

接合・接着・実装部の不良解析をはじめとした解析技術のあり方について

品質技術 山下 勝

キーワード：接合 実装 電子部品 不良解析 故障解析 解析・分析 金属間化合物
 断面・平面観察 非破壊・破壊解析 作り込み 演繹法 帰納法 解析アプローチ

1. はじめに

電子部品をはじめ、電気製品、機械構造物は多種多様な部材を組み合わせる「接合、実装、ろう接、接着、融着」等、呼び名は異なるが（以後、接合と表記）、金属、樹脂、セラミックス等多くの素材を“貼り付ける、組み合わせる”という物理・化学的技術で構成されている。各部材はそれぞれ固有の物理・化学的性質を有していることから、使用環境下において製品・構造物そのものの信頼性寿命を大きく左右する。弊社では、電子部品ばかりではなく無機・有機素材をはじめ、多くの製品、部品、素材を故障・不良解析、構造解析、良品解析、信頼性評価といった面でお客様の課題・問題解決に向けてサポートすることを生業としている。そこで本稿ではこのような分野で分析・解析技術をどのような観点から進めるべきかを簡単ではあるが紹介する。

2. 接合のイメージと弊社の評価・解析技術の位置付け

部品・部材の母材・基材への接合は、融解を伴うはんだ材・ろう材の使用や樹脂による接着、或いは熱や振動印加による融接・凝着等、その形態は様々である。また、プリント基板等の金属層と樹脂層を幾重にも積み重ねる多層構造も然りである。部材、母材、各層構造にはそれぞれに物理・化学的性質の違いがあることに起因する剥離・破断、あるいは外部応力（衝撃等）に持ちこたえられず生じる破断、接合材・部材の劣化による強度低下等が生じ、これら部材そのもの、或いは接合部を起点として不具合（不良）、故障が発生する。従って、部材や部品の接合技術は製品そのものの信頼性寿命を大きく左右すると言ってもよく、素材設計、開発段階での寿命評価、不具合発生時の不良解析・故障解析、製品後の出来栄評価・

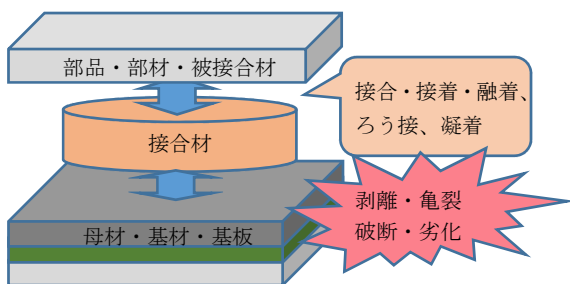


図1 接合と不具合

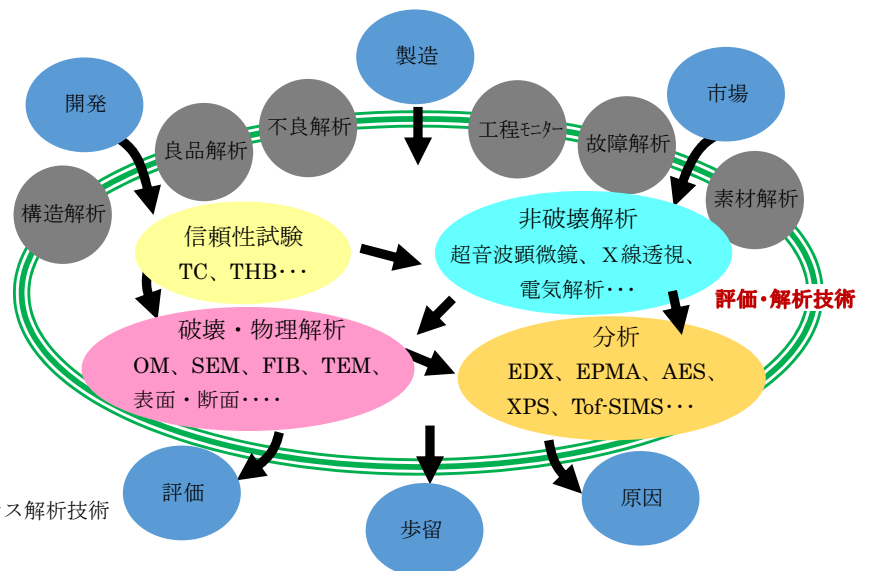


図2 アイテス解析技術

良品解析が重要となる。

図1に接合と不具合のイメージを、図2に弊社の評価・解析技術の位置付けについて示す。

3. 不具合要因

接合部における不良解析では、信頼性試験（温度サイクル試験、恒温恒湿試験、高温放置試験、引張り試験・剪断試験をはじめとした種々の機械試験等）で生じた不具合や製造時で生じた不具合、市場環境下で生じた不具合等さまざまな条件下で、下記のようなオープンやショート等の故障を引き起こす因子を断面や平面から詳細に観察や元素分析を行い、原因を究明し、開発や工程へフィードバックすることが主な業務である。

- ・ 部材や接合材、界面部、層構造部の亀裂や剥離の有無
- ・ 電極や端子界面、はんだ材中の金属間化合物（合金）の成長度合い
- ・ はんだ材等接合材中のボイド
- ・ はんだ材の金属組織や結晶粒の状態
- ・ 腐食やマイグレーション

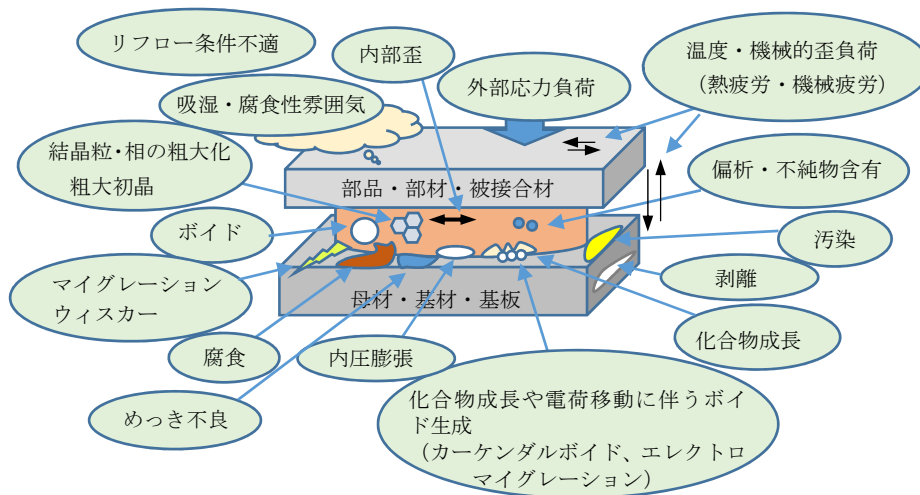


図3 接合部における不具合の主な要因

接合部や多層構造部の不具合モードには実に多くの要因があり（図3）、試料構造及び素材が多種多様に渡ることからも、解析がより複雑なものとなっている。

具体的には、

- ① 各部材・各層の熱的・機械的膨張率の違いによる膨張・収縮に伴う歪による剥離、破断
- ② 外部衝撃や許容応力以上の機械的ストレス或いは長期繰り返し応力負荷による破断
- ③ リフロー工程等の条件不適による、凝固割れやボイド等の欠陥含有、初期内部歪（残留応力）の含有、粗大初晶等の歪が集中しやすい箇所の内在
- ④ 長期間使用に及ぶ接合材や封止樹脂等の経年劣化、変質に伴う強度低下

- ⑤ 金属材の場合、結晶粒や金属組織、化合物の成長・粗大化、化合物の過剰成長によるカーケンダルボイド生成による強度低下
- ⑥ 微量不純物の偏析、濃化、特に低融点合金（PbやBi）生成による強度低下
- ⑦ めっき不良（表面酸化や欠陥の取り込み）やぬれ不良による接合面積の減少や欠陥内在による強度低下
- ⑧ 内部に含まれる水分（吸湿）や気体成分等による温度負荷時の内圧増加（水蒸気爆発）
- ⑨ 水分、吸湿、腐食誘因元素・雰囲気下における腐食、浸食
- ⑩ 電荷移動時の原子拡散に伴うボイド生成（エレクトロマイグレーション）による劣化
- ⑪ マイグレーション、ウィスカーによる短絡、抵抗劣化

これら要因を物理・化学特性と環境要因別に分類した例を図4に示す。

材料	機械特性 熱特性 材料特性	熱膨張係数、ヤング率		熱応力、機械応力による歪	引張り、剪断、 衝撃、疲労、 クリープ特性等 の強度低下 材質劣化	剥離 亀裂 破断	動作不良 オープン ショート 部品脱落 損壊	
		転位等内部欠陥、不純物、添加物						
		再結晶温度、融点						金属組織粗大、結晶粒成長
		拡散速度						化合物成長による歪 拡散速度差による微小ボイド
		電流、拡散速度						微小ボイド（エレクトロマイグレーション）
	樹脂部材	ガラス転移点	吸湿膨張	熱応力、機械応力による歪				
プロセス	温度、条件 部材	内部歪内在	粗大初晶	熱応力、機械応力による歪	引張り、剪断、 衝撃、疲労、 クリープ特性等 の強度低下 材質劣化	剥離 亀裂 破断	動作不良 オープン ショート 部品脱落 損壊	
		ボイド、偏析、凝固割れ等欠陥						
		低融点相の偏析						
		めっき不良、汚染						ぬれ性（接合面積）低下、 ボイド等欠陥
環境	環境特性 材料特性	温度、湿度、水分、外圧、汚染 腐食誘因元素・雰囲気、電圧、内部応力		浸食、生成物による素材・部材 の変形・変質・空洞化・欠陥誘 因	腐食			
					マイグレーション、 ウィスカー			

図4 接合部に影響を及ぼす物理・化学的性質と環境要因

さらに電子部品のはんだ接合部に限ると、不具合を引き起こす要因は図5のように、はんだ材の特性や金属間化合物に起因する要素が主となる。

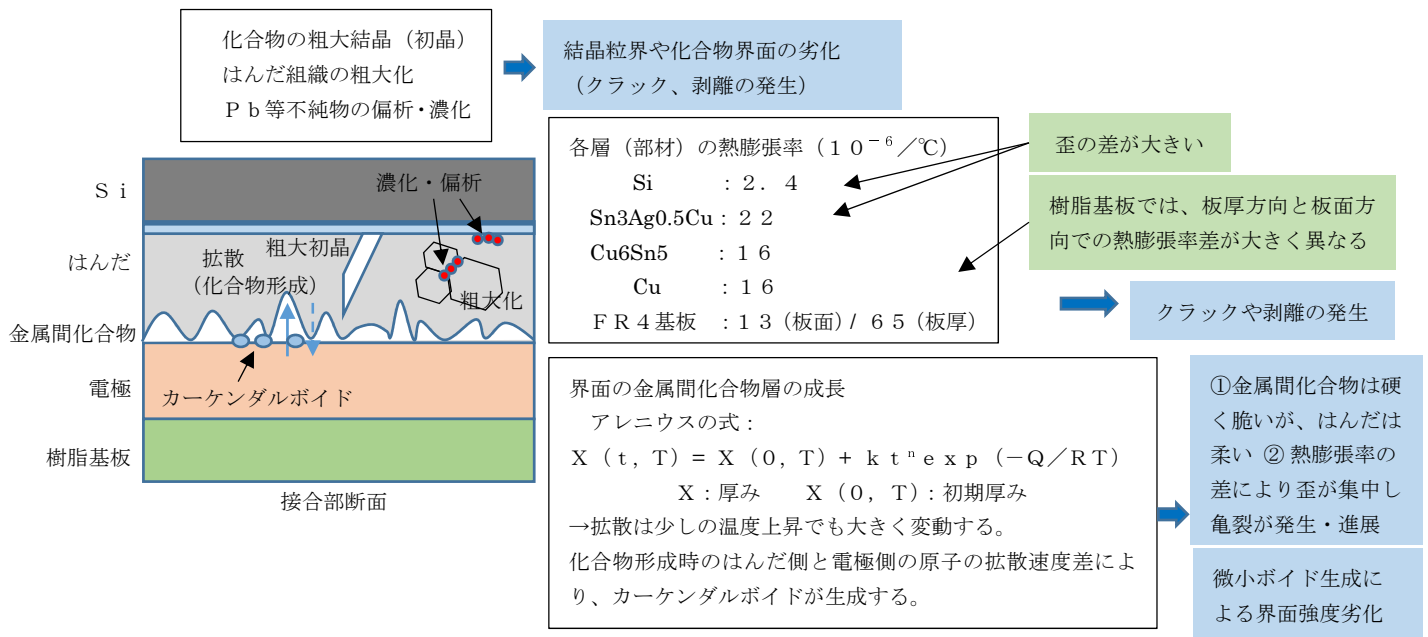


図5 はんだ接合界面近傍で不具合を引き起こす要因

4. 手法

4-1. 見方、考え方はいろいろ

解析では、①試料、②手法・装置、③データ取得・解析分析結果、④考察・結論の展開、に至るまで様々な角度から検討する必要がある。その見方、考え方は片方向 (一方向) だけではなく、“対比” で考えると展開しやすい。主なものを図6に取り上げる。

非破壊解析 ⇔ 破壊解析	試料の解体が可能か。破壊前にできるだけ多くの内部情報を引き出す
表面解析 ⇔ 断面解析	深さ方向と平面方向の情報の違い。表面・断面分析の枠にこだわらない適用も
無機分析 ⇔ 有機分析	金属系成分と樹脂・有機系成分の切り分け、使い分け。適切な前処理を選択する
縦 (垂直) ⇔ 横 (水平)	縦・横方向、垂直・平面方向によって状態が変わり、データの質が変わる
面 ⇔ 点・線	面的にとらえるか、点・線的にとらえるか、比較・判断しやすい手法を選択する
定性 ⇔ 定量	比較容易な方法、現象をとらえやすい方法を選択する
異方性 ⇔ 等方性	異常や生成物、現象の進展方向は均一とは限らないので、どの方向から解析するかを検討
正しいデータ ⇔ 誤ったデータ	試料加工時の不良の作り込みやダメージ、装置選択・精度の不適による本来の姿からのずれ
演繹法 ⇔ 帰納法	結果を導き出す考えプロセス。誤った結論を導かないように注意
垂直思考 ⇔ 水平思考	客観的・論理的に示すか、違った角度・多様な視点から展開するか

図6 解析業務における主な対比事項

4-2. 解析手順、手法・機器選択に当たって

解析業務では、“何が要求されているのか”、“何をアウトプットすべきか”、“どう進めるべきか”という解析作業前の“解析設計”が特に重要である。解析業務における一般の手順と各ステップにおける注意事項を図7に示す。

電子部品の不良・故障解析では、解析ステップごとに得られる結果次第で解析の方向性が左右され、見直しが必要となることが多い。

手法・機器選定の決め手は、解析に取り掛かる前の試料情報量の多さや正確さ、装置分析精度、試料形態（破壊・非破壊、構造等の制約）等が決め手となることが多く、以下のような点があげられる。

- ① 情報量（有益なデータ）がより多く、正確に精度よく得られる手法を選択もしくは複数手法を組み合わせる
- ② 制約は何か（分析精度、検出感度、分析深さ／深さ分解能、分析範囲／空間分解能、装置への適合試料サイズ、必然的に生じる前処理ダメージ、不具合発生や前処理から観察・分析までの経過時間、破壊解析に適さない等）
- ③ 試料は解体可能であっても、破壊前に非破壊でできるだけ多くのデータを取得する
- ④ 非破壊解析にならざるを得ない場合は試料履歴、使用環境、構造等事前情報が特に重要となる
- ⑤ 次ステップの解析・分析に支障がなく、本質を変える作り込みやダメージのない試料加工、前処理を実施する（4-6節参照）

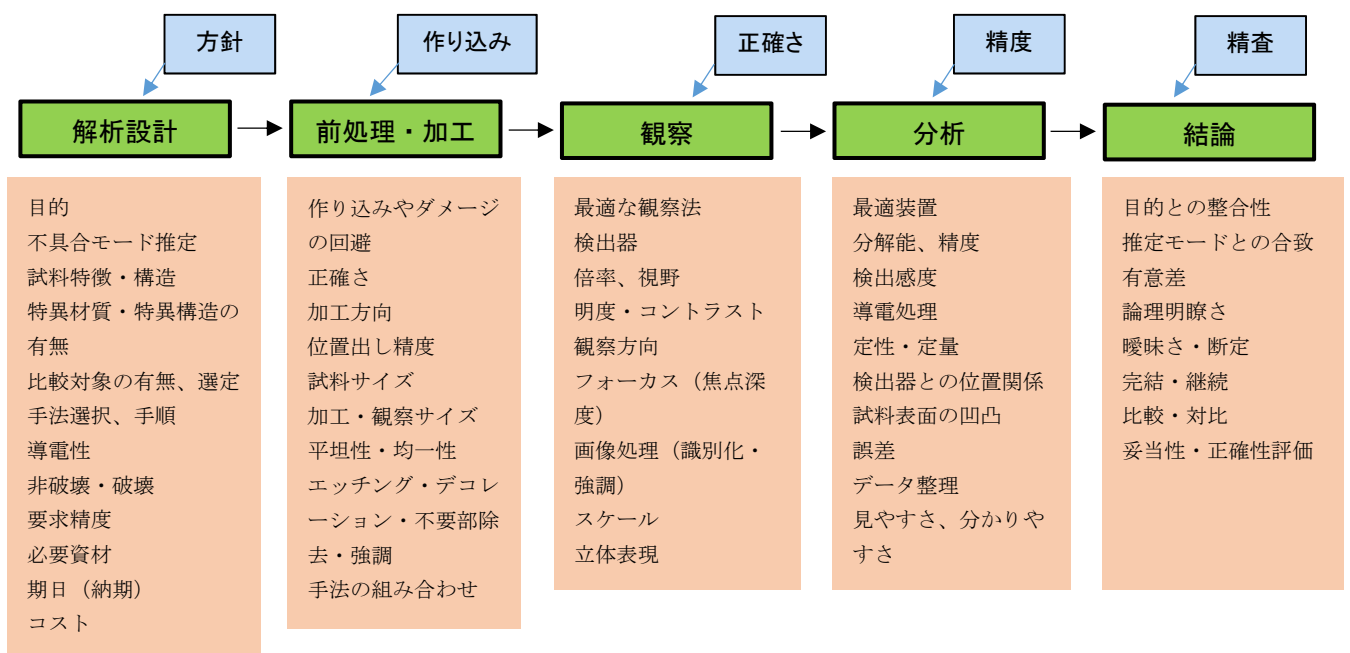


図7 解析ステップごとの注意事項

不良解析における、非破壊・破壊解析にいたる解析モードについて、破損解析を例にすると図8のようになる。

また、前処理や試料加工法、機器・装置を用いた観察・分析手法は、いずれも図9のような要素で分類することができることから、手法選択時の制約や選択ポイントとして考慮する。

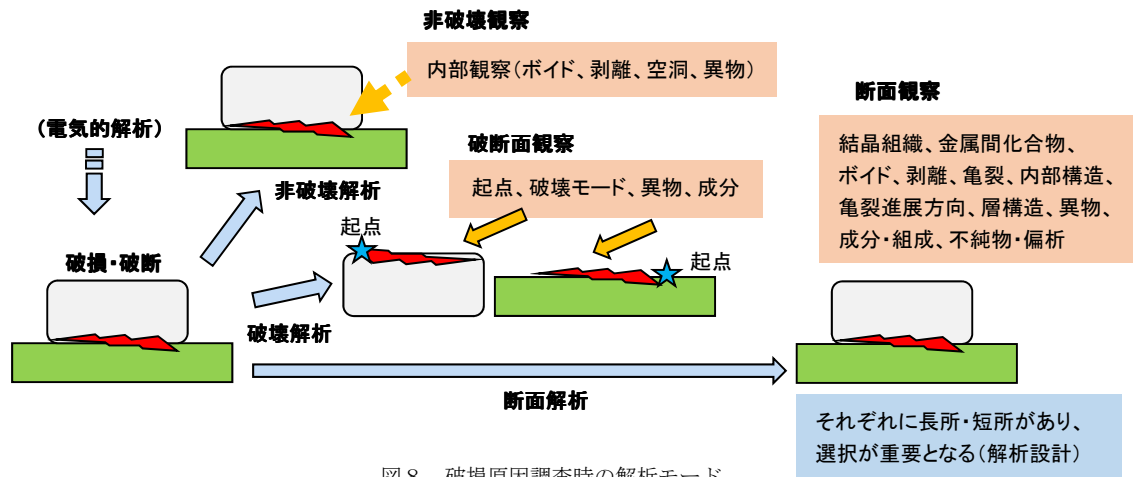


図8 破損原因調査時の解析モード

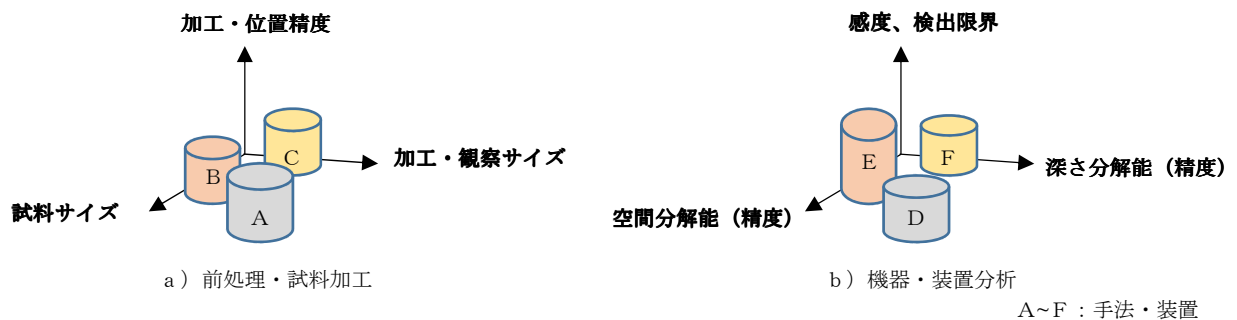
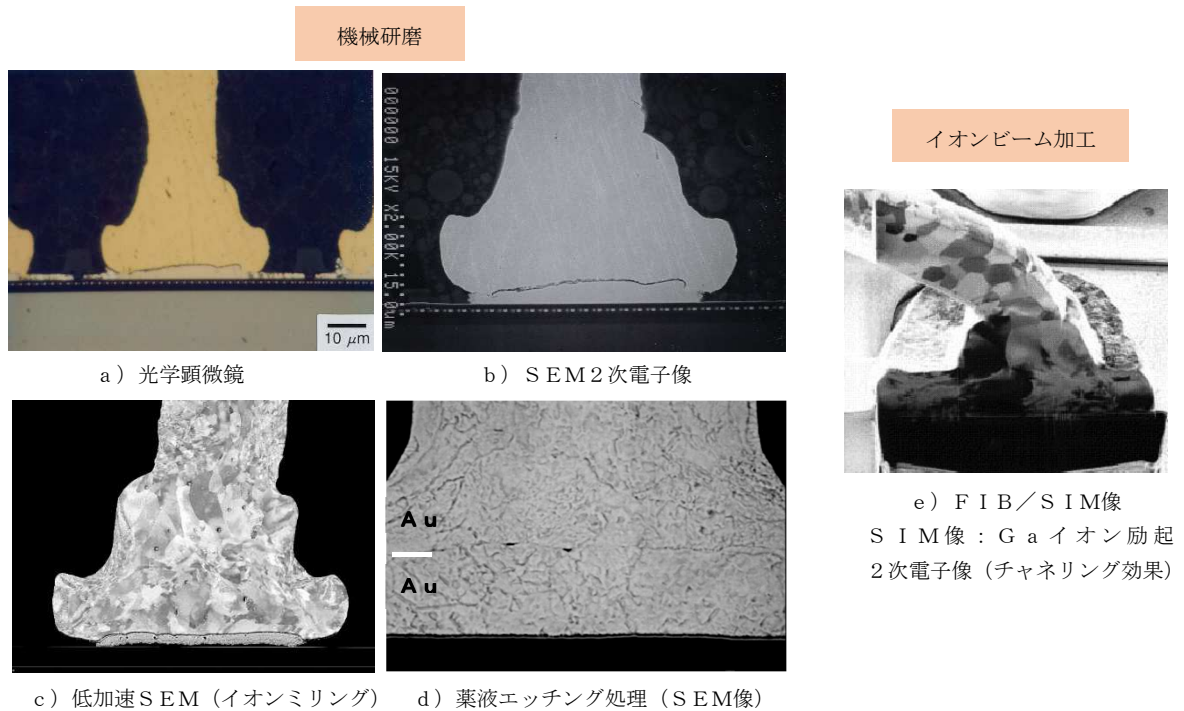


図9 試料加工、観察・分析機器の特性要素

前処理手法や観察時の検出器の選択により、同じ部位を観察する上でも多くの手段、組み合わせがあり、それぞれで異なったデータ・知見が得られることから最適な選択が重要であり、目的に合わせて単独もしくは複数を組み合わせる。

図10は電子部品の金ワイヤ1stボンド部の観察例である。光学顕微鏡は色情報から材質の差異や異常の有無を識別でき、薬液使用(エッチング)によりさらに金属組織や結晶粒、化合物が識別しやすくなる。SEM像は高倍観察のみならず反射電子による組成情報や、適切な前処理法や検出器を選択することにより結晶組織(グレイン)情報も観察できる。このように一つの部位の観察でも手法により種々の知見が得られる。



➡ それぞれに有益な情報があり適切な加工方法と観察法を採用する

図10 手法による見え方・結果の質の違い (Auワイヤボンド断面)

4-3. 手法例

接合・実装分野における不具合解析の主なポイント及び手法は図11の通りである。

何を知りたいのか	試料は	アウトプットは？	手法選定	機器選定
不具合・故障解析	無機材・有機材	定性データ・定量データ	加工 ワイヤソー等	表面・断面観察 光学顕微鏡 レーザー顕微鏡 SEM、FIB、TEM
構造・材料解析	サイズ・構造 中空・軟質材	観察倍率や視野、機器等条件の 指定有無	断面加工 機械研磨 CP、FIB マイクローム	内部観察 X線透視、超音波探傷法
良品解析	破壊解析可？	着目元素の指定有無	前処理 薬液処理 導電処理	最表面分析 AES、XPS、ToF-SIMS
	導電性？	中間報告の要・不要	複数手法の組み合わせ	表面分析 EDX、WDX
	電子部品、機械部品、 製品、素材・部材	電子データ・報告書形式	解析方向 表面(平面) 断面 縦・横	結晶方位分析 XRD、EBSD
	水、溶剤、薬液、温度 等使用制限の有無			有機分析 FT-IR、ラマン分光分析

図11 接合・実装分野における主な解析ポイントと手法・機器の選択

4-4. 非破壊解析と破壊解析

試料が解体（破壊）できるかどうかは解析の上で大きな制約条件となり、たとえ破壊解析であっても、解体前にできるだけ表面形状や内部構造等のデータは取得しておくことが望ましい。

試料を解体せずにそのまま観察する非破壊の手法として代表的なものは、X線透視と超音波顕微鏡観察である（図12）。いずれも空洞や空間、内部構造・形状を識別するもので、対象物の空間広がりによっていずれかを選択することになる。

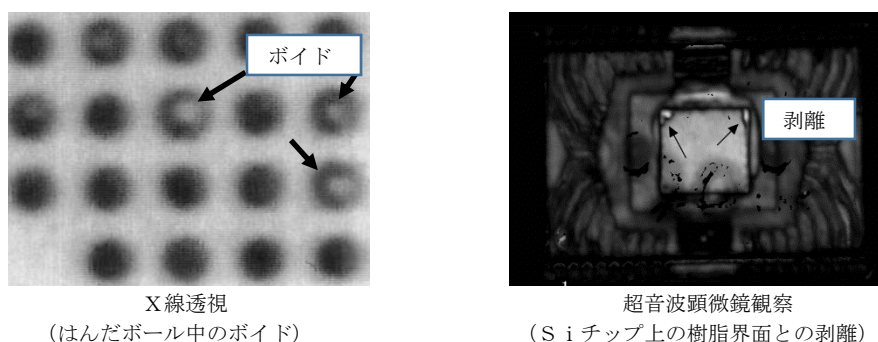


図12 非破壊観察例

X線透視はX線照射により重元素のものほど透過しにくく、空洞部ではコントラスト差が生じることを利用しており、数 μm サイズまでの空洞（ボイド）の識別が可能である。超音波顕微鏡は超音波照射により空洞部（空気層）では超音波の反射が多いことによりコントラスト差が生じることを利用しており、材質や構造にもよるが、電子部品では平面方向で約 $5\mu\text{m}$ 幅、厚み方向で約 $0.1\mu\text{m}$ 幅の空間の識別が可能で、主に層間剥離の有無の判断に適用される。CT装置の場合は内部のおおよその位置が立体的に特定できるが、いずれの手法でも材質の違いや構成材の部分的な厚みの変化部も空間と識別できないことから、可能であればやはり断面観察により確認しておくことがその構造内での正確な位置や形状、広がり、幅（厚み）を特定する上でも望ましい。

4-5. 表面からの解析と断面からの解析、解析方向とアプローチ、手法の組み合わせ

不具合現象をとらえる解析・分析技術は様々な手法があり、それぞれに得意とする領域と不得手・不可能な領域がある。分析自体は実施できたとしても、それまでの試料に何らかの不良の作り込みやダメージが加わっていないか、機器が期待する精度に合致しているのかを吟味する必要がある。作り込みやダメージは試料加工や分析において、試料本来と異なった構造・状態を付加することであり、本来の姿（本質）からのずれを意味する。例えば化学的に薬液によりエッチング、デコレーションや、不要材を溶解除去する手法は有効ではあるが、その反面、2次的反応が生じるとか、原因物質が消失するという事象も生じる。機械研磨に

よる断面観察は、他の手法にはない非常に広い範囲での観察が可能で応用範囲の広い手法ではあるが、一方、研磨ダレ等の多くの作り込みやダメージを伴い、またそれに気づかずにその後の解析を進めるという危険性を含んでいる。これを回避するために経験や熟練、或いはどれだけ多くの試料を見てきたか、触れてきたかに頼ることが多い。このようにどのような手法であっても、不良を作り込むことやダメージを生じさせてしまうことから、それぞれに得手・不得手（メリット・デメリット）を引き起こし、これが手法選択の決め手ともなる。試料作製技術がその後の解析・分析を大きく左右することから、信頼度の高い解析を行うには各手法の特徴をよく理解した上で、手法を選択し作り込みやダメージのない、できるだけ本質に近い正確なデータを多く取得することが可能かどうかにかき集約される（図13参照）。

手法	要素技術	手法・方向	メリット	デメリット
研磨	機械研磨	断面	<ul style="list-style-type: none"> ・広い範囲での観察・分析が可能 ・最も汎用的で適用範囲が広い ・位置出し精度が比較的高い 	<ul style="list-style-type: none"> ・研磨起因の作り込み、ダメージが多い ・熟練・経験によるところが大きい ・軟質材等不向きな素材がある
		平面	平面的に広い面積で観察できる	均一平坦な面が得られにくい
		斜め角度	分析等広い面積が必要な場合に適用できる	適用・応用が限られる
ビーム加工	CP	断面	<ul style="list-style-type: none"> ・研磨とFIBの中間的な位置付け ・研磨に比べ作り込みやダメージは少ない ・研磨で困難な軟質材等の加工が可能 	<ul style="list-style-type: none"> ・位置出し精度が低い ・観察範囲が狭い ・リデポや熱ダメージが入る場合がある
	FIB	断面	<ul style="list-style-type: none"> ・位置出し精度が非常に高い ・研磨に比べ作り込みやダメージが少ない ・薄片化、膜付け、切断等の加工が可能 	<ul style="list-style-type: none"> ・観察範囲が狭い、試料形状に制約がある ・真空装置内での加工に限られる ・加工後の分析手法に限られる
切削	マイクローム	断面	<ul style="list-style-type: none"> ・比較的軟質材の薄片化後の分析が可能 ・有機分析等の前処理に適する 	<ul style="list-style-type: none"> ・加工スジが入りやすい ・適用範囲、試料サイズに限られる
デコレーション	ウェット	薬液	<ul style="list-style-type: none"> ・目的部位の取り出しや浮彫りが可能 ・大量に溶解・除去することが可能 ・薬液に応じて種々の素材で実施可能 	<ul style="list-style-type: none"> ・目的物の消失や2次的反応が生じる場合がある ・エッチングレートに依存し薬液選定が難
	ドライ	ミリング	<ul style="list-style-type: none"> ・容易で2次的反応が少ない ・無蒸着観察や結晶組織観察に適用できる 	<ul style="list-style-type: none"> ・真空装置内の加工に限られる ・試料サイズ、加工サイズに限られる

図13 試料作製・前処理加工技術の主なメリットとデメリット

はんだ等の接合部に生成する金属間化合物は、成長過多の場合はその硬さ、脆さから接合材や電極材との間に歪が生じやすく、またその成長から生じる接合界面の微小ボイド（カーケンダルボイド）によって機械強度の低下を引き起こすが、その反面、接合にはなくてはならないものでもあり、観察時の重要なポイントでもある。また、はんだ材中に生じる（浮遊する）化合物においても、粗大結晶（特に粗大初晶）は歪集中箇所となり注意を要する。

特に信頼性寿命に大きく関与する接合界面の金属間化合物は、接合面の断面から観察するという手法が一般的であるが、断面形状と表面から見た形状とは異なることから、面内の分布状態等の把握はむしろ表面的に（平面的に）観察することが有効である。

また破断した際の亀裂の進展や破壊モードなども、断面・平面（破断面）のどの方向から観察するかで結果が左右される。断面解析は破断の方向性は推測できても起点の特定には至らない。破面解析は破断面の観察により破断モードや破壊起点の特定が主となるが、一方、亀裂進展や応力腐食割れのような場合は、断面方向（内部方向）の広がりを観察することが重要なポイントとなる。

その他、ショート要因となるウィスカーやマイグレーション等は異方成長のため観察・解析方向に結果が大きく左右される。

このようにどの方向から解析を実施するかで結果が左右されることは、解析の場面で多く経験することである。特に有益なデータを得るための手順や解析方向等に注意を要する事例として、（図14-18参照）、

- ① 試料構造上の違いから、縦／横、表面／裏面、水平／垂直、それぞれの解析方向で形状や厚み等が異なる。
- ② 異方性・等方性のように、生成物の成長や破壊進展に方向性がある。
- ③ 薄膜構造の場合、斜め加工（傾斜）により表面積を広く増やした上で表面分析することも一つの手段。
- ④ 作製断面上にさらに別の断面を作製する等、複数の手法を組み合わせる（機械研磨後のFIB断面加工や、すりおろし加工等）ことにより、2方向から観察することや異なった手法で観察すること。
- ⑤ 試料内が中空等、複雑な空間構造を有する場合には樹脂を充填しダメージを回避すること。また、試料内部に以後の解析にとって、不要となる素材を有する場合にも溶解除去後、樹脂充填することによりダメージ回避や補強すること。

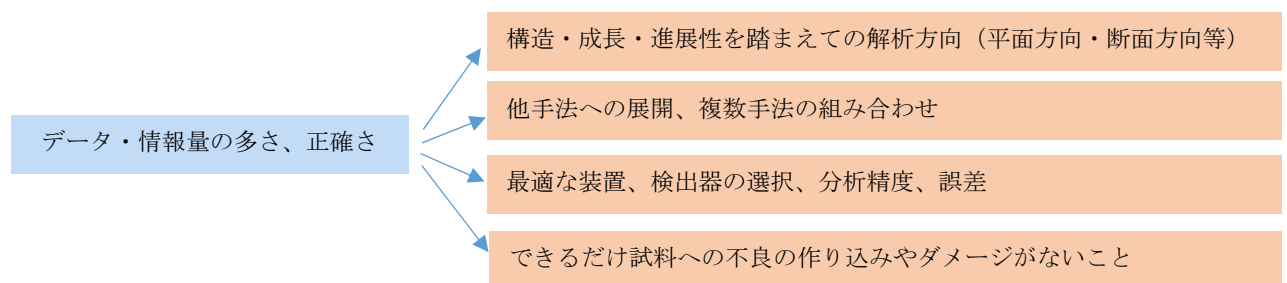


図14 手法・機器選択時のポイント

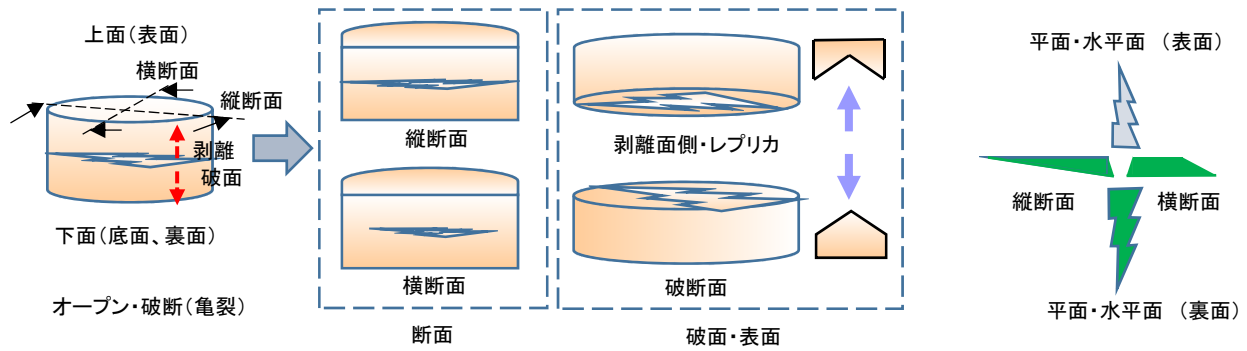


図 1 5 様々な観察・解析方向

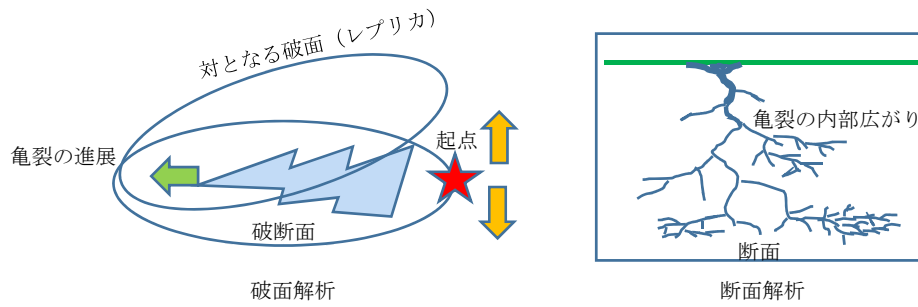
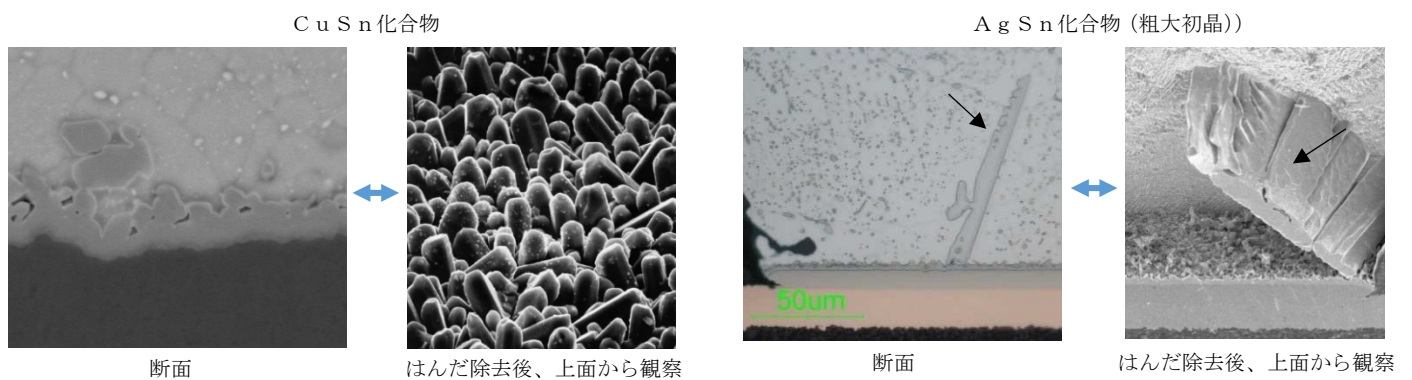


図 1 6 破断部の破断面と断面方向の解析方向の違い



金属間化合物のような生成物は断面観察だけでは本来の形状や分布は分からない

図 1 7 金属間化合物の観察方向による形状の違い

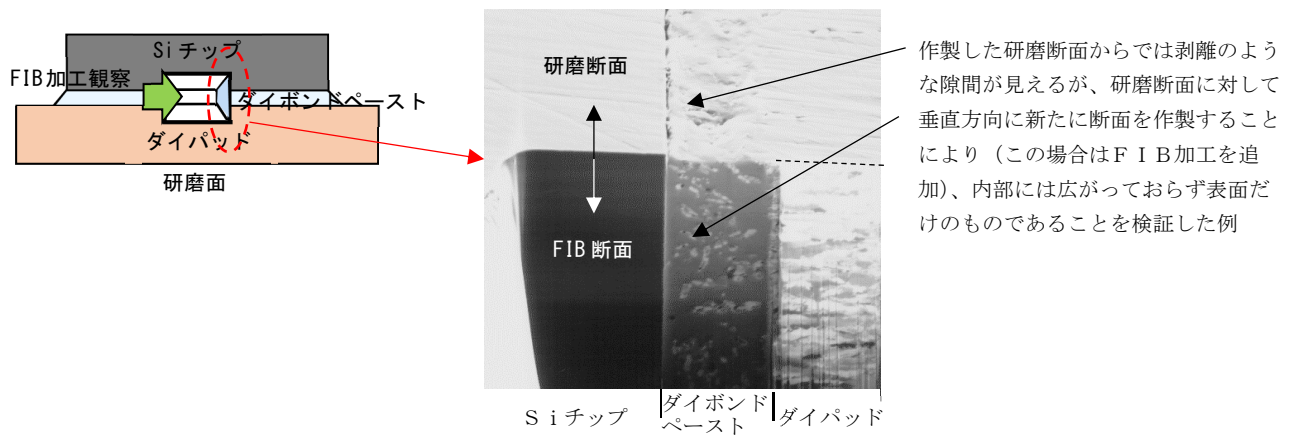
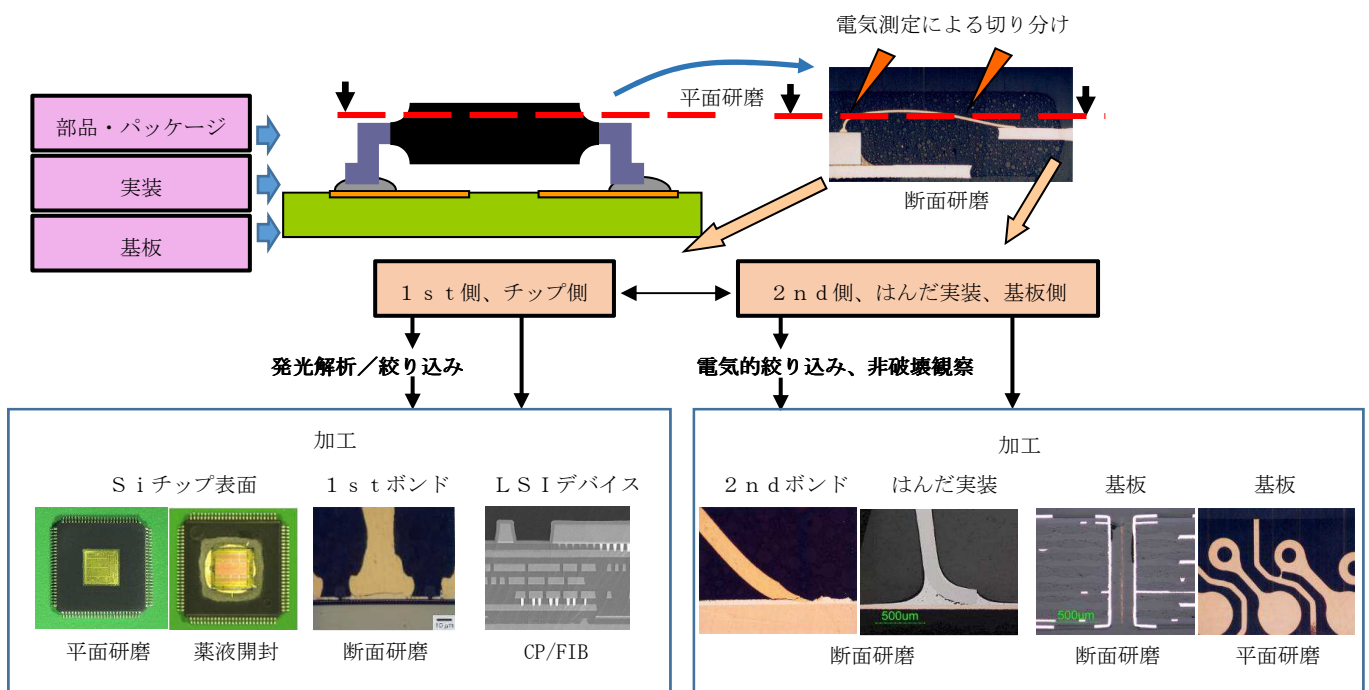


図18 手法組み合わせ例（機械研磨断面とFIB断面）

電子部品の不具合部位を特定する上で、電氣的な解析による部位の切り分けや、断面方向、平面方向からの解析、また前処理手法の選択においても同様に、手法の選択や解析方向の違いにより異なった知見が得られる。図19に実装部品の解析例を示す。



一つの部品でも解析の目的、手順、観察部位、解析方向によって得られるデータはさまざま

図19 電子部品の解析の流れと得られるデータ（一例）

4-6. 本来の姿・現象（本質）を捉えているのか

4-6-1) 本質からのずれ

解析で最も重要なことは、

- ・加工・前処理の選択は適切であったか、
- ・その手法・装置の特性・性能を十分引き出すことができたか
- ・得られたデータ、観察結果は適切であり考察する上で十分な量であったか、
- ・考察・結論は適切であったか

である。

これは試料や不具合現象の本質を捉えるために、

①作り込みやダメージを付与し、本来の状態と異なったものとなっていないか、或いは本来の原因となる現象を消失していないか、②手法や装置性能を十分引き出せる（本質を見出す）ことができたか、ということである。

観察や、測定・分析データには必然的に不可抗力が加わることがあるが、それ以上に試料加工・分析上の作り込みやダメージ、測定時の装置精度、装置性能の引き出し、試料そのものの品質要因、等が加わり、それらが解析精度を大きく左右する。どれだけこれらマイナス要因を少なくするかが重要となる。

具体的には解析すべき現象が、

- ① 原因となるべきものが2次的副産物に変化した場合（環境、温度・湿度変化、腐食反応、物理的負荷、取り扱い等）や、増大・助長した場合
- ②前処理や加工時に機械的、物理的、化学的ダメージや作り込みが加わった場合

によって変化したケース、さらに、

- ③現象をとらえる観察や装置選択時の分析精度や正確性が不十分な場合
- ④識別化の手法（装置性能の引き出し）が不十分で見落としが生じた場合
- ⑤分析中に生じたダメージを、そのまま次分析に持ち込む場合

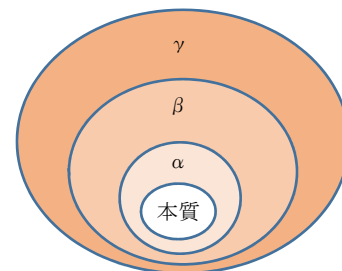
のように、手法、機器・装置使用の段階に

起因するケース、

- ⑥結果の有意差判定の誤りや、取り上げるべき有効な結果についての判断、解釈や考察、考え方プロセスに問題がある場合

のように、解析実務後の主に解析者の考察時に起因するケースに分かれる（図20）。

このような状況下で得られたデータ、結果、結論は本来あるべき姿（本質）とは異なったものとなる。そのため細心の注意を払い解析を実施したとしても、当初の推論と異なる場合や、結果に疑問を感じるようなことが生じれば、検証や再現実験を行うべきである。これには同



$$\text{Lim} (\alpha, \beta, \gamma) = \text{本質} \\ \alpha, \beta, \gamma \rightarrow 0$$

α, β, γ : ずれ要因
 α = 不良の作り込みやダメージ
 β = 機器精度や性能引き出し
 γ = 考察プロセス

図20 本質からのずれ

一手法による再現 (N増し) や、異なった手法の組み合わせや条件で実施することであるが、それ以上に時として、検証目的とは異なった別な観点、新しい知見 (効率化や新規手法の開発) が得られることもあり、やはり実施することは有効である。

確からしさに影響を与える要因及び検証ステップは下記の通りである (図 2 1 - 2 3)。

由来	試料	手法選択	機器・装置	解析者
原因	2次副産物・事前情報	作り込みやダメージ	精度・活用不十分	解釈や考察プロセス
要因	2次的生成・反応	物理的・化学的ダメージ	検出器の特性	有効データ未活用
	取り扱い	見落とし	機器精度・誤差	事前情報・調査不足
	経時変化・変質	原因箇所の消失と疑似不良箇所の作り込み	機器性能の引き出し、活用	思い込みや取り違い
	構造・条件等知見		デコレーションが不適切 (未処理、不足・過剰)	正常品との比較が不十分
				検証・再現確認不足

図 2 1 確からしさに影響を与える要因

機械研磨	硬度差による段差・凹凸の発生 (ダレ)、空洞部への研磨屑の埋まり込み、部材の伸びによる被さり、研磨痕、研磨砥粒の残存、界面部の剥がれ、軟質材の消失、空隙部からの水分のしみ出し、表面酸化、表面の結晶乱れ等
マイクロトーム	切削痕、曲がり、変形等
CP	熱ダメージ、リデポ (再付着)、加工すじ等
FIB	リデポ (再付着)、加工すじ等

図 2 2 試料加工手法による主な不良の作り込みとダメージ

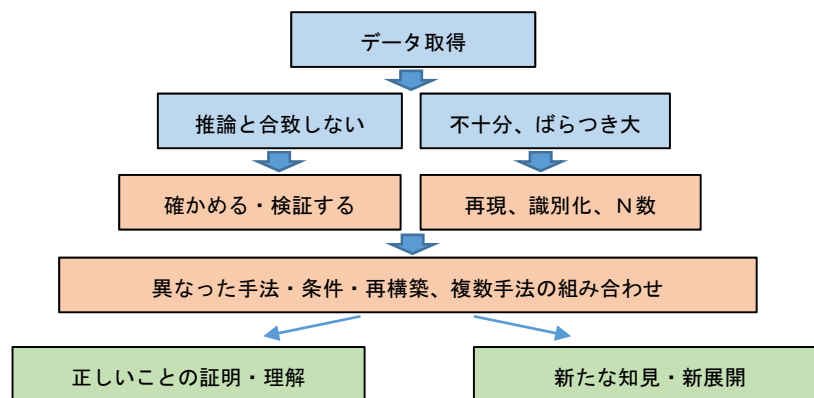


図 2 3 検証ステップ

4-6-2) 前処理・試料加工・装置分析において

観察、分析・解析に取り掛かる前の試料の加工・前処理は、正しい結論を導き出す最も重要なステップである。不良を作り込んだ、ダメージの入った試料をいくら精度よく観察しても本来の姿(本質)から外れた結論となる。また、解析設計段階での推論(原因・モードの推定)と合致しない、ばらつきが大きすぎる等が判断された場合には、作り込みやダメージの可能性があり検証や再現性を確認することができるが、手法・条件(機器、検出器)が不適切なため、本質が正しく判断(検出、認識)できていない場合には、その結果がそれ以降に持ち越されることになる。

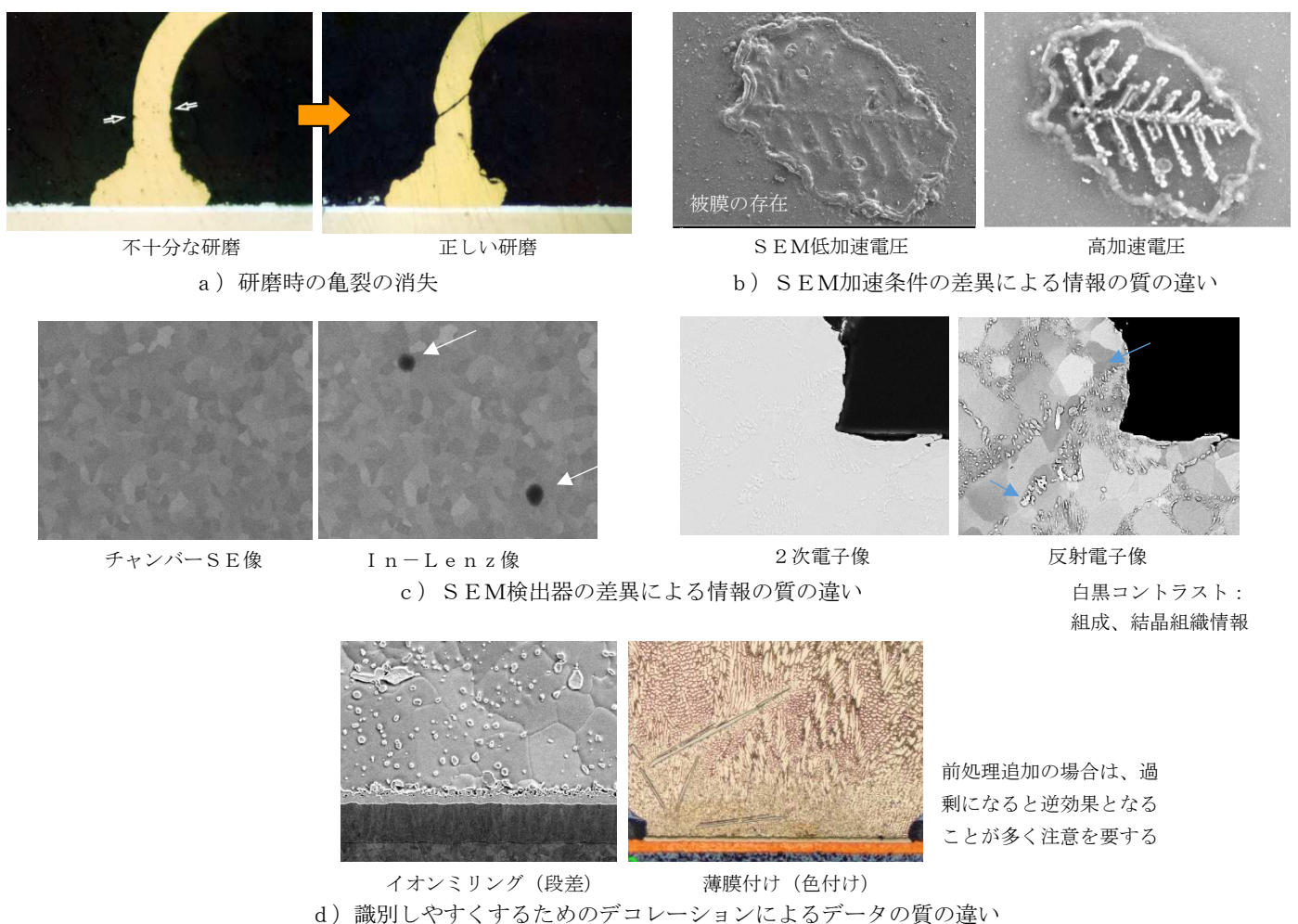


図2-4 観察結果を左右する事例

図2-4のa)は部品吸湿時の剥離によりAuワイヤが破断した事例であり、電氣的にオープンピンが特定されたにも関わらず機械研磨時の作り込みで破断箇所が見た目上、消失してしまっている。これは適切な手法を用いれば正しい姿として観察可能である。b)は結晶物上に薄膜が付着している事例で、加速電圧の条件(高低)により最表面や薄膜下を観察し

た例であり、c) はSEM観察時に、より表面層に敏感な検出器を用いることにより、認識できなかった最表面の汚れを観察した事例である、d) は作製した断面そのものでは認識しづらいものを、わずかな前処理追加で識別しやすくして観察した事例である。a) は解析結果自体に誤りが生じ、b)、c) は誤りではないが、条件の差異から膜厚（ビームの深さ方向への広がり）をある程度推測することもできるものの、データの質（観察結果）の違いからその後の解析、解釈の方向が左右されることになる。d) も同様に有効な方法であるが、素材・構造によって過剰な場合には逆効果となることが多く注意を要する。解析上の誤りや見落としは基本的にこれらが根底となる。

4-6-3) 思考・考え方プロセス、アプローチにおいて

本質を捉えることとして、解析業務後の考察プロセスにおいても同様のことが言える。解析においても考察時の考え方のひとつに、いわゆる演繹法と帰納法がある（図25）。演繹法は一つの結果から次の結果へと段階を踏みながら最終結論を引き出し、帰納法は得られた多くの結果から一つの最終結論を導き出すというものである。前者はステップの途中で誤りが生じると、それ以後間違っただま進めることになり、後者は複数得られた結果が本質を捉えていない場合は、間違っただ結論を引き出すという誤りを生じることからそれぞれに注意を要する。

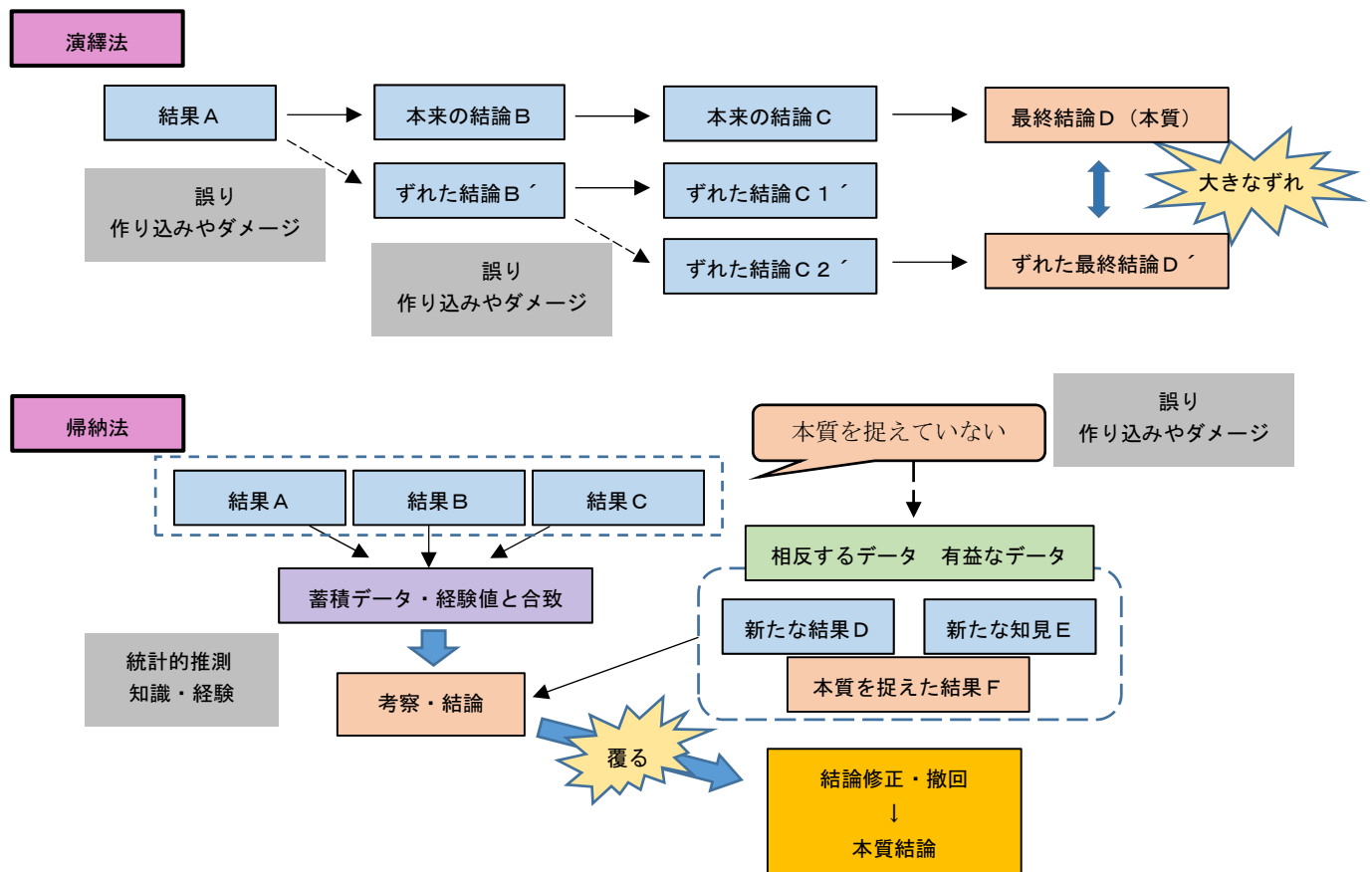
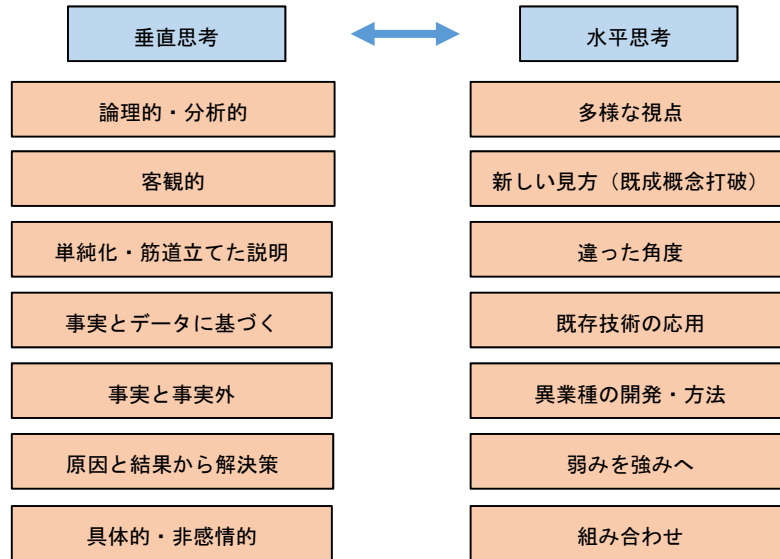


図25 演繹法と帰納法

また、対照的な考え方として論理的に進める垂直思考と、多様な視点、展開をはかる水平思考とがあり、考察展開のひとつとして代表的なものである（図26）。片方（一方）にとられず両者を鑑みながら進めることが総合的なアプローチとして正しい方向を導き出すことになる。



○○は××です。なぜなら△△だからです。 ○○には使えないが、××には応用できる。

図26 垂直思考と水平思考

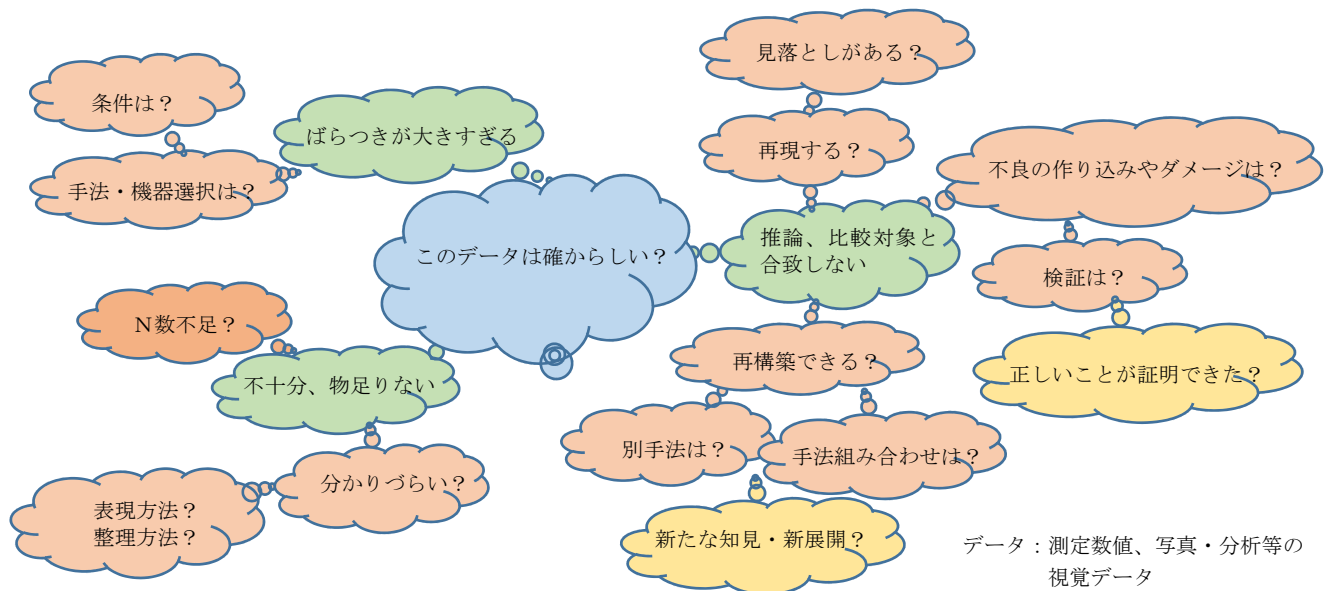


図27 図解例（図20、22の別表現例）

結論の導き出しのプロセスはさまざまであるが、表現例として整然としたまとめ方だけで

はなく、品質管理的表現（QC七つ道具等）やマインドマップ（図27）のような図示・図解表現も一つの手法である。発散せず、まとめやすく分かりやすい手法を選ぶのがポイントとなる。

解析過程の違いや比較対象の取り違いで誤りが生じることもある。前者は正しい結果を生み出すには一つとは限らず複数のプロセスがあり得ること、後者はいわば精度や条件等で左右されるにも関わらず同じ土俵で比較してしまうこと、いわば土俵違いである。例えば図24b) c)のようにそれぞれで検出器や条件が異なると、その検出領域や得られる情報が異なることになるため、両者で得られる知見を総合するべきであるところを、正誤を直接比較判断するような場合である。比較すべき対象は、前述の検証ともに密接に関連するものであり注意を要する（図28、29）。このように、考察ステップにおいても本来から外れた本質を捉えられない要因となることがしばしば起こる。

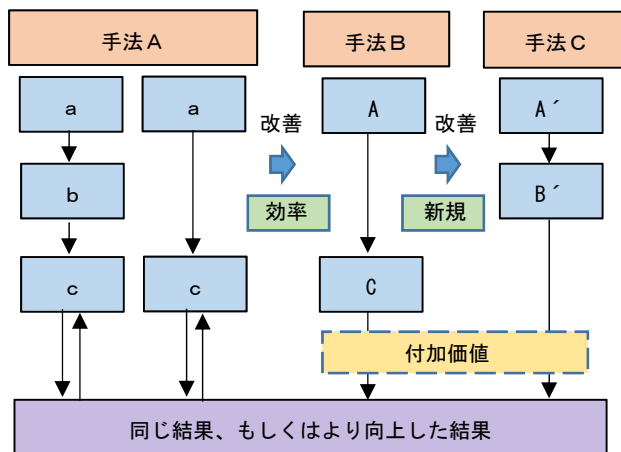


図28 過程の違い

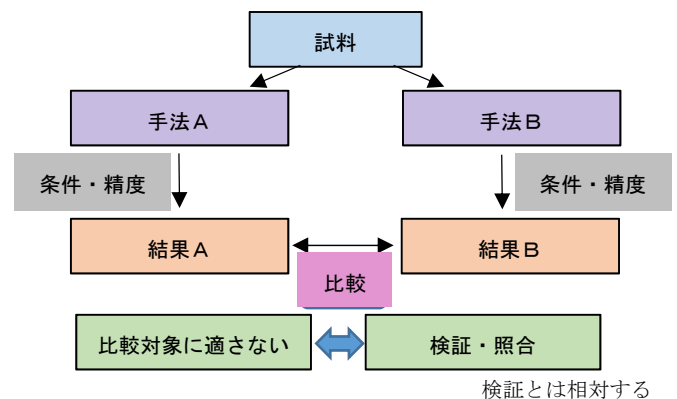


図29 比較対象の取り違い

5. 終わりに

解析・分析に当たってその開始前の解析設計が重要であることは承知の通りであるが、特に解析・分析業務に携わる上で、常に向き合わなければならないことは、できるだけ解析段階において新たな不良の作り込みやダメージのない試料を作製し、観察・分析すること、すなわち本質を捉えた正確、精度の高いデータ、結果を得るかということである。様々な手法・機器を時として複数組み合わせることにより総合的にアプローチすることが重要であるが、その後の結論を引き出す考察時のプロセスにおいても同様のことが言え、一連の解析ステップの流れとして初めて、より良い目的にあったデータの取得、考察、結論へと導くことができる。本稿では詳細な手法や機器の紹介は控えさせていただき、初歩的ではあるが分析・解析業務のあり方について、そのアプローチを踏まえて述べさせていただいた。お客様にとっても問題解決の端緒と紐解きの一助となれば幸いである。