

マイクロ・ナノ融合技術を用いた ユビキタス生活デバイスの実現

下山勲 松本潔 星野一憲

情報理工学系研究科知能機械情報学専攻

概要

我々のグループでは、マイクロ・ナノ融合領域での新機能を探求し、それを応用したウェアラブル/モバイル/インターフェースを構築する。さらにそれを発展させ、ユビキタス生活デバイスの実現を目指す。本年度は、MEMS微細加工技術を応用し、小型、薄型、あるいは新機能発現を目指した複数のインターフェースデバイスを提案し、その機能の確認を行った。

1. 序論

ユビキタス社会においては、いつでもどこでも情報にアクセスすることができる。これを実現するためのウェアラブル/モバイル機器は、小型軽量でなければならない。これらの機器への実装を想定して、MEMS技術を応用し、小型、薄型、かつ新しい機能を発現するインターフェースデバイスを提案する。

具体的には、力覚デバイスとしてロボットハンドへ装着するための触覚センシングシート、また視覚デバイスとして反射型ズームカメラ、有機半導体フレキシブル複眼素子、バクテリアロドプシン撮像素子、さらに表示デバイスとしてレーザー走査型立体視ディスプレイを提案し、その基本機能を確認する。

2. 触覚センシングシート

ロボットハンドでの物体把持能力を向上させるためには、把持力の圧力分布だけでなく、せん断力分布も計測する必要がある。触覚センシングシートは、薄型のシート状で、圧力、せん断力を計測できるセンサである。

図1に、触覚センシングシートの構造を示す。カンチレバー形の検出部が、ゴム状の弾性体に埋め込まれた構造となっている。カンチレバーは、基板に平行、あるいは直立した状態で、アレイ状に配置される。またカンチレバーの根元にはピエ

ゾ抵抗素子が形成されており、その傾きの変化を高感度に検出できる。応力あるいは剪断力が加えられると弾性体に変形し、その変形をカンチレバーで検出する。カンチレバーは一方向の変形のみ高感度に反応するので、圧力、あるいはせん断力成分を分離することができる。

図2に、試作したカンチレバーの構造を示す。センシングシートの厚さは、1.5 mmである。図3に、せん断力をかけた時の力の検出性能を示す。十分な直線性、および力の分離性能を有することがわかる。このカンチレバーを用いてせん断力の方向を変化させた時の検出性能を、図4に示す。せん断力の方向の検出精度は 4° 、また方向を変えた時のせん断力検出誤差は10%以内であった。

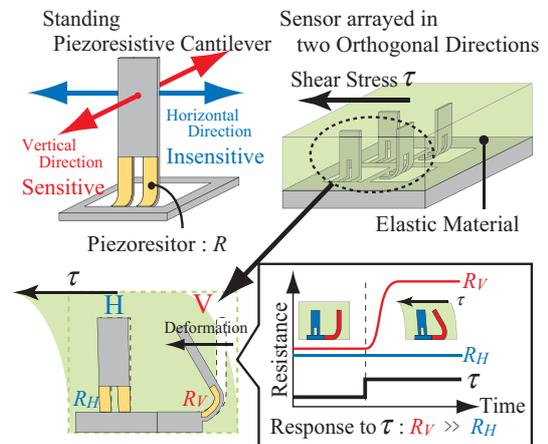


図1 触覚センシングシートの構造

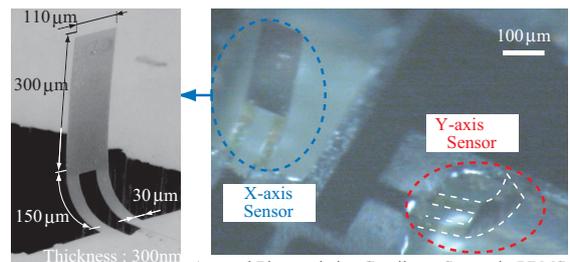


図2 試作した検出部の構造

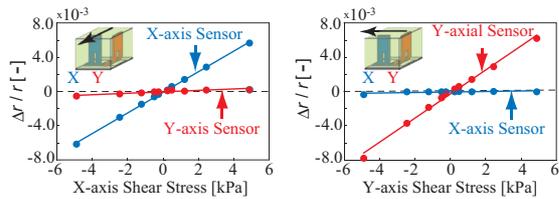


図3 せん断力の検出性能

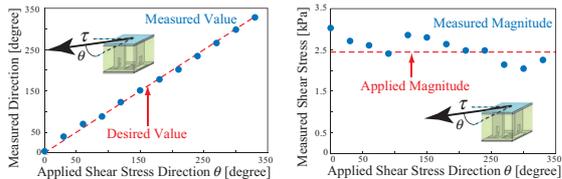


図4 せん断方向の分解性能

3. 反射型ズームカメラ

カメラでズーム機能を実現するには、レンズを移動させ長焦点化する必要があり、カメラが厚くなる、レンズ移動機構が必要となる、等の問題が生じる。本研究では、反射光学系をおよびMEMSシャッターを用い、薄型かつ高速動作可能な反射型ズームカメラを提案する。

反射型ズームカメラの構造を図5に示す。レンズは同心円状に2重になっており、内側が広角、外側が望遠レンズである。レンズの下にはMEMSシャッターが配置され、広角と望遠の切り替えを行う。MEMSシャッター上には磁性体が塗布されており、磁場を印加して開閉を行う。

広角と望遠の切り替え原理を説明する。図6(a)

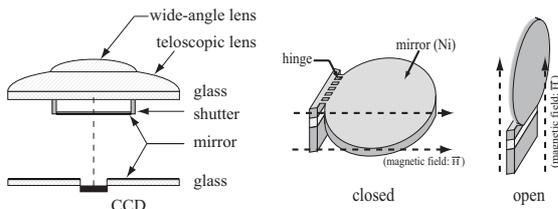


図5 反射型ズームカメラの構造

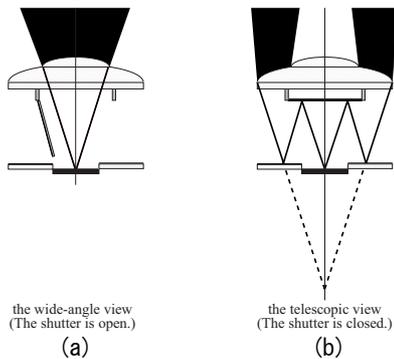
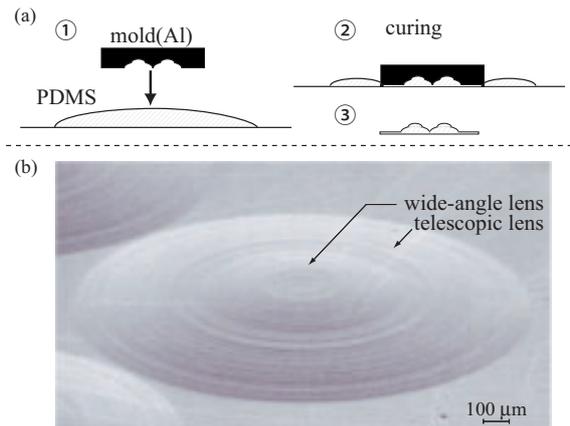


図6 広角・望遠の切り替え方式

のようにMEMSシャッターが開いた状態では、内側の広角レンズを通った光がCCD上に結像する。それに対して図6(b)のMEMSシャッターが閉じた状態では、外側の望遠レンズを通った光がミラーで反射し、CCD上に結像する。この時、光路が折り返されているため、レンズとCCDの距離は、広角レンズの場合と同じである。

図7(a)に、レンズの製作プロセスを示す。アルミ材でレンズ金型を作製し、軟化させたPDMSに形状を転写する。製作したレンズの写真を図7(b)に示す。

図8(a), (b)は、試作した反射型ズームカメラで撮影した広角と望遠の画像である。広角と望遠の焦点距離は、1:3に設定した。この実験では、CCDカメラのカラーフィルタを外して撮影したためモノクロ画像であるが、フィルタを付けることでカラー画像化することができる。



designs < outside lens ; focal length : 12.3 mm , diameter : 2.0 mm >
< inside lens ; focal length : 6.0 mm , diameter : 1.0 mm >

図7 レンズの製作プロセス

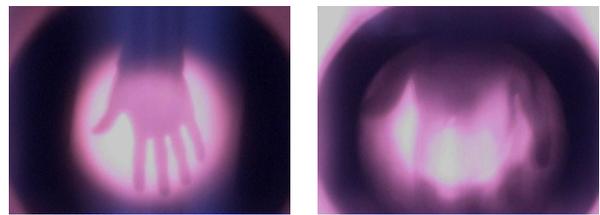


図8 撮影した広角・望遠画像

4. 有機半導体フレキシブル複眼素子

図9に示すような、昆虫の複眼を規範としたフレキシブルな撮像素子を提案する。マトリクス状に配置された複数の個眼から構成され、個眼の情報を統合することで全体の画像情報を得ることが可能となる。レンズを小型化できることから薄

型化ができ、またフレキシブルに形状を変化させることで視野範囲を変化させる。有機半導体を用いてフォトセンサを構成し、フレキシブル化を実現した。

図10に試作した複眼素子の写真を示す。15個の個眼がアレイ状に配置されている。光の検出素子として、有機半導体を用いた電界効果トランジスタを形成した。図に示すように、曲面に沿って変形させての使用が可能である。

この素子を上下方向に走査し、画像の取得実験を行った結果を、図11に示す。図11(a), (b)は、それぞれ直径が80mm, 40mmの円筒に素子を沿わせて取得した画像の例である。曲率を変えることで、視野範囲を変化できていることがわかる。現在のところ画素ピッチは粗いが、これをMEMS技術を用いて高精細化することは容易である。

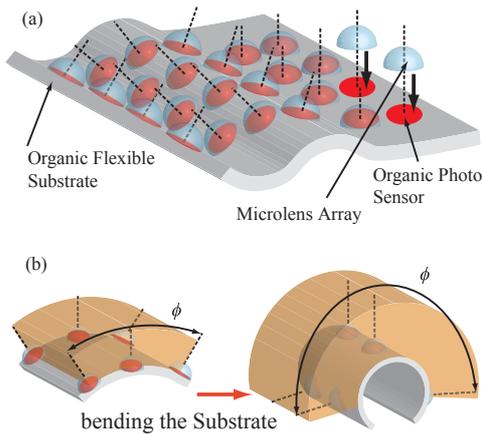


図9 フレキシブル複眼素子の原理

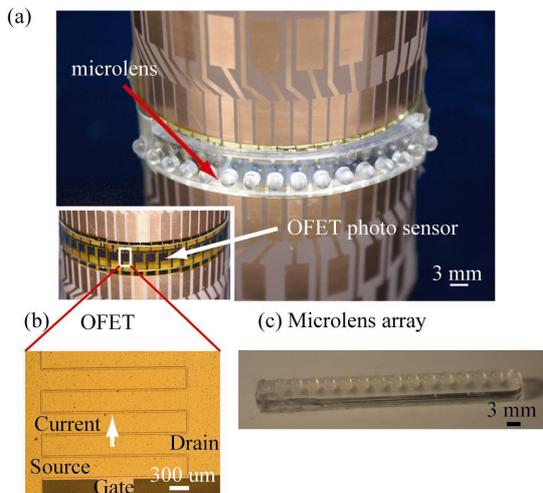


図10 試作した複眼素子

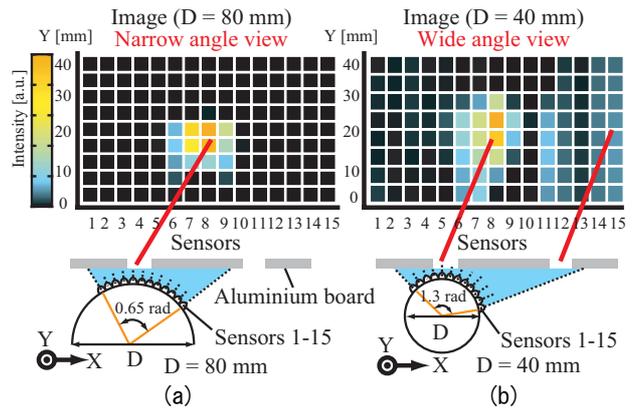


図11 複眼素子による画像取得

5. バクテリオロドプシン撮像素子

バクテリオロドプシンとは、高度好塩菌等の細胞脂質膜に存在する光感受性タンパク質である。図12に示すように、光のエネルギーをもとに駆動されるプロトンポンプの機能を有し、光が当たるとプロトンを細胞内から外へ輸送する。生体タンパクであるので、将来、有機半導体などと組み合わせ、生体適合性の良い光デバイスが実現できる可能性がある。

バクテリオロドプシン撮像素子の構造を、図13に示す。光が入射する側をITOを用いた透明電極とし、その上にバクテリオロドプシンを成膜する。光が照射されるとITO近傍のプロトンが対向電極側に輸送され、ITOは負に帯電する。

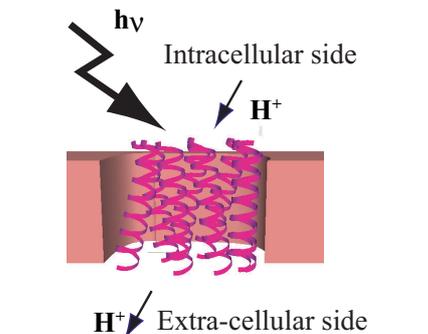


図12 バクテリオロドプシンの機能

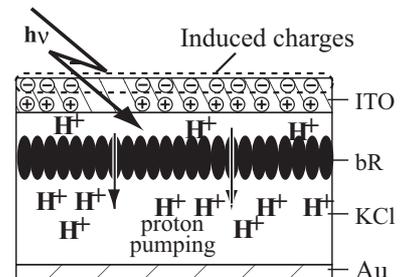


図13 バクテリオロドプシン撮像素子の構造

バクテリオロドプシンをパタニングした検出部の様子を、図14に示す。検出部のみにパタニングするため、それ以外の部分を疎水膜で覆い、電極に正電圧をかけて、負に帯電しているロドプシンを吸着させた。

バクテリオロドプシン撮像素子を用いて画像の検出を行った結果を、図15に示す。中間値も含めた光強度が検出できている。

6. レーザ走査型立体視ディスプレイ

レンチキュラーレンズの下でレーザを走査し、立体画像の提示をおこなうディスプレイを提案する。立体画像の提示原理は、図16に示すように、左右に目に異なる画像を見せることで立体感を出す方式である。そのために、レンチキュラーレンズの下に複数の画像を配置し、見込み角方向で異なる画像を提示できればよい。

レーザ走査型立体視ディスプレイの構成を、図17に示す。半導体レーザからの光をポリゴンミラーおよびガルバノミラーで走査し、レンチキュ

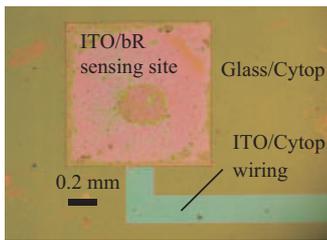


図14 バクテリオロドプシンをパタニングした検出部

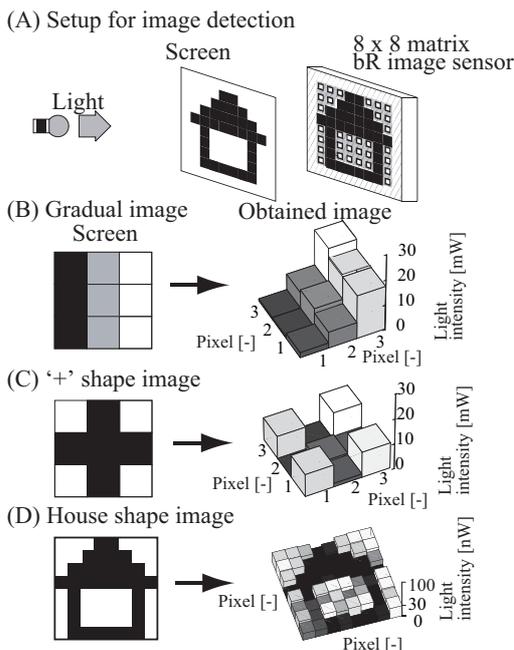


図15 バクテリオロドプシン撮像素子による画像検出

ラーレンズ下のスクリーン上に高精細画像を描画する。図18に、見込み角を変化させた時の表示画像の例を示す。10方向の見込み角に対して、干渉のない異なった画像を提示できている。

7. 結論

MEMS技術を応用した、小型、薄型、新機能のインターフェースデバイスとして、触覚センシングシート、反射型ズームカメラ、有機半導体フレキシブル複眼素子、バクテリオロドプシン撮像素子、レーザ走査型立体視ディスプレイを提案し、その基本機能を確認した。今後はこれらのデバイスの完成度を高めるとともに、ユビキタス情報機器への適用を目指す。

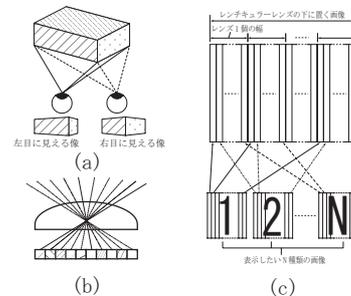


図16 レンチキュラーレンズを用いた立体視

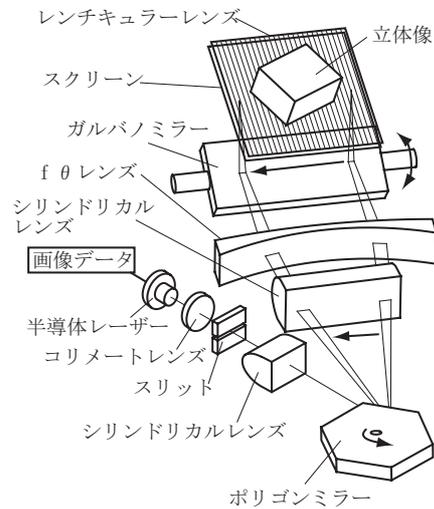


図17 レーザ走査型立体視ディスプレイの構成



図18 見込み角を変化させた時の表示画像