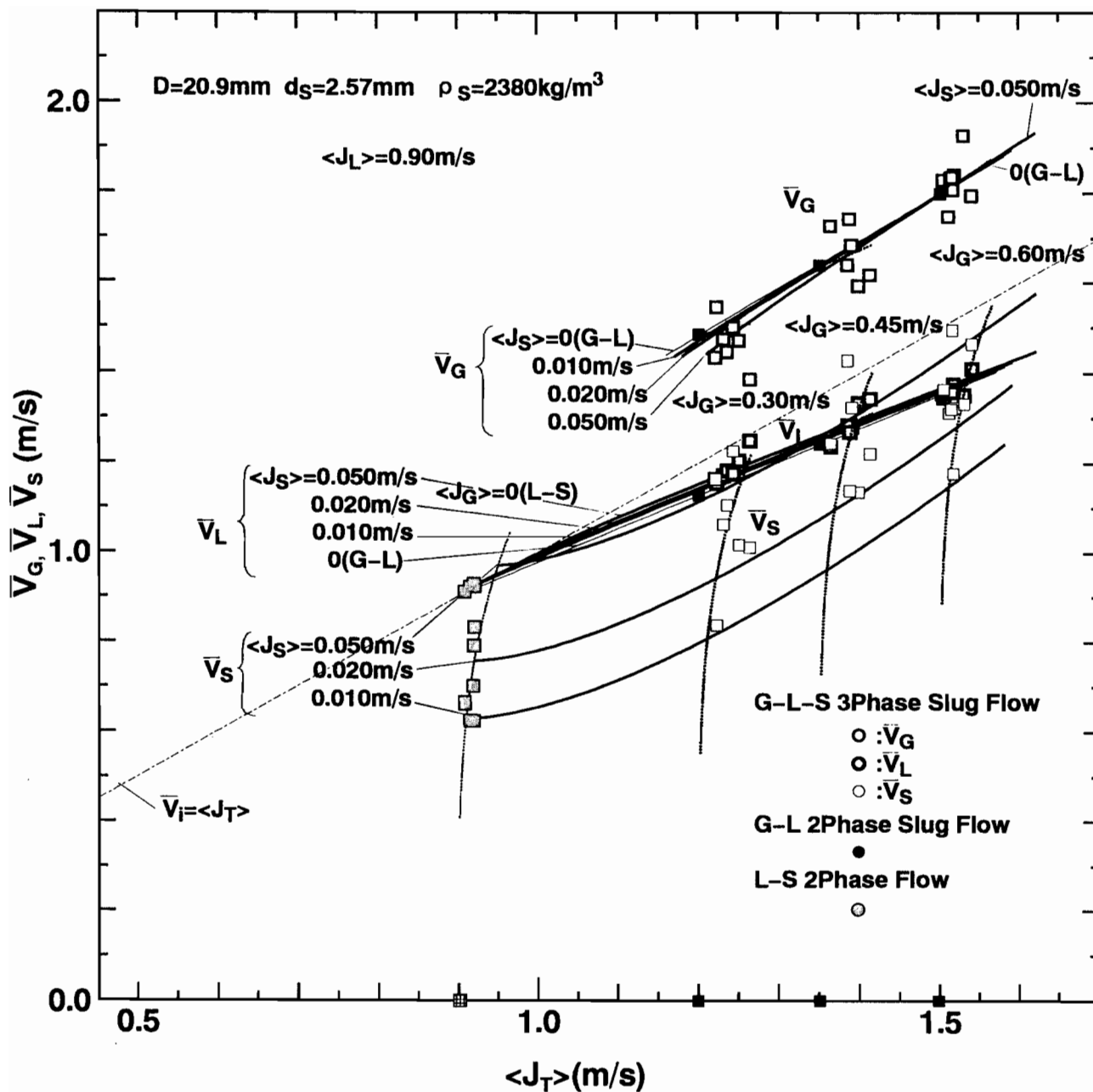
図4-72  $\langle J_s \rangle$ 一定時の $\langle J_T \rangle - \bar{V}_i$ 平面上における  
 各相平均速度曲線 (パラメータ $\langle J_G \rangle$ )



(a)  $D=20.9\text{mm}$ 、 $d_s=2.57\text{mm}$ 、 $\rho_s=2380\text{kg/m}^3$ 、 $\langle J_L \rangle=0.50\text{m/s}$   
 図4-73  $\langle J_L \rangle$ 一定時の $\langle J_T \rangle - \bar{V}_i$ 平面上における各相平均速度の測定結果（体積率補正值）と平均速度曲線（パラメータ $\langle J_S \rangle$ ）

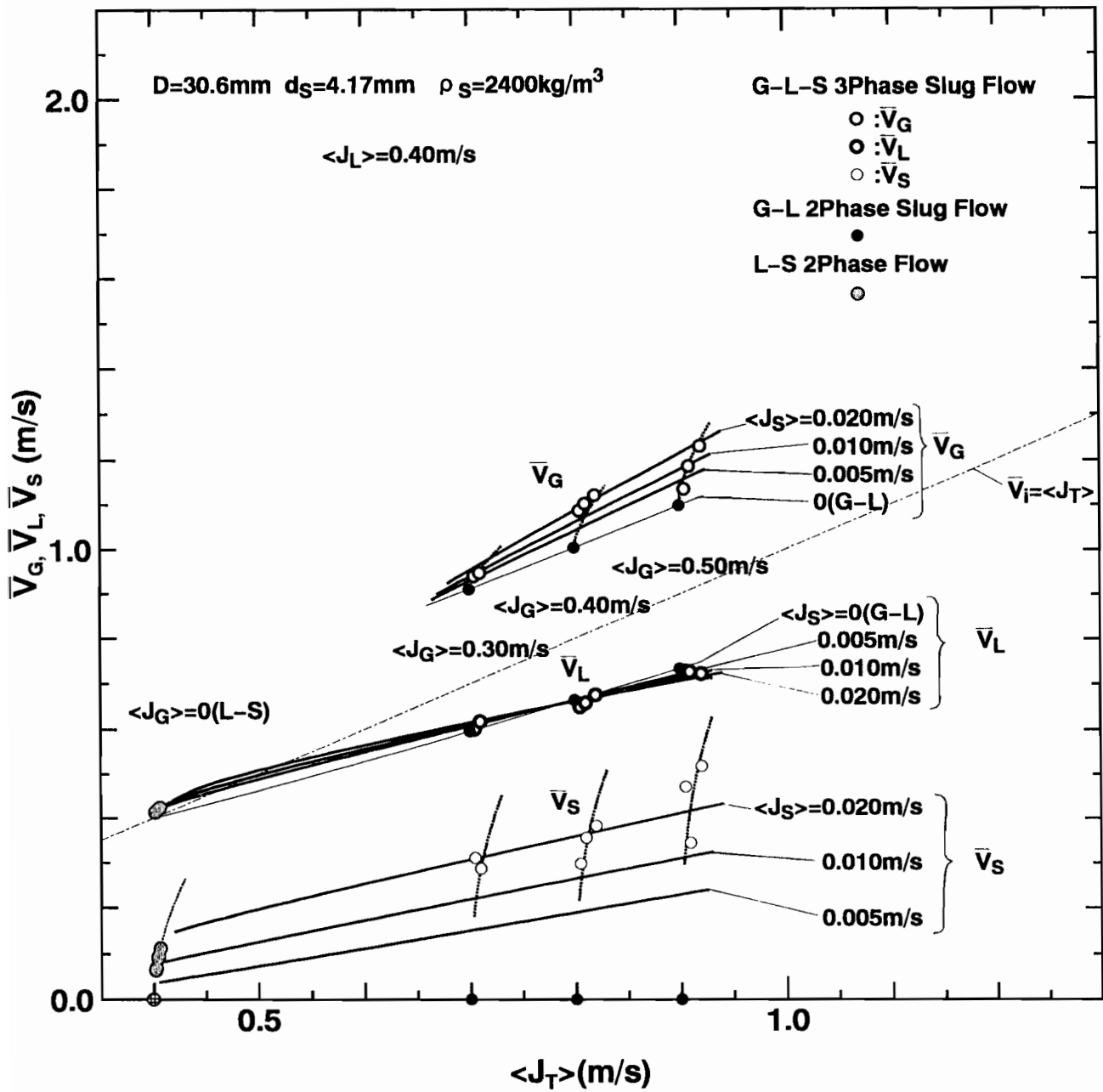


(b)  $D=20.9\text{mm}$ 、 $d_s=2.57\text{mm}$ 、 $\rho_s=2380\text{kg/m}^3$ 、 $\langle J_L \rangle = 0.70\text{m/s}$   
 図4-73  $\langle J_L \rangle$ 一定時の $\langle J_T \rangle - \bar{V}_i$ 平面上における各相平均速度の測定結果（体積率補正值）と平均速度曲線（パラメータ $\langle J_S \rangle$ ）

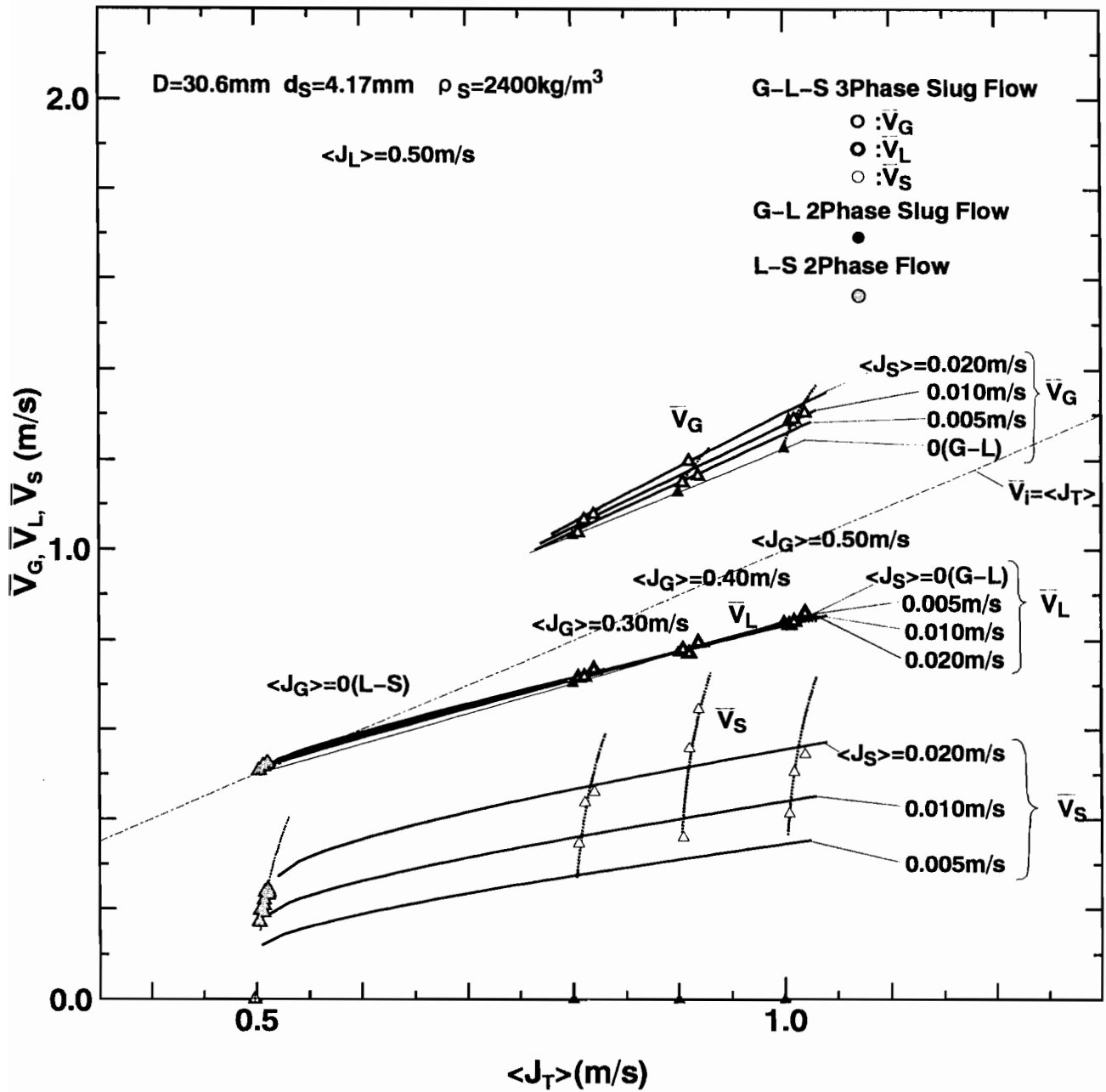


(c)  $D=20.9\text{mm}$ 、 $d_s=2.57\text{mm}$ 、 $\rho_s=2380\text{kg/m}^3$ 、 $\langle J_L \rangle = 0.90\text{m/s}$   
 図4-73  $\langle J_L \rangle$ 一定時の $\langle J_T \rangle - \bar{V}_i$ 平面上における各相平均速度の  
 測定結果(体積率補正值)と平均速度曲線(パラメータ $\langle J_S \rangle$ )



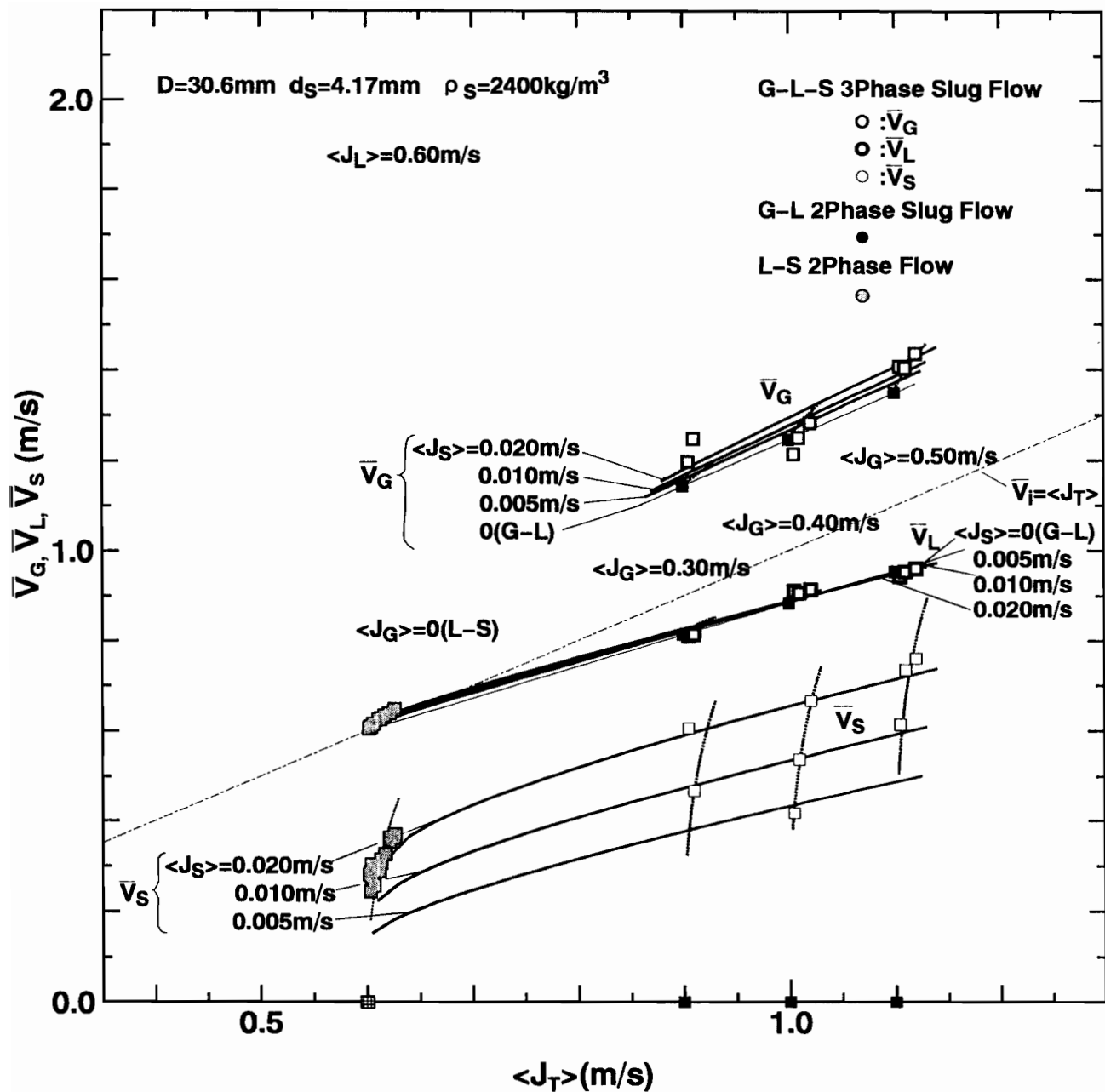


(d)  $D=30.6\text{mm}$ 、 $d_s=4.17\text{mm}$ 、 $\rho_s=2400\text{kg/m}^3$ 、 $\langle J_L \rangle = 0.40\text{m/s}$   
 図4-73  $\langle J_L \rangle$ 一定時の $\langle J_T \rangle - \bar{V}_i$ 平面上における各相平均速度の  
 測定結果（体積率補正值）と平均速度曲線（パラメータ $\langle J_S \rangle$ ）

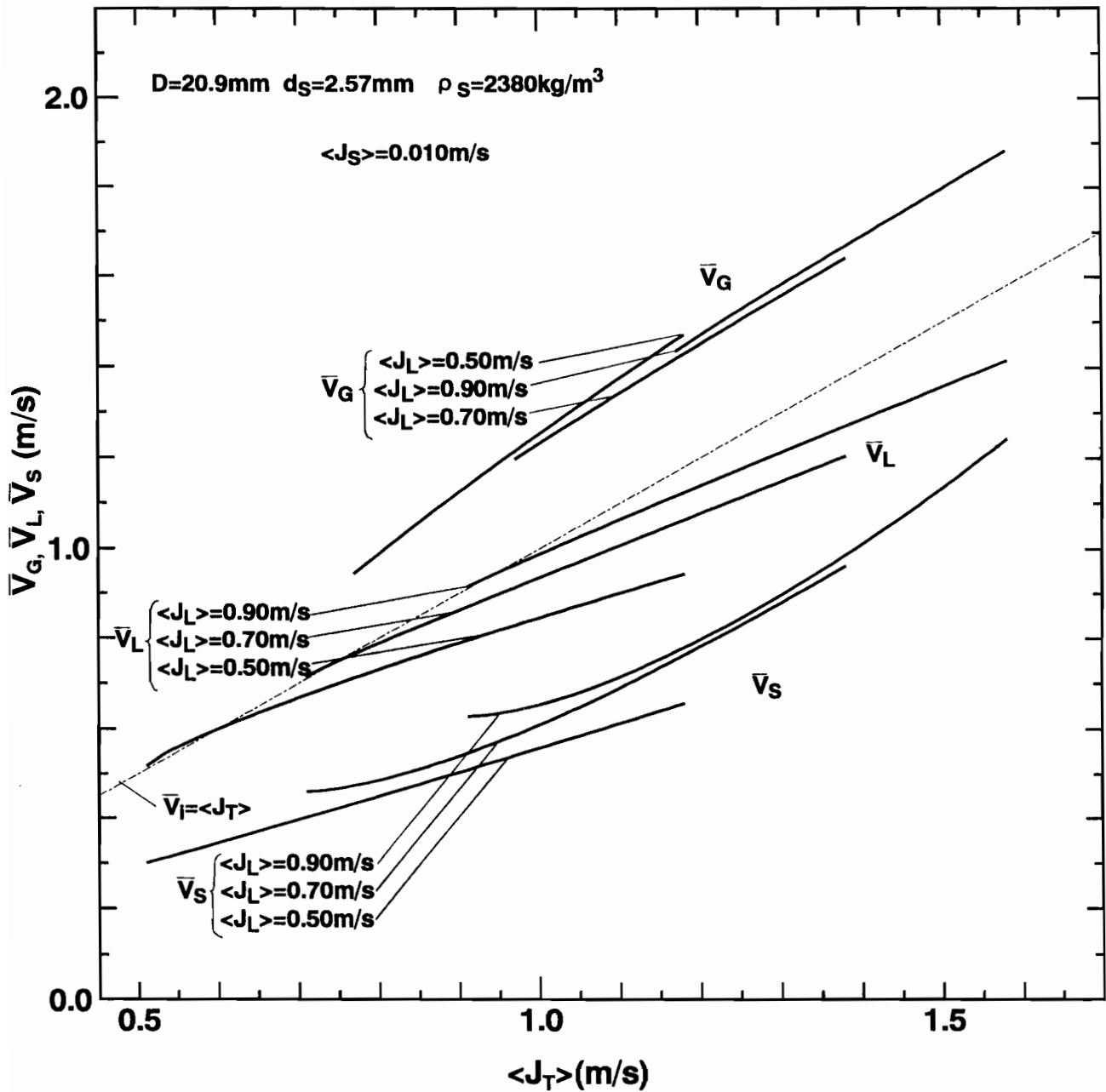


(e)  $D=30.6\text{mm}$ 、 $d_s=4.17\text{mm}$ 、 $\rho_s=2400\text{kg/m}^3$ 、 $\langle J_L \rangle = 0.50\text{m/s}$

図4-73  $\langle J_L \rangle$ 一定時の $\langle J_T \rangle - \bar{V}_i$ 平面上における各相平均速度の測定結果(体積率補正值)と平均速度曲線(パラメータ $\langle J_S \rangle$ )

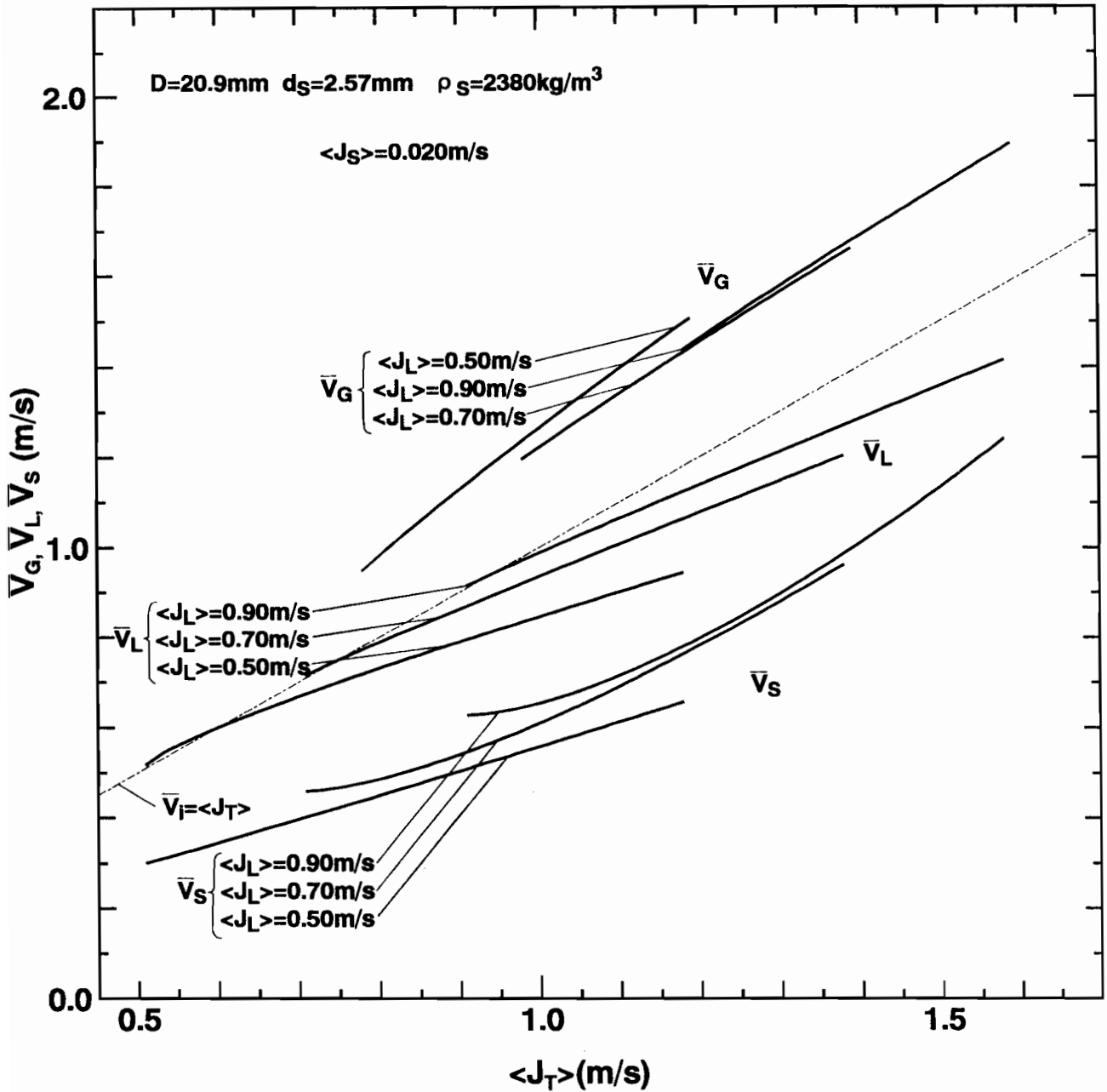


(f)  $D=30.6\text{mm}$ 、 $d_s=4.17\text{mm}$ 、 $\rho_s=2400\text{kg/m}^3$ 、 $\langle J_L \rangle = 0.60\text{m/s}$   
 図4-73  $\langle J_L \rangle$ 一定時の $\langle J_T \rangle - \bar{V}_i$ 平面上における各相平均速度の  
 測定結果（体積率補正值）と平均速度曲線（パラメータ $\langle J_S \rangle$ ）



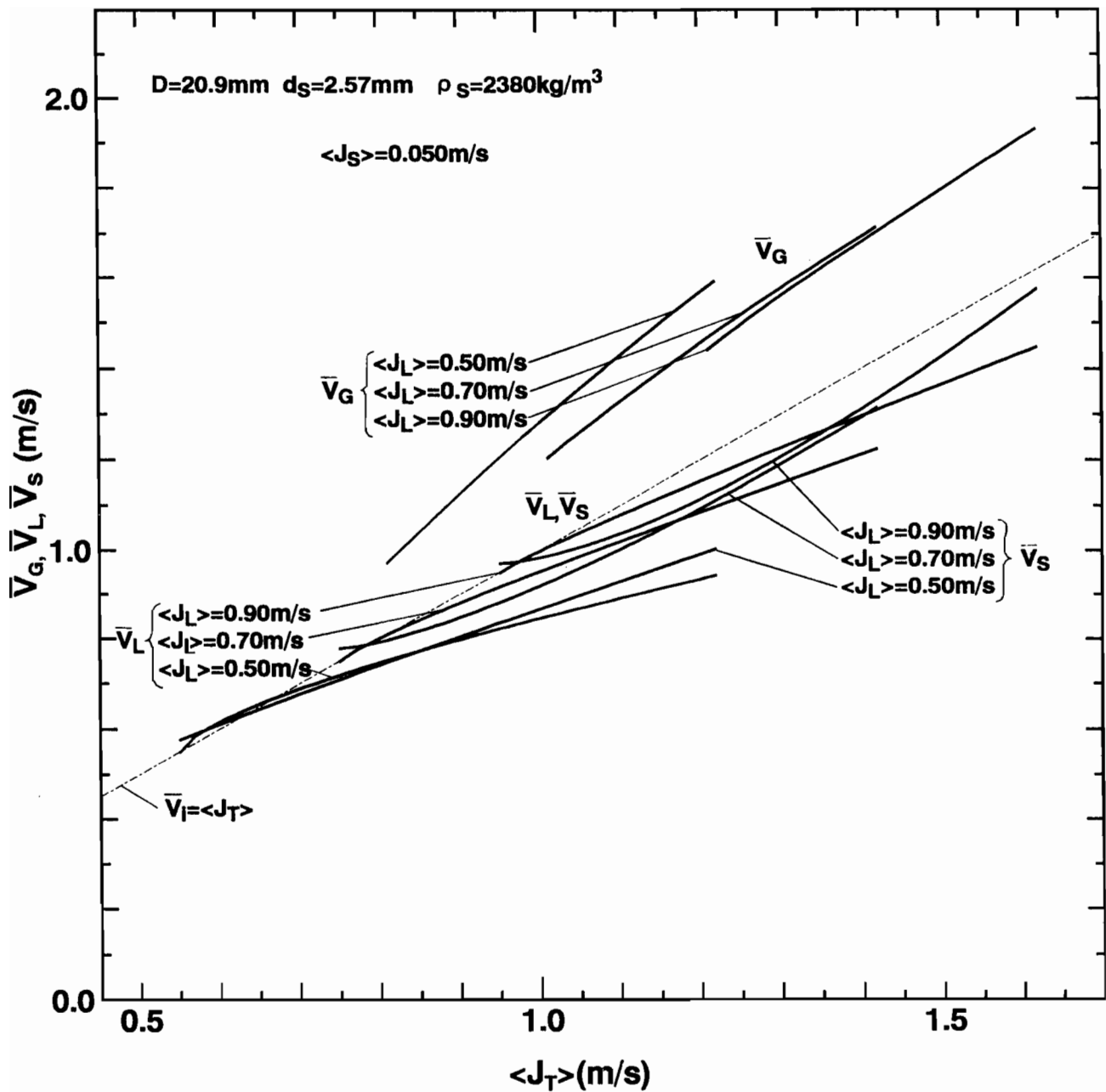
(a)  $D=20.9\text{mm}$ ,  $d_s=2.57\text{mm}$ ,  $\rho_s=2380\text{kg/m}^3$ ,  $\langle J_s \rangle = 0.010\text{m/s}$

図4-74  $\langle J_s \rangle$ 一定時の  $\langle J_T \rangle - \bar{V}_i$  平面上における  
 各相平均速度曲線 (パラメータ  $\langle J_L \rangle$ )



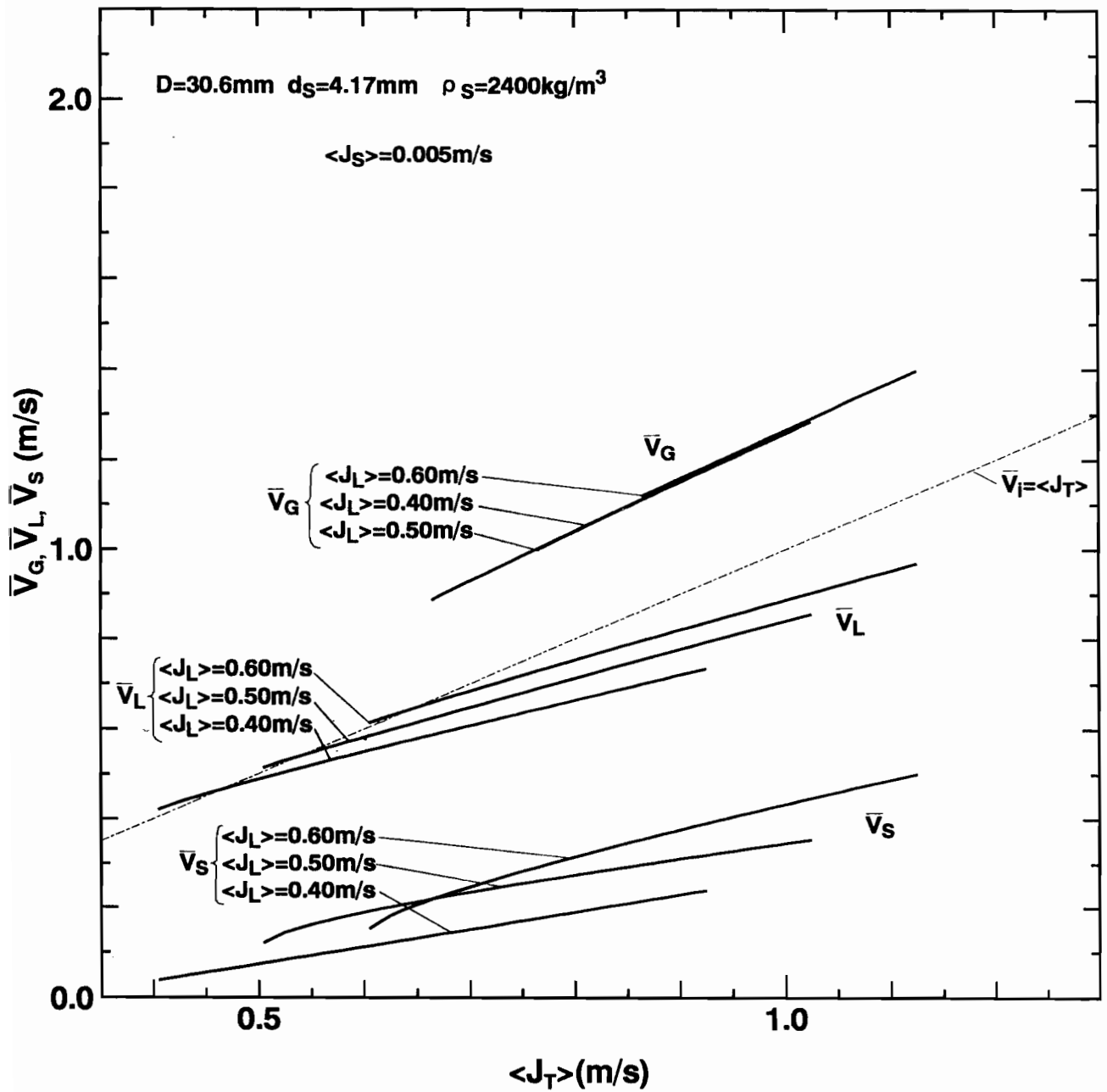
(b)  $D=20.9\text{mm}$ 、 $d_s=2.57\text{mm}$ 、 $\rho_s=2380\text{kg/m}^3$ 、 $\langle J_s \rangle = 0.020\text{m/s}$

図4-74  $\langle J_s \rangle$ 一定時の $\langle J_T \rangle - \bar{V}_i$ 平面上における  
 各相平均速度曲線 (パラメータ $\langle J_L \rangle$ )

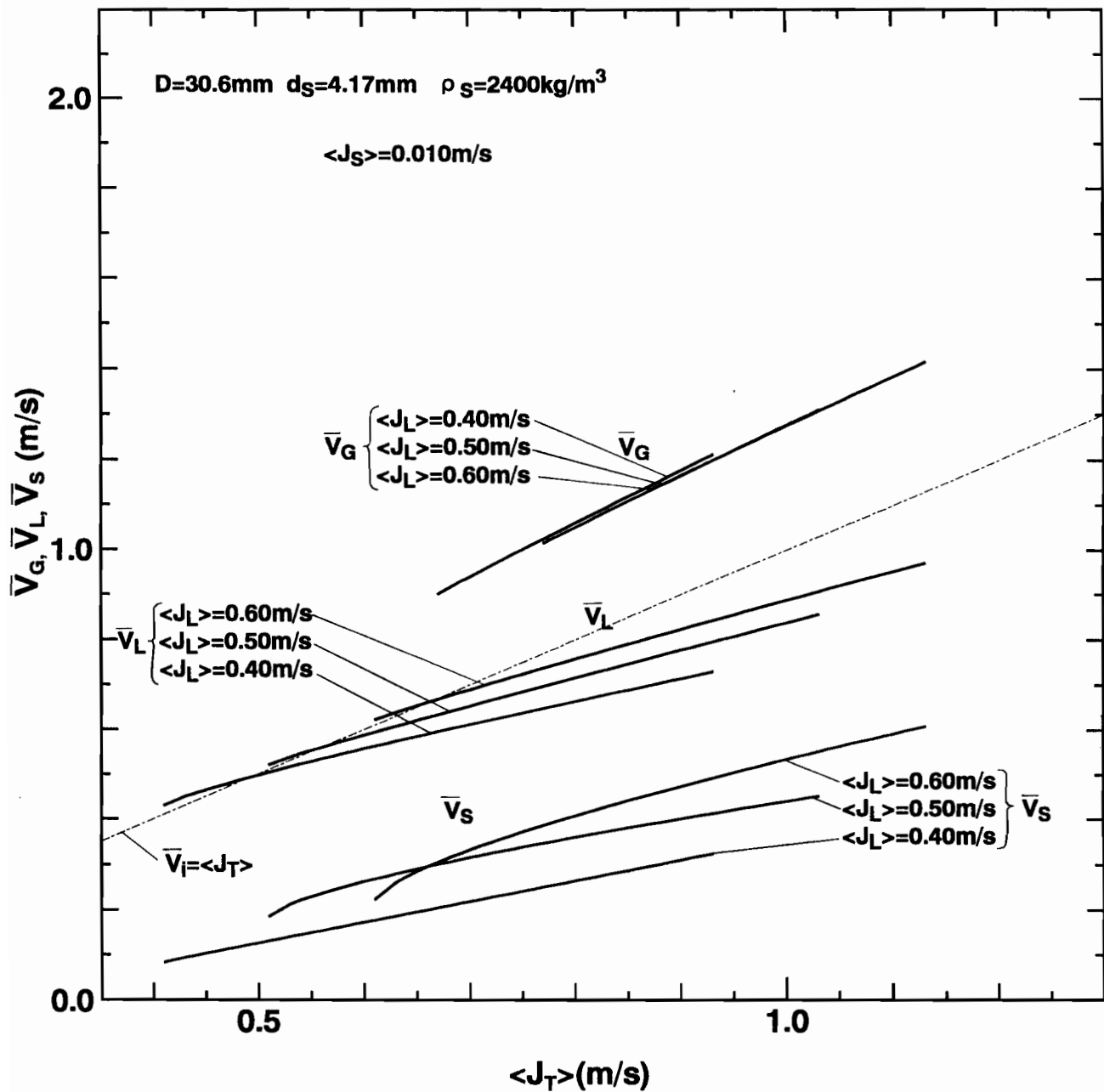


(c)  $D=20.9\text{mm}$ 、 $d_s=2.57\text{mm}$ 、 $\rho_s=2380\text{kg/m}^3$ 、 $\langle J_s \rangle = 0.050\text{m/s}$

図4-74  $\langle J_s \rangle$ 一定時の $\langle J_T \rangle - \bar{V}_i$ 平面上における  
 各相平均速度曲線 (パラメータ $\langle J_L \rangle$ )



(d)  $D=30.6\text{mm}$ 、 $d_s=4.17\text{mm}$ 、 $\rho_s=2400\text{kg/m}^3$ 、 $\langle J_s \rangle = 0.005\text{m/s}$   
 図4-74  $\langle J_s \rangle$ 一定時の $\langle J_T \rangle - \bar{V}_i$ 平面上における  
 各相平均速度曲線 (パラメータ $\langle J_L \rangle$ )

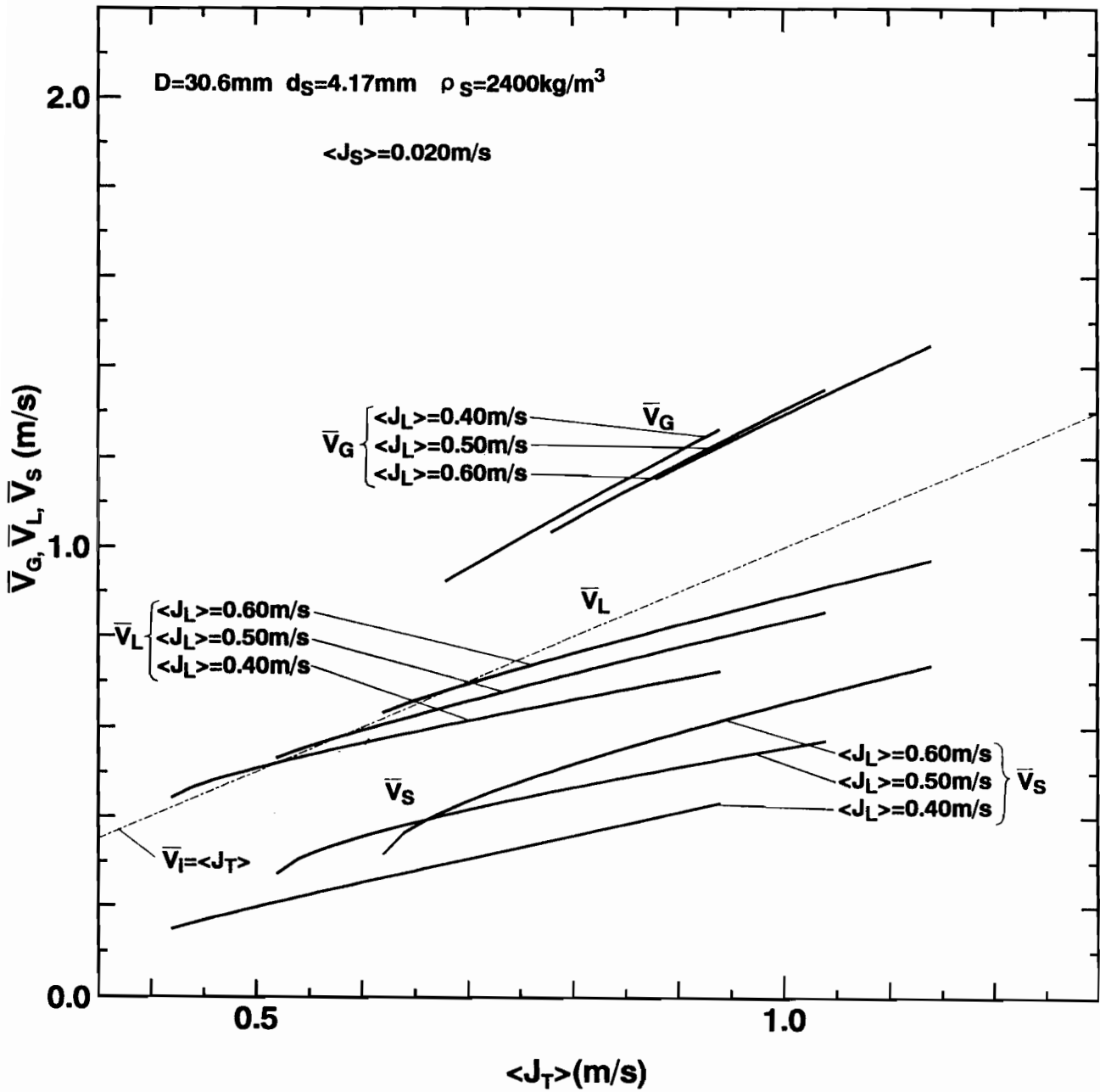


(e)  $D=30.6\text{mm}$ 、 $d_s=4.17\text{mm}$ 、 $\rho_s=2400\text{kg/m}^3$ 、 $\langle J_s \rangle = 0.010\text{m/s}$

図4-74  $\langle J_s \rangle$ 一定時の $\langle J_T \rangle - \bar{V}_i$ 平面上における

各相平均速度曲線 (パラメータ $\langle J_L \rangle$ )

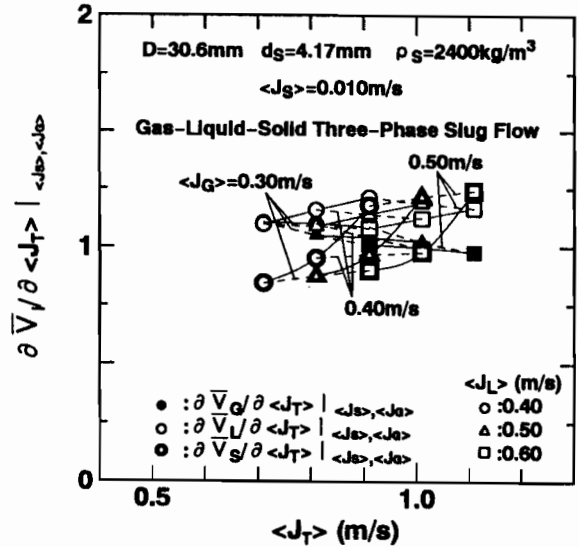
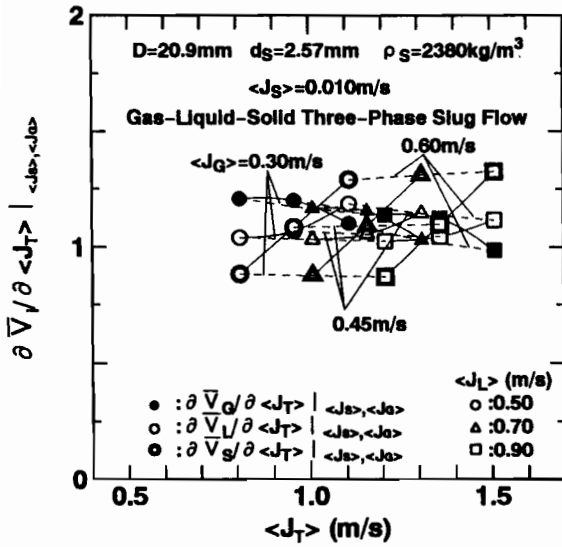




(f)  $D=30.6\text{mm}$ 、 $d_s=4.17\text{mm}$ 、 $\rho_s=2400\text{kg/m}^3$ 、 $\langle J_s \rangle = 0.020\text{m/s}$

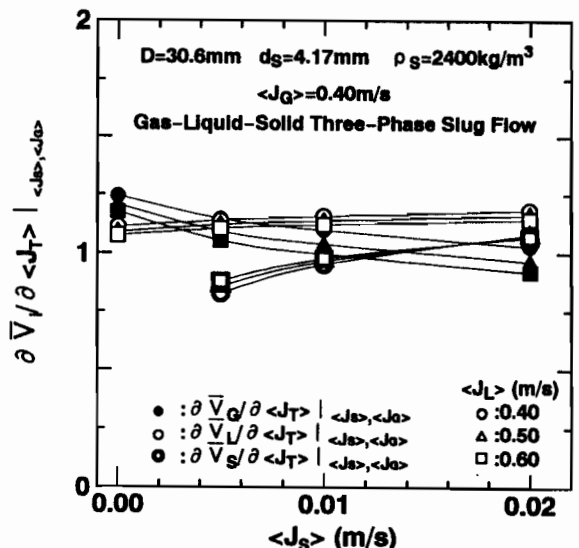
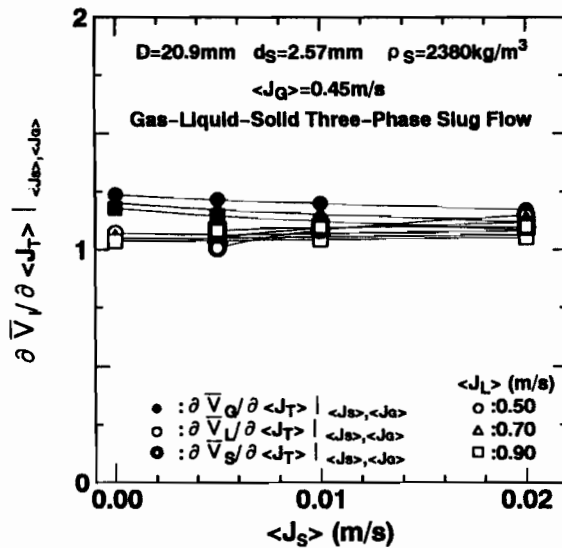
図4-74  $\langle J_s \rangle$ 一定時の $\langle J_T \rangle - \bar{V}_i$ 平面上における

各相平均速度曲線 (パラメータ $\langle J_L \rangle$ )



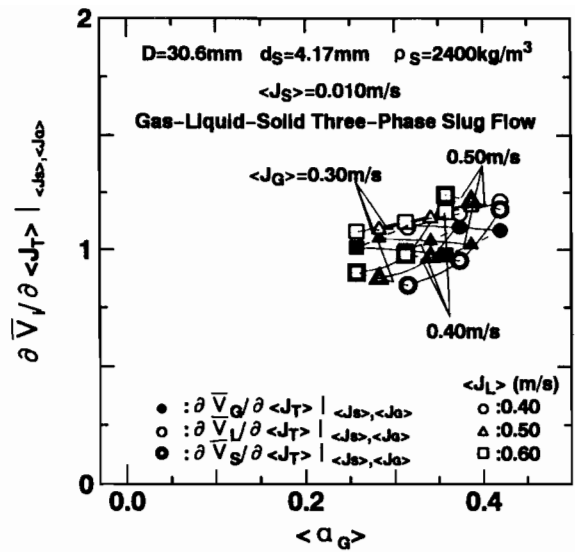
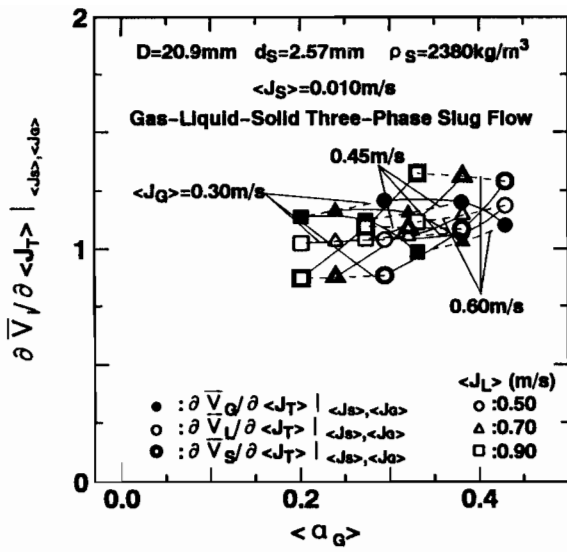
(a)  $D = 20.9\text{mm}$ ,  $d_s = 2.57\text{mm}$ ,  $\rho_s = 2380\text{kg/m}^3$  (b)  $D = 30.6\text{mm}$ ,  $d_s = 4.17\text{mm}$ ,  $\rho_s = 2400\text{kg/m}^3$

図 4-75 各相平均速度の変化率と  $\langle J_T \rangle$  の関係  
(固気液三相スラグ流、 $\langle J_S \rangle$  並びに  $\langle J_G \rangle$  一定)



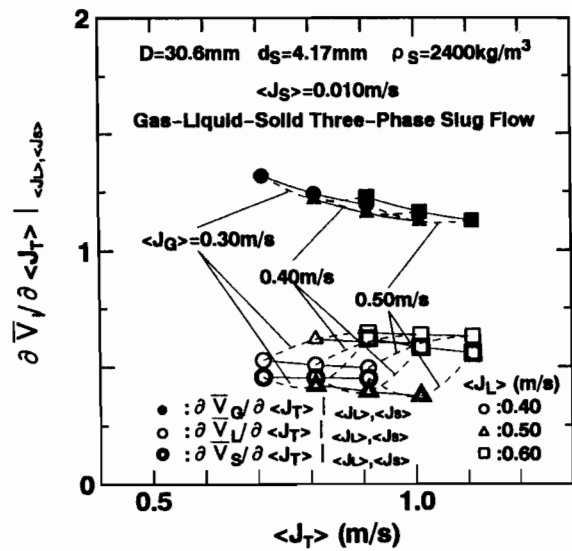
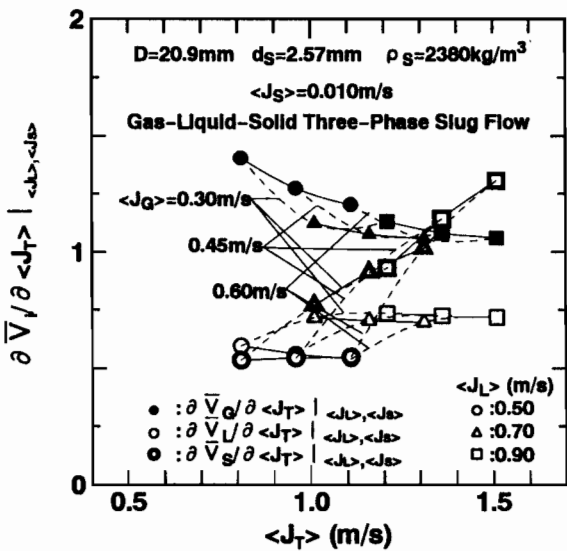
(a)  $D = 20.9\text{mm}$ ,  $d_s = 2.57\text{mm}$ ,  $\rho_s = 2380\text{kg/m}^3$  (b)  $D = 30.6\text{mm}$ ,  $d_s = 4.17\text{mm}$ ,  $\rho_s = 2400\text{kg/m}^3$

図 4-76 各相平均速度の変化率と  $\langle J_S \rangle$  の関係  
(固気液三相スラグ流、 $\langle J_S \rangle$  並びに  $\langle J_G \rangle$  一定)



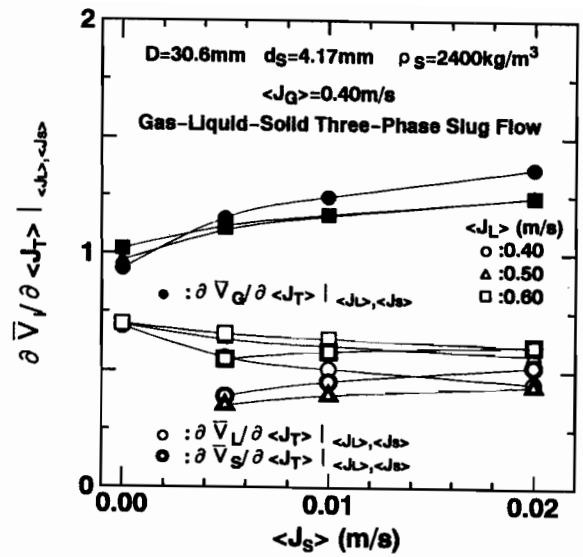
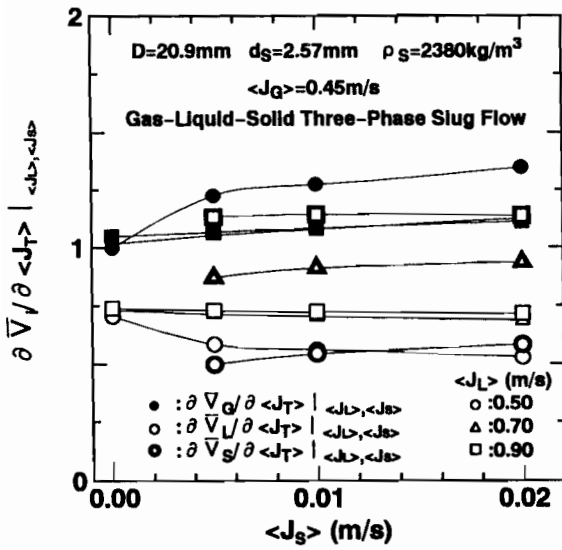
(a)  $D = 20.9\text{mm}$ 、 $d_s = 2.57\text{mm}$ 、 $\rho_s = 2380\text{kg/m}^3$  (b)  $D = 30.6\text{mm}$ 、 $d_s = 4.17\text{mm}$ 、 $\rho_s = 2400\text{kg/m}^3$

図 4-77 各相平均速度の変化率と  $\langle \alpha_G \rangle$  の関係  
(固気液三相スラグ流、 $\langle J_S \rangle$  並びに  $\langle J_G \rangle$  一定)



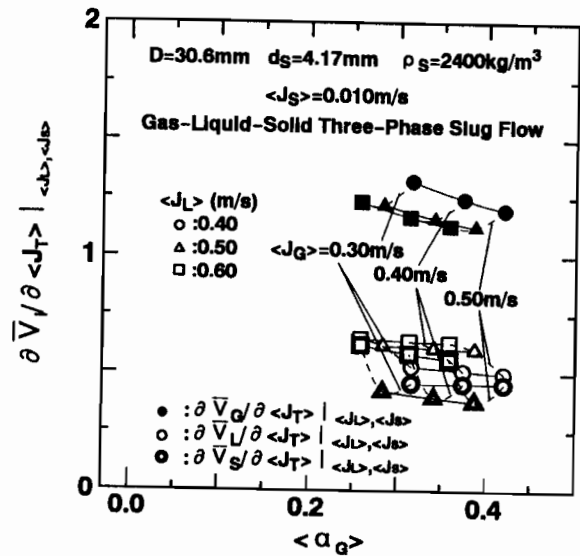
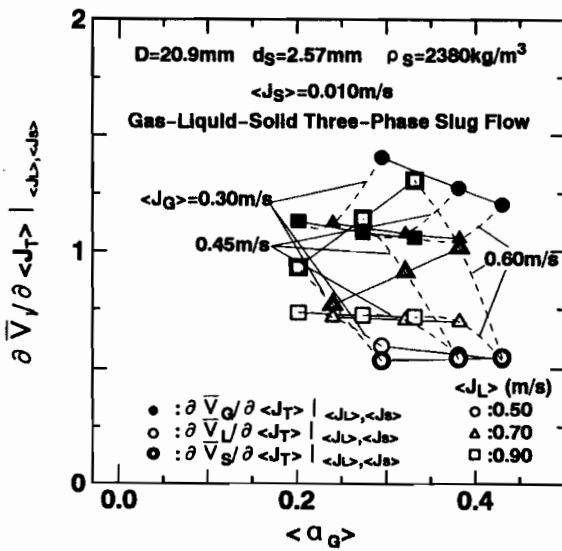
(a)  $D = 20.9\text{mm}$ 、 $d_s = 2.57\text{mm}$ 、 $\rho_s = 2380\text{kg/m}^3$  (b)  $D = 30.6\text{mm}$ 、 $d_s = 4.17\text{mm}$ 、 $\rho_s = 2400\text{kg/m}^3$

図 4-78 各相平均速度の変化率と  $\langle J_T \rangle$  の関係  
(固気液三相スラグ流、 $\langle J_L \rangle$  並びに  $\langle J_S \rangle$  一定)



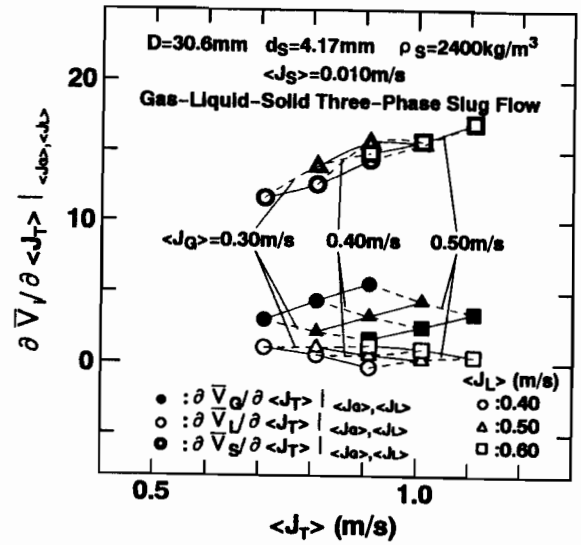
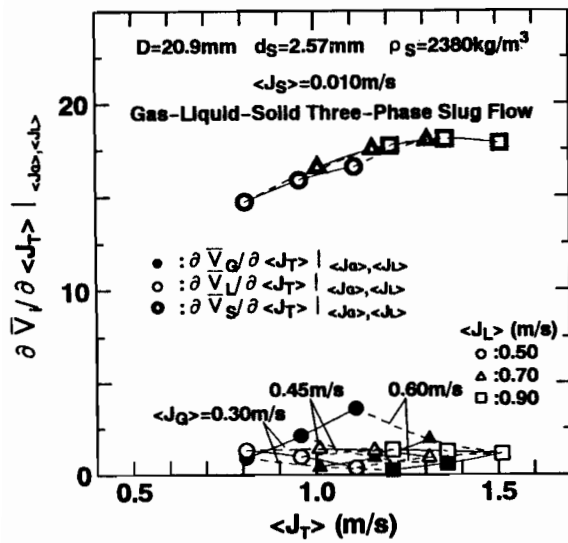
(a)  $D=20.9\text{mm}$ ,  $d_s=2.57\text{mm}$ ,  $\rho_s=2380\text{kg/m}^3$  (b)  $D=30.6\text{mm}$ ,  $d_s=4.17\text{mm}$ ,  $\rho_s=2400\text{kg/m}^3$

図4-79 各相平均速度の変化率と $\langle J_S \rangle$ の関係  
(固気液三相スラグ流、 $\langle J_L \rangle$ 並びに $\langle J_S \rangle$ 一定)



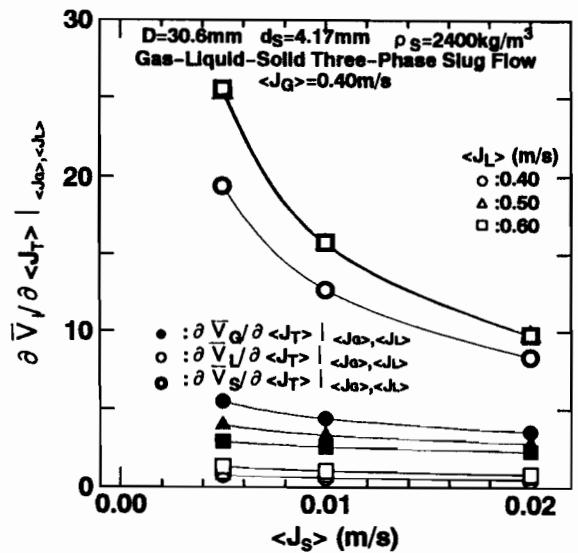
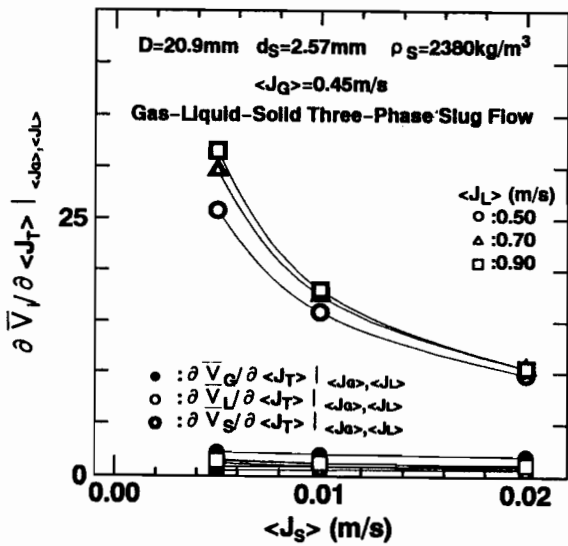
(a)  $D=20.9\text{mm}$ ,  $d_s=2.57\text{mm}$ ,  $\rho_s=2380\text{kg/m}^3$  (b)  $D=30.6\text{mm}$ ,  $d_s=4.17\text{mm}$ ,  $\rho_s=2400\text{kg/m}^3$

図4-80 各相平均速度の変化率と $\langle \alpha_G \rangle$ の関係  
(固気液三相スラグ流、 $\langle J_L \rangle$ 並びに $\langle J_S \rangle$ 一定)



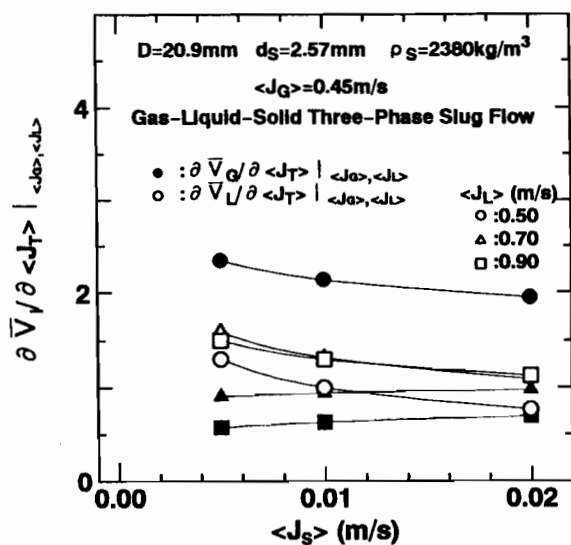
(a)  $D = 20.9\text{mm}$ 、 $d_s = 2.57\text{mm}$ 、 $\rho_s = 2380\text{kg/m}^3$  (b)  $D = 30.6\text{mm}$ 、 $d_s = 4.17\text{mm}$ 、 $\rho_s = 2400\text{kg/m}^3$

図 4 - 8 1 各相平均速度の変化率と  $\langle J_T \rangle$  の関係  
(固気液三相スラグ流、 $\langle J_G \rangle$  並びに  $\langle J_L \rangle$  一定)

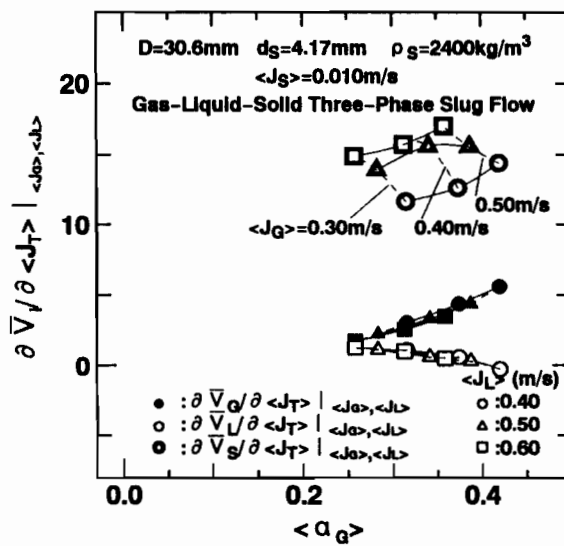
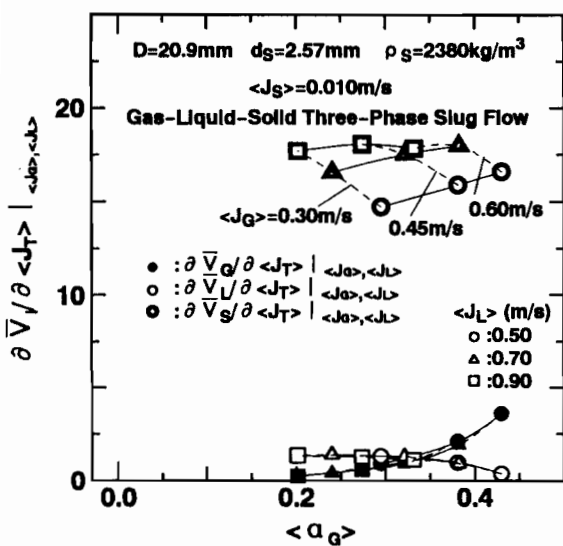


(a)  $D = 20.9\text{mm}$ 、 $d_s = 2.57\text{mm}$ 、 $\rho_s = 2380\text{kg/m}^3$  (b)  $D = 30.6\text{mm}$ 、 $d_s = 4.17\text{mm}$ 、 $\rho_s = 2400\text{kg/m}^3$

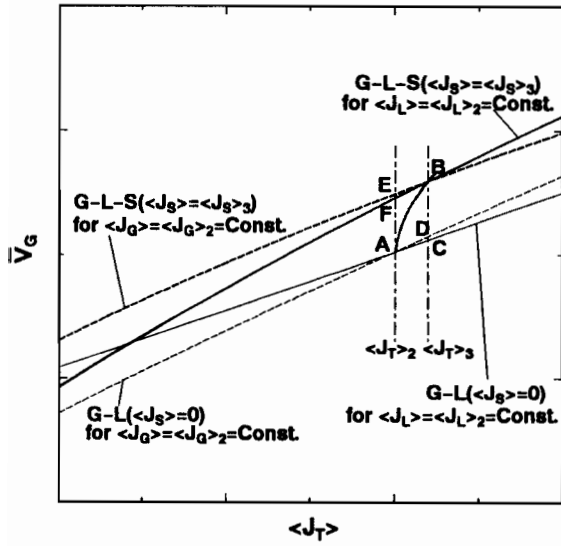
図 4 - 8 2 各相平均速度の変化率と  $\langle J_S \rangle$  の関係  
(固気液三相スラグ流、 $\langle J_G \rangle$  並びに  $\langle J_L \rangle$  一定)



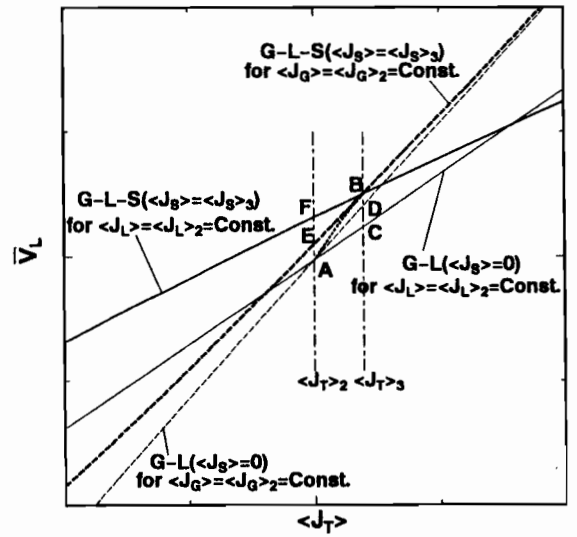
(a)  $D = 20.9\text{mm}$ 、 $d_s = 2.57\text{mm}$ 、 $\rho_s = 2380\text{kg/m}^3$  拡大図  
 図 4 - 8 2 各相平均速度の変化率と  $\langle J_s \rangle$  の関係  
 (固気液三相スラグ流、 $\langle J_G \rangle$  並びに  $\langle J_L \rangle$  一定)



(a)  $D = 20.9\text{mm}$ 、 $d_s = 2.57\text{mm}$ 、 $\rho_s = 2380\text{kg/m}^3$  (b)  $D = 30.6\text{mm}$ 、 $d_s = 4.17\text{mm}$ 、 $\rho_s = 2400\text{kg/m}^3$   
 図 4 - 8 3 各相平均速度の変化率と  $\langle \alpha_G \rangle$  の関係  
 (固気液三相スラグ流、 $\langle J_G \rangle$  並びに  $\langle J_L \rangle$  一定)

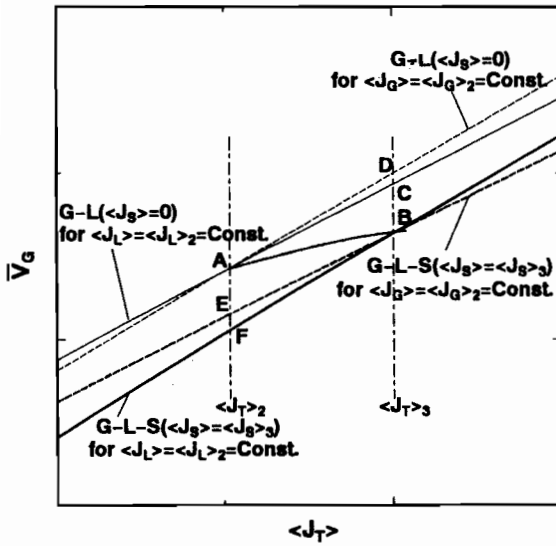


(a)  $\langle J_T \rangle - \bar{V}_G$

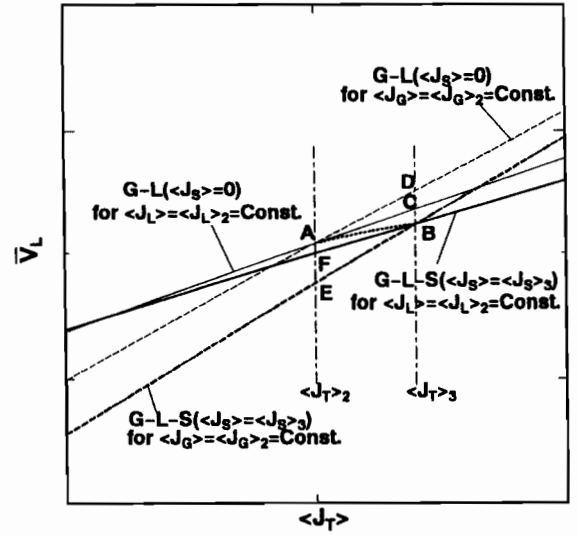


(b)  $\langle J_T \rangle - \bar{V}_L$

図 4-84 パターン I



(a)  $\langle J_T \rangle - \bar{V}_G$



(b)  $\langle J_T \rangle - \bar{V}_L$

図 4-85 パターン II

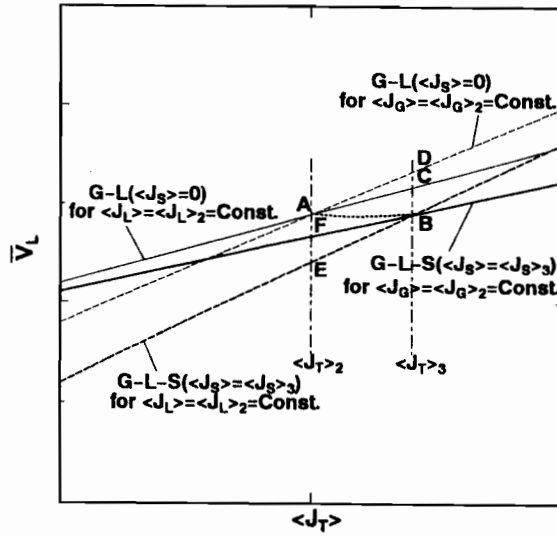
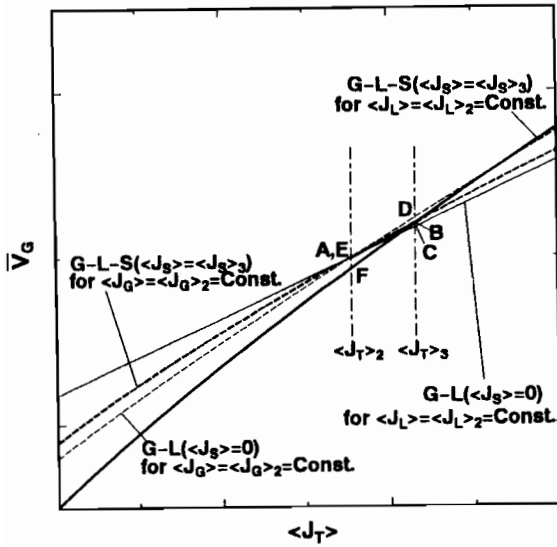
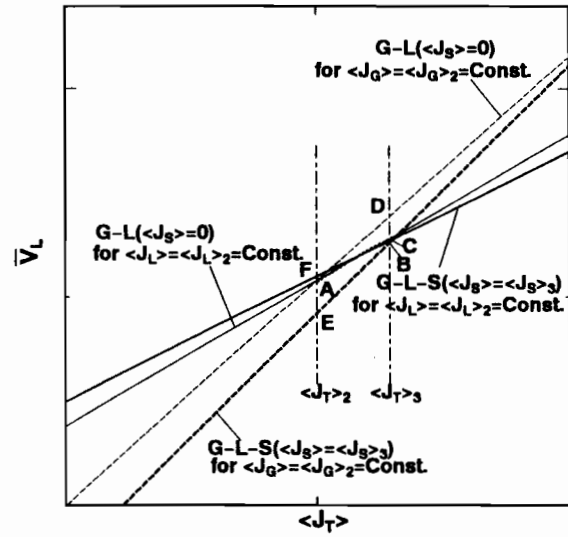


図4-86 パターンIII&IV ( $\langle J_T \rangle - \bar{V}_L$ )



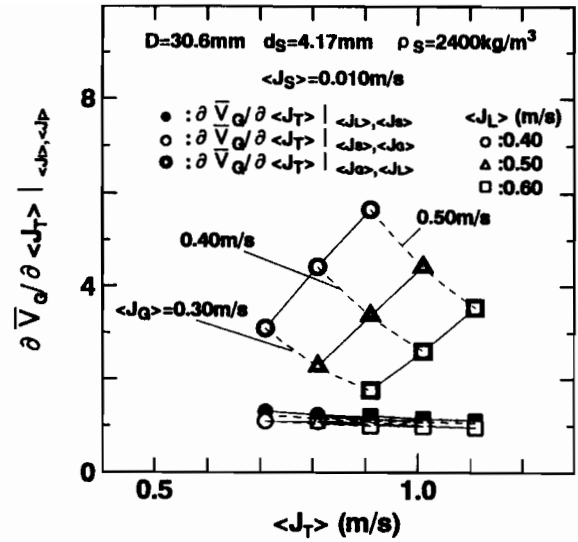
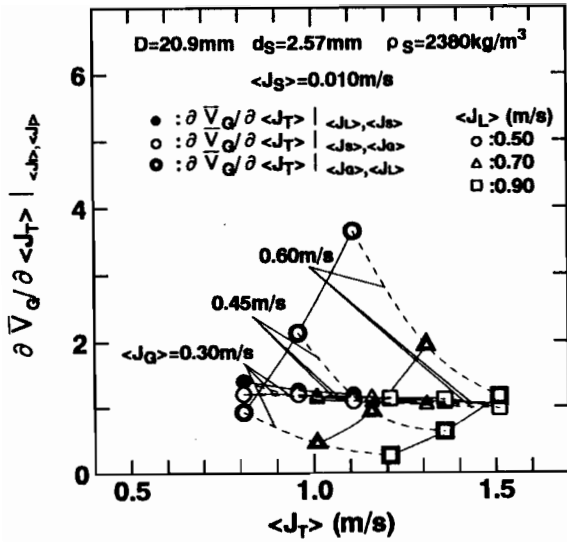
(a)  $\langle J_T \rangle - \bar{V}_G$



(b)  $\langle J_T \rangle - \bar{V}_L$

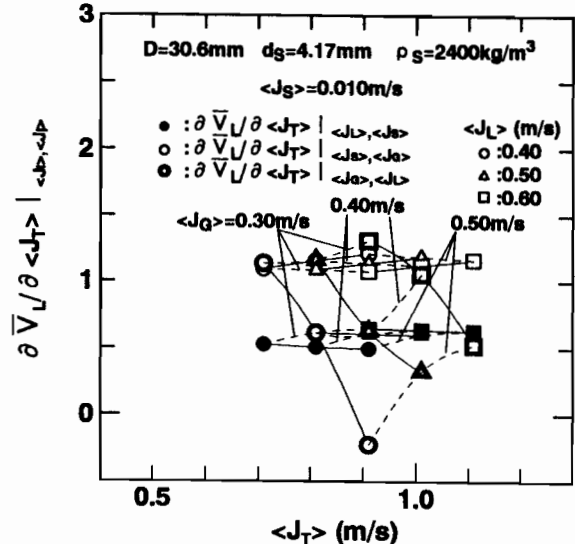
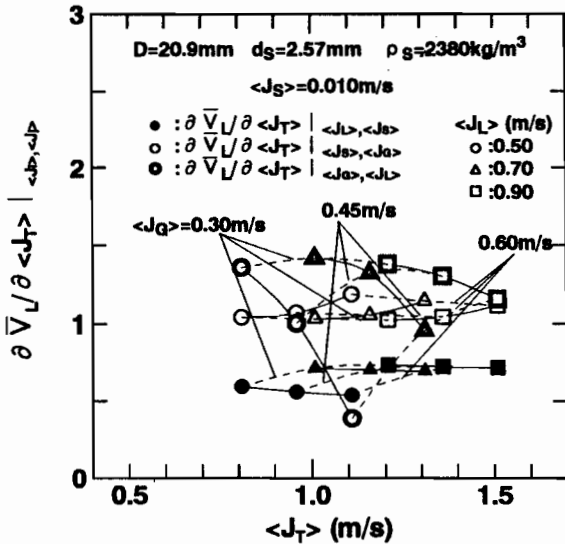
図4-87 パターンV





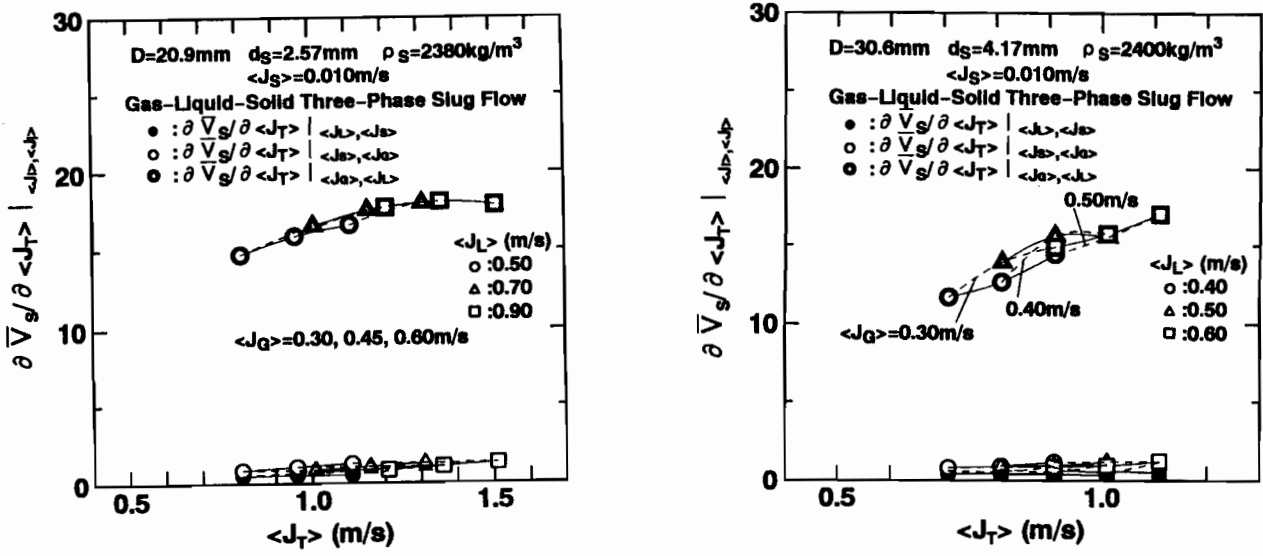
(a)  $D = 20.9\text{mm}$ ,  $d_s = 2.57\text{mm}$ ,  $\rho_s = 2380\text{kg/m}^3$  (b)  $D = 30.6\text{mm}$ ,  $d_s = 4.17\text{mm}$ ,  $\rho_s = 2400\text{kg/m}^3$

図 4 - 8 8 気相平均速度の変化率と  $\langle J_T \rangle$  の関係 (固気液三相スラグ流)



(a)  $D = 20.9\text{mm}$ ,  $d_s = 2.57\text{mm}$ ,  $\rho_s = 2380\text{kg/m}^3$  (b)  $D = 30.6\text{mm}$ ,  $d_s = 4.17\text{mm}$ ,  $\rho_s = 2400\text{kg/m}^3$

図 4 - 8 9 液相平均速度の変化率と  $\langle J_T \rangle$  の関係 (固気液三相スラグ流)



(a)  $D = 20.9\text{mm}$ ,  $d_s = 2.57\text{mm}$ ,  $\rho_s = 2380\text{kg/m}^3$  (b)  $D = 30.6\text{mm}$ ,  $d_s = 4.17\text{mm}$ ,  $\rho_s = 2400\text{kg/m}^3$

図4-90 固相平均速度の変化率と $\langle J_T \rangle$ の関係 (固気液三相スラグ流)

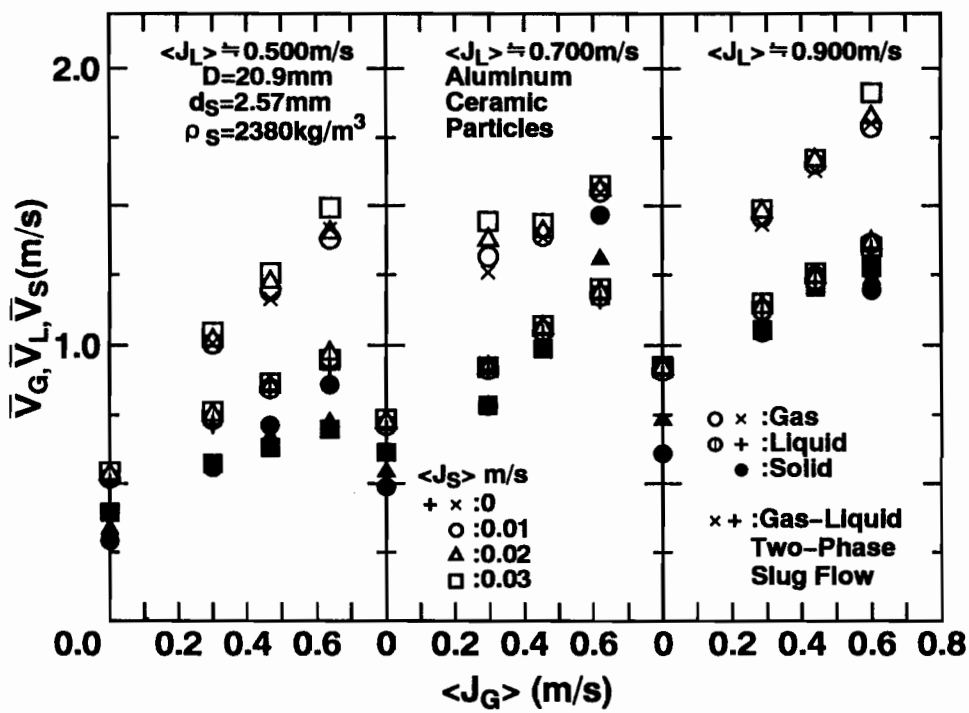


図4-91 気相体積流束と各相平均速度の関係

( $D = 20.9\text{mm}$ ,  $d_s = 2.57\text{mm}$ ,  $\rho_s = 2380\text{kg/m}^3$ )

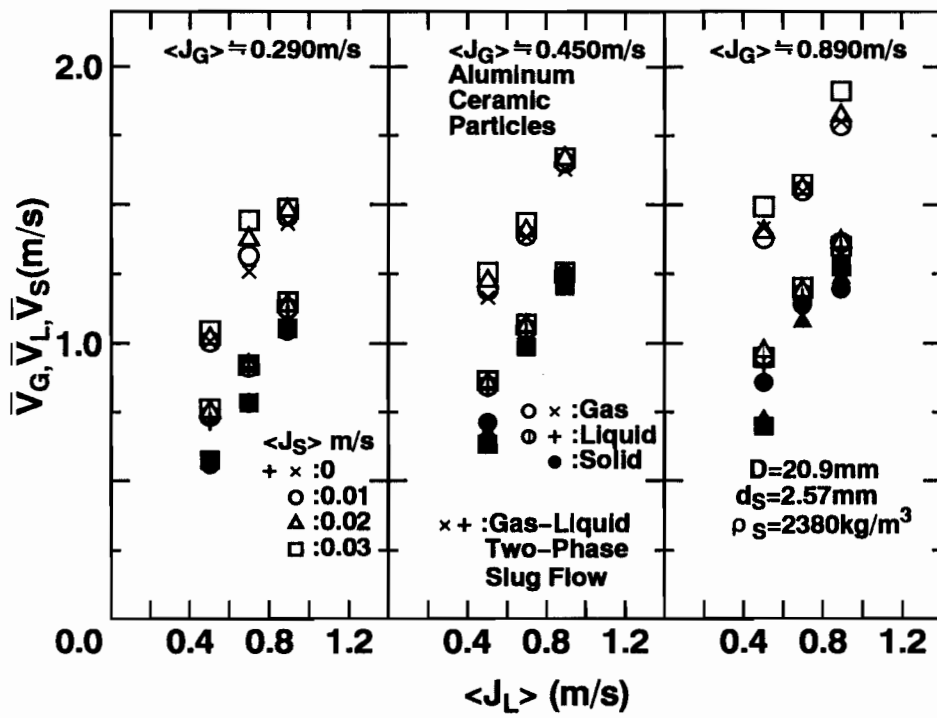


図 4 - 9 2 液相体積流束と各相平均速度の関係  
 (  $D = 20.9\text{mm}$ 、 $d_s = 2.57\text{mm}$ 、 $\rho_s = 2380\text{kg/m}^3$  )

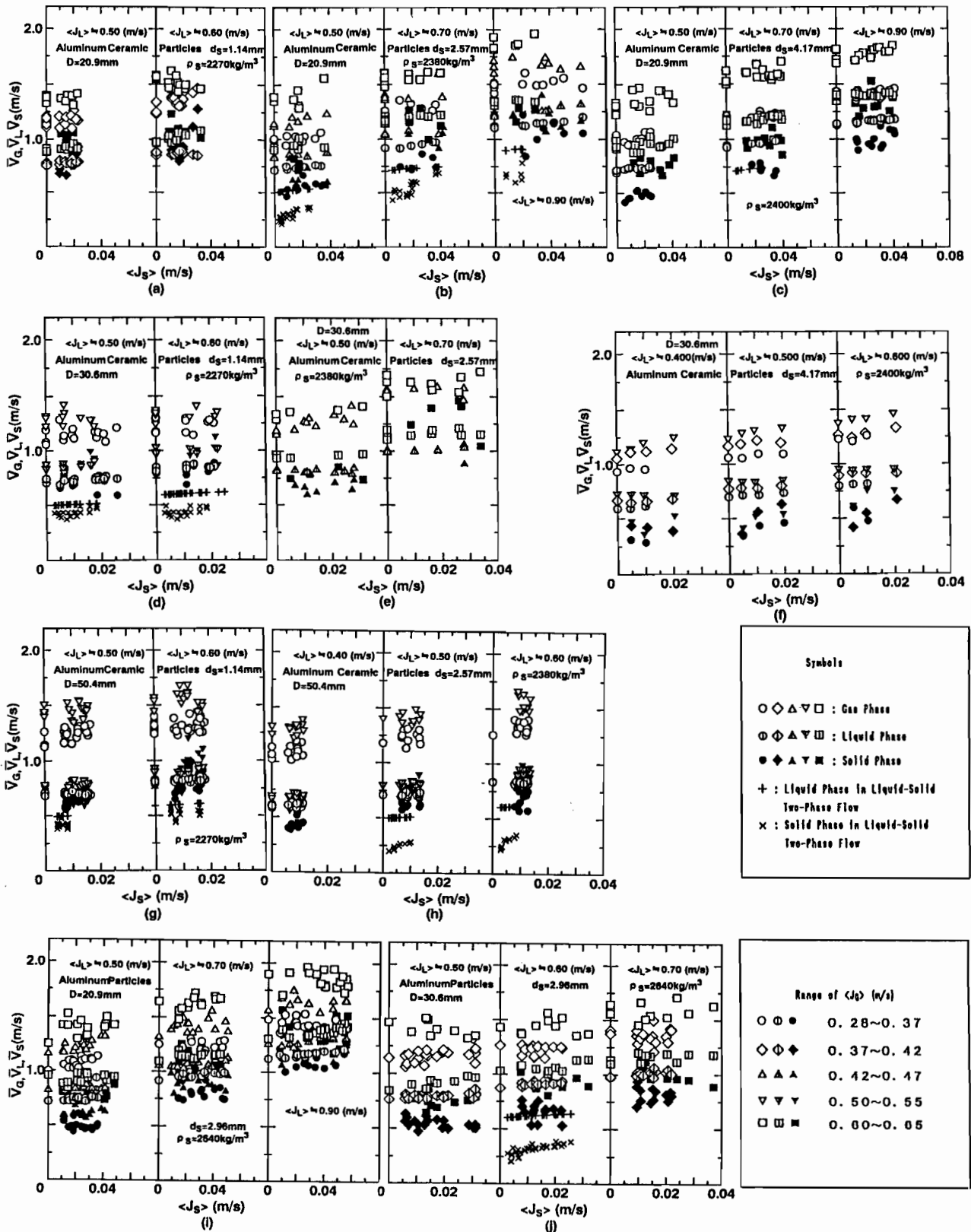


図 4-93 固相体積流束と各相平均速度の関係

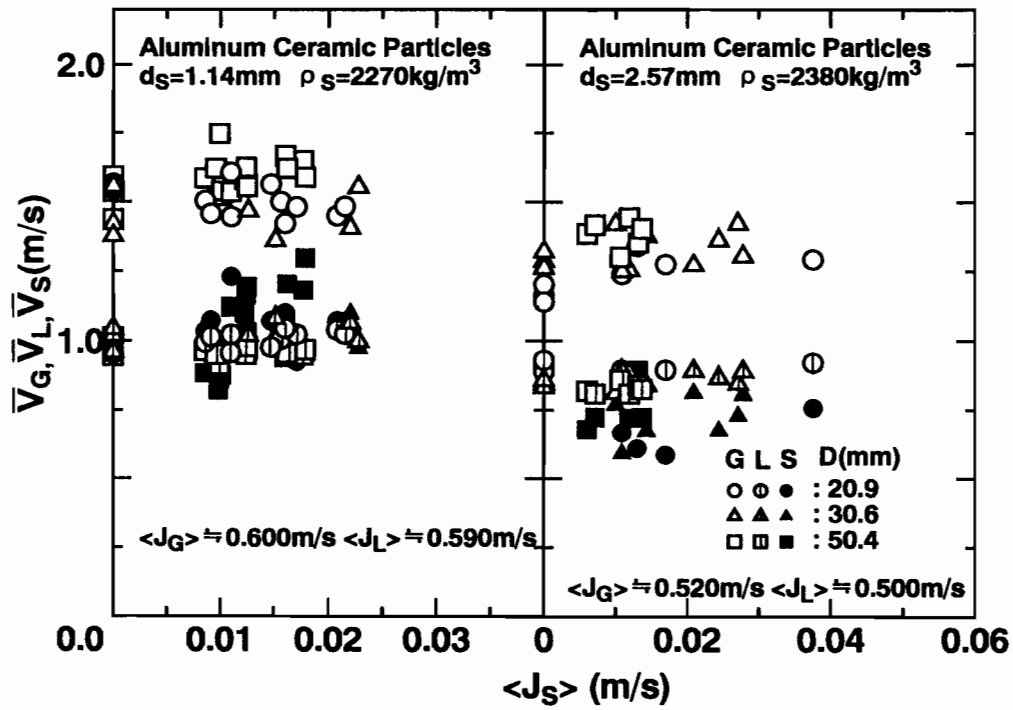


図 4 - 9 4 各相平均速度に及ぼす管内径の影響

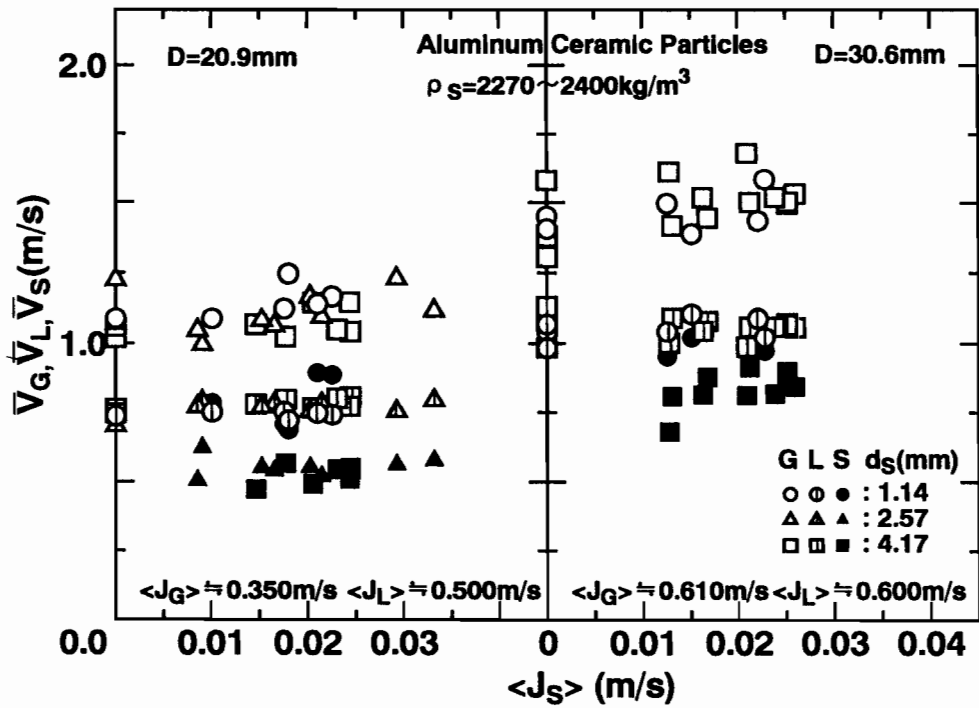


図 4 - 9 5 各相平均速度に及ぼす平均粒子径の影響

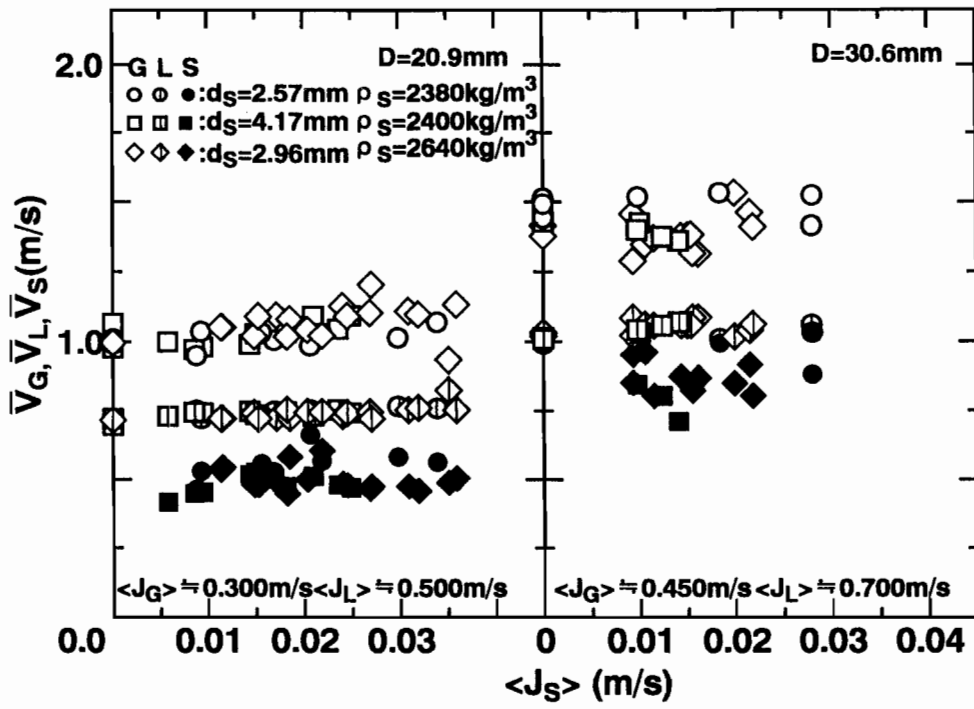
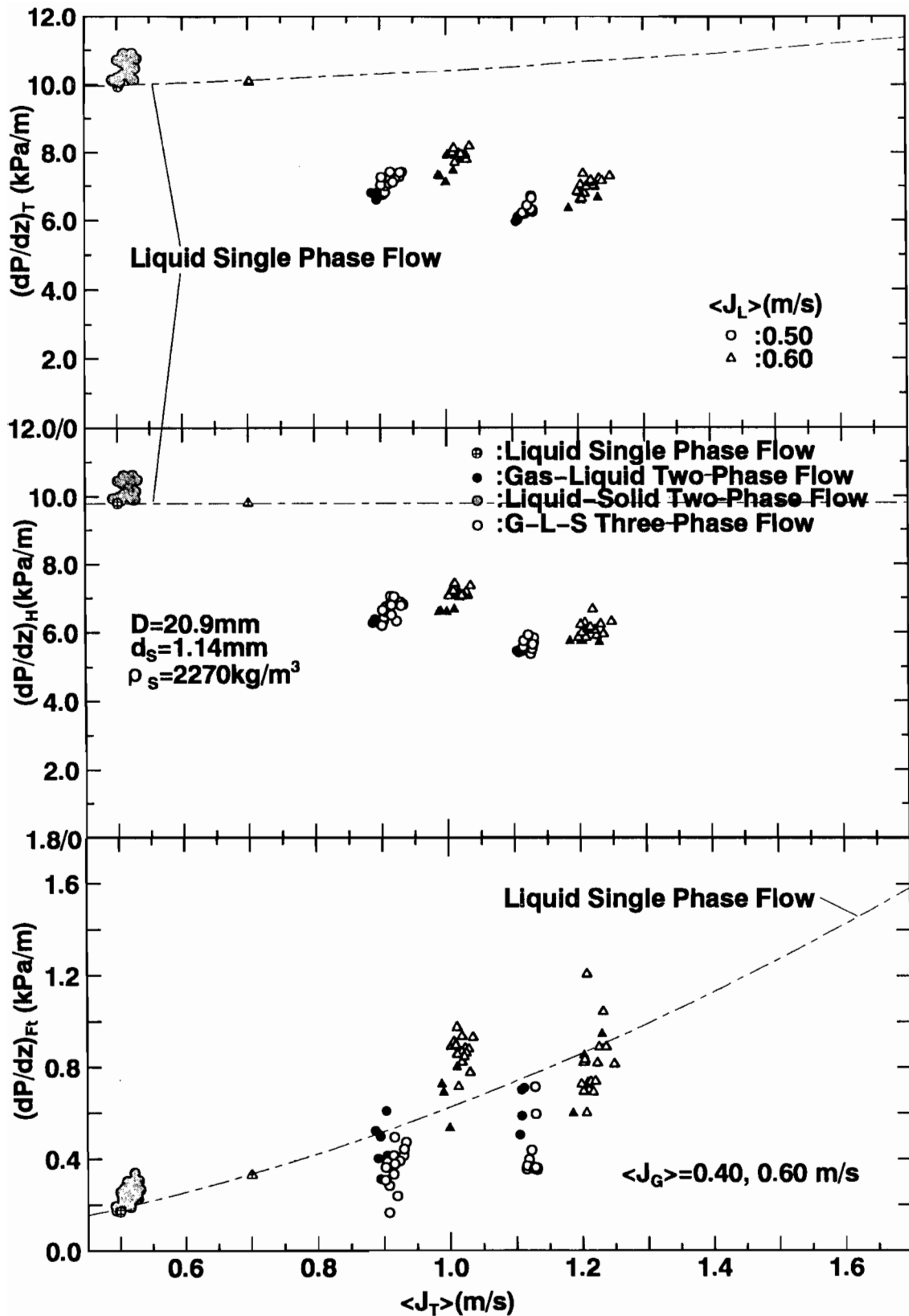
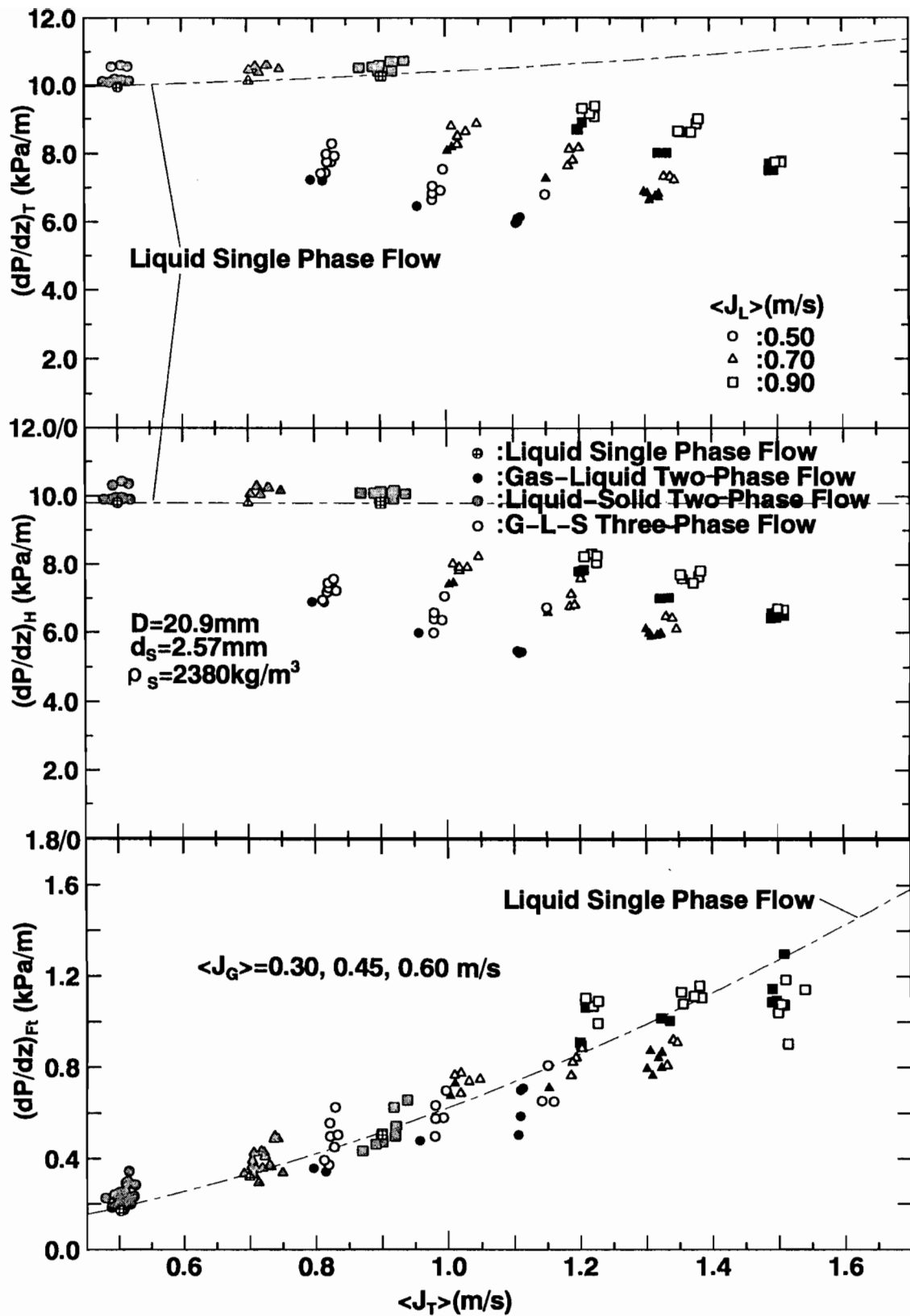


図 4 - 9 6 各相平均速度に及ぼす粒子密度の影響



(a)  $D=20.9\text{mm}$ ,  $d_s=1.14\text{mm}$ ,  $\rho_s=2270\text{kg/m}^3$

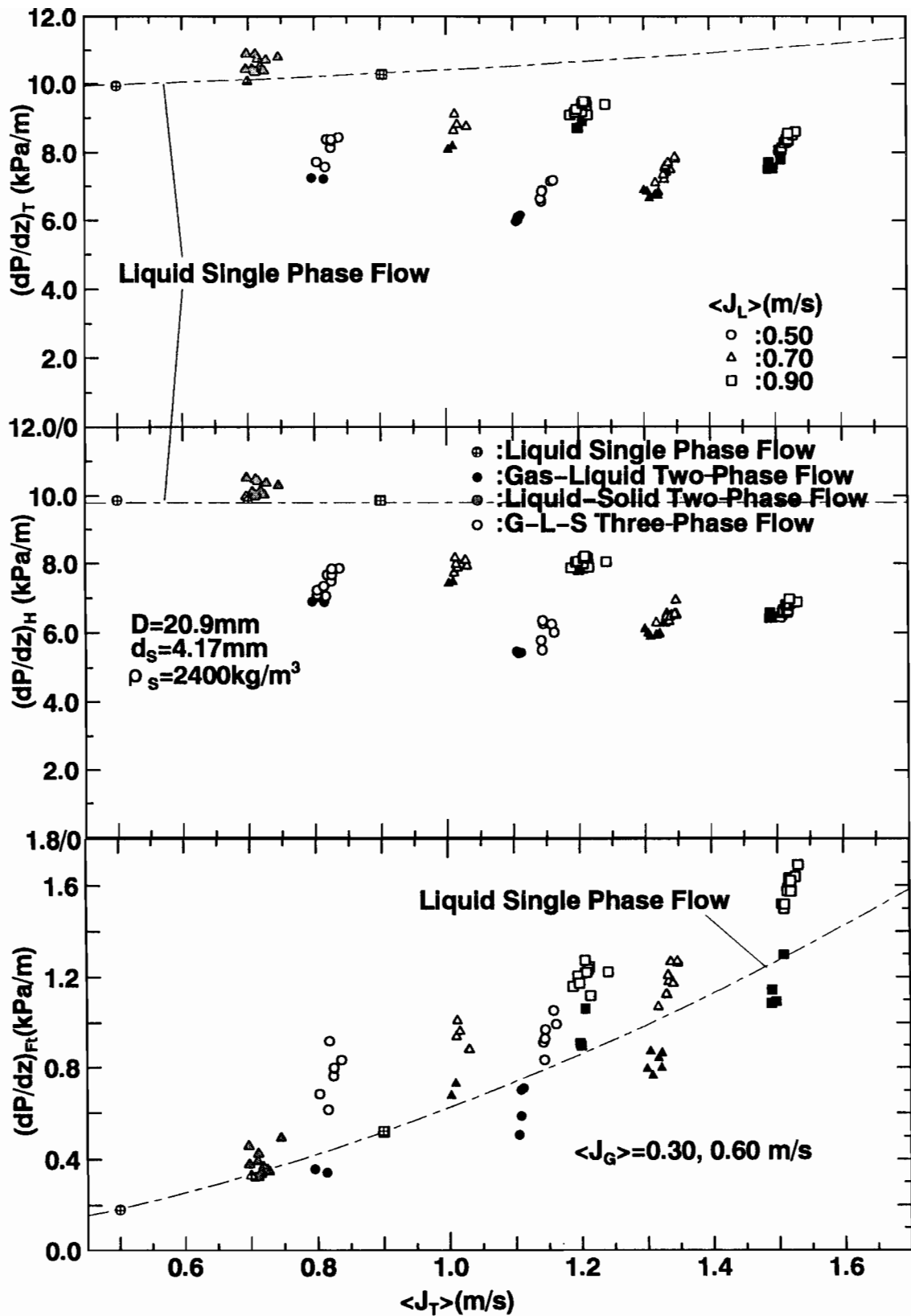
図 4 - 9 7  $\langle J_T \rangle - (dP/dz)_k$  平面上における圧力降下の測定結果



(b)  $D=20.9\text{mm}$ 、 $d_s=2.57\text{mm}$ 、 $\rho_s=2380\text{kg/m}^3$

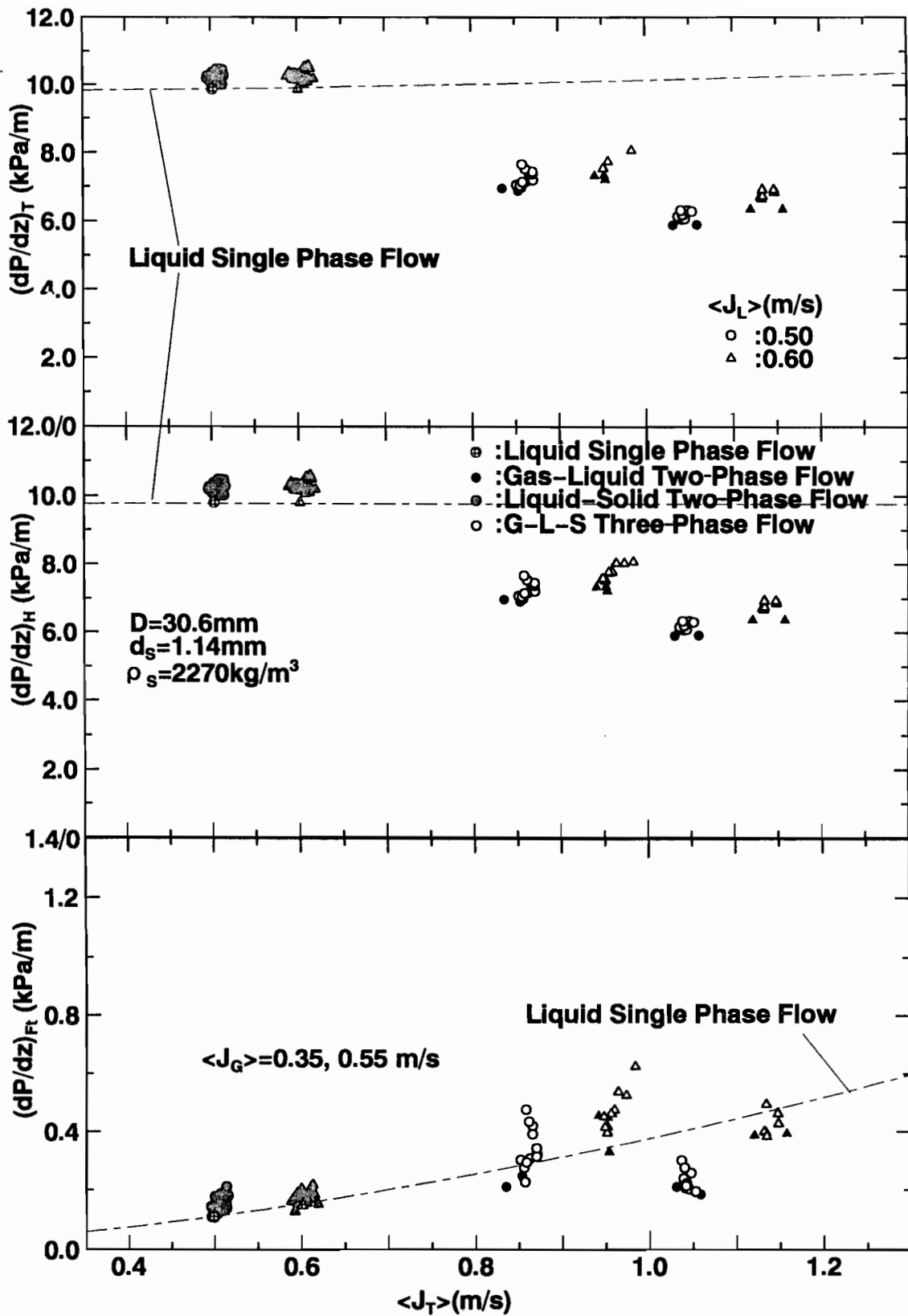
図4-97  $\langle J_T \rangle - (dP/dz)_k$ 平面上における圧力降下の測定結果





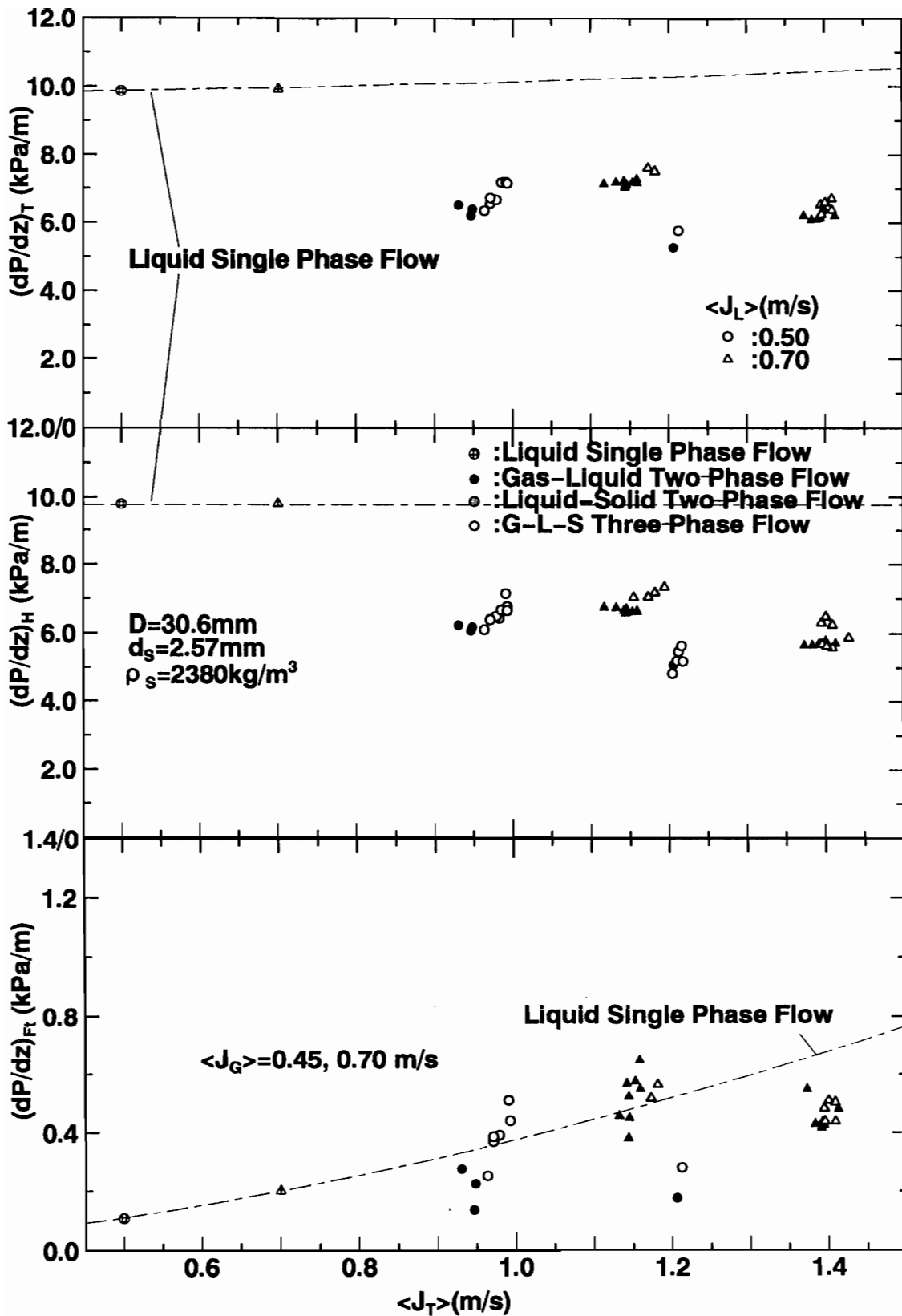
(c)  $D=20.9\text{mm}$ 、 $d_s=4.17\text{mm}$ 、 $\rho_s=2400\text{kg/m}^3$

図4-97  $\langle J_T \rangle - (dP/dz)_k$  平面上における圧力降下の測定結果



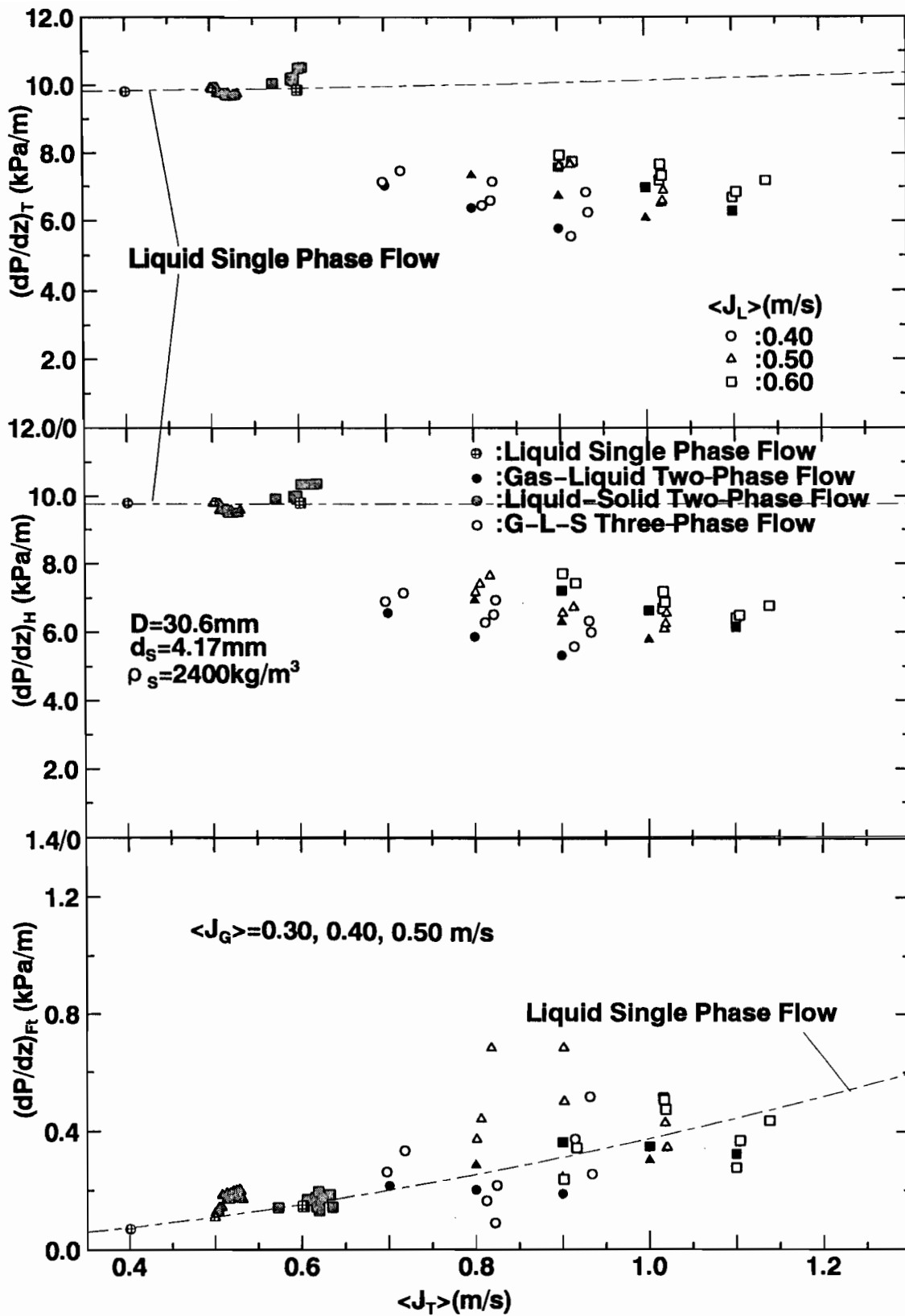
(d)  $D=30.6\text{mm}$ ,  $d_s=1.14\text{mm}$ ,  $\rho_s=2270\text{kg/m}^3$

図4-97  $\langle J_T \rangle - (dP/dz)_k$  平面上における圧力降下の測定結果



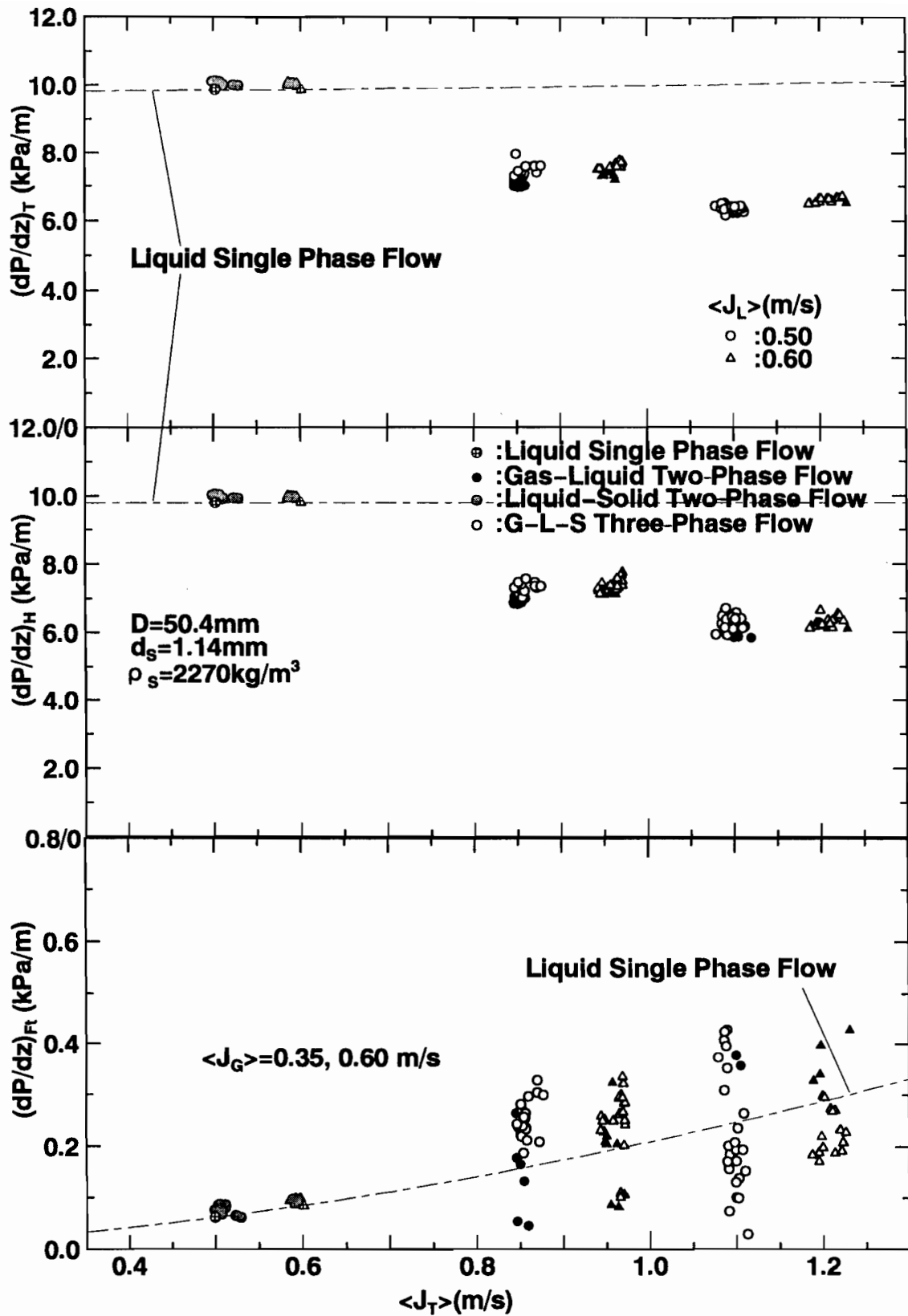
(e)  $D=30.6\text{mm}$ ,  $d_s=2.57\text{mm}$ ,  $\rho_s=2380\text{kg/m}^3$

図 4 - 9 7  $\langle J_T \rangle - (dP/dz)_k$  平面上における圧力降下の測定結果



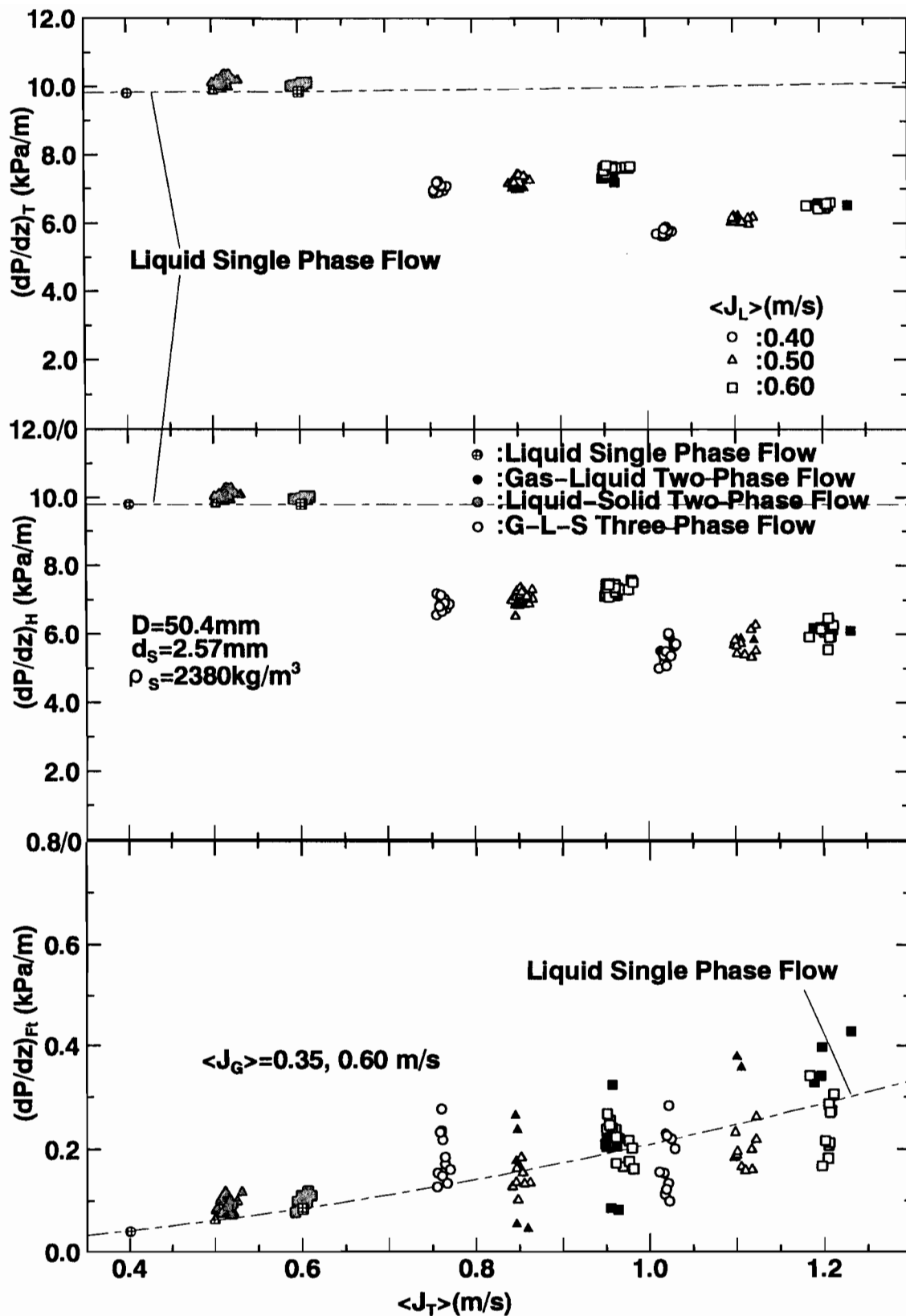
(f)  $D=30.6\text{mm}$ 、 $d_s=4.17\text{mm}$ 、 $\rho_s=2400\text{kg/m}^3$

図 4 - 9 7  $\langle J_T \rangle - (dP/dz)_k$  平面上における圧力降下の測定結果



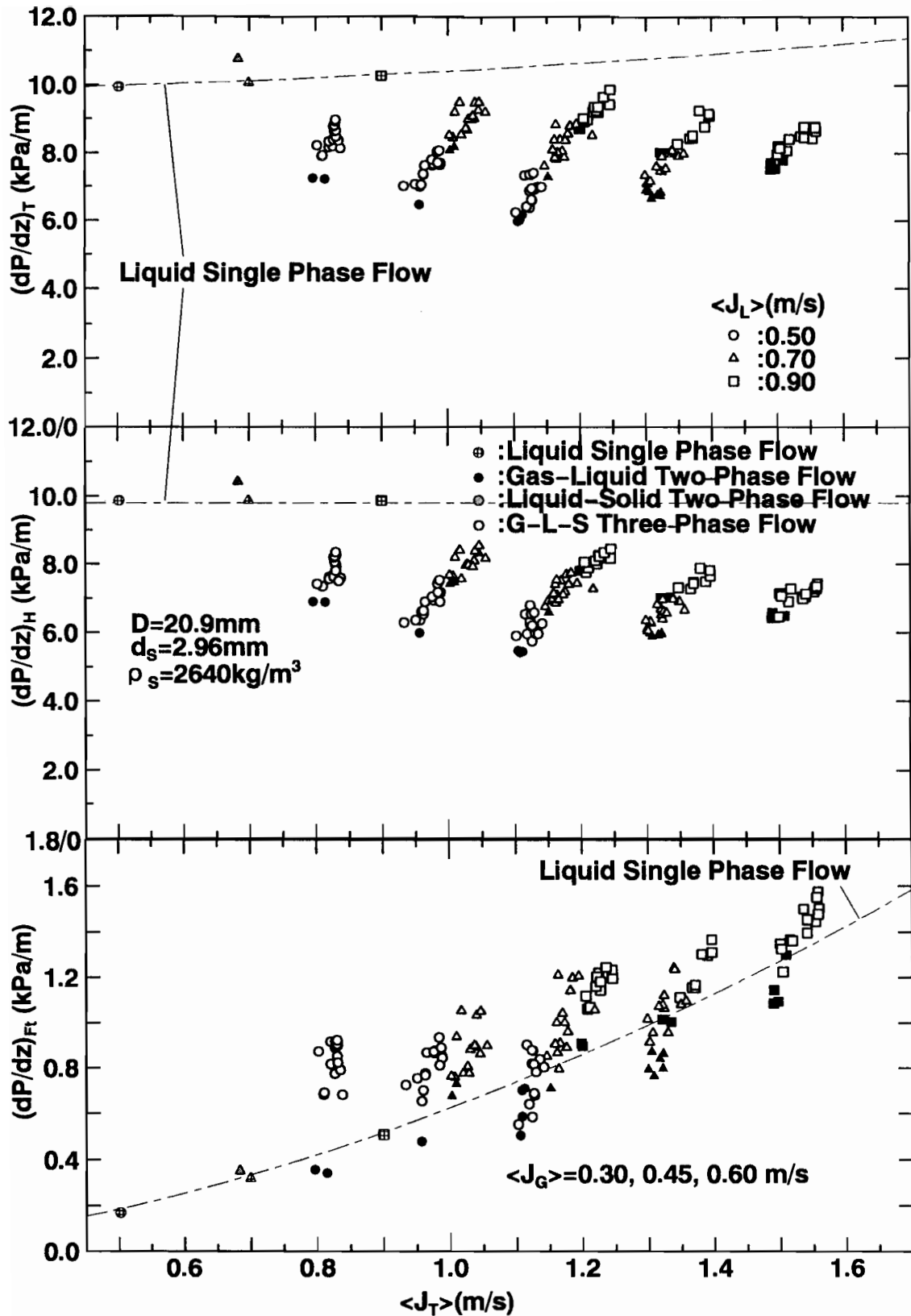
(g)  $D=50.4\text{mm}$ ,  $d_s=1.14\text{mm}$ ,  $\rho_s=2270\text{kg/m}^3$

図4-97  $\langle J_T \rangle - (dP/dz)_k$  平面上における圧力降下の測定結果



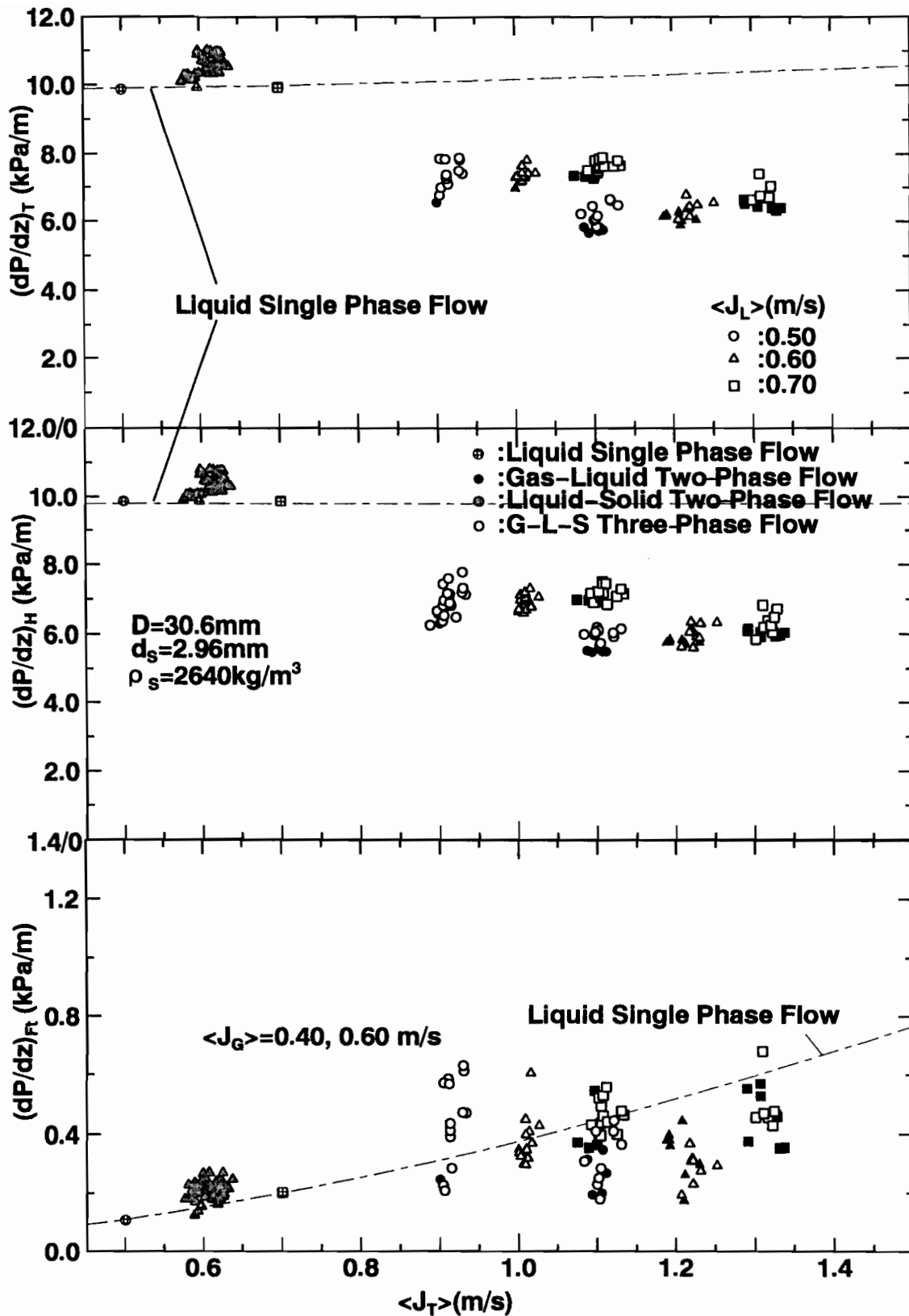
(h)  $D=50.4\text{mm}$ ,  $d_s=2.57\text{mm}$ ,  $\rho_s=2380\text{kg/m}^3$

図 4-97  $\langle J_T \rangle - (dP/dz)_k$  平面上における圧力降下の測定結果



(i)  $D=20.9\text{mm}$ 、 $d_s=2.96\text{mm}$ 、 $\rho_s=2640\text{kg/m}^3$

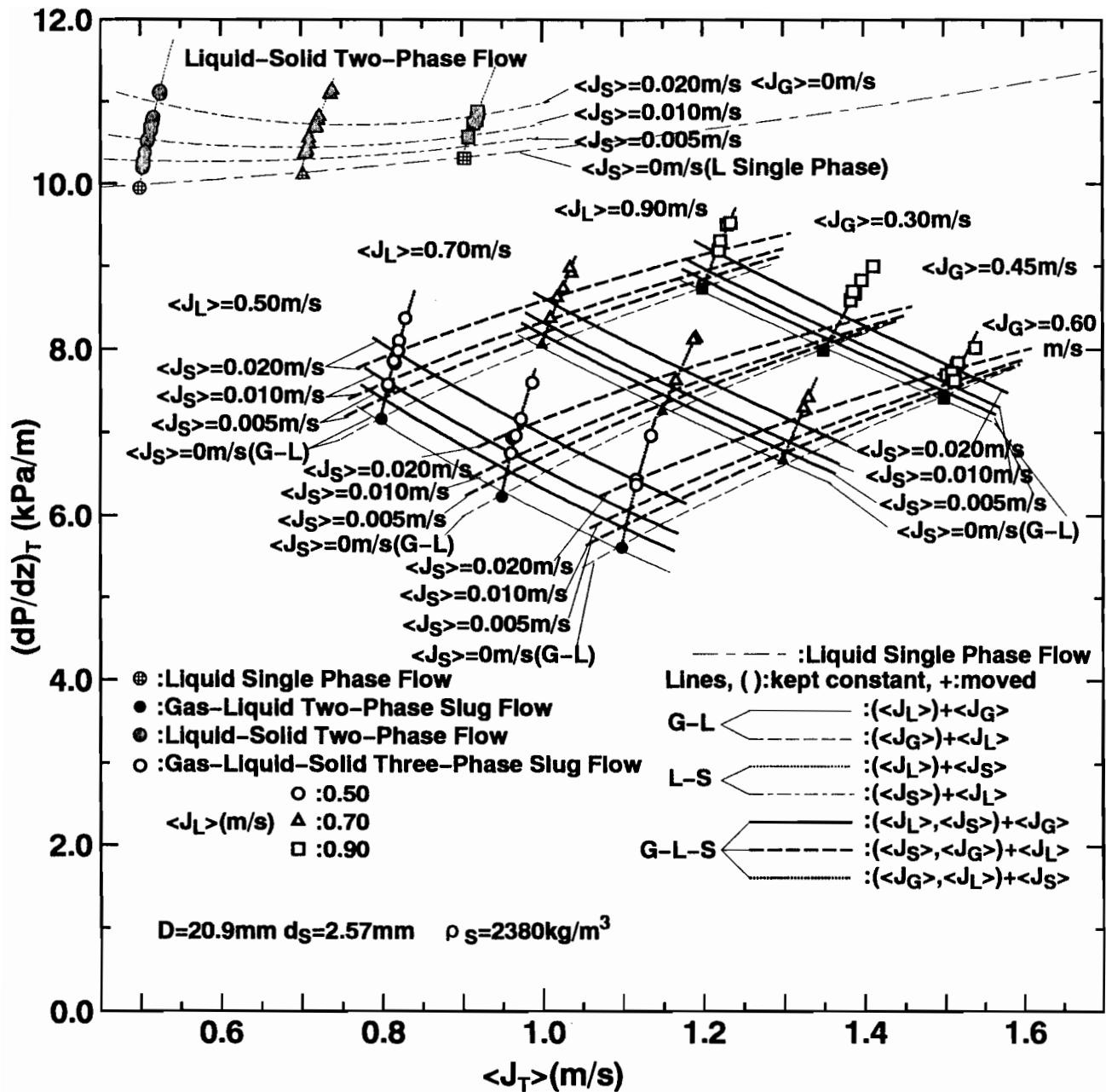
図 4-97  $\langle J_T \rangle - (dP/dz)_k$  平面上における圧力降下の測定結果



(j)  $D=30.6\text{mm}$ 、 $d_s=2.96\text{mm}$ 、 $\rho_s=2640\text{kg/m}^3$

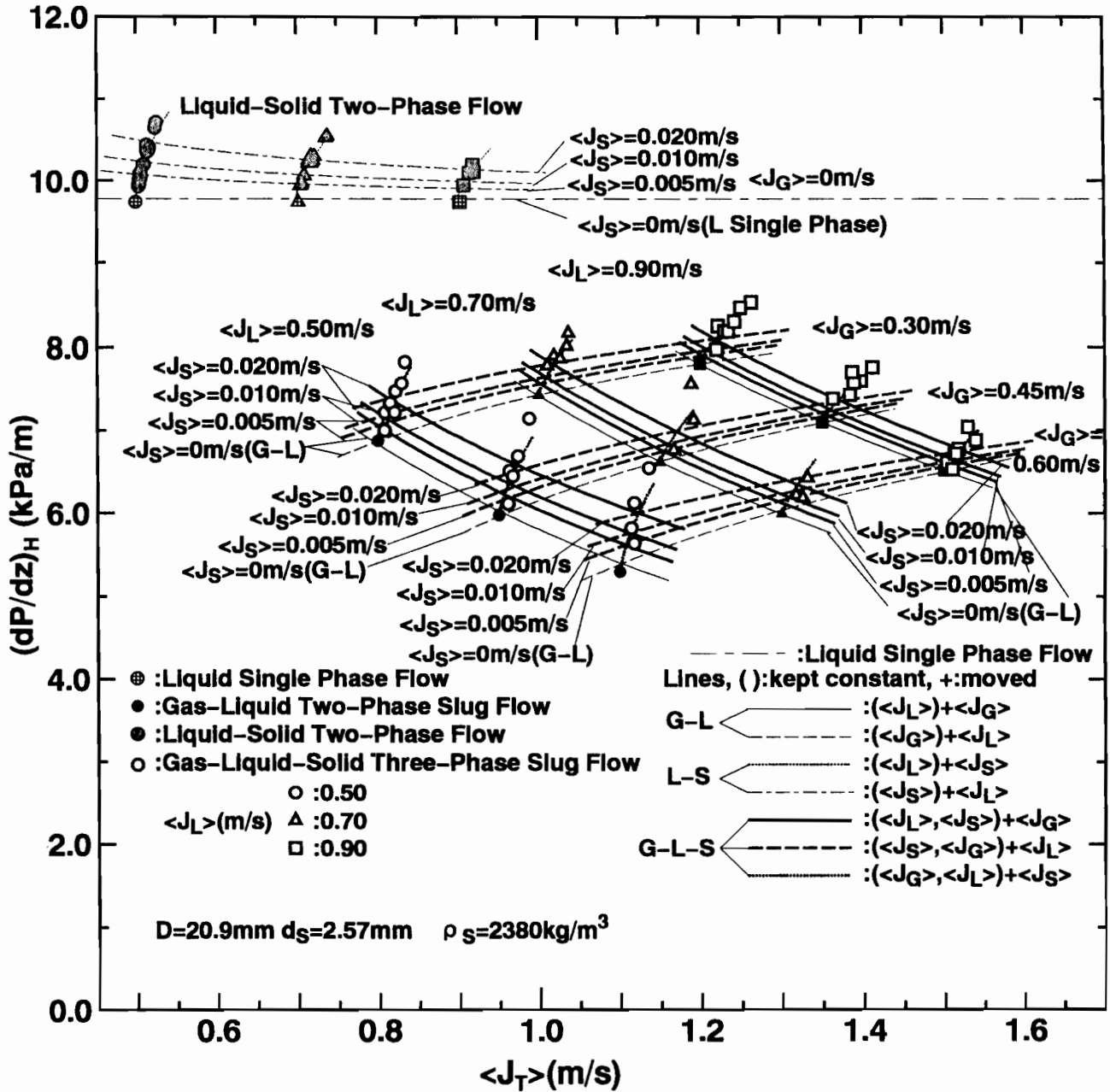
図 4 - 9 7  $\langle J_T \rangle - (dP/dz)_k$  平面上における圧力降下の測定結果





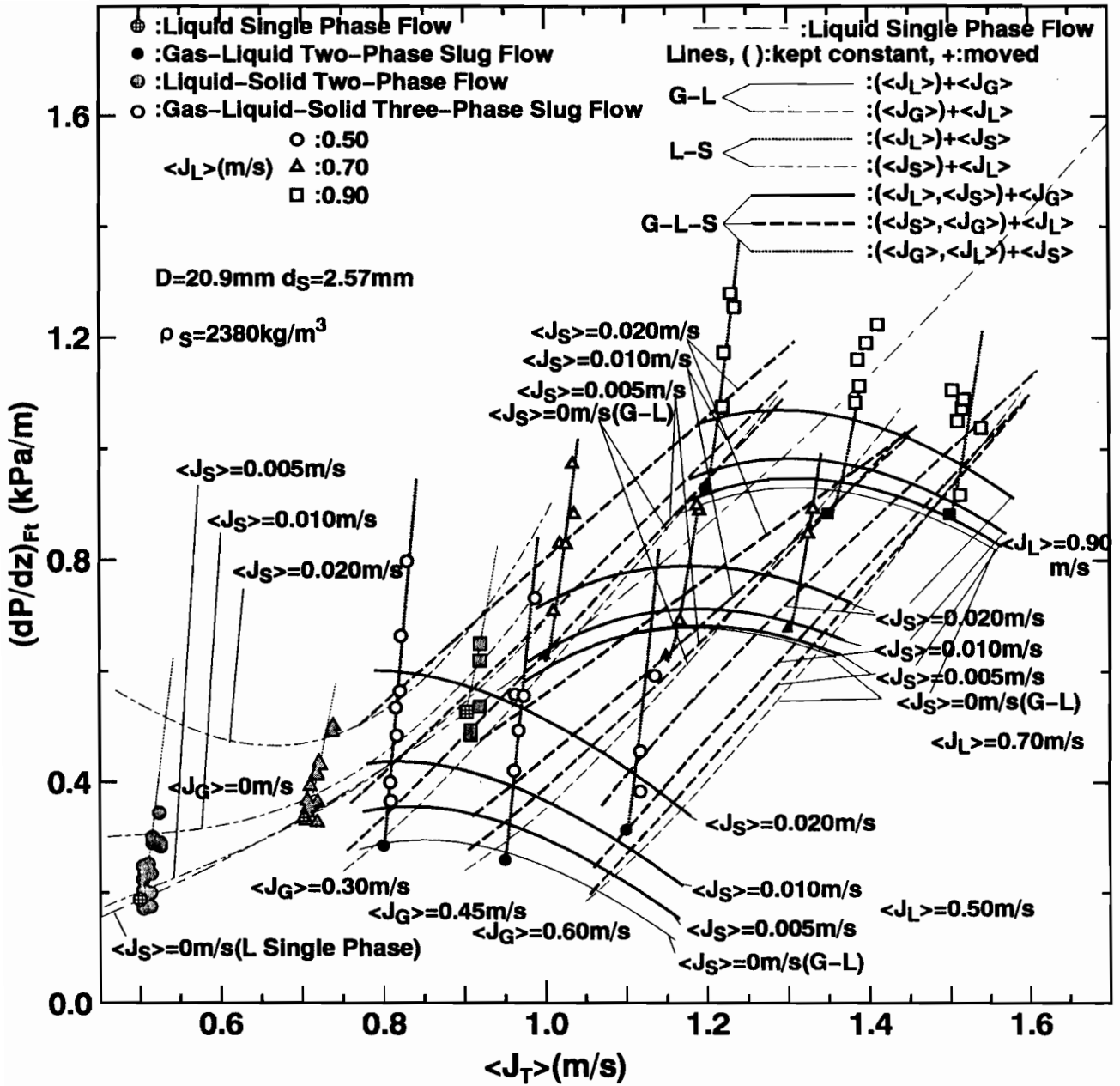
(a)全圧力降下  $(dP/dz)_T$

図4-98  $\langle J_T \rangle - (dP/dz)_k$  平面上における圧力降下の測定結果 (体積率補正值) と圧力降下曲線 ( $D=20.9\text{mm}$ 、 $d_s=2.57\text{mm}$ 、 $\rho_s=2380\text{kg/m}^3$ )



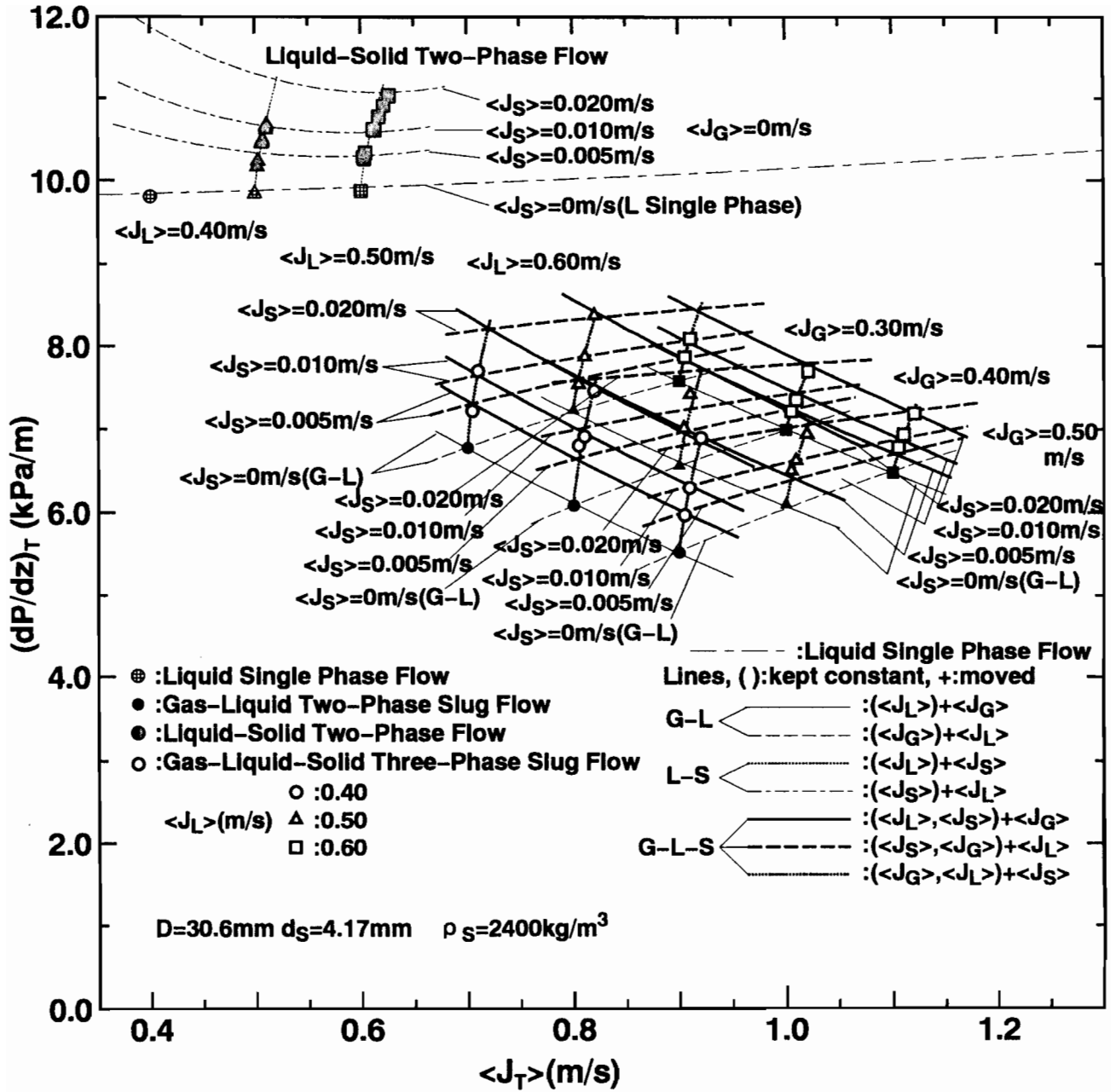
(b)重力による圧力降下  $(dP/dz)_H$

図 4-98  $\langle J_T \rangle - (dP/dz)_k$  平面上における圧力降下の測定結果 (体積率補正值) と圧力降下曲線 ( $D = 20.9 \text{ mm}$ ,  $d_s = 2.57 \text{ mm}$ ,  $\rho_s = 2380 \text{ kg/m}^3$ )



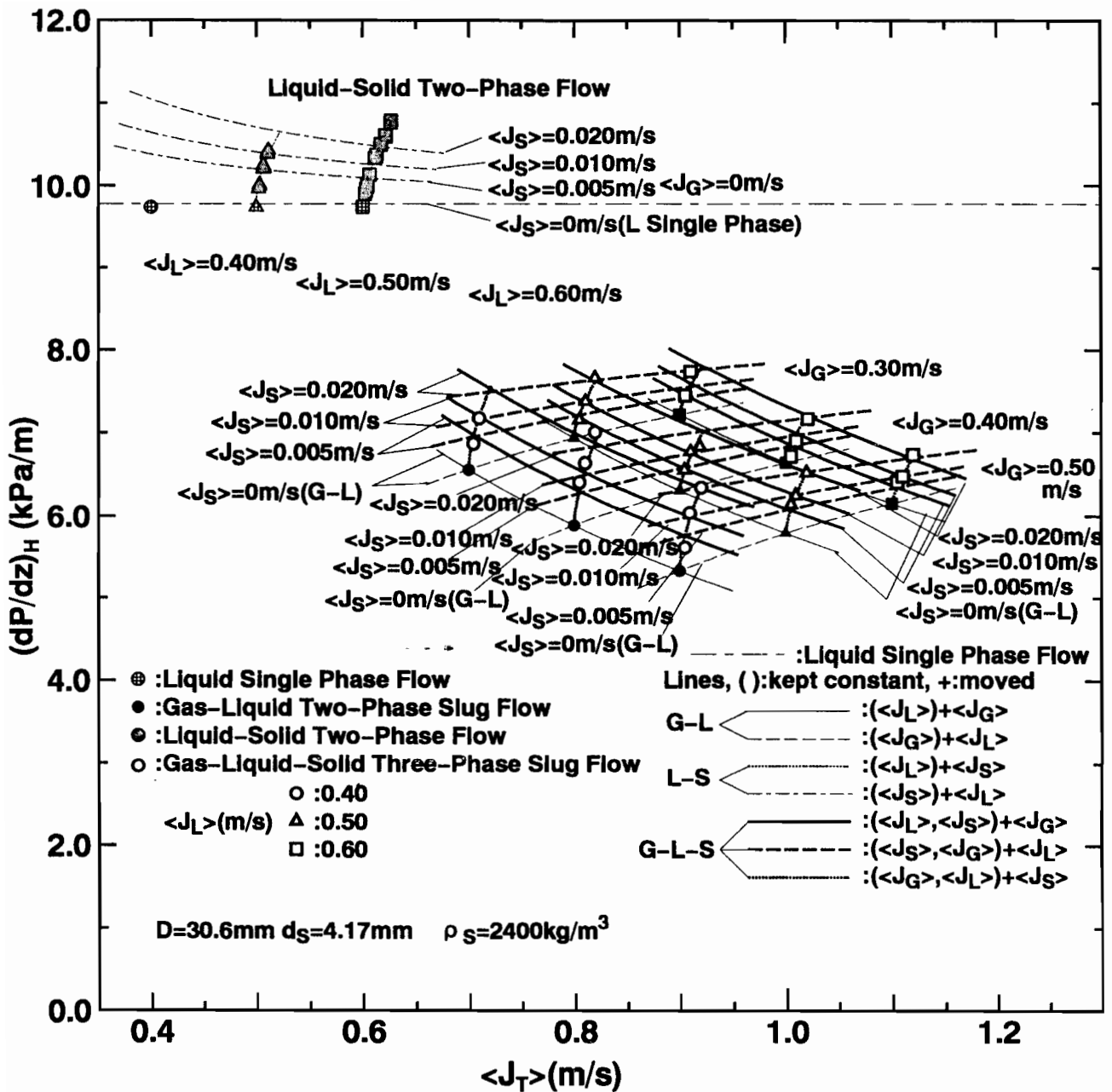
(c) 摩擦と気泡後端圧力降下の和  $(dP/dz)_{Ft}$

図4-98  $\langle J_T \rangle - (dP/dz)_k$  平面上における圧力降下の測定結果 (体積率補正值) と圧力降下曲線  
 ( $D=20.9\text{mm}$ ,  $d_s=2.57\text{mm}$ ,  $\rho_s=2380\text{kg/m}^3$ )



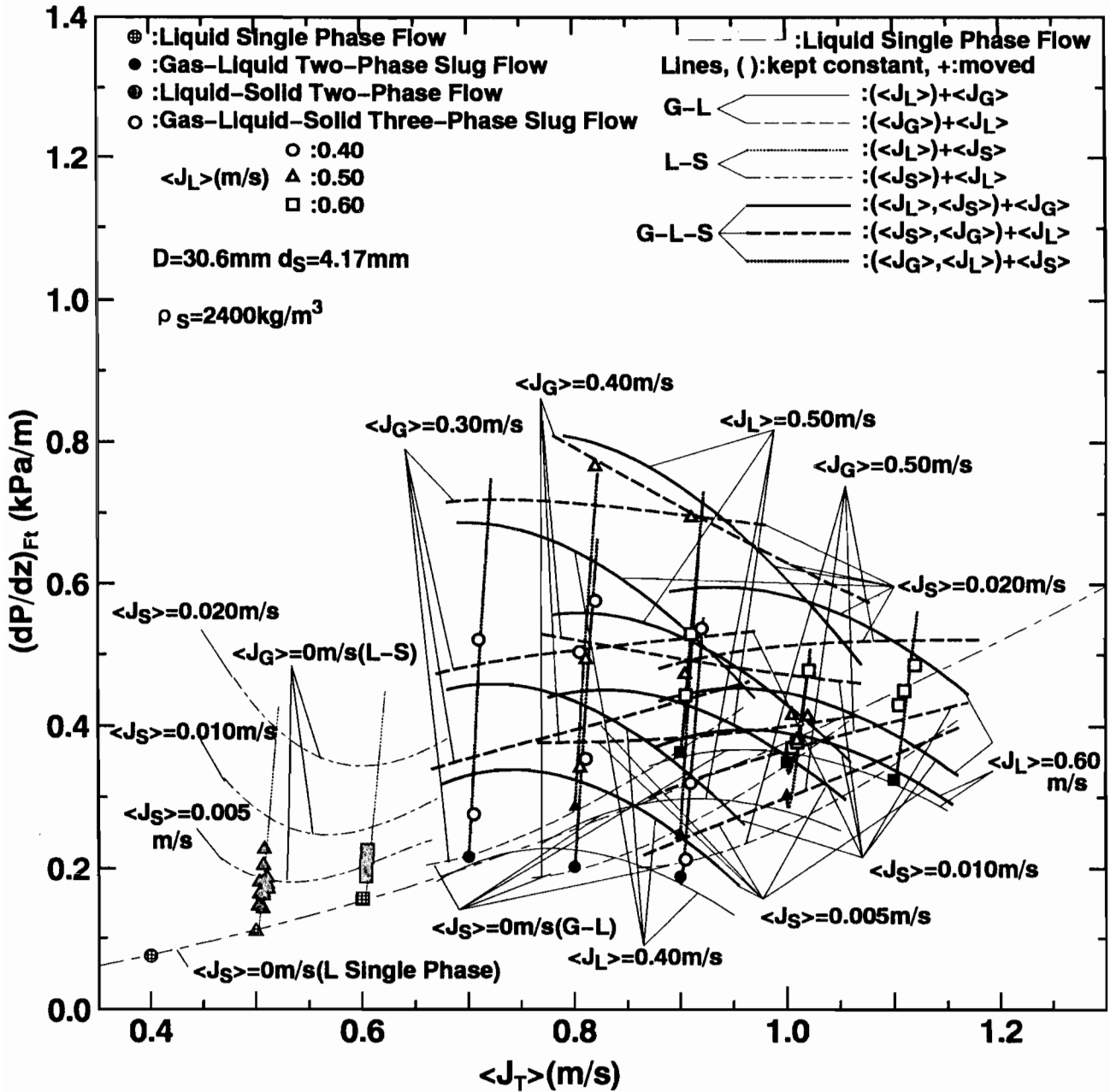
(a)全圧力降下  $(dP/dz)_T$

図4-99  $\langle J_T \rangle - (dP/dz)_k$  平面上における圧力降下の測定結果 (体積率補正值) と圧力降下曲線 ( $D = 30.6 \text{ mm}$ 、 $d_s = 4.17 \text{ mm}$ 、 $\rho_s = 2400 \text{ kg/m}^3$ )



(b)重力による圧力降下  $(dP/dz)_H$

図4-99  $\langle J_T \rangle - (dP/dz)_k$  平面上における圧力降下の測定結果 (体積率補正值) と圧力降下曲線 ( $D=30.6 \text{ mm}$ 、 $d_s=4.17 \text{ mm}$ 、 $\rho_s=2400 \text{ kg/m}^3$ )

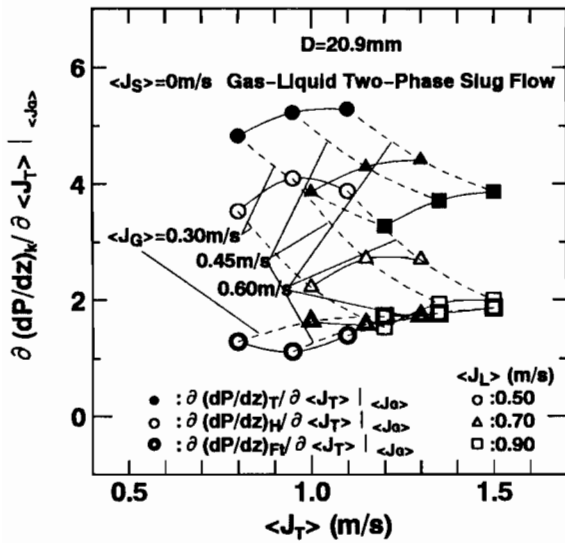


(c) 摩擦と気泡後端圧力降下の和  $(dP/dz)_{Ft}$

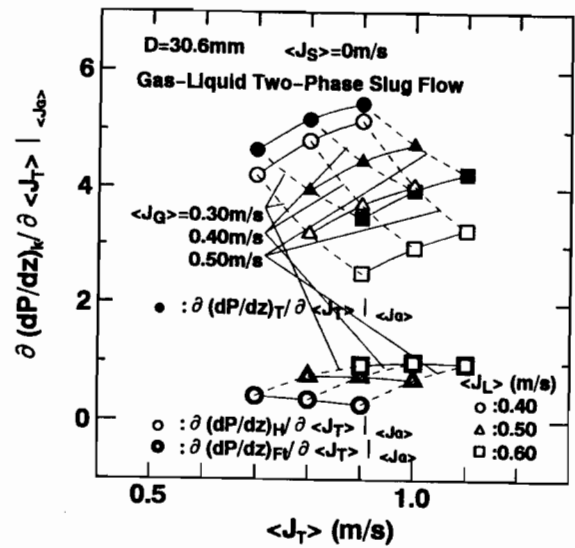
図 4 - 9 9  $\langle J_T \rangle - (dP/dz)_k$  平面上における圧力降下の

測定結果 (体積率補正值) と圧力降下曲線

( $D=30.6\text{mm}$ ,  $d_s=4.17\text{mm}$ ,  $\rho_s=2400\text{kg/m}^3$ )

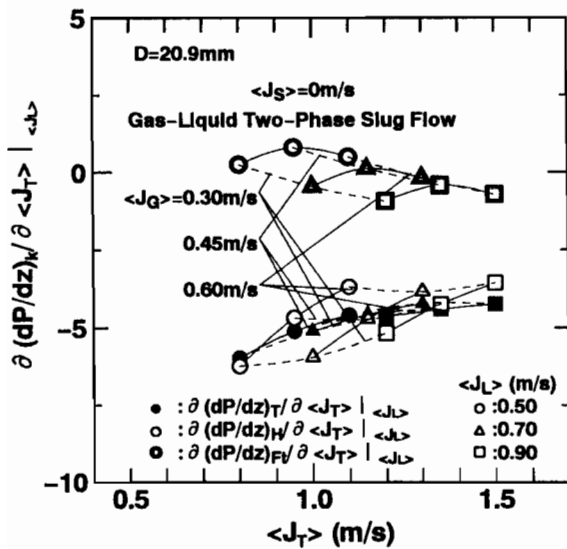


(a) D = 20.9mm

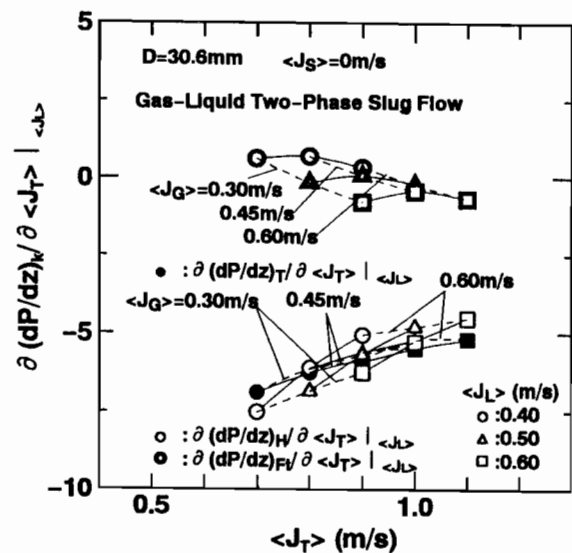


(b) D = 30.6mm

図4-100 各圧力降下の変化率と $\langle J_T \rangle$ の関係 (気液二相スラグ流、 $\langle J_G \rangle$ 一定)

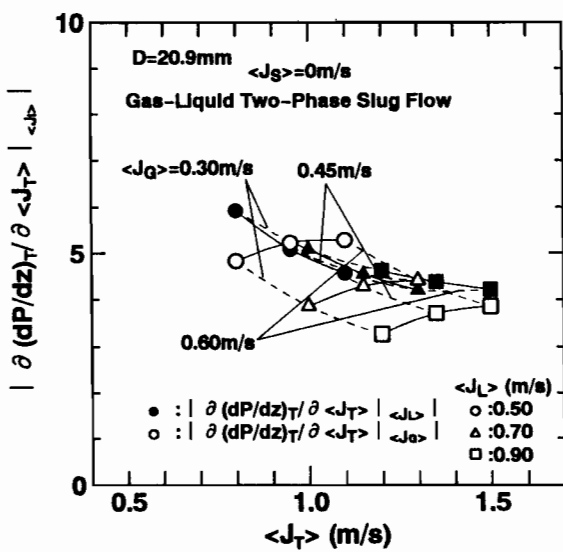


(a) D = 20.9mm

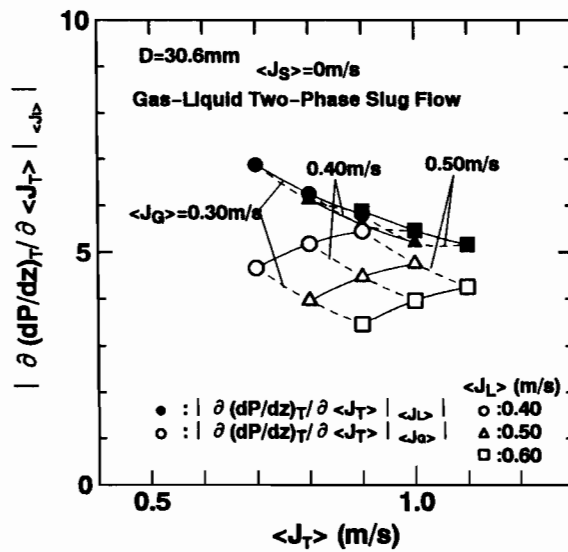


(b) D = 30.6mm

図4-101 各圧力降下の変化率と $\langle J_T \rangle$ の関係 (気液二相スラグ流、 $\langle J_L \rangle$ 一定)

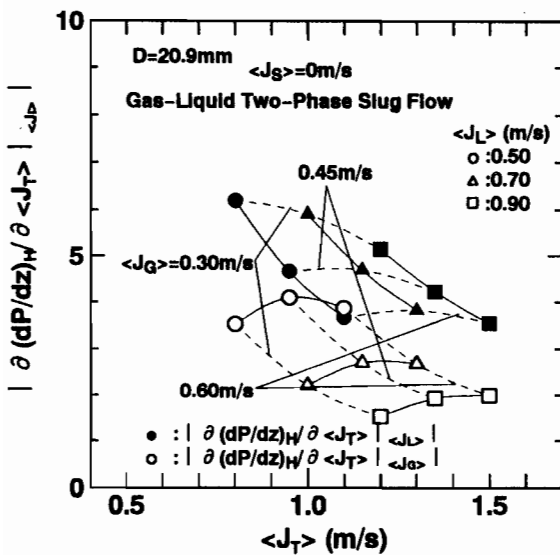


(a) D = 20.9mm

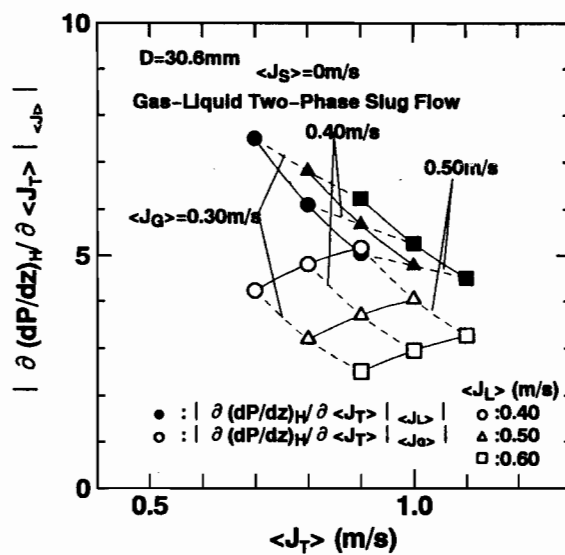


(b) D = 30.6mm

図4-102 全圧力降下の変化率と $\langle J_T \rangle$ の関係 (気液二相スラグ流)



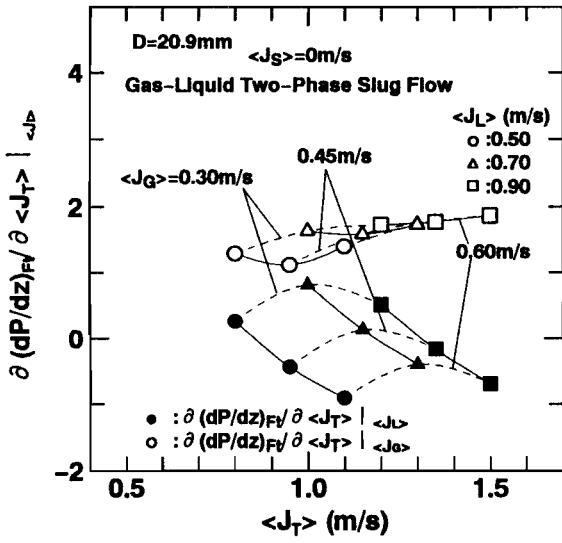
(a) D = 20.9mm



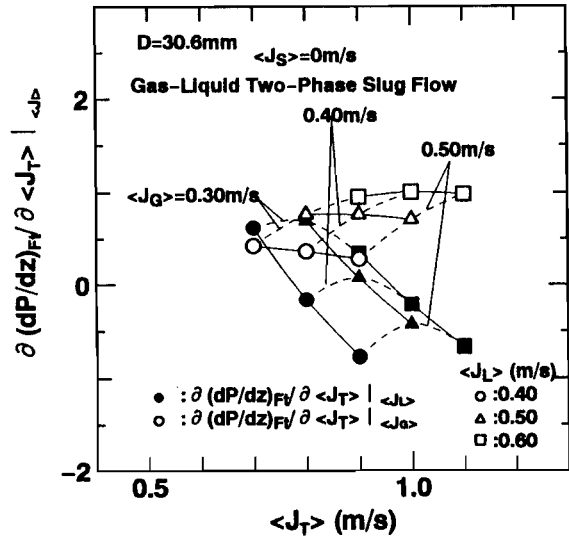
(b) D = 30.6mm

図4-103 重力による圧力降下の変化率と $\langle J_T \rangle$ の関係 (気液二相スラグ流)



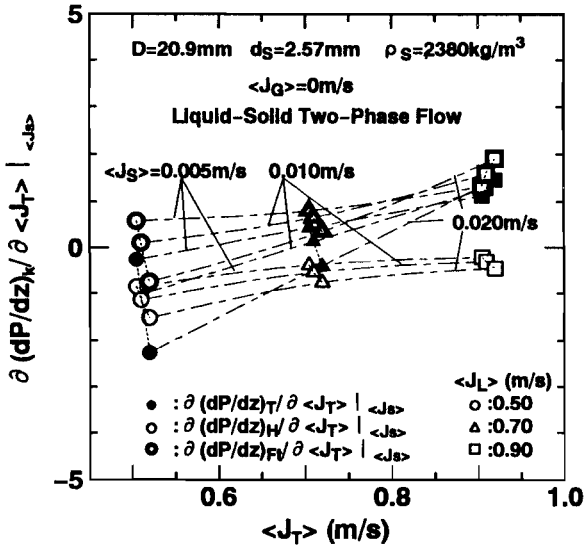


(a)  $D = 20.9\text{mm}$

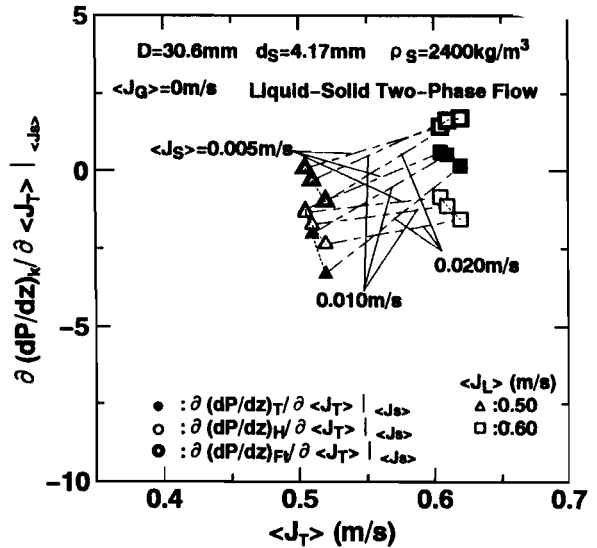


(b)  $D = 30.6\text{mm}$

図 4 - 1 0 4 摩擦と気泡後端圧力降下の和の変化率と  
 $\langle J_T \rangle$  の関係 (気液二相スラグ流)

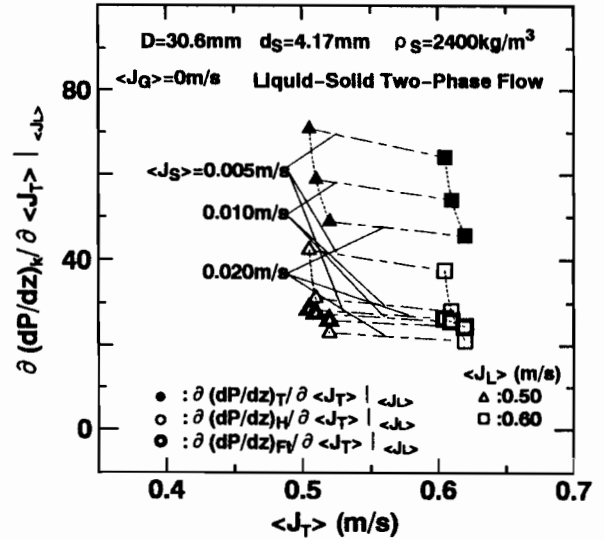
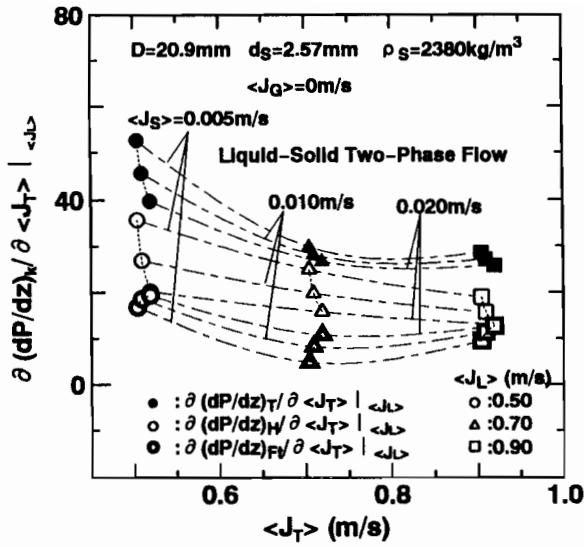


(a)  $D = 20.9\text{mm}$ ,  $d_s = 2.57\text{mm}$ ,  $\rho_s = 2380\text{kg/m}^3$



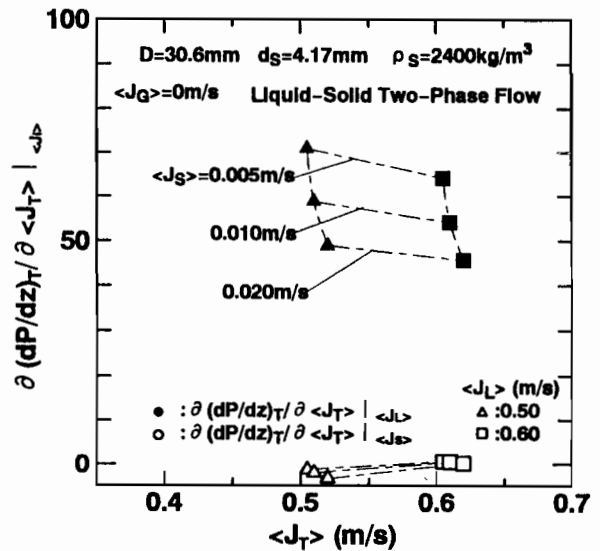
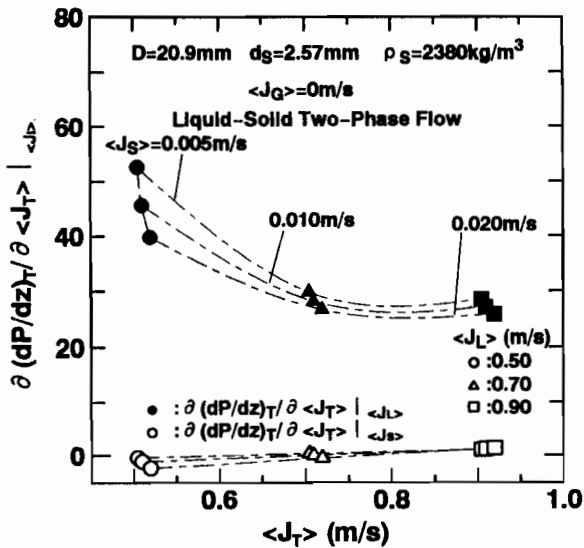
(b)  $D = 30.6\text{mm}$ ,  $d_s = 4.17\text{mm}$ ,  $\rho_s = 2400\text{kg/m}^3$

図 4 - 1 0 5 各圧力降下の変化率と  $\langle J_T \rangle$  の関係 (固液二相流、 $\langle J_S \rangle$  一定)



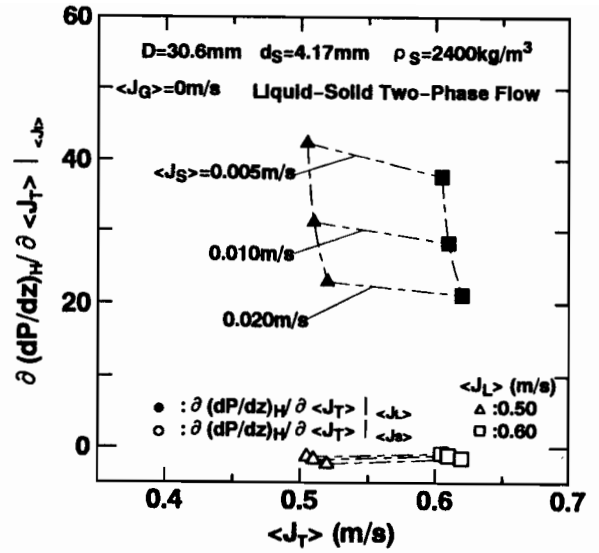
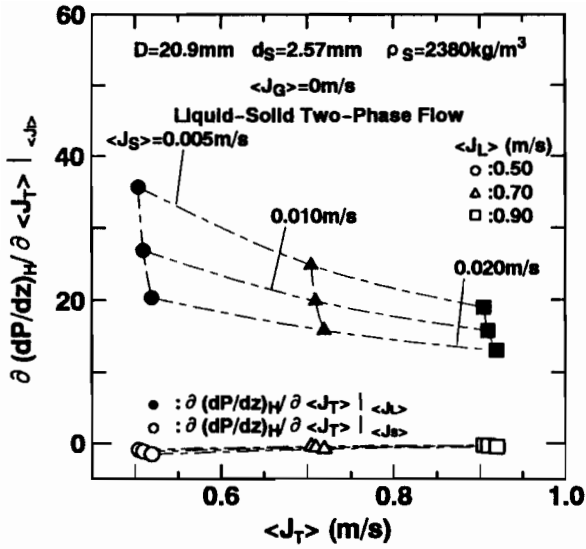
(a)  $D = 20.9\text{mm}$ ,  $d_s = 2.57\text{mm}$ ,  $\rho_s = 2380\text{kg/m}^3$  (b)  $D = 30.6\text{mm}$ ,  $d_s = 4.17\text{mm}$ ,  $\rho_s = 2400\text{kg/m}^3$

図 4 - 1 0 6 各圧力降下の変化率と  $\langle J_T \rangle$  の関係 (固液二相流、 $\langle J_L \rangle$  一定)



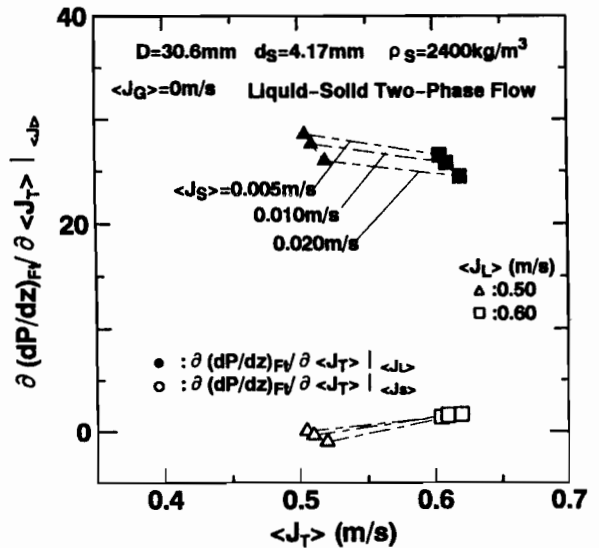
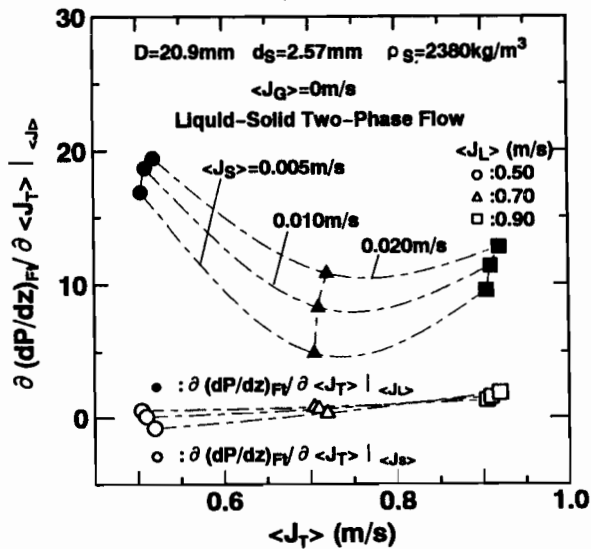
(a)  $D = 20.9\text{mm}$ ,  $d_s = 2.57\text{mm}$ ,  $\rho_s = 2380\text{kg/m}^3$  (b)  $D = 30.6\text{mm}$ ,  $d_s = 4.17\text{mm}$ ,  $\rho_s = 2400\text{kg/m}^3$

図 4 - 1 0 7 全圧力降下の変化率と  $\langle J_T \rangle$  の関係 (固液二相流)



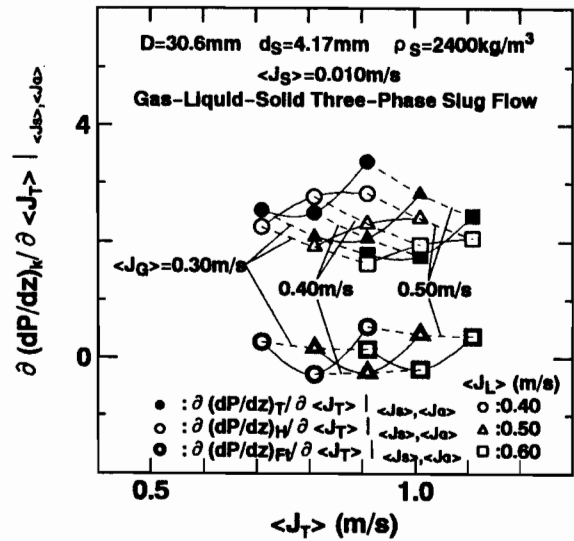
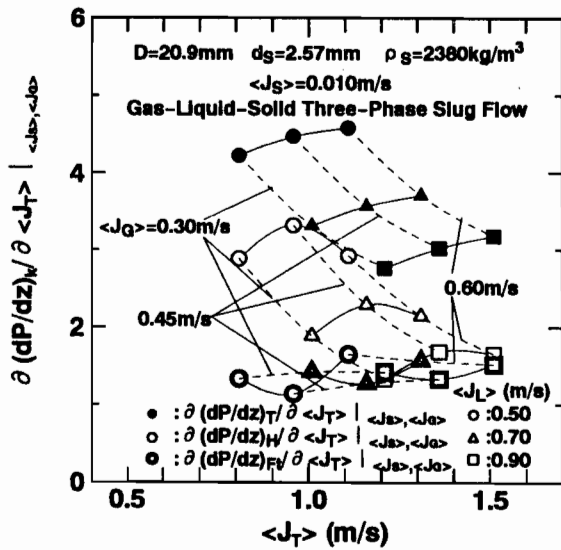
(a)  $D=20.9\text{mm}$ ,  $d_s=2.57\text{mm}$ ,  $\rho_s=2380\text{kg/m}^3$  (b)  $D=30.6\text{mm}$ ,  $d_s=4.17\text{mm}$ ,  $\rho_s=2400\text{kg/m}^3$

図4-108 重力による圧力降下の変化率と $\langle J_T \rangle$ の関係(固液二相流)



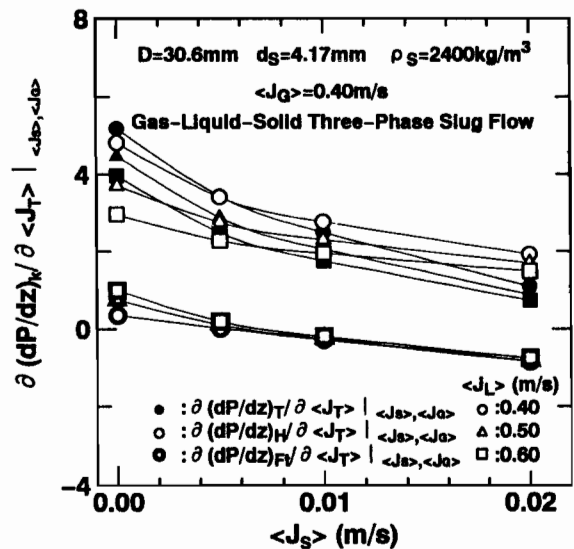
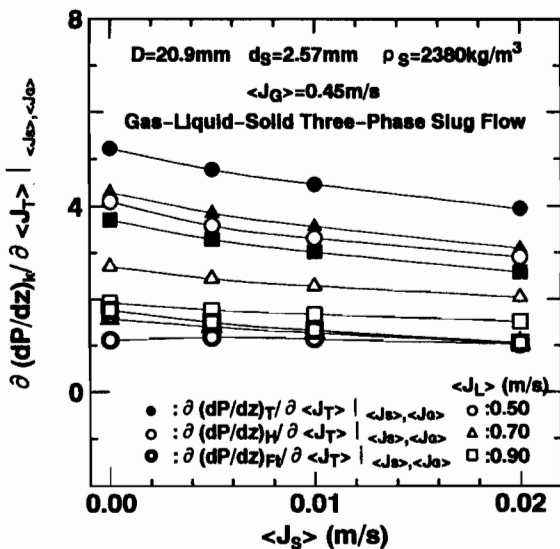
(a)  $D=20.9\text{mm}$ ,  $d_s=2.57\text{mm}$ ,  $\rho_s=2380\text{kg/m}^3$  (b)  $D=30.6\text{mm}$ ,  $d_s=4.17\text{mm}$ ,  $\rho_s=2400\text{kg/m}^3$

図4-109 摩擦と気泡後端圧力降下の和の変化率と $\langle J_T \rangle$ の関係(固液二相流)



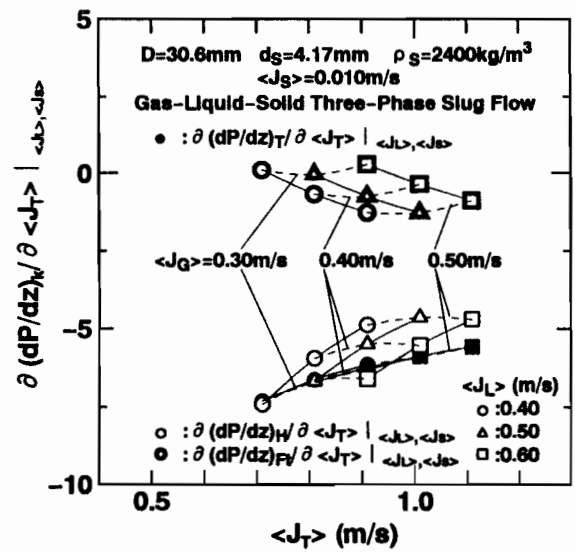
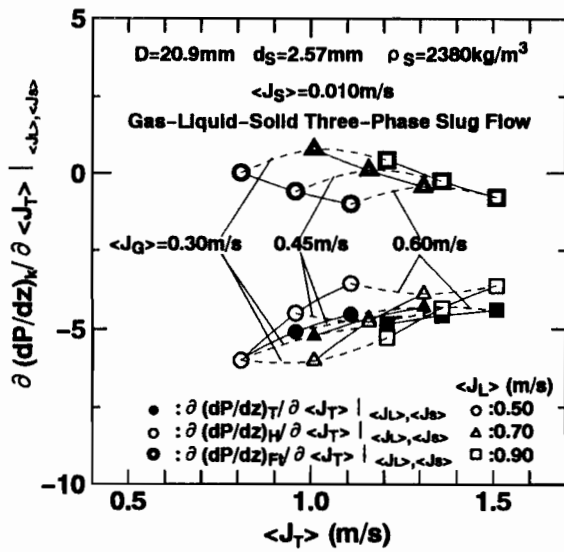
(a)  $D = 20.9\text{mm}$ ,  $d_s = 2.57\text{mm}$ ,  $\rho_s = 2380\text{kg/m}^3$  (b)  $D = 30.6\text{mm}$ ,  $d_s = 4.17\text{mm}$ ,  $\rho_s = 2400\text{kg/m}^3$

図 4 - 1 1 0 各圧力降下の変化率と  $\langle J_T \rangle$  の関係  
(固気液三相スラグ流、 $\langle J_S \rangle$  並びに  $\langle J_G \rangle$  一定)



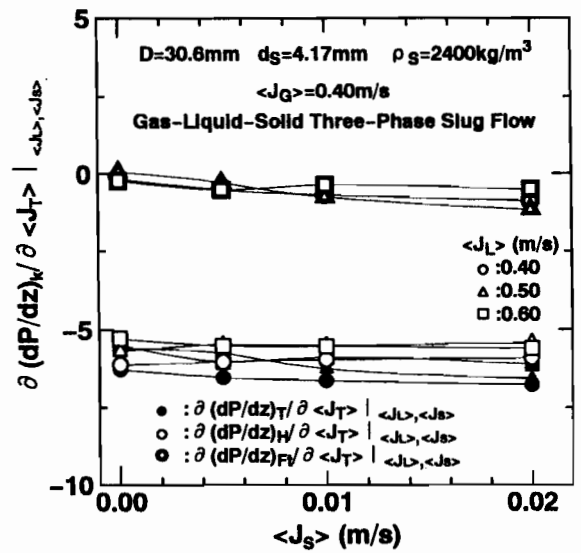
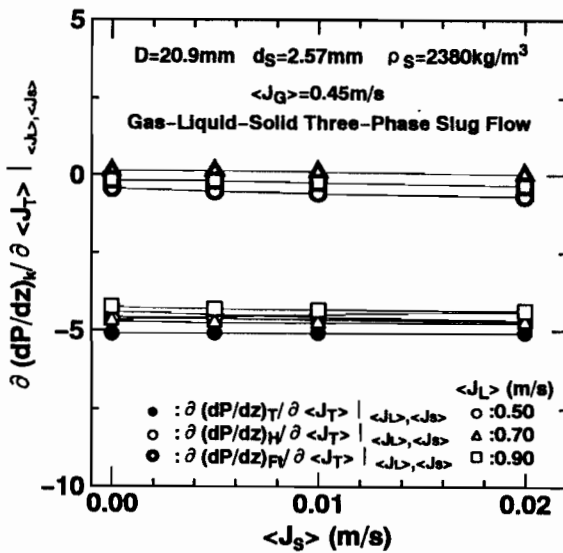
(a)  $D = 20.9\text{mm}$ ,  $d_s = 2.57\text{mm}$ ,  $\rho_s = 2380\text{kg/m}^3$  (b)  $D = 30.6\text{mm}$ ,  $d_s = 4.17\text{mm}$ ,  $\rho_s = 2400\text{kg/m}^3$

図 4 - 1 1 1 各圧力降下の変化率と  $\langle J_S \rangle$  の関係  
(固気液三相スラグ流、 $\langle J_S \rangle$  並びに  $\langle J_G \rangle$  一定)



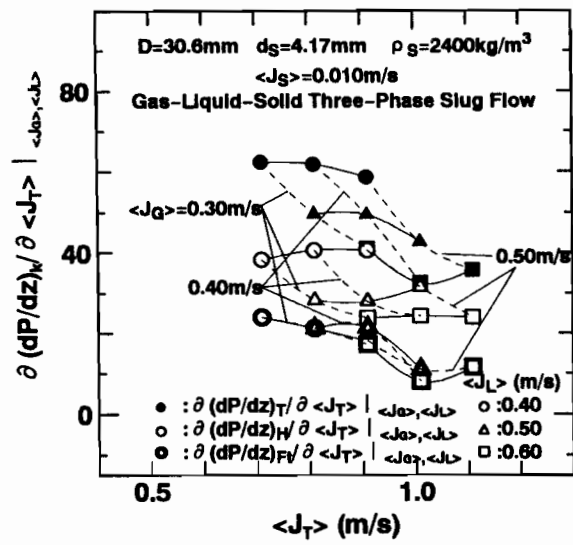
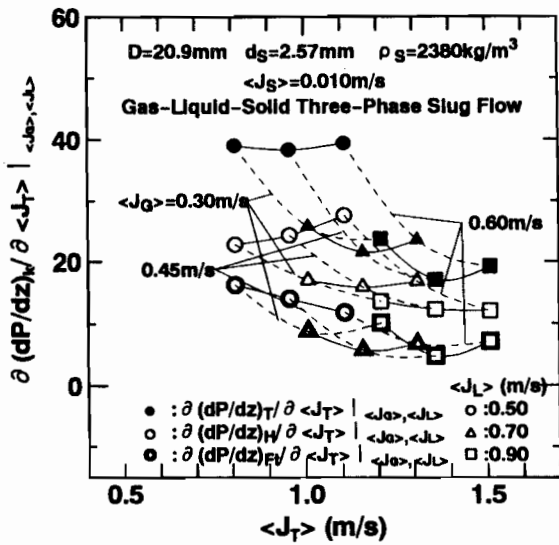
(a)  $D = 20.9\text{mm}$ 、 $d_s = 2.57\text{mm}$ 、 $\rho_s = 2380\text{kg/m}^3$  (b)  $D = 30.6\text{mm}$ 、 $d_s = 4.17\text{mm}$ 、 $\rho_s = 2400\text{kg/m}^3$

図 4-112 各圧力降下の変化率と  $\langle J_T \rangle$  の関係  
(固気液三相スラグ流、 $\langle J_L \rangle$  並びに  $\langle J_S \rangle$  一定)



(a)  $D = 20.9\text{mm}$ 、 $d_s = 2.57\text{mm}$ 、 $\rho_s = 2380\text{kg/m}^3$  (b)  $D = 30.6\text{mm}$ 、 $d_s = 4.17\text{mm}$ 、 $\rho_s = 2400\text{kg/m}^3$

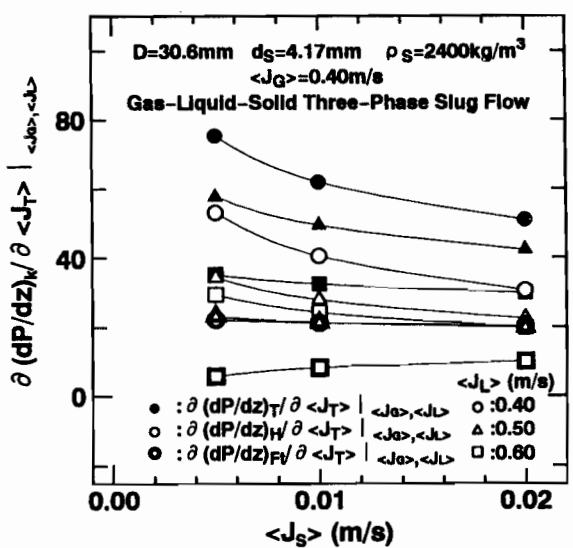
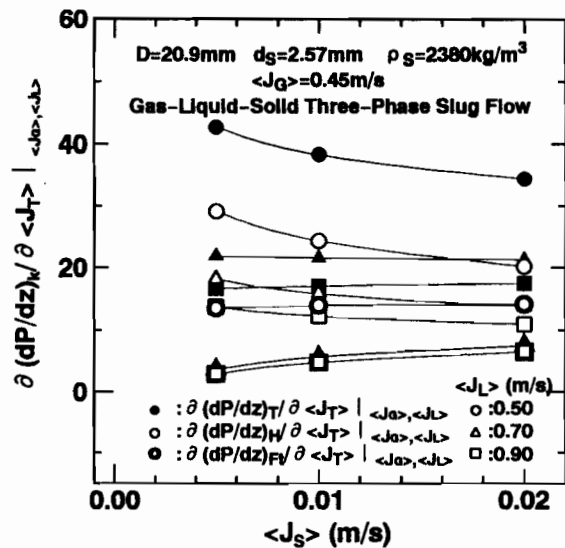
図 4-113 各圧力降下の変化率と  $\langle J_S \rangle$  の関係  
(固気液三相スラグ流、 $\langle J_L \rangle$  並びに  $\langle J_T \rangle$  一定)



(a)  $D=20.9\text{mm}$ ,  $d_s=2.57\text{mm}$ ,  $\rho_s=2380\text{kg/m}^3$  (b)  $D=30.6\text{mm}$ ,  $d_s=4.17\text{mm}$ ,  $\rho_s=2400\text{kg/m}^3$

図 4-114 各圧力降下の変化率と  $\langle J_T \rangle$  の関係

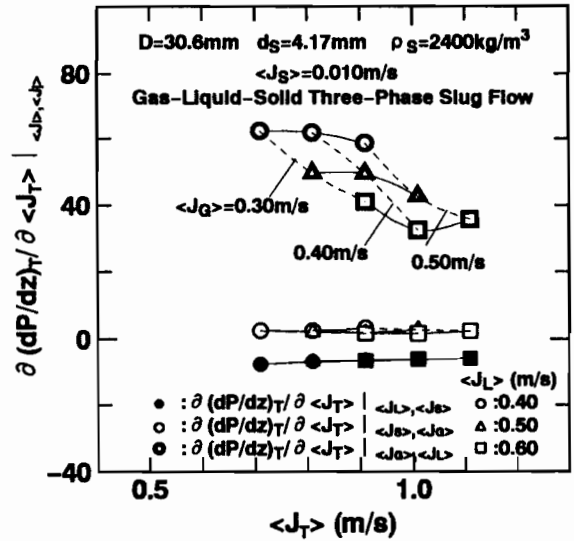
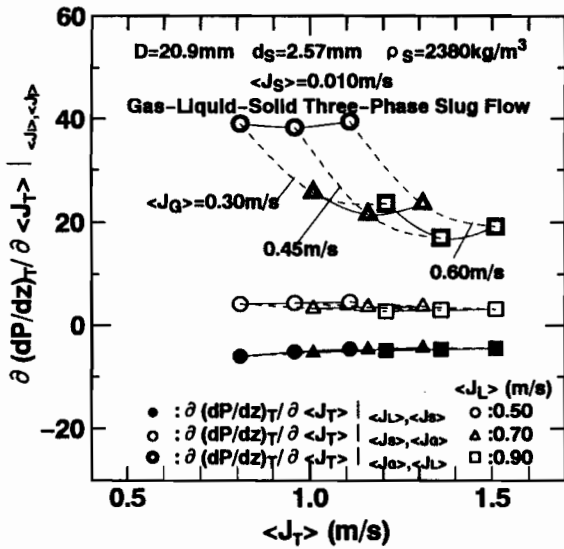
(固気液三相スラグ流、 $\langle J_G \rangle$  並びに  $\langle J_L \rangle$  一定)



(a)  $D=20.9\text{mm}$ ,  $d_s=2.57\text{mm}$ ,  $\rho_s=2380\text{kg/m}^3$  (b)  $D=30.6\text{mm}$ ,  $d_s=4.17\text{mm}$ ,  $\rho_s=2400\text{kg/m}^3$

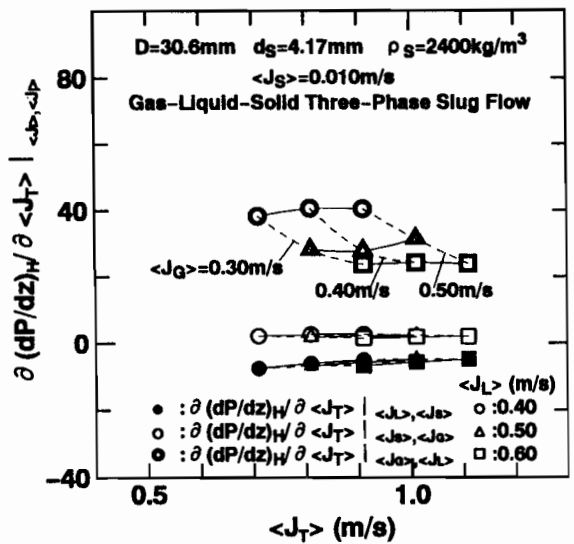
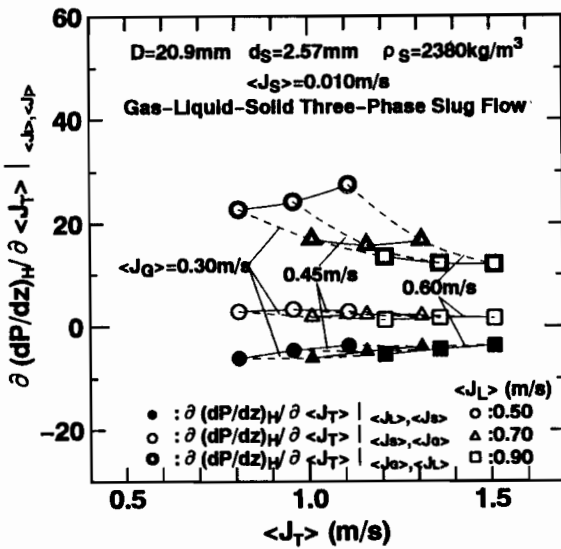
図 4-115 各圧力降下の変化率と  $\langle J_S \rangle$  の関係

(固気液三相スラグ流、 $\langle J_G \rangle$  並びに  $\langle J_L \rangle$  一定)



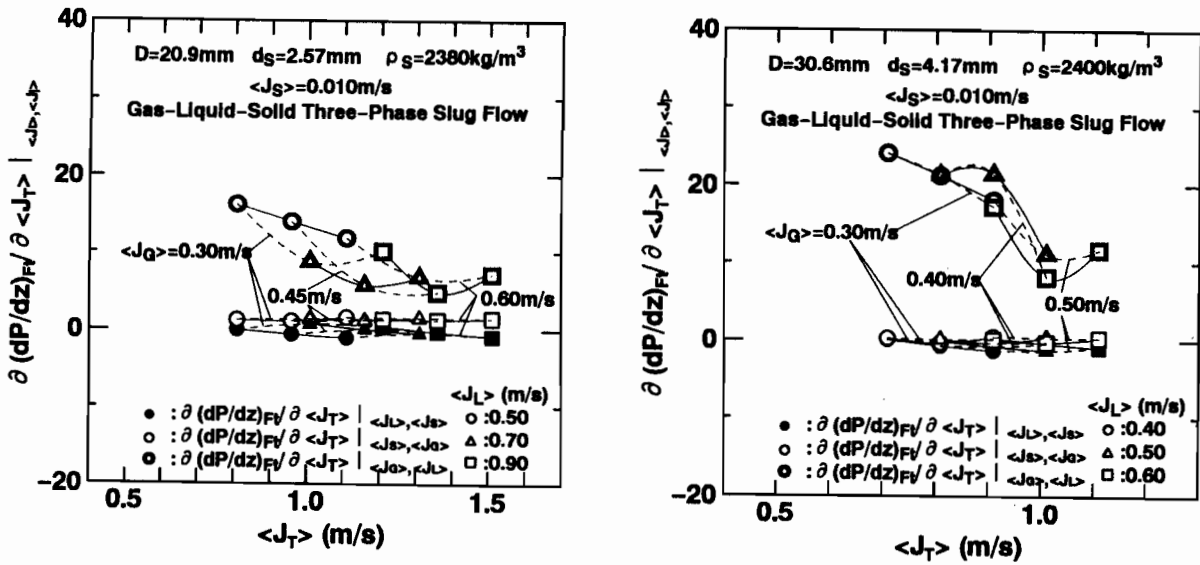
(a)  $D = 20.9\text{mm}$ ,  $d_s = 2.57\text{mm}$ ,  $\rho_s = 2380\text{kg/m}^3$  (b)  $D = 30.6\text{mm}$ ,  $d_s = 4.17\text{mm}$ ,  $\rho_s = 2400\text{kg/m}^3$

図4-116 全圧力降下の変化率と $\langle J_T \rangle$ の関係 (固気液三相スラグ流)



(a)  $D = 20.9\text{mm}$ ,  $d_s = 2.57\text{mm}$ ,  $\rho_s = 2380\text{kg/m}^3$  (b)  $D = 30.6\text{mm}$ ,  $d_s = 4.17\text{mm}$ ,  $\rho_s = 2400\text{kg/m}^3$

図4-117 重力による圧力降下の変化率と $\langle J_T \rangle$ の関係 (固気液三相スラグ流)



(a)  $D = 20.9\text{mm}$ 、 $d_s = 2.57\text{mm}$ 、 $\rho_s = 2380\text{kg/m}^3$  (b)  $D = 30.6\text{mm}$ 、 $d_s = 4.17\text{mm}$ 、 $\rho_s = 2400\text{kg/m}^3$

図 4 - 1 1 8 摩擦と気泡後端圧力降下の和の変化率と  $\langle J_T \rangle$  の関係 (固気液三相スラグ流)

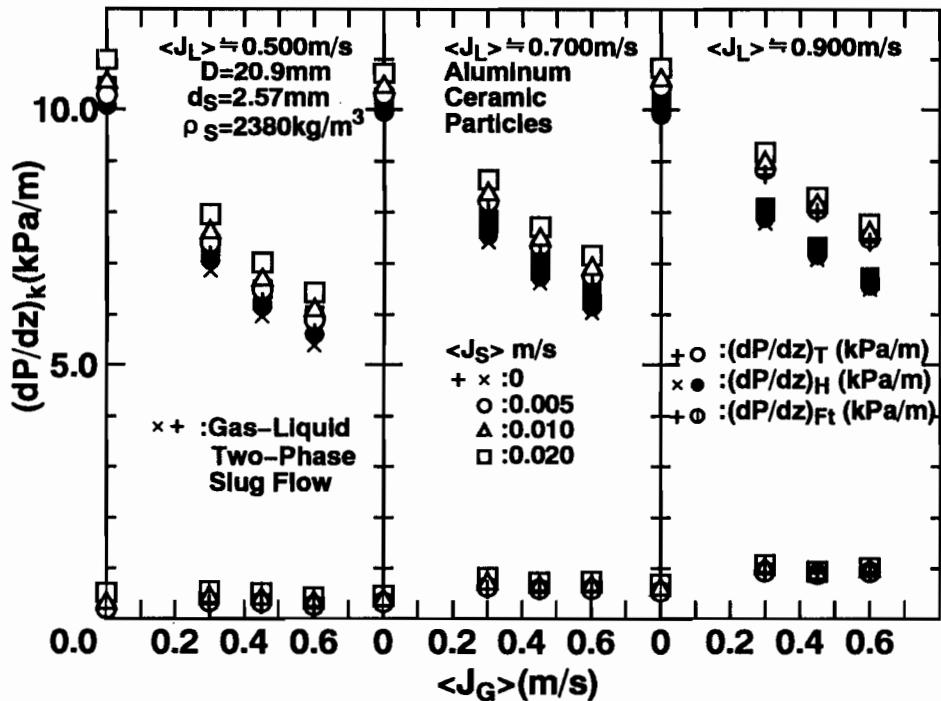


図 4 - 1 1 9 気相体積流束と各圧力降下の関係  
( $D = 20.9\text{mm}$ 、 $d_s = 2.57\text{mm}$ 、 $\rho_s = 2380\text{kg/m}^3$ )



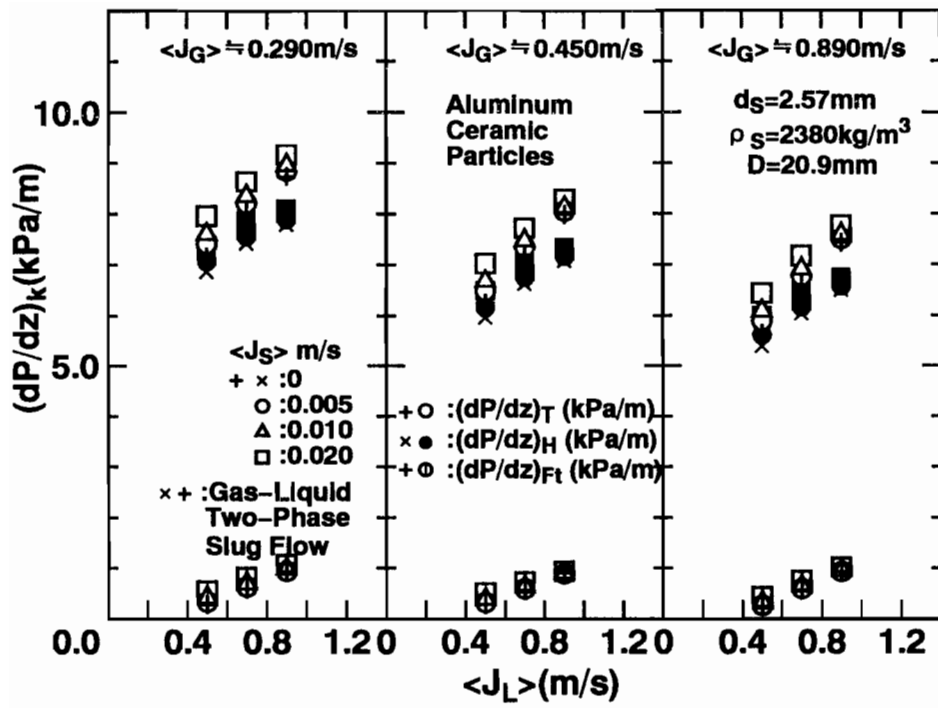


図 4 - 1 2 0 液相体積流束と各圧力降下の関係

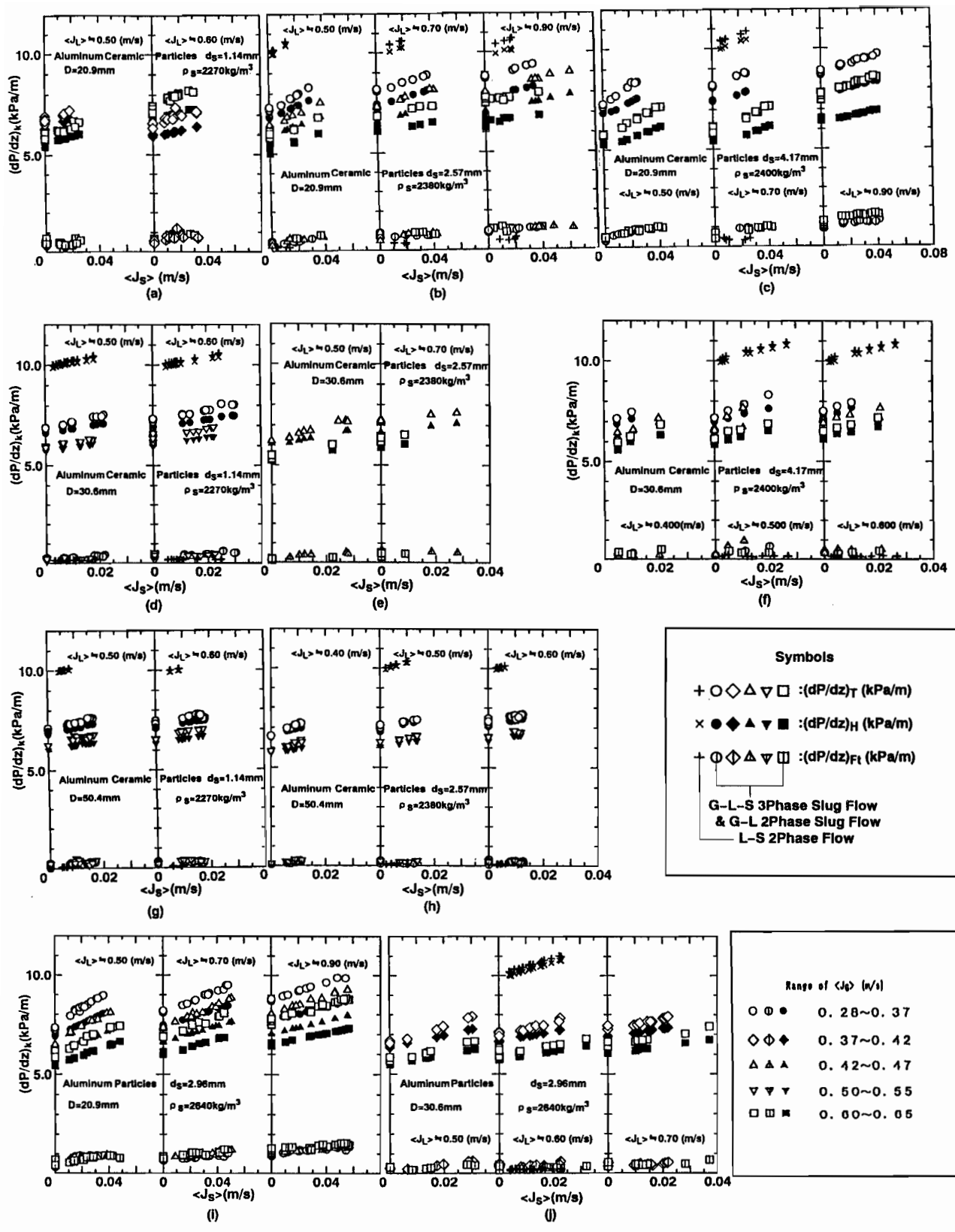


図 4-121 固相体積流束と各圧力降下の関係

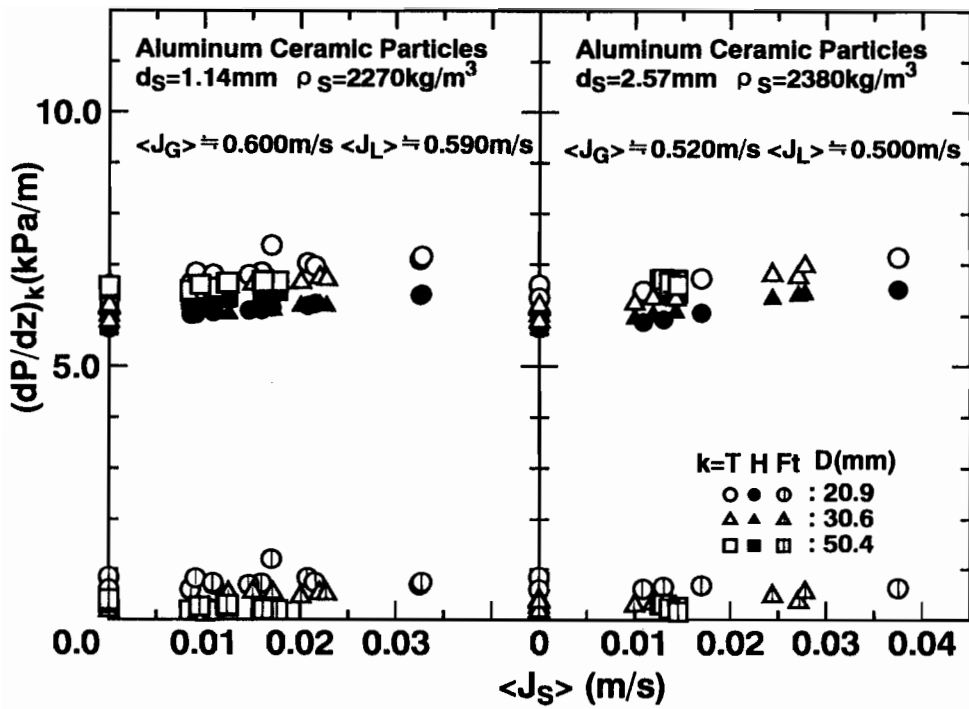


図 4 - 1 2 2 各圧力降下に及ぼす管内径の影響

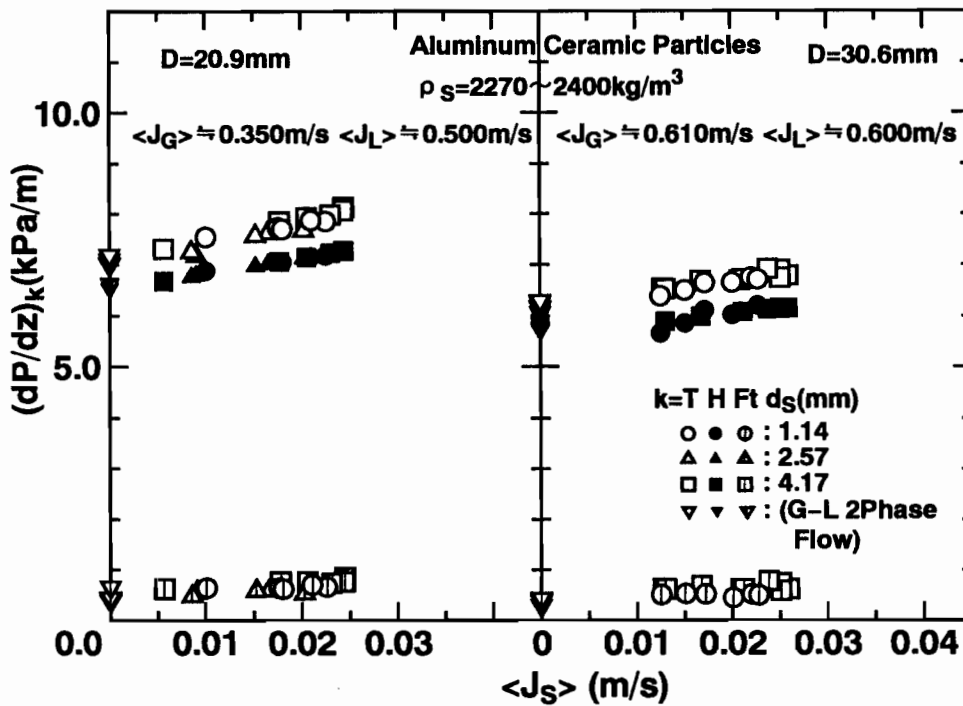


図 4 - 1 2 3 各圧力降下に及ぼす平均粒子径の影響

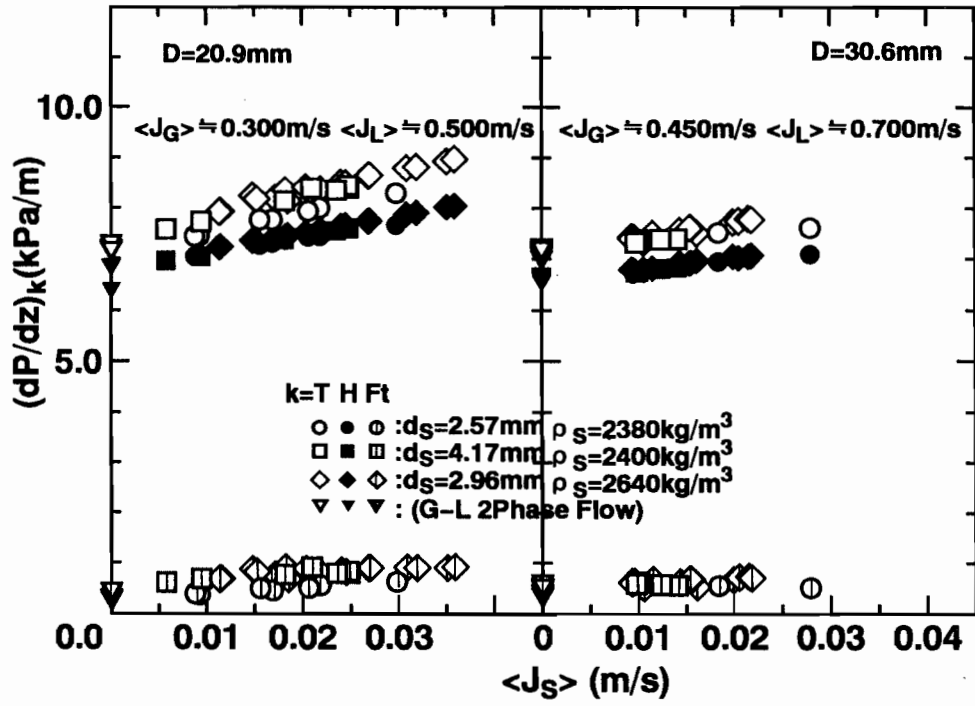


図4-124 各圧力降下に及ぼす粒子密度の影響

## 第5章の表

表5-1 体積・質量・運動量・エネルギー中心速度に基づく諸平面上での  
気液二相スラグ流の測定結果の整理結果

(a) D=20.9mm

	slope	ordinate	coefficient of correlation $r$
a : $\langle J_T \rangle - \bar{V}_G^\alpha$ plane	1.14	0.0883	0.988
b : $\langle M_T \rangle - \bar{W}_G^\gamma$ plane	1.06	212	0.927
c : $\langle P_T \rangle - \bar{K}_G^x$ plane	1.18	126	0.978
d : $\langle E_T \rangle - \bar{T}_G^e$ plane	1.23	47.1	0.956
e : $U_m - \bar{V}_G^\alpha$ plane	1.01	0.376	0.881
f : $U_p - \bar{V}_G^\alpha$ plane	1.01	0.375	0.881
g : $U_e - \bar{V}_G^\alpha$ plane	1.01	0.375	0.881

(b) D=30.6mm

	slope	ordinate	coefficient of correlation $r$
a : $\langle J_T \rangle - \bar{V}_G^\alpha$ plane	1.09	0.145	0.969
b : $\langle M_T \rangle - \bar{W}_G^\gamma$ plane	0.993	263	0.787
c : $\langle P_T \rangle - \bar{K}_G^x$ plane	1.13	171	0.946
d : $\langle E_T \rangle - \bar{T}_G^e$ plane	1.21	60.9	0.978
e : $U_m - \bar{V}_G^\alpha$ plane	0.757	0.660	0.716
f : $U_p - \bar{V}_G^\alpha$ plane	0.758	0.659	0.716
g : $U_e - \bar{V}_G^\alpha$ plane	0.759	0.658	0.717

表5-1 体積・質量・運動量・エネルギー中心速度に基づく諸平面上での  
気液二相スラグ流の測定結果の整理結果

(c) D=50.4mm

	slope	ordinate	coefficient of correlation r
a : $\langle J_T \rangle - \bar{V}_G^\alpha$ plane	1.16	0.140	0.963
b : $\langle M_T \rangle - \bar{W}_G^\gamma$ plane	0.948	425	0.734
c : $\langle P_T \rangle - \bar{K}_G^\chi$ plane	1.31	179	0.938
d : $\langle E_T \rangle - \bar{T}_G^e$ plane	1.43	48.7	0.972
e : $U_m - \bar{V}_G^\alpha$ plane	1.01	0.573	0.724
f : $U_p - \bar{V}_G^\alpha$ plane	1.01	0.572	0.725
g : $U_e - \bar{V}_G^\alpha$ plane	1.01	0.570	0.726

表5-2 流動条件により推算式が異なる推算法による  
気液二相スラグ流の気相体積率推算における統計量

(a) D=20.9mm

Estimation Method	S	$\sigma_s$ (%)	ID+ (%)	n+	ID- (%)	n-	ID± (%)
Center Veloc. plane a	1.01	5.21	5.36	114	5.09	82	5.25
Center Veloc. plane b	1.00	5.55	5.36	105	5.22	91	5.56
Center Veloc. plane c	1.01	5.43	5.59	106	5.32	90	5.47
Center Veloc. plane d	0.999	5.82	5.57	100	6.06	96	5.81
Center Veloc. plane e	1.01	5.80	5.93	104	5.71	92	5.83
Center Veloc. plane f	1.01	5.80	5.92	106	5.73	90	5.83
Center Veloc. plane g	1.01	5.79	5.90	106	5.74	90	5.83
Weighted Center Vol.	1.02	5.76	6.34	116	5.03	80	5.84

表5-2 流動条件により推算式が異なる推算法による  
気液二相スラグ流の気相体積率推算における統計量

(b) D = 30.6mm

Estimation Method	S	$\sigma_s$ (%)	ID+(%)	n+	ID-(%)	n-	ID±(%)
Center Veloc. plane a	1.00	6.10	6.52	107	5.69	117	5.69
Center Veloc. plane b	0.997	6.65	6.27	111	6.97	113	6.63
Center Veloc. plane c	1.00	6.66	6.70	110	6.14	114	6.42
Center Veloc. plane d	0.994	7.06	6.86	101	7.13	123	7.01
Center Veloc. plane e	0.993	7.45	7.54	96	7.28	128	7.39
Center Veloc. plane f	0.993	7.44	7.61	94	7.22	130	7.39
Center Veloc. plane g	0.993	7.44	7.60	94	7.22	130	7.38
Weighted Center Vol.	1.02	6.32	7.35	125	5.00	99	6.42

(c) D = 50.4mm

Estimation Method	S	$\sigma_s$ (%)	ID+(%)	n+	ID-(%)	n-	ID±(%)
Center Veloc. plane a	0.999	5.95	5.91	65	5.98	67	5.98
Center Veloc. plane b	0.993	6.92	6.78	62	6.96	70	6.88
Center Veloc. plane c	0.990	6.68	5.73	62	7.29	70	6.61
Center Veloc. plane d	0.994	7.06	6.86	101	7.13	123	7.01
Center Veloc. plane e	0.989	6.95	6.06	60	7.49	72	6.88
Center Veloc. plane f	0.989	7.01	6.43	59	7.31	73	6.93
Center Veloc. plane g	0.990	6.99	6.50	59	7.24	73	6.92
Weighted Center Vol.	1.05	9.19	10.8	98	5.49	34	9.67

表5-2 流動条件により推算式が異なる推算法による  
 気液二相スラグ流の気相体積率推算における統計量  
 (d) 赤川<sup>(16)</sup>による測定値、D = 27.6mm

Estimation Method	S	$\sigma_s$ (%)	ID+(%)	n+	ID-(%)	n-	ID±(%)
Center Veloc. plane a	0.987	12.2	9.59	20	14.1	20	12.0
Center Veloc. plane b	0.954	18.0	14.7	18	19.2	22	17.2
Center Veloc. plane c	0.866	33.0	80.9	19	37.3	21	28.6
Center Veloc. plane d	0.585	82.9	6.16	2	49.5	38	48.5
Center Veloc. plane e	0.904	20.6	6.78	14	22.1	26	18.6
Center Veloc. plane f	0.905	20.5	6.81	13	22.1	27	18.6
Center Veloc. plane g	0.905	20.5	6.80	13	22.0	27	18.5
Weighted Center Vol.	0.997	7.16	7.00	18	7.25	22	7.14

表5-3 全ての流動条件を推算式中に取り入れた体積率推算法による  
 気液二相スラグ流の気相体積率推算における統計量  
 (a) D = 20.9mm

Estimation Method	S	$\sigma_s$ (%)	ID+(%)	n+	ID-(%)	n-	ID±(%)
Akagawa	0.990	6.06	5.82	83	6.27	113	6.09
Bankoff	0.872	5.82	1.67	3	13.9	193	13.8
Hughmark	0.925	5.41	3.14	11	9.21	185	8.98
Zuber-Findlay	0.916	5.18	2.54	7	9.84	189	9.68
Smith	1.01	6.26	6.23	105	6.26	91	6.25
Kawanishi et al.	0.920	5.18	3.00	7	9.43	189	9.27
Ishii-Kataoka	0.883	5.08	0.550	1	12.5	195	12.5
Sylvester	0.985	5.39	4.39	82	6.19	114	5.51
Orell-Rembrand	0.977	5.75	4.88	66	6.60	130	6.07
Local Relative Veloc. Model	1.02	5.44	6.31	117	4.82	79	5.76
Sadamori et al. Modified	1.12	11.9	13.5	187	3.45	9	13.2



表5-3 全ての流動条件を推算式中に取り入れた体積率推算法による  
気液二相スラグ流の気相体積率推算における統計量

(b) D = 30.6mm

Estimation Method	S	$\sigma_s$ (%)	ID+(%)	n+	ID-(%)	n-	ID±(%)
Akagawa	0.989	7.86	7.96	97	7.77	127	7.85
Bankoff	0.881	6.69	2.10	5	13.4	219	13.3
Hughmark	0.938	6.29	3.73	34	9.16	190	8.56
Zuber-Findlay	0.902	6.11	3.32	6	11.3	218	11.2
Smith	1.00	7.83	8.33	106	7.33	118	7.82
Kawanishi et al.	0.907	6.10	3.25	8	11.0	216	10.8
Ishii-Kataoka	0.888	6.24	2.48	4	12.6	220	12.5
Sylvester	0.987	6.14	5.97	90	6.33	134	6.19
Orell-Rembrand	0.980	7.91	8.04	84	7.99	140	8.01
Local Relative Veloc. Model	1.01	6.19	7.07	118	5.38	106	6.33
Sadamori et al. Modified	1.11	11.2	12.7	203	2.46	21	12.4

(c) D = 50.4mm

Estimation Method	S	$\sigma_s$ (%)	ID+(%)	n+	ID-(%)	n-	ID±(%)
Akagawa	1.09	6.28	11.9	123	3.49	9	11.5
Bankoff	0.975	6.32	5.90	41	6.97	91	6.66
Hughmark	1.04	6.15	8.21	93	4.74	39	7.35
Zuber-Findlay	0.953	5.95	4.06	27	8.00	105	7.36
Smith	1.11	6.45	13.5	124	3.25	8	13.1
Kawanishi et al.	0.886	6.03	0.601	2	12.7	130	12.6
Ishii-Kataoka	0.972	5.92	4.60	44	7.11	88	6.39
Sylvester	1.07	6.19	10.1	108	3.92	24	9.32
Orell-Rembrand	1.09	6.56	11.6	119	4.90	13	11.2
Local Relative Veloc. Model	1.01	6.32	7.06	71	5.70	61	6.47
Sadamori et al. Modified	1.17	16.0	18.8	131	0.35	1	18.7

表5-3 全ての流動条件を推算式中に取り入れた体積率推算法による  
気液二相スラグ流の気相体積率推算における統計量

(d) 赤川<sup>(16)</sup>による測定値、D=27.6mm

Estimation Method	S	$\sigma_s$ (%)	ID+(%)	n+	ID-(%)	n-	ID±(%)
Akagawa	1.01	9.82	12.3	17	7.60	23	9.90
Bankoff	0.820	25.4	2.32	1	21.1	39	20.8
Hughmark	0.872	18.5	1.80	2	16.5	38	16.1
Zuber-Findlay	0.846	20.8	-	-	17.6	40	17.6
Smith	0.960	10.2	7.67	12	10.5	26	9.75
Kawanishi et al.	0.851	20.3	-	-	17.3	40	17.3
Ishii-Kataoka	0.869	17.6	4.77	2	15.7	38	15.3
Sylvester	0.924	16.0	10.4	9	15.9	31	14.8
Orell-Rembrand	0.946	9.86	6.36	8	9.92	32	9.32
Local Relative Veloc. Model	0.964	12.7	10.4	16	13.4	24	12.3
Sadamori et al. Modified	0.936	27.5	12.4	19	37.5	21	25.8

表5-4 加重体積中心モデルによる固液二相流の  
体積率推算式の各係数と $\bar{V}_{sj\eta}$ の値

D(mm)	$d_s$ (mm)	$\rho_s$ (kg/m <sup>3</sup> )	$H_L$	$H_S/H_L$	$\bar{V}_{sj\eta}$ (m/s)
20.9	1.14	2270	1.10	2.71	-0.146
20.9	2.57	2380	0.930	5.64	-0.272
20.9	2.96	2640	1.02	4.32	-0.288
20.9	4.17	2400	1.07	2.27	-0.315
30.6	1.14	2270	1.07	2.11	-0.130
30.6	2.57	2380	1.15	4.19	-0.374
30.6	2.96	2640	1.23	3.65	-0.352
30.6	4.17	2400	1.06	1.79	-0.336
50.4	1.14	2270	1.10	4.98	-0.154
50.4	2.57	2380	0.800	16.5	-0.240
50.4	2.96	2640	0.986	5.10	-0.354
50.4	4.17	2400	0.640	18.1	-0.224

表5-5 体積・質量・運動量・エネルギー中心速度に基づく諸平面上での  
 固液二相流の測定値の整理結果  
 ( $D=20.9\text{mm}$ 、 $d_s=2.96\text{mm}$ 、 $\rho_s=2640\text{kg/m}^3$ )

	slope	ordinate	coefficient of correlation r
a : $\langle J_T \rangle - \bar{V}_S^\alpha$ plane	1.16	-0.357	0.962
b : $\langle M_T \rangle - \bar{W}_S^y$ plane	1.16	-357	0.962
c : $\langle P_T \rangle - \bar{K}_S^x$ plane	0.974	-161	0.980
d : $\langle E_T \rangle - \bar{T}_S^e$ plane	0.924	-50.2	0.985
e : $U_m - \bar{V}_S^\alpha$ plane	1.13	-0.322	0.965
f : $U_p - \bar{V}_S^\alpha$ plane	1.15	-0.344	0.963
g : $U_e - \bar{V}_S^\alpha$ plane	1.16	-0.358	0.962

表5-6 流動条件により推算式が異なる推算法による  
 固液二相流の固相体積率推算における統計量  
 (a) 本実験による測定値、全12条件、  
 $D=20.9\text{mm} \sim 50.4\text{mm}$ 、 $d_s=1.14 \sim 4.17\text{mm}$

Estimation Method	S	$\sigma_s(\%)$	ID+(%)	n+	ID-(%)	n-	ID±(%)
Center Veloc. plane a	1.01	13.6	13.8	642	12.2	592	13.6
Center Veloc. plane b	1.00	12.3	12.7	615	11.7	619	12.2
Center Veloc. plane c	1.03	21.2	25.5	852	11.2	363	21.2
Center Veloc. plane d	1.14	35.6	46.3	825	11.0	368	35.2
Center Veloc. plane e	1.01	15.0	17.0	681	12.5	549	15.0
Center Veloc. plane f	1.01	12.3	12.6	599	11.9	635	12.3
Center Veloc. plane g	0.999	11.9	12.0	605	11.8	629	11.9
Weighted Center Vol.	1.01	10.0	10.4	666	9.93	542	10.2

表5-6 流動条件により推算式が異なる推算法による  
 固液二相流の固相体積率推算における統計量  
 (b) 佐田富ら<sup>(60)</sup>による測定値、D=26mm、 $d_s=6.12\text{mm}$

Estimation Method	S	$\sigma_s$ (%)	ID+(%)	n+	ID-(%)	n-	ID±(%)
Center Veloc. plane a	0.977	7.83	5.58	7	8.89	10	7.70
Center Veloc. plane b	0.954	8.77	3.70	5	9.89	12	8.55
Center Veloc. plane c	0.998	11.0	13.6	8	8.10	9	11.0
Center Veloc. plane d	1.14	14.8	19.6	7	7.26	10	14.9
Center Veloc. plane e	1.05	10.0	11.2	12	5.95	4	10.2
Center Veloc. plane f	0.979	8.06	6.25	6	8.73	11	7.95
Center Veloc. plane g	0.978	7.05	4.81	6	7.82	11	6.91
Weighted Center Vol.	1.01	6.56	10.3	6	30.9	11	6.60

(c) 都田ら<sup>(53)(92)</sup>による測定値、D=30.2mm、 $d_s=0.98\text{mm}$ 、1.89mm

Estimation Method	S	$\sigma_s$ (%)	ID+(%)	n+	ID-(%)	n-	ID±(%)
Center Veloc. plane a	1.00	8.03	6.87	25	9.27	20	8.02
Center Veloc. plane b	1.00	8.02	6.81	25	9.30	20	8.01
Center Veloc. plane c	1.00	9.13	9.35	22	8.93	23	9.14
Center Veloc. plane d	1.01	14.6	19.5	20	8.94	25	14.6
Center Veloc. plane e	1.00	8.00	6.73	25	9.32	20	7.99
Center Veloc. plane f	1.01	8.08	7.18	27	9.79	18	8.09
Center Veloc. plane g	1.00	8.00	6.78	25	9.29	20	7.99
Weighted Center Vol.	1.00	8.01	7.13	24	8.90	21	8.00

表5-7 全ての流動条件を推算式中に取り入れた体積率推算法による

固液二相流の固相体積率推算における統計量

(a) 本実験による測定値、全12条件、

$D = 20.9\text{mm} \sim 50.4\text{mm}$ 、 $d_s = 1.14 \sim 4.17\text{mm}$

Estimation Method	S	$\sigma_s(\%)$	ID+(%)	n+	ID-(%)	n-	ID±(%)
Newitt et al.	1.20	20.9	31.1	1047	11.7	187	29.0
Toda et al.	2.06	404	472	874	11.0	242	418
Govier-Aziz	0.959	14.9	13.4	479	16.6	755	15.4
Engelmann	1.32	77.2	1008	471	3.73	87	83.4
Ohashi et al.	1.58	224	281	812	19.3	392	231
Dedegil, Weber	1.14	17.1	22.8	1037	15.5	196	21.8
Kitahara et al.	1.05	20.6	23.9	706	17.0	528	21.3
Sadatomi et al.	0.847	14.1	8.11	158	22.1	1076	20.8
D-F Model with Susp.	1.01	10.2	10.9	640	9.49	594	10.3
Local Relative Veloc. Model	0.995	11.5	11.7	583	11.3	651	11.5

(b) 佐田富ら<sup>(6)</sup>による測定値、 $D = 26\text{mm}$ 、 $d_s = 6.12\text{mm}$

Estimation Method	S	$\sigma_s(\%)$	ID+(%)	n+	ID-(%)	n-	ID±(%)
Newitt et al.	1.83	72.5	110	17	-	-	110
Toda et al.	1.11	19.9	28.0	11	1.19	6	28.0
Govier-Aziz	1.21	8.05	22.5	14	-	-	22.5
Engelmann	1.50	79.2	93.5	17	-	-	93.5
Ohashi et al.	1.86	42.0	95.3	14	-	-	95.3
Dedegil, Weber	1.39	15.9	42.1	15	-	-	42.1
Kitahara et al.	1.09	4.99	10.8	16	1.94	1	10.5
Sadatomi et al.	1.08	11.8	15.1	16	0.307	1	14.6
D-F Model with Susp.	1.02	4.53	6.25	10	2.73	7	5.11
Local Relative Veloc. Model	1.06	11.8	15.9	9	6.11	5	13.3

表5-7 全ての流動条件を推算式中に取り入れた体積率推算法による  
 固液二相流の固相体積率推算における統計量  
 (c) 都田ら<sup>(53)(92)</sup>による測定値、D = 30.2mm、 $d_s = 0.98\text{mm}$ 、1.89mm

Estimation Method	S	$\sigma_s$ (%)	ID+(%)	n+	ID-(%)	n-	ID±(%)
Newitt et al.	1.14	8.05	16.5	44	0.820	1	16.3
Toda et al.	1.11	18.6	26.0	31	3.45	14	21.6
Govier-Aziz	1.02	6.84	8.02	26	5.52	19	7.08
Engelmann	1.04	10.1	14.0	24	5.10	21	10.8
Ohashi et al.	1.03	6.76	7.78	31	5.82	14	7.23
Dedegil, Weber	1.13	7.87	15.4	44	5.12	1	15.3
Kitahara et al.	1.15	9.25	17.7	43	5.43	2	17.3
Sadatomu et al.	0.938	6.47	3.79	10	9.95	35	8.96
D-F Model with Susp.	1.00	8.99	9.86	22	8.08	22	8.99
Local Relative Veloc. Model	1.10	10.9	16.3	36	6.69	9	12.9

表5-8 気液二相スラグ流の摩擦・気泡後端圧力降下推算における統計量  
 (a) D = 20.9mm

Estimation Method	S	$\sigma_s$ (%)	ID+(%)	n+	ID-(%)	n-	ID±(%)
Lockhart-Martinelli	0.788	15.8	11.3	7	25.0	167	24.6
Akagawa	0.816	17.5	8.33	18	24.4	156	23.3
Sylvester	2.27	16.7	132	174	-	-	133
Orell-Rembrand	0.490	17.8	-	-	51.8	174	51.8

(b) D = 30.6mm

Estimation Method	S	$\sigma_s$ (%)	ID+(%)	n+	ID-(%)	n-	ID±(%)
Lockhart-Martinelli	0.864	29.6	41.1	26	25.7	122	29.0
Akagawa	0.960	36.9	53.4	42	25.3	106	35.6
Sylvester	3.35	16.7	263	148	-	-	263
Orell-Rembrand	0.581	27.6	21.3	5	45.5	143	44.9

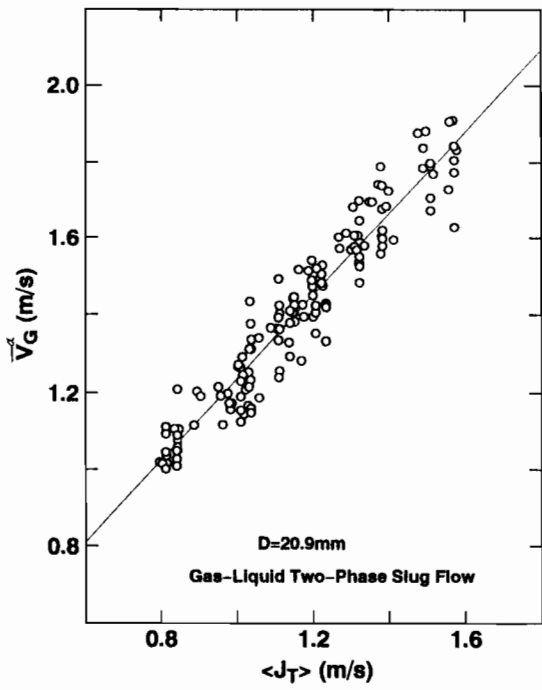
表 5 - 8 気液二相スラグ流の摩擦・気泡後端圧力降下推算における統計量  
(c)  $D = 50.8\text{mm}$

Estimation Method	S	$\sigma_s(\%)$	ID+(%)	n+	ID-(%)	n-	ID $\pm$ (%)
Lockhart-Martinelli	0.786	48.3	50.2	24	41.5	83	43.6
Akagawa	0.792	48.8	52.6	23	41.2	84	43.9
Sylvester	4.55	48.9	419	107	-	-	419
Orell-Rembrand	0.617	49.0	51.6	8	48.6	99	48.8

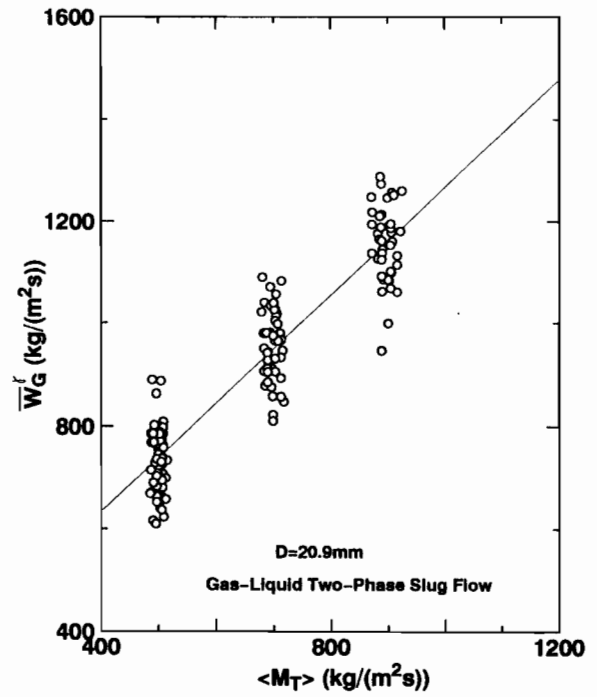
表 5 - 9 固液二相流の摩擦圧力降下推算における統計量  
(本実験による測定値、全 12 条件、 $D = 20.9\text{mm} \sim 50.4\text{mm}$ 、 $d_s = 1.14 \sim 4.17\text{mm}$ )

Estimation Method	S	$\sigma_s(\%)$	ID+(%)	n+	ID-(%)	n-	ID $\pm$ (%)
Durand	0.884	27.7	15.3	196	30.7	704	28.1
Newitt et al.	0.860	27.4	16.0	225	30.3	675	27.4
Oedjoe-Buchanan	0.857	27.5	15.9	221	30.4	679	27.6
Engelmann	0.905	28.2	18.5	339	31.3	561	27.2
Kitahara et al.	1.33	32.1	59.0	738	11.4	162	53.6
Sadatomi et al.	0.875	27.5	15.4	278	30.9	622	27.1
Proposed Method	1.05	25.1	37.0	537	12.2	363	27.6

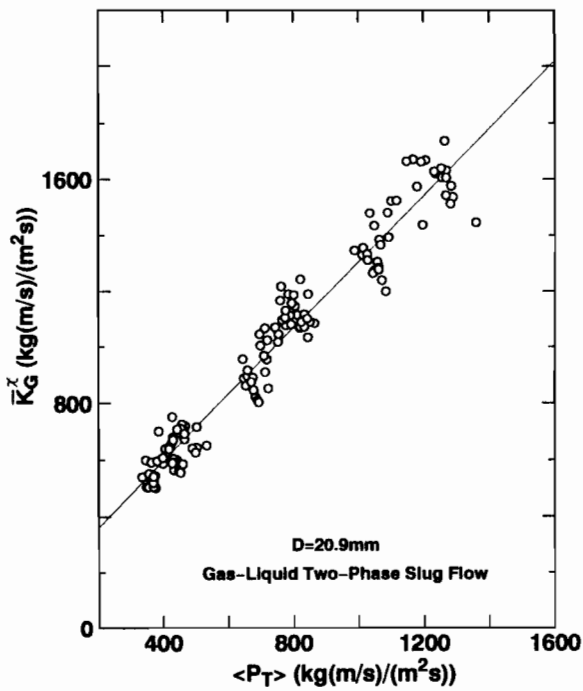
第5章の図



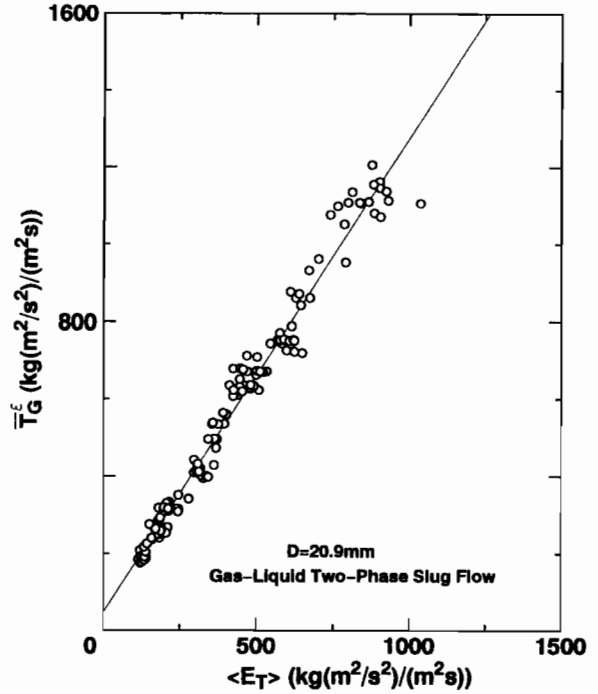
(a)



(b)



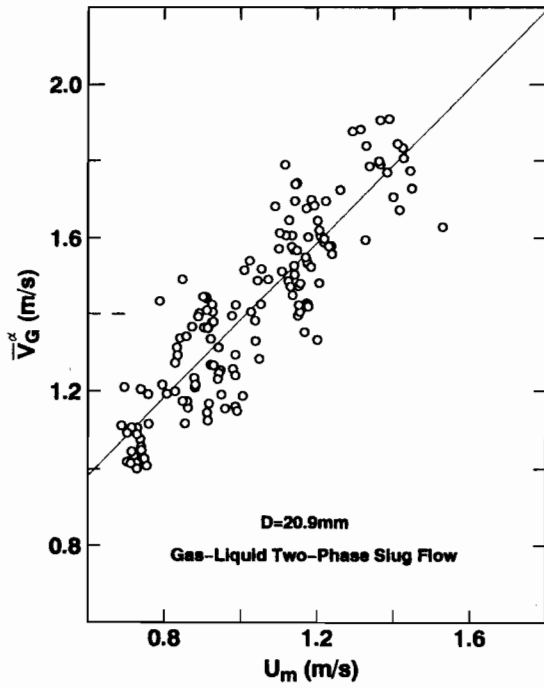
(c)



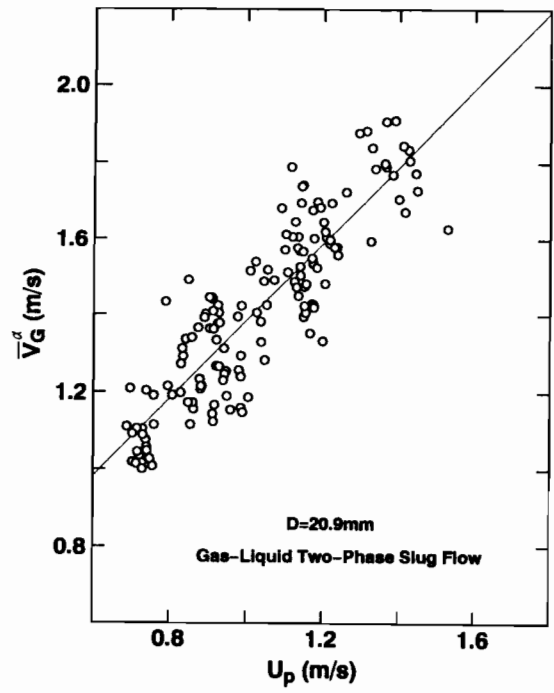
(d)

図5-1 気液二相スラグ流の各平面上での整理 ( $D=20.9\text{mm}$ )

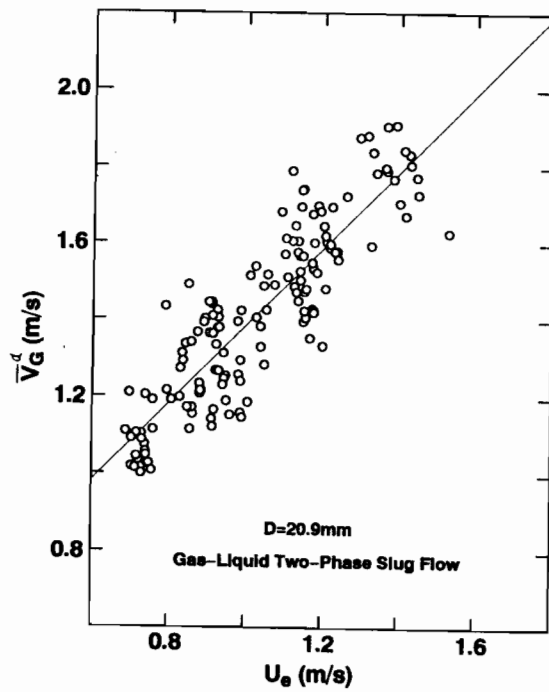




(e)

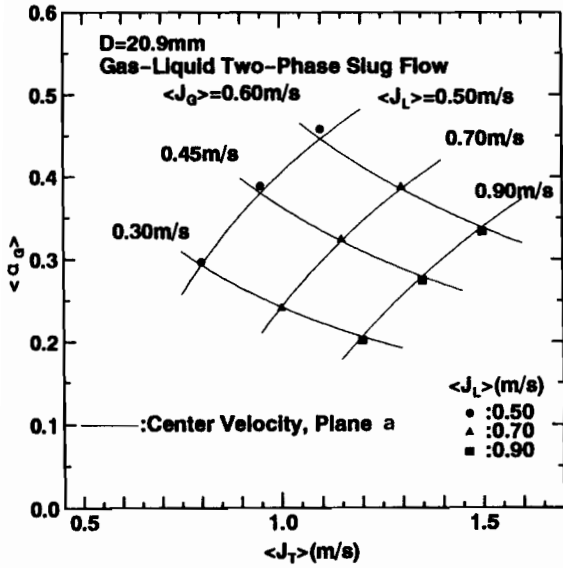


(f)

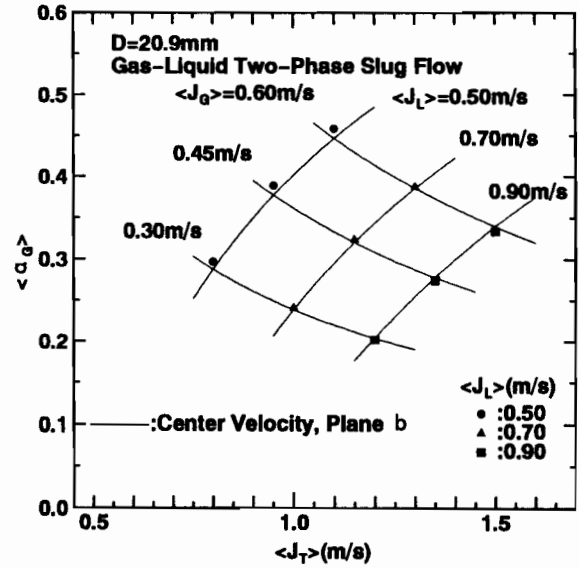


(g)

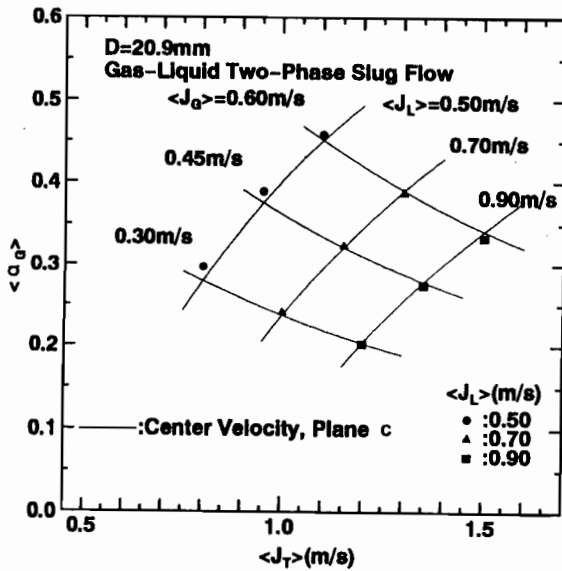
図5-1 気液二相スラグ流の各平面上での整理 ( $D=20.9\text{mm}$ )



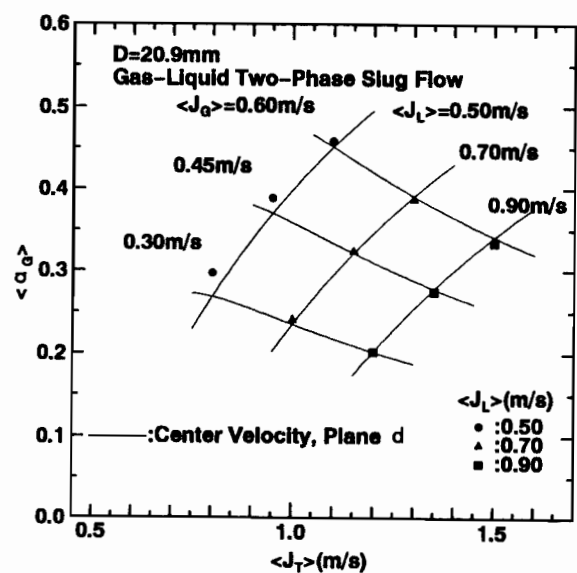
(a)



(b)

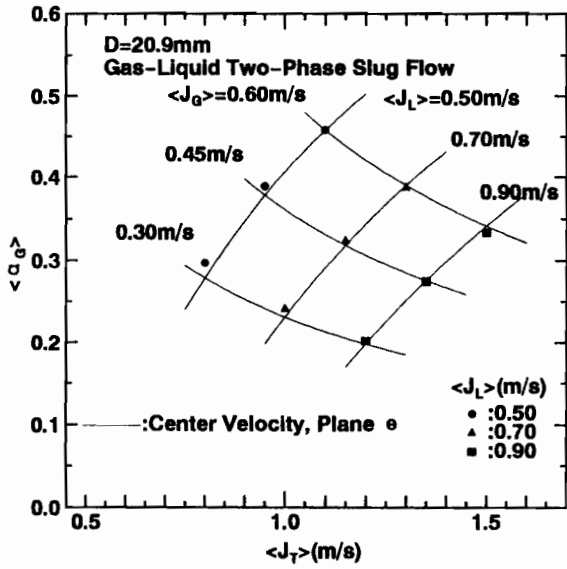


(c)

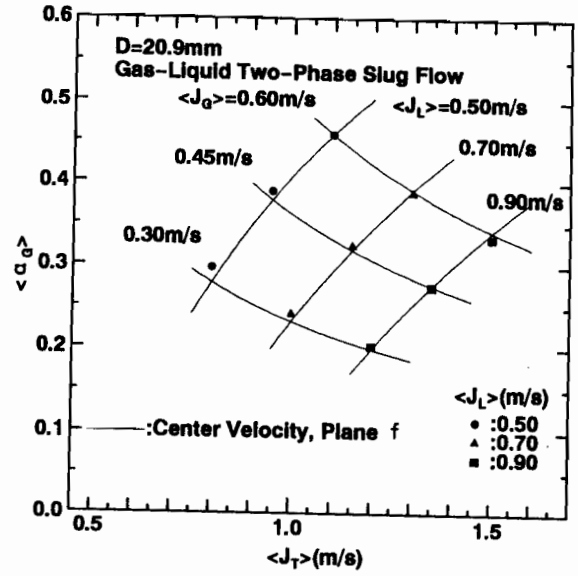


(d)

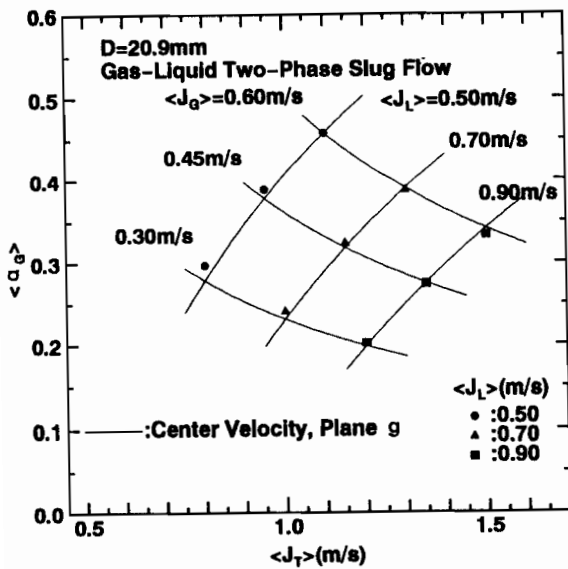
図5-2 気液二相スラグ流の気相体積率推算結果 ( $D=20.9\text{mm}$ )



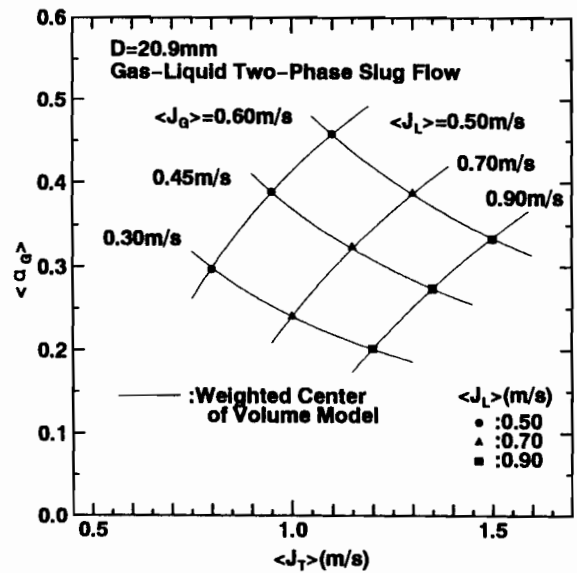
(e)



(f)

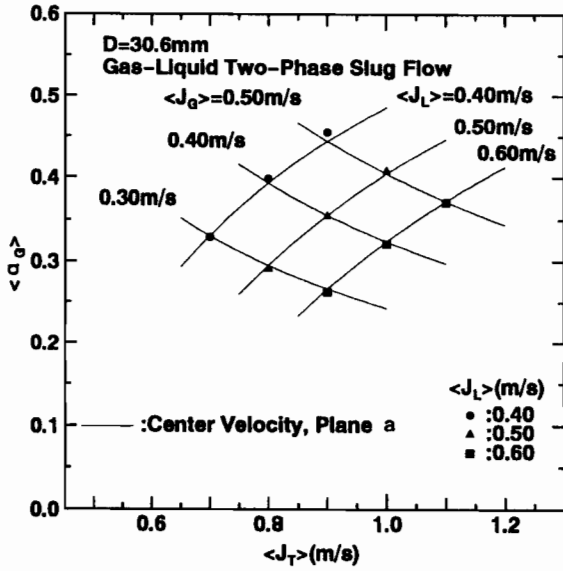


(g)

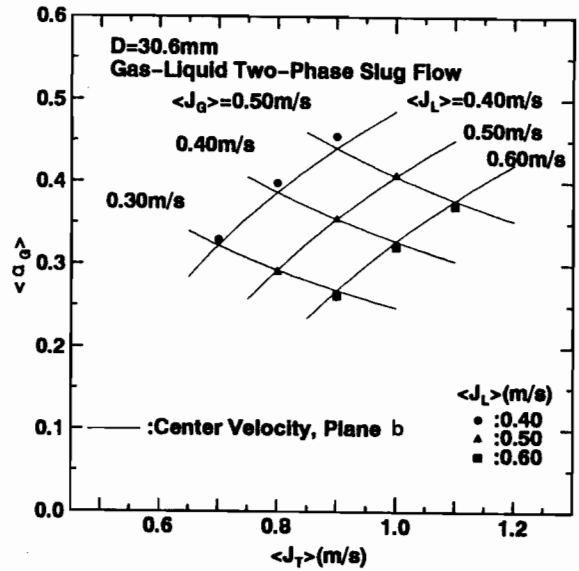


(h)

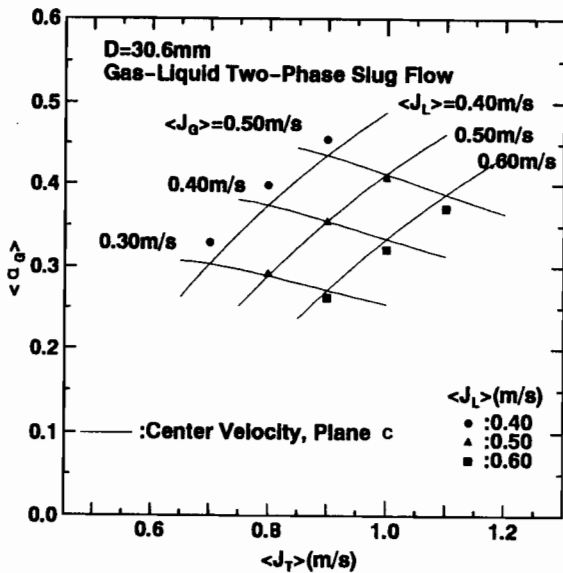
図5-2 気液二相スラグ流の気相体積率推算結果 (D=20.9mm)



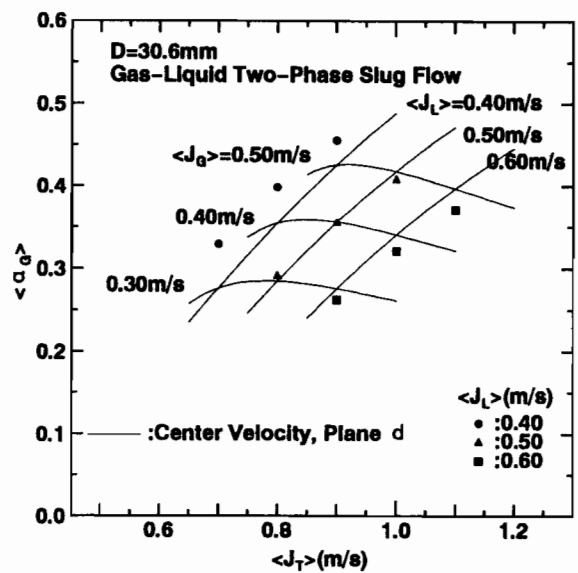
(a)



(b)

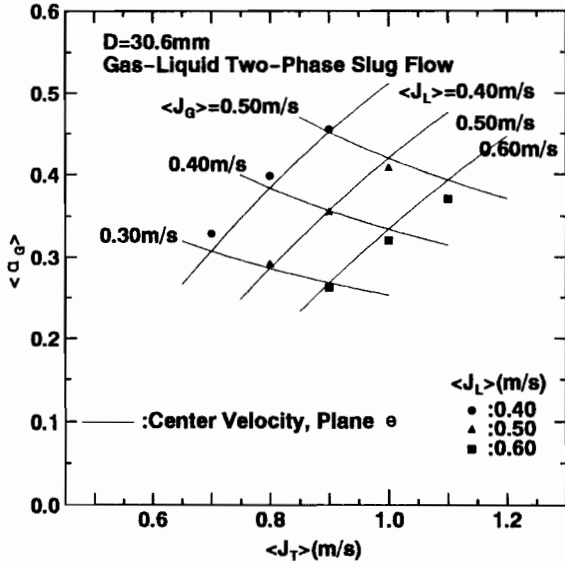


(c)

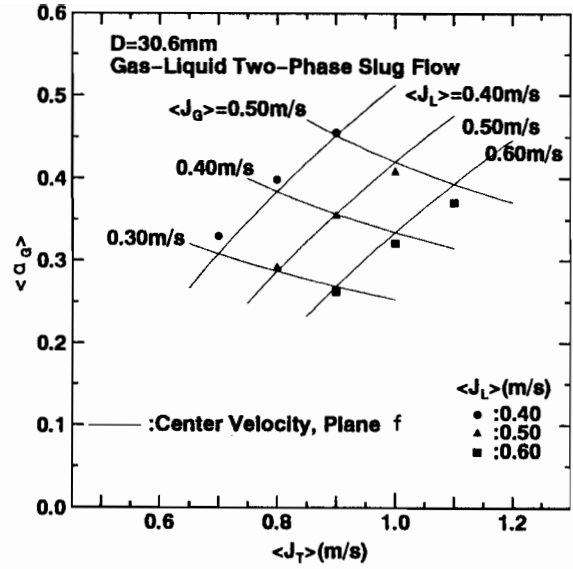


(d)

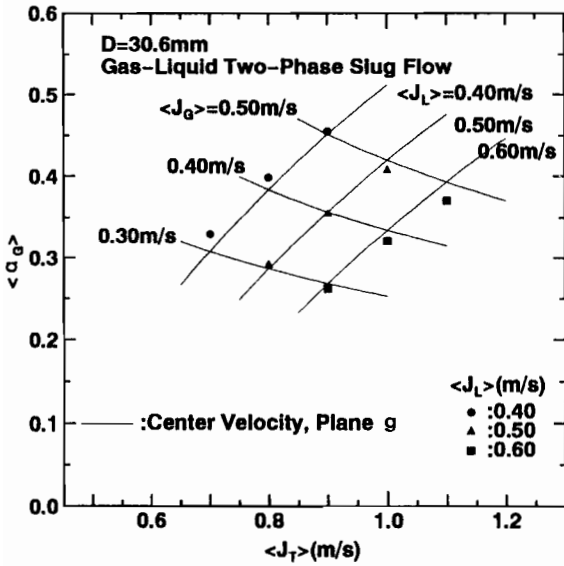
図5-3 気液二相スラグ流の気相体積率推算結果 ( $D=30.6\text{mm}$ )



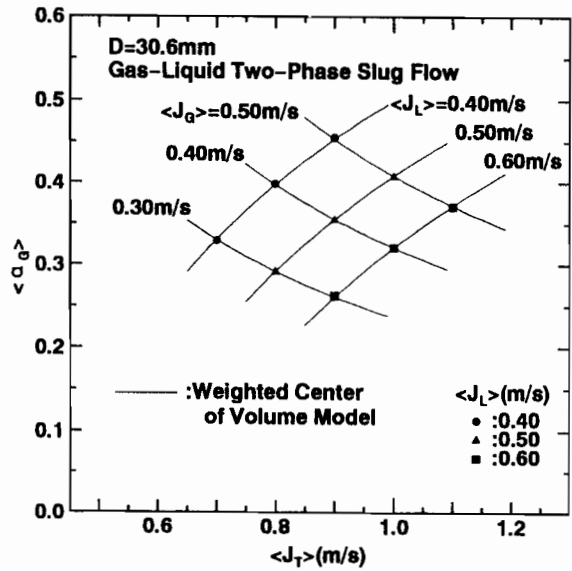
( e )



( f )

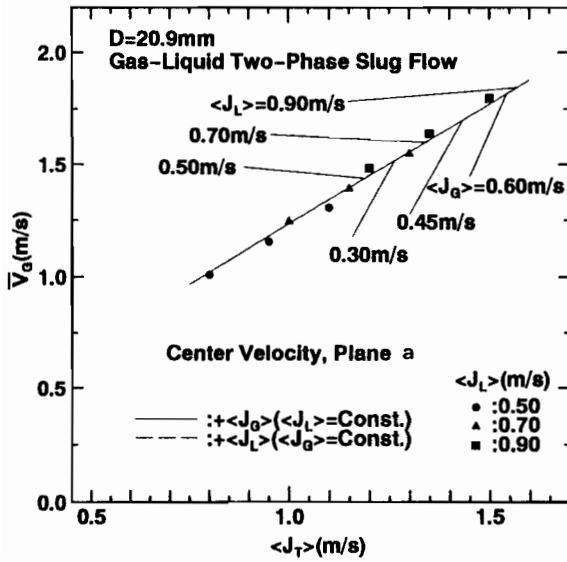


( g )

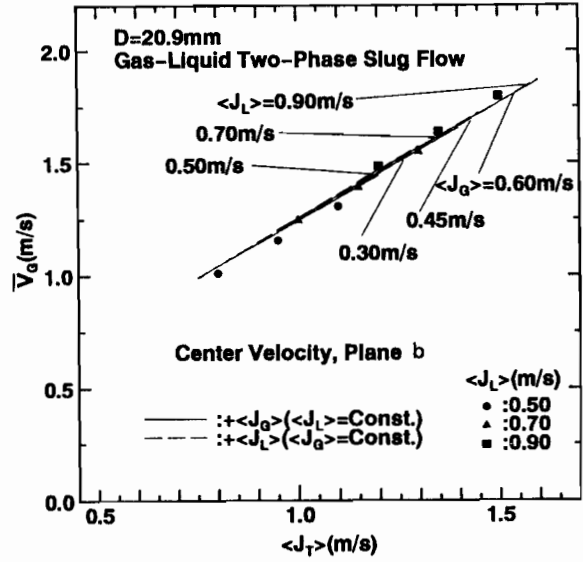


( h )

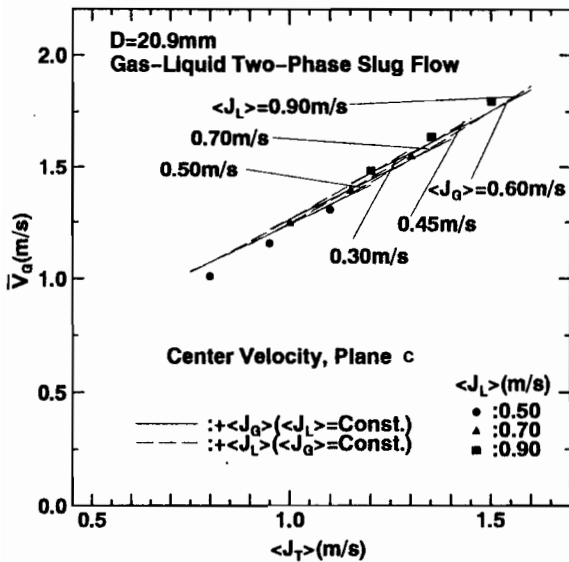
図 5 - 3 気液二相スラグ流の気相体積率推算結果 ( D=30.6mm )



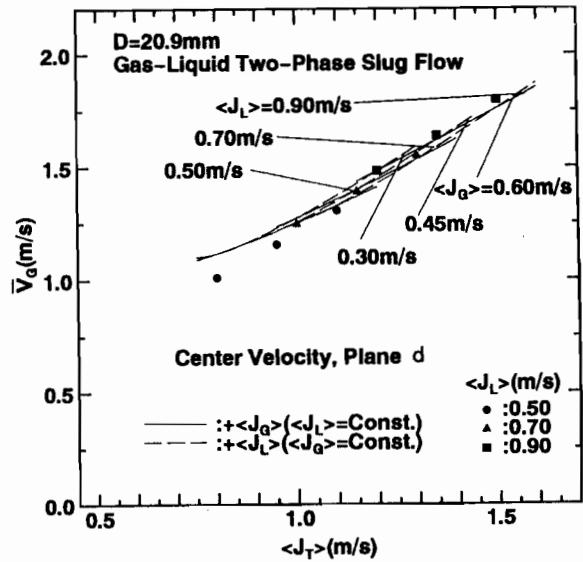
( a )



( b )

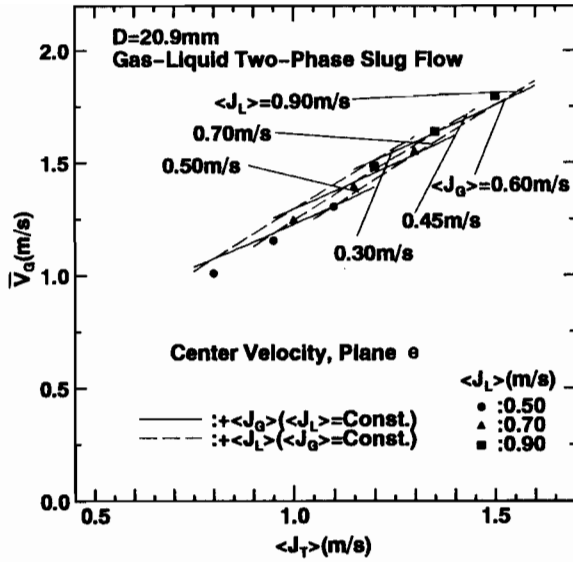


( c )

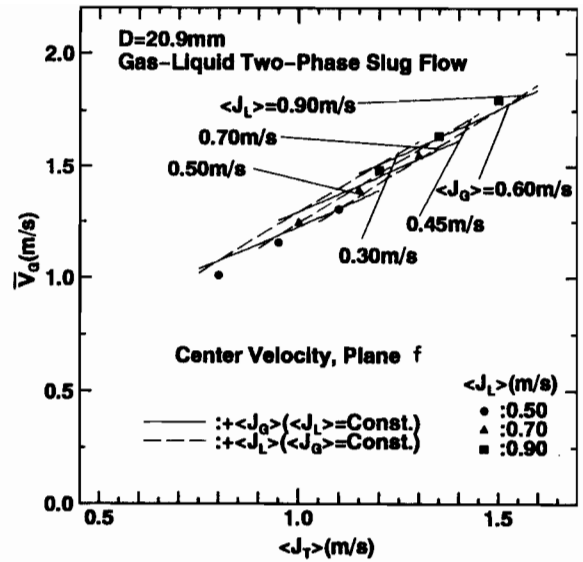


( d )

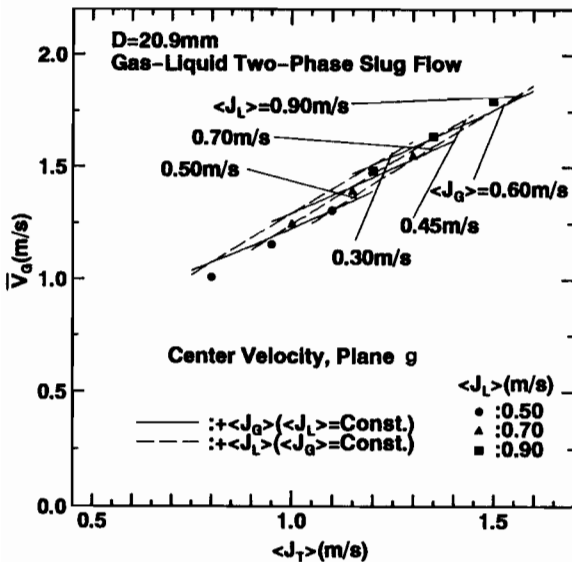
図 5 - 4 気液二相スラグ流の気相平均速度推算結果 (D=20.9mm)



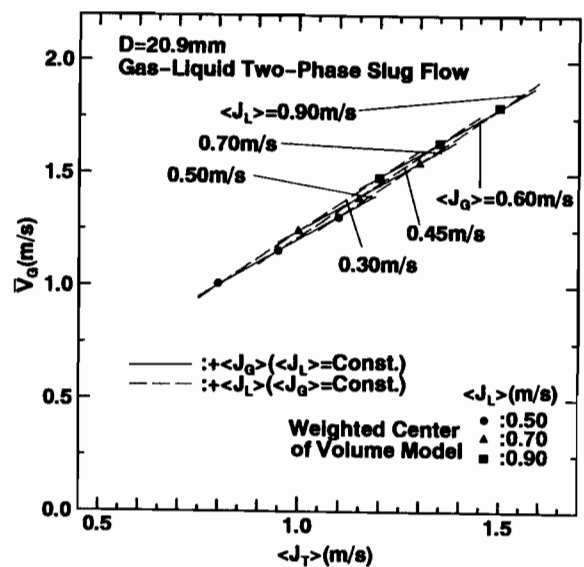
( e )



( f )

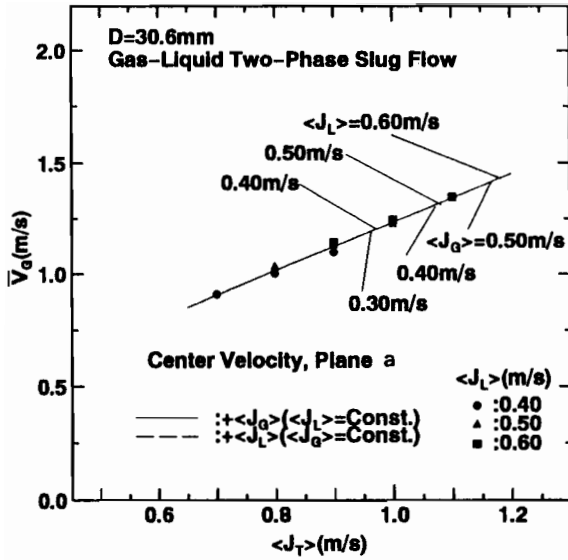


( g )

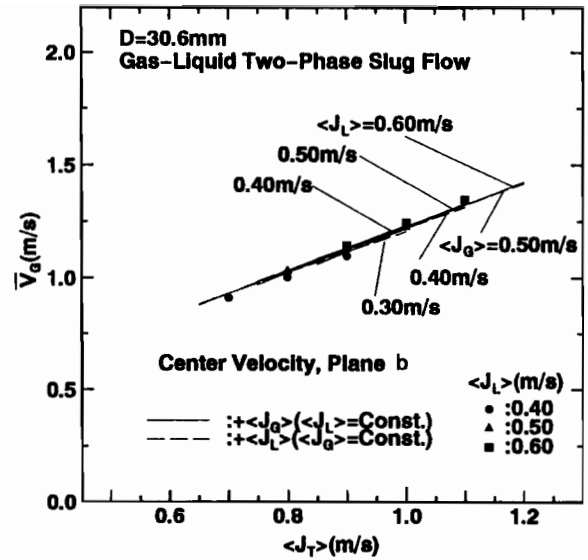


( h )

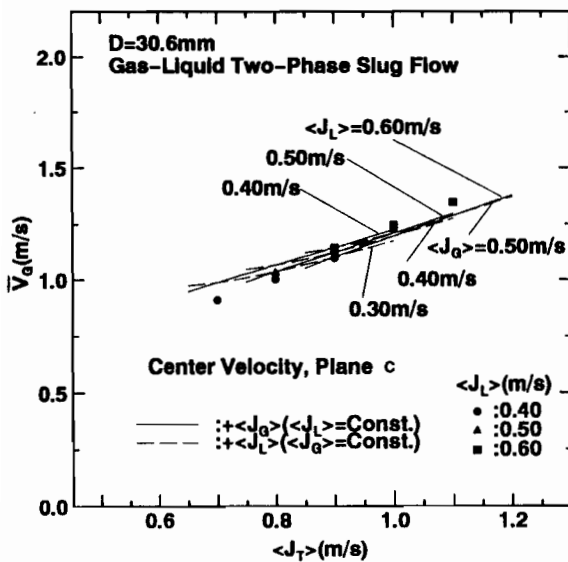
図 5 - 4 気液二相スラグ流の気相平均速度推算結果 ( D=20.9mm )



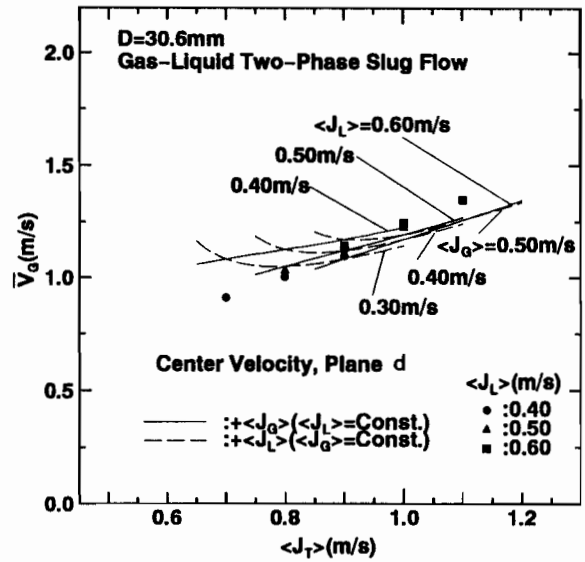
(a)



(b)



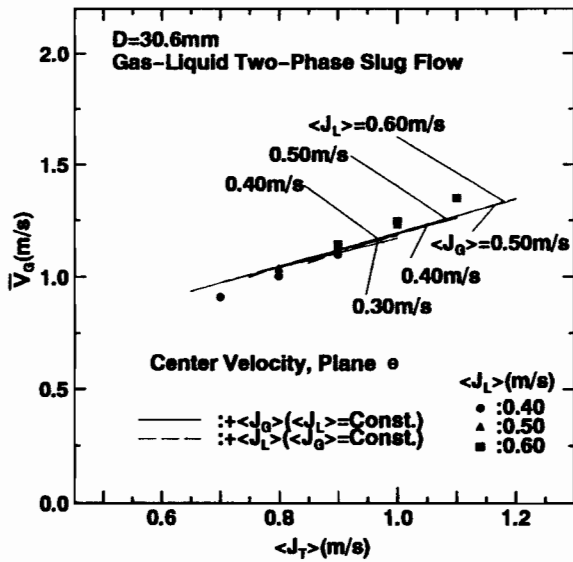
(c)



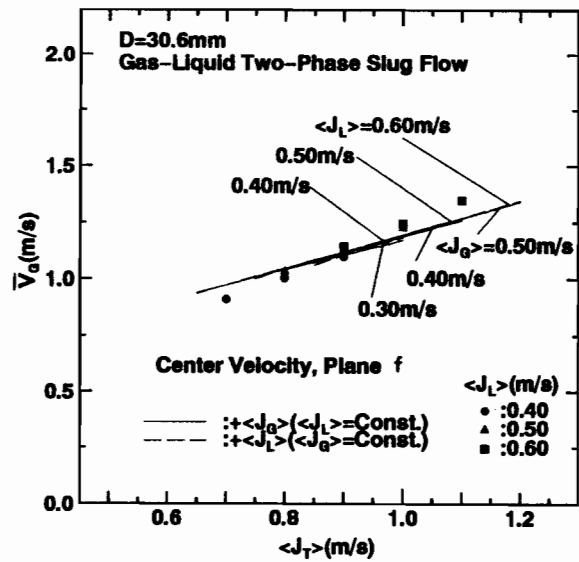
(d)

図5-5 気液二相スラグ流の気相平均速度推算結果 (D=30.6mm)

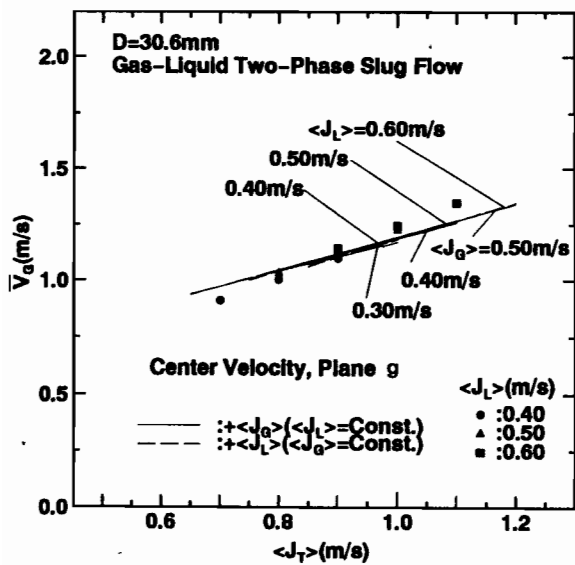




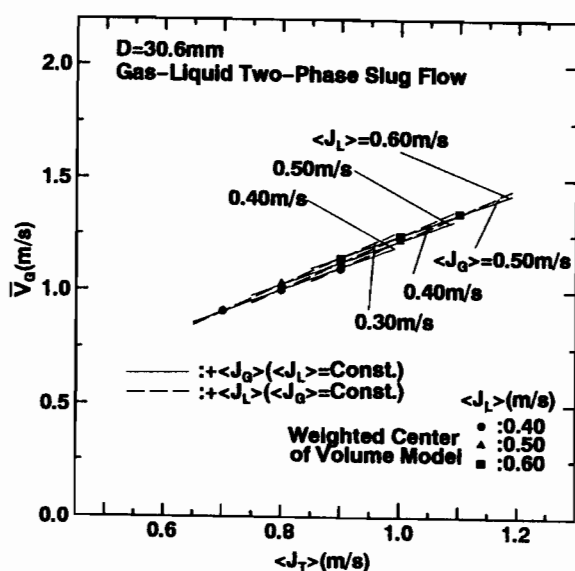
(e)



(f)

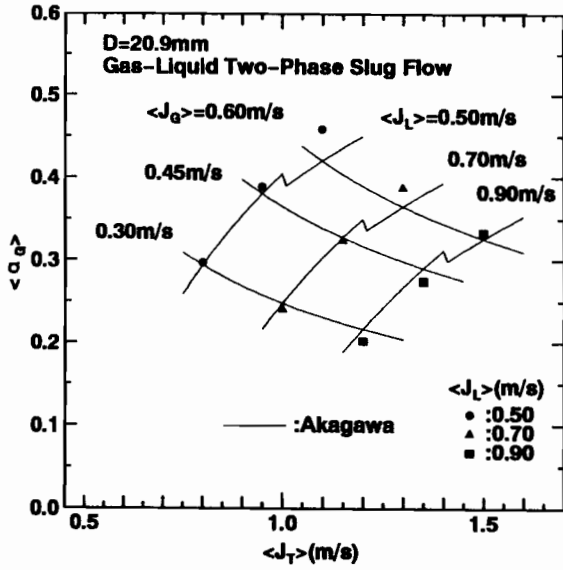


(g)

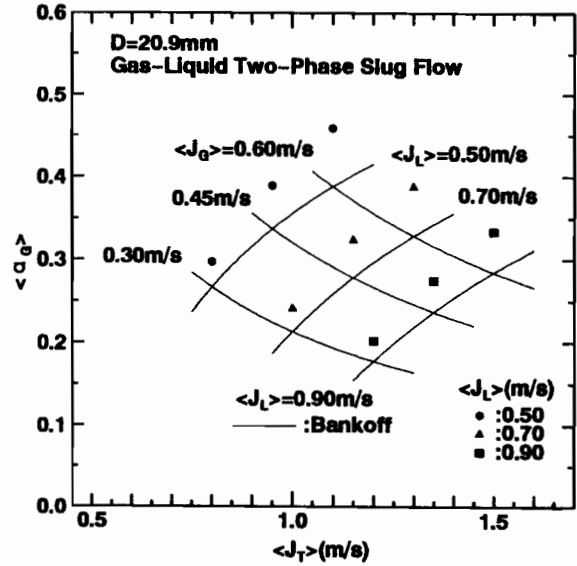


(h)

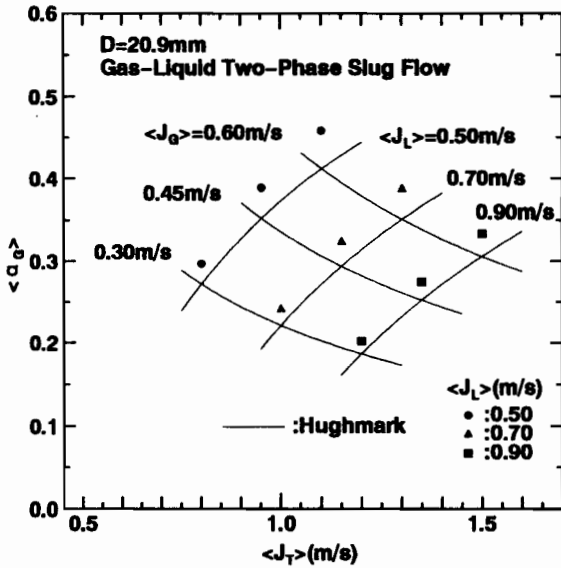
図5-5 気液二相スラグ流の気相平均速度推算結果 (D=30.6mm)



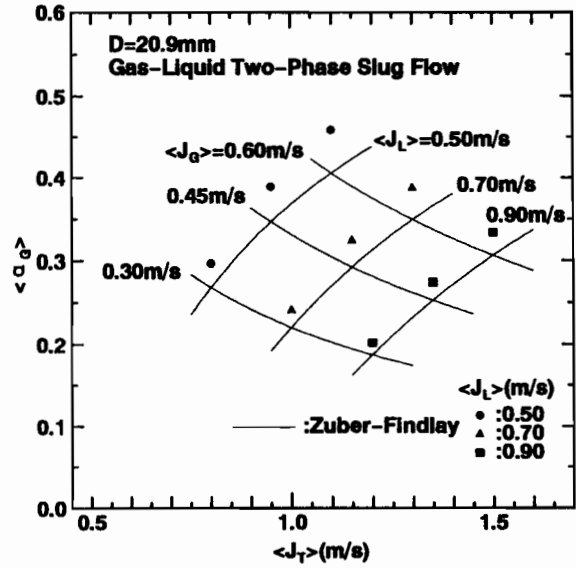
(a)



(b)

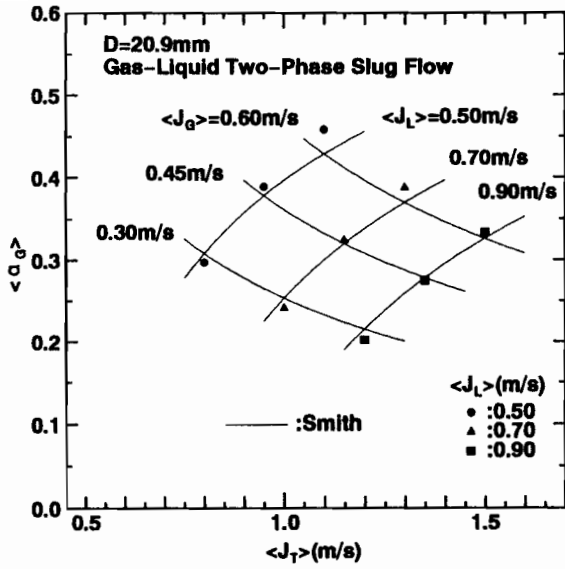


(c)

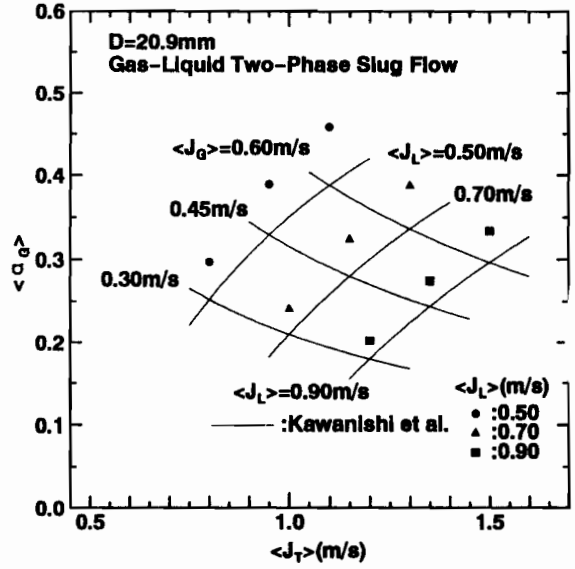


(d)

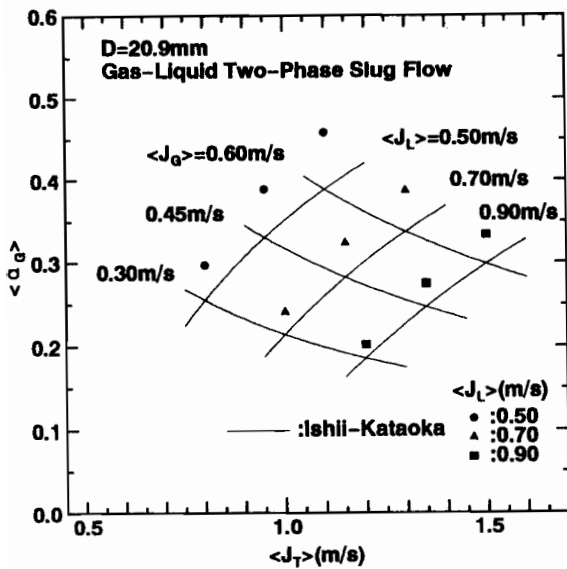
図5-6 気液二相スラグ流の気相体積率推算結果 (D=20.9mm)



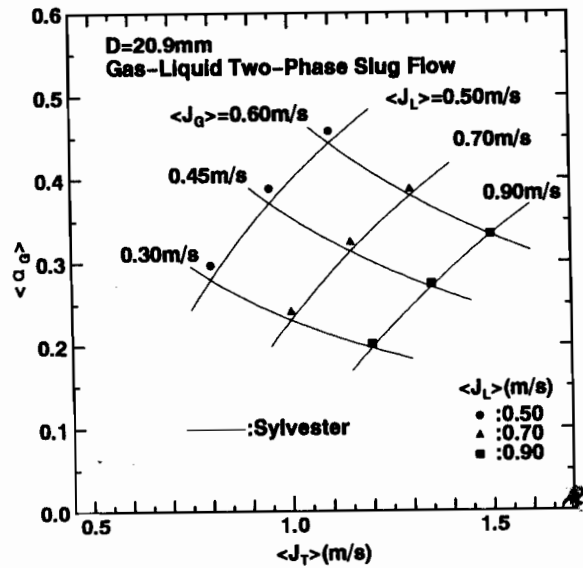
(e)



(f)

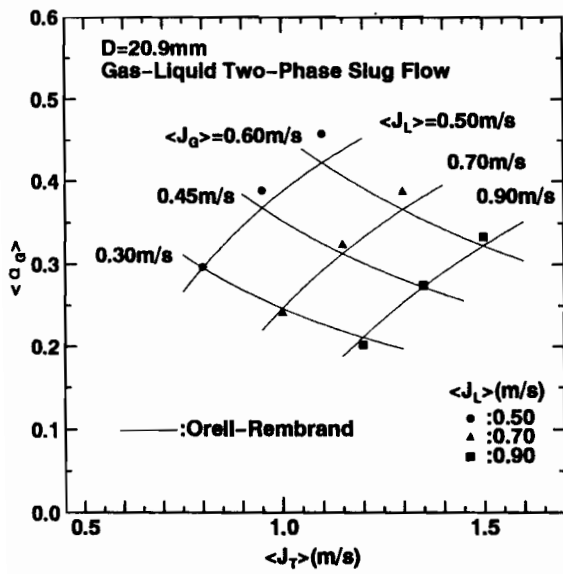


(g)

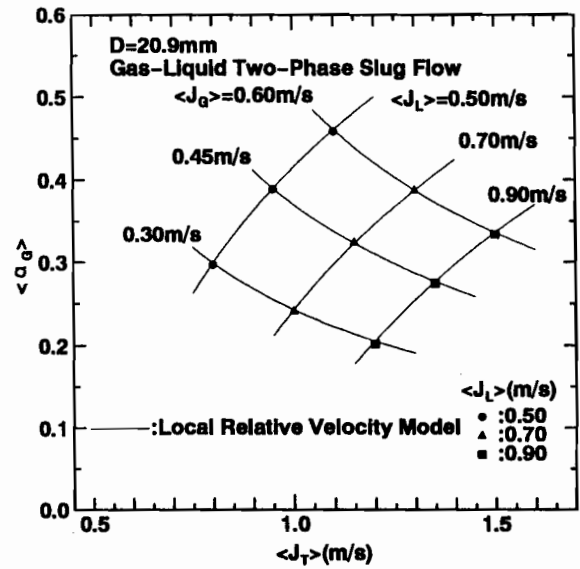


(h)

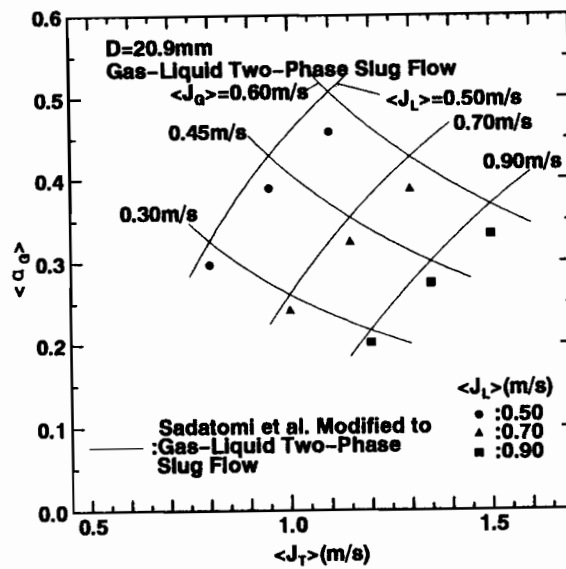
図5-6 気液二相スラグ流の気相体積率推算結果 (D=20.9mm)



(i)

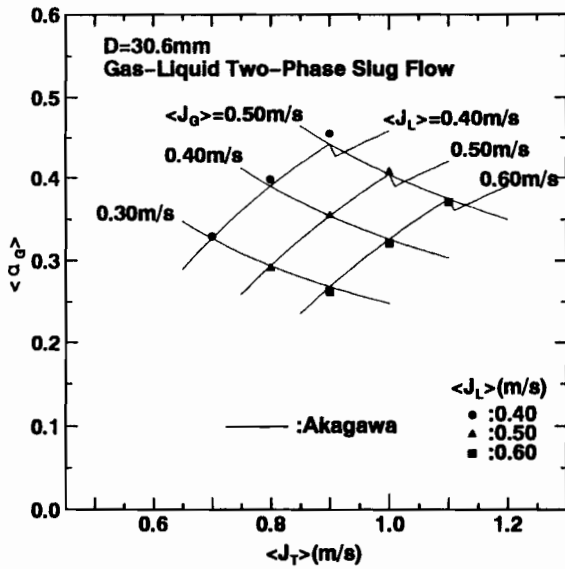


(j)

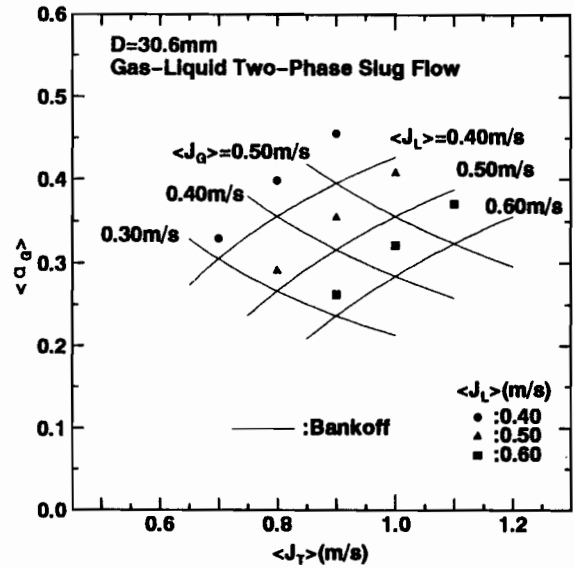


(k)

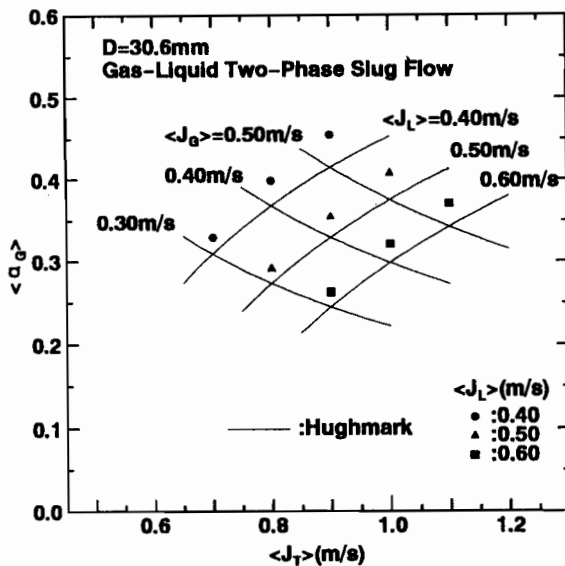
図5-6 気液二相スラグ流の気相体積率推算結果 (D=20.9mm)



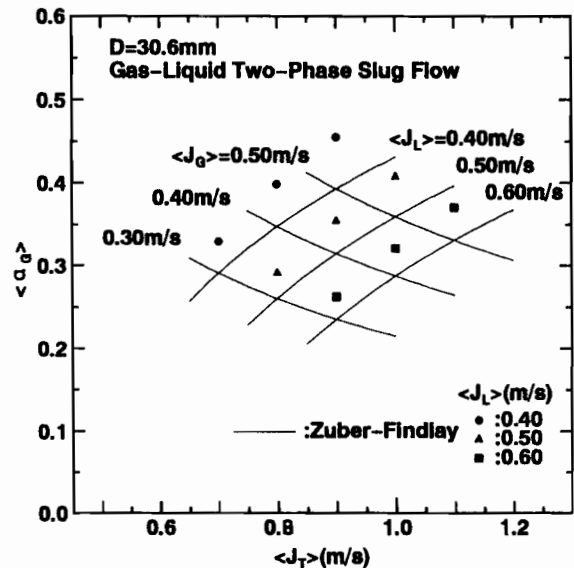
(a)



(b)

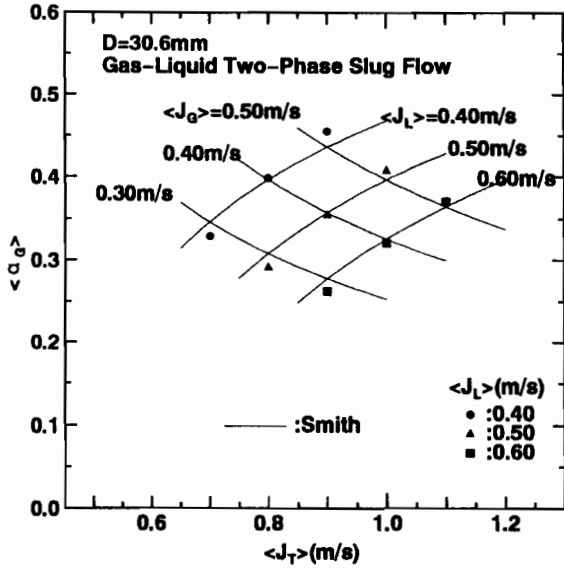


(c)

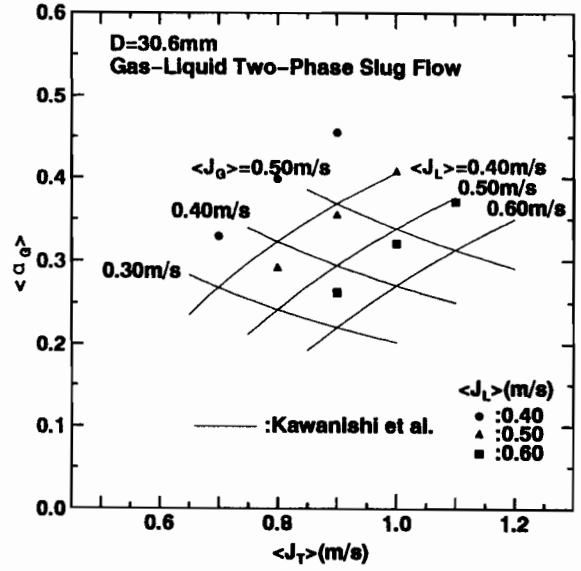


(d)

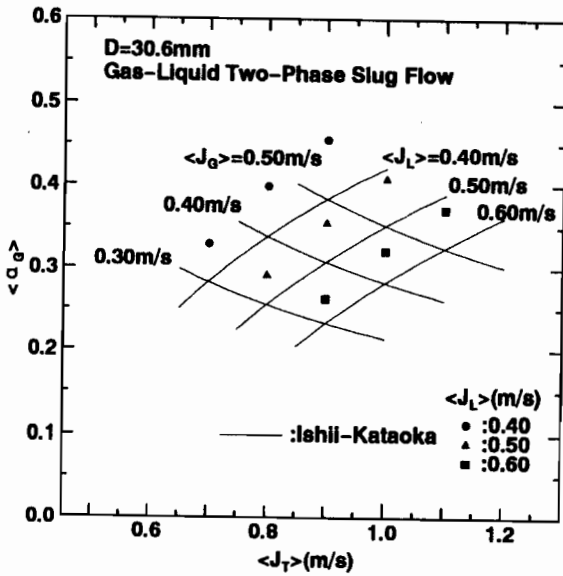
図5-7 気液二相スラグ流の気相体積率推算結果 (D=30.6mm)



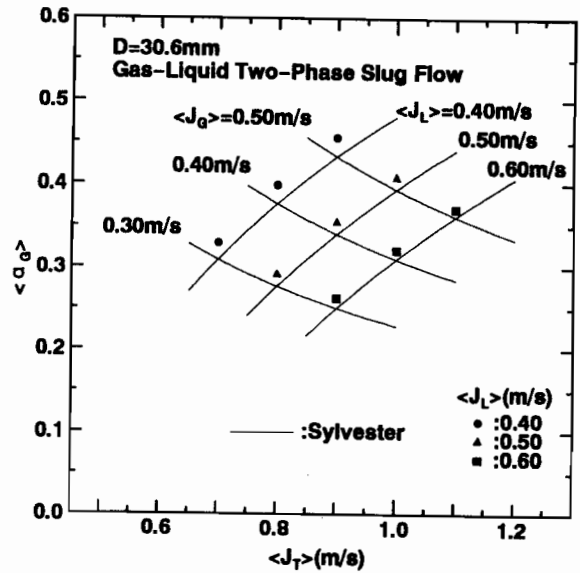
(e)



(f)

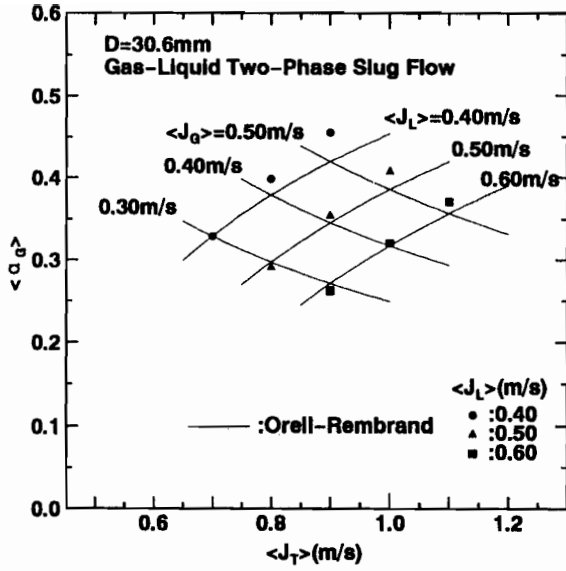


(g)

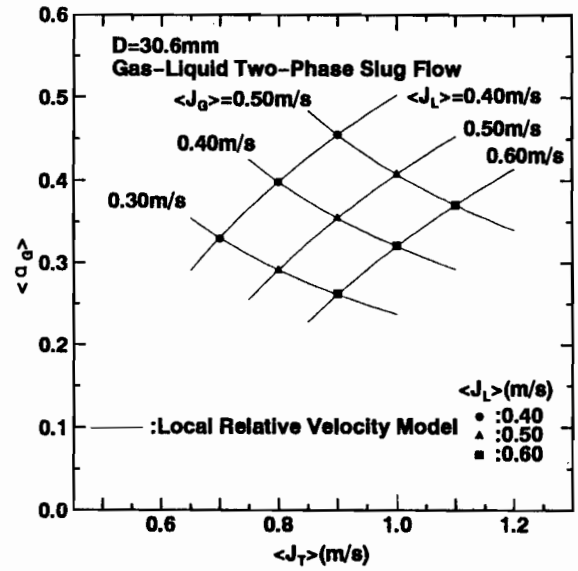


(h)

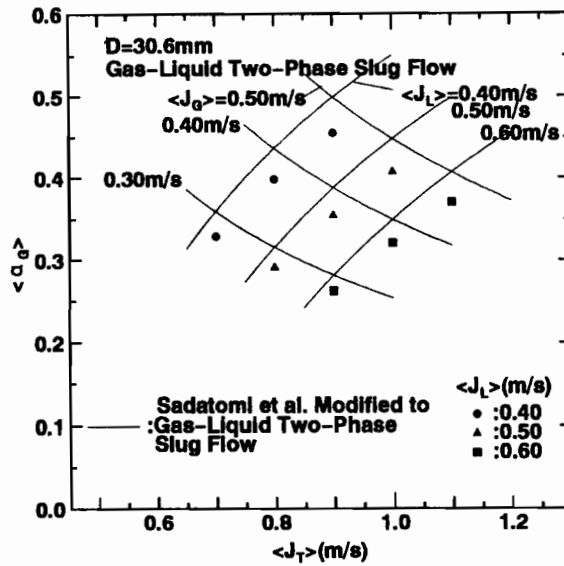
図5-7 気液二相スラグ流の気相体積率推算結果 (D=30.6mm)



(i)

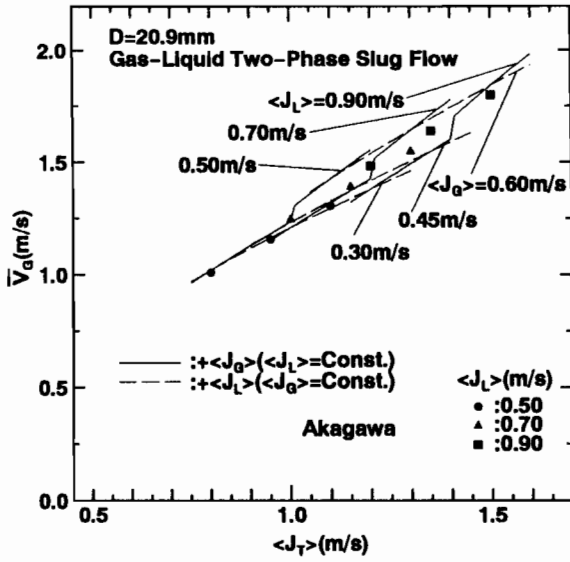


(j)

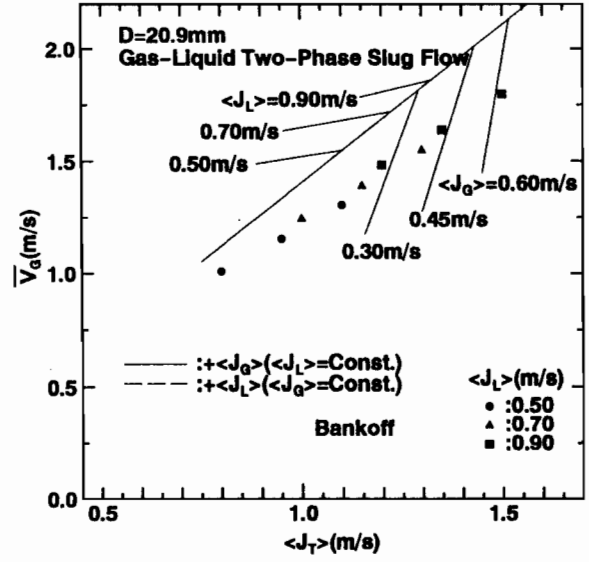


(k)

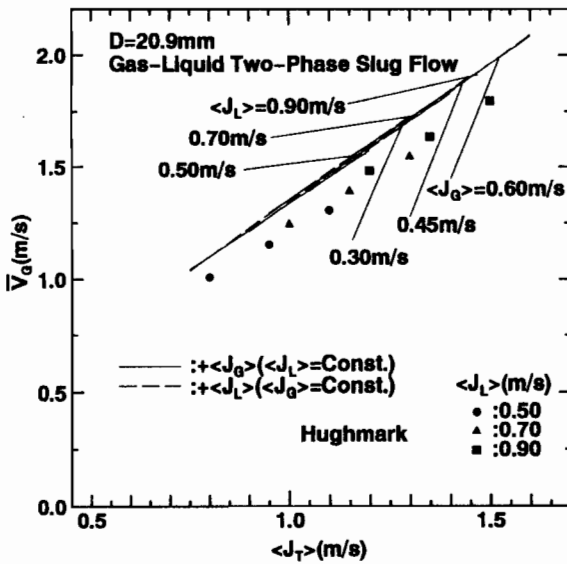
図5-7 気液二相スラグ流の気相体積率推算結果 (D=30.6mm)



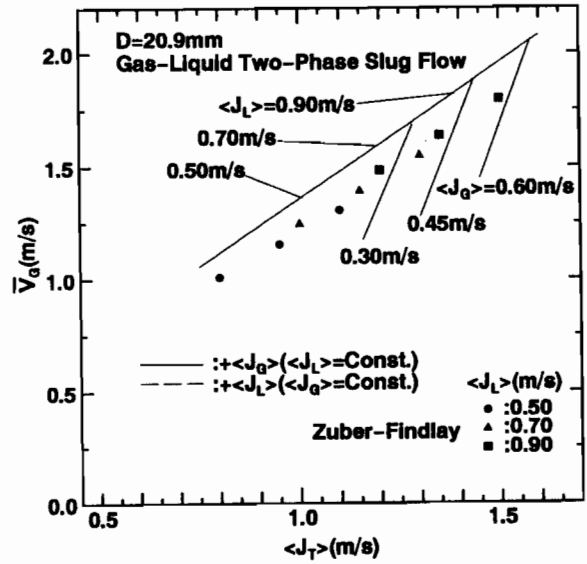
(a)



(b)



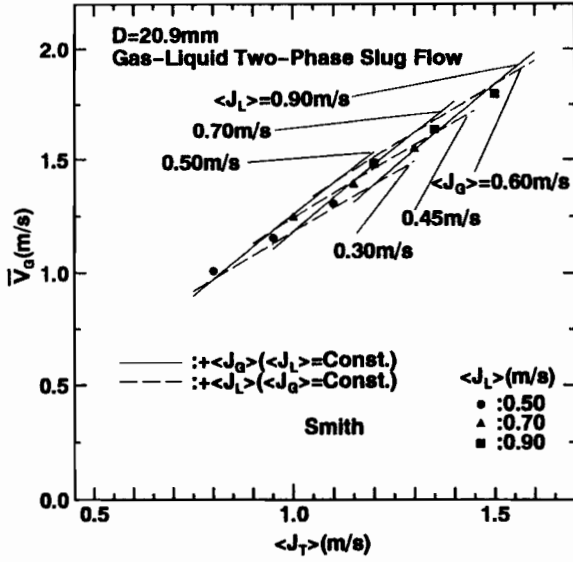
(c)



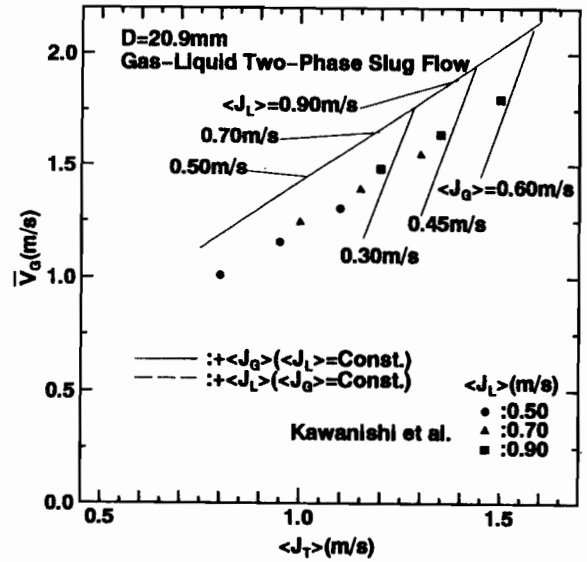
(d)

図5-8 気液二相スラグ流の気相平均速度推算結果 (D=20.9mm)

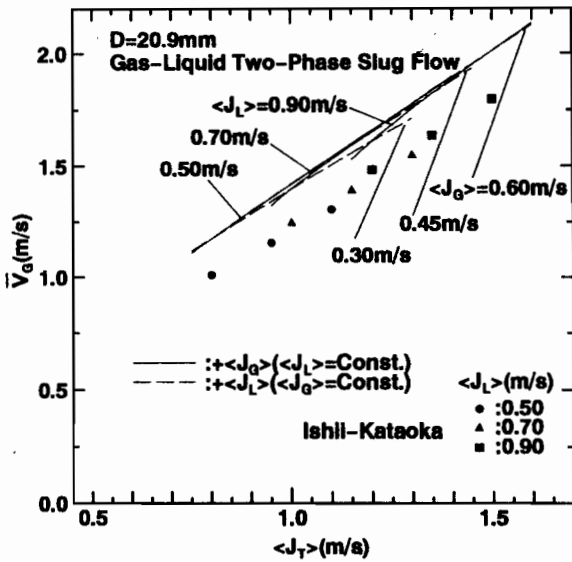




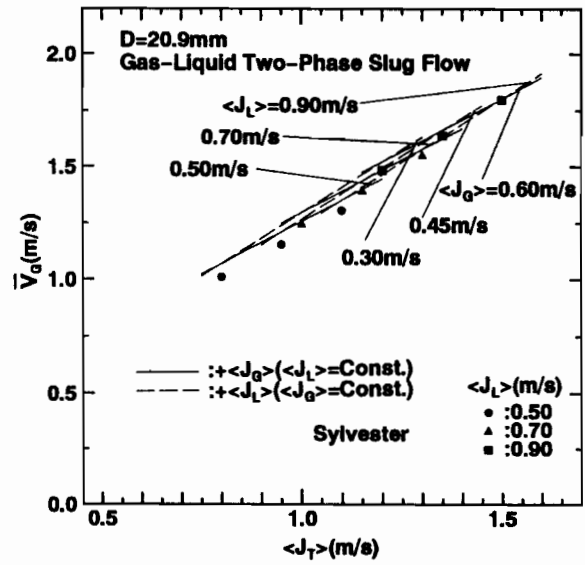
(e)



(f)

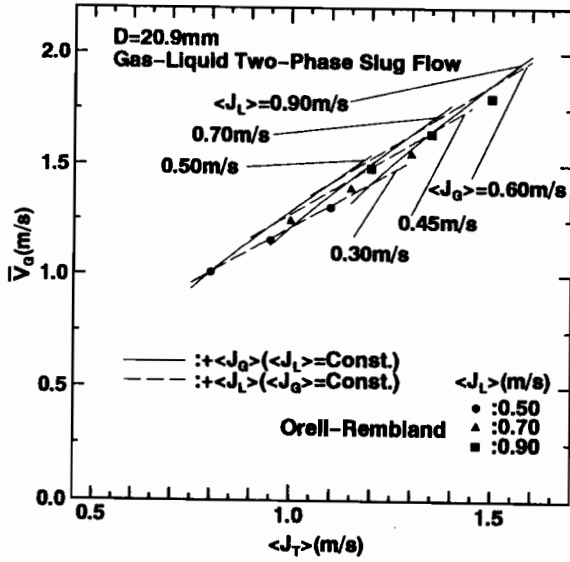


(g)

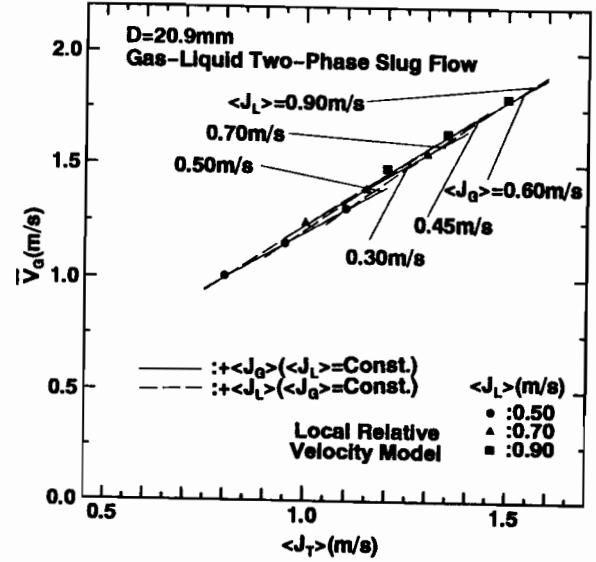


(h)

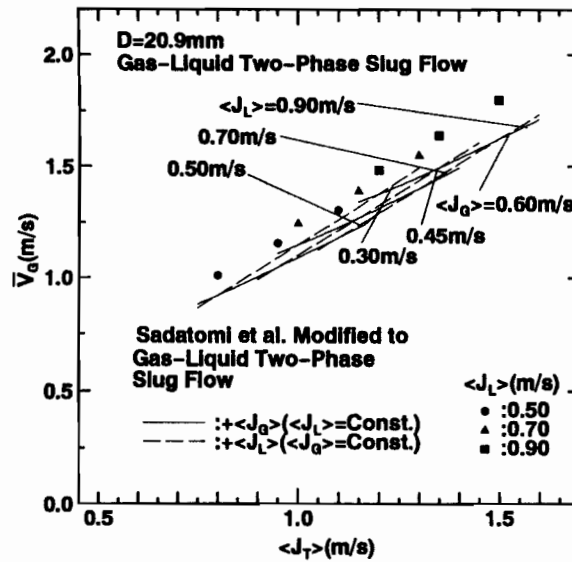
図5-8 気液二相スラグ流の気相平均速度推算結果 (D=20.9mm)



(i)

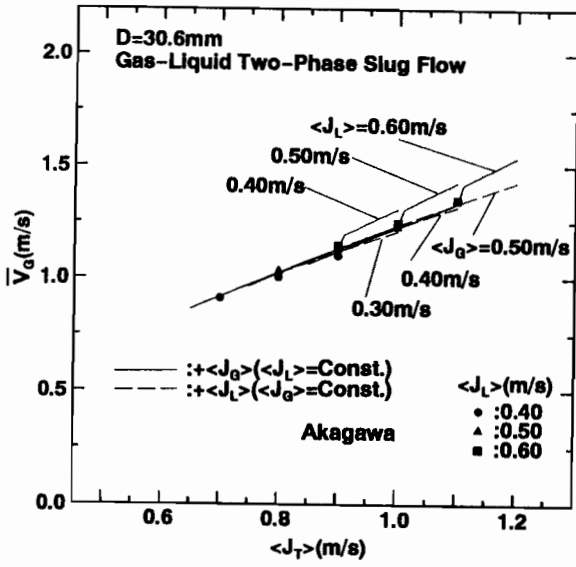


(j)

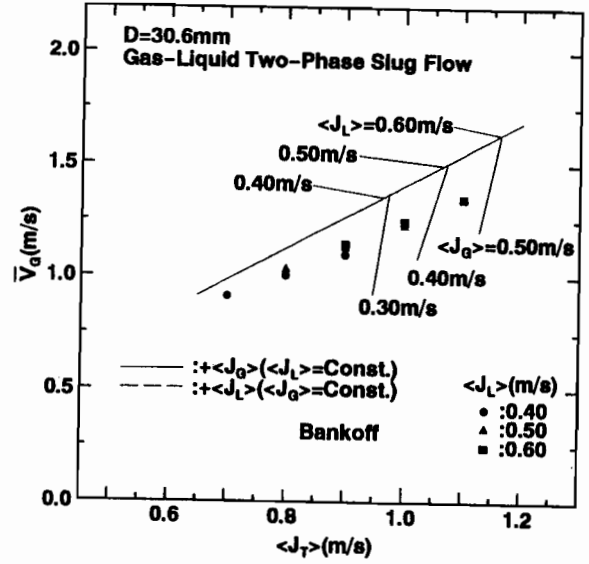


(k)

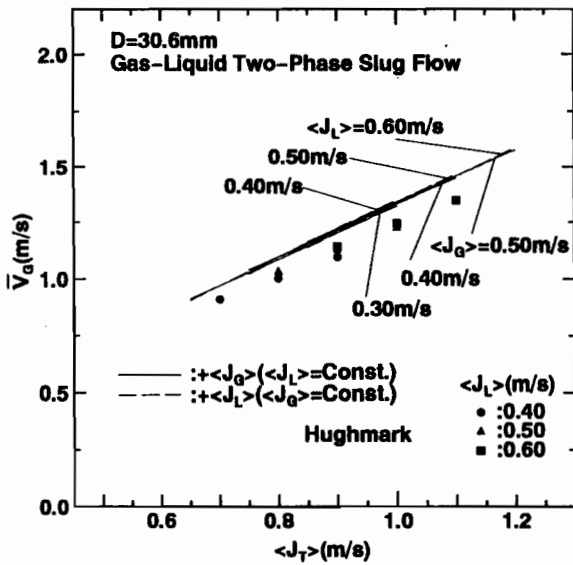
図5-8 気液二相スラグ流の気相平均速度推算結果 (D=20.9mm)



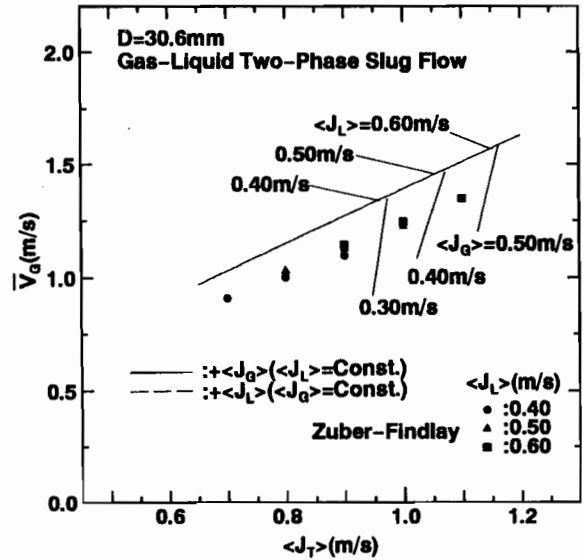
(a)



(b)

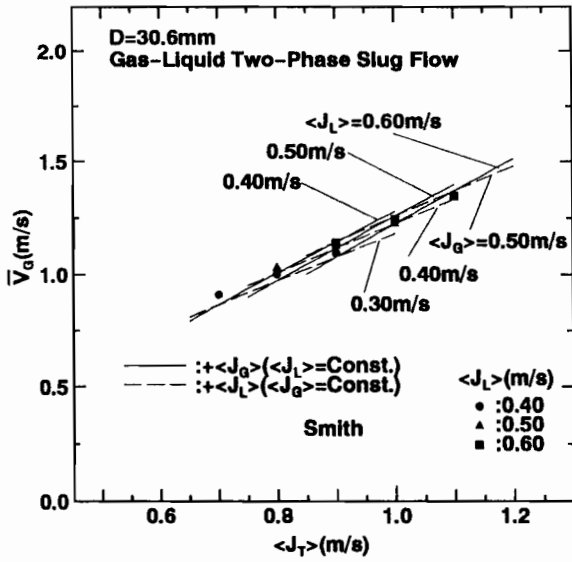


(c)

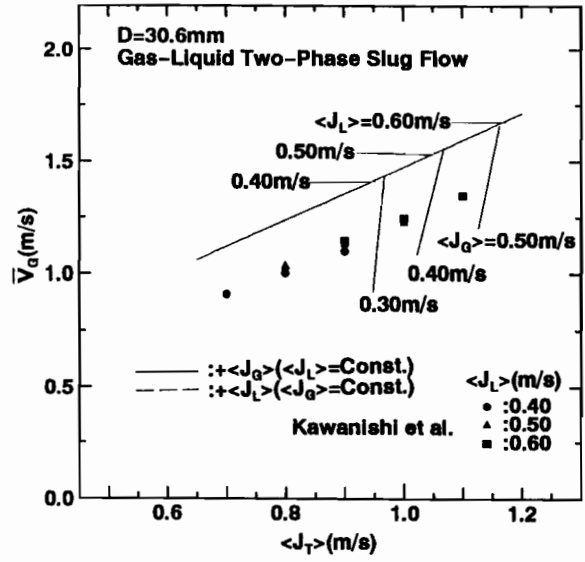


(d)

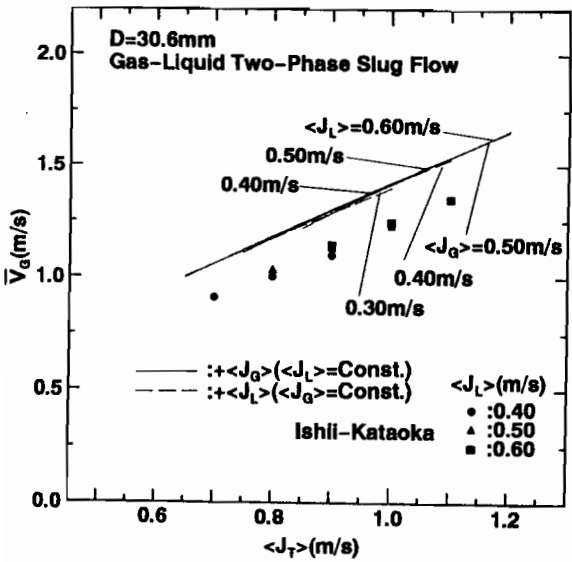
図5-9 気液二相スラグ流の気相平均速度推算結果 (D=30.6mm)



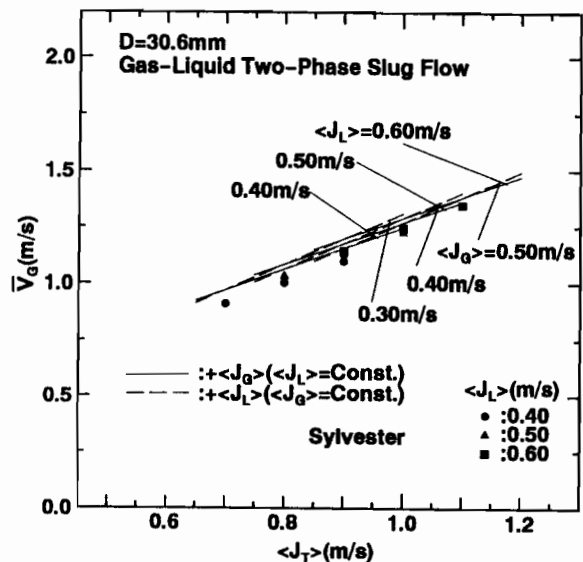
(e)



(f)

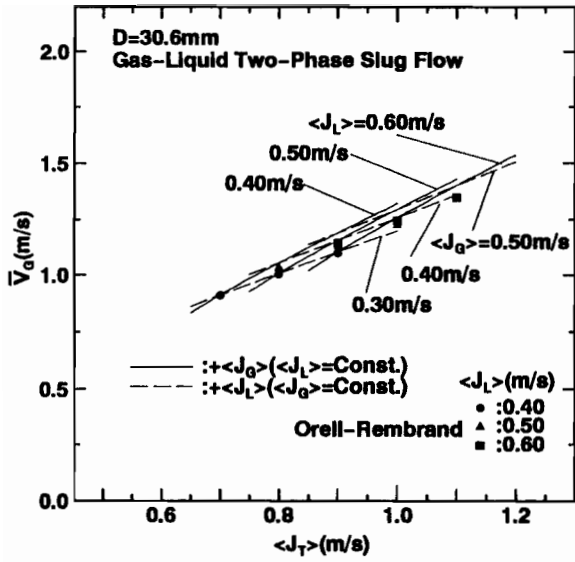


(g)

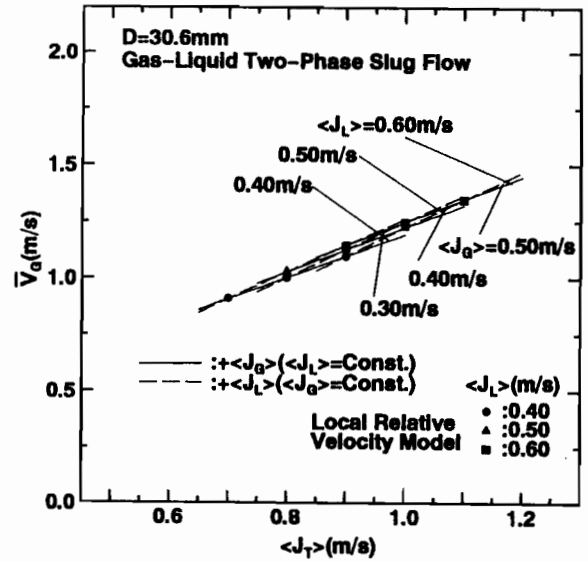


(h)

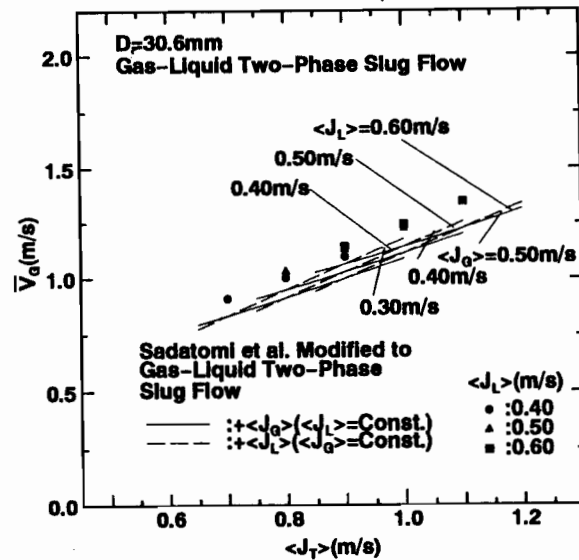
図5-9 気液二相スラグ流の気相平均速度推算結果 (D=30.6mm)



(i)



(j)



(k)

図5-9 気液二相スラグ流の気相平均速度推算結果 (D=30.6mm)

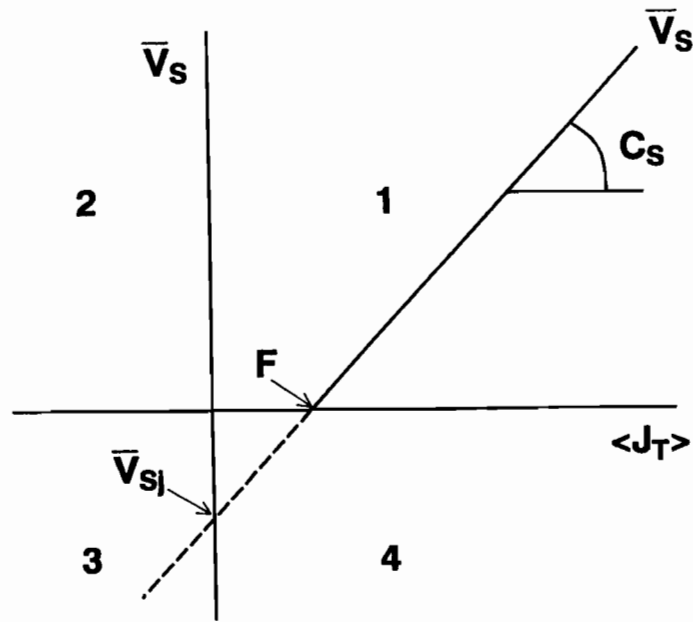


図5-10  $\langle J_T \rangle - \bar{V}_s$  平面

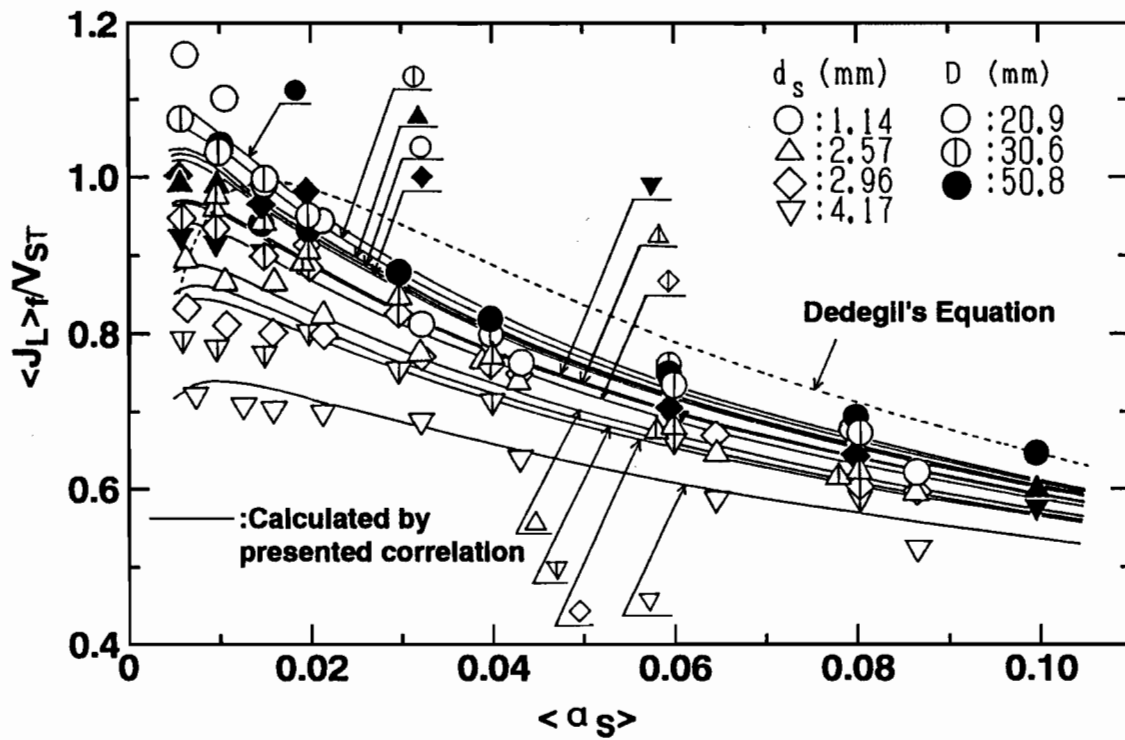


図5-11 自由沈降終速度  $V_{ST}$  で無次元化した浮遊体積流束  $\langle J_L \rangle_f$

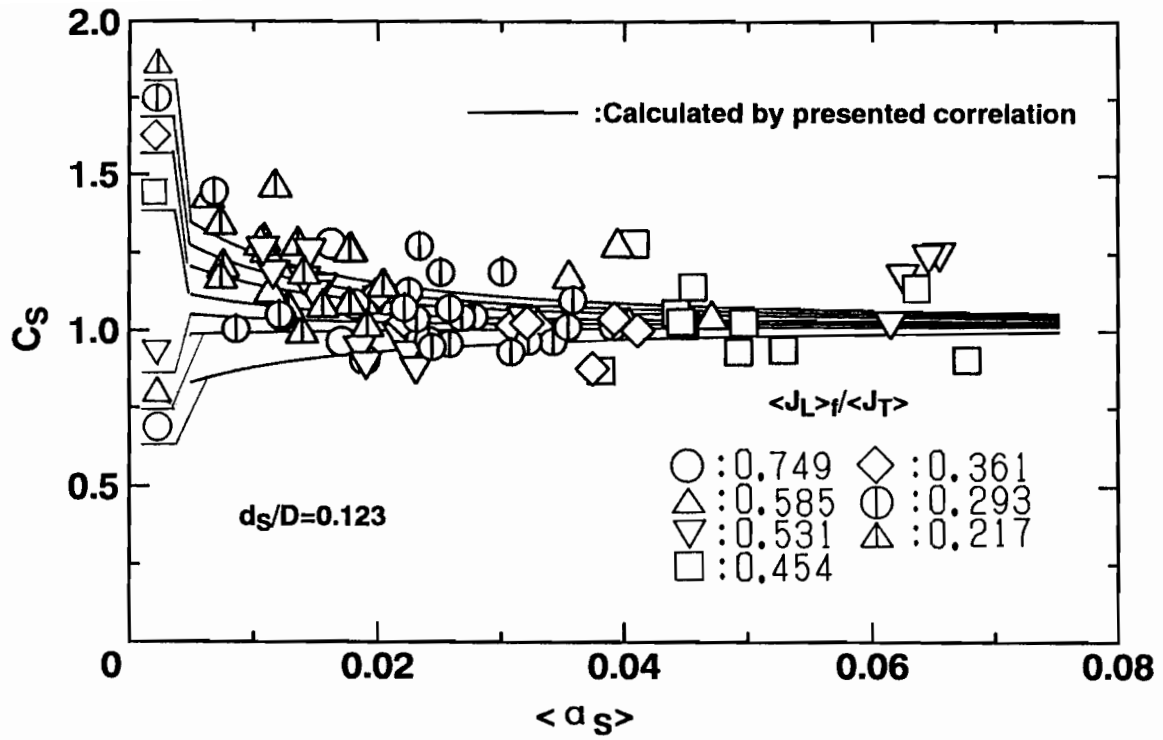


図5-12 固相の分布パラメータ  $C_s$

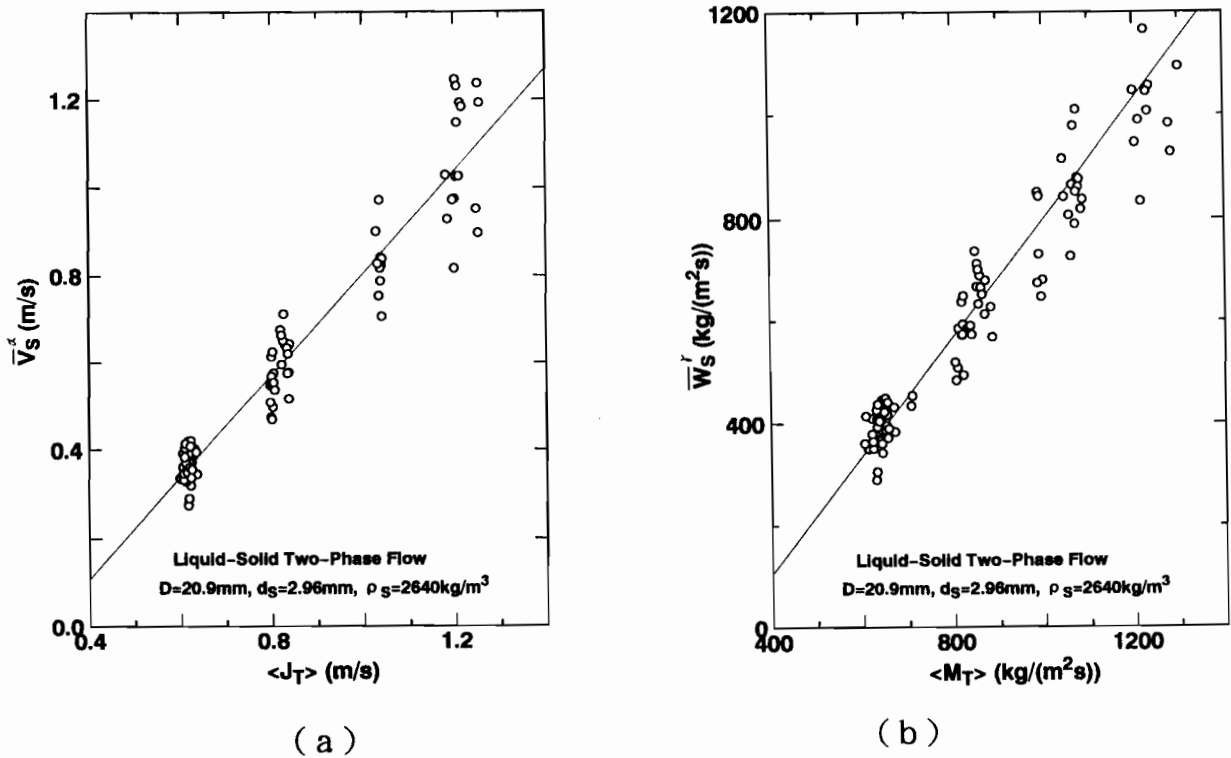
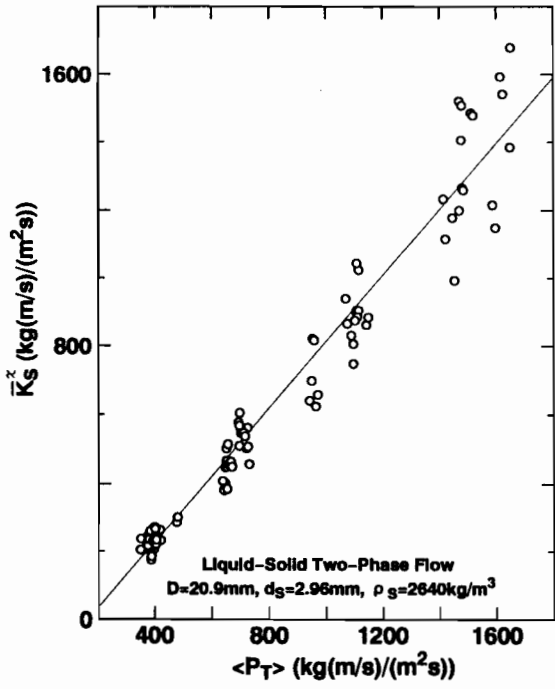
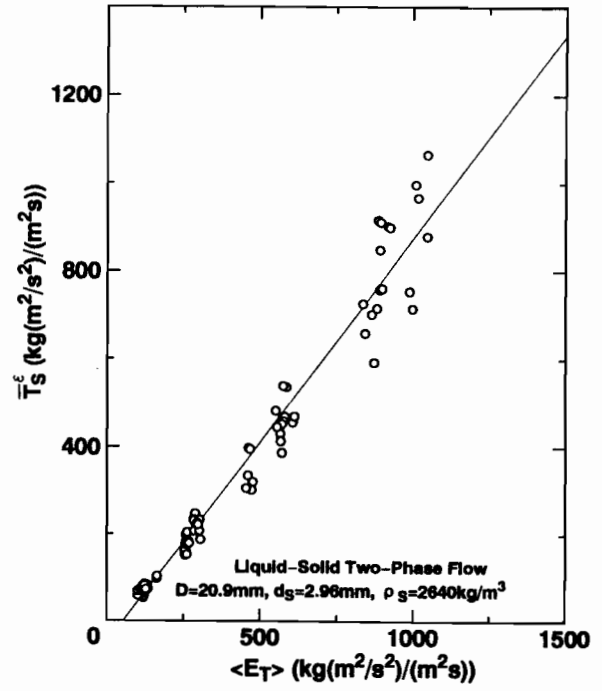


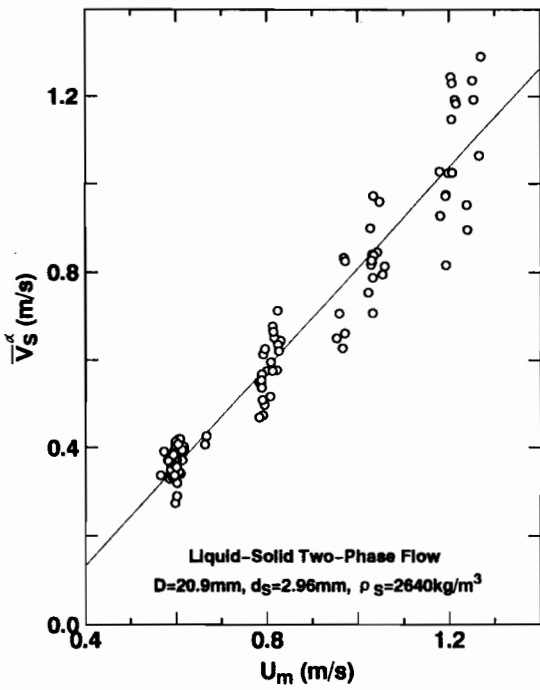
図5-13 固液二相流の各平面上での整理 ( $D=20.9\text{mm}$ 、 $d_s=2.96\text{mm}$ 、 $\rho_s=2640\text{kg/m}^3$ )



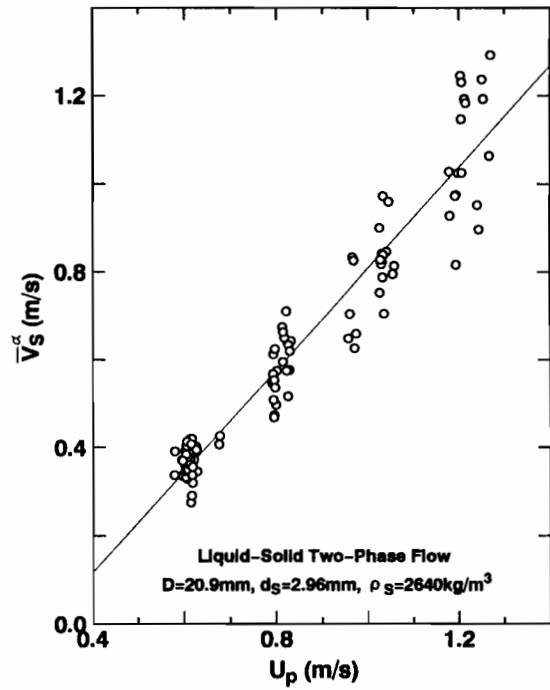
(c)



(d)



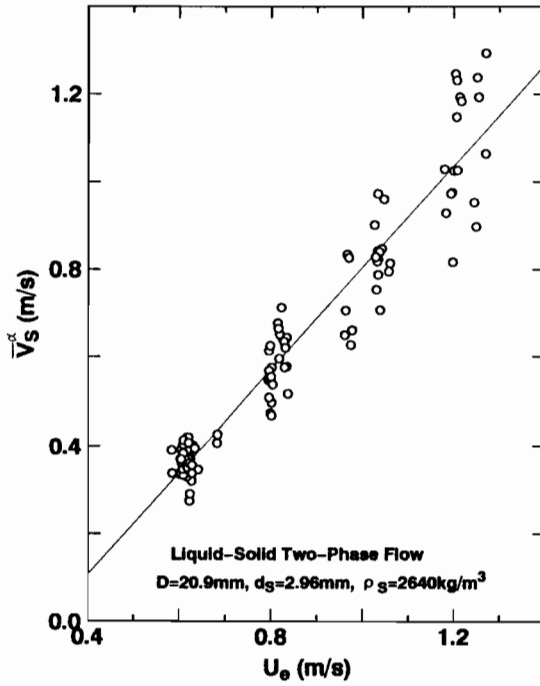
(e)



(f)

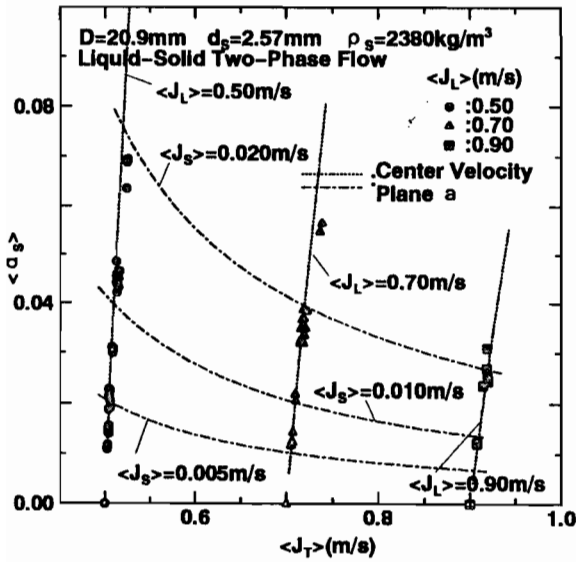
図5-13 固液二相流の各平面上での整理 ( $D=20.9\text{mm}$ 、 $d_s=2.96\text{mm}$ 、 $\rho_s=2640\text{kg/m}^3$ )



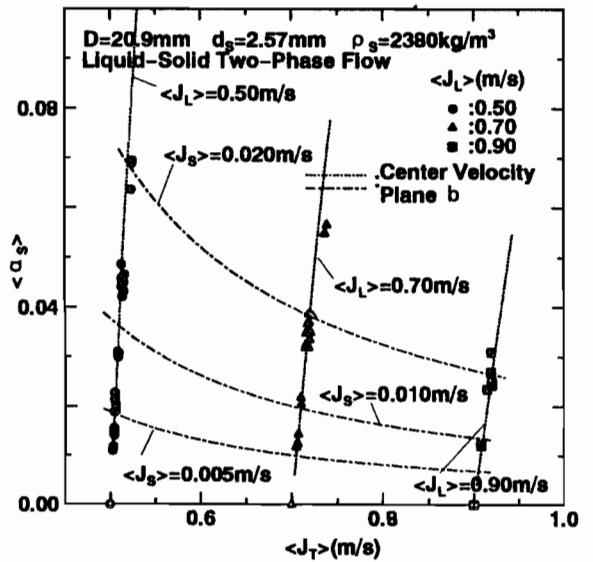


(g)

図5-13 固液二相流の各平面上での整理 ( $D=20.9\text{mm}$ 、 $d_s=2.96\text{mm}$ 、 $\rho_s=2640\text{kg/m}^3$ )

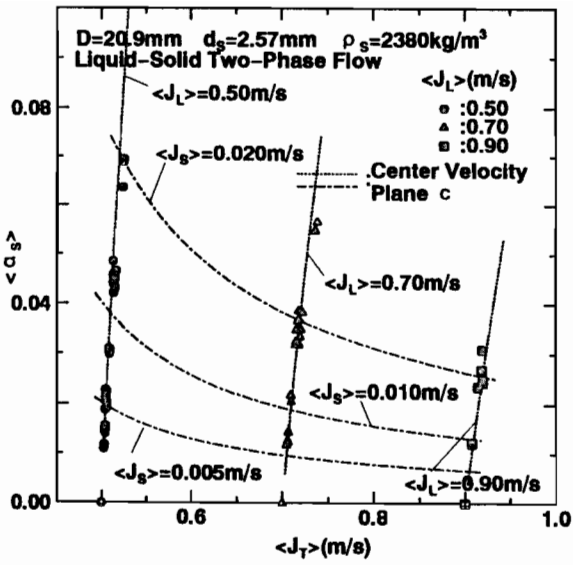


(a)

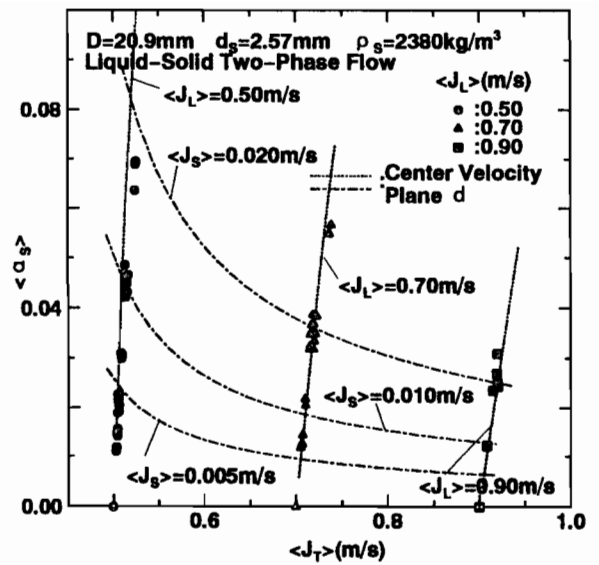


(b)

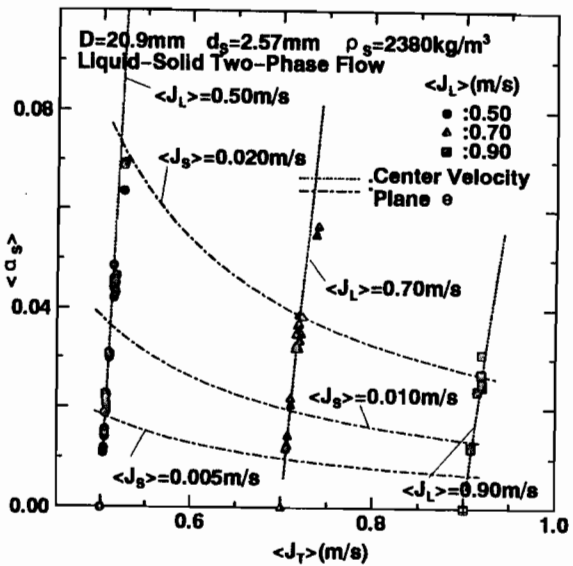
図5-14 固液二相流の固相体積率推算結果  
( $D=20.9\text{mm}$ 、 $d_s=2.57\text{mm}$ 、 $\rho_s=2380\text{kg/m}^3$ )



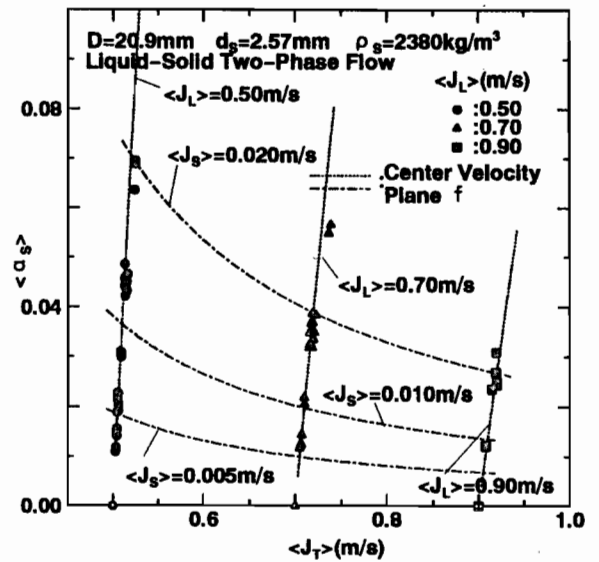
(c)



(d)



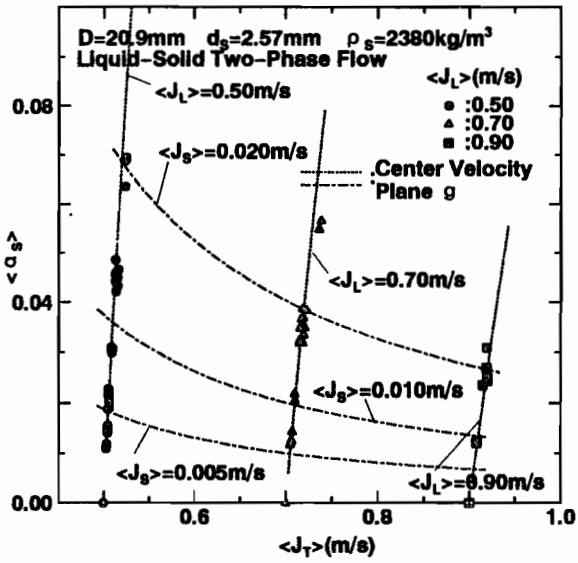
(e)



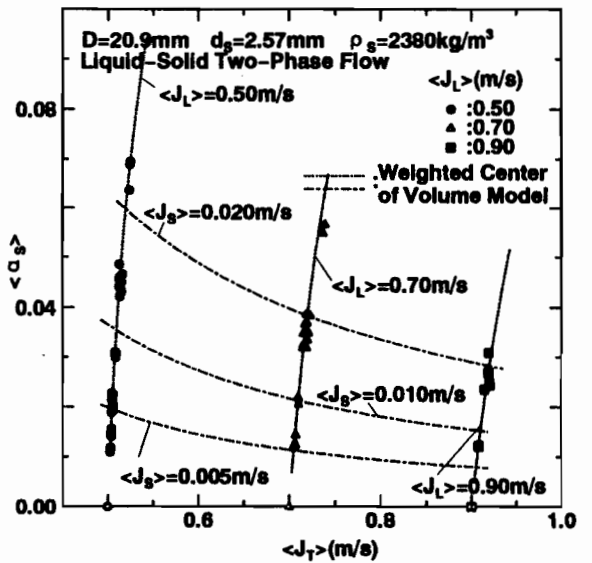
(f)

図 5-14 固液二相流の固相体積率推算結果

( $D=20.9\text{mm}$ 、 $d_s=2.57\text{mm}$ 、 $\rho_s=2380\text{kg/m}^3$ )

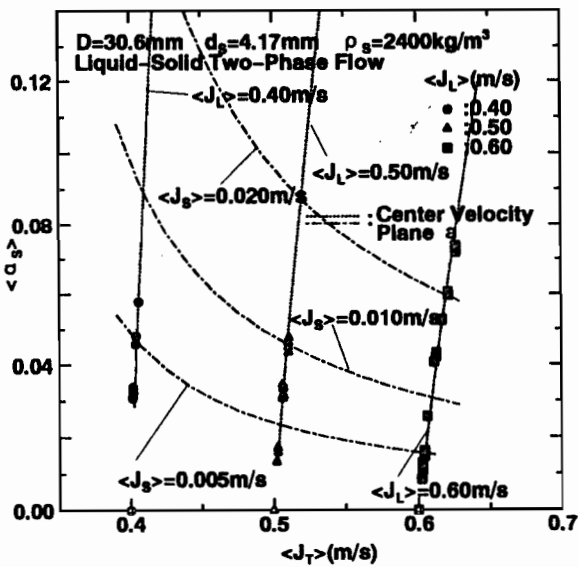


(g)

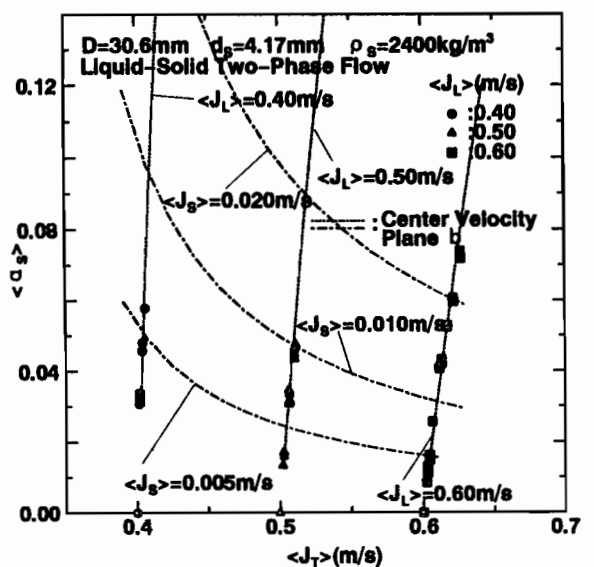


(h)

図5-14 固液二相流の固相体積率推算結果  
( $D=20.9\text{mm}$ 、 $d_s=2.57\text{mm}$ 、 $\rho_s=2380\text{kg/m}^3$ )

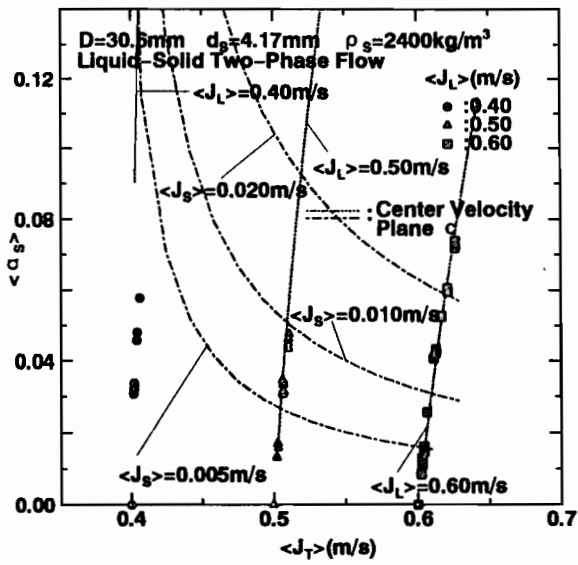


(a)

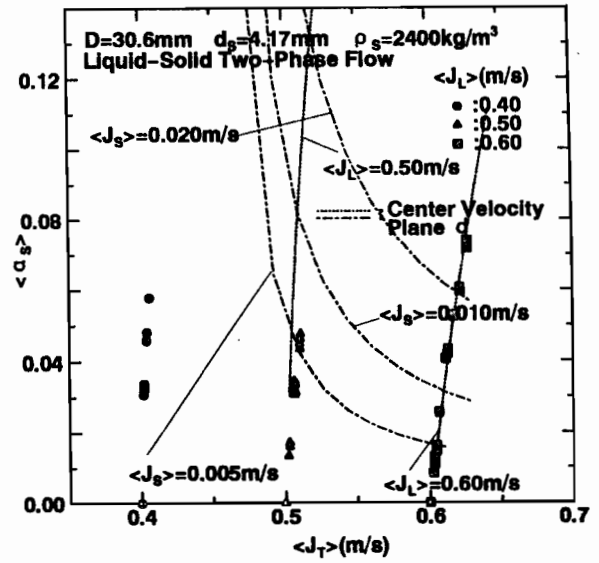


(b)

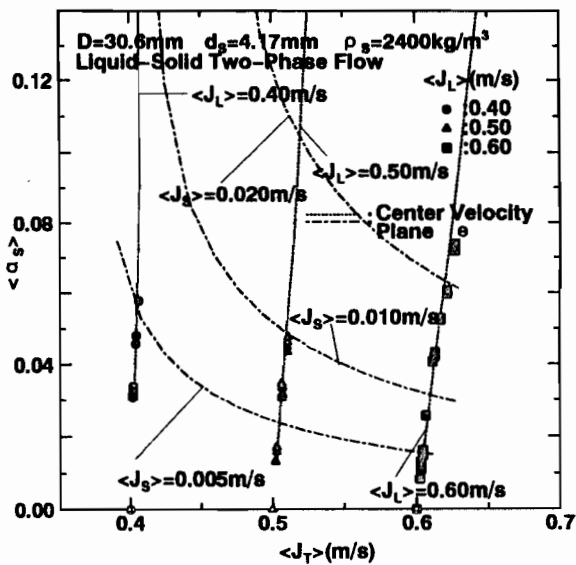
図5-15 固液二相流の固相体積率推算結果  
( $D=30.6\text{mm}$ 、 $d_s=4.17\text{mm}$ 、 $\rho_s=2400\text{kg/m}^3$ )



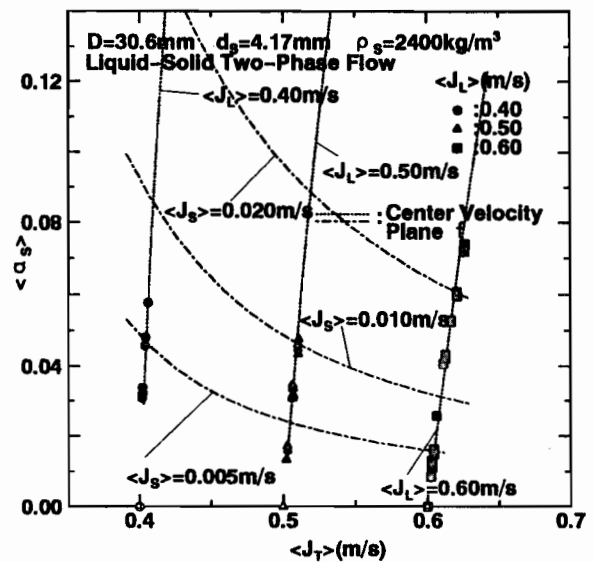
(c)



(d)

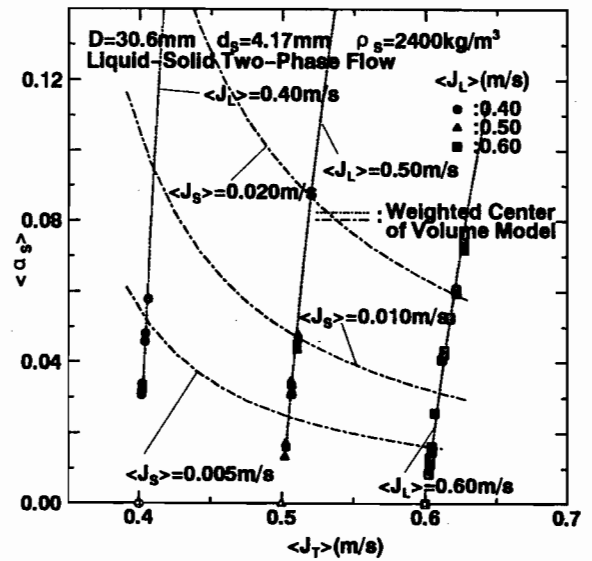
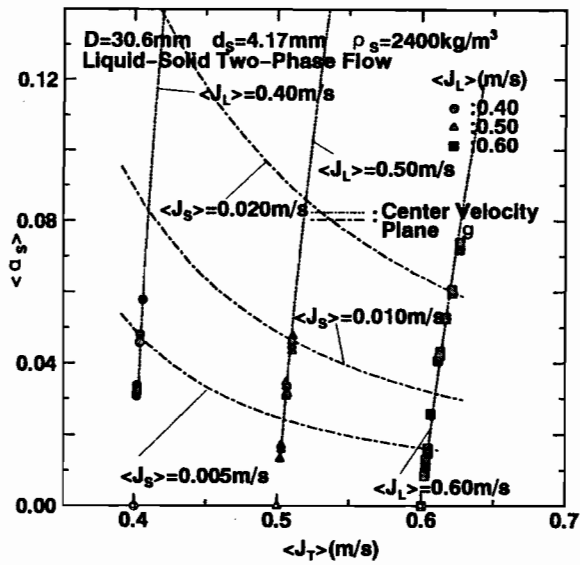


(e)



(f)

図5-15 固液二相流の固相体積率推算結果  
 ( $D=30.6\text{mm}$ 、 $d_s=4.17\text{mm}$ 、 $\rho_s=2400\text{kg/m}^3$ )

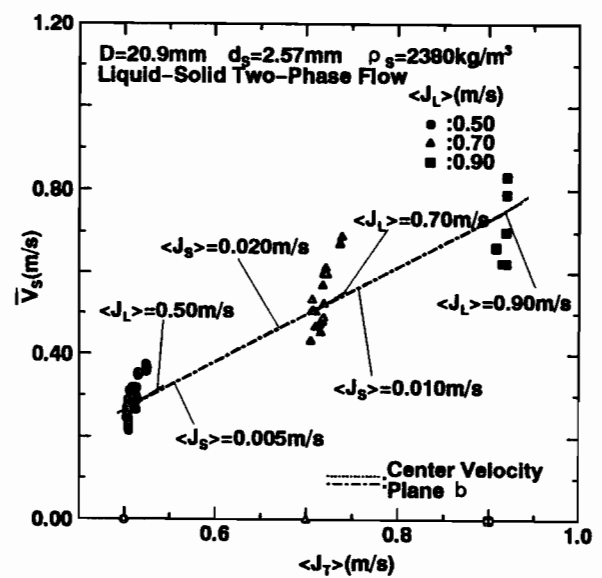
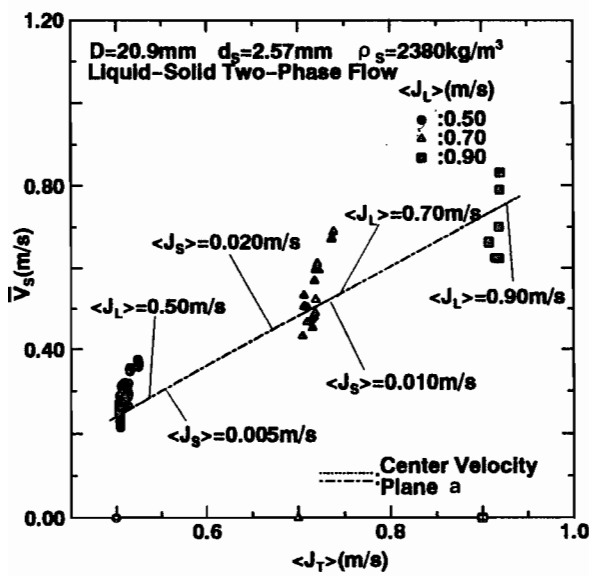


(g)

(h)

図 5-15 固液二相流の固相体積率推算結果

( $D=30.6\text{mm}$ 、 $d_s=4.17\text{mm}$ 、 $\rho_s=2400\text{kg/m}^3$ )

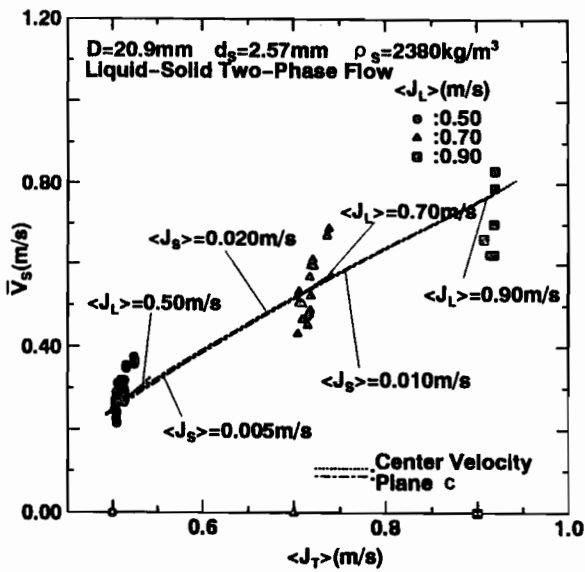


(a)

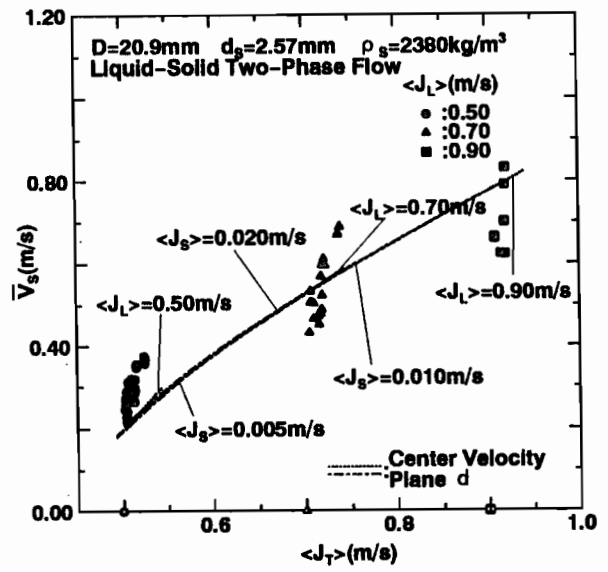
(b)

図 5-16 固液二相流の固相平均速度推算結果

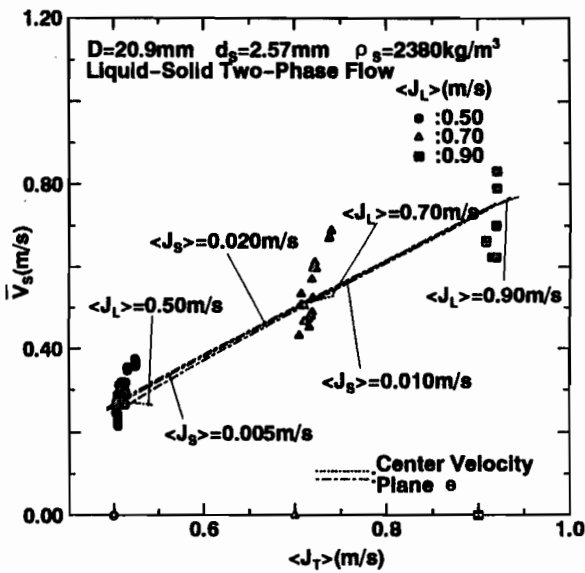
( $D=20.9\text{mm}$ 、 $d_s=2.57\text{mm}$ 、 $\rho_s=2380\text{kg/m}^3$ )



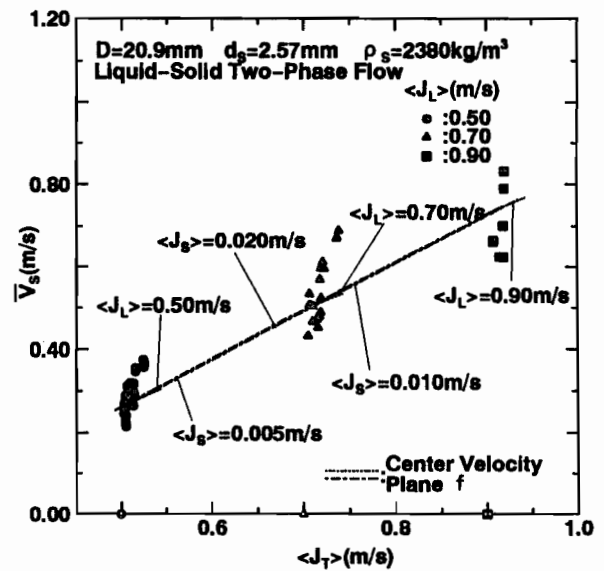
(c)



(d)

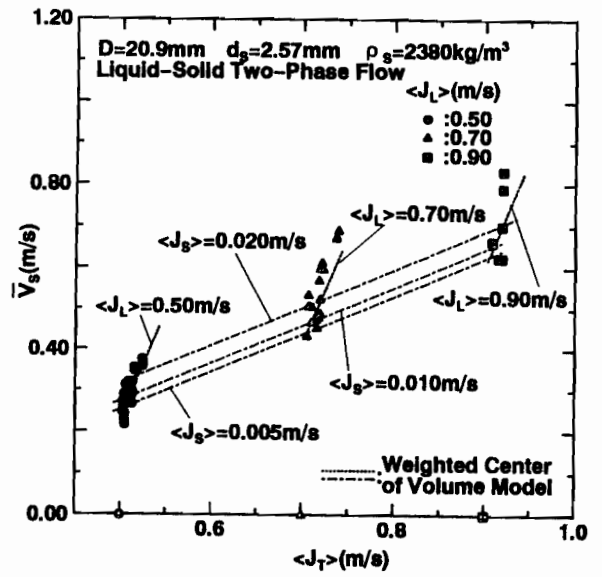
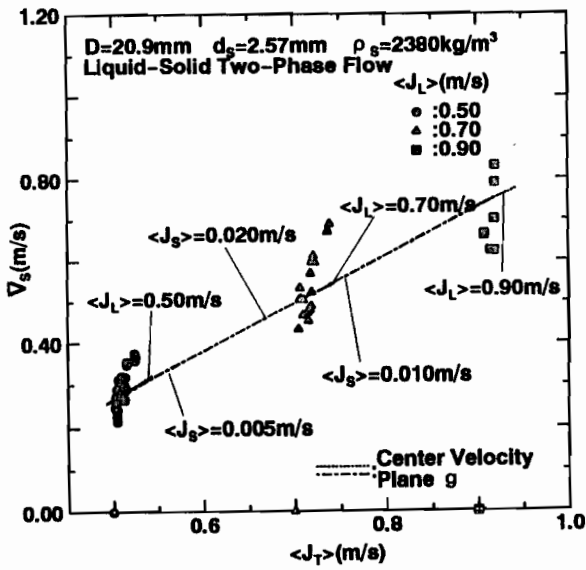


(e)



(f)

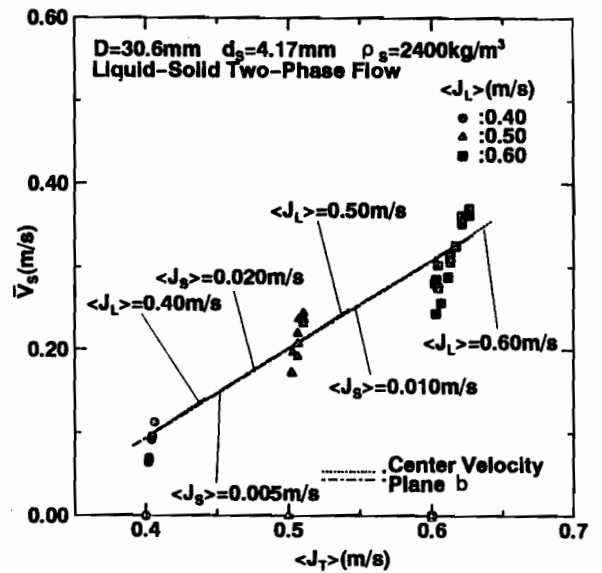
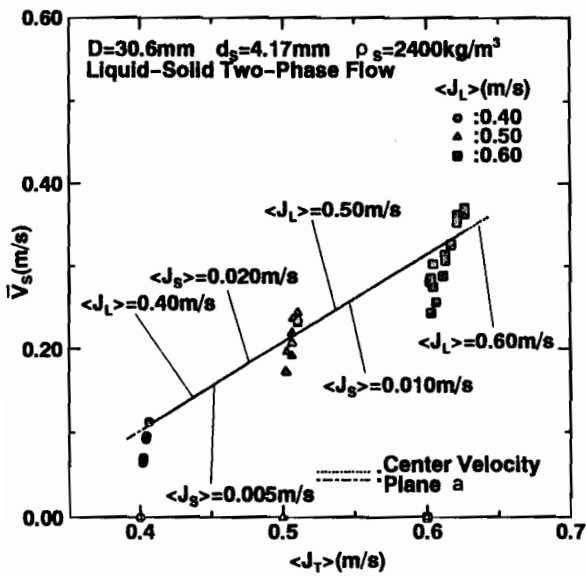
図5-16 固液二相流の固相平均速度推算結果  
( $D=20.9\text{mm}$ 、 $d_s=2.57\text{mm}$ 、 $\rho_s=2380\text{kg/m}^3$ )



(g)

(h)

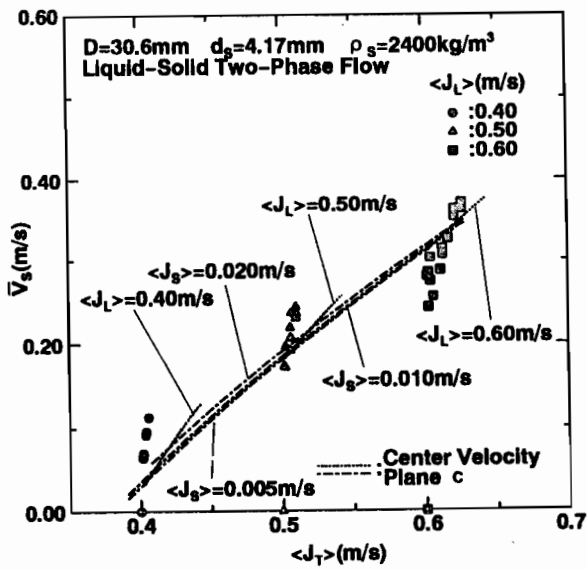
図5-16 固液二相流の固相平均速度推算結果  
( $D=20.9\text{mm}$ 、 $d_s=2.57\text{mm}$ 、 $\rho_s=2380\text{kg/m}^3$ )



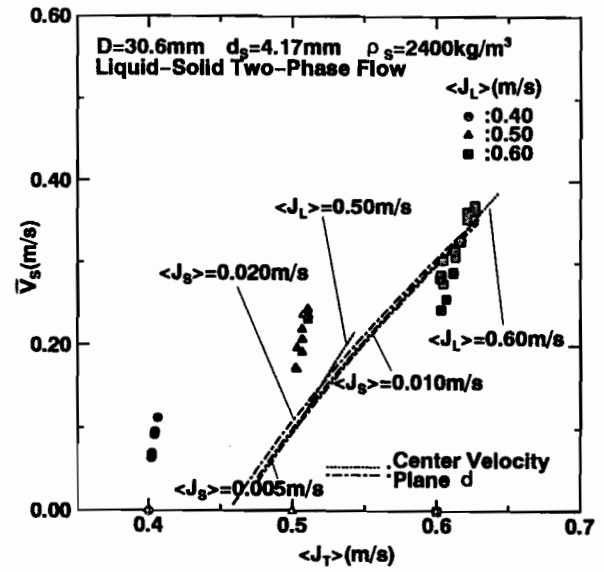
(a)

(b)

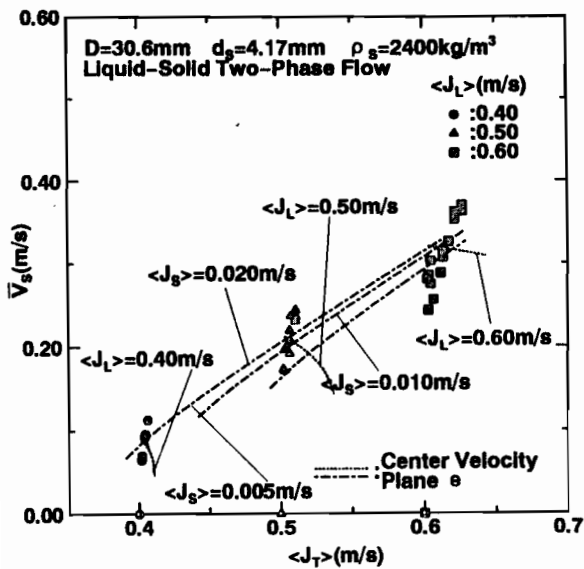
図5-17 固液二相流の固相平均速度推算結果  
( $D=30.6\text{mm}$ 、 $d_s=4.17\text{mm}$ 、 $\rho_s=2400\text{kg/m}^3$ )



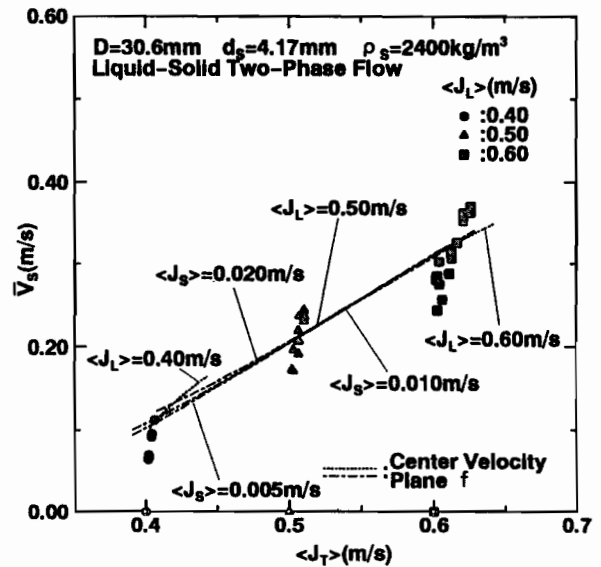
(c)



(d)



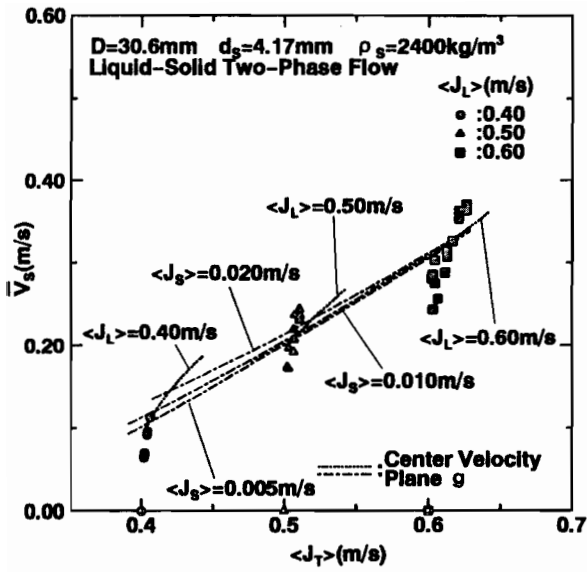
(e)



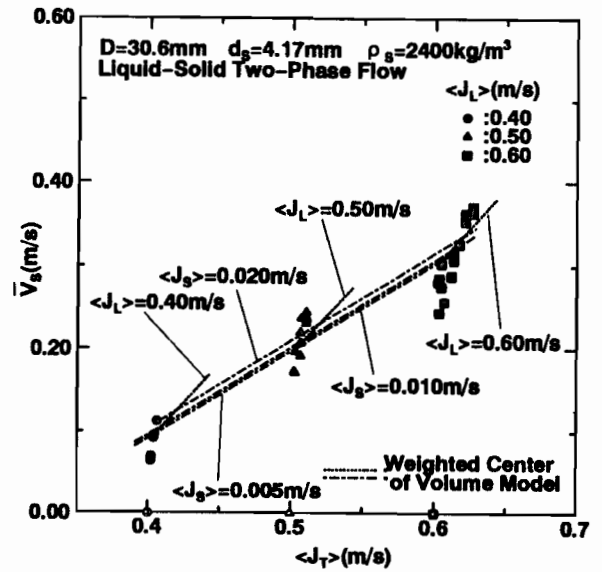
(f)

図5-17 固液二相流の固相平均速度推算結果  
( $D=30.6\text{mm}$ 、 $d_s=4.17\text{mm}$ 、 $\rho_s=2400\text{kg/m}^3$ )



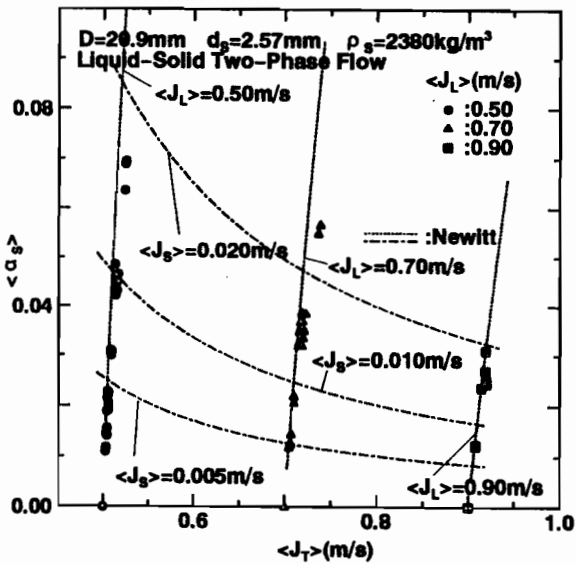


(g)

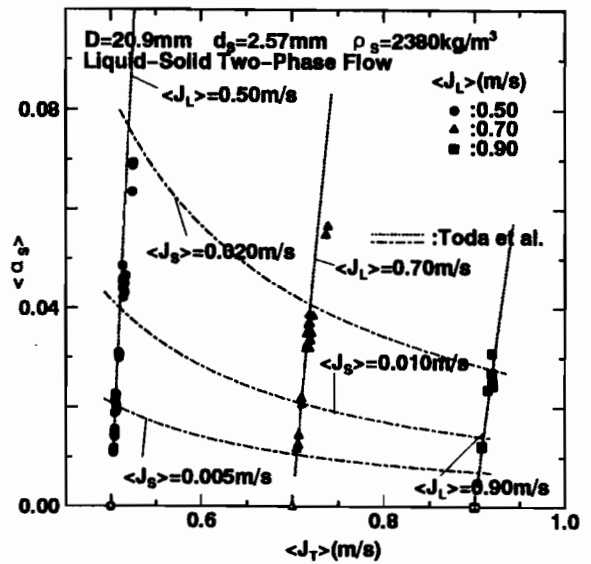


(h)

図5-17 固液二相流の固相平均速度推算結果

(D=30.6mm、 $d_s=4.17\text{mm}$ 、 $\rho_s=2400\text{kg/m}^3$ )

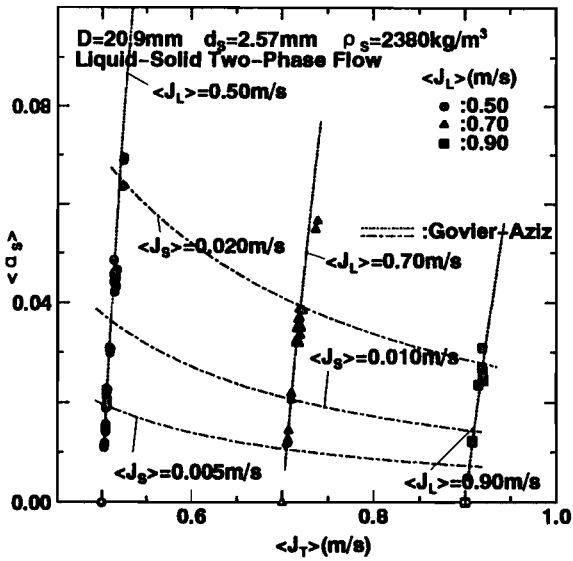
(a)



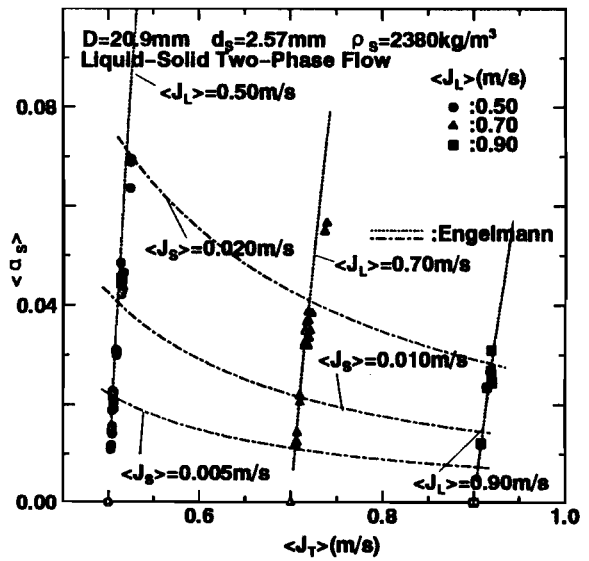
(b)

図5-18 固液二相流の固相体積率推算結果

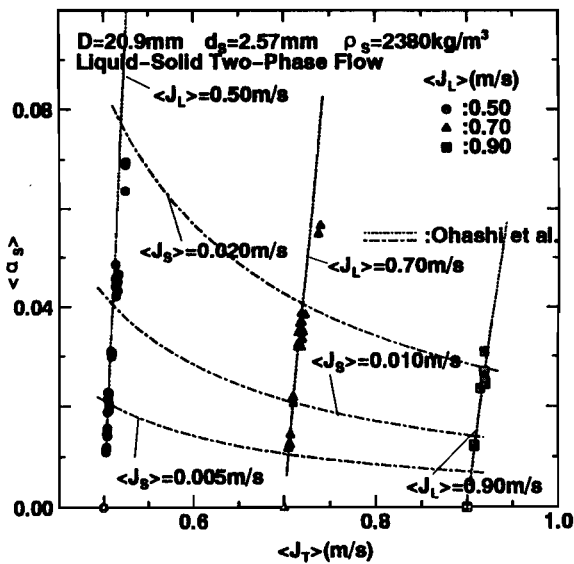
(D=20.9mm、 $d_s=2.57\text{mm}$ 、 $\rho_s=2380\text{kg/m}^3$ )



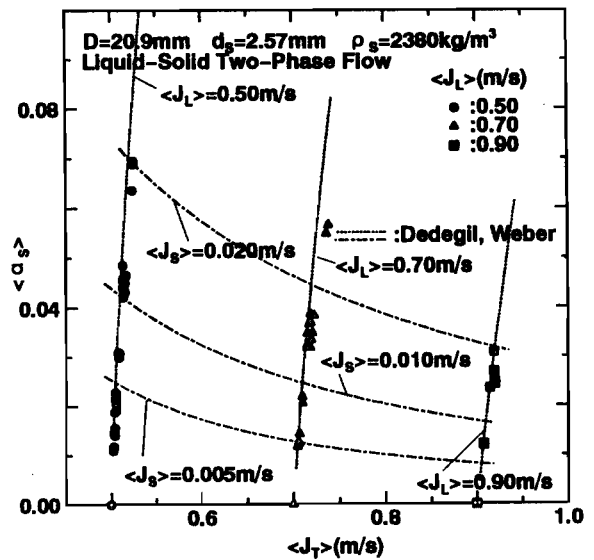
(c)



(d)

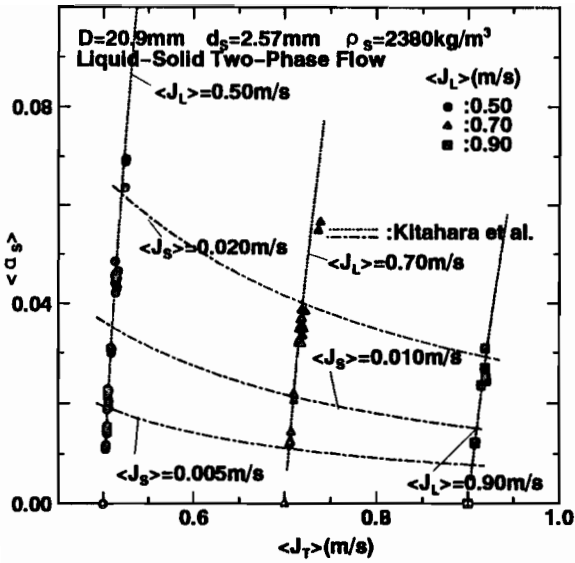


(e)

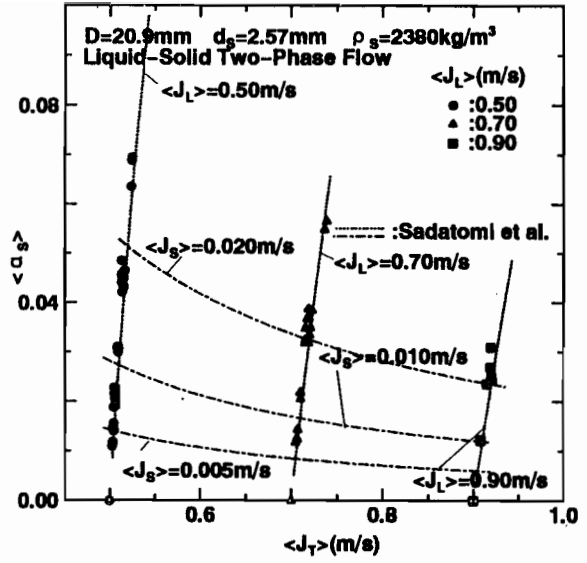


(f)

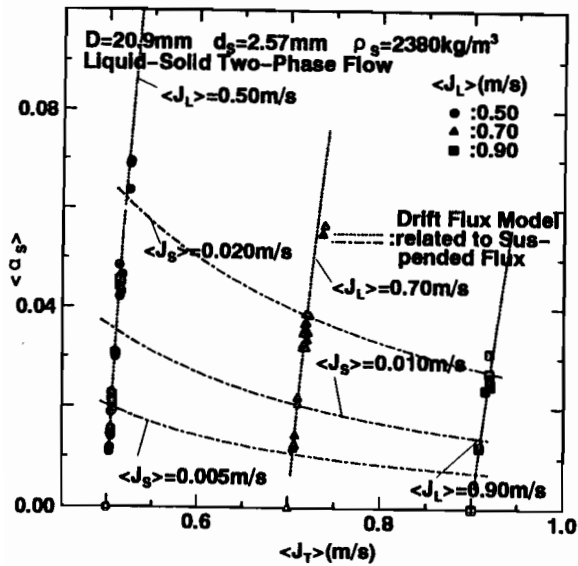
図5-18 固液二相流の固相体積率推算結果  
( $D=20.9\text{mm}$ 、 $d_s=2.57\text{mm}$ 、 $\rho_s=2380\text{kg/m}^3$ )



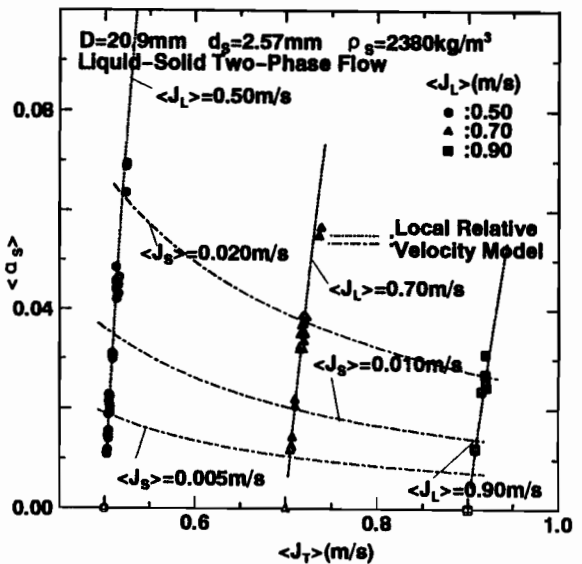
(g)



(h)

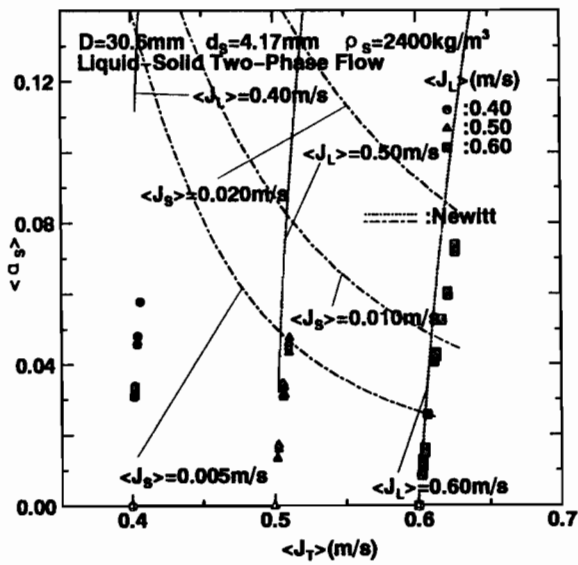


(i)

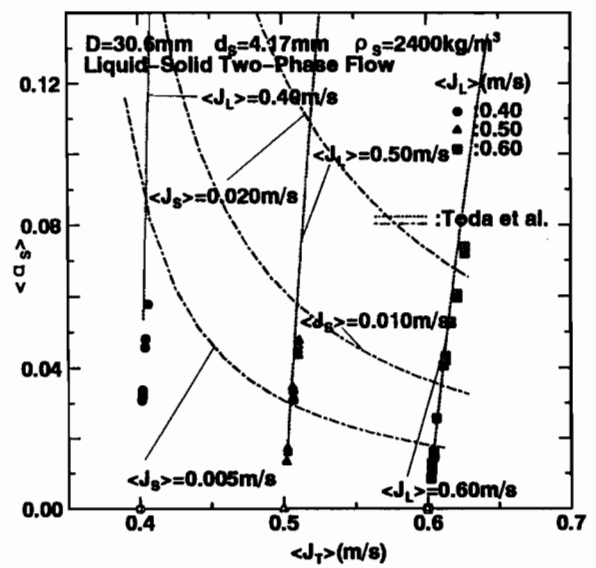


(j)

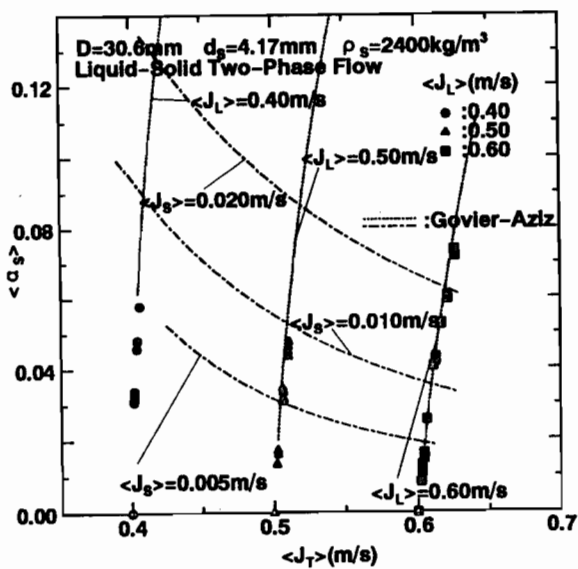
図5-18 固液二相流の固相体積率推算結果  
( $D=20.9\text{mm}$ 、 $d_s=2.57\text{mm}$ 、 $\rho_s=2380\text{kg/m}^3$ )



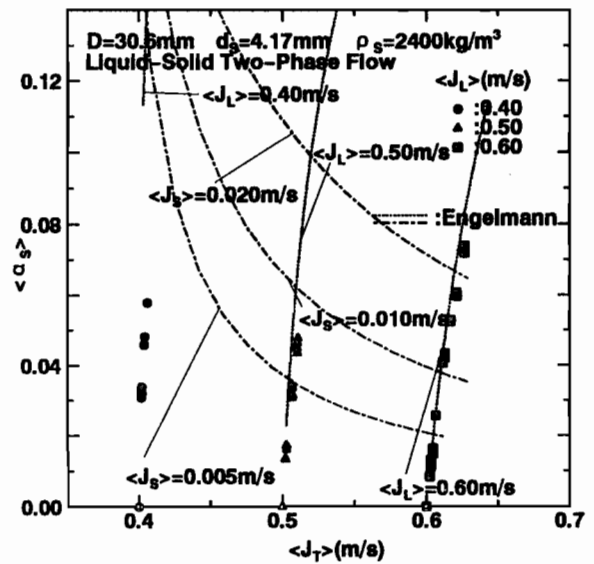
(a)



(b)

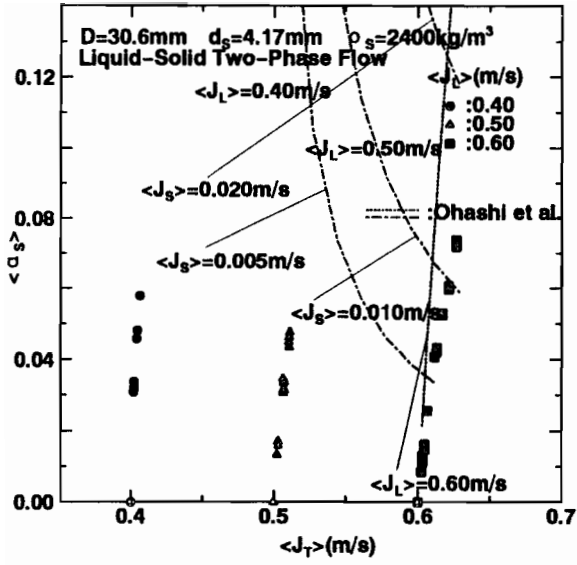


(c)

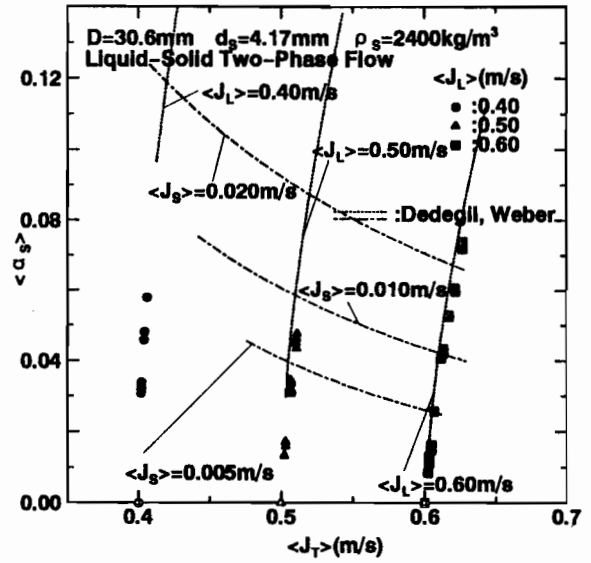


(d)

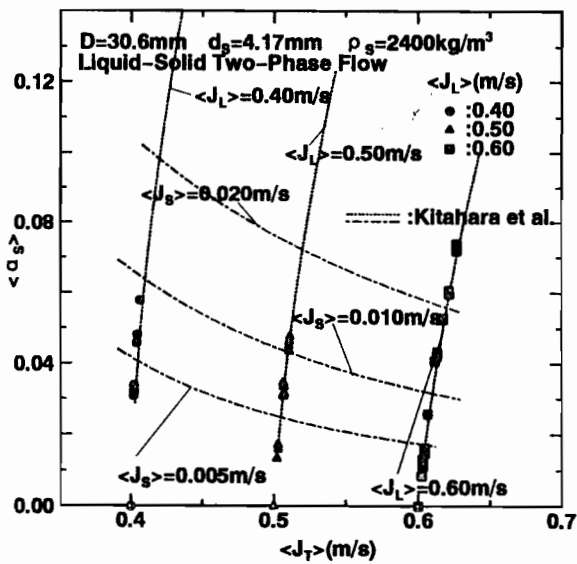
図5-19 固液二相流の固相体積率推算結果  
 $(D=30.6\text{mm}, d_p=4.17\text{mm}, \rho_s=2400\text{kg/m}^3)$



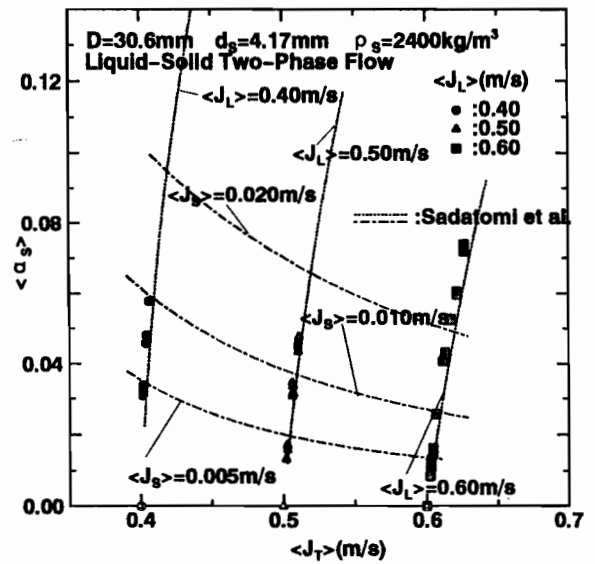
(e)



(f)

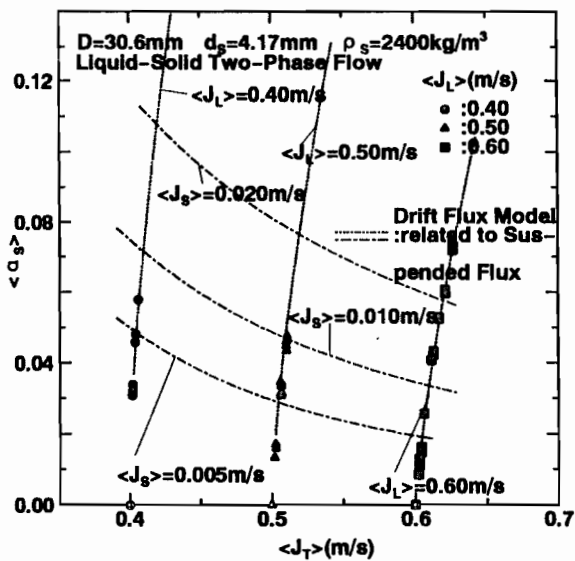


(g)

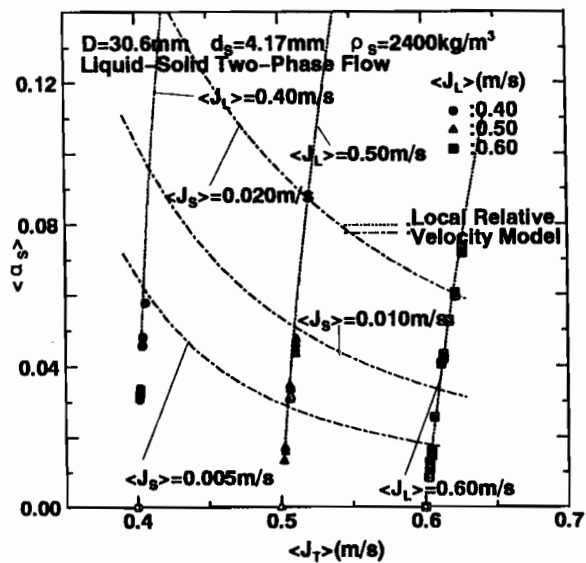


(h)

図5-19 固液二相流の固相体積率推算結果  
( $D=30.6\text{mm}$ 、 $d_s=4.17\text{mm}$ 、 $\rho_s=2400\text{kg/m}^3$ )

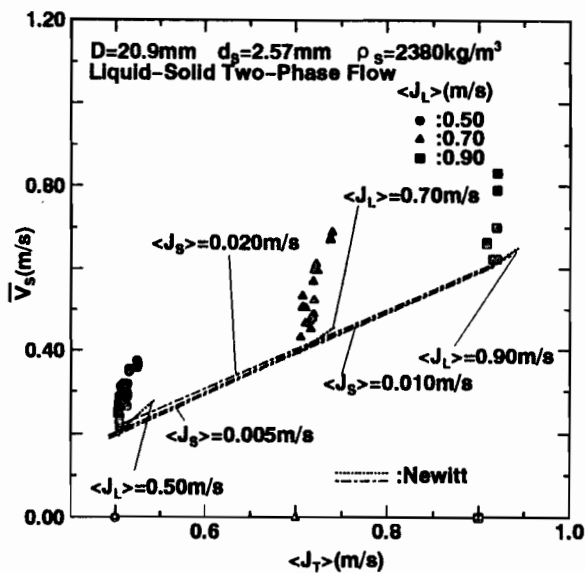


(i)

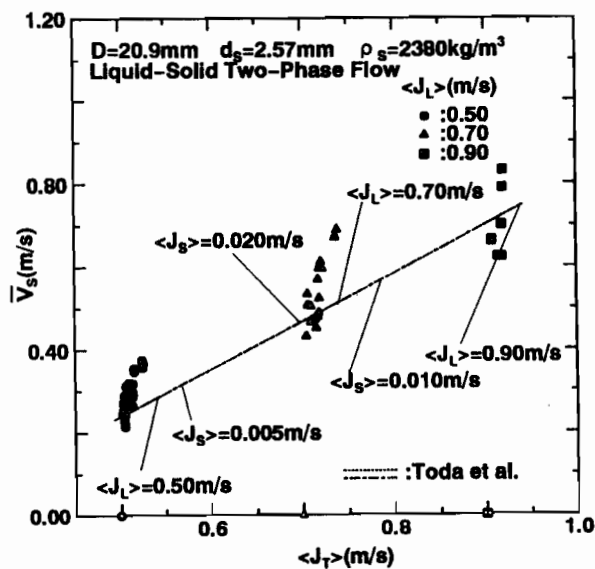


(j)

図 5-19 固液二相流の固相体積率推算結果  
( $D=30.6\text{mm}$ 、 $d_s=4.17\text{mm}$ 、 $\rho_s=2400\text{kg/m}^3$ )

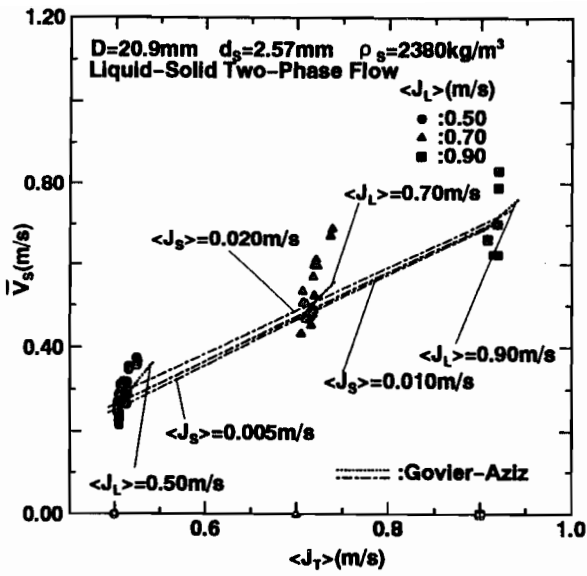


(a)

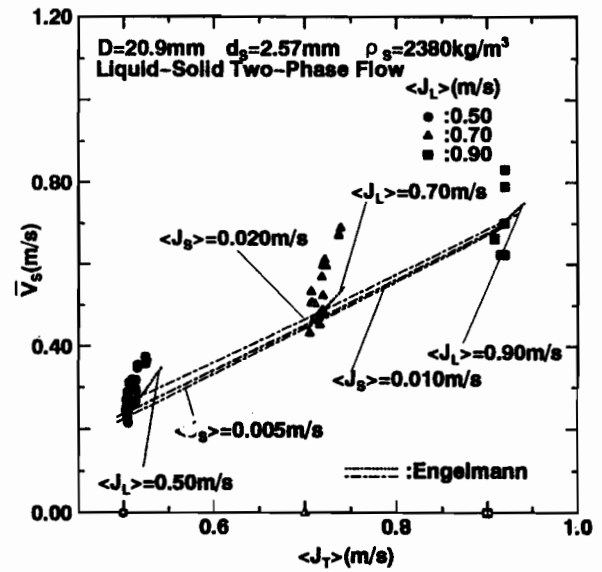


(b)

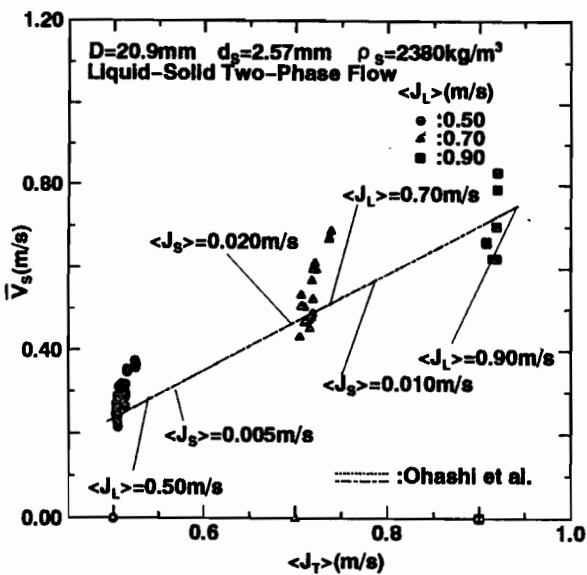
図 5-20 固液二相流の固相平均速度推算結果  
( $D=20.9\text{mm}$ 、 $d_s=2.57\text{mm}$ 、 $\rho_s=2380\text{kg/m}^3$ )



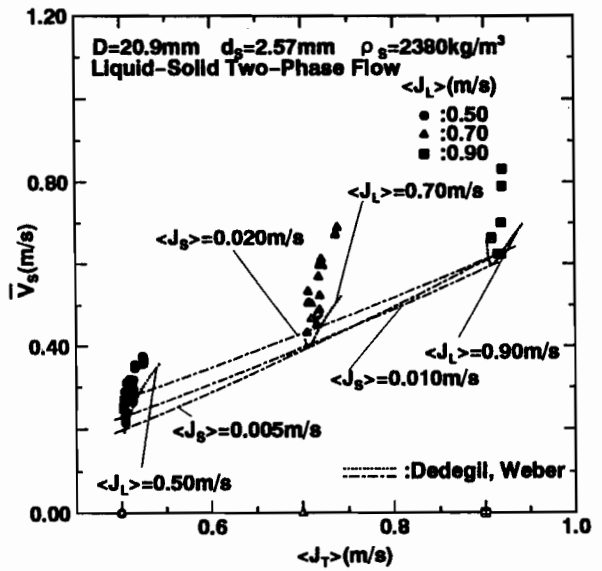
(c)



(d)

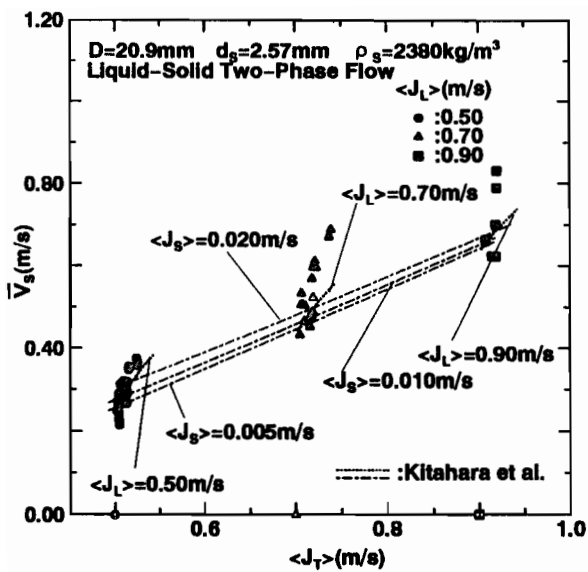


(e)

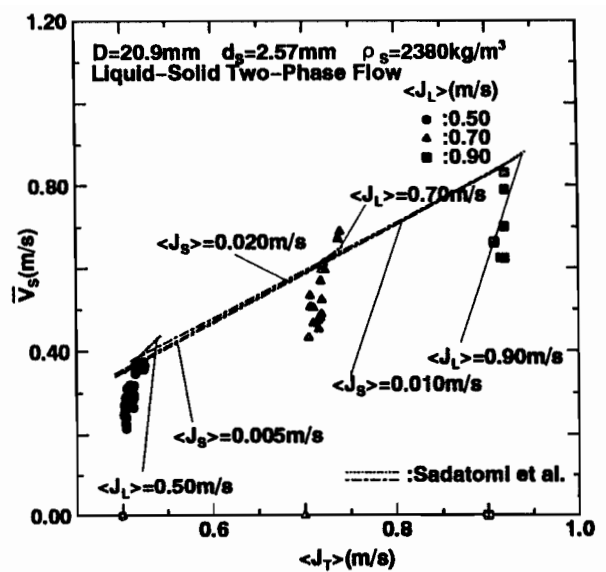


(f)

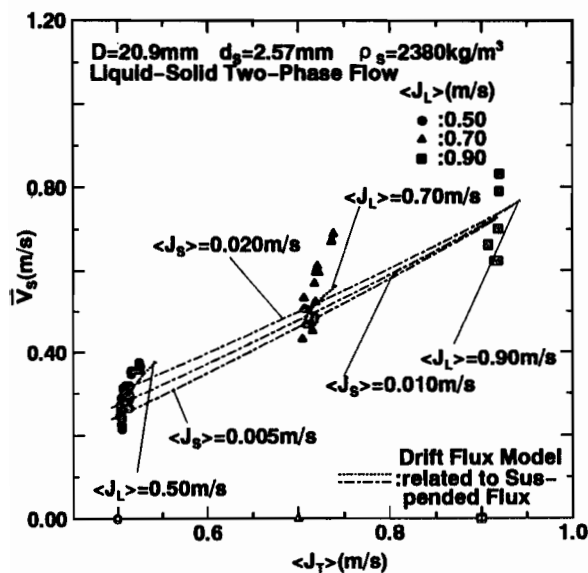
図5-20 固液二相流の固相平均速度推算結果  
( $D=20.9\text{mm}$ 、 $d_s=2.57\text{mm}$ 、 $\rho_s=2380\text{kg/m}^3$ )



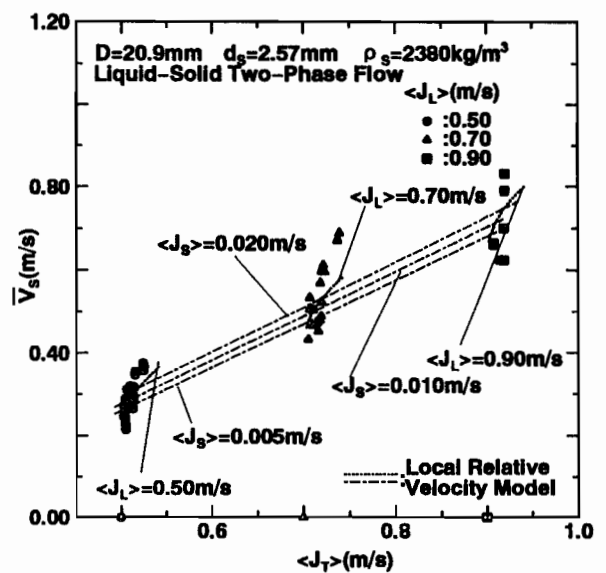
(g)



(h)



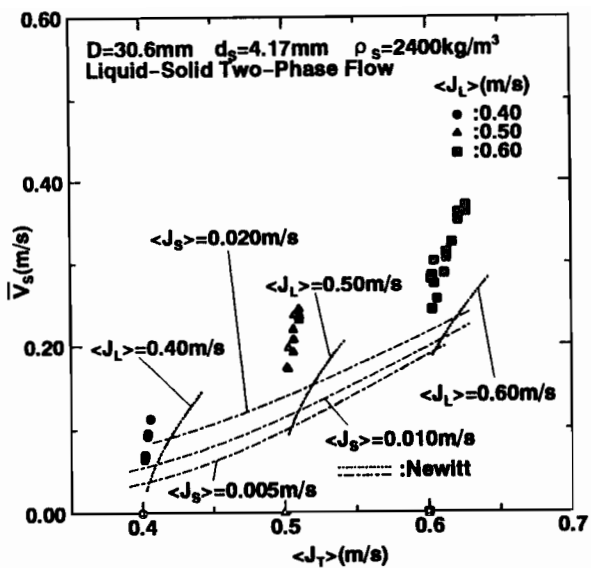
(i)



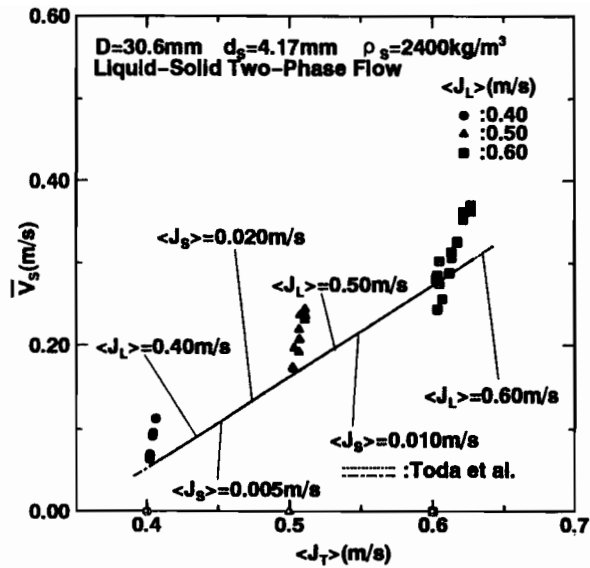
(j)

図5-20 固液二相流の固相平均速度推算結果  
 ( $D=20.9\text{mm}$ 、 $d_s=2.57\text{mm}$ 、 $\rho_s=2380\text{kg/m}^3$ )

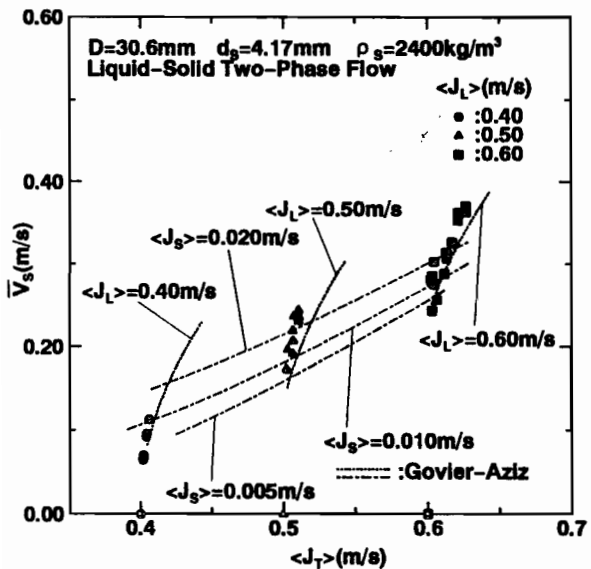




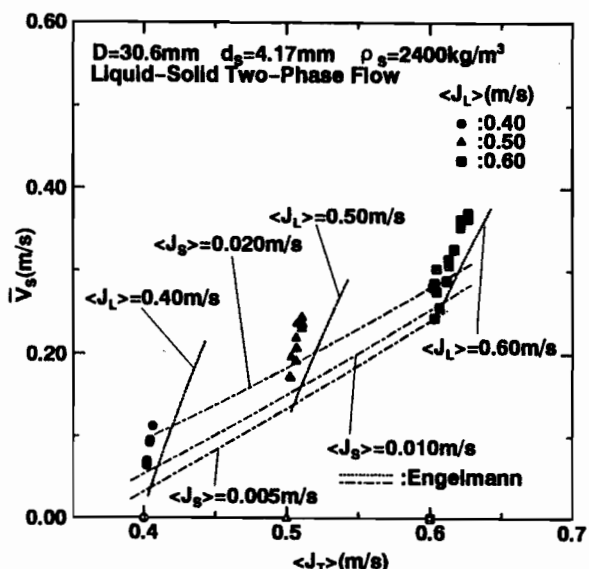
(a)



(b)

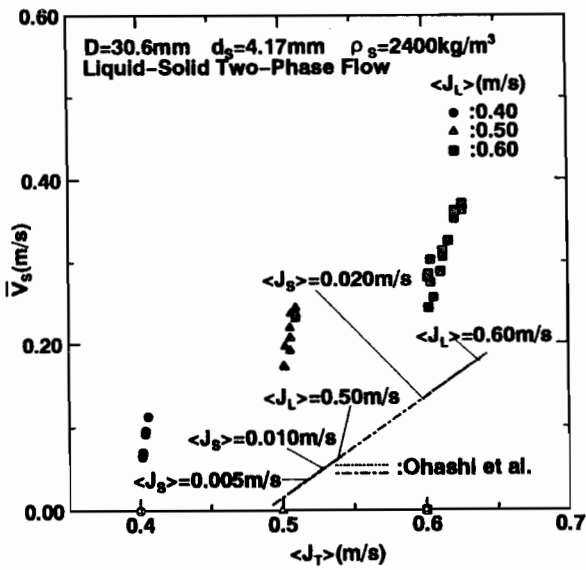


(c)

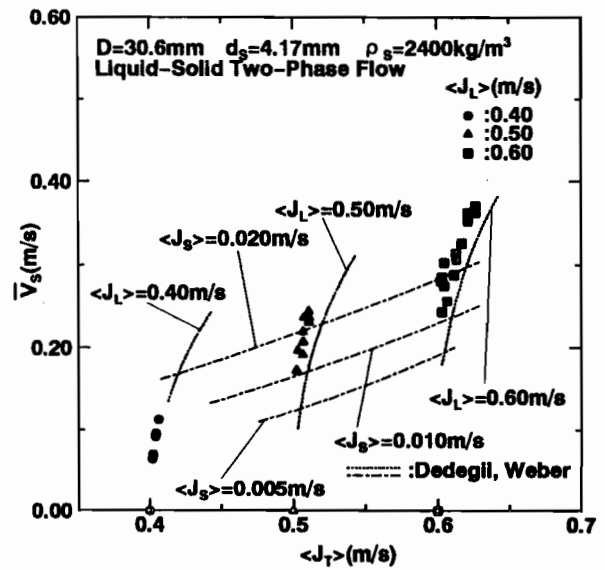


(d)

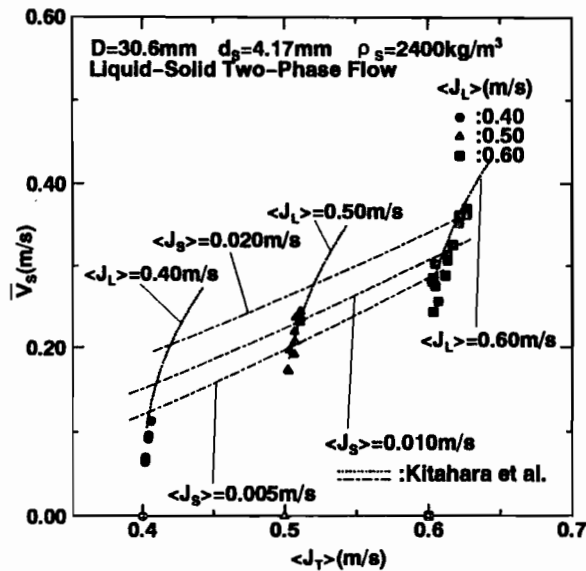
図5-21 固液二相流の固相平均速度推算結果  
 ( $D=30.6\text{mm}$ 、 $d_s=4.17\text{mm}$ 、 $\rho_s=2400\text{kg/m}^3$ )



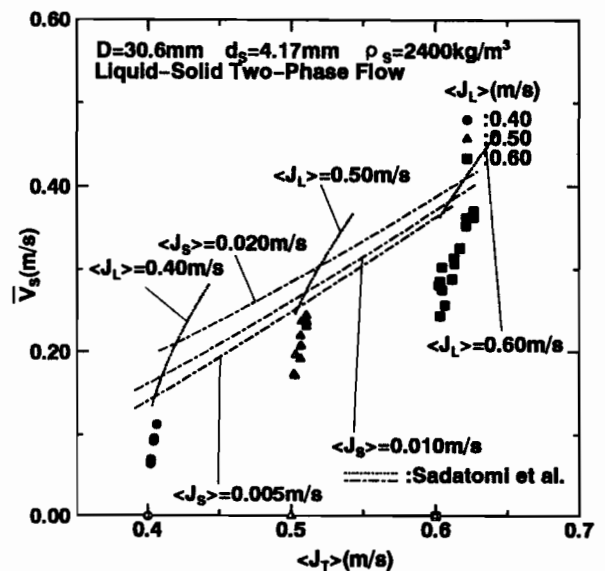
(e)



(f)

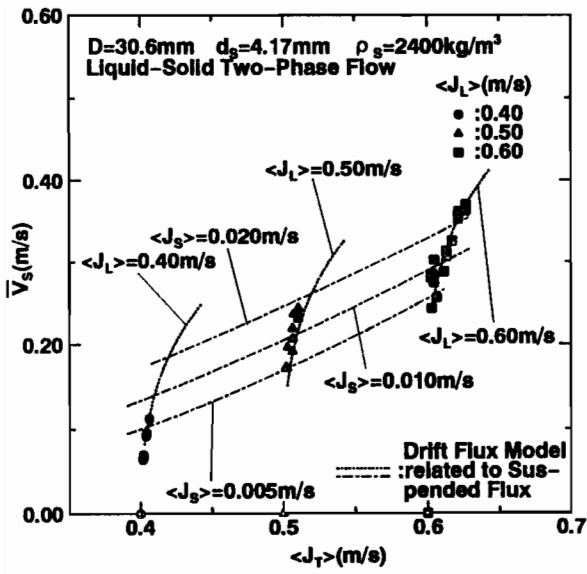


(g)

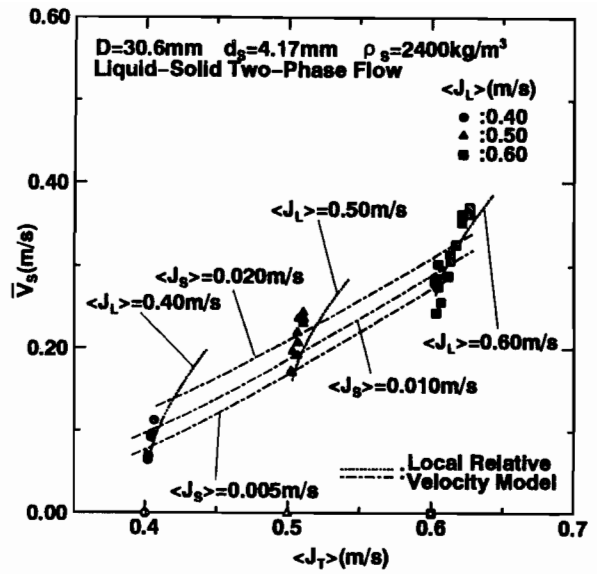


(h)

図5-21 固液二相流の固相平均速度推算結果  
( $D=30.6\text{mm}$ 、 $d_s=4.17\text{mm}$ 、 $\rho_s=2400\text{kg/m}^3$ )

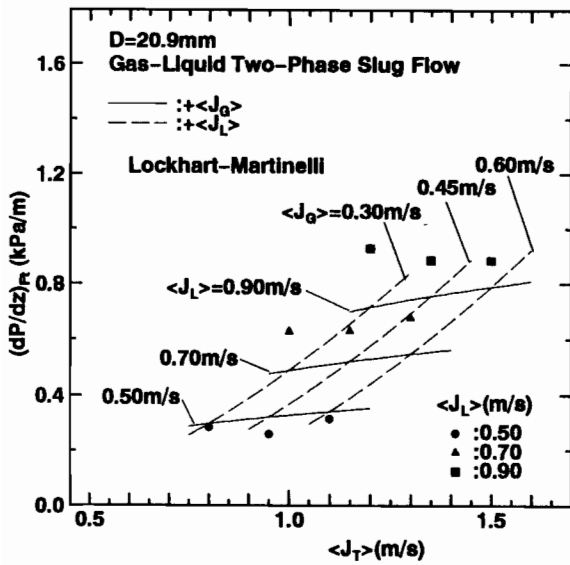


(i)

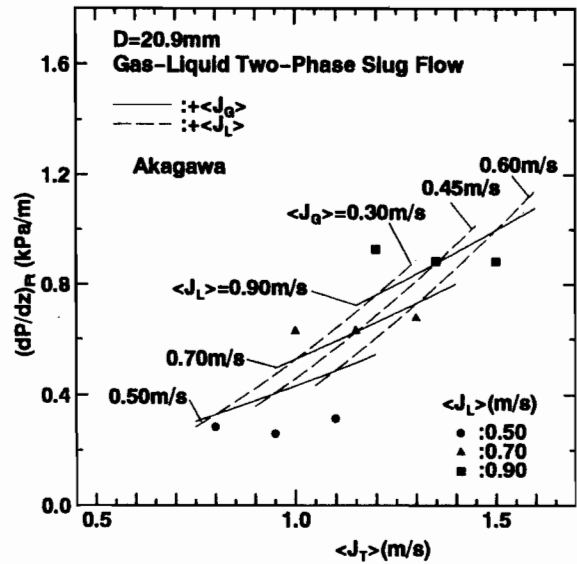


(j)

図5-21 固液二相流の固相平均速度推算結果  
( $D=30.6\text{mm}$ 、 $d_s=4.17\text{mm}$ 、 $\rho_s=2400\text{kg/m}^3$ )

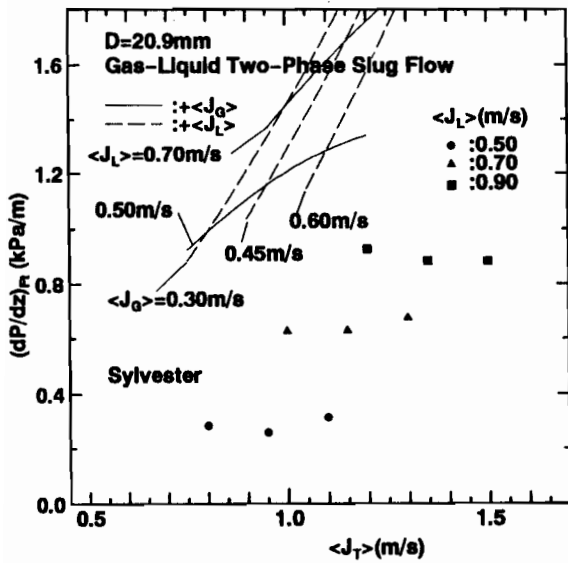


(a)

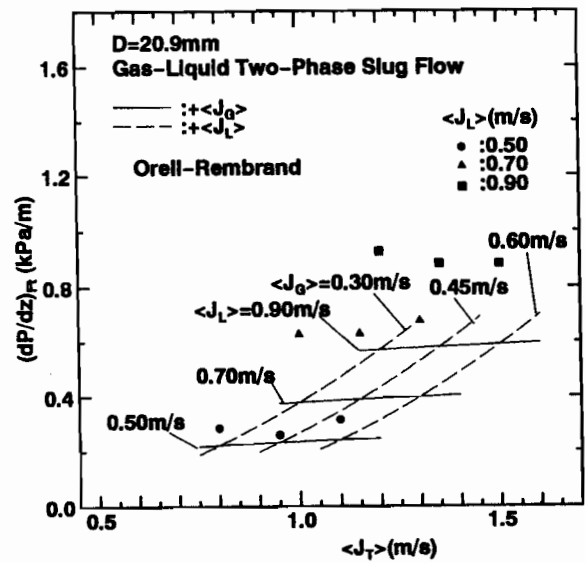


(b)

図5-22 気液二相スラグ流の摩擦・気泡後端圧力降下の和の推算結果  
( $D=20.9\text{mm}$ )

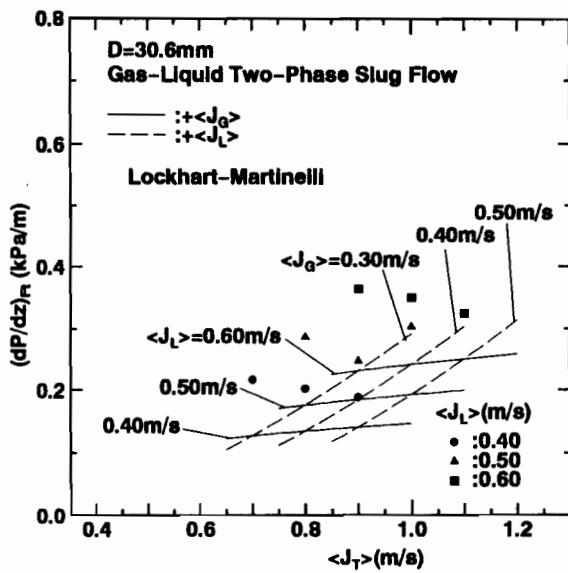


(c)

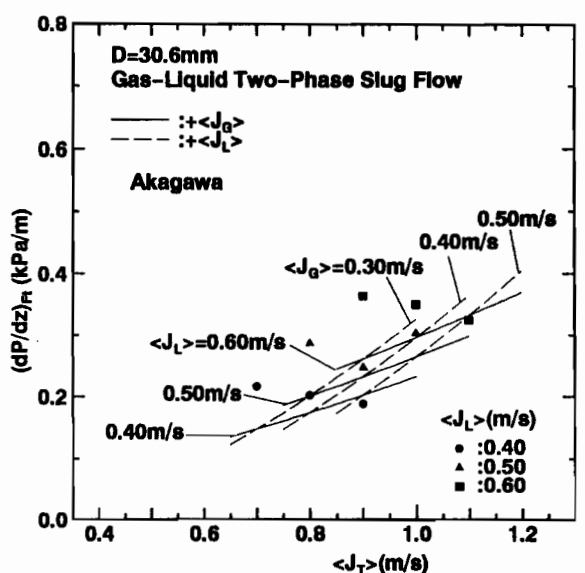


(d)

図5-22 気液二相スラグ流の摩擦・気泡後端圧力降下の和の推算結果 (D=20.9mm)

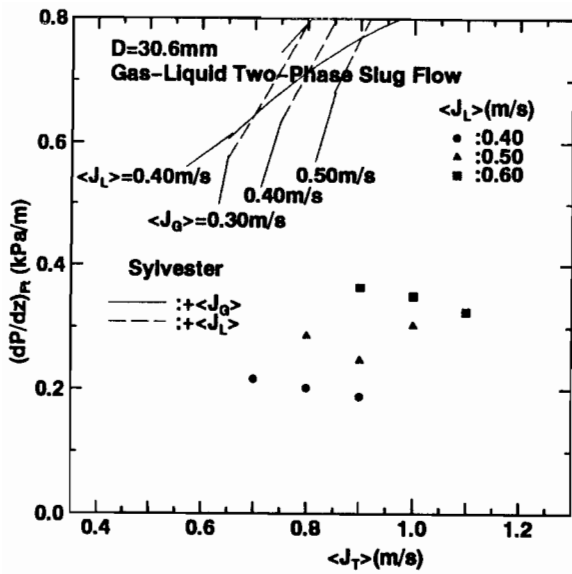


(a)

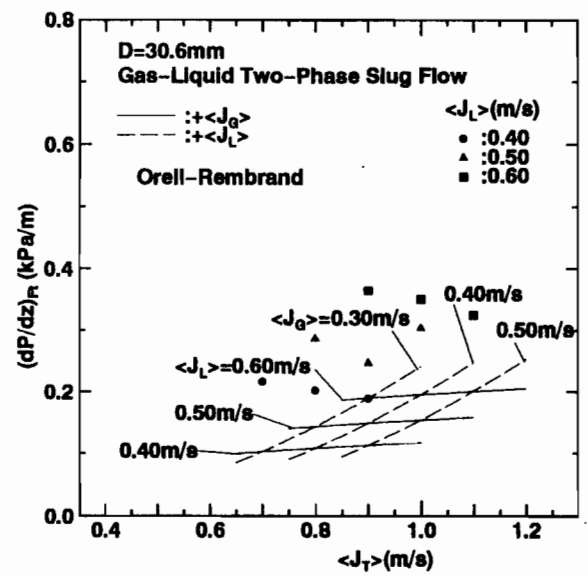


(b)

図5-23 気液二相スラグ流の摩擦・気泡後端圧力降下の和の推算結果 (D=30.6mm)



(c)



(d)

図5-23 気液二相スラグ流の摩擦・気泡後端圧力降下の和の推算結果  
(D=30.6mm)

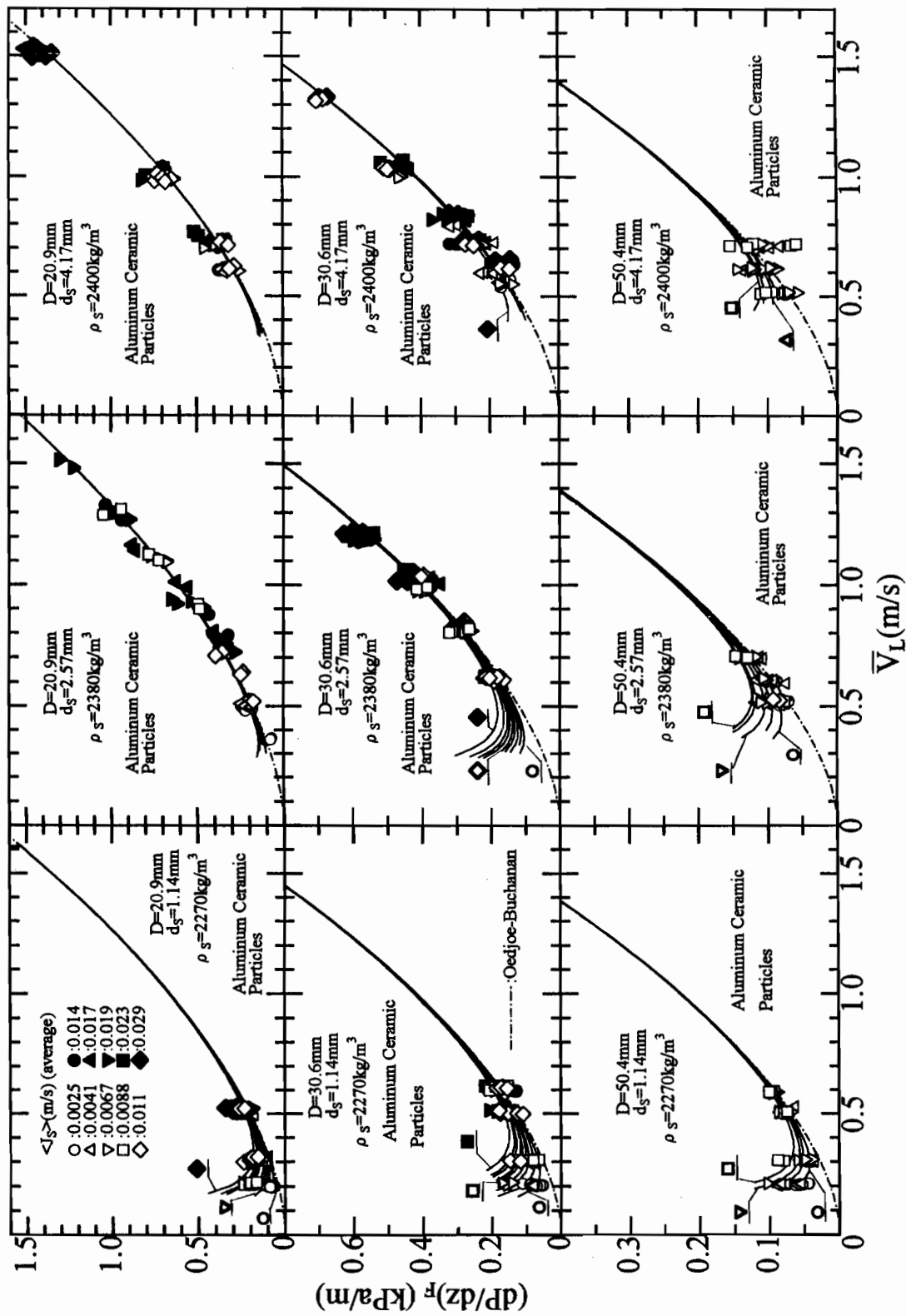
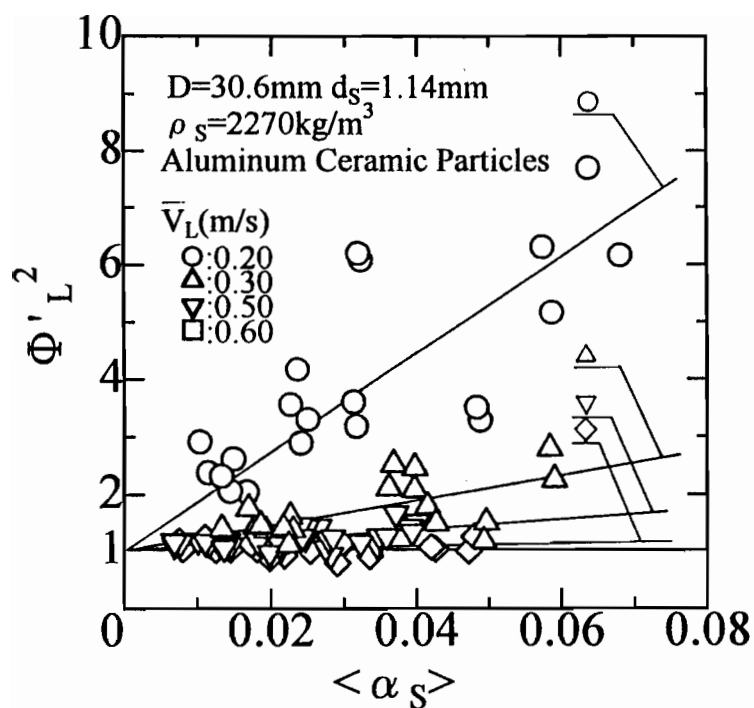
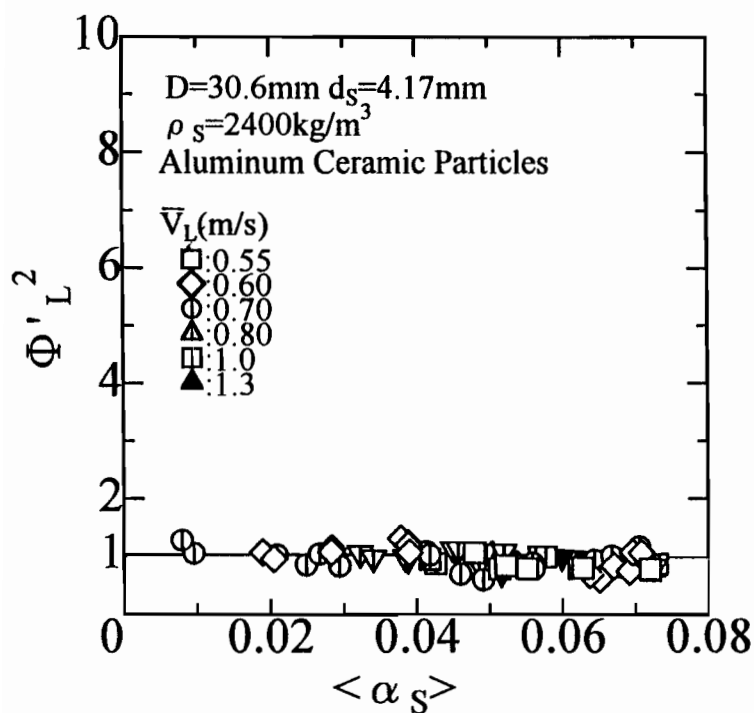


図 5 - 2 4 固液二相流の固相平均速度  $\bar{V}_s$  と摩擦圧力降下  $(dP/dz)_F$  の関係



(a)  $D=30.6\text{mm}$ 、 $d_s=1.14\text{mm}$ 、 $\rho_s=2270\text{kg/m}^3$



(b)  $D=30.6\text{mm}$ 、 $d_s=4.17\text{mm}$ 、 $\rho_s=2400\text{kg/m}^3$

図5-25 固液二相流と液相単相流の摩擦  
 圧力降下比 $\Phi'_L{}^2$ と固相体積率 $\langle \alpha_s \rangle$ の関係

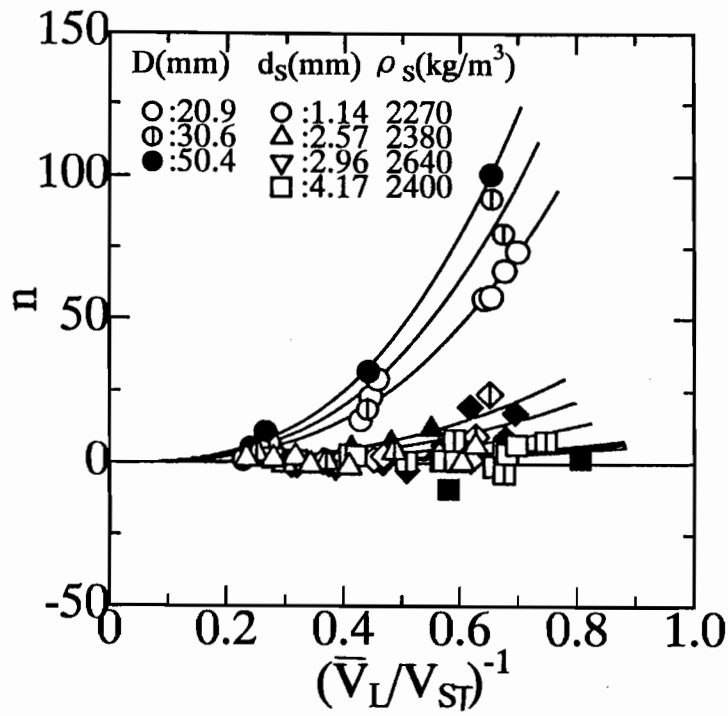


図5-26  $\Phi_L^2$ の $\langle a_s \rangle$ に対する傾き  $n$  と  $(\bar{V}_L/V_{ST})^{-1}$  の関係

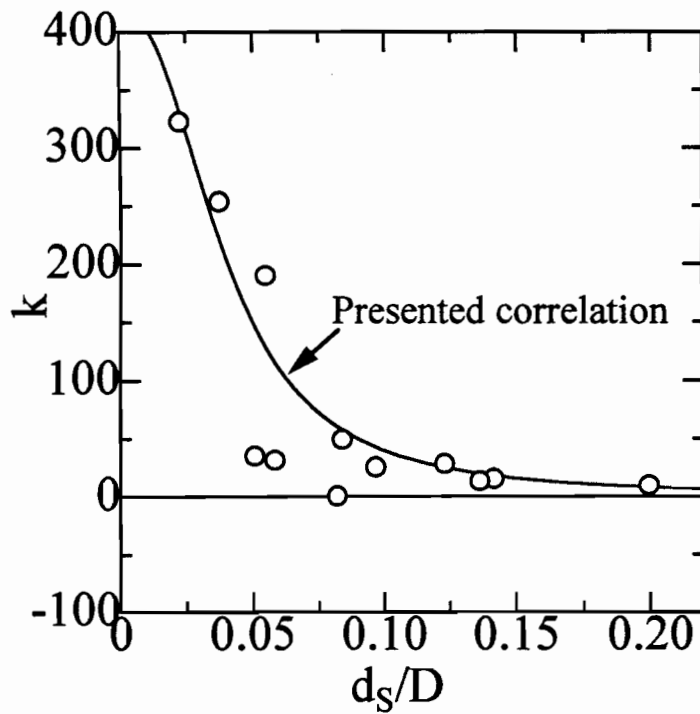
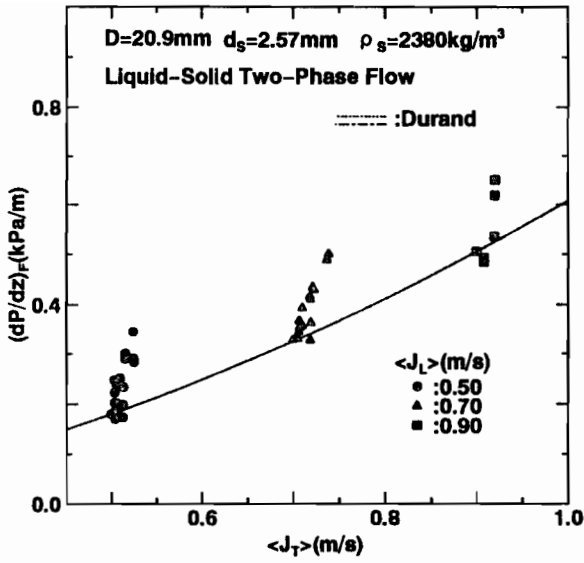
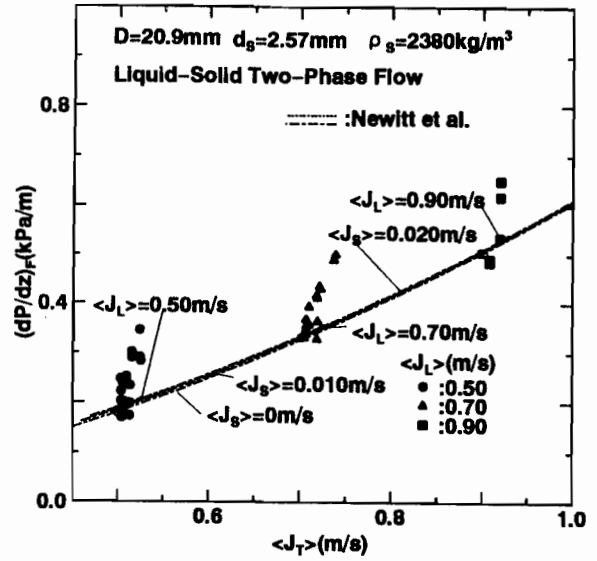


図5-27  $n$  の指数関数相関式の係数  $k$  と  $(d_s/D)$  の関係

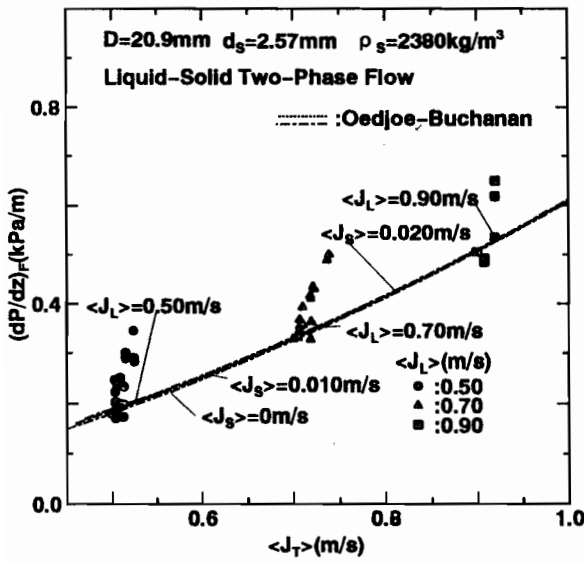




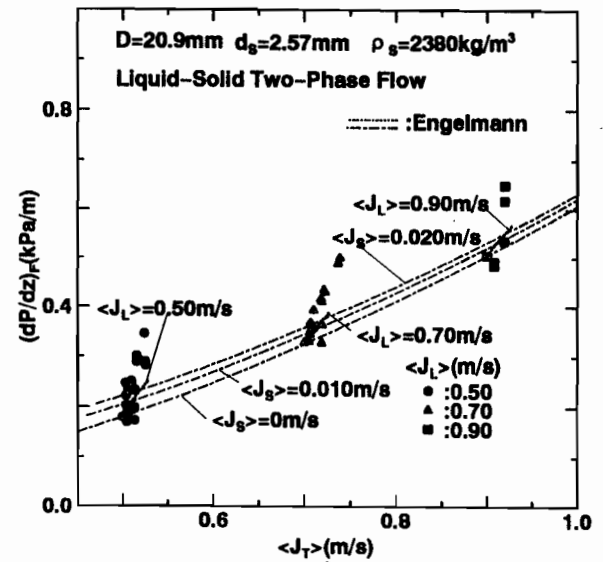
(a)



(b)

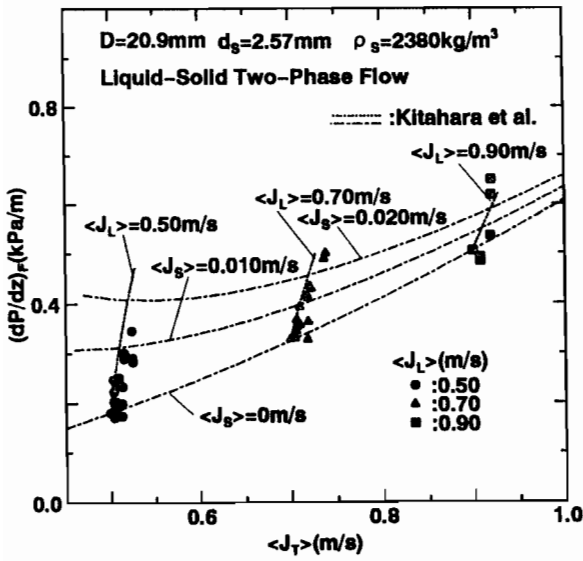


(c)

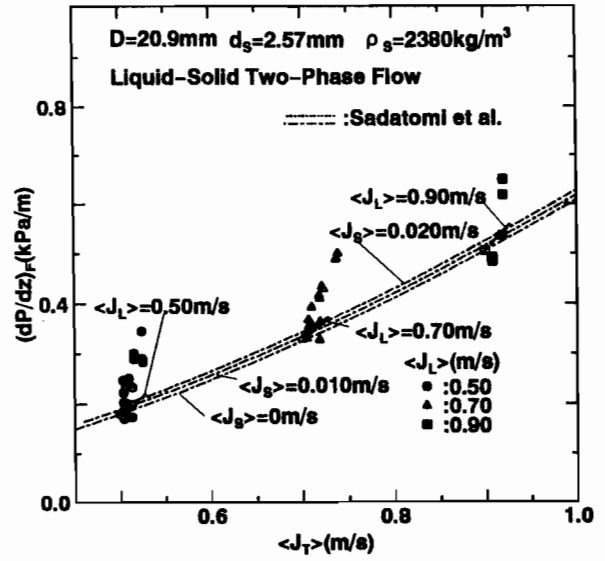


(d)

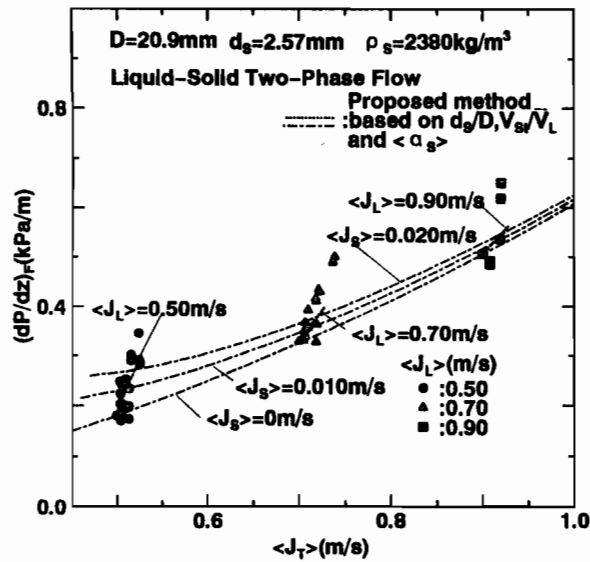
図5-28 固液二相流の摩擦圧力降下推算結果  
( $D=20.9\text{mm}$ 、 $d_s=2.57\text{mm}$ 、 $\rho_s=2380\text{kg/m}^3$ )



( e )

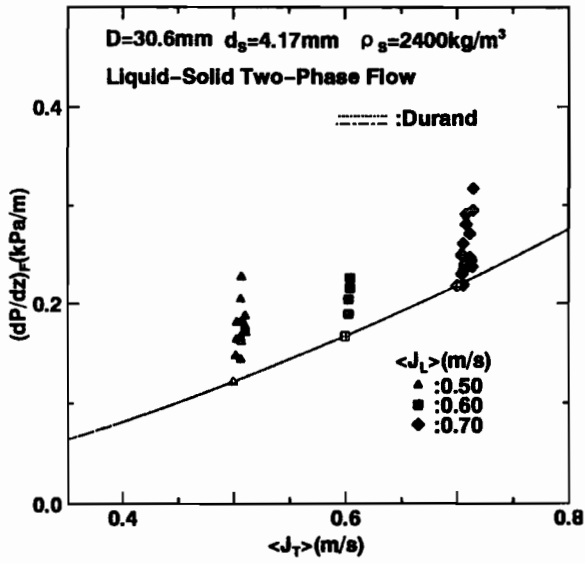


( f )

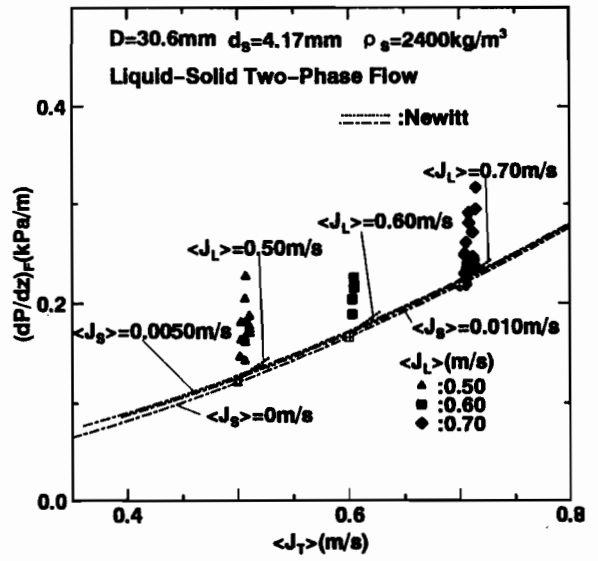


( g )

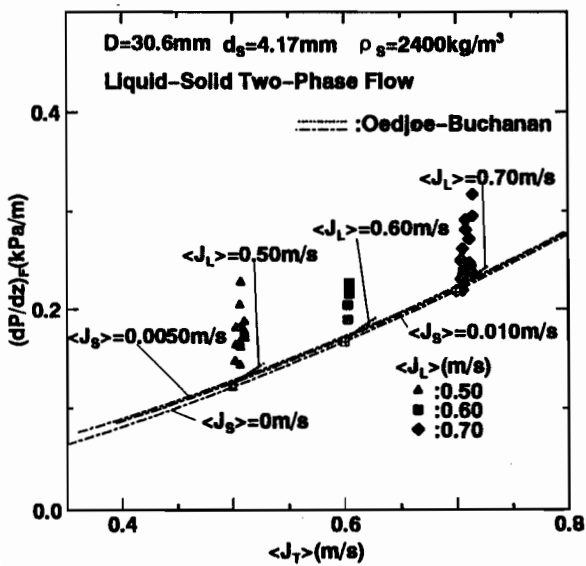
図5-28 固液二相流の摩擦圧力降下推算結果  
 ( $D=20.9\text{mm}$ 、 $d_s=2.57\text{mm}$ 、 $\rho_s=2380\text{kg/m}^3$ )



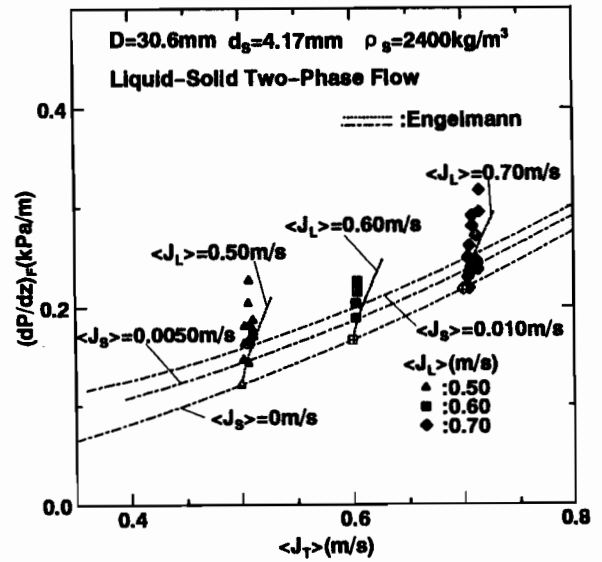
(a)



(b)

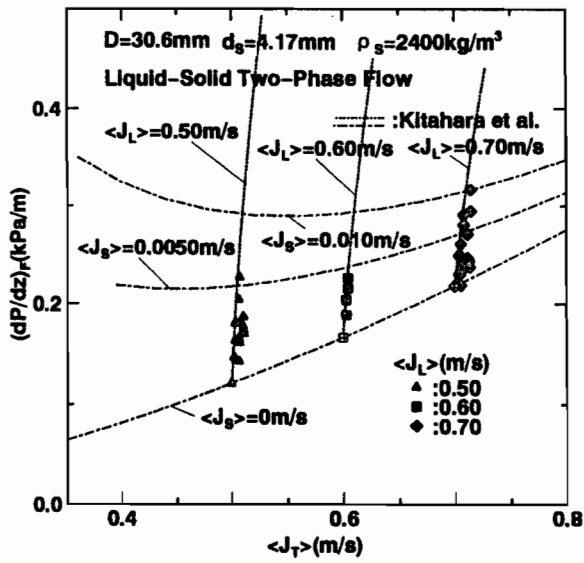


(c)

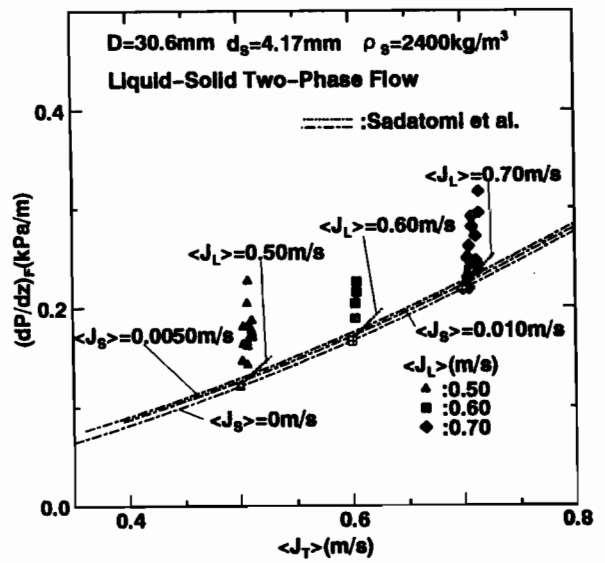


(d)

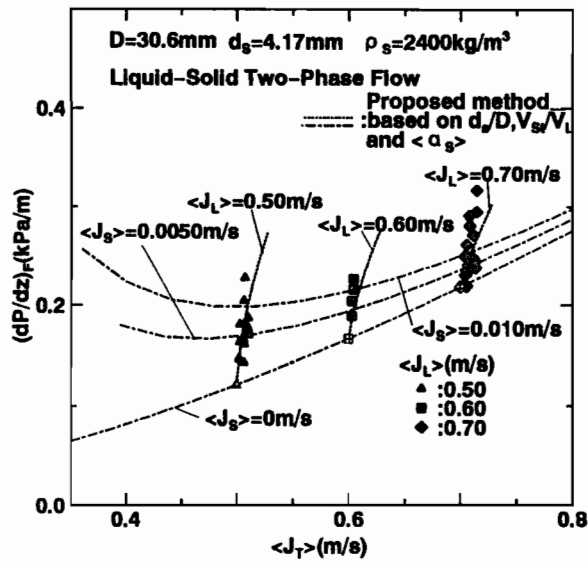
図5-29 固液二相流の摩擦圧力降下推算結果  
 ( $D=30.6\text{mm}$ 、 $d_s=4.17\text{mm}$ 、 $\rho_s=2400\text{kg/m}^3$ )



(e)



(f)



(g)

図5-29 固液二相流の摩擦圧力降下推算結果  
 ( $D=30.6\text{mm}$ 、 $d_s=4.17\text{mm}$ 、 $\rho_s=2400\text{kg/m}^3$ )

## 第 6 章の表

表 6 - 1 各平面における回帰直線の傾き、切片と相関係数  $r$   
( $D=20.9\text{mm}$ 、 $d_s=2.96\text{mm}$ 、 $\rho_s=2640\text{ kg/m}^3$ )

plane	a	b	c	d	e	f	g	h
slope(gas)	1.02	0.930	1.15	1.21	0.893	0.911	0.924	1.12
ordinate(gas)	0.222	325	148	43.8	0.467	0.444	0.427	0.196
r (gas)	0.947	0.903	0.979	0.990	0.879	0.880	0.881	0.973
slope(solid)	1.19	1.13	0.993	0.942	1.17	1.19	1.20	1.19
ordinate(solid)	-0.496	-217	-114	-36.2	-0.332	-0.355	-0.371	-0.366
r (solid)	0.908	0.944	0.973	0.982	0.941	0.936	0.933	0.930

表 6 - 2 各平面における各相体積率推算の統計量  
( $D$ 、 $d_s$ の全10の組み合わせ、データ数1386)

plane	a	b	c	d	e	f	g	h
S (gas)	1.01	1.00	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01
$\sigma_s$ (%) (gas)	5.37	5.46	5.74	6.01	6.40	6.39	6.38	6.12
S (liquid)	1.00	0.999	0.996	0.994	0.991	0.991	0.991	0.995
$\sigma_s$ (%) (liquid)	3.06	3.17	3.32	3.47	3.73	3.73	3.73	3.55
S (solid)	0.982	1.01	1.00	0.999	0.988	0.988	0.989	0.991
$\sigma_s$ (%) (solid)	12.8	11.1	10.7	10.9	11.3	11.3	11.3	11.3

表 6 - 3 固気液三相スラグ流の気相体積率推算における統計量

Estimation Method	S	$\sigma_s$ (%)	ID+(%)	n+	ID-(%)	n-	ID±(%)
Sadatomi et al.	1.02	7.83	9.71	780	6.00	606	8.29
Weber-Dedegil	1.01	7.86	9.20	595	6.53	584	7.99
Toda et al.	0.952	7.68	6.72	331	9.30	1019	8.74
Gas+L-S Model	1.03	7.81	9.92	801	5.77	585	8.42
Drift Flux Model with Susp.	1.05	6.05	9.01	1090	4.16	296	8.22
Local Relative Veloc. Model	1.00	6.23	6.57	659	5.90	684	6.23

表 6 - 4 固気液三相スラグ流の液相体積率推算における統計量

Estimation Method	S	$\sigma_s$ (%)	ID+(%)	n+	ID-(%)	n-	ID±(%)
Sadatomi et al.	1.00	4.38	4.65	660	4.11	726	4.38
Weber-Dedegil	1.00	4.40	4.60	569	4.19	610	4.40
Toda et al.	0.986	9.09	4.21	688	12.2	662	9.07
Gas+L-S Model	0.991	4.31	4.16	567	4.50	819	4.36
Drift Flux Model with Susp.	0.976	3.48	2.77	318	4.51	1068	3.48
Local Relative Veloc. Model	1.00	3.42	3.30	684	3.54	659	3.42

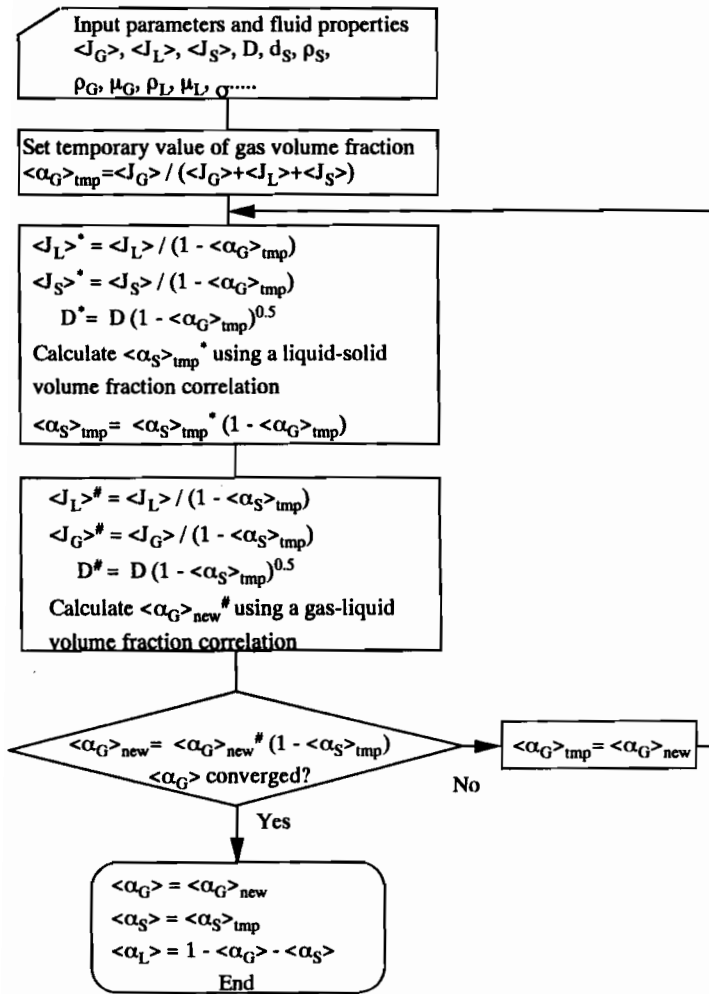
表 6 - 5 固気液三相スラグ流の固相体積率推算における統計量

Estimation Method	S	$\sigma_s$ (%)	ID+(%)	n+	ID-(%)	n-	ID±(%)
Sadatomi et al.	0.872	13.1	10.4	163	17.9	1223	17.2
Weber-Dedegil	1.07	12.0	16.5	835	8.92	344	14.7
Toda et al.	2.12	95.7	233	1335	4.62	15	232
Gas+L-S Model	1.06	12.4	16.4	907	9.41	479	14.4
Drift Flux Model with Susp.	0.954	13.2	12.8	448	13.6	938	13.4
Local Relative Veloc. Model	0.998	12.3	13.1	634	11.5	709	12.3

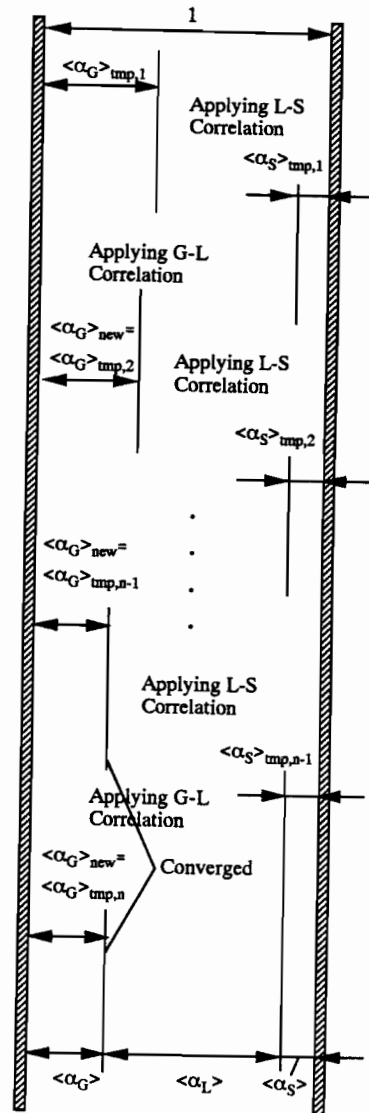
表 6 - 6 固気液三相スラグ流の摩擦圧力降下推算における統計量

Estimation Method	S	$\sigma_s$ (%)	ID+(%)	n+	ID-(%)	n-	ID±(%)
Kato et al.	1.60	39.4	87.0	1124	28.4	100	83.8
Toda-Sadatomi	2.74	45.0	198	1216	65.1	8	198
Toda et al.	1.89	1620	3130	1162	29.4	62	3050

第6章の図



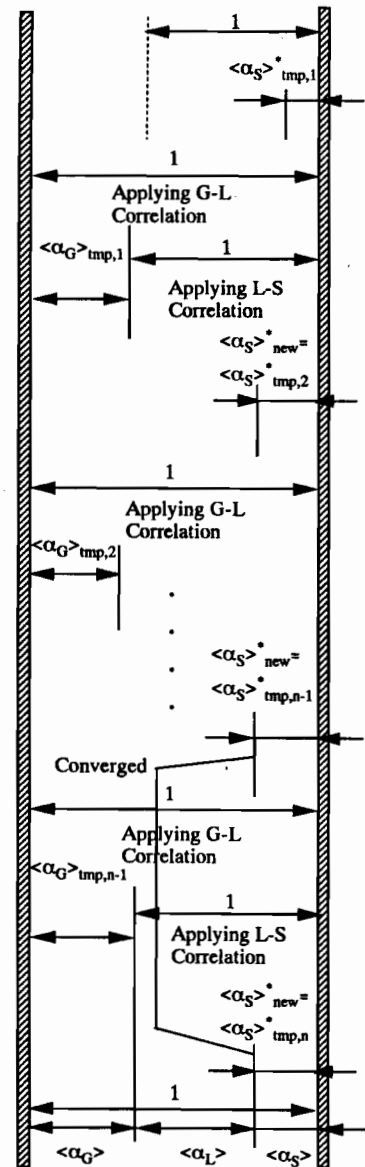
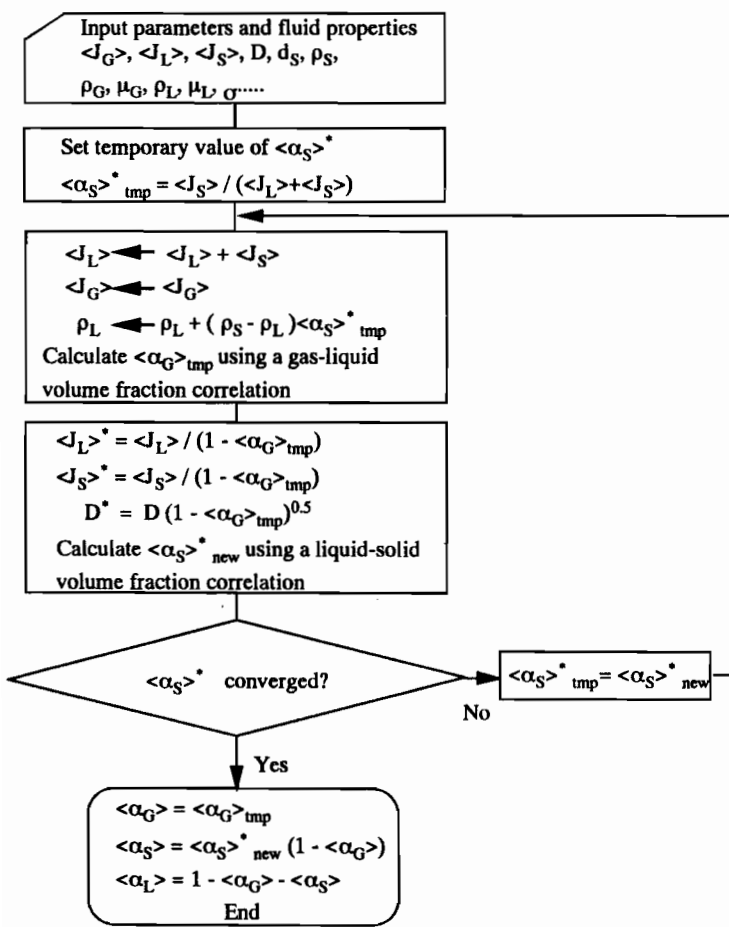
(a) フローチャート



(b) 概念図

図6-1 Weber-Dedegilの方法による固気液三相流の各相体積率の推算





(a) フローチャート

(b) 概念図

図 6-2 気体-固液混合体モデルによる固気液三相流の各相体積率の推算

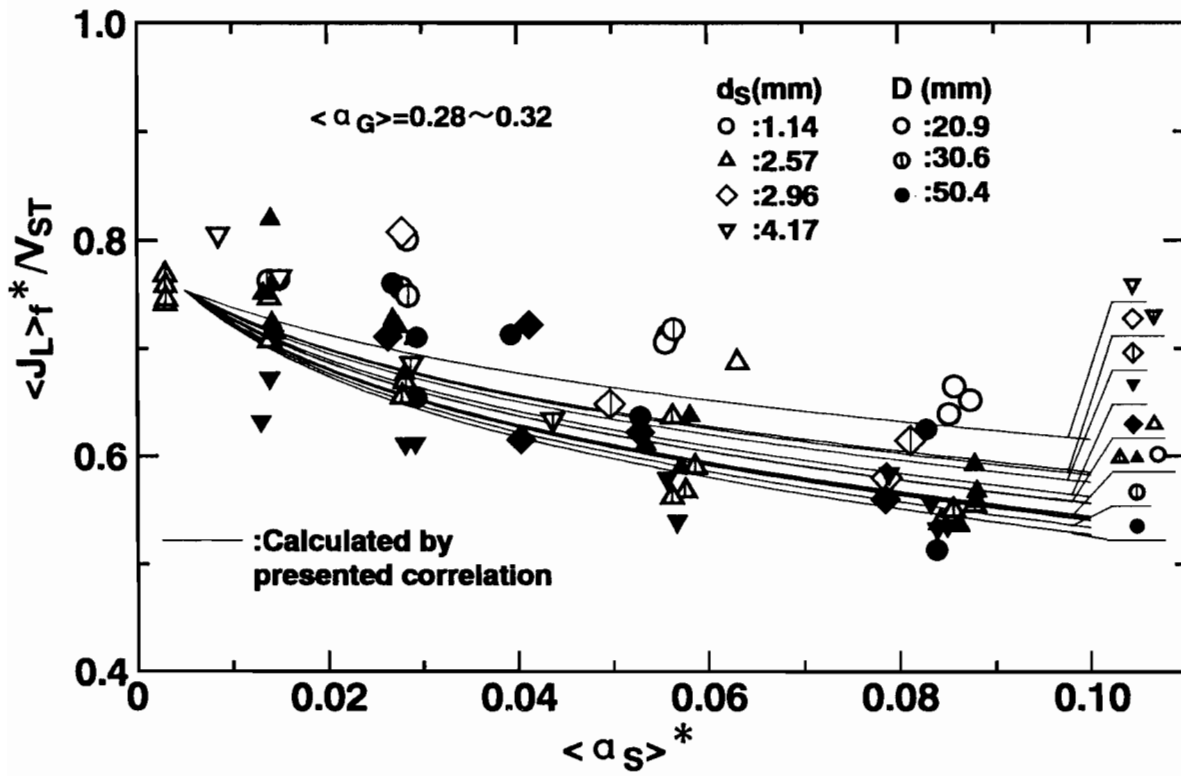


図 6 - 3 気液二相スラグ流中の固体粒子群の浮遊体積流束

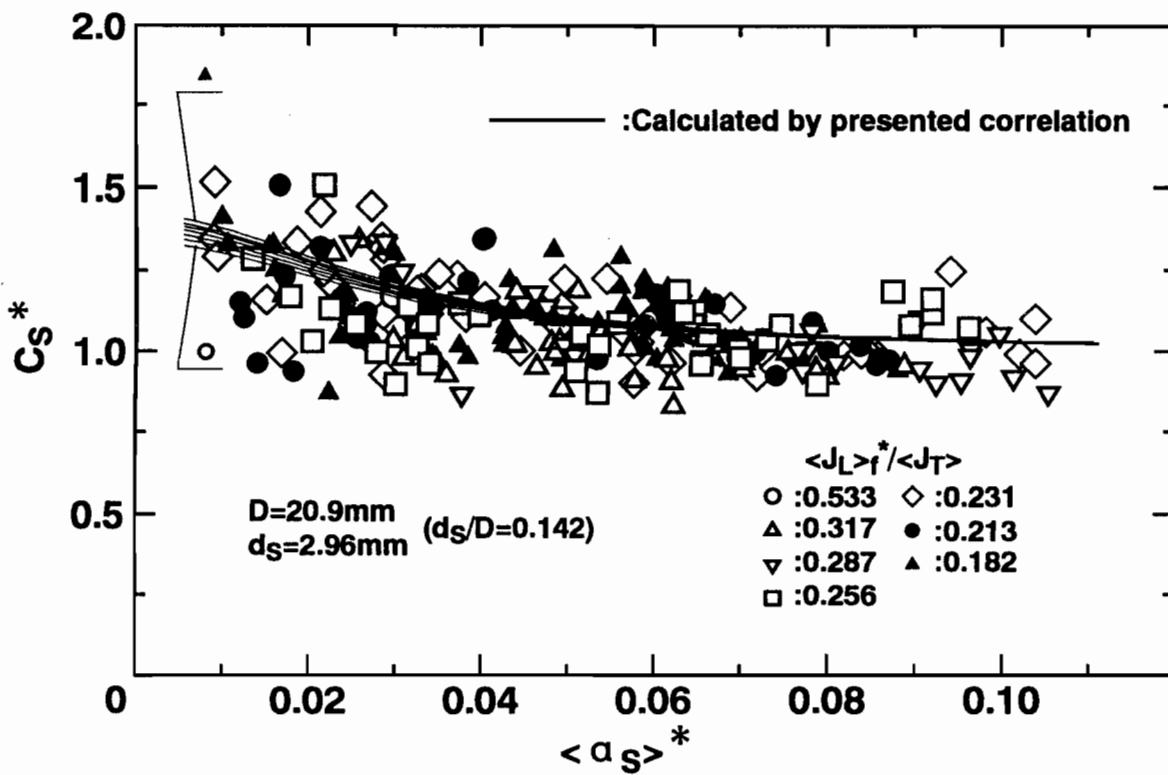
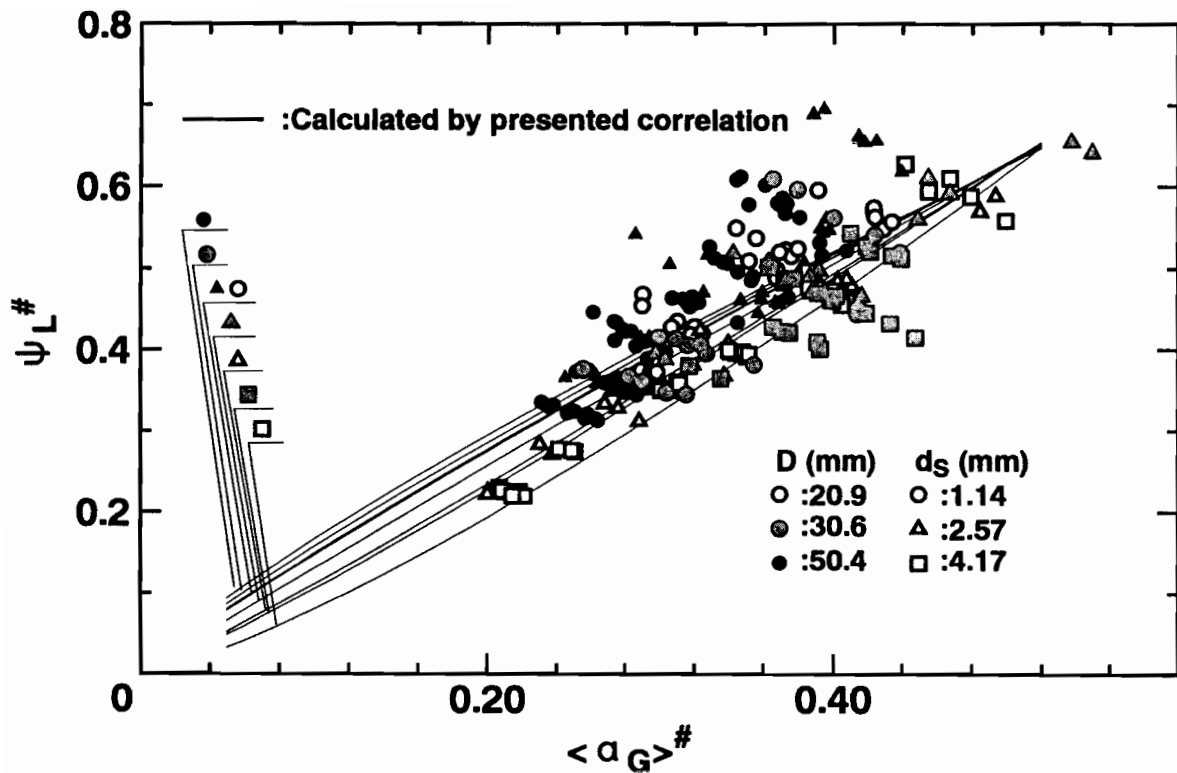
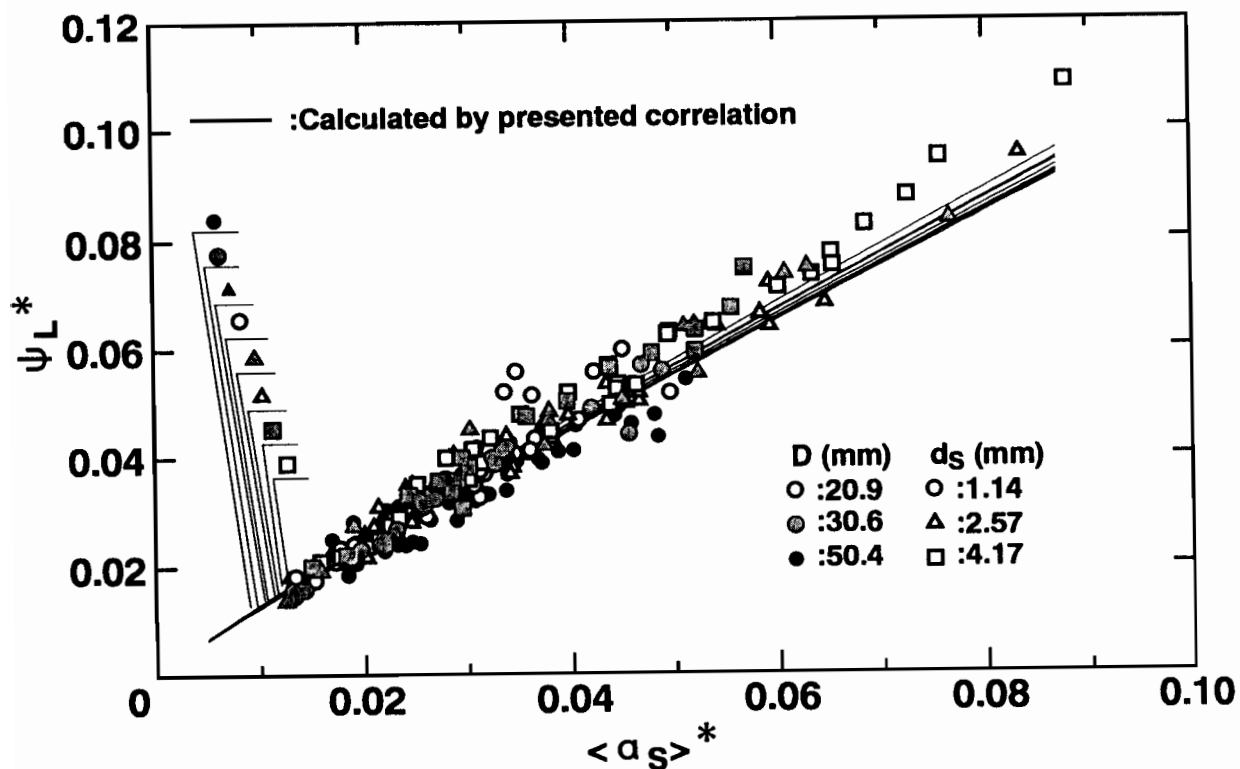


図 6 - 4 仮想的固液二相流中での固相の分布パラメータ

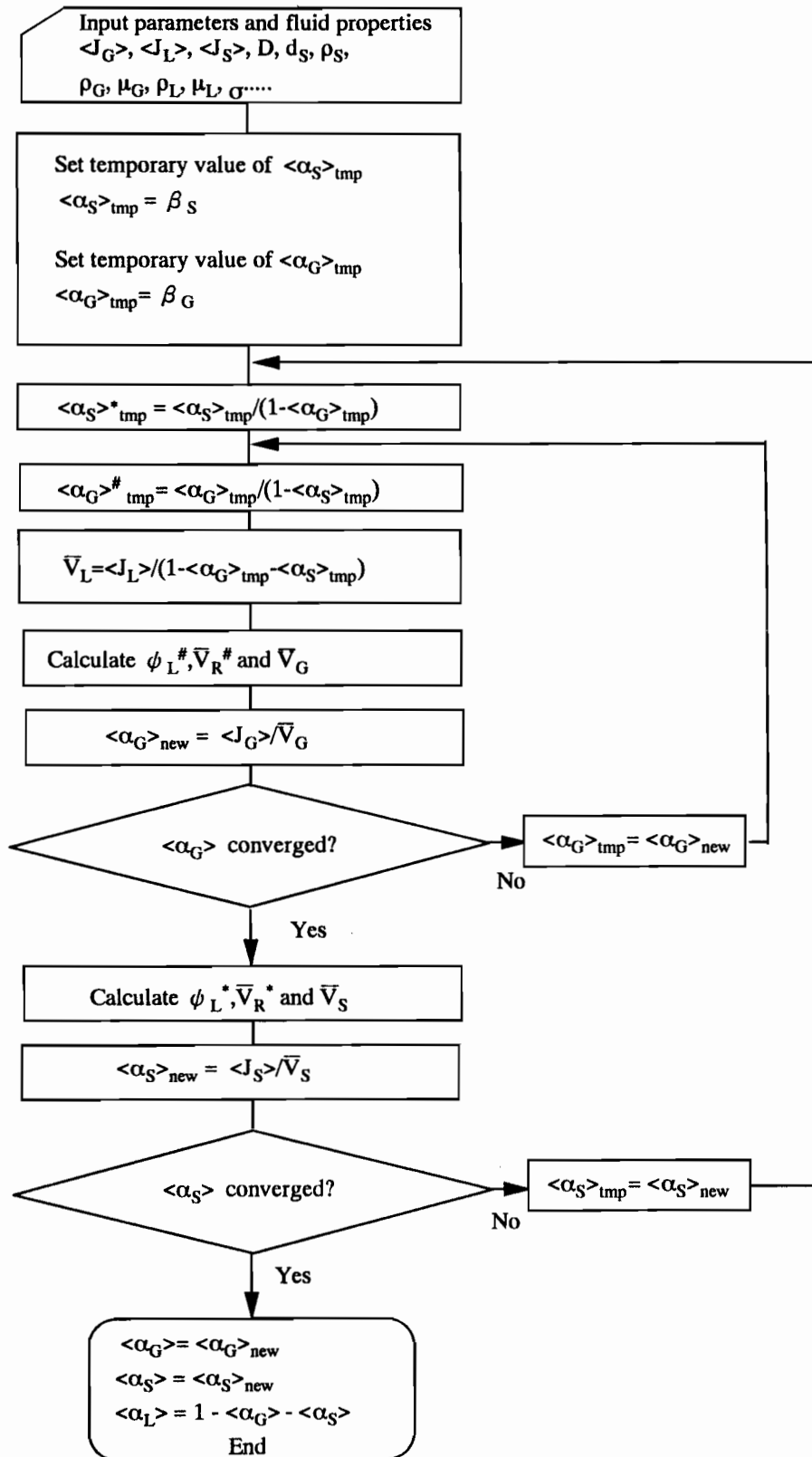


(a) 固気液三相スラグ流の $\phi_L^\#$



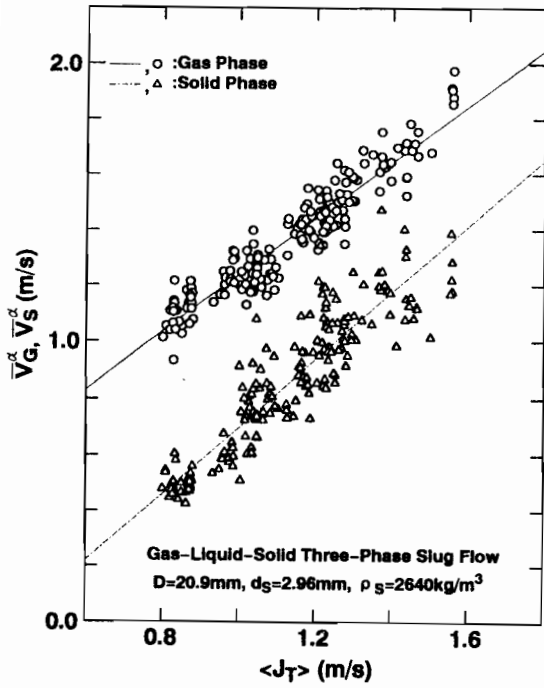
(b) 固気液三相スラグ流の $\phi_L^*$

図6-5 局所相対速度モデルによる固気液三相スラグ流の体積率の推算

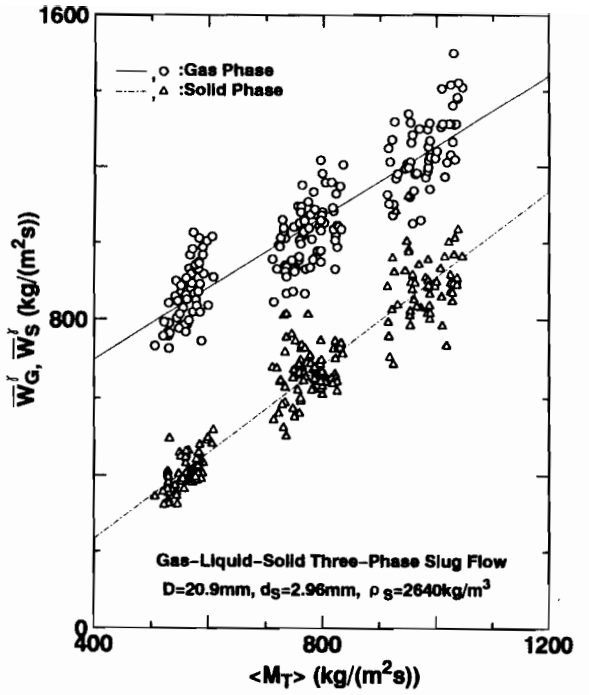


(c) フローチャート

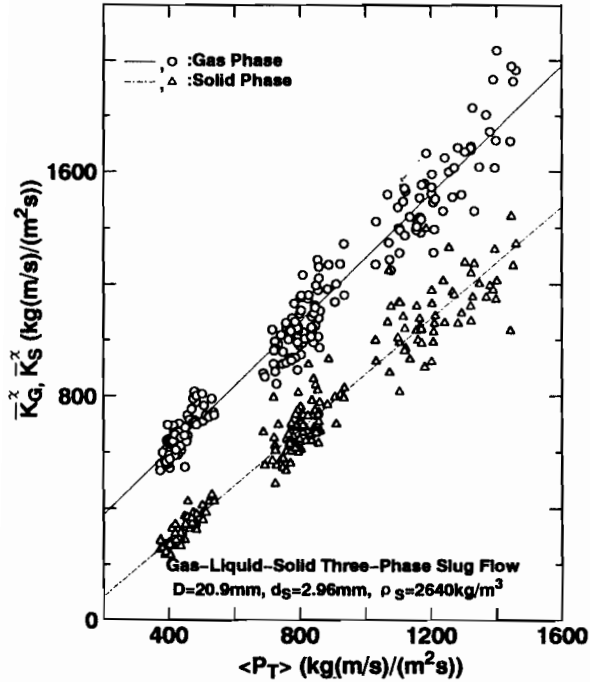
図 6 - 5 局所相対速度モデルによる固気液三相スラグ流の体積率の推算



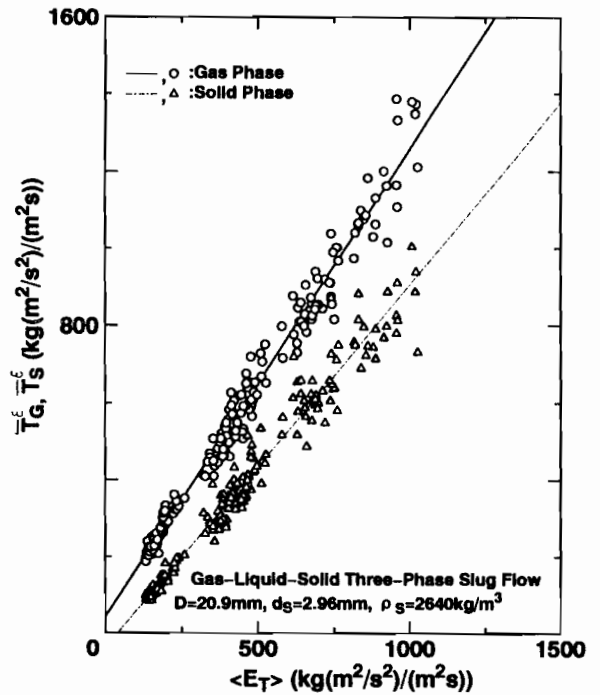
(a)



(b)

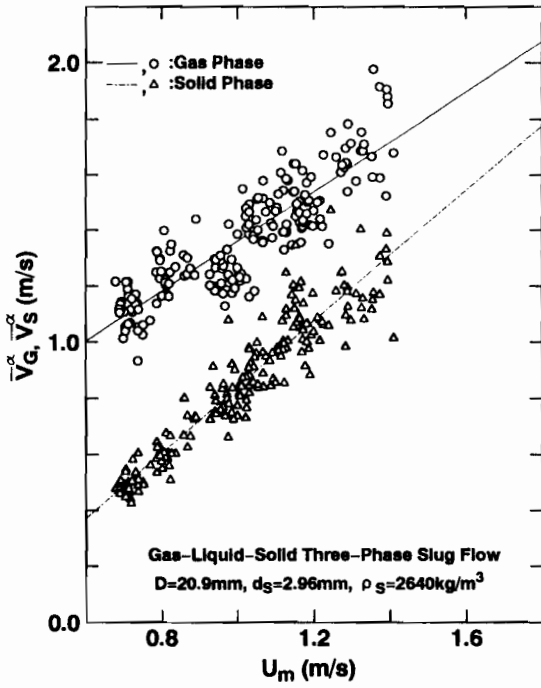


(c)

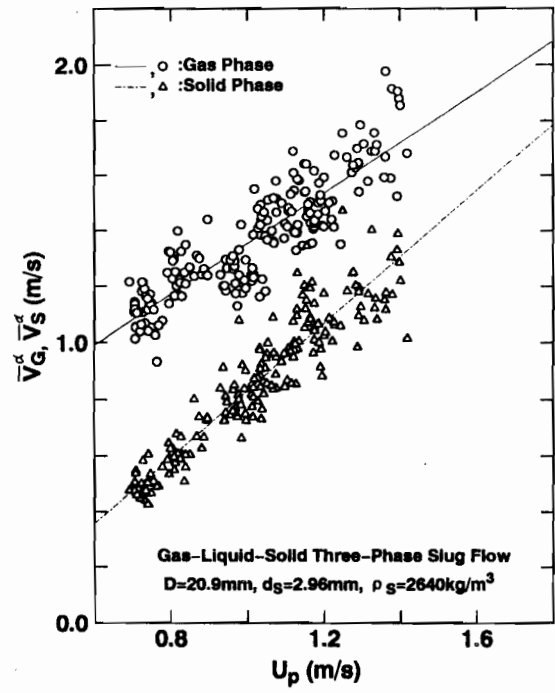


(d)

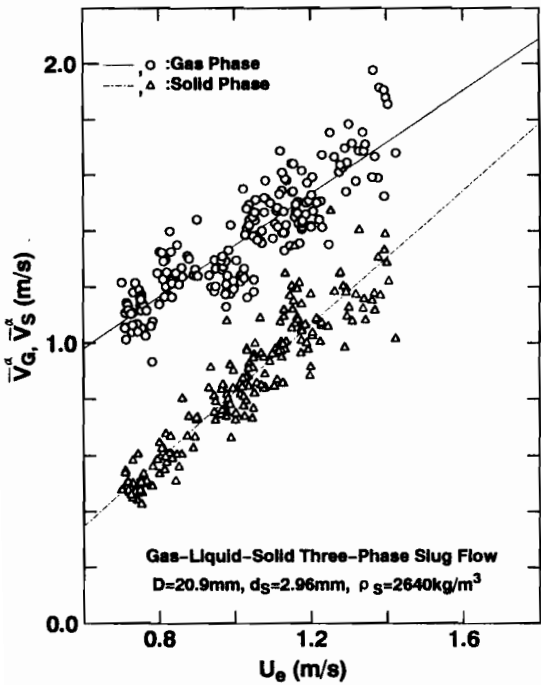
図6-6 固気液三相スラグ流の各平面上での整理 ( $D=20.9\text{mm}$ 、 $d_s=2.96\text{mm}$ )



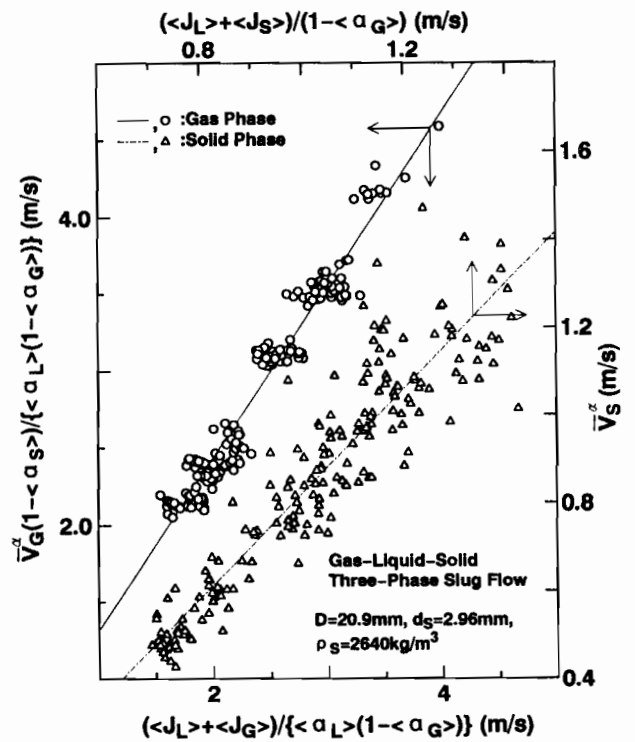
(e)



(f)

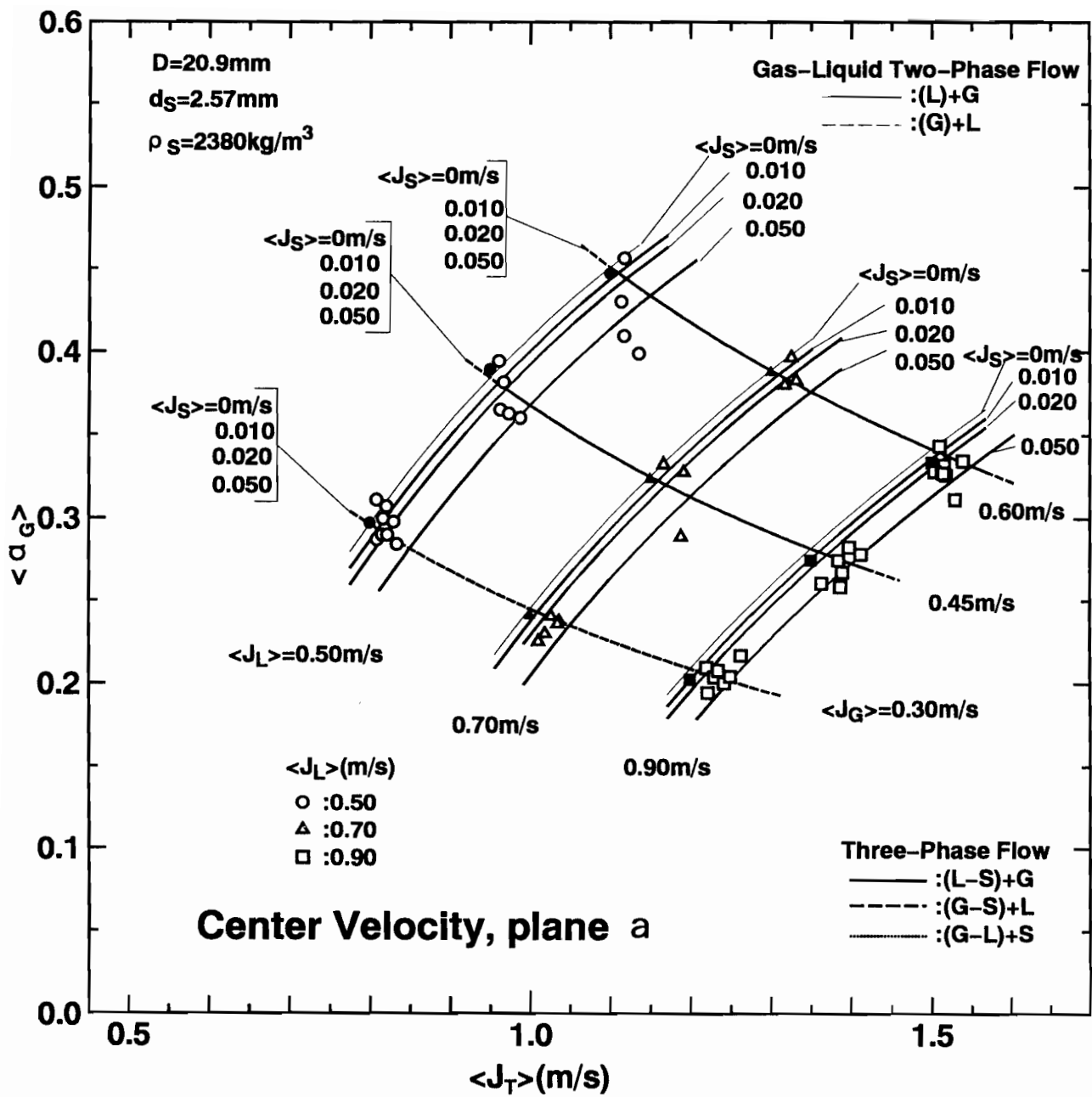


(g)



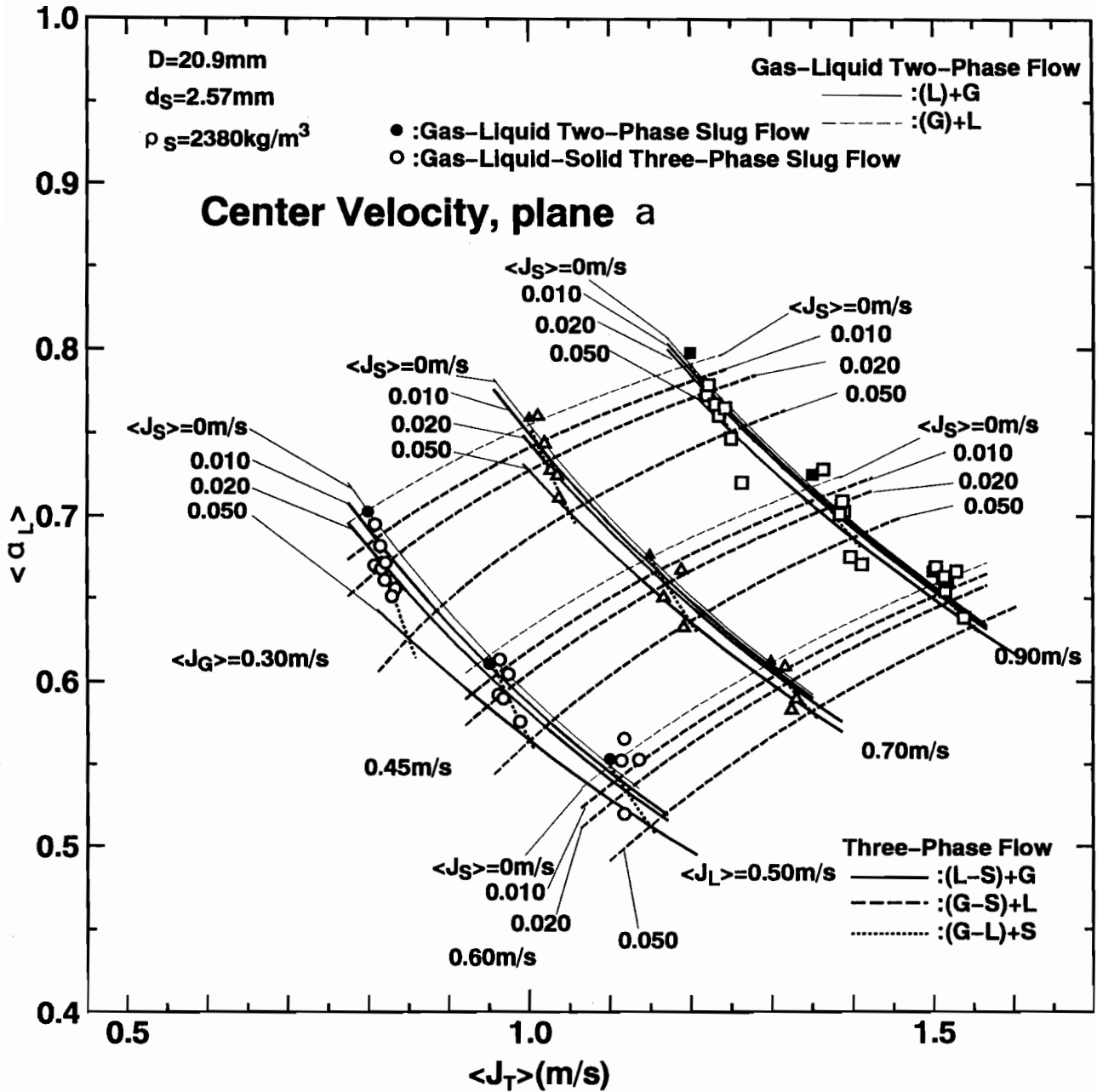
(h)

図6-6 固気液三相スラグ流の各平面上での整理 ( $D=20.9\text{mm}$ 、 $d_s=2.96\text{mm}$ )



(a) 気相体積率

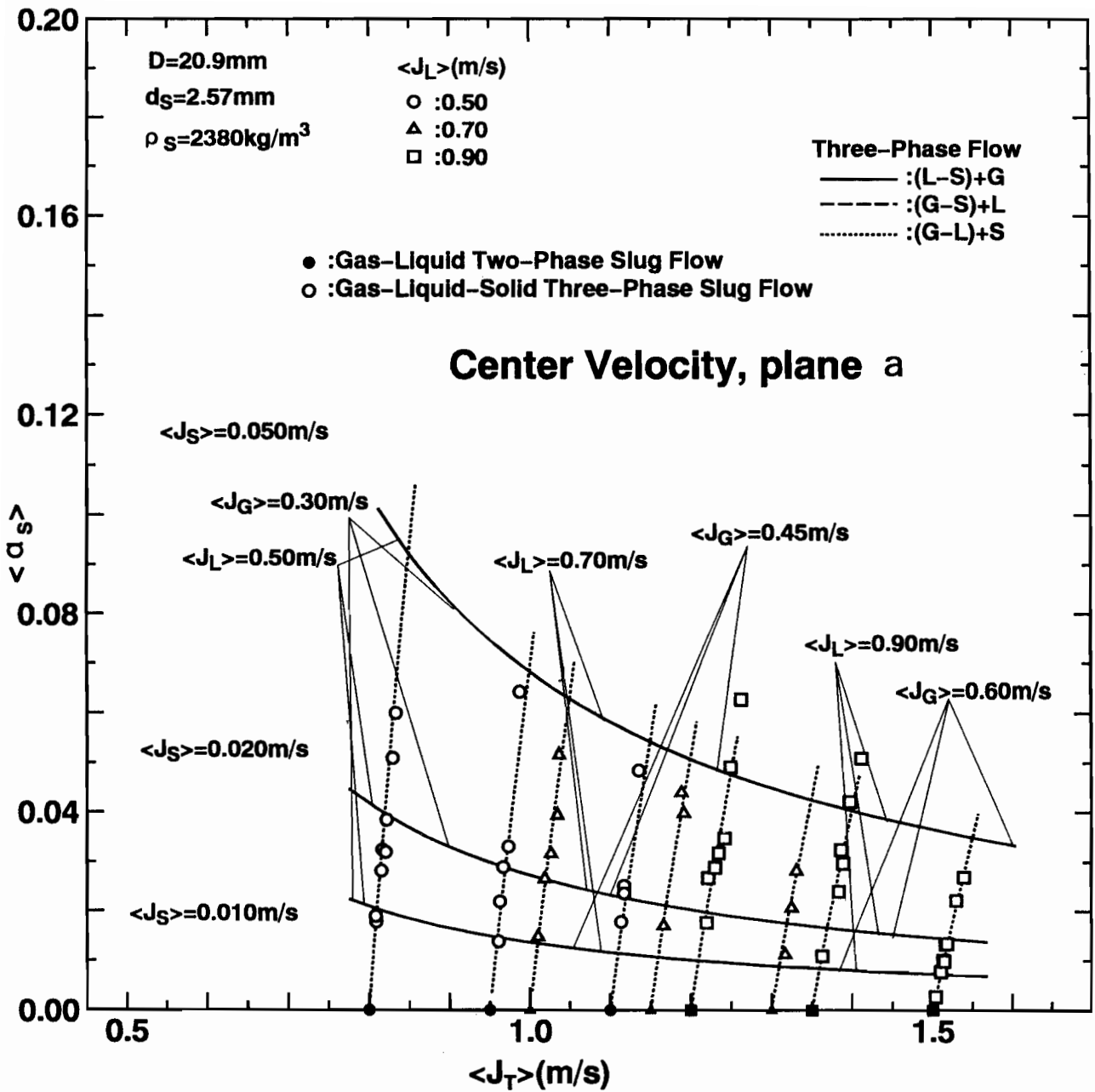
図6-7 平面a ( $\langle J_T \rangle - \bar{V}_G^\alpha$ ,  $\langle J_T \rangle - \bar{V}_S^\alpha$ 平面)を用いた推算法による各相体積率推算結果 ( $D=20.9\text{mm}$ ,  $d_s=2.57\text{mm}$ ,  $\rho_s=2380\text{kg/m}^3$ )



(b) 液相体積率

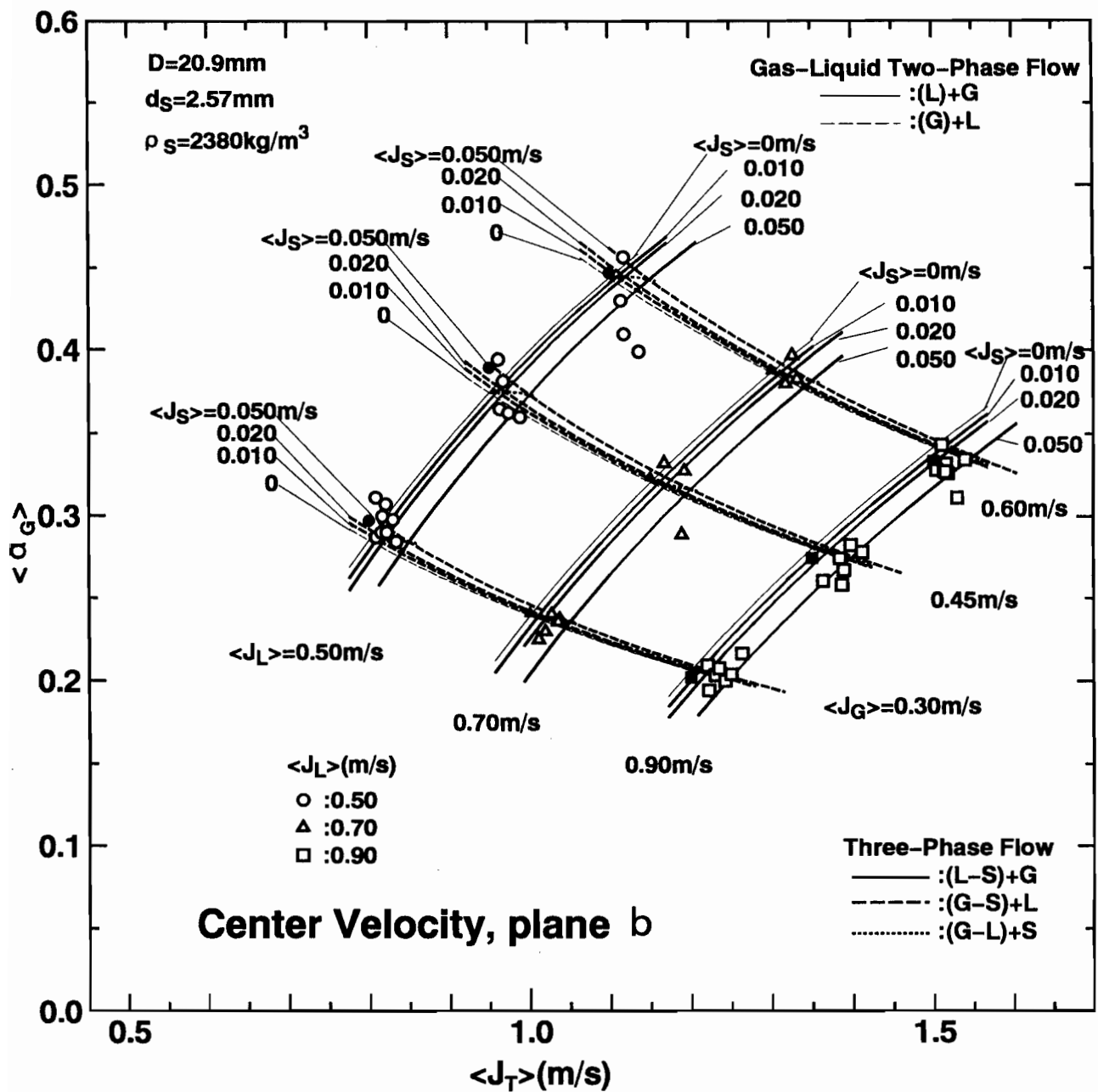
図6-7 平面a ( $\langle J_T \rangle - \bar{V}_G^\alpha$ ,  $\langle J_T \rangle - \bar{V}_S^\alpha$ 平面)を用いた推算法による各相体積率推算結果 ( $D=20.9\text{mm}$ ,  $d_s=2.57\text{mm}$ ,  $\rho_s=2380\text{kg/m}^3$ )





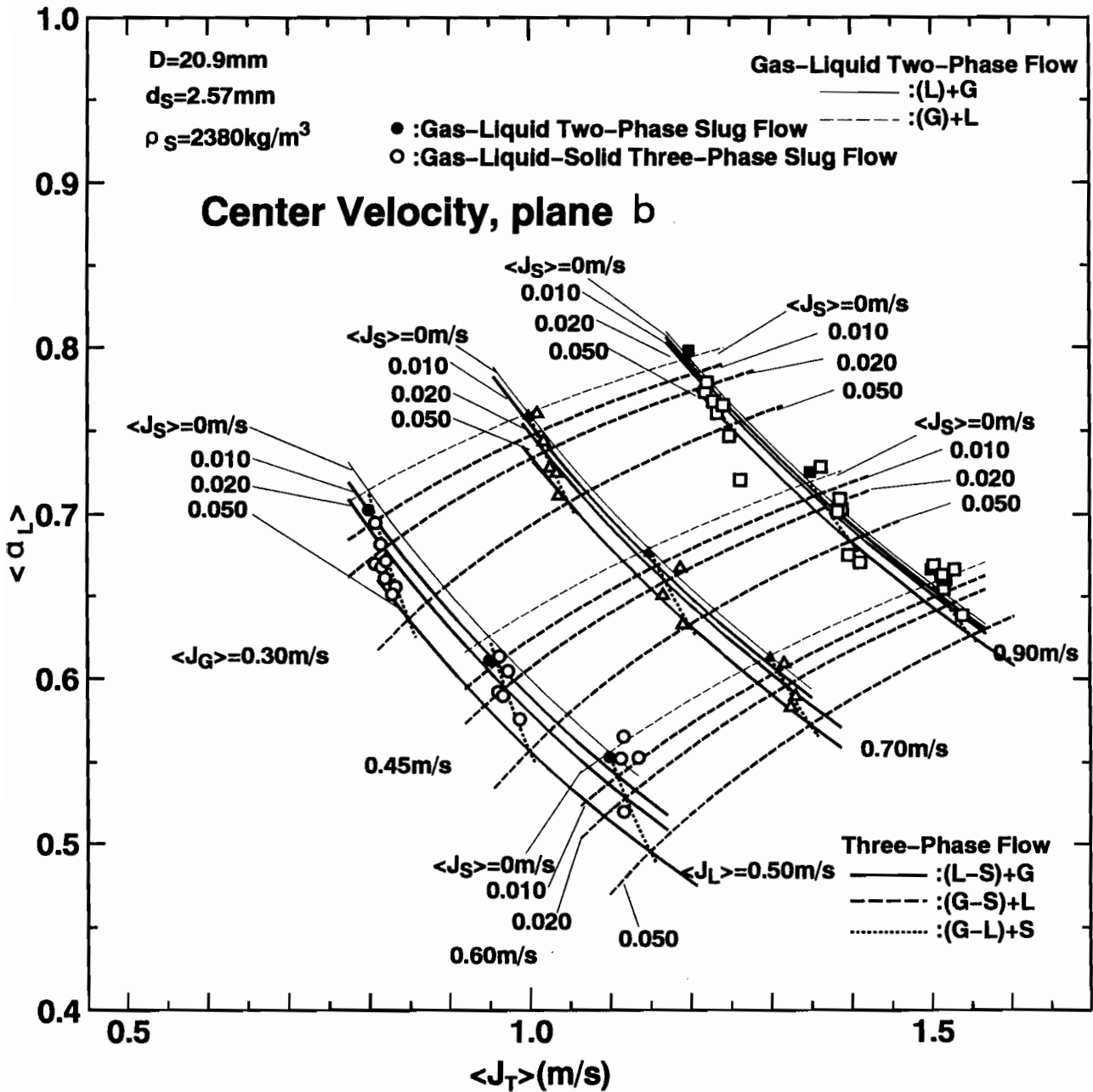
(c) 固相体積率

図6-7 平面a ( $\langle J_T \rangle - \bar{V}_G^\alpha$ ,  $\langle J_T \rangle - \bar{V}_S^\alpha$ 平面)を用いた推算法による各相体積率推算結果 ( $D=20.9\text{mm}$ ,  $d_s=2.57\text{mm}$ ,  $\rho_s=2380\text{kg/m}^3$ )



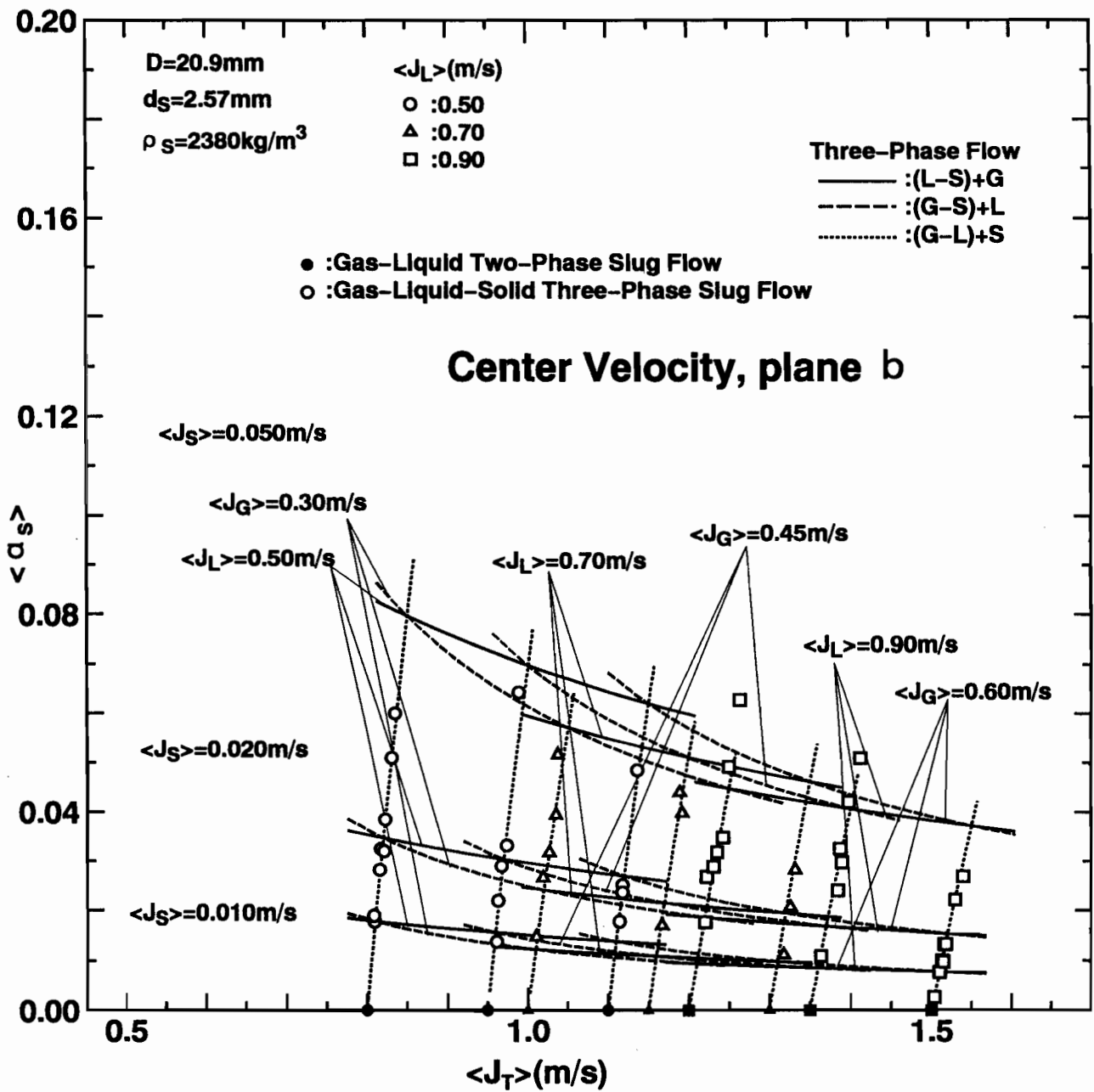
(a) 気相体積率

図6-8 平面b ( $\langle M_T \rangle - \overline{W}_G^y$ ,  $\langle M_T \rangle - \overline{W}_S^y$ 平面)を用いた推算法による各相体積率推算結果 ( $D=20.9\text{mm}$ ,  $d_s=2.57\text{mm}$ ,  $\rho_s=2380\text{kg/m}^3$ )



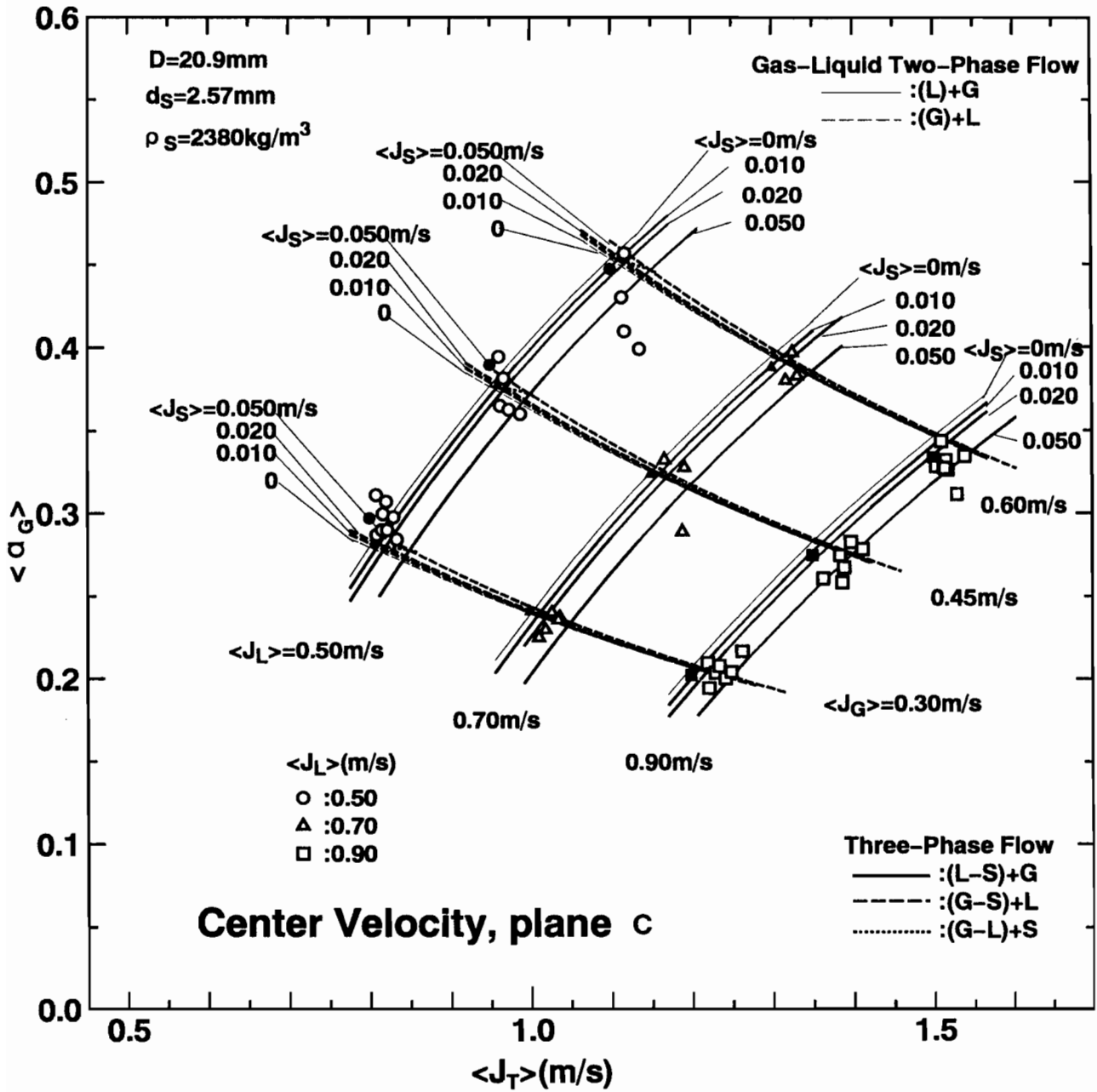
(b) 液相体積率

図6-8 平面b ( $\langle M_T \rangle - \overline{W}_G^y$ ,  $\langle M_T \rangle - \overline{W}_S^y$ 平面)を用いた推算法による各相体積率推算結果 ( $D=20.9\text{mm}$ ,  $d_s=2.57\text{mm}$ ,  $\rho_s=2380\text{kg/m}^3$ )



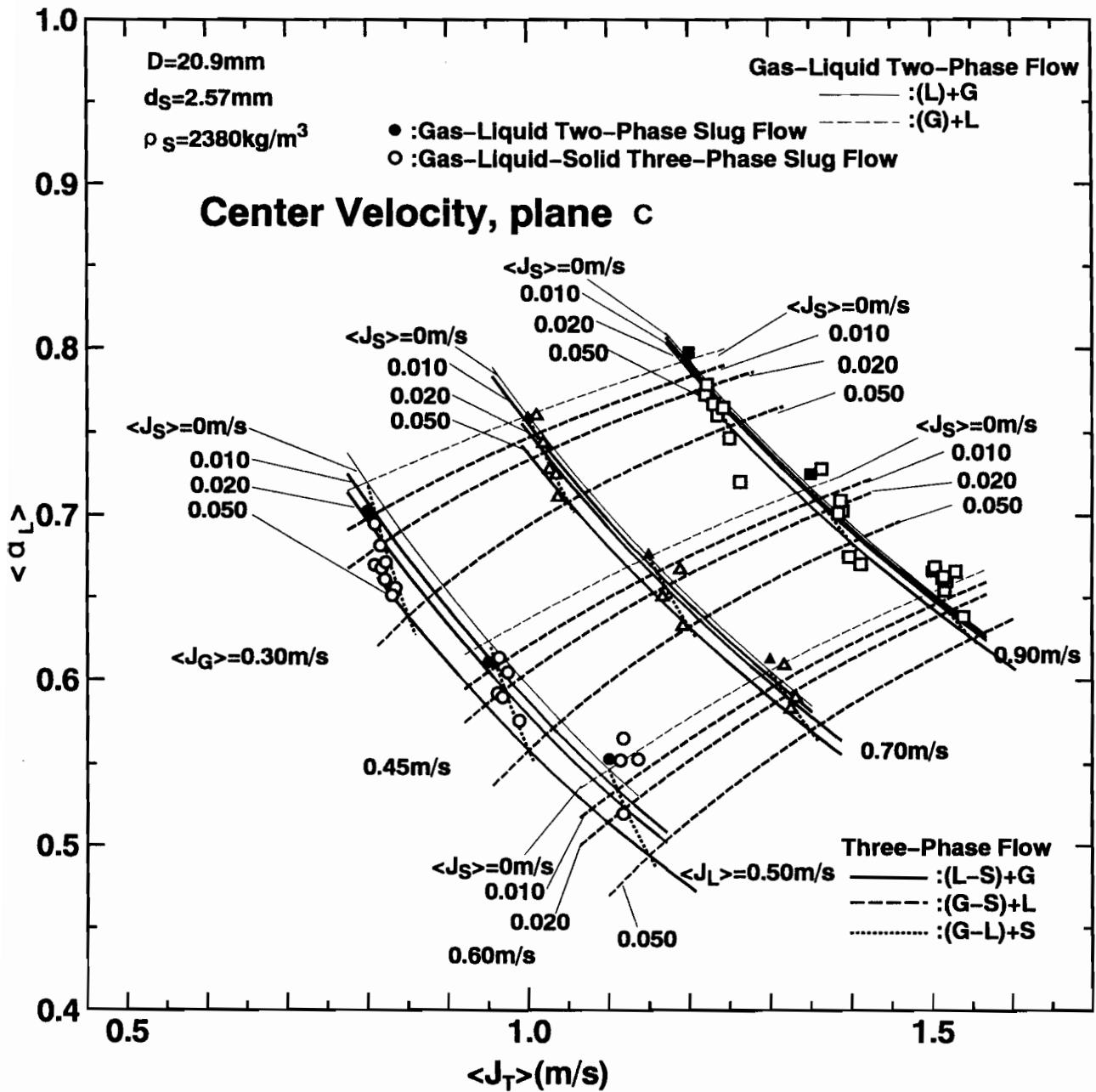
(c) 固相体積率

図6-8 平面b ( $\langle M_T \rangle - \overline{W}_G^y$ ,  $\langle M_T \rangle - \overline{W}_S^y$ 平面)を用いた推算法による各相体積率推算結果 ( $D=20.9\text{mm}$ ,  $d_s=2.57\text{mm}$ ,  $\rho_s=2380\text{kg/m}^3$ )



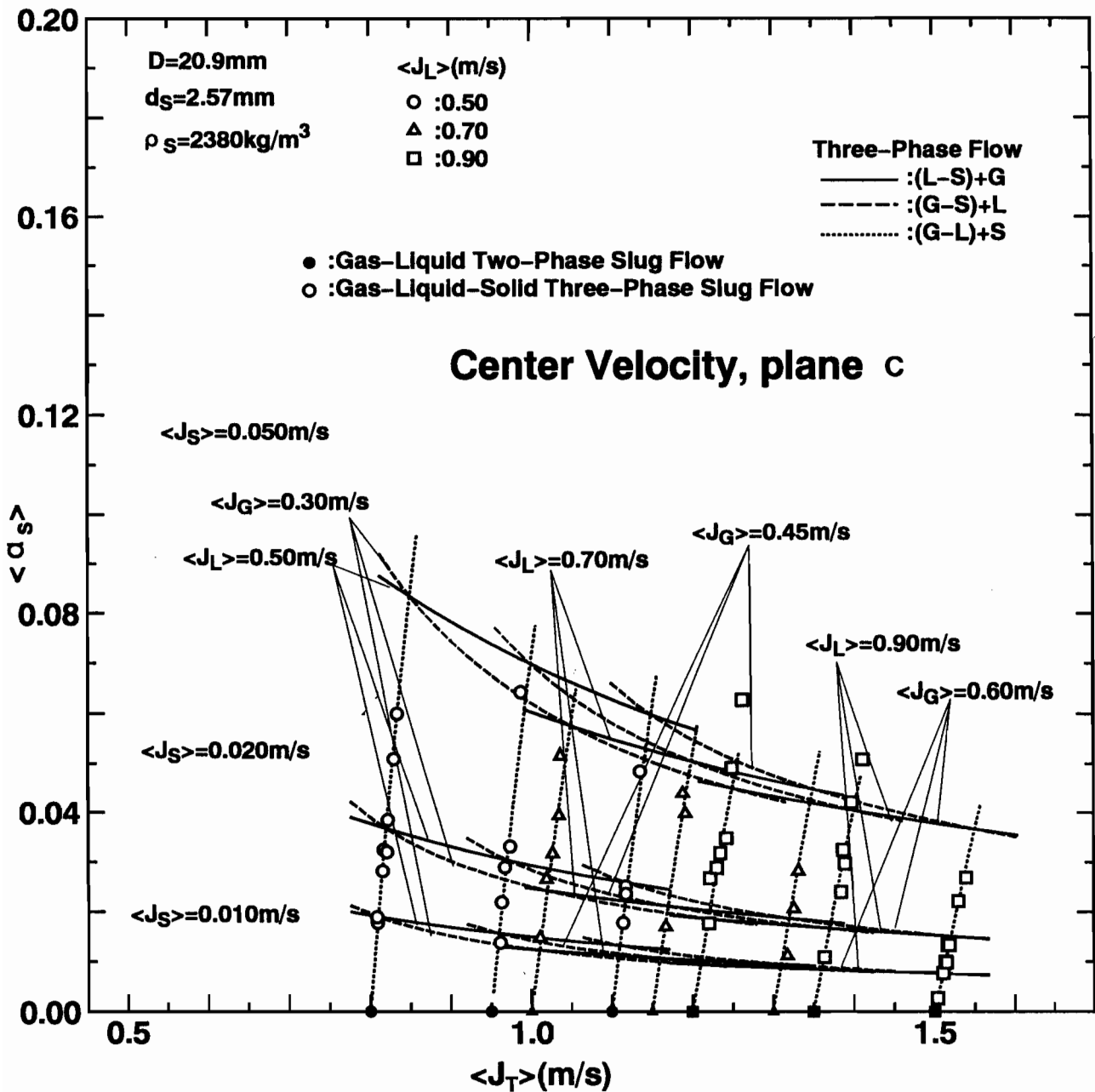
(a) 気相体積率

図6-9 平面c ( $\langle P_T \rangle - \bar{K}_G^x$ ,  $\langle P_T \rangle - \bar{K}_S^x$ 平面)を用いた推算法による各相体積率推算結果 ( $D=20.9\text{mm}$ ,  $d_s=2.57\text{mm}$ ,  $\rho_s=2380\text{kg/m}^3$ )



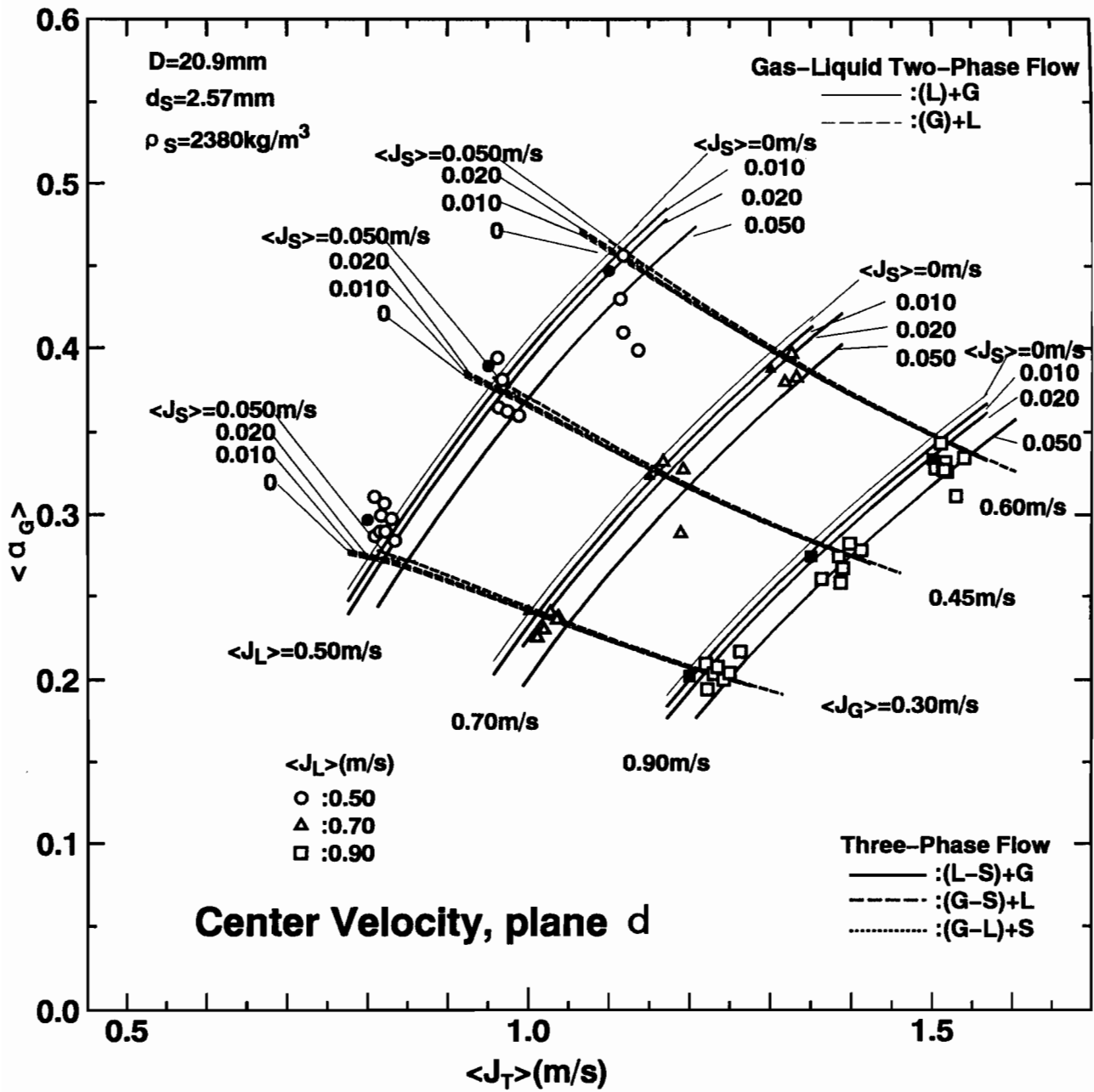
(b) 液相体積率

図6-9 平面c ( $\langle P_T \rangle - \bar{K}_G^x$ ,  $\langle P_T \rangle - \bar{K}_S^x$ 平面)を用いた推算法による各相体積率推算結果 ( $D=20.9\text{mm}$ ,  $d_s=2.57\text{mm}$ ,  $\rho_s=2380\text{kg/m}^3$ )



(c) 固相体積率

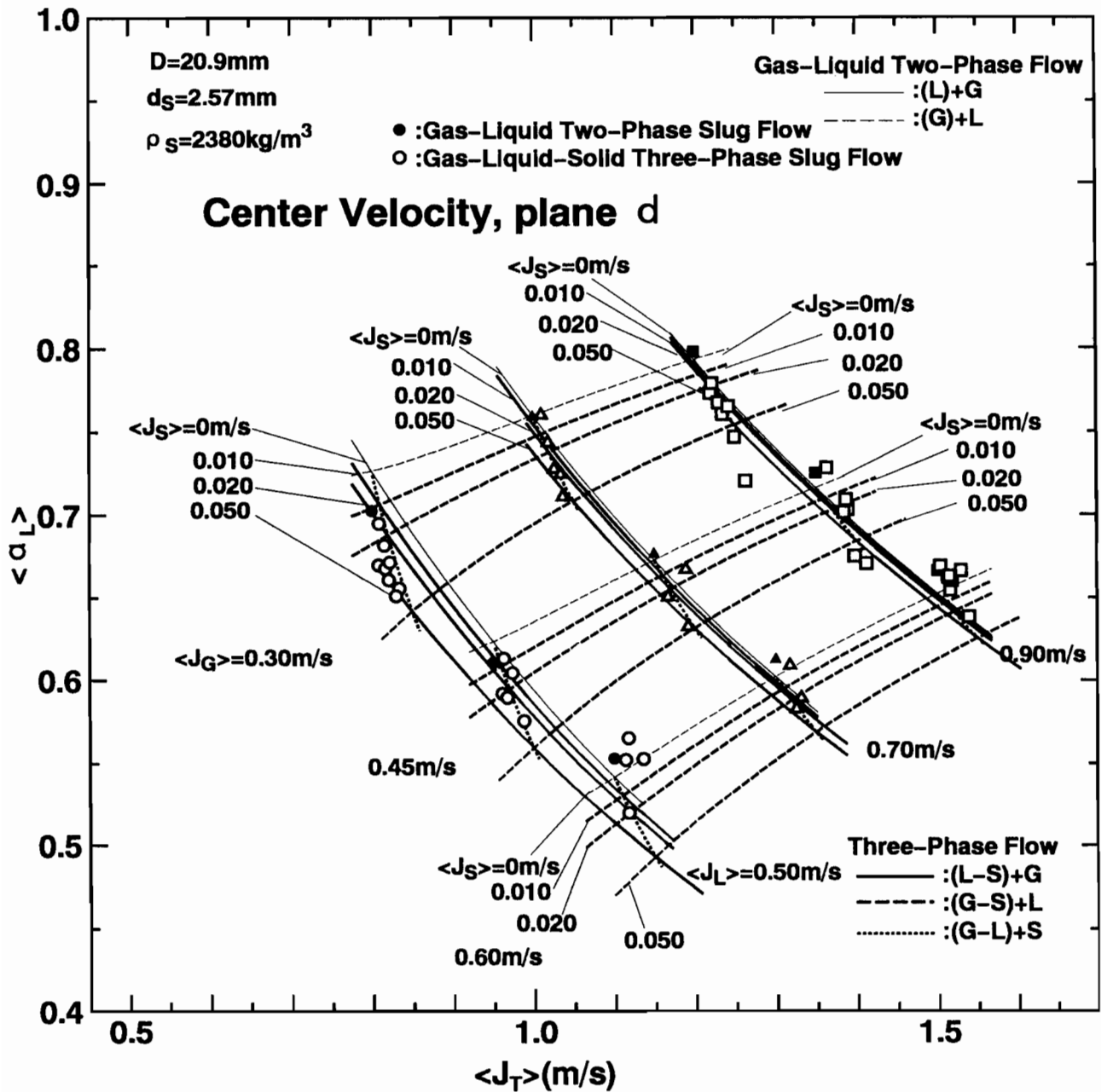
図6-9 平面c ( $\langle P_T \rangle - \bar{K}_G^X$ ,  $\langle P_T \rangle - \bar{K}_S^X$ 平面) を用いた推算法による  
 各相体積率推算結果 ( $D=20.9\text{mm}$ ,  $d_s=2.57\text{mm}$ ,  $\rho_s=2380\text{kg/m}^3$ )



(a) 気相体積率

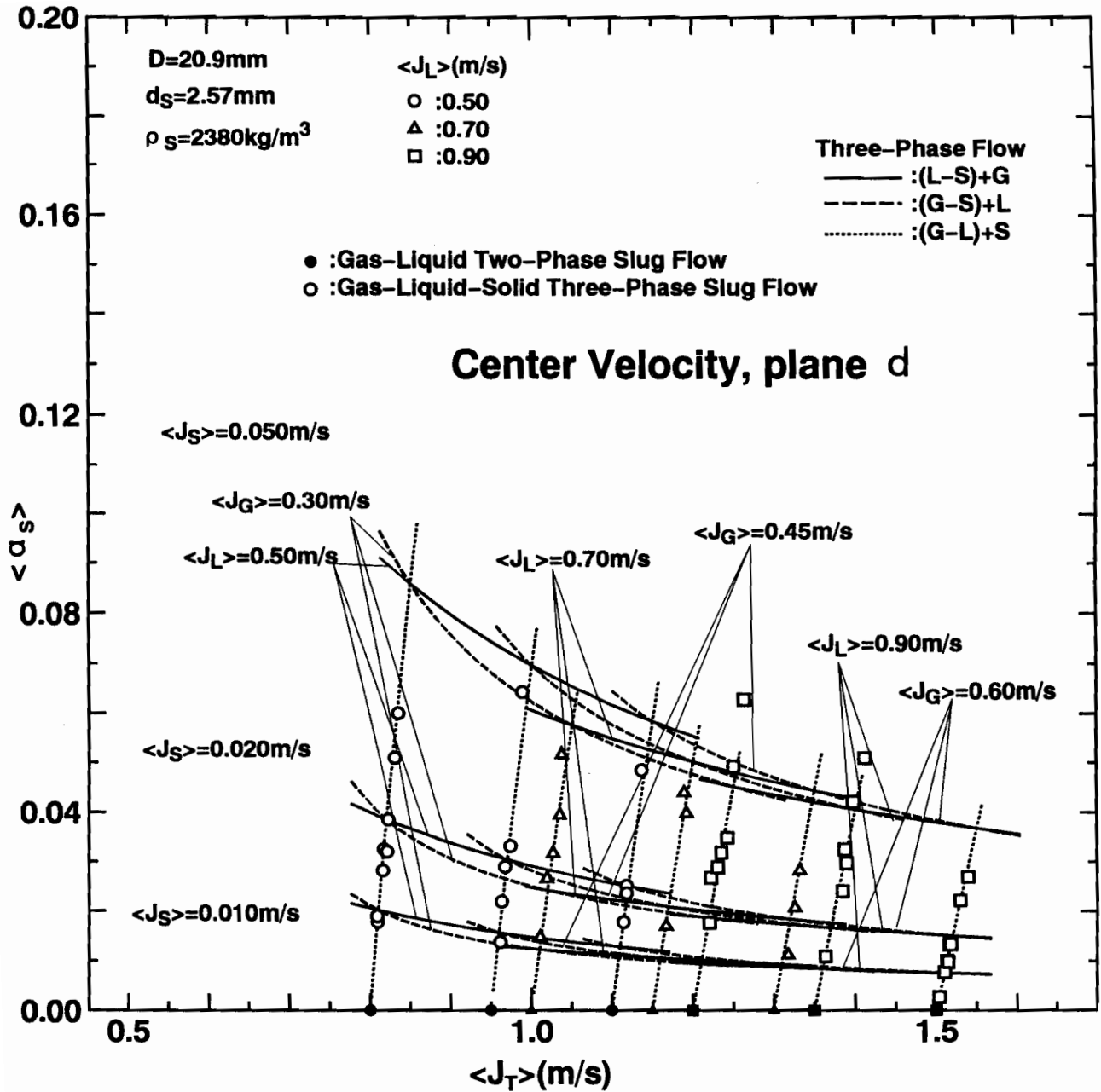
図6-10 平面d ( $\langle E_T \rangle - \bar{T}_G^e$ ,  $\langle E_T \rangle - \bar{T}_S^e$ 平面)を用いた推算法による各相体積率推算結果 ( $D=20.9\text{mm}$ ,  $d_s=2.57\text{mm}$ ,  $\rho_s=2380\text{kg/m}^3$ )





(b) 液相体積率

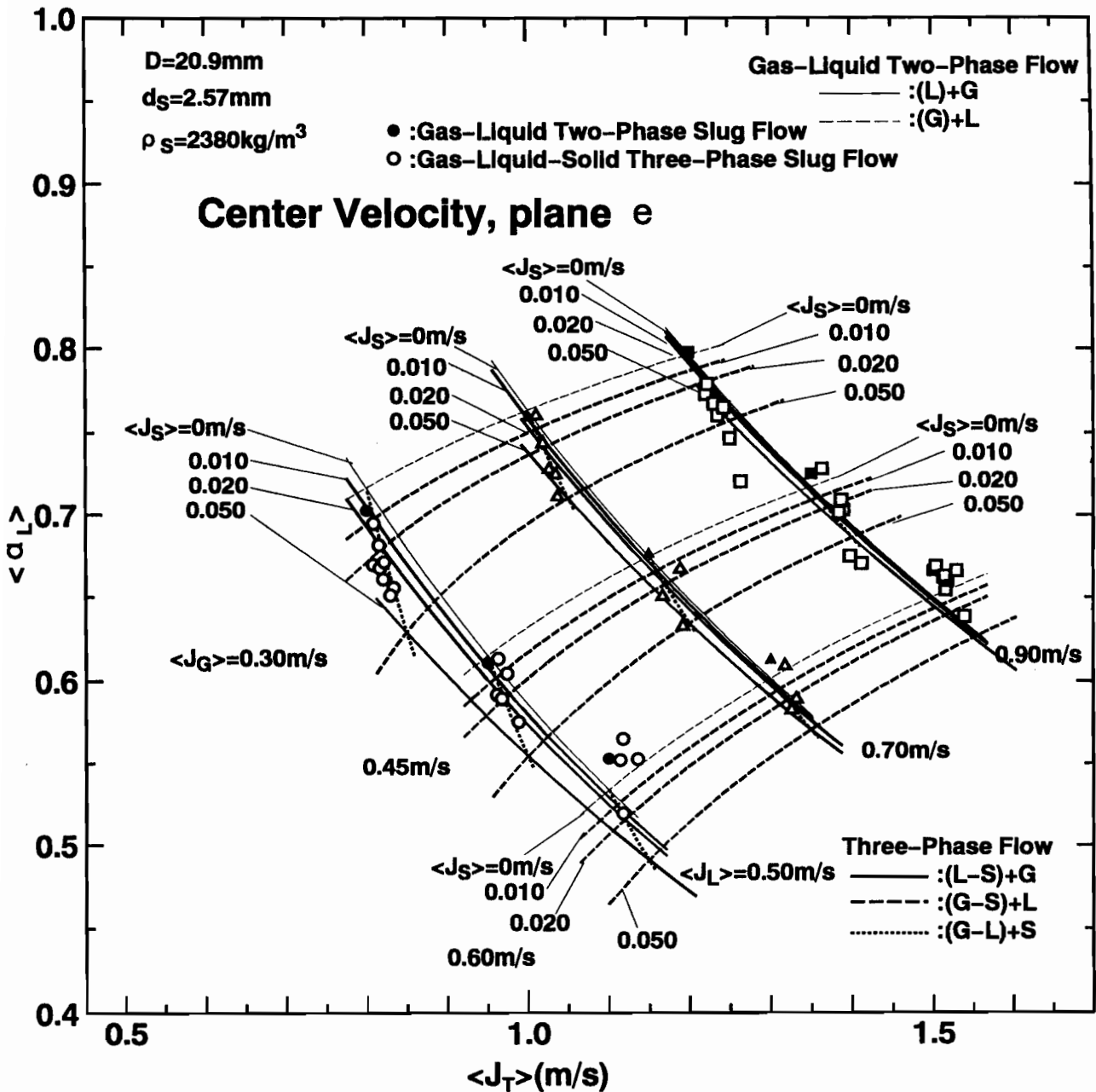
図6-10 平面d ( $\langle E_T \rangle - \bar{T}_G^e$ ,  $\langle E_T \rangle - \bar{T}_S^e$ 平面)を用いた推算法による各相体積率推算結果 ( $D=20.9\text{mm}$ ,  $d_s=2.57\text{mm}$ ,  $\rho_s=2380\text{kg/m}^3$ )



(c) 固相体積率

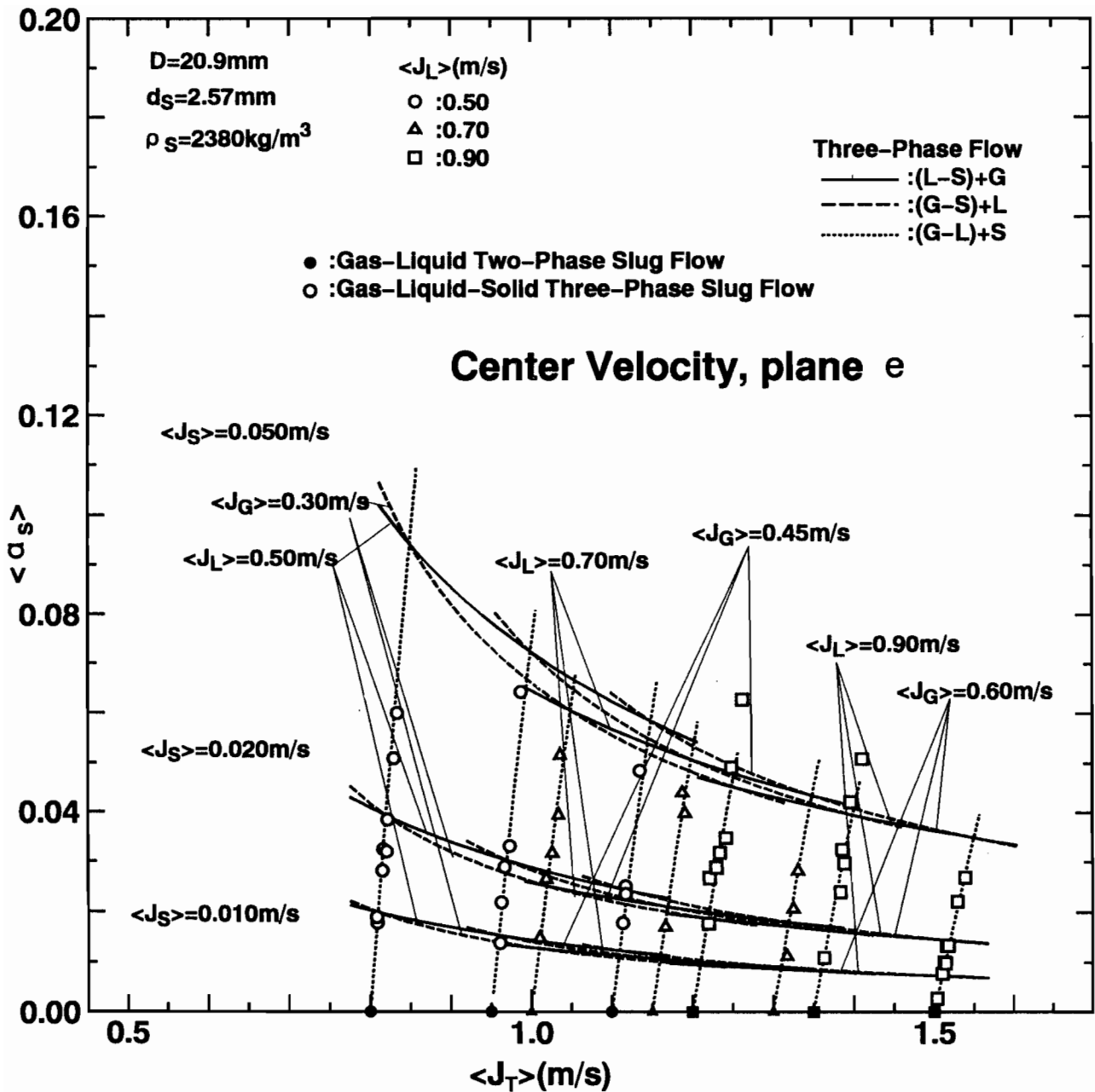
図6-10 平面d ( $\langle E_T \rangle - \bar{T}_G^e$ 、 $\langle E_T \rangle - \bar{T}_S^e$ 平面)を用いた推算法による各相体積率推算結果 ( $D=20.9\text{mm}$ 、 $d_s=2.57\text{mm}$ 、 $\rho_s=2380\text{kg/m}^3$ )





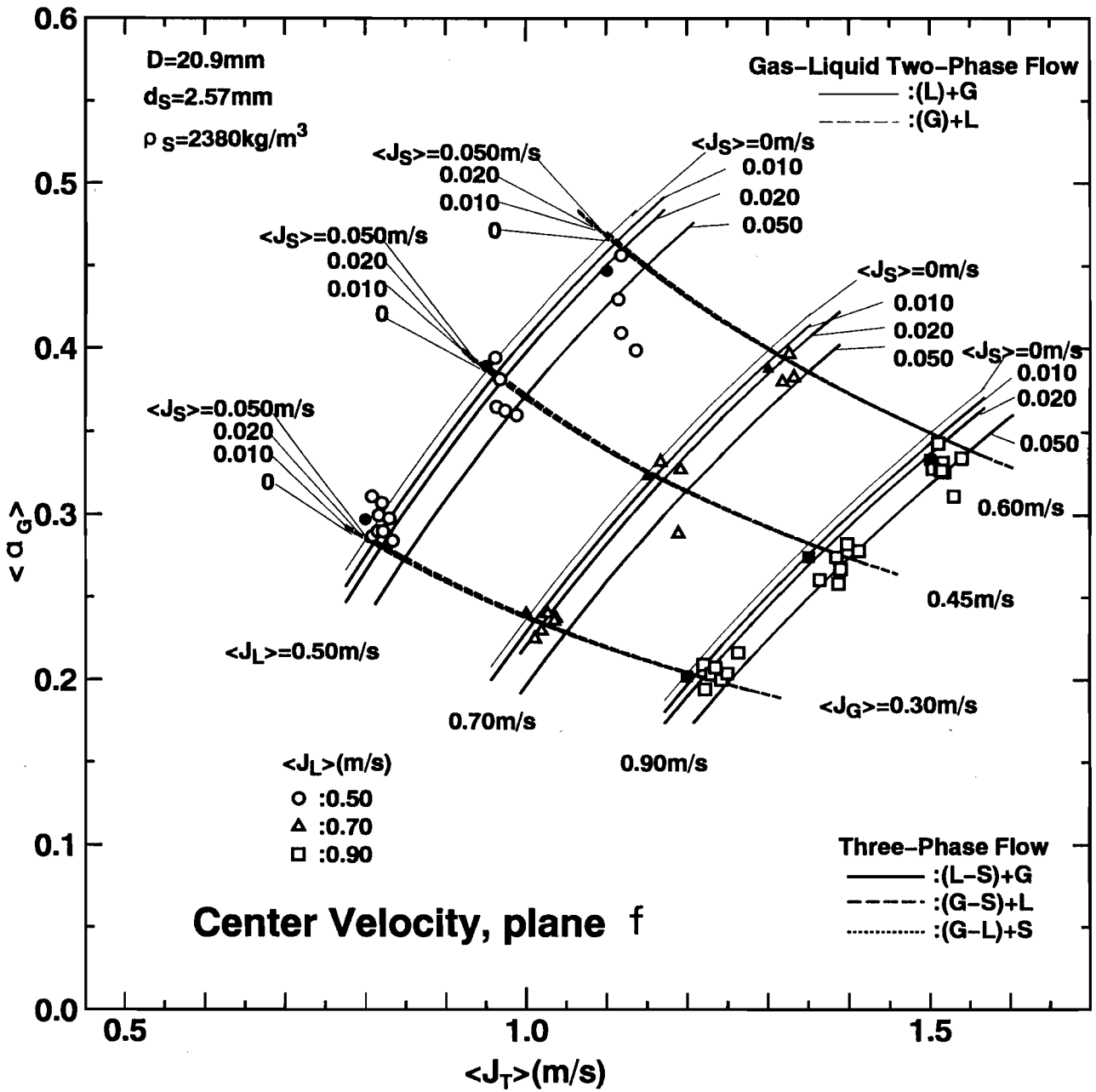
(b) 液相体積率

図6-11 平面e ( $U_m - \bar{V}_G^\alpha$ ,  $U_m - \bar{V}_S^\alpha$ 平面)を用いた推算法による各相体積率推算結果 ( $D=20.9\text{mm}$ ,  $d_s=2.57\text{mm}$ ,  $\rho_s=2380\text{kg/m}^3$ )



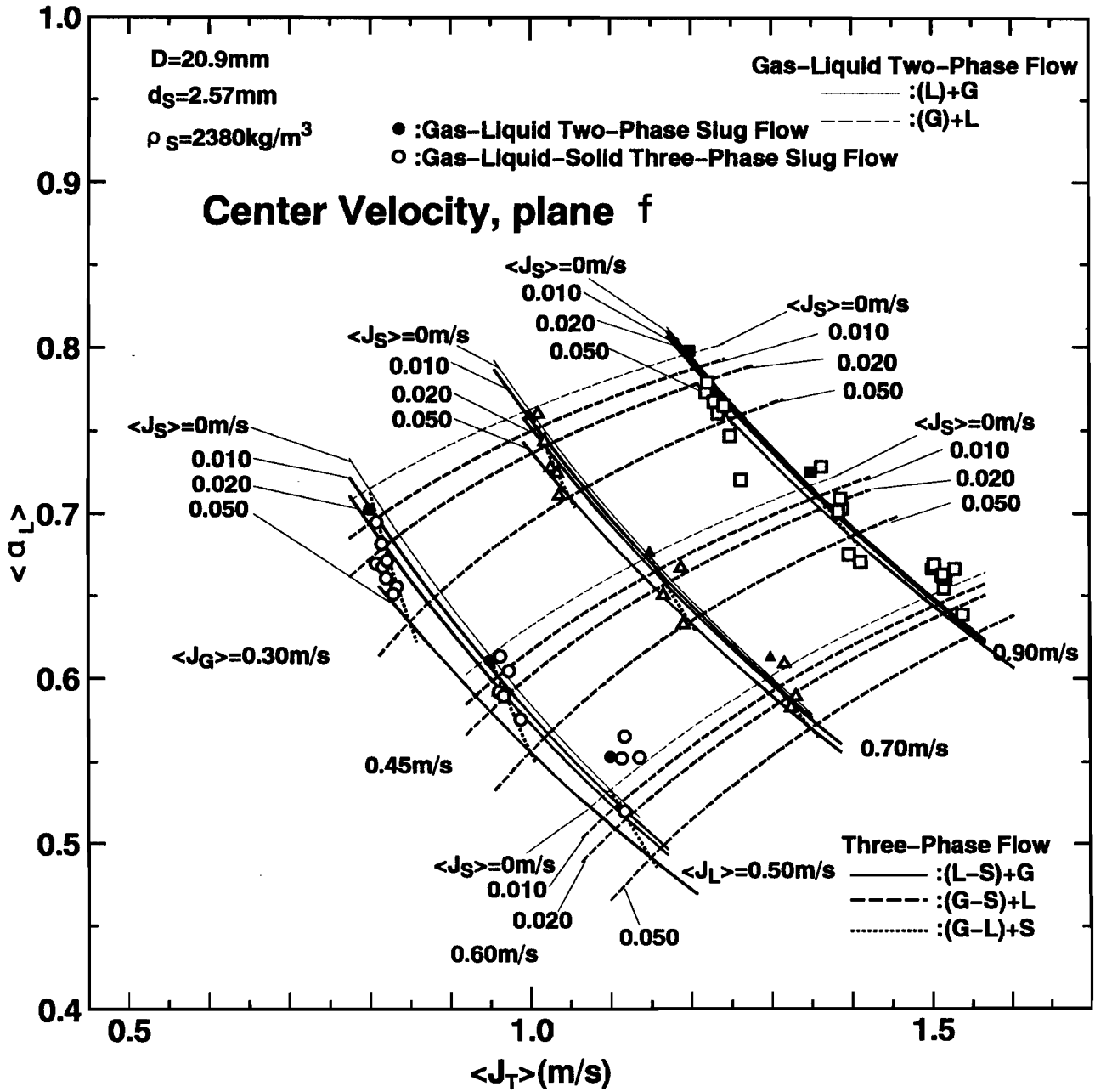
(c) 固相体積率

図6-11 平面e ( $U_m - \bar{V}_G^\alpha$ ,  $U_m - \bar{V}_S^\alpha$ 平面)を用いた推算法による各相体積率推算結果 ( $D=20.9\text{mm}$ ,  $d_s=2.57\text{mm}$ ,  $\rho_s=2380\text{kg/m}^3$ )



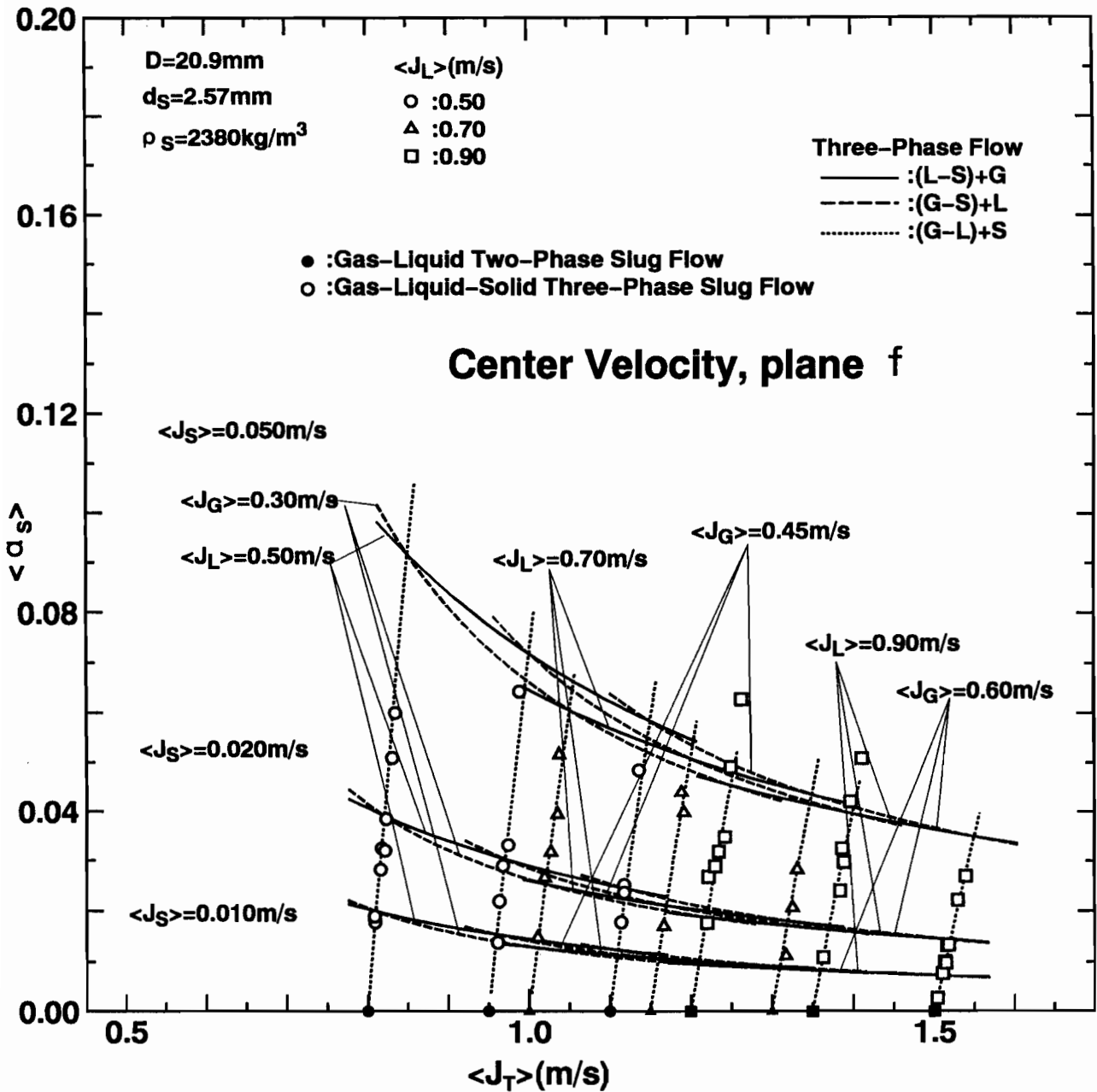
(a) 気相体積率

図6-12 平面f ( $U_p - \bar{V}_G^\alpha$ ,  $U_p - \bar{V}_S^\alpha$ 平面)を用いた推算法による各相体積率推算結果 ( $D=20.9\text{mm}$ ,  $d_s=2.57\text{mm}$ ,  $\rho_s=2380\text{kg/m}^3$ )



(b) 液相体積率

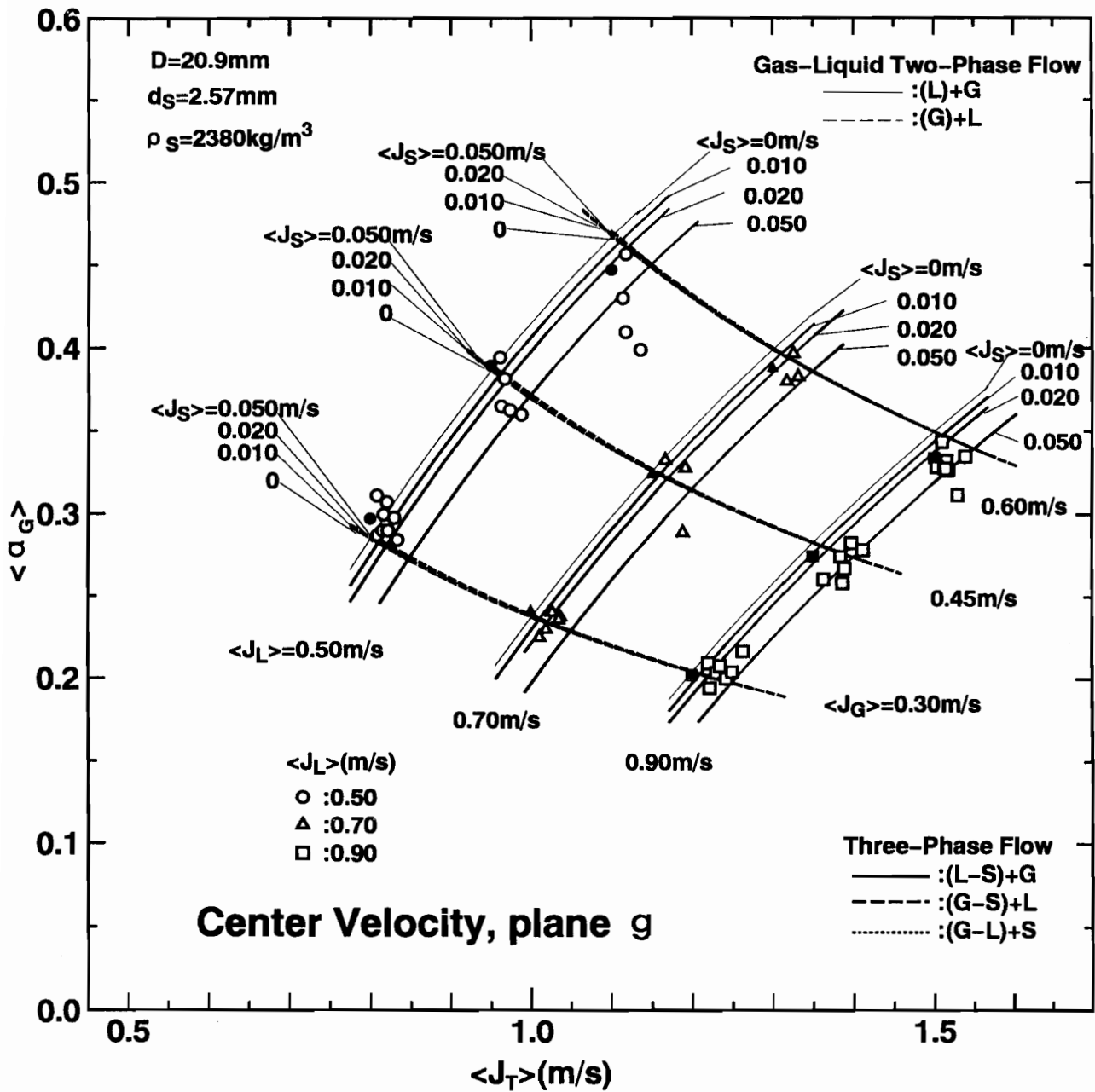
図6-12 平面f ( $U_p - \bar{V}_G^\alpha$ ,  $U_p - \bar{V}_S^\alpha$ 平面)を用いた推算法による  
 各相体積率推算結果 ( $D=20.9\text{mm}$ ,  $d_s=2.57\text{mm}$ ,  $\rho_s=2380\text{kg/m}^3$ )



(c) 固相体積率

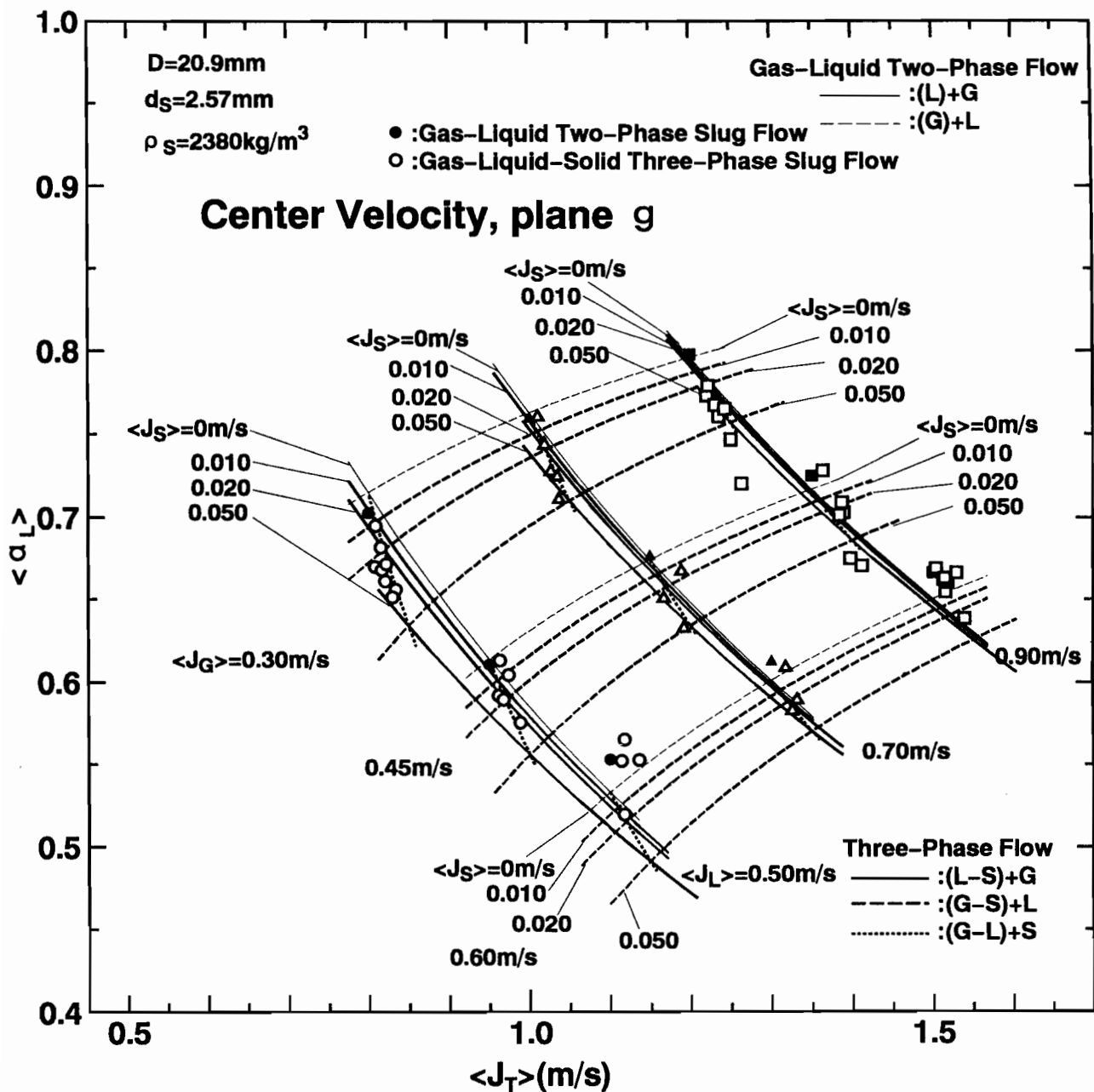
図6-12 平面f ( $U_p - \bar{V}_G^\alpha$ ,  $U_p - \bar{V}_S^\alpha$ 平面)を用いた推算法による各相体積率推算結果 ( $D=20.9\text{mm}$ ,  $d_s=2.57\text{mm}$ ,  $\rho_s=2380\text{kg/m}^3$ )





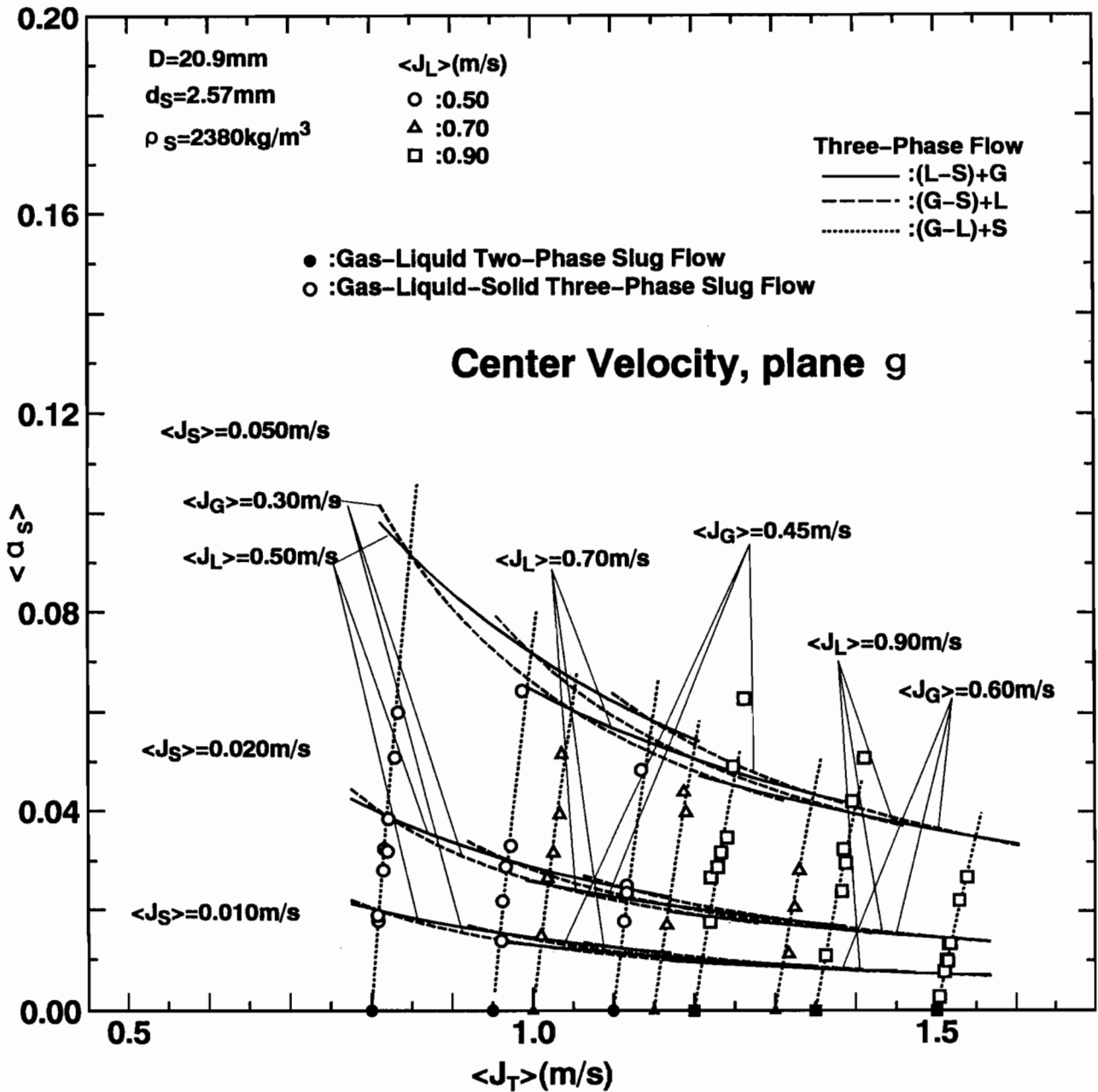
(a) 気相体積率

図6-13 平面g ( $U_e - \bar{V}_G^\alpha$ ,  $U_e - \bar{V}_S^\alpha$ 平面)を用いた推算法による各相体積率推算結果 ( $D=20.9\text{mm}$ 、 $d_s=2.57\text{mm}$ 、 $\rho_s=2380\text{kg/m}^3$ )



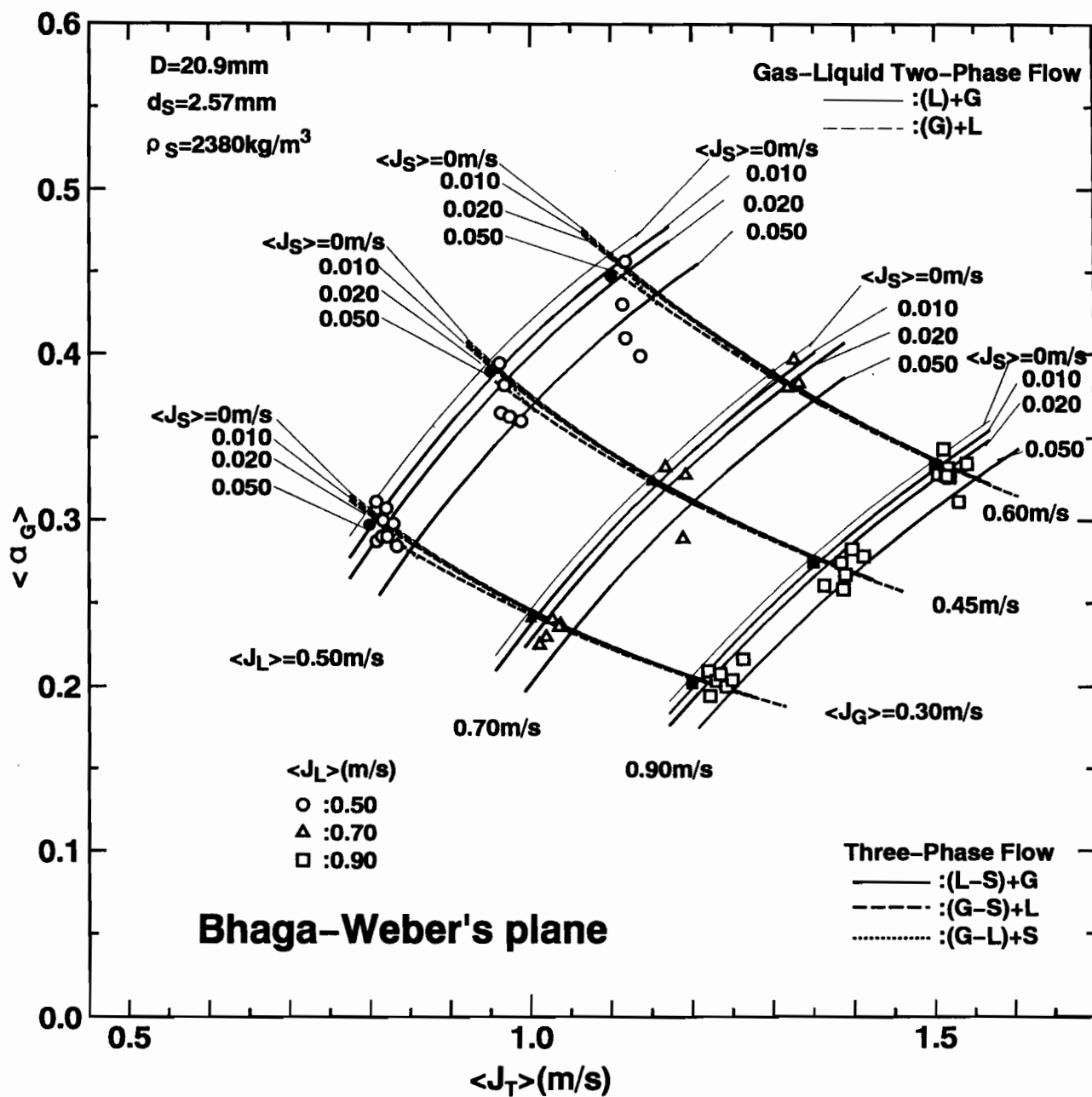
(b) 液相体積率

図6-13 平面g ( $U_e - \bar{V}_G^\alpha$ ,  $U_e - \bar{V}_S^\alpha$ 平面)を用いた推算法による各相体積率推算結果 ( $D=20.9\text{mm}$ ,  $d_s=2.57\text{mm}$ ,  $\rho_s=2380\text{kg/m}^3$ )



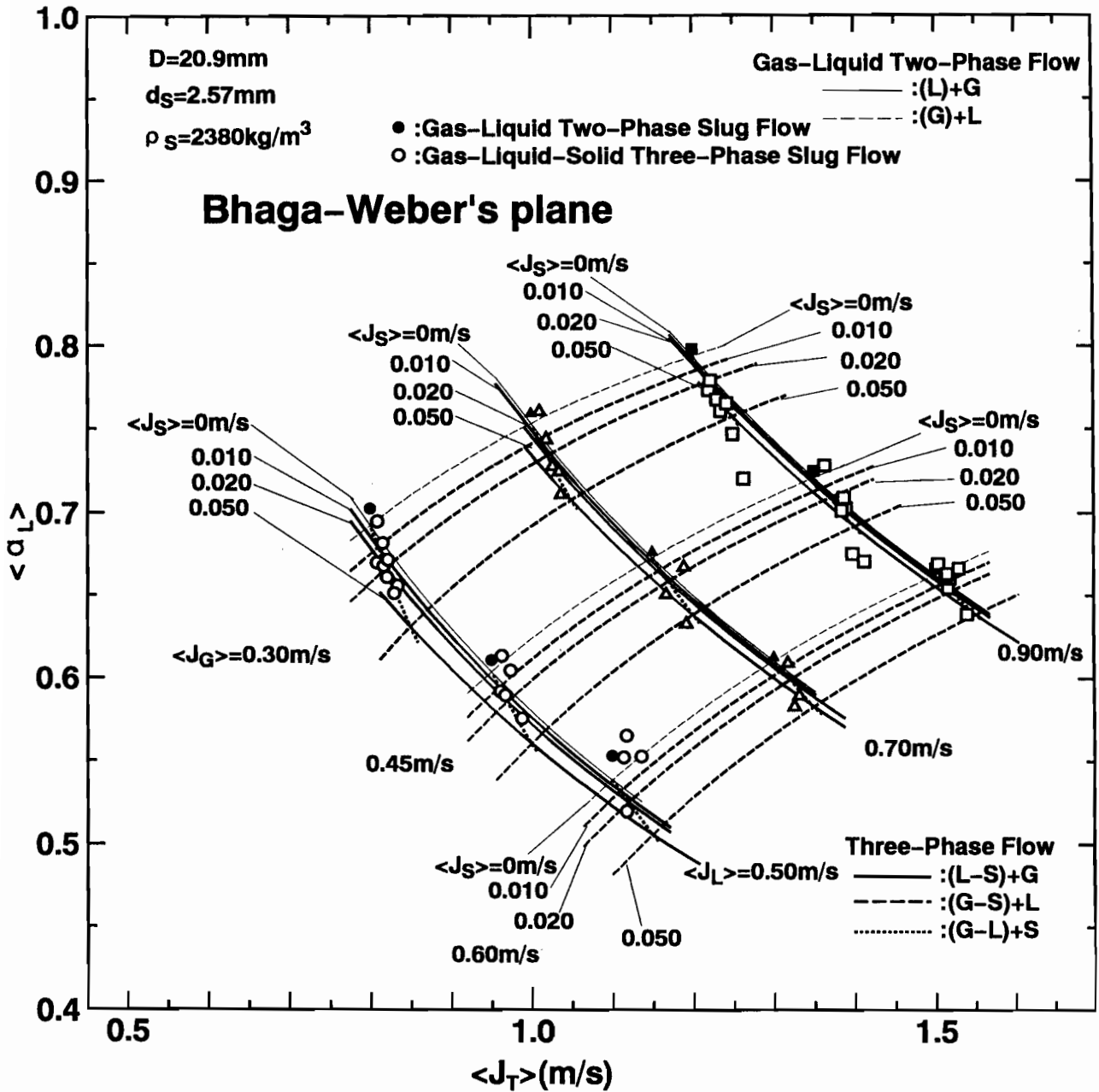
(c) 固相体積率

図6-13 平面g ( $U_e - \bar{V}_G^\alpha$ ,  $U_e - \bar{V}_S^\alpha$ 平面)を用いた推算法による各相体積率推算結果 ( $D=20.9\text{mm}$ ,  $d_s=2.57\text{mm}$ ,  $\rho_s=2380\text{kg/m}^3$ )



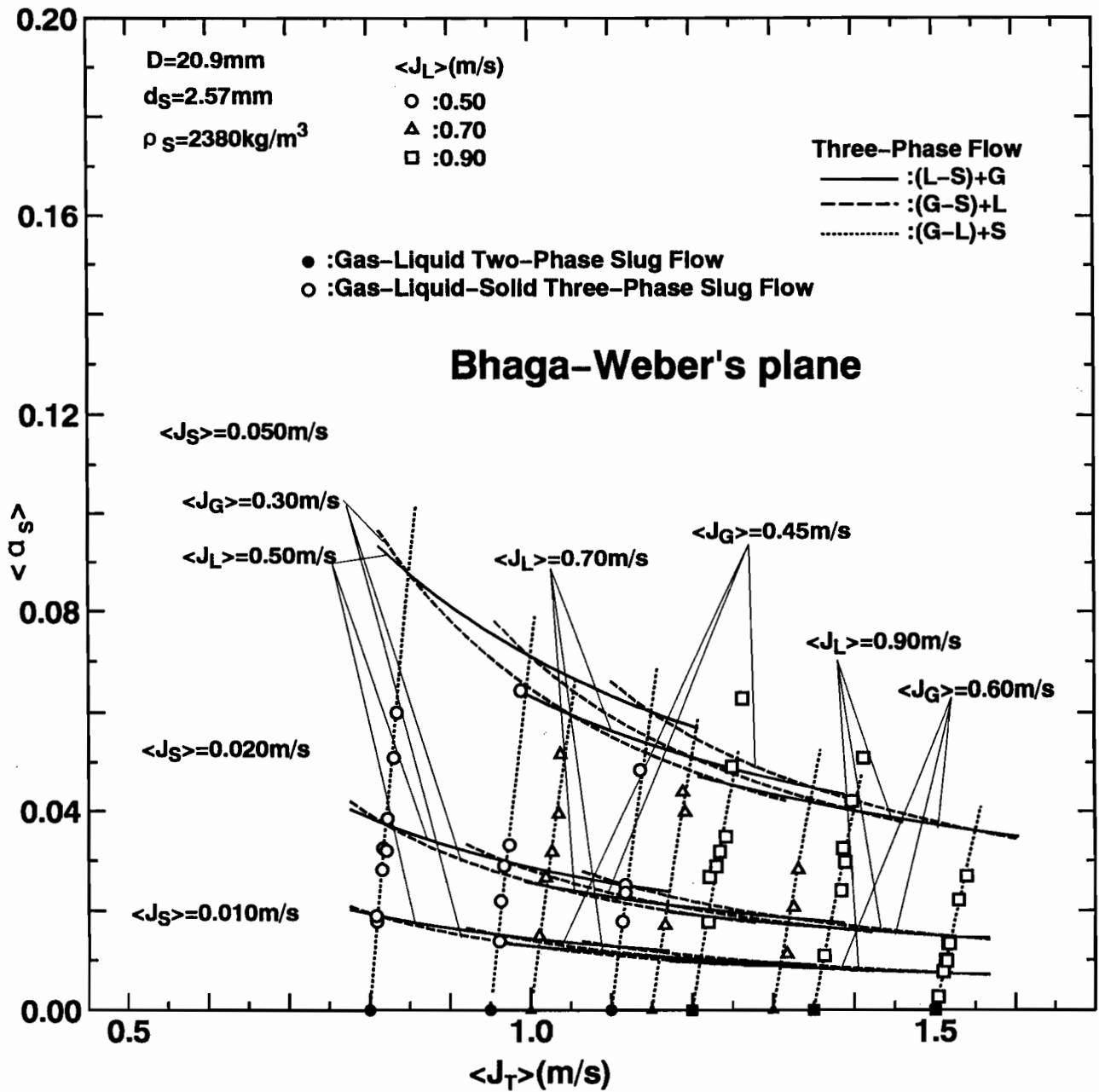
(a) 気相体積率

図6-14 平面h (Bhaga-Weber<sup>(78),(79)</sup>による平面)を用いた推算法による各相体積率推算結果 ( $D=20.9\text{mm}$ 、 $d_s=2.57\text{mm}$ 、 $\rho_s=2380\text{kg/m}^3$ )



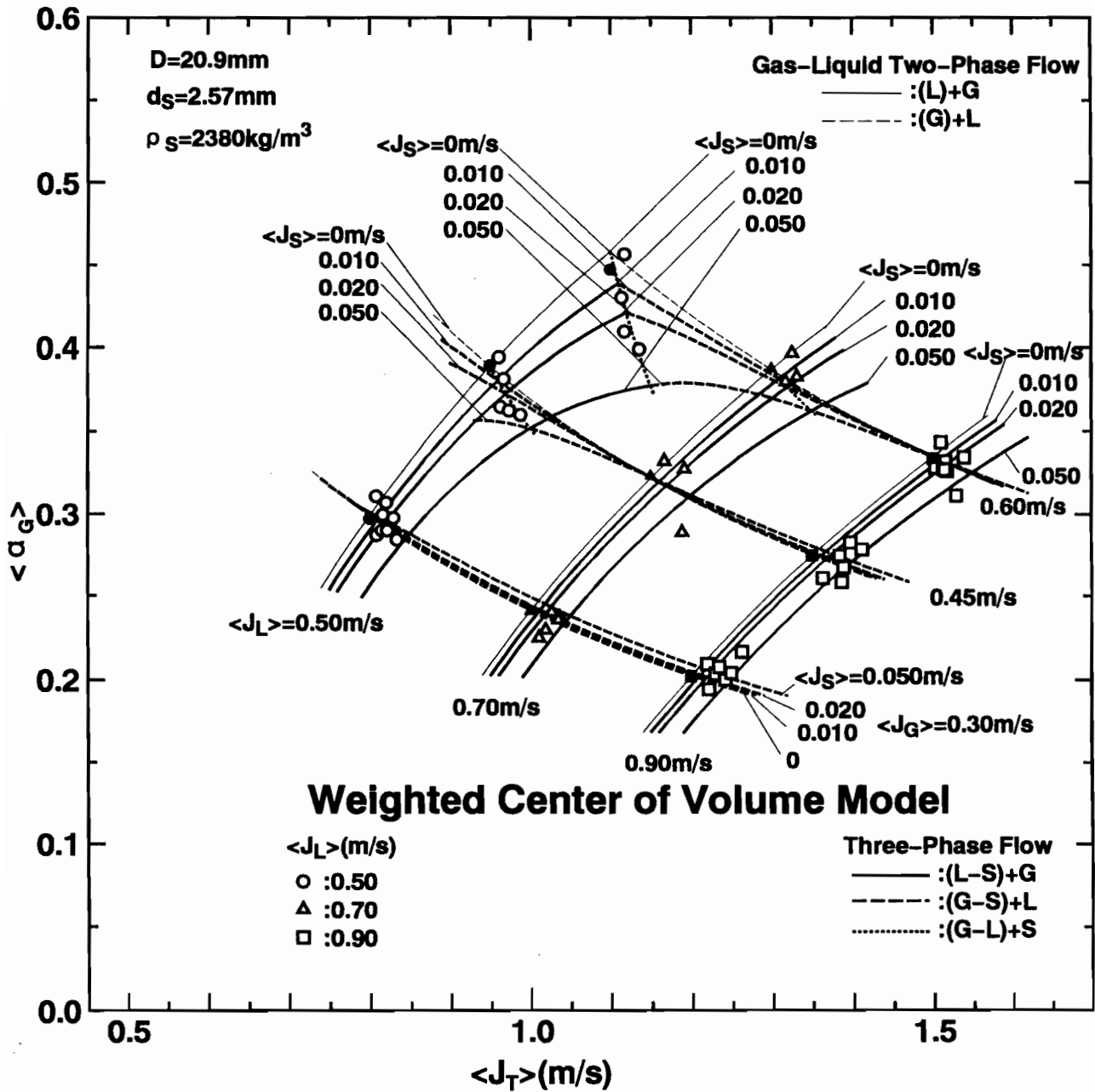
(b) 液相体積率

図6-14 平面h (Bhaga-Weber<sup>(78),(79)</sup>による平面)を用いた推算法による各相体積率推算結果 ( $D=20.9\text{mm}$ 、 $d_s=2.57\text{mm}$ 、 $\rho_s=2380\text{kg/m}^3$ )



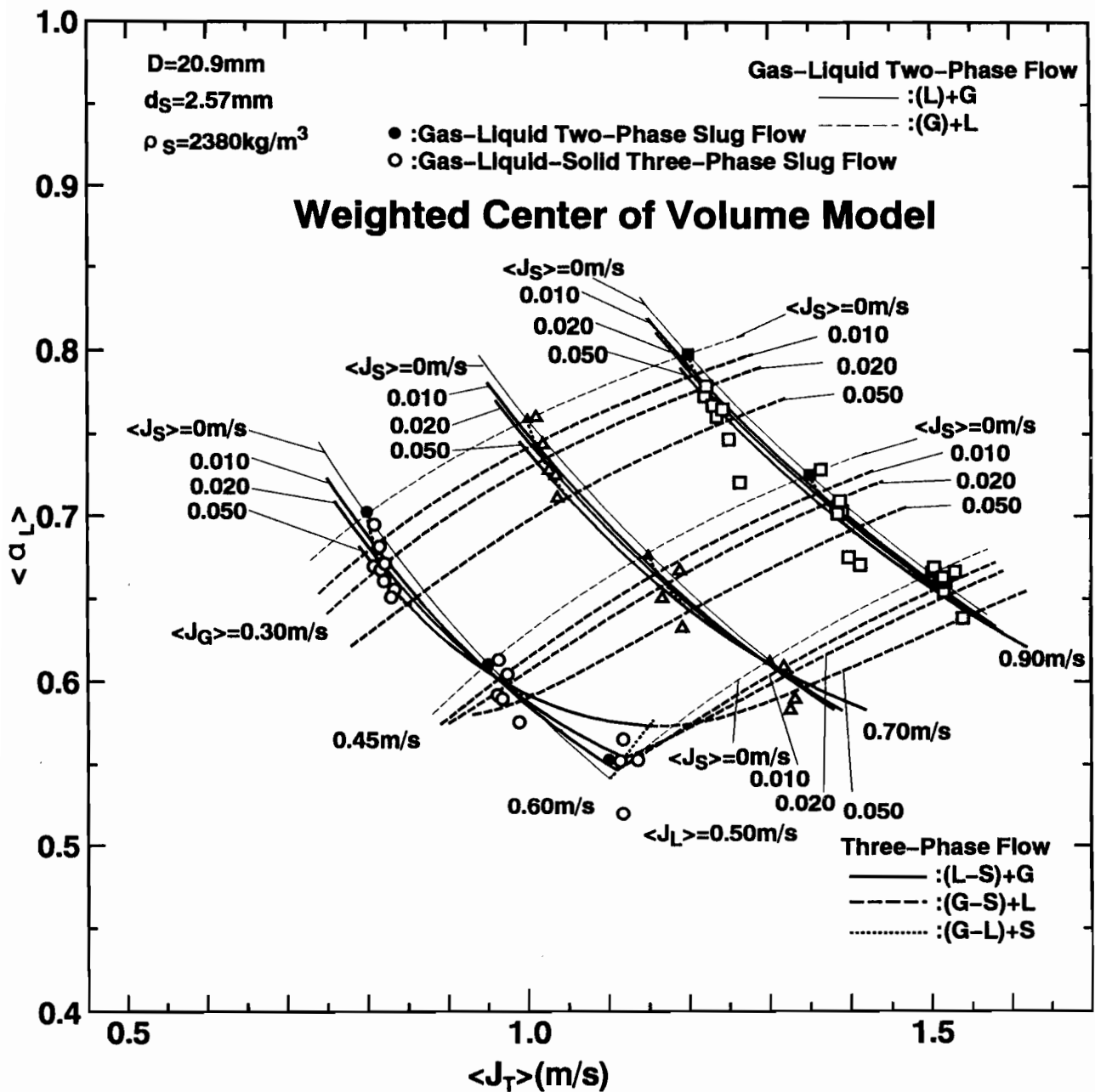
(c) 固相体積率

図6-14 平面h (Bhaga-Weber<sup>(78),(79)</sup>による平面)を用いた推算法による各相体積率推算結果 ( $D=20.9\text{mm}$ 、 $d_S=2.57\text{mm}$ 、 $\rho_S=2380\text{kg/m}^3$ )



(a) 気相体積率

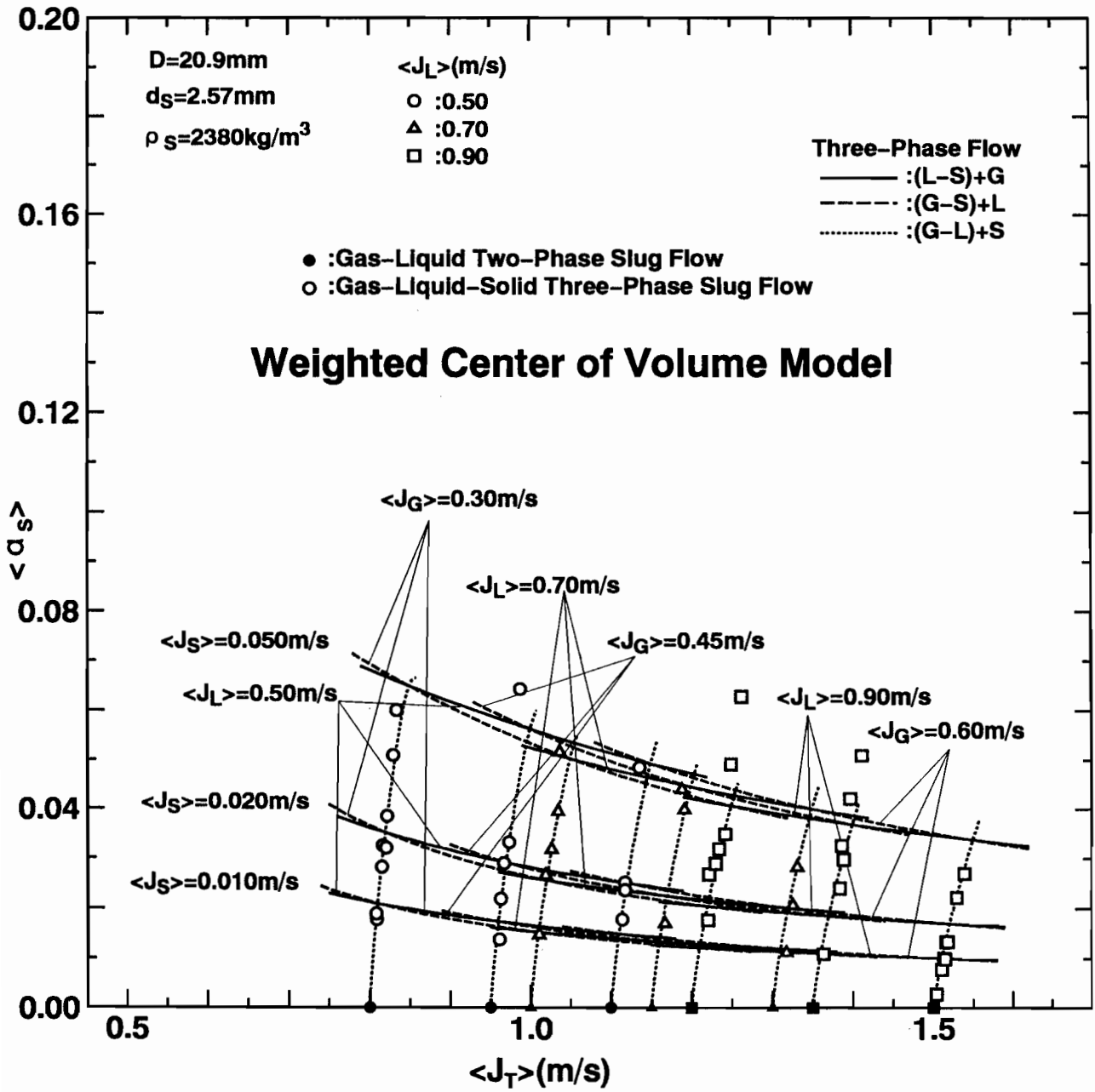
図6-15 加重体積中心モデルに基づく推算法による  
各相体積率推算結果 ( $D=20.9\text{mm}$ 、 $d_s=2.57\text{mm}$ 、 $\rho_s=2380\text{kg/m}^3$ )



(b) 液相体積率

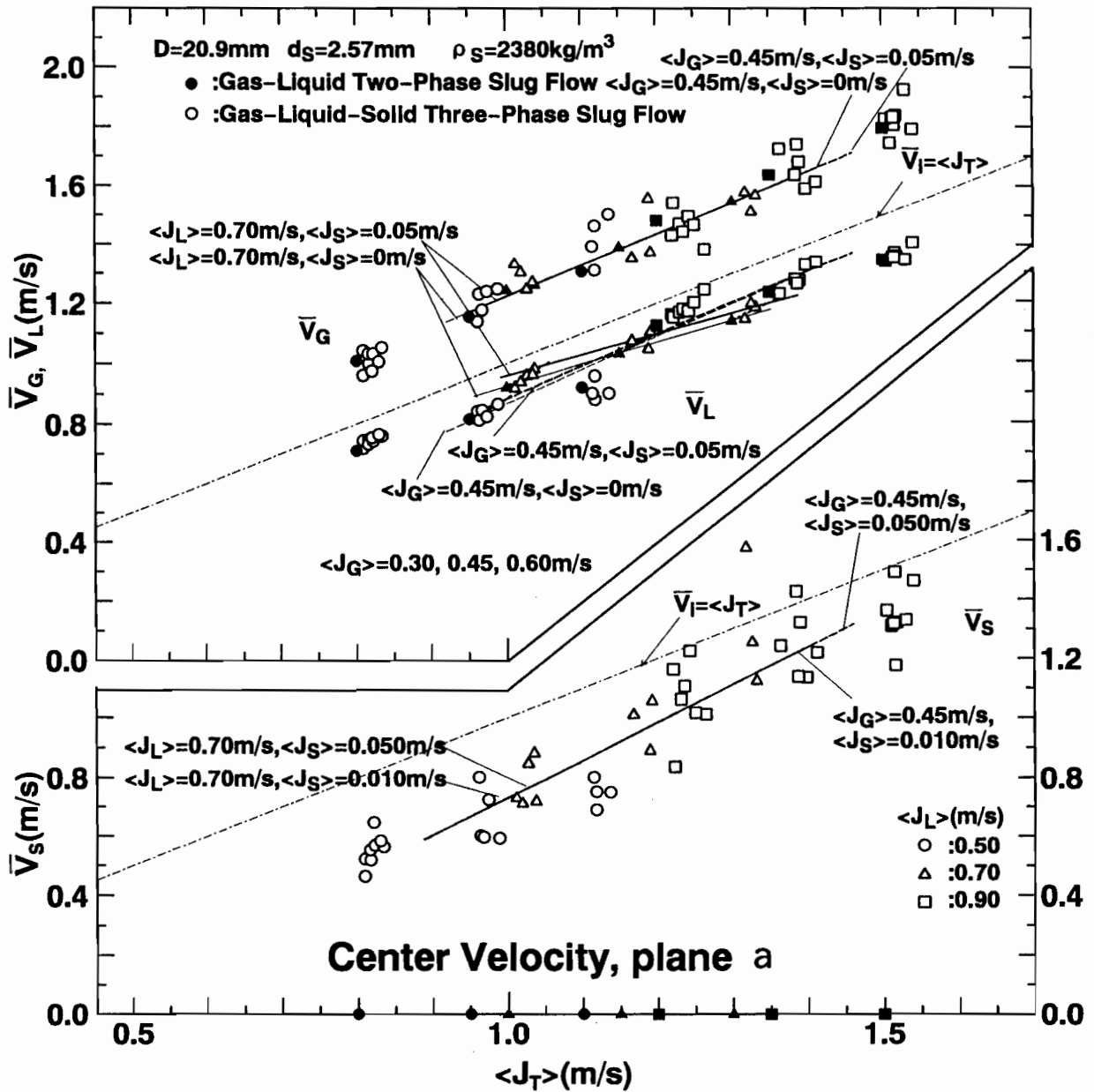
図6-15 加重体積中心モデルに基づく推算法による  
各相体積率推算結果 ( $D=20.9\text{mm}$ 、 $d_s=2.57\text{mm}$ 、 $\rho_s=2380\text{kg/m}^3$ )





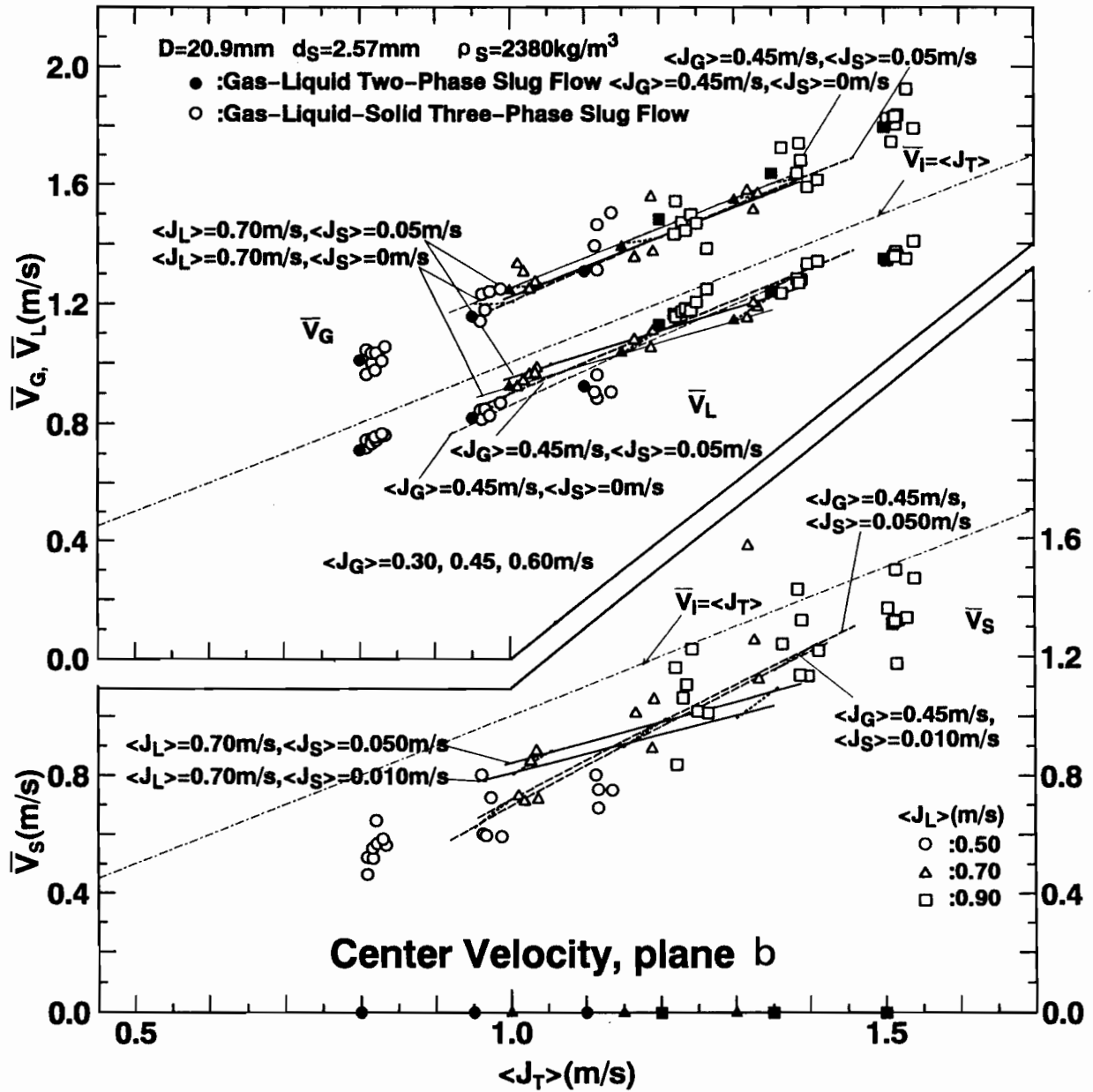
(c) 固相体積率

図6-15 加重体積中心モデルに基づく推算法による  
各相体積率推算結果 ( $D=20.9\text{mm}$ 、 $d_s=2.57\text{mm}$ 、 $\rho_s=2380\text{kg/m}^3$ )

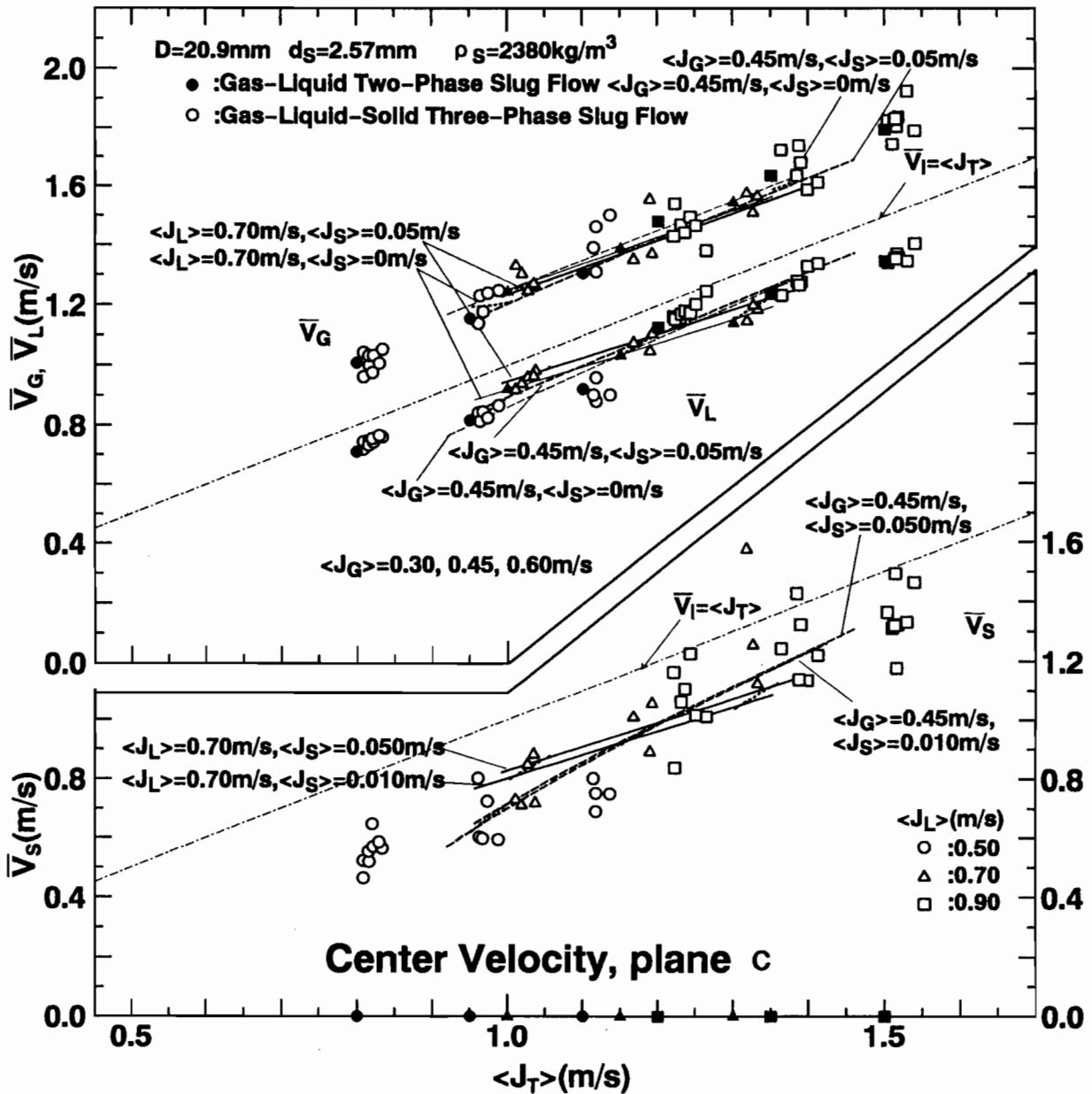


(a) 平面 a ( $\langle J_T \rangle - \bar{V}_G^\alpha$ ,  $\langle J_T \rangle - \bar{V}_S^\alpha$  平面) を用いた推算法

図6-16 各相平均速度の推算結果 ( $D=20.9\text{mm}$ ,  $d_s=2.57\text{mm}$ ,  $\rho_s=2380\text{kg/m}^3$ )

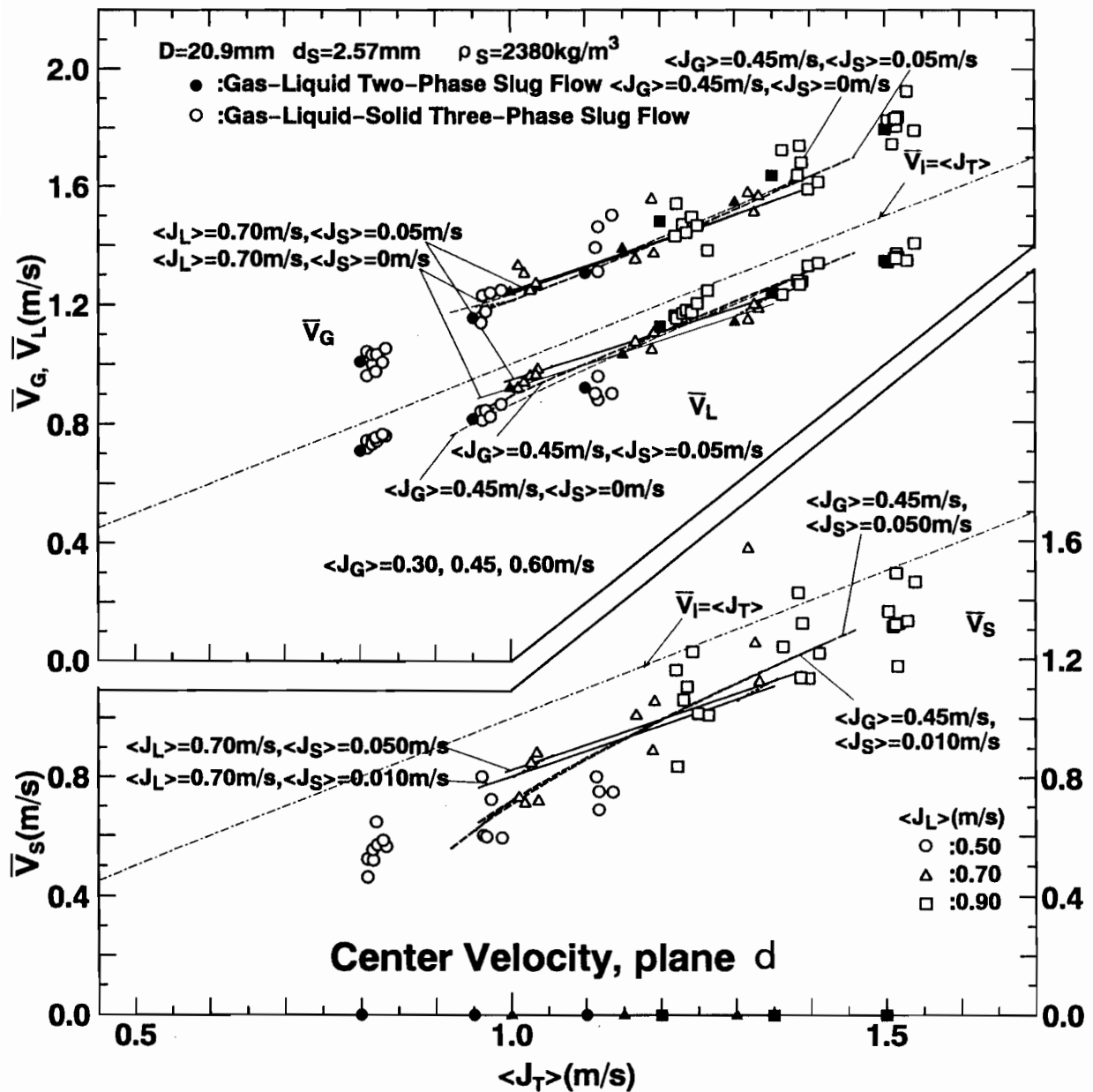


(b) 平面 b ( $\langle M_T \rangle - \overline{W}_G^y$ ,  $\langle M_T \rangle - \overline{W}_S^y$  平面) を用いた推算法  
 図6-16 各相平均速度の推算結果 ( $D=20.9\text{mm}$ ,  $d_s=2.57\text{mm}$ ,  $\rho_s=2380\text{kg/m}^3$ )



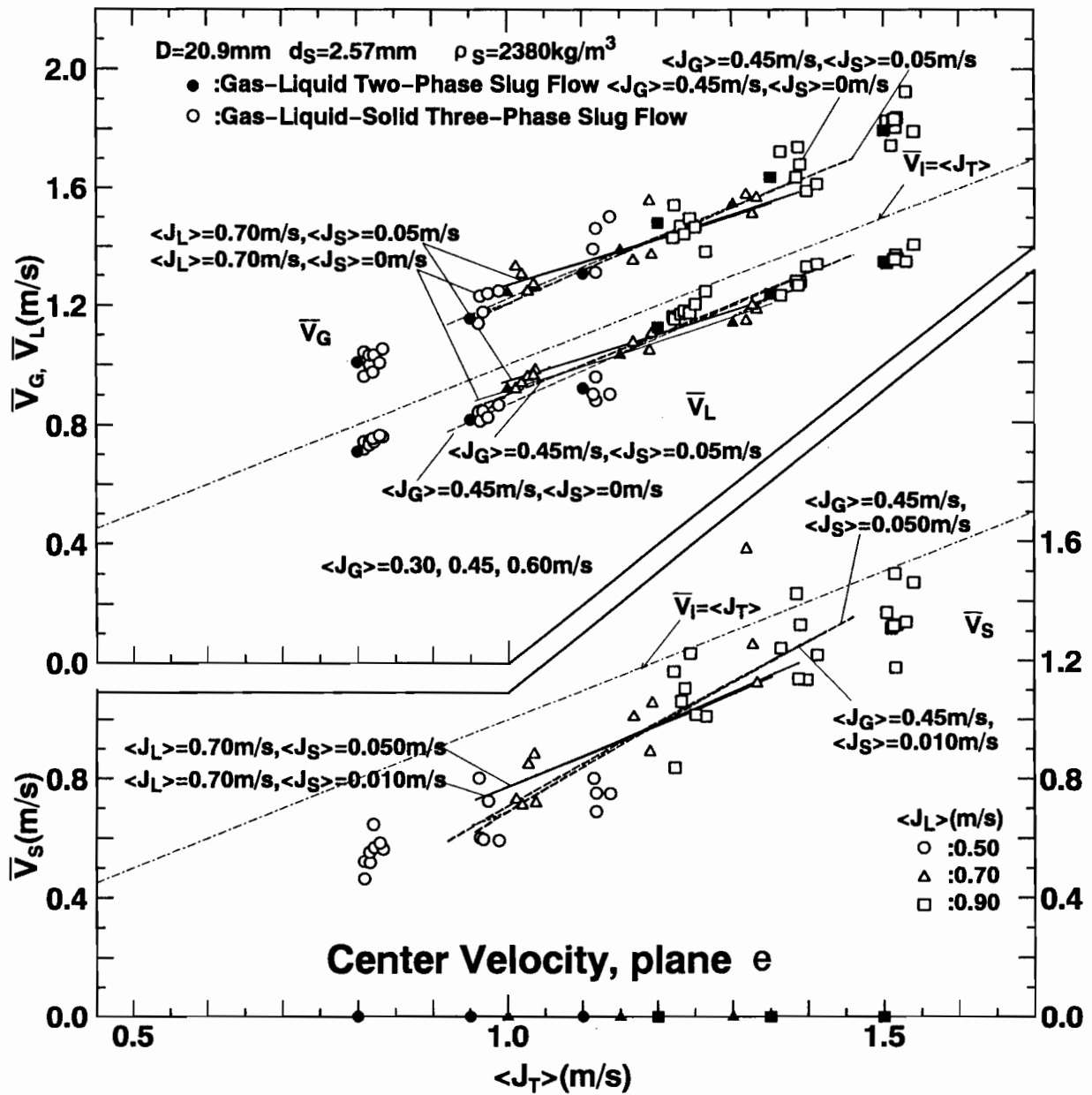
(c) 平面 c ( $\langle P_T \rangle - \bar{K}_G^x, \langle P_T \rangle - \bar{K}_S^x$  平面) を用いた推算法

図6-16 各相平均速度の推算結果 ( $D=20.9\text{mm}$ ,  $d_s=2.57\text{mm}$ ,  $\rho_s=2380\text{kg/m}^3$ )



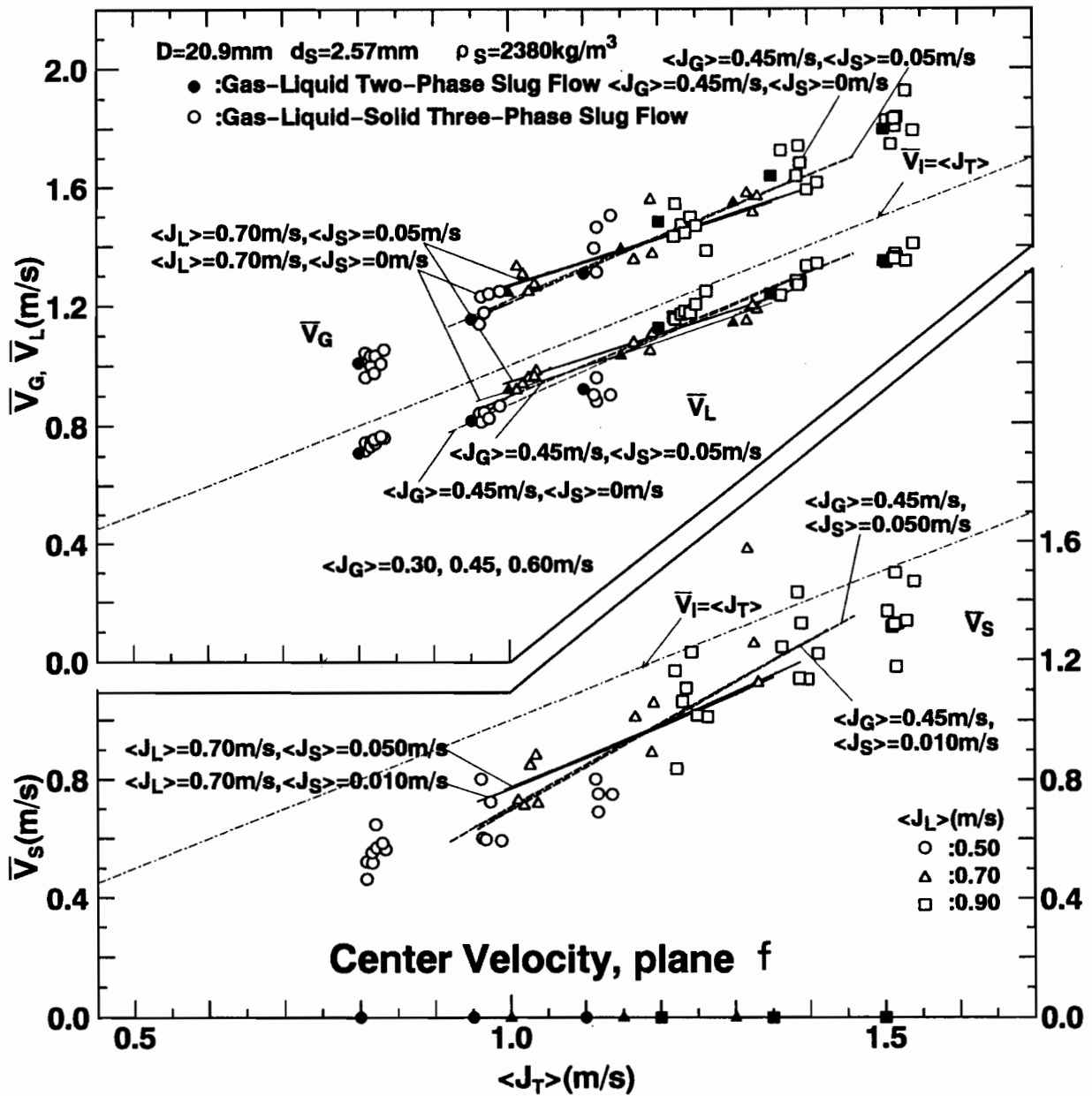
(d) 平面 d ( $\langle E_T \rangle - \bar{T}_G^e$ 、 $\langle E_T \rangle - \bar{T}_S^e$  平面) を用いた推算法

図6-16 各相平均速度の推算結果 ( $D=20.9\text{mm}$ 、 $d_s=2.57\text{mm}$ 、 $\rho_s=2380\text{kg/m}^3$ )



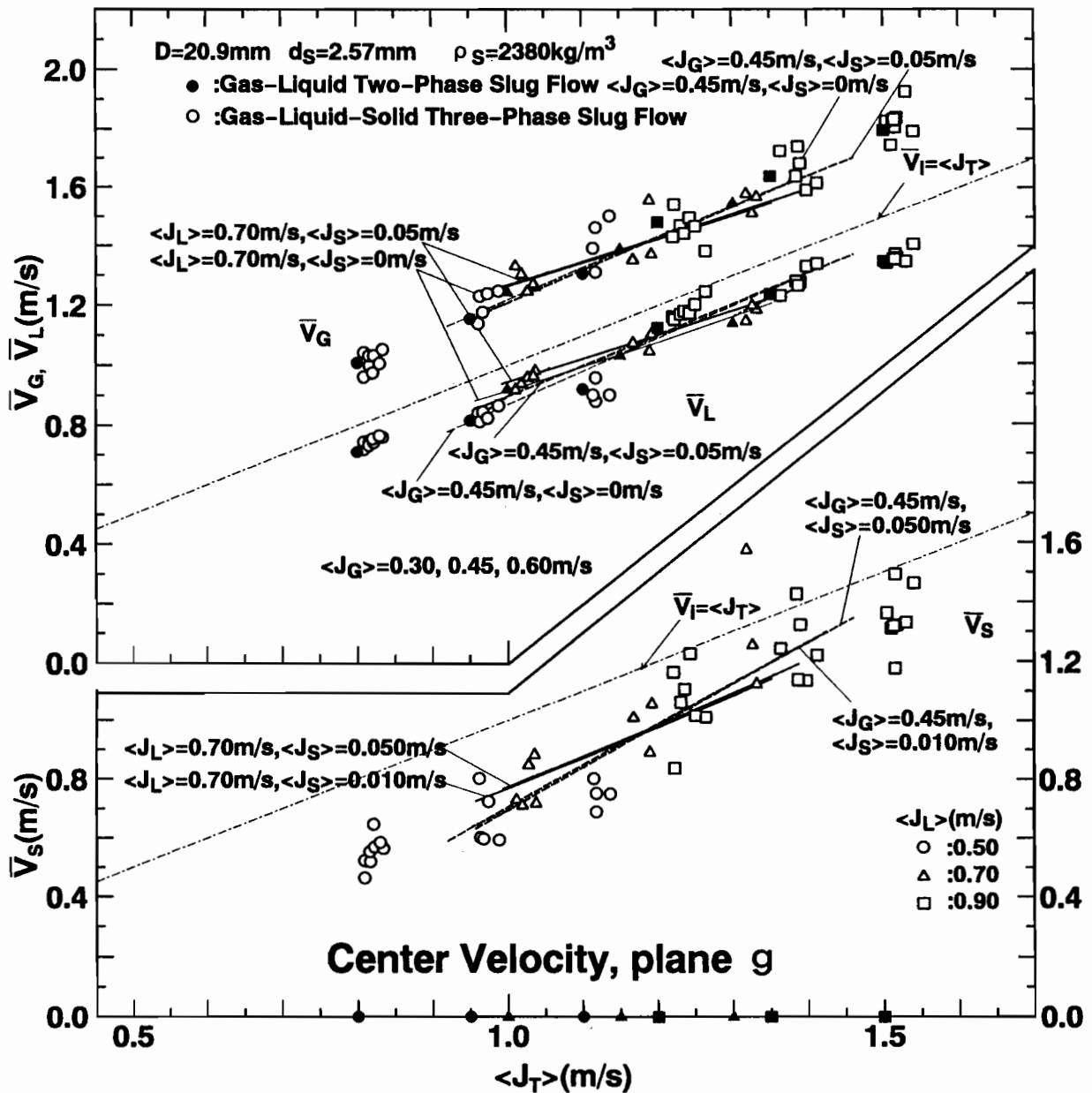
(e) 平面 e ( $U_m - \bar{V}_G^\alpha$ ,  $U_m - \bar{V}_S^\alpha$  平面) を用いた推算法

図6-16 各相平均速度の推算結果 ( $D=20.9\text{mm}$ ,  $d_s=2.57\text{mm}$ ,  $\rho_s=2380\text{kg/m}^3$ )



(f) 平面 f ( $U_p - \bar{V}_G^\alpha$ ,  $U_p - \bar{V}_S^\alpha$  平面) を用いた推算法

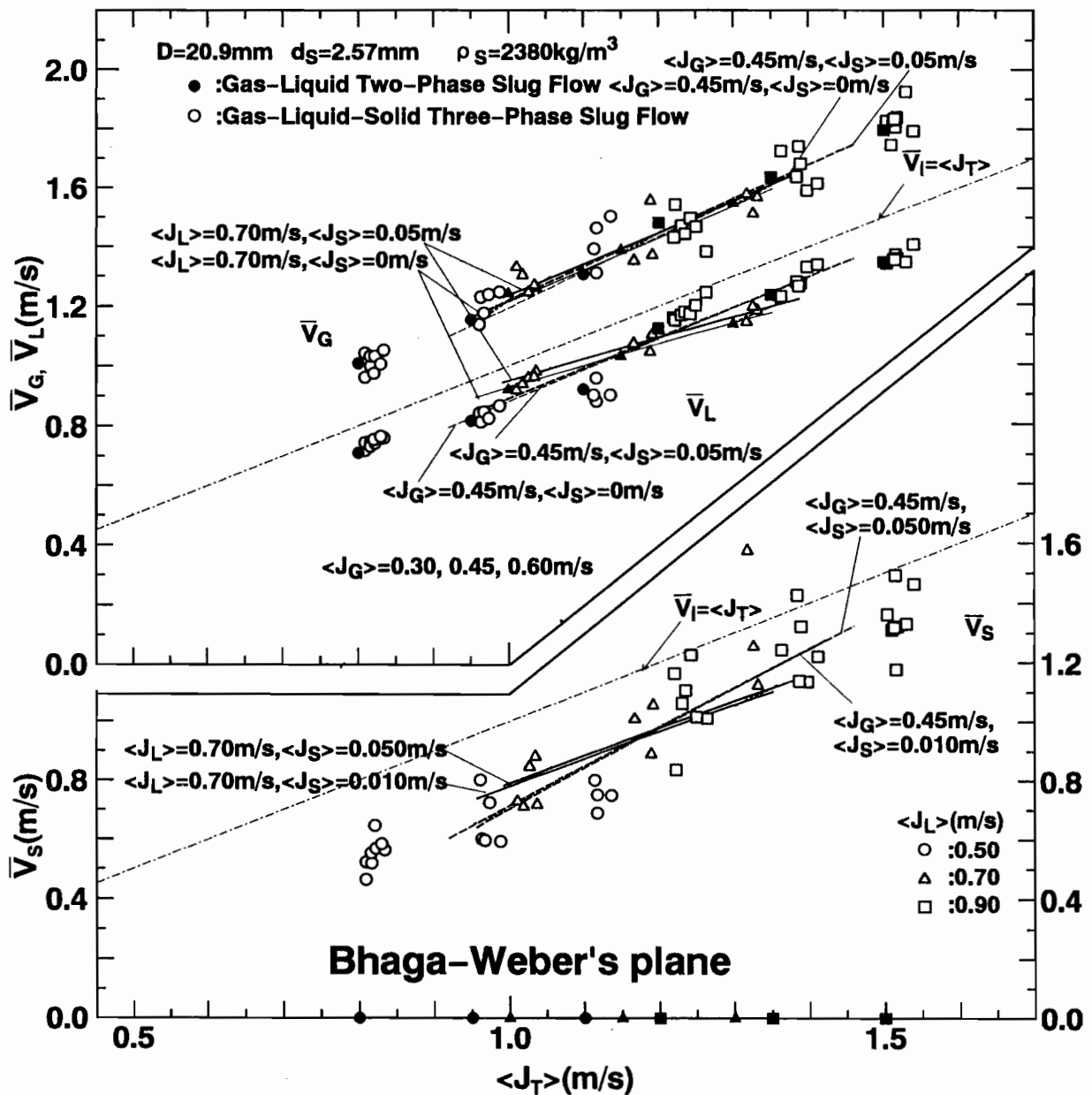
図6-16 各相平均速度の推算結果 ( $D=20.9\text{mm}$ ,  $d_s=2.57\text{mm}$ ,  $\rho_s=2380\text{kg/m}^3$ )



(g) 平面 g ( $U_e - \bar{V}_G^\alpha$ ,  $U_e - \bar{V}_S^\alpha$  平面) を用いた推算法

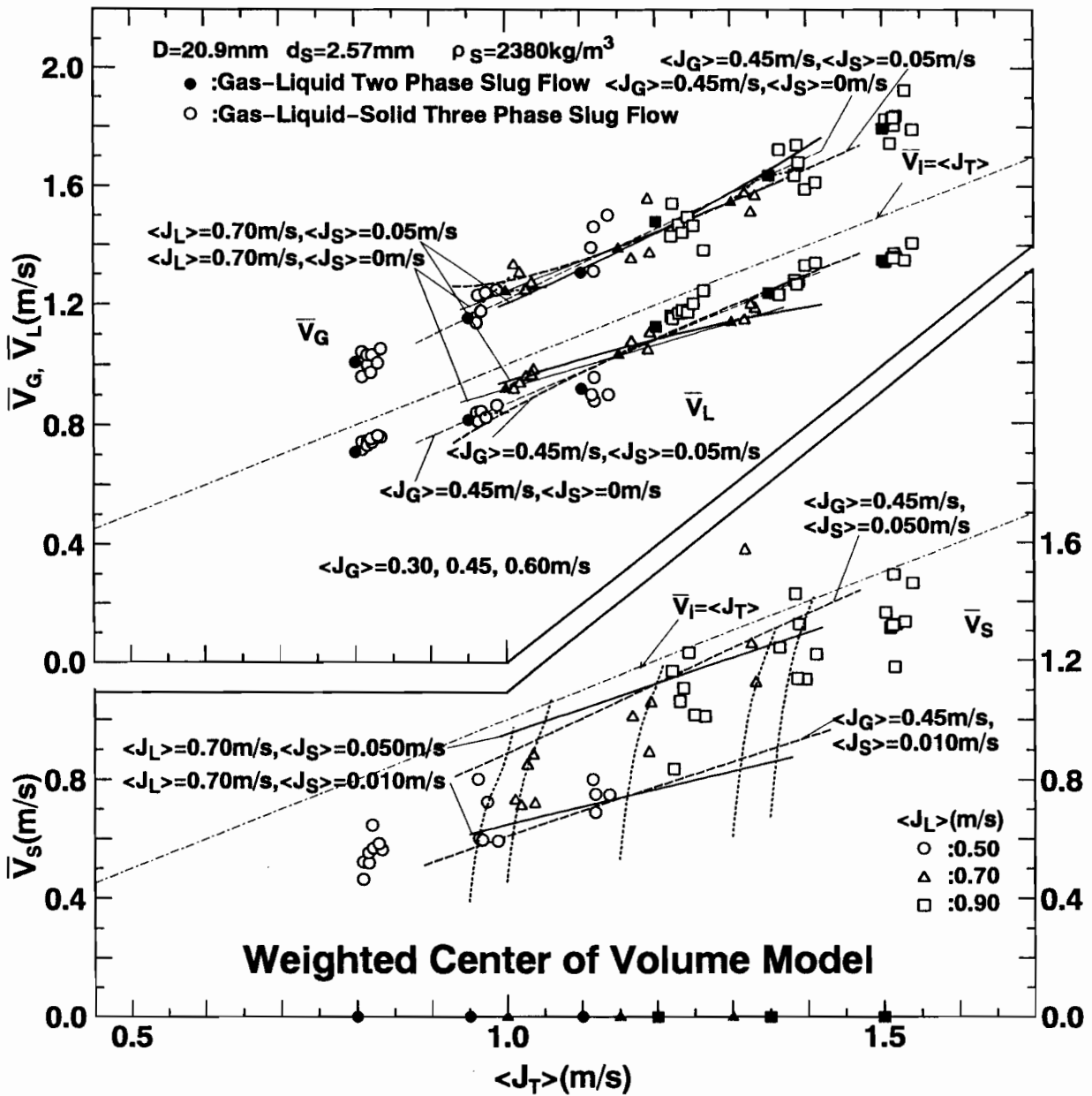
図6-16 各相平均速度の推算結果 ( $D=20.9mm$ ,  $d_s=2.57mm$ ,  $\rho_s=2380kg/m^3$ )





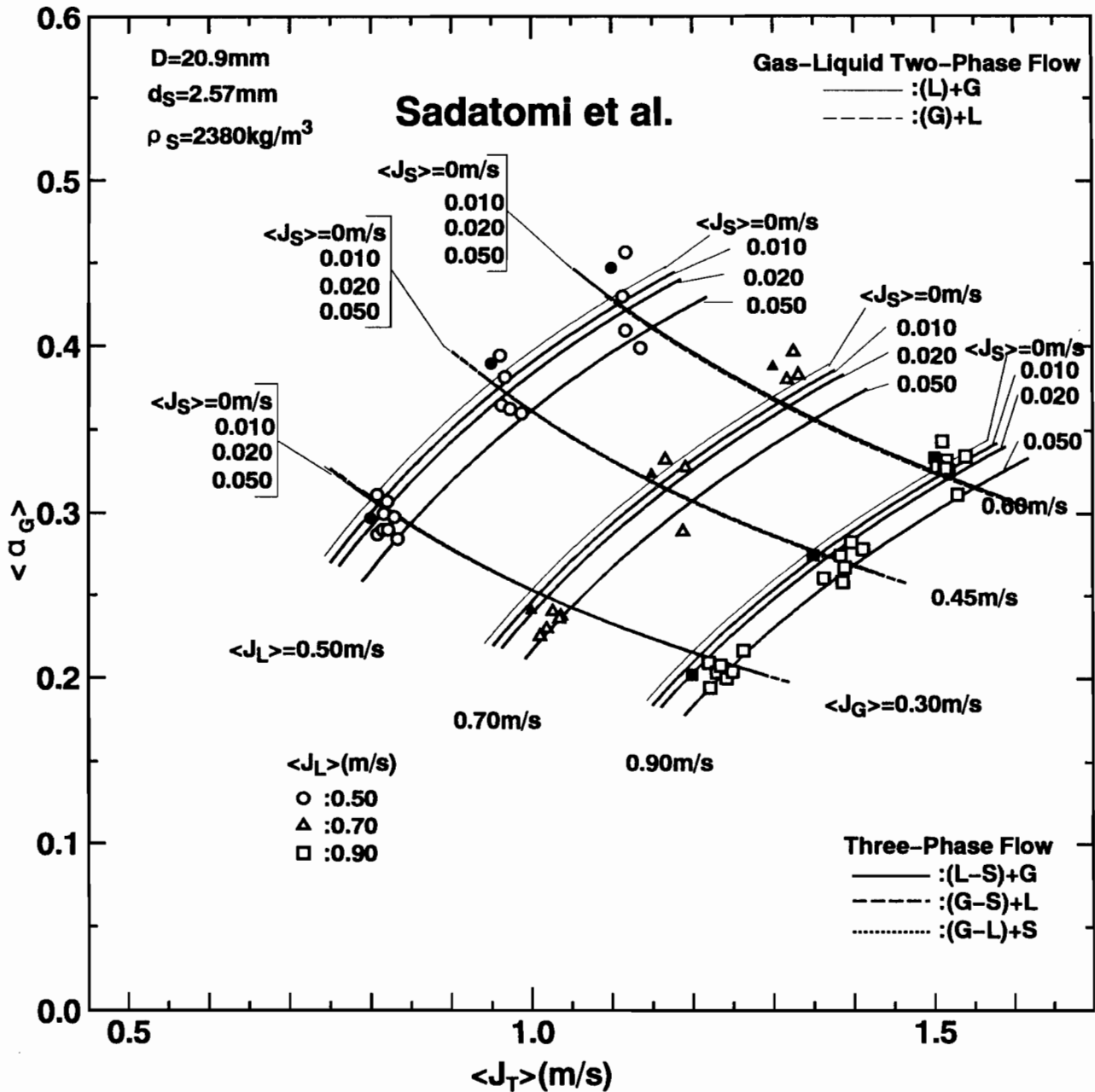
(h) 平面 b (Bhaga-Weber<sup>(78),(79)</sup>による平面) を用いた推算法

図6-16 各相平均速度の推算結果 ( $D=20.9\text{mm}$ ,  $d_s=2.57\text{mm}$ ,  $\rho_s=2380\text{kg/m}^3$ )



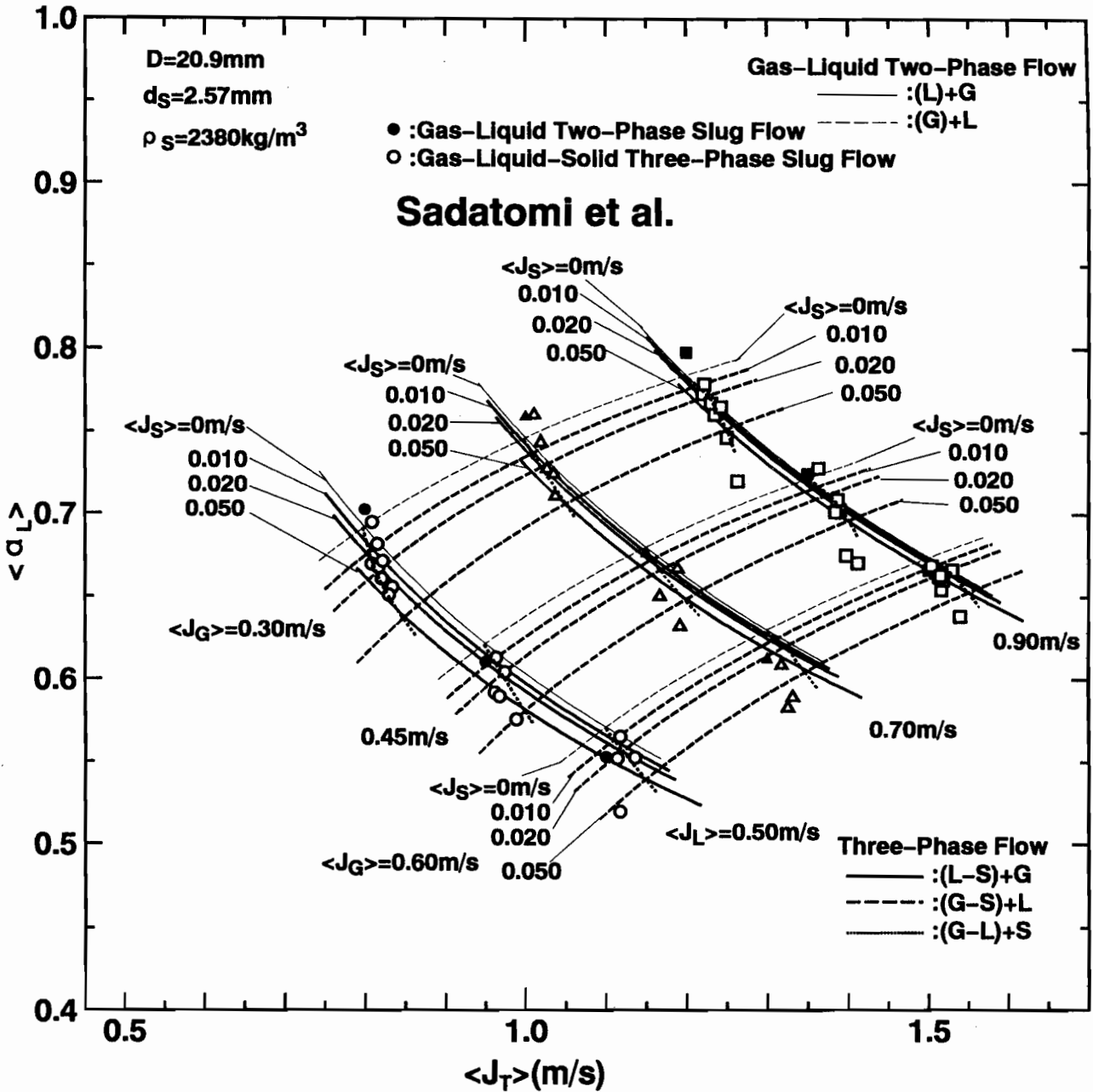
(i) 加重体積中心速度モデルに基づく推算法

図6-16 各相平均速度の推算結果 ( $D=20.9\text{mm}$ ,  $d_s=2.57\text{mm}$ ,  $\rho_s=2380\text{kg/m}^3$ )



(a) 気相体積率

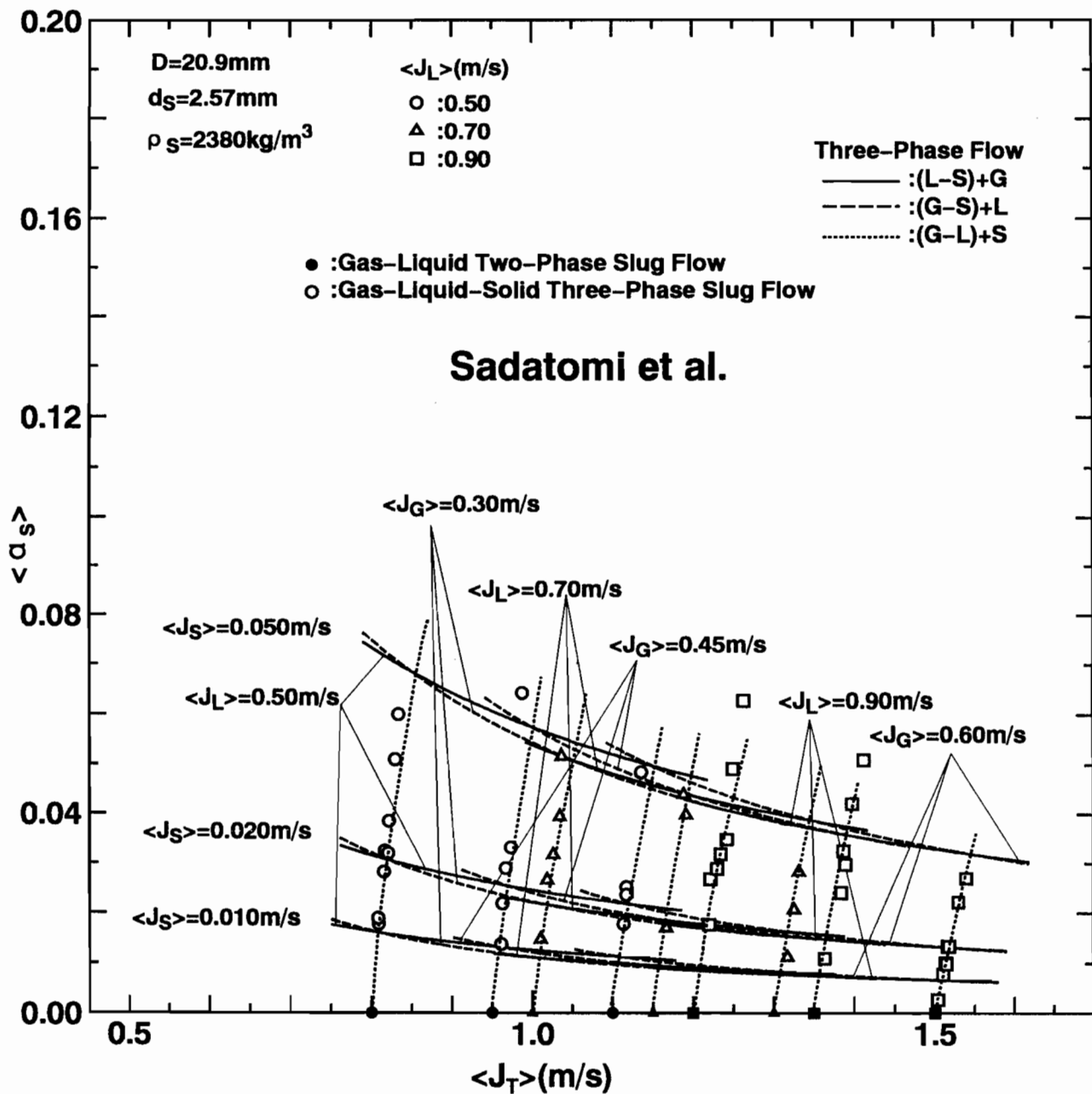
図6-17 佐田富ら<sup>(82)</sup>の方法による  
 各相体積率推算結果 ( $D=20.9\text{mm}$ 、 $d_s=2.57\text{mm}$ 、 $\rho_s=2380\text{kg/m}^3$ )



(b) 液相体積率

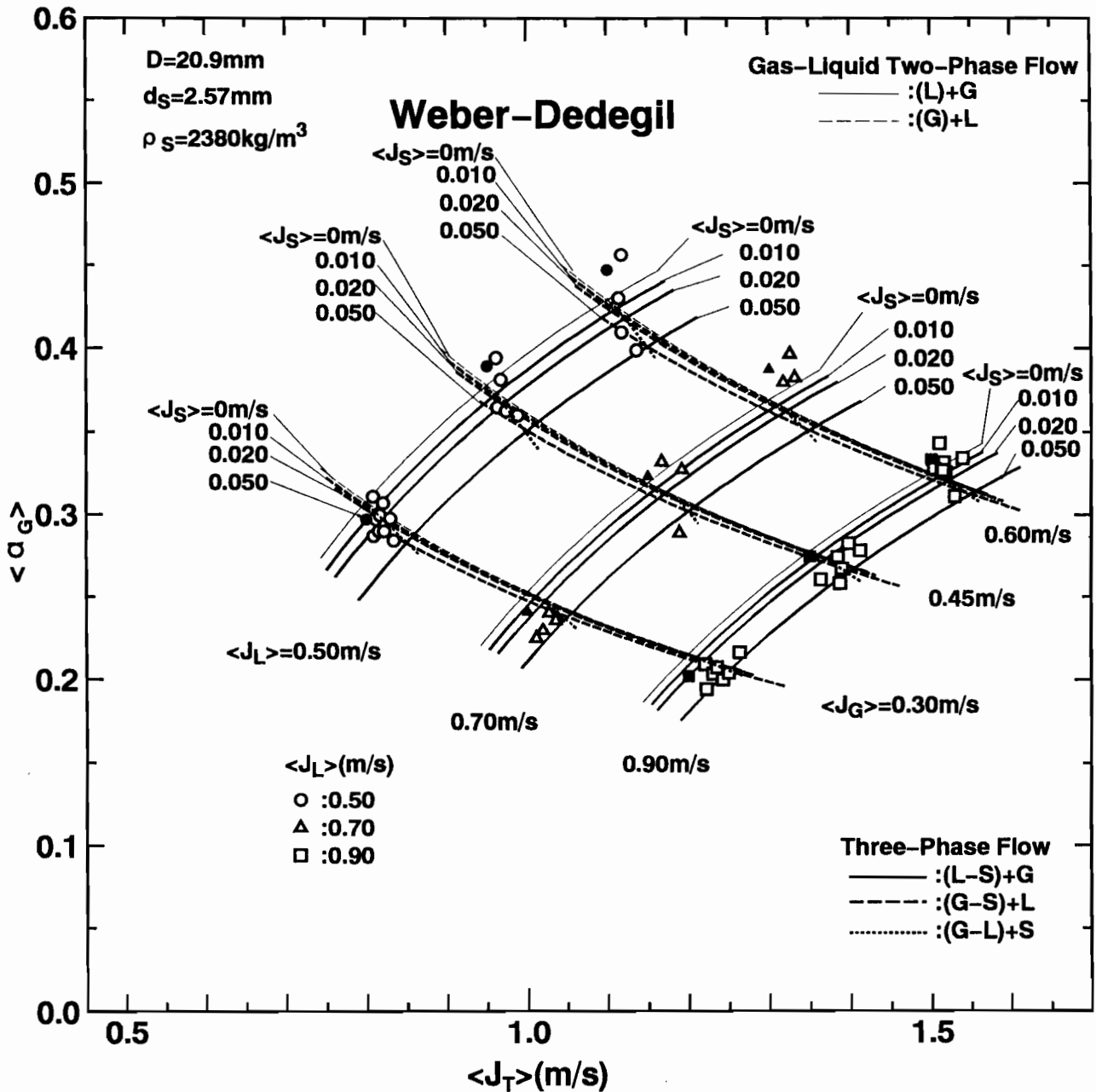
図6-17 佐田富ら<sup>(82)</sup>の方法による

各相体積率推算結果 ( $D=20.9\text{mm}$ 、 $d_s=2.57\text{mm}$ 、 $\rho_s=2380\text{kg/m}^3$ )



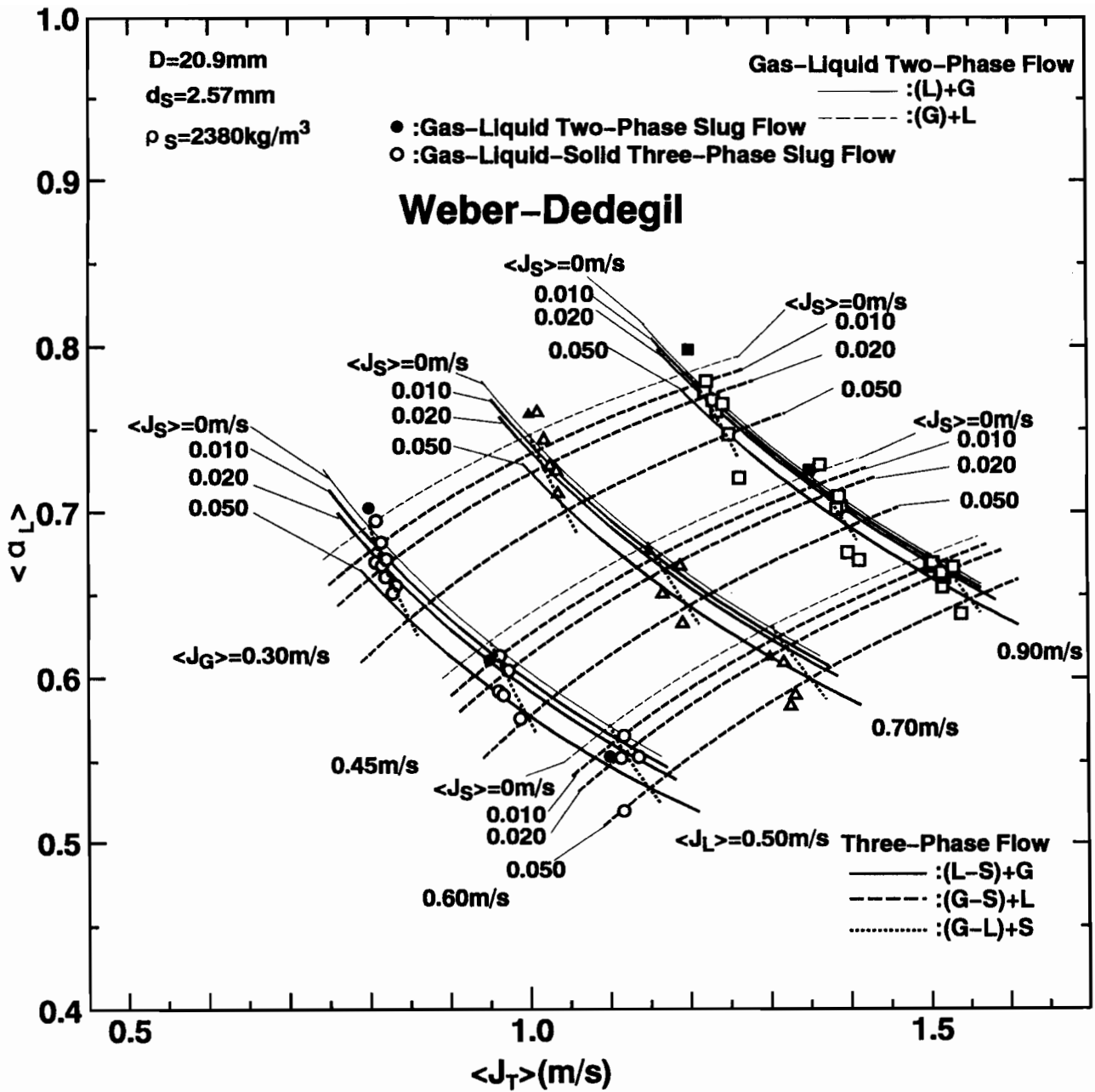
(c) 固相体積率

図6-17 佐田富ら<sup>(82)</sup>の方法による  
 各相体積率推算結果 ( $D=20.9\text{mm}$ 、 $d_s=2.57\text{mm}$ 、 $\rho_s=2380\text{kg/m}^3$ )



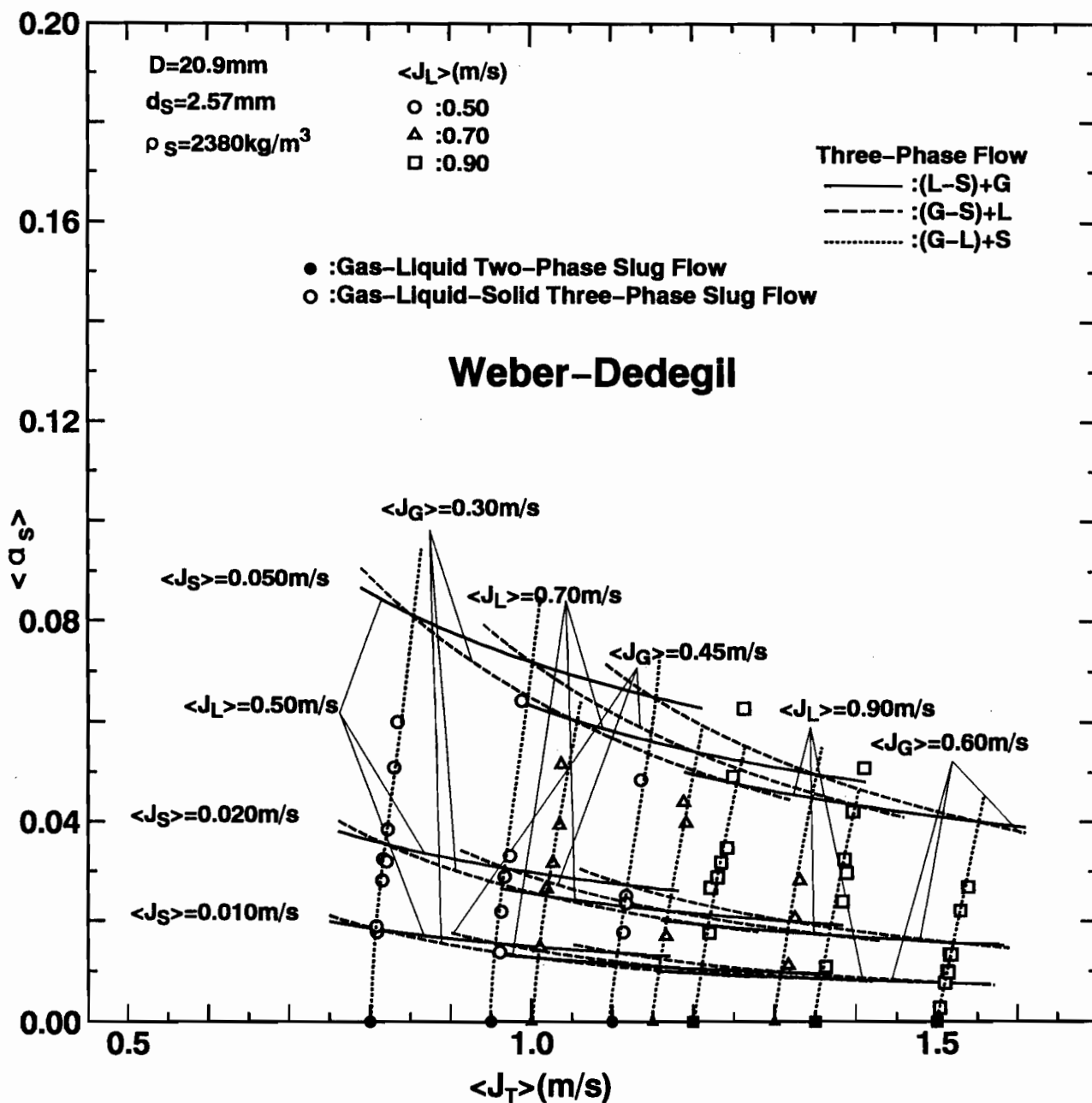
(a) 気相体積率

図6-18 Weber-Dedegil<sup>(64)</sup>の方法による  
各相体積率推算結果 ( $D=20.9\text{mm}$ 、 $d_s=2.57\text{mm}$ 、 $\rho_s=2380\text{kg/m}^3$ )



(b) 液相体積率

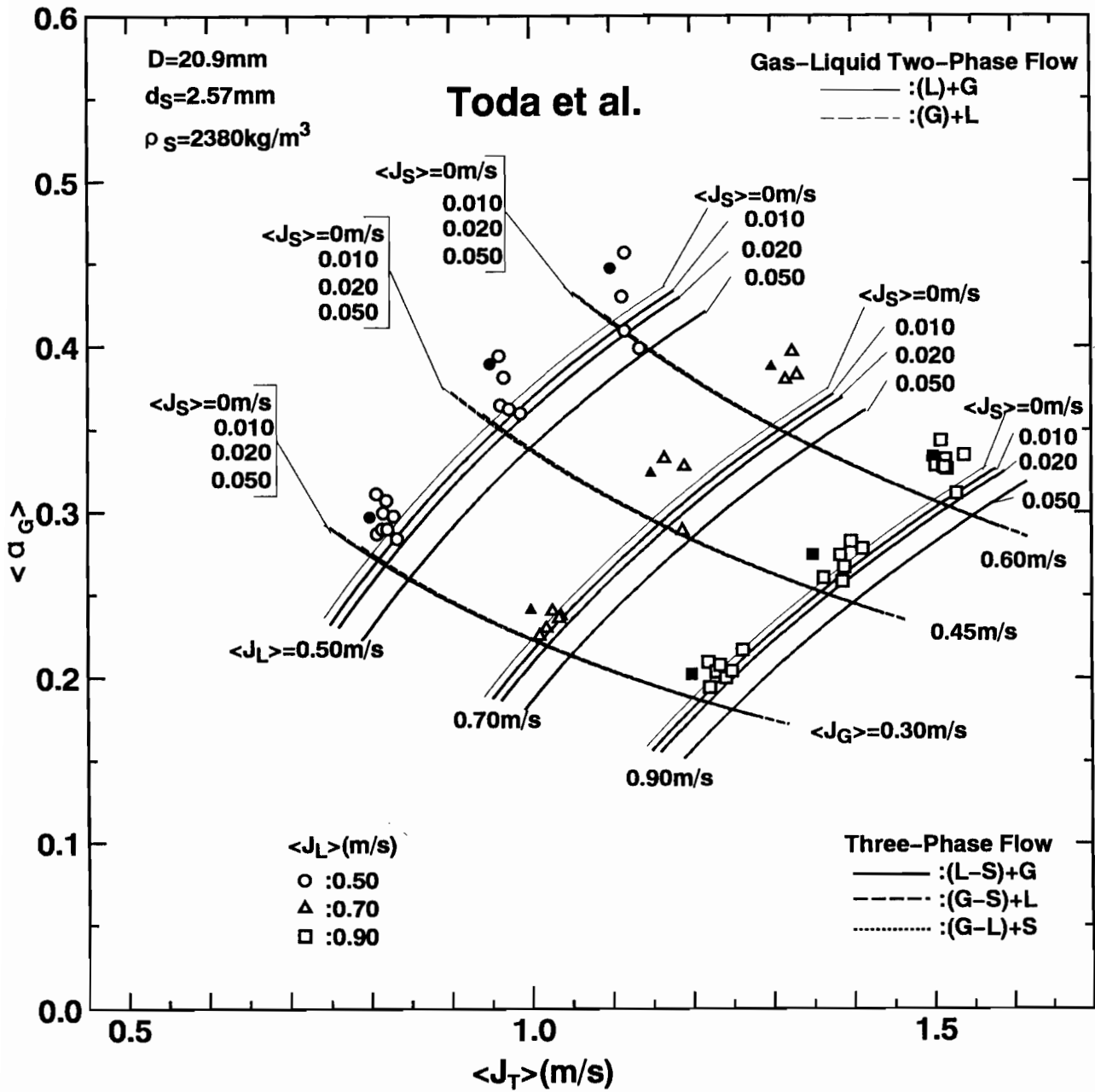
図6-18 Weber-Dedegil<sup>(64)</sup>の方法による  
 各相体積率推算結果 ( $D=20.9\text{mm}$ 、 $d_s=2.57\text{mm}$ 、 $\rho_s=2380\text{kg/m}^3$ )



(c) 固相体積率

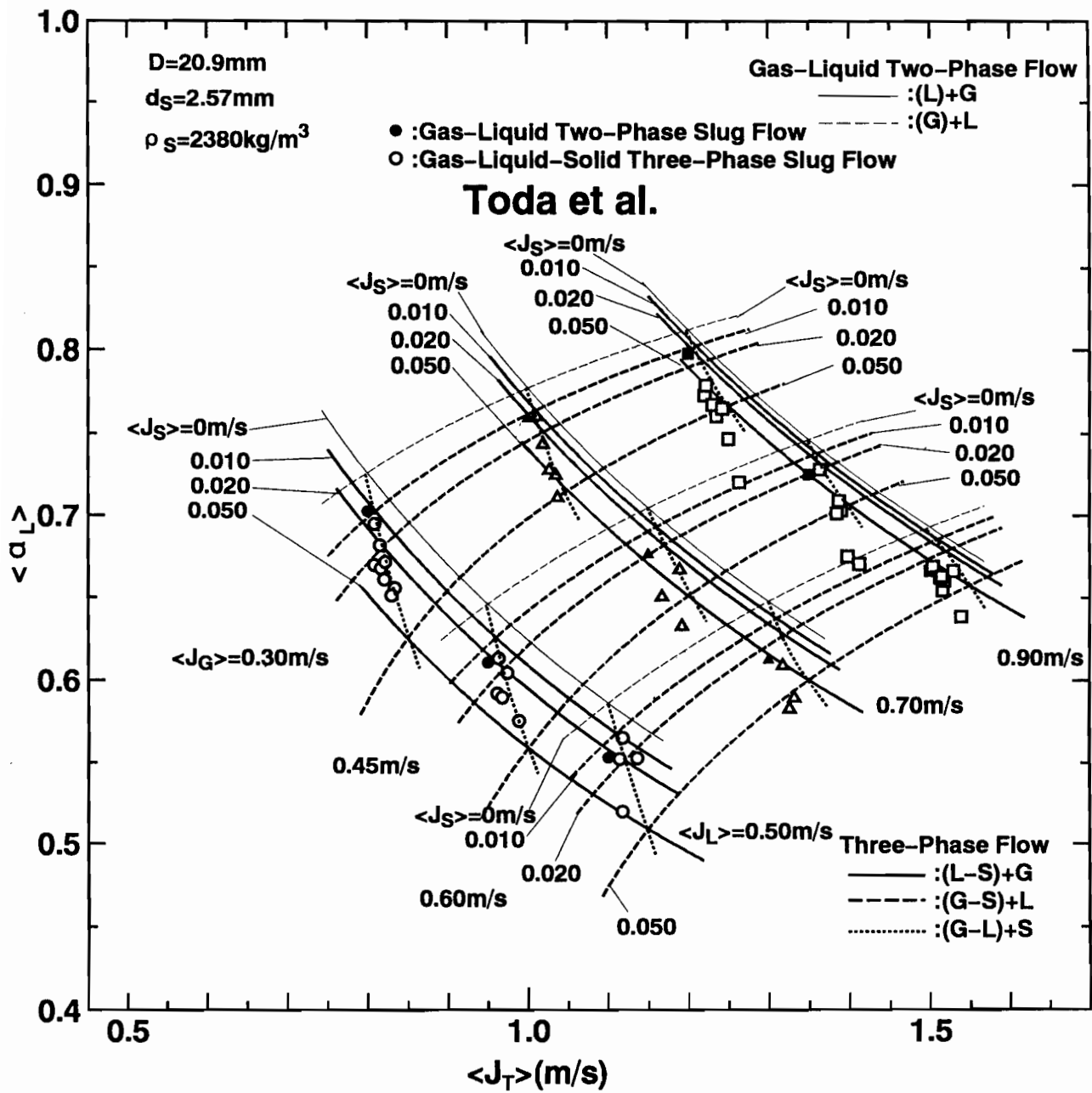
図6-18 Weber-Dedegil<sup>(64)</sup>の方法による  
 各相体積率推算結果 ( $D=20.9\text{mm}$ 、 $d_s=2.57\text{mm}$ 、 $\rho_s=2380\text{kg/m}^3$ )





(a) 気相体積率

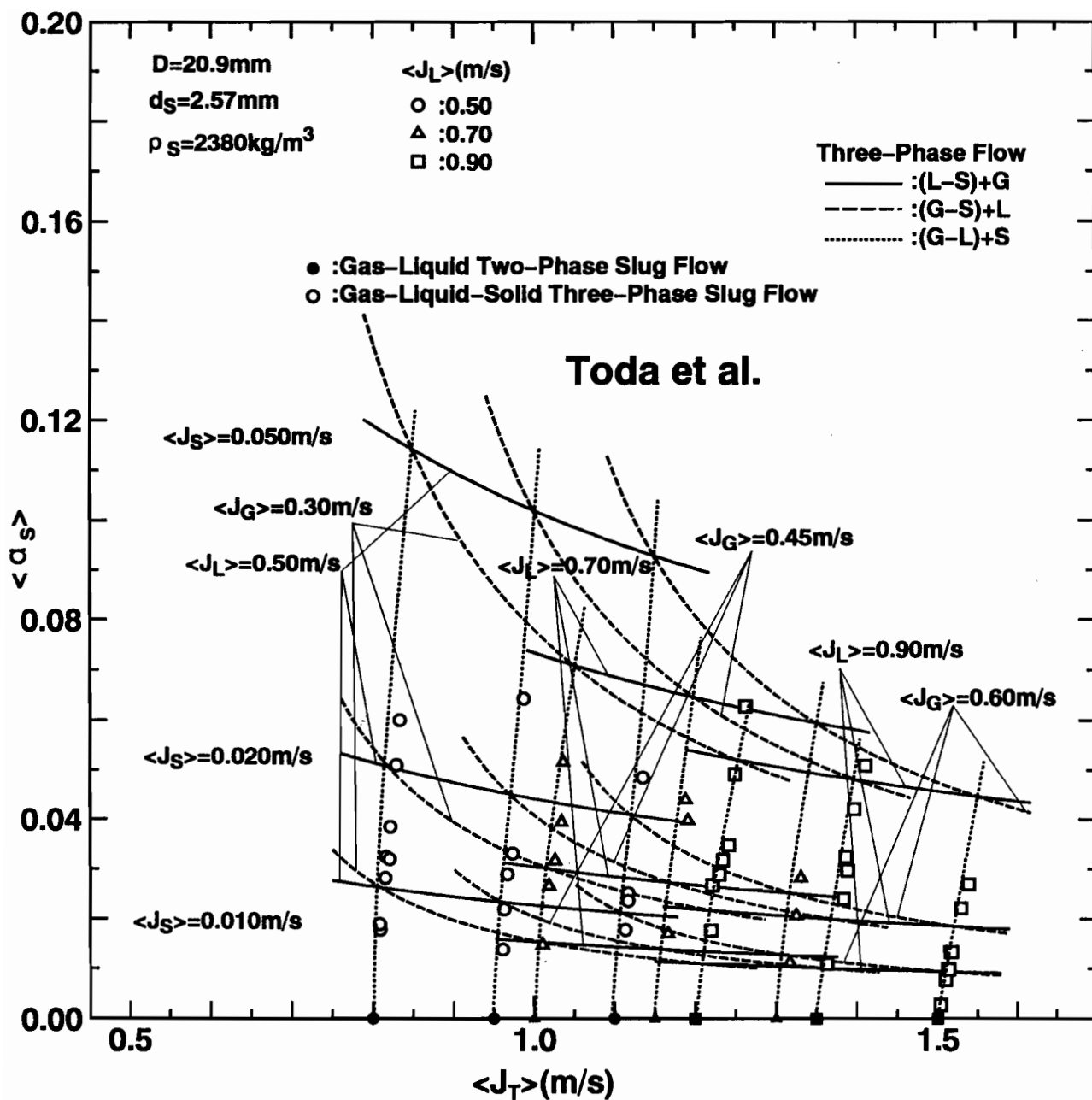
図6-19 都田ら<sup>(73)</sup>の方法による  
 各相体積率推算結果 ( $D=20.9\text{mm}$ 、 $d_s=2.57\text{mm}$ 、 $\rho_s=2380\text{kg/m}^3$ )



(b) 液相体積率

図6-19 都田ら<sup>(73)</sup>の方法による

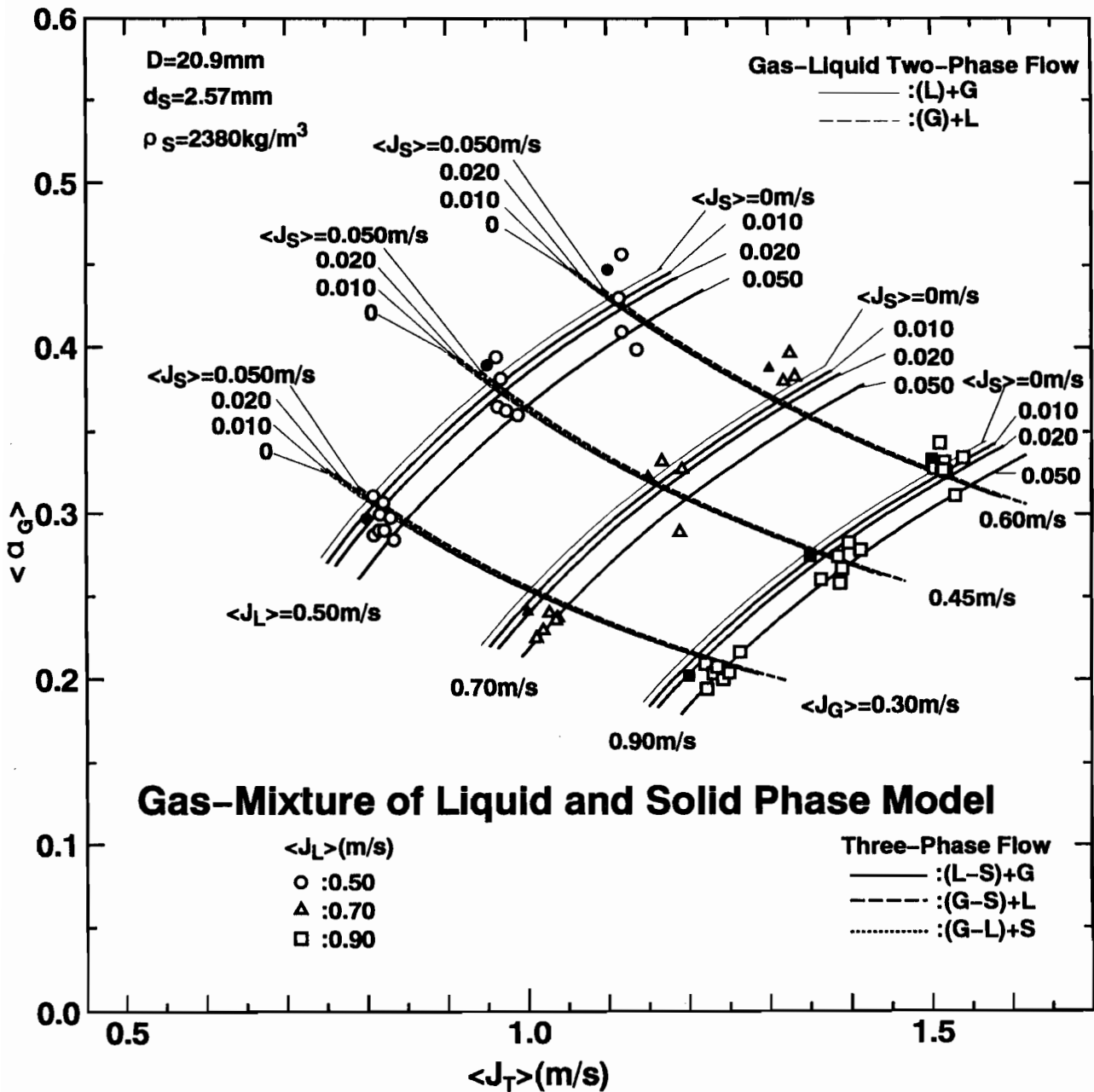
各相体積率推算結果 ( $D=20.9\text{mm}$ 、 $d_s=2.57\text{mm}$ 、 $\rho_s=2380\text{kg/m}^3$ )



(c) 固相体積率

図6-19 都田ら<sup>(73)</sup>の方法による

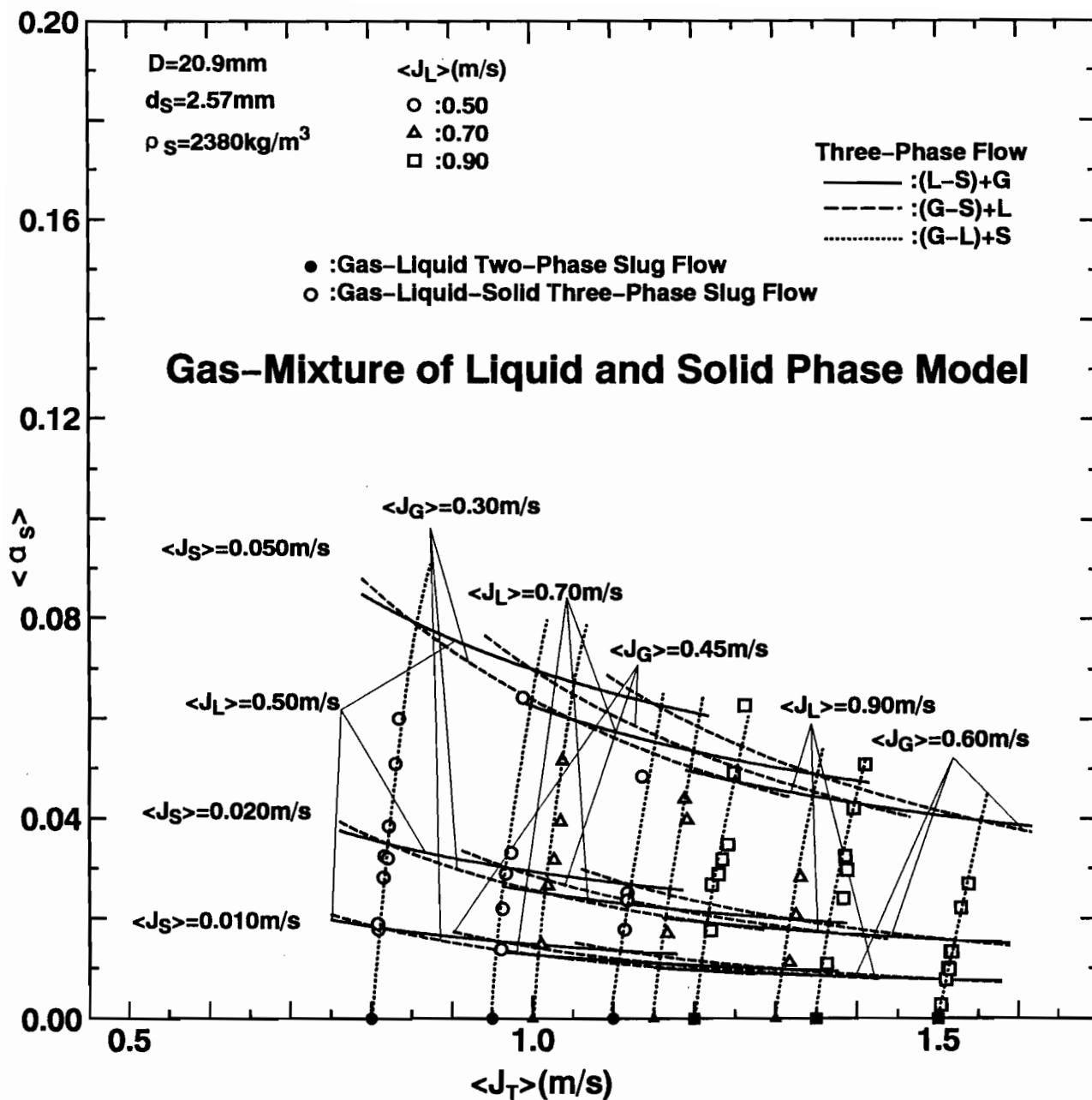
各相体積率推算結果 ( $D=20.9\text{mm}$ 、 $d_s=2.57\text{mm}$ 、 $\rho_s=2380\text{kg/m}^3$ )



(a) 気相体積率

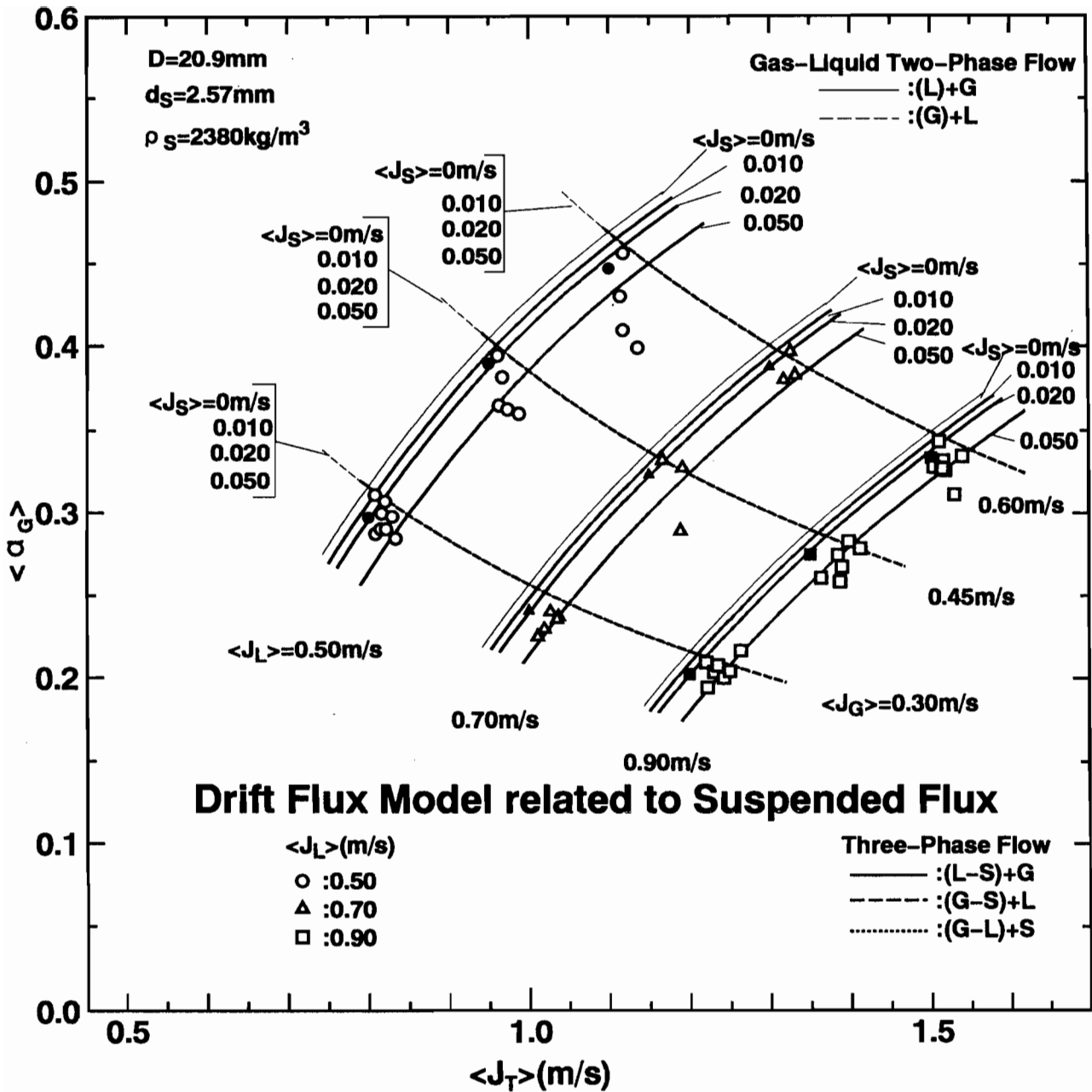
図 6-20 気体-固液混合体モデルによる  
 各相体積率推算結果 ( $D=20.9\text{mm}$ 、 $d_s=2.57\text{mm}$ 、 $\rho_s=2380\text{kg/m}^3$ )





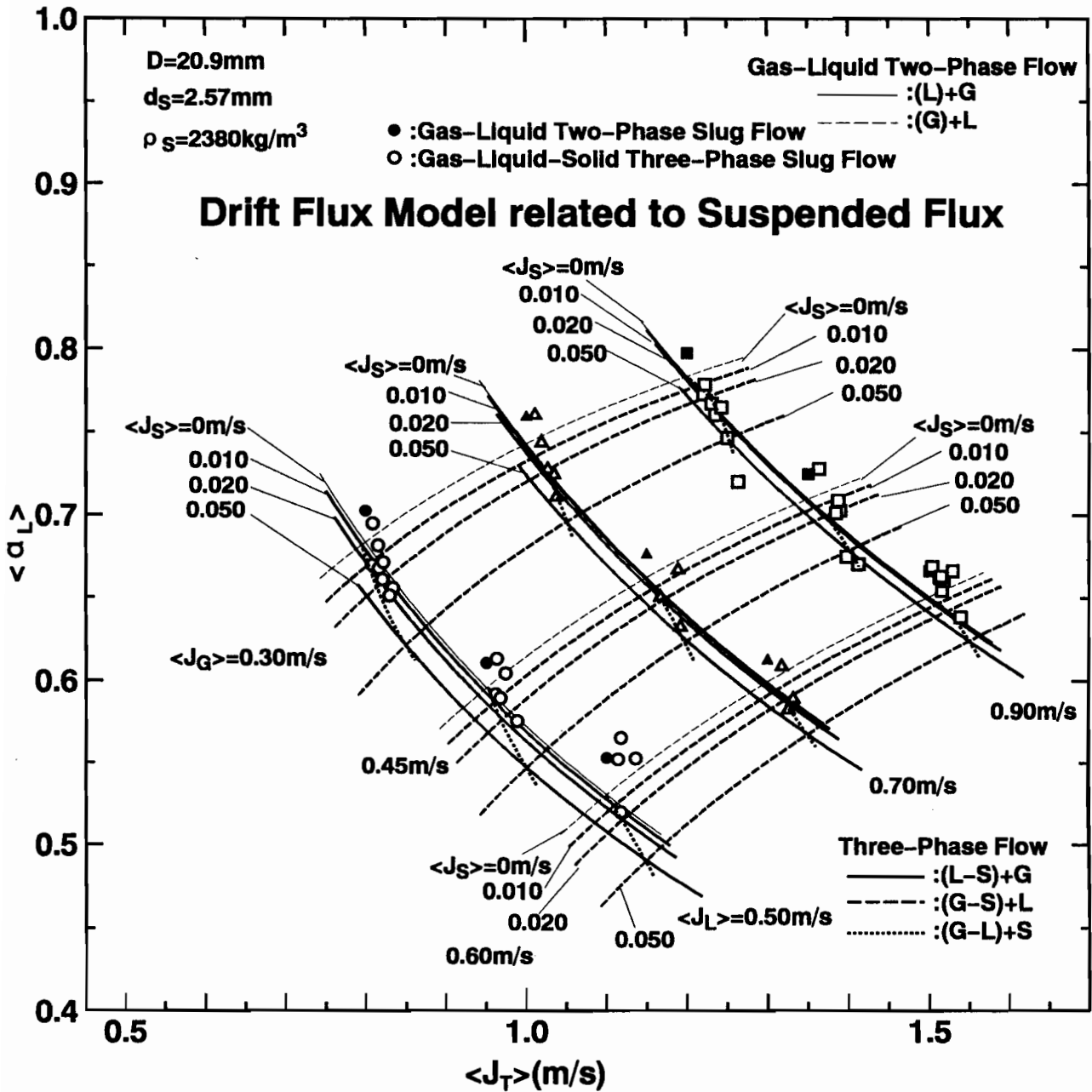
(c) 固相体積率

図6-20 気体-固液混合体モデルによる  
 各相体積率推算結果 ( $D=20.9\text{mm}$ 、 $d_s=2.57\text{mm}$ 、 $\rho_s=2380\text{kg/m}^3$ )



(a) 気相体積率

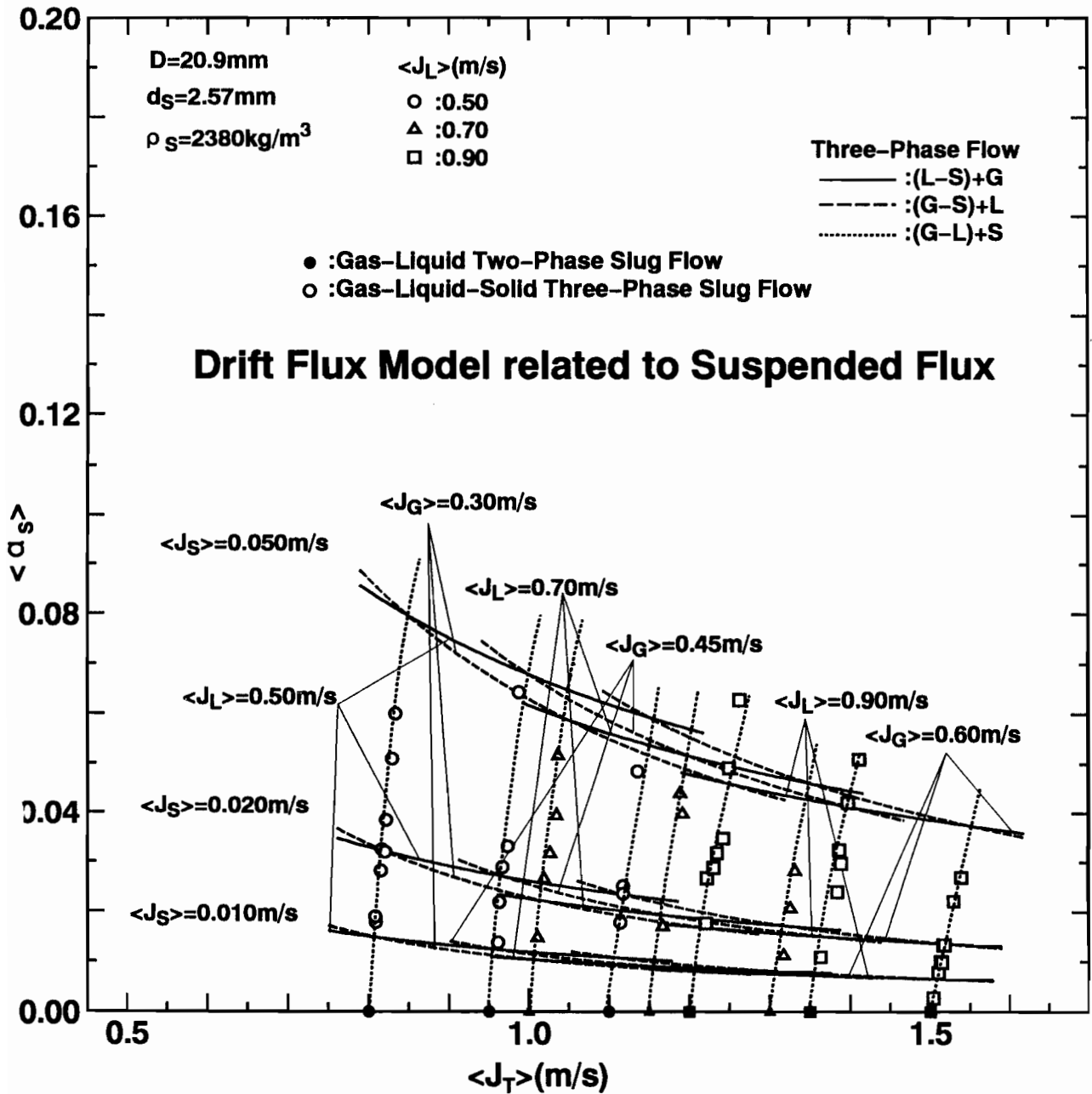
図6-21 ドリフトフラックスモデルに浮遊体積流束を関連づけた推算法による各相体積率推算結果 ( $D=20.9\text{mm}$ 、 $d_s=2.57\text{mm}$ 、 $\rho_s=2380\text{kg/m}^3$ )



(b) 液相体積率

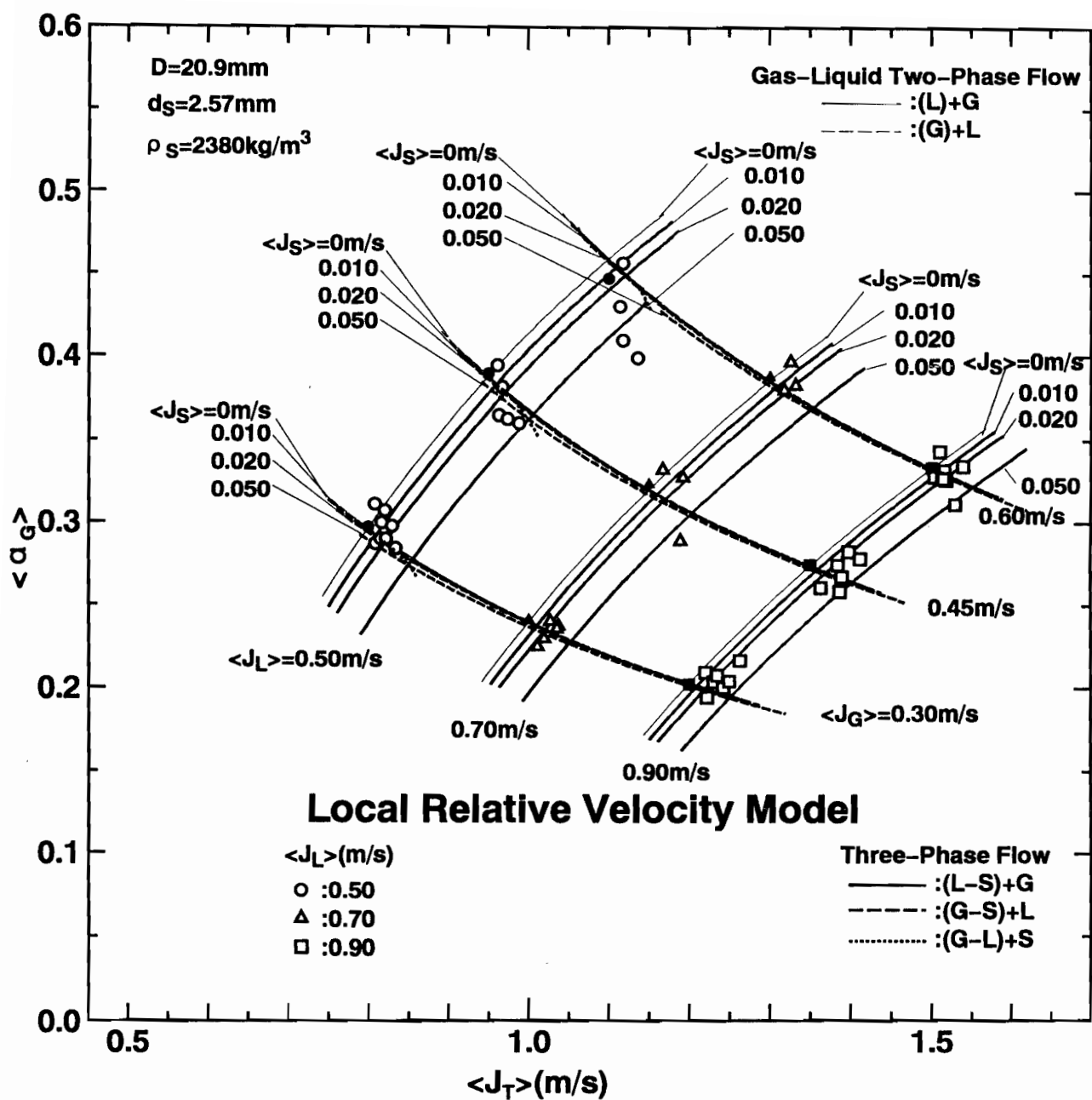
図6-21 ドリフトフラックスモデルに浮遊体積流束を関連づけた推算法による各相体積率推算結果 ( $D=20.9\text{mm}$ 、 $d_s=2.57\text{mm}$ 、 $\rho_s=2380\text{kg/m}^3$ )





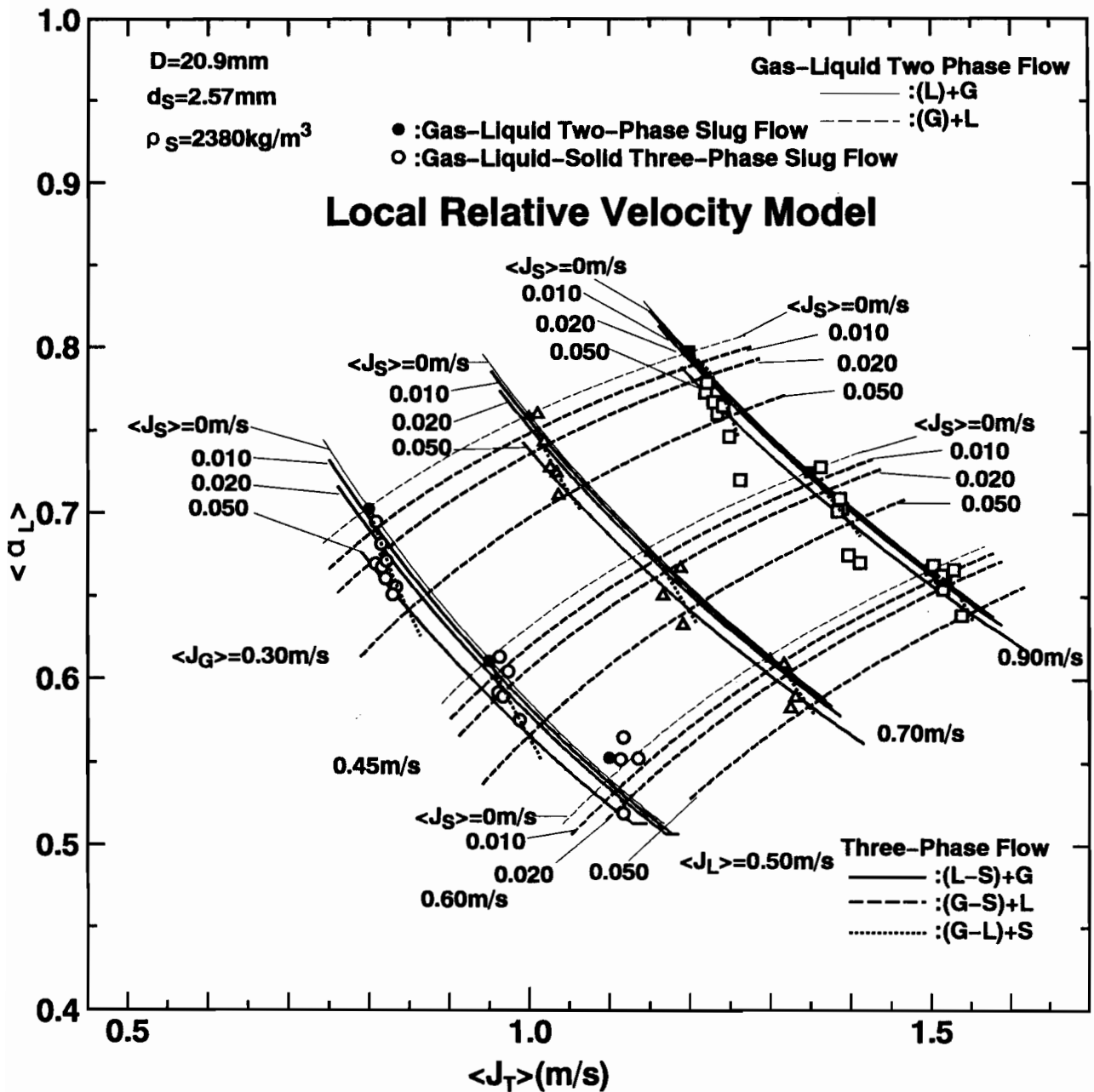
(c) 固相体積率

図6-21 ドリフトフラックスモデルに浮遊体積流束を関連づけた推算法による各相体積率推算結果 ( $D=20.9\text{mm}$ 、 $d_s=2.57\text{mm}$ 、 $\rho_s=2380\text{kg/m}^3$ )



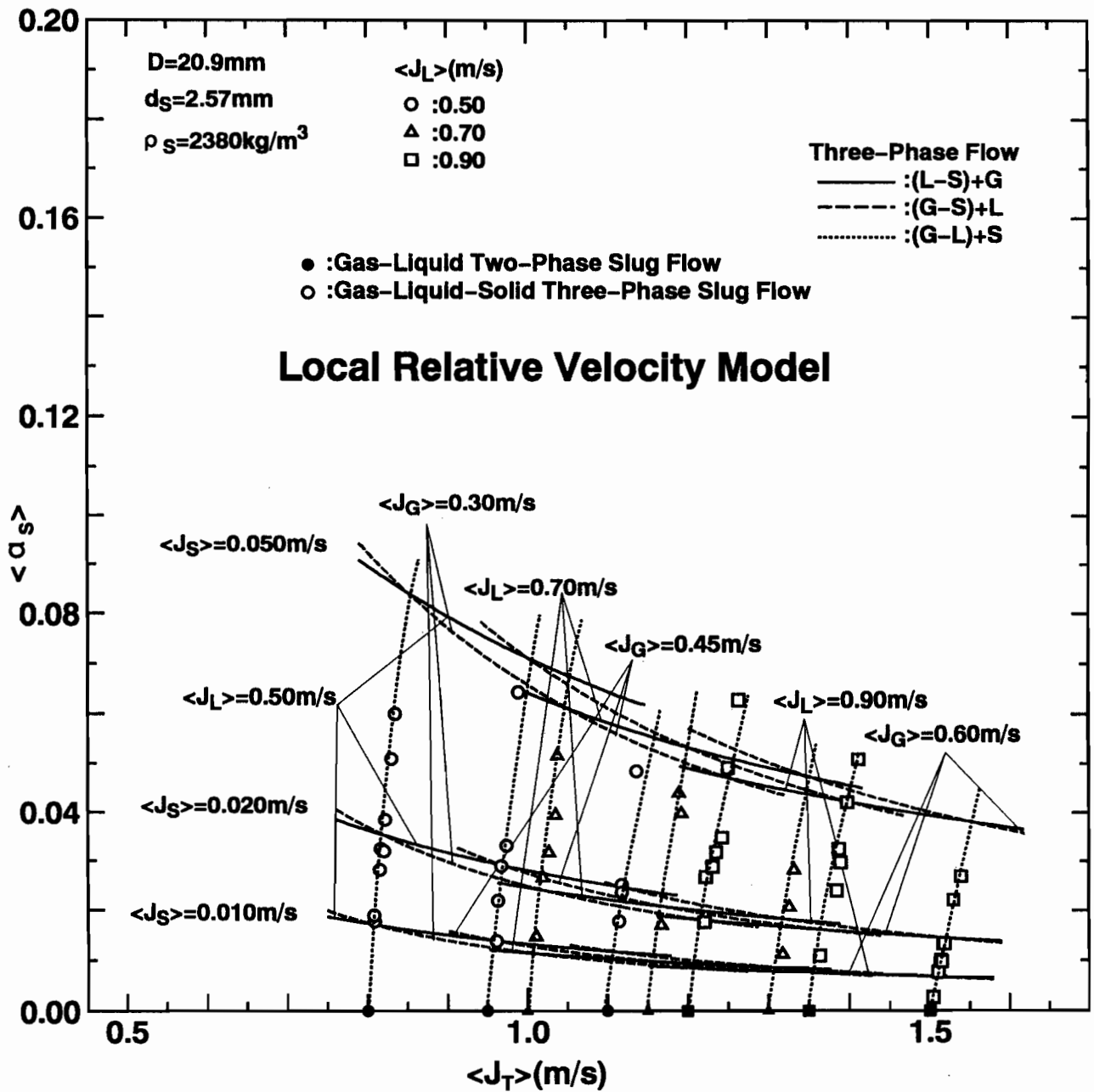
(a) 気相体積率

図 6-22 局所相対速度モデルに基づく推算法による  
 各相体積率推算結果 ( $D=20.9\text{mm}$ 、 $d_s=2.57\text{mm}$ 、 $\rho_s=2380\text{kg/m}^3$ )



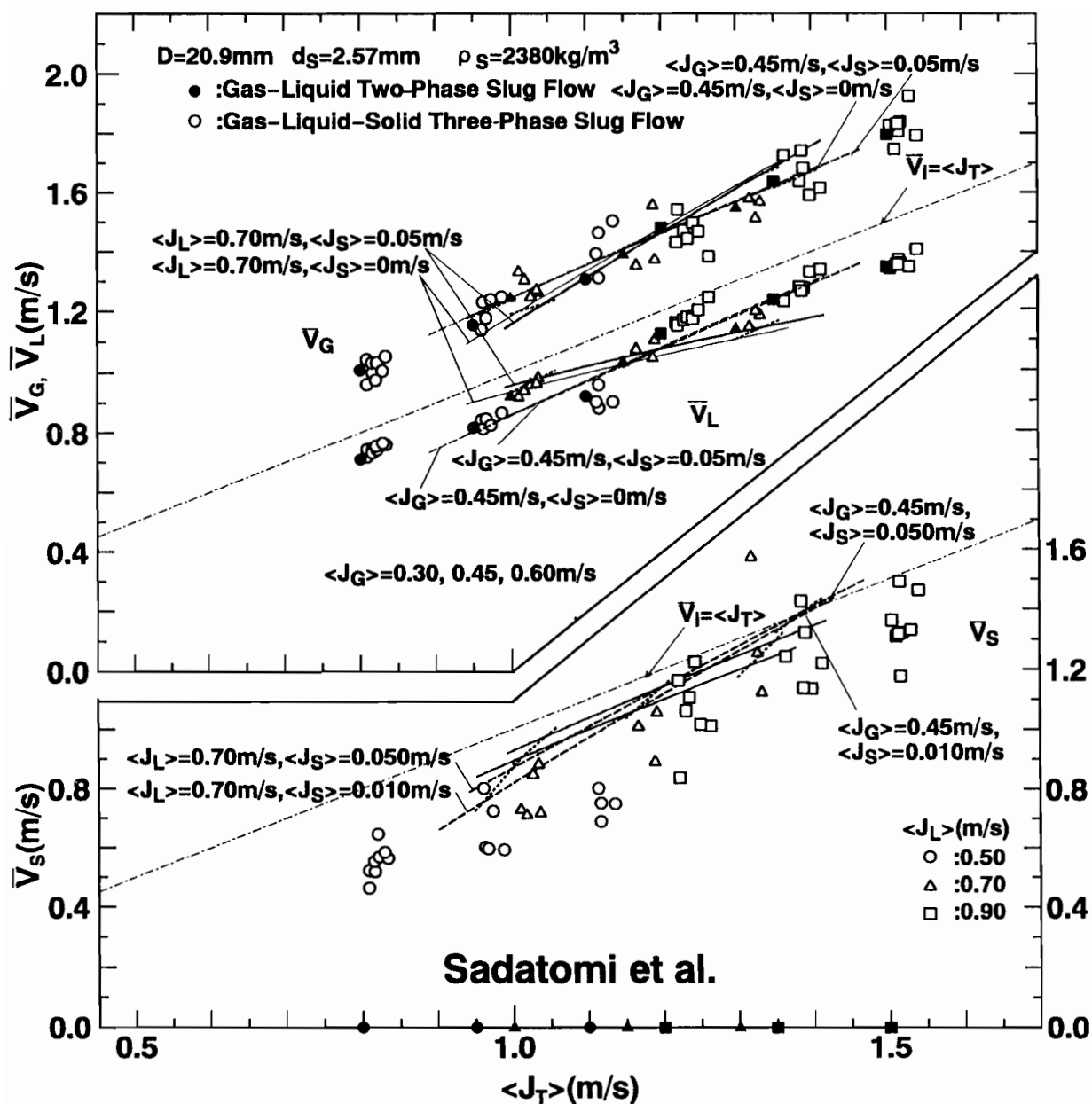
(b) 液相体積率

図6-22 局所相対速度モデルに基づく推算法による各相体積率推算結果 ( $D=20.9\text{mm}$ 、 $d_s=2.57\text{mm}$ 、 $\rho_s=2380\text{kg/m}^3$ )



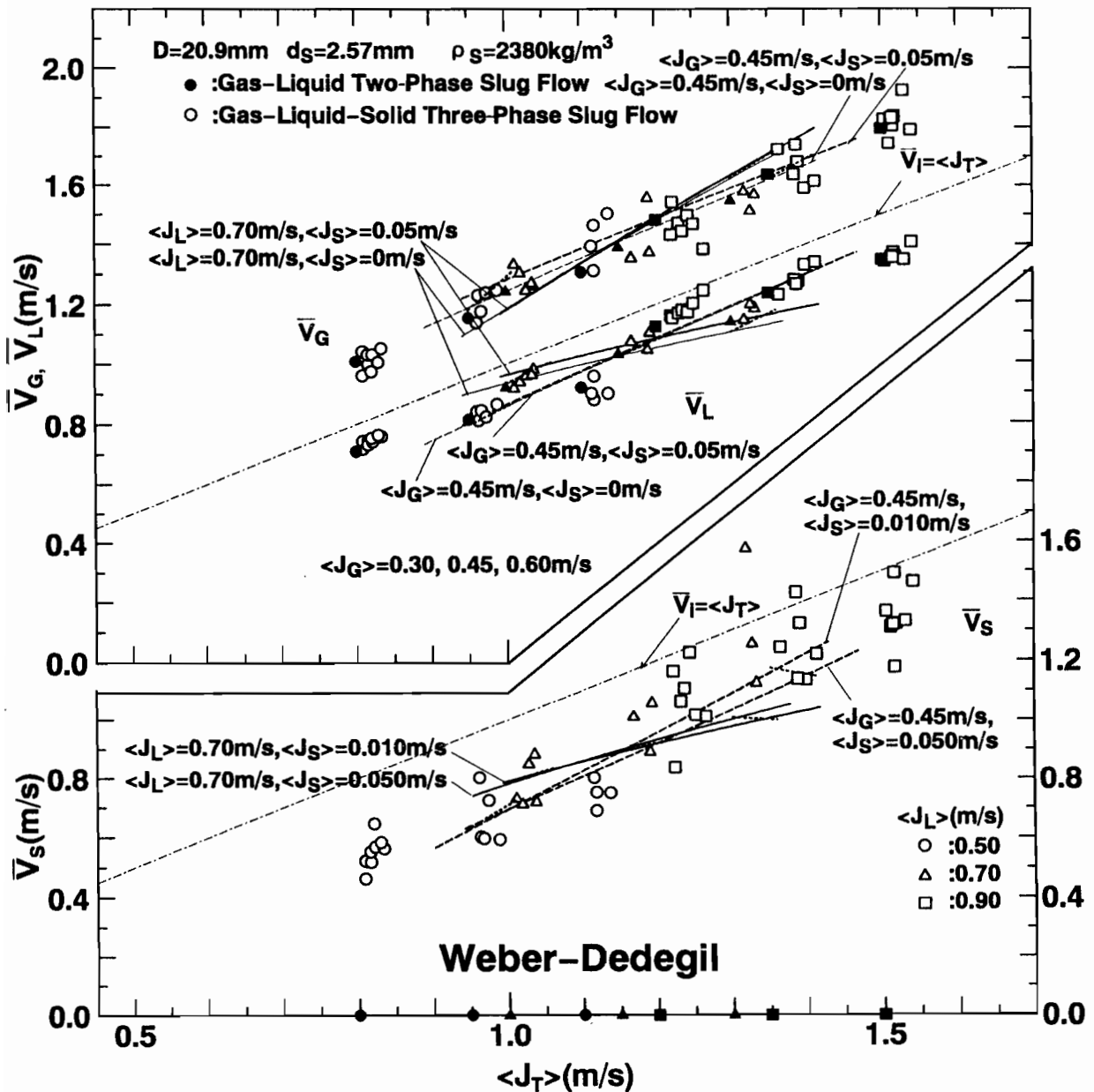
(c) 固相体積率

図6-22 局所相対速度モデルに基づく推算法による  
各相体積率推算結果 ( $D=20.9\text{mm}$ 、 $d_s=2.57\text{mm}$ 、 $\rho_s=2380\text{kg/m}^3$ )



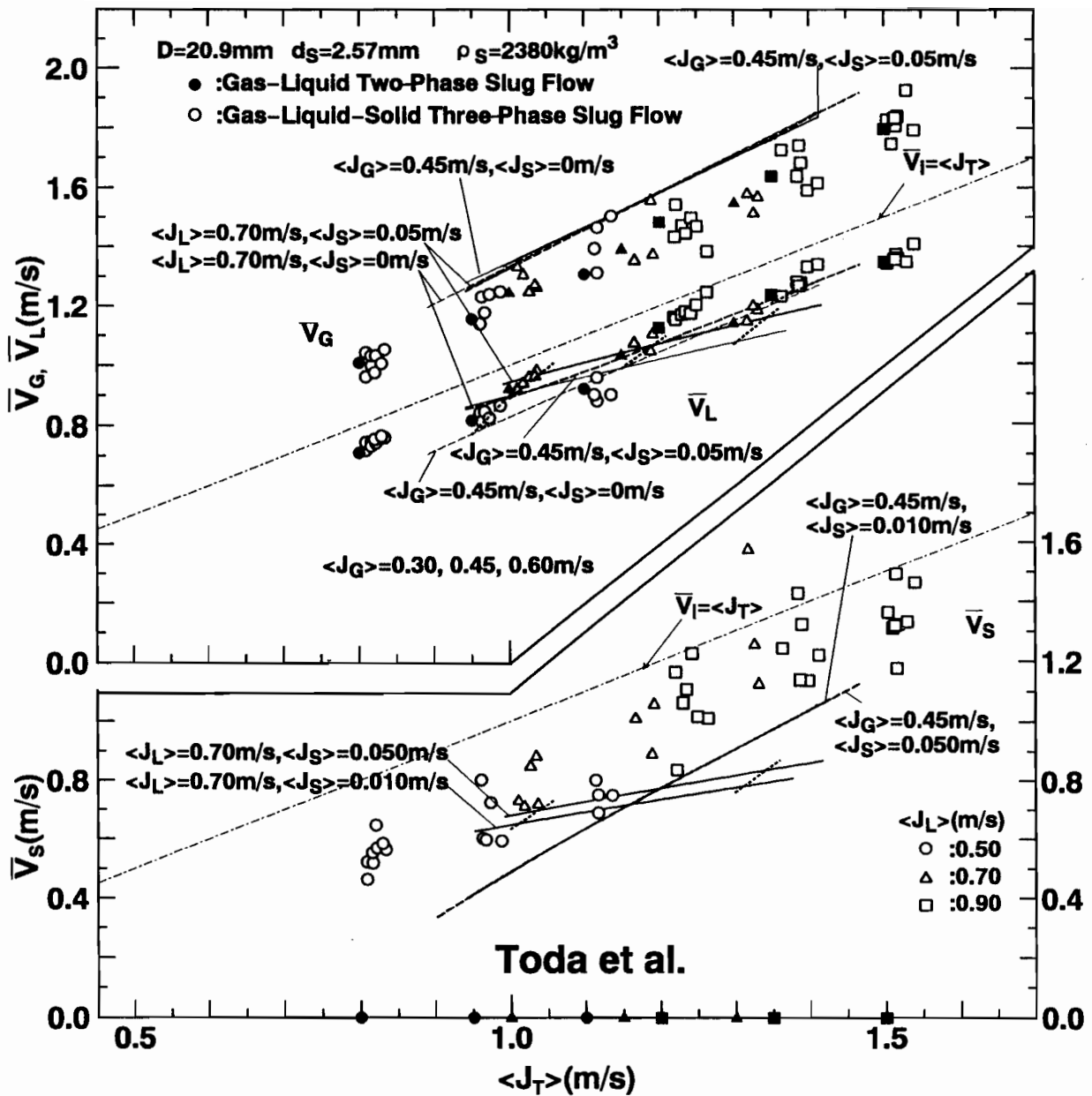
(a) 佐田富ら<sup>(82)</sup>の方法

図6-23 各相平均速度の推算結果 ( $D=20.9\text{mm}$ ,  $d_s=2.57\text{mm}$ ,  $\rho_s=2380\text{kg/m}^3$ )



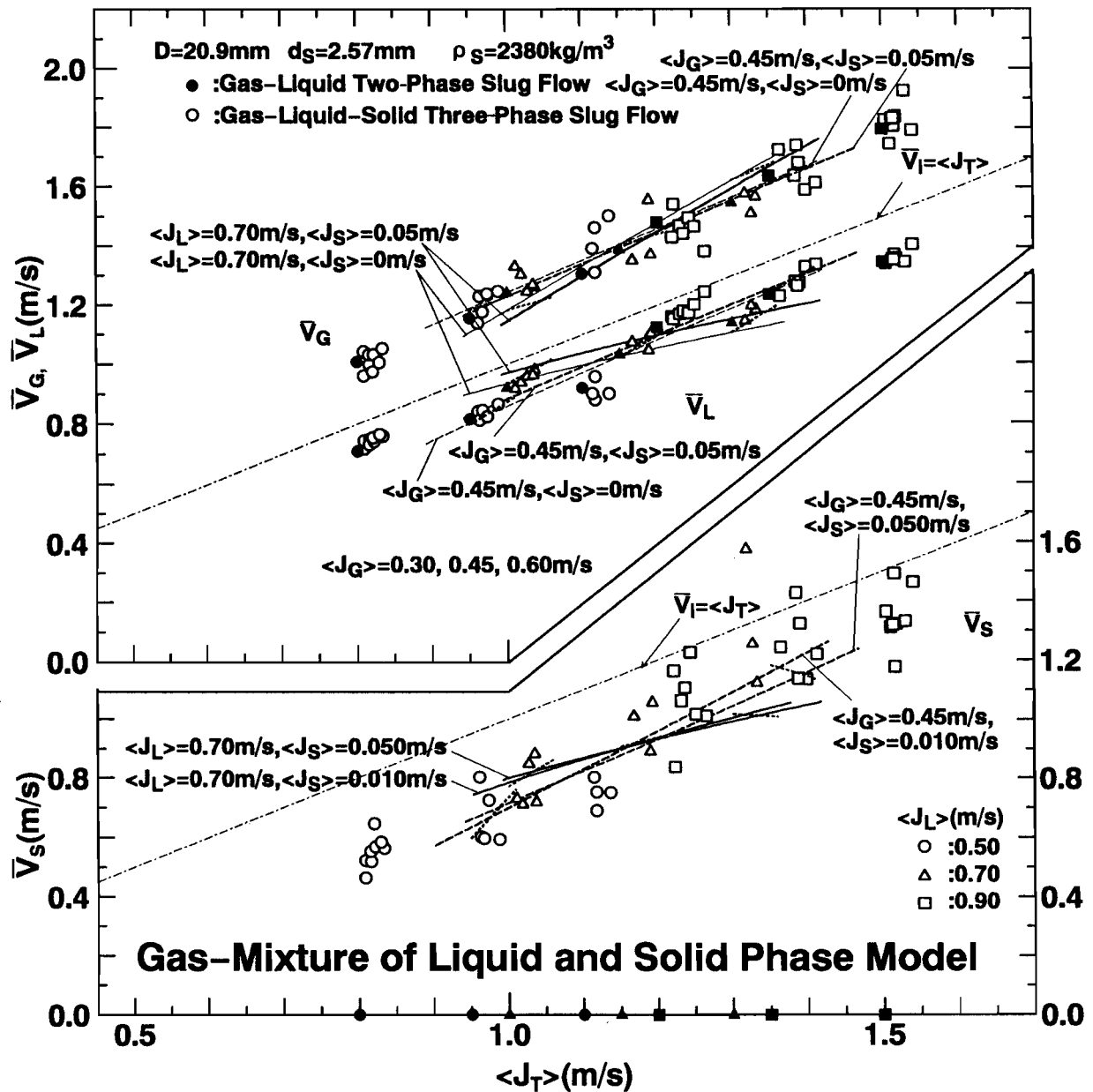
(b) Weber-Dedegil<sup>(64)</sup>の方法

図6-23 各相平均速度の推算結果 ( $D=20.9\text{mm}$ ,  $d_s=2.57\text{mm}$ ,  $\rho_s=2380\text{kg/m}^3$ )



(c) 都田ら<sup>(73)</sup>の方法

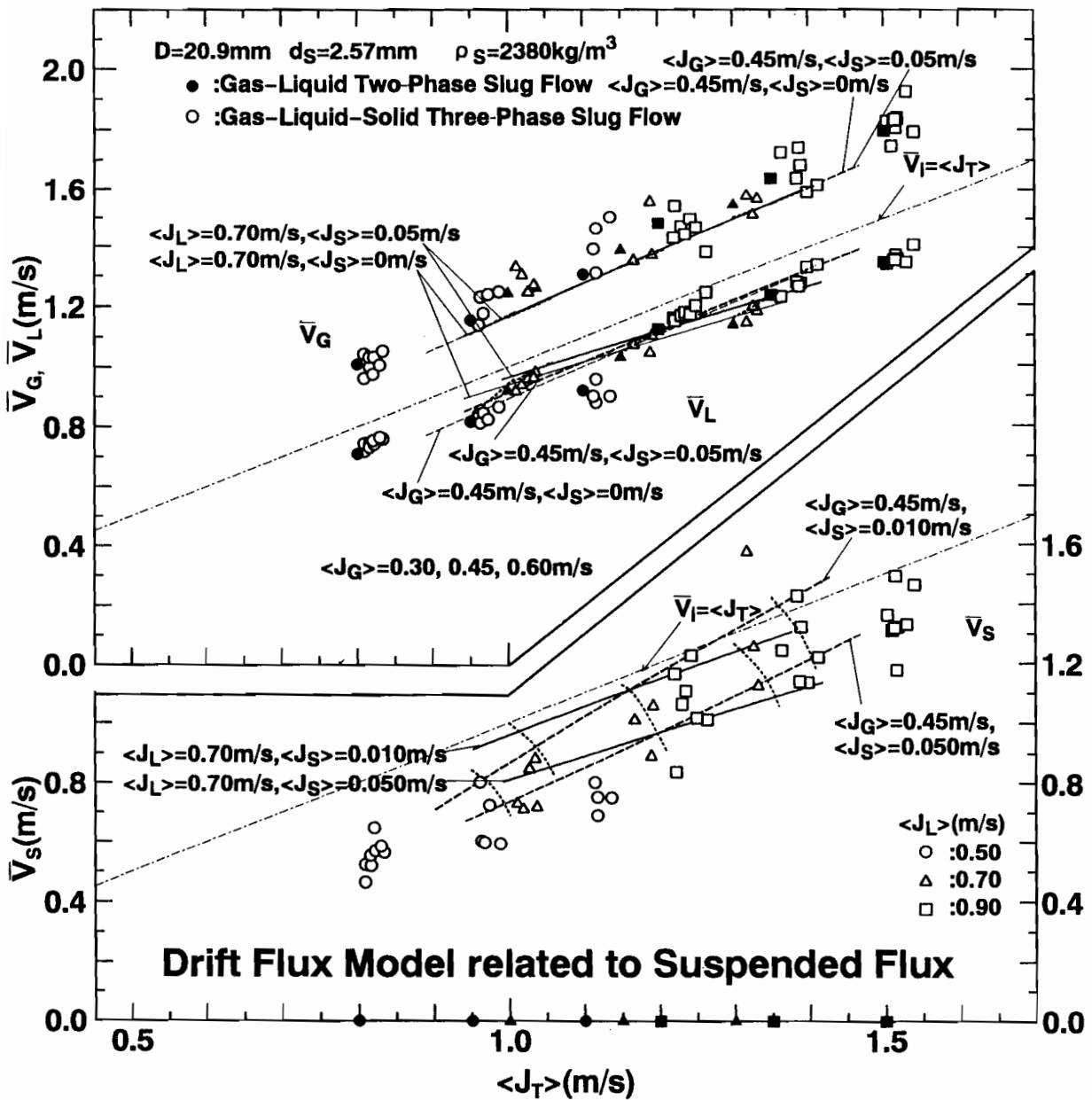
図6-23 各相平均速度の推算結果 ( $D=20.9\text{mm}$ ,  $d_s=2.57\text{mm}$ ,  $\rho_s=2380\text{kg/m}^3$ )



(d) 気体-固液混合体モデル

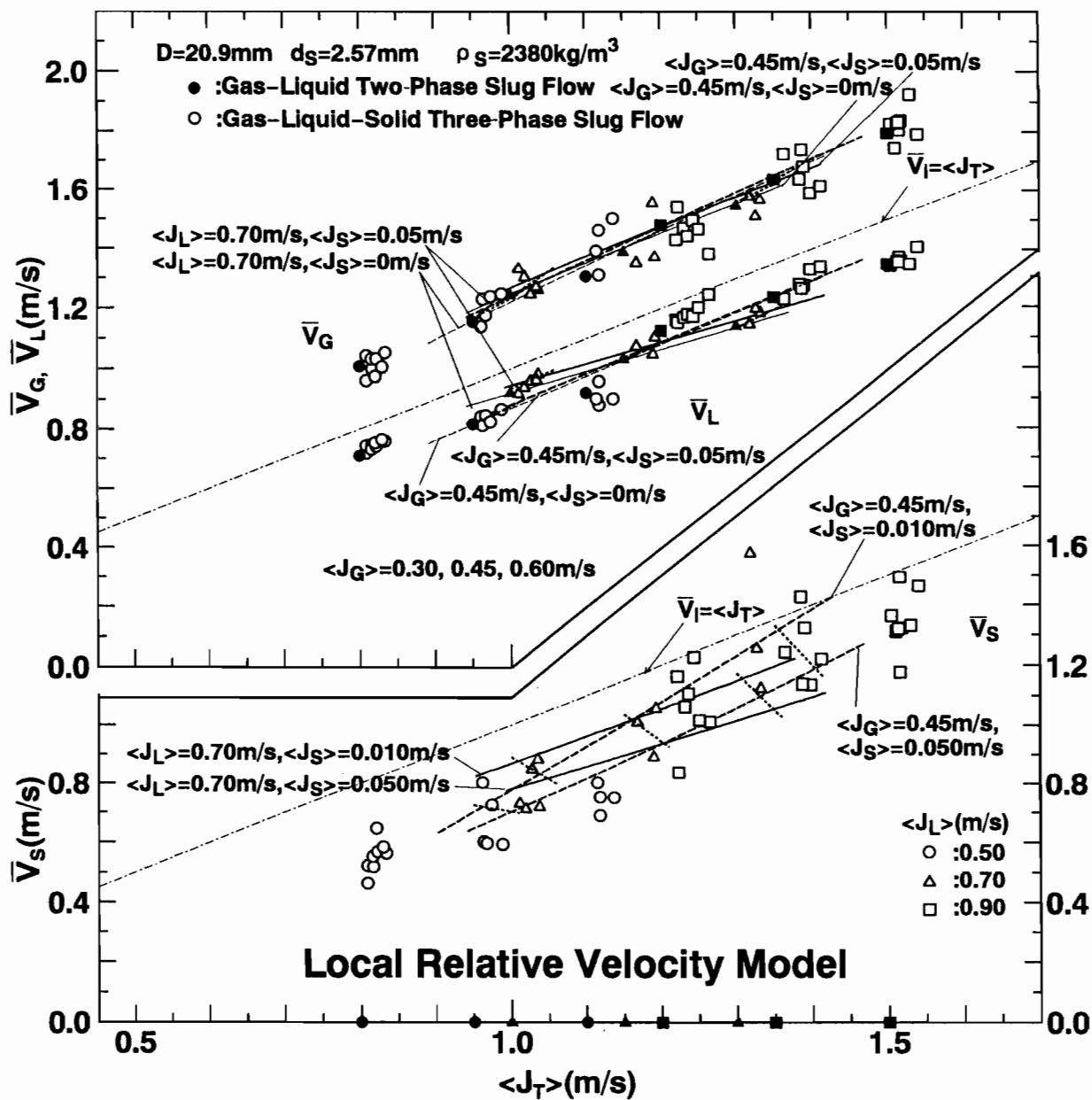
図6-23 各相平均速度の推算結果 ( $D=20.9\text{mm}$ 、 $d_s=2.57\text{mm}$ 、 $\rho_s=2380\text{kg/m}^3$ )





(e) ドリフトフラックスモデルに浮遊体積流束を関連づけた推算法

図6-23 各相平均速度の推算結果 ( $D=20.9\text{mm}$ ,  $d_s=2.57\text{mm}$ ,  $\rho_s=2380\text{kg/m}^3$ )



(f) 局所相対速度モデルに基づく推算法

図6-23 各相平均速度の推算結果 ( $D=20.9\text{mm}$ ,  $d_s=2.57\text{mm}$ ,  $\rho_s=2380\text{kg/m}^3$ )

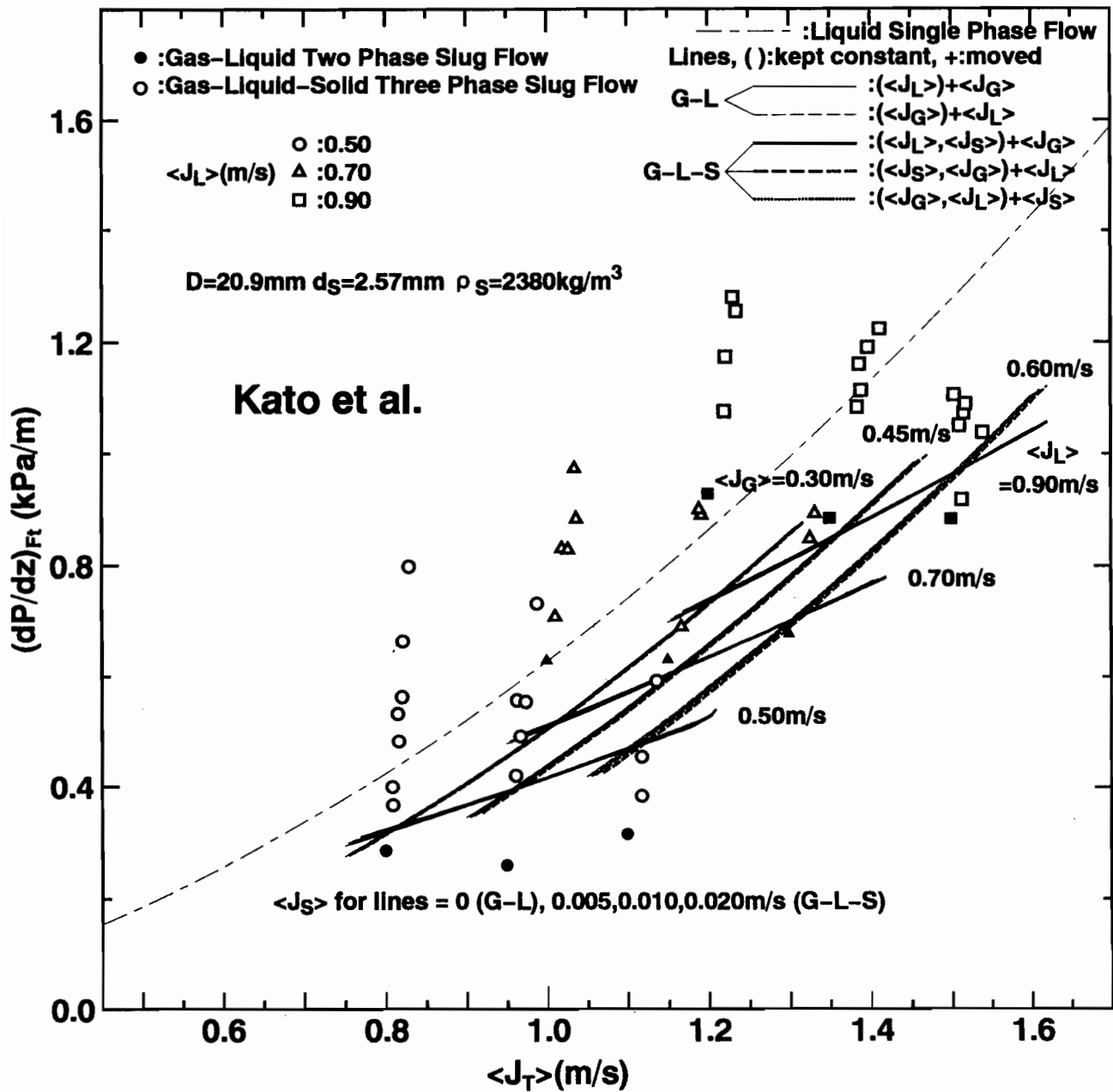


図6-24 加藤ら<sup>(68)</sup>の方法による $(dP/dz)_{Ft}$ の推算結果  
 ( $D=20.9\text{mm}$ 、 $d_s=2.57\text{mm}$ 、 $\rho_s=2380\text{kg/m}^3$ )

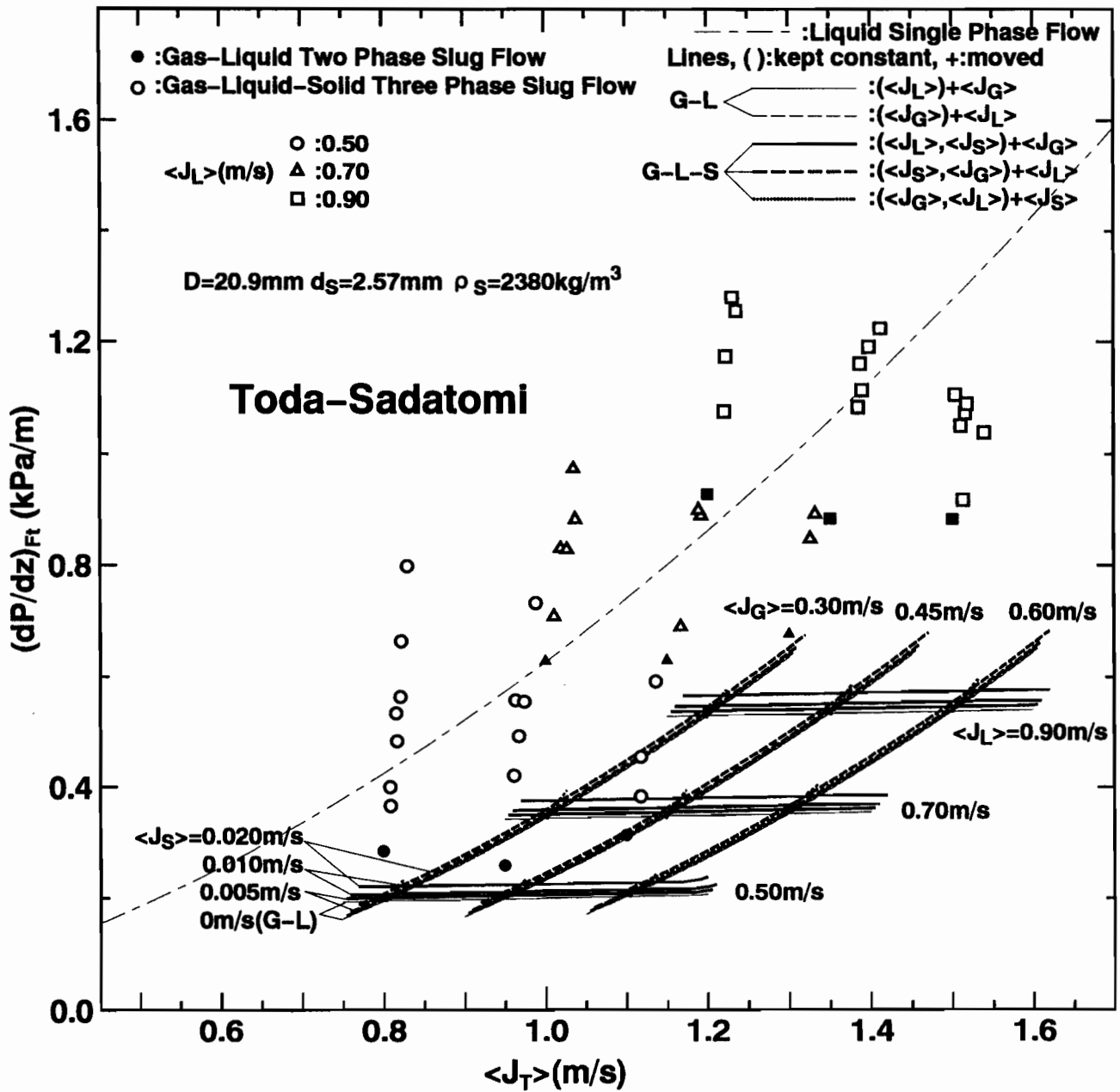


図6-25 都田ら<sup>(73)</sup>-佐田富ら<sup>(82)</sup>の方法による $(dP/dz)_{F_t}$ の推算結果  
 ( $D=20.9\text{mm}$ 、 $d_s=2.57\text{mm}$ 、 $\rho_s=2380\text{kg/m}^3$ )

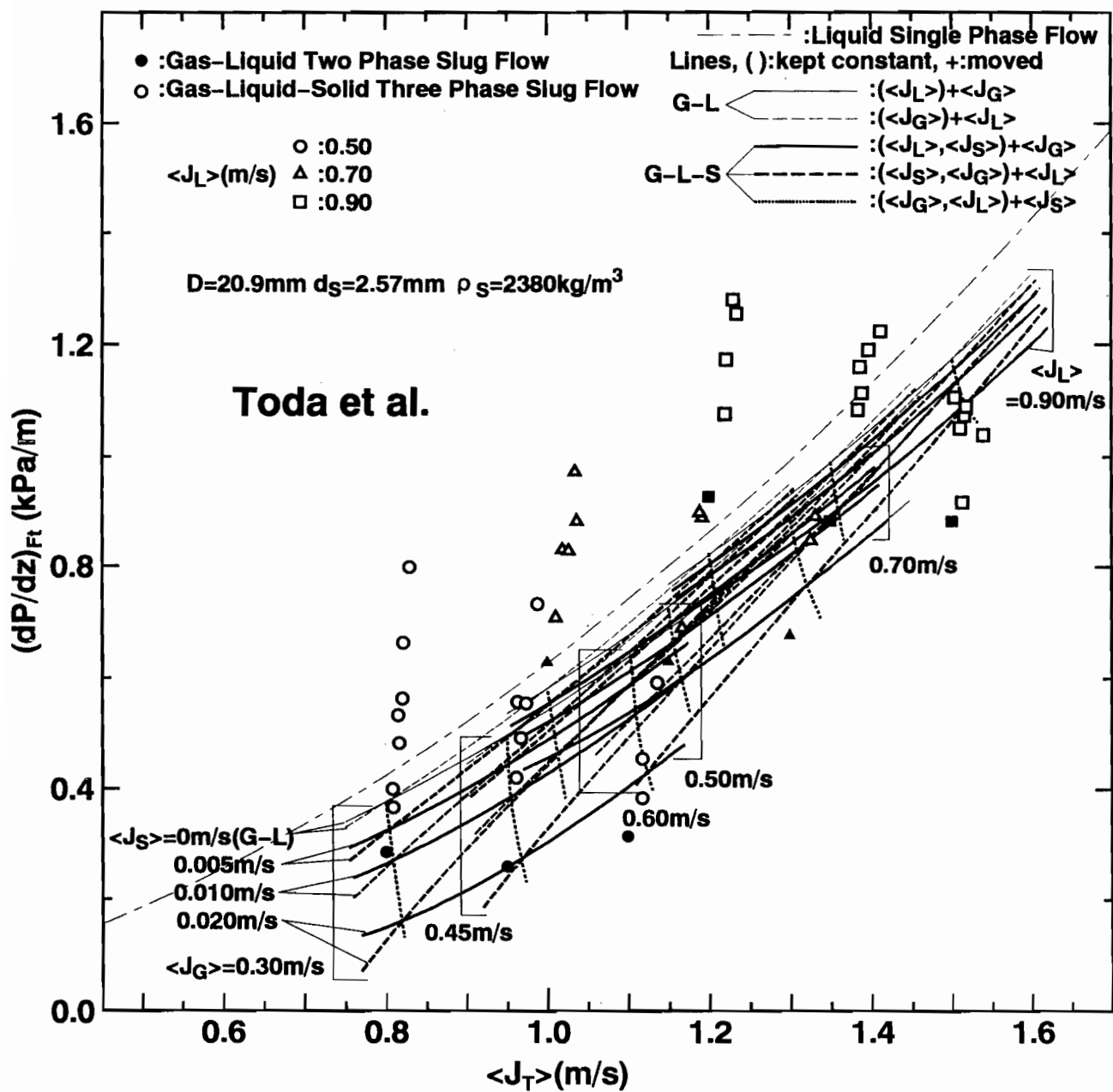


図6-26 都田ら<sup>(73)</sup>の方法による $(dP/dz)_{Ft}$ の推算結果  
 ( $D=20.9\text{mm}$ 、 $d_s=2.57\text{mm}$ 、 $\rho_s=2380\text{kg/m}^3$ )

## 第7章の表

表7-1 簡易固気液三相スラグ流モデルによる各部分での各相  
断面平均体積率と平均相速度、各部長さに関する未知量

	Volume Fraction			Velocity			Length
	Gas	Liquid	Solid	Gas	Liquid	Solid	
Liquid Slug Part	$\langle \alpha_G \rangle_{ls}$	$\langle \alpha_L \rangle_{ls}$	$\langle \alpha_S \rangle_{ls}$	$\bar{V}_{Gls}$	$\bar{V}_{Lls}$	$\bar{V}_{Sls}$	$L_{ls}$
Wake Part (core)	$\langle \alpha_G \rangle_{wc}$	$\langle \alpha_L \rangle_{wc}$	$\langle \alpha_S \rangle_{wc}$	$\bar{V}_{Gwc}$	$\bar{V}_{Lwc}$	$\bar{V}_{Swc}$	$L_w$
Wake Part (film)	$\langle \alpha_G \rangle_{wf}$	$\langle \alpha_L \rangle_{wf}$	$\langle \alpha_S \rangle_{wf}$	$\bar{V}_{Gwf}$	$\bar{V}_{Lwf}$	$\bar{V}_{Swf}$	-
Large Bubble Part(core)	$\langle \alpha_G \rangle_{bc}$	-	-	$\bar{V}_{Gbc}$	-	-	$L_b$
Large Bubble Part(film)	$\langle \alpha_G \rangle_{bf}$	$\langle \alpha_L \rangle_{bf}$	$\langle \alpha_S \rangle_{bf}$	$\bar{V}_{Gbf}$	$\bar{V}_{Lbf}$	$\bar{V}_{Sbf}$	-
Whole Slug Unit	$\langle \alpha_G \rangle$	$\langle \alpha_L \rangle$	$\langle \alpha_S \rangle$	-	-	-	-

## 第7章の図

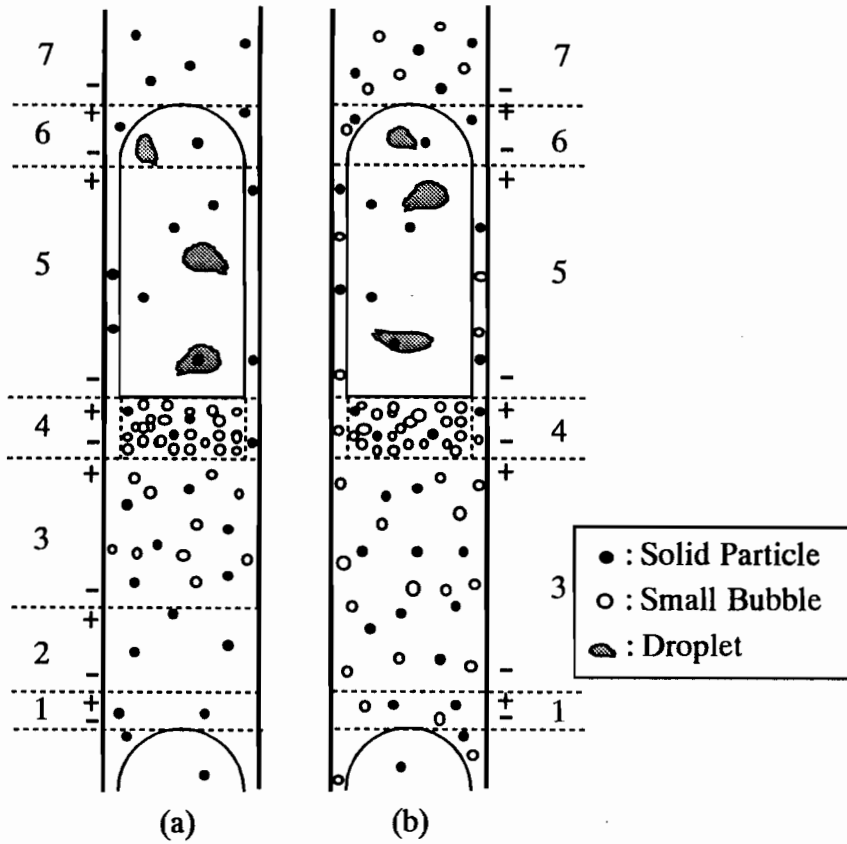


図7-1 鉛直管内固気液三相スラグ流モデル

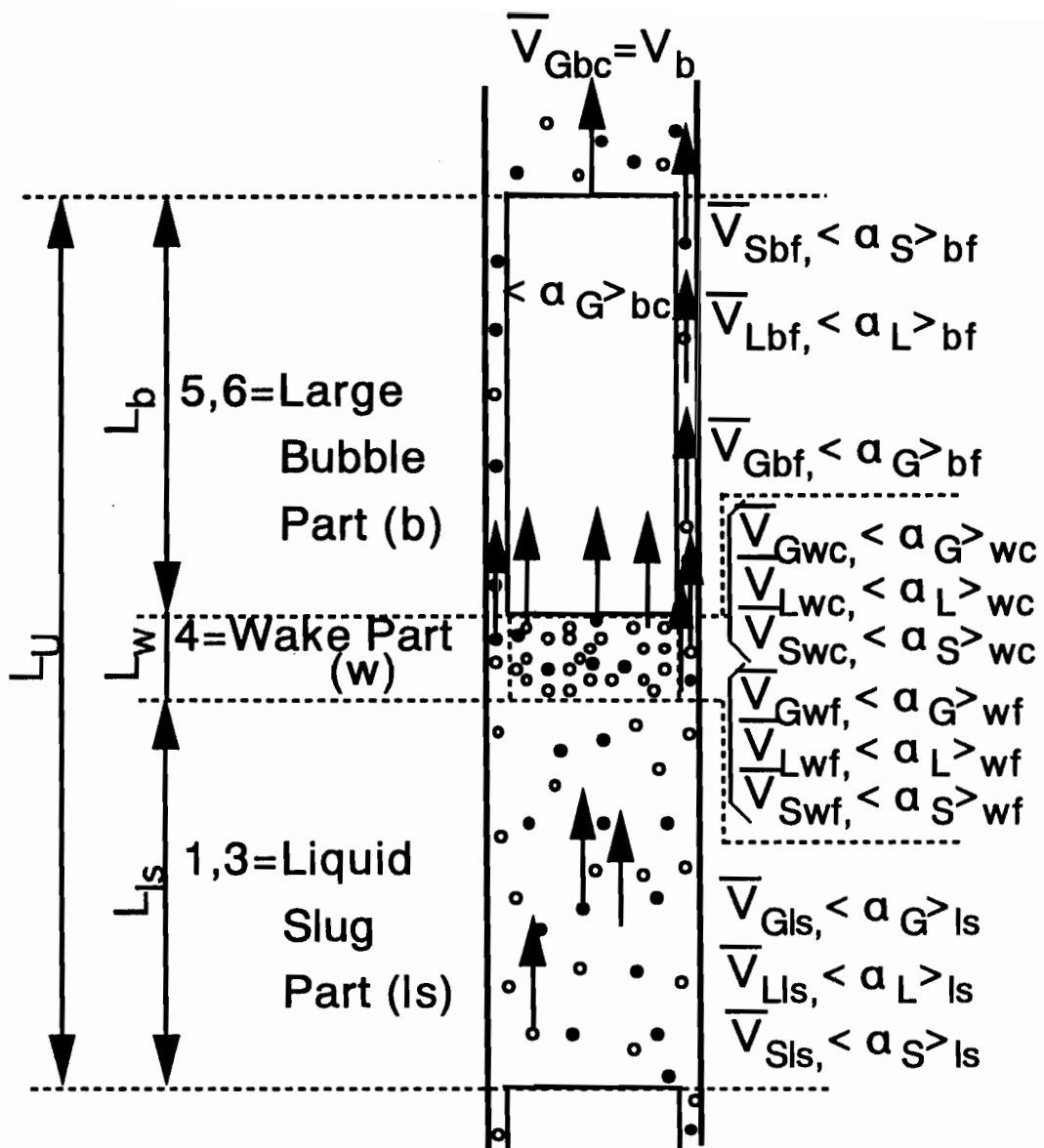


図7-2 簡易固気液三相スラグ流モデル

## 第 8 章の表

表 8 - 1 気液二相スラグ流の大気泡平均長さの推算における統計量

( a ) 大気泡長さ

Estimation Method	S	$\sigma_s$ (%)	ID+(%)	n+	ID-(%)	n-	ID±(%)
Street-Tek	0.929	15.2	15.9	5	15.8	15	15.8
Akagawa-Sakaguchi	1.01	10.8	13.7	8	8.57	12	10.9
Hatakeyama-Noda	1.23	22.9	38.0	18	10.3	2	36.2
Sylvester	5.87	156	156	20	-	-	156
Presented Correlation	1.00	4.33	5.38	15	3.75	5	5.02

( b ) 大気泡長さとしラグユニット長さの比

Estimation Method	S	$\sigma_s$ (%)	ID+(%)	n+	ID-(%)	n-	ID±(%)
Sato et al.	0.812	19.9	1.28	4	27.7	16	24.8
Orell-Rembrand	0.835	18.8	1.85	6	23.8	14	17.3
Presented Correlation	1.02	3.84	5.40	11	2.19	9	4.28

表 8 - 2 固気液三相スラグ流の大気泡平均長さの推算における統計量

Estimation Method	S	$\sigma_s$ (%)	ID+(%)	n+	ID-(%)	n-	ID±(%)
Presented Correlation	1.01	7.66	8.23	51	7.15	46	7.74



表 8 - 3 気液二相スラグ流のウェイク部-液体スラグ部  
長さの推算における統計量

Estimation Method	S	$\sigma_s$ (%)	ID+(%)	n+	ID-(%)	n-	ID±(%)
Sylvester	3.24	13.0	228	20	-	-	228
Hatakeyama-Noda	1.22	13.0	27.3	19	4.60	1	26.7
Sato et al.	1.44	30.9	67.9	17	2.54	3	62.6
Orell-Rembrand	1.77	27.4	70.2	20	-	-	70.2
Presented Correlation	1.01	5.60	60.6	11	5.27	9	5.72

表 8 - 4 固気液三相スラグ流のウェイク部-液体スラグ部  
長さの推算における統計量

Estimation Method	S	$\sigma_s$ (%)	ID+(%)	n+	ID-(%)	n-	ID±(%)
Presented Correlation	1.03	8.53	10.2	66	7.40	40	9.26

表 8 - 5 気液二相スラグ流の大気泡上昇速度の推算における統計量

Estimation Method	S	$\sigma_s$ (%)	ID+(%)	n+	ID-(%)	n-	ID±(%)
Nicklin et al.	1.01	1.54	2.05	13	1.19	7	1.79
Akagawa-Sakaguchi	0.900	3.32	-	-	10.4	20	10.4
Iida-Atsuura	0.828	6.35	-	-	18.0	20	18.0
Fernandes et al.	1.07	1.53	7.55	20	-	-	7.55
Presented Correlation	0.999	0.803	1.12	6	0.638	14	0.811

表 8 - 6 固気液三相スラグ流の大気泡上昇速度の推算における統計量

Estimation Method	S	$\sigma_s$ (%)	ID+(%)	n+	ID-(%)	n-	ID±(%)
Presented Correlation	0.998	1.95	1.65	53	2.23	53	1.96

表 8 - 7 気液二相スラグ流の大気泡体積率の推算における統計量

Estimation Method	S	$\sigma_s$ (%)	ID+(%)	n+	ID-(%)	n-	ID±(%)
Akagawa-Sakaguchi	1.02	5.12	5.76	6	4.72	3	5.43
Presented Correlation	1.00	2.56	3.81	3	1.62	6	2.57

表 8 - 8 固気液三相スラグ流の大気泡体積率の推算における統計量

Estimation Method	S	$\sigma_s$ (%)	ID+(%)	n+	ID-(%)	n-	ID±(%)
Presented Correlation	0.978	4.01	2.76	8	5.11	17	4.49

表 8 - 9 気液二相スラグ流のウェイク部-液体スラグ部の  
気相体積率の推算における統計量

Estimation Method	S	$\sigma_s$ (%)	ID+(%)	n+	ID-(%)	n-	ID±(%)
Presented Correlation	1.00	5.85	7.28	4	4.43	5	5.87

表 8 - 1 0 固気液三相スラグ流のウェイク部-液体スラグ部の  
気相体積率の推算における統計量

Estimation Method	S	$\sigma_s$ (%)	ID+(%)	n+	ID-(%)	n-	ID±(%)
Presented Correlation	1.05	6.27	8.56	37	4.49	9	7.93

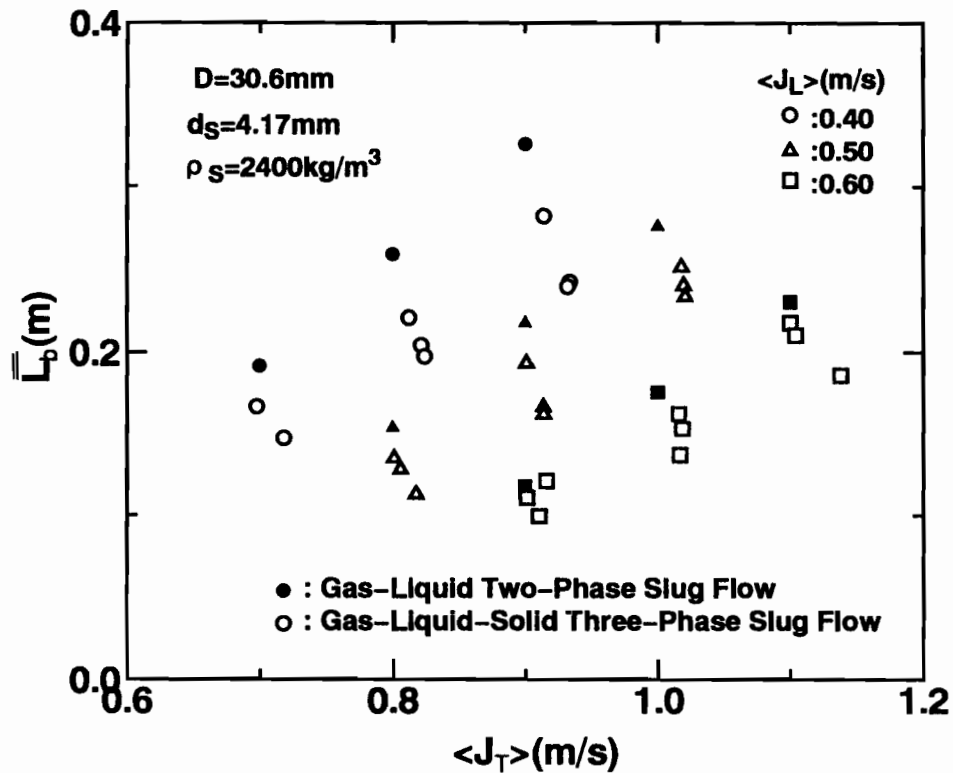
表 8 - 1 1 気液二相スラグ流のスラグ周期の推算における統計量

Estimation Method	S	$\sigma_s$ (%)	ID+(%)	n+	ID-(%)	n-	ID±(%)
Akagawa	0.556	23.3	-	-	46.3	18	46.3
Presented Correlation	1.01	3.47	3.73	13	3.79	5	3.74

表 8 - 1 2 固気液三相スラグ流のスラグ周期の推算における統計量

Estimation Method	S	$\sigma_s$ (%)	ID+(%)	n+	ID-(%)	n-	ID±(%)
Presented Correlation	1.02	6.97	8.63	63	5.38	43	7.48

第 8 章の図



(a)  $D=30.6\text{mm}$ 、 $d_s=4.17\text{mm}$ 、 $\rho_s=2400\text{kg/m}^3$

図 8 - 1 大気泡長さ  $\bar{L}_b$  の測定結果



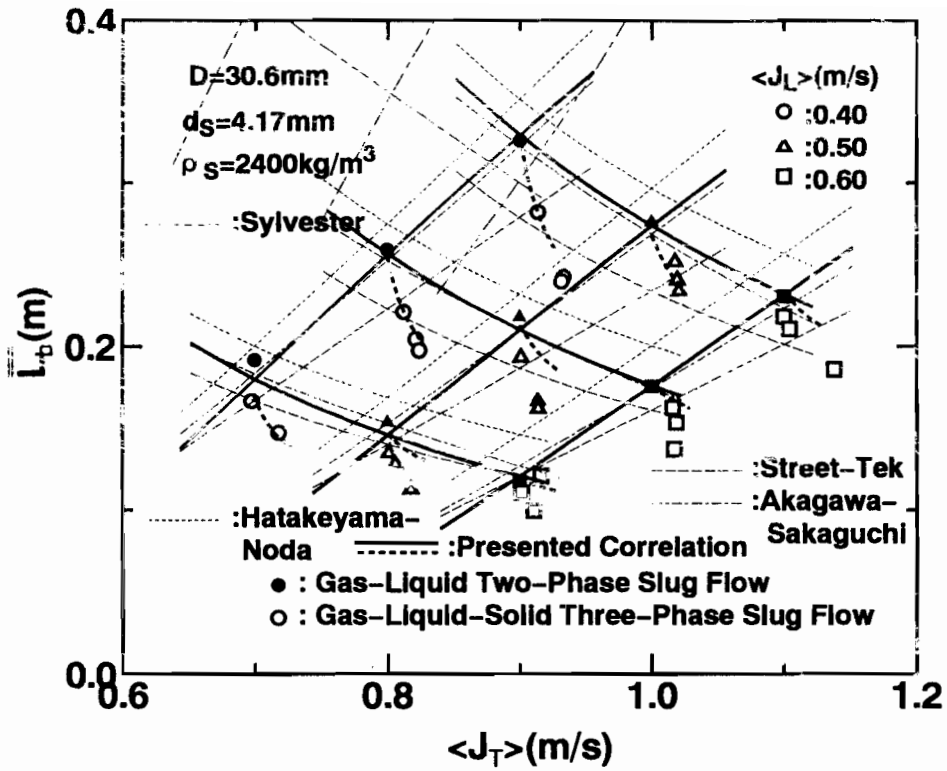


図8-2 大気泡長さ $\bar{L}_{b1}$ の推算結果 ( $D=30.6\text{mm}$ 、 $d_s=4.17\text{mm}$ 、 $\rho_s=2400\text{kg/m}^3$ )

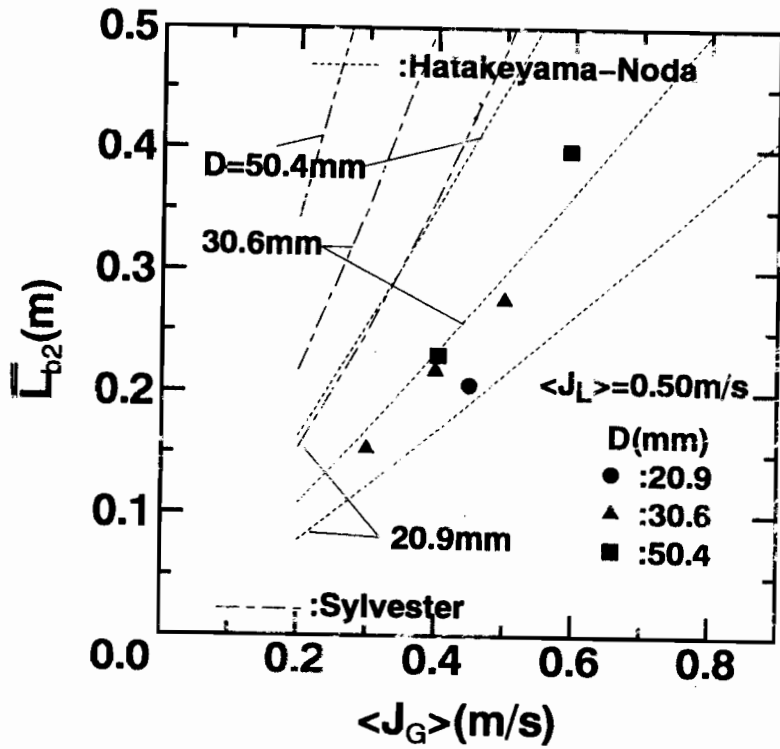


図8-3 気液二相スラグ流の大気泡長さ $\bar{L}_{b2}$ に及ぼす管内径 $D$ の影響

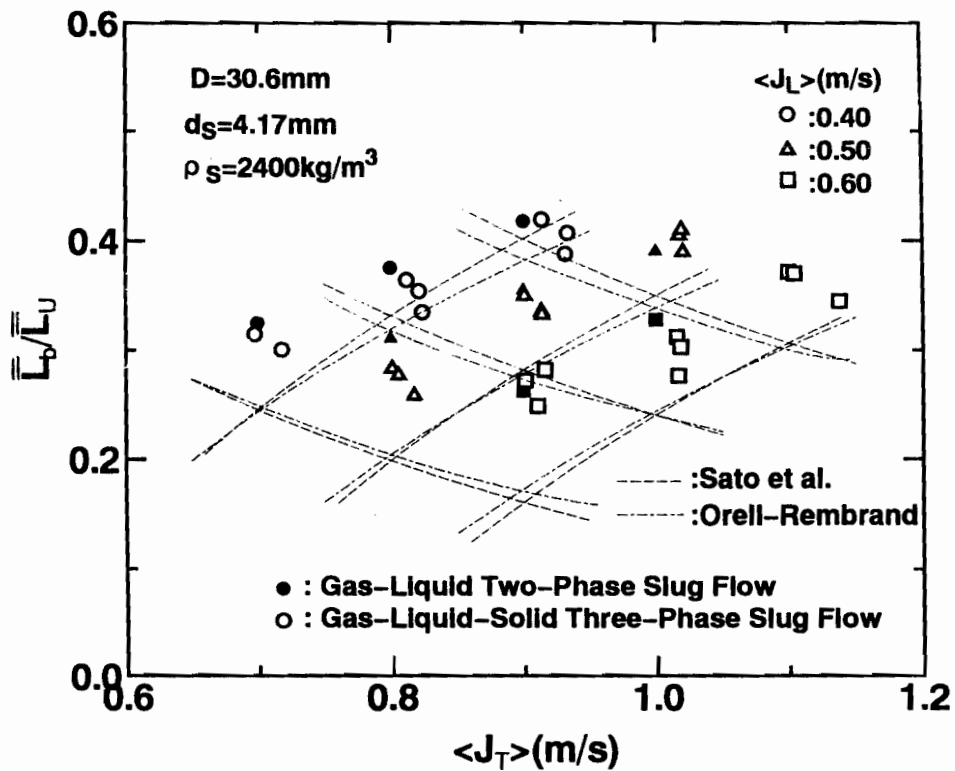


図8-4 大気泡長さとスラグユニット長さの比  $\bar{L}_b/\bar{L}_U$   
 ( $D=30.6\text{mm}$ 、 $d_s=4.17\text{mm}$ 、 $\rho_s=2400\text{kg/m}^3$ )

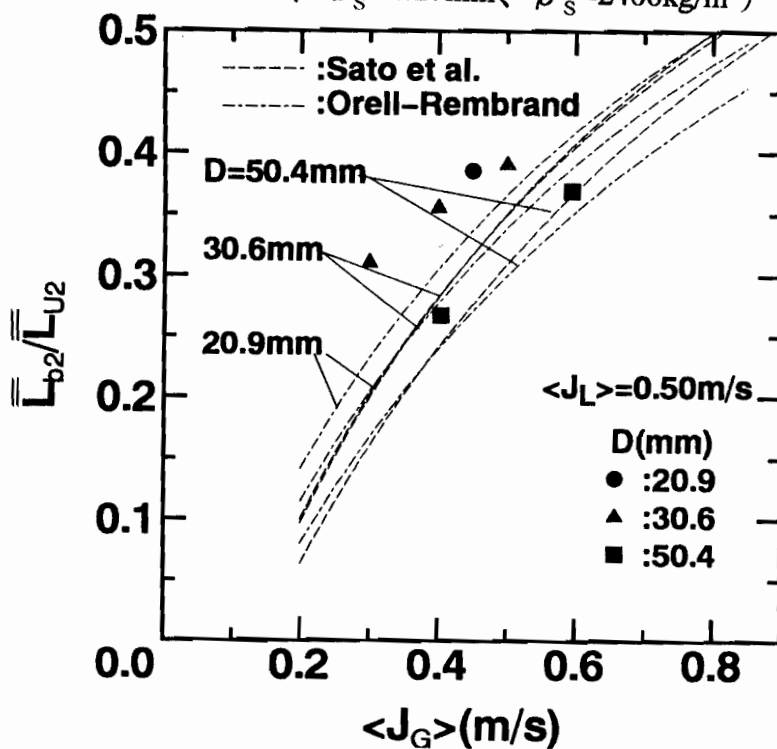


図8-5 気液二相スラグ流の大気泡長さとスラグユニット長さの比  $\bar{L}_{b2}/\bar{L}_{U2}$  に対する管内径  $D$  の影響

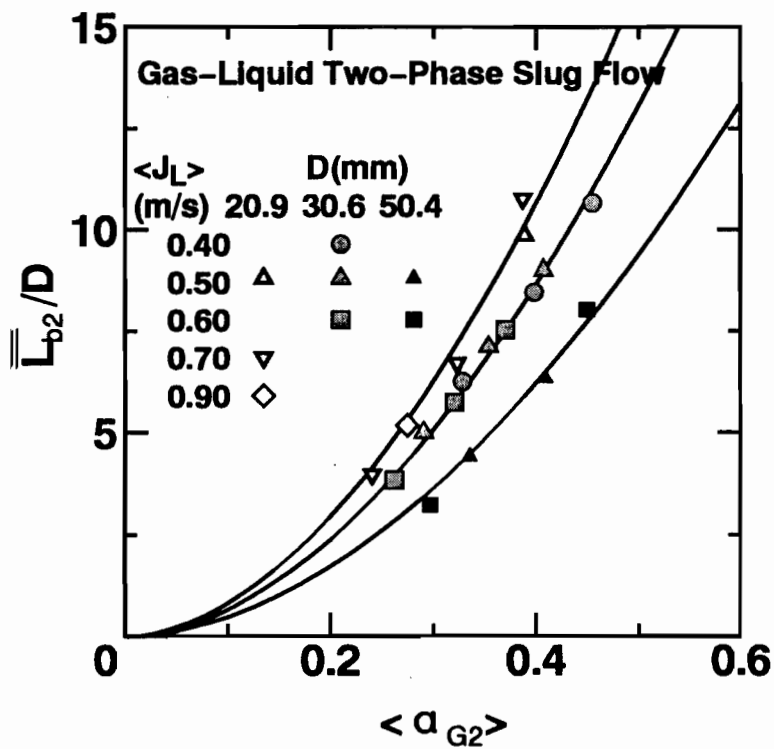


図8-6 管内径 $D$ で無次元化した気液二相スラグ流の大気泡長さ $\bar{L}_{b2}$ と気相体積率 $\langle \alpha_{G2} \rangle$ の関係

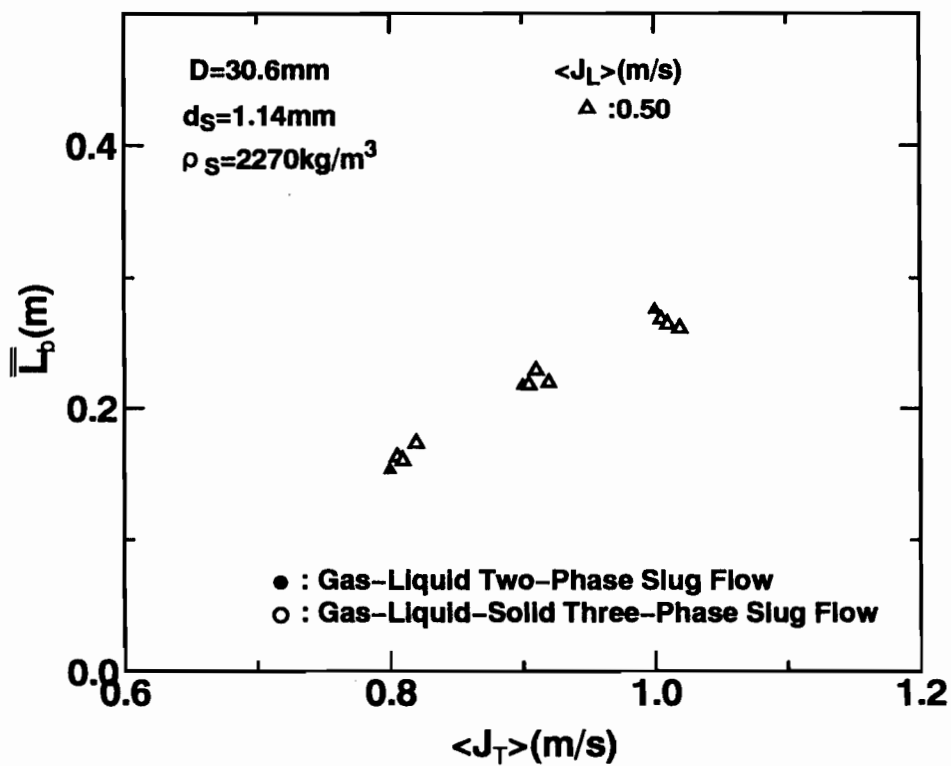


図8-7 大気泡長さ $\bar{L}_b$ の測定結果 ( $D=30.6\text{mm}$ 、 $d_s=1.14\text{mm}$ 、 $\rho_s=2270\text{kg/m}^3$ )

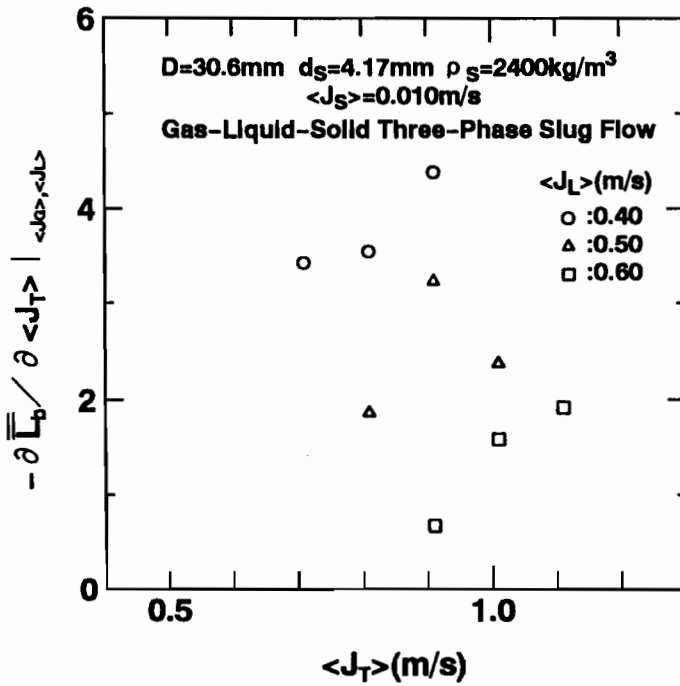


図8-8 大気泡長さ $\bar{L}_b$ の固相体積流束 $\langle J_S \rangle$ に対する減少率  
 ( $D=30.6\text{mm}$ 、 $d_s=4.17\text{mm}$ 、 $\rho_s=2400\text{kg/m}^3$ )

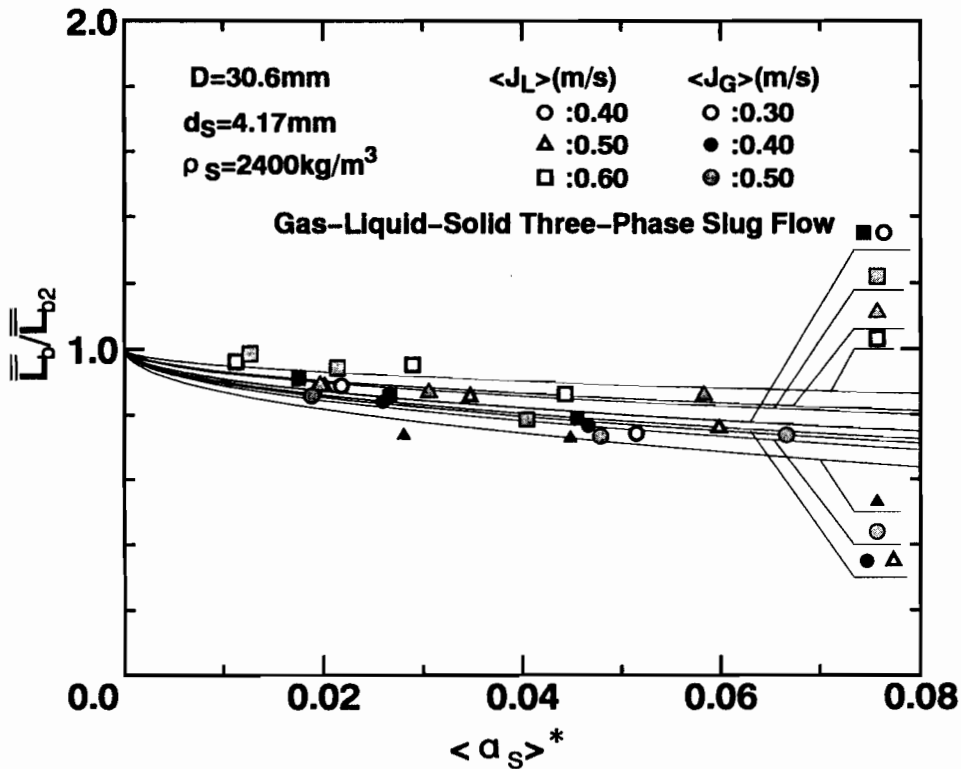


図8-9 気液二相スラグ流の大気泡長さで無次元化した固気液三相スラグ流の大気泡長さ $\bar{L}_b / \bar{L}_{b2}$ と $\langle \alpha_S \rangle^*$ の関係 ( $D=30.6\text{mm}$ 、 $d_s=4.17\text{mm}$ 、 $\rho_s=2400\text{kg/m}^3$ )



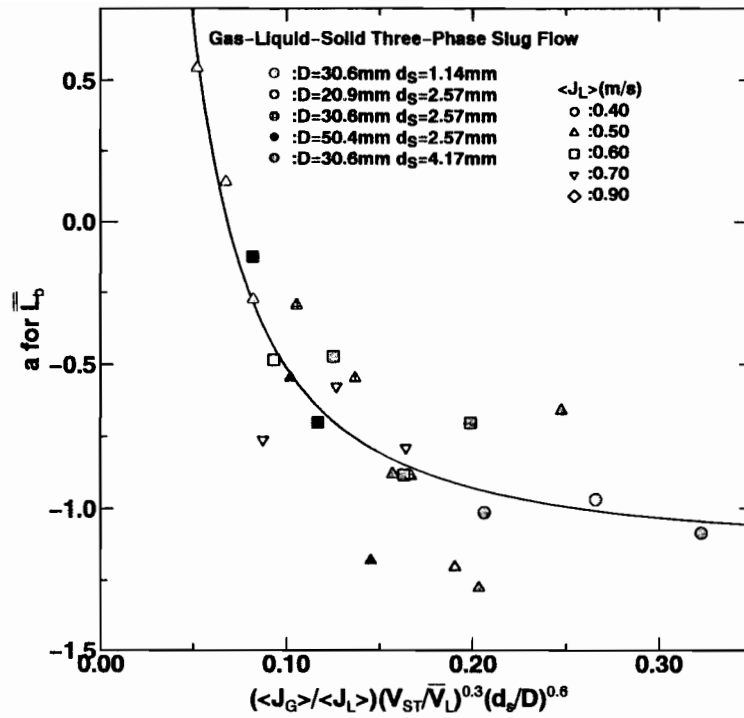


図 8 - 1 0 大気泡長さ  $\bar{L}_b$  の相関式の係数 a の無次元パラメータによる整理

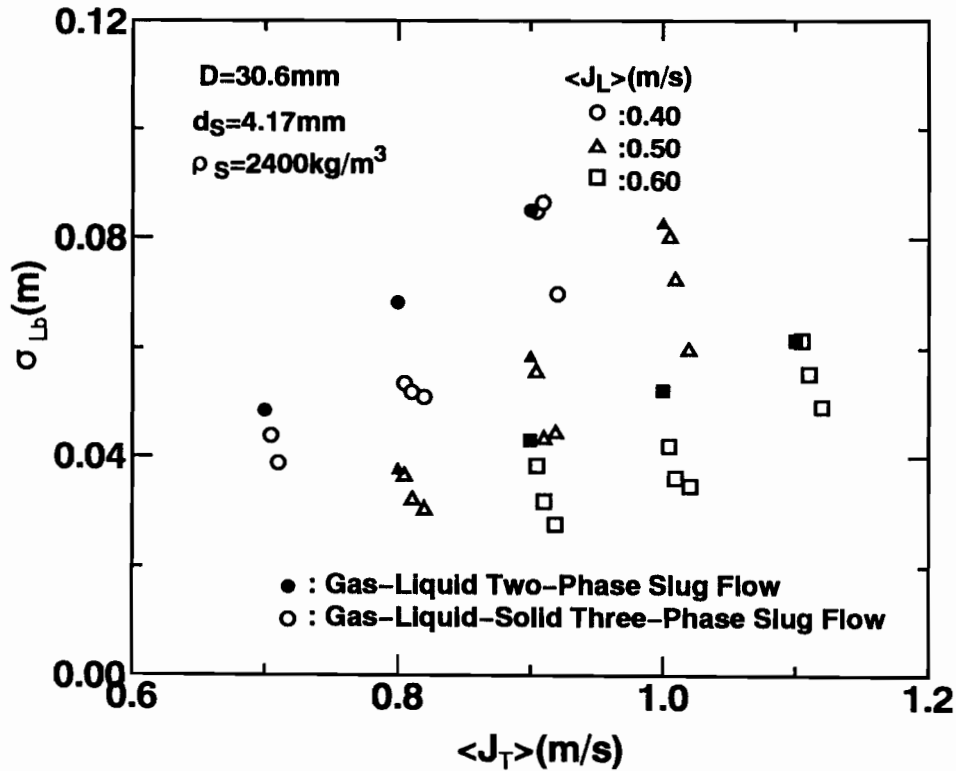
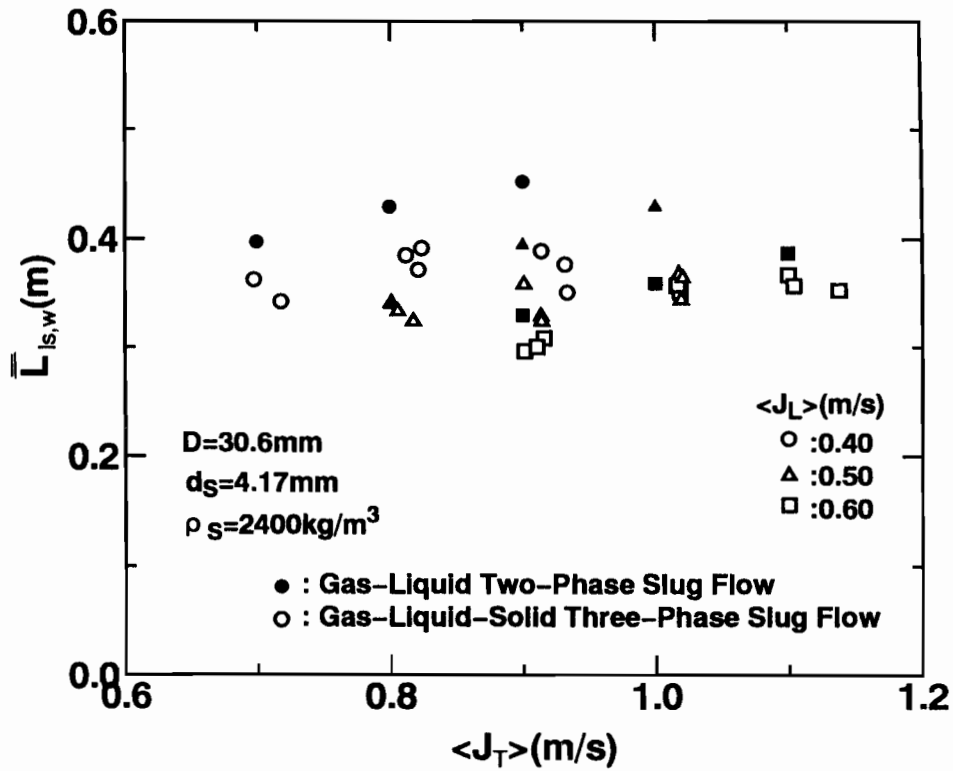
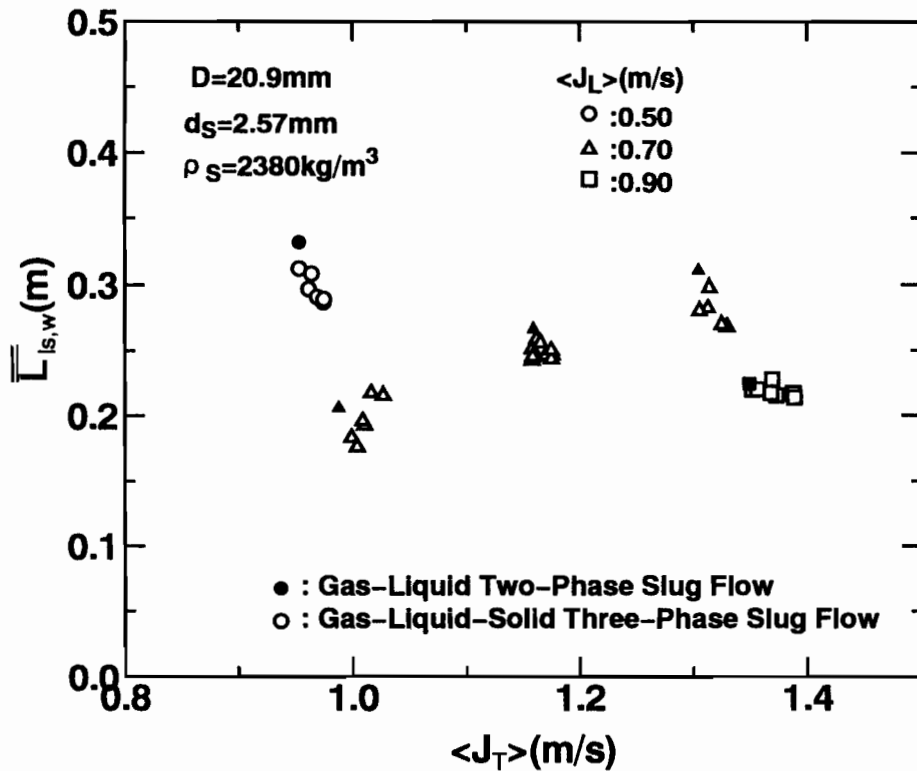


図 8 - 1 1 大気泡長さ  $L_b$  の標準偏差の測定結果  
( $D=30.6\text{mm}$ 、 $d_s=4.17\text{mm}$ 、 $\rho_s=2400\text{kg/m}^3$ )

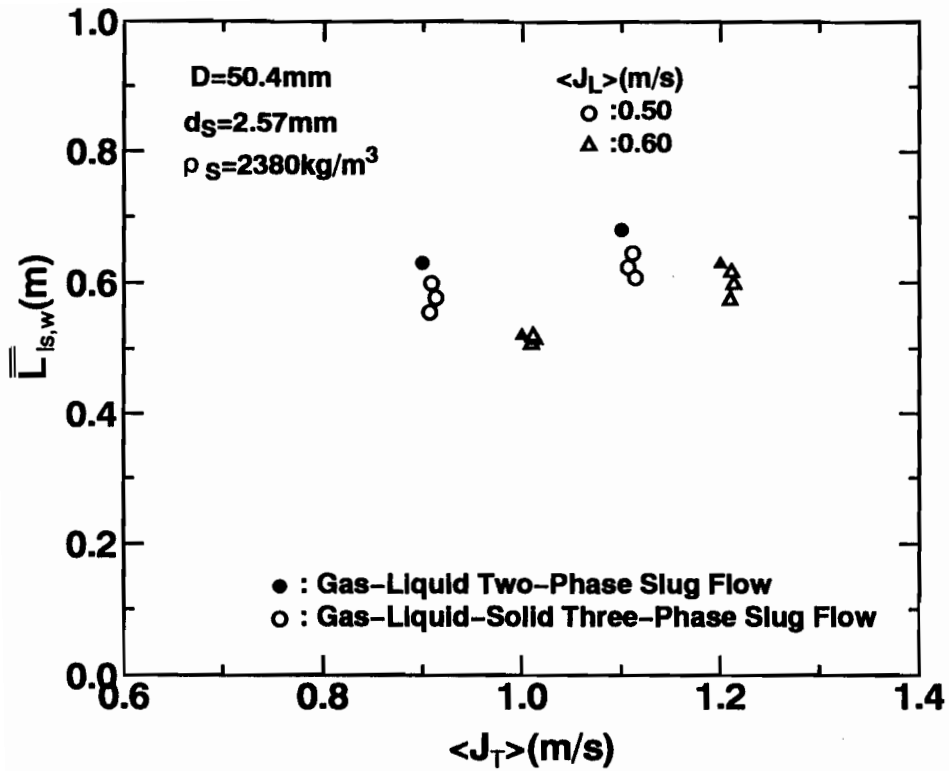


(a)  $D=30.6\text{mm}$ 、 $d_s=4.17\text{mm}$ 、 $\rho_s=2400\text{kg/m}^3$



(b)  $D=20.9\text{mm}$ 、 $d_s=2.57\text{mm}$ 、 $\rho_s=2380\text{kg/m}^3$

図 8-12 ウェイク部-液体スラグ部長さ  $\bar{L}_{1s,w}$  の測定結果



(c)  $D=50.4\text{mm}$ ,  $d_s=2.57\text{mm}$ ,  $\rho_s=2380\text{kg/m}^3$

図8-12 ウェイク部-液体スラグ部長さ  $\bar{L}_{ls,w}$  の測定結果

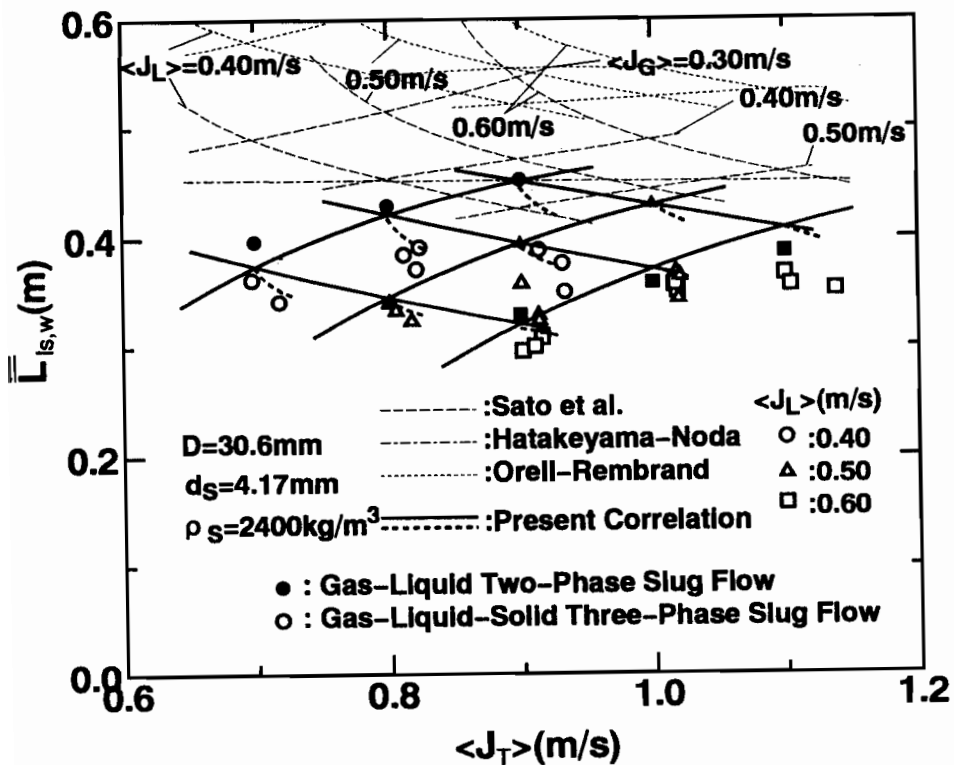


図8-13 ウェイク部-液体スラグ部長さ  $\bar{L}_{ls,w}$  の推算結果  
( $D=30.6\text{mm}$ ,  $d_s=4.17\text{mm}$ ,  $\rho_s=2400\text{kg/m}^3$ )

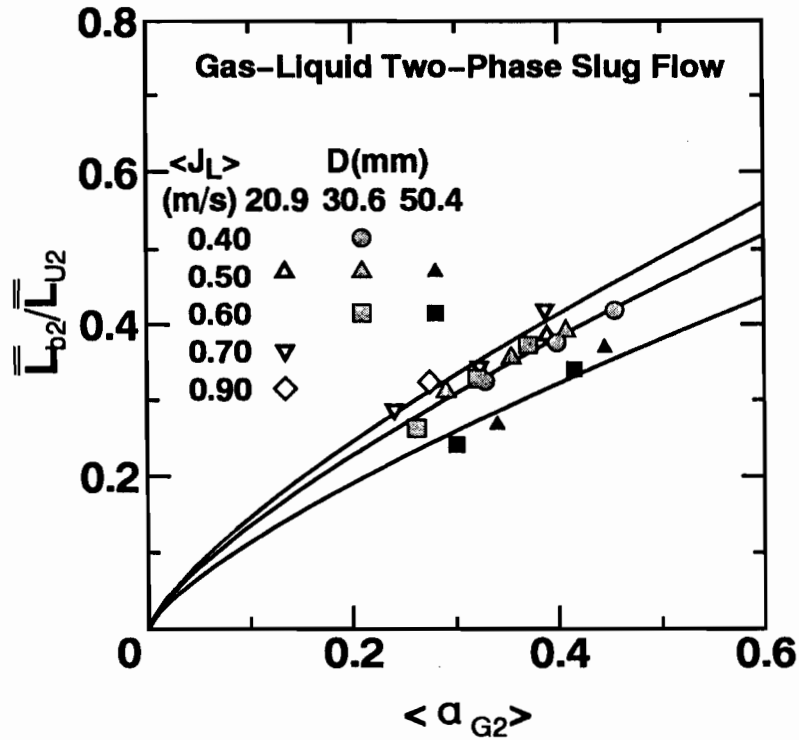


図8-14 大気泡長さで無次元化した気液二相スラグ流のウェイク部-液体スラグ部長さ  $\bar{L}_{l_{s,w2}}/\bar{L}_{b2}$  と気相体積率  $\langle \alpha_{G2} \rangle$  の関係

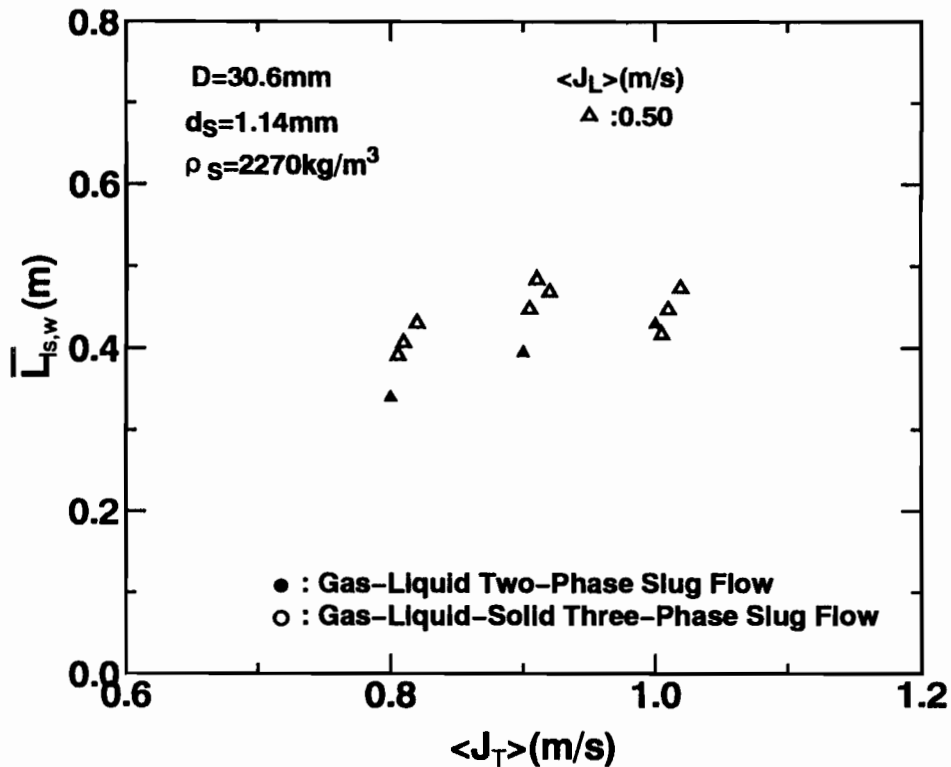


図8-15 ウェイク部-液体スラグ部長さ  $\bar{L}_{l_{s,w}}$  の測定結果 ( $D=30.6\text{mm}$ 、 $d_s=1.14\text{mm}$ 、 $\rho_s=2270\text{kg/m}^3$ )

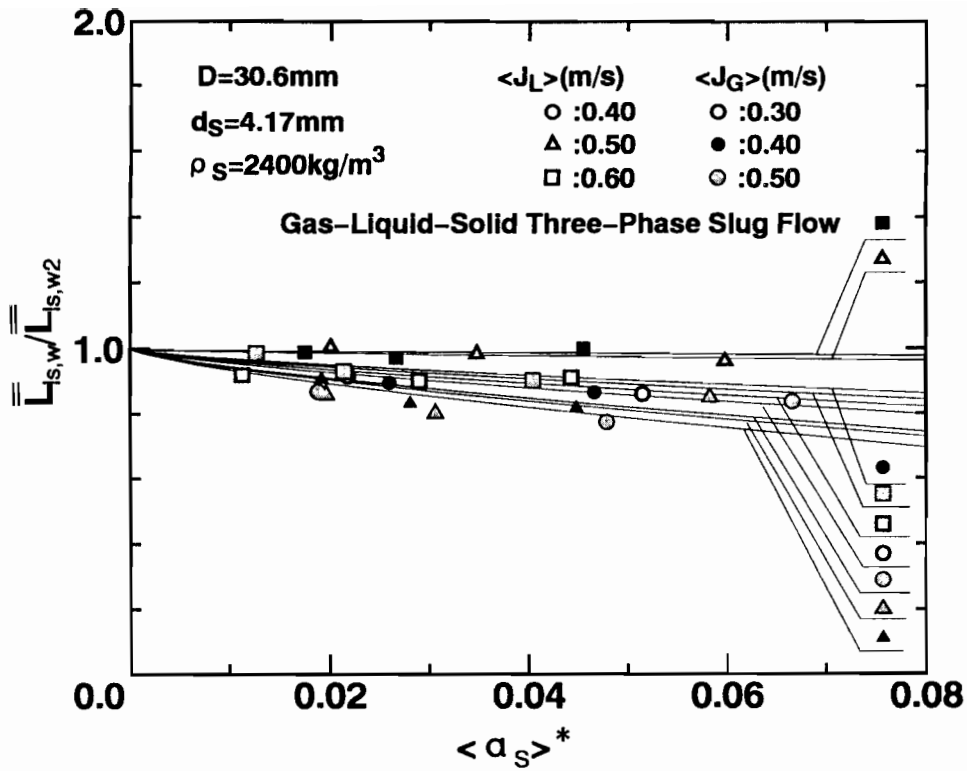


図 8-16 気液二相スラグ流の値で無次元化した固気液三相スラグ流のウェイク部-液体スラグ部長さ  $\bar{L}_{ls,w} / \bar{L}_{ls,w2}$  と  $\langle \alpha_s \rangle^*$  の関係  
( $D=30.6\text{mm}$ 、 $d_s=4.17\text{mm}$ 、 $\rho_s=2400\text{kg/m}^3$ )

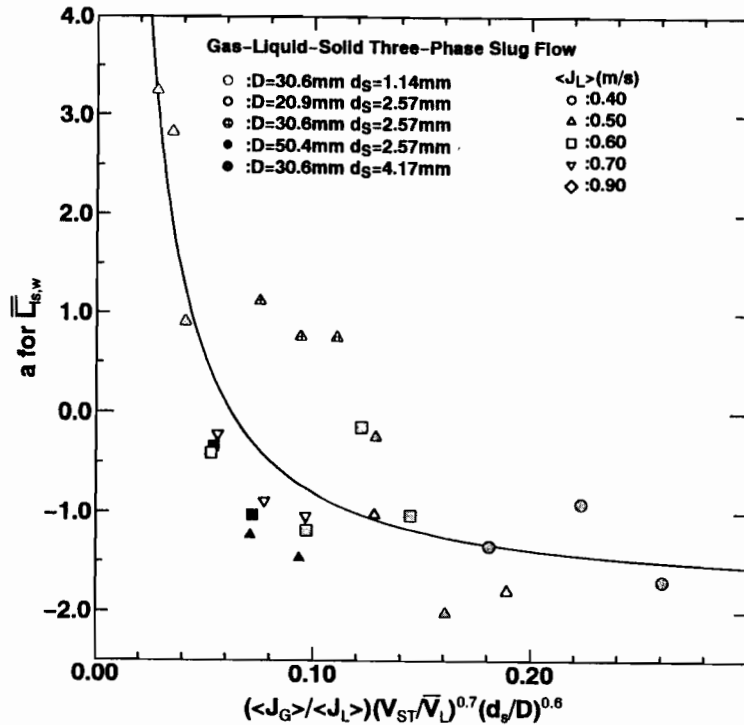


図 8-17 ウェイク部-液体スラグ部長さ  $\bar{L}_{ls,w}$  の相関式の係数  $a$  の無次元パラメータによる整理

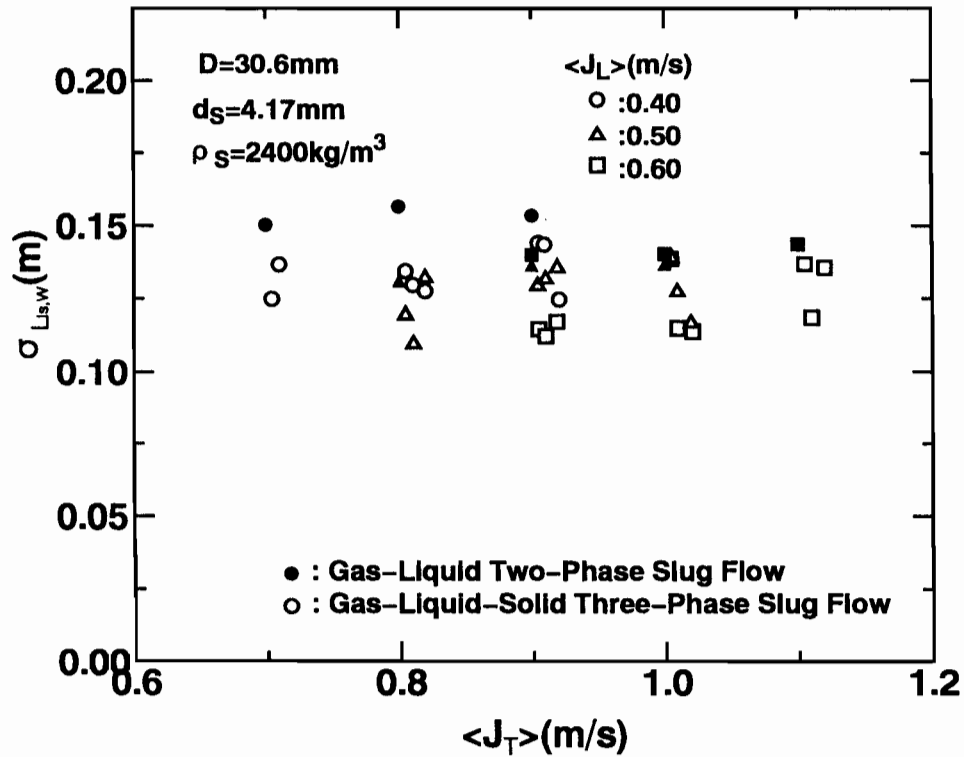
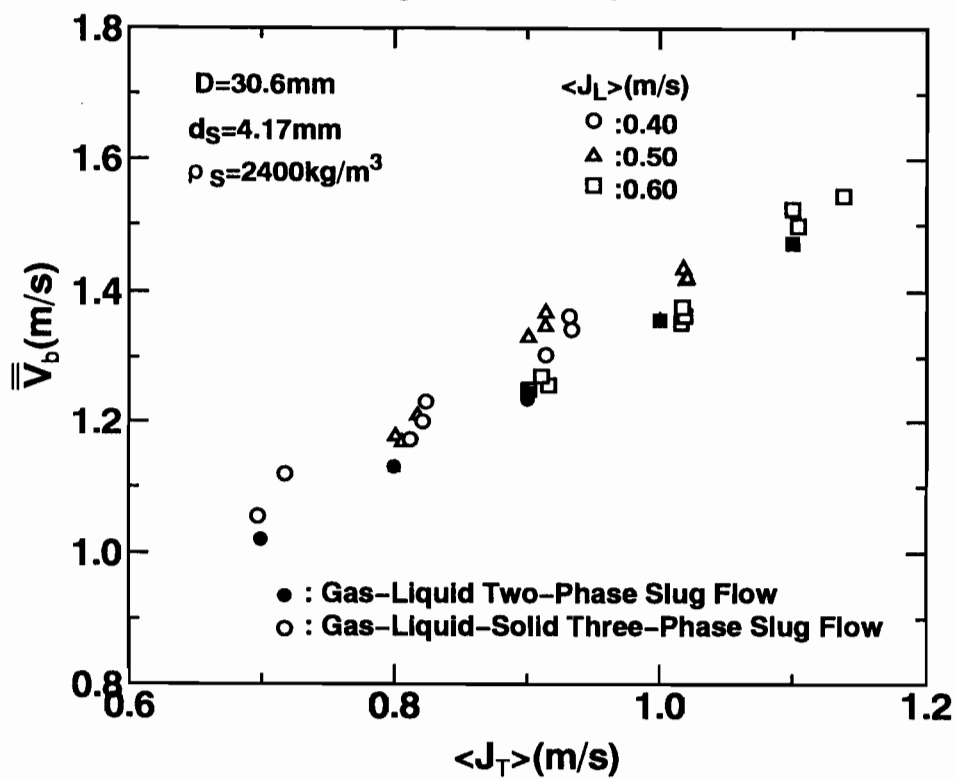
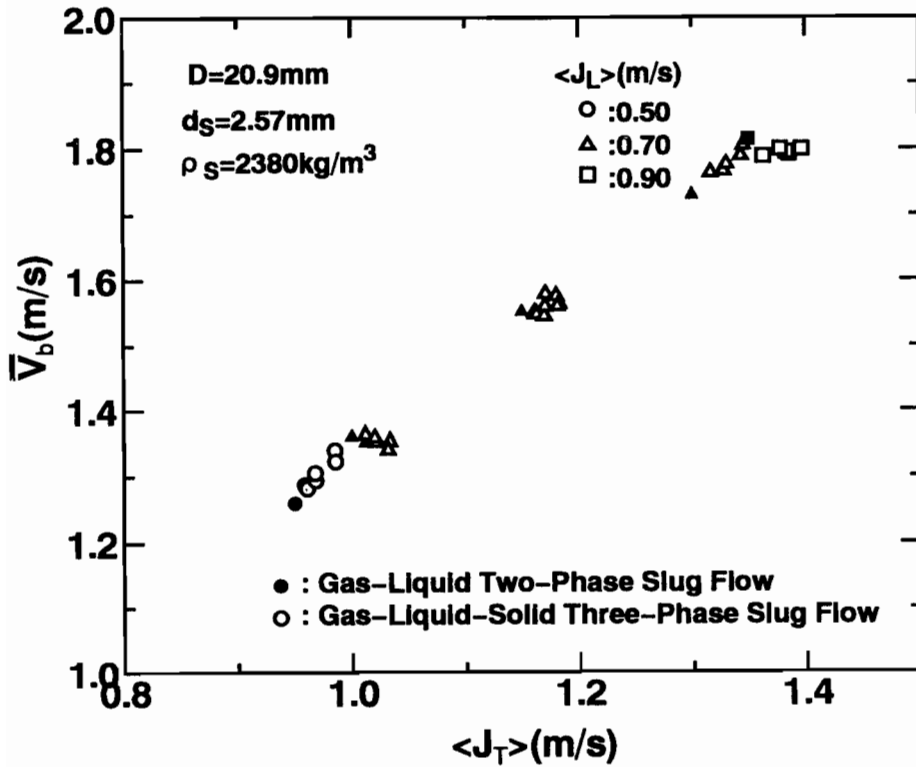


図 8 - 1 8 ウェイク部-液体スラグ部長さ  $L_{l,s,w}$  の標準偏差の測定結果  
 ( $D=30.6\text{mm}$ 、 $d_s=4.17\text{mm}$ 、 $\rho_s=2400\text{kg/m}^3$ )

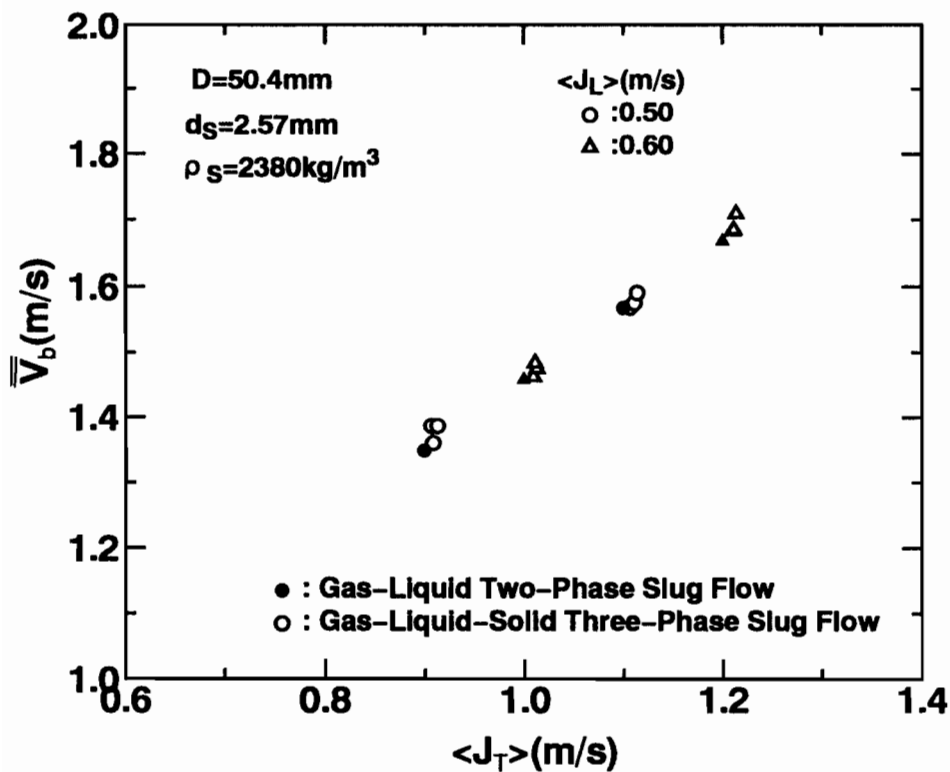


(a)  $D=30.6\text{mm}$ 、 $d_s=4.17\text{mm}$ 、 $\rho_s=2400\text{kg/m}^3$

図 8 - 1 9 大気泡上昇速度  $\bar{V}_b$  の測定結果

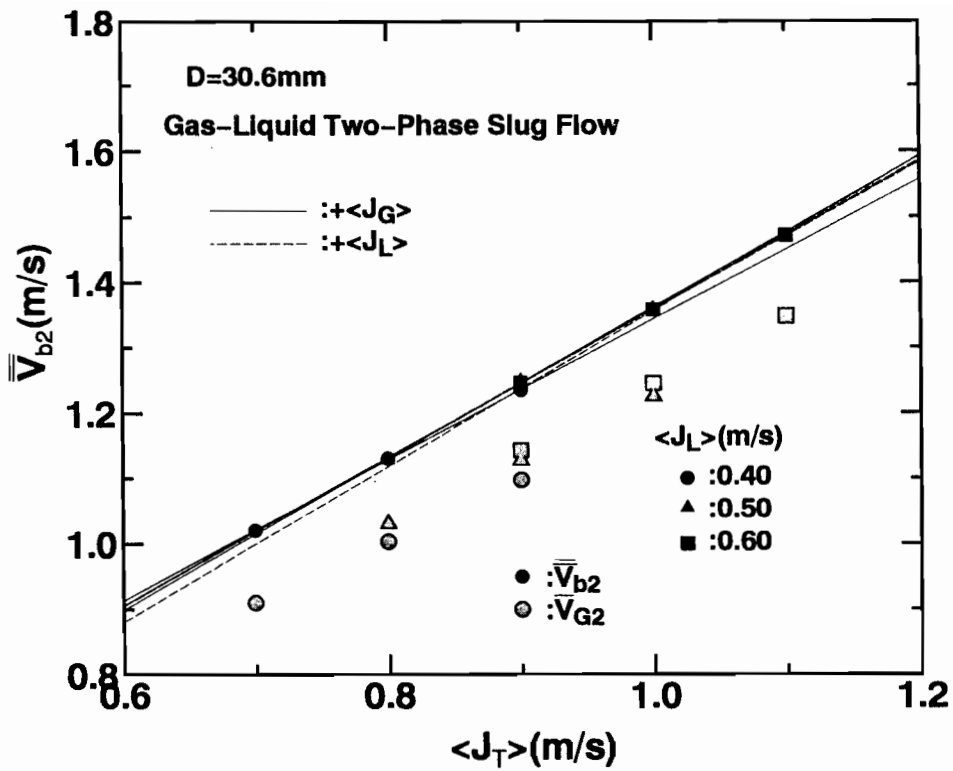


(b)  $D=20.9\text{mm}$ 、 $d_s=2.57\text{mm}$ 、 $\rho_s=2380\text{kg/m}^3$

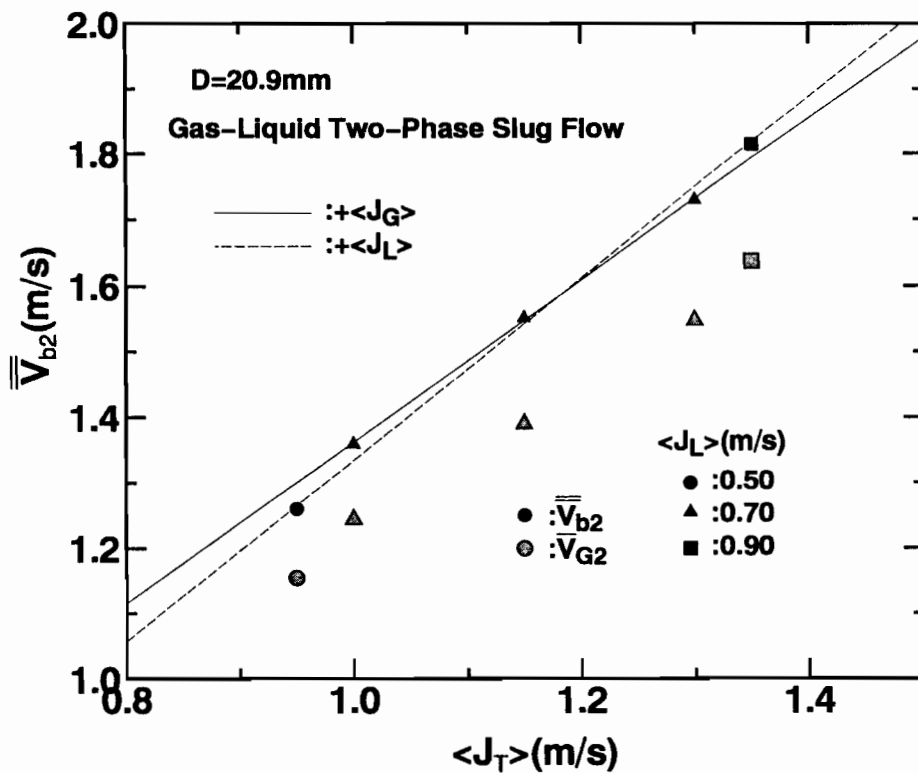


(c)  $D=50.4\text{mm}$ 、 $d_s=2.57\text{mm}$ 、 $\rho_s=2380\text{kg/m}^3$

図 8 - 1 9 大気泡上昇速度  $\bar{V}_b$  の測定結果



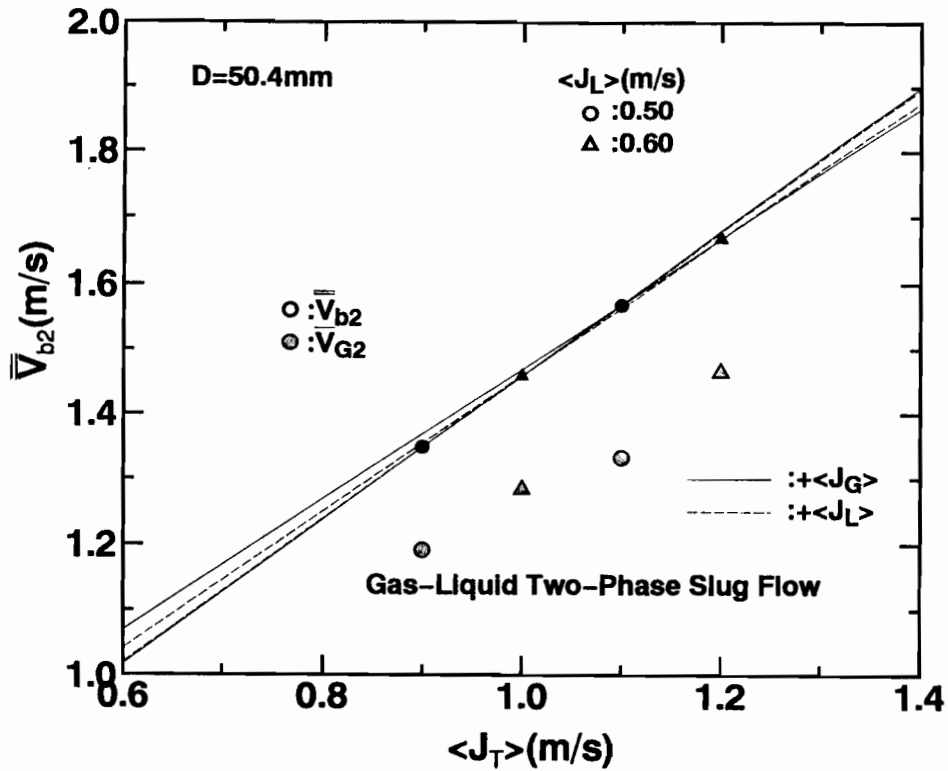
( a )  $D=30.6\text{mm}$



( b )  $D=20.9\text{mm}$

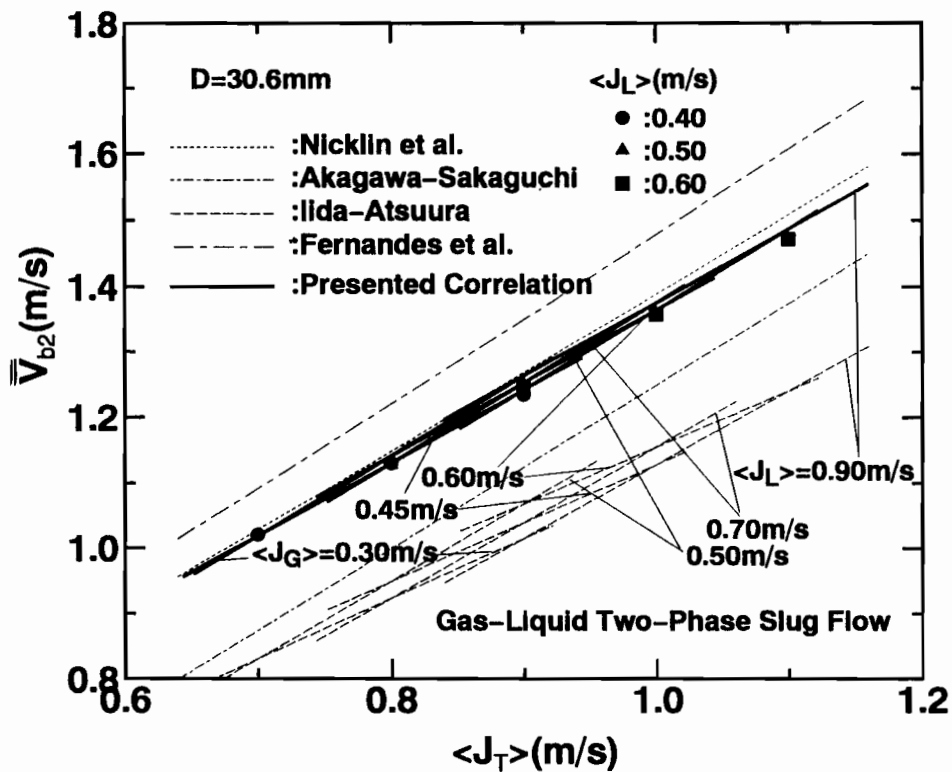
図 8 - 2 0 気液二相スラグ流の大気泡上昇速度  $\overline{V}_{b2}$  の各相体積流束に対する勾配





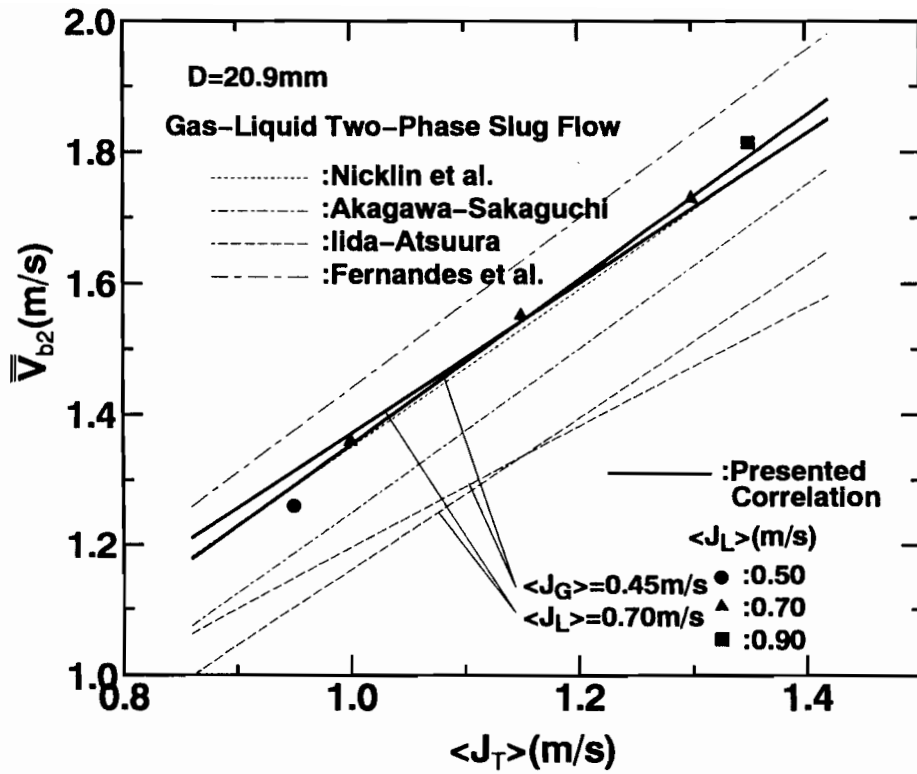
(c)  $D=50.4\text{mm}$

図8-20 気液二相スラグ流の大気泡上昇速度  $\bar{V}_{b2}$  の各相体積流束に対する勾配

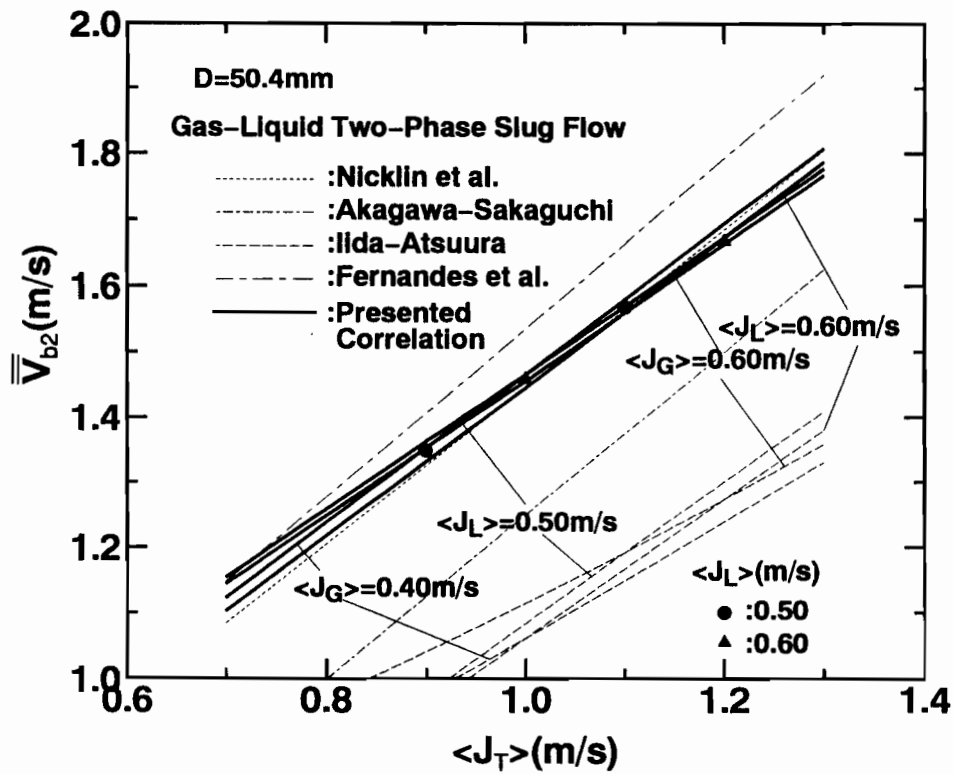


(a)  $D=30.6\text{mm}$

図8-21 気液二相スラグ流の大気泡上昇速度  $\bar{V}_{b2}$  の推算結果



(b) D=20.9mm



(c) D=50.4mm

図8-21 気液二相スラグ流の大気泡上昇速度  $\overline{V}_{b2}$  の推算結果

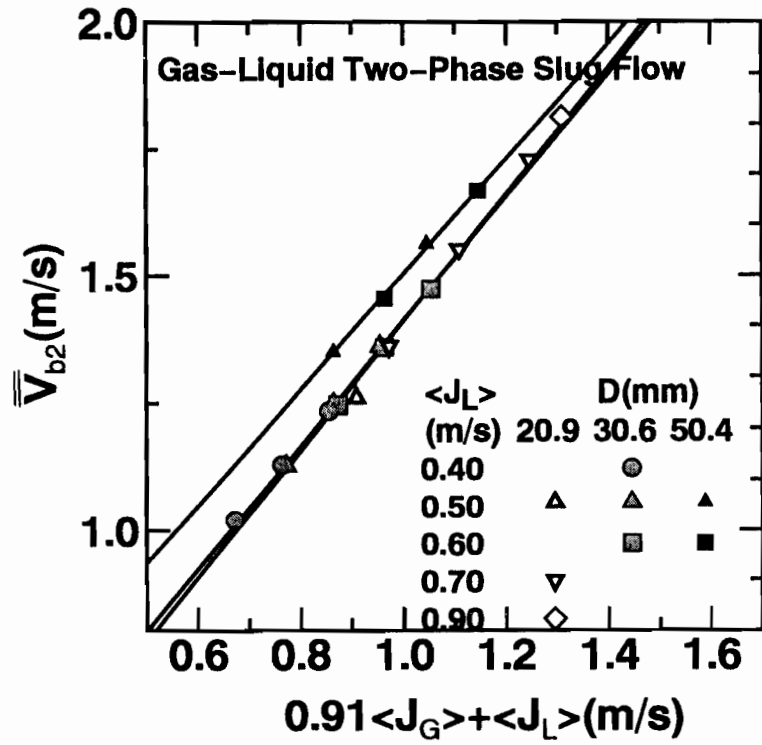


図 8 - 2 2 気液二相スラグ流の大気泡上昇速度  $\bar{V}_{b2}$  の整理

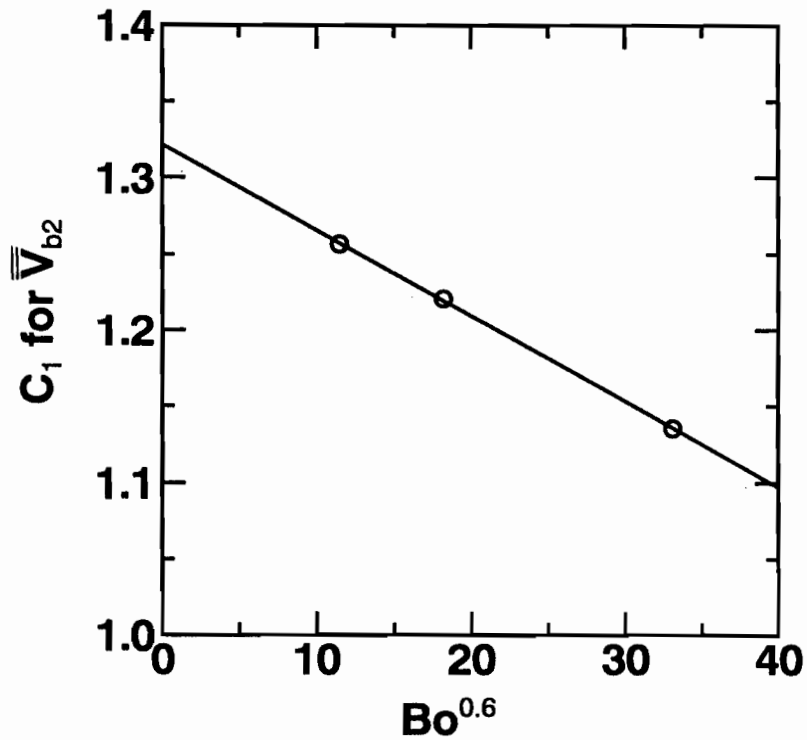
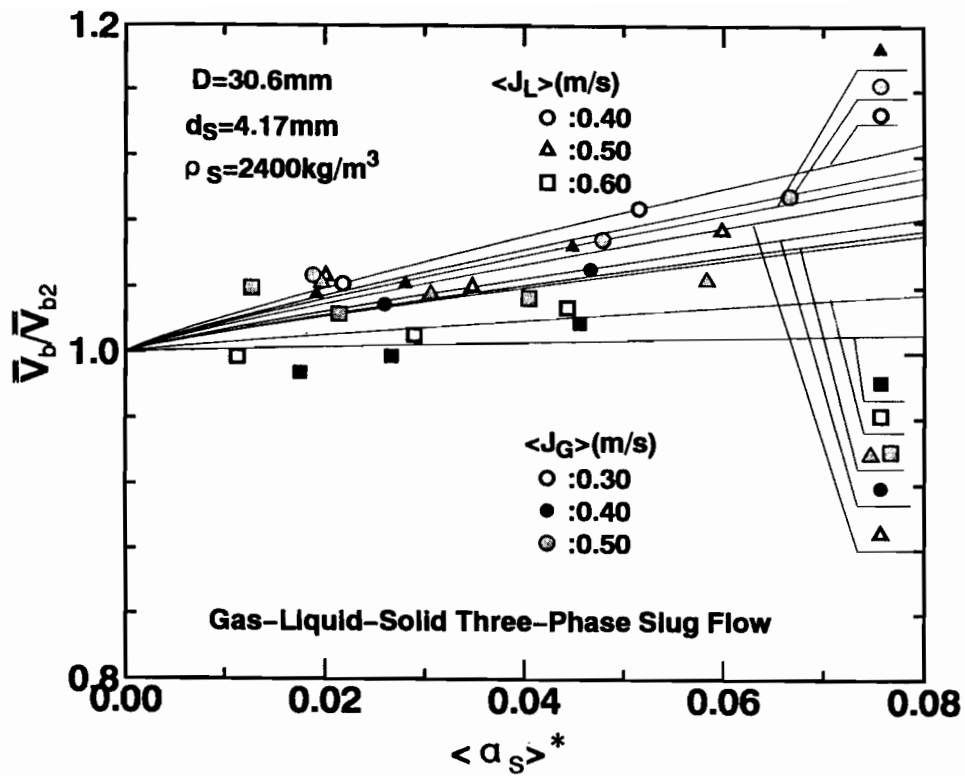
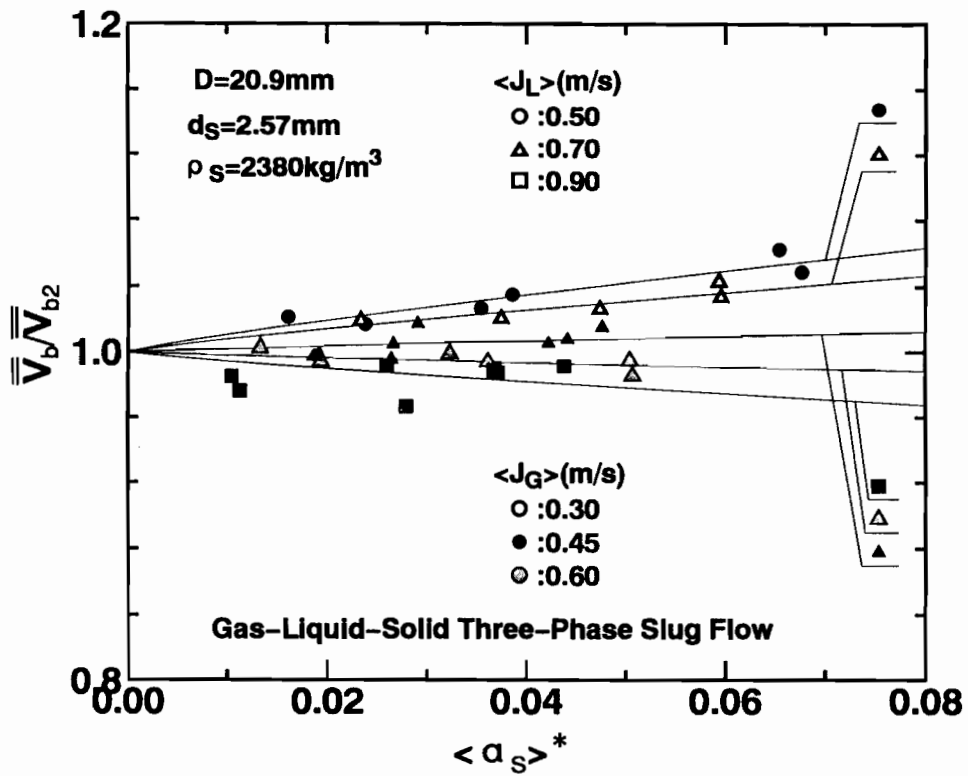


図 8 - 2 3 気液二相スラグ流の大気泡上昇速度相関式の係数  $C_1$



(a)  $D=30.6\text{mm}$ 、 $d_s=4.17\text{mm}$ 、 $\rho_s=2400\text{kg/m}^3$



(b)  $D=20.9\text{mm}$ 、 $d_s=2.57\text{mm}$ 、 $\rho_s=2380\text{kg/m}^3$

図 8-24 気液二相スラグ流の大気泡上昇速度で無次元化した固気液三相スラグ流の大気泡上昇速度  $\overline{V}_b / \overline{V}_{b2}$  と  $\langle \alpha_s \rangle^*$  の関係

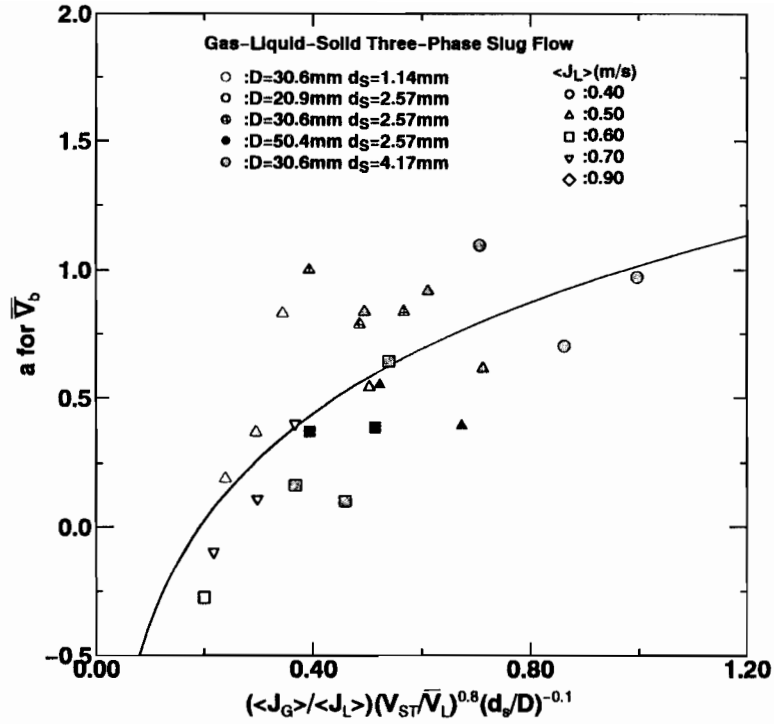


図 8-25 大気泡上昇速度  $\bar{V}_b$  の相関式の係数  $a$  の無次元パラメータによる整理

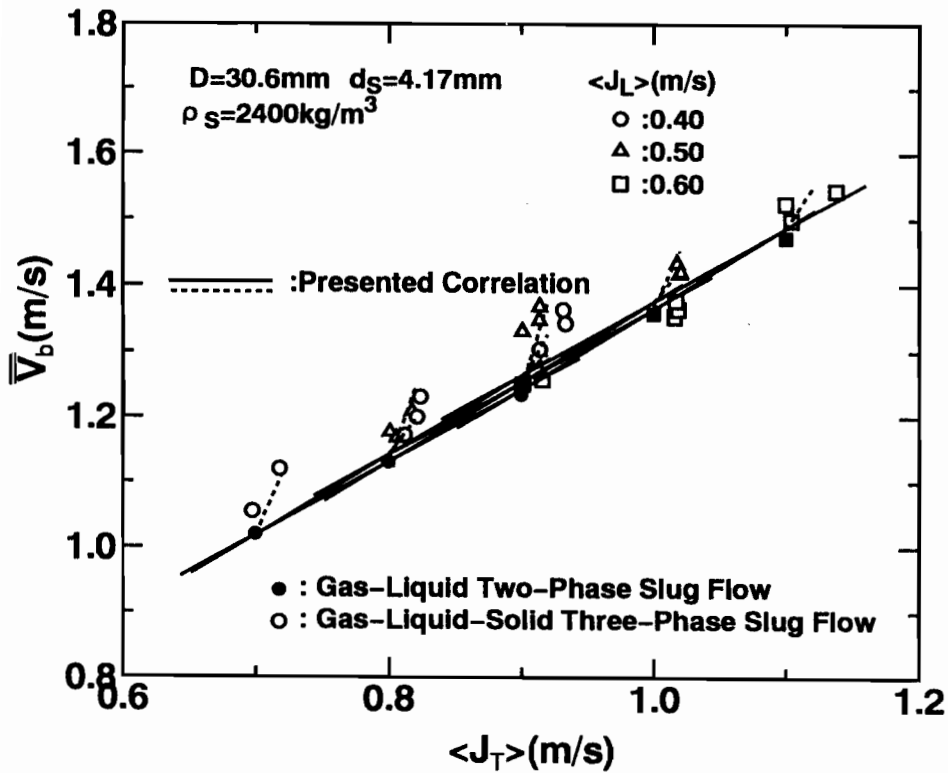


図 8-26 固気液三相スラグ流の大気泡上昇速度  $\bar{V}_b$  の推算結果 ( $D=30.6\text{mm}$ 、 $d_s=4.17\text{mm}$ 、 $\rho_s=2400\text{kg/m}^3$ )

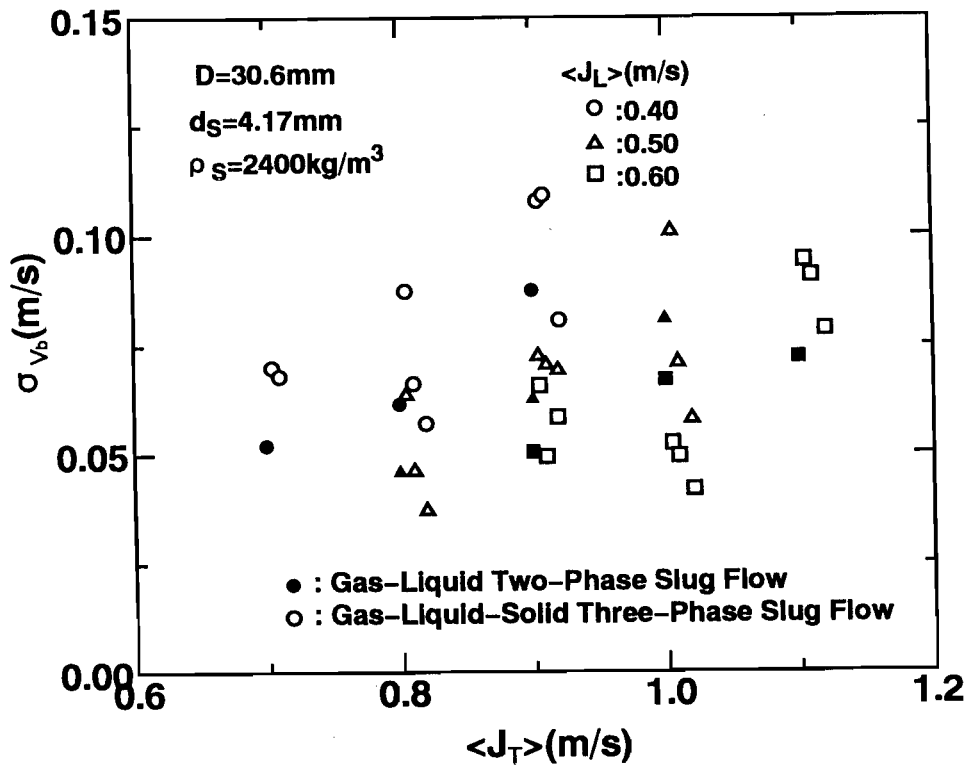
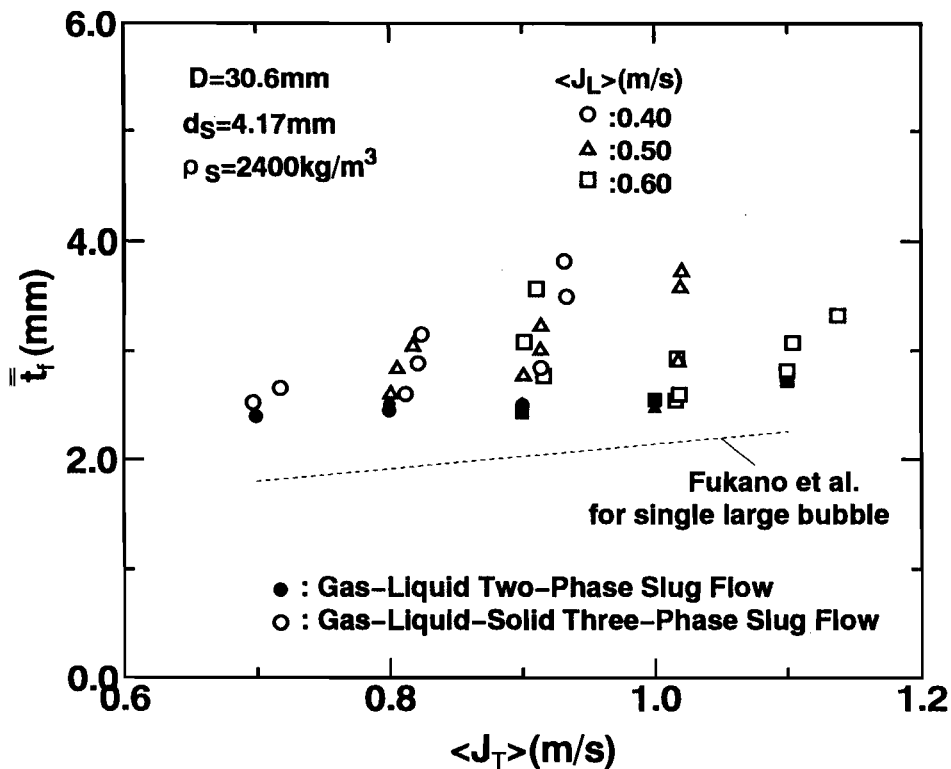
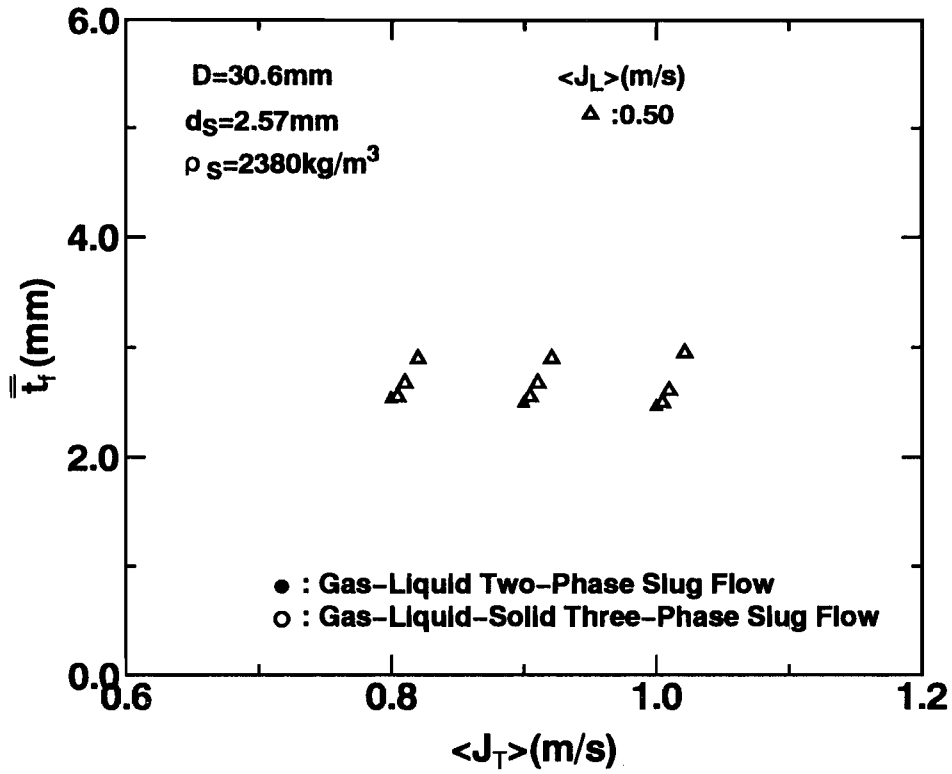


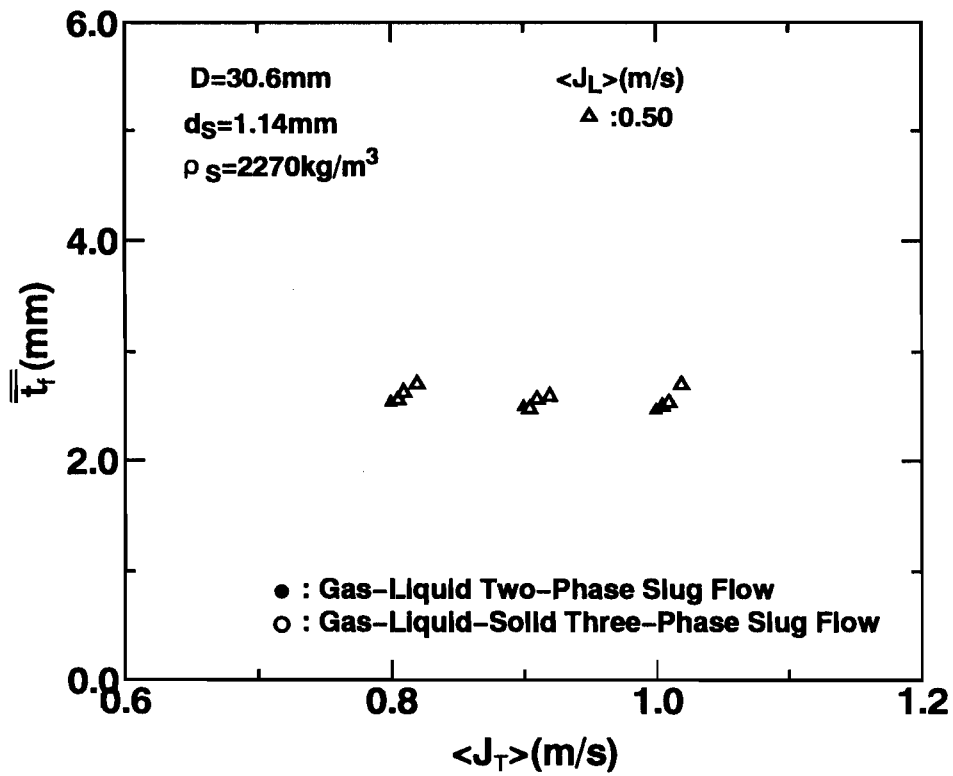
図 8 - 2 7 大気泡上昇速度  $V_b$  の標準偏差の測定結果  
( $D=30.6$ mm、 $d_s=4.17$ mm、 $\rho_s=2400$ kg/m<sup>3</sup>)



(a)  $D=30.6$ mm、 $d_s=4.17$ mm、 $\rho_s=2400$ kg/m<sup>3</sup>  
図 8 - 2 8 大気泡周囲の液膜厚さ  $\bar{t}_f$  の測定結果



(b)  $D=30.6\text{mm}$ 、 $d_s=2.57\text{mm}$ 、 $\rho_s=2380\text{kg/m}^3$



(c)  $D=30.6\text{mm}$ 、 $d_s=1.14\text{mm}$ 、 $\rho_s=2270\text{kg/m}^3$

図 8 - 2 8 大気泡周囲の液膜厚さ  $\bar{t}_f$  の測定結果

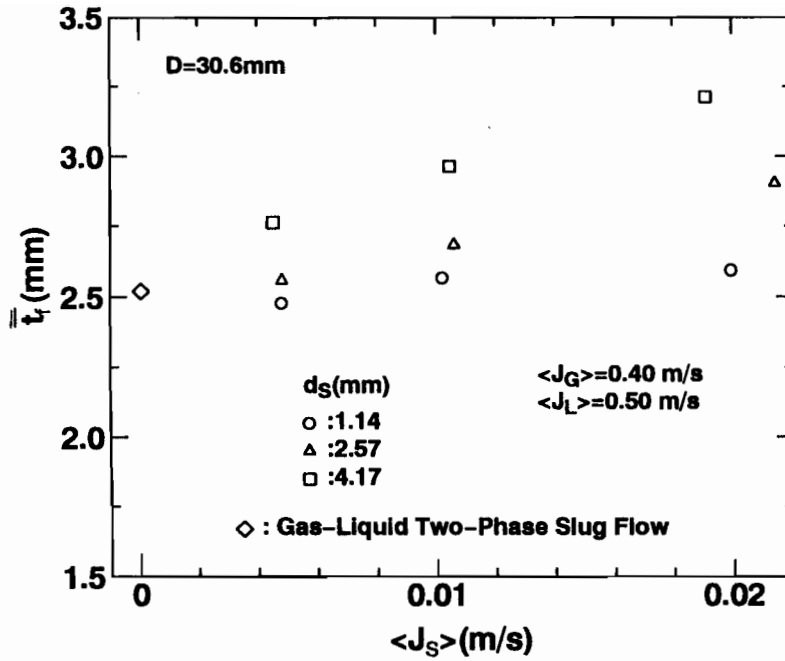
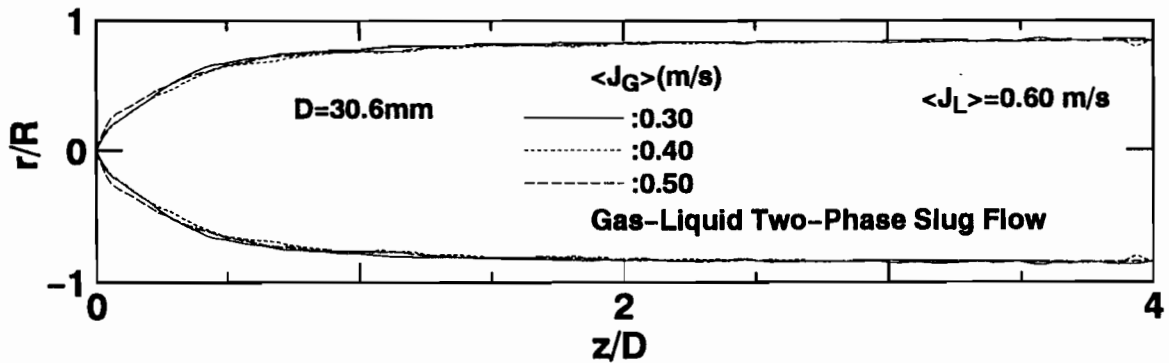
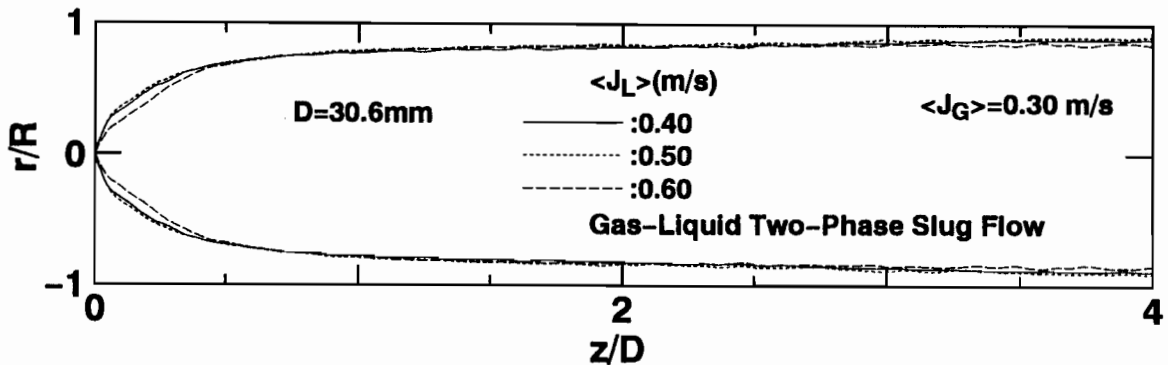


図8-29 大気泡周囲の液膜厚さ  $\bar{t}_f$  に及ぼす固体粒子径  $d_s$  の影響



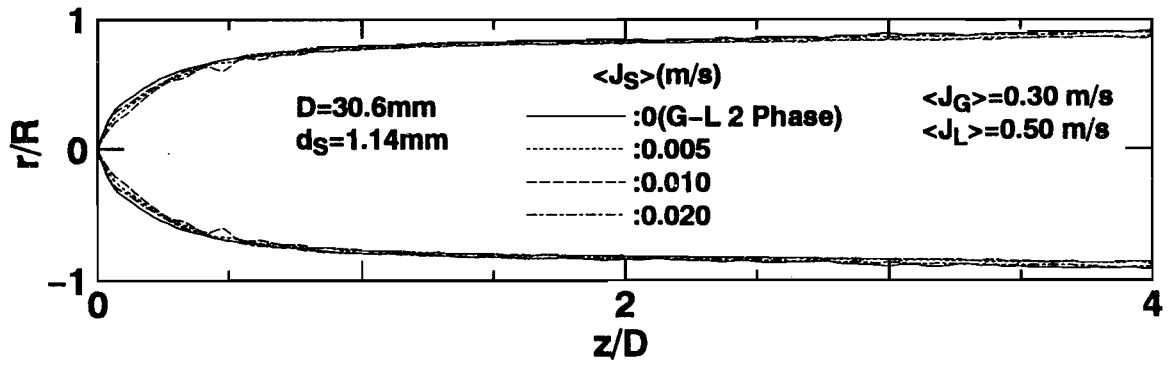
(a)  $\langle J_G \rangle$  をパラメータとした場合



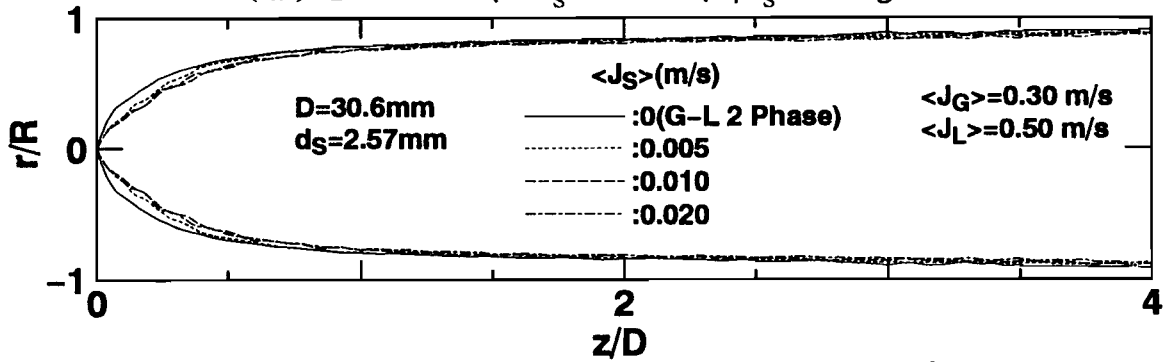
(b)  $\langle J_L \rangle$  をパラメータとした場合

図8-30 気液二相スラグ流における大気泡形状

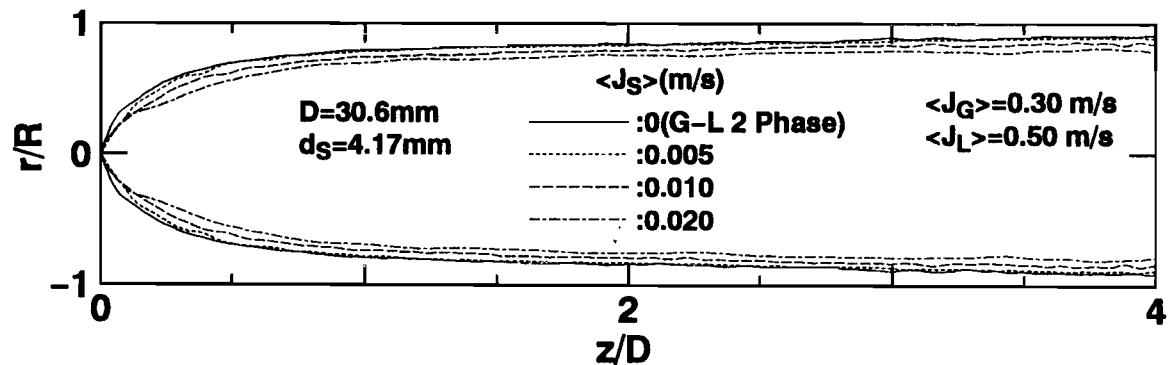




(a)  $D=30.6\text{mm}$ ,  $d_s=1.14\text{mm}$ ,  $\rho_s=2270\text{kg/m}^3$



(b)  $D=30.6\text{mm}$ ,  $d_s=2.57\text{mm}$ ,  $\rho_s=2380\text{kg/m}^3$



(c)  $D=30.6\text{mm}$ ,  $d_s=4.17\text{mm}$ ,  $\rho_s=2400\text{kg/m}^3$

図8-31 固気液三相スラグ流における大気泡形状 (パラメータ:  $\langle J_S \rangle$ )

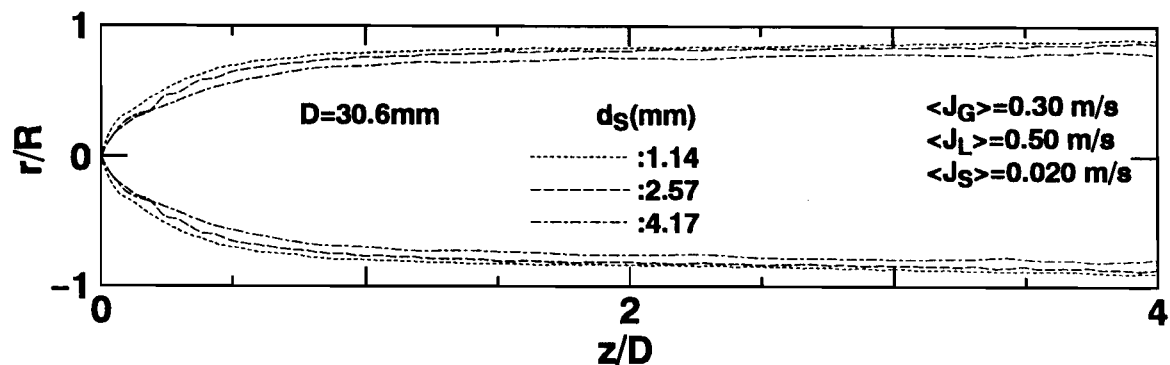


図8-32 固気液三相スラグ流における大気泡形状 (パラメータ:  $d_s$ )

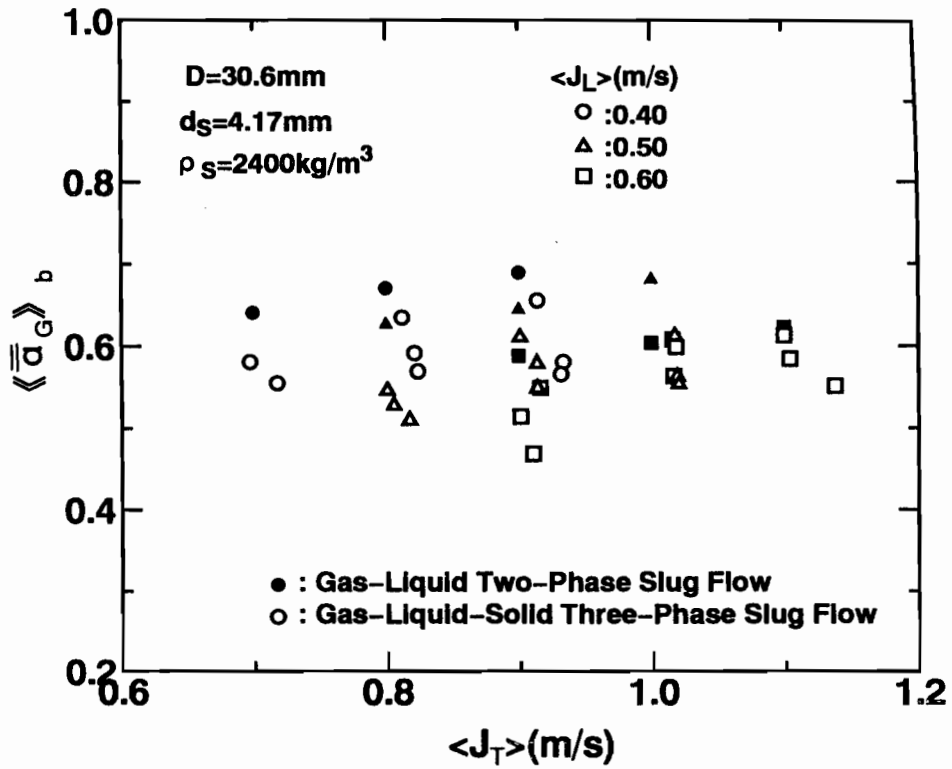


図8-33 大気泡体積率 $\langle\langle \bar{\alpha}_G \rangle\rangle_b$ の測定結果  
 ( $D=30.6\text{mm}$ 、 $d_s=4.17\text{mm}$ 、 $\rho_s=2400\text{kg/m}^3$ )

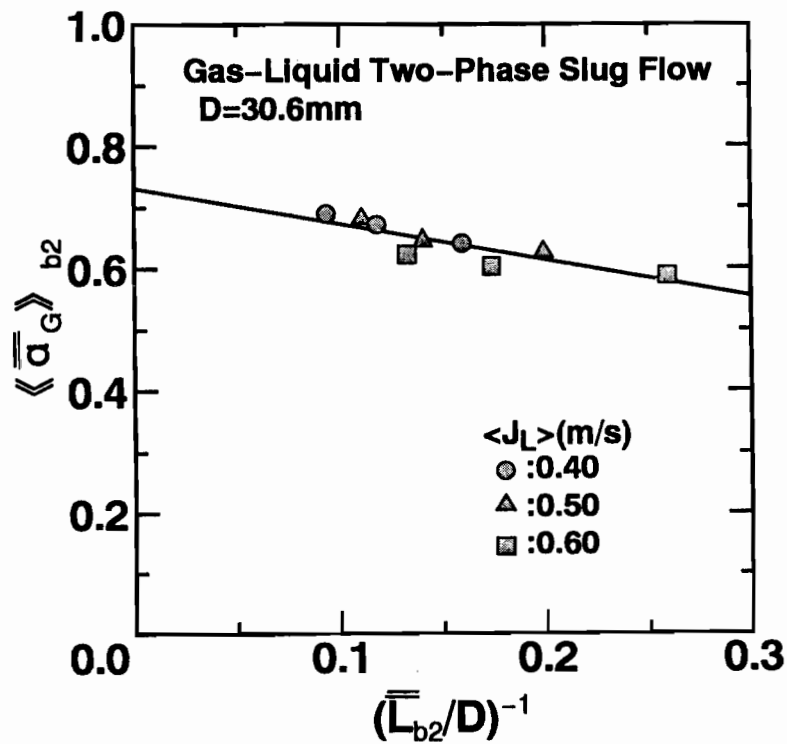


図8-34 気液二相スラグ流の大気泡体積率 $\langle\langle \bar{\alpha}_G \rangle\rangle_{b2}$ の整理

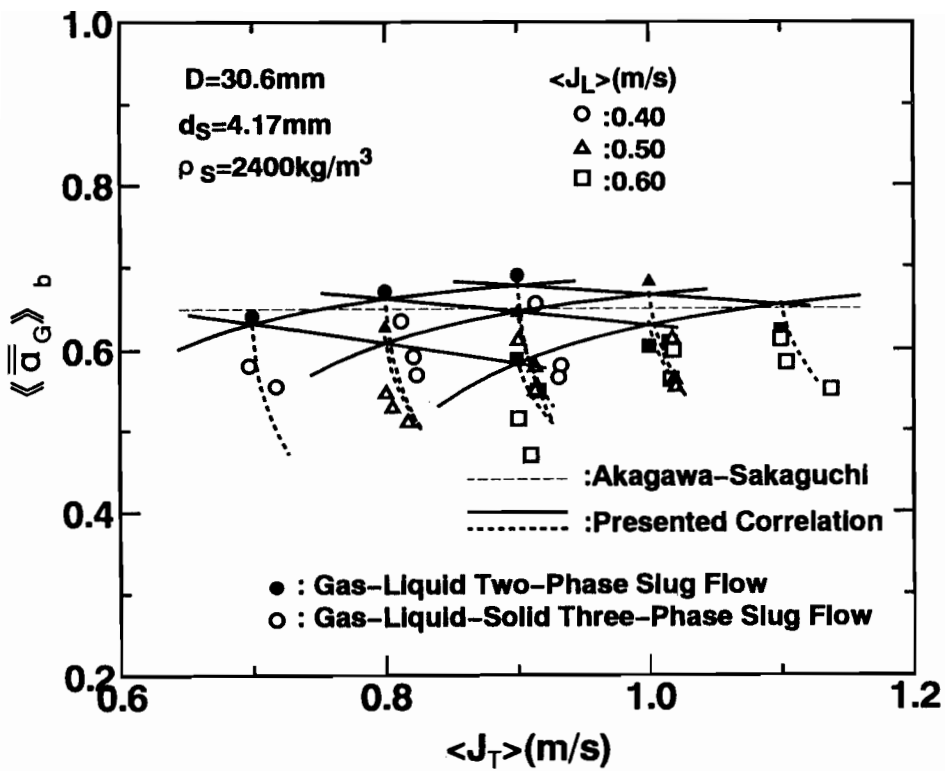
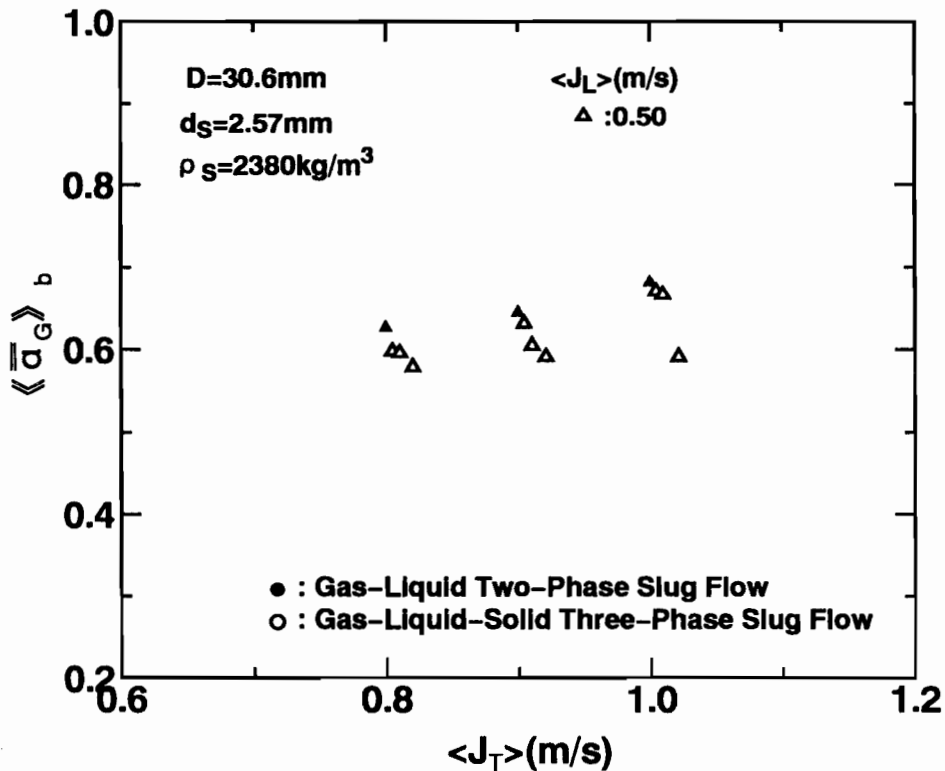
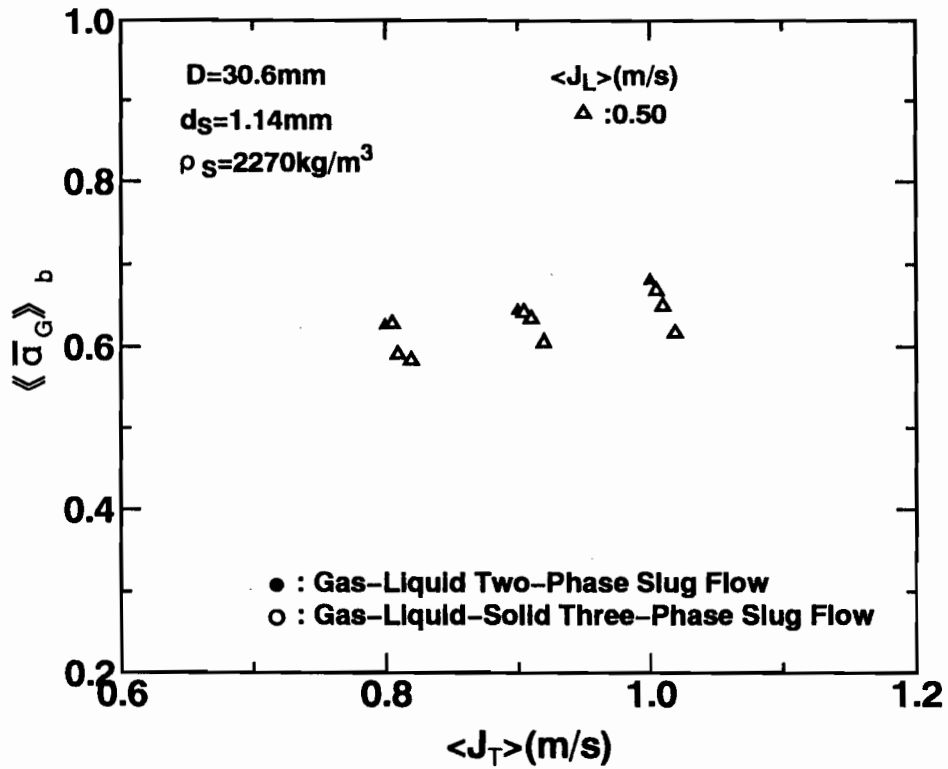


図 8 - 3 5 大気泡体積率  $\langle\langle \alpha_G \rangle\rangle_b$  の推算結果  
 ( $D=30.6\text{mm}$ 、 $d_s=4.17\text{mm}$ 、 $\rho_s=2400\text{kg/m}^3$ )



(a)  $D=30.6\text{mm}$ 、 $d_s=2.57\text{mm}$ 、 $\rho_s=2380\text{kg/m}^3$

図 8 - 3 6 大気泡体積率  $\langle\langle \alpha_G \rangle\rangle_b$  の測定結果



(b)  $D=30.6\text{mm}$ 、 $d_s=1.14\text{mm}$ 、 $\rho_s=2270\text{kg/m}^3$   
 図8-36 大気泡体積率 $\langle\langle \bar{\alpha}_G \rangle\rangle_b$ の測定結果

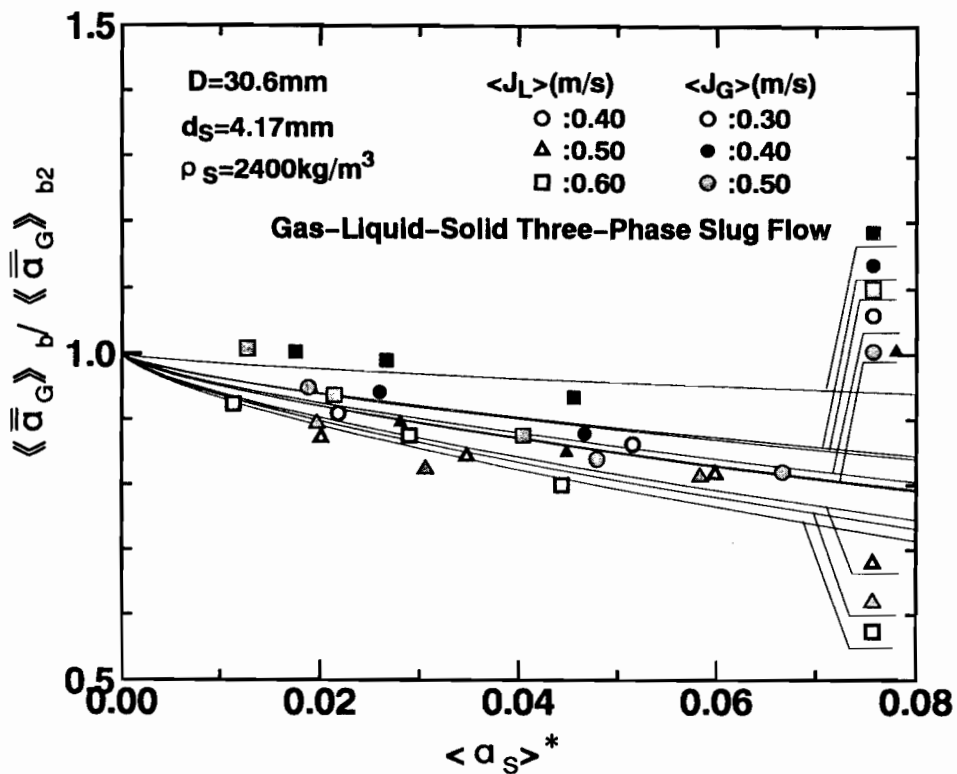


図8-37 気液二相スラグ流の大気泡体積率で無次元化した  
 固気液三相スラグ流の大気泡体積率 $\langle\langle \bar{\alpha}_G \rangle\rangle_b / \langle\langle \bar{\alpha}_G \rangle\rangle_{b2}$ と $\langle \alpha_s \rangle^*$ の関係  
 ( $D=30.6\text{mm}$ 、 $d_s=4.17\text{mm}$ 、 $\rho_s=2400\text{kg/m}^3$ )

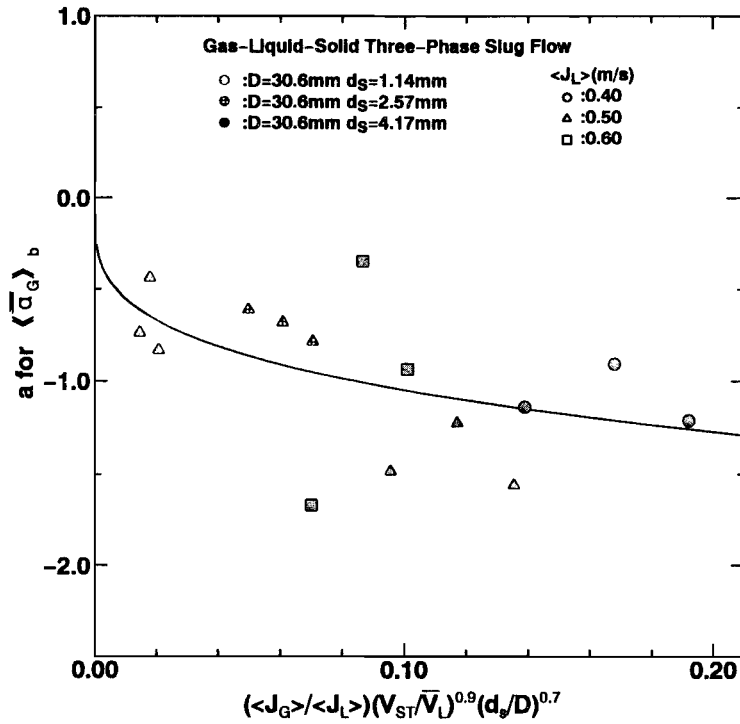


図 8 - 3 8 大気泡体積率  $\langle \bar{\alpha}_G \rangle_b$  の相関式の係数  $a$  の無次元パラメータによる整理

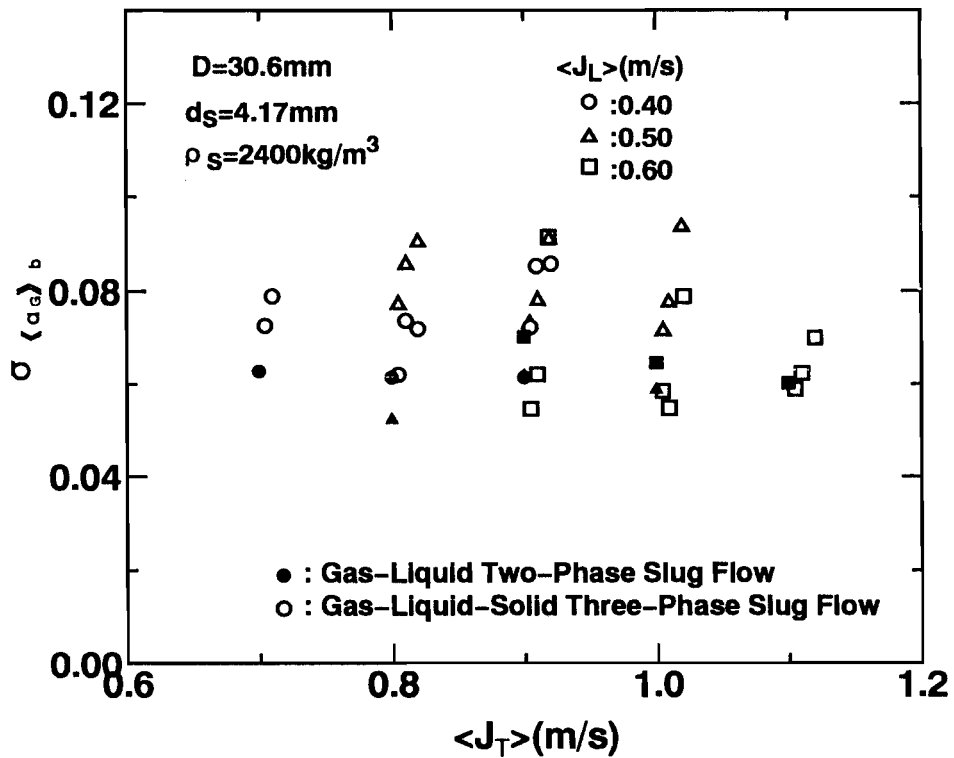
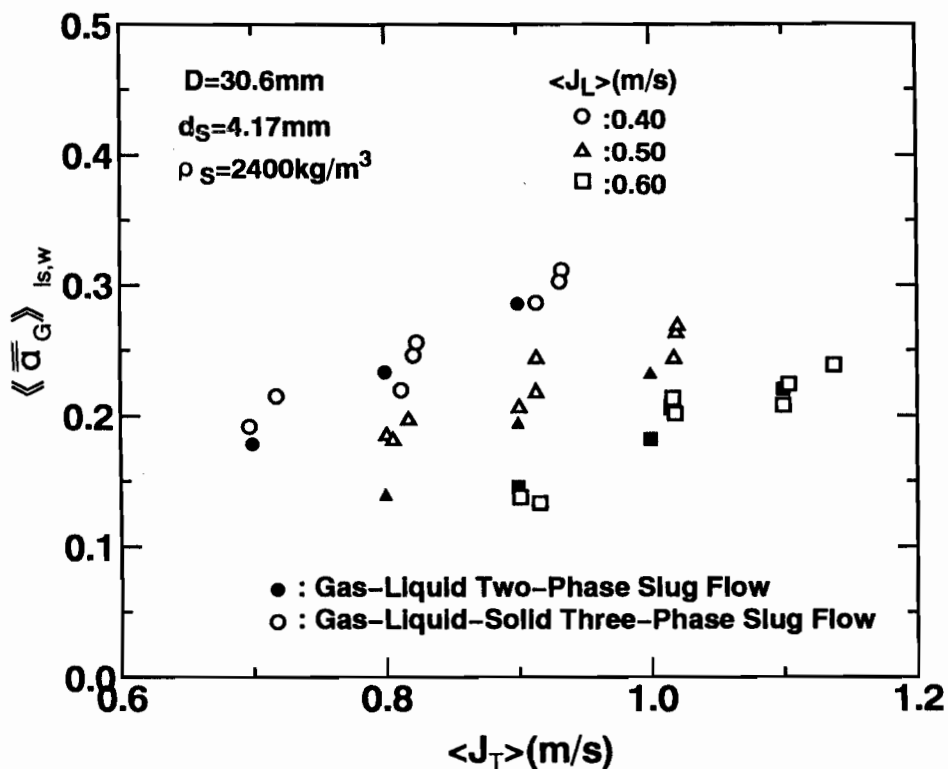
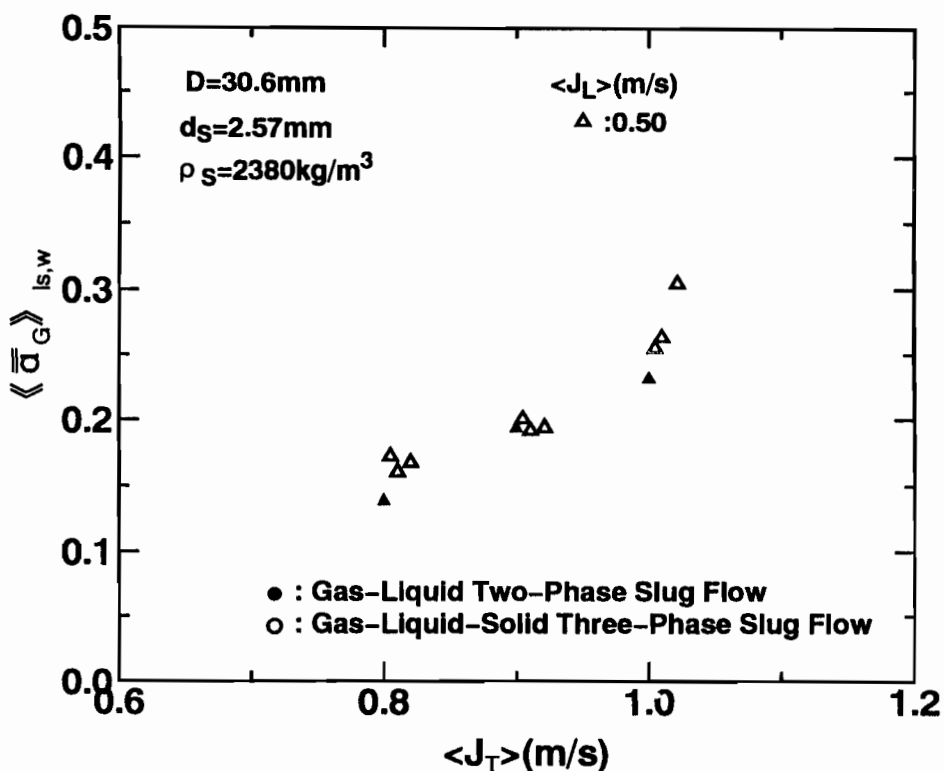


図 8 - 3 9 大気泡体積率  $\langle \bar{\alpha}_G \rangle_b$  の標準偏差の測定結果 ( $D=30.6mm$ 、 $d_s=4.17mm$ 、 $\rho_s=2400kg/m^3$ )

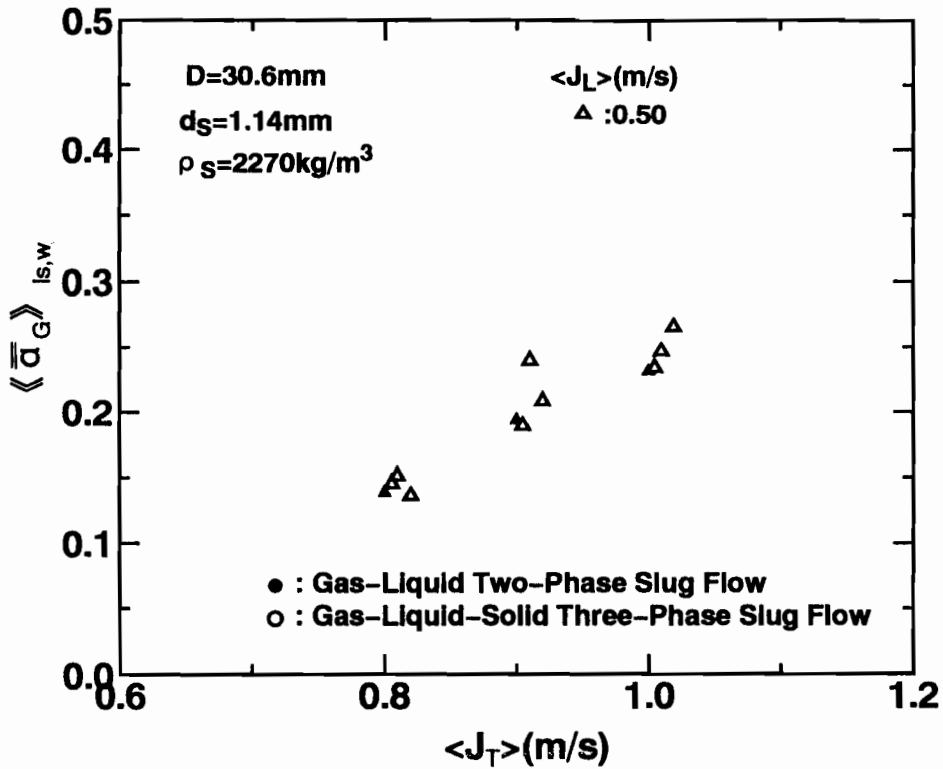


(a)  $D=30.6\text{mm}$ 、 $d_s=4.17\text{mm}$ 、 $\rho_s=2400\text{kg/m}^3$



(b)  $D=30.6\text{mm}$ 、 $d_s=2.57\text{mm}$ 、 $\rho_s=2380\text{kg/m}^3$

図8-40 ウェイク部-液体スラグ部の気相体積率 $\langle\langle \bar{\alpha}_G \rangle\rangle_{s,w}$ の測定結果



(c)  $D=30.6\text{mm}$ 、 $d_s=1.14\text{mm}$ 、 $\rho_s=2270\text{kg/m}^3$

図 8-40 ウェイク部-液体スラグ部の気相体積率 $\langle \bar{\alpha}_G \rangle_{l,s,w}$ の測定結果

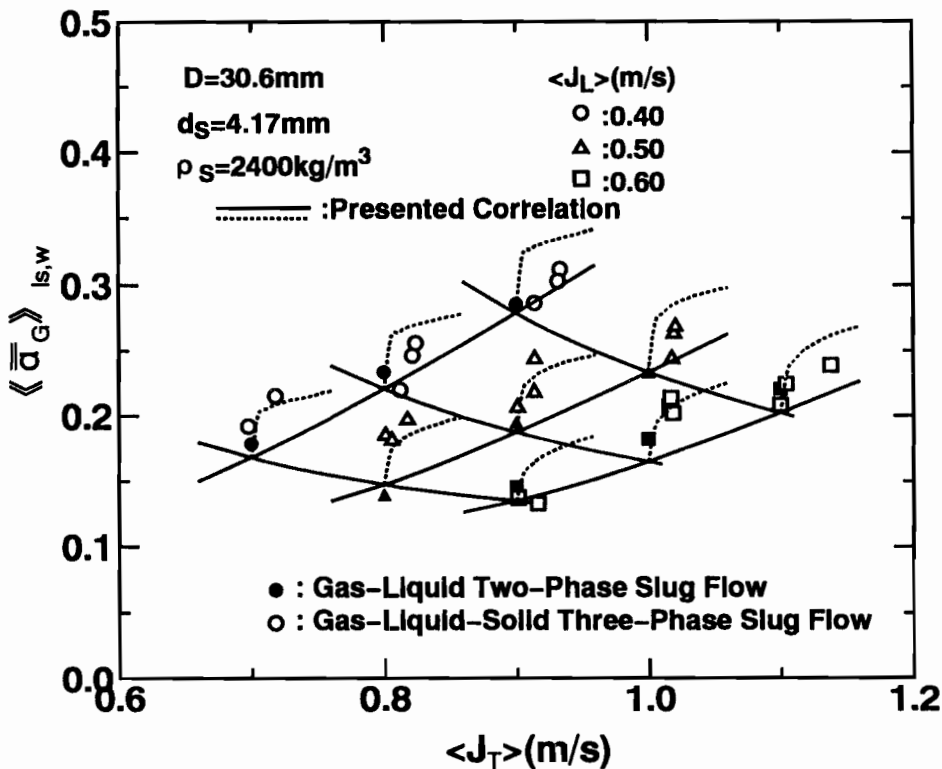


図 8-41 ウェイク部-液体スラグ部の気相体積率 $\langle \bar{\alpha}_G \rangle_{l,s,w}$ の推算結果

( $D=30.6\text{mm}$ 、 $d_s=4.17\text{mm}$ 、 $\rho_s=2400\text{kg/m}^3$ )

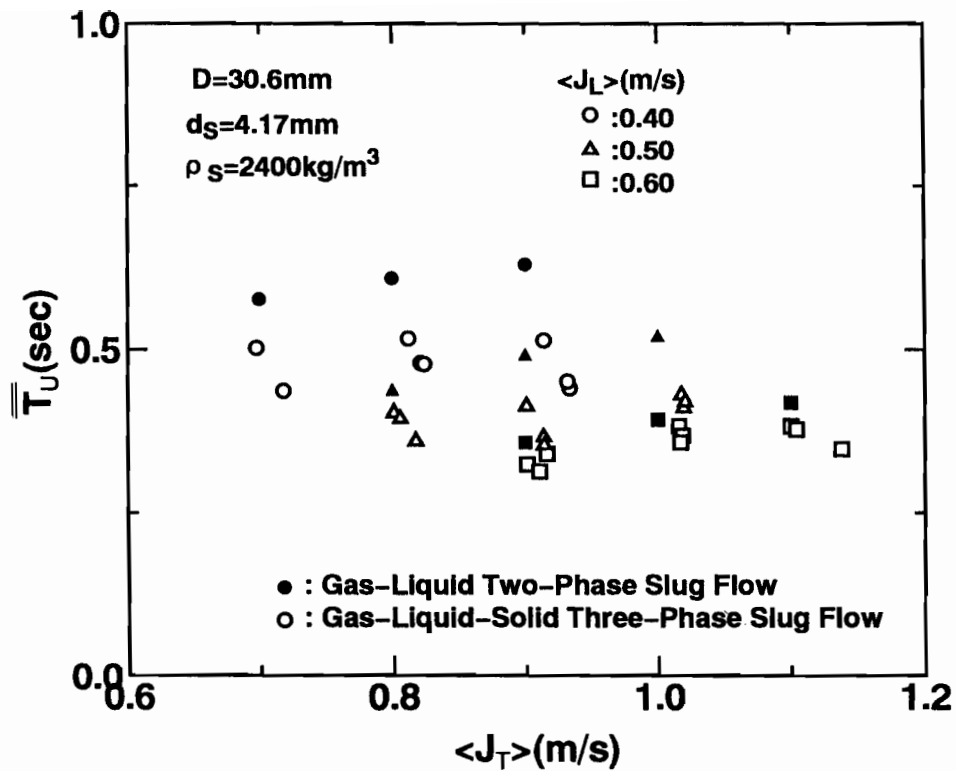


図 8-42 スラグユニット到達周期 (スラグ周期)  $\overline{T}_U$  の測定結果  
( $D=30.6\text{mm}$ 、 $d_s=4.17\text{mm}$ 、 $\rho_s=2400\text{kg/m}^3$ )

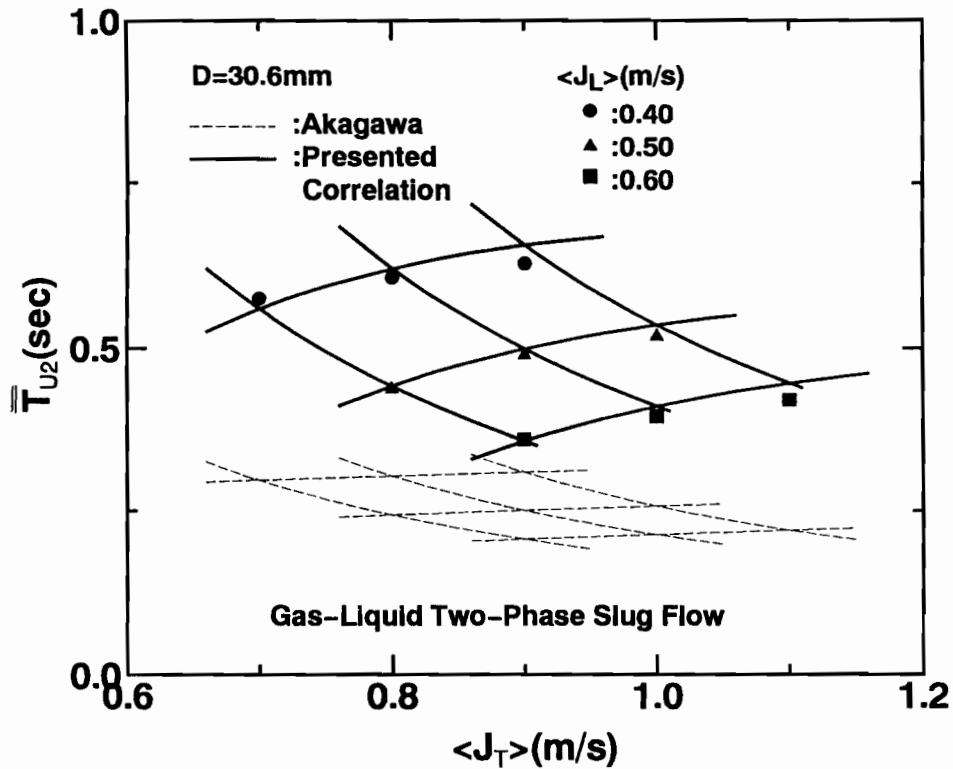


図 8-43 気液二相スラグ流のスラグ周期  $\overline{T}_{U2}$  の推算結果 ( $D=30.6\text{mm}$ )



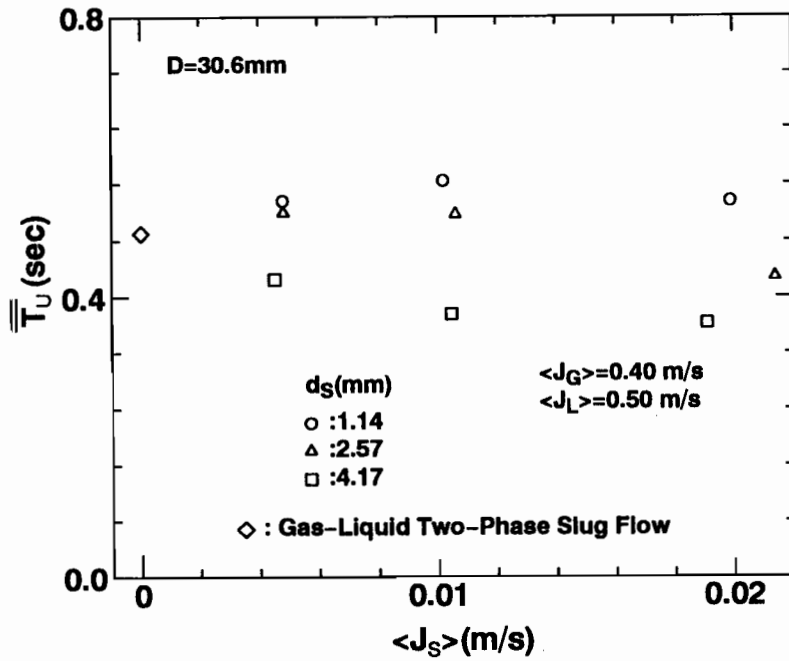


図 8 - 4 4 固気液三相スラグ流のスラグ周期  $\overline{T_U}$  に及ぼす固体粒子径  $d_s$  の影響

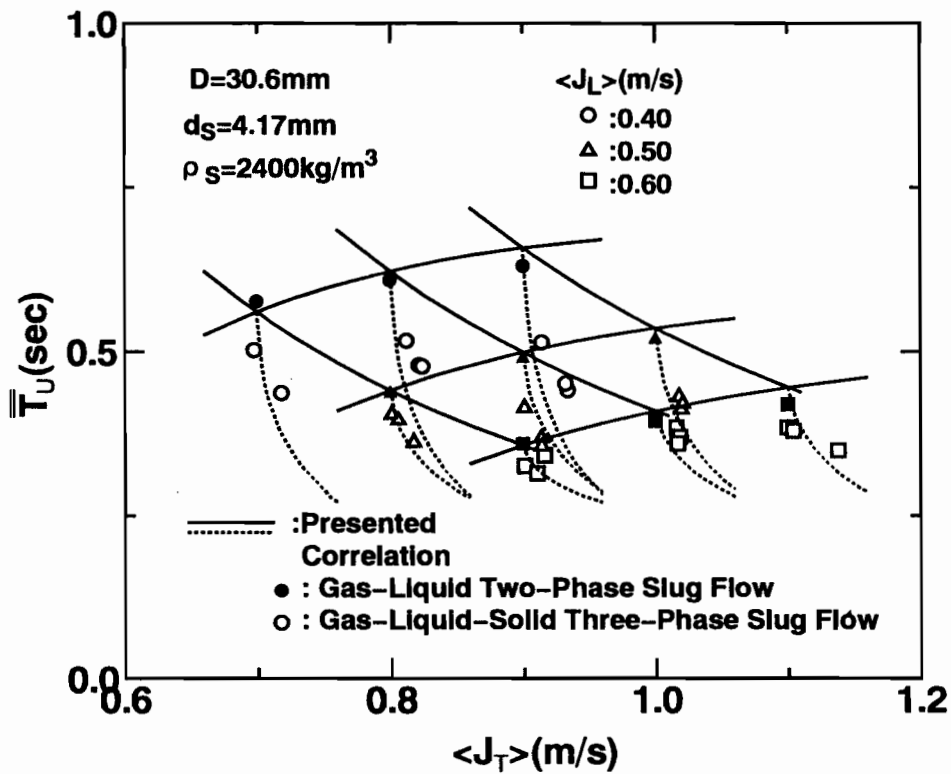
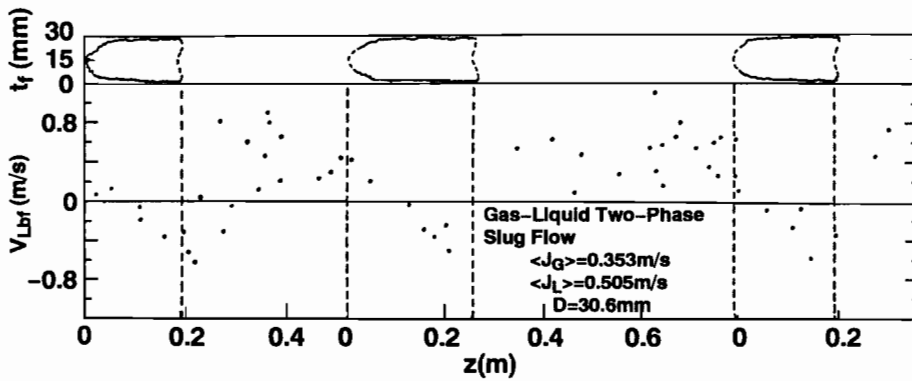
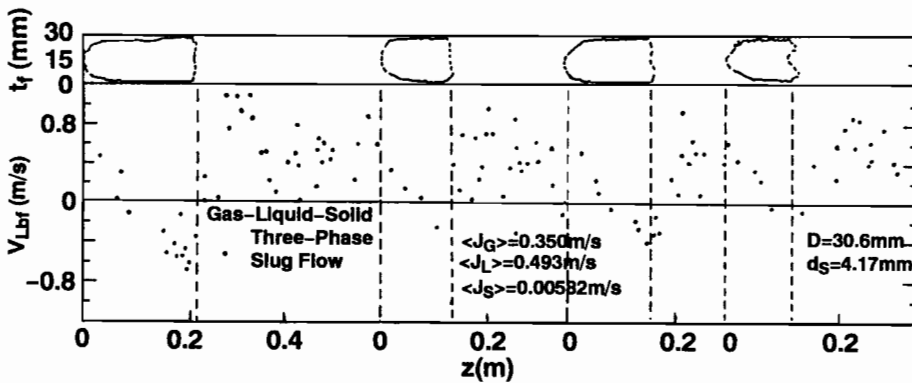


図 8 - 4 5 固気液三相スラグ流のスラグ周期  $\overline{T_U}$  の推算結果  
( $D=30.6\text{mm}$ 、 $d_s=4.17\text{mm}$ 、 $\rho_s=2400\text{kg/m}^3$ )



(a) 気液二相スラグ流 ( $D=30.6\text{mm}$ )



(b) 固気液三相スラグ流 ( $D=30.6\text{mm}$ 、 $d_s=4.17\text{mm}$ 、 $\rho_s=2400\text{kg/m}^3$ )

図 8-46 大気泡周囲の液膜内の液相速度  $V_{Lbf}$  の測定結果

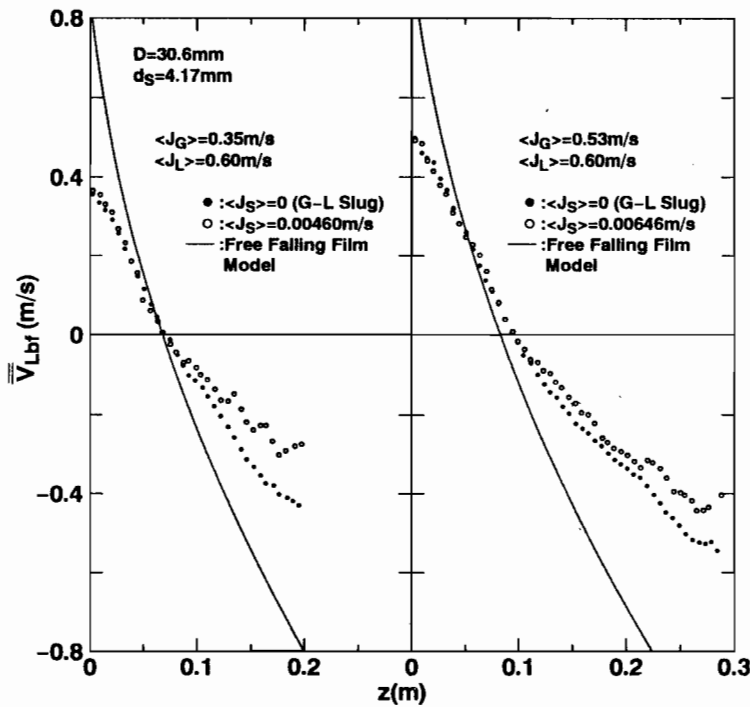


図 8-47 大気泡周囲の液膜内の液相速度  $\bar{V}_{Lbf}$  の測定結果

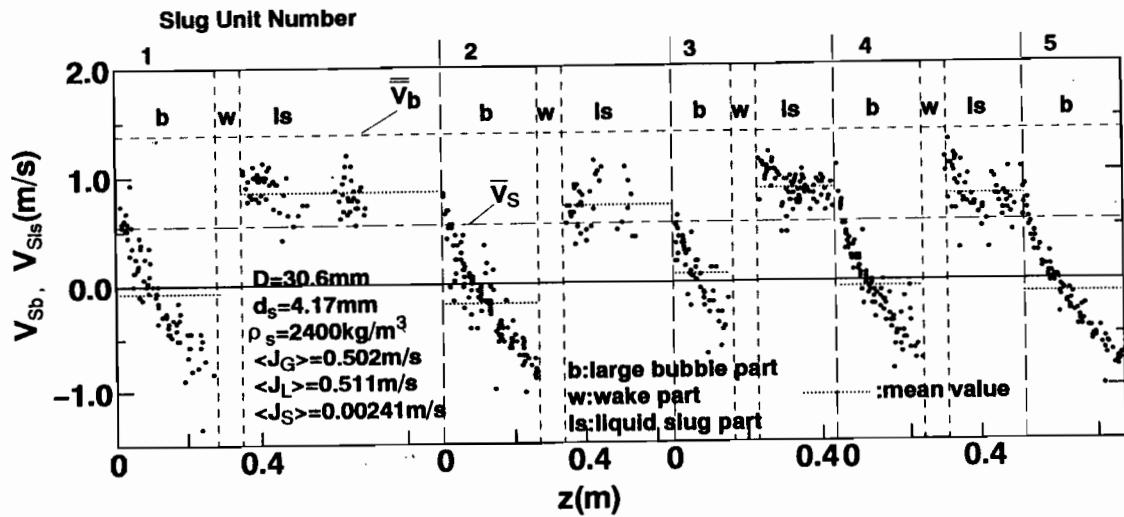


図 8 - 4 8 固体粒子速度の測定結果  
 (D=30.6mm、 $d_s=4.17\text{mm}$ 、 $\rho_s=2400\text{kg/m}^3$ )

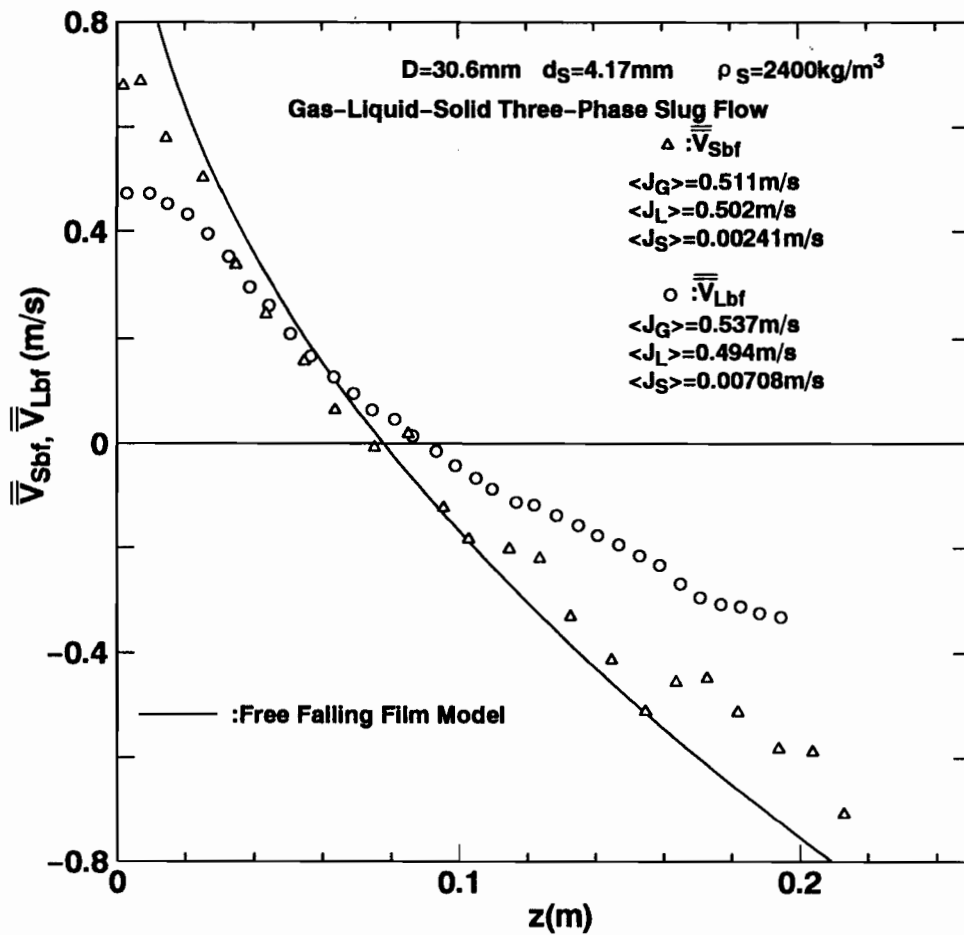


図 8 - 4 9 大気泡周囲の液膜内の液相  $\overline{V}_{Lbf}$  と固体粒子速度  $\overline{V}_{Sbf}$  の測定結果

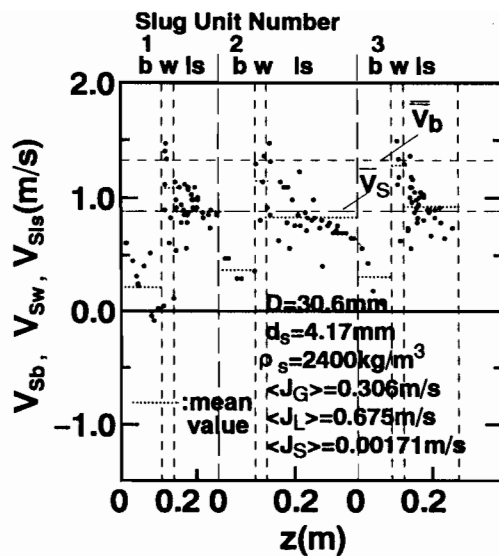


図 8 - 5 0 固体粒子速度の測定結果 ( $\langle J_S \rangle$  が特に小さい場合)  
 ( $D=30.6\text{mm}$ 、 $d_s=4.17\text{mm}$ 、 $\rho_s=2400\text{kg/m}^3$ )

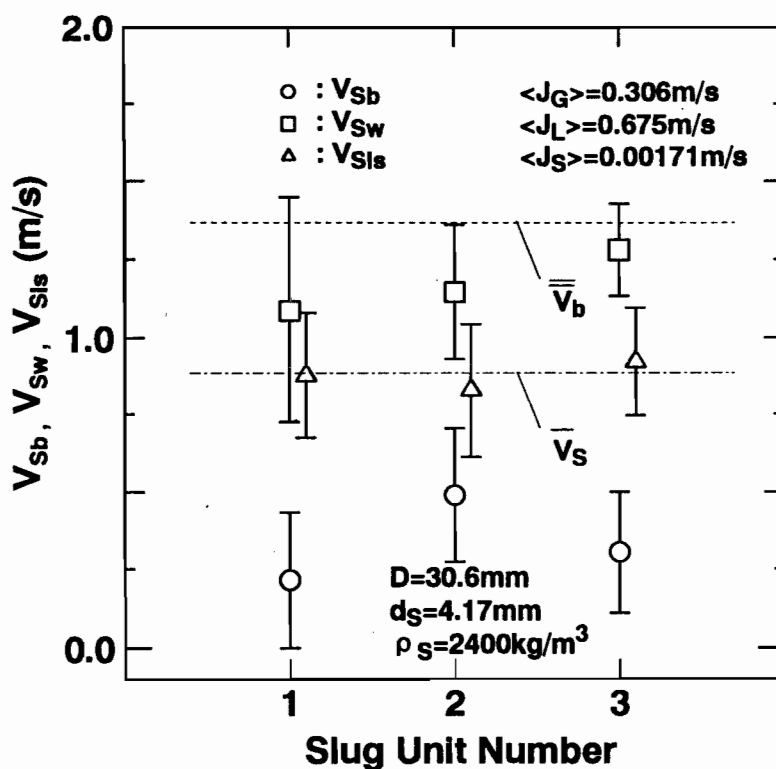


図 8 - 5 1 各スラグユニットの各部における固体粒子速度の平均値と標準偏差  
 ( $D=30.6\text{mm}$ 、 $d_s=4.17\text{mm}$ 、 $\rho_s=2400\text{kg/m}^3$ )

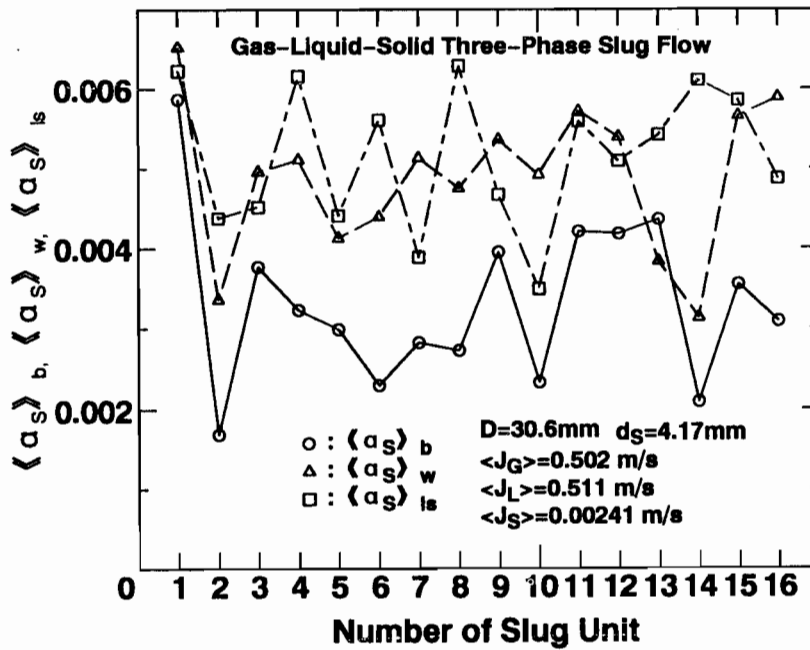


図 8-5 2 各部における体積平均固相体積率  
 ( $D=30.6\text{mm}$ 、 $d_s=4.17\text{mm}$ 、 $\rho_s=2400\text{kg/m}^3$ )

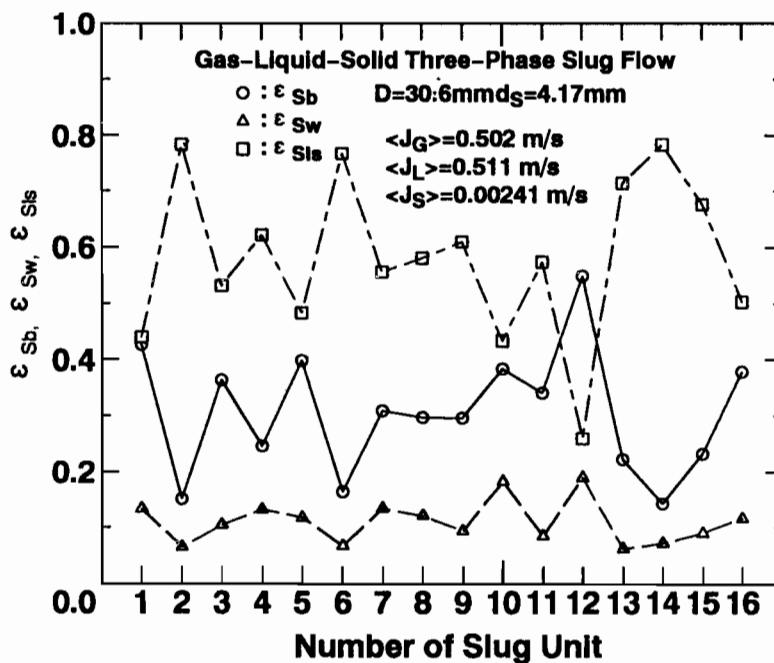


図 8-5 3 各部における固相存在割合  
 ( $D=30.6\text{mm}$ 、 $d_s=4.17\text{mm}$ 、 $\rho_s=2400\text{kg/m}^3$ )

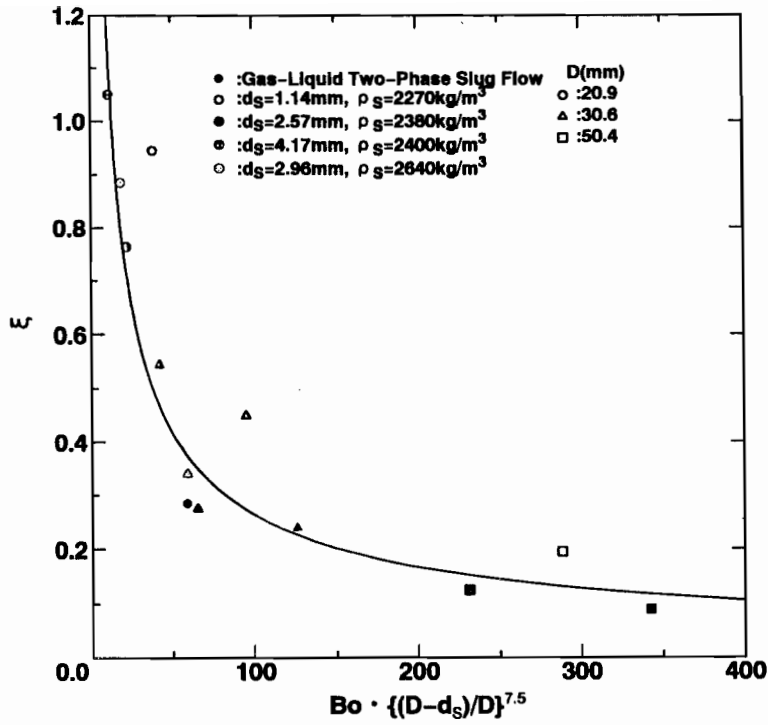


図 8 - 5 4 気泡後端圧力降下の係数  $\psi$

## 第9章の表

表9-1 表7-1の未知量の推算に用いる独立した関係式

	式	関係式数
質量保存式	式(7-15)~(7-20)	12
ウェイク部の各相体積率と 大気泡体積率の関係式	式(7-23)	1
仮定(e)より得られる関係式	式(7-24)	3
仮定(f)、(g)より得られる関係式	式(7-25)~(7-32)	8
仮定(h)より得られる関係式	式(7-33)	1
大気泡部長さ $\bar{L}_b$ の相関式	式(8-12)	1
液体スラグ部長さ $\bar{L}_{ls}$ の相関式	式(8-21)、(8-22)	1
ウェイク部長さ $\bar{L}_w$ の相関式	式(8-22)	1
大気泡上昇速度 $\bar{V}_b$ の相関式	式(8-33)	1
大気泡体積率 $\langle\langle \bar{a}_G \rangle\rangle_b$ の相関式	式(8-43)	1
液体スラグ部固相平均速度推算式	式(8-53)	1
液体スラグ部気相平均速度推算式	式(8-60)	1
	合計	32

表9-2 推算結果の $\langle J_T \rangle - \langle a_G \rangle$ 線図上のパターン

(a)  $D=20.9\text{mm}$ 、 $d_s=2.57\text{mm}$

(b)  $D=30.6\text{mm}$ 、 $d_s=4.17\text{mm}$

	$\langle J_G \rangle$	0.30	0.45	0.60		$\langle J_G \rangle$	0.30	0.40	0.50
$\langle J_L \rangle$	$\langle J_G \rangle$				$\langle J_L \rangle$	$\langle J_G \rangle$			
0.50		I	I	I	0.40		I	I	I
0.70		II	II	V	0.50		I	I	I
0.90		II	II	II	0.60		I	I	I

表 9 - 3 推算結果の $\langle J_T \rangle - \langle \alpha_L \rangle$ 線図上のパターン

(a) $D=20.9\text{mm}$ , $d_s=2.57\text{mm}$				(b) $D=30.6\text{mm}$ , $d_s=4.17\text{mm}$			
$\langle J_G \rangle \backslash \langle J_L \rangle$	0.30	0.45	0.60	$\langle J_G \rangle \backslash \langle J_L \rangle$	0.30	0.40	0.50
0.50	I	I	I	0.40	I	I	II
0.70	I	I	I	0.50	I	I	V
0.90	I	I	I	0.60	I	I	I

表 9 - 4 固気液三相スラグ流モデルに基づいた推算法による  
各相体積率推算における統計量

Phase	S	$\sigma_s(\%)$	ID+(%)	n+	ID-(%)	n-	ID $\pm$ (%)
Gas	0.993	6.09	6.19	596	6.02	790	6.09
Liquid	1.01	3.37	3.59	806	3.19	580	3.43
Solid	1.02	12.4	15.6	687	10.4	699	12.7

表 9 - 5 固気液三相スラグ流モデルに基づいた推算法による  
各圧力降下推算における統計量

Pressure Gradients	S	$\sigma_s(\%)$	ID+(%)	n+	ID-(%)	n-	ID $\pm$ (%)
Tortal	1.01	3.24	4.16	642	2.18	582	3.37
Gravitational	1.01	4.07	4.61	674	3.48	550	4.14
Frictional + Bubble tail	1.07	31.2	42.0	644	22.1	580	34.1



第9章の図

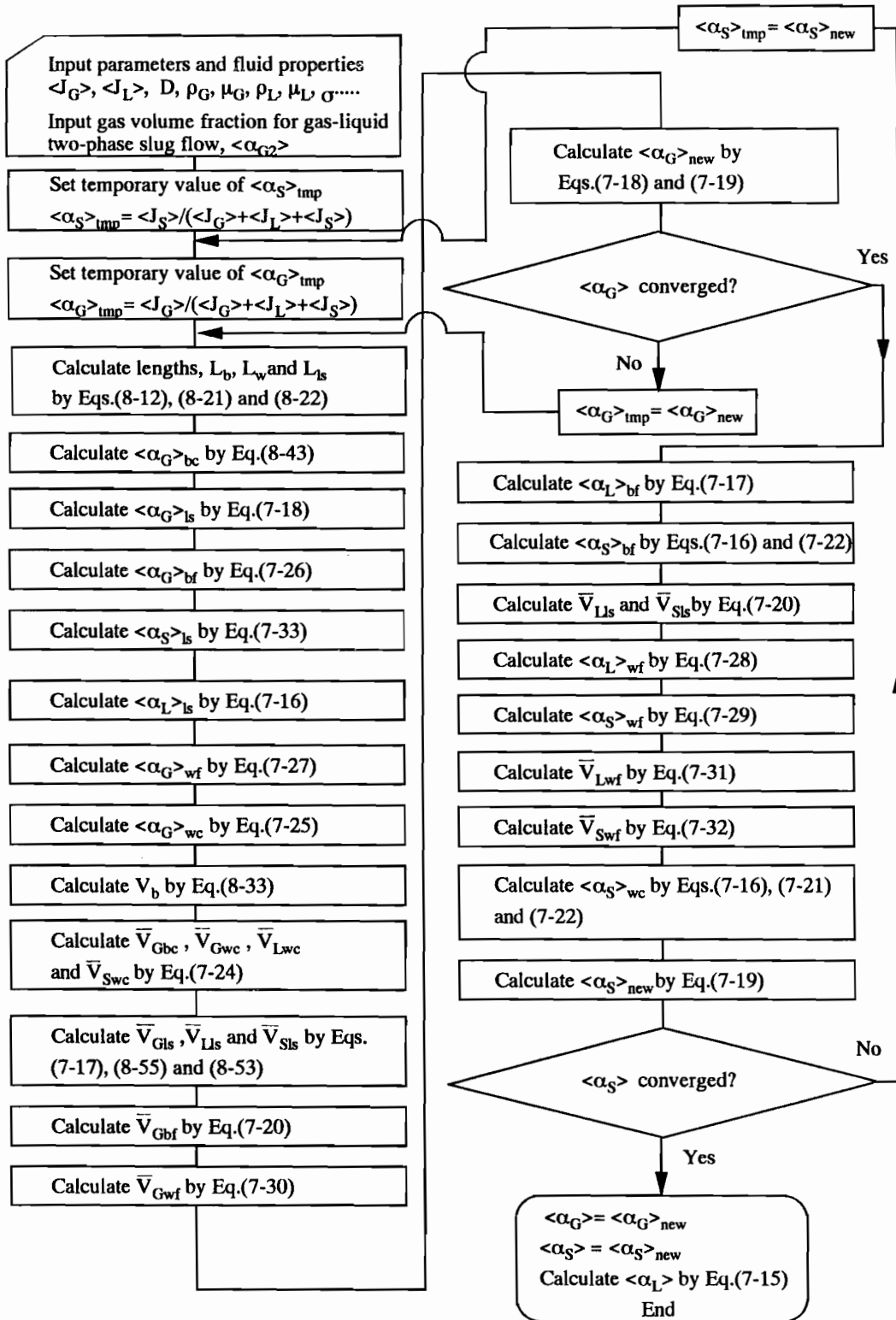
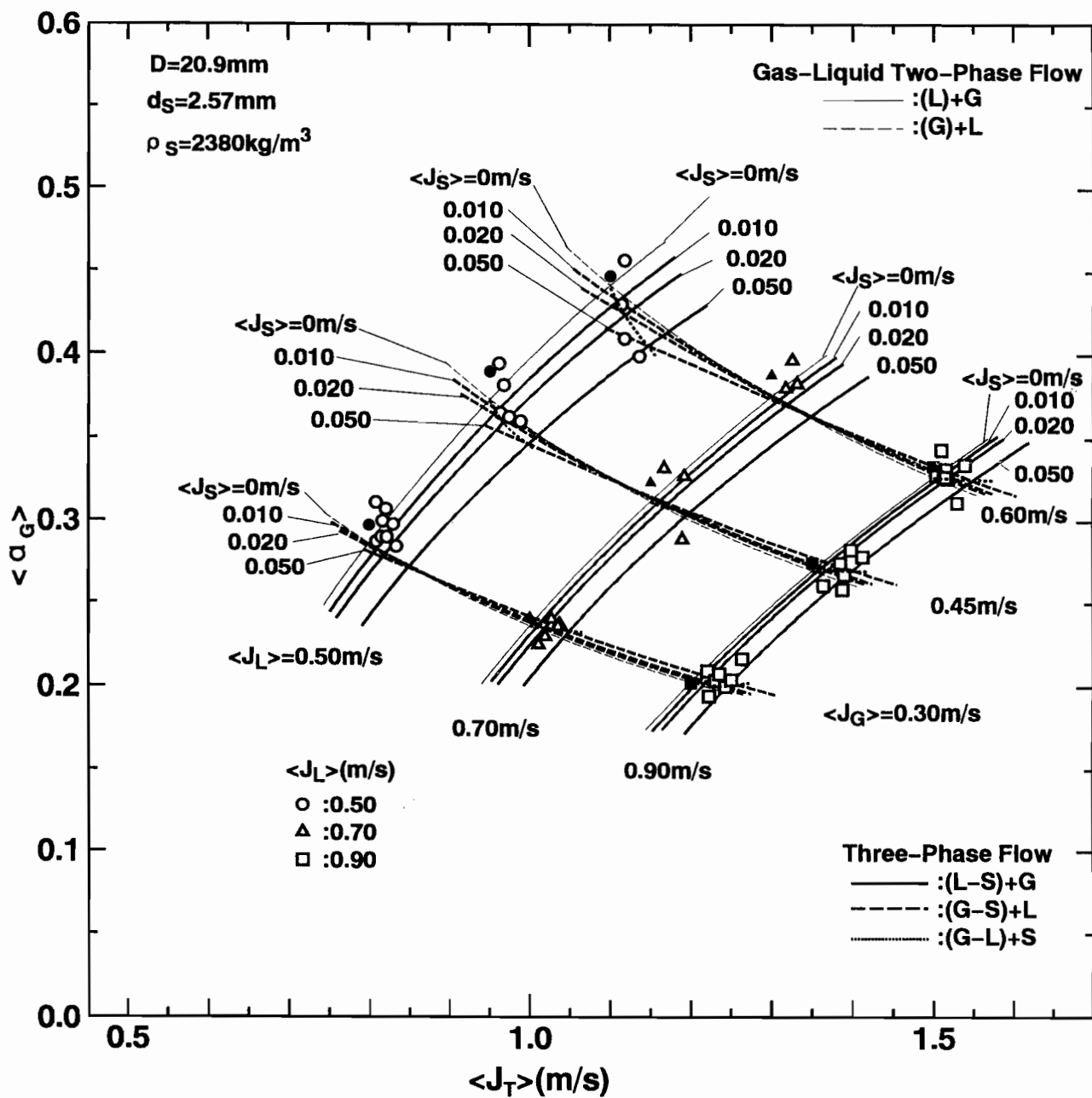
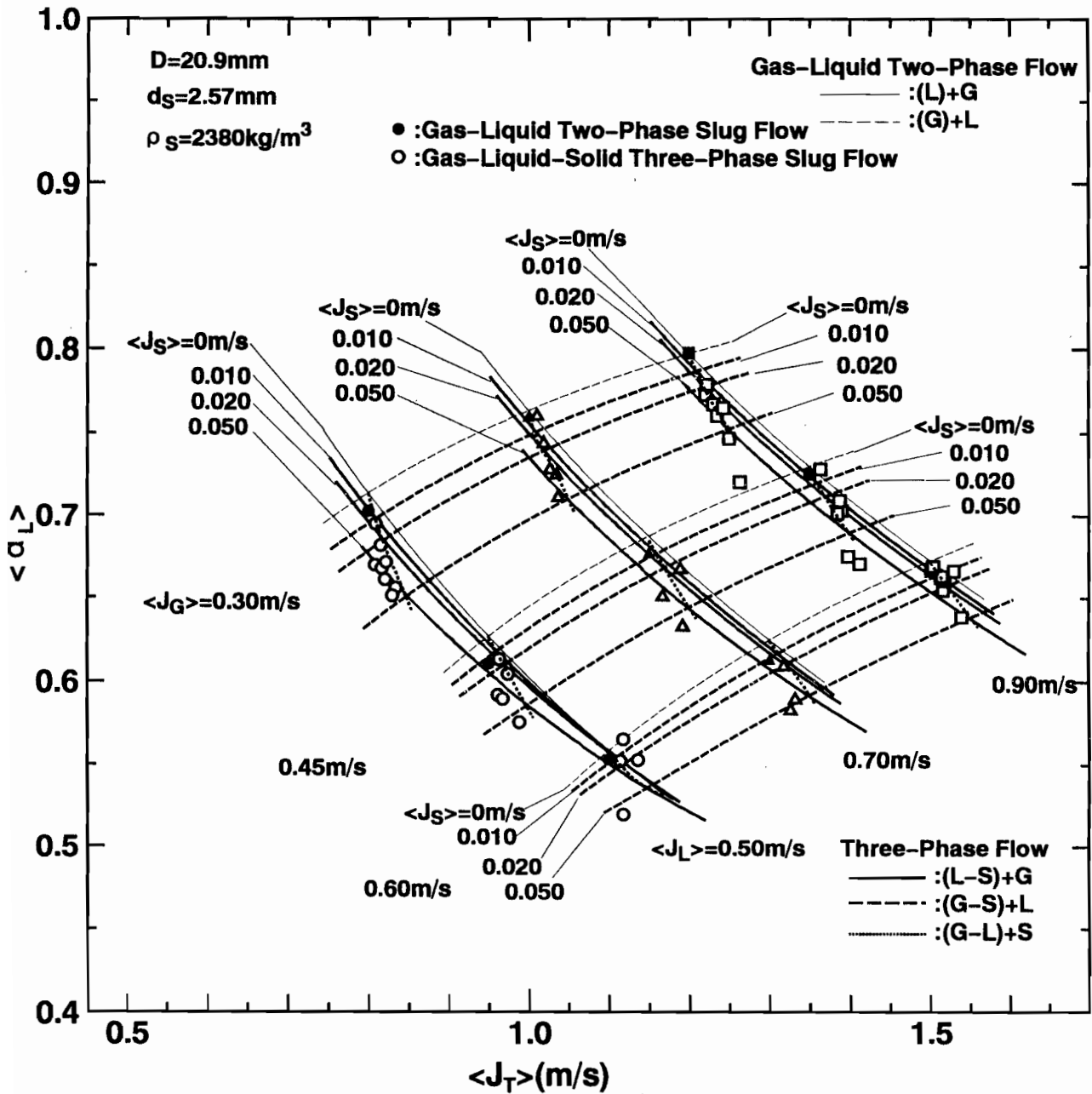


図9-1 固気液三相スラグ流モデルに基づく推算法の各部における各相体積率、各相平均速度、各部の長さ並びに巨視的量としての各相体積率推算部分のフローチャート



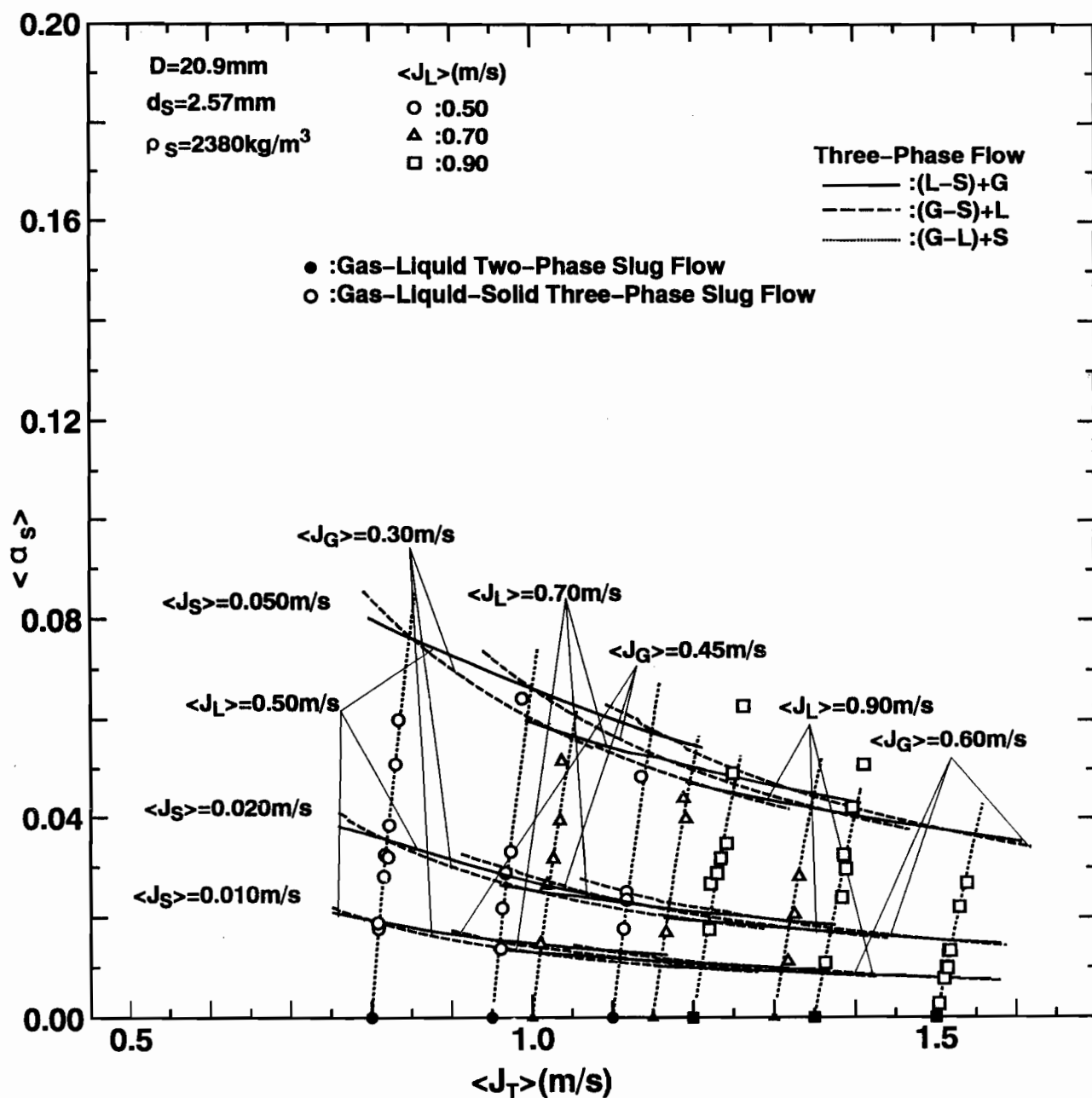
(a) 気相体積率

図9-2 固気液三相スラグ流モデルに基づく推算法による各相体積率の推算結果  
 ( $D=20.9\text{mm}$ 、 $d_s=2.57\text{mm}$ 、 $\rho_s=2380\text{kg/m}^3$ )



(b) 液相体積率

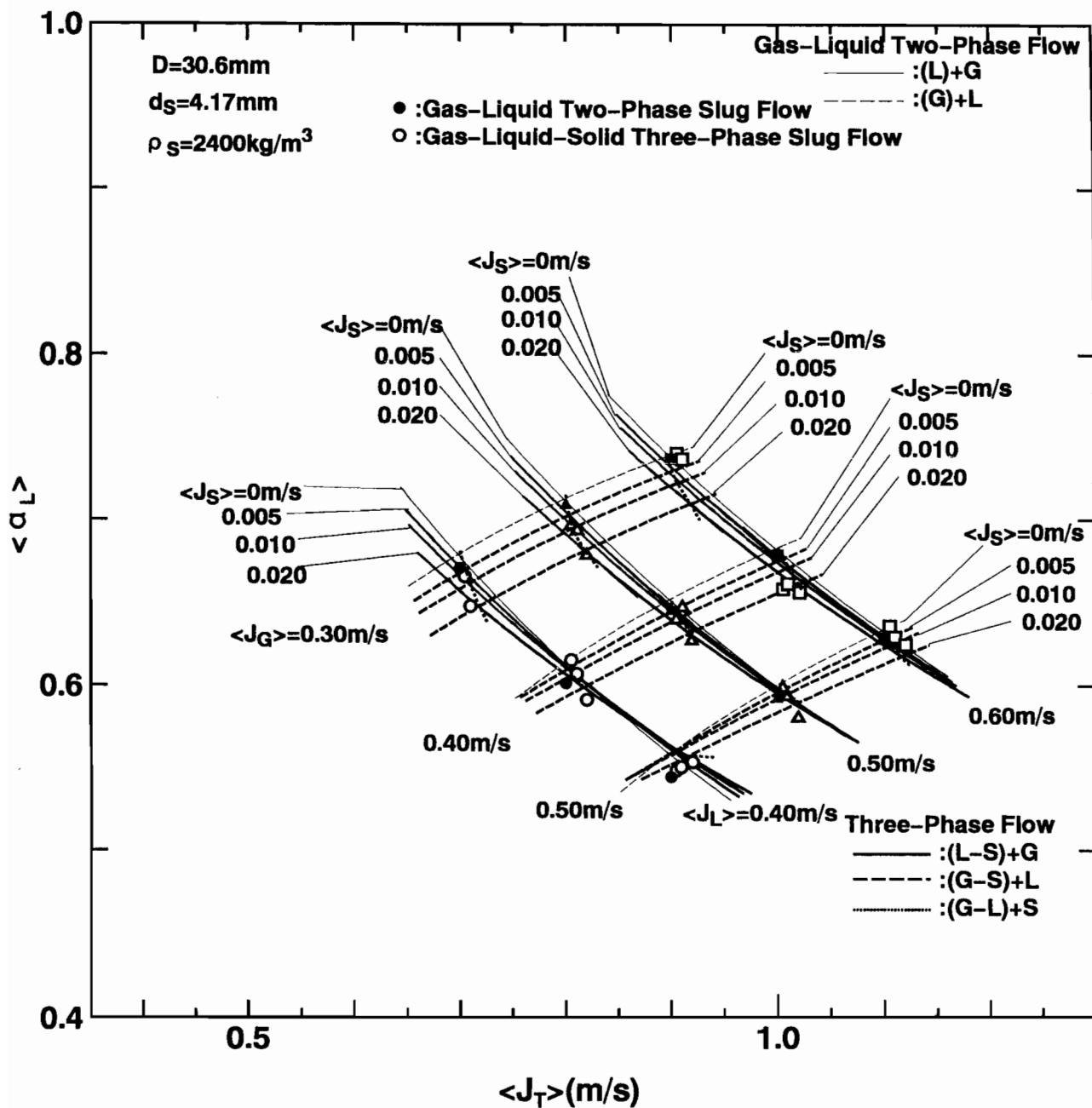
図9-2 固気液三相スラグ流モデルに基づく推算法による各相体積率の推算結果  
 ( $D=20.9\text{mm}$ 、 $d_s=2.57\text{mm}$ 、 $\rho_s=2380\text{kg/m}^3$ )



(c) 固相体積率

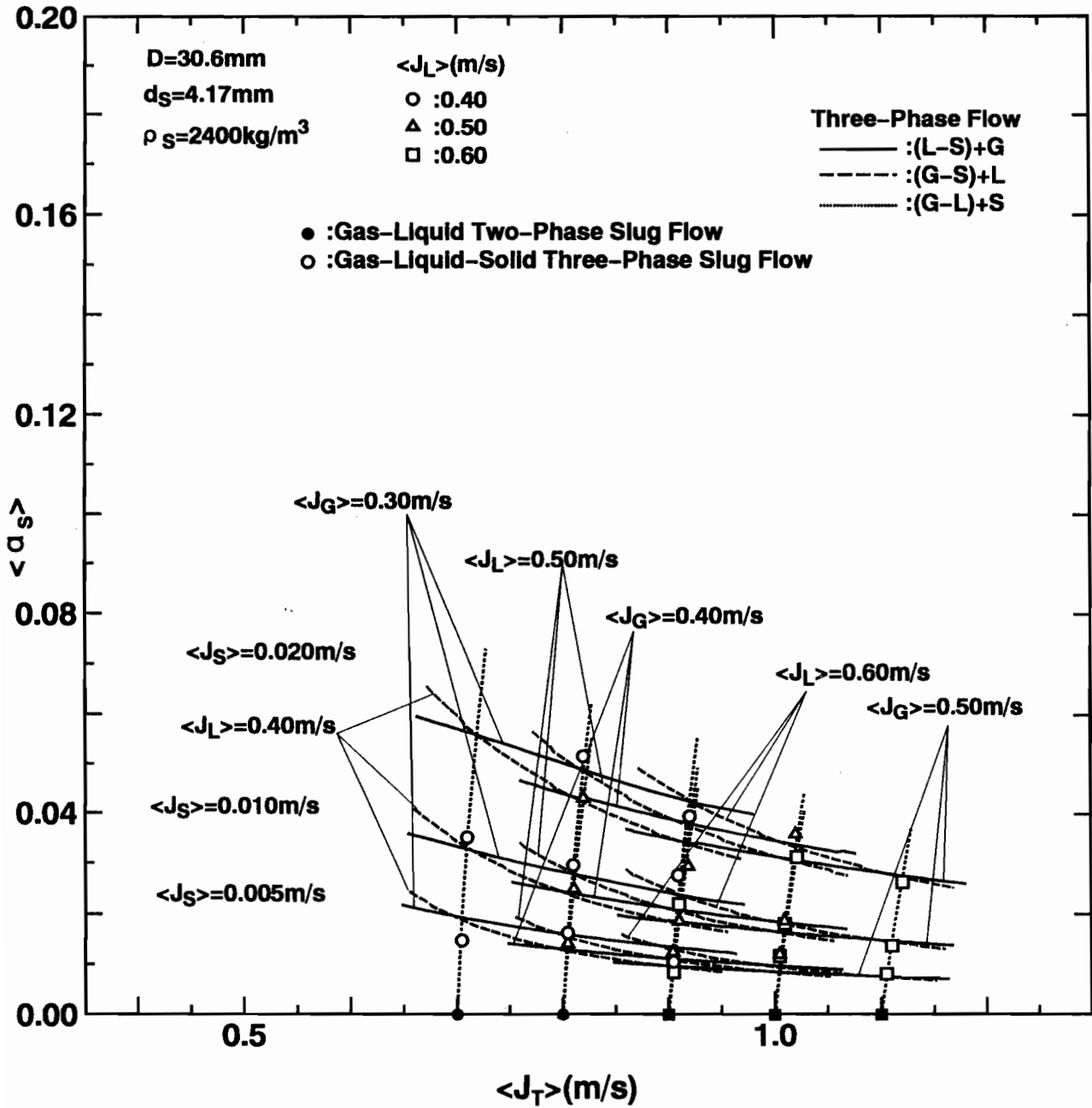
図9-2 固気液三相スラグ流モデルに基づく推算法による各相体積率の推算結果  
 ( $D=20.9\text{mm}$ 、 $d_s=2.57\text{mm}$ 、 $\rho_s=2380\text{kg/m}^3$ )





(b) 液相体積率

図9-3 固気液三相スラグ流モデルに基づく推算法による各相体積率の推算結果  
 ( $D=30.6\text{mm}$ 、 $d_s=4.17\text{mm}$ 、 $\rho_s=2400\text{kg/m}^3$ )



(c) 固相体積率

図9-3 固気液三相スラグ流モデルに基づく推算法による各相体積率の推算結果  
 ( $D=30.6\text{mm}$ 、 $d_s=4.17\text{mm}$ 、 $\rho_s=2400\text{kg/m}^3$ )

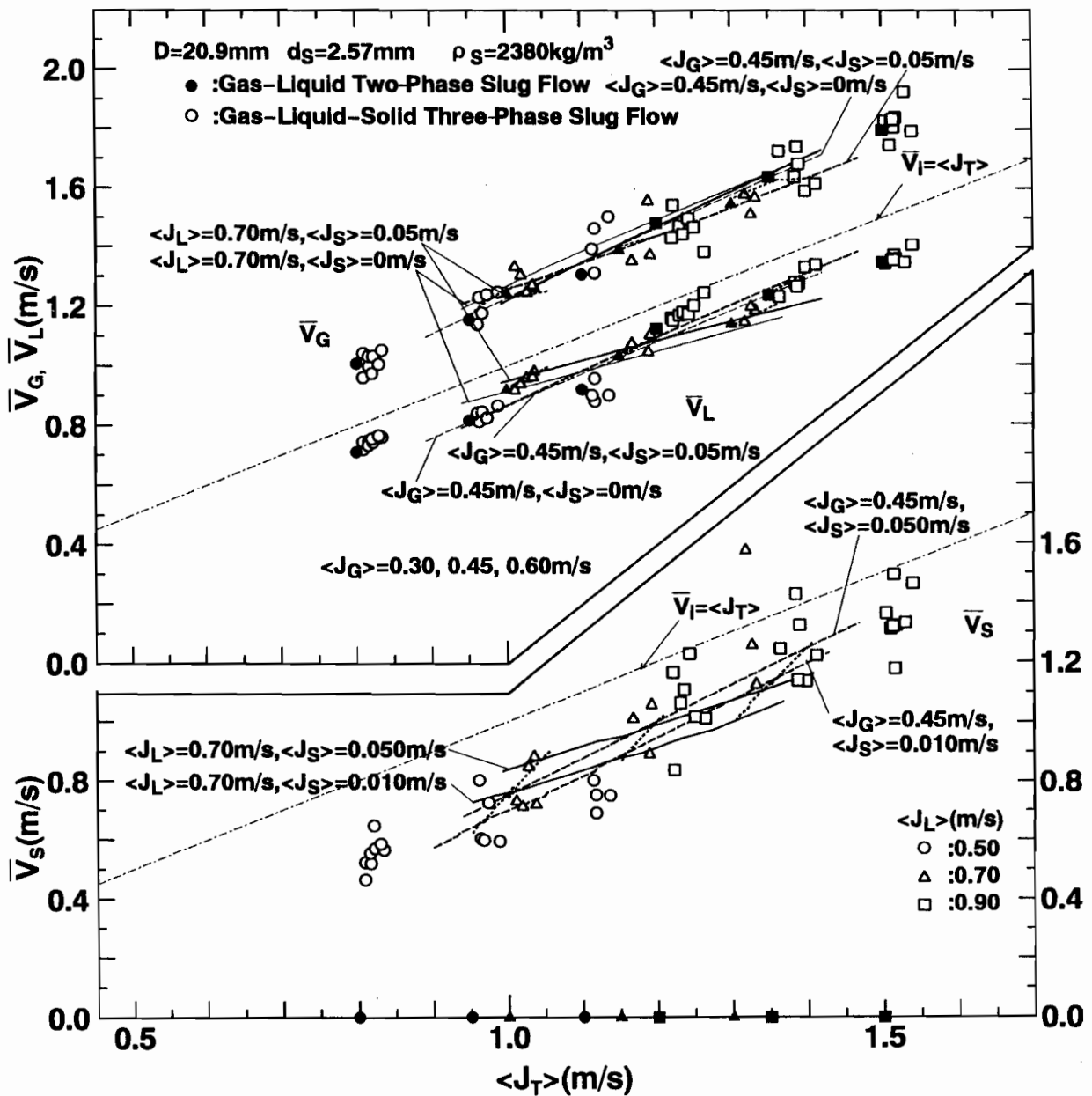


図 9-4 固気液三相スラグ流モデルに基づく推算法による各相平均速度の推算結果  
 ( $D=20.9\text{mm}$ ,  $d_s=2.57\text{mm}$ ,  $\rho_s=2380\text{kg/m}^3$ )



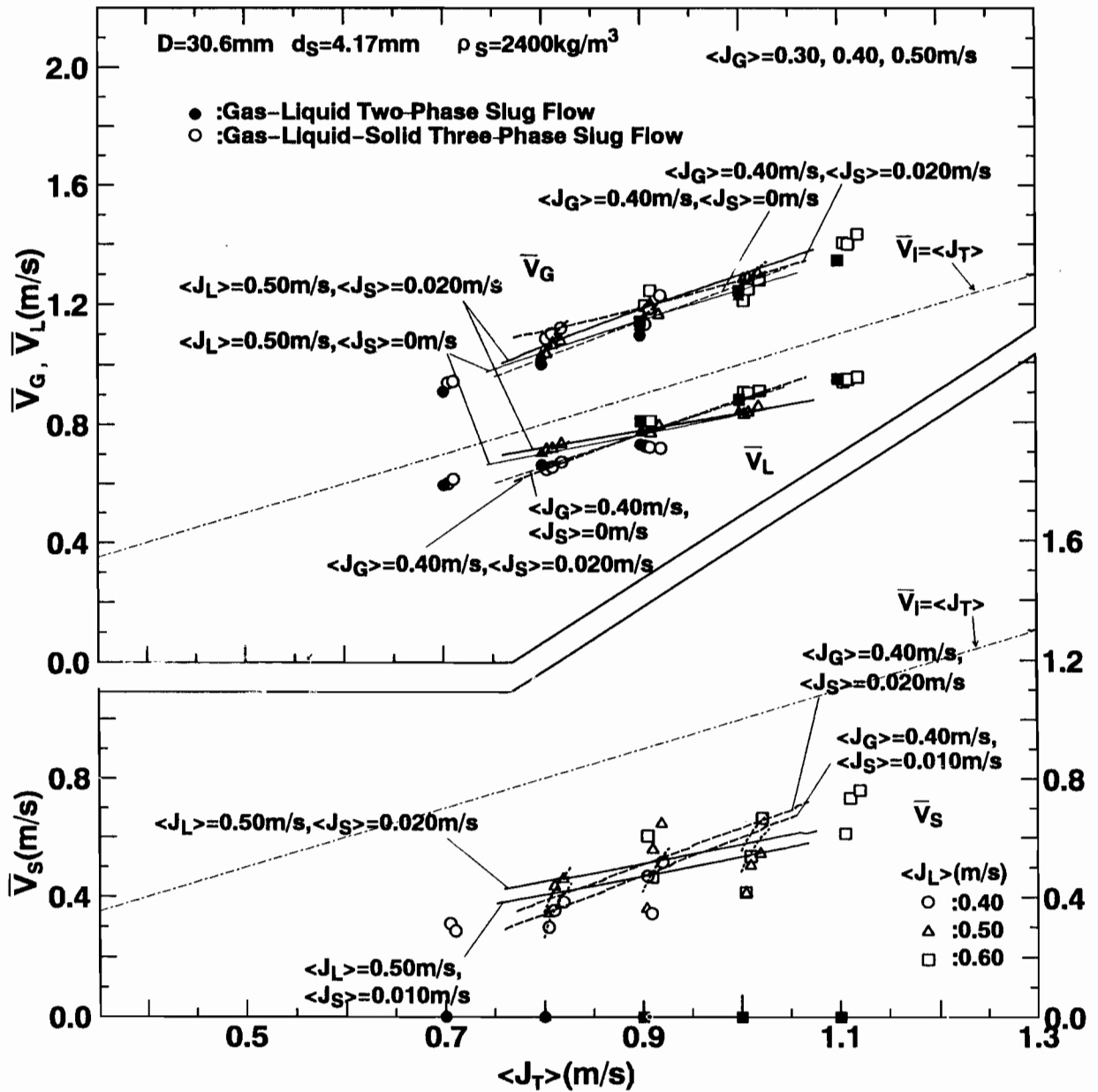
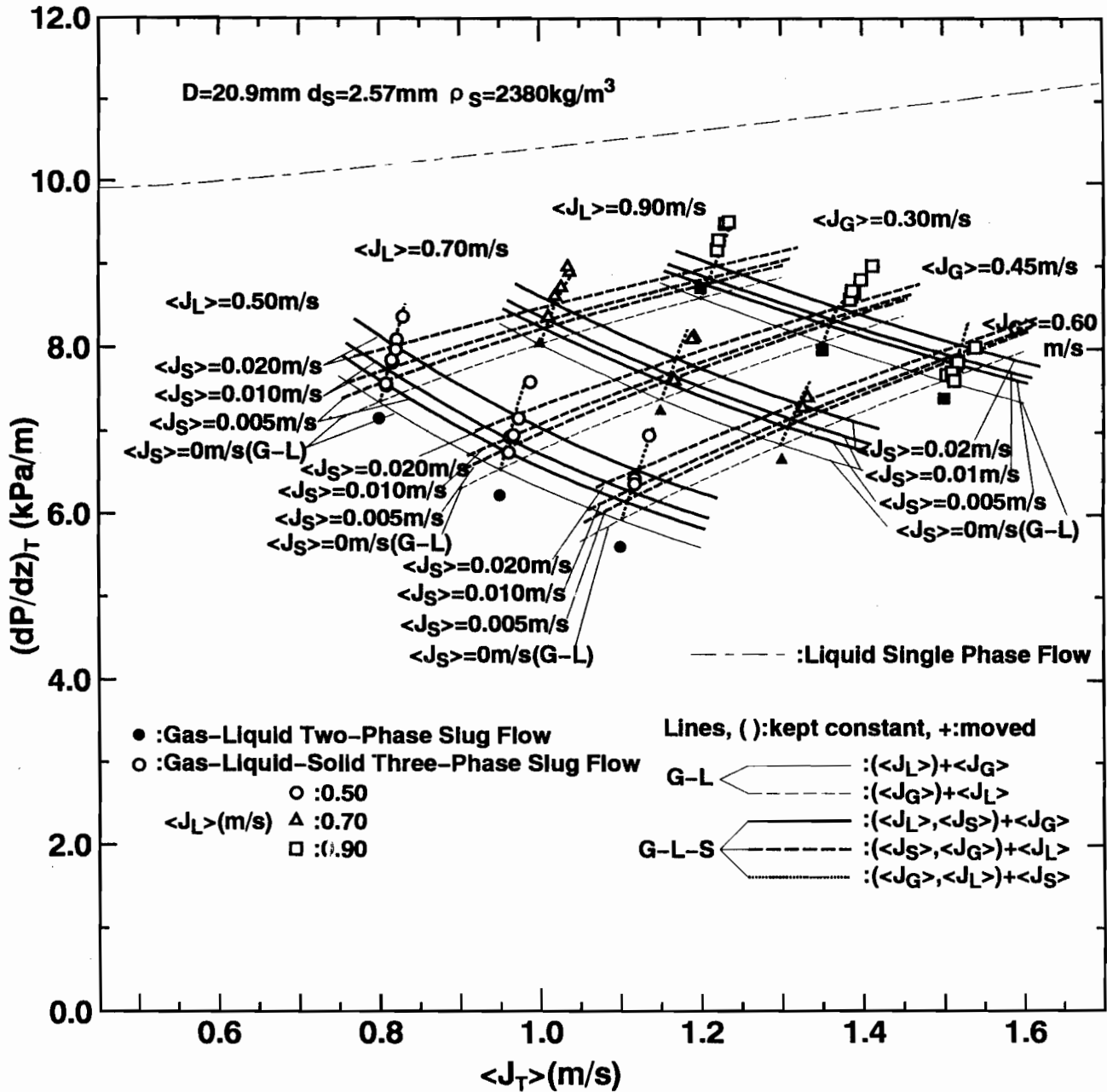
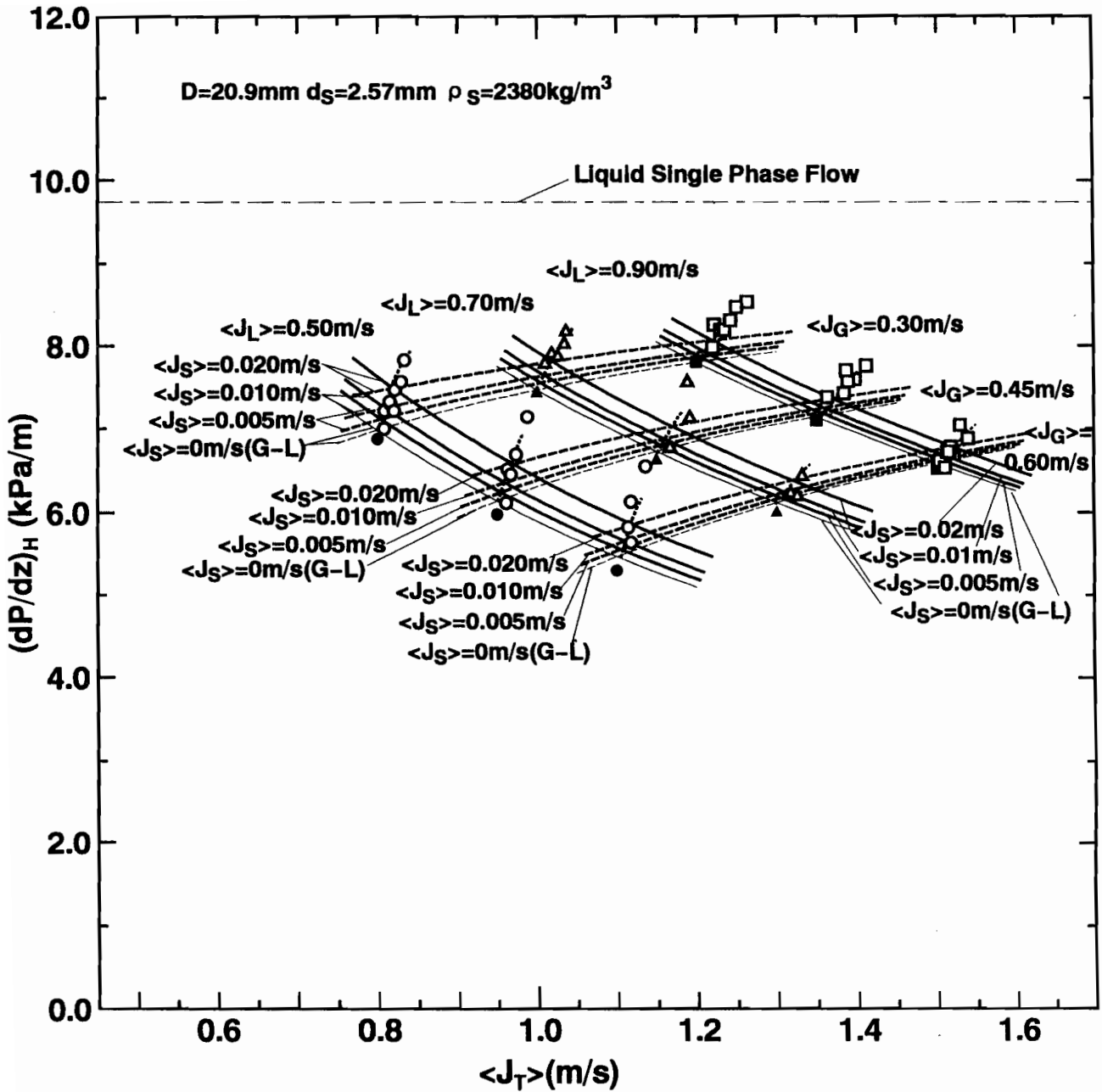


図 9-5 固気液三相スラグ流モデルに基づく推算法による各相平均速度の推算結果  
 ( $D=30.6\text{mm}$ 、 $d_s=4.17\text{mm}$ 、 $\rho_s=2400\text{kg/m}^3$ )



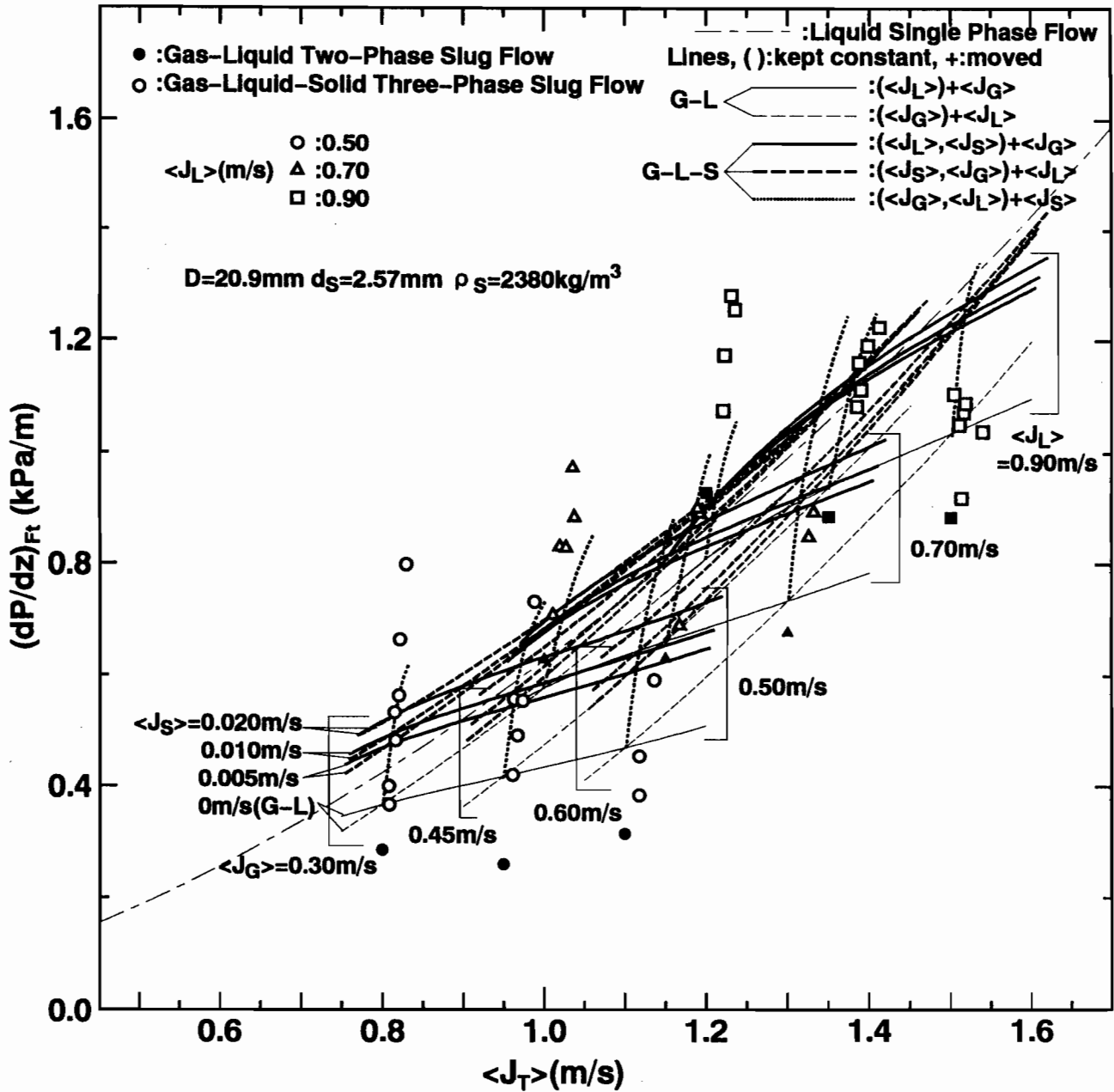
(a) 全圧力降下

図9-6 固気液三相スラグ流モデルに基づく推算法による各圧力降下の推算結果  
 $(D=20.9\text{mm}, d_s=2.57\text{mm}, \rho_s=2380\text{kg/m}^3)$



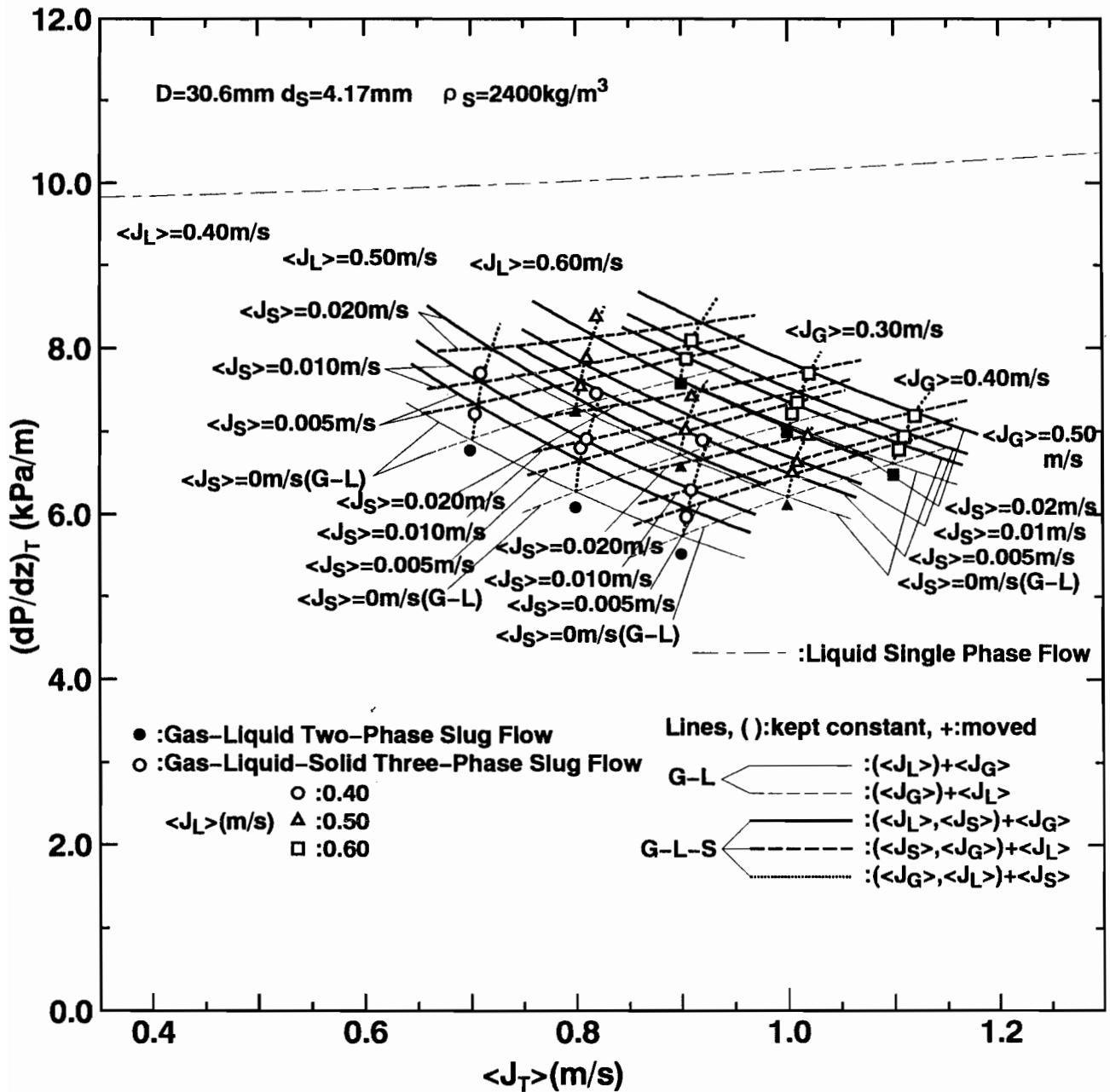
(b) 重力による圧力降下

図9-6 固気液三相スラグ流モデルに基づく推算法による各圧力降下の推算結果  
 ( $D=20.9\text{mm}$ ,  $d_s=2.57\text{mm}$ ,  $\rho_s=2380\text{kg/m}^3$ )



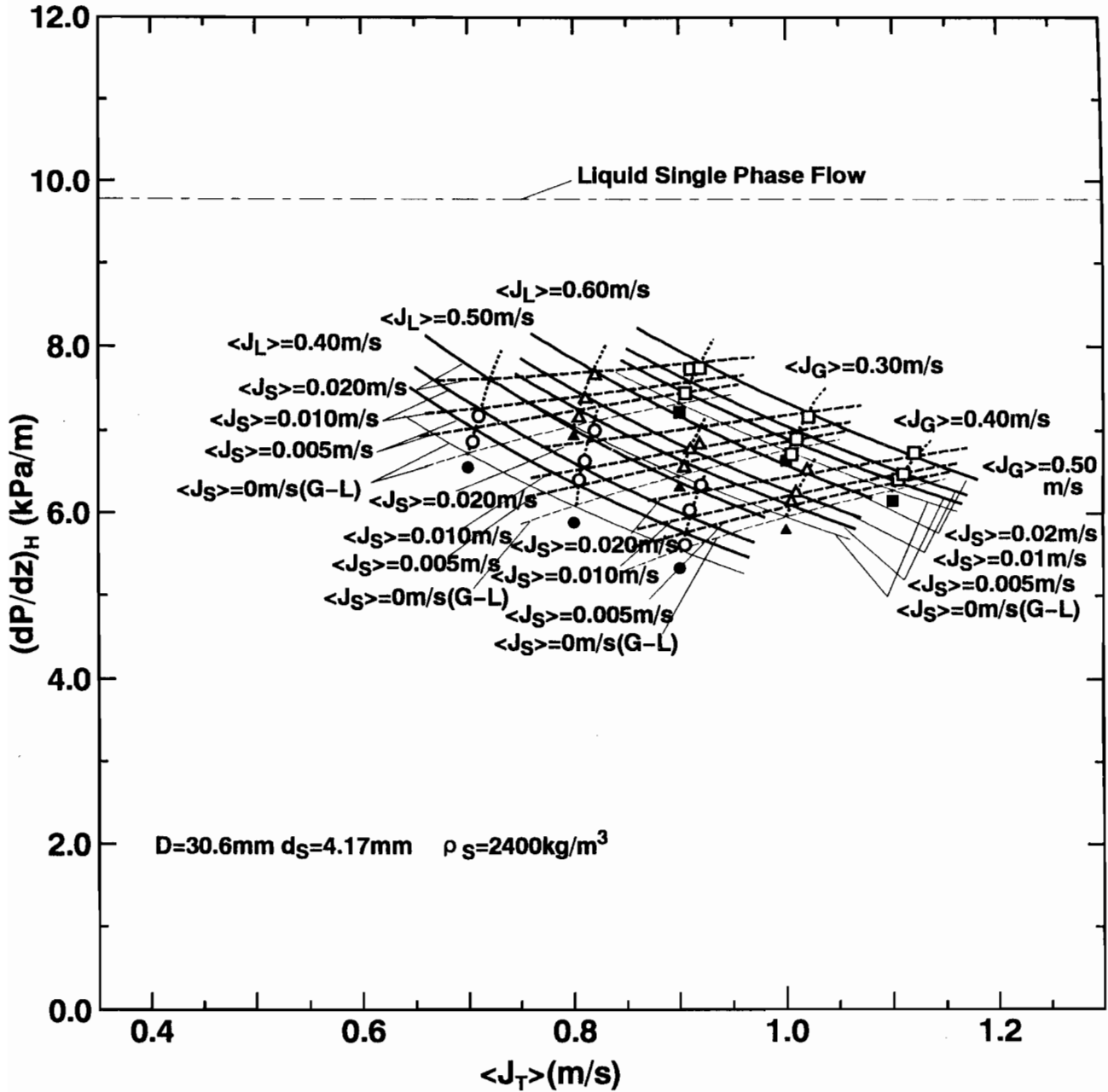
(c) 摩擦と気泡後端圧力降下の和

図9-6 固気液三相スラグ流モデルに基づく推算法による各圧力降下の推算結果  
 ( $D=20.9\text{mm}$ ,  $d_s=2.57\text{mm}$ ,  $\rho_s=2380\text{kg/m}^3$ )



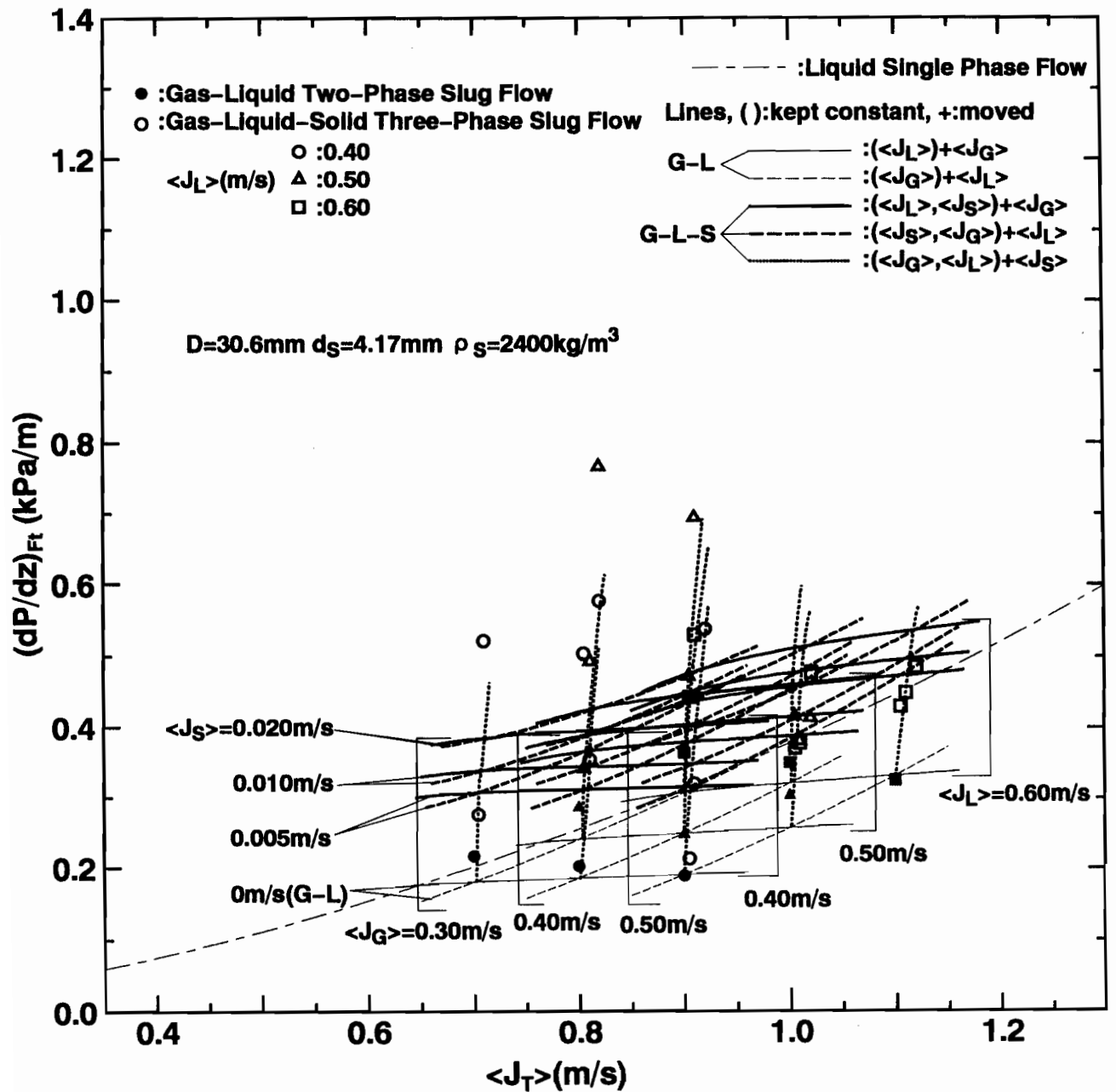
(a) 全圧力降下

図9-7 固気液三相スラグ流モデルに基づく推算法による各圧力降下の推算結果  
 ( $D=30.6\text{mm}$ 、 $d_s=4.17\text{mm}$ 、 $\rho_s=2400\text{kg/m}^3$ )



(b) 重力による圧力降下

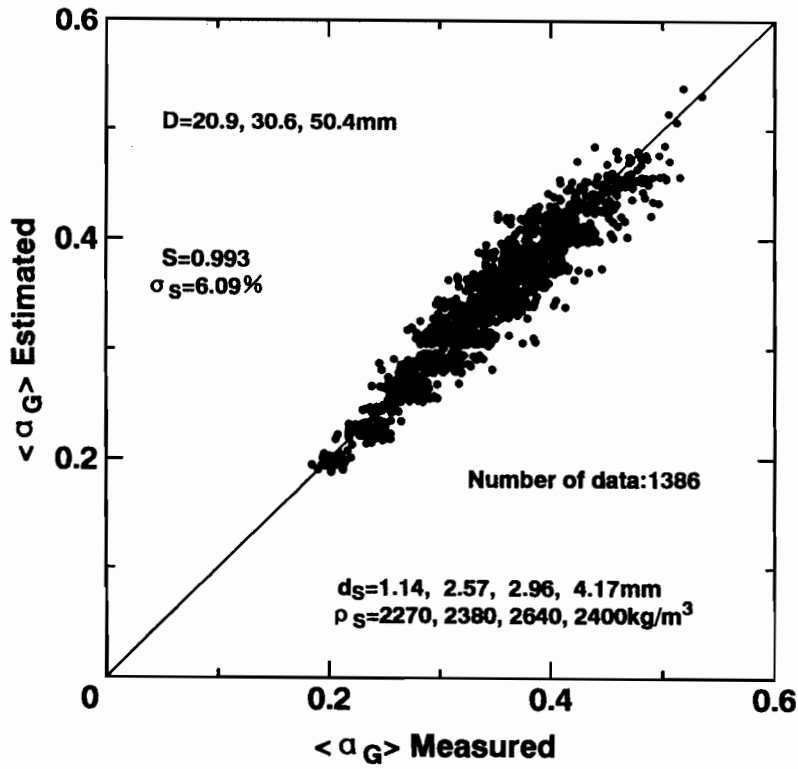
図9-7 固気液三相スラグ流モデルに基づく推算法による各圧力降下の推算結果  
 ( $D=30.6\text{ mm}$ 、 $d_s=4.17\text{ mm}$ 、 $\rho_s=2400\text{ kg/m}^3$ )



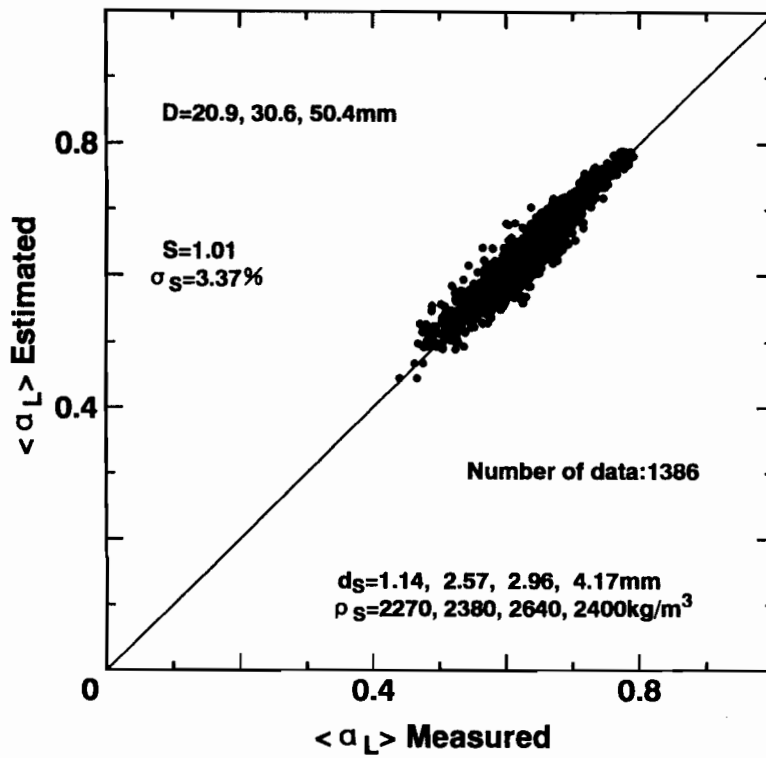
(c) 摩擦と気泡後端圧力降下の和

図9-7 固気液三相スラグ流モデルに基づく推算法による各圧力降下の推算結果

( $D=30.6\text{mm}$ 、 $d_s=4.17\text{mm}$ 、 $\rho_s=2400\text{kg/m}^3$ )



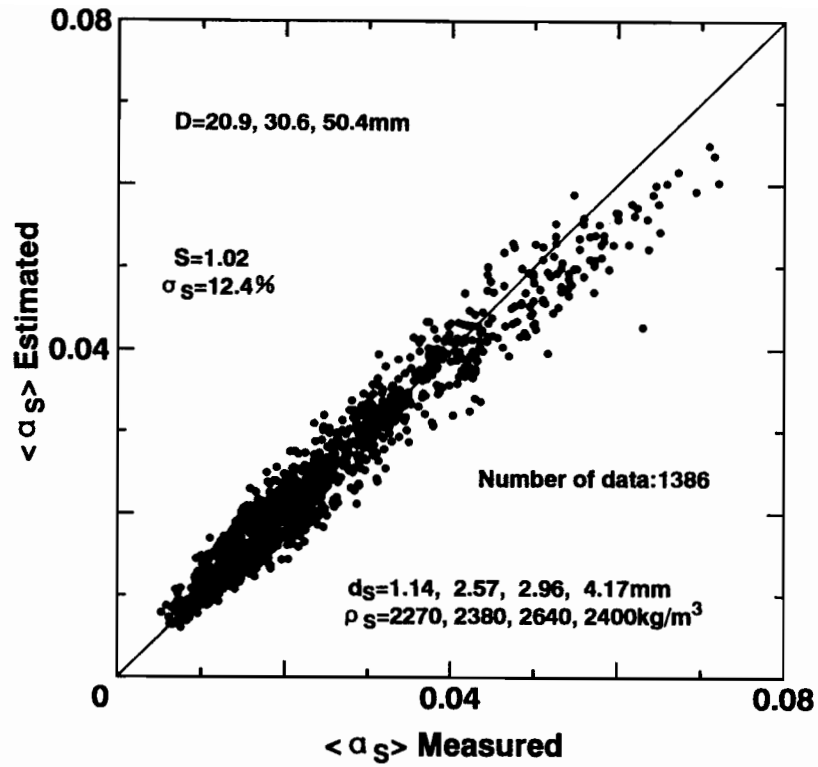
(a) 気相体積率



(b) 液相体積率

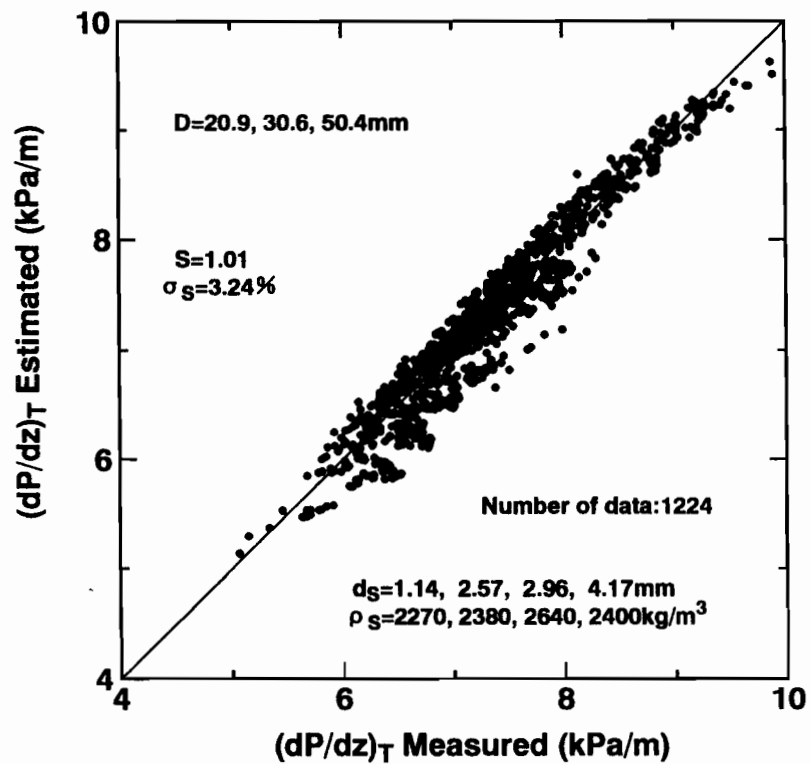
図9-8 各相体積率の推算結果と測定結果の定量的比較





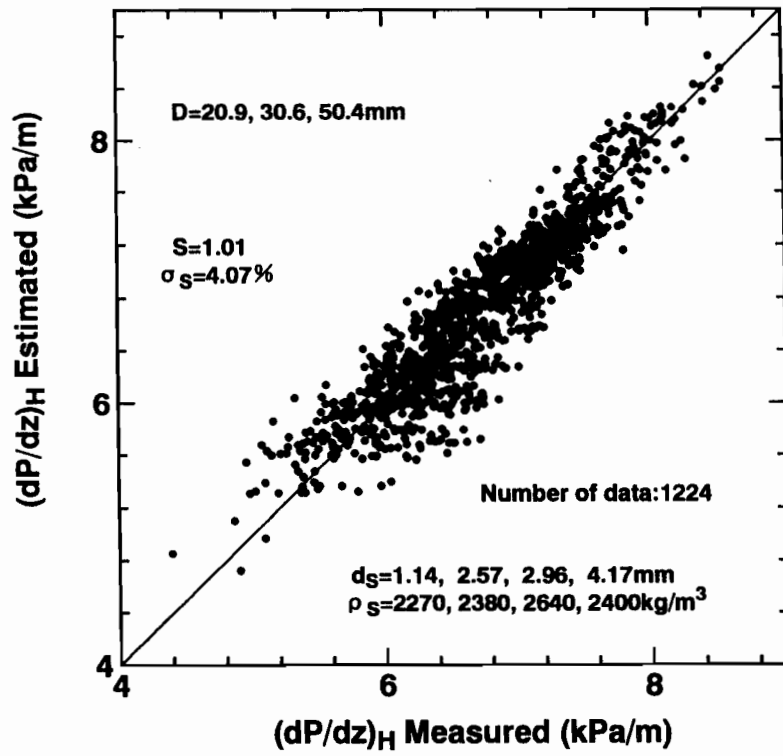
(c) 固相体積率

図9-8 各相体積率の推算結果と測定結果の定量的比較

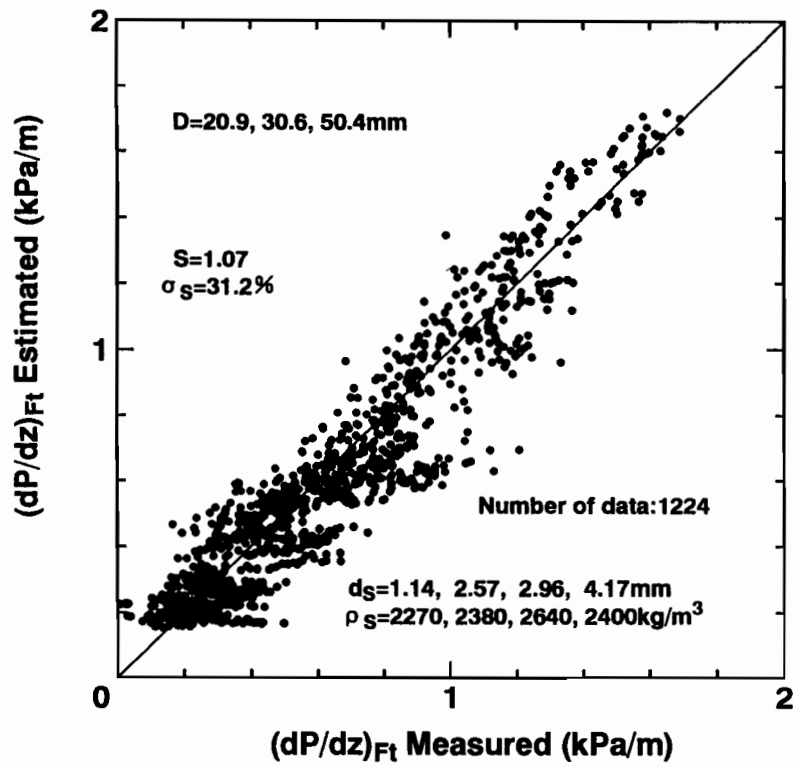


(a) 全圧力降下

図9-9 各圧力降下の推算結果と測定結果の定量的比較

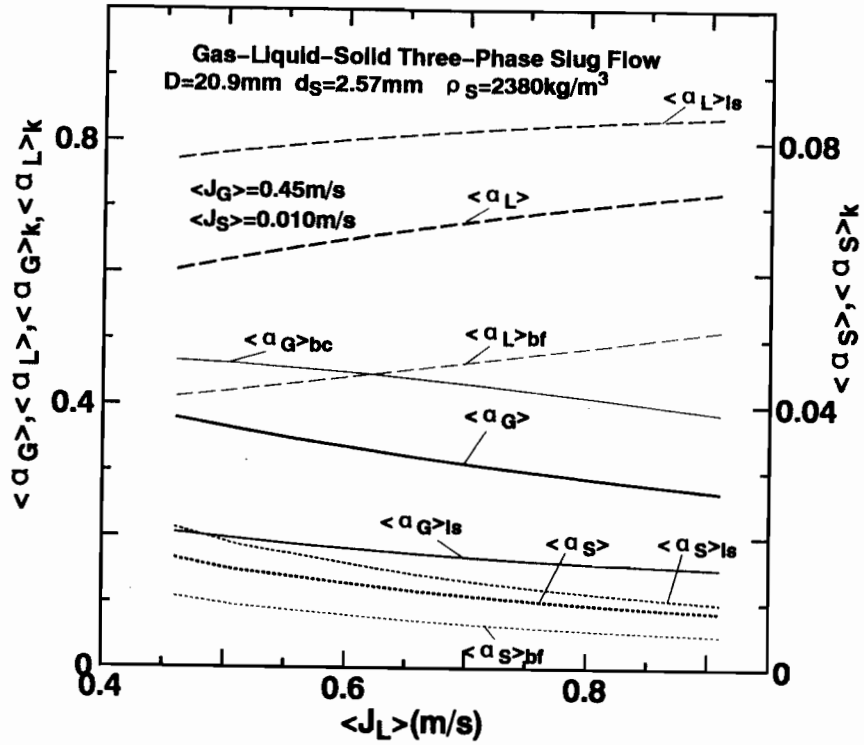


(b) 重力による圧力降下

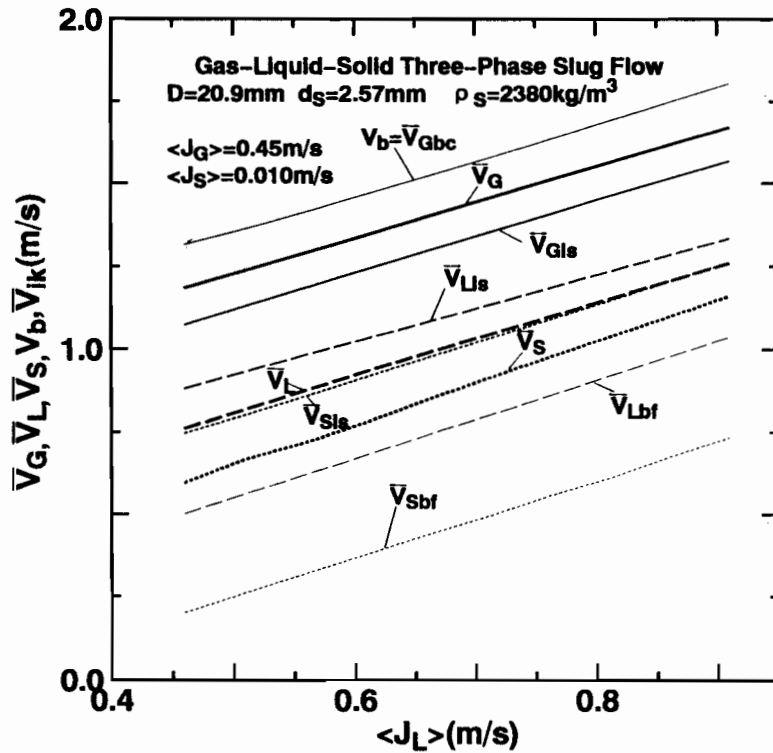


(c) 摩擦と気泡後端圧力降下の和

図 9-9 各圧力降下の推算結果と測定結果の定量的比較

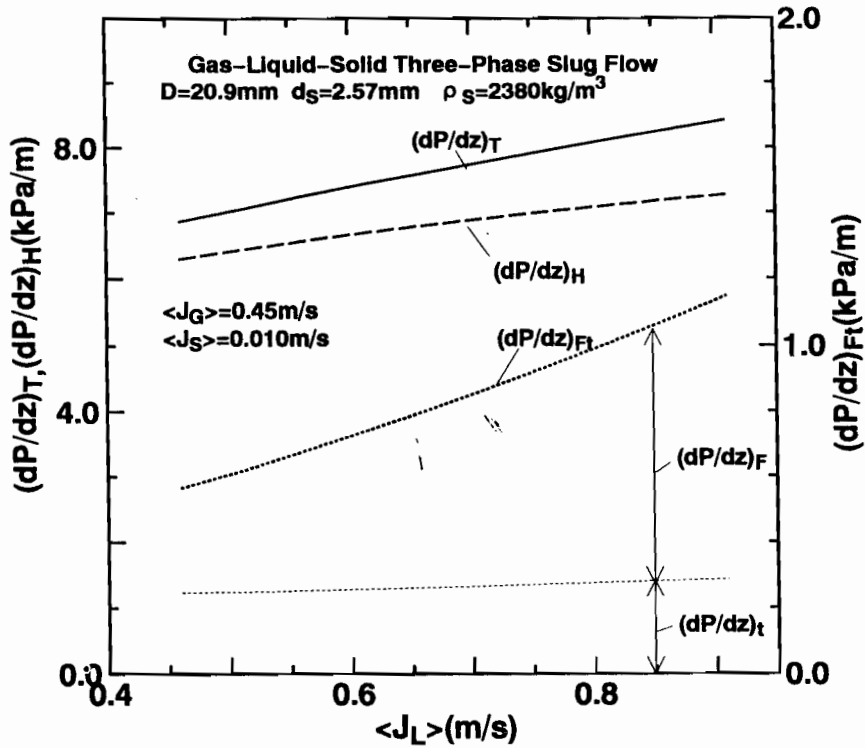


(a) 各部における各相体積率並びにスラグユニット平均の各相体積率

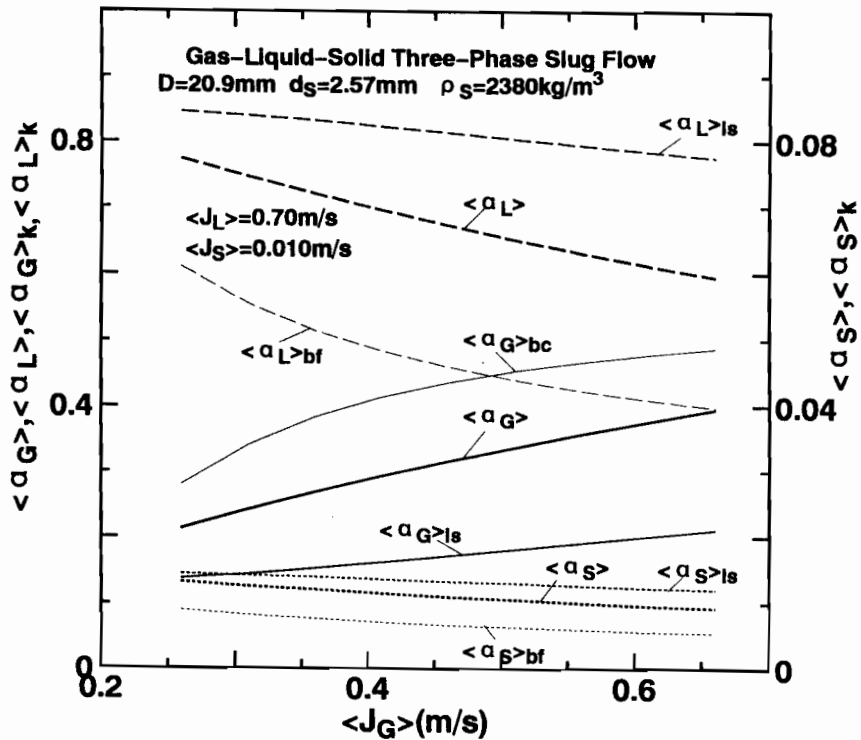


(b) 各部における各相平均速度並びにスラグユニット平均の各相平均速度

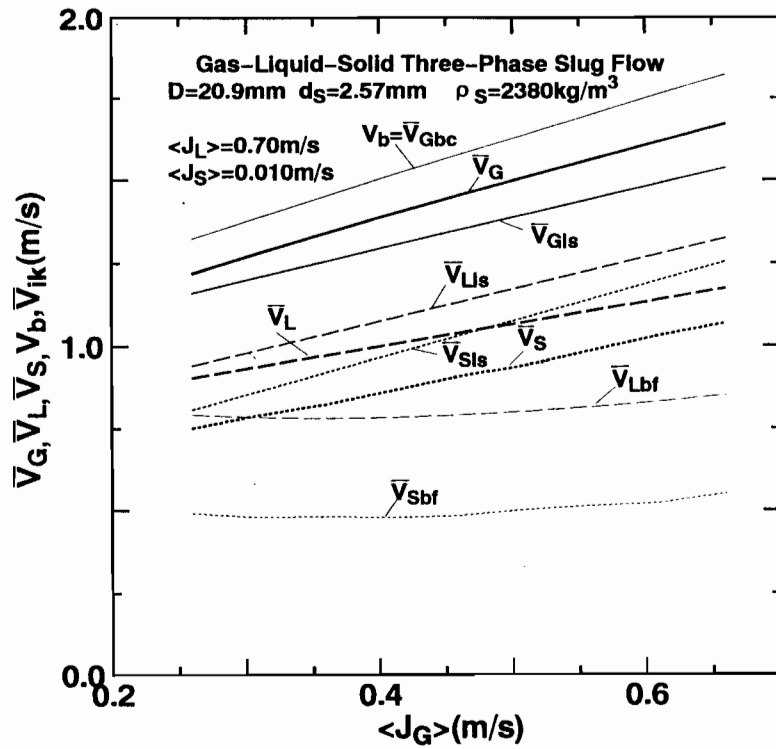
図 9-10 推算の過程で得られる諸量 (液相体積流束変化時)



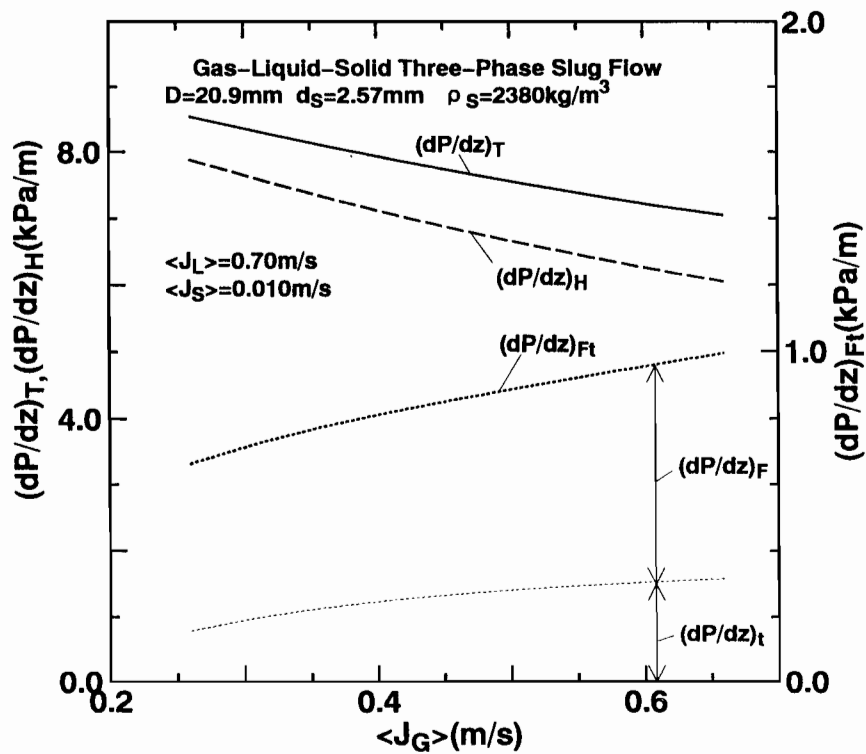
(c) 気泡後端圧力降下並びにスラグユニット平均の各圧力降下  
 図 9-10 推算の過程で得られる諸量 (液相体積流束変化時)



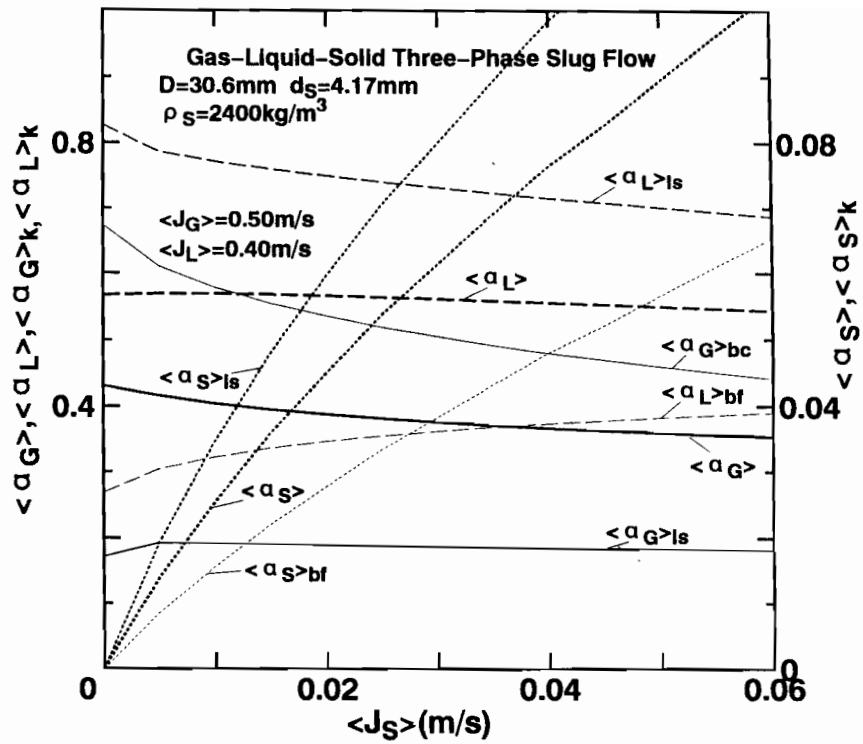
(a) 各部における各相体積率並びにスラグユニット平均の各相体積率  
 図 9-11 推算の過程で得られる諸量 (気相体積流束変化時)



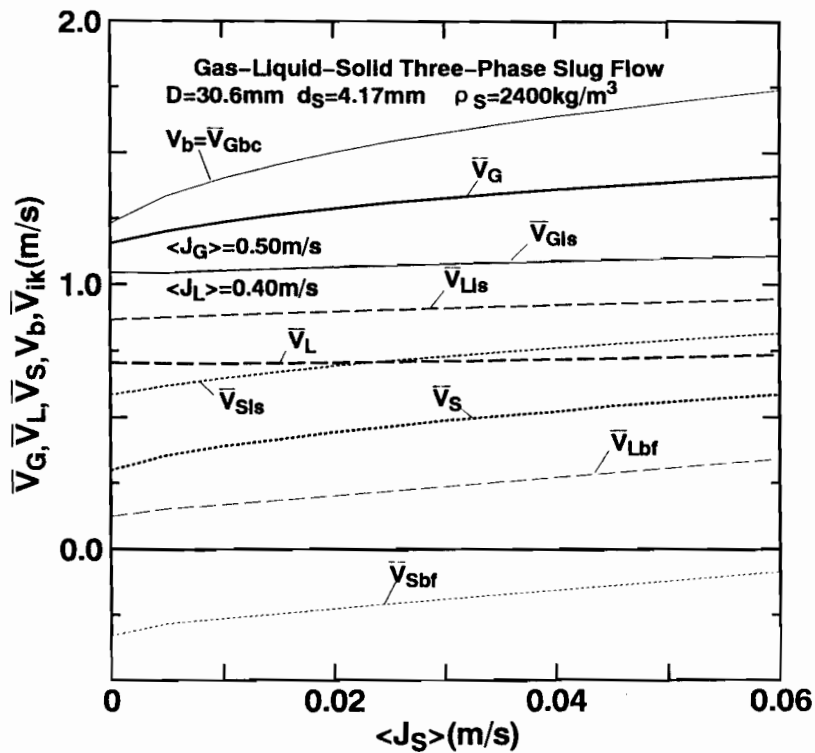
(b) 各部における各相平均速度並びにスラグユニット平均の各相平均速度



(c) 気泡後端圧力降下並びにスラグユニット平均の各圧力降下  
 図9-11 推算の過程で得られる諸量(気相体積流束変化時)

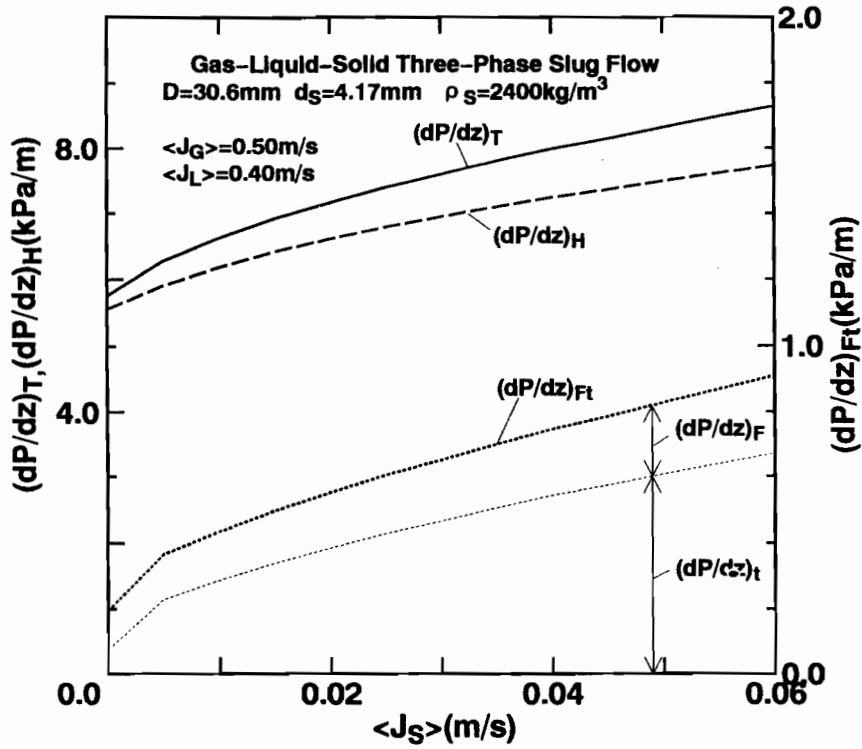


(a) 各部における各相体積率並びにスラグユニット平均の各相体積率

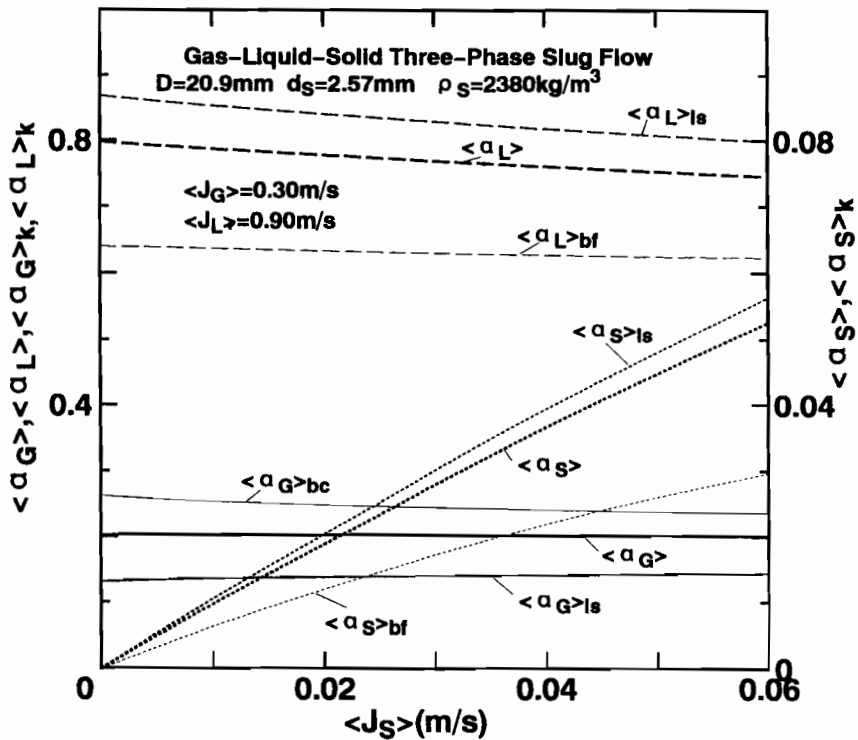


(b) 各部における各相平均速度並びにスラグユニット平均の各相平均速度

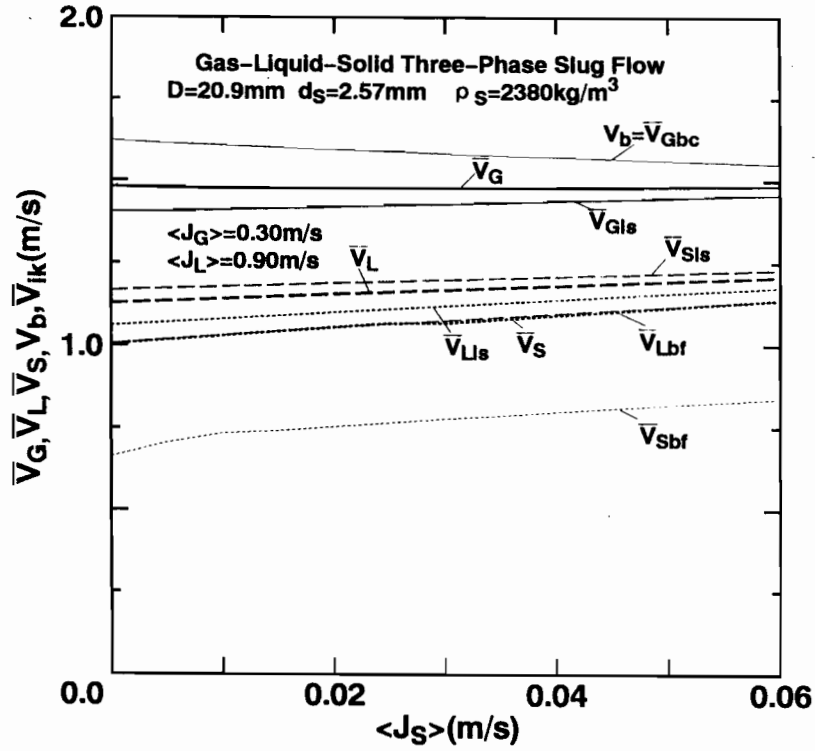
図9-12 推算の過程で得られる諸量(固相体積流束変化時、その1)



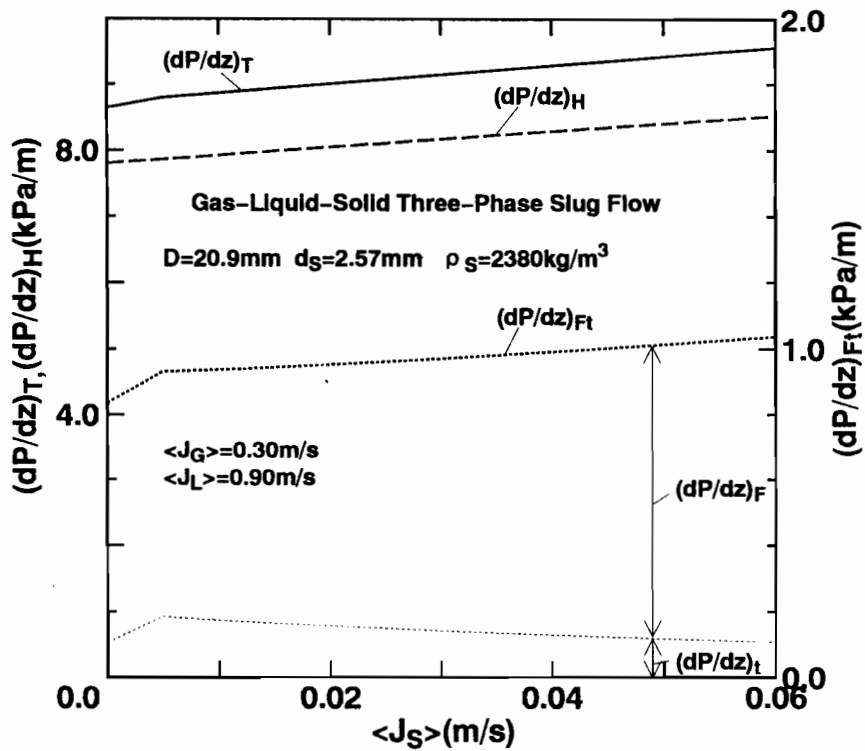
(c) 気泡後端圧力降下並びにスラグユニット平均の各圧力降下  
 図9-12 推算の過程で得られる諸量 (固相体積流束変化時、その1)



(a) 各部における各相体積率並びにスラグユニット平均の各相体積率  
 図9-13 推算の過程で得られる諸量 (固相体積流束変化時、その2)



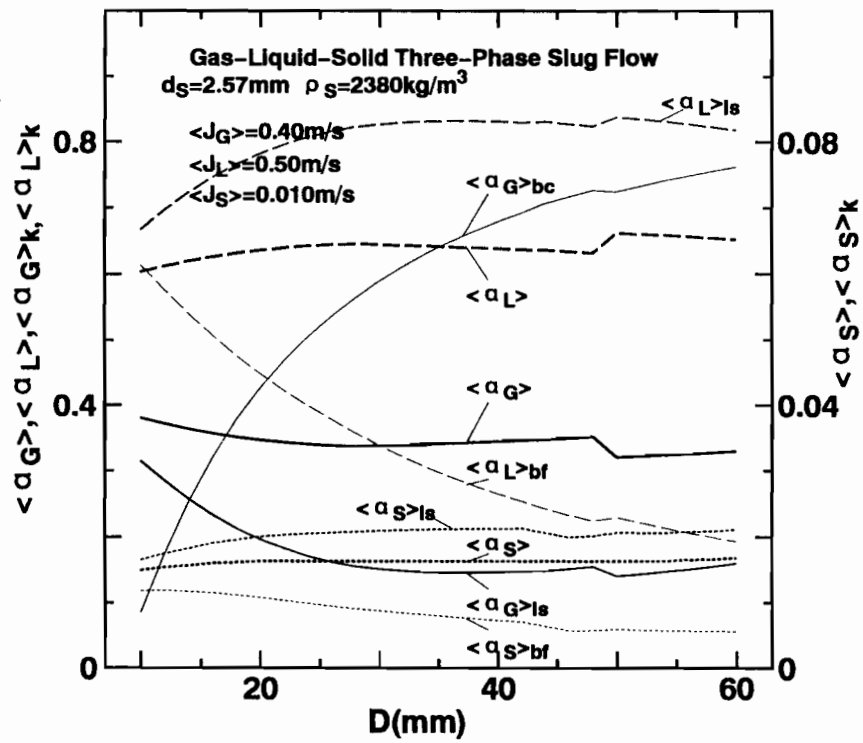
(b) 各部における各相平均速度並びにスラグユニット平均の各相平均速度



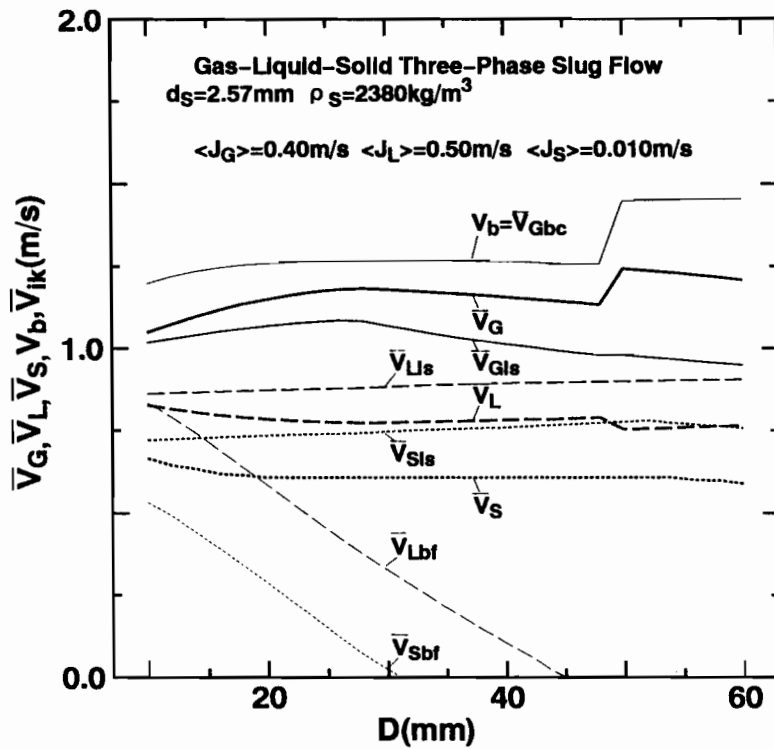
(c) 気泡後端圧力降下並びにスラグユニット平均の各圧力降下

図9-13 推算の過程で得られる諸量(固相体積流束変化時、その2)



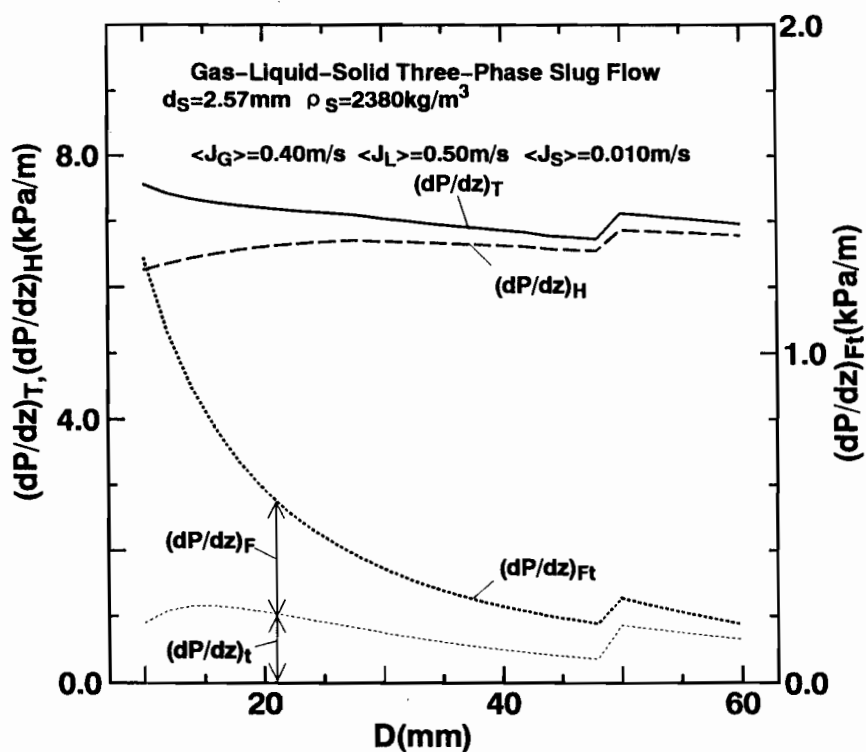


(a) 各部における各相体積率並びにスラグユニット平均の各相体積率

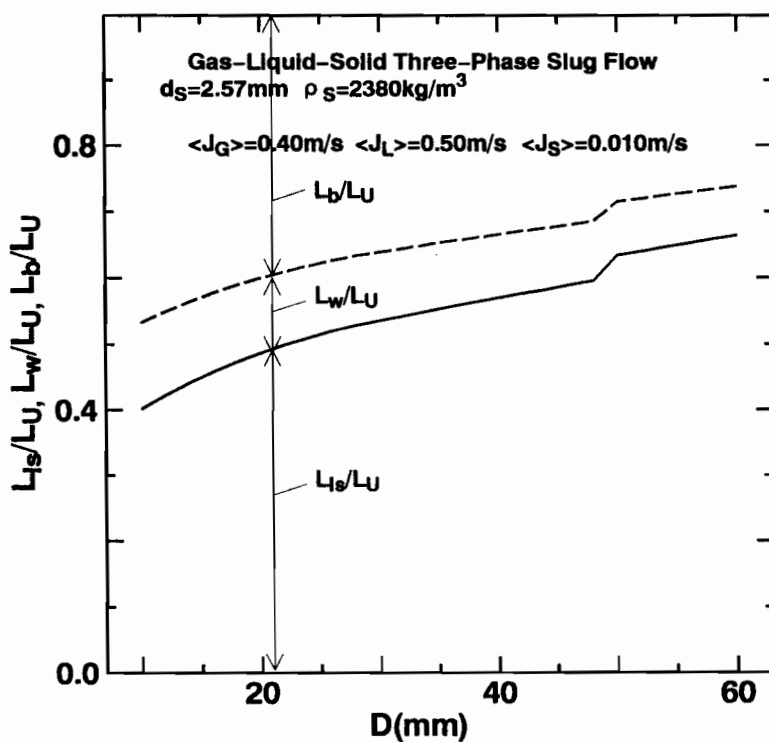


(b) 各部における各相平均速度並びにスラグユニット平均の各相平均速度

図 9-14 管内径  $D$  が変化する場合の推算の過程で得られる諸量

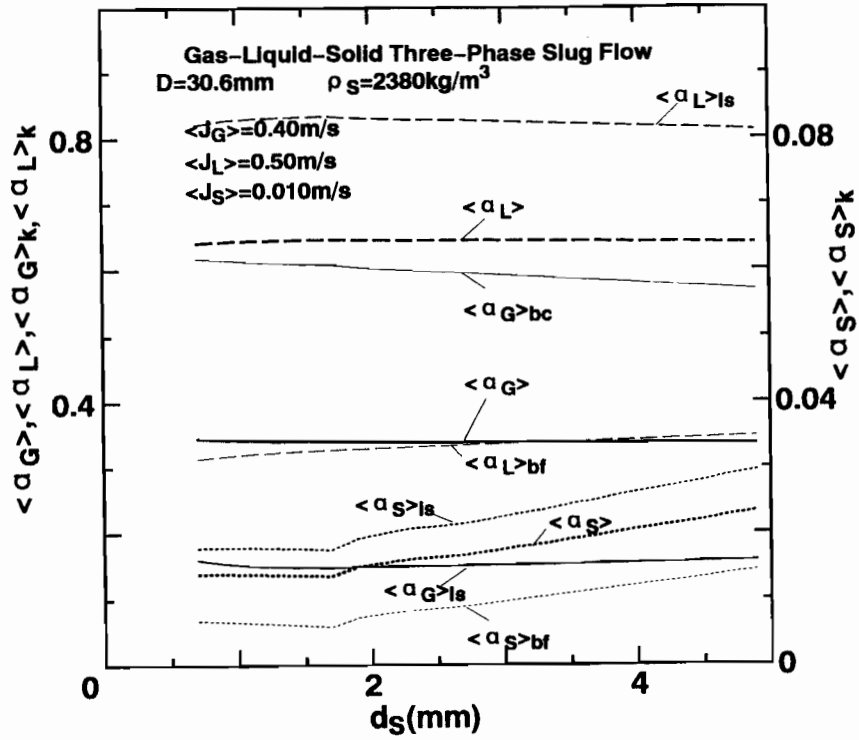


(c) 気泡後端圧力降下並びにスラグユニット平均の各圧力降下

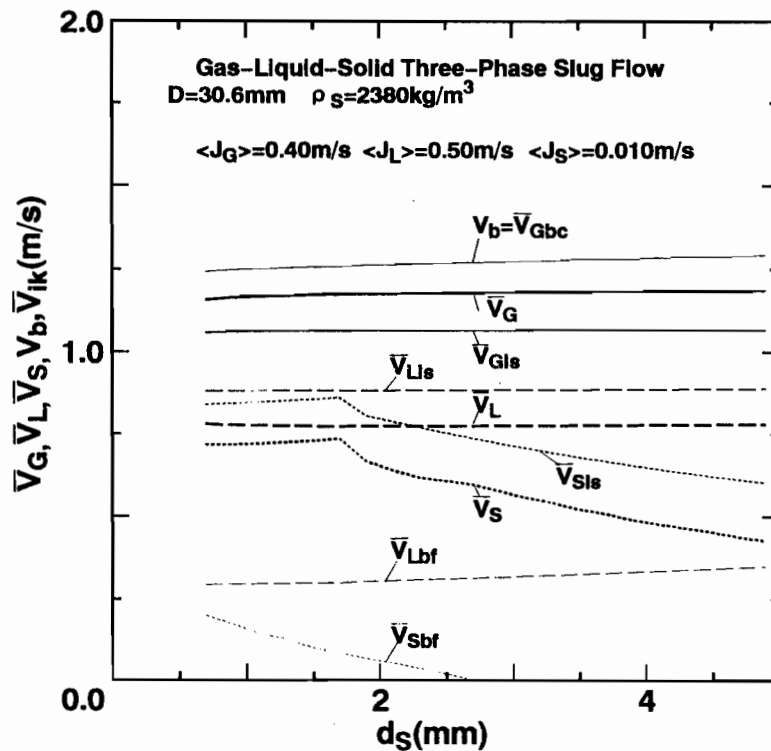


(d) 各部の長さ

図9-14 管内径Dが変化する場合の推算の過程で得られる諸量

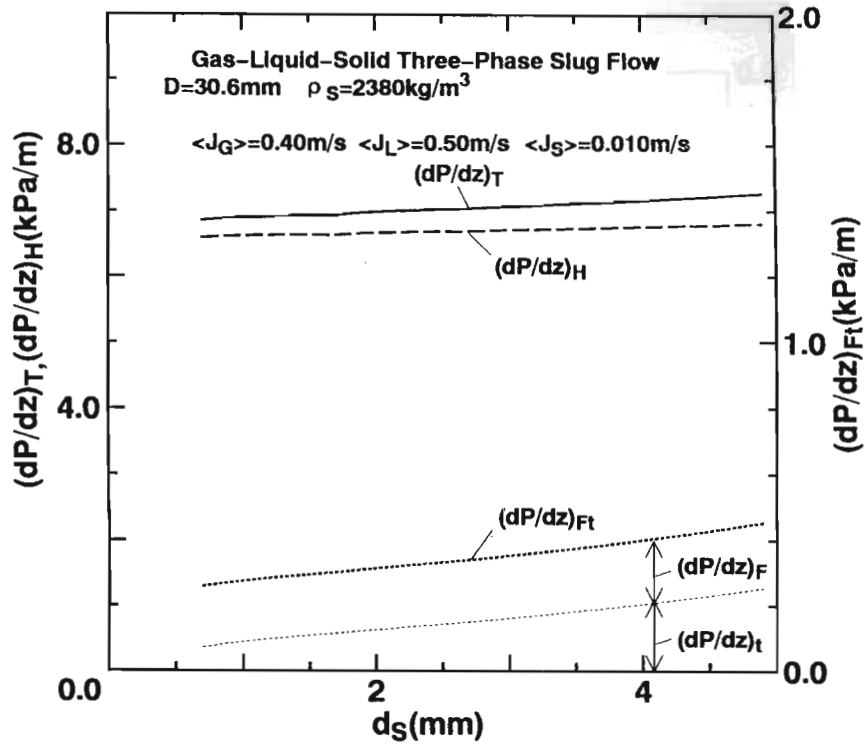


(a) 各部における各相体積率並びにスラグユニット平均の各相体積率



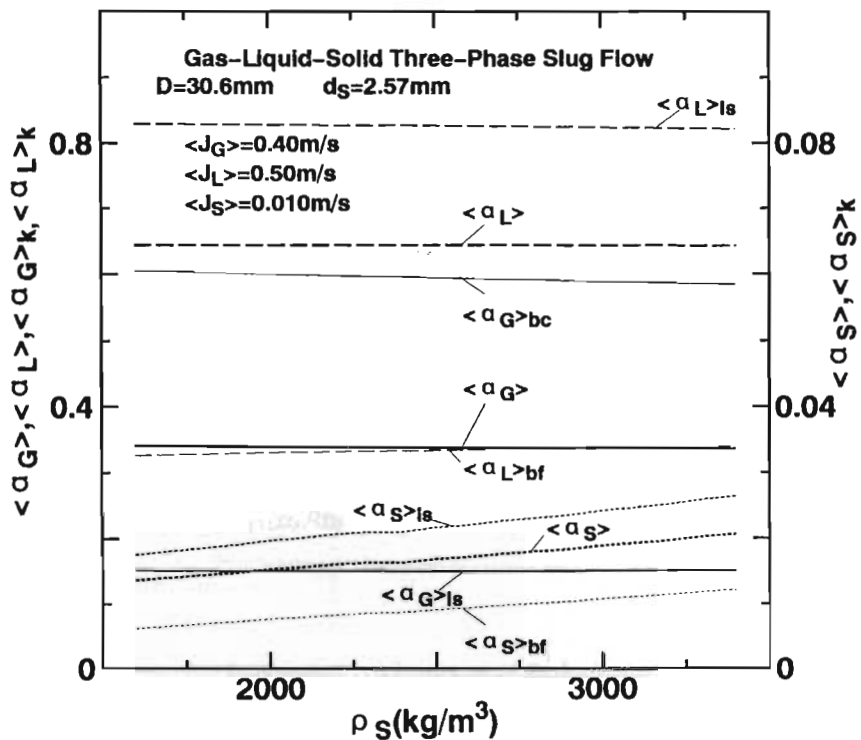
(b) 各部における各相平均速度並びにスラグユニット平均の各相平均速度

図9-15 固体粒子径  $d_s$  が変化する場合の推算の過程で得られる諸量



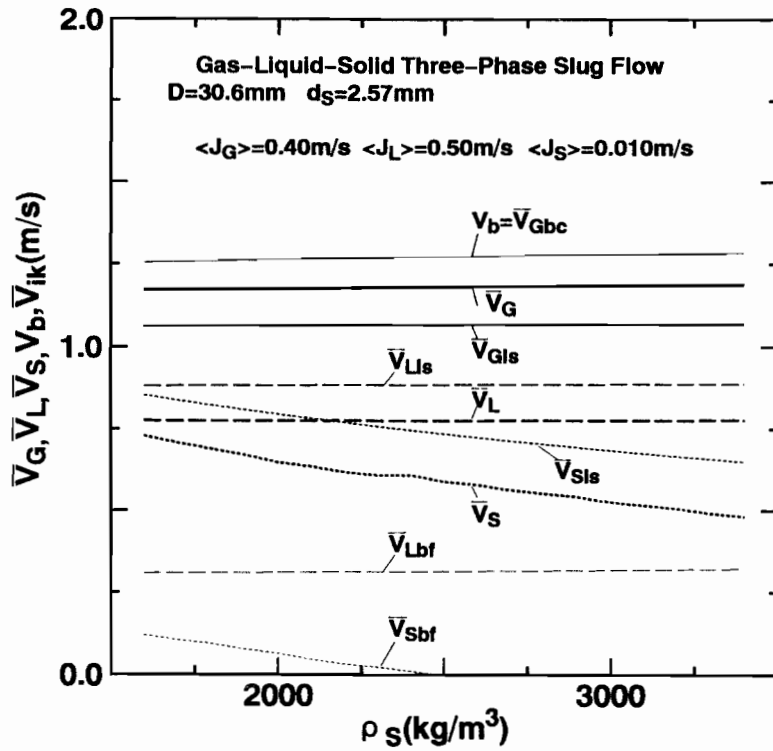
(c) 気泡後端圧力降下並びにスラグユニット平均の各圧力降下

図9-15 固体粒子径  $d_s$  が変化する場合の推算の過程で得られる諸量

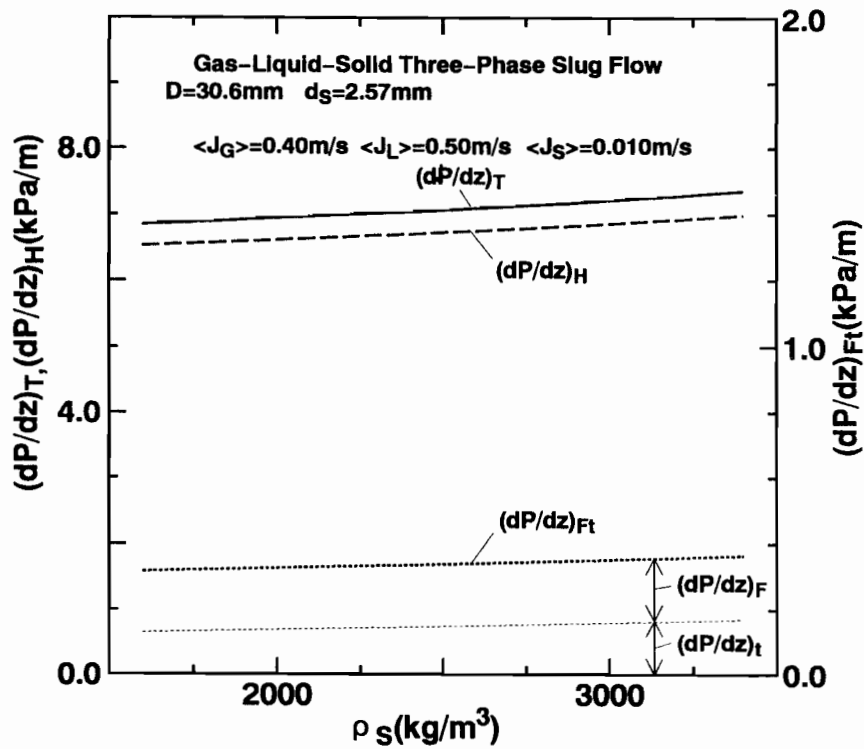


(a) 各部における各相体積率並びにスラグユニット平均の各相体積率

図9-16 固体粒子密度  $\rho_s$  が変化する場合の推算の過程で得られる諸量



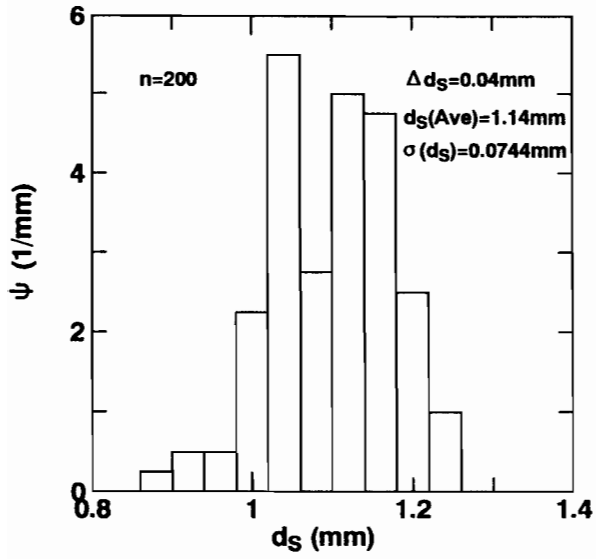
(b) 各部における各相平均速度並びにスラグユニット平均の各相平均速度



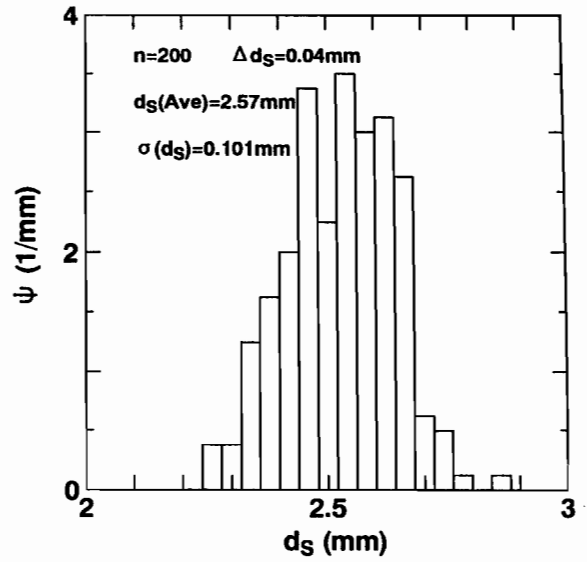
(c) 気泡後端圧力降下並びにスラグユニット平均の各圧力降下

図9-16 固体粒子密度  $\rho_s$  が変化する場合の推算の過程で得られる諸量

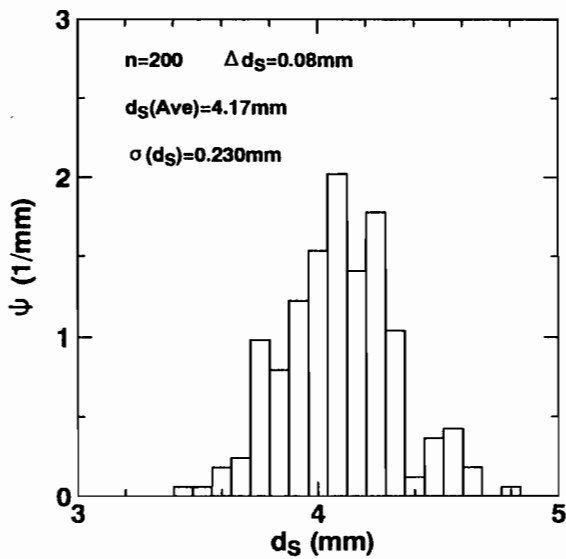
付録の図



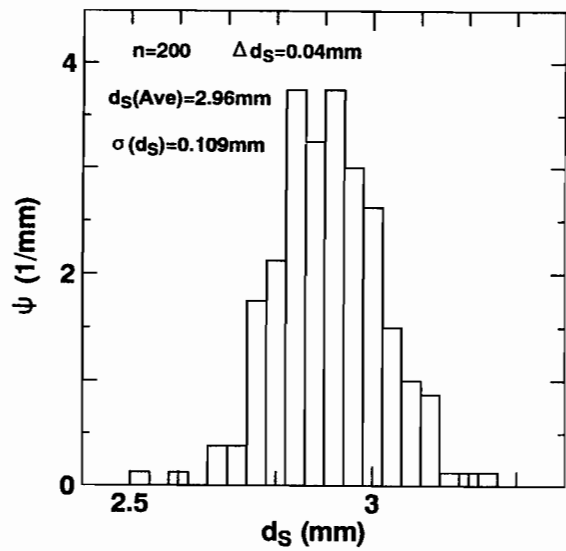
(a)  $d_s=1.14\text{mm}$



(b)  $d_s=2.57\text{mm}$

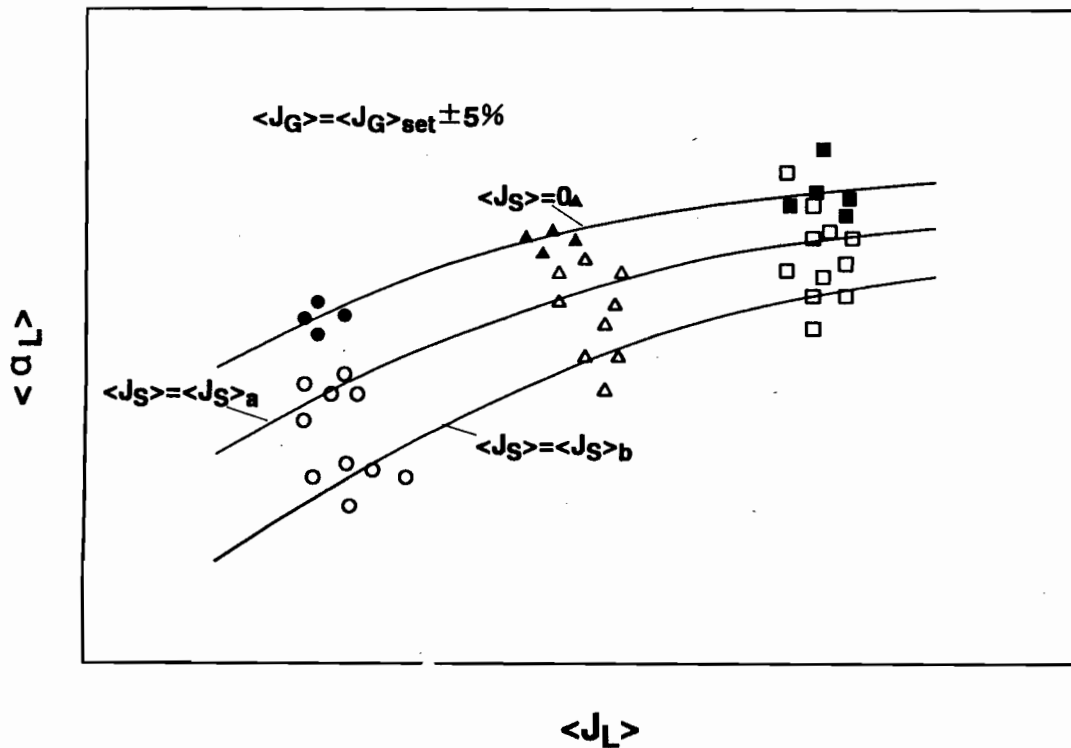


(c)  $d_s=4.17\text{mm}$

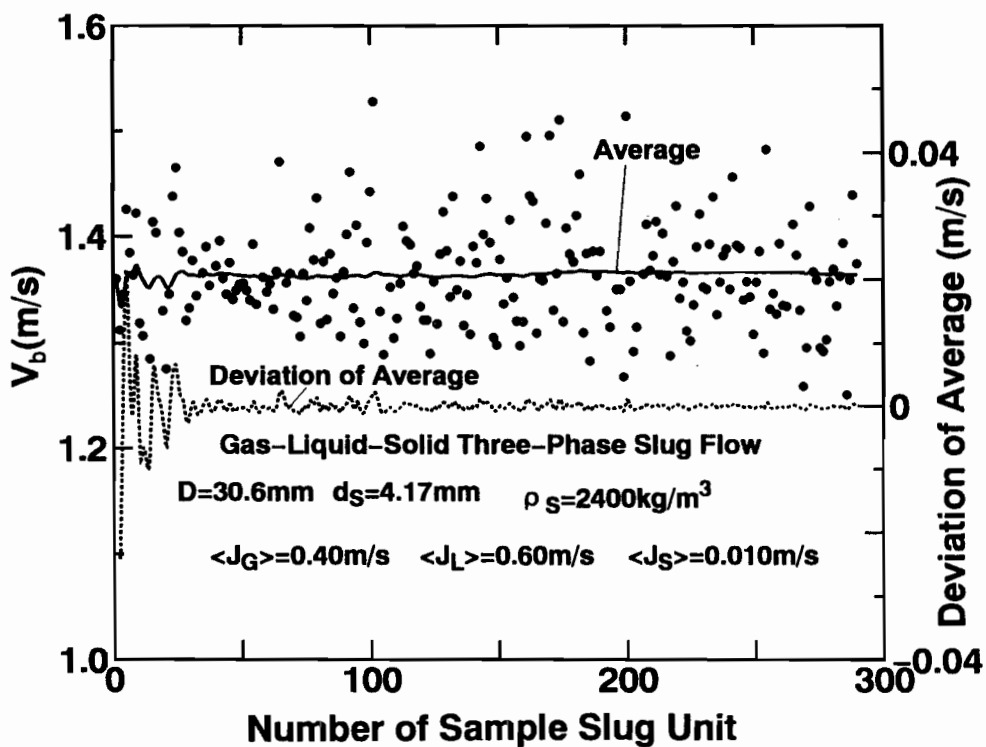


(d)  $d_s=2.96\text{mm}$

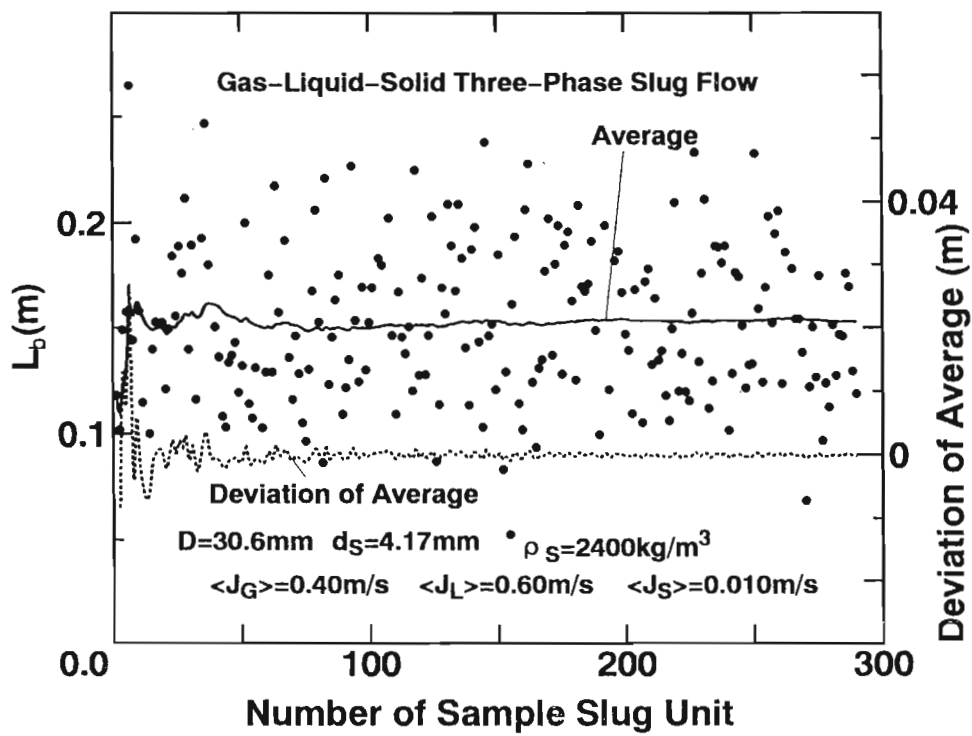
付図A 固体粒子径のヒストグラム



付図C 体積率補正值算出法



付図D-1 大気泡上昇速度のサンプル数と平均値の関係



付図D-2 大気泡長さのサンプル数と平均値の関係