

平成 29 年度

戦略的基盤技術高度化・連携支援事業

戦略的基盤技術高度化支援事業

「多芯同軸フィルムリードの製造プロセス技術の確立」

研究開発成果等報告書

平成 30 年 3 月

担当局 経済産業省関東経済産業局

補助事業者 公益財団法人千葉県産業振興センター

目次

第1章 研究開発の概要	1
1-1 研究開発の背景・研究目的及び目標	1
1-2 研究体制	4
1-3 成果概要	4
1-4 当該研究開発の連絡窓口	5
第2章 本論	5
2-1 【1】多芯同軸フィルムリードの製品仕様の確立	5
2-1-1 サブテーマ【1-1】多芯同軸フィルムリード単体の仕様及びコネクタ仕様の確立	5
2-1-2 サブテーマ【1-2】試作した伝送路の特性の検証	8
2-1-3 サブテーマ【1-3】超小型コネクタを取り付後の多芯同軸フィルムリードの構造確立	11
2-2 【2】多芯同軸フィルムリード製造工程の確立及び自動化装置における仕様の確立	12
2-2-1 サブテーマ【2-1】シールド被覆工程の製造条件の確立と自動化装置の開発	12
2-2-2 サブテーマ【2-2】高温プレス工程の製造条件の確立と自動化装置の開発	14
2-2-3 サブテーマ【2-3】製造工程における各部工程の品質確認	17
2-2-4 サブテーマ【2-4】安定的に供給できる製造工程の確認	19
2-3 【3】サンプル出荷による最終川下業者の最終評価と改善	21
2-3-1 サブテーマ【3-1】川下業者へのプレゼンテーションの実施	21
2-3-2 サブテーマ【3-2】専門分野展示会への出展	22
第3章 全体総括	22
3-1 研究開発成果	22
3-2 研究開発後の課題	24
3-3 事業化展開	25
3-3-1 想定市場について	25
3-3-2 事業化見込について	26
3-3-3 今後のスケジュールについて	27

第1章 研究開発の概要

1-1 研究開発の背景・研究目的及び目標

■目的および目標

電子機器分野（スマートフォン等）において機器の内部に細線同軸線が使用されているが、加工性、経済性が悪く、発展性がないことが大きな課題となっている。そこで、この課題を解決するために多芯同軸フィルムリードの開発と生産プロセスの確立を行うことでコスト削減と短納期を実現し、売上拡大と新しい市場への進出を目指す。（図1、図2）また、海外依存生産から国内生産を可能にし、国内の電子機器産業におけるグローバル競争力向上に貢献する。

■従来技術の課題と新技術の展開

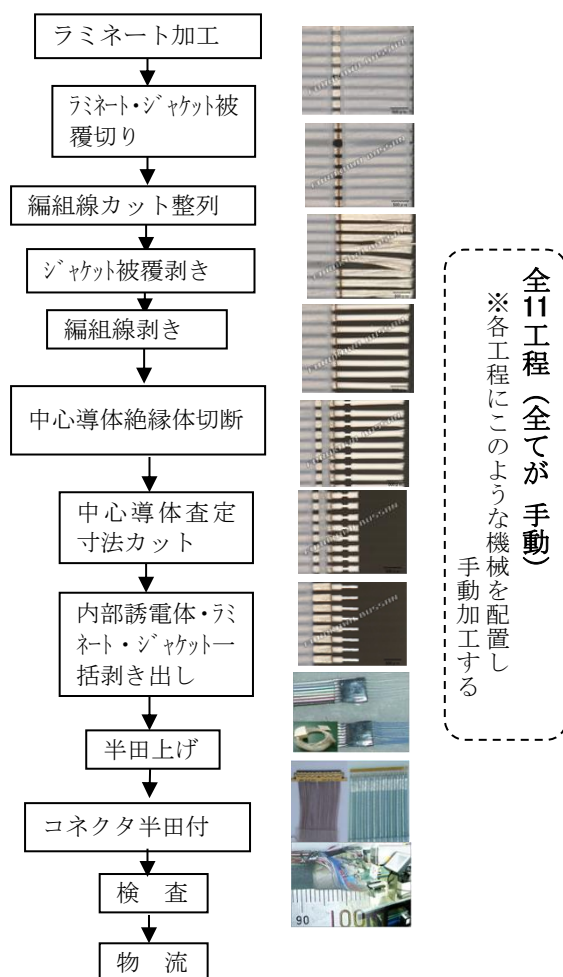


図1 細線同軸線工程図

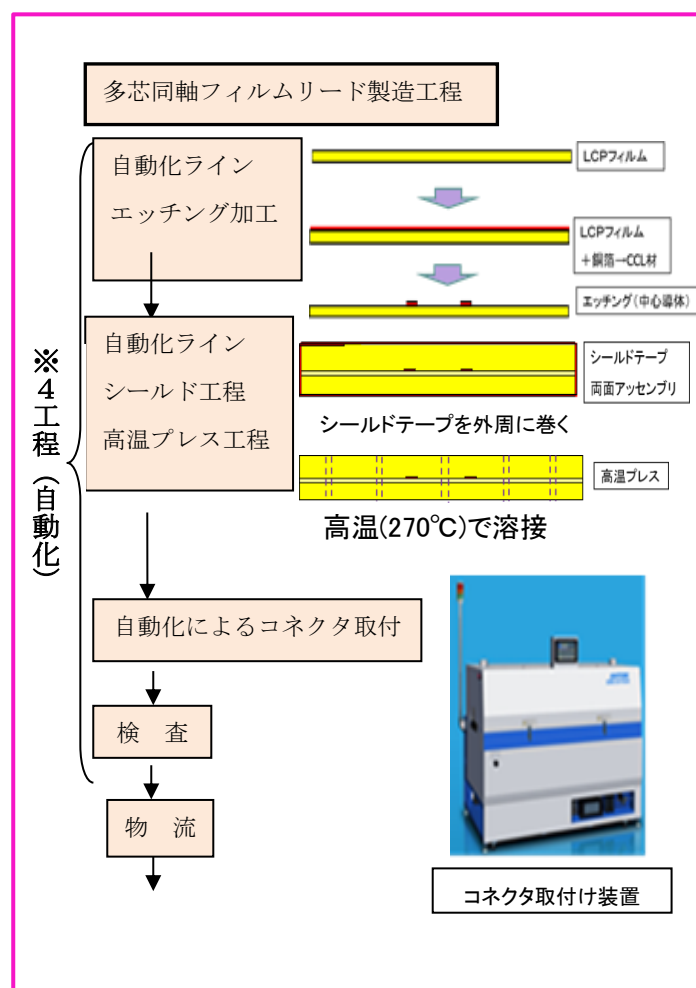


図2 多芯同軸フィルムリード工程図

【従来技術の課題】

- 手動加工のため、海外生産に依存
- 生産工程が多く、工数削減が不可
- 海外生産のため、物流コストが高い
- 短納期が実現できない

【新技術の特徴】

- 完全自動化のため、国内生産が可能
- 生産工程が少なく、工数削減が可能
- 国内生産のため、物流コストが安い
- 短納期が実現できる。

■新技術を実現するために解決すべき研究課題

- [1] 多芯同軸フィルムリードの製品仕様の確立。
- [2] 多芯同軸フィルムリード製造工程の確立及び自動化装置における仕様の確立。
- [3] サンプル出荷による最終川下業者の最終評価と改善。

中小企業の特定制品のづくり基盤技術高度化指針において、以下の項目に対応する。

(十) 材料製造プロセスに係る技術に関する事項

1. 材料製造プロセスに係る技術において達成すべき高度化目標

(3) 川下分野横断的な共通事項

①川下製造業者等の共通の課題及びニーズ

ア. 高効率化・迅速化・メンテナンス性向上の実現

近年の電子機器分野（スマートフォン等）では内蔵される無線規格（アプリケーション）の増加に伴い多くの内蔵アンテナが搭載されており、またその給電線として単芯細線同軸線がアンテナと同数使用（図3、図4）されている。今後アンテナは更に増加し10種類以上になると言われている。一方で、従来から一般的に用いられるポリイミドをベース材料としたFPCは細線同軸と比較し伝送損失が大きいため、高周波の信号の伝送を目的とした用途を代替するには不向きである。かねてより多くの電子機器メーカーから電子機器の小型化、高機能化、軽量化を実現すべく、細線同軸線（図4）より薄く、小さく、尚且つ加工性、経済性に優れた高周波伝送経路に使用できる製品が強く求められてきた。

㈱アイティシーはその要求に応えるべく、長年、研究／試作を繰り返し、平成26年に、細線同軸線に代わる単芯同軸フィルムリード（図5、図6）の試作に成功した。これを受け、多くの電子機器メーカーから、単芯のみならず、加工性・経済性に優れた多芯の同軸フィルムリードを安価かつ迅速に供給するように強く求められている。



図3 無線信号用アンテナと細線同軸線

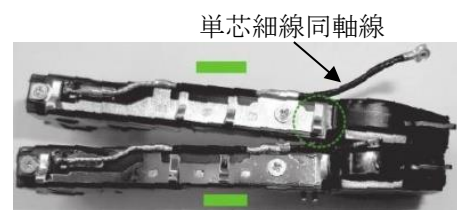


図4 単芯細線同軸線

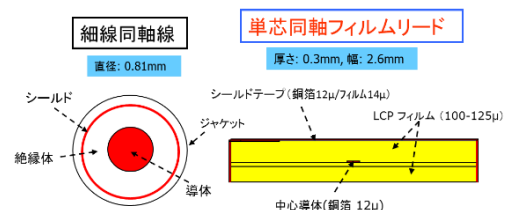


図5 細線同軸線と単芯同軸フィルムリード



図6 単芯同軸フィルムリードの写真（試作完了）

■研究開発の背景

(株)アイテイシーは創立 22 年の歴史を持ち、自動車関連機器（カメラ、カーナビ等）の取付け関係事業を中心に販売を行ってきた。しかし近年、自動車の高度化に伴い、後付け電装品の市場が狭まることが予想されたことから、新たな分野への事業展開を図る必要に迫られた。そのような中、自動車業界では車両の軽量化が課題の一つとなっており、カーナビやリヤビューカメラ、各センサー等を車両本体と接続するために使用されている「細線同軸線」を軽量化はもちろん、加工性や経済性も改善するという構想から、平成 26 年、同軸フィルムリードの試作に取り組み、開発に成功した（図 6）。この細線同軸線はスマートフォン等のモバイル通信機器分野・電子医療機器分野においても幅広く利用されており、単芯同軸フィルムリードの開発をきっかけに、様々なメーカーから多芯化への強い要望を受けるに至った。今回、多芯同軸フィルムリードの商品化に向けて量産できる生産プロセスを構築することにより、今後成長が見込まれる新たな分野への進出を目指す。（図 7、図 8）



図 7 従来の事業形



図 8 新しく狙う市場

■新たに狙う市場の動向

電子機器分野は、今後スマートフォンに搭載される無線機能等の増加に伴う内蔵アンテナの増加（現在 4～5 個から 10 個以上になる）により、高周波用伝送路の利用も増えている。高周波用伝送路には、現在のところ一般的には細線同軸線が主流だが、上記アンテナ数の増加に伴い、川下企業は新たな技術を導入し、コスト低減・短納期・高効率な加工技術を持つ高周波用伝送路の導入を強く求めている。また車載機器においても将来の自動運転や運転者支援装置（衝突防止装置等）に対応する無線システムの増加により高周波用伝送路の増加が確実であり市場拡大が見込める。電子医療機器分野においては超音波診断装置が今後小型化され、個人需要の市場が増加していく過程において、プローブ（人体に接触する部分）に使用されている高周波用伝送路の改革（加工性、経済性）が大きな課題となる。これら長年川下企業が要望している課題に対し、本研究による新たな技術で市場獲得を目指す。

1-2 研究体制

統括研究代表者 : (株) アイティシー商品開発事業部 商品開発部部长 横倉一浩

副統括研究代表者 : 千葉県産業支援技術研究所 主任上席研究員 城之内一茂

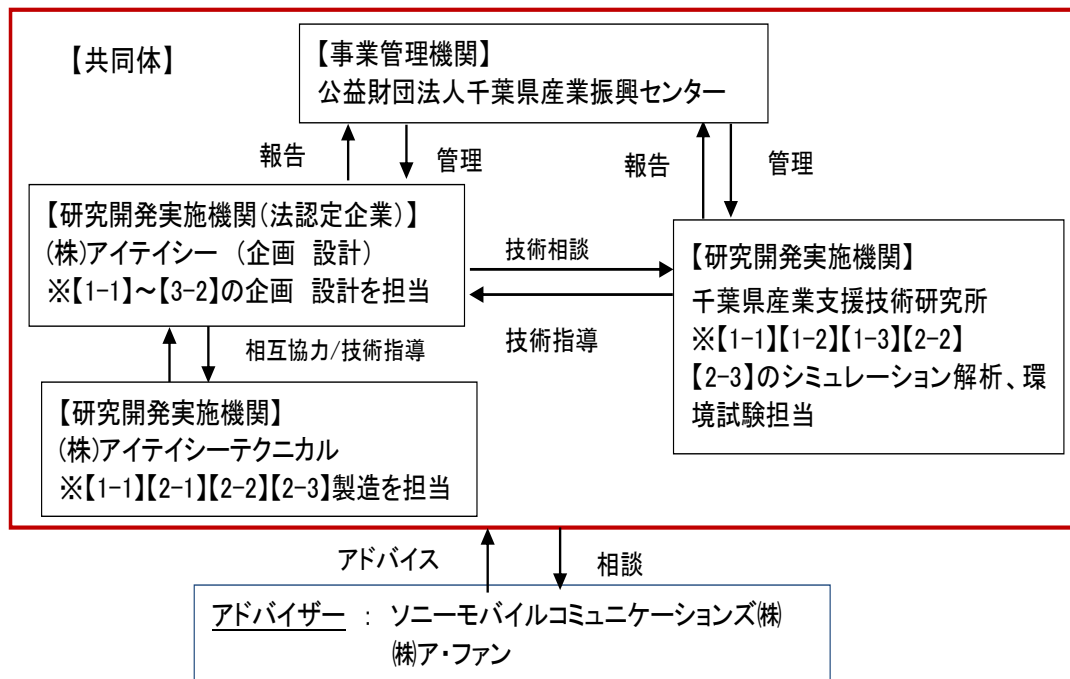


図9 研究体制

1-3 成果概要

多芯同軸フィルムリードについて、電磁界シミュレーションを用いた設計⇒試作実施⇒川下企業による評価⇒量産製造のための多芯同軸フィルムリード自動製造装置の開発を実施し、量産を前提とした試作評価品の提供の流れが構築できた（図10～図12）。また将来的に見込まれる市場要求に対応するため8芯以上の多芯構造についてベクトルネットワークアナライザおよびX線CTにより検証を行い、結果として、多芯化の第一段階である2芯同軸フィルムリードについて製品仕様を確立できた。多芯化に必要な基礎となる試作・開発・量産プロセスが構築できたことから、今後は川下企業のニーズが高い10芯以上の多芯同軸フィルムリードの開発に取り組み、研究を継続するとともに、量産に向けた取り組みを引き続き実施する計画である。また小型同軸コネクタについては、第一段階として1.64mmの試作及び実装検証を行い、将来的な量産に向けた仕様の確定及び小型コネクタ製造装置の仕様確立について検討を実施した。一方、多芯同軸フィルムリードの生産プロセスの確立については、上記にて開発した自動製造装置について、更なる生産の効率化、小型化の検証を継続実施する。平成29年度開発完了した高温プレス装置においても製造条件及び冷却、配列等の改善検討を行い、生産性の向上を最終年度以降も継続課

題として取り組む計画である。また、研究開発を進める過程では、要所毎に都度川下企業とタイムリーに意見交換を行う機会を作ること、事業化を適切に見据えた研究開発体制を敷くことができた。

図 10 従来技術：細線同軸線

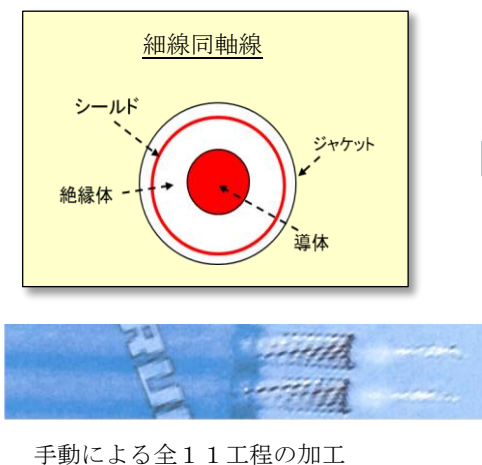


図 11 研究開発による新技術多芯同軸フィルムリード

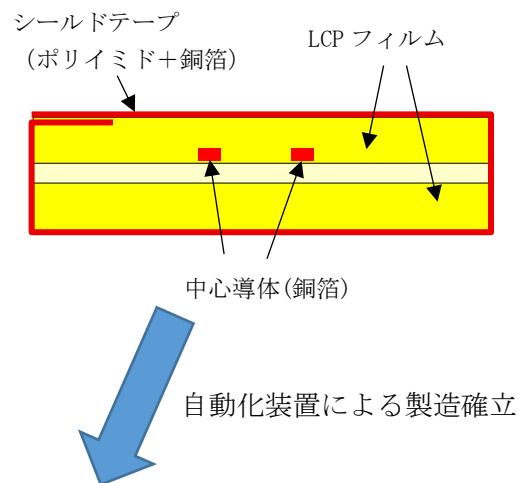


図 12 4工程自動製造装置

1-4 当該研究開発の連絡窓口

連絡窓口：株式会社アイテイシー

代表取締役 東海林 貢

TEL：047-397-0681（代） FAX：047-397-0747

E-mail：toukairin@itc-carlife.co.jp

第 2 章 本論

2-1 【1】多芯同軸フィルムリードの製品仕様の確立

2-1-1 サブテーマ【1-1】多芯同軸フィルムリード単体の仕様及びコネクタ仕様の確立

〔目標値〕

- ・フィルムリード厚： 0.21mm (±0.01mm)
- ・伝送路幅： 最大 0.15mm (+0.00mm/−0.06mm)
- ・各伝送路間距離： 最大 0.3mm (+0.20mm/−0.00mm)

〔多芯同軸フィルムリードの検証〕

基材となる CCL 材（液晶ポリマー（以下、LCP）＋銅箔）に複数の伝送路を構成する。目標とする芯数並びに使用する周波数に合わせ、伝送路（ストリップライン）の線幅及び伝送路間距離の最適化を図る必要がある。特に芯数を増加させるためには下記の項目の実施が必要となる。（図 13）

- ① 伝送路間隔及び線幅の最適化
- ② ①に伴う複数の伝送線を配置した際発生するクロストーク（個々の伝送線が相互に干渉する現象）の特性検証
- ③ ①に伴う伝送線幅の縮小によるインピーダンスの変化及び抵抗増加に起因する伝送路の電力損失に関する特性検証

最初に使用する LCP の誘電率、誘電正接を考慮し、線幅、線間幅、LCP の厚さをパラメータとした電磁界シミュレーションによる解析を行い、伝送路パターンの最適化、設計を実施した。また現行のコネクタも多芯同軸フィルムリードの仕様に合わせて縮小（図 14）する必要があることから、基本的な構造を見直し、電磁界シミュレーションにより最適な構造を検討した。併せて、コネクタを実装した状態での検証、同軸フィルムリードとの接合特性の検証（特に濡れ性の確認）を実施した。

上記の特性検証のため、下記試作を実施し検証した。

- 多芯同軸フィルムリード：各工程の組み立てに治具を用いた、手加工による試作
- コネクタ：試作機による試作

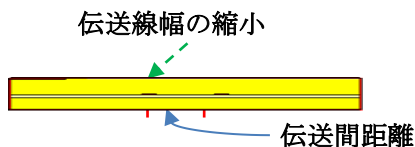


図 13 伝送線幅の縮小

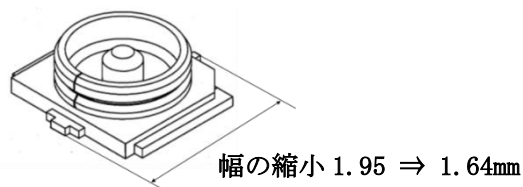


図 14 コネクタ

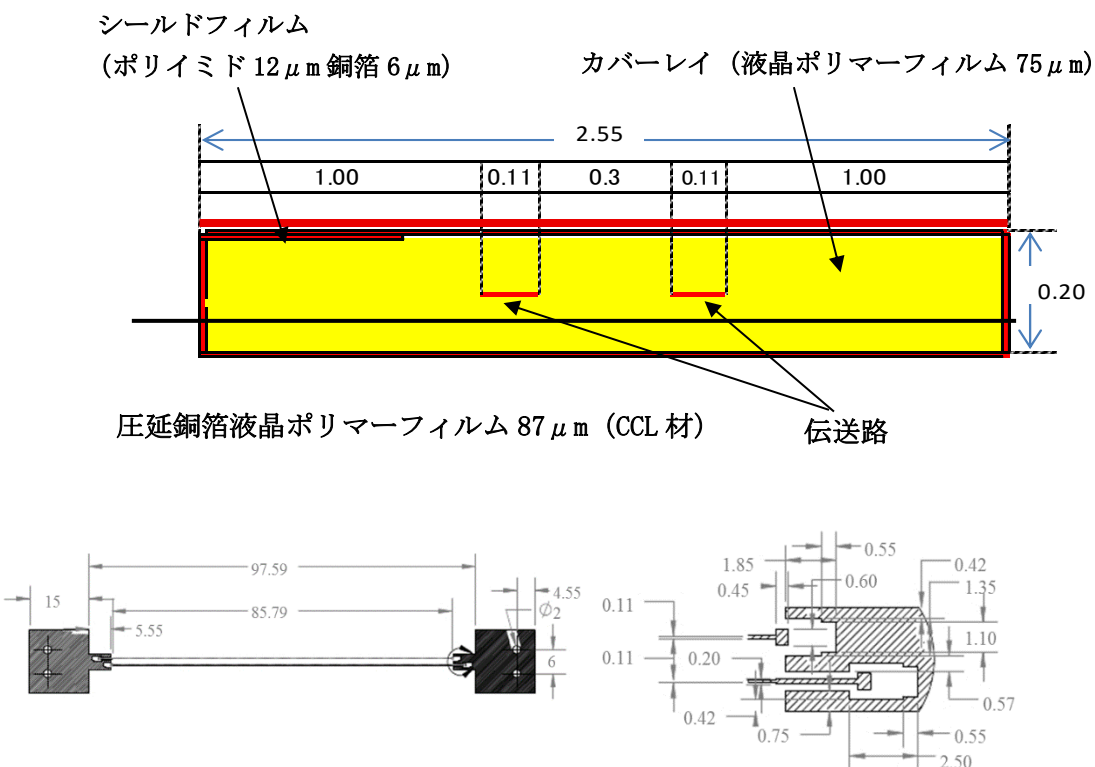
〔2 芯製品仕様、8 芯試作仕様の確立〕

目標とする 2 芯及び 8 芯の伝送路の線幅及び伝送路間距離の最適化を図るために、2 芯については市場要求に基づく製品仕様（図 15）、8 芯については開発仕様（図 16）を基に千葉県産業支援技術研究所において電磁界シミュレーションによる解析を実施し、設計値を得た。この設計値から実際にサンプルを作成し、小型（現行 1.95mm→1.64mm）コネクタを（図 14）用いた「2 芯同軸フィルムリード（コネクタ付）」について試作及び評価を実施した。8 芯については千葉県産業支援技術研究所において三次元モデリングマシンを使用し簡易金型（図 16）を製作し試作及び評価を実施した。なお、コネクタについては現行の 1.95mm コネクタに対し特殊治具を開発し手作りで追加工を行い小型化したものを用い、量産時における仕様を検証した。

その後上述の試作、評価時に発生した問題点を抽出、解決策を検討し、対策をフィード

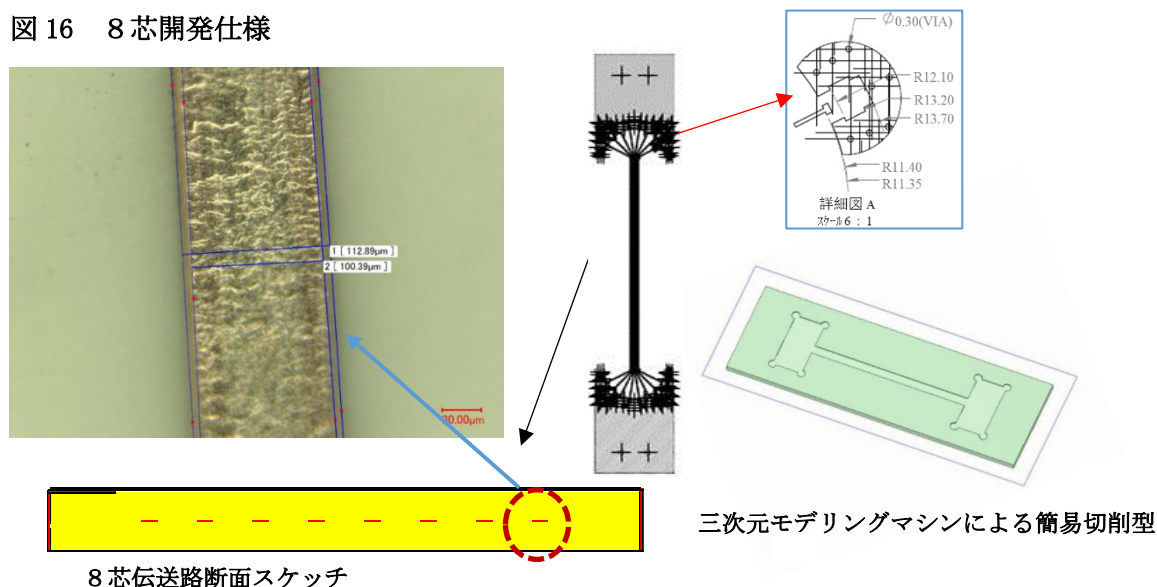
バックさせた試作にて確認する作業を繰り返し実施した。結果として、厚さ：0.20mm、伝送路幅：0.11mm、伝送路間距離：0.3mm、コネクタ幅：1.64mm を達成した。これにより 1.6mm コネクタの仕様を確立することができ、将来的な量産についての検証が可能となった。

図 15 2 芯製品仕様



- ・コネクタパターンの縮小（実装面積の縮小）⇒製品の優位性、実装上の優位性
- ・部材の共通化（1 芯、2 芯）⇒部材資材管理の削減
⇒機械装置における供給装置（カバーレイ）の削減とそれに伴う工数削減

図 16 8 芯開発仕様



〔小型コネクタの試作仕様の確立〕

コネクタの小型化を図るため、小型コネクタ製造装置の仕様について検討を行った。その結果、現行 2.8mm から段階を経ず 1.6mm に小型化するのは困難であることが判明した。よって、既存最小製品である 1.95mm 小型コネクタを改良し、SMT タイン部（面実装半田付け部）及びモールド部の形状変更を加え 1.64mm の実装検証ができる試作品を完成させた。（図 17）



図 17 小型コネクタ

2-1-2 サブテーマ【1-2】試作した伝送路の特性検証

〔目標値〕

- ・インピーダンス：50Ω
- ・伝送損失：-1.0dB
- ・クロストーク：0 に近づける

千葉県産業支援技術研究所に平成 27 年度に導入したベクトルネットワークアナライザ（図 18）を使用し、サブテーマ【1-1】の 2 芯同軸フィルムリードの試作品（図 22）伝送路単体及びコネクタ付と簡易治具で製作した 8 芯の試作品にて、高周波特性（伝送特性、クロストーク、インピーダンス）の検証（図 20、図 21）を実施し目標値を満足することを確認した。また X 線 CT による非破壊断面観察（図 19）と電磁界シミュレーションモデルとの相関性を確認した。これらの検証から、2 芯における製品仕様を確立することができた。この評価で得た結果は自動製造装置の開発の際、機械仕様に反映させることになった。

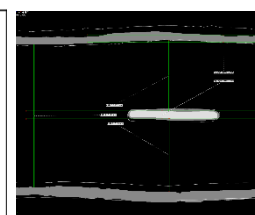
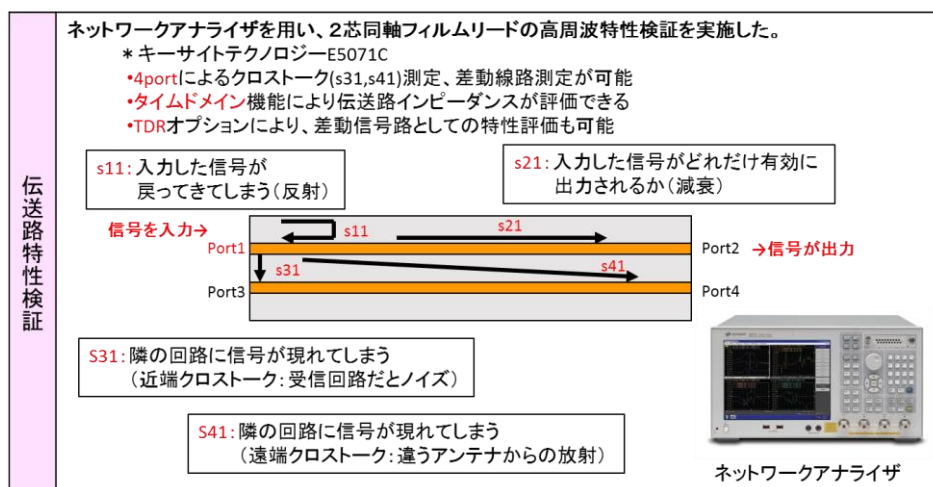


図 19 X 線 CT 断面観察

図 18 ベクトルネットワークアナライザ

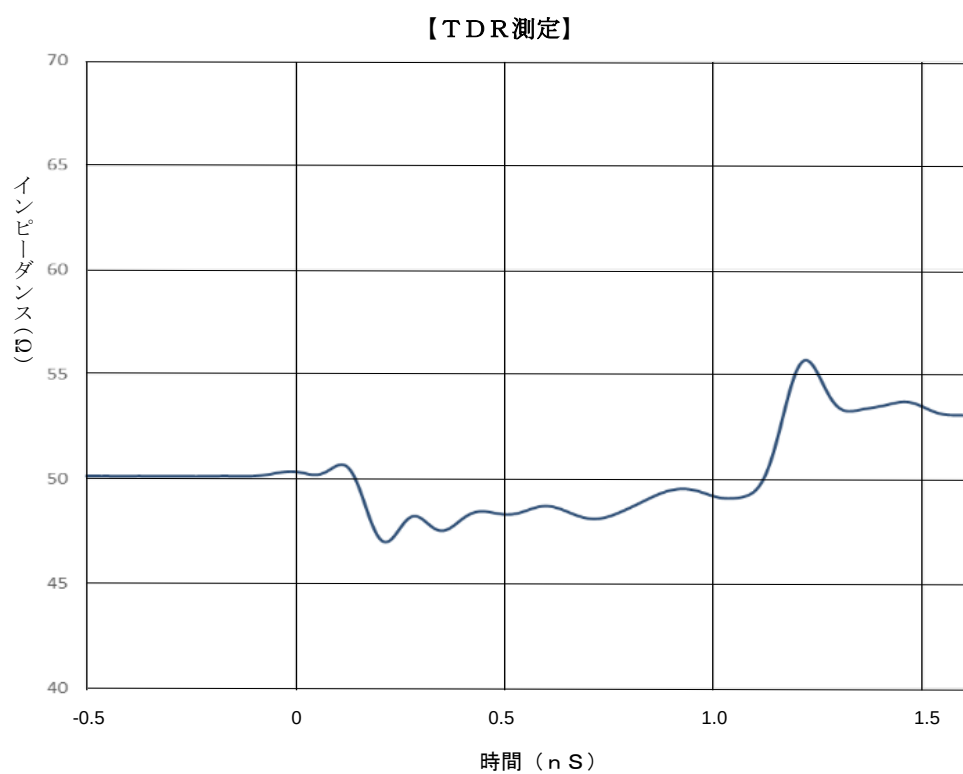
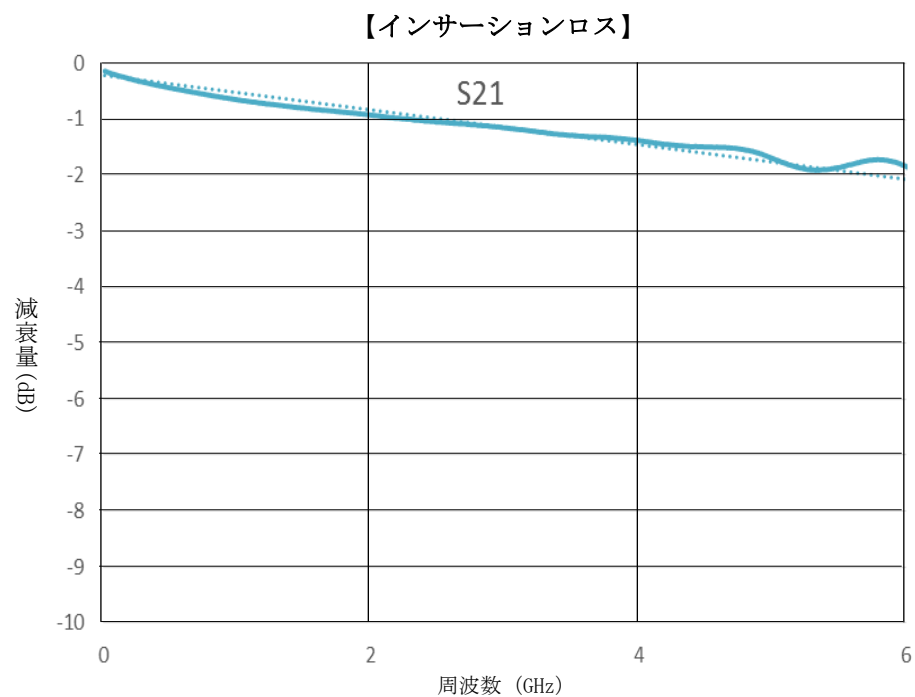


図 20 2 芯製品仕様による高周波特性

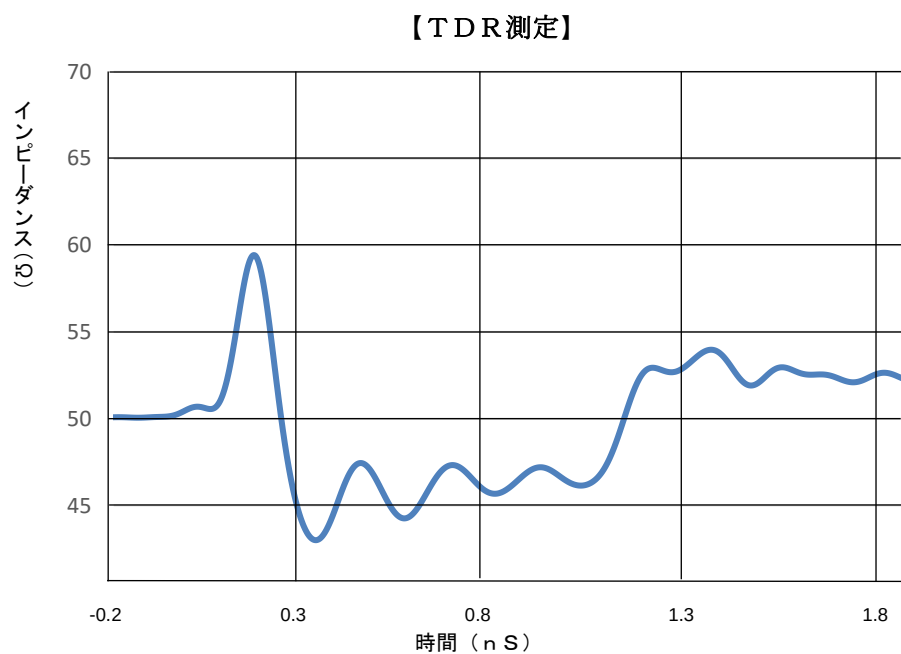
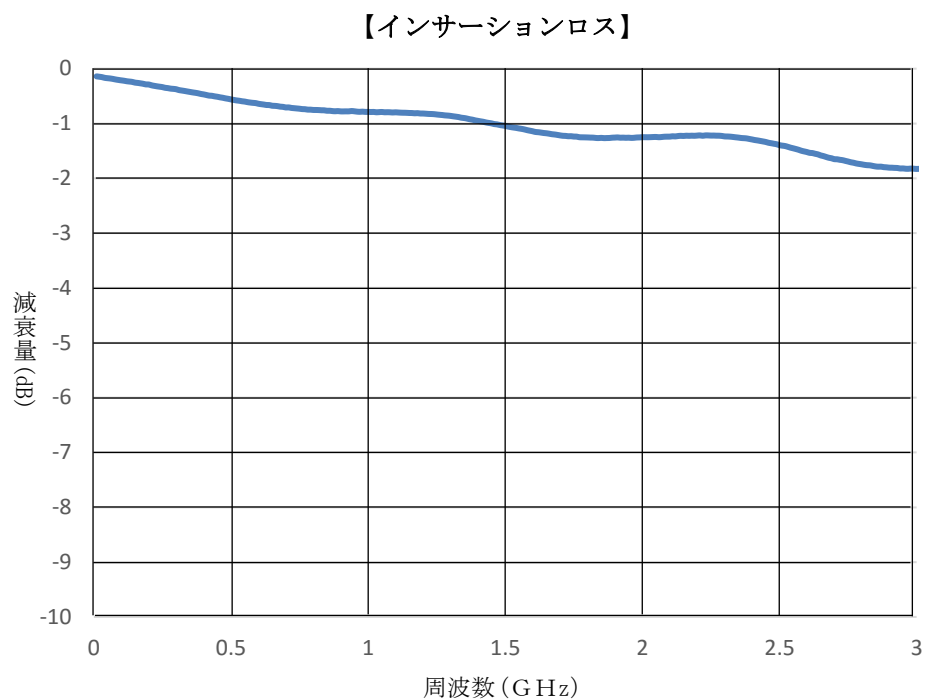


図 21 8 芯製品仕様による高周波特性

2-1-3 サブテーマ【1-3】超小型コネクタを取り付後の多芯同軸フィルムリードの構造確立
〔目標値〕

- ・多芯同軸フィルムの目標寸法に対比しコネクタ幅を $1.6\text{mm} \pm 5/100\text{mm}$ とする
- ・コネクタ半田濡れ性 90%以上
- ・多芯同軸フィルムリード及びコネクタ信頼性試験（表 1）

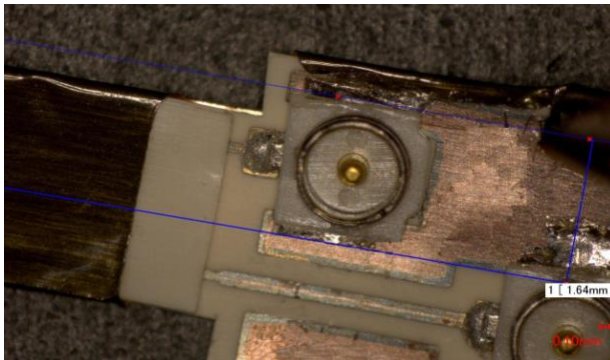


図 22 伝送路単体及びコネクタ付



図 23 コネクタの半田濡れ性

半田が均一に広がり、コネクタの端子が適切に半田付けされている。（赤点線部分）

フラックス処理有（半田濡れ性 90%以上）

サブテーマ【1-1】の 2 芯同軸フィルムリード（1.64mm コネクタ付）について、高周波特性を検証し、目標値を達成することを確認した。8 芯についても同様に 1.64mm コネクタを取り付け高周波特性の検証を実施した。また信頼性試験（表 1）については研究開発推進委員及びアドバイザーからの助言により実施し、目標値を満足することを確認した。その結果を表 2 に示す。

表 1 信頼性試験

項目	条件	目標値
1.絶縁抵抗	常温常湿	シェル・中心コンタクトの絶縁抵抗が1,000MΩ 以上
2.接触抵抗	適合コネクタ	＜接触抵抗＞ 中心コンタクト:35mΩ 以下
	嵌合後測定	シェル :10mΩ 以下
3.耐電圧	試験電圧AC200Vを1分間印加して測定	シェル・中心コンタクト間で絶縁破壊がない事
4.高温放置	試験温度:85℃	外観:割れ等の異常がない事
	試験時間:800時間	＜接触抵抗＞ 中心コンタクト:40mΩ 以下
	100時間後、200時間後、400時間後、 800時間後の接触抵抗を測定	シェル :15mΩ 以下
5.温湿度サイクル	試験温度:－10℃～65℃	外観に割れ等の異常がない事
	試験湿度:93%	＜接触抵抗＞ 中心コンタクト:40mΩ 以下
	サイクル数:10サイクル	シェル :15mΩ 以下
		耐電圧はシェル・中心コンタクト値で絶縁破壊がない事
6.冷熱衝撃	試験温度:－30℃(10分)	外観に割れ等の異常がない事
	放置なし30℃(10分)	
	試験時間:上記を1サイクル100サイクル	
7.振 動	振動周波数:10～500Hz	外観:割れ等異常がない事
	全振幅:1.52mm	中心コンタクト・シェル共に1μ sec以上の瞬断がない事
	3軸方向に各1.15時間	

2-2【2】多芯同軸フィルムリード製造工程の確立及び自動化装置における仕様の確立

2-2-1 サブテーマ【2-1】シールド被覆工程の製造条件の確立と自動化装置の開発

〔目標値〕

- ・三層フィルム材の重ね合せ：ずれ量 5μm以下

〔シールド被覆工程の検証〕

- ・シールドテープ加工(巻)：シールドテープ重ね量 最少0.5mm、最大1mm

2種類のLCPを画像認識により精度良く積層し、薄膜シールドフィルムをLCPに被覆するための自動化装置の設計・開発・検証を実施した。(図24)シールドフィルム被覆装置はX軸とY軸の曲げ加工を同時に制御できる2軸装置構成にすることで、内層にあるパターンに影響しないシールド工程を実現した。

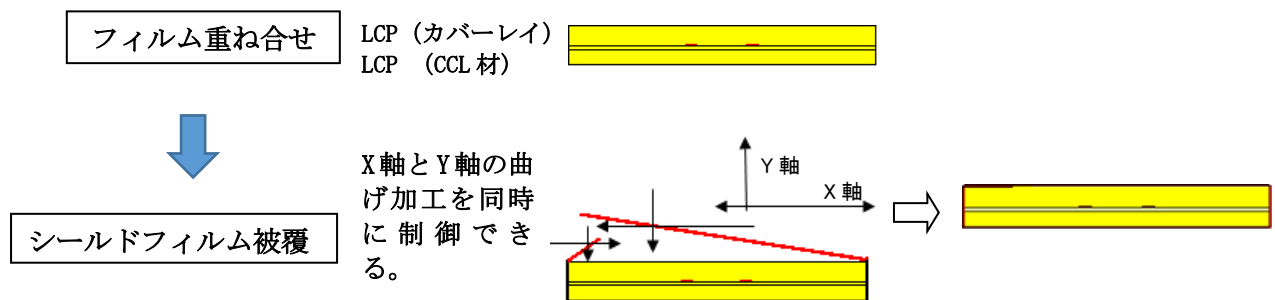


図 24 シールドフィルム加工

〔シールド被覆自動化装置の開発及び完成〕

平成27年度に実施したシールドフィルム被覆精度の安定と加工性の向上の検討結果を基にシールド被覆工程及び自動化装置の開発に着手した。フィルムの重ね合わせ及びシールド

ドフィルム被覆の精度が目標値となるように設計し、自動化を図った。重要項目として品質の安定性、量産性、自動化装置の開発難易度を低減させる目的で、シールドフィルムは1次曲げと2次曲げの2回曲げ加工を行うプリフォーム方式にした。

結果として LCP と薄膜シールドフィルムの重ね合わせ（積層）ずれ量（ $5\mu\text{m}$ 以下）の仕様を達成する、「シールド被覆自動化装置」を完成させた（図 25）。同時に「CCL、カバーレイ部材供給装置」及び部材の「搬送装置」を完成導入した。「多芯同軸フィルムリード製造装置」の中で基幹装置の一つであるシールド被覆自動化装置を開発導入させることにより、手試作では限界だった多芯同軸フィルムリードの外観の向上、手試作での組み立て精度の差によるばらつきが大きく低減された。また、量産プロセスを構築するにあたり、上記シールド被覆自動化装置に装着されるリール部材 3 種（シールドフィルム及び CCL 材、カバーレイ）の量産時のリール仕様を決定した（図 26）。

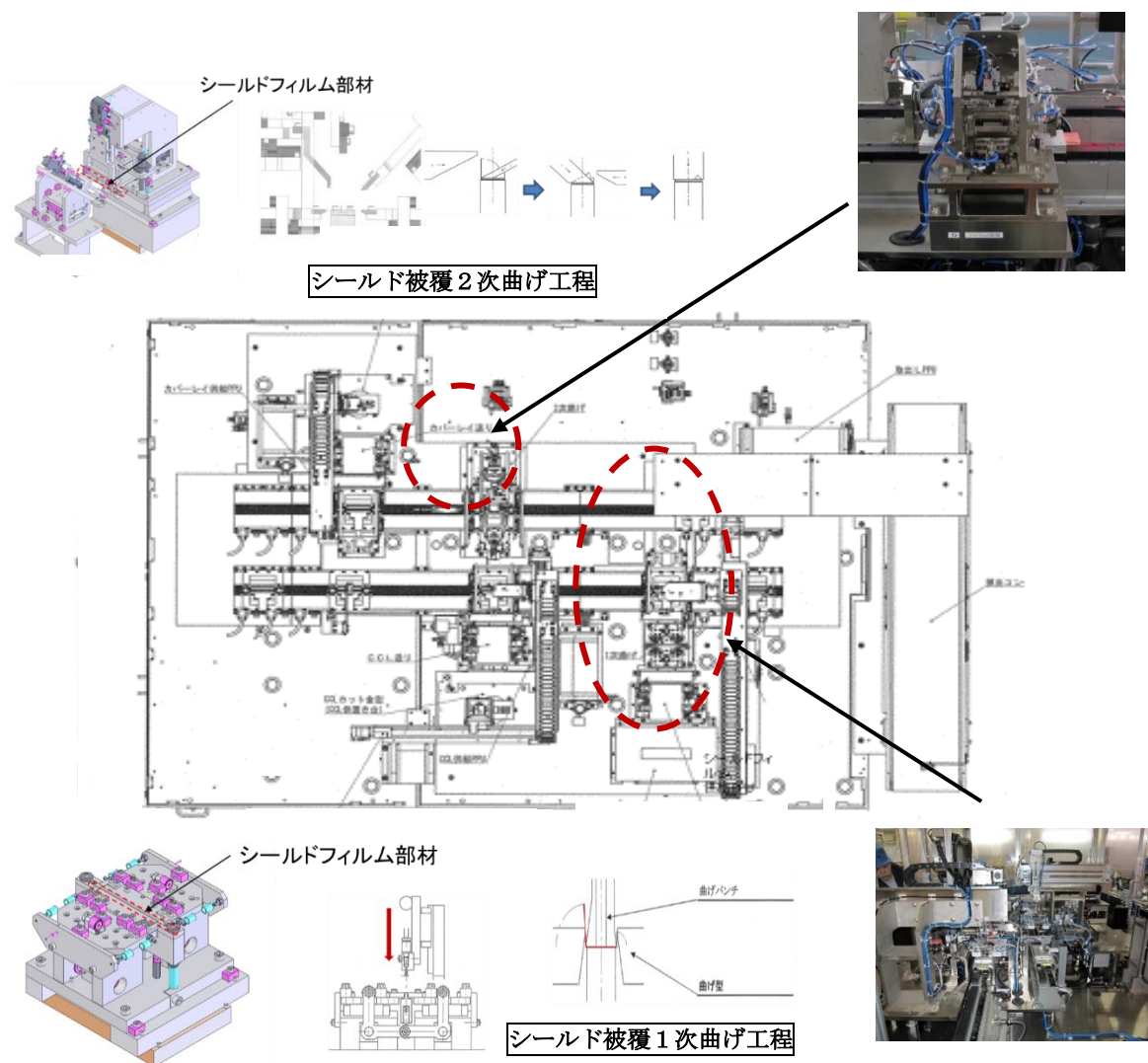


図 25 シールド被覆自動化装置

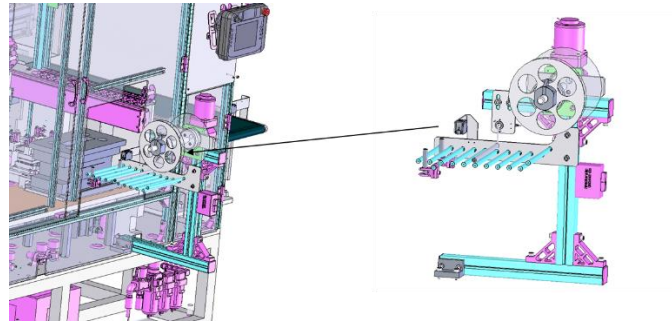


図 26 シールドフィルムリールスタンド

2-2-2 サブテーマ【2-2】高温プレス工程の製造条件の確立と自動化装置の開発

[目標値]

- ・温度 270℃±5℃
- ・圧力 1MPa (最大)
- ・時間 5 分以下
- ・試作品内部の熔融状態観察：X 線 CT の断面観察で、目標値（厚み 0.21 mm、伝送線幅最大 0.15 mm から最小幅、伝送線間距離 0.55 mm から最小値）を確定し異常がないことを確認する。

前記【2-1】で重ねた CCL 材とカバーレイとシールドフィルム間を熔融接着し製品として一体化させる高温プレス工程において熱処理を施すための高温プレス装置の設計・開発・検証を実施した。また、この時の高温プレス条件（図 27）（温度・圧力・時間）を適正に決定する必要がある、上記【1-1】シミュレーション結果による試作の後、十分な検証を実施した。この高温プレス後の多芯同軸フィルムリード内部の詳細観察には X 線 CT 等を用いて断面観察を行った。また、【1-3】に記述した特性検証も合わせて実施し、最終製造条件を決定した。

高温プレス工程で圧力を加える



図 27 高温プレス製造条件

「CCL 材+カバーレイ、シールドフィルム」を熔融接着により一体化させる「高温プレス工程」について、高温プレス装置の設計・開発・検証を実施するとともに、製造条件（温度・圧力・時間）を検証するため、平成 27 年導入の高温プレス試作装置を活用し仕様を確定した。また、X 線 CT により非破壊で内部観察・計測を行い、X 線 CT の有用性を確認するとともに、電磁界解析との相関性を確認した。これによりシミュレーション結果より得られた設計値に則した試作品の特性が期待通りであることを確認し、シミュレーションによる設計 → 手作りによる試作 → X 線 CT による観察・計測の一連の流れを実施できた。

基幹装置の一つである高温プレス装置の開発導入に対しては、当初生産量確保と小型化を図る目的で多段式の装置を計画したが、多段式の各プレート（熱板）の温度管理に困難が伴い（図 28、図 29）、オペレーションが難しいこと、多段式の開発コストが単段式の 2 倍になることよりコストセーブに繋げた単段式高温プレス装置に変更し、開発を実施した。この実施により満足のいく結果となり目標とする仕様を達成した。

高温プレス装置の開発と並行して CCL 材及びカバーレイ供給装置の部材抜型を開発し自動化装置を完成させた。また CCL 材の抜工程については製品仕様を満足する高い寸法精度での重ね合わせを実現する目的で、画像認識装置を導入した。

伝送パターンの位置精度が、多芯同軸フィルムリードの重要項目の一つであることから、品質の安定化並びに抜き加工時の精度の確認を目的として CCL 材については画像認識装置による画像確認の工程を導入した。またシールド被覆工程の 2 次曲げ終了後、良品を高温プレス装置の熱板に整列させる良品取出し装置（整列装置）も完成させた。（図 32～図 37）

[多段式高温プレス装置から単段式に変更した主な要因]

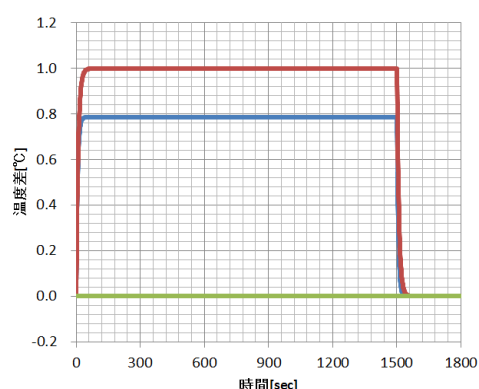


図 28 熱分布特性 昇温速度 0.1[°C/sec]

- 高温プレス熱板を 2 段重ねた場合（多段）の熱分布解析を行った。
- 熱板の多芯同軸フィルムリード接触面の表裏温度差をグラフ化した。
- 温度変化は 150°C とし、熱板の昇温速度の違いが与える影響を調べた。



図 30 熱板解析用赤外線サーモグラフィカメラ

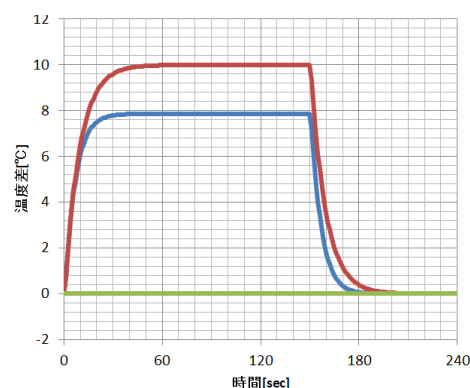


図 29 熱分布特性 昇温速度 1.0[°C/sec]

- 結果として、熱プレス熱板表面温度の昇温速度を上げるほど温度差が大きくなった。
- 温度差は 0.1°C/sec のときは問題ない範囲に収まったが、1.0°C/sec だと無視できない温度差となった。
- 単段は温度上昇させる時間差に影響なく均一になっている。

本解析内容から単段とした。（図 28～図 30）

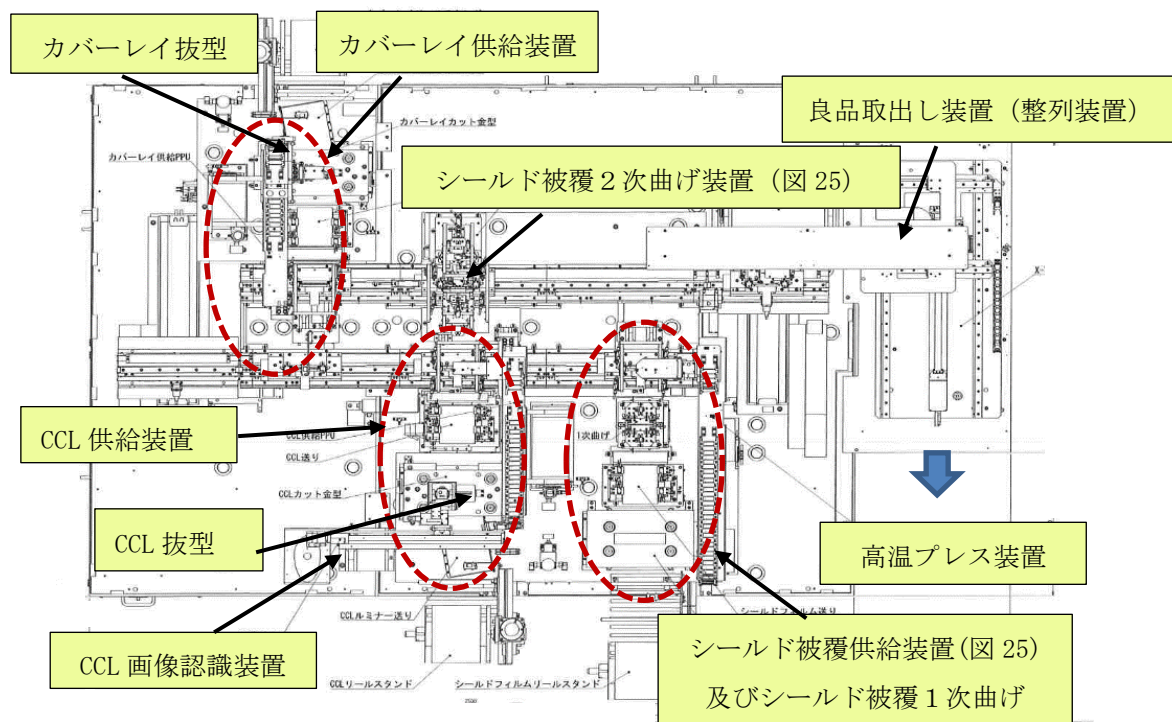


図 31 自動化装置平面図



図 32 高温プレス装置



図 33 CCL 抜型

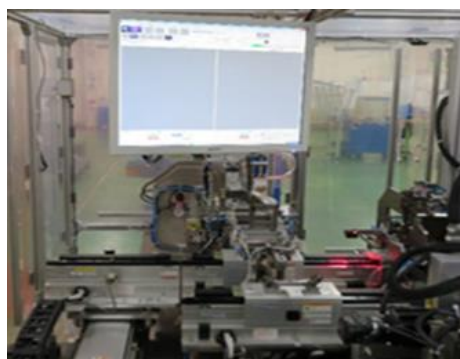


図 34 CCL 画像認識装置



図 35 CCL 画像認識装置 (モニター)



図 36 カバレイ供給装置・抜型



図 37 良品取出し装置(整列装置)

2-2-3 サブテーマ【2-3】製造工程における各部工程の品質確認

〔目標値〕

- ・加工工程：4 工程
- ・1 日当りの生産量目標値（本数）
（現状）細線同軸線 400 本 → （今後）多芯同軸フィルムリード 1,900 本
- ・最終品の検証（多芯同軸フィルムリードの目標寸法）
厚さ 0.21 mm、伝送線幅最大 0.15 mm、伝送線間距離 0.3 mm、
コネクタの外観寸法 1.6 mm±1/100mm → 各製造規格を決定する

上記【2-1】【2-2】の結果、多芯化の第一段階である 2 芯同軸フィルムリードについて製品仕様を確立できた。これにより、多芯化に必要な基礎となる試作・開発環境・量産性の検証が構築できたことから、【2-3】においては多芯同軸フィルムリード自動製造装置における各装置の機能検証、及び装置間の連動機能、品質を主体に検証した。

生産プロセスの確立については、自動製造装置構築に向け検証が必要な工程である「シールドフィルムの被覆」「シールドフィルム内で積層された LCP の溶融接着（高温プレス工程）」の 2 つが重要であり、特にこれらの基幹装置について重点的に検証を実施した。またコネクタ実装に関しては、伝送路とコネクタのリフロー時の温度プロファイルを実測するため千葉県産業支援技術研究所に赤外線サーモグラフィカメラを導入した（図 30）。これにより確実にはんだ付けができる温度条件を見出し実装品質要件を満たした。

多芯同軸フィルムリード製造プロセスは大きく 4 工程（①シールドフィルム被覆、②CCL、カバーレイの抜き加工並びに積層、③良品の整列装置）に分けられる。

上記主要 4 工程において目標生産量（1,900 本/1 日）を担保すること、並びに多芯同軸フィルムリード及びコネクタ実装時の信頼性試験条件を満足すること（表 2）を確認した。

生産プロセスの確立については、自動製造装置構築において「シールドフィルムの被覆工程」及び「高温プレス工程」の 2 つが製品品質を安定させ、経済性、量産性を図る上で非常に重要な工程であるためこれらを検証した。（図38）

① シールドフィルム被覆工程の検証・確認

- ・1次曲げ～CCL/カバーレイ装着～
2次曲げ工程の動作、品質確認
- ・2次曲げのシールドの重ね量0.5～1mmの確認
- ・CCL/カバーレイのフィルム供給・カットを画像認識装置で確認

② 高温プレス工程検証・確認

- ・完成品の整列装置の動作確認
- ・温度、圧力、及びプレス時間の確認

これらの検証により、厚さ、伝送線幅、及びコネクタの外観寸法の目標を満足した。

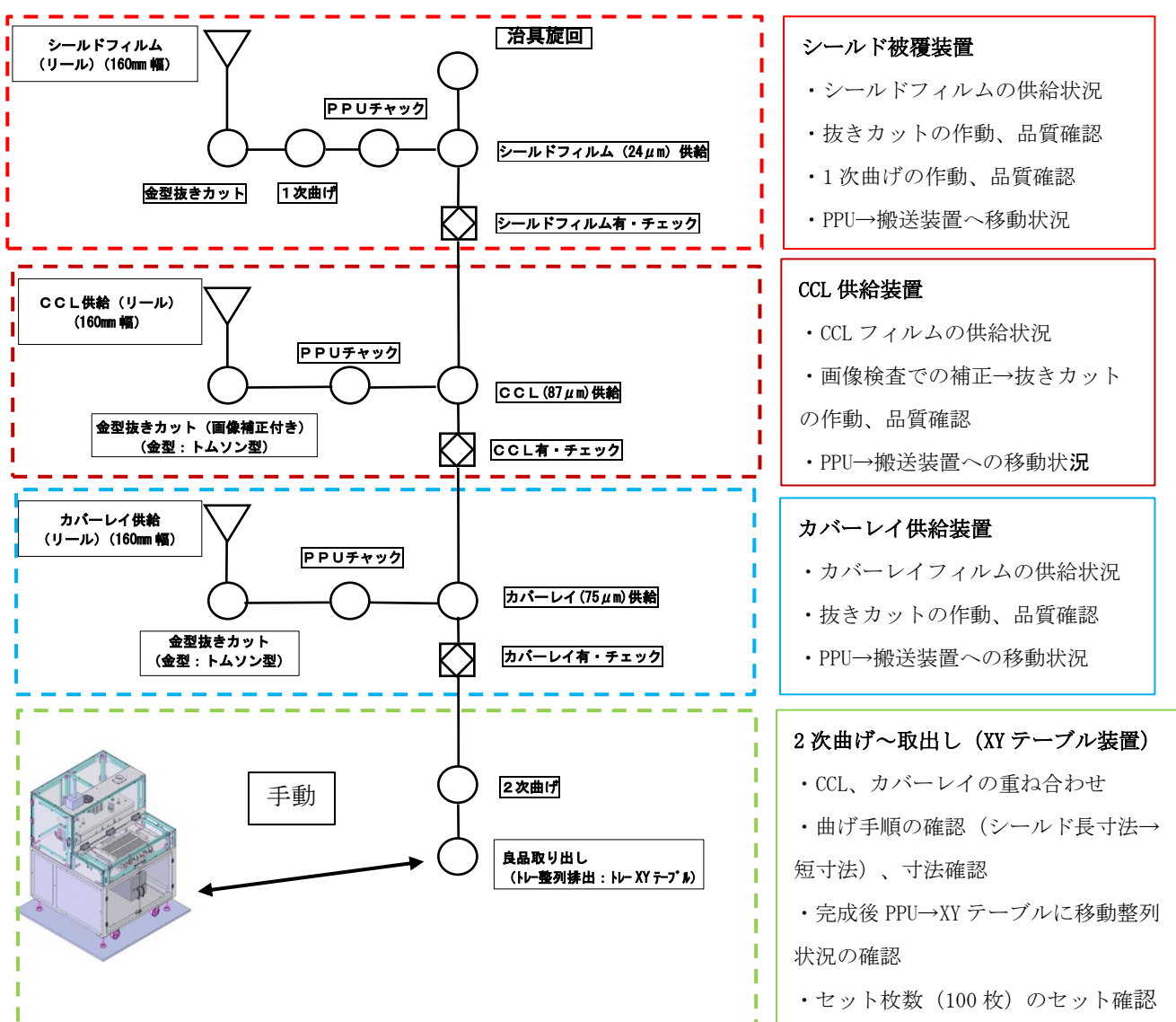


図 38 多芯同軸フィルムリード各部の製造工程

表 2 多芯同軸フィルムリード・コネクタ信頼性試験規格

項目	条件	目標値	試験結果
1.絶縁抵抗	常温常湿	シェル・中心コンタクトの絶縁抵抗が1,000MΩ 以上	1,000MΩ 以上合格
2.接触抵抗	適合コネクタ	＜接触抵抗＞ 中心コンタクト:35mΩ 以下	コンタクト15mΩ
	嵌合後測定	シェル :10mΩ 以下	シェル5mΩ 合格
3.耐電圧	試験電圧AC200Vを1分間印加して測定	シェル・中心コンタクト間で絶縁破壊がない事	200～1500V合格
4.高温放置	試験温度:85℃	外観:割れ等の異常がない事	コンタクト14mΩ
	試験時間:800時間	＜接触抵抗＞ 中心コンタクト:40mΩ 以下	シェル8mΩ
	100時間後、200時間後、400時間後、800時間後の接触抵抗を測定	シェル :15mΩ 以下	合格
5.温湿度サイクル	試験温度:－10℃～65℃	外観に割れ等の異常がない事	コンタクト16mΩ
	試験湿度:93%	＜接触抵抗＞ 中心コンタクト:40mΩ 以下	シェル6mΩ
	サイクル数:10サイクル	シェル :15mΩ 以下	合格
		耐電圧はシェル・中心コンタクト値で絶縁破壊がない事	
6.冷熱衝撃	試験温度:－30℃(10分)	外観に割れ等の異常がない事	異常なし 合格
	放置なし30℃(10分)		
	試験時間:上記を1サイクル100サイクル		
7.振 動	振動周波数:10～500Hz	外観:割れ等異常がない事	異常なし 合格
	全振幅:1.52mm	中心コンタクト・シェル共に1μ sec以上の瞬断がない事	
	3軸方向に各1.15時間		

2-2-4 サブテーマ【2-4】安定的に供給できる製造工程の確認

〔目標値〕

- ・生産拠点: (現状)海外生産 → (今後)国内生産
- ・全工程において工程検証を行い、目標の生産量を満足する仕様を確立する。

目的の製造量を確認し、上記【2-3】同様に各工程の品質を確認する。また、安定的に供給できる製造工程の確立を目指し、工数削減、コスト削減、及び短納期化をはかり従来海外生産が一般的な細線同軸ケーブルと比較し、国内生産可能な製品として開発を行う。

【2-3】との関連サブテーマとして多芯同軸フィルムリード製造装置（シールド被覆自動化装置）及び「CCL、カバーレイ部材供給装置、搬送装置等」の品質、装置の性能、メンテナンス性、駆動状況等を検証しつつ、伝送路及びコネクタ付きフィルムリードを手作り試作から自動で試作サンプルを供給できる環境を整備した。目標生産量を満たす動作検証を実施し（目標生産量：1,900本/1日）また今後川下製造業者に提供するサンプルの安定した品質確保の実現ができるように製造工程の確認を実施した。（図 39）

この達成により工数削減、コスト削減、及び川下製造業者への供給の短納期化を実現した。

- ・シールドフィルム供給⇒各工程⇒最終工程である整列装置の連動状況、不具合の有無確認及び品質確認 ⇒熱板セット枚数 100 枚/1 回 製品タクト 18sec/1 枚⇒生産量 1,900 本/1 日

- ・この達成により従来の海外生産主流の細線同軸線に対し国内生産可能な製造環境を実現した。

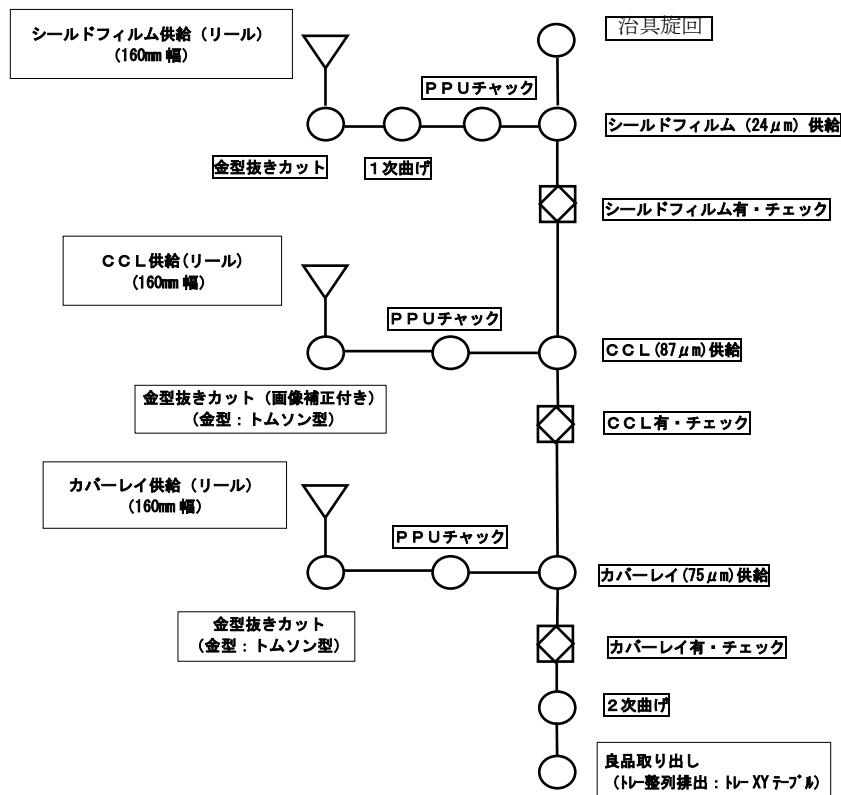


図 39 多芯同軸フィルムリード製造工程

確認事項

1. シールドフィルム供給
↓
XY 軸の曲げ装置の連動状況及び不具合の有無確認
2. 品質確認
3. 最終完成枚数 18sec/1 枚
(100 枚セット時)
4. 目標値である生産拠点：
(現状)海外生産→(今後)国内生産（全工程において検証を行い、目標の生産量（1,900 本/1 日）を確定する）

自動化装置における設計配慮点

1. オペレーター、作業者に危険が及ばない
2. 可能な限り取り扱いが容易である
3. 著しく作業環境を悪化させない設計
4. ツールの交換、段取り変更等、作業性に配慮した設計
5. 消耗品の交換が容易である
6. 故障防止、摩耗、耐久性能を考慮して給油、無給油を問わず対策されている
7. 各ユニット位置の復元性がある
8. 交換ツール等は取付け再現性が確保されている
9. 省エネ設計である

2-3【3】サンプル出荷による最終川下業者の最終評価と改善

2-3-1 サブテーマ【3-1】川下業者へのプレゼンテーションの実施

〔目標値〕

- ・本研究で開発した製品の最終評価を実施し採用を目指す。

〔目標最終川下業者〕

- ・モバイル機器（スマートフォン）については国内大手製造業者に対し同軸フィルムリードを提示し、既に電気特性の評価を実施した。結果は良好と判断され、新機種開発の進捗に合わせ採用のタイミングを待っている。その他国内大手メーカー数社に対してもプレゼンテーションを実施しており、本研究で開発した製品の量産受注を目指す。
- ・車載機器については、他産業も含めて採用実績を重視し、また非常に過酷な車載機器独自の耐性試験を通過しなければならず、難度の高い産業である。国内大手電装・ハーネス製造業者に対してプレゼンテーションを実施し、同軸フィルムリードの実績を重ねつつ採用を目指す
- ・電子医療機器については国内大手の超音波診断装置製造業者に対しプレゼンテーションを実施し、特に超音波プローブ（探触子）について内部実装についてプレゼンテーションを重点的に実施した。

〔川下製造業者への実施内容〕

- ・国内大手のモバイル機器製造業者に対し同軸フィルムリードに対する実装手法、製造業者に対応した各品質に対する協議を実施した。電気特性の評価（および1,000サイクル熱衝撃試験を含む各種信頼性試験）は非常に過酷な試験であったが、大きな課題もなく良好な結果が得られた。今後は製造業者の仕様による試作を繰り返して、機種開発の進捗に合わせた採用のタイミングを待っている。その他複数社の大手モバイル機器メーカーに対してもプレゼンテーションを実施しており、評価、承認を獲得し本研究で開発した製品の採用を目指す。
- ・車載機器については、非常に難度の高い産業である。特に今後大きく躍進が見込まれる自動運転に対し車両を網羅しているADAS系センサー（先進運転支援システム）に必要な高速伝送路としてプレゼンテーションを実施し、同軸フィルムリードの他産業での実績を重ねつつ採用を目指す。
- ・電子医療機器については国内大手の超音波診断装置製造業者に対し、ヒアリングを実施した。超音波プローブの極細線同軸線の加工処理については現状大きな課題（手作業による配材の加工）があり、本研究の成果が今後十分に活用できることを確認した。

2-3-2 サブテーマ【3-2】専門分野展示会への出展

〔目標値〕本研究の革新性を発表するため専門分野展示会に出展し販路拡大を図る。

研究の革新性を発表するため、専門分野展示会への出展により販路拡大を図った。電子部品専門展示会である「インターネプコンジャパン2018」（東京ビッグサイト 2018年1月17～19日）に出展（図40、図41）し、76社から技術的な質問があった。その中で11社の訪問プレゼンテーションが決まり、大きな成果があった。またサポイン参画企業の展示会、他専門分野展示会への出展を通じ、本研究の革新性を発表して販路の拡大を図る。



図40 ネプコンジャパン2018
「アイティシー」展示ブース



図41 ブース内展示品及び
試作品によるデモ

第3章 全体総括

3-1 研究開発成果

スマートフォンの川下業者に対し今後の市場動向からアンテナの増加（現在4～5個から10個以上になる）により、高周波用伝送路の利用が増えるとされる。アンテナの増加に伴い、川下企業は新たな技術を導入し、コスト低減・短納期・高効率な加工技術を持つ高周波用伝送路の導入を強く求めている。また車載機器においても将来の自動運転や運転者支援装置（衝突防止装置等）に対応する内部の高周波部品の増加により高周波用伝送路の増加が確実でありより軽量化、高信頼性の高周波用伝送路の要求がある。電子医療機器分野においては超音波診断装置が今後小型化されることで個人需要の市場が増加し、プローブ（人体に接触する部分）に使用されている高周波用伝送路の改革（加工性、経済性）が大きな課題となる。これら各産業における要求は本プロジェクト立案時と基本的な変更は無いが、医療関係や自動運転等は当初予想を上回る進展があり、これらの情報は国内大手超音波診断装置川下企業及び大手電装・ハーネス開発川下企業へのプレゼンを実施することで逐次入手し、研究の方向性をよりの確なものとした（表3）。本研究を着実に遂行し基盤技術の高度化を図り市場獲得を目指す。

表 3 研究開発の具体的な成果

比較項目	従来方式「細線同軸線組」		開発「多芯同軸フィルムリード」	
①複合部品化 (スマートフォン1台当)	不可	メインアンテナ+細線同軸線+モジュールを個々に組立	可能	メインアンテナ+多芯同軸フィルムリード+積層基板+モジュールを一体化
②組立コストの低減 (スマートフォン1台当)	不可	40円	可能	5円
③加工性	悪い		良好	
④自動化装置での生産	不可		可能	
⑤付加価値製品への応用性	無し	同軸線単体のため発展性がない	有り	多芯化、複合化、モジュール化が可能
⑥製品の大きさ (設計の自由度)	太い	機器内は厚みが重要 細線同軸線 0.81~0.55mm	薄い	同軸フィルムリードの厚みは 0.21mm, 厚み重視の実装には有利
⑦ 複合アンテナの開発 (スマートフォン)	個々のアンテナ単体で実装		難易度は高いが将来的に可能性あり	
⑧ 重量 (車載用配線)	重い		軽い (20%削減)	
⑨ 国産化	海外依存 (タイ, ベトナム, 中国)		国内生産可能	
⑩売上の拡大	海外生産で参入困難		国内で生産し既存取引先の拡大	
⑪収益の拡大	低収益		高収益分野への参入	
⑫スマートフォン、医療機器、車載機器分野への進出	進出はしているが加工面、経済性、発展性で課題が多い		3分野に対し課題を改善し進出が可能	

〔知的財産戦略〕

- ・本研究の成果を基に新たに下記の項目について知財構築を図る。
 - 自動化製造について工程毎の特許性の検討、また新規機構についての特許性の有無を調査する。
 - 多芯同軸フィルムリードの構造及びコネクタに関する特許性の検討。
- ・国内特許、国際特許、及び PCT 出願の可能性を検証する。特に国内、及び東南アジアを早期に結論づける。
- ・本研究は川下産業で多用されている細線同軸線と競合するため、特に大手電線企業とのシェア獲得争いになることが予測され、特許を取得することにより川下企業へ有利に展開できる。

〔研究成果による自社、及び川下産業への効果〕

- ①**自社への直接的効果**：細線同軸線に代わる「同軸フィルムリード」の開発と事業化によって、カーナビ／リヤビューカメラに使用されている組み電線の加工性、経済性が大幅に改善できる。この新しい製品によりスマートフォン・電子医療機器への新たな進出、車載機器においては新分野（センサーハーネス）への進出が可能となり、売上げ向上に寄与できる。また新たな分野への進出により従業員に開発意欲が生まれ、意識向上に繋がる。
- ②**川下産業への貢献**：客先の新規設計機種に対して、小型軽量化に貢献でき、市場において優位な製品展開ができる。既存商材から新たな商材により、取引協力会社（同軸フィルムリードの素材業者、機械製造業者）の業績向上に貢献できる。
- ③**産業への貢献**：小型通信端末産業、電子医療機器業、車載機器分野のハーネスの主体は海外生産である。それが国内製造・生産が可能となることで、空洞化に対する産業構築に貢献できる。

3-2 研究開発後の課題

- ①仕様の更なる向上：インサーションロス、インピーダンスの安定
- ②機械装置に対する生産量の向上
- ③多芯同軸フィルムリードの量産工程の確立
 - ・製造装置 ⇒ 半田塗布 ⇒ マウンターによるコネクタ実装 ⇒ リフロー炉 ⇒ 完成品の取出し整列
- ④各規格の制定
 - 製造規格、品質・検査規格、資材に対する基準書
- ⑤認証の取得
 - 川下製造業者と取引するための認証、ISO の認証
- ⑥製造現場オペレーターの教育、人材確保
- ⑦川下企業へのアプローチ計画
 - 評価 ⇒採用に対する行動計画の策定
- ⑧本プロジェクトは多芯同軸フィルムリードの仕様確立と自動製造装置の確立がテーマである。多芯は現在2芯の製品仕様と8芯の試作仕様が確立したが、今後の電子医療機器、車載機器分野への進出を視野に入れて、事業終了後の製品化に向けた研究開発も千葉県産業支援技術研究所と連携を図り実施する。

3-3 事業化展開

3-3-1 想定市場について

想定市場（図 42）については小型携帯端末機器産業（スマートフォン、携帯電話、タブレット等）、車載機器産業、医療用電子機器産業を第一目標として川下製造業へのプレゼンテーションを実施し、評価採用を目指す

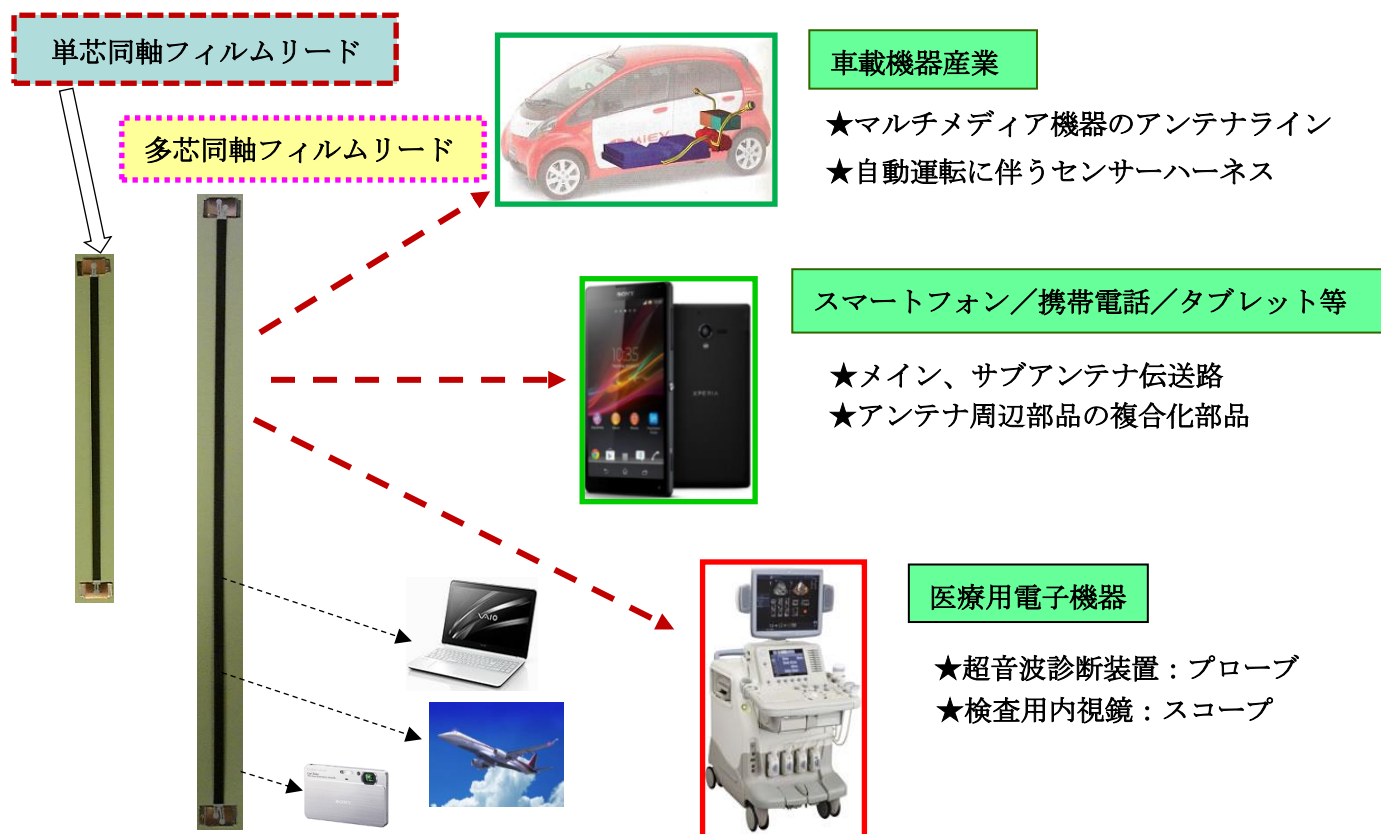


図 42 想定市場

〔川下製造業者のニーズ〕

スマートフォン市場は、2019 年（2018 年後半にはトライアル機種が市場投入）5G 対応機種の開発により無線アプリケーション（5G 通信、高精度 GPS、ワンセグ、車載通信等）の増加に伴うアンテナの増加（現在 4～5 個から 10 個以上になることが予測されている）により、高周波用伝送路の利用が増えると予測される。高周波伝送路は 5G に加え車載通信も見据えると今後 20GHz 以上の対応が求められる。現在、細線同軸線が使われているが、通信手段、方式、対応周波数の変化に伴い高性能なアンテナ及び伝送路が要求される、川下企業は新たな技術を導入し、低コスト、短納期、加工性が良く、複合化可能な加工技術を

持つ高周波用伝送路の導入を強く求めている。また、車載機器においても将来の自動運転（先進運転支援システム（ADAS 等））に対応する内部の高周波部品の増加により高周波用伝送路を伴ったハーネスの増加が確実であり、実装性の改善やコスト低減が求められている。電子医療機器分野においては超音波診断装置が小型化され、個人需要の市場が創出されると期待され、プローブ（人体に接触する部分）等に使用されている高周波用伝送路の改革（加工性、経済性）が強く求められている。

①スマートフォン産業

- ・川下企業の状況と対応方針

※アンテナ用伝送路の軽薄短小化及びアンテナ周辺部品の複合化（複数部品の一体化）の強い要望がある。これらの要求に対し本研究開発技術で対応する。2019 年の 5G 対応機種 of the 市場投入でアンテナ及び伝送路の重要性が更に増す。

- ・想定する市場（現状と今後の動向）

※スマートフォンにおける機器アプリケーションの増加によるアンテナ伝送路の増加及びアンテナ周辺部品の複合化による付加価値部品の増により部品における市場規模は拡大する。

②電子医療機器産業

- ・川下企業ニーズの状況と対応方針

※内視鏡スコープ内部細線同軸線の加工性・組立性の向上、及び超音波画像診断装置の超音波プローブ内部細線同軸線から新たな伝送路の開発と加工性・組立性の向上を重視した製品開発により事業拡大が見込まれる。プローブのワイヤレス化に伴い同軸フィルムリードの売込が有利に展開できる。

- ・想定する市場の現状と今後の動向

※市場拡大の理由：特に超音波診断装置においては病院内需要だけでなく用途（個人用・携帯移動用）に応じた需要が拡大。内視鏡は多機能型の増加が見込める。

③車載用機器産業

- ・川下企業ニーズの状況と対応方針

※車載機器用アンテナ周辺の高周波用伝送路及び自動運転に結びつく車載用センサー制御部用ハーネス

- ・想定する市場の現状と今後の動向

※市場拡大の理由：将来の自動運転に向けた ADAS（先進運転支援システム）センサーの増加車載機器類の多機能化に伴う束線数の増加

3-3-2 事業化見込について

目標川下産業・企業に対しモバイル産業での実績を獲得しつつ、電子医療機器分野、車載機器分野への販路拡大を目指す。

〔販売戦略〕

ステップ 1：本研究のアドバイザーである国内大手モバイル機器製造川下企業及び国内各社からの早期技術確立の要請がある。他大手 2 社にプレゼン実施済。今後海外企業からの要望も対応したい。特に中国系企業はポテンシャルも非常に多く世界市場規模における出荷台数の約 30%（4 億台）を占める。

ステップ２：超音波診断装置の超音波プローブに使用されている極細線同軸線に対する課題改革が長年の川下企業からの要望であり、本研究の成果で販路拡大を目指す。国内大手超音波診断装置開発川下企業にプレゼン実施済。

ステップ３：車載機器におけるセンサーハーネスが今後の自動運転等及び先進運転支援システム（ADAS 及び衝突防止緩和装置：自動ブレーキ）によるセンサー増加に伴いハーネスの需要が拡大する。本分野に対してのセンサーの増加は大きく期待でき、本研究の成果を踏まえて販路の拡大を目指す。国内大手電装・ハーネス開発川下企業にプレゼン実施済。

3-3-3 今後のスケジュールについて

〔想定サンプル出荷先〕

- ・ 小型携帯端末機器：国内大手モバイル企業３社 平成３０年第２四半期以降
- ・ 医療用電子機器：国内大手超音波診断装置川下企業２社 平成３０年第４四半期以降
- ・ 車載機器産業：国内大手電装川下企業２社 平成３１第４四半期以降

表４ 今後のスケジュール

想定するサンプル出荷先		国内大手モバイル企業３社、国内大手超音波診断装置川下企業２社、国内大手電装川下企業２社				
スケジュール	事業年度	平成３０年度	平成３１年度	平成３２年度	平成３３年度	平成３４年度
	サンプルの出荷	→				
	追加研究		モジュール化 →			
	設備投資		モジュール化 8,000 万円			
	製品等の生産		→	→		
	製品等の販売		→	→	→	→
	特許出願	→				
	出願公開		→			
	特許権設定		審査請求 →	→	特許権設定	
	ライセンス付与			→	特許証付与	
売上見込	売上高（千円）	4,700	524,000	1,257,000	1,736,000	1,982,000
	販売数量（単位：百万個）	***	2	8	43	65