

平成27年度戦略的基盤技術高度化支援事業

「X線ステレオ撮影による多層プリント基板図化技術の開発」

研究開発成果等報告書

平成28年3月

委託者 関東経済産業局
委託先 株式会社つくば研究支援センター

目 次

第 1 章 研究開発の概要.....	2
1-1 研究開発の背景・研究目的及び目標.....	2
1-2 研究体制	4
1-3 成果概要	6
1-4 当該研究開発の連絡窓口	7
2-1 3次元計測精度の向上.....	8
2-1-1 複数撮像素子をもった X 線透過撮影装置の開発.....	8
2-1-2 複数撮像素子対応高精度校正技術の開発	12
2-2 X 線 CT 手法との融合.....	16
2-2-1 X 線 CT 手法の応用	16
2-2-2 開発技術の CT との比較評価	18
最終章 全体総括	21

第1章 研究開発の概要

X線透過撮影による擬似ステレオ法により、多層プリント基板の内部の層を含めて図化できる組込みソフトウェア技術を開発する。このための実験基板とするために、X線透過撮影装置の撮像素子を増やすことを含めて光学系を変更し、必要な光学キャリブレーション技術を開発する。またX線CTのために研究されている技術の応用と、性能評価のためにCT法と比較評価する。

1-1 研究開発の背景・研究目的及び目標

【研究背景】

プリント基板メーカーが各種電子機器メーカー向けに出荷するプリント基板は、新機種のサイクルが早く且つ高速化及び小型化傾向にあり、パターン幅が狭く、回路も複雑で基板の多層化が進んでいる。そのため品質保証は他社との差別化の意味でも必須テーマである。しかし、プリント基板の多層化や微細なパターン検査には現状のAOIでは対応できていない。一方、当グループが商品化しているシステムは2層基板に限定されており、ニーズに応えることができない。その理由は層間を識別する計測精度が $1000\mu\text{m}$ 程度で限界であるためで、これは理論上、X線撮像デバイスを複数配置することにより解決することができると考えられる。

【研究目的及び目標】

複数のデバイス間の相対位置を精密に校正するソフトウェア技術および、3層以上でパターンが重なりあった場合でも識別できるソフトウェア技術が必要であり、その確立を目指す。

① 組込みソフトウェアに係る技術において達成すべき高度化目標

X線透過撮影による擬似ステレオ法により、2層基板を対象として各層を図化するシステムを実用化している。川下製造業者であるプリント基板メーカーが必要とする多層プリント基板の内部の層を含めて図化できる組込みソフトウェア技術を開発する。

新技術：X線ステレオ法



<特 徴>

- 2層基板で実績のあるステレオ法による3次元計測を利用するので、多層基板にも拡張可能。
- $20\mu\text{m}$ 以下の解像度でのX線透過撮影により、同水準の解像度での図化が可能
- システム価格で1000万円台
- 小型のX線透過撮影装置を改良するため、安価であり、設置場所を選ばない

② 技術的目標値

(ア) 複数撮像素子をもった X 線透過装置の開発

多層基板での層別に図化するために必要な、層間 $200\mu\text{m}$ 以下での識別を実現する。素子数については最終販売製品として最適な撮像素子数と配置を決定し、装置を完成させる。

(イ) 複数撮像素子対応高精度校正技術の開発

層間 $200\mu\text{m}$ 以下での識別が可能な校正技術を開発する。このために必要とされる $10\mu\text{m}$ での撮像素子の 3 次元位置の相対値の計測を目標とし、最終的な装置構成に対応した校正用ソフトウェアを開発する。

(ウ) X 線 CT 手法との融合

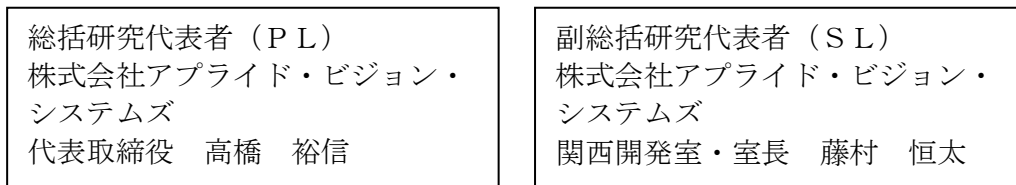
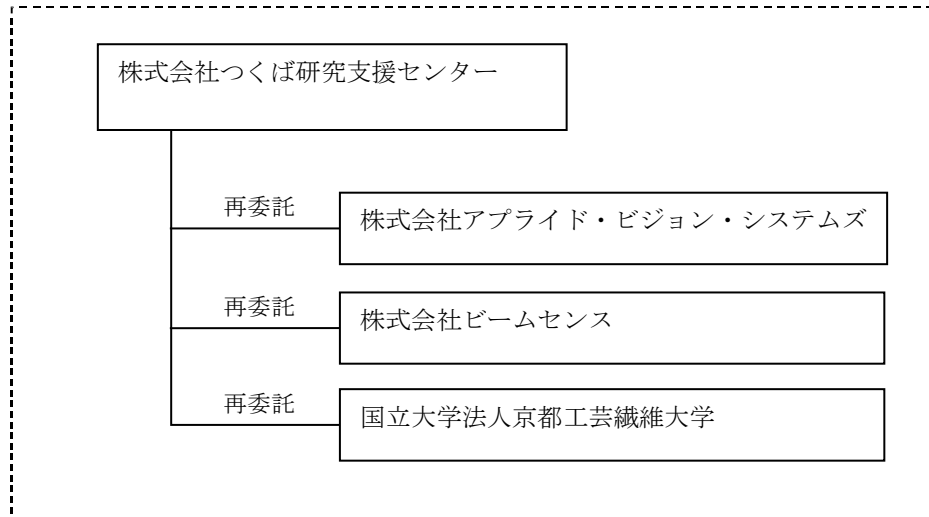
4 層以上の試験基板について機能する、X 線 CT 手法を応用した基板図化ソフトウェアを作成する。これを用いて、層間 $200\mu\text{m}$ での識別が可能であることを示す。

(エ) 開発技術の CT との比較評価

多層基板のベンチマークとして、出荷製品として典型的な基板について実験を行い、評価する。CT 法によっても図化が可能なサイズに切り出した基板について、CT 法と本プロジェクトで開発する手法を比較し、性能を評価する。

1-2 研究体制

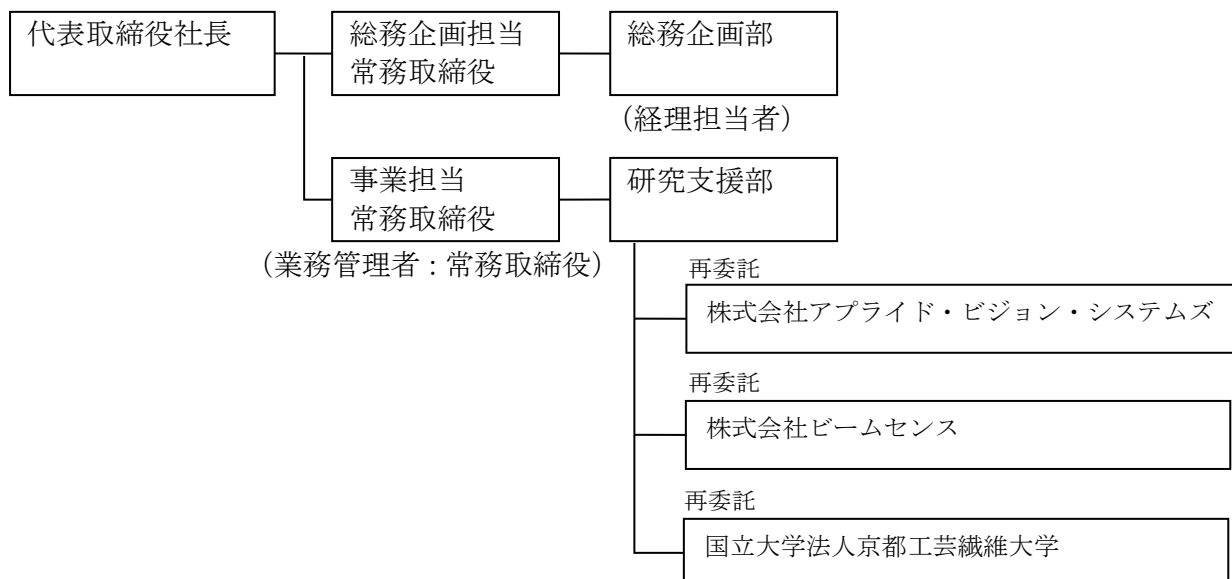
【研究組織（全体）】



【管理体制】

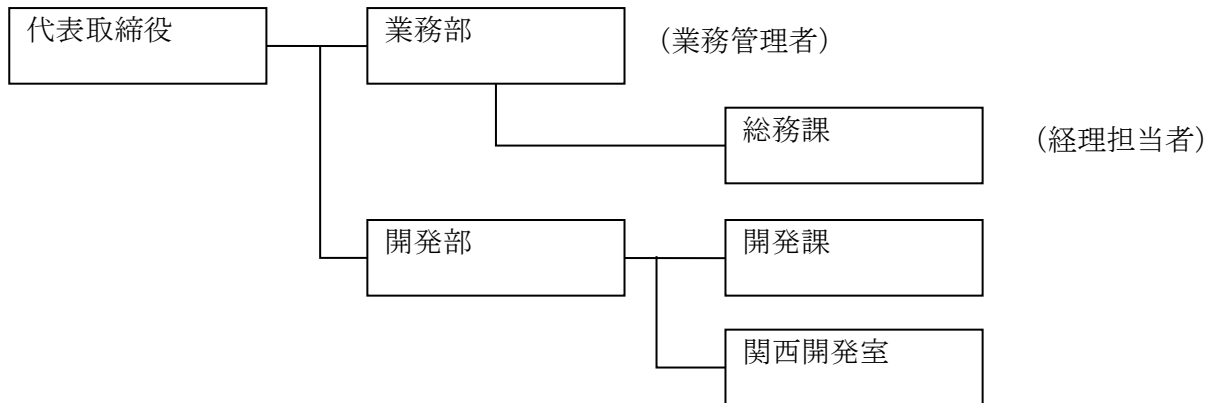
<事業管理機関>

〔株式会社つくば研究支援センター〕

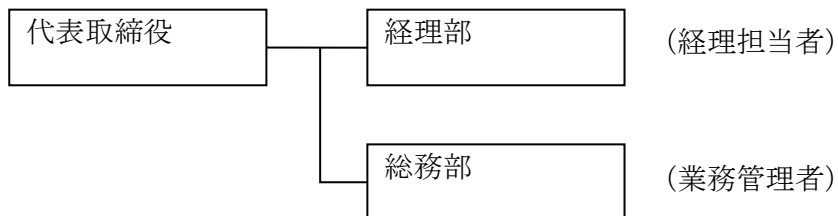


<再委託先>

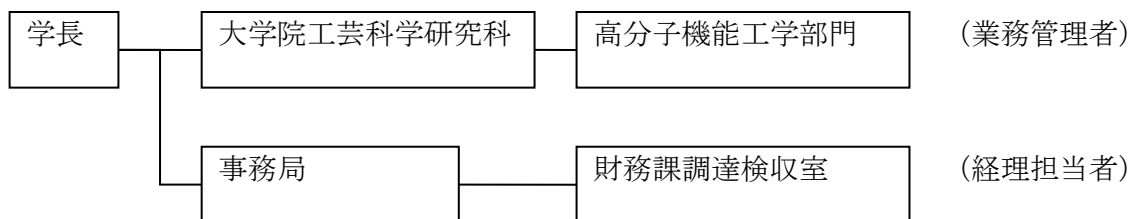
[株式会社アプライド・ビジョン・システムズ]



[株式会社ビームセンス]



[国立大学法人京都工芸繊維大学]



1-3 成果概要

平成 25 年度は、多層基板の図化の実現に向けて、それぞれ基本的な実験環境を整えることができた。X 線透過撮影装置では 2 撮像素子による同時撮影を実現し、画像転送の高速化を実現するために、USB3.0 の制御基板を製作した。不完全なエッジ情報からもより確実に金属部分を塗りつぶせる「放射法アルゴリズム」を新たに開発し、特許出願した。

平成 26 年度は、平成 25 年度に開発した装置・技術をベースに、2 撮像素子から 3 撮像素子へと拡張した装置、および図化・校正技術を開発し、高精度化を実現した。また、本技術出力の校正パラメータを直接用いた CT 手法応用プログラムを開発し、ベンチマークとなりうるデータを作成した。さらには、新たな派生展開として、X 線透過撮影画像からの図化技術を、多層基板を剥離して配線を露出させた基板をデジタルカメラで撮影したカラー画像から図化する、銅箔光学画像図化技術を開発し、特許出願した。

平成 27 年度は、平成 26 年度に開発した装置・技術をベースに、最終販売製品として最適な撮像素子数の検討、装置の改良を行った。その結果、撮像素子数は 4 素子として最適配置し、図化・校正技術の更なる高度化を実施して、目標精度での分離・図化を達成し、装置を完成させた。装置の評価は、平成 26 年度に試作した評価用基板のうち層間 $200\mu\text{m}$ の 4 層基板を用い、各層に確実に分離できることを確認した。また、市販基板での評価も行うため、高精度に基板表面の剥離が可能な切削装置を製作し、図化結果と実際の配線の比較評価を行った。さらに、平成 26 年度に基板図化応用として開発した銅箔光学画像図化ソフトウェアと組み合わせることで、より多層の基板図化に対応できることを確認した。

CT 手法応用においては、本技術出力の校正パラメータを直接用いた 3 次元再構成プログラムにより、層間 $200\mu\text{m}$ の 6 層基板のデータで動作を確認した。また、このデータが縦横 2 方向の移動撮影データであることに着目し、2 種類の平行移動で 3 次元再構成する CT 応用技術の特許出願した。

1-4 当該研究開発の連絡窓口

<事業管理機関>

名称：株式会社つくば研究支援センター
住所：茨城県つくば市千現 2-1-6
連絡担当者所属役職・氏名：研究支援部次長 高田青史
Tel: 029-858-6061,6046 Fax: 029-858-6014
E-mail: takata@tsukuba-tei.co.jp

<再委託先>

名称：株式会社アプライド・ビジョン・システムズ
住所：茨城県つくば市梅園 2 丁目 7-3 つくばシティビル 403
連絡担当者所属役職・氏名：代表取締役 高橋 裕信
Tel: 029-855-7652 Fax: 029-855-7659
E-mail: hironobu@avsc.jp

名称：株式会社ビームセンス
住所：大阪府吹田市泉町 2-19-16
連絡担当者所属役職・氏名：代表取締役 馬場 末喜
Tel: 06-6384-9563 Fax: 06-6384-9563
E-mail: baba-sueki@beamsense.name

名称：国立大学法人京都工芸繊維大学
住所：京都市左京区松ヶ崎橋上町 1
連絡担当者所属役職・氏名：
工芸科学研究科 高分子機能工学部門 准教授 西川 幸宏
Tel: 075-724-7839 Fax: 075-724-7839
E-mail: kiro@kit.ac.jp

第2章 本論

2-1 3次元計測精度の向上

2-1-1 複数撮像素子をもったX線透過撮影装置の開発

(主担当：株式会社ビームセンス，副担当：株式会社アプライド・ビジョン・システムズ)

(1) はじめに

多層基板での層別に図化するために必要な、層間 $200\mu\text{m}$ 以下での識別を実現する。素子数については最終販売製品として最適な撮像素子数と配置を決定し、装置を完成させる。

(2) 4撮像素子型X線透過撮影装置の開発

平成25年度は、1撮像素子で撮影を行う既成の装置をベースに、2撮像素子による同時撮影可能な装置を製作した(図1)。



図1 2撮像素子の配置

平成26年度は、平成25年度製作の装置をベースに、3撮像素子による同時撮影可能な装置を製作した。また、各撮像素子からの撮像情報を画像としてデジタル化し高速伝送するよう、USB3.0対応の撮像素子制御USB/AD基板を改良設計・開発した(図2)。

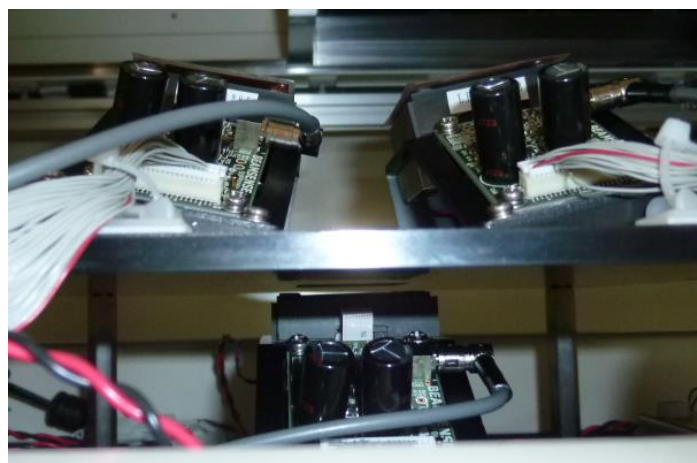


図2 3撮像素子の配置

平成 27 年度は、平成 26 年度の実験を踏まえて最適な撮像素子数と配置を検討した結果、平成 26 年度開発した 3 撮像素子に 1 素子を追加し 4 撮像素子の装置を製作した。また、4 撮像素子の同時撮影を実現するとともに量子化ノイズを低減するよう USB/AD 基板の改良を実施した（図 3）。



図 3 4 撮像素子の配置

製作した 4 撮像素子型 X 線透過撮影装置の外観図を、図 4、図 5 に示す。



図 4 4 撮像素子型 X 線透過撮影装置の外観図（メンテナンス時）

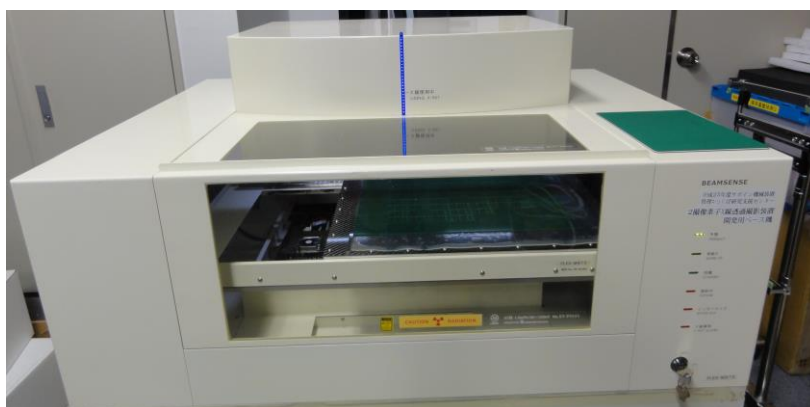


図 5 4 撮像素子型 X 線透過撮影装置の外観図（基板撮影時）

① 撮影制御ソフトウェアの改良

既存の X 線撮影装置に付属している専用ソフトウェアを基に、4 撮像素子へと拡張した装置を制御して連続撮影できるように制御ソフトウェアを改良した。ソフトウェアの外観を、図 6、図 7 に示す。

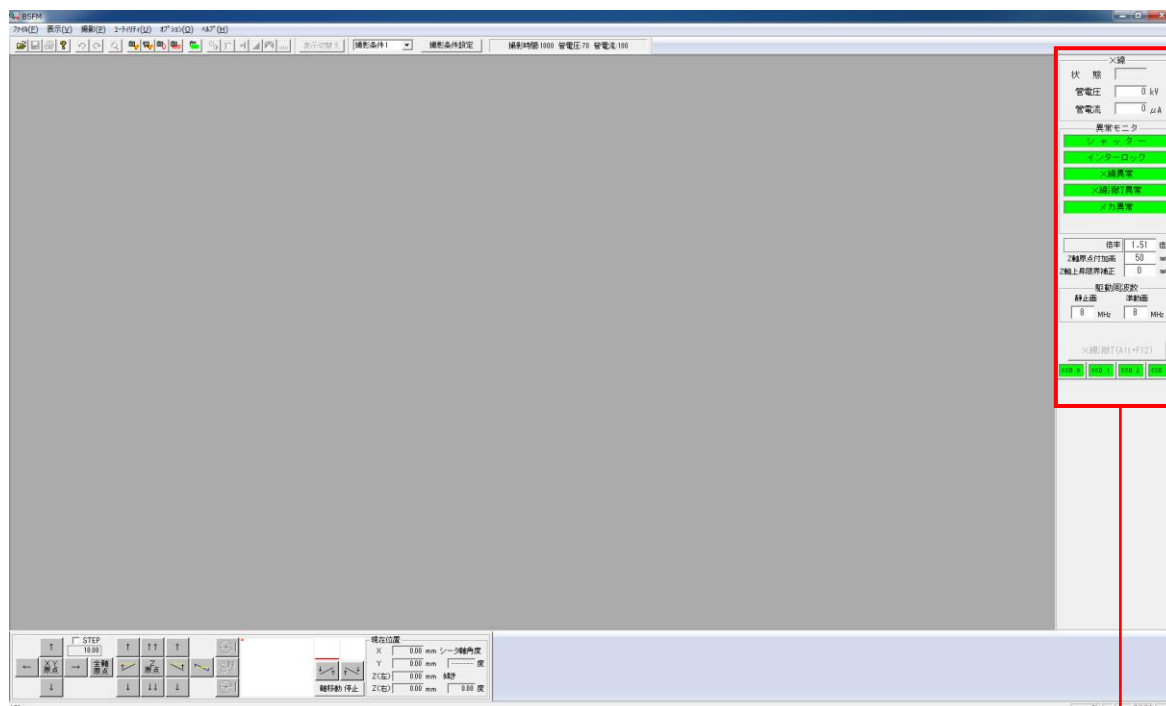


図 6 改良ソフトウェアの外観

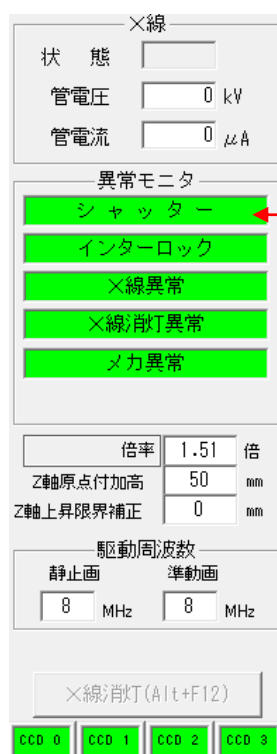


図 7 複数撮像素子に対応

(3) 市販基板での検証

平成 27 年度は、市販基板での評価を行うため、基板表面を高精度に切削可能なプリント基板表面切削装置を製作した。装置の外観と内部の様子を図 8 に示す。

開発した X 線透過撮影装置での図化結果と、市販基板を剥離して得られた配線とを比較評価した。また、平成 26 年度に開発した銅箔光学画像図化ソフトウェアと組み合わせることで、より多層の基板への対応できることを確認した。



図 8 装置外観と内部の様子

(4) まとめ

多層基板での層別に図化するために必要な、層間 $200\mu\text{m}$ 以下での識別を目標に、平成 27 年度には、最終製品に向けて撮像素子の最適数と配置を検討した結果、4 撮像素子の配置とし、4 撮像素子による同時撮影を実現した X 線透過撮影装置を開発した。そして、各撮像素子からの撮像情報を画像としてデジタル化し、高速伝送する USB3.0 対応の撮像素子制御 USB/AD 基板を改良し、4 撮像素子に接続、量子化ノイズの低減を確認した。

一方、撮影制御ソフトウェアについては、4 撮像素子へと拡張した装置を制御して連続撮影できるように改良した。性能評価として、層間 $200\mu\text{m}$ 以下での識別の実現性について評価するため、層間 $200\mu\text{m}$ で製作した試験基板上の 2 層垂直重なり配線パターンを撮影し、画像上でのパターン輪郭のずれを確認し、層間 $200\mu\text{m}$ の重なりでも識別が可能であることを示した。

また、市販基板での評価を行うため、基板表面を高精度に切削可能なプリント基板表面切削装置を製作した。開発した X 線透過撮影装置での図化結果と、市販基板を剥離して得られた配線とを比較評価した。また、平成 26 年度開発した銅箔光学画像図化ソフトウェアと組み合わせることで、より多層の基板へ対応できることを確認した。

2-1-2 複数撮像素子対応高精度校正技術の開発

(主担当：株式会社アプライド・ビジョン・システムズ，副担当：株式会社ビームセンス)

(1) はじめに

層間 $200\mu\text{m}$ 以下での識別が可能な校正技術を開発する。このために必要とされる $10\mu\text{m}$ での撮像素子の3次元位置の相対値の計測を目標とし、最終的な装置構成に対応した校正用ソフトウェアを開発する。

(2) 校正用基板の開発

図化評価用を兼ねるものとして、校正用基板（キャリブレーション基板）を製作した。製作した基板の写真を図9、図10に示す。

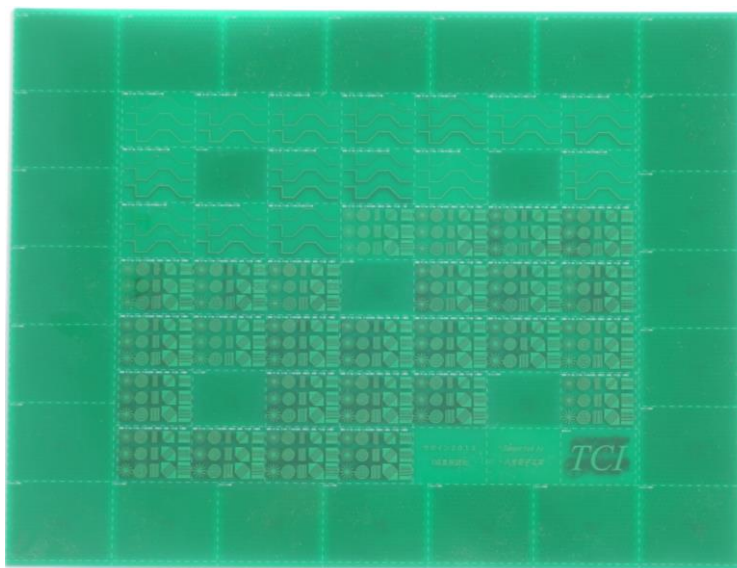


図9 製作基板（部品面側）の様子

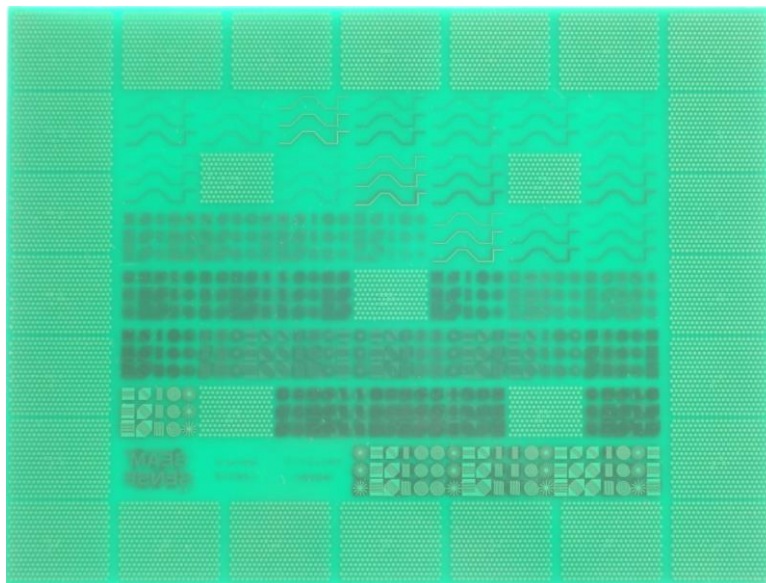


図10 製作基板（半田面側）の様子

(3) 校正用ソフトウェアの開発・改良

校正用基板を撮影した画像を入力とし、校正を実現するソフトウェアを開発・評価した。

平成 25 年度は 2 撮像素子の校正用ソフトウェアを開発、平成 26 年度は 3 撮像素子の校正用ソフトウェアに改良、平成 27 年度は 4 撮像素子に対応した校正用ソフトウェアに改良した。撮影された画像から、基板、光源、撮像素子の位置関係を全自動で求めることが可能となっており、異なる撮像素子間で自動的に同じものだけを検出し、比較計測できるようになった。

① 図化による性能確認

校正データを用いて、基板を移動させながら撮影した 4 撮像素子の各画像を撮像素子毎に重ね合わせて強度を増やしてエッジを抽出する技術、およびエッジ画像から銅箔領域を生成する図化技術を開発した。そして、層間 200 μm の 6 層基板として制作した試験基板を実際に X 線撮影した画像を用いて、その性能を確認した。

以下に、解析例を示す。まず、図 11 に本解析例に使用した撮影データを示す。



図 11 撮影データ

撮影画像の一例を図 12 に示す。なお、画像は見やすいようにレベル調整したものである。

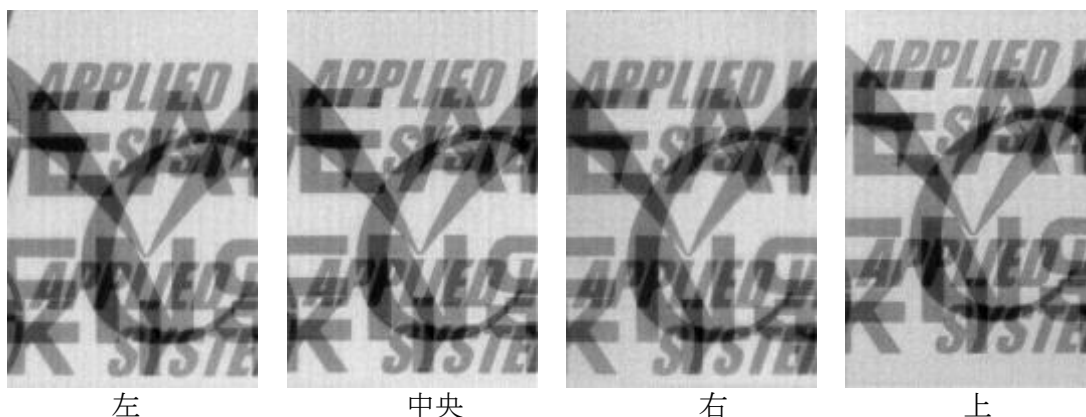


図 12 撮影画像の一例

次に、校正データを用いて、処理対象のロゴ領域内を中央のデバイスで撮影した 60 枚の各画像を統合した合成画像を図 13 に示す。他の 3 つのデバイスの映像も同様に合成でき、層によってわずかに上下左右にずれた像が得られる。



図 13 ロゴ部分の撮影画像

次に、本プロジェクトで開発したエッジ抽出技術を用いて、各層のエッジの位置を比較し、層ごとに色分けした結果を図 14 に示す。赤、緑、青、黄で、それぞれのエッジ点がどの層に所属しているかを表している。

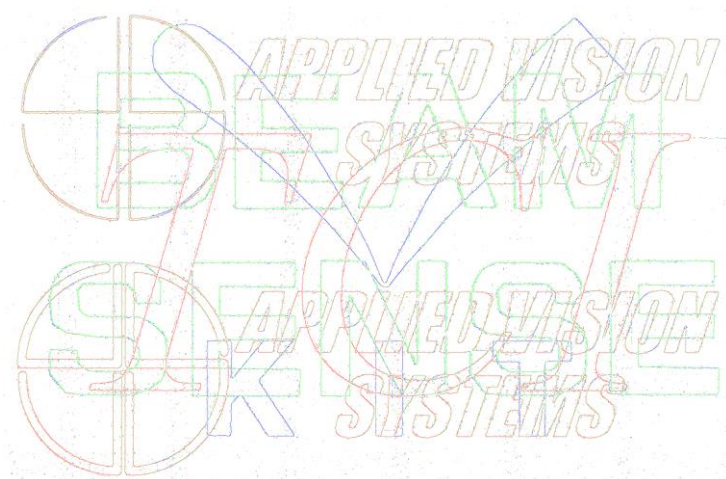


図 14 エッジ画像

最後に、抽出した各層のエッジ情報に基づき、図化を行った結果を図 15 に示す。上図で色分けされた層ごとのエッジを用いて、本プロジェクトで開発した銅箔領域を図化する手法（平成 25 年度特許申請済み）によりエッジを境界として、銅箔部分（黒）とそれ以外の部分（白）に分離した。ノイズ等によりエッジが途切れている部分についてはその不確かさを示すために、この図では中間の灰色としている。このため若干異なる層の像が混じっている。製品では、適切な閾値を定めることで銅箔部分を確実に分離できる。

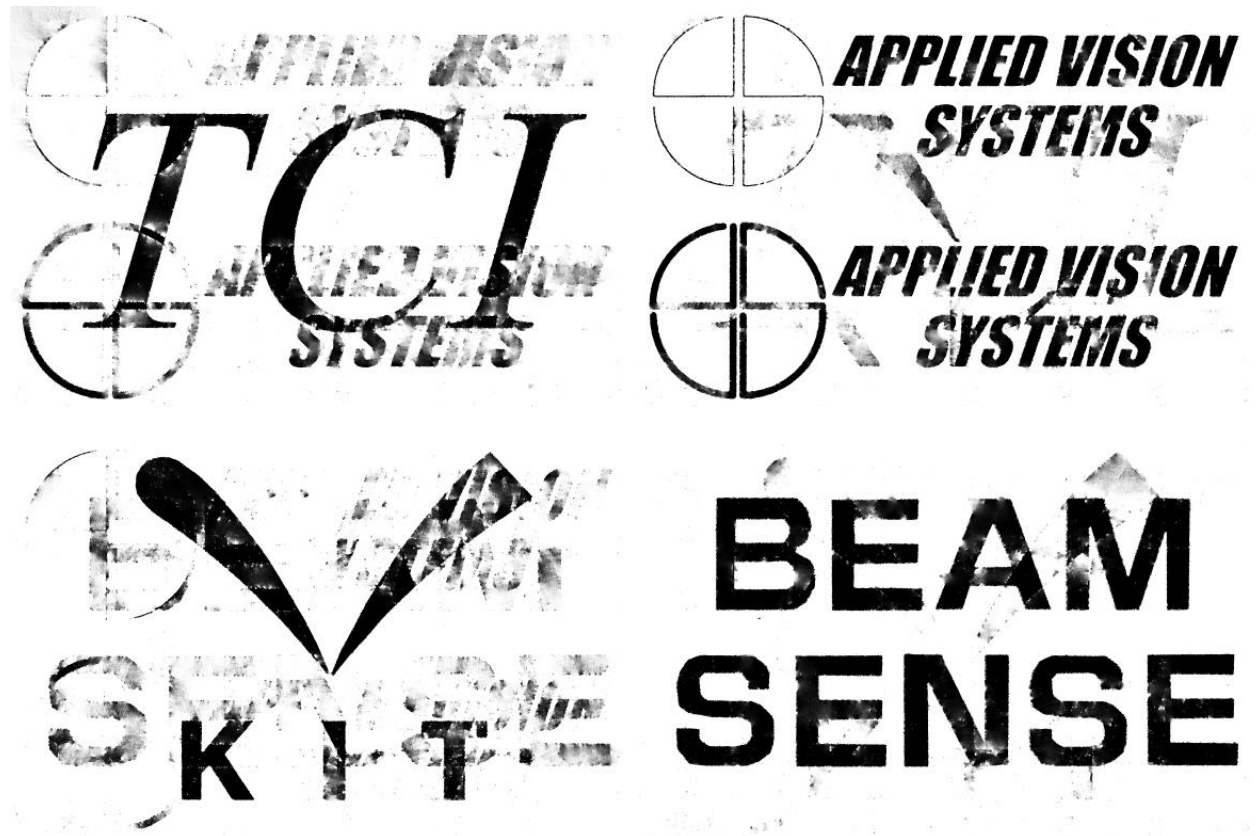


図 15 図化画像

(4) まとめ

層間 $200\mu\text{m}$ 以下での識別が可能な校正技術をととして、 $10\mu\text{m}$ での撮像素子の 3 次元位置の相対値の計測を目標とし、平成 25 年度の 2 撮像素子から平成 27 年度に 4 撮像素子へ拡張した高精度校正技術の基本アルゴリズムを開発した。具体的には、新たに 4 撮像素子対応の高精度校正技術の基本アルゴリズムを開発し、校正ソフトウェアとして統合した。そして、実際に、校正用基板を撮影した画像による実験結果から、層間 $100\mu\text{m}$ クラスでの高さ方向の判別が可能であることを示した。

また、基板を移動させながら撮影した各画像を、校正データの各画像の位置情報を用いて、撮像素子毎に重ね合わせて強度を増やしてエッジを抽出する技術を開発し、平成 26 年度までに開発済みのエッジ画像から銅箔領域を生成する図化技術と統合し、実際の層間 $200\mu\text{m}$ 、6 層の試験基板の撮影画像により図化による評価を行った。その結果、目標とする層間 $200\mu\text{m}$ が確実に分離できることを確認した。

2-2 X線 CT 手法との融合

2-2-1 X線 CT 手法の応用

(主担当：京都工芸繊維大学，副担当：株式会社アプライド・ビジョン・システムズ)

(1) はじめに

4 層以上の試験基板について機能する、X 線 CT 手法を応用した基板図化ソフトウェアを作成する。これを用いて、層間 $200\mu\text{m}$ での識別が可能であることを示す。

(2) 実施内容

本事業で開発している高精度校正ソフトウェアによって得られる、厳密な校正パラメータ（透視投影パラメータ）を、X 線 CT（SACT 方式）に適用し、CT 手法を応用した平行移動型 CT 方式基板図化ソフトウェアを平成 27 年度撮影したデータに対応するよう改良を実施した。そして、基板断面のモデルによる再構成実験を行い基礎的な性能確認を行った。さらには、層間 $200\mu\text{m}$ の 6 層基板のシミュレーションデータを用意し、良好に分離できることを確認した。

基板断面のモデルによる再構成実験の様子を図 16 に示す。Simulated Annealing CT（SACT）により、通常の CT よりも、極端な角度制限、極端に少ない投影データから再構成に成功していることが分かる。

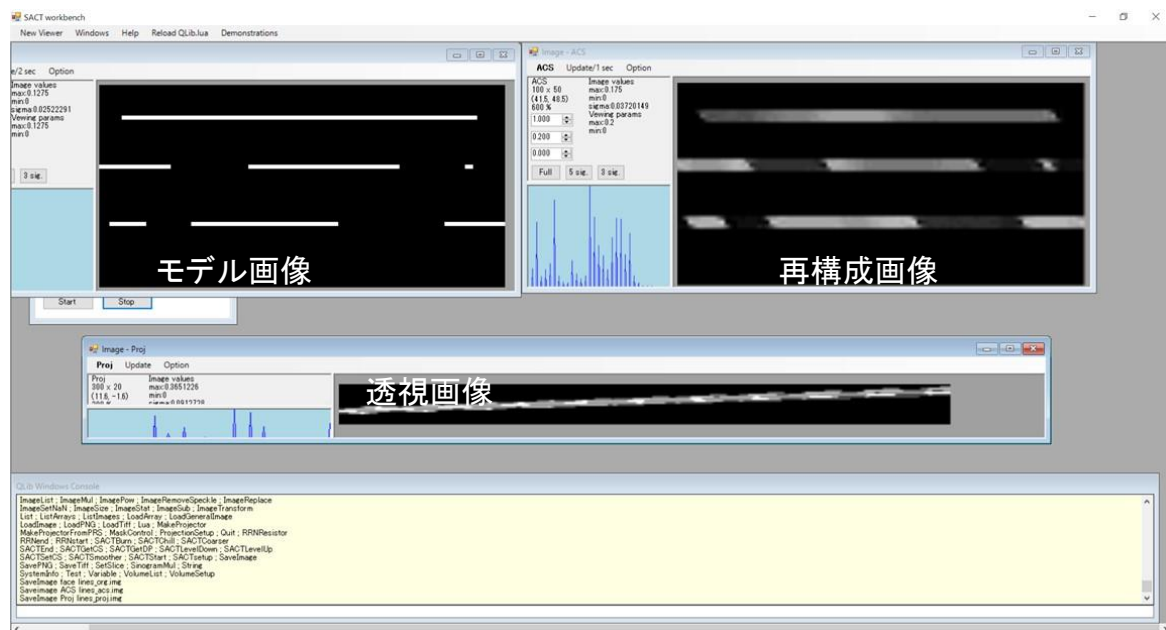


図 16 基板断面のモデルによる再構成実験の様子

次に、シミュレーションデータ生成に用いた、ロゴ図面を図 17 に示す。



図 17 ロゴ図面

次に、移動撮影したデータの様子を図 18 に示す。



図 18 移動撮影時のデータ

最後に、再構成により分離した結果を図 19 に示す。



図 19 分離結果

(3) まとめ

高精度校正ソフトウェアとの連携を実現し、CT 手法を応用したプログラムを作成し、復元実験を行った。本開発プログラムにより、高精度校正ソフトウェア出力の厳密な校正パラメータを直接用いた CT 手法による再構成を実現し、6 層のシミュレーションデータを用いた実験により、層間 $200\mu\text{m}$ の識別できることを確認した。

さらに検討の過程で現行の平面の CCD に代わって、線状のライン CCD を同様の方法で高精度キャリブレーションし、基板の移動方法を工夫することでも同様の手法が使えることがわかった。ライン CCD を利用することにより、装置コストを抑え、より大きな基板を対象とすることができるメリットがある。平成 27 年度の成果として、本方式に関する特許を申請した。

2-2-2 開発技術の CT との比較評価

(主担当：株式会社アプライド・ビジョン・システムズ，副担当：京都工芸繊維大学)

(1) はじめに

多層基板のベンチマークとして、出荷製品として典型的な基板について実験を行い、評価する。CT 法によっても図化が可能なサイズに切り出した基板について、CT 法と本プロジェクトで開発する手法を比較し、性能を評価する。

(2) 実施内容

① ベンチマーク基板の評価

評価実験に使用した、一般的な出荷品に相当する 6 層で各層間が $200\mu\text{m}$ の基板の外観の様子を図 20 に示す。

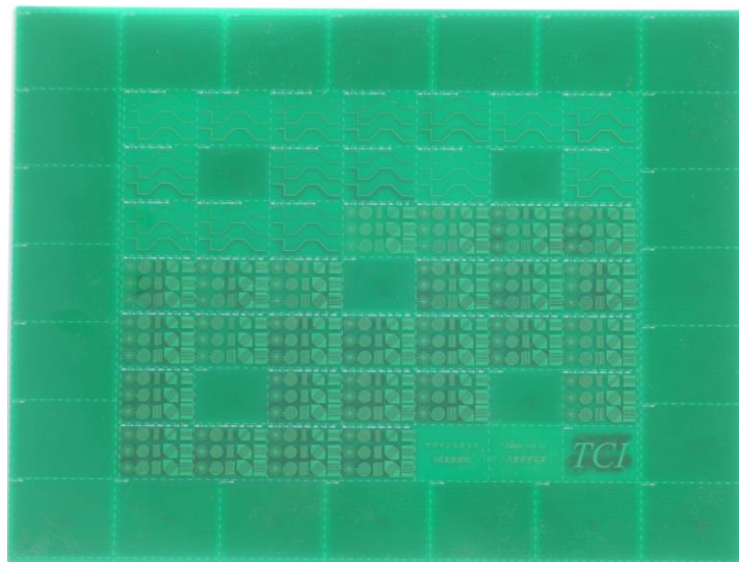


図 20 6 層試験基板の外観

② 比較評価

比較評価として、現行の X 線 CT 撮影画像からの CT 法による再構成結果、本プロジェクトで開発したエッジベースの銅箔領域図化手法による再構成結果、および高精度校正ソフトウェア出力の校正パラメータを直接用いた平行移動型 CT 手法による再構成結果について以下に再掲する。

現行の X 線 CT 撮影画像からの CT 法による再構成結果の一例を図 21 に示す。6 層試験基板の一部（30mm×40mm）を複数切り出して X 線 CT 撮影したデータから、京都工芸繊維大学で開発した SACT 手法で再構成したものである。

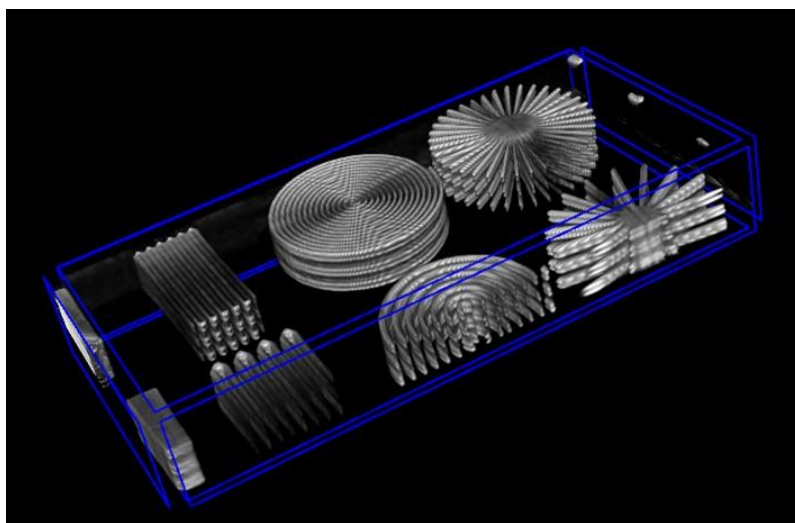


図 21 SACT 手法による再構成結果

次に、本プロジェクトで開発したエッジベースの銅箔領域図化手法による再構成結果を図 22 に示す。

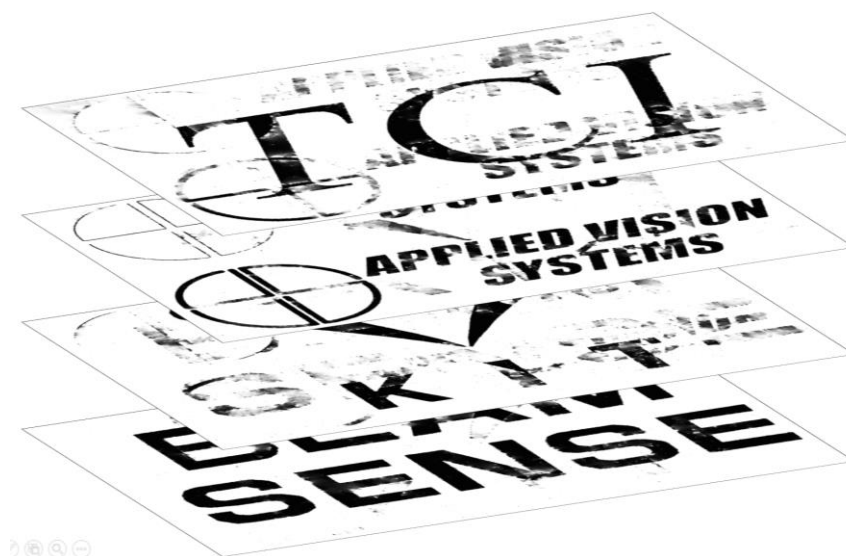


図 22 銅箔領域図化手法による再構成結果

最後に、本プロジェクトで開発した高精度校正ソフトウェア出力の校正パラメータを直接用いた平行移動型 CT 手法による再構成結果を図 23 に示す。

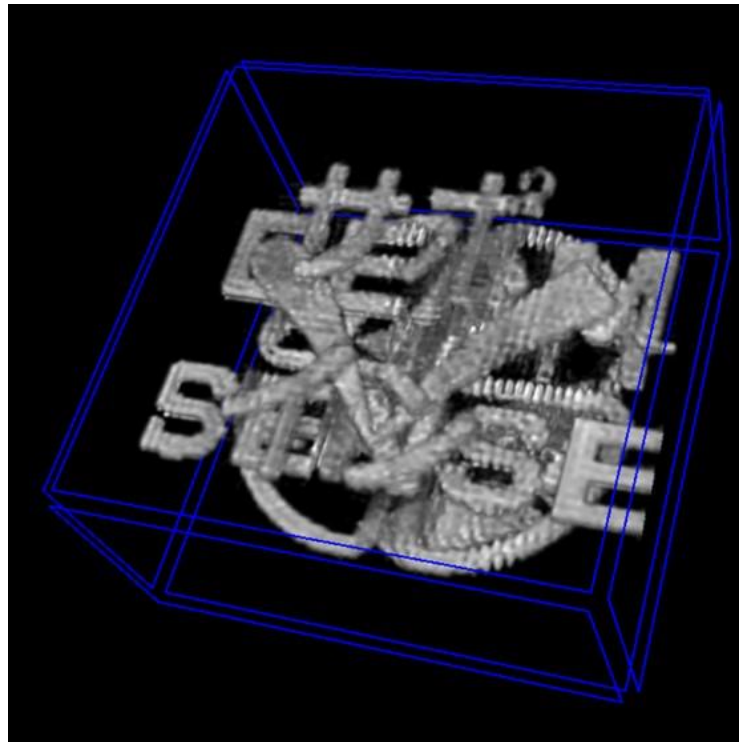


図 23 平行移動型 CT 手法による再構成結果

以上の結果から、X 線 CT 撮影画像からの再構成は、層間 $200\mu\text{m}$ の 6 層基板を十分に分離している。ただし、CT 撮影は全周囲撮影のため、撮影可能なサイズがこの $30\text{mm}\times 40\text{mm}$ 程度の小さなものに限られてしまう。これに対して、本プロジェクトで開発したエッジベースの銅箔領域図化手法による再構成は、ノイズ等によりエッジが途切れている部分についてはその不確かさが残るが、今後適切な閾値を定めることで銅箔部分を確実に分離できることを示すことができた。そして、高精度校正ソフトウェア出力の校正パラメータを直接用いた平行移動型 CT 手法による再構成では、ノイズのないシミュレーションデータで、CT 撮影と同等の再構成結果が得られることを示せた。

(3) まとめ

現行の X 線 CT 撮影画像からの再構成と、本プロジェクトで開発したエッジベースの銅箔領域図化手法による再構成、および平行移動型 CT 手法による再構成を比較し、X 線 CT と同等に層間 $200\mu\text{m}$ の 6 層基板を確実に分離できることを確認した。X 線 CT で再構成できるサイズは小さなものに限られるのに対して、本開発手法は、平行移動撮影可能なサイズに適用可能であり、実際に本プロジェクトで開発した X 線撮影装置では、 $330\text{mm}\times 250\text{mm}$ まで撮影可能である。

最終章 全体総括

X線透過撮影装置の開発については、平成25年度に2撮像素子、平成26年度は3撮像素子、平成27年度は4撮像素子配置の装置とし、目標精度を実現した。また、撮影データを高速にデジタル化して伝送するようUSB3.0を採用したUSB/AD基板を設計して、4撮像素子とともにUSB/A D基板を4枚搭載した。4撮像素子化にともなうデータ量と撮影枚数の増加に対応するため、より効率的に撮影を行うことができる撮影制御プログラムを開発した。

一方、図化基本ソフトウェアについては、従来からの課題である不完全なエッジ情報からもより確実に金属部分を塗りつぶせる「放射法アルゴリズム」を平成25年度に開発した。そして、実際の不完全なエッジ情報に対してその効果を確認し、特許出願した。この「放射法アルゴリズム」については、川下ユーザからの提案を検討し、剥離した基板を可視光により撮影した光学画像から領域色統計処理により抽出したエッジに「放射法アルゴリズム」を適用する銅箔光学画像図化ソフトウェアを平成26年度に開発した。これにより8層以上の超多層の基板についても、部分的に剥離することで、その表面を計測し、内部をX線で透過するハイブリッドな方式の可能性について確認できた。本特許にこの剥離基板拡張を追加特許申請するとともに、海外向けにPCT出願を行った。

校正（キャリブレーション）技術の開発においては、校正用基板を新規設計し、合わせて図化するのが苦手な評価用テストパターンを設計して、最終目標の層間 $200\mu\text{m}$ の6層基板として試作した。また、その校正パターンを撮影した画像から、撮像素子の位置・姿勢を算出するプログラムを開発した。平成27年度は、4撮像素子に対応した校正システムに拡張し、異なる撮像素子間で自動的に同じものだけを検出し、比較計測できるように改良した。実際に試作した校正兼評価用基板を撮影した画像による実験結果から、層間 $100\mu\text{m}$ クラスでの高さ方向の判別が可能であることを示した。また、基板を移動させながら撮影した各画像を、校正データの各画像の位置情報を用いて、撮像素子毎に重ね合わせて強度を増やしてエッジを抽出する技術を開発し、平成26年度までに開発済みのエッジ画像から銅箔領域を生成する図化技術と統合した。層間 $200\mu\text{m}$ 、6層の校正兼評価用基板の撮影画像により図化による評価を行った結果、目標とする層間 $200\mu\text{m}$ が確実に分離できることを確認した。

X線CTでの応用については、本事業で開発したキャリブレーション方式によって得られる、厳密な透視投影パラメータが逆にX線CT（SACT方式）での計測にも利用できるという確認も含めて、高精度校正ソフトウェアとの連携を実現し、CT手法を応用した平行移動型CT方式基板図化ソフトウェアを作成し、復元実験を行った。本ソフトウェアにより、高精度校正ソフトウェア出力の厳密な校正パラメータを直接用いたCT手法による再構成を実現し、6層のシミュレーションデータを用いた実験により、層間 $200\mu\text{m}$ の識別できることを確認した。同時にキャリブレーション方式を含む本システム自体がCTでの利用でも役立つことを確認できた。さらに検討の過程で現行の平面のCCDに代わって、線状のラインCCDを同様の方法で高精度キャリブレーションし、基板の移動方法を工夫することでも同様の手法が使えることがわかった。ラインCCDを利用することにより、装置コストを抑え、より大きな基板を対象とすることができるメリットがある。平成27年度の成果として、本方式に関する特許を申請した。

CT手法との比較については、現行のX線CT撮影画像からの再構成と本プロジェクトで開発したエッジベースの銅箔領域図化手法による再構成、および平行移動型CT手法による再構成を比較し、X線CTと同等に層間 $200\mu\text{m}$ の6層基板を確実に分離できることを確認した。X線CTで再構成できるサイズが小さなものに限られるのに対して、本開発手法は、平行移動撮影可能なサイズに適用可能である。本プロジェクトで開発したX線撮影装置では、 $330\text{mm}\times 250\text{mm}$ まで撮影可能で、装置自体も非常にコンパクトにできるという強みがある。

事業化については、現在すでにX線装置とソフトウェアを販売している商社等のチャンネルを主として展開するとともに、海外（台湾、中国本土）も有力な販売先として展開していく。また国内での展示会（JPCA、セミコンジャパン等）に出展して販路拡大を行う予定である。