

T字配管の高低温水合流部における流体・構造熱連成 数値シミュレーション手法の検証用データ

Data for validation to improve fluid-structure thermal coupled
simulation methods at a mixing tee

三好 弘二 (Koji Miyoshi) *¹

中村 晶 (Akira Nakamura) *¹

歌野原 陽一 (Yoichi Utanohara) *¹

要約 原子力発電所の配管合流部では温度差のある流体が混合することで局所的な温度変動が生じ、熱疲労が発生した事例がある。このような配管部に発生する熱応力や疲労寿命を数値シミュレーションにより予測するには、配管の温度変動を適切に再現する必要がある。しかしながら、このような複雑な流体混合現象に起因する配管の温度変動を予測することは困難であり、十分な実験データとの比較検証が不可欠である。よって、T字配管部の高低温水合流現象を対象に熱流動実験により計測した温度・流速を検証用データとして公開する。

キーワード 熱疲労, T字配管, 温度変動, 数値シミュレーション, 検証用データ

Abstract Thermal fatigue cracking has been found at the mixing tee pipes in nuclear power plants where high and low temperature fluids mix. It is important to simulate temperature fluctuations at the pipe inner surface appropriately by numerical simulations in order to predict thermal stress and fatigue life in the mixing tee. It is difficult, however, to simulate the temperature fluctuations at the tee pipe due to the complexity of the fluid mixing. Hence the simulated wall temperature has to be validated by using sufficient experimental data. The measured data for fluid velocity, fluid temperature and wall temperature in the mixing tee are reported in this paper.

Keywords thermal fatigue, T-junction pipe, temperature fluctuation, numerical simulation, validation data

1. はじめに

原子力発電所の配管合流部では温度差のある流体が混合することで局所的な温度変動が生じ、熱疲労が発生した事例がある。このような熱疲労を防止するためには、流体の混合による局所的な温度変動、熱伝達、配管の温度変動とそれに起因する応力といった複雑なプロセスを予測する必要がある。数値シミュレーションにより配管に発生する熱応力を予測するには、流体・構造熱連成シミュレーションを活用する方法がある。一方、T字配管合流部における流れの複雑さから精度よく配管の温度変動を予測することは困難であり、高精度の数値シミュレーション手法の開発に向けいくつかの研究が行われて

いる。しかしながら、構造側の温度変動予測については、十分な実験データとの比較検証が実施されていない状況である。

著者らはこれまで、T字配管の高低温水合流部における熱疲労現象を解明するため、熱流動実験を行ってきた⁽¹⁾⁻⁽⁴⁾。本報では、それらの実験で得られた測定データを数値シミュレーション手法の検証等に活用できるよう公開する。以下、熱流動実験の方法と高低温水合流部の流速、流体温度および管内表面温度の測定結果を示す。

*1 (株)原子力安全システム研究所 技術システム研究所

2. 実験装置および方法

2.1. 実験ループ

図1に実験に使用した装置T-Cubic (Transient Temperature measurement equipment at a T-junction pipe) の概略図および外観写真を示す。実験装置は、高温水タンク、低温水タンク、混合水タンク、高温水ポンプ、低温水ポンプから構成され、タンク容量は各々7 m³, 8 m³, 20 m³, ポンプ容量はともに20 m³/hである。試験流体には水道水を使用した。高温水タンク内には電熱ヒータが設けられており約90℃までの高温水が生成でき、低温水タンクには15℃まで冷却可能な熱交換器で温度調節した低温水が供給できる。鉛直上方から流れてくる高温水と水平横方向から流れてくる低温水が試験部で合流した後、混合水タンクで受け入れるワンズ・スルー方式となっている。

試験部上流側には低温水側で18D_mの位置に、高温水側で56D_bの位置に多孔板と細管の束を組み合わせた整流器を設置した。ここで、低温水側（主管

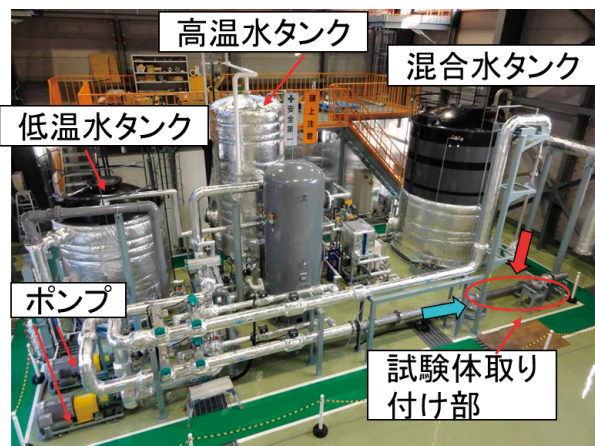
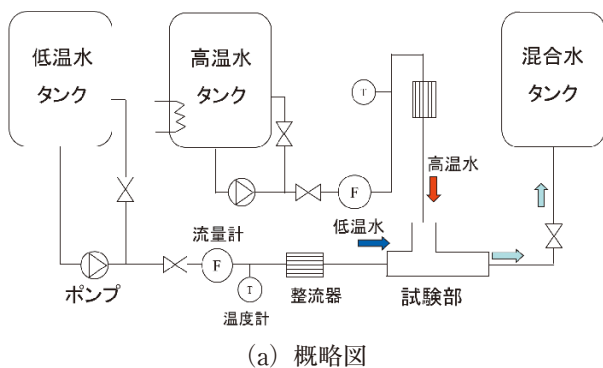


図1 実験ループ (T-Cubic)

側) 内径をD_m, 高温水側 (分岐管側) 内径をD_bとした。流量はポンプ出口に設けた弁で調整する。また、試験部入口の流体温度は整流器上流側に挿入した、非接地K型JISクラス1シース熱電対を用い測定した。

2.2. 試験部

2.2.1. 流速測定用試験体

図2に流速測定に使用する試験体の概略図を示す。試験体は透明なアクリル製であり、主管側、分岐管側の各々の管内径はD_m = 150 mm, D_b = 50 mmとした。主管側は、上流側600 mmの範囲、下流側は900 mmの範囲に、分岐管側は615 mmの範囲に、1辺300 mmの矩形のウォータージャケットを管の外周に取り付け、ジャケット内を水で満たすことで屈折率の違いが流速測定位置に与える影響を低減した。

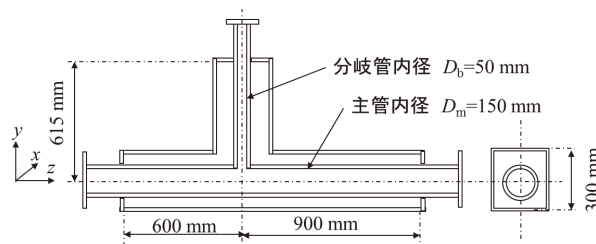


図2 流速測定用アクリル製試験体

2.2.2. 流体温度計測装置

図3に流体温度計測装置の概略図を示す。温度測定には、ツリー状に1列に並べたシース直径0.25 mmの非接地K型熱電対JISクラス1を使用した。その配列はr = 0を主管中心としてr = 0~70 mmまで5 mm間隔, r = 74 mmの16点とした。ツリーは、直径1 mm, 長さ50 mmの筒にシースを差し込み、シース先端を長さ5 mmだけ筒から出して根元はロウ付けで固定した。装置は、試験部下流から挿入し、z方向への並進、θ方向への回転により計測する。

2.2.3. 管内面温度測定用試験体

図4に管内面温度測定用試験体の概略図を示す。試験部はステンレス製であり、低温水側を主管側、高温水側を分岐管側とし、各々の管内径はD_m =

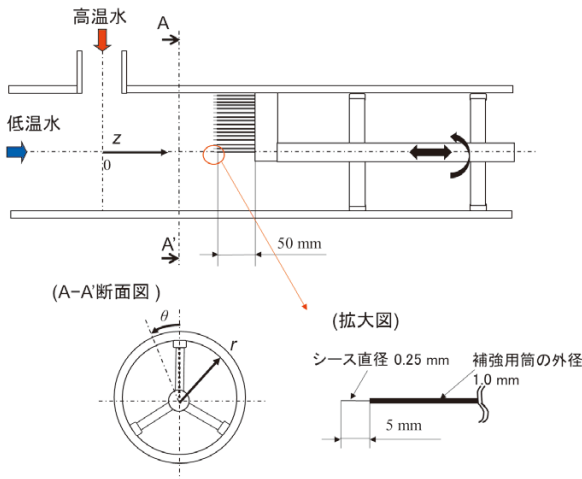


図3 流体温度計測装置

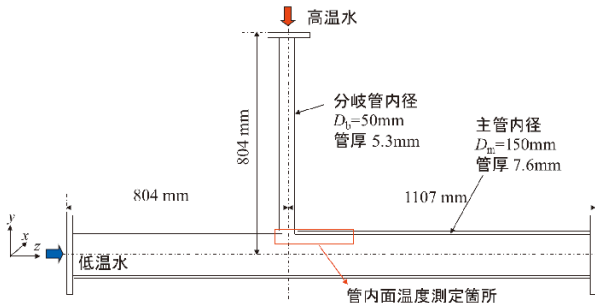


図4 管内面温度測定用試験体

150 mm, $D_b = 50$ mmである。また、管外面には断熱材を取り付けた。管内面温度の測定には、シース直径0.5 mmの非接地K型熱電対JISクラス1を使用した。熱電対は図5に示すとおり管厚7.6 mmの配管に穴をあけ外面から挿入し、内表面に加工した幅0.6 mm, 高さ0.7 mmの矩形溝に沿わせて後、Niロウ付けで固定した。ロウ付けした配管内表面は滑らかに仕上げた。図6に温度測定箇所を示す。

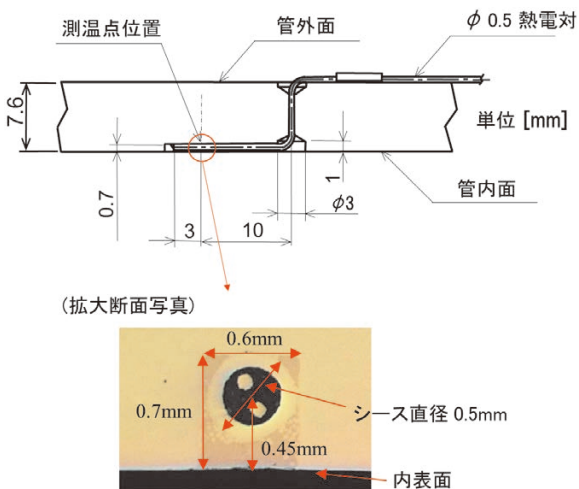


図5 熱電対取り付け概略図

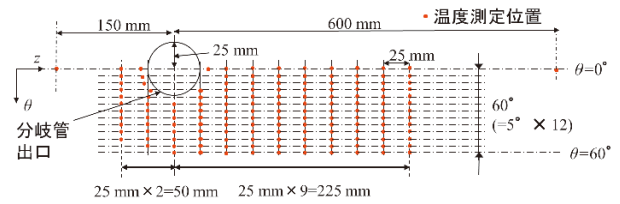


図6 管内面温度測定箇所

測定箇所を、図中の赤丸箇所に示す。 $z = -50$ mm ~ 225 mmの範囲に25 mm間隔、 $\theta = 0^\circ \sim 60^\circ$ の範囲に5°間隔、 $z = -150$ mm, 600 mmでは $\theta = 0^\circ$ の位置とした。測定総箇所数は148箇所である。ここで z は、主管と分岐管の管軸の交点を原点として、主管軸に沿った下流方向の距離で、 θ は分岐管の方向を 0° とする主管上流側からみて反時計周りの周方向角度とする。

2.3. 実験条件および方法

2.3.1. 流速分布測定

流速はレーザードップラー流速計(カノマックス製 Smart LDV II, Model 8741-S)を使用して計測した。粒子には平均粒径4.1 μ m, 密度1.02 g/ccのナイロン粒子を用い、計測サンプル数はおよそ30,000とした。試験条件を表1に示す。座標系は図2に示すとおり、主管と分岐管の管軸の交点を原点として、分岐管の鉛直上方方向を y 、主管の下流方向を z 、それらに垂直な方向を x とした。測定は主管側と分岐管側に温度差をつけず、室温の状態で行った。表1に示す管断面平均流速は、流量を流路面積で割った値とした。case1-1, 1-2では主管側および分岐管側の入口流速分布をcase1-3, 1-4では、合流後下流域における流速分布を測定した。

本実験では、分岐管からの噴流が主管の中心部まで到達せず主管壁に沿って流れる壁面噴流状態になる入口流速比で実験を行った。Kamideらは⁽⁵⁾、合流前の流れの運動量比により合流下流域における流

表1 流速分布測定試験条件

case	計測位置 [mm]	管断面平均流速 [m/s]	
		主管側	分岐管側
1-1	$z = -325$	1.00	-
1-2	$y = 175$	-	0.66
1-3	$z = 75$	0.98	0.67
1-4	$z = 150$	0.98	0.66

動様式を分類しており、壁面噴流状態では他の流動様式に比べ管壁温度変動が大きいことを示している。よって、本研究では、熱疲労評価の観点から厳しいと考えられるこの流動様式を試験条件に選定した。

2.3.2. 流体温度分布測定

流体温度測定の実験条件を表2に示す。管断面平均流速は、前節に示したとおり壁面噴流状態となるように設定した。その値は、流速分布測定条件 (case1-3, 1-4) とほぼ同じとした。また、入口流体温度については、主管側と分岐管側の温度差が約35℃になるように設定した。

熱電対からの測定データは、各チャンネル毎にA/D変換を備えた多チャンネルの同時サンプリングが可能なデータロガー (共和電業製, USB-500A, UCAM-500B) を用い、データ記録の同時性の確保に配慮した。その誤差は12.4 μ 秒であり、実験の目的からほぼ同時といえる。また、サンプリング周波数は50 Hzとした。

熱電対の記録データは、熱電対単体とデータロガーの誤差による総合誤差が含まれることになる。よって、その誤差を低減するため、白金測温抵抗体タイプの基準温度計を挿入し、静水状態で校正式を作成し、測定データを校正処理した。その誤差は、0.12℃以下であった。

シース熱電対を用いた流体温度測定では、測温位置とシース周囲の流体位置までは、熱電対シースの半径分は離れることとなる。その結果、シース半径の大きさによっては、温度振幅の減衰や位相遅れによる応答誤差が生じる可能性がある。しかしながら、シース直径0.25mmの熱電対に対し、熱伝導解析により誤差評価を行ったところ、温度変動振幅で0.10℃以下と小さかった⁽²⁾。よって、流体温度データは、熱電対の測定結果をそのまま用いた。

2.3.3. 管内面温度分布測定

管内面温度分布測定の実験条件を表3に示す。管断面平均流速は、前節に示した流体温度測定条件とほぼ同じとなるように設定した。温度測定用のデータロガーは、前節に示した流体温度測定と同じ装置を使用した。また、サンプリング周波数は50 Hzとした。

表2 流体温度測定試験条件

case	計測位置		入口流体温度 [°C]		管断面平均流速 [m/s]	
	z [mm]	θ [°]	主管側	分岐管側	主管側	分岐管側
2-1	25	15	25.5	60.4	0.99	0.67
2-2	25	20	14.0	48.6	0.95	0.65
2-3	25	25	25.5	61.1	1.00	0.66
2-4	25	30	25.5	60.2	0.99	0.67
2-5	25	35	25.2	59.9	0.99	0.66
2-6	25	40	25.9	59.9	1.00	0.67
2-7	25	45	25.5	59.6	0.99	0.67
2-8	25	50	25.1	59.7	1.01	0.67
2-9	25	55	25.9	59.0	1.00	0.67
2-10	25	60	26.0	58.9	0.98	0.67
2-11	50	0	14.4	50.9	1.02	0.67
2-12	50	5	26.0	59.0	0.99	0.66
2-13	50	10	25.7	60.6	0.99	0.67
2-14	50	15	25.6	59.8	0.97	0.66
2-15	50	20	25.6	59.6	0.99	0.66
2-16	50	25	26.7	61.1	1.00	0.67
2-17	50	30	26.4	61.3	1.00	0.66
2-18	50	35	26.2	61.6	0.99	0.66
2-19	50	40	28.0	59.8	1.01	0.67
2-20	50	45	26.8	60.8	0.99	0.67
2-21	50	50	26.5	62.3	0.99	0.67
2-22	50	55	26.0	61.2	0.99	0.67
2-23	50	60	25.4	61.1	0.99	0.67
2-24	75	0	14.6	49.9	0.99	0.66
2-25	75	5	15.6	48.8	0.98	0.66
2-26	75	10	16.0	49.5	1.00	0.66
2-27	75	15	16.1	48.8	0.98	0.66
2-28	75	20	15.9	50.3	0.97	0.66
2-29	75	25	15.9	50.4	1.00	0.66
2-30	75	30	15.8	49.6	1.00	0.66
2-31	75	35	16.9	50.2	0.98	0.66
2-32	75	40	17.3	50.5	0.98	0.65
2-33	75	45	17.0	51.7	0.99	0.67
2-34	75	50	17.1	53.2	1.01	0.66
2-35	75	55	17.4	51.9	0.99	0.67
2-36	75	60	18.1	51.6	1.00	0.66
2-37	100	0	15.0	49.1	0.99	0.66
2-38	100	5	18.6	53.4	1.00	0.66
2-39	100	10	18.6	53.7	1.00	0.66
2-40	100	15	18.8	53.3	0.97	0.67

表2 流体温度測定試験条件 (つづき)

case	計測位置		入口流体温度 [°C]		管断面平均流速 [m/s]	
	z [mm]	θ [°]	主管側	分岐管側	主管側	分岐管側
2-41	100	20	18.9	53.5	0.99	0.66
2-42	100	25	18.9	53.0	0.98	0.66
2-43	100	30	18.8	52.9	0.99	0.66
2-44	100	35	18.5	53.3	1.00	0.66
2-45	100	40	19.9	54.4	0.98	0.67
2-46	100	45	20.0	54.1	0.97	0.66
2-47	100	50	20.4	54.5	1.00	0.65
2-48	100	55	21.8	54.6	0.99	0.66
2-49	100	60	22.1	54.4	0.99	0.66
2-50	125	0	22.3	55.2	1.00	0.66
2-51	125	5	22.2	54.9	0.98	0.66
2-52	125	10	22.6	55.0	0.99	0.67
2-53	125	15	22.3	58.6	0.98	0.65
2-54	125	20	22.2	57.2	0.99	0.66
2-55	125	25	22.2	56.4	0.98	0.66
2-56	125	30	21.8	56.0	1.00	0.66
2-57	125	35	22.5	55.4	0.99	0.66
2-58	125	40	22.3	57.1	0.99	0.66
2-59	125	45	22.1	58.0	1.00	0.65
2-60	125	50	22.2	56.8	1.00	0.65
2-61	125	55	23.6	55.8	1.00	0.66
2-62	125	60	22.9	57.2	0.99	0.67
2-63	150	0	18.3	53.2	1.00	0.66
2-64	150	5	18.4	53.3	0.99	0.66
2-65	150	10	22.6	57.2	0.98	0.66
2-66	150	15	24.4	56.1	0.99	0.66
2-67	150	20	23.9	57.7	1.01	0.65
2-68	150	25	23.7	57.9	0.99	0.66
2-69	150	30	24.7	57.8	1.01	0.66
2-70	150	35	24.2	60.5	0.98	0.66
2-71	150	40	24.0	59.1	1.00	0.66
2-72	150	45	24.3	57.3	0.99	0.66
2-73	150	50	25.1	58.2	1.00	0.66
2-74	150	55	24.2	59.3	0.99	0.66
2-75	150	60	24.1	58.5	0.99	0.67

表3 管内面温度分布測定試験条件

入口流体温度 [°C]		温度差 [K]	管断面平均流速 [m/s]	
主管側	分岐管側		主管側	分岐管側
25.7	59.8	34.1	0.99	0.66

前節同様、白金測温抵抗体タイプの基準温度計を挿入し、静水状態で校正式を作成し、測定データを校正処理した。その誤差は、0.42 °C 以下であった。

図5の熱電対取り付け断面写真に示したとおり熱電対の測定点は管内表面より0.45 mm 離れており厳密には管内表面温度データではない。よって、ここでは、以下の手法で測定データから管内表面温度を算出した⁽⁶⁾。

- ① 熱電対で温度データを測定。
- ② ①で得られたデータをFFT (高速フーリエ変換) 解析し周波数領域に変換。
- ③ あらかじめ用意した配管内表面温度と熱電対測温点位置の温度に関する伝達関数を熱伝導解析で作成。
- ④ ③で作成した伝達関数の逆関数を用い②の結果に対し振幅・位相を処理。
- ⑤ ④で処理した温度変動値を逆FFT解析し時間領域に変換。

詳細は既報⁽⁶⁾を参照されたい。以降記載する実験結果の管内表面温度は、上記手法で計測データを処理した結果である。

3. 実験結果

3.1. 速度分布

図7に試験条件 case1-1,1-2 に対する合流前の入口流速分布測定結果を示す。主管側はz方向の時間平均流速wとその変動強度w'を、分岐管側は-y方向の時間平均流速vとその変動強度v'を示した。各々の分布は流れに垂直なy軸, x軸上の値である。変動強度はそのデータの標準偏差とした。値は各々管断面平均流速で無次元化した。図中にはあわせて次式で示す指数法則の値を実線で示した。

$$w = \frac{(n+1)(2n+1)}{2n^2} V_m \left(1 - \frac{|y|}{R_m} \right)^{1/n} \quad (1)$$

$$v = \frac{(n+1)(2n+1)}{2n^2} V_b \left(1 - \frac{|x|}{R_b} \right)^{1/n} \quad (2)$$

$$n = 3.45 Re^{0.07} \quad (3)$$

ここで、 R_m , R_b , V_m , V_b は、主管および分岐管の半径、管断面平均流速である。また、 n は、Nikuradse の式から算出した。測定結果から、合流

部上流の流速分布は主管，分岐管ともにほぼ発達した分布となっていることが確認できる。

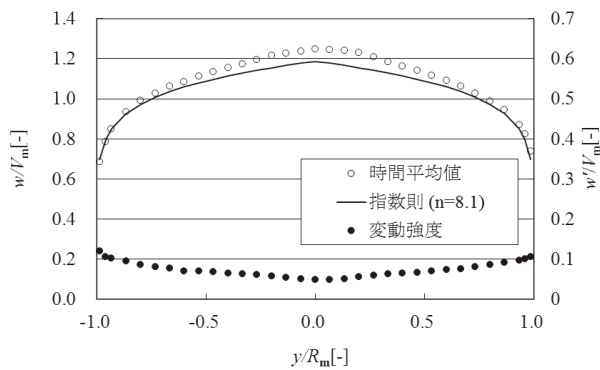
図8に試験条件case1-3,14の合流部下流 $z = 75, 150 \text{ mm}$ における y 軸上の時間平均流速分布を，図9にその変動強度を示す。値は合流後の管断面平均流速（ $= V_{mix}$ ）で無次元化した。

3.2. 流体温度分布

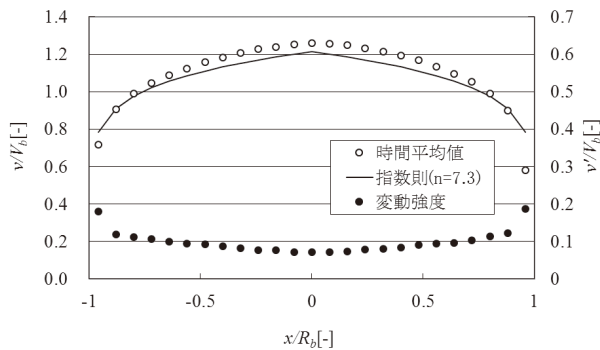
図10に $z = 25, 50, 75, 100, 125, 150 \text{ mm}$ における流体の時間平均温度の $\theta = 0^\circ \sim 60^\circ$ の範囲の分布を，図11にそれらの流体温度の変動強度分布を示す。ただし， $z = 25 \text{ mm}$ における $\theta = 0^\circ \sim 15^\circ$ の範囲の温度は，分岐管からの噴流による熱電対の破損の可能性があることから測定していない。座標系 r, θ, z の定義を，図3に示す。

時間平均温度は，次式で示すとおり，160秒間の時系列データの時間平均温度 $T_{f,ave}$ を無次元化して示した。

$$T_{f,ave}^* = \frac{T_{f,ave} - T_m}{T_b - T_m} \quad (4)$$

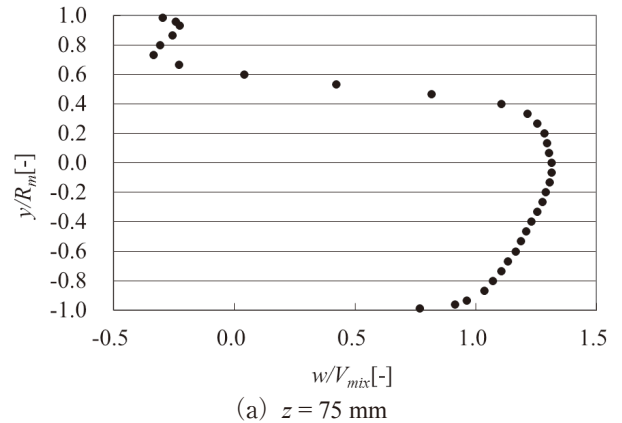


(a) 主管側 ($z = -325 \text{ mm}$)

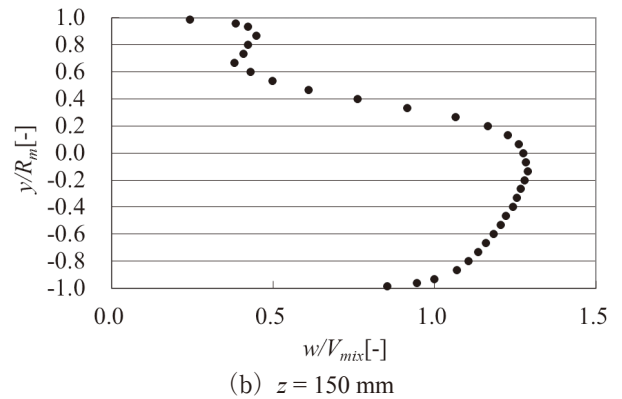


(b) 分岐管側 ($y = 175 \text{ mm}$)

図7 合流前入口流速分布

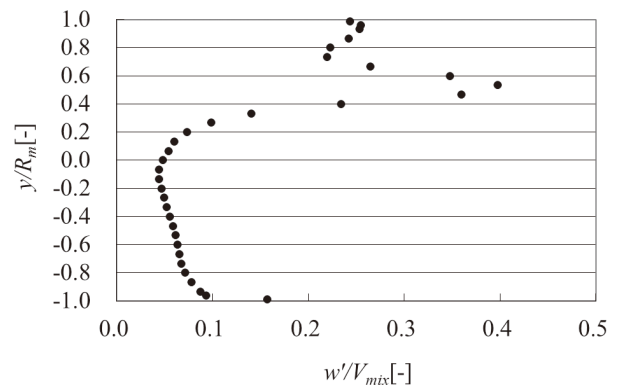


(a) $z = 75 \text{ mm}$

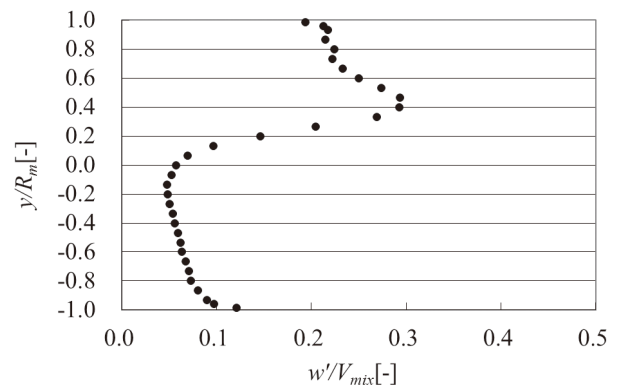


(b) $z = 150 \text{ mm}$

図8 合流部下流の時間平均流速分布



(a) $z = 75 \text{ mm}$ (case1-3)



(b) $z = 150 \text{ mm}$ (case1-4)

図9 合流部下流の流速変動強度分布

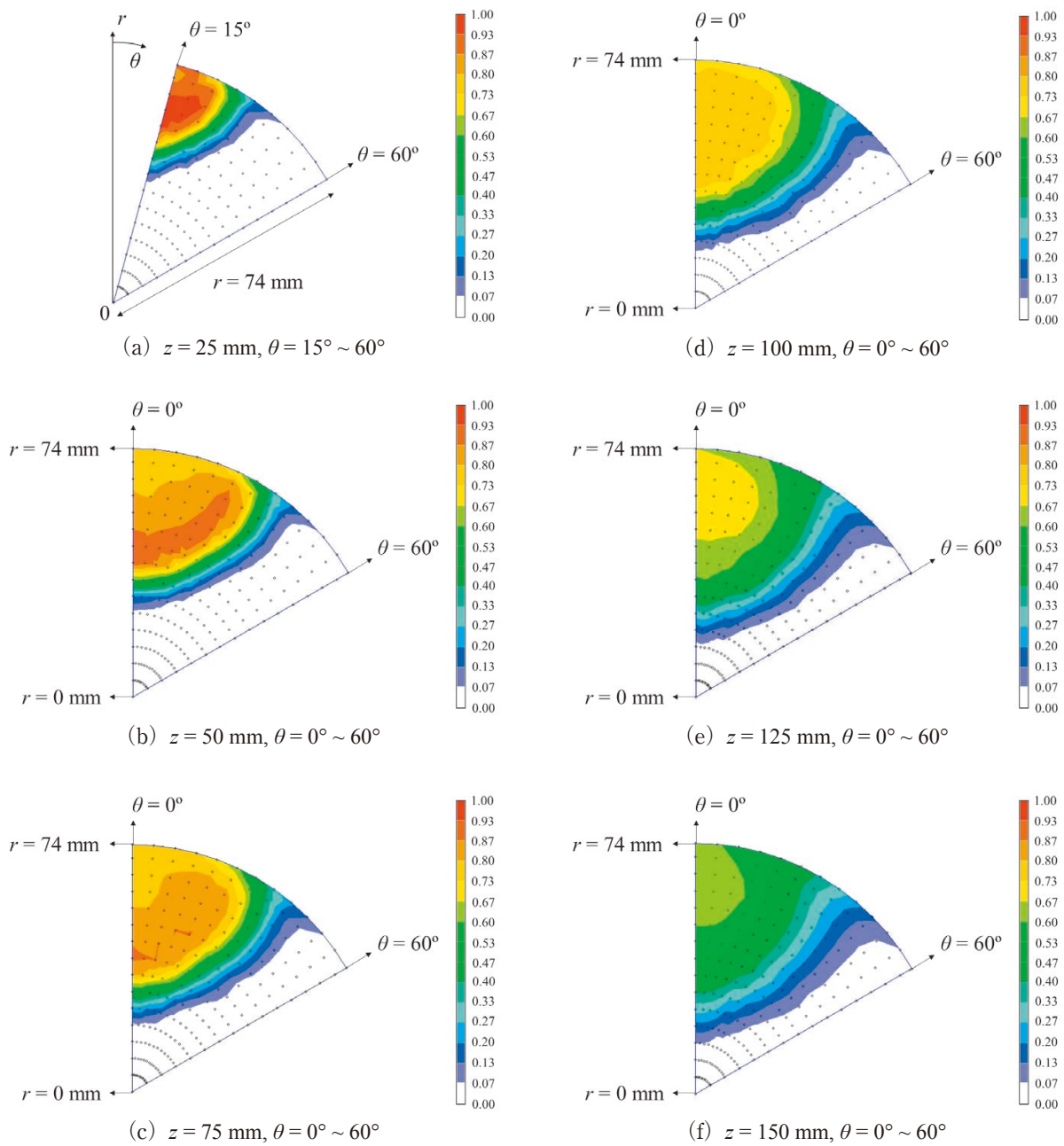


図10 流体の時間平均温度分布

ここで、主管の入口流体温度を T_m 、分岐管の入口流体温度を T_b とした。温度変動強度は、以下の式で定義した。

$$T_{f,rms}^* = \frac{T_{f,rms}}{T_b - T_m} \quad (5)$$

$$T_{f,rms}^* = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (T_{f,i} - T_{f,ave})^2}{N}} \quad (6)$$

160秒間の温度データを統計処理しており、測定サンプリング周期は0.02秒としたことから $N = 8000$ となる。

3.3. 管内面温度分布

図12に、 $z = 25, 50, 75, 100, 125, 150 \text{ mm}$ における主管内面温度の時間平均値の周方向分布を示す。時間平均温度は、次式で示すとおり、160秒間の時系列データの時間平均温度 T_{wave} を無次元化した。

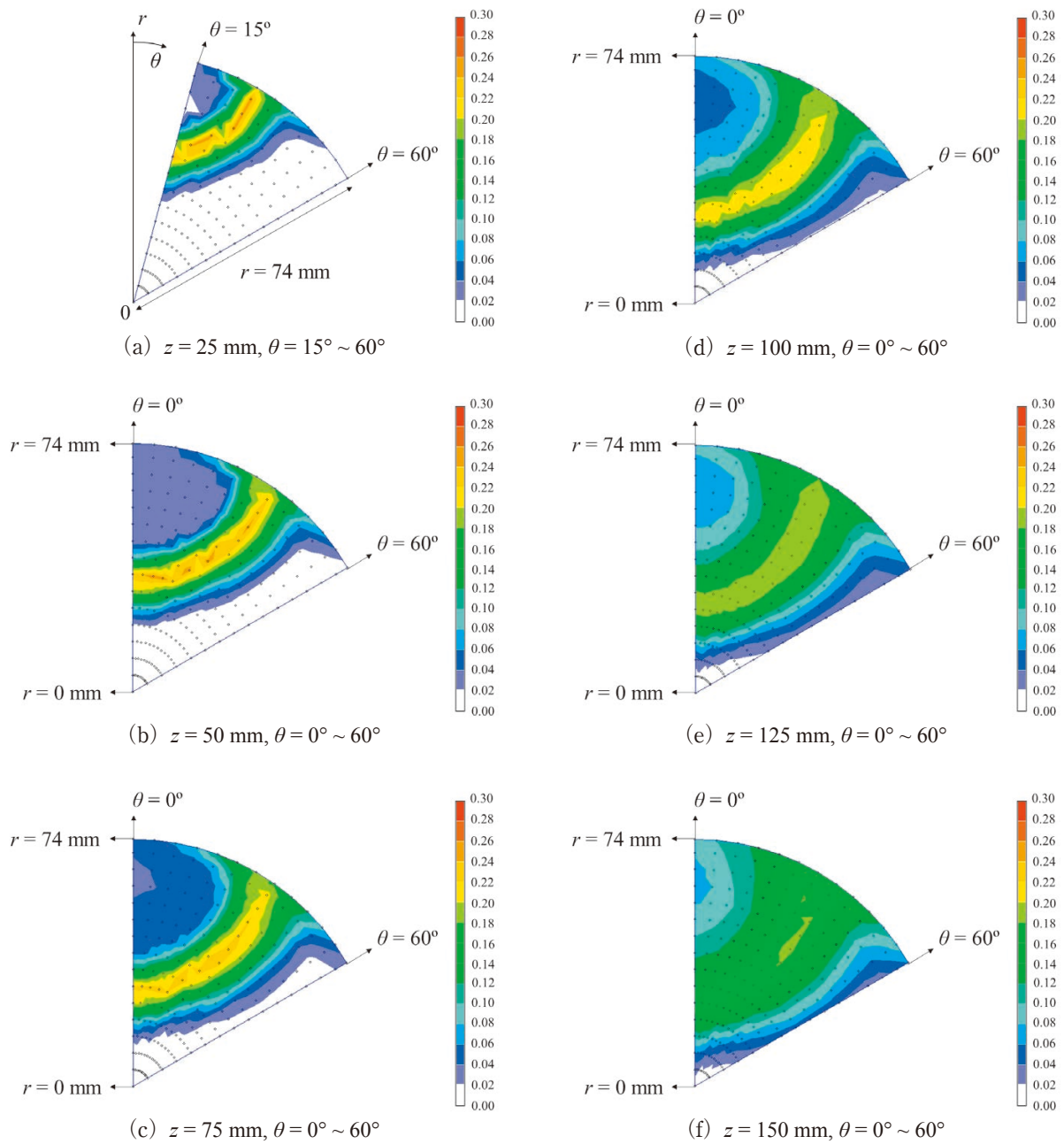


図11 流体の温度変動強度分布

$$T_{w,ave}^* = \frac{T_{w,ave} - T_m}{T_b - T_m} \quad (7)$$

図13に、 $z = 25, 50, 75, 100, 125, 150$ mmにおける主管内面温度の温度変動強度の周方向分布を示す。温度変動強度は、次式で定義した。

$$T_{w,rms}^* = \frac{T_{w,rms}}{T_b - T_m} \quad (8)$$

$$T_{w,rms}^* = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (T_{w,i} - T_{w,ave})^2}{N}} \quad (9)$$

160秒間の温度データを統計処理しており、測定サンプリング周期は0.02秒としたことから $N = 8000$ となる。

疲労評価では、発生する応力の変動範囲 (=最大値 - 最小値) を用いるため、管内面に発生する温度の変動範囲を適切に予測することが重要である。よって、ここでは温度変動強度だけでなく、次式で定義する無次元化した温度変動範囲の値も示した。

$$T_{w,max-min}^* = \frac{T_{w,max} - T_{w,min}}{T_b - T_m} \quad (10)$$

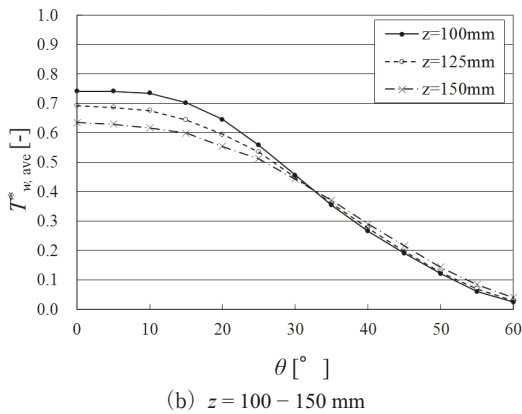
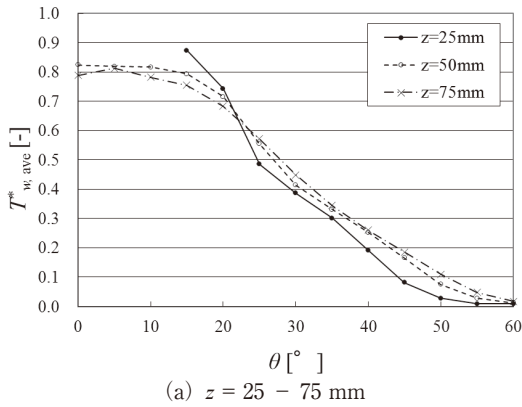


図12 管内面の時間平均温度分布

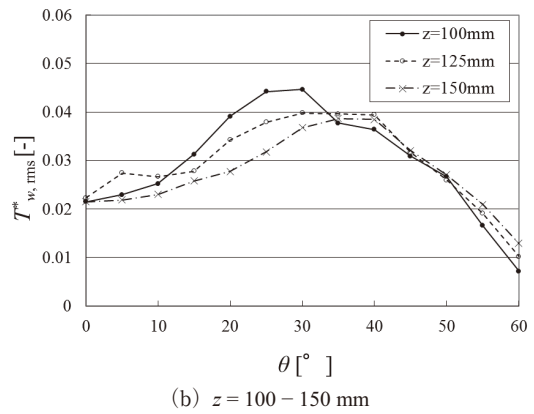
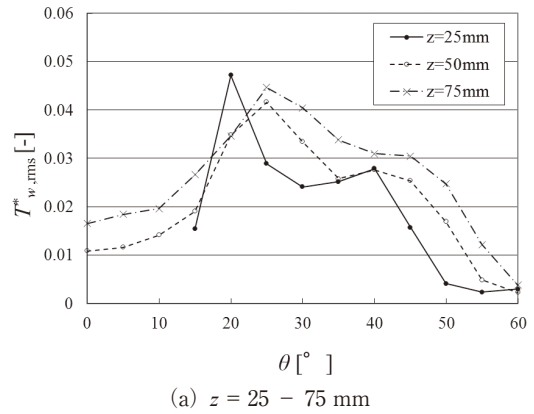


図13 管内面の温度変動強度分布

ここで、 $T_{w,max}$ および $T_{w,min}$ は160秒間の管内面温度変動の最大値と最小値とした。図14に $z = 25, 50, 75, 100, 125, 150$ mmにおける主管内面温度の温度変動範囲の周方向分布を示す。

4. データ使用時の注意事項

本データを使用した成果を公開する場合は、以下の文献を引用元とし明記されたい。

「三好弘二, 中村晶, 歌野原陽一, T字配管の高低温水合流部における流体・構造熱連成数値シミュレーション手法の検証用データ, INSS JOURNAL, Vol.25, (2018)」

付表のエクセルデータの送付を希望する場合は、当社ホームページ問い合わせ窓口の本資料のエクセルデータ送付希望の旨ご連絡願います。

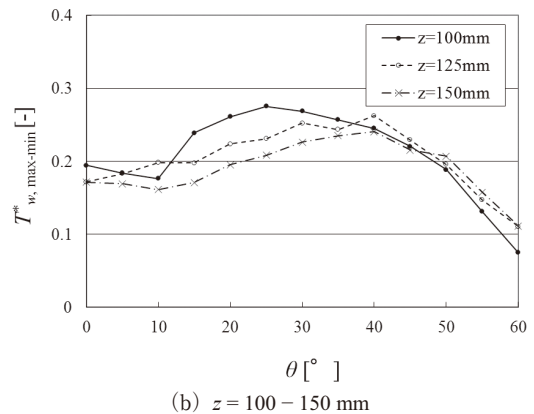
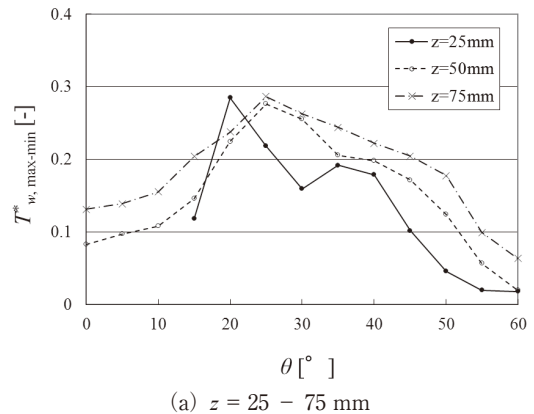


図14 管内面の温度変動範囲分布

文 献

- (1) 三好弘二, 中村晶, 歌野原陽一, T字配管部の熱疲労評価手法の高度化に向けた管壁温度特性の解明, INSS JOURNAL, Vol.20, (2013), pp.45-55.
- (2) 三好弘二, 中村晶, 歌野原陽一, T字配管部の流体温度ゆらぎによる熱応力特性の解明, INSS JOURNAL, Vol.21, (2014), pp.86-98.
- (3) Miyoshi, K., Nakamura, A., Utanohara, Y. and Takenaka, N., "An investigation of wall temperature characteristics to evaluate thermal fatigue at a T-junction pipe", Mechanical Engineering Journal, Vol.1, No.5, (2014), DOI:10.1299/mej.2014tep0050.
- (4) Miyoshi, K., Kamaya, M., Utanohara, Y. and Nakamura, A., "An investigation of thermal stress characteristics by wall temperature measurements at a mixing tee", Nuclear Engineering and Design Vol.298, (2016), pp.109-120.
- (5) Kamide, H., Igarashi, M., Kawashima, S., Kimura, N. and Hayashi, K., "Study on mixing behavior in a tee piping and numerical analyses for evaluation of thermal striping," Nuclear Engineering and Design, 239, (2009), pp.58-67.
- (6) Miyoshi, K., Nakamura, A. and Takenaka, N., "Numerical evaluation of wall temperature measurement method developed to estimate thermal stress at T-junction pipe", Mechanical Engineering Journal, Vol.1, No.2, (2014), DOI:10.1299/mej.2014tep0006.

付 録

本文中の図に記載した測定値を以下の付表に記す。

付表1 図7(a)の元データ

y/R_m	時間平均値	変動強度	y/R_m	時間平均値	変動強度
0.987	0.740	0.106	-0.067	1.24	0.0502
0.960	0.825	0.100	-0.133	1.23	0.0531
0.933	0.870	0.0969	-0.200	1.22	0.0568
0.867	0.945	0.0912	-0.267	1.20	0.0610
0.800	0.989	0.0855	-0.333	1.18	0.0635
0.733	1.03	0.0803	-0.400	1.16	0.0641
0.667	1.06	0.0746	-0.467	1.14	0.0681
0.600	1.09	0.0726	-0.533	1.11	0.0702
0.533	1.12	0.0689	-0.600	1.09	0.0701
0.467	1.14	0.0670	-0.667	1.06	0.0774
0.400	1.16	0.0640	-0.733	1.03	0.0803
0.333	1.18	0.0625	-0.800	0.992	0.0862
0.267	1.21	0.0594	-0.867	0.934	0.0945
0.200	1.23	0.0560	-0.933	0.849	0.102
0.133	1.24	0.0510	-0.960	0.786	0.105
0.067	1.25	0.0490	-0.987	0.684	0.120
0.000	1.25	0.0485			

付表2 図7(b)の元データ

y/R_m	時間平均値	変動強度	y/R_m	時間平均値	変動強度
0.960	0.579	0.187	-0.080	1.25	0.0722
0.880	0.900	0.123	-0.160	1.24	0.0760
0.800	0.989	0.114	-0.240	1.23	0.0761
0.720	1.05	0.103	-0.320	1.21	0.0825
0.640	1.10	0.0965	-0.400	1.18	0.0869
0.560	1.13	0.0943	-0.480	1.16	0.0931
0.480	1.17	0.0899	-0.560	1.12	0.0951
0.400	1.19	0.0837	-0.640	1.09	0.100
0.320	1.21	0.0795	-0.720	1.04	0.107
0.240	1.23	0.0778	-0.800	0.992	0.112
0.160	1.25	0.0725	-0.880	0.905	0.119
0.080	1.26	0.0724	-0.960	0.715	0.180
0.000	1.26	0.0714			

付表3 図8(a)の元データ

y/R_m	時間平均値	y/R_m	時間平均値	y/R_m	時間平均値
0.987	-0.296	0.333	1.21	-0.400	1.23
0.960	-0.241	0.267	1.26	-0.467	1.21
0.933	-0.226	0.200	1.28	-0.533	1.19
0.867	-0.255	0.133	1.30	-0.600	1.16
0.800	-0.307	0.067	1.30	-0.667	1.13
0.733	-0.335	0.000	1.31	-0.733	1.11
0.667	-0.228	-0.067	1.31	-0.800	1.07
0.600	0.040	-0.133	1.31	-0.867	1.04
0.533	0.422	-0.200	1.29	-0.933	0.962
0.467	0.818	-0.267	1.28	-0.960	0.914
0.400	1.11	-0.333	1.25	-0.987	0.770

付表4 図8(b)の元データ

y/R_m	時間平均値	y/R_m	時間平均値	y/R_m	時間平均値
0.987	0.243	0.333	0.916	-0.400	1.24
0.960	0.385	0.267	1.06	-0.467	1.22
0.933	0.423	0.200	1.17	-0.533	1.20
0.867	0.448	0.133	1.23	-0.600	1.18
0.800	0.422	0.067	1.26	-0.667	1.16
0.733	0.409	0.000	1.27	-0.733	1.13
0.667	0.380	-0.067	1.28	-0.800	1.10
0.600	0.430	-0.133	1.29	-0.867	1.07
0.533	0.498	-0.200	1.28	-0.933	0.999
0.467	0.610	-0.267	1.27	-0.960	0.944
0.400	0.762	-0.333	1.25	-0.987	0.854

付表5 図9(a)の元データ

y/R_m	変動強度	y/R_m	変動強度	y/R_m	変動強度
0.987	0.243	0.333	0.141	-0.400	0.0553
0.960	0.255	0.267	0.0983	-0.467	0.0587
0.933	0.253	0.200	0.0736	-0.533	0.0615
0.867	0.242	0.133	0.0602	-0.600	0.0636
0.800	0.223	0.067	0.0540	-0.667	0.0655
0.733	0.220	0.000	0.0480	-0.733	0.0677
0.667	0.264	-0.067	0.0441	-0.800	0.0711
0.600	0.348	-0.133	0.0441	-0.867	0.0782
0.533	0.397	-0.200	0.0469	-0.933	0.0874
0.467	0.359	-0.267	0.0492	-0.960	0.0930
0.400	0.234	-0.333	0.0525	-0.987	0.157

付表6 図9(b)の元データ

y/R_m	変動強度	y/R_m	変動強度	y/R_m	変動強度
0.987	0.194	0.333	0.269	-0.400	0.0557
0.960	0.212	0.267	0.204	-0.467	0.0589
0.933	0.217	0.200	0.146	-0.533	0.0619
0.867	0.214	0.133	0.0965	-0.600	0.0635
0.800	0.224	0.067	0.0693	-0.667	0.0671
0.733	0.222	0.000	0.0570	-0.733	0.0705
0.667	0.233	-0.067	0.0521	-0.800	0.0730
0.600	0.250	-0.133	0.0477	-0.867	0.0799
0.533	0.274	-0.200	0.0486	-0.933	0.0894
0.467	0.293	-0.267	0.0506	-0.960	0.0974
0.400	0.293	-0.333	0.0535	-0.987	0.121

付表7 図10(a)の元データ

r [mm]	θ [°]				
	15	20	25	30	35
0	0.000				
5	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
15	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
25	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
30	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
35	0.00630	0.00636	0.000	0.000	0.000
40	0.113	0.0624	0.00843	0.000860	0.00288
45	0.399	0.243	0.0747	0.0115	0.000
50	0.799	0.596	0.276	0.0885	0.00692
55	0.962	0.893	0.586	0.237	0.0450
60	0.977	0.977	0.850	0.438	0.107
65	0.930	0.944	0.929	0.536	0.126
70	0.849	0.901	0.921	0.550	0.133
74	0.871	0.885	0.707	0.419	0.215
r [mm]	θ [°]				
	40	45	50	55	60
5	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
15	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
25	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
30	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
35	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
40	0.000590	0.000	0.00173	0.000	0.000
45	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
50	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
55	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
60	0.00676	0.000	0.000	0.000	0.000
65	0.00824	0.000	0.000	0.000	0.000
70	0.0177	0.000	0.000	0.000	0.000
74	0.113	0.0416	0.00607	0.000	0.000

付表8 図10(b)の元データ

r [mm]	θ [°]				
	0	5	10	15	20
0	0.000				
5	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
15	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20	0.00301	0.000	0.000	0.000	0.000
25	0.0444	0.0291	0.0221	0.0114	0.000590
30	0.205	0.198	0.167	0.121	0.0729
35	0.612	0.605	0.542	0.454	0.319
40	0.906	0.891	0.862	0.795	0.642
45	0.905	0.879	0.889	0.892	0.853
50	0.865	0.859	0.870	0.884	0.904
55	0.819	0.818	0.837	0.852	0.880
60	0.802	0.799	0.814	0.830	0.859
65	0.798	0.791	0.801	0.815	0.847
70	0.785	0.770	0.763	0.792	0.810
74	0.793	0.781	0.785	0.784	0.763
r [mm]	θ [°]				
	25	30	35	40	45
5	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
15	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
25	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
30	0.0204	0.000570	0.000	0.000	0.000
35	0.155	0.0673	0.0127	0.000	0.000
40	0.388	0.197	0.0675	0.0148	0.000
45	0.654	0.379	0.144	0.0305	0.000
50	0.848	0.604	0.271	0.0796	0.0103
55	0.892	0.756	0.387	0.120	0.0182
60	0.892	0.828	0.458	0.148	0.0238
65	0.887	0.811	0.428	0.128	0.0129
70	0.853	0.724	0.358	0.114	0.0191
74	0.690	0.513	0.306	0.181	0.0956
r [mm]	θ [°]				
	50	55	60		
5	0.000	0.000	0.000		
10	0.000	0.000	0.000		
15	0.000	0.000	0.000		
20	0.000	0.000	0.000		
25	0.000	0.000	0.000		
30	0.000	0.000	0.000		
35	0.000	0.000	0.000		
40	0.000	0.000	0.000		
45	0.000	0.000	0.000		
50	0.000	0.000	0.000		
55	0.000	0.000	0.000		
60	0.000	0.000	0.000		
65	0.000	0.000	0.000		
70	0.00114	0.000	0.000		
74	0.0483	0.00170	0.000		

付表9 図10(c)の元データ

r [mm]	θ [°]				
	0	5	10	15	20
0	0.000				
5	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
15	0.00227	0.000	0.000	0.000920	0.00291
20	0.0533	0.0569	0.0370	0.0367	0.0294
25	0.245	0.252	0.191	0.163	0.128
30	0.534	0.535	0.459	0.394	0.316
35	0.802	0.798	0.752	0.698	0.606
40	0.879	0.872	0.868	0.842	0.783
45	0.863	0.851	0.867	0.864	0.838
50	0.835	0.833	0.856	0.868	0.869
55	0.801	0.801	0.831	0.847	0.860
60	0.791	0.785	0.815	0.835	0.852
65	0.785	0.782	0.810	0.825	0.838
70	0.764	0.757	0.776	0.787	0.787
74	0.763	0.755	0.770	0.750	0.702
θ [°]					
r [mm]	25	30	35	40	45
5	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
15	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20	0.0116	0.00414	0.000	0.000	0.000
25	0.0638	0.0293	0.00931	0.00271	0.000
30	0.176	0.0968	0.0532	0.0202	0.0107
35	0.403	0.248	0.148	0.0660	0.0340
40	0.610	0.410	0.251	0.118	0.0576
45	0.739	0.538	0.329	0.149	0.0421
50	0.830	0.685	0.451	0.220	0.0824
55	0.851	0.746	0.511	0.248	0.0902
60	0.854	0.762	0.521	0.236	0.0844
65	0.835	0.723	0.456	0.202	0.0721
70	0.747	0.620	0.374	0.173	0.0741
74	0.626	0.480	0.326	0.216	0.138
θ [°]					
r [mm]	50	55	60	\	
5	0.000	0.000	0.000		
10	0.000	0.000	0.000		
15	0.000	0.000	0.000		
20	0.000	0.000	0.000		
25	0.000	0.000	0.000		
30	0.000	0.000	0.000		
35	0.00526	0.000	0.000		
40	0.0147	0.00638	0.00299		
45	0.000	0.000	0.000		
50	0.0127	0.000	0.000		
55	0.0125	0.000	0.000		
60	0.0130	0.000	0.000		
65	0.00831	0.000	0.000		
70	0.0197	0.001	0.000		
74	0.0734	0.0264	0.00358		

付表10 図10(d)の元データ

r [mm]	θ [°]				
	0	5	10	15	20
0	0.000				
5	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
15	0.0238	0.0201	0.0140	0.0145	0.00202
20	0.126	0.121	0.0989	0.100	0.0486
25	0.342	0.331	0.280	0.273	0.164
30	0.560	0.549	0.494	0.476	0.336
35	0.729	0.717	0.683	0.665	0.538
40	0.787	0.784	0.766	0.758	0.669
45	0.778	0.756	0.754	0.745	0.699
50	0.769	0.777	0.784	0.783	0.757
55	0.762	0.773	0.781	0.783	0.770
60	0.763	0.743	0.783	0.772	0.774
65	0.762	0.766	0.775	0.767	0.759
70	0.733	0.750	0.742	0.732	0.714
74	0.713	0.715	0.710	0.673	0.646
θ [°]					
r [mm]	25	30	35	40	45
5	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
15	0.00235	0.00323	0.000	0.000	0.000
20	0.0434	0.0267	0.0138	0.00986	0.00205
25	0.135	0.0801	0.0448	0.0328	0.00792
30	0.278	0.181	0.108	0.0786	0.0326
35	0.465	0.329	0.210	0.147	0.0689
40	0.594	0.447	0.299	0.203	0.100
45	0.649	0.517	0.352	0.209	0.0889
50	0.711	0.594	0.421	0.264	0.122
55	0.726	0.618	0.443	0.268	0.121
60	0.692	0.613	0.433	0.253	0.115
65	0.693	0.569	0.383	0.214	0.0921
70	0.637	0.488	0.333	0.188	0.0936
74	0.543	0.435	0.325	0.219	0.148
θ [°]					
r [mm]	50	55	60	\	
5	0.000	0.000	0.000		
10	0.000	0.000	0.000		
15	0.000	0.000	0.000		
20	0.000	0.000	0.000		
25	0.000	0.000	0.000		
30	0.00557	0.000	0.000		
35	0.0197	0.00305	0.000		
40	0.0361	0.0159	0.00433		
45	0.0126	0.000	0.000		
50	0.0320	0.00549	0.000		
55	0.0285	0.00274	0.000		
60	0.0249	0.00305	0.000		
65	0.0202	0.000	0.000		
70	0.0390	0.0107	0.000		
74	0.0856	0.0433	0.00929		

付表11 図10(e)の元データ

r [mm]	θ [°]				
	0	5	10	15	20
0	0.000				
5	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
15	0.0350	0.0462	0.0389	0.0278	0.0180
20	0.143	0.164	0.145	0.111	0.0851
25	0.315	0.333	0.299	0.247	0.202
30	0.470	0.484	0.446	0.388	0.334
35	0.590	0.599	0.568	0.523	0.469
40	0.654	0.656	0.635	0.604	0.556
45	0.651	0.656	0.643	0.631	0.584
50	0.688	0.688	0.677	0.667	0.629
55	0.704	0.700	0.693	0.684	0.649
60	0.719	0.715	0.708	0.692	0.651
65	0.715	0.710	0.701	0.680	0.633
70	0.693	0.682	0.673	0.649	0.598
74	0.667	0.655	0.644	0.620	0.570
r [mm]	θ [°]				
	25	30	35	40	45
5	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
15	0.0208	0.0125	0.000	0.000	0.000
20	0.0830	0.0551	0.0298	0.0172	0.00752
25	0.180	0.124	0.0733	0.0417	0.0212
30	0.295	0.218	0.139	0.0851	0.0429
35	0.422	0.329	0.219	0.141	0.0724
40	0.505	0.404	0.283	0.184	0.0950
45	0.536	0.445	0.307	0.192	0.0911
50	0.577	0.484	0.346	0.214	0.105
55	0.589	0.496	0.352	0.215	0.105
60	0.590	0.476	0.329	0.196	0.0975
65	0.556	0.454	0.307	0.184	0.0905
70	0.516	0.426	0.288	0.185	0.104
74	0.492	0.415	0.309	0.228	0.153
r [mm]	θ [°]			\	
	50	55	60		
5	0.000	0.000	0.000		
10	0.000	0.000	0.000		
15	0.000	0.000	0.000		
20	0.00202	0.000	0.000		
25	0.00549	0.000	0.000		
30	0.0217	0.00248	0.000		
35	0.0364	0.00870	0.000		
40	0.0517	0.0189	0.00700		
45	0.0410	0.00466	0.000		
50	0.0488	0.00807	0.000		
55	0.0428	0.00435	0.000		
60	0.0413	0.00683	0.000		
65	0.0384	0.00745	0.000		
70	0.0587	0.0230	0.00408		
74	0.0971	0.0472	0.0140		

付表12 図10(f)の元データ

r [mm]	θ [°]				
	0	5	10	15	20
0	0.000				
5	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10	0.00946	0.00831	0.00520	0.000	0.000
15	0.0673	0.0702	0.0619	0.0492	0.0252
20	0.171	0.172	0.158	0.138	0.0938
25	0.298	0.297	0.279	0.244	0.181
30	0.405	0.399	0.386	0.345	0.279
35	0.494	0.490	0.474	0.440	0.376
40	0.552	0.547	0.534	0.503	0.441
45	0.552	0.542	0.557	0.517	0.468
50	0.607	0.602	0.589	0.560	0.507
55	0.632	0.627	0.608	0.580	0.528
60	0.647	0.640	0.623	0.596	0.542
65	0.647	0.641	0.615	0.586	0.533
70	0.624	0.618	0.596	0.567	0.520
74	0.605	0.605	0.580	0.555	0.518
r [mm]	θ [°]				
	25	30	35	40	45
5	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
15	0.0266	0.0172	0.0107	0.000850	0.000
20	0.0889	0.0634	0.0482	0.0242	0.0176
25	0.173	0.120	0.0939	0.0550	0.0364
30	0.257	0.191	0.154	0.0920	0.0603
35	0.346	0.268	0.216	0.137	0.0921
40	0.406	0.321	0.259	0.168	0.112
45	0.430	0.347	0.262	0.174	0.108
50	0.464	0.377	0.289	0.191	0.114
55	0.476	0.384	0.288	0.191	0.108
60	0.477	0.377	0.285	0.185	0.104
65	0.459	0.360	0.265	0.173	0.0967
70	0.444	0.355	0.270	0.180	0.107
74	0.453	0.380	0.310	0.225	0.148
r [mm]	θ [°]			\	
	50	55	60		
5	0.000	0.000	0.000		
10	0.000	0.000	0.000		
15	0.000	0.000	0.000		
20	0.0106	0.00399	0.000		
25	0.0172	0.00798	0.000		
30	0.0360	0.0202	0.00407		
35	0.0535	0.0296	0.00785		
40	0.0650	0.0365	0.0113		
45	0.0514	0.0211	0.000		
50	0.0613	0.0262	0.00262		
55	0.0541	0.0214	0.000		
60	0.0499	0.0214	0.000		
65	0.0462	0.0199	0.00174		
70	0.0622	0.0342	0.00640		
74	0.101	0.0618	0.0209		

付表13 図11(a)の元データ

r [mm]	θ [°]				
	15	20	25	30	35
0	0.00175				
5	0.00146	0.00162	0.00135	0.00153	0.00153
10	0.00166	0.00182	0.00166	0.00170	0.00153
15	0.00143	0.00153	0.00126	0.00150	0.00124
20	0.00132	0.00162	0.00138	0.00144	0.00141
25	0.00140	0.00162	0.00140	0.00147	0.00138
30	0.00888	0.00601	0.00138	0.00135	0.00130
35	0.0519	0.0333	0.00972	0.00620	0.00138
40	0.149	0.104	0.0430	0.0258	0.00703
45	0.248	0.214	0.131	0.0712	0.0224
50	0.181	0.242	0.232	0.140	0.0545
55	0.0331	0.121	0.243	0.210	0.0980
60	0.00504	0.0227	0.154	0.249	0.142
65	0.0209	0.0208	0.0838	0.248	0.147
70	0.0243	0.0226	0.0676	0.249	0.149
74	0.0336	0.0630	0.171	0.204	0.138
r [mm]	θ [°]				
	40	45	50	55	60
5	0.00153	0.00196	0.00173	0.00260	0.00164
10	0.00156	0.00217	0.00176	0.00263	0.00155
15	0.00135	0.00188	0.00171	0.00260	0.00167
20	0.00144	0.00179	0.00159	0.00245	0.00140
25	0.00159	0.00176	0.00179	0.00269	0.00149
30	0.00153	0.00185	0.00168	0.00242	0.00195
35	0.00135	0.00167	0.00168	0.00254	0.000940
40	0.00276	0.00214	0.00176	0.00266	0.00176
45	0.00726	0.00252	0.00191	0.00263	0.00228
50	0.0145	0.00296	0.00162	0.00218	0.00140
55	0.0259	0.00592	0.00168	0.00211	0.00146
60	0.0404	0.00938	0.00176	0.00275	0.00116
65	0.0411	0.00762	0.00176	0.00236	0.00146
70	0.0514	0.0230	0.00821	0.00308	0.00201
74	0.0927	0.0675	0.02864	0.00426	0.00167

付表14 図11(b)の元データ

r [mm]	θ [°]				
	0	5	10	15	20
0	0.00164				
5	0.00142	0.00155	0.00195	0.00164	0.00238
10	0.00156	0.00203	0.00218	0.00202	0.00288
15	0.00205	0.00382	0.00332	0.00243	0.00250
20	0.0174	0.0174	0.0174	0.0166	0.0102
25	0.0871	0.0869	0.0805	0.0697	0.0510
30	0.196	0.197	0.189	0.162	0.129
35	0.232	0.239	0.250	0.247	0.234
40	0.0973	0.104	0.133	0.174	0.231
45	0.0251	0.0263	0.0316	0.0502	0.119
50	0.0282	0.0272	0.0250	0.0237	0.0344
55	0.0311	0.0329	0.0321	0.0298	0.0272
60	0.0246	0.0271	0.0307	0.0305	0.0316
65	0.0251	0.0262	0.0290	0.0277	0.0311
70	0.0269	0.0273	0.0303	0.0308	0.0366
74	0.0284	0.0321	0.0378	0.0596	0.0862
r [mm]	θ [°]				
	25	30	35	40	45
5	0.00195	0.00292	0.00435	0.00211	0.00385
10	0.00230	0.00321	0.00466	0.00233	0.00415
15	0.00218	0.00315	0.00435	0.00217	0.00371
20	0.00538	0.00544	0.00449	0.00217	0.00374
25	0.0269	0.0210	0.00910	0.00607	0.00418
30	0.0784	0.0525	0.0280	0.0124	0.00815
35	0.183	0.129	0.0640	0.0311	0.0177
40	0.246	0.199	0.113	0.0605	0.0306
45	0.222	0.248	0.174	0.0993	0.0489
50	0.127	0.238	0.218	0.134	0.0624
55	0.0508	0.184	0.237	0.156	0.0713
60	0.0295	0.143	0.245	0.164	0.0727
65	0.0318	0.150	0.239	0.149	0.0621
70	0.0560	0.186	0.225	0.137	0.0632
74	0.149	0.200	0.179	0.132	0.0977
r [mm]	θ [°]				
	50	55	60		
5	0.00415	0.00156	0.00106		
10	0.00443	0.00162	0.00143		
15	0.00418	0.00151	0.000870		
20	0.00423	0.00136	0.00137		
25	0.00491	0.00233	0.00129		
30	0.00503	0.00213	0.000780		
35	0.00892	0.00165	0.00140		
40	0.0107	0.00332	0.00154		
45	0.0128	0.00585	0.00162		
50	0.0171	0.00733	0.00115		
55	0.0188	0.00477	0.00143		
60	0.0176	0.00301	0.00126		
65	0.0158	0.00443	0.00112		
70	0.0324	0.0174	0.00389		
74	0.0716	0.0383	0.00913		

付表15 図11(c)の元データ

r [mm]	θ [°]				
	0	5	10	15	20
0	0.00201				
5	0.00153	0.00223	0.00224	0.00242	0.00221
10	0.00694	0.00768	0.00358	0.00431	0.00500
15	0.0271	0.0320	0.0217	0.0210	0.0247
20	0.0971	0.104	0.0797	0.0699	0.0688
25	0.202	0.206	0.183	0.171	0.155
30	0.225	0.226	0.231	0.233	0.222
35	0.126	0.125	0.158	0.188	0.215
40	0.0538	0.0547	0.0751	0.100	0.145
45	0.0409	0.0418	0.0428	0.0491	0.0790
50	0.0462	0.0454	0.0433	0.0426	0.0490
55	0.0416	0.0423	0.0435	0.0438	0.0431
60	0.0360	0.0393	0.0414	0.0438	0.0423
65	0.0367	0.0404	0.0414	0.0430	0.0458
70	0.0411	0.0459	0.0467	0.0519	0.0677
74	0.0526	0.0568	0.0627	0.0837	0.119
r [mm]	θ [°]				
	25	30	35	40	45
5	0.00177	0.00163	0.00177	0.00160	0.00184
10	0.00388	0.00204	0.00330	0.00223	0.00320
15	0.0114	0.00757	0.0104	0.00334	0.00403
20	0.0413	0.0227	0.0263	0.0149	0.0143
25	0.109	0.0694	0.0560	0.0338	0.0301
30	0.182	0.130	0.100	0.0610	0.0506
35	0.238	0.202	0.168	0.107	0.0812
40	0.218	0.229	0.204	0.140	0.0982
45	0.156	0.219	0.226	0.176	0.116
50	0.100	0.190	0.232	0.194	0.121
55	0.0722	0.160	0.225	0.199	0.125
60	0.0649	0.154	0.224	0.196	0.119
65	0.0762	0.170	0.220	0.174	0.107
70	0.114	0.191	0.209	0.153	0.101
74	0.159	0.189	0.176	0.146	0.121
r [mm]	θ [°]			\	\
	50	55	60		
5	0.00205	0.00238	0.00397		
10	0.00216	0.00267	0.00445		
15	0.00252	0.00232	0.00391		
20	0.00562	0.00446	0.00445		
25	0.0118	0.00780	0.00588		
30	0.0197	0.0121	0.00496		
35	0.0327	0.0198	0.00627		
40	0.0399	0.0226	0.00791		
45	0.0495	0.0256	0.00896		
50	0.0531	0.0237	0.00776		
55	0.0522	0.0215	0.00639		
60	0.0497	0.0173	0.00585		
65	0.0398	0.0123	0.00770		
70	0.0521	0.0317	0.0199		
74	0.0885	0.0518	0.0275		

付表16 図11(d)の元データ

r [mm]	θ [°]				
	0	5	10	15	20
0	0.00170				
5	0.00531	0.00687	0.00556	0.00603	0.00338
10	0.0236	0.0203	0.0173	0.0198	0.00991
15	0.0671	0.0636	0.0524	0.0608	0.0368
20	0.146	0.143	0.129	0.135	0.0933
25	0.207	0.209	0.201	0.204	0.168
30	0.190	0.201	0.210	0.214	0.214
35	0.122	0.137	0.153	0.161	0.205
40	0.0820	0.0924	0.105	0.113	0.166
45	0.0699	0.0754	0.0779	0.0853	0.131
50	0.0607	0.0642	0.0668	0.0719	0.104
55	0.0539	0.0558	0.0612	0.0648	0.0907
60	0.0517	0.0541	0.0588	0.0619	0.0864
65	0.0515	0.0549	0.0616	0.0681	0.0935
70	0.0590	0.0640	0.0733	0.0861	0.114
74	0.0750	0.0827	0.0973	0.117	0.137
r [mm]	θ [°]				
	25	30	35	40	45
5	0.00425	0.00496	0.00417	0.00417	0.00551
10	0.0113	0.0155	0.00842	0.00936	0.00897
15	0.0348	0.0313	0.0182	0.0214	0.0154
20	0.0827	0.0655	0.0468	0.0496	0.0323
25	0.150	0.119	0.0891	0.0859	0.0504
30	0.201	0.173	0.135	0.125	0.0756
35	0.209	0.213	0.181	0.164	0.110
40	0.189	0.217	0.203	0.185	0.127
45	0.162	0.206	0.216	0.199	0.140
50	0.144	0.192	0.220	0.202	0.146
55	0.129	0.181	0.218	0.200	0.143
60	0.130	0.182	0.216	0.194	0.136
65	0.143	0.192	0.210	0.178	0.116
70	0.163	0.197	0.198	0.158	0.106
74	0.171	0.184	0.178	0.153	0.121
r [mm]	θ [°]			\	\
	50	55	60		
5	0.00566	0.00378	0.00257		
10	0.00663	0.00460	0.00393		
15	0.00877	0.00677	0.00483		
20	0.0148	0.0104	0.00851		
25	0.0251	0.0192	0.0149		
30	0.0417	0.0273	0.0161		
35	0.0600	0.0383	0.0193		
40	0.0698	0.0427	0.0169		
45	0.0787	0.0471	0.0172		
50	0.0752	0.0460	0.0174		
55	0.0690	0.0433	0.0164		
60	0.0615	0.0371	0.0129		
65	0.0548	0.0311	0.0150		
70	0.0634	0.0462	0.0312		
74	0.0911	0.0706	0.0389		

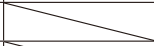
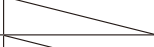
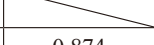
付表17 図11(e)の元データ

r [mm]	θ [°]				
	0	5	10	15	20
0	0.00392				
5	0.00836	0.0141	0.0137	0.00846	0.00711
10	0.0314	0.0381	0.0412	0.0311	0.0242
15	0.0849	0.0924	0.0920	0.0746	0.0629
20	0.155	0.160	0.159	0.137	0.123
25	0.191	0.193	0.193	0.185	0.175
30	0.184	0.179	0.189	0.195	0.197
35	0.142	0.139	0.152	0.168	0.185
40	0.109	0.111	0.125	0.142	0.164
45	0.0917	0.0932	0.102	0.120	0.142
50	0.0785	0.0803	0.0876	0.104	0.128
55	0.0670	0.0727	0.0790	0.0955	0.119
60	0.0634	0.0682	0.0754	0.0982	0.122
65	0.0651	0.0688	0.0789	0.106	0.135
70	0.0747	0.0832	0.0940	0.118	0.146
74	0.0908	0.0995	0.113	0.131	0.152
θ [°]					
r [mm]	25	30	35	40	45
5	0.0107	0.00923	0.00781	0.00598	0.00577
10	0.0275	0.0213	0.0183	0.0170	0.0113
15	0.0637	0.0485	0.0385	0.0338	0.0216
20	0.123	0.0961	0.0740	0.0619	0.0380
25	0.171	0.146	0.118	0.0930	0.0625
30	0.194	0.181	0.153	0.122	0.0860
35	0.190	0.199	0.179	0.150	0.110
40	0.177	0.198	0.188	0.163	0.122
45	0.163	0.193	0.194	0.174	0.131
50	0.156	0.191	0.197	0.178	0.134
55	0.149	0.187	0.195	0.175	0.130
60	0.151	0.190	0.196	0.169	0.123
65	0.160	0.190	0.189	0.154	0.110
70	0.170	0.186	0.180	0.149	0.110
74	0.170	0.180	0.173	0.155	0.126
θ [°]					
r [mm]	50	55	60		
5	0.00566	0.00606	0.00379		
10	0.00931	0.00733	0.00595		
15	0.0184	0.0130	0.00845		
20	0.0285	0.0222	0.0151		
25	0.0451	0.0316	0.0217		
30	0.0618	0.0403	0.0258		
35	0.0791	0.0514	0.0309		
40	0.0860	0.0534	0.0291		
45	0.0923	0.0535	0.0296		
50	0.0914	0.0523	0.0281		
55	0.0847	0.0489	0.0247		
60	0.0771	0.0433	0.0192		
65	0.0688	0.0415	0.0213		
70	0.0791	0.0586	0.0399		
74	0.105	0.0781	0.0494		

付表18 図11(f)の元データ

r [mm]	θ [°]				
	0	5	10	15	20
0	0.00865				
5	0.0259	0.0267	0.0230	0.0195	0.0122
10	0.0580	0.0599	0.0553	0.0499	0.0361
15	0.108	0.112	0.102	0.0971	0.0742
20	0.155	0.156	0.149	0.146	0.124
25	0.171	0.172	0.172	0.172	0.159
30	0.161	0.164	0.168	0.174	0.174
35	0.133	0.137	0.145	0.156	0.166
40	0.113	0.118	0.124	0.139	0.155
45	0.100	0.104	0.109	0.125	0.142
50	0.0892	0.0938	0.102	0.114	0.136
55	0.0787	0.0824	0.0948	0.107	0.130
60	0.0755	0.0802	0.0962	0.111	0.133
65	0.0753	0.0838	0.101	0.115	0.136
70	0.0822	0.0926	0.108	0.121	0.139
74	0.0958	0.100	0.112	0.126	0.140
θ [°]					
r [mm]	25	30	35	40	45
5	0.0170	0.0158	0.0134	0.00949	0.0146
10	0.0426	0.0337	0.0307	0.0240	0.0270
15	0.0776	0.0638	0.0594	0.0440	0.0450
20	0.123	0.107	0.0980	0.0722	0.0695
25	0.158	0.142	0.130	0.102	0.0923
30	0.174	0.165	0.155	0.128	0.113
35	0.171	0.177	0.172	0.149	0.130
40	0.165	0.179	0.178	0.157	0.137
45	0.157	0.177	0.180	0.165	0.142
50	0.155	0.177	0.184	0.167	0.142
55	0.151	0.176	0.182	0.163	0.136
60	0.158	0.179	0.181	0.160	0.130
65	0.166	0.180	0.178	0.153	0.121
70	0.166	0.179	0.176	0.152	0.124
74	0.160	0.173	0.175	0.158	0.140
θ [°]					
r [mm]	50	55	60		
5	0.0115	0.00920	0.0100		
10	0.0210	0.0164	0.0170		
15	0.0338	0.0284	0.0232		
20	0.0523	0.0437	0.0330		
25	0.0695	0.0566	0.0400		
30	0.0859	0.0686	0.0462		
35	0.102	0.0805	0.0499		
40	0.105	0.0825	0.0470		
45	0.108	0.0848	0.0446		
50	0.108	0.0768	0.0404		
55	0.0990	0.0705	0.0340		
60	0.0898	0.0627	0.0271		
65	0.0822	0.0573	0.0304		
70	0.0940	0.0714	0.0482		
74	0.113	0.0923	0.0599		

付表19 図12(a)の元データ

θ [°]	$z = 25$ mm	$z = 50$ mm	$z = 75$ mm
0		0.824	0.788
5		0.819	0.813
10		0.816	0.782
15	0.874	0.794	0.755
20	0.742	0.715	0.683
25	0.485	0.555	0.572
30	0.387	0.414	0.448
35	0.301	0.330	0.345
40	0.192	0.253	0.260
45	0.0815	0.166	0.186
50	0.0278	0.0751	0.110
55	0.00867	0.0283	0.0474
60	0.00896	0.0119	0.0176

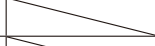
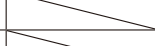
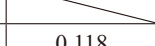
付表22 図13(b)の元データ

θ [°]	$z = 100$ mm	$z = 125$ mm	$z = 150$ mm
0	0.0215	0.0223	0.0215
5	0.0230	0.0274	0.0219
10	0.0252	0.0267	0.0230
15	0.0313	0.0278	0.0258
20	0.0391	0.0343	0.0277
25	0.0442	0.0379	0.0318
30	0.0447	0.0398	0.0368
35	0.0377	0.0396	0.0386
40	0.0364	0.0395	0.0385
45	0.0309	0.0317	0.0321
50	0.0267	0.0260	0.0271
55	0.0166	0.0191	0.0209
60	0.00717	0.0102	0.0129

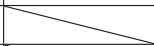
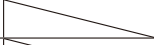
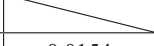
付表20 図12(b)の元データ

θ [°]	$z = 100$ mm	$z = 125$ mm	$z = 150$ mm
0	0.741	0.692	0.635
5	0.740	0.686	0.630
10	0.734	0.675	0.617
15	0.702	0.645	0.599
20	0.646	0.594	0.553
25	0.558	0.535	0.511
30	0.456	0.449	0.442
35	0.354	0.360	0.371
40	0.265	0.277	0.289
45	0.190	0.197	0.216
50	0.121	0.127	0.143
55	0.0604	0.0697	0.0844
60	0.0243	0.0304	0.0402

付表23 図14(a)の元データ

θ [°]	$z = 25$ mm	$z = 50$ mm	$z = 75$ mm
0		0.0827	0.131
5		0.0971	0.139
10		0.108	0.155
15	0.118	0.146	0.204
20	0.285	0.225	0.238
25	0.218	0.276	0.286
30	0.159	0.255	0.262
35	0.192	0.205	0.244
40	0.179	0.198	0.222
45	0.102	0.171	0.204
50	0.0457	0.124	0.177
55	0.0197	0.0567	0.0991
60	0.0179	0.0197	0.0633

付表21 図13(a)の元データ

θ [°]	$z = 25$ mm	$z = 50$ mm	$z = 75$ mm
0		0.0108	0.0165
5		0.0116	0.0184
10		0.0141	0.0196
15	0.0154	0.0191	0.0266
20	0.0472	0.0348	0.0346
25	0.0289	0.0416	0.0446
30	0.0241	0.0334	0.0404
35	0.0252	0.0258	0.0338
40	0.0279	0.0276	0.0309
45	0.0157	0.0254	0.0305
50	0.00408	0.0169	0.0247
55	0.00228	0.00483	0.0121
60	0.00292	0.00223	0.00376

付表24 図14(b)の元データ

θ [°]	$z = 100$ mm	$z = 125$ mm	$z = 150$ mm
0	0.194	0.172	0.171
5	0.184	0.183	0.169
10	0.176	0.198	0.161
15	0.239	0.198	0.171
20	0.261	0.224	0.195
25	0.275	0.231	0.208
30	0.269	0.252	0.226
35	0.257	0.244	0.235
40	0.245	0.262	0.241
45	0.220	0.229	0.215
50	0.188	0.196	0.207
55	0.131	0.147	0.158
60	0.0749	0.110	0.111