

トモシンセシス法を用いた非破壊検査法に関する研究

KAJITA, Masayuki / 梶田, 雅之

(出版者 / Publisher)

法政大学大学院理工学・工学研究科

(雑誌名 / Journal or Publication Title)

法政大学大学院紀要. 理工学・工学研究科編 / 法政大学大学院紀要. 理工学・工学研究科編

(巻 / Volume)

55

(開始ページ / Start Page)

1

(終了ページ / End Page)

6

(発行年 / Year)

2014-03-24

(URL)

<https://doi.org/10.15002/00010469>

トモシンセシス法を用いた非破壊検査法に関する研究

Research on the non-destructive test method using the Tomosynthesis method

梶田雅之

Masayuki KAJITA

指導教員 尾川浩一

法政大学大学院理工学研究科情報電子工学専攻修士課程

The purpose of this paper is to develop a noninvasive inspection of a printed circuit board (PCB). The conventional method uses an x-ray image of the PCB, however the accuracy of inspection is not enough due to the overlapped structure such as a heat sink. The proposed method uses a tomosynthesis method. In this paper the accuracy of imaging was evaluated using simulations in term of the number of projection data, projection orbit and the tilting angle of the projection axis.

1. はじめに

基板検査では、かつて基板は両面基板で、IC の端子は基板の表面に必ず出ていたため、プローブと言われる測定器を使うことで回路上の信号を測定することができた。しかし、基板作りの技術が発展し、高度化し、部品も小型化が進んだ。その結果、基板にプローブを使って測定をすることができなくなった。このため、非接触で測定・検査ができる技術が必要とされるようになった。

非接触で検査を行う方法として、IC の端子内に電子的なテストプローブを内蔵し、IC の中にプローブに相当する回路をあらかじめ仕込み、IC の中のテスト回路とワークステーションをシリアル通信で結んで操作するというものがある。[2]この方法は複雑な基板でも検査できるが、基板全体の検査が不可能ということと基板内に組み込まれているので、テストパターンを変えて行うことが面倒という欠点がある。また、進化した基板では、実装後にその導通を確認したいとなると、非常に難しく、部品が正しく半田づけされているかどうかを検査することができない。そこで、X 線を使って、部品実装後に中まで半田付けがされているかという検査がよく行われるようになった。実際には、X 線を傾斜させ、撮影位置を変えることによって基板の上下面の情報をずらして検出器に写す。そのずれの量によって、上下面の情報を見ることができる。この手法では、上下面の情報を正確に見ることができるが、基板内の全ての層を確実に見ることができないことと、とても高価であるという欠点を持っている。

その他の方法は、基板の内部を見ることができる手法はなく、内部を見るためには破壊するしかない。

そこで、我々は X 線を用いるトモシンセシス法という

方法を基板検査に応用することにした。

2. トモシンセシス法の原理

トモシンセシス法は、多方向から X 線を照射し、投影画像を作成し、その画像を画像処理によって再構成することである層だけ強調された画像を作成することができる手法である。

トモシンセシス法の原理は、まず多方向から X 線を照射する。投影画像の結果はそれぞれの層がずれて投影される。そして、投影画像のずれを利用してその画像を注目する層にシフトして加算を行う。その結果、注目している層以外はぼけて、注目する層は強調してみることができる。[1]

3. シミュレーション方法と結果

シミュレーションの物体は 100 スライスあり、50 スライス目に図 1 のような複数の円を置いた画像とそれ以外のスライスには四角形を置いた。もう一つは 50 スライス目に図 3 のような複数の四角形を置いた画像とそれ以外のスライスには四角形を置いた。図 1 の r は半径(pixel)、 v は濃度値を示す。図 3 の t は一辺の長さ(pixel)を示し、濃度値 v は図 1 と同じである。図 2 と図 4 に図 1 と図 3 のプロファイルを示す。プロファイルは図 1 と図 3 の矢印のところをとった。また、図 5 と図 6 に物体を真上から見た図を示す。

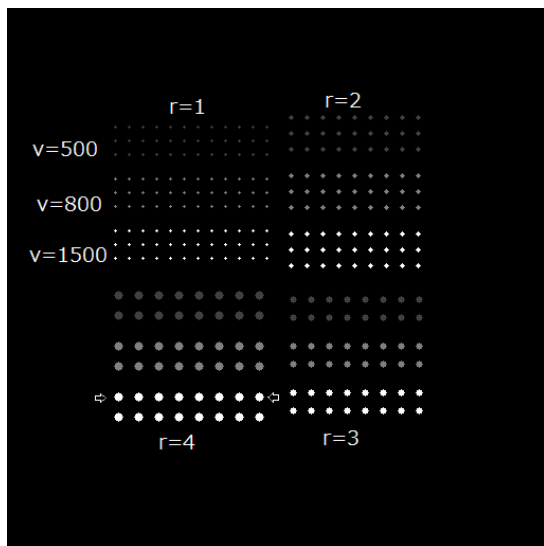


図 1 円を置いた物体の原画像(50 スライス目)

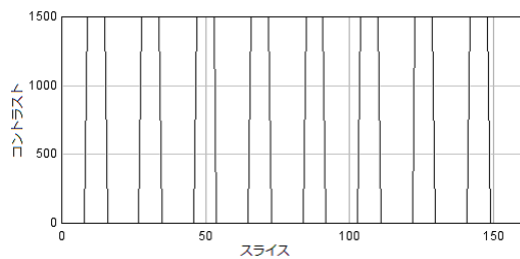


図 2 図 1 のプロフィール

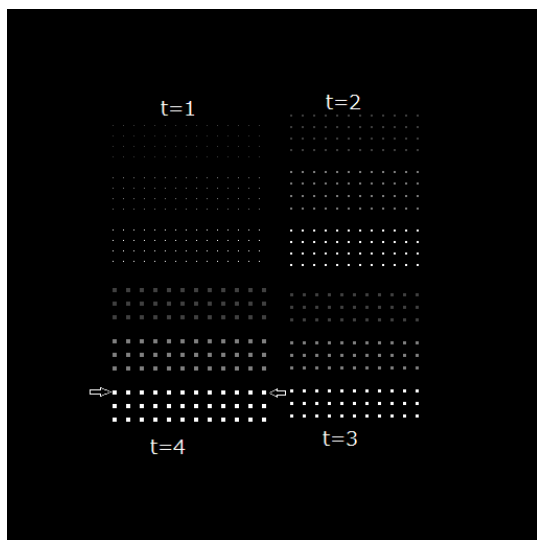


図 3 四角形を置いた物体の原画像(50 スライス目)

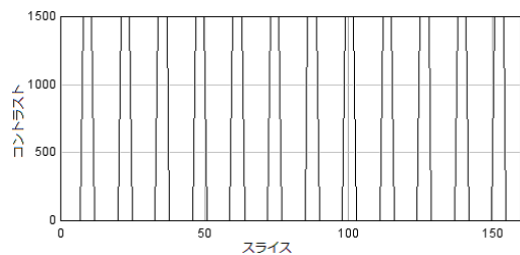


図 4 図 3 のプロフィール

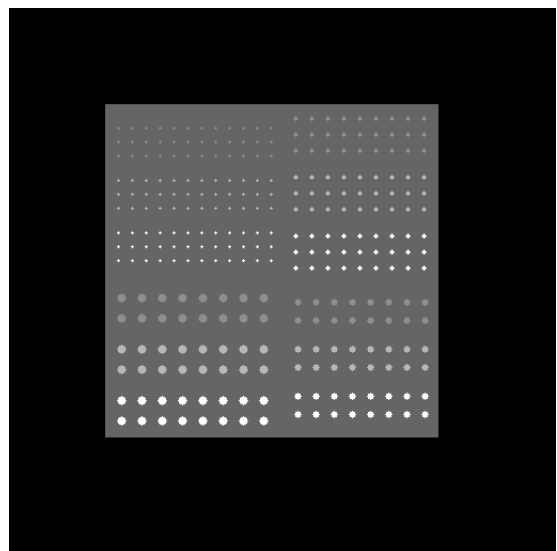


図 5 物体を真上からみた画像

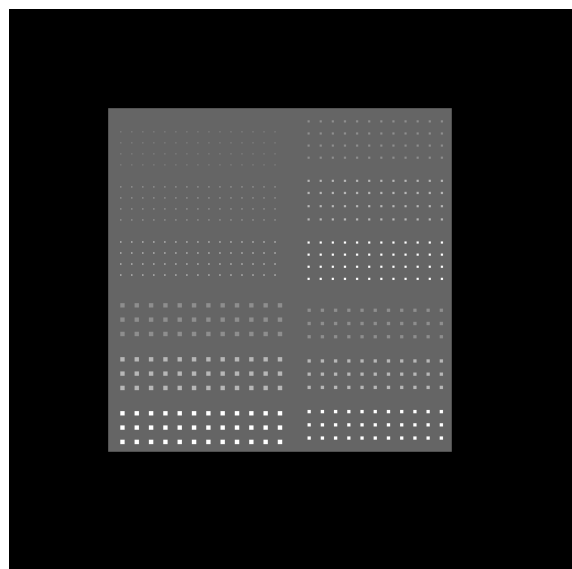


図 6 物体を真上からみた画像

(1) 投影数の比較

トモシンセシス法において、円方向から X 線を照射し、投影数を変化させて画質の比較を行った。ここでは、投影数を 8, 16, 32, 64, 128 投影に変化させてそれぞれ行った。

また、補間方法として線形補間を使った。

今回のジオメトリを図 7 に示す。

評価方法として、画像のプロファイルからコントラスト分解能を計算した。コントラスト分解能の式はプロファイルの最高値をプロファイルの最高値と最低値を足した値で割った値とした。コントラスト分解能は原画像の値が 1 なので、1 に近いほど良い数値であるとする。

シミュレーション結果としてそれぞれの物体を投影し、シフト加算後のコントラスト分解能の値のグラフを図 8 と図 9 に示す。

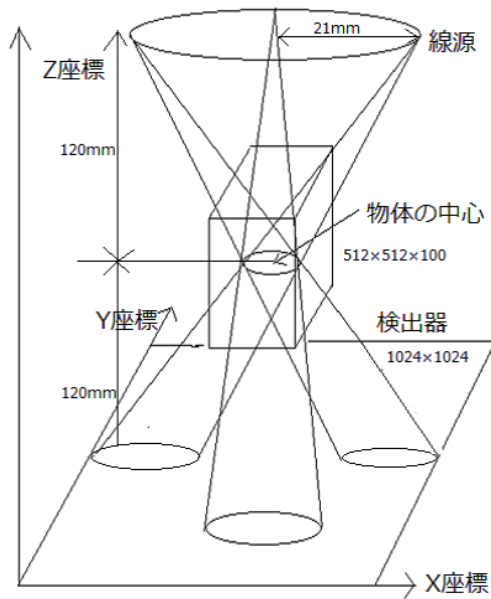


図7 円方向から投影を行うジオメトリ

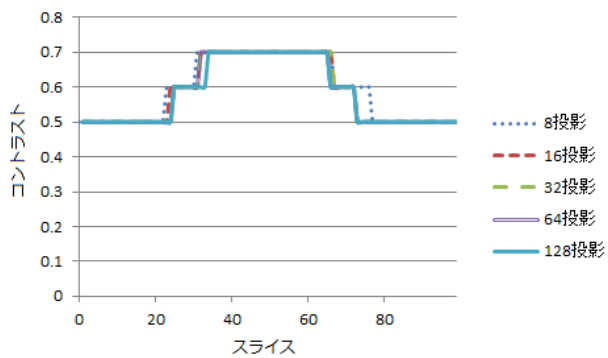


図8 円を置いた画像をシフト加算したときの評価

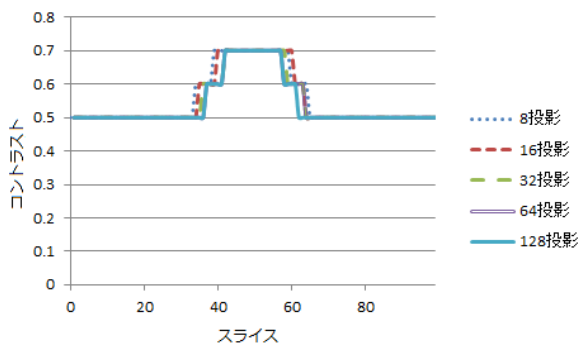


図9 四角を置いた画像をシフト加算したときの評価

(2) 角度の比較

トモシンセシス法において、円方向からX線を照射し、角度を変化させて画質の比較を行った。角度は第3章で行った13.5度と45度を行った。物体・ジオメトリ・補間方法・評価は第3章と同じである。

シミュレーション結果としてそれぞれの物体を投影し、シフト加算後のコントラスト分解能の値のグラフを図10と図11に示す。

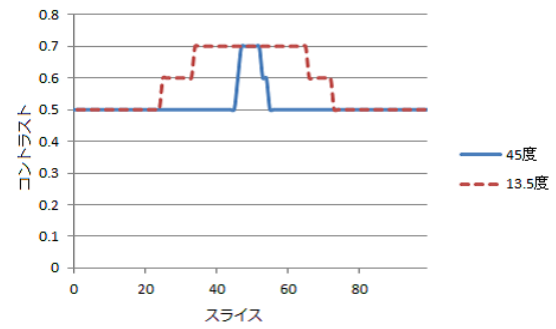


図10 円を置いた画像をシフト加算したときの評価

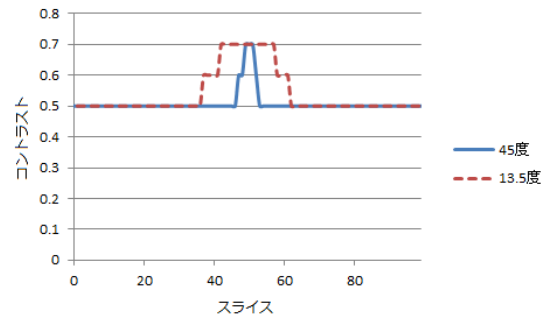


図11 四角を置いた画像をシフト加算したときの評価

(3) 投影方向の比較

トモシンセシス法において、円方向と四角方向からX線を照射し、投影方向を変化させて画質の比較を行った。円方向については物体・ジオメトリ・補間方法・評価は第3章と同じである。また、四角方向については物体・補間方法・評価は第3章と同じである。図12に四角方向からの投影のジオメトリの図を示す。

シミュレーション結果としてそれぞれの物体を投影し、シフト加算後のコントラスト分解能の値のグラフを図13と図14に示す。

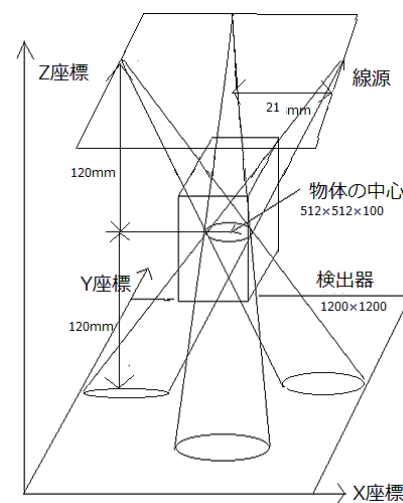


図12 四角方向のジオメトリ

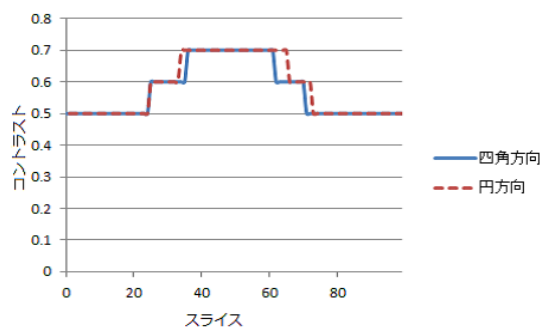


図 13 円を置いた画像をシフト加算したときの評価

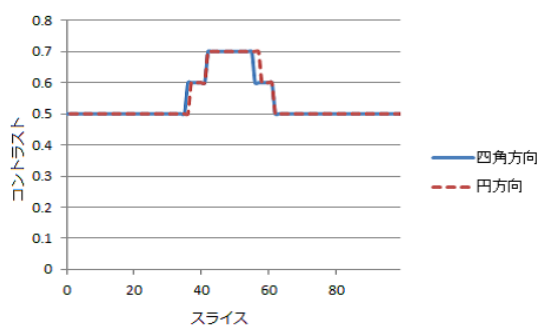


図 14 四角を置いた画像をシフト加算したときの評価

4. 基板を想定したシミュレーション

(1) シミュレーション内容

3-(2)と物体以外は同じ条件で評価をおこなった。なお、角度は 45 度だけで行った。物体は基板をイメージして、はんだづけのところを見ることを目的とした。

(2) シミュレーション条件

図 15 に物体を真上からみた画像と図 16 と図 17 に半田を想定して置いた 10 スライスと 31 スライスの画像を示す。また四角形は基板銅を、図 16 と図 17 以外の円は放熱フィンを想定している。

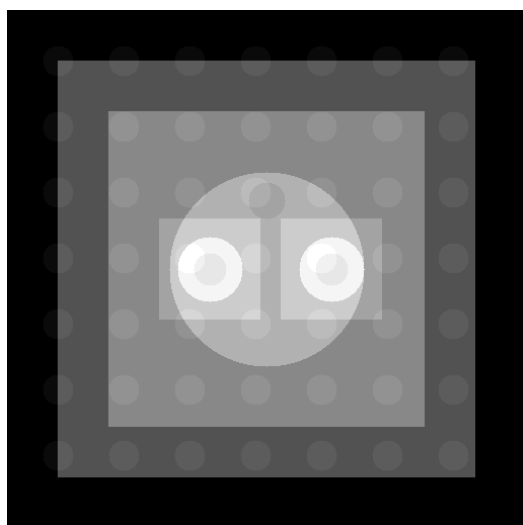


図 15 真上からみた図

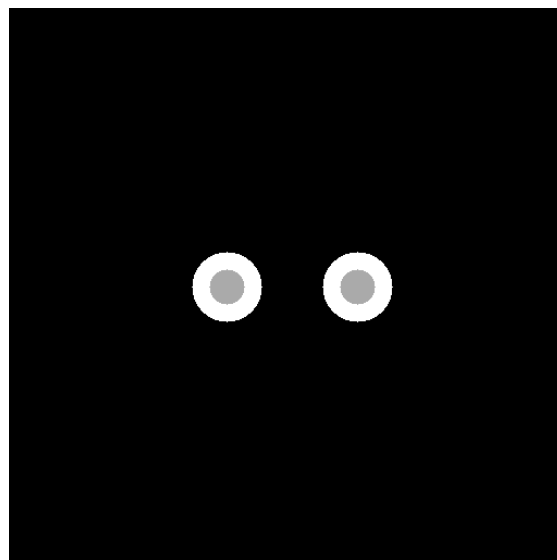


図 16 物体の 10 スライス目

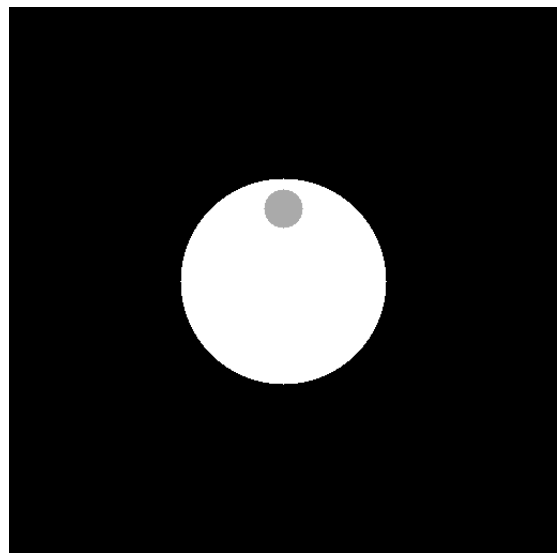


図 17 物体の 31 スライス目

(3) シミュレーション結果

投影し、10 スライスと 31 スライスにシフト加算後の画像を図 18 と図 19 に示す。

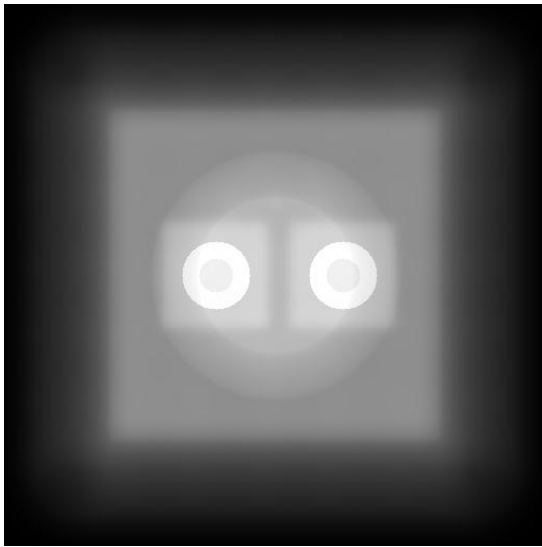


図 18 10 スライス目

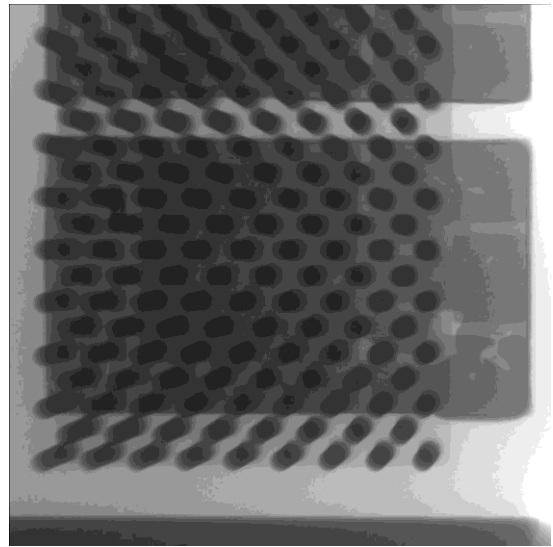


図 21 0 度から投影した画像

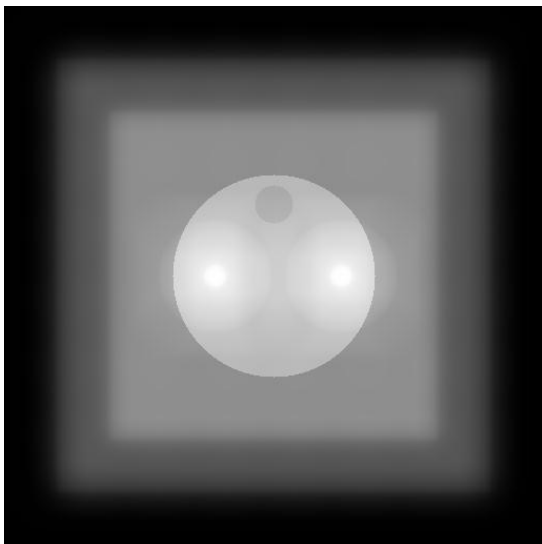


図 19 31 スライス目

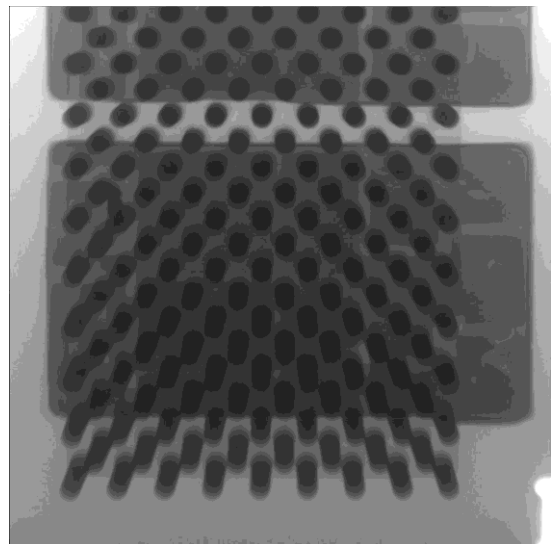


図 22 90 度から投影した画像

5. 実際の基板に対しての実験

(1) シミュレーション内容

実際の基板に対して有効であるか確かめるために、トモシンセシスをした。

(2) シミュレーション条件

図 20 に基板の画像と図 21～23 にその基板を 0 度, 90 度, 180 度から投影した画像を示す。

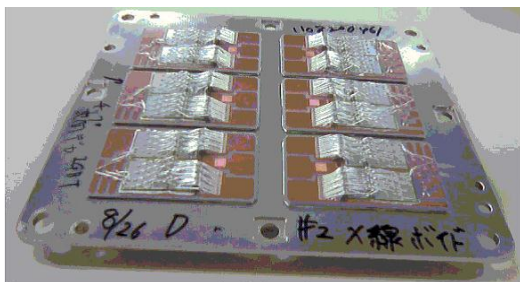


図 20 基板の画像

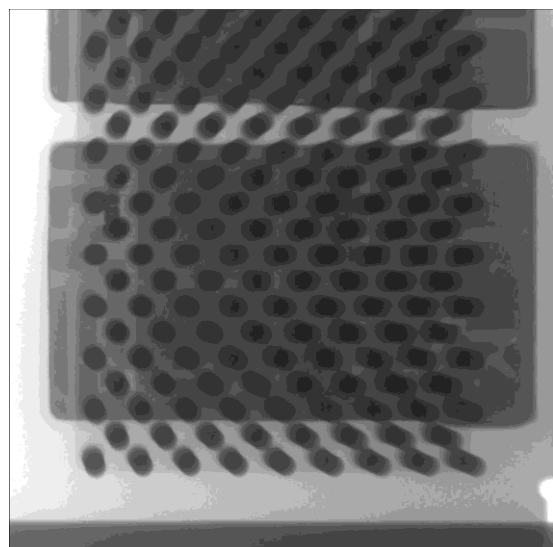


図 23 180 度から投影した画像

(3) シミュレーション結果

図 24～26 に半田の見えやすい位置にシフトして加算した画像を示す。

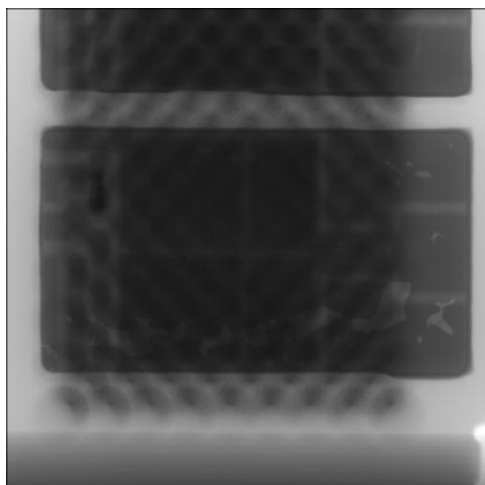


図 24 基板の 41 スライス目

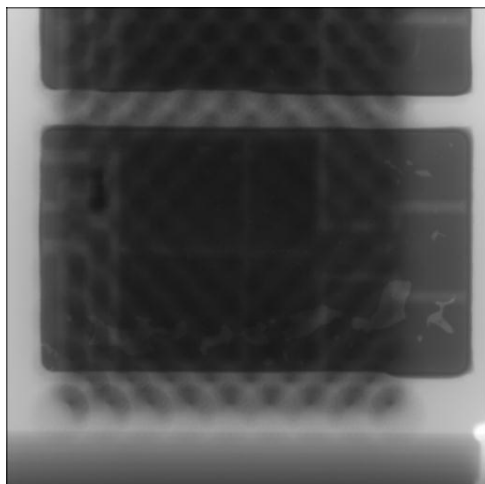


図 25 基板の 42 スライス目

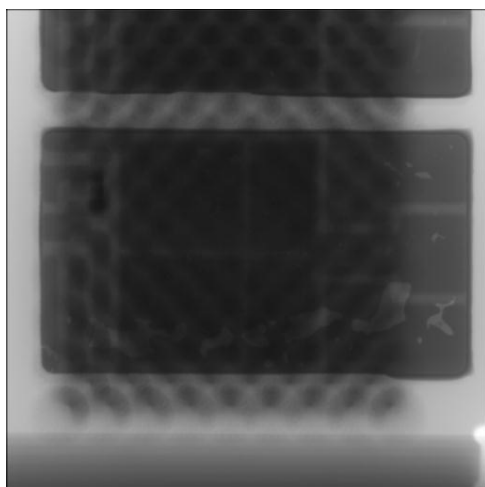


図 26 基板の 43 スライス目

6. まとめ

投影数をあげた場合、グラフから、投影数をあげることによって、見たい層にシフトしたときにより周りの画像をぼかし見たい層の画像を強調できた。

円と四角を置いた物体の結果画像の比較から注目する層の物体の領域が小さいほどぼかすことができた。

グラフからも、角度をあげることによってより強調された画像を作成することができた。それは、角度をつけることによってそれぞれの層がずれて、注目する画素以外の画素をぼかすことができたからだと考えられる。

投影方向の比較に関してはコントラスト分解能の値からわずかながら四角方向の方がよい結果が得られた。四角方向は円方向の円にほぼ外接している四角形なので円方向より、角度がついたので良い結果になったと考えられる。

基板を想定した画像で投影を行って、シフト加算後の画像ははんだを想定している層以外はぼやけて、はんだが強調されている。また、はんだを想定している画像の中に画素値が低い円をいれたがその円も完全に強調されてみる事ができた。

実際の基板に対してもトモシンセシスが有効だと考えられる。それは、投影画像は黒い丸ではんだが見えなくなっているが、半田の位置にシフトして加算を行った画像では黒い丸がぼやけてはんだが見えるようになっている。しかし、完全に層が分離して見えてはいないので、まだよい結果ではない。

今後の課題としては、今はまだ重なりがあるので、実際の基板に対してもっと実験を行い重なりをなくすことである。シミュレーションの結果より、角度をつけることによって、よい画像ができると考えられる。

参考文献

- 1) 篠原 広行：“断層映像法の基礎 トモシンセシス(ラミノグラフィ)”,pp15-(1)-18-(4),2012
- 2) Colin M. Maunder and Rodham E. Tulloss:”THE TEST ACCESS PORT AND BOUNDARY-SCAN ARCHITE”,pp1-27,2001