

両眼立体視機能を用いたX線透視観察の試み

伊東 秀高、増田 信次（機械・材料技術部 解析評価グループ）

1. はじめに

当所では電子基板や電子部品、機械部品等を主な対象とし、X線透視画像により内部の構造や欠陥を調査する技術支援を行っている¹⁾²⁾。得られる透視画像は、X線源より出たX線を観察対象に照射し透過したX線がフラットパネルセンサ(平面)に投影された像である。観察対象は3次元的なものであるが、透視画像は平面に投影された2次元となるので内部の3次元的な状況を把握することが困難な場合もある。このような場合は異なった方向から観察し観察対象の構造を類推する。または設計図等を参考にすることもある。正確に観察対象の内部の状況を3次元的に把握する必要がある場合には、おもにX線CTスキャン装置が利用されるがコストや時間のかかる試験となる。今回、人間の両眼の立体視機能を活用することで、観察対象の内部の状況を立体的に把握できないか、原理的に可能か、当所における主なターゲットである電子・機械・材料等の分野での活用の可能性も含めて検討した。

2. X線立体撮影法

X線透視画像はレントゲンによるX線の発見後、主に医学の分野で用いられ肺や骨、その他の診断に活用されている。X線立体撮影法はX線透視画像を撮影する際に、観察対象部位とX線源の位置を相対的に移動させて撮像した透視画像を両眼に入力することにより人間が持つ3次元空間認識機能を利用して立体感を認識する方法であるが、X線の発見以後、立体的に観察対象を把握できる方法として応用されていた³⁾。現在はコンピュータ技術の発達もあり、詳細な3次元構造や内部欠陥を解析するにはX線CTスキャンを使用して断層像や立体像を得ることで内部構造を把握している。しかし、X線立体撮影法も手軽に観察対象の立体的構造を把握できる方法として再考する価値はあると考えられる。図1にX線立体撮影法の原理を示す。右目に対応する角度に位置するX線源(右)より観察対象に照射され投影された透視画像(右)、左目に対応す

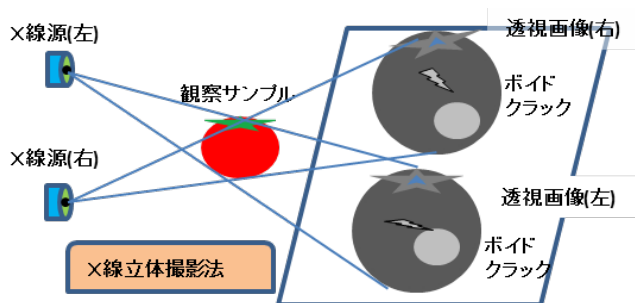


図1 X線立体撮影法の原理

る角度に位置するX線源(左)より照射され投影された透視画像(左)とする。それぞれの透視画像を左右両眼に入力することで角度の異なる画像情報の組み合わせから空間認識を行うことができる人間の機能を利用して立体的な情報認識を可能とする仕組みである。

3. X線透視装置の構造と観察方法

当所に設置されているX線透視装置の構造と一般的な観察方法について説明する。外観は図2のようになっており、装置は正面に扉がついたX線防護箱の内部で観察対象にX線を照射するが、防護箱の周囲は鉛板を鋼板で挟み込んだ構造で作成されており装置外部へのX線の漏えい防止と力学的強度を兼ね備えている。そのため外部にはごく僅かなX線しか漏洩しないため観察者が被爆を気にする心配はなく安心して作業ができる。防護箱内部では、図3に示すように、X線源よりX線が上方に向かって照射され、炭素繊維強化プラスチック製のサンプルステージ上にのせられた観察対象を透過し、上方に設置されたX線カメラ(フラットパネルセンサ)に透視画像が投影される仕組みになっている。なお、炭素繊維強化プラスチック板はX線が透過しやすいため透視画像に与える影響は少ない。

X線は非常に微小な1 μ m程度の大きさの発生源から放射状に照射され、透視画像は観察対象の微細な構造や欠陥を写し出すことが可能である。X線源と観察対象との距離を調節することにより観察倍率を調整することができる。距離を大きくとれば倍率は下がり観察範囲は広がる、距離を相対的に小さくとれば倍率は上がり観察範囲は狭くなる。透視画像は装置のコンピュータ画面に表示される。観察者は画面上の透視画像を見ながら観察場所や倍率をマウス操作で調整することが可能である。

次にX線カメラの傾動機能とトラッキング機能について説明する。X線カメラを斜め方向に傾動することができるが、そのまま傾動や回転動作を行った時に観察対象が視野の中心から外れてしまう。X線カメラの傾動と同時にサンプルステージが水平および上下方向に追従し観察対象が視野中心からずれないように連動して制御する機能をトラッキング機能という。図5にトラッキング機能について図示する。トラッキング機能を用いることにより傾動角と連動しサンプルステージを制御することにより観察対象をほぼ同一倍率で視野中心に安定して表示するでき、また傾動方向は後方側だけでなく左右に180度回転することが可能である。通常はこれらの機能を駆使し、また場合によってはサンプルステージ上の観察対象の設置方向を変え再度観察することにより目的である内部構造や欠陥を調べていく。

観察対象は小さく薄くとも3次元構造を持つが、結果として得られる透視画像は平面状のX線カメラに投影された2次元画像であるため、観察者の想像力や観察対象の大きな構造等の予備知識がないと理解が難しい場合がある。次にこの装置を用いて左右両眼用の立体視画像を取得し、それを両眼を用いて立体視を行う方法について述べる。



X線透視装置
島津製作所
SMX-2000
焦点寸法 1 μ m
管電圧 160kV
まで

図2 X線透視装置外観

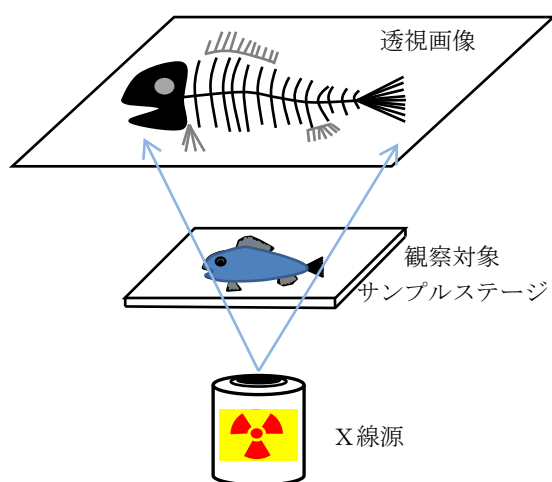


図3 X線透視装置原理図

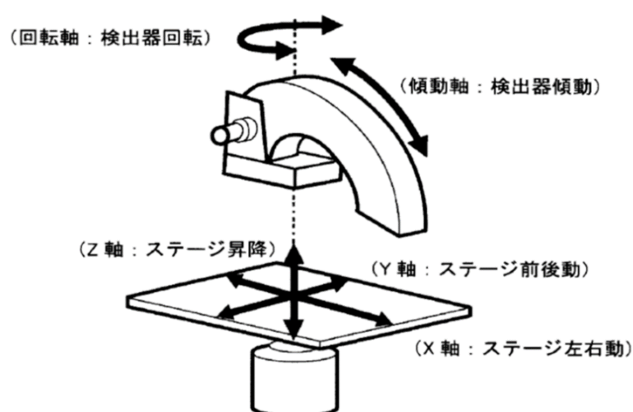


図4 ステージとフラットパネル検出器(X線カメラ)の動き
(島津製作所 SMX-2000 取扱説明書 5 ページ図 1-1 より転載)⁴⁾

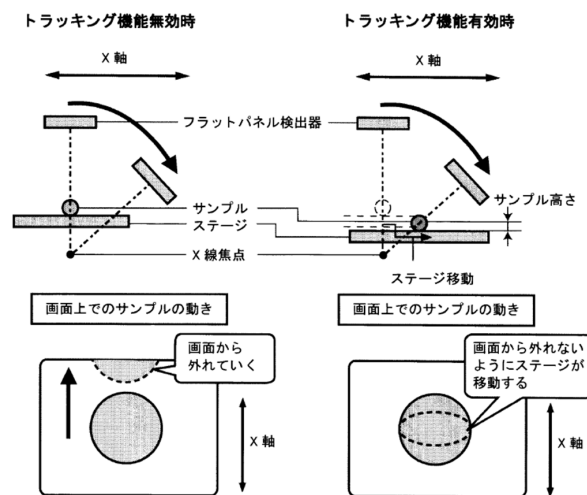


図5 トラッキング機能

(島津製作所 SMX-2000 取扱説明書 6 ページ図 1-2 より転載)⁴⁾

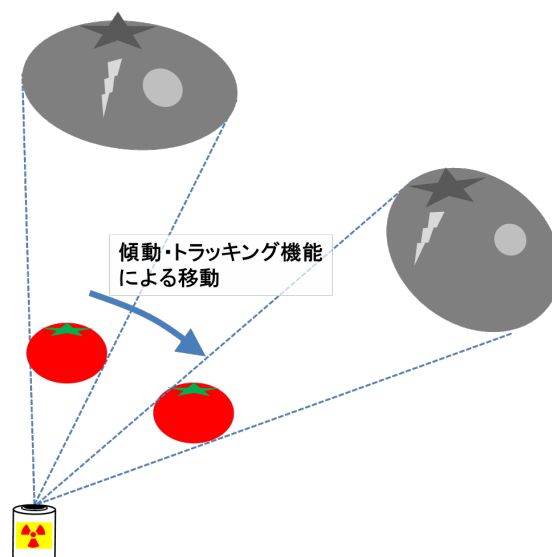


図6 傾動・トラッキング機能を用いた立体視画像の取得法

4. 両眼立体視機能を用いたX線透視観察法

前節で説明した本装置の傾動機能とトラッキング機能を活用して左右両眼立体視のための透視画像を取得した。図6に傾動・トラッキング機能を用いた立体視画像の取得法を示す。基準状態での透視画像を右眼用として、傾動角度を増加させた透視画像を左眼用とした。さらに装置で得られる透視画像はX線カメラ撮像面より外側からみた裏画像であるため反転および右90度回転操作を行った。左右の傾動角の増分は5～6度程度とした。テスト的な観察対象は、

- BGA デバイスが両面実装されたメモリ基板
- 繊維強化プラスチック試験片に割れが生じたもの

2種を用意した。図7に観察対象 a) の外観写真と観察部位を示す。図8に観察対象 a)、図9に b) の両眼立体視用画像を示す。このような両眼用画像をスマートフォン画面に表示させ簡易的な VR ビューワを用いて立体視観察を行った。当所職員のほか、2019/02/06～02/08 にパシフィコ横浜で開催された多くの来場者に b) の立体視動画を体験いただき、好評であった。

5. 現状の問題点

当所のX線透視装置を用い、傾動・トラッキング機能を用いることにより両眼立体視画像が作成可能である。この画像を両眼に適切に入力することにより立体視が可能であることが分かったが、様々な煩雑な作業が必要であり、現状では技術支援現場で迅速に対応できる状況にない。必要とする機能は装置内部で観察対象を把持し回転角を調整する機能、回転させながら透視画像を取得・蓄積し左右両眼用画像を編集・生成する機能を実現することが必要と思われる。

【参考文献】

1. 増田, 伊東, 曾我; BGA の接続不良解析事例, 神奈川県産業技術センター研究報告 15, 68 (2009).
2. 伊東, 増田; BGA 接合部の品質確認, 神奈川県産業技術センター研究報告 16, 53 (2010).

3. 斎藤, 朴沢, 袴田, 笠原, 石田; X線立体撮影法の喉頭造影法への応用, 日本気管食道学会報 30 (5), 1979 pp. 311-315.
4. 島津製作所マイクロフォーカスX線透視装置 SMX-2000 取扱説明書

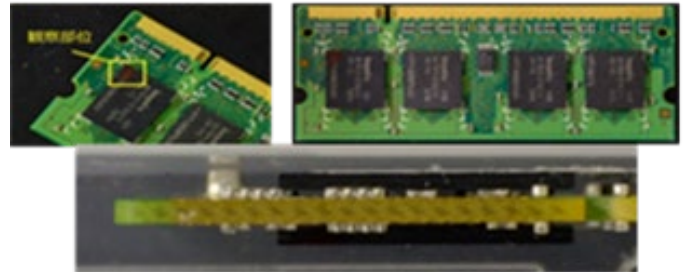
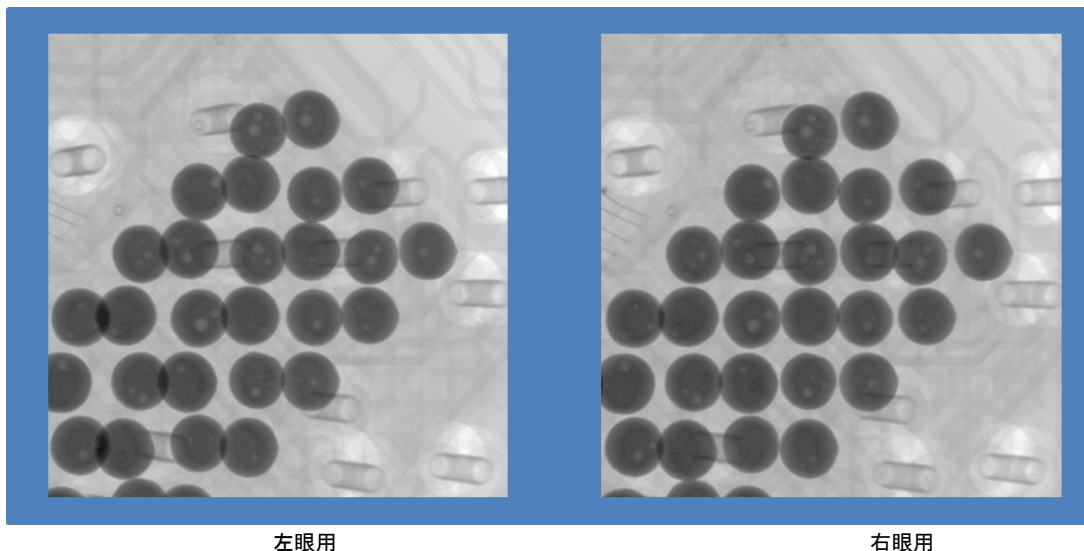


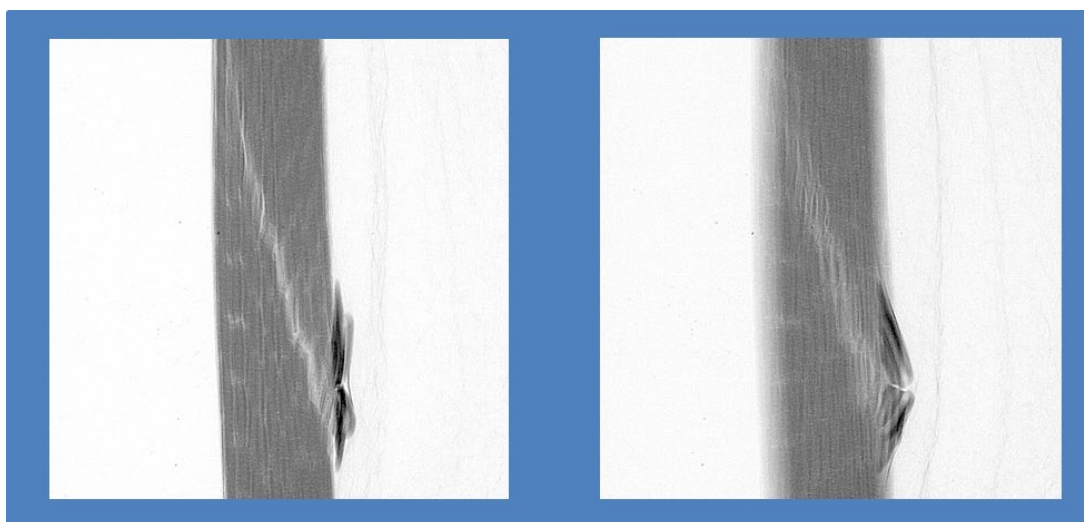
図7 観察対象 a) 両面BGA実装メモリ基板



左眼用

右眼用

図8 両面BGA実装メモリ基板の立体視画像



左眼用

右眼用

図9 繊維強化プラスチック試験片の割れ立体視画像