NSK-FAM

研究助成・教育助成　成果報告書

No. ２ ７

公益財団法人 NSK メカトロニクス技術高度化財団

平成 26 年度（第 5 期）助成事業分

平成２９年８月

公益財団法人 NSK メカトロニクス技術高度化財団

NSK Foundation for the Advancement of Mechatronics

ま　え　が　き

当財団は平成２２年１１月公益認定を受け公益財団法人 NSK メカトロニクス技術高度化財団と改称し移行いたしましたが、旧財団法人時代の助成事業を継承してまいる所存でございます。

この方針に基づき、このたび移行後の公益財団法人 NSK メカトロニクス技術高度化財団平成２６年度（第５期）助成事業分の「研究助成・教育助成 成果報告書 **No.27** をお届け致します。これは、平成２７年４月から平成２９年３月の２年間に行われた“メカトロニクス技術の高度化”のための助成研究と　技術教育助成の成果であり、研究者の皆様がご報告下さいました「成果の概要」、担当代表教員の皆様がご報告下さいました「教育の概要等」をそのまま掲載したものです。今回の成果をこの分野の技術の発展及び教育の充実のために、ご活用いただければ幸いと存じます。

さて平成２８年度の助成事業のうち研究助成として１５件、教育助成として４件を採択いたしました。この昨年度分と移行前の財団時代を含めた助成事業の累積は、 研究助成、 交流助成、 集会助成、 教育助成を合わせて８０２件（うち研究助成５５６件、 教育助成２４件)、 金額にして約９２１百万円（研究助成 約８０６百万円、 教育助成 約５９百万円）となりました。

当財団は今後ともメカトロニクス技術の高度化により社会へ貢献することを目指して、１件でも多く助成が出来るように助成費用の捻出に努め、研究者・教育者の皆様のご期待に応えられるよう最大限努力してまいる所存でございますので、ご支援、ご鞭撻の程お願い申し上げます。

平成２９年８月

公益財団法人 NSK メカトロニクス技術高度化財団

理事長　　朝　香　聖　一

目　　次

研　究　題　目	助成対象者 （共同研究者）	頁
１．非接触による光信号および電力伝送を用いた高速無限回転コネクタの開発		1
神奈川大学工学部経営工学科	准教授　**松 本 光 広**	
２．電動乗用車用２モータトルク差増幅型トルクベクタリングデファレンシャルとそれを用いて 4WD 相当の走行性能を実現する 2WD 車に関する研究		2
一関工業高等専門学校　機械工学科	教　授　**澤 瀬　　薫**	
（一関工業高等専門学校　機械工学科	准教授　藤 原 康 宜）	
３．ワイヤガイド駆動型共振 SIDM アクチュエータの安定駆動に関する研究		3
東京大学新領域創成科学研究科人間環境学専攻	准教授　**森 田　　剛**	
４．破壊・非破壊を自在に実現するロボットハンドシステムの開発		4
金沢大学理工研究域機械工学系	准教授　**渡 辺 哲 陽**	
５．異材接合サンプル評価のための学習制御を用いた試験装置の開発		5
東京大学生産技術研究所機械・生体系部門	助　教　**木 村 文 信**	
６．長ストロークと高精度が両立できる特殊加工用５自由度磁気浮上アクチュエータの開発		6
日本工業大学工学部機械工学科	教　授　**張　　暁 友**	
７．金属・絶縁材料の複合微細構造を実現するフェムト秒レーザ直接描画法		7
名古屋大学大学院工学研究科ﾏｲｸﾛ・ﾅﾉ機械理工学専攻	助　教　**溝 尻 瑞 枝**	
（名古屋大学大学院工学研究科ﾏｲｸﾛ・ﾅﾉ機械理工学専攻	教　授　秦　　誠 一）	
８．機構部品表面の耐食・耐摩耗性向上に関する研究		8
群馬大学大学院理工学府知能機械創製部門	准教授　**小 山 真 司**	
９．電磁ダンパを用いた自動車の連携サスペンションに関する研究		9
東京理科大学工学部機械工学科	講　師　**林　　隆 三**	
１０．摩擦・摩耗・環境を考慮したせん断モード微小疲労き裂進展特性の評価法の開発		10
福岡大学工学部機械工学科	教　授　**遠 藤 正 浩**	

研　究　題　目　　助成対象者（共同研究者）　　頁

１１．医療画像撮影装置の性能向上と被験者負担軽減に貢献する供給圧力制御式空気軸受の開発　11

豊橋技術科学大学大学院工学研究科機械工学系　講　師　**伊 勢 智 彦**

１２．特異姿勢の動力学的有用性にもとづく多関節ロボットの瞬発的動作　12

神戸大学大学院ｼｽﾃﾑ情報学研究科ｼｽﾃﾑ科学専攻　准教授　**浦 久 保 孝 光**

１３．難所調査への応用を目指した衝突安全性および作業性を兼備した飛行ロボットシステムの開発　13

埼玉大学大学院理工学研究科機械科学系専攻人間支援・生産科学部門
准教授　**程 島 竜 一**

１４．スラストフォイル気体軸受のバンプフォイル形状の最適化とその実験検証　14

東海大学工学部機械工学科　教　授　**落 合 成 行**
（テキサス A&M 大学機械工学専攻　教　授　ﾙｲｽ ｻﾝ ｱﾝﾄﾞﾚｽ）

目　　次

科　目　名	助成対象者	頁
１．鹿児島工業高等専門学校　電気電子工学科 工学実験Ⅱ（センシング・メカトロニクス） 工学実験Ⅴ（ファスト・モーションコントロール）	准教授　**樫 根 健 史**	15
２．香川高等専門学校　機械電子工学科 メカトロニクスシステム設計	准教授　**由 良　諭**	19
３．群馬工業高等専門学校　機械工学科 機械工学概論　工作実習　メカトロニクス エレクトロニクス概論	教　授　**小 川 侑 一**	23
４．函館工業高等専門学校　生産システム工学科 生産システム創造実験Ⅰ （ガイダンス　基礎演習①機構と機械要素 基礎演習② モータと制御　基礎演習③ センサと PIC による制御 応用演習 一軸押出しロボットの開発　成果発表）	教　授　**本 村 真 治**	27
５．舞鶴工業高等専門学校　機械工学科 入門機械電気電子情報工学　機構学　機械設計法Ⅰ・Ⅱ 電気工学Ⅰ・Ⅱ　計測概論Ⅰ・Ⅱ　機械工学実験Ⅱ 知能機械工学　制御工学Ⅰ・Ⅱ	助　教　**須 田　敦**	30
６．津山工業高等専門学校　総合理工学科 電子制御実習Ⅰ　電子制御工学入門　電子制御工学Ⅰ・Ⅱ 情報処理Ⅰ　電子制御工学実験Ⅰ・Ⅱ・Ⅲ　機械力学 工業力学　制御工学Ⅰ・Ⅱ　センサ工学　制御機器 ロボット工学　メカトロニクス	教　授　**野 村 健 作**	33

非接触による光信号および電力伝送を用いた高速無限回転コネクタの開発

松本光広　神奈川大学　准教授

１．目的

高速な無限回転において通信のための電気信号と電力を安定して伝達できる回転コネクタを実現する。本研究では、回転コネクタの構想図から実際に回転コネクタを設計および構成する。

２．研究内容

電気信号は光信号へ変換して用いる。光信号は、固定側ユニットおよび回転側ユニットを用いて、送信および受信を分ける。図１に固定側ユニットおよび回転側ユニットの構成を示す。固定側ユニットの LED から送信された光信号は、小レンズにより平行光に変換される。小ミラーにより、水平方向から垂直方向に光の進行方向を変換する。回転側ユニットの小ミラーにより、垂直方向から水平方向に光の進行方向を変換して、小レンズを介してダイオードにより受信する。回転側ユニットの LED から送信された光信号は、大レンズにより平行光に変換される。ここで大レンズの中心部の光は吸光板により吸収され、レンズ外周付近の光のみ用いる。大ミラーにより、水平方向から垂直方向に光の進行方向を変換する。固定側ユニットの大ミラーにより、垂直方向から水平方向に光の進行方向を変換して、大レンズを介してダイオードにより受信する。電力は、一対の送信および受信コイルを用いた電磁誘導により伝達する。同心円状の渦巻型による平面コイルを用いて、中心軸部を空洞とする。図２に、図１に示す回転コネクタの構想図から実際に設計および構成した回転コネクタを示す。

３．成果

（１）回転コネクタの構想図から、回転コネクタを設計した。

（２）実際に回転コネクタを構成した。

（３）今後、構成したコネクタを高速に回転させて、コネクタにおける電気信号および電力の伝達について性能を確認する。

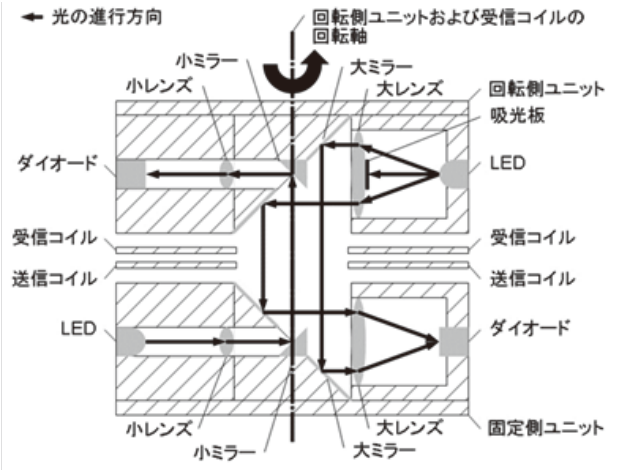


図１　回転コネクタの構想図

図２　実際に構成した回転コネクタ

電動乗用車用２モータトルク差増幅型トルクベクタリングデファレンシャルとそれを用いて４WD相当の走行性能を実現する２WD車に関する研究

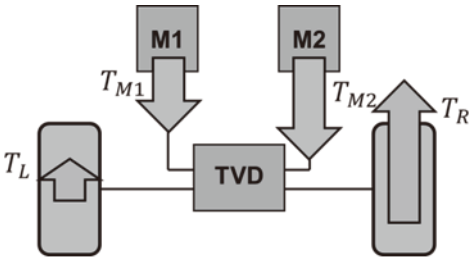
澤瀬　薫　一関工業高等専門学校　教授

１．目的

トルクベクタリングデファレンシャル（以下ＴＶＤ）は，左右輪間の駆動トルク差を発生させることで直接ヨーモーメントを制御し，乗用車の走行性能を向上させる装置である。本研究は，電動乗用車に好適な２モータトルク差増幅型ＴＶＤの実用化と活用に向けて，本ＴＶＤの課題の抽出と，本ＴＶＤを小型軽量な構造で実現するための設計論の提示，さらに本ＴＶＤを用いて４WD相当の走行性を有する２WDの提示を目的とする。

２．研究内容

２モータトルク差増幅型ＴＶＤは，図１のように２機のモータの駆動トルクの差をα倍に増幅させて左右の車輪に分配伝達する装置である。走行中に１機のモータが失陥すると左右輪間に大きなトルク差ΔTが生じることから，１モータ失陥時の車両挙動が懸念される。本課題について，後輪にＴＶＤを搭載した２WD車を想定し，前輪を１輪に集約し，後輪は２輪とした簡便な３輪車両モデルを用いて解析を行った。



$$\Delta T \equiv T_R - T_L = \alpha \cdot (T_{M2} - T_{M1})$$

図１　２モータトルク差増幅型ＴＶＤ

本ＴＶＤの機能は，４要素２自由度の遊星歯車機構を用いて実現できる。小型軽量なＴＶＤの実現に向け，速度線図を用いて図１の機能を実現する機構と構造を表現し，その分類と特性評価を行った。

また，電動乗用車では従来とは異なる車両パッケージングが可能といわれている。そこで，本ＴＶＤを搭載した，後輪分担荷重が極端に大きな２WD車の運動性能を数値シミュレーションにより示した。その優位性を実証するため，以上の成果を反映させた実験車両を製作し，走行実験を行った。

３．成果

（１）本ＴＶＤ搭載車の１モータ失陥時の車両挙動を評価する指標として，運転者の理想的な回避操作を前提として４輪のタイヤ摩擦力の観点から物理的な安定化能力を求めるヨーモーメント余裕を導いた。これを用いてモデル車両を評価した結果，失陥時の前後Ｇ，ＴＶＤの増幅率αが大きいほど余裕が小さくなることを示した。

（２）同一の３要素２自由度遊星歯車２組を用いる場合に小型軽量化に適する本ＴＶＤ構造を考察した結果，その構成方法は４種類に分類され，それのうち本研究で試作した構造が最も優れることを導いた。

（３）後輪分担荷重が大きいＴＶＤ搭載の後輪駆動２WD車が４WD車に迫る運動性能を発揮することを数値シミュレーションにより示した。本検討結果に基づき実験車両を製作して走行実験を行い，狙い通りに運動性能が向上することを確認した。

ワイヤガイド駆動型共振 SIDM アクチュエータの安定駆動に関する研究

森田　剛　東京大学　准教授

１．目的

大型超音波振動子で発生させた振動を細棒弾性体で伝播させ、微小領域でのリニア駆動を行うアクチュエータとして、ワイヤガイド駆動型共振駆動 SIDM (Resonant-type Smooth Impact Drive Mechanism)を提案している。一般に、このような強力超音波用振動子の駆動では、非線形性や発熱等の理由により共振周波数が変化してしまう。ワイヤガイド駆動型共振 SIDM アクチュエータでは、二つの振動モードの共振周波数比が 1:2 から変化してしまうと駆動できなくなるので、本研究ではこれを補償するために超音波振動子に駆動用圧電部とは別に共振周波数調整用圧電部を設け、これを電気的に開放・短絡スイッチングさせることによる共振周波数制御法を提案した。

２．研究内容

一般に、圧電体はその電気的な境界条件によってそのスティフネスが変化する。これは電気的に短絡されている状態では圧電効果により発生した電荷が両電極間で相殺されるのに対して、開放状態では電極内の圧電発生電荷が配分されるために、外力に対するひずみエネルギーが小さくなるためである。本研究では、この現象を利用し、圧電振動子中に駆動用圧電部とは別に共振周波数調整用の圧電部を設け、これを FET スイッチングすることで共振周波数を調整することを試みた。すなわち、FET で調整用圧電部を開放状態とするとスティフネスが大きくなり、共振周波数が高く制御することができる一方、短絡状態にすると、共振周波数を低くできる。

本原理を利用することで振動子の共振周波数が駆動周波数と一致するように制御したところ、Fig. 1 のようなアドミッタンス曲線が得られた。これは、89.3 kHz から 90.6 kHz までアドミッタンス位相が 0° となり、この間の範囲で駆動周波数を変化した場合にも共振状態が維持されていることを示している。この結果を応用して共振周波数比の制御を行うために Fig. 2 のような振動子を試作した。この段付構造により予め共振周波数比が 1:2 付近となるように設計されており、提案手法によりこの比を微調整した。スイッチングのデューティ比を変化させることにより共振周波数比を 2.000 から 2.012 の範囲での制御に成功した。この成果により、R-SIDM の高電圧印加による共振周波数比の変化を補償し，高性能化が期待できる。

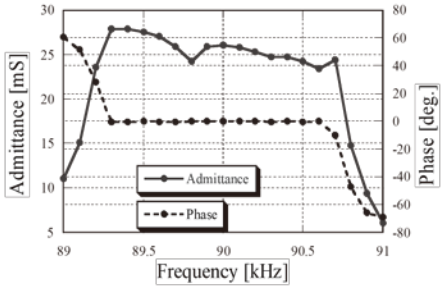


Fig. 1 共振周波数制御システムを用いて
計測したアドミッタンス曲線

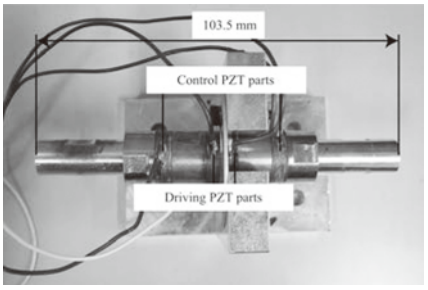


Fig. 2 共振周波数比の制御可能な超音波振動子

３．成果

（１）超音波振動子駆動中の共振周波数制御法を確立した。

（２）提案した共振周波数制御法により，共振周波数比を駆動中に制御することに成功した。

破壊・非破壊を自在に実現するロボットハンドシステムの開発

渡辺哲陽　金沢大学理工研究域機械工学系　准教授

１．目的

本研究では，非圧縮性流体を充填した指先で物体をつかむ際，破壊に関する事前知識なしに，破壊の予測と防止を実現する方法論を開発する．この方法論をベースに，破壊，非破壊を自在に実現するロボットハンドシステムの開発に取り組む．破壊を考慮に入れる必要のある様々な作業に着目し，破壊を制御しながら対象作業を実現するシステムの開発に取り組んだ．

２．研究内容

2.1　柔らかい物体圧縮時の線形領域検出に基づく破壊予測の高度化：図１に示すように豆腐をはじめとする各種やわらい物体を，流体を充填した流体指で圧縮した際，破壊前に線形領域が現れる．この線形領域検知により，破壊をより前もって予測できる方法を実現した．

2.2　やわらかさと硬さを合わせもつロボットハンドの開発：図２に示すようなグリッパを開発し，豆腐の下部に指先を滑り込ませながら，豆腐を破壊させずにすくい上げる作業を含め，６８種類以上のアイテムをハンドリングできるシステムを実現した．

2.3　破壊を考慮に入れた各種作業の実現：破壊を防止可能な医療用レトラクタシステムの開発，ミニトマト収穫ロボットシステム，薄いシートを，座屈を起こさせながらも破壊させずに把握するための解析を行った．

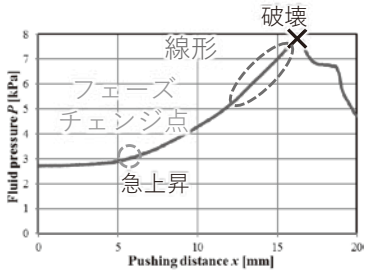


図１　豆腐圧縮試験結果：線形領域検出に基づく破壊予測

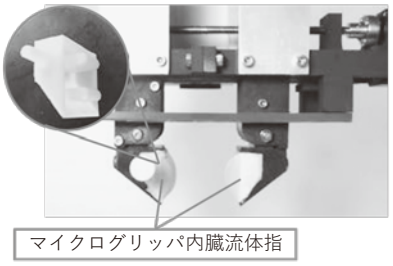


図２　やわらかさと硬さを合わせもつロボットハンド

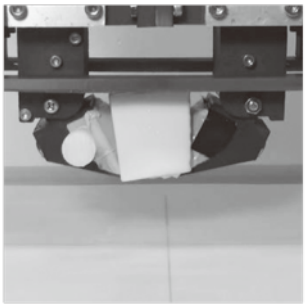


図３　絹ごし豆腐をすくい上げた結果

３．成果

（１）Toshihiro Nishimura, Kaori Mizushima, Yosuke Suzuki, Tokuo Tsuji, and Tetsuyou Watanabe, Variable-grasping-mode underactuated soft gripper with environmental contact-based operation, IEEE Robotics and Automation Letters, Vol.2, No.2, pp.1164-1171, 2017. doi:10.1109/LRA.2017.2662086

（２）Yoshinori Fujihira, Toshihiro Nishimura, and Tetsuyou Watanabe, Bent Sheet Grasping Stability for Sheet Manipulation, IEEE Robotics and Automation Letters, Vol.1, No.1, pp.415-422, 2016. doi:10.1109/LRA.2016.2522091

（３）Toshihiro Nishimura, Yoshinori Fujihira, Ryota Adachi, Tetsuyou Watanabe, New Condition for Tofu Stable Grasping with Fluid Fingertips, Proc. of the IEEE International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics (CASE), pp.335-341, 2016. DOI: 10.1109/COASE.2016.7743425

異材接合サンプル評価のための学習制御を用いた試験装置の開発

木村文信　東京大学　助教

１．目的

近年，新しい金属と樹脂の接合技術として，ねじや接着剤などを使用しない「金属・樹脂直接接合」が注目され研究が進められているが，信頼性が不十分なため実用化に至っていない．信頼性を向上するためのアプローチの一つに，様々な条件で作製した接合サンプルの評価試験を繰り返すことが考えられる．評価試験としては，重ね継手構造の接合サンプルのせん断力評価（引張試験）が多く行われているが，一般的な試験機を用いているために純粋なせん断力が計測できていないといった点や，耐久性の評価（疲労試験）が実施できていないという点が課題として残されている．本研究ではこれらを解決するため，新たに接合サンプル用の試験装置を開発することを目的とした．

２．研究内容

重ね継手構造の接合サンプルの両端から引張方向に負荷を与えて試験する際，(a)負荷の方向・軸が接合界面内を通る，(b)引張負荷によるサンプルの変形（たわみ）を抑制する，といった点を考慮する必要があるが，従来の試験方法（装置）ではこれらに対応できていなかった．そこで本研究では，初めにこれらの問題を解決するため，重ね継手構造に適したつかみ具の提案・設計を行った．設計したつかみ具を有限要素法によって数値解析的に評価し，本つかみ具の機能を有する引張試験装置および疲労試験装置を開発した．各試験装置を駆動するため，それぞれに適した制御方法（学習制御など）を検討した．

３．成果

（１）重ね継手構造に適したつかみ具として図１に示すような構造を提案した．有限要素法によって提案構造のシミュレーションを行い，非対称な重ね継手構造に起因する軸のずれや試験時に生じるサンプルのたわみを抑制できることを確認できた．

（２）提案つかみ具構造を有する引張試験装置を試作した．サンプル間で差が出ない引張試験が実施できることを確認した．しかし，そのまま加振することで疲労試験に用いることはできないことを確認し，疲労試験装置に要求される仕様を明らかにした．

（３）引張試験装置の開発で得た知見をベースに疲労試験装置を開発した（図 2）．摩擦などに起因する設計段階のモデル化誤差のため，設計時よりも加振可能な帯域は狭くなったが，実用上十分な性能（振幅 1 kN，周波数 30 Hz 程度）を有していることを確認した．今後の接合サンプル評価のための基盤および研究の指針を確立することができた．

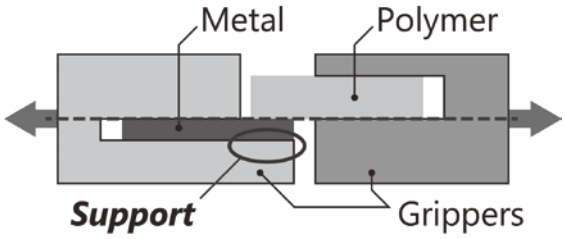


図 1 重ね継手構造の接合サンプルのためのつかみ具の模式図．

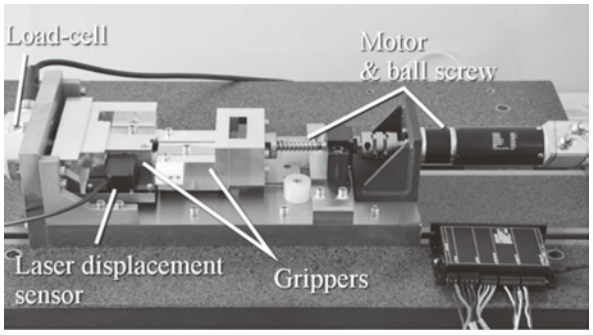


図 2 開発した疲労試験装置の外観

長ストロークと高精度が両立できる特殊加工用
５自由度磁気浮上アクチュエータの研究

張　暁友　日本工業大学機械工学科　教授

１．目　的

近年，難削性材料をより高能率に，より高精度に，より高品位に加工することが求められている．そこでは，本研究では，長ストロークと高精度位置決めを両立できる５自由度制御型磁気浮上アクチュエータの開発，およびそれを従来の加工機に取り付け，放電加工や研磨加工の高速化・微細化の実現を目的としている．

２．研究内容

図１に提案する５自由度制御型磁気浮上アクチュエータの原理図を示す．軸に取り付ける永久磁石の上下に，２個で１セットとする８個ずつのコイルが配置される．永久磁石は電磁軟鉄を挟んだ三段構造となっている．上下は極性の異なるリング状の磁石であり，中央はリング状の電磁軟鉄である．この構造により磁束を集中することが可能となる．

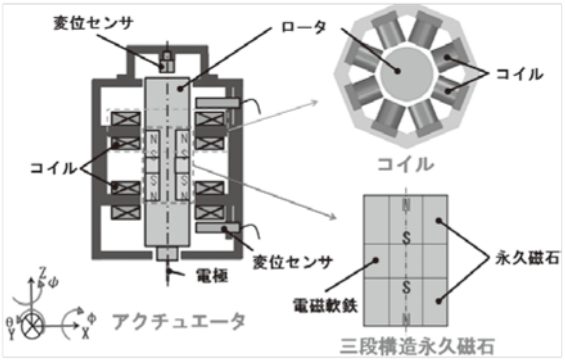
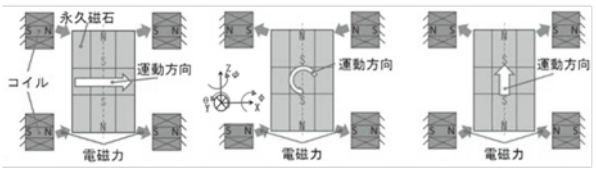


図１　アクチュエータの構成

図２（a）のように，右側のコイルと永久磁石間に吸引力を発生させ，左側には反発力を発生させることによって浮上物のＸ方向の運動を制御できる．Ｙ 方向の運動制御も同様である．一方で，図２（b）のように上下のコイルが発生した電磁力の方向が逆になる場合，Ｙ 軸周りの回転運動を制御できる．また，図２（c）のように上側のコイルと永久磁石間に吸引力を発生させ，下側には反発力を発生させることによって浮上物のＺ方向の運動を制御できる．



(a)Ｘ方向の並進運動　(b)Ｙ軸周りの回転運動　(c)Ｚ方向の並進運動

図２　各運動方向の駆動原理

試作したアクチュエータとそのロータを図３に示す．アクチュエータの高さは 190mm，幅は 134mm，質量は 8.0Kg である．ロータの長さは 148mm，径は 45mm，質量は 0.7Kg である．ロータの変位は，渦電流型変位センサにより測定される．

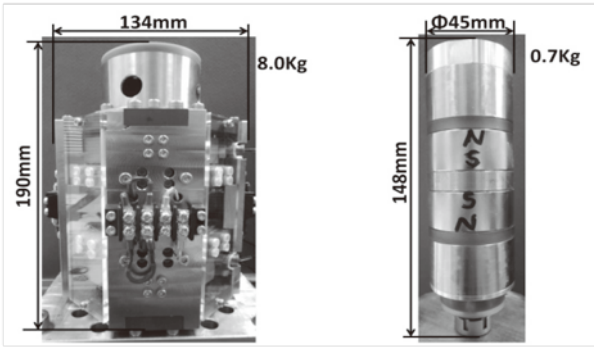


図３　試作したアクチュエータ

アクチュエータのコントローラを設計して浮上実験を行った．Ｘ、Ｙ とＺ方向のロータの振動の両振幅は，それぞれ 30μm，44μm，22μm となり，一方でＸ とＹ 軸周りの回転方向の振動は両方とも 0.6mrad となった．今後は制御パラメータをチューニングし，アクチュエータの位置決め精度を向上する．

３．成　果

（１）放電加工や研磨加工の高速化・微細化を実現するため，長ストロックを有する５自由度制御型磁気浮上アクチュエータを提案，実現していた．

（２）磁気浮上アクチュエータのコントローラを設計し，その電気系と制御系を構築した．また，アクチュエータに適用してロータが浮上できた．

金属・絶縁材料の複合微細構造を実現するフェムト秒レーザ直接描画法

溝尻瑞枝　名古屋大学　助教

１．目的

本研究では，金属・絶縁体材料の複合微細構造形成のためのフェムト秒レーザ直接描画法の基礎検討を目的とした．具体的には，ポリマー上への Cu 系微細構造の直接描画特性評価と，曲面表面上への応用の 2 点について取り組んだ．

２．研究内容

フェムト秒レーザ直接還元描画法は，金属酸化物ナノ粒子を大気中で還元焼結し，金属微細構造を描画形成するプロセスである．本研究では，シリコーン樹脂の一種であるポリジメチルシロキサン上へ CuO ナノ粒子溶液を塗布して描画し，その描画特性を評価した．更に，立体部材表面へのセンサ作製への応用を目指し，ガラスやポリマーチューブ上への Cu 微細構造の描画を検討した．

Figure 1 に描画形成した微細構造のエックス線回折パターンを示す．レーザパルスエネルギーを 0.54 nJ とし，描画速度を 0.5～20 mm/s の範囲で変更した．その結果，すべての条件において基板樹脂は溶融せず，微細構造が描画形成された．描画速度 15，20 mm/s では，未還元の CuO ナノ粒子に起因するピークが見られた．一方，描画速度 10 mm/s 以下では CuO はほとんどなく，Cu や Cu_2O が生成された．描画速度 0.5 mm/s 以外は Cu-rich であり，微細構造はすべて導電性を有していた．

Figure 2 に，導電性微細構造が描画形成できる条件を用い，立体構造上への応用を行った．Figure 2(a)はガラス球（曲率半径 4 mm）表面上へ，Fig. 2(b)は塩化ビニルチューブ上（曲率半径 2 mm）への最小 10 μm 線幅の Cu 微細構造が描画できることを示した．

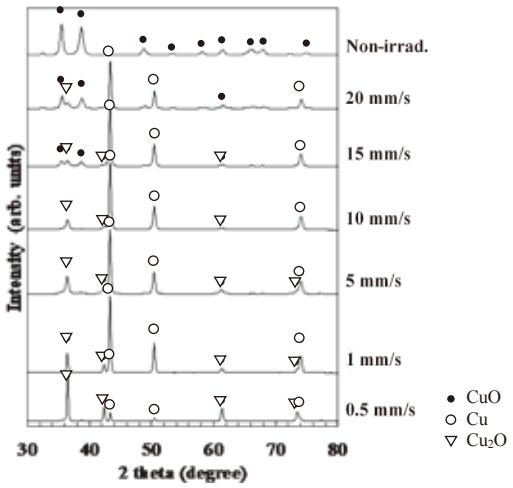


Figure 1 XRD spectra of the micropatterns fabricated by femtosecond laser reduction of CuO NPs on the PDMS.

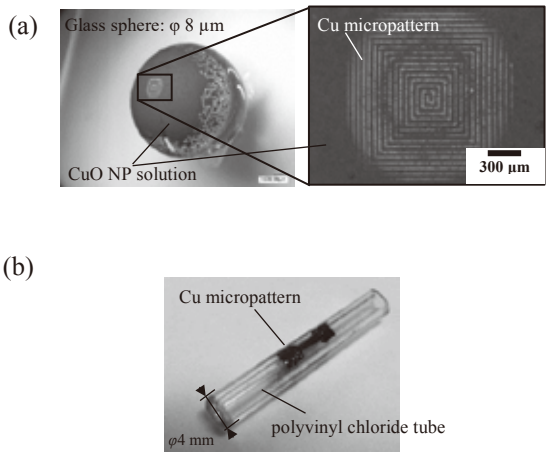


Figure 2 Cu-based micropatterns (a)on a glass sphere and (b)on a polyvinyl chloride tube.

３．成果

フェムト秒レーザ還元直接描画法を用い，CuO ナノ粒子を還元焼結してシリコーン樹脂上へ Cu 微細構造を描画形成した．球やチューブ曲面表面上への応用展開の可能性も示すことができた．

機構部品表面の耐食・耐摩耗性向上に関する研究

小山真司　群馬大学　准教授

１．目的

工具鋼は焼入れ性を有することから，焼入れにより表面硬度，耐摩耗性を向上させる方法が一般的である．また，工具鋼に窒化処理を施すことで表面に窒化物層を形成させ，表面硬度，耐摩耗性を向上させる方法も広く利用されている．一方，表面改質の方法として，拡散処理を用いたほう化処理が挙げられる．中でも Al 添加溶融塩浸漬法は，特別な設備が必要なく比較的安価に処理が可能である．そこで本研究では，工具鋼に対してほう化処理を適用し，表面硬度，耐摩耗性を向上させることを目的とした．

２．研究内容

供試材には高 Cr 合金工具鋼 KD11MAX を検討対象とし，ほう化処理は 10%の Al を含む四ほう酸ナトリウム浴中に浸漬することで行った．処理条件は，処理温度を 1303 K で一定とし，処理時間を 1.8~7.2 ks とした．処理後，浴中から取り出し空冷後，試験片表面の固着物除去のため 1.8 ks 間水中にて煮沸した．得られた硬化層の特性評価は，表面および断面ビッカース硬度試験，X 線回折，断面組織観察，および Ball-on-disk-type 摩耗試験により実施した．

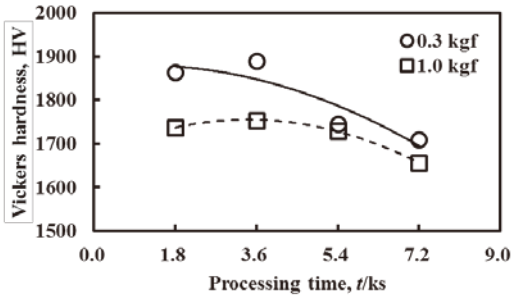


図 1 表面ビッカース硬度測定結果

表面硬度測定の結果，図 1 に示すように，処理時間および硬度測定荷重の増加に伴い表面硬度は低下する傾向が認められた．また断面組織観察の結果，図 2 に示すように，3 層からなる針状に伸長した層状組織が認められ，処理時間の増加に伴い層状組織全体の厚さは増加する傾向を示した．さらに線分析の結果，3 層からなる各層状組織に含まれる B 濃度は階段状に変化していた．よって処理時間の増加に伴い B の拡散浸透がより深い領域に進行することで，層状組織が形成されることがわかった．さらに摩耗試験の結果，図 3 に示すように，処理時間の増加に伴い摩耗深さが増加する傾向を示し，摩耗痕の縁からは O が強く検出されたことから，FeB がはく離・脱落したことでアブレシブ摩耗が進行したと同時に酸化摩耗が生じていたものと考えられる．

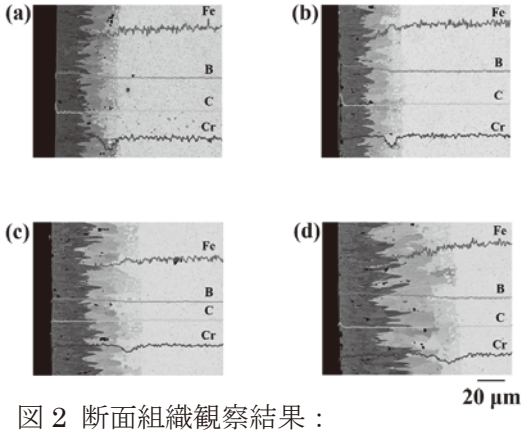


図 2 断面組織観察結果：
(a) 1.8ks, (b) 3.6ks, (c) 5.4ks, (d) 7.2ks

３．成果

（１）高い表面硬度と靭性を有するほう化物層を形成するには，処理時間 3.6 ks 以内が望ましいことがわかった．

（２）FeB 層がはく離・脱落したことでアブレシブ摩耗が生じていた．また Fe_2B 層中で摩耗が抑制されたことから，FeB は Fe_2B に比べ脆くはく離・脱落しやすく，Fe_2B は優れた耐摩耗性を有することがわかった．

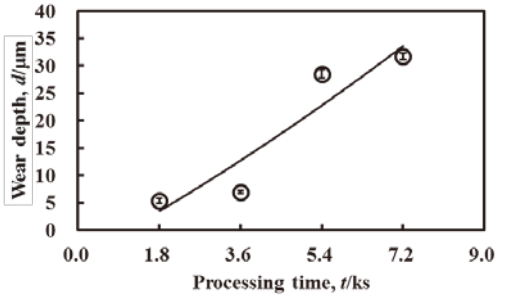


図 3 摩耗試験後の摩耗深さ測定結果

電磁ダンパを用いた自動車の連携サスペンションに関する研究

林隆三　東京理科大学　講師

１．目的

本研究では，自動車のショックアブソーバとして電磁ダンパを用い，図１のように４つの電磁ダンパを電気的に結合して互いに連携させることにより車体のバウンス・ロール・ピッチの３方向の減衰特性を分離し，各減衰特性を独立にチューニング可能にする手法の開発を目的とする．

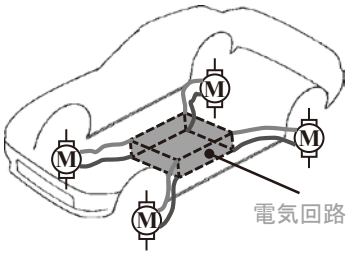


図１　電磁ダンパの電気的結合

２．研究内容

上記の目的を達成可能な電気回路として，理論解析と数値シミュレーションに基づき，図２に示すような３次元の抵抗ブリッジ回路を提案した．本回路の12個の抵抗は，４つを１組として，それぞれバウンス，ロール，ピッチ方向の減衰係数と対応しており，これらにより，車体の各方向の減衰特性を独立にチューニングすることが可能となる．

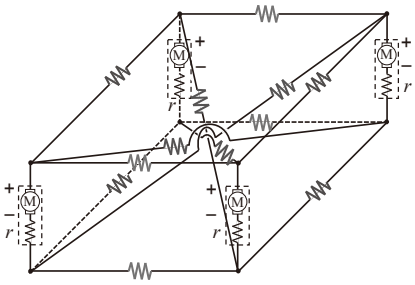


図２　提案した電気回路

提案した回路により車体の各方向の減衰特性を分離できることを確認するため，図３に示す実験装置を用いて減衰力特性の測定試験を行った．車体のバウンス・ロール・ピッチにより生じるサスペンションの動きに相当する回転を負荷用モータにより電磁ダンパ相当のモータに与え，そのときに電磁ダンパ相当モータが発生するトルクを計測し，車体に発生する力とモーメントに換算して減衰特性を測定した．

図３　実験装置

さらに，より現実的な有効性の実証を行うため，モータと電気回路は実物を用い，車体その他を数値計算モデルにより代用するHILS（Hardware-in-the-loop simulation）試験を行った．加減速や操舵を伴う悪路走行を想定し，加減速や操舵に応じて抵抗値を切り替えた場合の車体の挙動を計算した．

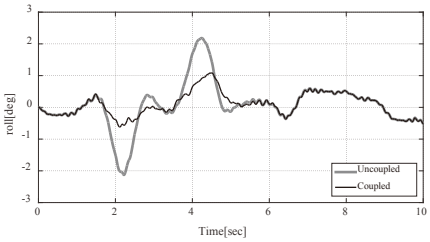


図４　車体ロール角

３．成果

（１）車体のバウンス・ロール・ピッチの３方向の減衰特性を分離し，各減衰特性を独立にチューニング可能にする電気回路を提案した．

（２）実物のモータと電気回路を用いた減衰特性測定試験により，提案した手法により実際に３方向の減衰特性を分離し，独立にチューニングできることを実証した．

（３）加減速や操舵を伴う悪路走行を想定したHILS試験を行い，抵抗値を適切に調節することにより乗り心地を悪化させずに加減速時のピッチングや旋回時のロールを抑制できることを示した．

摩擦・摩耗・環境を考慮した
せん断モード微小疲労き裂進展特性の評価法の開発

遠藤正浩　福岡大学　教授

１．目的

軸受等の転がり疲労損傷に密接に関連するせん断モード疲労き裂の発生・進展特性を，破壊力学の観点から評価する方法の開発を目的として，特に摩擦，磨耗，環境の影響を定量的に評価する新しい方法の開発に重点を置いて研究を行った．

２．研究内容

研究は次のように大きく２つに分けられる．

（1）軸受鋼 SUJ2 の繰返し往復すべり接触における摩擦と磨耗に関する研究

せん断モード疲労き裂の場合，き裂面間の摩擦がき裂進展の抵抗になる．軸ねじり疲労試験を用いて 2 円環突き合わせすべり試験を行い，図 1 のように，2 面が微小な変位で繰り返し往復相対すべりを起こしているときの摩擦係数を面圧 p，周波数 f，ねじれ角 θ，繰返し数 N の関数で計測した．また，微小な往復相対すべりによる接触面の損傷や組織変化についても系統的に調査した．

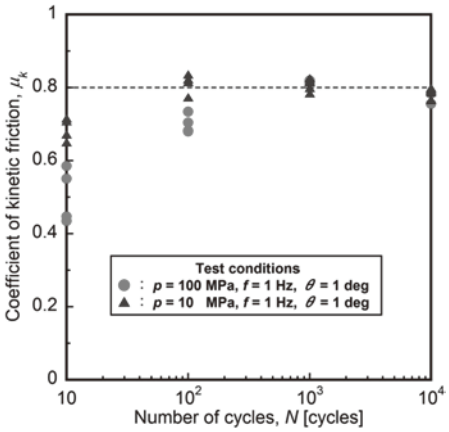


図 1　摩擦係数と諸因子の関係

（2）軸受鋼 SUJ2 のせん断モード疲労き裂の進展下限界特性に関する研究

真空中でせん断モード疲労き裂進展試験を行うことができる試験機を完成させ，下限界近傍のせん断型微小疲労き裂の真空中の進展挙動について検討した．その結果，真空中のせん断モード進展下限界条件は空気中に比べて上昇することが明らかになった．また，パイプ状試験片に内圧を作用させて，図 2 のように，せん断モード疲労き裂の進展下限界は静的なモードⅠ荷重の負荷によって大きく低下することを明らかにした．

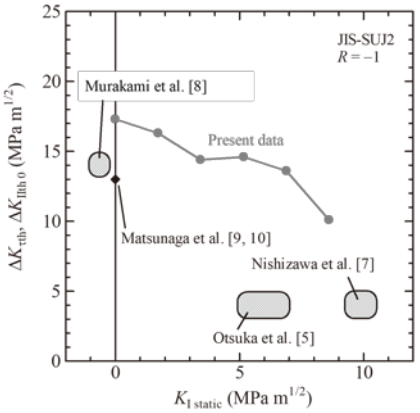


図 2　せん断モード下限値とモードⅠ応力拡大係数の関係

３．成果

せん断モード疲労き裂進展試験機の性能を拡張して，純ねじり、純曲げ、組み合わせ曲げねじり荷重に平均荷重を負荷して試験できる汎用の試験機を開発中で，2018 年に市場に投入予定である．研究成果については下記の雑誌に論文として公表し，（公）NSK メカトロニクス技術高度化財団への謝辞を記した．

（１）Y.TANAKA, M.ENDO and S.MORIYAMA, Effect of initial contact surface condition on the friction and wear properties of bearing steel in cyclic reciprocating sliding contact, International Journal of Fracture Fatigue and Wear, Vol. 5, 2017, in press.

（２）S.OKAZAKI, K.WADA, H.MATSUNAGA and M.ENDO, The influence of static crack-opening stress on the threshold level for shear-mode fatigue crack growth in bearing steels, Engineering Fracture Mechanics, Vol.174, 2017, pp. 127-138.

医療画像撮影装置の性能向上と被験者負担軽減に貢献する供給圧力制御式空気軸受の開発

伊勢智彦　豊橋技術科学大学　講師

１．目的

本研究の目的は，X 線 CT 装置の回転体のようなアンバランスがある回転体を回転しても，その発生力と負荷方向に応じて軸受への空気供給圧力を制御して，所要の非対称圧力を供給するようなシステムを構築し，従来にない新しい静圧気体軸受の使用法に対する有用性を実証することが目的である．このために，数値解析と実験を行った．

２．研究内容

本研究では，医療画像撮影装置の回転部のような大負荷回転体に対して，支持する負荷の大きさ（負荷容量）を大幅に増加させることが可能な軸受構造を考案し，その特性について研究を行った．回転によって発生する回転体の負荷方向には高い空気圧力を供給し，その反対側には低圧を供給する構造である．実験装置および測定系統図を図１に示す．空気軸受で支持された水平の回転軸をモータによって回転させる．直径 60mm の回転軸には偏心質量が負荷されており，偏心モーメントは 0.08kg･m である．空気圧力の制御メカニズムは，最小軸受すきま位置を検出し，上側，下側それぞれの給気圧力をステップ状に切り替えるというものである．非線形軌道法を用いた数値計算では，時間ステップごとに，スロット入口の圧力を変化させた．回転試験では，回転軸の絶対位置が検出できるよう加工を施し，その情報をもとに給気圧力を電空レギュレータで制御した．試験を行った結果，たとえば 420rpm で回転させた場合，図２に示すように制御開始以降 y（鉛直）方向の振動振幅が減少し，提案方法の効果を確認した．また，数値計算結果と軸振動の傾向が一致することを確認した．

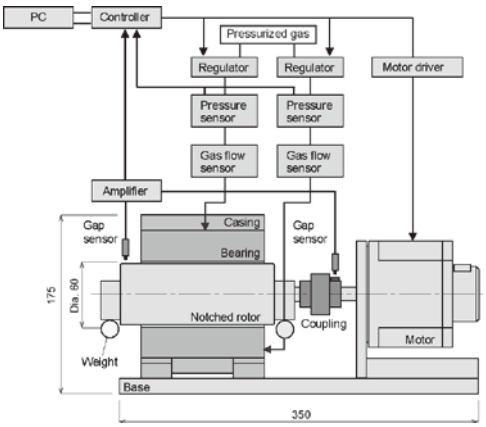


図１　試験装置および測定系統図

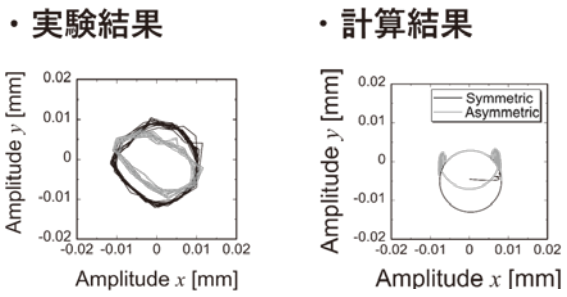


図２　試験結果および計算結果

３．成果

（１）Ise. T., Imanishi. K., Ueki. T., Asami. T., Reduction of shaft Vibration by Pressure Control of Externally Pressurized Gas Journal Bearings with Asymmetric Gas Supply (Experiments of single direction control), Proc. of ICSV 23, Athens (Greece), July 2016.

（２）伊勢，植木，松原，河村，給気圧力制御方式ジャーナル空気軸受の動的特性，日本機械学会東海支部第 66 期総会・講演会講演会，No.122, 2017

特異姿勢の動力学的有用性にもとづく多関節ロボットの瞬発的動作

浦久保孝光　神戸大学　准教授

１．目的

本研究では、多関節ロボットによって重量物の引っ張り・持ち上げなどのダイナミックな動作を行う場合に、特異姿勢を用いた瞬発的動作が有用であるかどうかを、数値シミュレーション、実験、理論解析を通して調べ、特異姿勢の動力学的性質を明らかにすることを目的とする。とくに、これまでの我々の研究によって、ベースを固定された２リンクアームにおいては、特異姿勢を用いて消費トルク（もしくはエネルギ）を低減した動作が可能であることが分かっている。この有用性が、より自由度の多いロボットにおいても見られるかを明らかにする。

２．研究内容

具体的に、以下の３つのロボットを対象として、重量物の運搬動作における特異姿勢の有用性を調べた。動作達成に必要な消費トルクを最小化する、もしくは、消費トルクを一定として移動距離を最大化する動作を数値最適化計算によって求め、得られた動作に対して運動方程式に基づく解析および考察を行った。

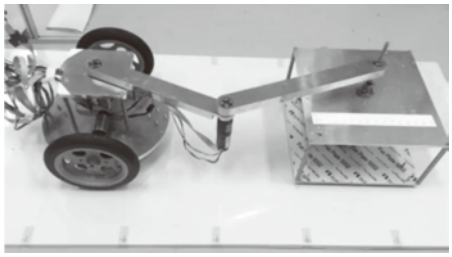


図１ モバイルマニピュレータ

・２リンクアームを搭載したモバイルマニピュレータ

図１に示すモバイルマニピュレータによって、重量物を床面上で引き摺りながら運搬する動作を考える。アームがある方向に曲がった状態から、モバイルベースを移動させながら特異姿勢を通過し、アームが反対方向に曲がった状態となる運動が最適解として得られる。理論解析によって、このとき大きな引張り力が発生することを明らかにし、実機実験によってもこの有用性を確認した。

・３リンク平面冗長ロボットアーム

このロボットに対しても、同様な特異姿勢の有用性を数値シミュレーションによって確認した。ただし、２リンクアームの場合と比べて、冗長自由度を利用して必要なエネルギを効率的に生成する動作などが準最適解として見られた。

・３次元ロボットアーム

このロボットに対しても、特異姿勢の有用性が数値シミュレーションによって確認された。ただし、目標の運搬方向に依存するが、２リンクアームの場合と比べて、最適動作においては遠心力などの多様な力学的効果を利用可能であると考えられる。

３．成果

（１）モバイルマニピュレータの結果においては、特異姿勢通過による大きな引張り力の発生を、数値シミュレーション、理論解析、実機実験によって確認できた。

（２）平面冗長ロボットアームの結果においては、冗長性があっても特異姿勢の有用性が確認されるとともに、さらに冗長性を活用した動作も可能であることが確認された。

（３）３次元ロボットアームの結果においては、目標の運動方向に応じて、特異姿勢のみならず他の力学的効果も利用した効率的動作が可能なことが確認された。

難所調査への応用を目指した衝突安全性および作業性を兼備した飛行ロボットシステムの開発

程島竜一　埼玉大学　准教授

１．目的

マルチコプタは自然災害調査やインフラ点検への活用が期待されているが，対象とする調査環境には岩場や被災建物や橋梁の鉄骨など，狭隘で入り組んだ空間が存在する．そのため衝突の危険性や操縦者への心的負担が大きく，また現時点ではマルチコプタの作業性能が調査活動には十分と言えない．

この課題を解決するために，マルチコプタ，球殻フレーム，能動 2 自由度を有するジンバル機構，そのジンバル機構と一体化した単軌道を自走する雲台の 4 要素から構成する飛行ロボットを開発し，その飛行ロボットを用いた新たな難所調査のための飛行ロボットシステムを構築する．そして実用化に向けた基盤技術を確立することを目的とする．

２．研究内容

提案する飛行ロボットの特徴は（1）外部への衝突時の衝撃力軽減，（2）離着陸性能の向上，（3）球殻フレームを利用した地上走行，(4) ジンバル機構と自走式雲台による全方位マニピュレーションである．従来は機体保護という機能のみに特化した防護フレームを作業装置にも転用することで衝突安全性と作業性を両立させた．

提案する飛行ロボットシステムを構築するために，以下の項目について検討を行った．

（１）機体保護機能と作業機能を有する能動回転型球殻フレームの開発
（２）飛行ロボットのロバストな姿勢制御
（３）墜落防止のためのフェールセーフシステム
（４）運用のための地上局システムの開発

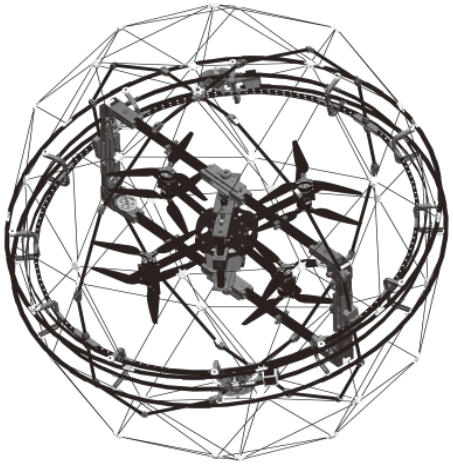


図１　飛行ロボットの外観

３．成果

（１）ワイヤ差動型駆動機構を採用し，アクチュエータを機体ベース部分に搭載した回転部分が軽量なジンバル機構，およびピンギヤ走行機構と呼ばれる単軌道走行システムを導入した走行雲台を組み合わせた 3 自由度位置決め機構を開発し，球殻フレームと組み合わせることで図 1 に示す能動回転型球殻フレームを有した飛行ロボットを開発した．

（２）飛行ロボットの姿勢制御として，代表的なロバスト制御であるスライディングモード制御を導入した．制御のサンプリング時間やモータの応答性の問題を解消するため，スライディングモード制御の内部に従来の PID 制御を組み込むことで最低限の安定性を保証した．

（３）墜落防止のためのフェールセーフシステムを開発した．機体バッテリ残量低下時，地上局との通信ロスト時，センサやモータの異常検知時に，飛行ロボットが地上局へ自動帰還または上空待機を行うような機能を導入した．

（４）飛行ロボットのヘルスモニタリングが可能な地上局を開発した．実環境での運用に不可欠なバッテリ残量や各種センサの値を地上局にてリアルタイムで取得できるシステムや操縦者の負担を軽減する遠隔操縦システムを構築した．

スラストフォイル気体軸受のバンプフォイル形状の最適化とその実験検証

落合成行　東海大学　教授

１．目的

超高速回転機械を支持する軸受要素として，フォイル気体軸受は，低摩擦，低コストなどの特徴を有することからこれまで様々な研究開発がなされてきたが，信頼性など軸受特性の更なる改善が望まれている．そこで本研究課題では，スラスト気体フォイル軸受において，トップフォイルをバックアップするバンプフォイル構造の最適化により，軸受特性の改善を図ることを目的とした．

２．研究内容

２．１　実験装置および実験方法

図１に本研究で提案したバンプメッシュフォイル軸受の写真を示す．トップフォイルをバックアップするバンプフォイルの素材を金属メッシュとし，プレス加工により写真のような波形を形成した．

図１　バンプメッシュフォイル軸受

２．２　実験結果

本研究では，フォイル構造の弾性特性，摩擦トルク，軸受温度を測定した．各実験において，バンプメッシュフォイル軸受に加え，一般に用いられているバンプフォイル軸受及びメタルメッシュフォイル軸受（フラットな形状）の３種類の軸受を対象に実験を行い，比較した．

弾性特性実験より，軸受に荷重を加えた際と除荷した際にバンプメッシュフォイル軸受が最も大きなヒステリシス特性を示し，高い構造減衰が期待できることが確認された．一方，摩擦トルクの測定結果から算出した摩擦係数の結果（図２）より，バンプメッシュフォイル軸受は浮上し易く，高速回転時における摩擦係数が最も低くなることが確認された．また温度測定結果から，温度上昇も抑えられることがわかった．

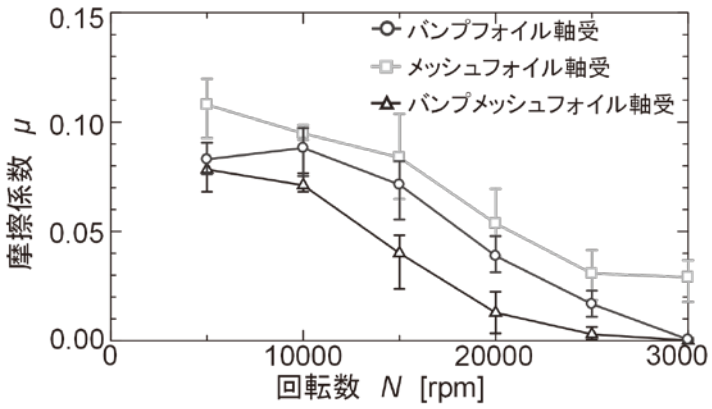


図２　摩擦係数の実験結果

３．成果

（１）バンプメッシュフォイル軸受では，従来のバンプフォイル軸受と比較して大きなヒステリシス特性を有し，高い構造減衰が期待できる．

（２）バンプメッシュフォイル軸受では，バンプフォイル軸受より空気潤滑膜が形成され易く，浮上特性に優れるものと考えられる．またこれに伴い，高速回転時の摩擦係数も小さくなる．

（３）バンプメッシュフォイル軸受では，バンプフォイル軸受に比べて温度上昇が抑制される．

以上より，本研究で提案したバンプメッシュフォイル軸受は，優れた特性を有することが確認された．

樫根健史　鹿島工業高等専門学校　准教授

申請者・担当代表教員					
	ふりがな	かしね　けんじ	印	E-mail	
	氏　名	樫根　健史		役職	電気電子工学科・准教授
	所属機関、学科	鹿児島工業高等専門学校　　電気電子学科			
	ホームページ URL	http://www.kagoshima-ct.ac.jp/			
	同上所在地	〒899-5193 鹿児島県霧島市隼人町真孝 1460-1		電話番号	0995-42-9000
				連絡先FAX	

この報告書を　鹿児島工業高等専門学校として承認いたします。

鹿児島工業高等専門学校

校長　　丁　子　　哲　治　　校長印

科目名	電気電子工学実験Ⅱ（実習テーマ：センシング・メカトロニクス実習） 電気電子工学実験Ⅴ（実習テーマ：ファスト・モーションコントロール実習）

1. 教育概要

鹿児島高専電気電子工学科では、メカトロニクス技術とセンシング技術に対する学生の学習意欲向上と技術習得の高度化を図るため、当該技術を有機的に結びつけた新たな実習テーマを立ち上げ、実践的な教育を行った。実習テーマの概要は次のとおりである。

テーマ１：目に見えない電気電子の世界を“感じながら学ぶ”センシング技術の実体験教育を目的として、本学科 3 年次の工学実験Ⅱにおいて「センシング・メカトロニクス実習」を実施する。

テーマ２：メカトロニクス的な“五官”を駆使した高速度駆動制御に関する実践教育を目的として、本学科 4 年次の工学実験Ⅴにおいて「ファスト・モーションコントロール実習」を実施する。

上記実習テーマは、既存の講義科目との連携を図り、理論と実践を多角的に結びつけた授業展開とした。また、実習の主要機器に、汎用のデータ収集・制御デバイス（NI LabVIEW、NI myRIO）を活用し、作業の省力化・効率化を図ると共に、学生の自由な発想を生かせる環境を提供することで、当該技術の持つ問題点や限界点を気づかせ、新たな価値を持つセンシングデバイス開発への意欲と高い探究心を与えるよう工夫した。

本技術教育の実施によって、センシングデバイスを中心としたメカトロニクス技術と電気電子技術の双方の教育高度化と授業の効率化を図られ、さらに、学生の学習意欲と当該技術への理解度を高めることができた。

なお、本技術教育は現在もなお、開発・改良中であり、社会技術の動向に合わせ、今後も柔軟に対応すべく、授業の改善を行っている。

2. 教育の目的、実施した対象とする学年、クラス（混合 or 単独学科かなど)、学生人数、必修か選択か、コマ数と教職員の体制、

【教育の目的】

テーマ１：センシング・メカトロニクス実習（３年次前期・電気電子工学実験Ⅱ）

メカトロニクス技術を利用した電気電子素子・デバイスの特性計測装置を学生自ら構築し、見える形でそれらの特性を評価する工学実験を展開することで、学生の電気電子工学への学習意欲の向上と、基本的なセンシングデバイス利用技術の定着を図る。

テーマ２：ファスト・モーションコントロール実習（４年次後期・電気電子工学実験Ⅴ）

メカトロニクスで多用するセンサ（圧力、光、加速度、ジャイロ）とカメラ（画像）を駆使し、高速で動作する物体を検知・処理・制御する課題へ取り組む工学実験を行い、学生自身がメカトロニクス技術とセンシング技術の双方の持つ問題点に気づき、その解決手段を提案する開発技術を養う。

【実施対象学年等の実績】

科目名	学年・クラス	学生人数	必修/選択	コマ数*	教職員の体制
計測工学Ⅰ	３年（単独学科）	44	選択	1	教員 1
計測工学Ⅱ	３年（単独学科）	44	選択	1	教員 1
電子回路Ⅰ	３年（単独学科）	44	選択	1	教員 1
電子回路Ⅱ	３年（単独学科）	44	選択	1	教員 1
電気電子工学実験Ⅱ	３年（単独学科）	44	必修	2	教員 2、技術職員 1
制御工学**	４年（単独学科）	40***	選択	1	教員 1
電気電子工学実験Ⅴ	４年（単独学科）	40***	必修	2	教員 3、技術職員 1

*1 コマ ＝90 分／週

**通年科目

***定員数

3. 実施した授業の達成度、教育の効果と今後の課題

本学科では、平成 27 年度入学者よりカリキュラムを変更しており、本メカトロニクス関連実習もこの変更に即して実施している。そのため、テーマ 1 関連は現在（平成 29 年度）実施中であり、テーマ 2 関連は次年度（平成 30 年度）から実施するため、現時点において詳細な授業の達成度は不明である。ここでは、現在実施中の状況とこれまでの当該実習に関する準備状況から、期待される授業の効果と今後の課題について報告する。

テーマ１：センシング・メカトロニクス実習関連（計測工学Ⅰ・Ⅱ、電子回路Ⅰ・Ⅱ、電気電子工学実験Ⅱ）

「計測工学Ⅰ」「電子回路Ⅰ」（３年次前期開講）において、計測の基礎および電気電子素子・デバイスについて学習する。また、「電気電子工学実験Ⅱ」において、様々な計測センサやメカトロニクス機器を利用した電気電子素子・デバイスの特性計測、評価試験を行う。この実習では、電気電子素子の特性計測を学生自身で能動的に進めるための実験装置を製作した。この実験装置は、計測機器の制御や被測定素子からの情報取得に NI myRIO を利用しており、これらを用いて計測を自動化するためのプログラムを NI LabVIEW にて、学生自ら構築・作成できるようにしている。また、得られる計測結果は、同じく NI LabVIEW により波形観測、データ収集し、特性を瞬時にグラフ化（可視化）することができる。この実験装置を用いることで、学生は、被測定素子の特性をビジュアルにとらえることができ、また、被測定素子ごとの特性の違いも瞬時に把握できるため、電気電子素子・デバイスの特徴や特性への理解度を高めることができる。また、この実験装置の使用方法を理解すれば、様々な素子・デバイスの特性計測が可能となるため、実習全体の作業効率化を図られ、学生の幅広い知識習得につながる。以上の実習を踏まえ、次期開講科目である、「計測工学Ⅱ」、「電子回路Ⅱ」（３年次後期開講）への理解が深まる。

テーマ２：ファスト・モーションコントロール実習関連（制御工学、電気電子工学実験Ⅴ）

モーションコントロールの基本となる基礎制御理論について、「制御工学」（４年次通年開講）の中で教授する。この講義の中で、学生は過渡応答や周波数応答、PID 制御等の基礎理論を学ぶ。その上で、電気電子工学実験Ⅴ（４年次後期開講）において、倒立振子ロボットやマルチコプター等の高速駆動制御や、物体の高速移動制御等に関する課題を提示し、学生は、実際の機器とメカトロニクスで多用するセンサ（圧力、光、磁気、加速度、ジャイロ）とカメラ（画像）を用いて、その課題解決に挑む実習を行う。実習では、まず、シーソー型振子を用いて、NI myRIO と NI LabVIEW によるセンサ信号処理の方法や PID 制御の基礎を学習する。次に、倒立振子ロボットやマルチコプターの姿勢制御に関する課題を与え、ファスト・モーションコントロールにおける問題点とその解決策を自ら見つけ出し、考えながら学べるようにしている。

なお、この実習は 4 人一組のグループでの作業とし、学生同士の知識の共有と、作業の効率化を図る。また、上記の実習機材に加え、Web カメラの画像から、物体の位置や移動速度を検出し、制御に利用する画像処理機能搭載ロボットを現在作製中であり、学生の学習意欲向上が期待される。

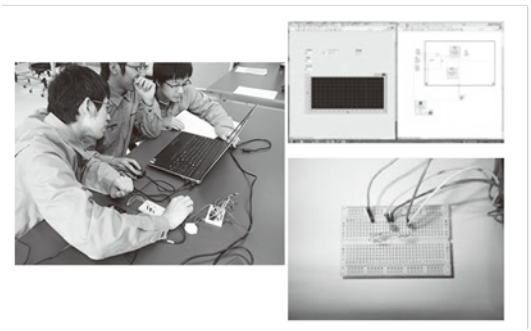


図 1　センシング・メカトロニクス実習

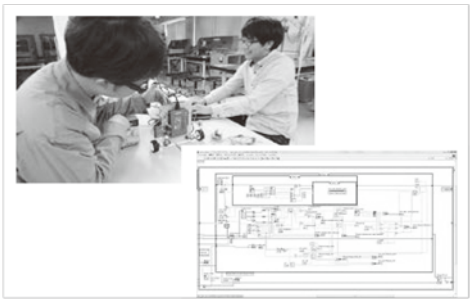


図 2　ファスト･モーションコントロール実習

4. 使用した教育機材の問題点と予定と相違した場合（有れば）その理由

センシング・メカトロニクス実習で作製したデバイス特性計測装置は、NI myRIO を用いることで、被測定素子ごとに必要な専用基板の構造が簡素化させるため、ダイオード、トランジスタ、ホール素子、圧電素子等、多くの電気電子素子の特性を計測できるものとなった。しかし、この実習を行う上で、プログラム構築に利用する NI LabVIEW の使用方法等の理解に多くの時間が必要であることが分かり、プログラムの大部分を事前に指導者が準備しなければならない状況となった。プログラムの構築は、学生の論理的思考能力を高めるためにも重要であることから、関連教科との連携や、プログラム作成時間を別途確保するなどの対策が必要となる。

ファスト・モーションコントロール実習関連では、倒立振子ロボットやマルチコプターを使った高速駆動制御に関する実習教材を開発した。この中で、マルチコプター制御を題材とした実習教材は学生の関心も高く、意欲的に実習に取り組んでもらえると思っているが、現段階では、安全面や破損等のへの配慮のため、実際に飛行させることができない。このため、飛行の自由度がある程度制限されるが、市販の安価な小型マルチコプターを活用するなどして、学生の学習意欲を損なわないよう改善する必要がある。

図 3　マルチコプター制御実習装置

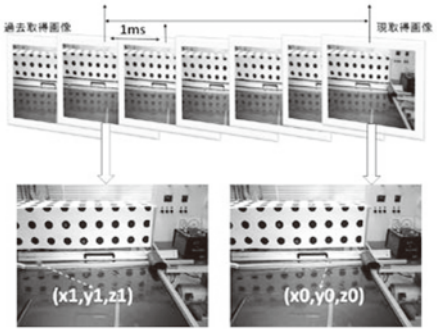


図 4　画像認識による速度検知

由良　諭 香川高等専門学校　准教授

申請者・担当代表教員					
	ふりがな	ゆら　さとし	印	E-mail	
	氏　名	由良　諭		役職	准教授
	所属機関、学科	香川高等専門学校　機械電子学科			
	ホームページ URL	http://www.kagawa-nct.ac.jp/			
	同上所在地	〒761-8058 香川県高松市勅使町 355　高松キャンパス		電話番号	087-869-3893
				連絡先FAX	087-869-3879

この報告書を　　香川高等専門学校として承認いたします。

高等専門学校
校長　　八尾　健　　校長印

科目名	メカトロニクスシステム設計（工学実験 I および技術科学表現演習 II を含む）

1. 教育概要

企業の製作現場での新技術導入を踏まえ，実践的技術者養成の現場でも，現存授業の高度化・充実化を進め，新技術体験の場を整えることが必要となった。香川高等専門学校機械電子工学科のメカトロニクス技術教育の主幹授業である「メカトロニクスシステム設計（工学実験 I および技術科学表現演習 II を含む)」（４年生で開講）の高度化のため，新たに低学年（１年生～３年生）を含めて，講義・実験実習に 3DCAD および 3D プリンター導入した。あわせて電子系実験実習のため，電子部品，および回路基板 CAD／CAM 装置用工具の数・種類の充実をはかった。

メカトロニクス技術教育のカリキュラムでは，「メカトロニクスシステム設計（工学実験 I および技術科学表現演習 II を含む)」の低学年（1 年生～３年生）の連携科目を含めて，担当教員 10 名で年間 720 時間（合計必修 24 単位）の授業を実施している。担当教員の体制や授業時間数を維持し，学校が有する備品・部品を更新し，新技術導入によりメカトロニクス技術教育の更なる高度化や充実化が可能である。

2. 教育の目的、実施した対象とする学年、クラス（混合 or 単独学科かなど）、学生人数、必修か選択か、コマ数と教職員の体制、

＜教育目的＞

マイクロコントローラ（PIC）搭載の自律型ロボットの設計・製作などを通じて，企業における「モノづくりグループワーク」の現場でリーダーとなるべき，電気電子分野や情報分野の基礎知識を有する機械技術者を育成する。

＜教育体制＞

「メカトロニクスシステム設計（工学実験Ⅰおよび技術科学表現演習Ⅱを含む）」と連携科目の総授業時間数は合計 720 時間（合計必修 24 単位），担当教員数は合計 10 名である。以下に対象クラス，学生人数，総授業時間数，担当教員を示す。

＜申請科目＞

○対象クラス：機械電子工学科　４年生（40 名），授業時間数：210 時間（必修 7 単位）

（授業時間内訳）

メカトロニクスシステム設計　　総授業時間 30 時間（必修 1 単位）

工学実験Ⅰ　　総授業時間 150 時間（必修 5 単位）

技術科学表現演習Ⅱ　　総授業時間 30 時間（必修 1 単位）

○担当教員：平岡（電子系・情報系），十河（機械系），由良（電子系），正箱（機械系）

メカトロニクスシステム設計，工学実験Ⅰ

○担当教員：由良

技術科学表現演習Ⅱ

連携科目の対象クラス，学生人数，総授業時間数，および平成 28 年度の担当教員を示す。

＜連携科目＞

○対象クラス：機械電子工学科　１年生～３年生（3 クラス合計 120 名）

総授業時間数：510 時間（合計必修 17 単位）

（授業時間内訳）

基礎実験実習Ⅰ・Ⅱ・Ⅲ　　総授業時間数 240 時間（合計必修 8 単位）

メカトロニクス基礎Ⅰ・Ⅱ・Ⅲ　総授業時間数 270 時間（合計必修 9 単位）

○担当教員：平岡，十河，由良，相馬（機械系），嶋崎（機械系），正箱，石井（機械系），津守（電子系），高橋（実習工場担当）（機械工学科）

基礎実験実習Ⅰ・Ⅱ・Ⅲ

○担当教員：平岡，十河，由良，逸見（電子系・情報系），正箱，石井

メカトロニクス基礎Ⅰ・Ⅱ・Ⅲ

3. 実施した授業の達成度、教育の効果と今後の課題

＜授業の達成度＞

到達目標として以下の６つを掲げた。

①学んだ基礎技術をもとに，新たな要素（機械部品，機構など）を設計・加工・製作できる。

②3DCAD を用いて，設計した部品の図面を作成できる。

③3D プリンターを用いて，設計した部品を作製できる。

④回路基板 CAD／CAM 装置を用いて，回路基板のパターン設計・製作ができる。

⑤作製した回路基板に電子部品を実装できる。

⑥PIC アセンブラ言語のプログラミングができる。

上記目標のうち②の一部を除いて目標に到達することができた。

＜教育の効果と今後の課題＞

教育の効果として,上記到達目標①③④⑤⑥に関して学生が製作したロボットの例を写真で示す。

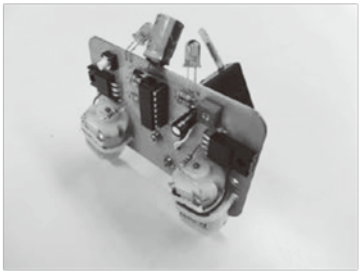


写真１　２つのモータ軸を脚として
移動するロボット（実習Ⅱで製作）

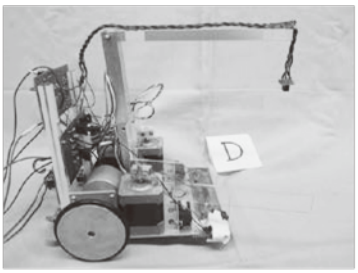
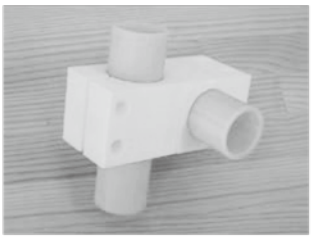


写真２　実施授業で製作された
移動ロボット（4 年生製作）

写真１は基礎実験実習Ⅱ（2 年生）で製作されたライントレースロボットである。ロボットの筐体自体が基板で構成された機械電子工学科オリジナルの教材である。写真 2 のロボットは実施授業で製作されたロボットである。車輪上側には駆動用 DC モータと学生により設計製作・実装された（駆動用）回路基板が搭載されている。ロボット前方（D の文字の斜め左下）には PIC マイコンを実装した基板が取り付けられており，ロボット動作をコントロールしている。写真より到達目標①③④⑤⑥に十分達していると考えられる。

今後の課題としては，到達目標②の完全な達成を挙げた。新たに導入した 3D プリンターを用いると写真 3 のように金属材料の組立だけでは不可能な，複雑な形状の部品を製作することができることがわかった。しかし現状では，(1)材料の強度不足により製作する部品の大きさに（おもに高さ）制限があること，(2)ロボット部品を 3D プリンターによって製作するには，プリンターと付属ソフトの使用に慣れるため，ある程度の期間の練習が必要であること，の２つの理由から，実施科目（第４学年）におけるロボットの 3D プリンターを用いた部品製作には至らなかった。



(a)はめ合い部品

(b)車椅子モデル

写真３　3D プリンターによる製作の例。ともに 50mm×50mm×50mm 程度の大きさ。

4. 使用した教育機材の問題点と予定と相違した場合（有れば）その理由

3 の「今後の課題」の中に示したように，導入した 3D プリンターは複雑な形状の部品（写真 3 参照）が製作できる。しかし材料の強度制限によりロボットの部品製作に使用するには，大きさの制限（おもに高さの制限）や，作製した部品にかかる力やトルクを事前に知る（設計・計算）必要がある。また，教員側がプリンターオペレータとなる（学生にプリンター使用方法を教授する）には，作製の可能／不可能の線引きを明確にすることと，3D プリンター使用上のコツをつかむ必要があった。

小川侑一　群馬工業高等専門学校　教授

申請者・担当代表教員					
	ふりがな	おがわ　ゆういち	印	E-mail	
	氏　名	小川　　侑一		役職	教授
	所属機関、学科	国立群馬工業高等専門学校　　機械工学学科			
	ホームページ URL	http://www.gunma-ct.ac.jp/			
	同上所在地	〒371-8530 群馬県前橋市鳥羽町５８０番地		電話番号	027-254-9147
				連絡先FAX	027-254-9148

この報告書を　国立群馬工業高等専門学校として承認いたします。
国立群馬工業高等専門学校
校長　　山﨑　誠　　校長印

科目名	機械工学概論（１年)、機械工作実習（１年、２年、３年)、メカトロニクス（３年)、エレクトロニクス概論（３年）

1. 教育概要

機械工学科を選択して入学してくる学生は従来からの自動車，オートバイ，航空機などの輸送機械分野と共に，近年では多くの学生が，ロボットや計測・制御などのメカトロニクス技術分野に興味を持って入学してきている。しかし、低学年では数学や力学基礎、英語など基礎科目が多く、専門科目の内容も設計製図や工作実習などの従来からの図面を描く技術や機械加工技術に比較的重点が置かれ、機械工学の面白さを体感させ興味・関心をもたせるという面で教育方法の改善が必要な状況となっている。低学年の学生の学習意欲向上のため機械工学に対する興味の持続、学習に対するモチベーションが必要不可欠である。

そこで、本カリキュラムでは教材として教育版レゴマインドストーム EV3 および TETRIX、ソフトウェアとして LabVIEW for LEGOMINDSTORMS を導入し、機械工学科１年生から３年生までの低学年において各種センサを利用したライントレースロボット題材とした教育を工作実習に導入してメカトロニクス教育の充実・高度化を図るものである。**１年次**ではカラーセンサを用いたライントレースロボットの製作、**２年次**では超音波センサを用いた衝突回避動作をするライントレースロボットの製作、**３年次**ではジャイロセンサを利用した二輪立ちライントレースロボットの製作を行う。これらの実技科目と連携して座学では**１年次**の機械工学概論で LabVIEW for LEGOMINDSTORMS のプログラミング方法、**３年次**のメカトロニクスやエレクトロニクス概論では各種センサーの仕組みやライントレースの仕組みについて学習する。

2. 教育の目的、実施した対象とする学年、クラス（混合 or 単独学科かなど）、学生人数、必修か選択か、コマ数と教職員の体制、

（1） **機械工学概論【1年】**

機械工学科（単独、必修科目）、40 人、計 270 分（＝90 分×3 回）

担当者： 小川 侑一（教授）

（2） **工作実習【1年】**：5 テーマの内の 1 テーマで実施、（8 人/1 班で 5 回/1 テーマを実習する）

機械工学科（単独、必修科目）、8 人、計 405 分（＝135 分×3 回/全 5 回）（**図 1**）

担当者： 平社 信人（准教授）、浅見 博（技術専門職員）

（3） **工作実習【2年】**：5 テーマの内の 1 テーマで実施、（8 人/1 班で 4 回/1 テーマを実習する）

機械工学科（単独、必修科目）、8 人、計 720 分（＝180 分×4 回/全 5 回）

担当者： 平杜 信人（准教授）、平間 雄輔（助教）

（4） **メカトロニクス【3年】**

機械工学科（単独、必修科目）、40 人、計 180 分（＝90 分×2 回）

担当者： 小川 侑一（教授）

（5） **エレクトロニクス概論【3年】**

機械工学科（単独、必修科目）、40 人、計 270 分（＝90 分×3 回）

担当者： 小川 侑一（教授）

（6） **工作実習【3年】**：5 テーマの内の 1 テーマで実施、（8 人/1 班で 4 回/1 テーマを実習する）

機械工学科（単独、必修科目）、8 人、計 180 分（＝90 分×2 回/全 5 回）

担当者： 小川 侑一（教授）、樫本 弘（准教授）

図 1 工作実習の授業風景（1年次）

3. 実施した授業の達成度、教育の効果と今後の課題

授業は機械工学科の１年生から３年生まで実技および座学と幅広く実施しているため各科目ごとの達成度や効果の評価は難いが、ロボットを製作する工作実習での結果について具体的に説明する。

１年次では教育版レゴマインドストーム EV3 の組み立てやソフトウェア LabVIEW for LEGOMINDSTORMS の使い方の習得が主な内容となる。まず最初のテーマでは、カラーセンサーを 1 個取付け、駆動輪は左右２輪と指示輪（ボール）でライントレースロボットの製作を行う。センサーがライン上にあるときとラインを外れたときオン・オフ制御でラインの境界上をトレースする仕組みである。機械制御のテーマとして動作原理が比較的分かり易く、また、ソフトウェア LabVIEW for LEGOMIND STORMS はプログラムが直感的で分かり易いため、低学年の教材としては大変使い易く学生からも好評である。車両を駆動する左右のモータスピードをパラメータとしてコースを周回するタイムを計測し同じ班の８人のタイムを競う（**図２**）。ロボットは設定したパラメータ値により周回タイムやトレース動作の様子が変わる。学生たちは、興味をもって課題に取り組んでいる。制御系の設計を行う場合に必要不可欠なパラメータチューニングの概念を体験できる。次のテーマでは、カラーセンサを２個取付けることで、両方のセンサがライン上にあるときは直進するといいう制御モードが可能となり、周回時間を短縮でき、多くの学生がセンサを増やすことで制御性能を向上できることを理解した。

２年次では超音波センサを用いたライントレースロボットの製作およびプログラミングをテーマとする。複数のロボットを同時に周回コース上を走行させ、超音波センサで前方のロボットとの距離を計測し、ロボット同士が設定した距離以下に近づいた場合は停止し衝突回避動作をする（**図３**）。ここでも LabVIEW for LEGO MINDSTORMS は超音波センサによる距離の計測プログラミングを短時間で行うことができる。学生は超音波センサという新しセンサを興味もって取り扱っている。

３年次ではジャイロセンサを利用した二輪立ちライントレースロボットの製作と走行試験を行う。制御により二輪立ちができるということに興味を持つようである。プログラムは複雑なため、学生が自力でプログラミングすることは難しく、用意したプログラムをインストールして利用している。

本カリキュラムは実施する教育内容に合わせてレゴマインドストーム EV3 基本セットと拡張セットや TETRIX ベースセットなどとの組み合わせやカラーセンサ、タッチセンサ、超音波センサ、ジャイロセンサなどの各種センサを利用してハードウェアを構成できるため拡張性に富んでいる。また、ソフトウェアについても LabVIEW for LEGOMINDSTORMS の他にも C 言語、Python などが標準で利用できるため、将来的には高学年のメカトロニクス教育との連携を含め、本校機械工学科の恒常的なカリキュラムとしてさらに充実・発展させていけるものと考えている。

図２　ライントレース走行試験（１年次）

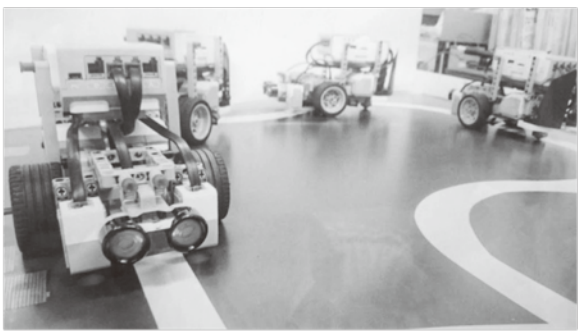


図３　超音波センサによる衝突回避試験（２年次）

4. 使用した教育機材の問題点と予定と相違した場合（有れば）その理由

本カリキュラムは、機械工学科１年生から３年生までの低学年に的を絞り、メカトロニクス教育を実施するものであるが、低学年に実施する授業であるため教育内容の検討のため、高専入学前の中学生１年生～３年生および本校３年生に対して試行的な授業（**図４**）を実施し、各テーマごとにロボットの組み立てに要する時間、プログラミングに要する時間、説明用の資料やパワーポイントなどの教材や、受講生の理解度など最初の１年間をかけて教育内容について教育効果等を検討した上で、本報告書「１．教育概要」に示したようなカリキュラムとした。

図４　試行的に行った授業風景

本カリキュラムの問題点としては、３年次のジャイロセンサを利用した二輪立ちライントレースロボットの製作と走行試験のテーマ（**図５**）を導入したが、プログラム自体が複雑なため学生が自力で作成することは不可能であったため、学生は前もって用意したプログラムに改良を加えたものをインストールして利用している。そのため、ロボットが二輪立ちしてライントレース動作をする様子は興味深く観察しているものの、プログラム自体はブラックボックス化してしまっているという問題点が挙げられる。

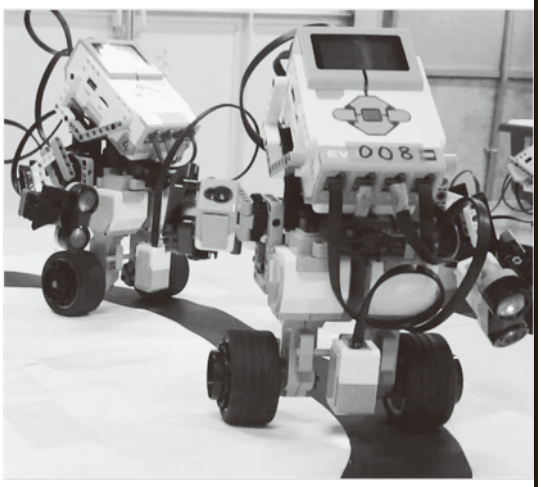


図５　二輪立ちライントレース走行試験（３年次）

なお、本カリキュラムは平成２７年度に始まり機械工学科１年生から３年生までの３年間をかけて科目間で連携を図りながら行い、平成２９年度で完成するため現時点（平成２８年度終了時点）ではまだ完成年度に至っていないため、本報告書は今後の予定を含めたものとなっている。今後さらに課題解決に努力していきたいと考えている。

本村真治　函館工業高等専門学校　教授

申請者・担当代表教員					
	ふりがな	ほんむら　しんじ	印	E-mail	
	氏　名	本村　真治		役職	教授
	所属機関、学科	函館工業高等専門学校　　生産システム工学科			
	ホームページ URL	http://www.hakodate-ct.ac.jp			
	同上所在地	〒042-8501 北海道函館市戸倉町 14 番 1 号		電話番号	0138-59-6409
				連絡先FAX	0138-59-6409

この報告書を　函館工業高等専門学校　として承認いたします。
函館工業高等専門学校
校　長　　但　野　　茂　　校長印

科目名	生産システム創造実験 I

1. 教育概要

平成 25 年 4 月、函館高専は全国高専に先駆けて高度化再編を行い、従来の機械工学科、電気電子工学科及び情報工学科をひとつの学科にまとめ、生産システム工学科（定員 120 名）をスタートさせた。生産システム工学科では、ものづくり、エネルギー、エレクトロニクス、情報技術の分野の発展に対して、分野共通の能力や分野横断的な能力を駆使して貢献できる人材の育成を目指いている。そのため、第 2 学年から 3 コース（機械コース、電気電子コース及び情報コース）に分け、所属コースの専門性に軸足を置いた教育に加え、生産システム工学に共通する専門性を習得するための学科共通教育を行っている。

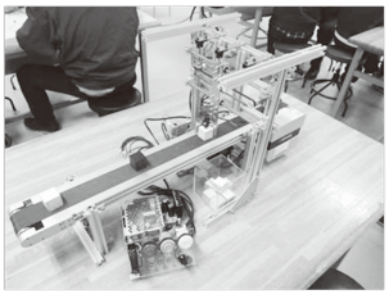


図 1　試作ロボット

学科共通の専門性を養うための特徴的な授業として、第 3 学年と第 4 学年に各コースの学生からなるチームによる課題解決型授業「生産システム創造実験Ⅰ・Ⅱ」を開講し、専門能力の適用力と分野横断的能力の育成を目指している。「生産システム創造実験Ⅰ」では、ロボットなど自動機械のシステム開発に必要な基礎技術のうち、機構及び機構を構成する機械要素、モータとその制御、各種センサ入力に基づくシステムの制御といった基礎的なメカトロニクス技術を基礎演習で体験的に学習する。さらに、応用演習として 3 コースの学生で構成するチームで、与えられた課題を解決するためのロボットの開発演習を行い、ロボットの開発プロセスを理解すると共に、課題解決能力の向上を目指す。

図 2　ロボット開発キッド

本助成により、新たな授業「生産システム創造実験 I」を実施するため教材開発と教材整備を行い、平成 27 年度と平成 28 年度の 2 年間授業を実施した。図 1 にデモ機として教材開発で試作した「白黒ブロック仕分けロボット」を示す。また、図 2 に教材として整備した「ロボット開発キッド」を示す。

2. 教育の目的、実施した対象とする学年、クラス（混合 or 単独学科かなど)、学生人数、必修か選択か、コマ数と教職員の体制、

図 3 授業風景

1）教育の目的

「生産システム創造実験Ⅰ」の教育目的は、メカトロニクス技術の基礎を理解し、簡単なロボット開発へ適用できる能力を身に付けることである。具体的な到達目標は以下のとおりであり、3 コースの学生全員がそれぞれの専門性を発揮しながら、バランスよくメカトロニクス技術の基礎を習得すると共に、各専門技術者の役割を理解することを目指している。

① リンクやカム等の基本的な機構の構造と機能，トランジスタ等の電子回路によるアクチュエータの制御法，各種センサの原理と利用法及び PIC による入出力制御法など、メカトロニクス技術の基礎を習得する。
② 設定された課題を解決するロボットの製作演習により，開発プロセスを理解し，チームによる共同開発に必要な汎用的スキル(議論，目標設定，計画，役割分担，製作，成果のまとめ、発表)を習得する。
③ チームで課題解決に取り組むことで、協調性，責任感，リーダーの役割を理解する。
④ 安全性とコストに配慮した機器開発を行うための基礎的能力を習得する。

2）実施した授業の対象

実施した授業は、生産システム工学科第 3 学年の学生 120 人（機械コース、電気電子コース及び情報コースの 3 コース、それぞれ定員 40 人）を対象とした必修科目である。2 単位の後期開講科目で、授業総時間は週 4 単位時間(実時間で 45 分×4 単位時間=180 分)×15 回で計 60 単位時間、実時間で 45 時間となる。教職員の指導体制としては、教員は 3 コースの専門教員が各 2 名の計 6 名が担当し、ものづくり実践の支援として、技術教育支援センターの技術職員 7 人(機械系 5 人、電気電子系 1 人、情報系 1 人)が指導にあたっている。

3. 実施した授業の達成度、教育の効果と今後の課題

1）基礎演習

授業の前半では、授業後半の応用演習（ロボット製作）を実施するために必要となるメカトロニクス技術の基礎として、機械、電気電子、情報分野の知識を得るため、各分野の基礎演習を実施した。

①基礎演習－1（機構と機械要素）：リンク及びカムによる揺動機構と往復直進機構の構造と運動、それらを構成するベアリングなどの機械要素を学習した後、レゴブロックを用いて各機構を再現する。また、3D-CAD のアセンブリ機能を用いて簡単な機構の設計を行う。

②基礎演習－2（モータの制御）：各種アクチュエータの構造と機能を学習し、特に DC モータについては特性測定を行って性能を確認した後、トランジスタ回路による ON/OFF 制御、PWM 方式による回転数制御を行う。

③基礎演習－3（PIC 制御）：PIC の基本的な機能と C 言語によるプログラミングを学習した後、センサとスイッチからの入力と、DC モータと LED への出力からなる仮想システムを試作し PIC を用いて制御する。

以上の基礎演習により、ロボット製作に必要なメカトロニクス技術の基礎を 3 コースの全学生が同じレベルで習得できた。その結果、後半の応用演習において、チーム内で異なるコースの学生同士が互いのアイデアについて議論し、また互いに協力しあう姿が多くみられ、完成したロボットには基礎演習で習得した技術要素が多く活かされていた。

2）応用演習

授業の後半は、1 班 6 人の計 20 チームがロボット製作に取り組んだ。課題は、今回の助成で整備したロボット開発キッドに含まれる標準部品（モータとセンサ、ベアリング、スライドブッシュ、シャフトホルダ、シャフト、タイミングプーリとベルト等の機構部品、アルミフレーム等の構造部材）をベースに、アルミ板材の加工部品を自作する程度で開発可能なテーマを設定した。

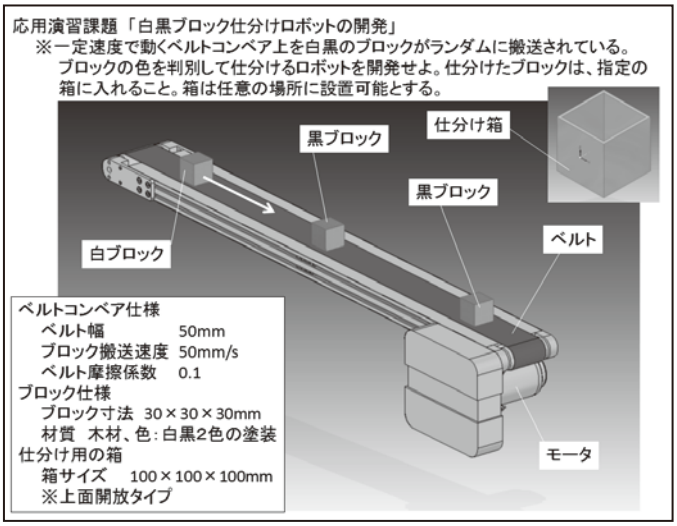
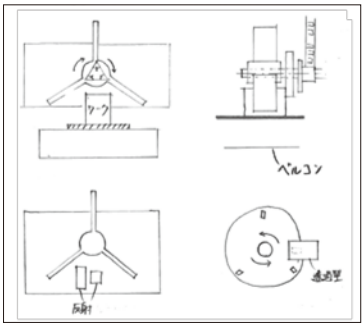


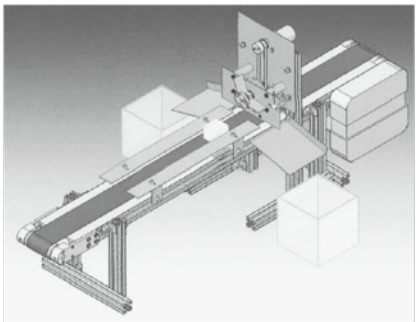
図 4　応用演習の課題の仕様書

図 4 に学生チームが製作したロボットの一例を示した。a)はアイデア図、b)は 3D-CAD で作成した組立モデル、c)は完成したロボットの写真である。どのチームも、授業前半での基礎演習の知識と経験をベースにアイデア出し、スケジュール計画、役割分担、機構の設計、タイミングチャート及びフローチャートの設計、制御プログラムの開発、部品製作、組立・調整といった一連のロボット開発プロセスを体験し、ロボットを完成させた。

以上のように、生産システム工学科の全学生が、基礎演習とロボット製作を通してメカトロニクス技術の基礎を習得するという教育目標は十分に達成できたものと考えている。また、平成 27 年度に本授業を受講した学生は、平成 28 年度に第 4 学年となって「生産システム創造実験Ⅱ」を受講し、より複雑高度なロボットシステムであるライントレースカーの製作に取り組み完成させている。このことから、第 3 学年で実施する本授業で高い教育効果が得られているものと考えられる。

なお、モータ、センサ、機構部品等の主要部品を追加していくことで、応用演習の課題設定に拡張性を持たせていくことが今後の課題である。


a)アイデア図(ﾌﾘｰﾊﾝﾄﾞ)


b)3D-CAD による組立モデル

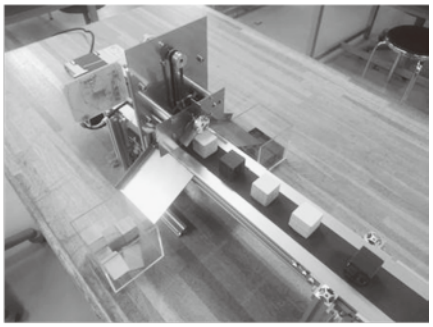

c) 完成したロボット

図 5　学生が製作したロボット

4. 使用した教育機材の問題点と予定と相違した場合（有れば）その理由

今回の助成によって教材として開発し必要数を導入した「ロボット開発キッド」を用いて、同一テーマで 2 年間授業を実践した。当初、限られた共通部品のため、教員がデモで紹介する試作ロボットと同じロボットが多数製作されるのではないかと懸念していたが、無用の心配であった。実際には、アイデアは似ているが各チームの独創性が盛り込まれたロボットが製作され、図 5 に示すように、試作ロボットとはまったく異なるアイデアで、しかも、試作を超えるシンプルで高機能なロボットが毎年数台は製作される結果となった。

なお、今後の展開として問題点をあげるなら、共通部品の範囲で実現可能な課題設定（教員のアイデアだし）が難しいことである。従って、応用演習の課題設定に柔軟性を持たせるため、モータ、センサ、機構部品等の主要部品を順次追加補充していきたいと考えている。

須田　敦　舞鶴工業高等専門学校　助教

申請者・担当代表教員					
	ふりがな	すだ　あつし	印	E-mail	a.suda@maizuru-ct.ac.jp
	氏　名	須田　敦		役職	助教
	所属機関、学科	舞鶴工業高等専門学校　機械工学科			
	ホームページ URL	http://www.maizuru-ct.ac.jp/			
	同上所在地	〒625-8511 京都府舞鶴市字白屋 234 番地		電話番号	0773-62-5600
				連絡先FAX	0773-62-5558

この報告書を　舞　鶴　工　業　高等専門学校として承認いたします。

舞鶴工業　高等専門学校

校長　　齋　藤　　福　栄　　校長印

科目名	入門機械電気電子情報工学（本科 3 年次，新設），他 7 科目

1. 教育概要

メカトロニクス技術の内容は機械・電気・ソフトウェアなど多岐に渡り，また機械系技術者（機械工学科の学生）であっても必要不可欠な技術である．そこで，本学科の授業でも本格的なメカトロニクス教育の導入を進めている．メカトロニクス技術の基礎である機構・制御の分野に，学生の興味・関心を向上させることを狙いとし，座学に実習を追加し実際にシステムを構築させることで，メカトロニクスシステムの基礎と応用力を身につけることを目的としている．

入門機械電気電子情報工学なる科目を新設しメカトロニクス教育の入り口とした．当該科目の新設により学生は，3D CAD によるモデリングができる，3D プリンタによる造形ができる，マイコンを用いた入出力ができる，モータの駆動ができる，ようになった．その他，複数の科目と連携した．9 科目（機構学，機械設計法，工作実習 II，電気工学，計測概論，創造設計製作，機械工学実験 II，知能機械工学，制御工学）の内容を見直し，実習を追加した．

学年進行に応じ，メカトロニクス教育を実践している．入門機械電気電子情報工学（3 年）でメカトロニクスの基礎を学ぶ．機構学と機械設計法と工作実習 II（3 年）が連動して，各種軸受を使用した簡単な機構を設計製作する．電気工学（4 年）にて基礎的な回路を製作しモータを駆動する．計測概論（4 年）にて各種センサを使用した物理諸量の計測を行う．創造設計製作（4 年）にて，簡易な電気自動車を製作し，これまで学んだメカトロニクスを実践する．機械工学実験 II と知能機械工学（5 年）が連携して，産業現場で実際に使用されているメカトロニクスに触れる．制御工学（5 年）にてこれまでに学んだ技術を応用し，質量ある対象を支え，変化に対応できる位置決め装置を実現する．

本助成により，メカトロニクス技術を習得した機械系技術者が養成の環境が整備された．

2. 教育の目的、実施した対象とする学年、クラス（混合 or 単独学科かなど)、学生人数、必修か選択か、コマ数と教職員の体制、

科目名	対象	人数	教職員体制
入門機械電気電子情報工学	3 年生（単独，必修）	40 人	須田
機構学	3 年生（単独，必修）	40 人	西山
機械設計法 I，II	3 年生（単独，必修）	40 人	豊田
工作実習 II	3 年生（単独，必修）	40 人	豊田，山田
電気工学 I，II	4 年生（単独，必修）	40 人	室巻
計測概論 I，II	4 年生（共通，必修）	40 人	小林
創造設計製作	4 年生（単独，必修）	40 人	山田，谷川
機械工学実験 II	5 年生（単独，必修）	40 人	室巻
知能機械工学	5 年生（単独，選択必修）	40 人	西山
制御工学 I，II	5 年生（単独，選択必修）	40 人	室巻，須田

3. 実施した授業の達成度、教育の効果と今後の課題

入門機械電気電子情報工学においては，メカトロニクス技術だけではなく知的財産情報の活用にも触れ，技術以外のスキルとして学んだ．各自が興味のある分野を調査し，文部科学省や特許庁が主催するパテントコンテストの参加を検討する者も現れた．マイコンを利用しセンサやモータなどの入出力処理について学習し，目に見えるだけのプログラミングから体感できるプログラミングとなり，機械工学科学生の弱点でもあるプログラミングの拒否反応が少なくなった．また，3D-CAD を活用し 3D プリンタやレーザ加工機などを用いてラピッドプロトタイピングができるようになった．当初設定していた“メカトロニクス技術の基礎技術を体得する”という到達目標は概ね達成できた．

その他の科目においては，既設科目の内容見直しということもあり大幅な変更がないこともあり，スムーズに導入できた．座学で教科書などの資料で紹介していた物が，実物でも紹介でき触れることができるようになりより一層理解が深まった．特に，工作実習 II や創造設計製作においては，これまでとは異なった挙動を示した．工作実習 II の軸継手製作においては，自発的に知的財産を調査するという行動が見られ，見つけた既存品の改良で新規性のある物を製作した者も見受けられた．創造設計製作の簡易な電気自動車製作においては，従来はバッテリーとモータを直接接続するにとどまっていた電気的な部分を，自発的にマイコンを使った制御ができないか検討する者が見られた．

メカトロニクス技術教育を導入・推進することにより，学生の自発性も向上した．この効果は，広い視点を持つ技術者育成につながる．本助成により，取り組みの枠組みが構築できたが，今後の課題として継続していくには消耗品の継続調達などの金銭的な課題が残る．教育効果についての課題は短期的では特になく，今後も教育改善の PDCA サイクルを実行していく．

4. 使用した教育機材の問題点と予定と相違した場合（有れば）その理由

制御用ソフトウェア（LabVIEW）の導入を予定していたが，メカトロニクス技術の初学者にはハードルが高く，導入には至らなかった．しかし，LEGO mindstorms に特化したバージョンのソフトウェアや，Kinect を導入することにより，メカトロニクス技術の初学者にも取り扱いが容易で理解が深まった．

3D プリンタによるラピッドプロトタイピングを試みたが，造形時間（製作時間）が長く，予定していた授業時間内に収めることが出来なかった．しかし，3D-CAD によってモデリングした物が 3D プリンタによって造形できるということは興味・関心の向上につながった．

工作実習 II と創造設計製作の科目では本助成との連携は予定していなかったが，学生の自発的行動により連携することとなった．これは予定と相違した点ではあるが，良い意味での予定と相違であった．

野村健作　津山工業高等専門学校　教授

<table>
<tr><td rowspan="5">申請者・担当代表教員</td><td>ふりがな</td><td>のむら　けんさく</td><td rowspan="2">印</td><td>E-mail</td><td colspan="2">nomura@tsuyama-ct.ac.jp</td></tr>
<tr><td>氏　名</td><td>野 村　健 作</td><td>役職</td><td colspan="2">教授</td></tr>
<tr><td colspan="2">所属機関、学科</td><td colspan="4">津山工業高等専門学校　総合理工学科（旧 電子制御工学科）</td></tr>
<tr><td colspan="2">ホームページ URL</td><td colspan="4">http://www.tsuyama-ct.ac.jp/honkou/gakka/densei.htm</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">同上所在地</td><td colspan="2" rowspan="2">〒708-8509
岡山県津山市沼 624-1</td><td>電話番号</td><td>0868-24-8277</td></tr>
<tr><td>連絡先FAX</td><td>0868-24-8219</td></tr>
</table>

この報告書を　　津山工業高等専門学校として承認いたします。

津山工業高等専門学校

校　長　　則　次　俊　郎　　校長印

科目名	電子制御実習Ⅰ，電子制御工学入門，電子制御工学Ⅰ，情報処理Ⅰ，電子制御工学実験Ⅰ，機械力学，工業力学，電子制御工学Ⅱ，電子制御創造演習Ⅱ，電子制御工学実験Ⅱ，制御工学Ⅰ，電子制御課題研究，電子制御工学実験Ⅲ，センサ工学，制御機器，制御工学Ⅱ，ロボット工学，メカトロニクス

1. 教育概要

津山工業高等専門学校電子制御工学科（2016（平成 28）年度の改組により総合理工学科）では，学科開設当初より「ハイテク時代に活躍するメカトロニクス技術者の養成」を学科教育目標に掲げ，機械，電気，情報の分野の知識を身に付け，融合した技術に展開できる能力をもつ技術者の養成に早くから取り組んできた。電子制御工学科で培われたカリキュラムポリシーは学科改組後に１学科制で学生を一括入学させる総合理工学科に継承され，異分野融合教育の全学的取り組みへと進展している。

メカトロニクス技術者の養成には，センサ（感覚），コンピュータ（頭脳），アクチュエータ（手足）から構成されるロボットのような，電気，電子，機械，情報工学で扱われる様々な技術が集約されるハードウェアに低学年のうちから手で触れる体験をさせることが重要である。電子制御実習Ⅰは，ロボットを操作する体験から，操作に必要な技術，ロボットを製作するにはどんな知識が必要なのか操縦の楽しさとともに融合技術の必要性を実感させる動機付けの科目である。電子制御工学入門では，メカトロニクスの定義と産業界における役割について，電子制御工学Ⅰはシーケンス制御の基礎知識と設計法について，情報処理ⅠではC言語の基本的プログラミング法について，いずれも座学によって習得させている。電子制御工学実験Ⅰでは，機械，電気，情報の実験からメカトロニクス関連テーマを厳選して実施している。工業力学では，初等力学の応用，機械力学では振動などの動力学を学び，電子制御工学Ⅱではマイクロコンピュータのプログラミング能力を身につけさせている。以上のように低学年では，メカトロニクスに必要な基礎知識と体験学習に重点をおいた教育課程としている。一方，高学年では制御工学Ⅰで学ぶフィードバック制御のように数学の素養が求められる科目や電子制御工学実験Ⅱで実施する機械制御，実践制御，応用制御，計装機器など実践的メカトロニクス技術に関連する実験テーマを設置し，基礎知識を融合して課題解決する能力を養っている。最終学年の５年生では，センサ工学，アクチュエータについて学ぶ制御機器，システム制御理論について学ぶ制御工学Ⅱ，ロボットの構成要素や運動機構について学ぶロボット工学，センサやアクチュエータの結びつきについて学ぶメカトロニクスを先端技術を含めて座学で講義している。また，電子制御工学実験Ⅲでは，PICやマウスの走行を題材として，８回分の時間を使って取り組む総合的課題に取り組ませ，課題解決のための一連のプロセスを体得させている。

本校，電子制御工学科では技術者養成のための科目群を低学年から高学年まで一貫して配置するとともに座学と実験・実習との連携を取りながら授業を実施してきている。

2. 教育の目的、実施した対象とする学年、クラス（混合 or 単独学科かなど)、学生人数、必修か選択か、コマ数と教職員の体制

教育の目的

科目（学年)	教育の目的
電子制御実習Ⅰ（1 年)	電子制御工学として必要な機械・電気・情報の技術を基礎的な実習を通じて総合的に体験させ，機械・電気・情報工学に精通した技術者の育成を目的とする。
電子制御工学入門(1 年)	電子制御（メカトロニクス）の定義と生い立ちを学び，産業界での役割を知り，その概要を理解する。後半では基本的な電気現象を量的に取り扱う方法・電気の諸量の相互関係について学習する。
電子制御工学Ⅰ(2 年)	シーケンス制御の基礎知識を身につけ，基本的な構成要素を用いて簡単なシーケンス制御系が設計できることを目的とする。
情報処理Ⅰ(2 年)	C 言語の文法や基本的アルゴリズムを修得し，情報処理技術の基礎を理解する。また簡単な工学問題を解くために必要なプログラミング能力を養う。
電子制御工学実験Ⅰ（3 年)	包括的内容の実験テーマに取り組むことで，基礎技術の理解を深化させるとともに，実験遂行能力および実験結果に対する考察能力を養う。
機械力学(4 年)	これまでの静的な力学から振動などの動的力学を学び機械の運動を理解する。
工業力学（3 年)	工業製品の設計の基礎となる力や変位などを，主に静力学を中心に，解析し得る能力を養う。
電子制御工学Ⅱ（3 年)	ディジタル回路およびマイクロコンピュータの基礎事項が理解でき，アセンブラおよびC言語の基本的なプログラミング能力を身につける。
電子制御創造演習Ⅱ(3 年)	テーマの目的を把握し，準備すべき事柄を認識し，発生した問題点に対し，自分の専門性を活かしながら，かつ他の専門技術とコミュニケーションを取りながら，解決に向けての創意・工夫を行うことによりエンジニアリングデザイン能力やチームワーク力を身につける。
電子制御工学実験Ⅱ（4 年)	3 年生までに学んだ専門講義科目の内容を主体的に実験することにより，専門分野の理解力を高め，合わせて実践力を養う。また，与えられた課題に計画的に取り組むことで課題解決能力を養う。さらに，報告書の作成により，実験内容の文書化やプレゼンテーション技術を習得する。
制御工学Ⅰ(4 年)	１入力１出力の基本的な制御を学習し，フィードバック制御の基本を理解する。
電子制御課題研究(4 年)	機械・制御工学の基礎的課題に取り組むことで，理解力や思考力解析力を高める。また，専門分野の英文の読解力，速読力を養成する。
電子制御工学実験Ⅲ（5 年)	包括的内容の実験テーマに取組むことで，基礎技術の理解を深化させるとともに実験の遂行能力および実験結果に対する考察能力を養う。
センサ工学（5 年)	機械の制御はその制御対象のある基準点からの距離，位置，角度，回転数などを知ることにより可能となる。各種のセンサを使ってこれらの情報を取得し，機械の制御に応用する能力を習得する。さらに，歪み，加速度，温度，光，磁界，超音波等のセンサの原理と活用について学ぶ。
制御機器(5 年)	制御システムに必要な機器の使用用途や構造・原理などを理解すると共に，数値計算ソフトを用いて，制御系を設計する能力の基礎を学ぶ。
制御工学Ⅱ(5 年)	システム制御理論の工学問題に対する位置付けと有用性を理解し，数学的記述による基本定理を道具としてどのように利用したらよいか把握するとともに，システムを微分方程式でモデル化する手法と，状態方程式で表されたシステムの安定性，可制御性，可観測性などといった設計法の基礎を理解する。
ロボット工学(5 年)	一般的なロボットの機能，構成，動作，駆動及び制御手法といったロボット工学の基礎知識を獲得を目的とする。また，ロボットの設計や機能を実現するために必要な技術力や問題解決能力をさらに深める。
メカトロニクス（5 年)	メカトロニクスの基本要素であるセンサ，アクチュエータ，電源回路，マイクロコンピュータの基本事項とその結びつきを習得する。

2. 教育の目的、実施した対象とする学年、クラス（混合 or 単独学科かなど)、学生人数、必修か選択か、コマ数と教職員の体制つづき

実施した対象とする学年、クラス（混合 or 単独学科かなど)、学生人数、必修か選択か、コマ数と教職員の体制

科目（学年）	混合 or 単独学科	必修 or 選択	授業時間又は回数	担当教員数	対象人数（※1）	コマ数又は時間内訳	対象学科学年（※1）
電子制御実習Ⅰ（1 年）	混合	必修	50 時間	3	160	2 限 x50 分 x30 週	総合理工（1 年）
電子制御工学入門(1 年)	混合	必修	25 時間	1	160	2 限 x50 分 x30 週	総合理工（1 年）
電子制御工学Ⅰ(2 年)	単独	必修	25 時間	1	40	2 限 x50 分 x30 週	電子制御（2 年）
情報処理Ⅰ(2 年)	単独	必修	25 時間	1	40	2 限 x50 分 x30 週	電子制御（2 年）
電子制御工学実験Ⅰ（3 年）	単独	必修	75 時間	6	40	2 限 x50 分 x30 週	電子制御（3 年）
機械力学(4 年)	単独	必修	25 時間	1	40	2 限 x50 分 x30 週	電子制御（4 年）
工業力学（3 年）	単独	必修	25 時間	1	40	2 限 x50 分 x30 週	電子制御（3 年）
電子制御工学Ⅱ（3 年）	単独	必修	50 時間	1	40	2 限 x50 分 x30 週	電子制御（3 年）
電子制御創造演習Ⅱ(3 年)（※2）	混合	必修	50 時間	40	160	2 限 x50 分 x30 週	全学科（3 年）
電子制御工学実験Ⅱ（4 年）	混合	必修	75 時間	4	50	2 限 x50 分 x30 週	電子制御（4 年）
制御工学Ⅰ(4 年)	単独	必修	50 時間	1	40	2 限 x50 分 x30 週	電子制御（4 年）
電子制御課題研究(4 年)（※2）	混合	必修	25 時間	40	160	2 限 x50 分 x15 週	全学科（4 年）
電子制御工学実験Ⅲ（5 年）	単独	必修	75 時間	2	40	2 限 x50 分 x30 週	電子制御（5 年）
センサ工学（5 年）	単独	履修選択	50 時間	1	40	2 限 x50 分 x30 週	電子制御（5 年）
制御機器(5 年)	単独	履修選択	50 時間	1	40	2 限 x50 分 x30 週	電子制御（5 年）
制御工学Ⅱ(5 年)	単独	履修	25 時間	1	40	2 限 x50 分 x30 週	電子制御（5 年）
ロボット工学(5 年)	単独	必修	50 時間	1	40	2 限 x50 分 x30 週	電子制御（5 年）
メカトロニクス（5 年）	単独	必修	50 時間	1	40	2 限 x50 分 x30 週	電子制御（5 年）

※1）申請時は全て単独学科で 40 人であるが，2016(H28)年度 1 年生から新カリキュラムでは科目名称が変更され，120 人の混合となった。

※2） 2016(H28)年度改組に先立ち，全専門学科が融合して実施する新しい取り組みが導入された科目

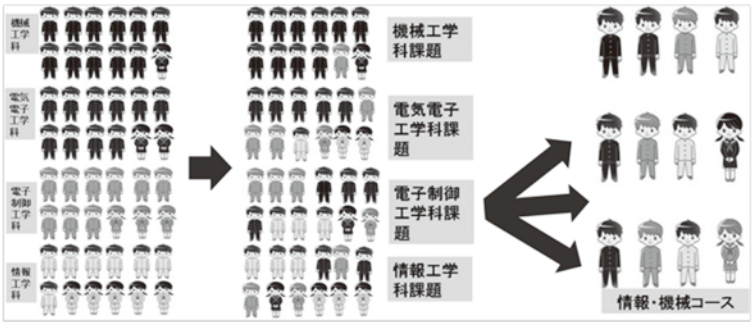
3. 実施した授業の達成度、教育の効果と今後の課題

津山高専が実施する融合学習に重点を置くカリキュラムの中で，とくに組織的に共通認識を形成して課題解決能力を養うことを目的として平成 27 年度より全学的取り組みとして導入されている他学科学生と混成する創造演習と専攻科開設当初より開設されている本科４年生と専攻科１年生が混成する実験は，学科・学年の枠を超えた特徴的な授業科目である。これらの授業科目の概要を述べ，学習効果や問題点について考察する。

科目の概要

学科横断創造演習

本科３年生全員を対象として専門学科の枠を超えた課題に取り組む科目であり，専門分野の異なる数人のチームで取り組み，目標実現のために解決すべき課題を発見し，課題解決方法をチームで実践的に体験させている。主な課題テーマは，機械工学，電気電子工学，電子制御工学，情報工学に関するものとし，専門分野外の課題テーマを選択することも可能である。この演習では，すでに習得している技術・知識を更に深める，あるいは，専門分野外の技術・知識を新たに習得することができる。

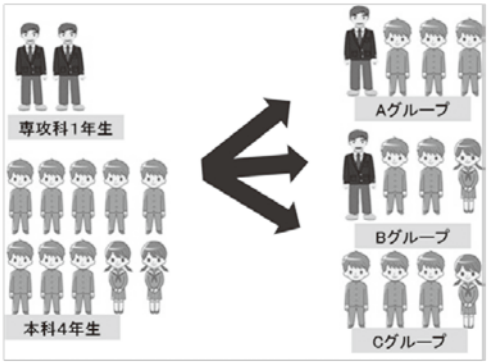


本科・専攻科融合実験

本科４年の電子制御工学実験 II と専攻科機械・制御システム工学専攻１年の特別実験で，それぞれ独立した授業科目であるが，同一時間帯に時間割を設定し，本科生と専攻科生が協同で実施する実験テーマを設けている。

授業の様子

学科横断創造演習　学生の希望を調査した結果，電子制御工学科の課題には 41 名が配属された。出身学科の課題を希望する者が多いのが実態であったが，この後できるだけ他学科の学生と混成グループができるようにコース配属が行われた。ライントレース用ロボットの機械的要素の加工を含め，ものづくりに重点を置く機械・設計コース，ライントレースのための制御用電子回路の設計に重点を置く電気・機械コース，レゴマインドストローム NXT を支給し，ライントレースと障害物回避を実現するためのプログラミングに重点を置く情報・機械コースの３つのコースで協働作業によってロボットの設計・製作に取り組み，最後に最後にライントレースコンテストやポスター発表を実施した。気心の知れた仲であるクラスメートと違い，チーム形成に苦労していたようである。



機械・設計コース

電気・機械コース

情報・機械コース

本科4年生・専攻科1年生　融合実験

3. 実施した授業の達成度、教育の効果と今後の課題のつづき

本科・専攻科融合実験　本科生 46 名の中に，３名の専攻科生が入って実験を進めた。人数の少ない専攻科生が本科生に対してアドバイザーとして先導し，円滑に実験が進められているようである。

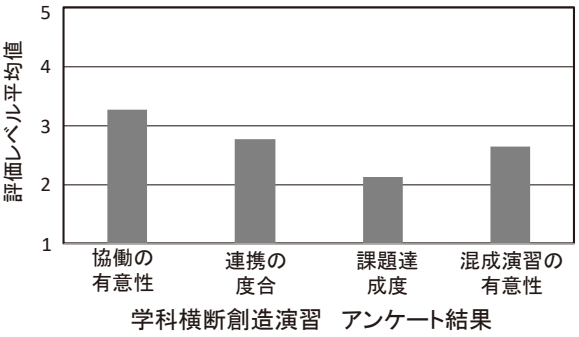
授業評価と課題

融合授業について学生へアンケート調査した結果を示す。課題をクラスメートだけで実施した時のレベルを３として５段階で評価させた。

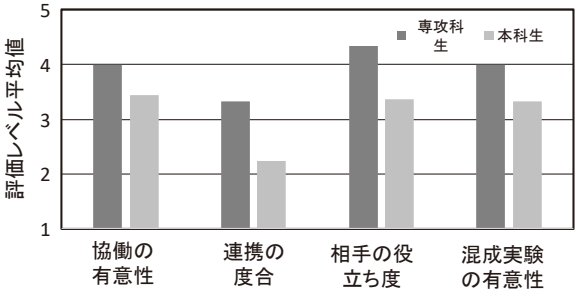
学科横断創造演習　38 名の評価の平均値をみると，協働の有意性は認めるものの，クラスメートに比較して他学科学生とは連携し辛く，想定した成果を出せなかったことを反省しているようである。各自の得意分野を活かして役割を果たすことは理解しても実践できていないことが現れた結果になっている

本科・専攻科融合実験　本科生 30 名，専攻科生３名からの回答を集計した結果，両者ともクラスメートだけで実施するより有意であると思っている。本科生で連携の度合が低いのは，グループの中に専攻科生がいないことが原因である。少数であるが卒業研究などを経験している専攻科生の影響力は大きく，本科生にとってよい模範となっている。

異分野の融合的デザイン力を養うために，専門分野の異なる学生が混成して取り組む演習や学年の異なる学生が混成する実験を実施した。全学的取り組みの学科横断創造演習を行った本科３年生では，協働の有意性は認めるものの，短期に互を理解し，自発的に連携し合う方法がわからず，戸惑ってしまう幼さがある。短期にチームワークを形成するには導き手が必要である。一方，本科生・専攻科生融合実験では，少数であるが卒業研究などを経験している専攻科生の影響力は大きく，本科生にとって専攻科生がよい模範となっている。最初から先輩と後輩の立場にあり，強いリーダーシップを発揮する専攻科生がいればチームワーク形成は容易である。



学科横断創造演習　アンケート結果



本科・専攻科融合実験　アンケート結果

アンケートにおける学生の評価レベル

4. 使用した教育機材の問題点と予定と相違した場合（有れば）その理由

前節で報告した授業科目には今回の助成を受けて導入した教材機器が使われている。主な機器とその効果について報告する。

四輪型モーター実験装置 RTC09 およびソフトウェア･Matlab セット

本科・専攻科融合実験テーマの一つとして，台車に搭載された倒立振子の制御実験および振子の振れ止め制御実験を本教材によって実施した。機材に問題はなく，想定通りの実験を実施することができた。とくに，コンピュータを利用して制御器を設計し，ディスプレイで信号を可視化しながら行えるので効率的に実験が実施できた。フィードバック制御は制御工学で修得する内容であり，本科 4 年生は講義と同時進行の実験となっているが，専攻科生はすでに制御工学を修得済である。今回の取組によって両者が協働することについて有意性を確認できたので，今後はより高度な制御系設計技術を習得させるための実験テーマへと発展させたい。

教育用レゴ　マインドストーム NXT　基本セット

レゴマインドストームは高専導入率 100%であり，数多くの実績があることから機材としての問題はまったくない。学科横断創造演習の情報・機械コースのテーマである，ライントレースと障害物競走に教育用レゴマインドストームを使用した。ただし，導入したのは第 3 世代の EV3 ではなく，第 2 世代の NXT とした。その理由として，情報・機械コースの定員 12 名に対し，学科所有の NXT の基本セットが 9 セットあったため，NXT を 3 セット新規に購入することで 12 名の受け入れを可能とした。

また，NXT の基本セットに加え，RGB センサ（カラーセンサ）を導入し，ロボットの構成の自由度を高めた。標準セットとは異なるセンサの導入により，より個性的かつ独創的なロボットを実現することができるようになった。

障害物回避を行うために学生が作成したプログラムを検証するのに有用な機材であった。機能的な問題はなく，プログラミングの良否を正確に反映するので，今後はもう少し難易度の高い課題を設定し，高度化を進めたい。

財団設立趣意とその後の経緯

グローバル化する国際経済環境の中で、我が国産業がひきつづき発展をとげるには、産業技術の一層の進歩に大きな役割が期待されます。 この期待に応え得る技術の中で、機械の運動に関する技術と運動の電子制御に関する技術をシステム統合して一体化するメカトロニクス技術は、今日までとりわけめざましい発展をとげ、さらに未来の技術革新に果たす役割への期待は広がりつつあります。

これまで、機械工学と電子工学の技術融合により開花したメカトロニクスの産業技術は、これからの発展に向けて機械、軸受などの機械要素、センサ、アクチュエータ、運動制御、ロボット化など、多くの未解決の課題があります。 その解決には、より高度な知的機能、マイクロ～ナノ・メートルへの微細化と極超精密化、超苛酷な使用条件、省エネ化、地球環境対応など、今迄とは異なる次元への飛躍が求められます。それには、機械および電子制御のみならず、トライボロジー、素材、光学、情報、知能など、多分野にわたる知見を採り入れた産業技術の開発が必要不可欠です。さらに技術開発の段階においても、基盤になる科学と技術の研究・開発とともに、多分野の学際領域についての高専、大学、研究機関等における研究と産業における技術開発とを融合させつつ、基礎にまで立ち戻った研究が強く求められます。

私共は以上のような認識に立ち、メカトロニクス技術の一層の飛躍、発展を実現するため、メカトロニクス技術の高度化に関する研究・開発、技術交流、国際研究集会への助成などにより機械を基盤とする産業技術の高度化を図り、我が国産業の発展と国民生活の向上に寄与する目的で、昭和 63 年「財団法人メカトロニクス技術高度化財団」を設立しました。

平成 22 年には公益財団法人に移行するのを機に、その名称を「公益財団法人ＮＳＫメカトロニクス技術高度化財団」と変更しました。これにより私共は出捐企業である日本精工株式会社およびそのグループ会社と一体となってメカトロニクス技術の高度化を図るための助成事業の取り組みを強化し充実させるとともに、平成 24 年にはメカトロニクス技術教育の助成事業を開始して、我が国のメカトロニクス技術分野の人材の増加とレベルの向上を目指してまいります。

財団設立日	昭和６３年４月３０日
公益財団法人移行日	平成２２年１１月１日
行　政　庁	内 閣 府

事業内容

(1) メカトロニクス技術の高度化に関する研究開発への助成
(2) メカトロニクス技術の高度化に関する技術教育への助成
(3) メカトロニクス技術の高度化に関する技術交流への助成
(4) メカトロニクス技術の高度化に関する講演会、研究会等の開催及び助成
(5) メカトロニクス技術の高度化に関する情報の収集及び提供
(6) 上記に掲げるもののほか、本財団の目的を達成するために必要な事業

理 事

理事長	朝香聖一	日本精工株式会社名誉顧問
専務理事	村上保夫	当財団事務局長
理　事	稲崎一郎	中部大学理事・顧問
理　事	猪俣忠雄	元日本精工株式会社顧問
理　事	木村好次	東京大学名誉教授・香川大学名誉教授
理　事	下河邉明	東京工業大学名誉教授
理　事	正田義雄	元日本精工株式会社顧問
理　事	染谷常雄	東京大学名誉教授
理　事	樋口俊郎	東京大学名誉教授

監 事

監　事	古川康信	日本精工株式会社社外取締役
監　事	古村恭三郎	元日本精工株式会社顧問

評 議 員

評議員	下条　誠	電気通信大学名誉教授
評議員	高見澤徹	元当財団専務理事
評議員	田中裕久	横浜国立大学名誉教授
評議員	野波健蔵	千葉大学特別教授
評議員	羽根一博	東北大学教授
評議員	北條春夫	東京工業大学名誉教授
評議員	町田　尚	芝浦工業大学教授
評議員	松本　將	早稲田大学名誉教授
評議員	山川　宏	早稲田大学教授
評議員	山本雄二	九州大学名誉教授
評議員	賴　峰雄	元日本精工株式会社顧問

平成 29 年 6 月現在　五十音順(敬称略)

沿　革

昭和６３年	４月	財団設立、基本財産３億円、理事長 長谷川正男(日本精工㈱取締役会長) 審査委員長 石原智男(東京大学名誉教授、(財)日本自動車研究所副理事長)
平成 ２ 年	２月	荒田俊雄(日本精工㈱取締役社長) 理事長就任
	９月	事務所を東京都千代田区丸の内から東京都品川区大崎に移転
平成 ３ 年	３月	佐田登志夫理事(東京大学名誉教授、理科学研究所副理事長) 審査委員長就任
	３月	日本精工株式会社２億円寄附　基本財産５億円に
	６月	エヌエスケー・ワーナー株式会社１億円寄附　基本財産６億円に
	１２月	エヌエスケー・トリントン株式会社５千万円寄附　基本財産６.５億円に
平成 ４ 年	６月	エヌエスケー・トリントン株式会社５千万円寄附　基本財産７億円に
平成１１年	３月	土屋喜一理事(早稲田大学教授) 審査委員長就任
平成１４年	７月	関谷哲夫(日本精工㈱取締役会長) 理事長就任
平成１９年	３月	染谷常雄理事(東京大学名誉教授) 審査委員長就任
平成２１年	７月	朝香聖一(日本精工㈱取締役会長) 理事長就任
平成２２年１１月		公益認定により公益財団法人 NSK メカトロニクス技術高度化財団と改称し移行
平成２４年	４月	高等専門学校におけるメカトロニクス技術教育得への助成事業を開始

助 成 実 績

	S63～H23 年計	24 年	25 年	26 年	27 年	28 年	合計
研究開発助成（件）	480	13	19	14	15	15	555
教育助成（件）	－	6	4	6	4	4	24
技術交流助成（件）	130	4	－	－	－	－	134
集 会 助 成（件）	72	2	4	5	4	1	88
助成金額合計(千円)	704,008	41,998	49,448	44,347	41,988	39,648	921,437

研究助成・教育助成 成果報告書 No. 27

公益財団法人 NSK メカトロニクス技術高度化財団　平成 26 年度（第 5 期事業分）

平成 29 年 8 月 1 日発行

公益財団法人 NSK メカトロニクス技術高度化財団

NSK-FAM (NSK Foundation for the Advancement of Mechatronics)

〒141-0032 東京都品川区大崎 1 丁目 6 番 3 号(日精ビルディング)

電話：03-5496-5746、FAX：03-5496-5748、ホームページ：http://www.nskfam.or.jp/

編集発行人　：　事務局長　村　上　保　夫

印　　刷　：　株式会社 TPS