



メカトップ関東

日本機械学会関東支部ニュースレター No.55 2024.1.5発行

魚眼レンズ検査装置

宇都宮大学 ヘーガン・ネイザン、大谷 幸利

1. はじめに

セキュリティ用途や自動車など、小型カメラの普及に伴い、広角レンズの使用は確実に増加しています。また、カメラの検出器アレイの高性能化に伴い、画素サイズも縮小傾向にあり、レンズメーカーには、よりシャープな画像を実現することが求められています。しかし、従来の広角レンズ（魚眼レンズ）の性能試験方法は、非常に広いスペースが必要で、視野の限られた試験しかできませんでした。一般的な方法は、一つの部屋の中心にテストレンズを設置し、カメラから見える5つの壁のそれぞれにチェッカーボード（または解像度ターゲット）パターンを配置することです（図1参照）。これでは部屋全体が必要になるだけでなく、レンズの視野内の5カ所でしかレンズ性能試験ができません。そこで、小型で様々な種類のレンズに対応し、詳細な性能情報を提供する魚眼レンズ試験装置を設計・製作しました。

2. システム概要

従来の魚眼レンズ検査では部屋全体を使用していましたが、本システムは1m×1m×1mの容積に収まります。魚眼レンズを白いドームの下に固定します（図2参照）。ドームの内側には、レンズの性能（ぼかしや歪み）を評価しやすくするために、黒い縞模様が施されています。テスト魚眼レンズとドームの間には、特注で設計・製造したメニスカス・レンズを配置し、テ

スレンズからドームが非常に遠くにあるように見える設計をしています。これが、このシステムをコンパクトにしている理由です。

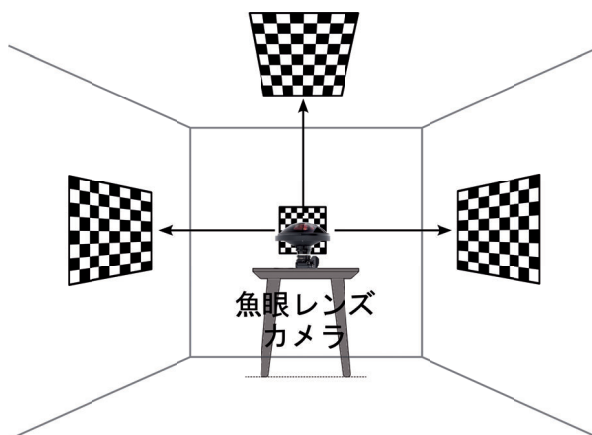


図1 普通の魚眼レンズ検査方法。

メニスカス・レンズは特殊なサイズと形状のため、レンズの設計と製造は自分たちで行わなければなりません。システムの光学設計を図4に示します。レンズを作るために、ファナックの超精密旋盤ロボナノでダイヤモンド工具を使ってカットした高品質のアクリルブロックを使用しました（切削工程に必要なステップについては図3を参照）。ロボナノはレンズ製造を想定して設計されていないため、バキュームスピンドルを備えていません。そのため、アクリルブロック（図4-(1)）にネジ用のスロットを作成（図4-(2)）、ス

スピンドルに付けます。凹面を切削して、スピンドルから取り外し、凸面を外向きに付けます（図4-(3)）。最後の削りの時、凹面用のネジ穴を犠牲にします（図4-(4)）。ダイヤモンド工具で切削した表面が完成すると、追加の研磨は必要なく、旋盤から取り出したら、すぐに使用できる高い品質の表面を作り出します。レンズをシステム内に設置した後、魚眼レンズカメラから生画像を取り込み、ドームパターンから様々な視野角を校正し、多くの異なる視野におけるレンズMTF (Modulation transfer function) を測定するソフトウェアを組み立てました。ボタンをクリックするだけで MTF 曲線の全セットを収集した、計算時間は約15秒です。



図2 レンズ検査装置：写真では、テストされる魚眼レンズが下、メニスカス・レンズが真ん中、パターンドームが上に見えます。

3. まとめ

魚眼レンズの前に弱いメニスカス・レンズを挿入することで、直径250mmのドーム内に収められた小さなシステムでこのような広視野レンズを評価できました。

パターン付ドーム

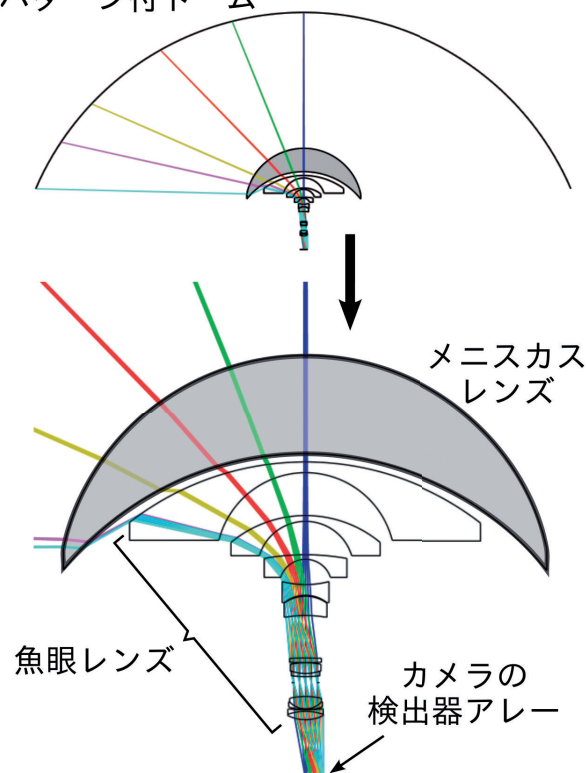


図3 光学系製図：メニスカス・レンズは灰色で染めて、色のついた線は視野角ごとの光線を示します。

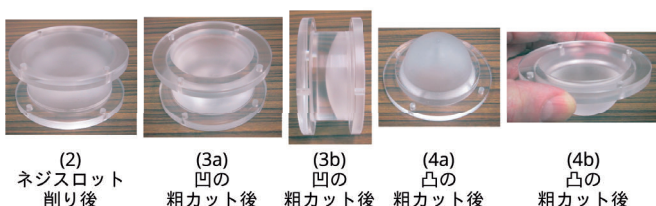
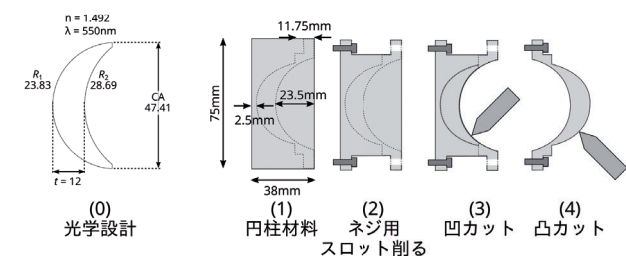


図4 レンズ作成手順、レンズデータ表（mm単位）、そして作成したレンズ。この焦点距離 $f=158\text{mm}$ メニスカス・レンズは $\pm 85^\circ$ の広視野、狭い直径 $D=0.7\text{mm}$ 瞳孔のテストレンズのために設計されています。

面	曲率半径 (mm)	距離 (mm)	横断直径 (mm)	材料
魚眼レンズ	?	12.0	18.0	PMMA
メニスカス前面	-23.831	19.2	23.7	
メニスカス裏面	-28.692	466	22.0	
イメージ（ドーム）	-200		200	



茨城
ブロック

機械産業の根幹を支える力・トルク計量標準

産業技術総合研究所 計量標準総合センター 林 敏行

機械要素の強度試験や品質管理において、力やトルクの計測は不可欠であり、その信頼性確保のためには計測器の定期的な校正が欠かせない。産業技術総合研究所・計量標準総合センター（NMIJ, National Metrology Institute of Japan）では、力やトルクを含めた様々な国家計量標準を司っている。産業界で利用される力やトルクの計測器や、力やトルクの計測系を有する試験装置は、階層化された校正事業を通じ、校正の連鎖により、NMIJが保有する力・トルク標準機と関係づけられている。またNMIJは、国際度量衡委員会の相互承認協定に署名しており、国際基幹比較を通じ、NMIJの校正測定能力の証明と海外の多くの国家計量標準機関との同等性確認を行っている。このため、計量トレーサビリティが確保された計測器による測定結果は、国内はもとより海外に対してもその品質を証明することができる。このように、国家計量標準は機械産業において重要なインフラとして機能している。NMIJを構成するグループのうち、力・トルク標準研究グループでは、力やトルクの新たな計量標準や計測技術を実現するため、研究開発を行っている。近年改められた質量の単位キログラムの定義は、プランク定数およびアボガドロ定数を介して量子電気標準と結びつくものとなった。力やトルクの計量標準についても、精密に質量調整されたおもりに作用する重力を用いる従来の方法に加え、量子電気標準にトレーサブルとなるような電磁力を用いた方法により、主に微小力・微小トルクの範囲に対し、新たな計量標準を実現しようとしている。図1および図2に、当グループで開発した電磁力式微小力発生装置および電磁力式微小トルク発生装置の外観を、それぞれ示す。

校正を行うための技術として、校正された力やトルクの計測器を参照し、別の力やトルクの計測器を校正する方法があり、ビルドアップ式と呼ばれている。おもりに用いる方法に比べ、校正の不確かさはやや劣るが、安価かつ高速で校正を行うことができる。おもりによる方法では離散的となる校正点を連続的に設定でき、測定値の時間依存性を評価するための基盤技術ともなるため、需要が高まっている。当グループでは、締結したトルク計測機器をモータにより同時に負荷する構成のビルドアップ式トルク校正装置を開発してい

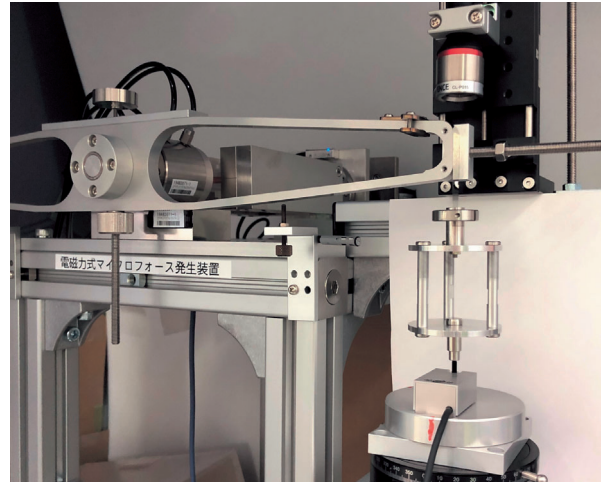


図1 電磁力式微小力発生装置の外観

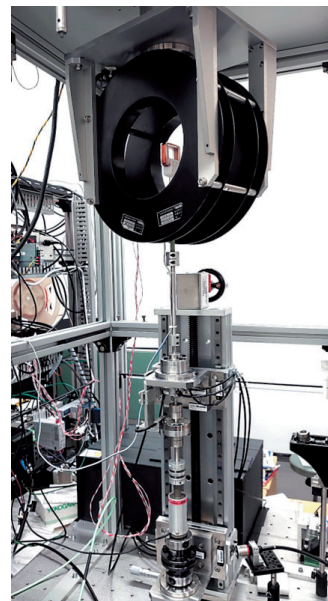


図2 電磁力式微小トルク発生装置の外観

る。近年では、時間に問わず一定の力およびトルクだけではなく、時間に連れて変化する力およびトルクの計量標準についても需要が増加していることから、レーザによる挙動解析により計測器に作用する力やトルクの変動を決定する技術の開発も進めている。

最後に、当グループではともに産業の礎を担う意欲ある仲間を求めている。研究開発の結果が直ちに産業界への貢献に結びつきやすいことから、この分野の職務にはやりがいを感じていただけることと期待している。

栃木 ブロック

シリコン光回路を用いた超小型パルス波形測定器

宇都宮大学 近藤 圭祐

私の研究グループでは半導体材料を用いた超小型な光学デバイスを研究しており、現在は光パルスを測定するデバイスを開発しています。“パルス”とは心電図検査で“ピッ…ピッ…”と立つ心電のような、瞬時に立ち上がって立ち下がる波のことです。光パルスはこれの光版で、典型的なものでも 10^{-15} ～ 10^{-9} 秒という非常に短い時間で立ち上がって立ち下がるのが特徴です（以下、波の立ち上がりから立ち下がりまでの時間をパルス幅と呼びます）。つい先日ノーベル賞を受賞したアト秒パルスのような極めて短いパルスの発生は未だ先端研究の領分ですが、パルス幅がフェムト秒、ピコ秒の光パルスは、レーザー加工や白内障手術、生体観察など産業レベルで利用されるようになってきています（アトは 10^{-18} 、フェムトは 10^{-15} 、ピコは 10^{-12} ）。光パルス発生器の開発、製造、校正にはパルスの波形を測定する装置が必要ですが、既存のパルス波形測定器は大きく、重く、部品位置ずれを起こしやすい、使い勝手がとても悪いです。これに対し、本研究グループでは超小型、軽量、全固体と使い勝手のよいパルス測定器を研究しています。これの製作には集積回路の製造で使われる微細加工技術を応用した光回路製作技術（「シリコンフォトリソ」で調べてみてください）を用いており、これは幅数百ナノメートルの光配線の製作を可能にします（ナノは 10^{-9} ）。

開発したパルス波形測定器の構造模式を図1に示します。シリコンチップ上に、入射光を分岐させてループさせる光回路を形成し、その上に光検出器を多数集積させます。すると、ループを時計回りと反時計回りで回る光パルスが交差する様子を光検出器群で測定するだけでパルスの時間波形の概形を測ることができます。これは光検出器の出力電流を測るだけでなされます。ただし、時計回りで回る光パルスは、特定の波長の光だけを通過させる波長フィルタを通過してから検出器群に入力されるようにします。ここで波長フィルタの通過波長をスキャンしながら時間波形の概形の測定を繰り返すと、光パルスのどの波長成分がどのような時間変化を示すのかを見ることができます。これを表す3次元のグラフはスペクトログラムと呼ばれ、スペクトログラムから光パルスの正確な波形を復元することができます。実際に製作したパルス波形測定器チップ

を図2に示します。既存の装置のサイズが各数百mmの直方体であるのに対し、本デバイスは数mm四方と非常に小型です。実際に測定したパルスのスペクトログラムと復元した波形が図3に示す通りで、パルス幅数ピコ秒の短パルスの測定を実証しました。

本デバイスによって自動車内のような実験室外環境でのパルス監視が可能になることが期待されます。

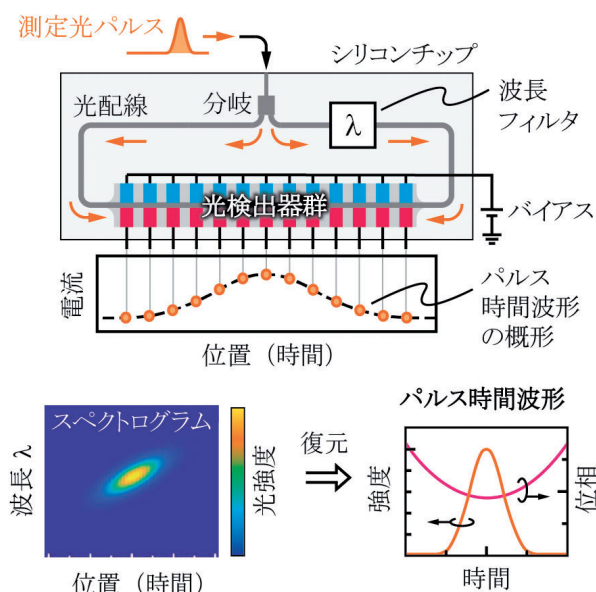


図1 本研究のパルス測定器の構造と測定原理。

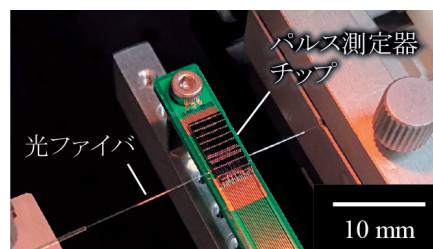


図2 製作したパルス測定器チップ。

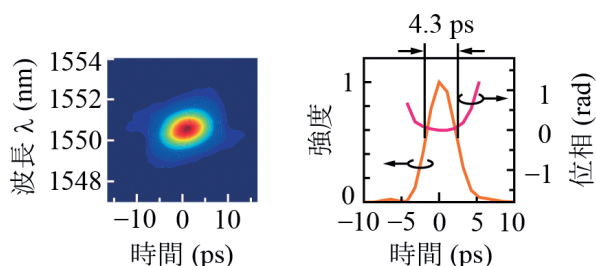


図3 本デバイスで測定された光パルスのスペクトログラム（左）と時間波形（右）。

群馬 ブロック

超小型衛星の姿勢制御実証実験

群馬工業高等専門学校 平社 信人

これまで、群馬工業高等専門学校では、2機のキューブサット（図1）と呼ばれる超小型衛星（10cm×10cm×22cm）を開発し、革新的技術実証プログラムとしてイプシロンロケットにより打ち上げを行ってきました。このプロジェクトは、宇宙開発における革新的な技術を実証する場として、JAXAが主催する公募型の実証テーマプログラムであり、私たちは、この公募に応募し3号機分、連続で採択されております。ここでは、JAXAのイプシロンロケット5号機により、打ち上げられた革新的衛星技術実証2号機の軌道上姿勢制御実証実験について話します。

超小型衛星は、通常的大型衛星と比較して、開発コストが極めて少なく、開発期間を短縮することが可能であるため、大学やベンチャー企業などにおいて盛んに開発が行われており、今後、民間による宇宙開発事業や宇宙市場拡大に多いに貢献すると言われています。しかし、超小型衛星は電力供給や#機装#ぎ そう#スペースにおいて厳しい制限を受けるため、電力消費の効率化や機器の小型化が求められ、また、可動部を装備することが難しく、通常的大型衛星に装備されている機能をそのまま超小型衛星に転用することは困難です。

そこで、私たちは、超小型衛星に対して薄型で消費電力の少ない姿勢制御装置（デュアルリアクションホイール方式）を考案しました。姿勢制御とは、衛星の向きを目標の方向に整える技術のことで、通常衛星では、リアクションホイールと呼ばれる厚さのある円板を1軸に対して1基配置し、このリアクションホイールを常時、回転させることで姿勢制御を遂行しています。

超小型衛星に適応する姿勢制御装置を開発するため、公開特許モータ特許第5649203号 PCT JP2015/055319 米国特許 US9722477B2に基づき、回転軸に対してコイルを横配置させた電動モータを自主開発し、リアクションホイール（図2）の薄型化、省電力化に成功しました。また、この薄型リアクションホイールを1軸に対して2基配置し、その2つのリアクションホイール（姿勢制御用の薄型円盤）を静止状態から、それぞれ逆方向に時間差を持たせて回転を開始させ、同時に停止させることで、衛星の機体の向きを正確に素早く変えることができる姿勢制御方式で、この姿勢制御方式

をデュアル・リアクションホイールシステムと呼称しています。このデュアル・リアクションホイールシステムは、革新的衛星技術実証2号機（KOSEN-1）に実装され、軌道上において姿勢制御実証実験が行われました。図3の写真は、姿勢制御前後の衛星から撮像したものとなります。これらの写真は、左から姿勢制御10秒前、姿勢制御直前、姿勢制御直後、姿勢制御実施10秒後となります。姿勢制御前後で衛星は、ほぼ静止していることがわかります。また、衛星の向きは、姿勢制御指令により約3.1秒間で、約15度、回転しております。衛星の姿勢制御としては、極めて高速かつ大きな変動となります。以上のことから、開発した姿勢制御装置「デュアル・リアクションホイールシステム」の性能を示すことができました。



図1 開発された2機の超小型衛星

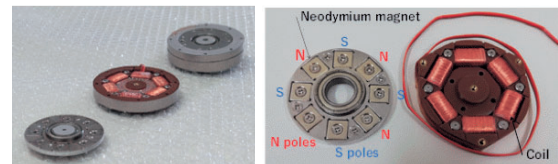


図2 薄型リアクションホイール（姿勢制御装置）

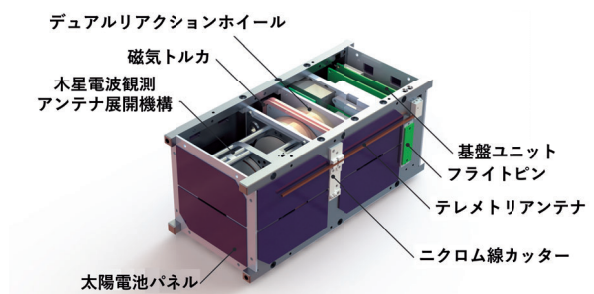


図3 超小型衛星のサブコンポーネント概観

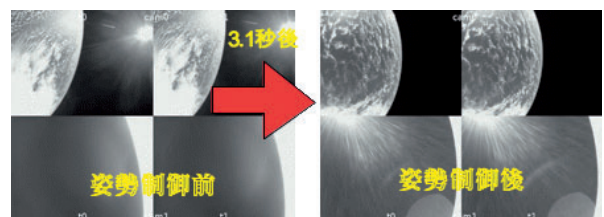


図4 軌道上実証実験結果



数値シミュレーションによる 材料特性の予測と構造解析

山梨大学大学院 総合研究部 杉山 裕文

1. はじめに

現在ものづくりの分野では様々な目的で数値シミュレーションが活用されています。その中でも、有限要素法を用いた構造解析では、対象となる部材や構造物を有限個のメッシュ（四角形や三角形など）に分割して強度や寿命の予測を行います。このとき、構造解析では、変形（ひずみ： ε ）によって応力（ σ ）が生じる仕組みを表した数値モデルを構成式と呼びます。最も基本的な構成式としてよく知られているフックの法則は次式によって表されます。

$$\sigma = E \varepsilon$$

上式では応力がひずみに比例することをモデル化しており比例定数（ E ）はヤング率となります。このように構成式は材料の性質を反映しているため、材料特性を表現するための材料定数が含まれて、一般的に必要となる材料定数は実験結果に基づいて決定されます。

こうしたモデルは巨視的（マクロ）な材料挙動を表現しているため、見かけ上の挙動を再現することで十分な場合であれば数値シミュレーションの目的に応じて適切なモデルを選ぶことで目的を達成できます。

その一方で、すべての材料は微視的（ミクロ）には非均質な構造となっていて、ミクロ領域の挙動がマクロな材料特性に影響しているといえます。マルチスケール解析では、材料のミクロ領域における挙動を直接評価してマクロな材料特性を取得できます。この手法では均質化理論に基づいた境界値問題を定義することで仮想的な均質状態を表現することができます。この利点より様々な研究が行われています。

ここでは、マルチスケールモデリングの流れを示した後に、私たちがこれまでに取り組んで来た短繊維強化樹脂を対象とした解析について紹介します。

2. マルチスケールモデリング

マルチスケール解析では、材料の性質を特徴付ける代表的な構造が周期的に配置されていると仮定します。このミクロ構造はユニットセルと呼ばれます。図1にマルチスケール解析の流れを示しており、まず、ユニットセルを定義します。次に、ミクロ構造を評価して均質化材料特性を取得します。その後、取得した均質

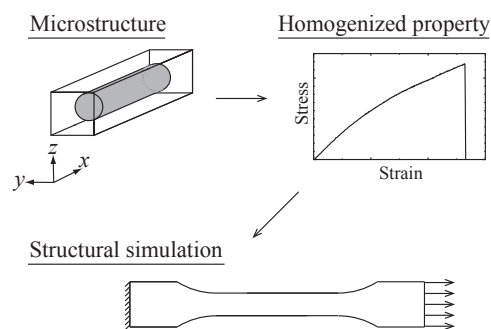


図1 マルチスケール解析模式図

化材料特性を用いてマクロ構造解析を実施します。

3. 短繊維強化樹脂におけるマルチスケール解析

図2に示すように、繊維は不連続かつ母材に完全に覆われているものとして取り扱います。このとき繊維は円柱状、母材は直方体としてそれぞれモデル化しています。さらに、材料構成則として繊維はガラスを想定した線形弾性体、樹脂は非弾性挙動を示すことがわかっているので粘弾塑性体を使用します。樹脂と繊維の各材料パラメータは、ミクロ構造解析と実験結果から最小二乗法を用いて決定します。この結果を用いたミクロ解析により均質化材料特性を取得します。

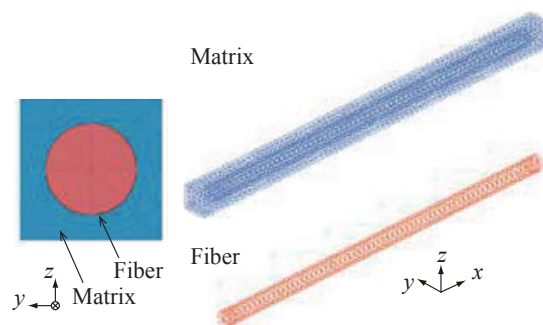


図2 ミクロ構造モデル

マクロ構造解析として、引張速度や繊維配向を変更した単軸引張試験解析を行い実験結果と比較します。応力ひずみ関係の結果より、マルチスケール解析により定性的な変化を表現できることを確認しました。

4. おわりに

今回マルチスケール解析を用いた材料特性の予測および構造解析について述べました。今後さらにミクロ構造の相互作用や破壊などを考慮した材料特性評価が行えるモデリング手法の開発を目指します。

東京
ブロック

高機能非磁性材料THK-NM1（ニッケル基合金） を用いた転がり案内要素

THK株式会社 基礎技術研究所 山本 和輝

はじめに

機械要素部品の多くは海外で設計、開発されたものですが、直動転がり案内要素部品（LMガイド）は当社が世界で初めて設計、開発した純国産の機械要素部品です。現在は産業機器から医療、航空宇宙分野へ使用範囲が拡大しています。転がり案内要素は小さな力で重い物を精度よく案内する部品であり、図1に一例を示すように走査型電子顕微鏡（SEM）や磁気共鳴画像装置（MRI）など電磁気を利用した測定機にも使われます。今後も磁場核融合装置や超電動モータなど電磁気を利用した装置は増加が見込まれますが、これらの装置内に使用される部材は磁気の影響を受けない性質、いわゆる非磁性であることが求められます。

磁性体の分類、B-H曲線、比透磁率

磁気特性で金属材料を大きく分類すると、磁場によって強く磁化される強磁性体（磁石につくもの）、弱く磁化される常磁性体（磁石につかないもの、いわゆる非磁性）、強力な磁場を印加すると逆方向に弱く磁化される反磁性体（磁石から離れるもの）に大別されます。また強磁性体は永久磁石のように強い磁気を帯び続ける硬磁性体と、一般的な鉄のように弱い磁気しか帯びない軟磁性体の2種類に分類できます。

金属材料の磁気特性は図2の模式図に示すようなB-H曲線で評価されます。これは印加した磁場の強さ H に対して、磁束密度 B がどのように変化するかを表したグラフです。この B は磁化の度合いを示す指標であり、図中には硬磁性体（黒実線）、軟磁性体（緑点線）、常磁性体（青実線）のイメージを示しています。このB-H曲線は、磁場がない状態（0点）からスタートし、磁場を印加するにつれ B が①線のように変曲点を持ちながら非線形的に大きくなります。最終的に曲線の傾きが一定となる飽和磁束密度 B_s は、材料がそれ以上磁化しないことを表します。そこから磁場を逆方向にかけると②→③線のように B が変化し、今度はマイナス側で傾きが一定となります。再度正の方向に磁場を印加すると B は④→⑤線のように変化し、その後は②→③→④→⑤線のようにヒステリシスループを描きます。このループの大きさが磁化の影響度合いを表しており、磁化の影響を受けにくい常磁性体はほぼ直線になります。また $H=0$ における残留磁束密度 B_r は、どの

程度磁気が残っているかを表します。

磁化のしやすさを透磁率 μ と呼び、 $\mu=B/H$ つまりB-H曲線の傾きで示され、厳密には磁場の大きさに依存して変化します。一般的には、ある一定の測定磁場 H における μ を代表値とし、磁気定数 μ_0 で除した比透磁率 $\mu_r=\mu/\mu_0$ で磁気特性は評価され、 $\mu_r=1$ に近いほど非磁性であることを表します。

THK-NM1（ニッケル基合金）と転がり案内要素

一般的なステンレス鋼であるSUS304の比透磁率は測定磁場 $H=35\text{kA/m}$ において $\mu_r=1.003$ 程度であるのに対して、当社の高機能非磁性材料THK-NM1は $\mu_r=1.0004$ 未満と非常に低い比透磁率を示します。これは周りの磁場の影響を極めて受けにくい事を表しており、電磁気を利用した測定機の中にあってもその影響をほぼ受けません。またロックウェル硬さ60HRCの焼入鋼と比べ、一般的に非磁性と呼ばれる金属材料は軟らかく、例えばチタン合金は10～40HRC程度です。このため従来の非磁性材料では強度が不十分でしたが、THK-NM1は60HRC程度の硬さを得られるため、実現が難しかった鋼と同等の性能を持ちながら磁気の影響を受けないという製品を開発できました。



図1 転がり案内要素の使用例

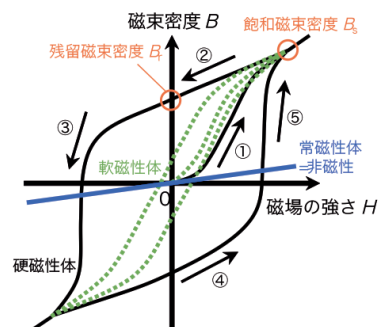


図2 B-H曲線

神奈川 ブロック

地域と環境に優しい電動アシスト四輪自転車の開発

湘南工科大学 野中 蒼子

1. はじめに

新型コロナウイルス感染拡大による行動制限が解除され、観光産業も回復の兆しを見せる一方、観光客が集中することで道路渋滞や交通混雑を引き起こすオーバーツーリズムが問題となっています。その解決策として、拠点となる空港や鉄道駅から目的地までの移動手段である二次交通が注目されており、特に最近は、単身移動用に自転車や電動キックボードのシェアリングサービスが急速に普及しています。

本学でも、観光地向けのモビリティとして、2021年度から電動アシスト四輪自転車の開発を進めています。

2. 地域特性を考慮した企画・設計

本学における電動アシスト四輪自転車の開発プロジェクトは、工学部機械工学科と工学部総合デザイン工学科の計4研究室が合同で行っています。

2021年度は、山梨県北杜市の依頼で、外国人観光客向け周遊ツアーで利用するモビリティとして企画しました。現地でのヒアリングや実地調査から、体格の良い欧米の親子2人乗り、美しい山並みを見ながらの移動、広域に点在する観光資源の周遊、乗りたくなくなる魅力的なスタイリング、といったニーズが見つかり、それらに対応できるよう設計しました。図1が、完成した北杜市向けモデルです。運転しながら斜め上方が見えるセミリカンベントシートの上に子供用座席を備え、長い勾配も登れるようギア比を調整しました。幅900mm、全長2110mmで、歩道は走行できませんが、農道が整備された北杜市では通行の妨げになることもありません。



図1 山梨県北杜市観光用モデル

2022年度は、電動アシスト四輪自転車の利点である免許不要、駐停車時や低速走行時もふらつかない、カーボンニュートラル、という特性を生かしながら、本

学のある湘南エリアで活躍するモビリティを開発しました。本学周辺は道幅が狭く普段から交通量も多いのですが、週末は首都圏から江ノ島や湘南海岸を訪れる観光客の車で大渋滞します。そこで、自転車専用通行帯や歩道も走行可能な普通自転車サイズ、幅600mm、全長1900mmに収まるよう設計しました。実地調査や文献調査の結果を踏まえ、湘南エリアを訪れる日帰り女性観光客をターゲットに、図2の検証モデルで座席、ハンドル、ペダルの位置関係を検討しました。走行のための基本構造を図3に、完成機体を図4に示します。



図2 木製モデルによる姿勢検証

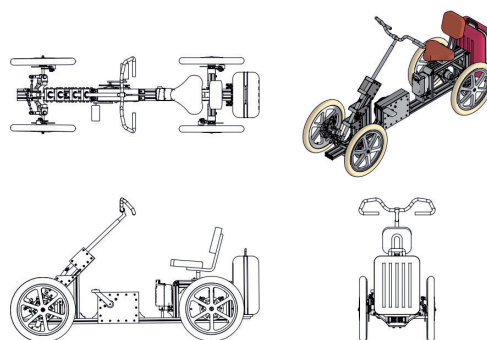


図3 走行のための基本構造(下屋)の設計図



図4 湘南エリア女性観光客用モデル

3. 今後の展望

長時間、長距離連用試験はこれからで、耐久性や乗り心地など、改良すべき課題もありますが、「漕ぐ楽しさ」のある新しい移動手段として、引き続き研究開発を進めてまいります。



柔らかな接触部を持つ ビジョンベース触覚センサの開発

埼玉工業大学 長井 力

1. はじめに

私たちの身の回りにある様々な分野において、より便利な生活や高い生産性の実現、人間に代わる作業の担い手としてロボット技術が期待されています。人々と密接に関わるロボットの開発をする上では人間のように発達した五感の開発が欠かせません。人と協調した環境下でロボットに多くのタスクを行わせる場合、人間のように様々な対象物を把持し器用に操る場面が多くありますが、それをロボットハンドで実現することは難しい課題です。問題点の一つとしてロボットハンドには人間のような触覚が無い事があげられます。ロボットハンドに触覚が備わっていなければ、未知の質量や摩擦係数を持つ対象物を握り潰さず、落とさずに把持しながら対象物の状況変化に対して応答することは困難です。ロボットハンドにマルチモーダルな触覚を持たせることができれば、さまざまな場面でより多くの仕事をロボットにさせることが可能になります。

2. 人間の触覚

人は物体を把持する際に視覚からの情報の他に指先から様々な接触情報を得て動作を行っています。人の触覚は多様であり、対象物の形状や硬さ、表面の状態や粗さ、接触位置、対象物との間の力、滑り、熱の伝導特性等のマルチモーダルな情報を同時に取得し、対象物の素材の把握やハンドリングの際のフィードバック情報として利用する仕組みが実現されています。

3. ビジョンベース触覚センサ

ビジョンベース触覚センサは、人間の触覚を実現するために開発されました。このセンサは、図1に示すように対象物への接触部である柔らかなタッチパッドとその表面の変形を内側から観測するデジタルカメラから構成されます(1)。タッチパッドの内側はタッチパッドの変形を画像処理によってとらえるために格子状にドッドマークが施されています。タッチパッド内部は透明な弾性体または液体が充填されていて、タッチパッドは剛性の高い透明な樹脂製の板で裏打ちされています。この構造によって、図2に示すようにタッチパッド表面の変形をマークの変位として捉えることができます。このセンサを用いて接触力(3次元)、接触モーメント(1次元)、滑りやすさ(固着率)、表面の凹凸形状などが計測でき、さらに粘着性の評価が可

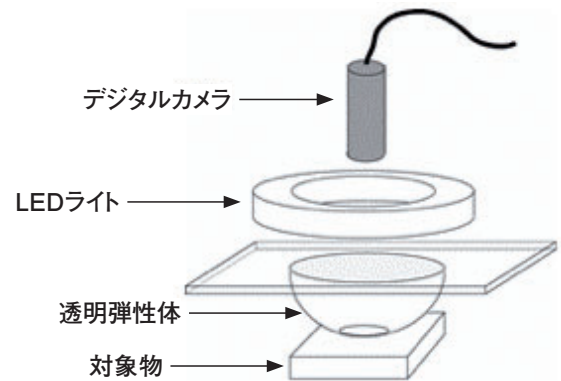


図1 触覚センサ構造

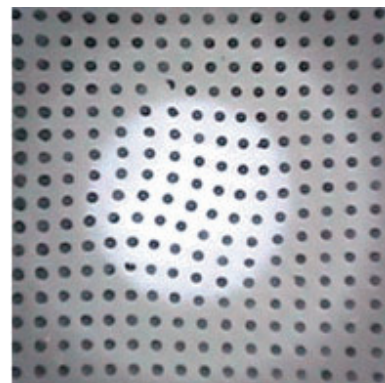


図2 画像例（接触部が回転）

能になりました。このような滑りやすさと力を同時に測定できるセンサはあまりありません。また構造がシンプルで構成要素が少ないことから、ロボットハンドのみならず様々な場面での使用が期待できます。

4. おわりに

人間の触覚を実現することを目的としてマルチモーダルなビジョンベース触覚センサを開発しました。このセンサを使用することで、今までロボットには難しかった未知の対象物を握り潰さず、落とさずにハンドリングすることが可能になります。今後はこのセンサをより人間の触覚に近づけるように改良を進めていきます。

参考文献

- (1) Y. Ito, Y. Kim and G. Obinata, Robust Slippage Degree Estimation Based on Reference Update of Vision-Based Tactile Sensor, IEEE Sensors Journal, 11-9, pp.2037-2047 (2011).

千葉 ブロック

高速ビジョンによるロボット制御

千葉大学 並木 明夫

1. はじめに

近年、様々な分野で視覚認識能力を備えたロボットの応用が進められています。視覚情報は多様な環境情報を含んでおり、ロボットの最重要感覚の一つです。一方で、視覚情報処理には多大な時間がかかることが多く、結果として、人間が行うような複雑で器用な作業をロボットで高速に実行するのは未だに難しい問題です。この問題を解決するために、人間の眼を超える1kHzレベルの画像処理速度を持つ高速ビジョンのロボット応用の研究が進んでいます。

2. 高速ビジョン

高速ビジョンとは、画像センサによる画像取得から画像処理、画像認識までを高速度で行うシステムです。工業計測等に用いられる記録用高速度カメラとは異なり、リアルタイムかつオンラインで処理結果を出力するので、視覚フィードバック制御に適しています。高速ビジョンを用いると、ロボットからは対象の運動や変形の手がかりが相対的に遅くなり、あたかも静止しているかのように見えます。そのため、高速に移動・変形する対象の追跡・計測が容易となります。また、ロボットを視覚によってダイレクトにフィードバック制御することで反応速度を高めることもできます。このような高速ビジョンによる視覚情報処理は、人間のものと異なるアプローチですが、人間以上の信頼性、繰り返し精度を求められるロボットに適しているといえます。

3. 高速視覚フィードバックによるジャグリング

筆者らは、ステレオ高速ビジョンと、人間のような多指ハンドを備えた双腕アームを用いることで、ボールジャグリングシステムを開発しました（図1）。多指ハンドにより器用なボールの操りを実現できる一方で、ロボット全体の関節数が多くなるために運動計画と制御が難しくなります。そこで、肩、肘、手首、指先の各関節を時間差で動かすことによる効率的な投げ上げ動作と、高速視覚フィードバックを用いることによる高精度キャッチング動作を組み合わせました。結果として、双腕ジャグリング（3ボールカスケード）に成功しました。このような多指ハンドを備えた双腕ロボットアームでのジャグリングの成功例は世界初のものであります。

4. エアホッケーロボット

人と対戦を行うロボットにおいても高速ビジョンは効力を発揮します。その一例として、エアホッケーロボットシステムを開発しました（図2）。ロボットアーム自体の運動速度は人間よりも劣っているのですが、高速ビジョンにより認識性能を人間よりもはるかに高くすることで、互角以上の対戦能力となりました。このようなエンターテインメントロボットでは、単に人間の動作に反射的に動くだけでなく、戦略に基づくインテリジェンスが求められます。本システムでは、対戦相手の動作も認識し、先の展開を予測することで最適な打撃位置、強さ、方向を選択しています。

5. おわりに

本稿では、高速ビジョンのロボット応用例を紹介しました。高速性に特化した高速ビジョンはリアルタイム視覚フィードバック制御のキーデバイスとして今後普及していくことが期待されます。

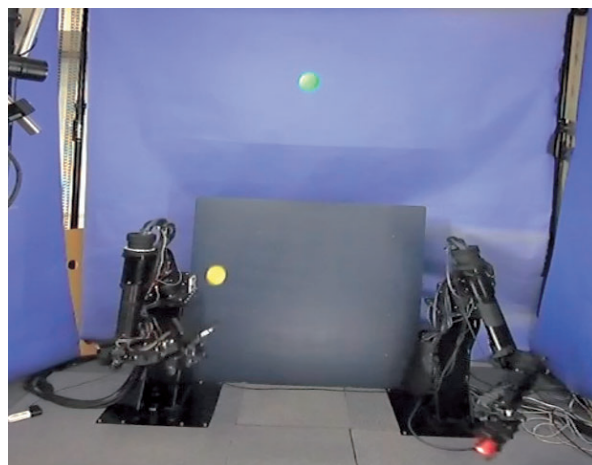


図1 ボールジャグリング



図2 エアホッケーロボット

関東学生会 学生交流会 報告

2023年度の学生交流会

東京電機大学

松谷 巖

関東学生会は日本機械学会関東支部の有志による会員校の集まりです。今年度は委員長校の早稲田大学と、各ブロック代表校を合わせた9大学10名の学生が中心となって運営しています。この関東学生会では、機械工学に関連する現場の見学と、学生間の交流を図ることを目的に「学生交流会」として関東各地の工場などを見学するツアーを学生が主体となって毎年実施してきました。

2023年度は10月5日にコカ・コーラボトラーズジャパン多摩工場（東京都東久留米市）、10月19日に東京エレクトロンテクノロジーソリューションズ穂坂事業所（山梨県韮崎市）を見学させて頂きました。5日の参加者数は9名（うち教員2名）、19日は7名（うち教員1名）でした。

コカ・コーラ多摩工場では、ビン製品とボトル缶製品、非炭酸ペットボトル製品、業務用製品を生産しています。秘中の秘とされるコカ・コーラ原液のレシピは日本コカ・コーラ社が管理していて、今回見学したボトラー会社がそれを製品にして販売しているとのこと。工場のラインでは、コンベアに乗ってものすごい速さで流れる容器に飲料を詰めてゆく機械など、10以上の工程を経て出荷されるまでの一部始終を見学することができました。1本出来上がるまで40分相当とのこと。また、1886年のコカ・コーラの誕生から飲料メーカーとしての近年の多角的な発展までを映画のようなスクリーンで説明して頂きました。併設のミュージアムには多様な展示物があって見学者を飽きさせません。日本に入ってきた当初は「これは醤油か」「骨が溶けるのでは」等と言われて一種のカルチャーショックを引き起こしたようですが、徐々に人気を博してゆく様子を楽しく学習できました。まだ残暑が続く中、試飲させて頂いた出来たてのコカ・コーラの味はたいへん爽快だったのは言うまでもありません。

東京エレクトロン穂坂事業所では、2か月前にできたばかりの近代的な建物（7号館）の中を見学させて頂きました。この会社は半導体製造装置の世界的なメーカーで、露光装置や成膜装置、エッチング装置を製造して高い収益を上げています。最新のiPhoneに搭載されているシリコンチップは90枚にも達していて、その1枚1枚に数億を超えるトランジスタが稼働していま

す。現在では線幅5.5 nm（ナノメートル＝10億分の1メートル）もの微細な構造をシリコンチップの上に形成できるようになっており、半導体製造装置がいかに現代の高度な文明を支えているのか分かります。7号館の中には非常に大きなクリーンルームがあって、小学校の校庭に石が数個しかないレベルの清浄度を保っているようです。そこでは成膜装置の開発を行っていましたが、ユーザー企業と同じ環境を作るために成膜だけでなく洗浄装置やエッチング装置なども使用しているとのことでした。東京エレクトロンは自動車メーカーなどと比べると機械系学生からの知名度がやや低いのですが、見学した学生はこの会社が超優良企業なのを初めて知り、また半導体分野の高い将来性にも納得して感心しきりといった雰囲気でした。

最後に、今年度の学生交流会の実施にあたり、並々ならぬご協力を頂いたコカ・コーラボトラーズジャパン多摩工場と東京エレクトロン穂坂事業所の皆様に厚く御礼申し上げます。



図1 コカ・コーラ多摩工場見学者



図2 東京エレクトロン穂坂事業所見学者

関東支部第30期総会・講演会および 関東学生会第63回学生員卒業研究発表講演会のお知らせ 支部運営会・実行委員会

関東支部および関東学生会では、上記総会および講演会を対面にて開催いたします。今回も特別講演、オーガナイズドセッション等を企画し、機械工学に関係する研究者と技術者が一堂に会して議論する場を提供します。今回は卒業研究発表会・総会を初日に、一般講演会は両日実施する予定としております。

支部講演会では、若手会員の中から優れた講演者に対して、日本機械学会から若手優秀講演フェロー賞を、関東支部から若手優秀講演賞を贈ります。また、学生員卒業研究発表講演会では、優れた発表者に対してBPA (Best Presentation Award) を贈ります。皆様の積極的なご参加をお待ちしております。

- 開催日 第30期総会:2024年3月13日(水), 講演会:13(水)14日(木)
第63回学生員卒業研究発表講演会:2024年3月13日(水)
- 会場 早稲田大学西早稲田キャンパス
- 企画 支部総会, 支部講演会, 関東学生会総会, 学生員卒業研究発表講演会
- WEBサイト 第30期総会・講演会 <https://www.jsme.or.jp/conference/ktconf24/index.html>
第63回学生員卒業研究発表講演会 <https://www.jsme.or.jp/kt/sotsuken/63rdGakusei.html>

開催会場(早稲田大学)の紹介

実行委員長 高西淳夫、宮川和芳(早稲田大学)、幹事 細井厚志、松田佑(早稲田大学)

早稲田大学は、1882(明治15)年10月21日に創立された「東京専門学校」を前身とし、1892年頃には、専門学校の名として「早稲田学校」と呼ばれるようになりました。1902年9月2日、専門学校から大学への昇格を機に、「早稲田大学」と改称しました。創立者大隈重信は、理工系の人材を養成する必要性を痛感しましたが、私学にとって不可能とされていた理工科の新設は、竹内明太郎の人材提供その他の援助の申出、また渋沢栄一による多額の寄附などにより実現し、1908(明治41)年、機械、電気の2学科の予科が開設されました。日本の私立大学の理工系学部教育機関としては最も古い歴史を持っています。1949年、新制大学に移行。理工学部は1967年に大久保キャンパスに移転、2007年、基幹理工、創造理工、先進理工の3学部・3研究科体制へ、2009年にキャンパス名を西早稲田キャンパスに改称しました。

会場となる西早稲田キャンパスは、東京メトロ副都心線西早稲田駅直結、JR山手線、地下鉄東京メトロ東西線、西武新宿線高田馬場駅徒歩15分とアクセスしやすい場所にあります。また、早稲田大学創立150周年(2032年)を見据えて、より優れた研究・教育環境を提供すべく52-54号館、59号館を地上9階/地下2階の建屋に増築工事を開始しています。第26期総会・講演会は早稲田大学で開催予定でしたが、新型コロナウイルス感染拡大に伴い残念ながら中止することとなりました。その後はオンライン開催が続きましたが、第30期総会・講演会は5年ぶりの対面開催となります。有意義な議論、交流の場を提供したいと思っておりますので、この機会に是非、西早稲田キャンパスにいらしてください。総会・講演会、学生員卒業研究発表講演会への皆様のご参加を心よりお待ちしております。

編集委員

久森 紀之(委員長、上智大学)	熊谷 正芳(東京ブロック、東京都市大学)	朱 俊方(茨城ブロック、産業技術総合研究所)
金子 暁子(支部運営委員、筑波大学)	大見 敏仁(神奈川ブロック、湘南工科大学)	中林 正隆(栃木ブロック、宇都宮大学)
松谷 巖(支部運営委員、東京電機大学)	萩原 隆明(埼玉ブロック、埼玉工業大学)	高山 雄介(群馬ブロック、群馬工業高等専門学校)
上甲 康之(支部選出委員、(株)日立製作所)	山崎 泰広(千葉ブロック、千葉大学)	浮田 芳昭(山梨ブロック、山梨大学)

日本機械学会関東支部ニュースレター『メカトップ関東 No.55』

Mecha-Top KANTO No.55

News Letter of the Kanto-Branch, The Japan Society of Mechanical Engineers

発行年月日:2024年1月5日

印刷製本:株式会社 春恒社

発行者:〒162-0814 東京都新宿区新小川町4番1号 KDX飯田橋スクエアビル2階

一般社団法人 日本機械学会・事務局内 日本機械学会関東支部

TEL 03-4335-7620 FAX 03-4335-7618

ホームページ <http://www.jsme.or.jp/kt/>