

超小型軽量薄膜材料マニピュレータの開発

機械システム科 主任研究員 入江直樹

近年、ノート型パーソナルコンピュータや携帯電話の高性能化、小型薄型化に伴い、内装する電子デバイスの高性能化、小型薄型化も進んでいる。多くの電子デバイスメーカーは電子デバイスの小型薄型化が進むにつれ、その取り扱いに繊細な作業を必要とし製造工程は増加する傾向にある。これは生産の効率化を阻むハンドリング問題と呼ばれ、長崎県内においても顕在化されつつある。これを受けて、本研究は傷、ゴミ、汚れを付けずに小型で薄く、その材質から非常に脆性の高い水晶素板をハンドリングできる独自のマニピュレータを開発することで生産工程の効率化を図ることを目的とする。平成25年度においてはマニピュレータの仕様決めと試作を行った。また、画像処理を用いた水晶素板の位置、姿勢計測方法のアルゴリズムについて検討した。

1. 緒言

近年におけるパーソナルコンピュータや携帯電話の普及は目覚しく、小型、薄型化は進み、内装する水晶発振子などの電子デバイスもよりいっそうの小型、薄型化を求められている。長崎県は水晶発振子の製造、販売を行っているメーカーを有し、その製造工程においては水晶発振子を構成する水晶素板の脆性の高さから、僅かな衝撃による破損を避けるべく精細な取扱いを必要とし精神的にきつい人手作業となっている。これは水晶素板に限らずウエハなどにおいても同様であり、電子デバイス製造分野における共通の課題として生産の効率化を阻むハンドリング問題と呼ばれている。本問題は、今後更なる電子デバイスの小型、薄型化が進むにつれ、更に顕在化してゆくことが予想されている^[1]。

本ハンドリング問題を鑑み、本研究では様々な自動組立やロボットを用いた自動化システム^[2]の中で、ワークを優しく取扱うことができるマニピュレータの研究開発を行う。平成25年度は小型で薄く、その材質から非常に脆性の高い水晶素板の把持、運搬、配列作業を行うマニピュレータの仕様決めと試作を行った。また、画像処理を用いた水晶素板の位置と姿勢を計測するアルゴリズムについて示した。

2. 実験方法

2.1 超小型軽量薄膜材料マニピュレータ

2.1.1 マニピュレータの構成

図1にマニピュレータの構成を示す。3軸直交型ロボットの先端部に、画像処理を用いて水晶素板の位置と姿勢を計測するカメラと照明系ユニット、空気をワークに向かって噴出することによりワークを空中に浮遊させた非接触の状態にて懸垂保持する機能を有する非

接触式チャック^[3]^[4]、水晶素板を掃いて移動するブラシ駆動ユニットを備え、そのステージには、水晶素板を配列する台座と水晶素板を密着して配列する際に、一方の水晶素板がもう一方の水晶素板に載り上がる現象を防止する載り上がり防止ユニットを設けた。本マニピュレータは所定の位置に設置した水晶素板に対して、カメラと照明系ユニットを用いて位置と姿勢を計測し、その計測データに基づいて、非接触式チャックを用いた把持動作^[5]を行う。その後、3軸直交型ロボットの動作による運搬、台座上への水晶素板の設置を経て、非接触式チャックとブラシ駆動ユニットの切替ユニットによりブラシ駆動ユニットのブラシを水晶素板に接触する。ブラシ駆動ユニットは水晶素板を所望の姿勢に保ちながら掃いて移動し、すでに配列している水晶素板に対して配列する水晶素板を突き当てることにより密着配列する。

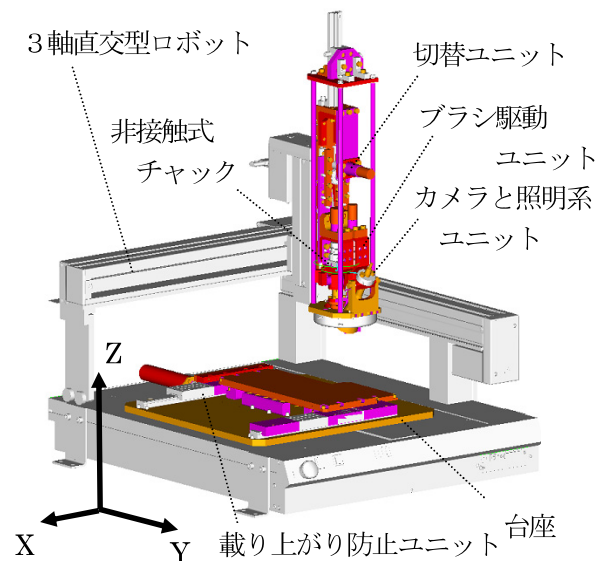


図1 マニピュレータの構成

2.1.2 マニピュレータのシステム構成

図2にマニピュレータのシステム構成を示す。制御装置はノート型パーソナルコンピュータ(NEC 製 FC-N22A/CX6WS)を用いた。ノート型パーソナルコンピュータはカメラから得た画像から水晶素板の中心と姿勢を算出する処理を行い、水晶素板を把持、運搬、配列作業を行う上での3軸直交型ロボットの各軸、非接触式チャック、ブラシ駆動ユニット、非接触式チャックとブラシ駆動ユニットの切替ユニット、非接触式チャックとブラシ駆動ユニットの切替ユニット、載り上がり防止ユニットの駆動指令を行う。また、コンプレッサから非接触式チャックへの空気供給を ON/OFF 制御する電磁弁の駆動指令を I/O ボードを介して行う。

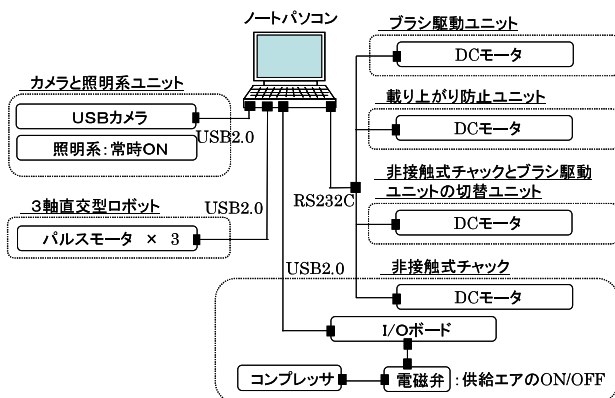


図2 マニピュレータのシステム構成

2.2 画像処理を用いた水晶素板の位置姿勢計測

2.2.1 カメラと照明系ユニットの構成

カメラは直径:約10mm、長さ:約40mmの円柱形のUSBカメラ(画素数:640×420ピクセル)、照明系は内径:約80mm、外径:約100mm、厚さ:約10mmのリング照明(照明光:青色)を使用した。本構成を用いて撮影した水晶素板の原画像(撮影範囲:約60mm×約50mm)を図3に示す。

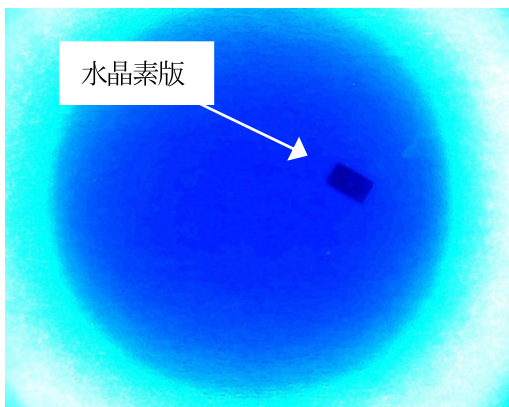


図3 水晶素板の原画像

2.2.2 画像処理アルゴリズム

図4は画像処理ライブラリ OpenCV 1.0⁶⁾を用いて図3の原画像をグレースケール処理、2値化処理、膨張と縮小処理した画像であり、図5は水晶素板の中心位置と姿勢を算出した結果である。水晶素板の各辺について最小自乗法を用いて直線近似し、その交点を頂点とした。各頂点の midpoint を求め、長辺における2つの midpoint を結んだ直線と短辺における2つの midpoint を結んだ直線との交点を本水晶素板の中心座標とした。また、姿勢については長辺における2つの midpoint を結んだ直線の傾きから求めた。

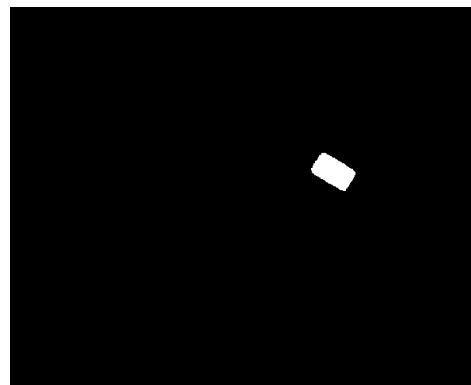


図4 水晶素板の2値化画像

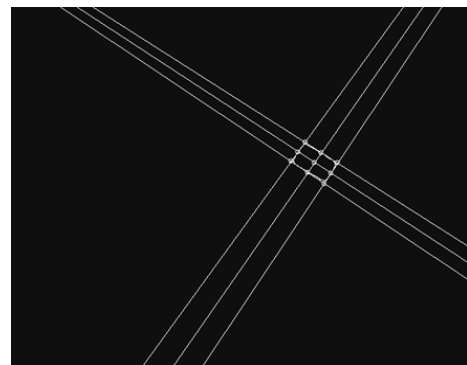


図5 水晶素板の中心位置と姿勢算出

2.2.3 画像座標系と世界座標系の対応

画像座標系(2次元画像平面)と世界座標系(3次元空間)の対応関係を求めるため、世界座標系において座標位置が既知である箇所(直径:約0.3mmの貫通穴)をX方向、-Y方向に各々4mm間隔で設け、背面から照明光を照射し、本マニピュレータで使用するUSBカメラを用いて撮影した。各点において円近似を行い、中心位置を求め、各中心位置を連結した画像を図6に示す。この結果を用いて画像座標系と世界座

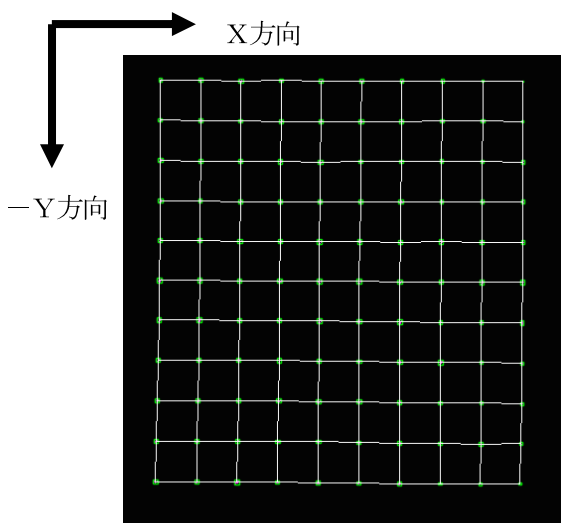


図6 画像座標系と世界座標系の対応表

標系の対応付けを行った。

3. 結果と考察

3.1 マニピュレータの試作

試作した超小型軽量薄膜材料マニピュレータを図7に示す。部品点数：約90点、総重量：約45kg、先端部における重量（カメラと照明系ユニット、非接触式チャック、ブラシ駆動ユニット、非接触式チャックとブラシ駆動ユニットの切替ユニットなど）：約1.8kgであった。各駆動部の試運転を実施し干渉などは見受けられないことを確認した。

今後は、実験結果を踏まえながらの組立調整検討を行う必要がある。

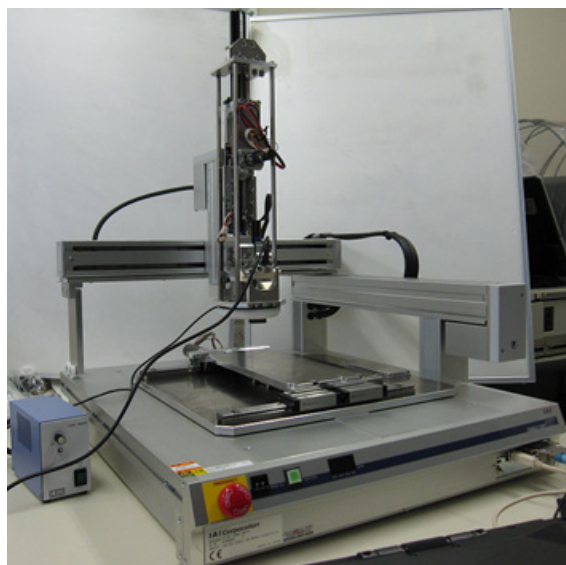


図7 試作したマニピュレータの外観

3.2 水晶素板の位置姿勢計測結果と考察

画像座標系における水晶素板の中心位置と、画像座標系と世界座標系の対応表を併記した結果を図8に示す。水晶素板の中心座標が含まれるマス目に注目し、マス目を形成する4点座標に対して線形補間を行い世界座標系における水晶素板の中心位置と姿勢を求めた。

今後は、実際に計測した水晶素板の位置姿勢データに基づいて非接触式チャックによる把持動作を行い、その歩留まりを検討する。その結果を踏まえ、非接触式チャックの把持領域拡大などを検討する必要がある。

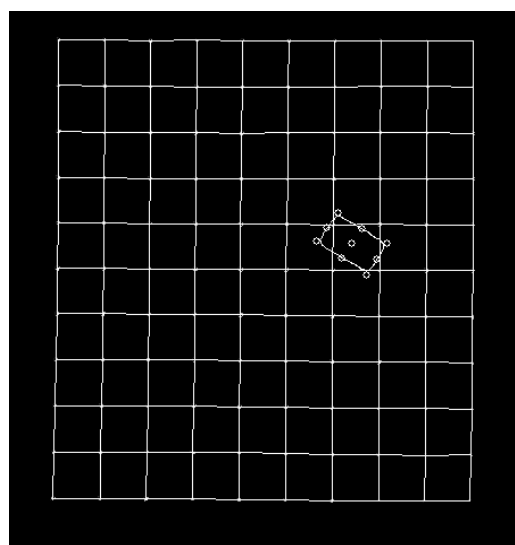


図8 水晶素板の位置姿勢計測結果

4. 結言

本研究の成果について以下に要約する。

- 1) 水晶素板の把持、運搬、配列を自動で行うマニピュレータを試作し、所定の駆動範囲において干渉などの不具合は見受けられないことを確認した。
- 2) 画像処理を用いて水晶素板の中心位置と姿勢を計測するアルゴリズムについて示し、世界座標系における座標を求めた。

以上より、今後は、本画像処理アルゴリズムを用いて求めた水晶素板の中心位置と姿勢データから水晶素板の把持、運搬、配列作業を自動で行う実験を実施する予定にある。

参考文献

- [1] 中村：先端半導体用封止材料の技術動向，パナソニック電工技報，Vol. 56，No. 4，9-16，2008。

- [2] 吉田：さまざまなチャッキングシステムと最新技術, 機械設計, Vol. 40, No. 15, 18-31, 1996.
- [3] 吉田：非接触搬送機器NCTシリーズー噴出エアによる非接触搬送, 油空圧技術, Vol. 42, No. 4, 24-28, 2005.
- [4] 黎、徳永 蔡、舩木、川嶋、香川：旋回流を用いた非接触搬送系に関する研究(第1報 ボルテックス・チャックの基礎特性) , 日本フルードパワーシステム学会論文集, Vol. 38, No. 1, 1-6, 2007.
- [5] 入江、石松：超小型軽量薄膜材料マニピュレータの開発, 長崎県工業技術センター研究報告 No. 42, pp. 8-10, 2013.
- [6] 奈良先端科学技術大学院大学 OpenCV プログラミングブック制作チーム著: OpenCV プログラミングブック, 毎日コミュニケーションズ, 2007.