

OITDA規格

TP

Technical Paper

TP（技術資料）

円筒形フェルールのフェルール穴軸とフェ
ルール軸との角度ずれ測定に関するラウン
ドロビンテスト測定結果

(Result of round robin test on measurement of angular misalignment
between ferrule bore axis and ferrule axis for cylindrical ferrules)

OITDA/TP 35/CN : 2022

第 1 版

公表 2022 年 3 月

取纏部会
光コネクタ標準化部会

OITDA

発行：一般財団法人光産業技術振興協会

Optoelectronics Industry and Technology Development Association (JAPAN)

Intentionally Blank

目 次

	ページ
序文	1
1 適用範囲	1
2 引用規格	1
3 用語及び定義	1
4 ラウンドロビンテストの背景	2
4.1 フェルールに求められる穴角度ずれ	2
4.2 測定方法と測定不確かさ	2
5 測定条件の課題	2
6 ラウンドロビンテスト測定	3
6.1 測定サンプル	3
6.2 測定者及び測定系	4
6.3 ピンゲージ	4
7 測定結果	5
7.1 穴角度ずれの測定結果	5
7.2 繰り返し測定の再現性	9
8 測定不確かさの要因	10
9 まとめ	10

まえがき

この技術資料（TP）は、2014年度から2021年度まで実施した、円筒形フェルールのフェール軸とフェール軸との角度ずれ測定に関するラウンドロビンテスト結果について公表するものである。

この技術資料（TP）は、著作権法で保護対象となっている著作物である。

この技術資料（TP）の一部が、特許権、出願公開後の特許出願又は実用新案権に抵触する可能性があることに注意を喚起する。光産業技術振興協会は、このような特許権、出願公開後の特許出願及び実用新案権に関わる確認について、責任はもたない。

この技術資料は、一般財団法人光産業技術振興協会の標準に関する TP（技術資料）である。TP（技術資料）は、規格になる前段階、標準化の技術的資料、規格を補足するなどのために公表するものである。

この技術資料に関して、ご意見・情報がありましたら、下記連絡先にお寄せください。

連絡先：一般財団法人光産業技術振興協会標準化室

e-mail : opt-st@oitda.or.jp

円筒形フェルールのフェルール穴軸とフェルール軸との角度ずれ測定に関するラウンドロビンテスト結果

Result of round robin test on measurement of angular misalignment between ferrule bore axis and ferrule axis for cylindrical ferrules

序文

この技術資料 (TP) は、2014 年度から 2021 年度に一般財団法人光産業技術振興協会の光コネクタ標準化部会にて実施した、円筒形フェルールのフェルール穴軸とフェルールの外径を基準とした軸 (以下、フェルール軸という。) との角度ずれ (以下、穴角度ずれという。) 測定のラウンドロビンテスト結果をまとめたものである。

1 適用範囲

この技術資料 (TP) は、**JIS C 61300-3-54** の規定に従い、光ファイバを挿入組み込み前の、直径 2.5 mm 円筒形全ジルコニア (ZrO₂) フェルールの穴角度ずれ測定に関するラウンドロビンテスト測定結果について記載している。

2 引用規格

次に掲げる規格は、この規格に引用されることによって、この TP の一部を構成する。これらの引用規格は、その最新版 (追補を含む。) を適用する。

JIS C 5962 光ファイバコネクタ通則

JIS C 5965-3-1 光ファイバコネクタ光学互換—第 3-1 部：シングルモード光ファイバ用直径 2.5 mm 及び 1.25 mm 円筒形全ジルコニア直角 PC 端面フェルール光学互換標準

JIS C 5965-3-2 光ファイバコネクタ光学互換—第 3-2 部：シングルモード光ファイバ用直径 2.5 mm 及び 1.25 mm 円筒形全ジルコニア 8 度斜め PC 端面フェルール光学互換標準

JIS C 61300-3-54 光ファイバ接続デバイス及び光受動部品—基本試験及び測定手順—第 3-54 部：円筒形フェルールのフェルール穴軸とフェルール軸との角度ずれ測定

3 用語及び定義

この技術資料で用いる主な用語及び定義は、**JIS C 5962** の**箇条 3** (用語及び定義) 及び **JIS C 61300-3-54** の**箇条 3** (用語及び定義) による。

4 ラウンドロビンテストの背景

4.1 フェルールに求められる穴角度ずれ

光ファイバコネクタ（以下、光コネクタという）の挿入損失は、接続する二つの光ファイバの光学的基準点の位置決め精度によって決まる。光学的基準点の位置決めに影響を及ぼす要件は、軸ずれ、角度ずれ及び端面の軸方向の位置ずれの三つがある。これらのうち、フェールの特性が影響を与える要件は、軸ずれ及び角度ずれである。

光学的基準点の軸ずれに影響を与えるフェールの特性は、フェール外径に対するフェール穴の同心度である。一般に、フェール穴の同心度は、フェールの端面における同心度を測定する。フェールの端面研磨を行った後では、穴角度ずれの影響を受けて同心度が変化する。特に、斜め PC 研磨のときには研磨量が多くなるため、穴角度ずれの影響を大きく受け、フェール穴の同心度の変化も大きくなる。

注記 1 フェール穴の同心度測定は、**JIS C 61300-3-25** を参照。

また、光学的基準点の角度ずれに影響を与えるフェールの特性は、穴角度ずれである。

シングルモード光ファイバ用光コネクタの光学互換を規定している **JIS C 5965-3-1** 及び **JIS C 5965-3-2** は、光ファイバ中心軸とフェール軸との角度ずれの許容値 (E) を規定している。挿入損失等級 **B** の許容値は 0.2 度以下、等級 **C** は 0.3 度以下、等級 **D** は 0.6 度以下である。光ファイバ中心軸とフェール軸との角度ずれは、穴角度ずれだけではなく、フェール穴の内径と光ファイバの外径とのクリアランスの影響も受けるが、穴角度ずれの影響が支配的である。そこで、最も許容値の小さい等級 **B** の 0.2 度に対して、測定者間の最大値と最小値との差（以下、ばらつきという。）を許容値の 1/10 である 0.02 度以下にできる条件を求めることを目標とした。

注記 2 挿入損失等級は、**JIS C 5965-1** の**箇条 7** を参照。

4.2 測定方法と測定不確かさ

フェールの穴角度ずれ測定方法は、**JIS C 61300-3-54** に規定している。測定不確かさに寄与すると考えられる主な項目として、**附属書 A（参考）** に次の 5 の項目を挙げている。

- ・ 精密位置決めステージの調整確度
- ・ フェール保持具の軸とビデオカメラ付き顕微鏡の光軸との角度ずれ
- ・ ピクセル当たりの画像処理装置の解像度
- ・ フェール穴の同心度
- ・ フェール穴径とピンゲージ径とのクリアランス

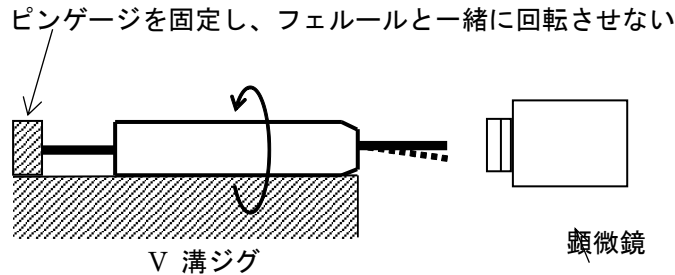
表 A.1 に測定不確かさの計算値のまとめの例を示しており、フェール穴径とピンゲージ径とのクリアランスが測定不確かさへの寄与の最も大きい項目である。

5 測定条件の課題

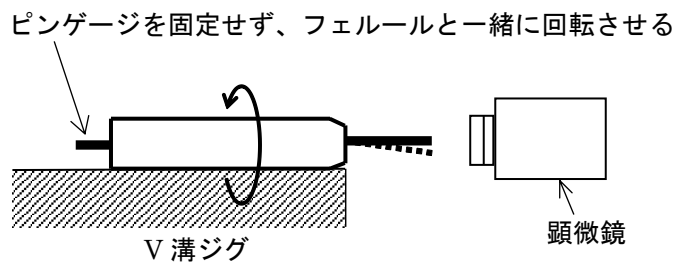
ラウンドロビンテストの当初は、各測定者の測定条件を統一せずに測定を進めた。その結果、測定者間

のばらつきが最大で0.1度程度あり、目標としていた0.02度を大きく上まわっていた。その後、測定を繰り返しながら測定者間で協議を行い、最終的に次の点を統一してラウンドロビンテストを行うこととした。

- － フェルール端面からのピンゲージの突出量
- － ピンゲージの直径
- － ピンゲージの固定（**図1**を参照）



a) ピンゲージを固定する



b) ピンゲージを固定しない

図1ーピンゲージの固定

6 ラウンドロビンテスト測定

6.1 測定サンプル

ラウンドロビンテスト測定に使用したサンプルは、**JIS C 5965-3-1**に規定する直径2.5 mm PC 端面フェルールに相当するシングルモード光ファイバ用全ジルコニアフェルールとし、フランジ部分のない状態とした。

サンプルの仕様は次のとおりである。

- － 外径： $\phi 2.499\ 0\ \text{mm} \pm 0.000\ 5\ \text{mm}$
- － 穴径： $\phi 0.125\ \text{mm} \begin{matrix} +0.001 \\ 0 \end{matrix}\ \text{mm}$
- － 同心度： $\phi 0.001\ \text{mm}$ 以下

サンプルの数量は、5本とし、円筒形フェルールを製造する3社から任意に選んだ。

6.2 測定者及び測定系

ラウンドロビンテスト測定は、円筒形フェルールを製造する3社（測定者A、測定者B及び測定者C）で行った。

測定には各測定者の保有する測定系を使用した。各測定者で共通する測定系の仕様を図2に示す。

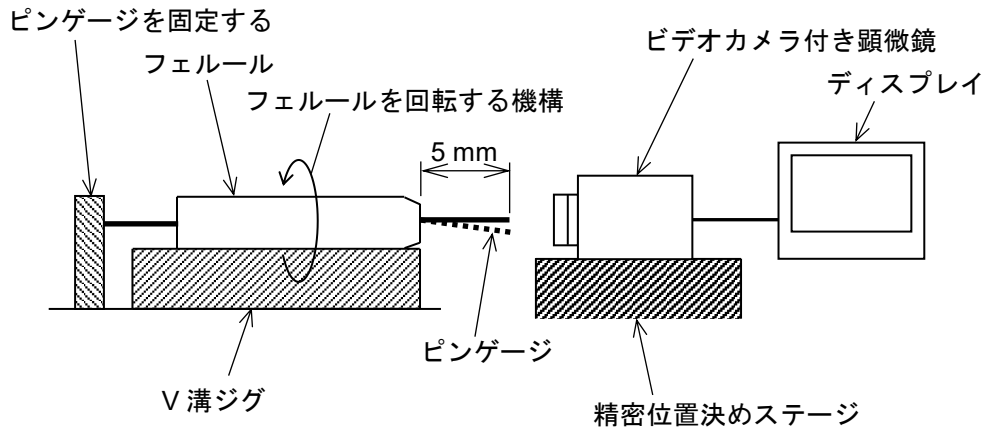


図2—各測定者で共通する測定系

なお、JIS C 61300-3-54では、画像処理ソフトウェアをインストールしたコンピュータを用いてピンゲージ先端の画像の中心を測定し、複数の測定点から最小二乗法によって近似円の直径を計算することを推奨しているが、今回のラウンドロビンテストでは、3社ともディスプレイ上の画像を目視してピンゲージ先端の最大移動量を測定している。

測定系の仕様は次のとおりである。

- フェルール端面からのピンゲージ突出量：5 mm
- 顕微鏡の倍率（ディスプレイの倍率を含む）：
 - ・A社 1 168倍
 - ・B社 6 500倍
 - ・C社 510倍
- 精密位置決めステージの調整精度：0.01 mm

6.3 ピンゲージ

JIS C 61300-3-54では、ピンゲージ直径は、供試品のフェルール穴径より僅かに小さい外径のものと規定している。今回のラウンドロビンテストでは、ピンゲージ直径と穴角度ずれ測定値との関係を調べるため、ピンゲージ直径は3種類を用意した。また、ピンゲージの製造メーカーは、2社（D社及びE社）を使用した。

ピンゲージの仕様は、次のとおりである。

- － ピンゲージ直径：
 - 1) $\phi 0.1248 \text{ mm} \pm 0.0001 \text{ mm}$
 - 2) $\phi 0.1251 \text{ mm} \pm 0.0001 \text{ mm}$
 - 3) $\phi 0.1253 \text{ mm} \pm 0.0001 \text{ mm}$
- － ピンゲージ長さ：25 mm～26 mm

7 測定結果

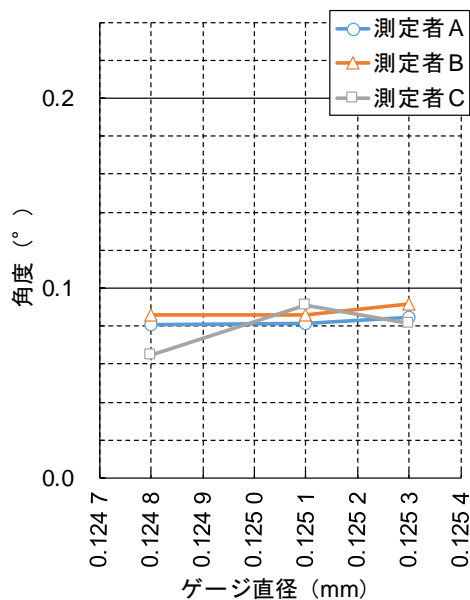
7.1 穴角度ずれの測定結果

穴角度ずれ測定結果を、グラフの横軸を変えて図3～図10のa)及びb)に示す。

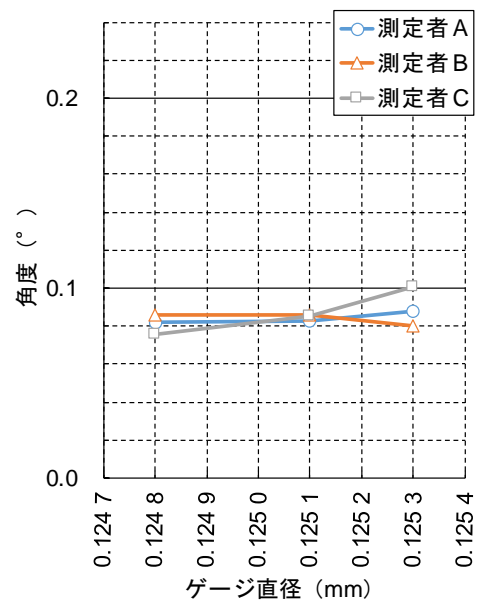
a) ピンゲージ直径に対する穴角度ずれ

ピンゲージ直径を横軸としたグラフをサンプル毎に図3～図7に示す。

比較的穴角度ずれの大きいサンプル1～サンプル3において、ピンゲージ直径を変えると、測定値が変化することが分かる。3種類のピンゲージ直径のうち、 $\phi 0.1251 \text{ mm}$ のときに測定者間のばらつきが最も小さく、ほぼ0.02度の差に収まっている。

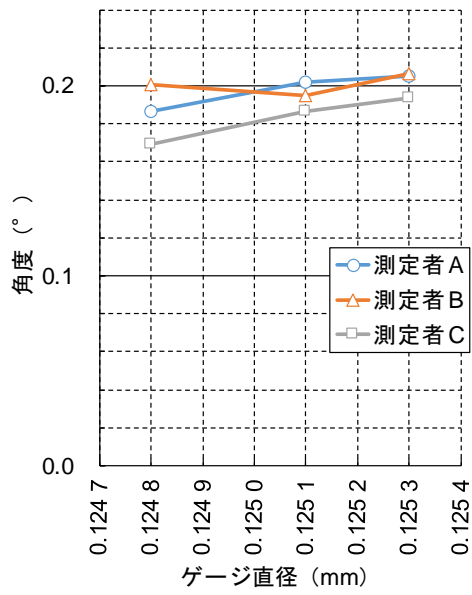


a) ピンゲージメーカー D

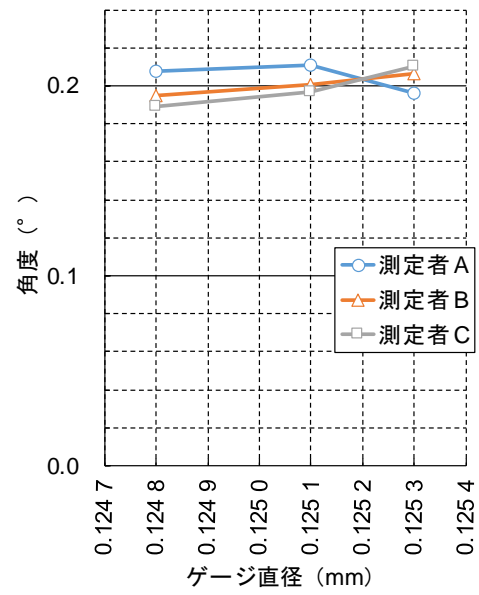


b) ピンゲージメーカー E

図3—サンプル1の穴角度測定値

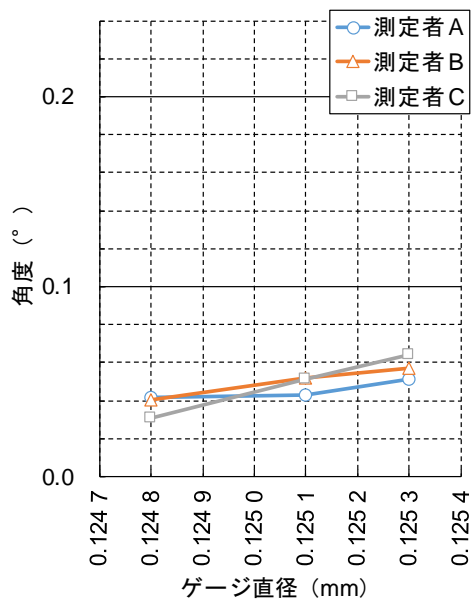


a) ピンゲージメーカー D

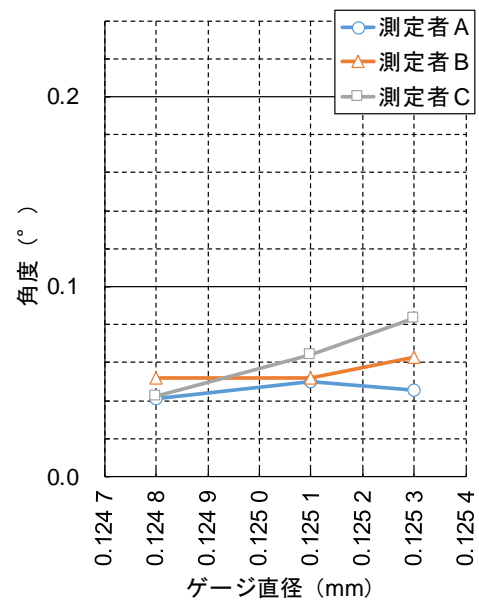


b) ピンゲージメーカー E

図 4-サンプル 2 の穴角度測定値

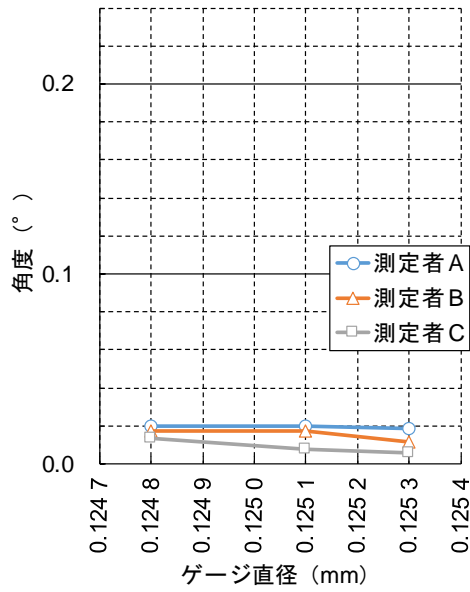


a) ピンゲージメーカー D

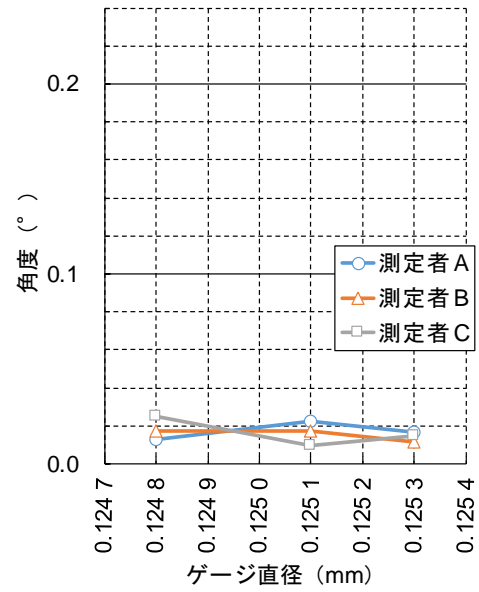


b) ピンゲージメーカー E

図 5-サンプル 3 の穴角度測定値

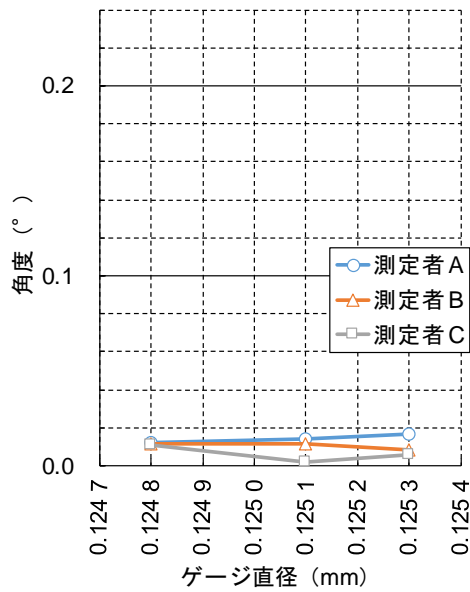


a) ピンゲージメーカー D

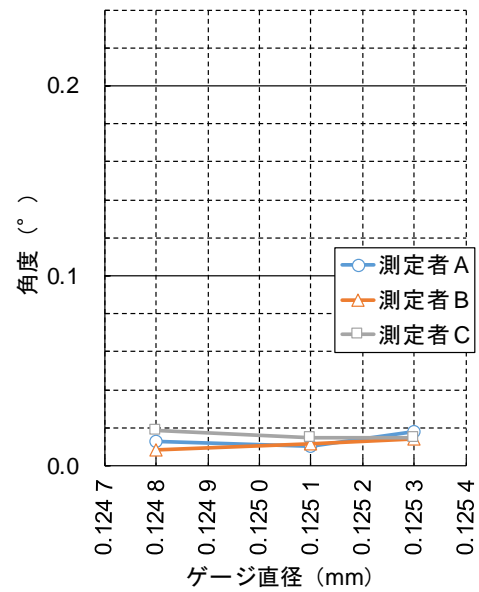


b) ピンゲージメーカー E

図 6—サンプル 4 の穴角度測定値



a) ピンゲージメーカー D



b) ピンゲージメーカー E

図 7—サンプル 5 の穴角度測定値

b) 測定者に対する穴角度ずれ

測定者を横軸としたグラフを、使用したピンゲージ直径毎に図 8～図 10 に示す。

測定者によって、測定値の差が生じることが分かる。ピンゲージ直径がφ0.124 8 mm 及びφ0.125 3 mm のとき、0.03 度~0.04 度の差が生じているサンプルがあるが、φ0.125 1 mm のときは測定者間のばらつきが小さくほぼ 0.02 度に収まっていることが分かる。

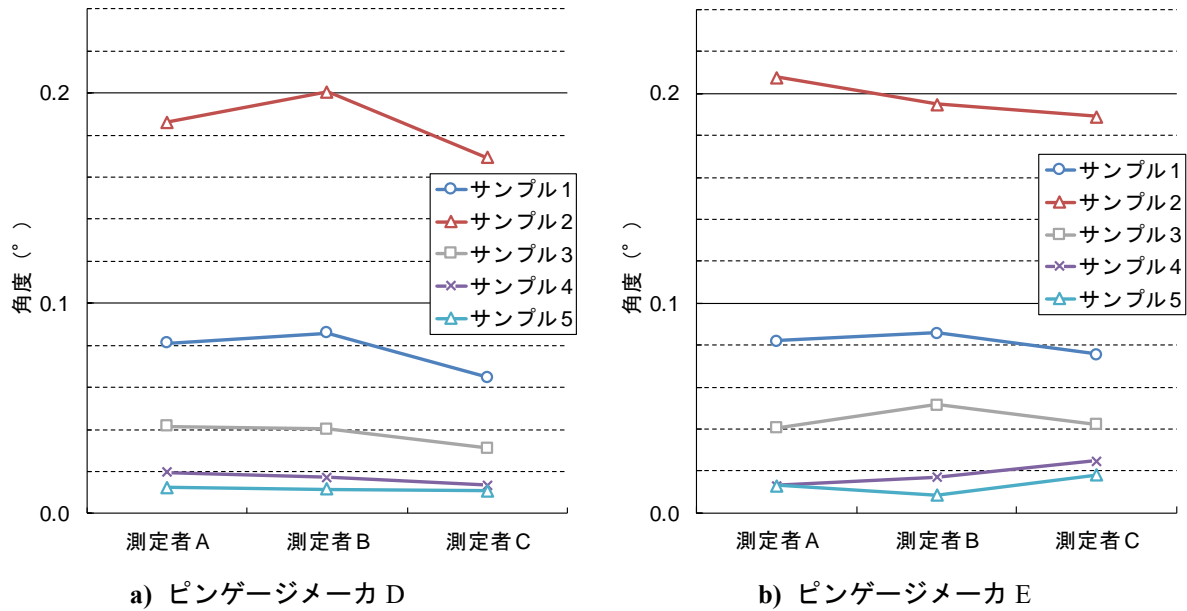


図 8—ピンゲージ直径φ0.124 8 mm を使用した穴角度測定値

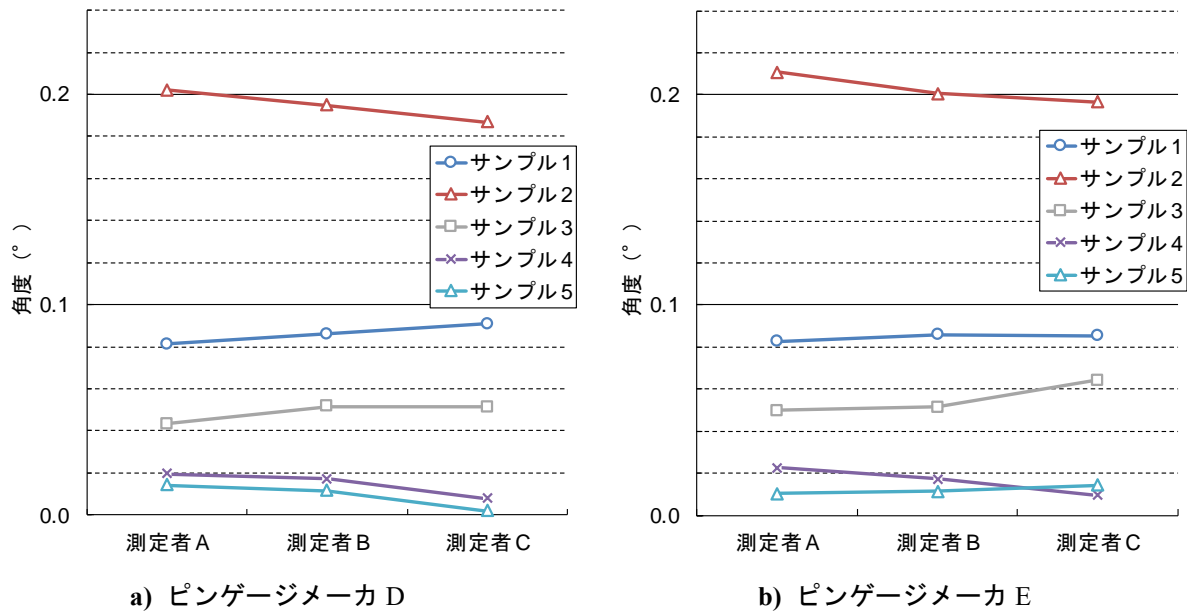


図 9—ピンゲージ直径φ0.125 1 mm を使用した穴角度測定値

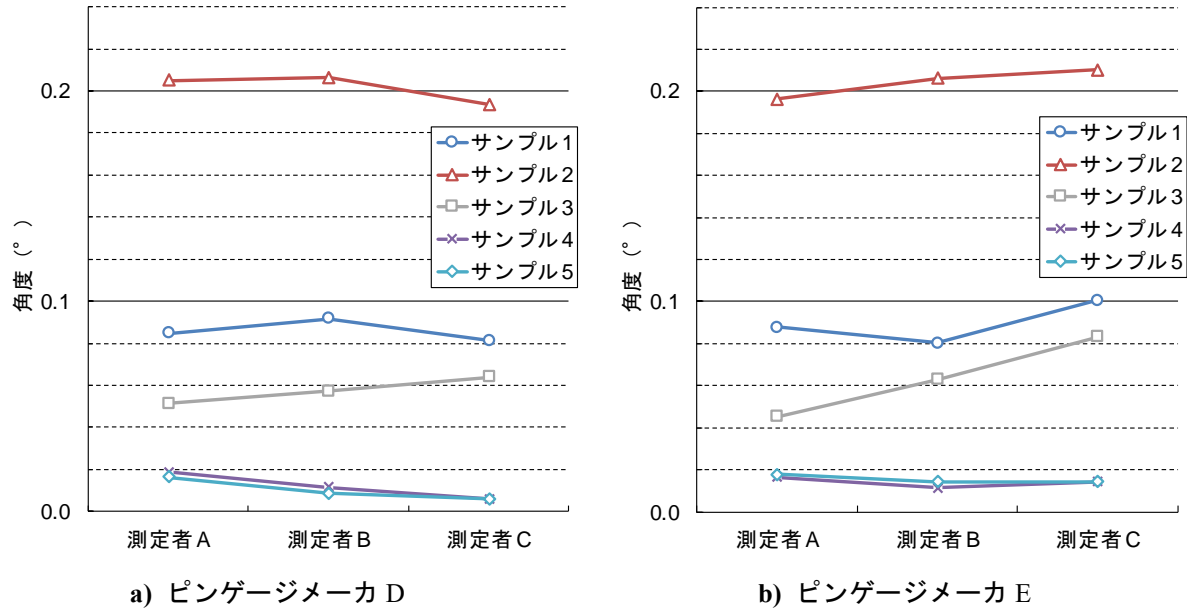


図 10—ピンゲージ直径φ0.125 3 mm を使用した穴角度測定値

7.2 繰り返し測定の再現性

3 回繰り返し測定したときの測定値の再現性（最大値－最小値）を表 1 に示す。最大で 0.009 度であり、目標とした 0.02 度の半分以下であった。

表 1—3 回繰り返し測定の再現性

			単位 度				
			サンプル 1	サンプル 2	サンプル 3	サンプル 4	サンプル 5
測定者 A	ピンゲージ (D 社)	φ 0.124 8 mm	0.004	0.006	0.001	0.001	0.001
		φ 0.125 1 mm	0.001	0.002	0.009	0.002	0.004
		φ 0.125 3 mm	0.001	0.003	0.002	0.003	0.002
	ピンゲージ (E 社)	φ 0.124 8 mm	0.000	0.001	0.005	0.001	0.001
		φ 0.125 1 mm	0.001	0.006	0.008	0.008	0.002
		φ 0.125 3 mm	0.005	0.005	0.002	0.001	0.002
測定者 C	ピンゲージ (D 社)	φ 0.124 8 mm	0.009	0.009	0.003	0.006	0.003
		φ 0.125 1 mm	0.009	0.003	0.003	0.003	0.003
		φ 0.125 3 mm	0.000	0.003	0.000	0.000	0.006
	ピンゲージ (E 社)	φ 0.124 8 mm	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003
		φ 0.125 1 mm	0.009	0.006	0.003	0.009	0.009
		φ 0.125 3 mm	0.006	0.006	0.009	0.006	0.000

8 測定不確かさの要因

ピンゲージ直径を適切に選ぶことで、測定者間のばらつきを 0.02 度程度に抑えることが可能であることが分かった。これは、JIS C 61300-3-54 の**附属書 A** に挙げている、測定不確かさに寄与すると考えられる 5 つの項目のなかで、フェルール穴径とピンゲージ径とのクリアランスの寄与度が最も大きいと計算していることを裏付ける結果となった。

9 まとめ

今回のラウンドロビンテストでは、 $\phi 0.125 \text{ mm } \begin{matrix} +0.001 \\ 0 \end{matrix}$ mm の穴径をもつフェルールに対して、ピンゲージの直径を 3 種類用意して測定を行った。その結果、 $\phi 0.125 \text{ mm} \pm 0.000 \text{ mm}$ のピンゲージを使用することによって、測定者間のばらつきを最も小さくすることができた。そのため、フェルールの穴角度ずれを測定するには、ピンゲージの直径をフェルールの穴径公差の下限值とすることを推奨する。

また、今回は測定者間で次のように条件を統一して測定を行った。穴角度ずれの測定にあたっては、これらの条件にも留意することが望ましい。

- － フェルール端面からのピンゲージ突出量は、5 mm とする。
- － ピンゲージはフェルールを貫通させ、フェルールと一緒に回転しないように固定する。

参考文献

- JIS C 5965-1** 光ファイバコネクタ光学互換—第 1 部：シングルモード（1310 nm ゼロ分散形）光ファイバ用光学互換標準の通則
- JIS C 61300-3-25** 光ファイバ接続デバイス及び光受動部品—基本試験及び測定手順—第 3-25 部：直角端面フェルール及び光ファイバ取付け直角端面フェルールの同心度測定

円筒形フェルールのフェルール穴軸とフェルール軸との角度ずれ 測定に関するラウンドロビンテスト結果 解説

この解説は、この技術資料（TP）に記載した事柄を説明するもので、技術資料（TP）の一部ではない。

1 制定の趣旨

円筒形フェルールは、FC形（F01形）、SC形（F04形）、MU形（F06形）及びLC形を代表とする単心系光ファイバコネクタのフェルールとして世界的に広く使用されている。光ファイバを挿入組み込み前の、円筒形フェルールのフェルール穴軸とフェルール軸との角度ずれ（以下、穴角度ずれという。）は、光ファイバコネクタの挿入損失に影響を及ぼすため、重要な特性である。

フェルールの穴角度ずれ測定方法は、**JIS C 61300-3-54**に規定され、その**附属書 A（参考）**に測定不確かさに寄与すると考えられる項目が挙げられている。測定不確かさを実験的に検証するため、フェルール製造会社でラウンドロビンテストを行った。測定条件の統一を進めながらラウンドロビンテストを繰り返した結果、目標とする測定ばらつき（各社測定値の最大値と最小値との差）を得るに至った。そこで、実際の測定条件を含むラウンドロビンテスト結果を公開するために、光産業技術振興協会規格（OITDA 規格）の技術資料（TP）を作成することとした。

2 制定の経緯

円筒形フェルールの穴角度ずれ測定方法は、**JIS C 5961:2009**（光ファイバコネクタ試験方法）の**6.4**（光ファイバ挿入穴角度）に規定していた。2009年から**IEC**規格と**JIS**との整合性を図るために、**IEC 61300**シリーズを**JIS C 61300**規格群（光ファイバ接続デバイス及び光受動部品の試験・測定手順）として**JIS**化し、**JIS C 5961**からの置き換えを進めた。しかし、円筒形フェルールの穴角度ずれ測定方法は、**IEC 61300**シリーズに規定されていなかったため、2014年に日本から**IEC**に提案し、測定不確かさの最新情報を記載して、2019年に**IEC 61300-3-54**として発行された。**IEC 61300-3-54**を対応国際規格として**JIS C 61300-3-54**を2020年に制定し、これにともない**JIS C 5961**を2020年に廃止した。

IEC 61300-3-54を**IEC**に提案する際、測定不確かさの実験的検証を行うため、2014年度から光コネクタ標準化部会の**WG2**が主体となって穴角度ずれ測定のラウンドロビンテストを行うこととした。国内のジルコニアフェルール製造メーカー3社で同一のフェルールサンプルを持ち回りして穴角度ずれの測定を進めたが、当初は各社間の測定ばらつきは、0.1度程度であった。その後、ラウンドロビンテストを繰り返すなかで測定条件の統一を行い、目標とする測定ばらつき0.02度を得るに至った。

この**OITDA**技術資料（TP）は、2021年9月から作成を進め、光コネクタ標準化部会の承認を得て、2022年3月31日に公開した。

3 技術資料（TP）作成・検討メンバ

TP 作成・検討メンバの構成表を、次に示す。

氏名	所属
阿部 宜輝	日本電信電話株式会社
磯野 秀樹	IGS コンサルティング
大久保 靖明	本多通信工業株式会社
平 淳司	株式会社精工技研
中水流 和美	京セラ株式会社 (2021年3月まで)
山本 崇	京セラ株式会社 (2021年4月から)
北條 幹夫	三和電気工業株式会社 (2018年3月まで)
渡辺 靖弘	三和電気工業株式会社 (2018年4月から2021年3月まで)
関本 正彦	三和電気工業株式会社 (2021年4月から)
山内 勲	アダマンド並木精密宝石株式会社

(執筆者 平 淳司)

4 原案作成部会の構成表

この技術資料 (TP) は、次に示す原案作成部会において、2021 年度に原案取纏め及び審議を行った。

光コネクタ標準化部会 構成表

(2021 年度)

	氏名	所属
(議長)	阿部 宜輝	日本電信電話株式会社
(メンバ)	大久保 靖明	本多通信工業株式会社
	片木山 直幹	日本航空電子工業株式会社
	古川 節雄	一般財団法人日本品質保証機構
	佐武 俊明	佐武コネクタ研究所
	渋谷 隆	株式会社白山
	関本 正彦	三和電気工業株式会社
	平 淳司	株式会社精工技研
	辻 由紀子	富士通株式会社
	中野 剛行	古河電気工業株式会社
	廣瀬 真幸	株式会社フジクラ
	山内 勲	アダマンド並木精密宝石株式会社
	山本 崇	京セラ株式会社
	熊 月	住友電気工業株式会社
(オブザーバ)	池田 和浩	経済産業省商務情報政策局
	磯野 秀樹	IGS コンサルティング
	清水 祐貴	一般財団法人日本規格協会
	宮端 茂	経済産業省産業技術環境局

(事務局)

大塚正明	一般財団法人光産業技術振興協会
小林多実	一般財団法人光産業技術振興協会 (2021年8月まで)
井上義之	一般財団法人光産業技術振興協会 (2021年9月から)
浦野章	一般財団法人光産業技術振興協会
澤野弘	一般財団法人光産業技術振興協会

禁無断転載

この OITDA 規格の TP (技術資料) は, 一般財団法人光産業技術振興協会
ファイバオプティクス標準化部会 光コネクタ標準化部会で審議・取纏めた
ものである。

この資料についてのご意見又はご質問は, 下記にご連絡ください。

TP (技術資料) :

円筒形フェルールのフェルール穴軸とフェルール軸との角度ず
れ測定に関するラウンドロビンテスト結果
(Result of round robin test on measurement of angular
misalignment between ferrule bore axis and ferrule axis for
cylindrical ferrules)

**Result of round robin test on measurement of
angular misalignment between ferrule bore
axis and ferrule axis for cylindrical ferrules**

TP 番号 : OITDA/TP 35/CN : 2022

第 1 版

公表日 : 2022 年 3 月 31 日

発行者 : 一般財団法人光産業技術振興協会

住所 : 〒112-0014 東京都文京区関口 1-20-10

住友江戸川橋駅前ビル 7F

電話 : 03-5225-6431 FAX : 03-5225-6435

e-mail : opt-st@oitda.or.jp (標準化室)